

医学仪器

医用电子仪器

第三册

云南省卫生干部进修学院
医用电子仪器教研组 编

上官绍武

刘 辉 主编

施廷华

云南省卫生干部进修学院印刷

一九八五年六月

前 言

这套书是根据我校《医疗仪器专业》（招收应届高中毕业生三年制）的教学需要而编辑的。全套书包括《X射线机》五册共26章；《医用电子仪器》四册共22章；《理疗仪器》二册共19章。主要内容为各类仪器的结构原理、线路分析和安装修理。

因目前医学仪器种类繁多，更新换代很快，从而技术资料十分广泛。在处理不断出现的新仪器和基本内容的矛盾时，我们采取了以收集目前我国各医院最普遍应用的仪器为主，并加入适当先进仪器的编辑方法。

鉴于医学仪器所涉及的基础知识很广，在处理基础知识广而篇幅不能过大的矛盾时，我们只有让教材在学完理工科中等专业以上的数理、化、电工和电子技术基础的课程之后采用，使该书在涉及基础部分的篇幅尽量从简。

本教材《X射线机》部分由施廷华同志主编；《医用电子仪器》部分由上官绍武、刘辉和施廷华同志主编；《理疗仪器》由罗树华同志主编。

特别提出的是，本教材除收集了编者整理、翻译的国内外大量技术资料外，还整理收编了国内前辈和同行编著中的不少资料，在此特对有关作者深切致谢。

本书除可供医疗仪器专业作为大专、中专教材试用外，尚可供生物医学工程技术人员，医疗卫生人员和医学管理人员学习参考。

由于我们对医学仪器的知识了解有限，又缺乏一定的教学实践，书中必然存在不少缺点和错误，殷切希望批评指正。

- 38398

编 者

一九八五年六月 于 昆 明

医用电子仪器第三册

目 录

第一章 脑电图机	1
第一节 脑电的产生和记录	1
1. 大脑电位的产生	1
2. 电极安放及串联系统	5
3. 记录方法及步骤	9
4. 脑电图图形描述	12
5. 诱发试验和特殊检查	19
6. 伪差的识别	21
7. 正常脑电图	24
第二节 国产7130八道脑电图机	32
1. 工作原理	32
2. 主要技术指标	45
3. 仪器结构、控制部分	46
4. 操作规程	50
5. 仪器的安装	54
6. 仪器的一般维护	54
第三节 国产ND-82B八道脑电图机	59
1. 概 述	59
2. 主要技术指标	61
3. 仪器正面各控制装置图	61
4. 操作规程	71
5. 仪器的安装与维护	74
6. 地 线	75
7. 本仪器附有备用放大器单元一套, 在放大部分 发生故障时换上使用	75
8. 头部电极氯化处理	75
9. 附件	76

第二章 肌电图仪	83
第一节 肌电图基本知识	83
1、神经肌肉电生理知识	83
2、正常肌电图	86
第二节 异常肌电图	91
1、肌电图的临床意义	91
2、异常肌电图	91
第三节 常规肌电图的检查方法	95
1、常规肌电图的检查程序	95
2、病人体位及受检部位	99
3、有关电极问题	99
4、环境、干扰等问题	101
第四节 肌电图机的操作方法	102
1、JD-2肌电图机外形结构	102
2、各部份控制旋钮名称和作用	104
3、电极附件名称和用途	111
4、肌电图检查操作举例	116
第五节 肌电图机的设计要求	122
1、肌电图信号的特征	122
2、诱发肌器图	122
3、肌电图机的设计任务	123
4、技术指标	123
第六节 JD-2肌电图机的结构及工作原理	125
1、整机构造	125
2、各部份工作原理及电路分析	128
3、JD-2 整机调试	173
第七节 JD-2 肌电图机的维修与调整	176
1、异常现象	176
2、异常现象的分析	176
第三章 心脏急救监视装置	191
第一节 XJJ-1心脏急救监视装置	191
1、概述	191

2、XJ-11 心电监视仪	192
4、XJJ-1 自动记录仪	232
4、QC-11 去颤器	249
5、心脏起搏器	260
第二节 国产XQQ型心脏去颤起搏器	283
1、用途	283
2、工作原理	284
3、技术数据	285
4、使用方法	286
5、电池充电	289
6、几种故障维修方法	290
7、附件	292
第三节 XEQ-4型心脏复律起搏器	292
1、用途	292
2、技术性能	305
3、使用方法	305
4、附件	313
5、工作原理	314
6、维修与调整	317

第一章 脑电图机

第一节 脑电的产生和记录

1. 大脑电位的产生:

脑电来自神经元的新陈代谢，而神经元的代谢又依赖于核浆的染色质和胞浆的嗜染色体。其中核浆的代谢比胞浆的代谢为高，而胞浆的代谢又比胞膜的代谢为高。神经元代谢的研究十分复杂。由于细胞膜内外离子通透性造成的静息电位造成膜的极化状态。但当神经元受到超过阈值电和化学的刺激，极化平衡状态受到破坏发生除极而形成动作电位。此局部的动作电位又会破坏下一段细胞膜的平衡形成冲动沿神经细胞膜上单方向传递。神经冲动不是直接从一个神经元传递到下一个神经元，而是必须通过一个连触点——突触。至于突触对冲动的传递，一般认为突触末端释放递质和乙酰胆碱，去甲肾上腺素， γ -氨基丁酸、5羟色胺（血管收缩素）等引起突触膜渗透性的改变。从而引起细胞膜的除极或超极化。而突触后的细胞膜对某些离子有选择性渗透作用，因而能决定渗透改变后所引起的兴奋性或抑制性作用。在中枢神经系统，当兴奋性传递物质被释放时，突触部分的细胞膜对钠和钾离子开放，由于钠离子进入细胞内比钾离子逸出细胞外多，降低了膜内外电位差造成了除极，形成兴奋性突触后电位变化。当抑制性传递物质被释放时，仅增加钾离子和氯离子的通透性，其结果常为膜内外电位差的增加而导致过极化。形成抑制性突触后电位变化。树突上和细胞体上的兴奋性突触后电位通过电张力的影响会聚在轴突根部，当超过一定阈值以后即在该处发生动作电位，再经轴突传导至其它细胞突触，由于轴突传导速度太快（至少每秒1米），动作电位维持时间又短。（大约1毫米以下），因此在皮层表面无法记录到。因为在时间上不同步地产生在许多轴突里的动作电位向皮层表面的各个方向上传播。因此它们对皮层表面电位的净影响可忽略不计。大脑皮层中有很多类型神经元，大脑皮层按神经元分布类型和排列密度不同可分为六层。这些类型的神经元，主要可分为三种，即粒形细胞、梭

形细胞和锥形细胞。

粒形细胞和梭形细胞的细胞体很小，并在靠近细胞外立即向各个方向发生树突。轴突可以由一个大的树突发起且反复分枝而终止在直接相邻细胞的胞体和树突上，另一种粒状细胞的轴突可能向上转回皮层表面。粒状细胞和梭状细胞对皮层表面记录不可能有实质性影响，它们的树突在空间上仅限于围绕其胞体附近呈放射状排列，因此树突和细胞体之间的电位差形成的电场在皮层上来看总和为零。锥形细胞却明显不同于粒形和梭形细胞。这种类型的细胞体呈三角形，其细胞的基底朝下，顶端指向皮层表面，具有一条长达2毫米左右的顶树突，顶树突由细胞体的尖端向上到达并分枝在皮层的最外层。基底部的树状分枝在紧靠细胞体的位置呈水平分布。其轴突自皮层发出投射到皮层的其它部份或皮层外的其它结构如丘脑、小脑或脊髓等。这些轴突常常发出返回性侧枝反馈到其发出的皮层区，有的轴突返回皮层表面经许多分枝而终止在其它细胞的树突。具有较长彼此互相平行的顶树突的垂直向锥状细胞，其兴奋性或抑制性的细胞突触后电位可能是脑电图产生的主要原因。

图1—1显示一个典型锥形细胞顶树突受到一个单纯兴奋性输出后大脑皮层场电位形成的概念。兴奋经突触输入到达顶树突后引起树突膜除极。因此阈值以下的电流在通过锥形细胞体和树突胞浆轴心的闭合通路里流通，最后经细胞外浸液返回到突触处。根据电流线的指示方向，围绕细胞体的细胞外介质作为正电源，而顶树突的上部起漏（负电极）的作用。特定树突的突触后电位对皮层表面记录的影响取决于它的方向和相对测量的部位的位置。每一个突触后电位的作用可以看成是形成一个垂直方向上的电偶。因此持续的突触传入形成一系列电偶并产生方向交替的电流，在空间和时间上相互重迭。一群突触和它们的细胞体产生不同形式的表面电位，表面电位的形式决定于抑制和兴奋的比例以及突触后细胞在皮层内的层次。

总而言之，由于锥形细胞的顶树突在皮层的表层内形成走向相同、彼此密集的森林，在每个细胞树突上在兴奋性或抑制性的突触末稍成为活动状态时，电流便流出或流入树突和细胞体组成的电偶的源和漏。

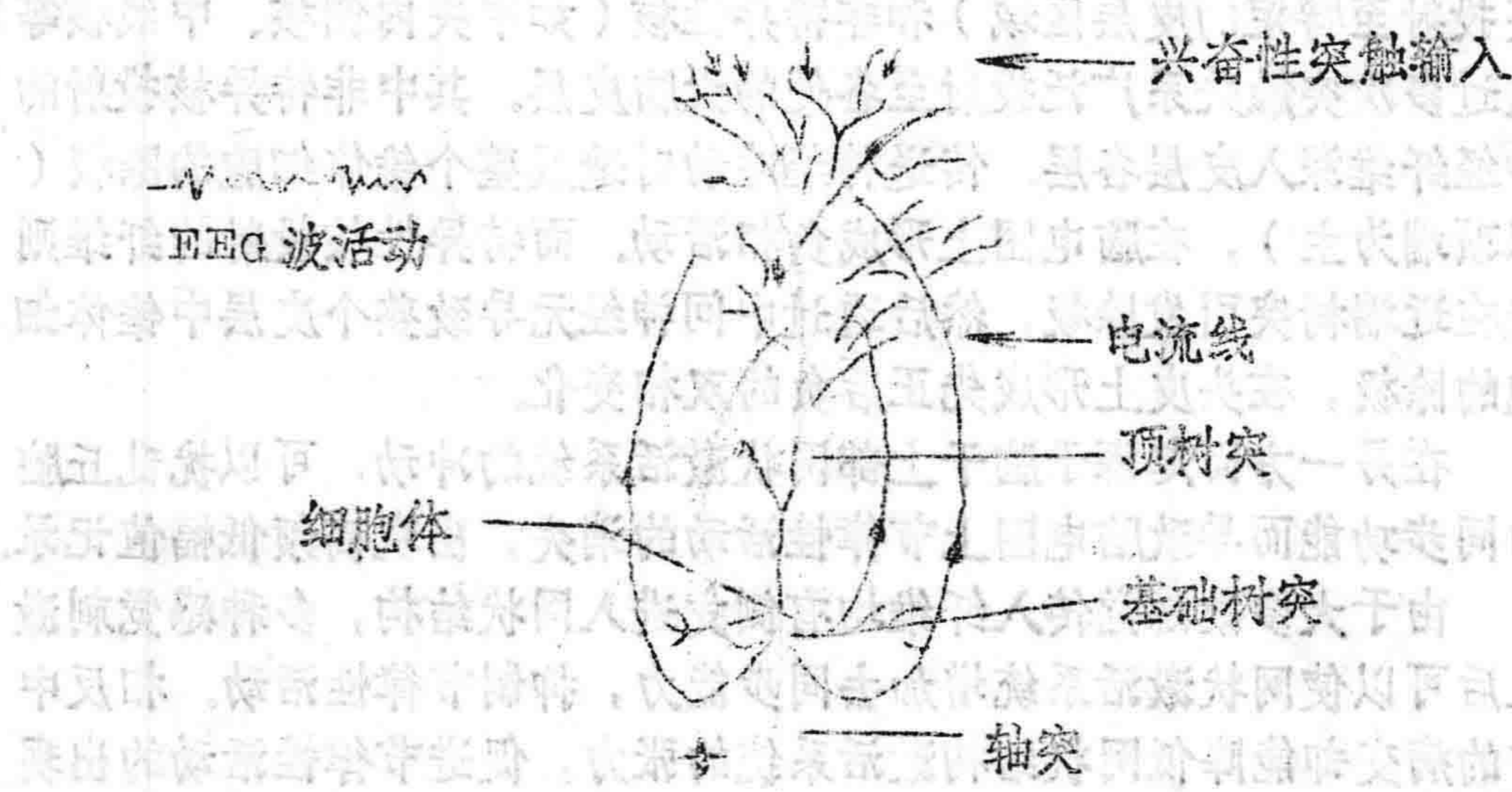


图 1—1 典型锥形细胞顶树突单纯兴奋输出后皮层一场电位的形成

因此这种细胞与树突的关系是一种经常变动的电偶，电偶方向和强度的变动在脑质和脑脊液组成的容积导体中产生波成涨落。如果树突活动总电位对细胞呈现负性，细胞被除极而进入兴奋状态，如果呈现正性，细胞被超极化而进入抑制状态。通过实验证明：脑电所见的节律性电活动是发生大脑皮质大锥体细胞，经过突触后传送。它实具代表着突触后电位，与触突电位之只提供全或无定律的快速反应和具有不应期不同。树突反应没有不应期。由于树突颇长（0.8毫米），而且其面积比胞体的大十倍，接触面广（与4000多个神经元接触）。所以事实上突触后电位的散布是递减的而非直接传送，所以正常树突反应是较慢的。

单一的皮层细胞仅能引起很小的细胞外电流，因此要引起从大脑表面记录得到电位。必须有大量的神经元同时发生一致方向的电活动——称为同步的过程。同步化可能是突触的相互连接所致，也可能是丘脑和皮层间的兴奋为反馈作用。皮层的各区虽有呈现节律性活动的

能力，但仍需要触发输入以激发节律性。

丘脑中神经核包括特异性核（如后外腹侧核、后内腹侧核、其轴突投射至特定的皮层区域）和非特异性核（如中央内侧核、中线核等），通过多次突触关系广泛投射至各处的大脑皮层。其中非特异核投射的神经纤维深入皮层各层。传送神经冲动时造成整个锥体细胞的除极（以顶端为主），在脑电图上形成负相活动。而特异性核投射的纤维则先在近端树突引发除极，然后通过中间神经元导致整个皮层中锥体细胞的除极，在头皮上形成先正后负的双相变化。

在另一方面起源于脑干上部网状激活系统的冲动，可以扰乱丘脑的同步功能而导致脑电图上节律性活动的消失，出现高频低幅值记录。

由于大多数感觉传入纤维均有侧支进入网状结构，多种感觉刺激之后可以使网状激活系统增加去同步能力，抑制节律性活动。相反中脑的病变却能降低网状结构激活系统的张力，促进节律性活动的出现。此外在脑干下部如延髓中还存在降低网状结构激活系统活动的结构。因此脑波虽仅反映皮层细胞的活动，但受到整个脑部结构的影响。

从几何学角度来说，脑近似于一个球体而由不同电阻抗的同心外所包绕，外壳就是脑膜、脑脊液、头颅和头皮。再说大脑而不是真正的球体，所以这种模拟并不确切，而且其外衣的厚薄和形状也不规则。这样不规则对大脑上半部还影响不大，而脑的下半部明显地偏离球形并且通过外壳基部的开口（通向脊柱）形成不同阻抗，使情形变得复杂化，大脑的不同结构部分的特有电阻率也不相同，该电阻率随着脑白质中纤维的主要方向而变化。因此大脑既不是均匀同质的，也不是各向同性的电导介质。

实际上，神经的发生器也并不精确地与简单的一维电偶相对应。任何大到足以在脑电图上表现出其活动的信号源至少由一个小皮层区所组成，而其中的神经元是同步活动的。这种信号源可以看成是一个三维的片状物，它在全部厚度都极化。如果它足够的小，仍可以习惯地用单位体积内等效电偶来表达。大片的皮层区可以是弯曲的。甚至是盘旋的，因此其等效电偶成为全部电偶的复合向量的总和，如果许多广为分布的动作电流发生器，就有无限数量的组合，可能形成复杂

的表面电位。

因此，确定大脑活动的等效电偶，只有当脑电信号源高度地“集中”时，才有实际价值。这种情况可经常发生在大脑对感觉刺激的响应以及病理情况下，并且在确定集中的发生器解剖位置的技术方面的某些实际价值，因为据此可获得对更复杂状况分析的可能性。分析这类问题的通用方法如下：(1)设计一个模型：例如，在均匀的同质的球形导电介质里不在园心上放置的电偶，假定电场是准稳定的。(2)在求得这样相关边值问题的解以后，求出了这个模型在皮质表面测量点上所产生的电位值。(3)把这些理论上的电位值与在同一表面位置测得的脑电波形的特定的时间离散值相比较；建立一个一般性的最小二乘方重构误差函数。在这里误差定义为在若干选定的皮层测量点上实测的电位和预计值之间的差别。(4)在每一时间离散瞬间，反复调整脑电电偶信号源的参数，以便得到在最小二乘方的意义上脑电波形抽样的最佳拟合。这样你即可假定最佳电偶位置是当重构误差函数减到最小值时所得到的电偶位置。

近年来对脑电受组织各向异性的影响已作了许多研究，这些研究大都认为组织各向异性的存在将使头皮上记录的脑电减小并模糊。这种结论不会影响模型对预计脑电电偶发生器位置的能力。(虽然偶极矩可能还不能正确估计)，这种方法的主要目的是确定大脑活动的信号源的位置。因为在诱发的皮质电位和深部大脑病理变化方面，等效电偶发生器的概念是具有临床价值的。

2、电极安放及导联系统：

1957年第四届国际脑电图学及临床神经生理学会制定了所谓10~20%电极安放法，以便国际上有一个统一的标准。方法如图1~2所示，先以软尺量出自鼻根至枕外隆突尖的距离(称中线)，然后测从右侧耳前凹线经中线的中心点至左侧耳前凹线的距离，然后从前到后，从左到右分别按10%及20%的距离处安放电极，从中线前至后的五个距离处分别称为前额(F_P)、额(F)、中央(C)、顶(P)及枕(O)五个等距离区。前后、左右中线相交的中心点设置C₂点，在C₂点前后各20%，距离分别设置F₂及P₂点。把左侧大

脑半球上的电极编为单数；右侧编为双数；从 C_2 向左 20% 距离为 C_3 ；向右 20% 距离为 C_4 ；从 P_2 向左 20% 距离为 P_3 ；向右 20% 距离为 P_4 ；从 F_2 向左 20% 距离为 F_3 ；向左 40% 距离为 F_7 ；向右 20% 距离为 F_4 ；向右 40% 距离为 F_8 ；因为从 C_2 向左 40% 及向右 40% 距离处刚好在左右颞部，因此分别定为 T_3 和 T_4 ；同样从

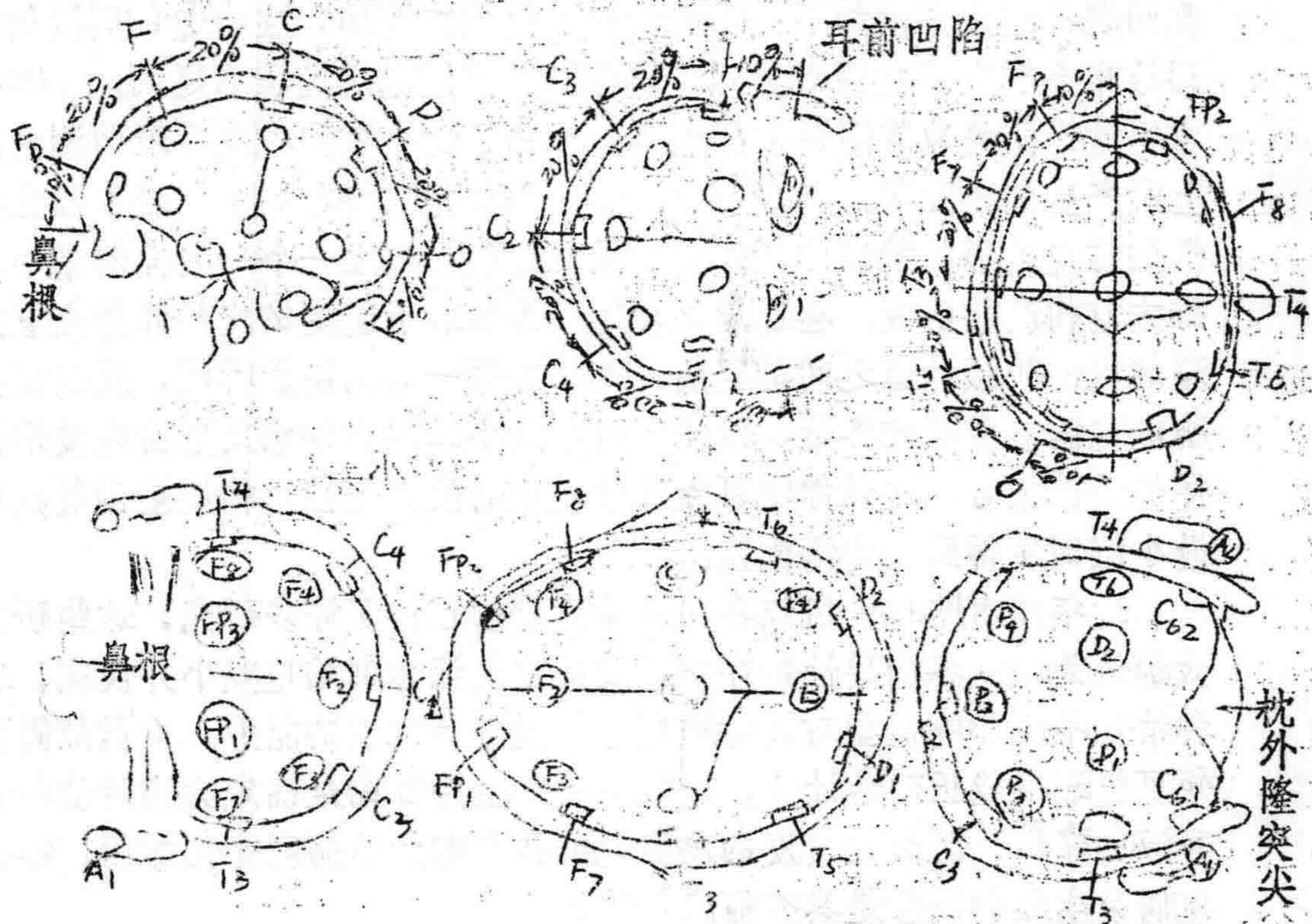


图 1—2 国际通用 10—20 电极系统安放位置

P_2 向左 40% 及向右 40% 距离分别定为 T_5 和 T_6 ；从前额中线分别向左、右侧 10% 距离处分别定为 F_p 及 F_{p2} ；从枕中线分别向左、右侧 10% 距离处分别定为 O_1 及 O_2 ；外加左、右耳垂电极 A_1 及 A_2 ；

左、右鼻咽电极 PG_1 和 PG_2 及左右小脑电极 C_{b1} 和 C_{b2} (约合风池穴) 共计 25 个电极, 但实际上常规检查只需用 14~16 个电极即可。国际通用 10~20 电极系统标准化位置图如图 1-3 所示, 小儿电极数目酌减, 其位置可见图 1-4 所示。

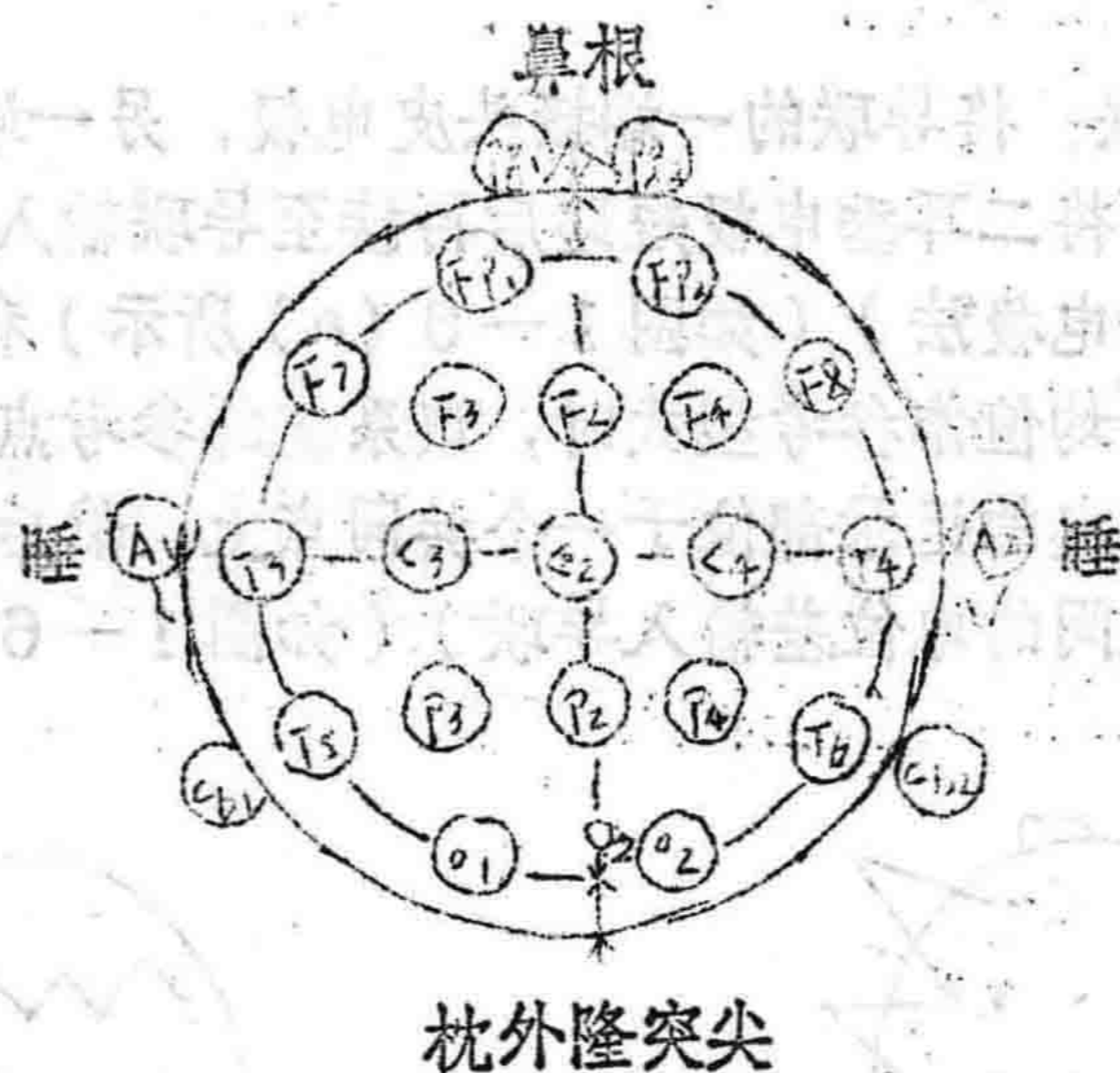


图 1-3 “10-20” 电极系统标准

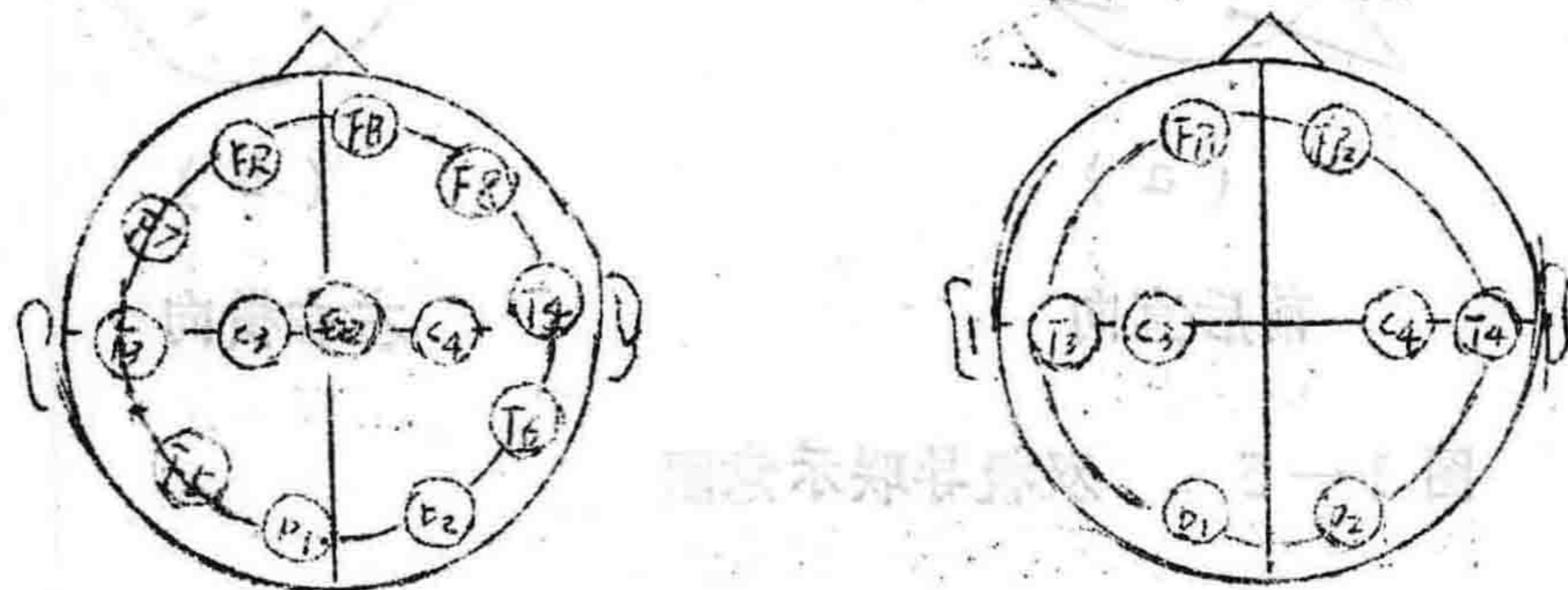


图 1-4 简化的“10-20”电极系统位置图(小儿用)

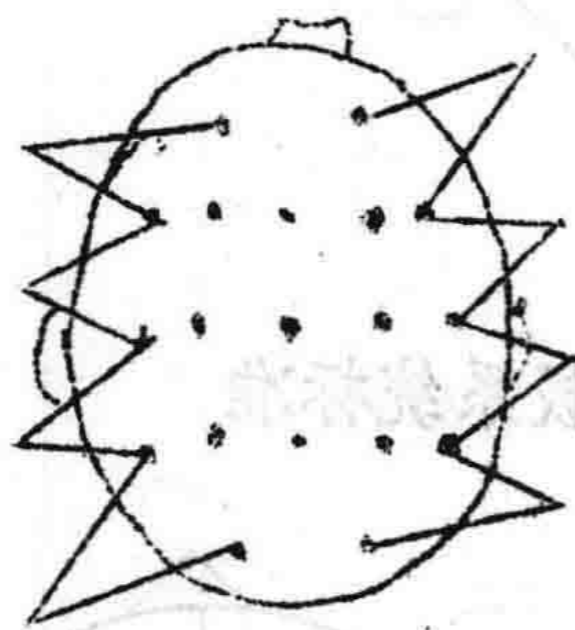
电极的连接方式在生理记录技术中称为导联, 脑电图机一般有 8~16 个导联, 可以同时记录。它们的时间是绝对同步的关系。导联是由

二个电极分别连接一组输入而成。电极的连接有两种型式：

(1) 双极导联：又称为头皮——头皮电极连系法。

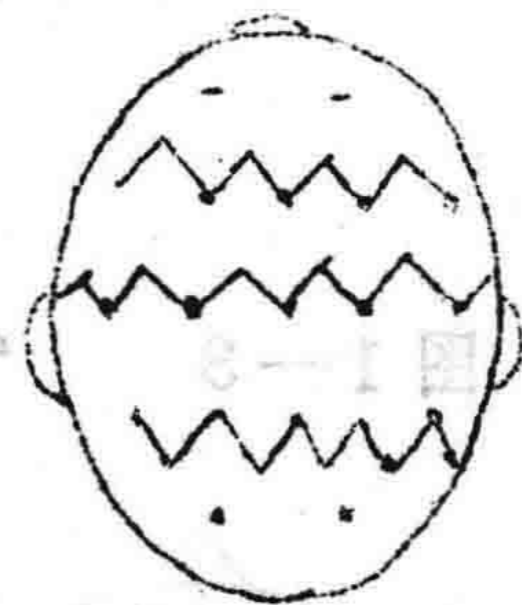
可将相邻的一对电极按前后直向连接到导联输入端（如图 1—5 (a) 所示）或从左至右横向连接（如图 1—5 (b) 所示），然后进行差动测量。

(2) 单极导联：将导联的一端接头皮电极，另一端接无关电极，如耳垂电极（也可将二耳垂电极短路后再接至导联输入端。这种方法又称头皮——耳垂电极法）（如图 1—6 (a) 所示）和假设的总平均参考点上（用点平均值作参考型式时，该系统的参考点是通过等值的大电阻连接全部头皮的记录部位位于一个共同点上，然后将任何一个电极与这个公共点之间的电位差输入导联）（如图 1—6 (b) 所示）。



(a)

前后直向



(b)

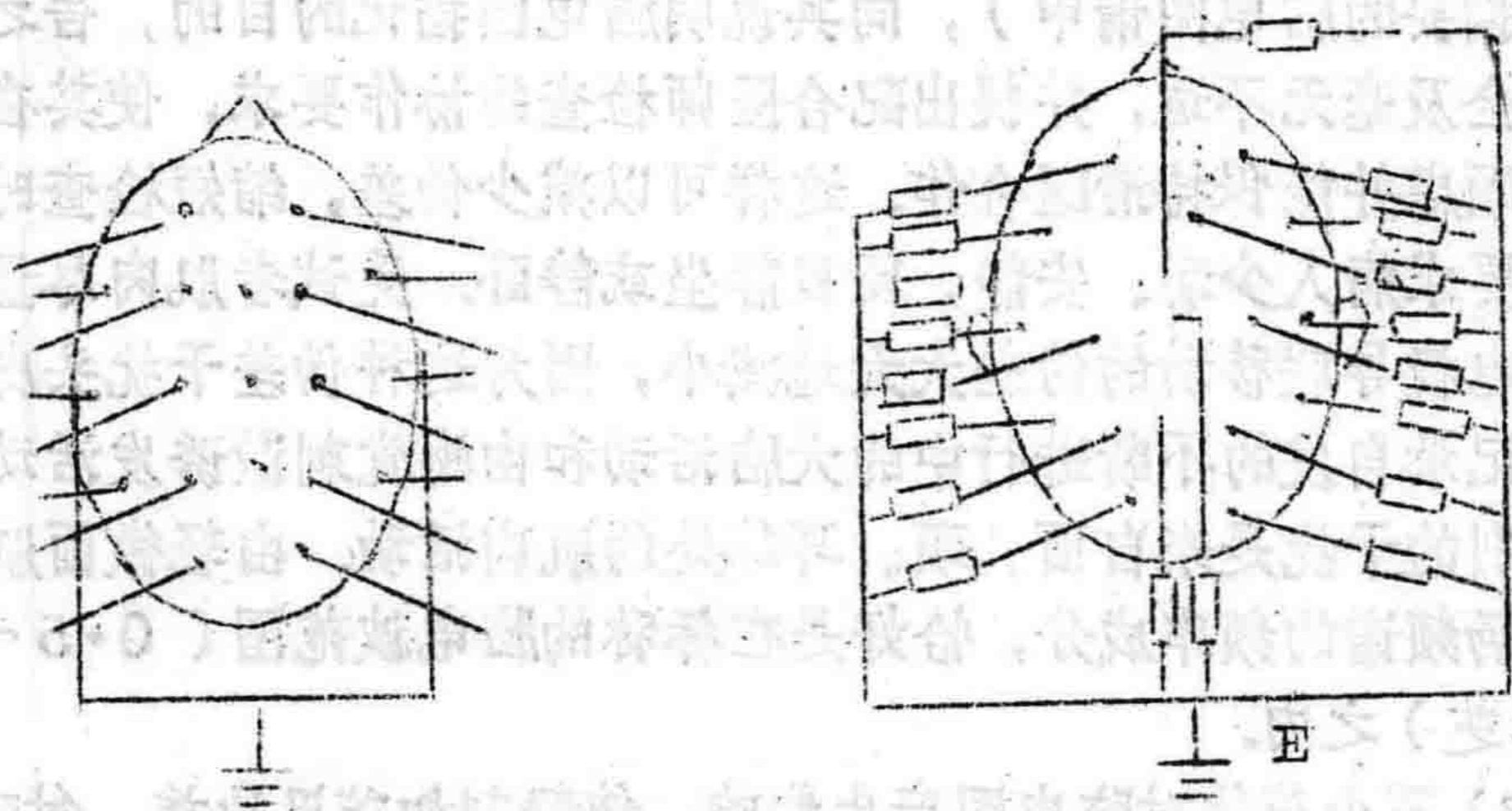
左右横向

图 1—5 双极导联示意图

假如大脑皮层电位变化范围较大，则置于其上的数个电极有关的导联均不能导入明显的差异，而电位变化的区域较少时，跨过该区域的前后或两侧电极可以导入方向相反的电位差，称为位相倒置。

虽然双极和单极导联两种方法都可以记录脑电图，但它们记录的波形是不同的。

由于单极导联作用电极和无关电极距离较长，所描记出电活动的



(a) 头皮—耳垂电极法

(b) 头皮—参考点法

图 1—6 单极导联示意图

波幅也较高，所以异常活动的表现亦较为明显。但由于同样原因，距离长干扰亦属难免，因此定位的标准性受到影响，而双极导联由于两个邻近导联之间进行差动测量就可排除远处电场对两个电极的共同影响，因此得到地区性十分确定的响应，定位十分准确。但由于距离较近，描记出来的电活动波幅较低，异常波形不容易明显出现，所以以上两种方法各有优缺点，作记录时各导联波形前必须标明是用何种导联，及电极位置关系，以免诊断时发生差错。

3. 记录方法及步骤：

(1) 脑电图室应设于安静的区域，尽可能远离变电所，理疗科、放射科和一切高频，强电等干扰场内。脑电图相应放置在屏蔽室之内，室内光线不能太亮（产生诱发电位）或太暗（不易观察），以免影响记录。环境要干燥、无尘、无菌和恒温（过冷要产生肌电伪差，过热易出汗使图形基线漂移）。电气安全规定前一章已述不再重复。室内应备有抗抽搐镇静药和其它急救药物以应急需。

工作房间分为检查室、记录室、读图室和资料保管室四个部份。房间安排要合理方便。

(2) 患者进入实验室后询问其姓名、年龄、病情概要、（最好附

有病历摘要的脑电图请申)，向其说明脑电图描记的目的，告之检查绝对安全及毫无不适，并提出配合医师检查的协作要求，使其在检查中消除顾虑并能保持清醒合作。这样可以减少伪差，缩短检查时间。检查时要求病人少动、安静，闭目静坐或静卧。受试者肌肉尽量放松，使由于电极导联移动的伪差大大地减小，因为这种伪差干扰头皮的信号。在记录自发的不断进行中的大脑活动和由感觉刺激诱发活动中，最难辨别的干扰是来自面、颈、耳等处的肌肉活动。由轻微面肌收缩引起电场频谱的频率成分，恰好是在标称的脑电波范围（0.5～100赫芝）之内。

(3) 不少药物对脑电图产生影响。镇静剂如苯巴比族、付醛、水化氯醛。安定剂如利眠宁、眠尔通，能产生快活动。兴奋剂如咖啡因、麻黄素、苯丙胺能减少 α 波，氯丙嗪类药物、丙咪嗪、利血平、三氟拉嗪等不仅能产生快或慢波且可能促进癫痫性活动。一般抗癫痫药物（苯巴比族除外）虽不直接影响脑电图，但可能抑制病理活动。故在检查前应避免给予上述药物。但长期服用抗癫痫药物，停药后可能导致癫痫持续状态者不在此例。

头发油垢过多者，应嘱先洗净。病人来检查前，须先进食，以防止低血糖产生的慢活动。在特殊情况下，如需要做睡眠脑电图时，可嘱病人先熬夜一宵。

(4) 操作者必须对仪器的结构、性能、特点和旋钮位置、作用了如指掌，使用仪器能得心应手。描记前应检查仪器各部分性能是否正常。如定标测量（100微伏/1厘米）等。经校验符合指标后再进行操作，在操作前先打开机器让机器工作一段时间以保持稳定（电子管式预热时间要15分钟）。

(5) 病人的电极下头皮应进行清洁和脱脂处理。

在拟安放电极处将头发分开，用丙酮、乙醚、甲醇或95%乙醇擦净头皮。安放电极时应无任何不适感，并有大小适宜的头网套固定，以能在头皮上保持相当长的一段时间。电极安放好后，应极检查每个电极的电阻。一般须在5000欧姆之下，必要时在头皮擦入些氯化钠35克、淀粉8克、甘油5毫升加水至100克制成的电极胶，可以降

低电极的电阻。如电阻低于500欧姆，则应注意生理盐水有无从一个电极流向邻近电极，以致形成短路现象。如采用粘连电极，则在用丙酮消除头皮油垢后可在头皮擦入些电极胶，并在每个粘连电极之下搁上些白粘土膏（由过筛（#200）的白粘土85克、蒸馏水385毫升、溶解于60毫升蒸馏水的氯化钙80克与甘油30毫升制成）。再用一层3%火棉胶固定（即用滴管滴下些火棉胶后用橡皮球打气吹干）。

(6) 校准各导程的灵敏度，使均符合于100微伏电压=1厘米幅度。然后做对笔检查，即将各导程均通连至一对电极，时间常数等于0.3秒，高频过滤0赫芝，记录10秒钟以观察其是否相等。

仪器性能满意后，即嘱病人闭目、松弛、开始记录。

记录时间一般不少于20分钟，包括单极描记二、三组，双极描记二、三组。导联的数目和方式根据需要而定。每种导联的记录时间最少2分钟。在做单极导联记录时，应做视反应试验，即嘱病人睁目三次，每次3~5秒钟，然后闭目，以观察视觉对α波的遏制作用；重复两次。过度换气激发试验三分钟，并过一分钟再记录一次，一般在单极记录时为之。尽可能不要忽略爆发性异常的改变。

在记录过程中，灵敏度的调整根据电位振幅的高低；以控制记录笔的振幅在0.5~2.0厘米为宜。时间常数通常用0.3~0.7秒，纸速1.5~3.0厘米/秒，高频滤波置于75Hz档上。注意慢活动时，应放大时间常数至0.7~1秒，降低纸速至1.5厘米/秒。注意快活动时，应减小时间常数至0.03~0.1秒，增加纸速至6厘米/秒并去除滤波。记录完毕后，复做校准一次。

(7) 脑电图报告单如表1—1所示。

脑电图报告单

住院号	门诊号	脑电图号
姓名	性别男 女 年龄	病室 床位
检查日期	年 月 日	检查时位置：坐、半卧、卧
检查前	小时未进食	检查时意识情况：清楚、模糊、昏睡、昏迷
智能：佳、中等、差		合作程度：合作、不合作、眨眼、吵闹

脑电图检查意见(供医师参考用):

年 月 日 医师

表 1—1 脑电图报告单式样

4、脑电图图形描述:

脑电图机所记录到的为不同频率、幅值和形状的波形以及它们在时间和空间上的分布。一个脑波是综合许多个神经元在某一时刻电位差的表现,脑电活动可以通过多方面的描述来进行分析。

(1) 按频率和振幅来描述:

按一定规律重复出现的生物电活动称之为节律,脑电图可以有以下几种节律,它们具有不同的频率和振幅,正常和病理的脑电图其主要形式的节律是不同的。

a、 α 节律: α 节律是重复出现的8~13赫芝范围的电活动,其幅值范围为50~100微伏。大脑各区均有 α 节律,但以顶枕部最明显,但在额区和中央区头皮也可记录到。每个人 α 节律的变动范围很小。(1~1.5赫芝)睁眼时 α 波立即消失(代之以不同步的低电压波形)闭眼时又出现(如图1—8所示)睡眠时 α 节律解体,清醒时情绪过分紧张或注意力集中于某特殊类型的智力活动时, α 节律也可以消失或波幅降低,为不同步的高频波取代,但在过渡换气后 α 节律可以恢复。 α 节律可以作为一个人意识水平的客观指标。每一米长脑电图 α 波百分比谓之 α 指数。80%正常人的脑电图以 α 节律为主,特别是在肌肉松弛状态。

b、 β 节律: β 节律是14~30赫芝范围内的电活动。幅值约20~50微伏。 β 节律以额区和中央区为最明显,顶区亦可记录到。6%正常人脑电图以 β 波为主, β 节律及可分为 β I型, β I型节律的频率为 α 节律的2倍,且与 α 节律一样在精神活动时消失代之以不同步的低电压波形。这是由于精神诱发了 β 活动,特别是强脑力活动