

临床脑电图学讲义

北京市神经外科研究所电生理室编

R741.044

BSK

C.3

毛主席语录

人的正确思想，只能从社会实践中来，
只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实
验这三项实践中来。

我们能够学会我们原来不懂的东西。我
们不但善于破坏一个旧世界，我们还将善于
建设一个新世界。

序 言

本讲义是根据脑电图进修医生培训工作中的经验，在电生理室全体工作人员的协作下编写的。

讲义中所引用的脑电图一律采用神经外科研究所电生理室的资料。图中导联号码均按图5—9排列。

参考书主要有：

- (1) Gibbs, F. A. & Gibbs, E. L.: Atlas of Electroencephalography, Vol. I & II, Addison-Wesley, Cambridge, Mass. (1950)
- (2) Kiloh, L. G. & Osselton, I. W.: Clinical Electroencephalography, Butterworths, London (1961)
- (3) 大熊辉雄：临床脑波学，第2版，医学书院，东京(1970)
- (4) 清水健太郎等：脑波入门，南山堂，东京(1962)
- (5) 和田丰治：临床脑波，金原出版社，东京(1957)

北京市神经外科研究所电生理室 1974年8月

目 录

第一篇 总 论

第一章 脑电图的一般性质和分类	1
一、脑电图的基本特征	1
(一) 周期	1
(二) 振幅	2
(三) 位相	2
二、影响脑电图的各种因素	3
(一) 个体差和年龄差	3
(二) 与意识状态的关系	3
(三) 外界刺激、精神活动所致的变化	3
(四) 生化学改变的影响	5
三、脑电图的分类	6
(一) 按频率的脑电图组成成分的分类	6
(二) Gibbs 的分类	7
(三) 脑电图图型的分类	7
第二章 脑电图检查的实际操作	10
一、脑电机的调整	10
二、标准电压测定	10
三、电极的安装	10
四、脑电图描记	11
(一) 描记前准备	11
(二) 描记开始	11
(三) 描记时间	11
(四) 时间常数和高频滤波器的调节	11
(五) 增益调整器的使用	11
(六) 送纸速度的改变	11
(七) 描记条件的记载	12
五、描记完毕后	12
六、脑电图记录的整理	12

第三章 正常脑电图	12
一、成人清醒脑电图	12
二、小儿清醒脑电图	14
(一) 胎儿期	14
(二) 出生后	14
三、睡眠脑电图	18
(一) 成人	18
(二) 小儿	23
四、正常脑电图的诊断标准	24
第四章 异常脑电图	24
一、异常所见的分类	25
(一) 波率的异常	25
(二) 波形的异常	25
(三) 波幅的异常	25
(四) 出现方式的异常	25
(五) 对称性的异常	26
(六) 分布的异常	27
二、异常脑电图的组成成分	28
(一) 生理波的病理改变	28
(二) 异常波的出现	28
三、异常波的产生过程	31
四、异常脑电图的诊断标准	33
第五章 导联方法	34
一、导联的种类	34
(一) 单极导联法	34
(二) 双极导联法	35
二、定位方法	36
(一) 用单极导联法的定位	36
(二) 用双极导联法的定位	36
三、电极安装法	40
(一) 国际脑电图学会标准电极安装法	40
(二) Gibbs 法	40
(三) Cohn 法	40
(四) 神经外科研究所常规方法	40
四、电极的种类	43

(一) 头皮电极	43
(二) 特殊电极	43
第六章 诱发方法	44
一、过度呼吸	44
(一) 原理	44
(二) 方法	44
(三) 效果	45
(四) 适应症	45
二、睡眠诱发	45
(一) 原理	45
(二) 方法	45
(三) 效果	46
(四) 适应症	46
三、戊四氮诱发	46
(一) 原理	46
(二) 方法	46
(三) 效果	46
(四) 副作用	47
四、贝美格诱发	47
(一) 原理	47
(二) 方法	47
(三) 效果	47
(四) 副作用	47
五、闪光刺激法	47
(一) 原理	47
(二) 方法	48
(三) 效果	48
六、合併方法	48
(一) 光—戊四氮诱发	48
(二) 光—贝美格诱发	49
(三) 其他的合併方法	49
七、颈动脉窦压迫法	49
八、低血糖诱发	50
九、声刺激诱发	50
十、水诱发	50
十一、低氧诱发	50

第七章 伪差和脑电图检查室	51
一、标准电压测量中出现的伪差	51
(一) 脑电机的故障	51
(二) 来自外界的噪音	53
二、脑电图描记中出现的伪差	53
(一) 由脑电机和其附属器械(特别是电极)发生的伪差	53
(二) 来自被试者的噪音	55
(三) 来自外界的噪音	60
三、各种噪音输入经路的鉴别	61
四、脑电图检查室	61
(一) 地点的选择	61
(二) 脑电图检查室的设计	61
第八章 脑电机的电子学基础	63
一、电的基本知识	63
(一) 静电现象	63
(二) 电压、电流和电阻	65
(三) 电容器	68
(四) 线圈	69
(五) 过渡现象	72
(六) 交流迴路	75
二、电子管和晶体管	77
(一) 热电子现象	77
(二) 二极电子管	79
(三) 三极电子管	80
(四) 多极管	86
(五) 功率放大器	88
(六) 栅极电流	88
(七) 稳压放电管和稳流管	89
(八) 自给丙电压	89
(九) 晶体管	89
三、放大器	94
(一) 增益的单位	94
(二) 直流放大器	95
(三) 交流放大器	95
(四) 平衡型放大器	97
(五) 负反馈	100

(六) 放大器的时间常数·····	101
(七) 放大器的频率特性·····	102
(八) 放大器的电源·····	103
四、脑电机的结构·····	106
(一) 输入部分·····	107
(二) 放大部分·····	108
(三) 电源部分·····	111
(四) 记录部分·····	111
第九章 脑电图的电生理学基础 ·····	112
一、脑电图的发生原理·····	112
(一) 神经元和突触·····	112
(二) 脑电图的来源·····	119
(三) 大脑皮层诱发电位·····	121
(四) 自发电位·····	124
(五) 直流电位·····	126
(六) 脑电图的节律性·····	126
(七) 决定脑电图波型的因素·····	128
二、脑电图与激化系统的关系·····	129
(一) 网状系统的形态·····	130
(二) 上行性脑干激化系统·····	131
(三) 视丘网状系统·····	131
(四) 脑干网状结构的机能分化·····	132
(五) 反常睡眠的神经机理·····	132
三、脑电图与边缘系统的关系·····	133
(一) 边缘系统的形态·····	133
(二) 海马的电活动·····	133
(三) 杏仁核的电活动·····	133
四、发作波的电生理学观察·····	134
(一) 局限性散在性发作波·····	134
(二) 自我维持性强直—阵挛型发作波·····	134
(三) 发作波的抑制·····	135
(四) 发作波与脑活动水平的关系·····	135
(五) 发作波与脑成熟度的关系·····	135
第十章 研究脑电现象的历史 ·····	136

第二篇 各 论

第十一章 癫痫的脑电图	139
一、癫痫的分类	139
(一) H. Jackson 的理论	139
(二) F. A. Gibbs 的分类	139
(三) W. G. Lennox 的分类	139
(四) W. Penfield 和 H. Jasper 的分类	140
(五) H. Gastaut 的分类	141
(六) D. Janz 的分类	141
(七) 癫痫的国际分类	142
二、癫痫发作类型与脑电图的关系	143
(一) 广义的小发作	143
(二) 大发作	147
(三) 精神运动发作	153
(四) 焦点性发作	157
(五) 自主发作	161
(六) 热性痉挛	161
三、癫痫的临床经过与脑电图的关系	162
第十二章 脑瘤的脑电图	163
一、脑瘤时异常波的发生机理	163
(一) 直接因素	163
(二) 间接因素	164
二、脑瘤时的脑电图改变	164
(一) 生理波的改变	164
(二) 异常波的出现	165
三、不同部位的脑瘤的脑电图特点	169
(一) 额叶肿瘤	169
(二) 颞叶肿瘤	171
(三) 顶叶肿瘤	177
(四) 枕叶肿瘤	177
(五) 大脑深部肿瘤	178
(六) 后颅凹肿瘤	181
四、不同性质的脑瘤的脑电图特点	186

(一) 脑膜瘤	186
(二) 星形细胞瘤	186
(三) 少枝胶质细胞瘤	186
(四) 室管膜瘤	186
(五) 胶质母细胞瘤	186
(六) 转移瘤	186
(七) 血管网织细胞瘤	187
(八) 结核瘤、肉芽肿	187
(九) 颅咽管瘤	187
(十) 脊索瘤、皮样囊肿	187
(十一) 黄色瘤、胆脂瘤	187
(十二) 黑色素瘤	187
五、脑瘤的临床经过与脑电图的关系	188
(一) 胶质瘤术后	188
(二) 脑膜瘤术后	188
(三) 放射治疗后	189
(四) 针灸治疗后	189
(五) 化学疗法后	189
六、老年人脑瘤脑电图的特点	189
七、小儿脑瘤脑电图的特点	190
八、脑瘤的脑电图诊断价值	190
第十三章 脑外伤的脑电图	191
一、脑震荡	191
二、脑挫伤	192
(一) 轻、中型脑挫伤	192
(二) 重型脑挫伤	194
(三) 开放性脑损伤	196
三、间脑、脑干损伤	196
四、颅内血肿	197
(一) 脑内血肿	197
(二) 硬膜下血肿	198
(三) 硬膜外血肿	202
(四) 后颅凹血肿	202
五、外伤性癫痫	202
(一) 伤后急性期和癫痫潜伏期的脑电图	203
(二) 第一次发作后的脑电图	204
第十四章 脑血管疾患的脑电图	204

一、脑出血和脑血管闭塞	204
(一) 急性期的脑电图	204
(二) 慢性期的脑电图	207
(三) 不同部位的脑血管闭塞和脑出血的脑电图特点	208
二、蜘蛛膜下腔出血	210
三、高血压病	211
四、脑动脉硬化症	211
五、急性脑血循环障碍	212
(一) 阿-斯综合症	212
(二) 晕厥	212
六、慢性低氧血症	213
第十五章 颅内炎症的脑电图	213
一、脑膜炎	213
(一) 化脓性脑膜炎	213
(二) 结核性脑膜炎	214
二、脑炎	214
(一) 不同时期的脑炎脑电图改变	214
(二) 不同类型脑炎的脑电图特点	215
三、神经梅毒	216
四、脑脓肿	216
第十六章 意识障碍的脑电图	220
一、慢波化即持续性广泛性慢波	220
(一) 脑血管疾患时的意识障碍	220
(二) 肝性昏迷	221
(三) 颅内炎症时的意识障碍	222
(四) 脑瘤时的意识障碍	222
(五) 脑外伤时的意识障碍	223
(六) 代谢性疾患时的意识障碍	223
(七) 药物中毒时的意识障碍	223
二、发作波	225
三、睡眠波型	225
(一) 发作性睡病	226
(二) 低位脑干病变	226
(三) 昏迷病人的恢复期	227
四、正常清醒脑电图	227
(一) 低位脑干病变	227

(二) 癔病	227
(三) 催眠状态	227
(四) 气功	227
第十七章 精神病的脑电图	227
一、性格与脑电图的关系	228
二、病态人格	228
三、行为儿童	228
四、老年期和中年期的痴呆	228
(一) 老年性精神病	229
(二) 单纯性早老性痴呆	229
(三) Alzheimer 氏病	229
(四) Pick 氏病	230
(五) 动脉硬化性精神病	230
(六) Huntington 氏舞蹈病	230
(七) 亚急性海绵状脑病	230
五、精神薄弱	230
(一) 内因性精神薄弱	230
(二) 外因性精神薄弱	231
(三) 精神薄弱的特殊类型	232
六、神经官能症	232
(一) 神经衰弱	232
(二) 癔病	233
(三) 神经性厌食症	233
(四) 强迫性神经官能症	233
(五) 镇静阈值	233
七、内因性精神病	233
(一) 精神分裂症	233
(二) 躁狂抑郁性精神病	234
(三) 非典型内因性精神病	235
八、非药物性治疗对脑电图的影响	235
(一) 电休克疗法	235
(二) 胰岛素休克疗法	235
(三) 双侧白质切断术	236
第十八章 内分泌障碍、代谢障碍和其他疾病的脑电图	236
一、胰岛机能亢进所引起的低血糖	236
二、甲状腺机能障碍	236

(一) 甲状腺素中毒	236
(二) 甲状腺机能亢进症	236
(三) 粘液水肿	237
(四) 颅骨肥厚症	237
三、手足搐搦	237
(一) 甲状腺手术后手足搐搦	237
(二) 脑性手足搐搦	237
(三) 自发性手足搐搦	237
四、肾上腺皮质机能障碍	237
(一) 慢性肾上腺皮质机能不全	237
(二) 慢性肾上腺皮质机能亢进	237
五、下视丘—垂体性内分泌障碍	238
(一) 肥胖生殖器综合症	238
(二) 崩尿症	238
(三) 肢端巨大症	238
(四) Cushing 氏综合症	238
六、性周期的变化	238
(一) 月经	238
(二) 妊娠	238
(三) 妊娠中毒症	238
七、Wilson 氏病	238
八、糖尿病	238
九、尿毒症	239
十、周期性麻痹症	239
十一、支气管性喘息和胃溃疡	239
十二、青光眼	239
十三、皮肤病	239
十四、贫血	239
十五、周期性嗜眠症	239
十六、间脑症	240
十七、中毒性痢疾	240
十八、消化不良性中毒症	241
十九、周期性呕吐症	241
二十、巴金森氏综合症	241
二十一、脱鞘病	241
(一) 多发性硬化	241
(二) 狂犬病疫苗接种后脑炎	241
(三) 广泛性硬化	241

二十二、脂肪软骨营养不良症·····	243
二十三、小脑性肌阵挛性动作困难症·····	243
二十四、Sturge-Weber氏病·····	243
二十五、进行性肌营养不良症和肌强直性营养不良症·····	243
二十六、维生素缺乏症·····	243
(一) 急性维生素 B ₁ 缺乏症·····	243
(二) 维生素 B ₁₂ 缺乏症·····	243
(三) 维生素 B ₆ 缺乏症·····	243
二十七、水、电解质平衡紊乱·····	243
(一) 水代谢障碍 ·····	243
(二) 酸中毒 ·····	244
(三) 硷中毒 ·····	244
(四) 血浆正离子障碍 ·····	244
第十九章 皮层电图和深部电图·····	244
一、皮层电图·····	244
(一) 描记技术 ·····	244
(二) 皮层电图的特点 ·····	244
(三) 癫痫的皮层电图 ·····	245
(四) 脑瘤的皮层电图 ·····	246
二、深部电图·····	246
(一) 描记技术 ·····	246
(二) 深部电图的特点 ·····	246
(三) 睡眠、麻醉时皮层电图和深部电图的改变 ·····	247
(四) 癫痫的深部电图 ·····	247
(五) 精神神经病的深部电图 ·····	247
(六) 脑瘤的深部电图 ·····	248
(七) 脑部手术后的深部电图 ·····	248

第一篇 总 论

第一章 脑电图的一般性质和分类

脑电图是通过电极记录下来的脑细胞群的自发性、节律性电活动。将脑细胞电活动的电位作为纵轴，时间作为横轴，这样把电位与时间的相互关系记录下来的就是脑电图[图 1-1]。头皮上的两点之间或头皮与无关电极之间的电位差可以用 $E + \Delta E$ 来表示，这时 E 为直流电位， ΔE 为电位的变化部分。我们所观察到的脑电图就是这种 ΔE ，而关于 E 的情况几乎无法知道。这种电现象是生物在生活时才能观察到的，生物一死亡，电现象就消失。不同种类的动物可有特性不同的脑电活动。临床脑电图学，其对象是人脑电图，也就是对记录下来的人脑电图，结合其他临床资料，给以适当解释，以辅助临床诊断的科学。

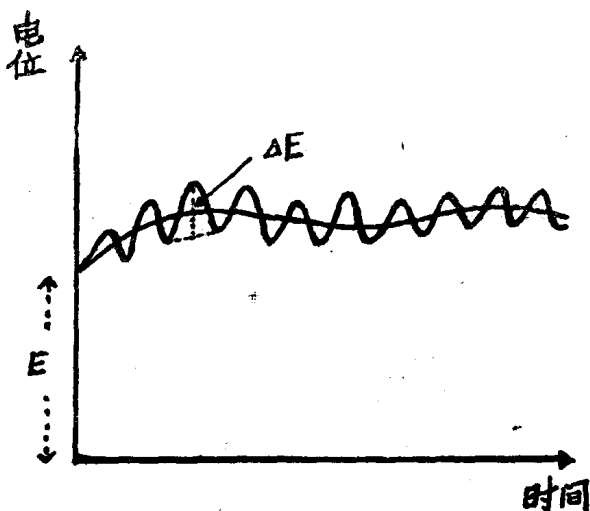


图 1-1 脑电位的时间性变化

一、脑电图的基本特征：

用快的送纸速度记录下来的脑电图一般呈正弦波样外观。它虽然不是真正的正弦波，但可以作为一种以正弦波为主体的波动来观察。因此，

脑电图应从周期、振幅、位相三方面进行分析，这些称为脑电图的基本特征，也是规定脑电图节律性和波形的重要因素。

(一) 周期：

在正弦波现象中把一个波与下一个波之间的距离用时间表示的称为周期[图 1-2]。脑电图的周期，与此稍不同，一般指的是由一个波底到下一个波底的距离或由一个波顶到下一个波顶的距离对基线的投影用时间表示出来的[图 1-3]。而在单位时间内出现的正弦波波数(频率)的倒数称为平均周期。例如，1秒钟有10次的正弦波的平均周期为1/10秒即100毫秒。脑电图的周期取决于记录部位的电活动。清醒、安静、闭眼时正常成人的脑电图周期相当稳定。经自动频率分析器分析的结果，脑电图频率(周期的倒数)主要分布于8~12次/秒的范围。左右对称部平均周期的差异不超过10%，同一个人，头皮各区平均周期的差异不超过10%，在不同时间记录的平均周期亦不超过10%。虽然平均周期较恒定，但对大脑生理条件的变化，特别是对代谢改变很敏感。临床脑电图学中，由于周期的单位(毫秒)不方便，一般用频率的单位(次/秒)来代表周期。

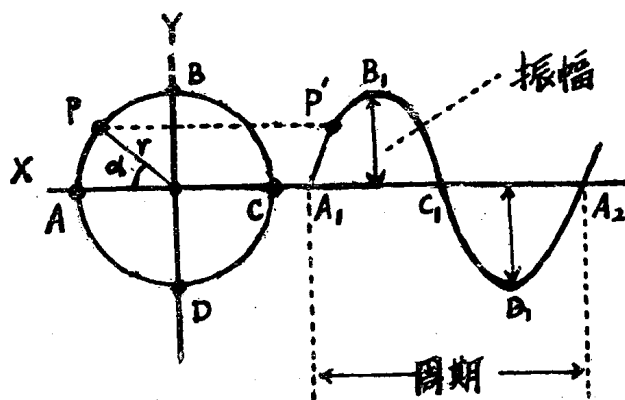


图 1-2 正弦波的振幅和周期

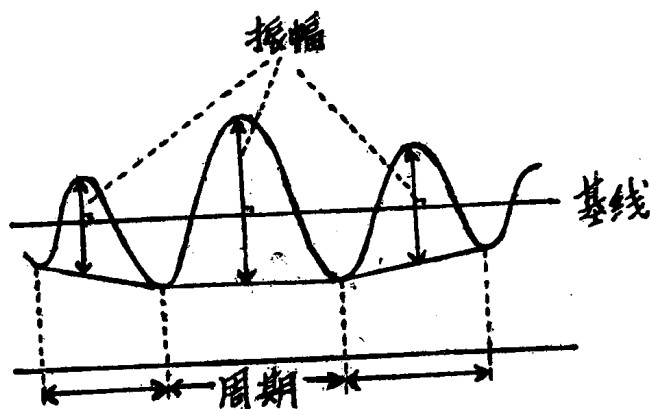


图 1-3 脑电图的振幅和周期

(二) 振幅(波幅):

正弦波的振幅指的是由基线到波顶或波底的距离[图 1-2]。但,通常从波顶划一条垂直于基线的直线,由这个直线与前后两个波底连结线的交点至波顶的距离称为脑电图的平均波幅[图 1-3]。采用这种测定方法的理由是,因为脑电图或多或少都有一些基线不稳,难于得到为测定振幅的标准基线。振幅一般不恒定,经常有变动。变化范围在于数微伏~100 微伏。个体差亦较大。振幅一般依存于在脑内发生的电位,此外还受电位发生部位的脑细胞数目、大小及其排列方向,记录电极间距离,诱导方向等的影响。振幅变化的方式有 3 种:非常快的突然的变化(如癫痫波),在几秒~几分钟的短时间内的变化(如睁眼、外界刺激等引起的生理变化)和几天~几年的慢的变化(如年龄差异即发育过程中的生理变化)。

(三) 位相:

脑电图的位相有正相和负相,一般以基线为标准,朝上的波称为负相波(阴性波),朝下者称为正相波(阳性波),此时波的位相亦称为波的极性。此外,在同时记录两个部位的波时,位相亦成为讨论的问题。周期相同的两个波在同一送纸速度下,其波顶之间有时间性错位(即一个波在前,另一个波在后)时称为有位相差[图 1-4]。当两个波的位相差为 180 度时称为位相倒转;90 度时则有 1/4 周期的错位;位相差为零度则意味着两个波的极性和周期是完全一致的,也就是这两个波是同位相。但脑电图的位相差一般不用度数来表示而把它换算为时间轴的距离并使用毫秒单位。脑电图学上成为问题的主要是持续性或短暂的位相倒转和同位相现象。位相取决于脑内放电部位即焦点的位置、数目、大小以及电极导

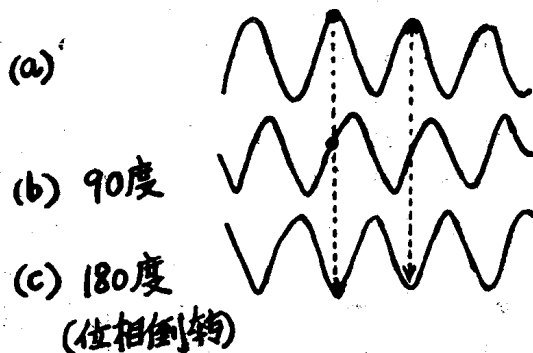


图 1-4 脑电图的位相差

联方法、诱导部位。例如，放电部位很局限或有两个以上的放电部位时可以显示位相的特异性改变。正常人的脑电图在顶、枕部的位相常与额部相反即成位相倒转。一般，左右对称部的位相是相同的，但也可以有位相差，特别是在顶部。

二、影响脑电图的各种因素：

生命过程中，在整个机体特别是神经系统发生的全部变化都能反映在脑电图上。引起脑电图变化的主要因素有：①年龄，②个体差，③精神活动，④外界刺激，⑤意识变化，⑥体内生化化学改变，⑦脑部疾患。以上因素中①和②与脑发育情况和体质特点有关，③、④、⑤和⑥是脑电图的一种生理变化，是一过性、可逆性的，⑦是病理变化，此时在脑电图上可以观察到与生理变化完全不同的病理波（如棘波），也可以出现与生理变化不易区别的病理波（如慢波）。

（一）个体差和年龄差：

同一个人的脑电图，不管在什么时候记录都是比较恒定的，但不同人的脑电图有相当的差异。举 α 波为例，平均振幅可有5~50微伏的个体差，频率也有8.5~12.5c/s的变化。 α 波的出现方式也有个体差，一般是 α 节律在顶、枕部占优势，但有些人是在额部占优势。H. Davis (1936) 曾分析了 α 波出现情况的个体差，结果是： α 波占优势（ α 波出现率75%以上）的人有20%， α 波比较优势（50~75%）者有35%， α 波与其他波混合存在（ α 波出现率为20~50%）者占20%， α 波稀见（0~25%）者为25%。脑电图与性格的关系亦曾被探讨过。性格活跃、主动的人，其脑电图往往显示 α 波减少，过度换气时不呈反应，但对光刺激的反应较明显；性格温和、细心、被动、抑郁型的人常显示 α 波优势的脑电图，当作过度换气时可见慢波增多，但对光刺激的反应不明显；性格粗暴、不耐烦、攻击性、神经质的人，其脑电图多由 α 波、快波和慢波组成，过度换气时易出现慢波，对光刺激的反应较明显。脑电图与性格的关系仅是一个趋向，不能从脑电图来推测个人的性格。F.L. Golla (1943) 根据 α 波反应方式将脑电图分为3种类型，即M型（闭眼时缺乏 α 波者），R型（睁眼或注意力集中时 α 波有阻断）和P型（给视觉刺激或精神紧张时 α 波不衰减）。

脑电图与年龄有密切的关系，正确理解这种关系对阅读脑电图有重要意义。

（二）与意识状态的关系：

脑电图对意识改变有显著的反应，如睡眠或昏迷时的脑电图与清醒时有很大不同。假如意识变化为可逆性，脑电图则显示可逆的变化并且脑电图变化可以比临床症状出现得较早。

（三）外界刺激、精神活动所致的变化：

脑电图节律一般易受精神活动的影响，例如被试者将注意力集中在某一件事或作心算时 α 节律将消失，为 β 波所代替。这被解释为神经细胞电活动的同步性消失，变为不同步的结果。外界刺激亦可引起同样的反应。例如，视觉刺激可引起枕叶 α 节律的消失（ α 波阻断）。当被试者睁开双眼或一眼时也可以产生 α 波阻断现象。在暗室里使被试者努力看事物，例如让他想起风景、人物时， α 波也将被阻断。这种精神努力的强度愈强， α 波阻断的效应就愈明显。