

綜 説

精神機能と脳波

——特に意識変化を中心として——

金沢大学医学部精神医学教室

教授 島 菌 安 雄

「精神機能と脳波」という題をみて、ある人は「とんでもないことだ。精神機能の複雑さが、脳波などとらえられるものか」、とつぶやくであろうし、またある人は、「精神活動の主要な座が脳であるならば、その脳の電気活動である脳波が、精神活動と密接な関連を示すことは当然である」と考えるであろう。事実、約30年前、H. Berger が人間の脳波についての所見を初めて発表して以後、多くの精神医学者や心理学者が、これと似た疑惑と期待をもつて、脳波の研究を続けた。今日の考えからいえば、この両者はともに真理を含んでいると思われる。例えば脳波の上から、思考活動や、感情、意志の動き、殊にその内容に応じた変化をよみとることはまず不可能であるし、他方、意識状態の変動のごときものは、しばしば脳波像とかなり密接な関係を示す。

脳波と意識変化の間に密接な関係があるといつても、これはただちに、両者の間に完全な対応関係があることを意味するものではない。両者の関係はくわしくみればみるほど、複雑である。そこで、以下二三の意識変化の場合につき、主として筆者自身が協同研究者とともに観察したところを中心として述べてみたいと思う。

I. 睡 眠

a. 終夜睡眠

睡眠の深さの進行とともに、脳波にはぼ一定の経過がみられることは早くから知られており、今日では一般に脳波の所見から睡眠の深さがほぼ確定できるときさえ考えられている。

このような脳波の性質を利用して、一夜の睡眠の経過をみようという試みは、わが国でも塩月、市野らによつてなされた。塩月らの所見によれば、脳波上にあらわれた終夜自然睡眠の経過は、従来考えられてい

るよりも変動の多いもので、入眠後間もなくの最も深い睡眠期を経て浅い眠りに至つた後も、何回となく再び深い状態をくりかえすという。しかしこのような脳波の所見は、睡眠中における脳の活動状態の変動の一面をあらわしているものではあるが、同時に脳波上には明瞭にあらわれないような過程が脳その他の種々の部位に営まれているということも当然考えられることである。そこで筆者は古閑、藤沢とともに終夜睡眠中の脳波、皮膚電気反射 (GSR)、呼吸、脈搏や、時に眼球運動、皮膚温などを、睡眠の全経過にわたつて同時に記録して睡眠過程につき検討を試みているが、ここでは今日までに比較的まとまつた所見が得られたGSRの動きと脳波の関係について述べる。

第1図は就寝前のもので、暗算を課するとともに、手掌のGSRには定型的な反応があらわれ、問題をといた後は脳波にきれいな α 波がみられている。入眠時には α 波が段々消えて、小さい徐波をまじえた電位の低い波に移行するが、この時期にはGSRはしばしばあらわれにくくなる。しかしその後、いわゆる温熱性発汗部位といわれる手背部に、GSRがあらわれ始める。第2図はこの時期のもので、脳波には紡錘波や著明な徐波がみられている。GSRはその後の睡眠の経過に伴い手掌にも、よくあらわれるようになる(第3図)。GSRは外見上何ら刺激がなくても自発的かつ頻繁に出現し、また音刺激の反復に対する順応も起りにくい。第4図は、終夜睡眠中の脳波、呼吸、脈搏、GSR(手背、手掌)の変動を1例について示したものである。図の中央部においては、脳波上の睡眠の深さの変動とGSRの出現頻度との間にかなり密接な対応関係が認められる。

従来、睡眠中にはGSRがあらわれにくくなると考えられているが、以上の所見はこの一般の考えと著しく違つている。しかし筆者らはすでに20数例について

同様の検索を行ない、ほとんどすべての例において多かれ少なかれ同じ傾向を観察しており、深い睡眠時にいわゆる自発性の GSR が出易いという事実はまず疑いのないものと思われる。ちなみに Regelsberger (1942) は睡眠中における皮膚の直流抵抗を測定し、睡眠に入るとともに、これが低下することを認めており、また久野は 1~2 時間の短い睡眠について、精神性発汗部位の汗の分泌は低下するが、温熱性発汗部位では増加することを報告している。これらの報告は深睡眠中に GSR が一層大きくかつ頻繁に出るとする筆者らの所見と一連の関連性を有するものと思われる。

こういう現象が如何なる機構によつて起るのかということとは未だ明らかでない。ただこれが睡眠中の脳波の変動を規定している機構と全く同一ではないということは次のことによつて明らかである。第 4 図の右半をみると、脳波上の睡眠の深さはなおかなり深いにもかかわらず、この時期の GSR は著明に減少している。すなわちここでは両者の間にかなり明らかなく違いがある。症例によつては、朝方、脳波上の睡眠の深さがかなり浅くなつたとみられるにもかかわらず、なお GSR が比較的良好にあらわれる場合もある。脳波の変動を想定している因子と GSR の発現に影響のある機構との間にはかなりのへだたりがあると考へねばならない。

脳波と GSR の関係を 10 数例について検討し、これを模式的に示すと第 5 図のような種々の場合がある。図の左半は終夜睡眠の前半期、右半は後半期のものである。今日までの所見では、A→C, A→D の経過を示すものが多かつたが、中には B→C, B→D すなわち GSR のあらわれ始める時期がかなりおくれる場合もある。D は GSR が朝になつてもいつまでもよくあらわれているもので、朝目がさめてもなかなかすつきりせず、頭がぼんやりしていたり身体がだるかつたりする、いわゆるおきぬけの気分の悪いのは、このような事実と関連性があるかもしれない。従来「脳睡眠」と「身体睡眠」という言葉が使われてきたが、脳波と GSR はそれぞれ前者と後者により近い関係に立つもののようにも想像される。ともあれ脳波以外の生理的な指標を脳波と平行して観察することにより、睡眠時の脳内過程は今後さらに明らかにされるであろう。

b. 催眠性睡眠

催眠状態は、暗示によつて誘導される一種特有の意識状態であるが、この場合に脳の機能にどのような変化が起つているかということは興味ある問題である。殊に催眠状態中に睡眠暗示を与えることによつて起る睡眠類似の状態、すなわち催眠性睡眠が、自然睡眠と

どのような関係にあるかということは、種々論議されているが、未だ確かな結論が得られていない。

脳波所見についても、催眠性睡眠には覚醒時の脳波がみられるに過ぎないという人もあれば、睡眠と類似の脳波がみられたという人もあり、また後者の場合の解釈についても、催眠性睡眠への導入そのものが、脳に睡眠類似の変化を起させるのであると考える人もあるし、また、たまたま睡眠が誘発されたにすぎないとみる立場もある。これらの、所見の不一致の原因は、同じく催眠性睡眠といつてもその程度は常に同じでなく、一見睡眠類似の状態であつても外界との接触がなおよく保たれている場合もあるし、それが不良になつていることもあるという点にあると思われる。脳波像はその深さの度合とある程度関係があるようである。

藤沢、古閑、豊田は数名の大学生につき a と同様の方法を用いて催眠状態のポリグラフィックな観察を行なつた。その中の 1 例の経過を図によつて示すと次のごとくである。

第 6 図は催眠誘導前の覚醒安静時のもので、脳波には α 波が優勢にみられ、GSR では刺激に伴い正常の反応があらわれている。第 7 図は「右の手は軽くなつて上の方へあがつて行く」という暗示に続いて催眠性カタレプシーを起させたときの記録である。脳波にはなお α 波が比較的良好にみられているが、呼吸数は減少し、やや乱れている。

この後、「あなたはだんだん睡くなつていつて、すつかり眠つてしまう。しかし私の声だけは聞える」という暗示を与えて、催眠性睡眠に誘導した。これに伴い脳波では α 波が次第に減少し、やがて第 8 図に示すように θ 波が出現し始めたが、音刺激（クリック）によつて GSR には反応が認められ脳波にも若干の変化がみられている。この時期においては、実験者の声が聞えている合図として手をあげる教示をすると被験者は明らかにこれに応じ、またうなずかせる教示にもよく反応し、なお外との接触が十分に保たれていることがわかる。その後、脳波に δ 波が混り始めた頃（第 9 図）には、動作的応答は鈍く、接触が不良のこともあつたが、実験者の暗示に対し脳波上、明瞭な反応があらわれたり、また実験後得られた被験者の内省などから総合すると、この時期においても外界との接触はなお完全には失われていなかったようである。呼吸数は明らかに上昇し、脈搏は低下していた。第 10 図はこの状態から覚醒させたときのもので、速かに覚醒時の波形に戻っている。

以上の所見を総合すると、催眠性睡眠に伴い脳波には徐波化の傾向が明らかに認められ、これは自然入眠

の場合とも共通しているところである。しかし自然睡眠の経過と比較すると幾つかの点でくいちがいも認められる。催眠性睡眠時にみられる θ 波は一般に自然入眠時のそれよりも一層律動的である。また自然入眠時には、 α 波が消えて θ 波をまじえた振幅の比較的小さい波型を示す時期は一過性でやがてより深い睡眠波型に移行するものであるが、催眠性睡眠においてはこのような波型に止まっている期間が比較的長く続く傾向がある。彼らの催眠実験においては、自然睡眠に比較的特徴的といわれる瘤波 (hump) や紡錘波 (spindle) はほとんどみられたことがなく、また刺激に伴うK-複合も余り観察されなかつた。非定型的ながら瘤波や紡錘波に類する波がみられたときには、外との接触も失われており、外界との接触を残しているたぐいの催眠性睡眠の状態ではなかつた。また催眠性睡眠においては、睡眠暗示を中止すると α 波が回復することが多かつたという。すなわち催眠性睡眠においては α 波が減少して θ 波、時には δ 波もあらわれ、この点では自然入眠に似た方向の変化が認められたが、一方自然睡眠に比較的特有といわれるような波は遂にあらわれず、自然睡眠と同一の脳内過程が起つたといえるほどの確実な所見は得られなかつた。

催眠性睡眠への導入によつて徐波化が認められることは、禅やヨガの修行中に α 波の持続性の増加に続いて軽度の徐波化が認められることも一連の共通性を思わせる。

GSR においても禅やヨガの修行中と似た傾向が認められた。すなわちクリック刺激を定間隔でくりかえして GSR の反応をみると、一般に反応の振幅は正常覚醒時よりも大きくなり、また順応 (adaptation) の傾向も少ないのである。自然睡眠においては a で述べたごとく深い睡眠中には反応も大きく順応も起りにくいが、入眠期にはむしろ GSR は出にくくなることかしばしばであつて、この点催眠性睡眠時と自然入眠時との間にはかなりの相違がある。

この方面の研究はなお継続中であるが、そもそも催眠術とか、禅、ヨガの修行というようないわば精神的或いは心理的な誘導で、脳波、GSR、その他の生理的な諸機能に生ずる変化を追求することは、心身相関の問題にも関連することで、興味ある課題であるといえよう。

II. てんかん性意識障害

a. 小発作

てんかんの発作は、脳の一部に起つた異常な自発放電が、次第に脳の他の部位にも拡がり、それに応じて種

々の臨床症状を呈するものである。その異常放電の拡がりには脳波の記録によつてある程度把握できるので、同時に臨床症状を観察対比することによつて脳の各部位の機能を推定する手がかりが得られる。

すなわち、てんかん発作の観察は、動物で行なわれている脳の刺激実験を、人間で、しかも自然の状態で行なつていようなもので、脳の生理学にとつては極めて重要な病的材料であるといふことができる。

てんかん発作の中でも、小発作、殊にその中核をなすアブサンスは、突然に起つて突然終る短時間の意識消失発作と、これに平行してみられる特異な脳波波型 (spike and wave) によつて特徴づけられるもので、意識変化の機構をさぐる上には最も適した材料であるとされている。そしてこれと類似の発作と脳波波型が、動物の視床汎性投射核の一部の刺激によつて起るといふ観察から、この領域に意識状態と最も密接な関係を有する部位が存在すると考えられるに至つた。意識消失は脳の広汎な部分の機能が著しく障害されることによつて起ると考えられるから、視床汎性投射核のように大脳皮質その他の領域に広く影響を及ぼし得る部位が、意識消失と最も緊密な関係をもつことは十分に考えられることである。

しかしこのような、いわゆる「意識中枢」の局在説の基礎となつている人間のてんかん小発作についても、これをさらにくわしく観察すると、予想以上に複雑な所見が得られるのであつて、事柄は上に述べたほど簡単ではない。

Spike and wave の出現に伴う「意識消失発作」といふが、その症状を細かくみると、意識の障害のされ方は種々である。例えば subclinical seizure のように脳波に小発作波があらわれても、臨床的にほとんど変化のみられない場合もある。但しこの場合の spike and wave は、形が十分に完成されていなかつたり、脳の全般への拡がり不完全で定型的な波形を示すのは一部に限局されていたり、波の持続時間が短いのが普通である。これに反して脳波上定型的な発作波型を呈し、臨床的にも意識消失が起つていとみられる clinical seizure の場合にも、その際に外から刺激を加えたり、簡単な課題を与えて観察すると、若干の反応がみられることも少なくない。

第11図は発作中4回名前を呼んだ例であるが、3回目にはあいまいな応答があり、発作の終りに近づいた頃には明瞭な応答があつた。あとできくと、患者は名前を呼ばれたのを1回だけ覚えており、これは恐らく4回目のものと思われる。第12図は発作中3回名前を呼んだにかかわらず応答がなかつたが、発作終了と

もに返事をしている。この場合にも、1回だけは、名前を呼ばれたのをぼんやり知っているといい、恐らくは第3回のもが記憶に残っているものと思われる。興味あることは、この場合の脳波像であつて、応答があつたり呼名が記憶に残っているときの波形と、その前の全く反応のなかつたときの波形との間に明瞭な差異を認めることができない。同じことは患者に好むテンポで紐を引かせている途中で発作が起つた場合にも認められる。第13図の例は、発作が起つてもなお暫くは紐を引きつづけ、過呼吸も続行しているのであるが、途中で過呼吸も紐を引くのもやめて代りに鼻をほじくような簡単な自動症 (automatism) を示し、さらに発作の終りに近くなつて再び過呼吸を始めるとともに、早いテンポで紐を引き始めている。この間、脳波像の上には著しい変化はない。かなり強い意識障害を起しているにもかかわらず、「過呼吸を行なう、紐を引く」というような課せられた課題を忘れてしまつていくわけではなく、発作の途中で再び紐を引く動作を始めることは興味深い。

第14図に示すものも同じような意味で注目すべき例である。この例では発作中も紐を引いているので、これを中止するように命ずると、それとともに発作が一時終り、紐を引く運動もやめてしまつた。ところが、その後再び発作が起り始めるとともに、発作中一時自分から紐を引き始め、終りに近づいてまたやめているのである。すなわち中止の指図は、発作が終つたときや、発作の終りに近づいて意識がかなり回復したと思われるときには、記憶の面に浮かび上つて来て有効な指図となつているのであるが、意識障害の強いときには、命令によつて紐を引く動作が中断された時期をとり越えて、それより前に動作を続けていた時期と、結びついているのである。

以上若干の例で明らかのように、一見、単純な意識消失とみられる小発作時にも、これを細かく観察すると精神機能が種々の程度に残り、或いは障害されているのであつて、意識があるかないかというような簡単な記載では表現しきれないものがあるのである。この点をさらにふ延して考えると、subclinical といつても、くわしく調べれば若干の意識の変化が起つている可能性があり、一方 clinical といつても意識障害の程度は様々であつて、subclinical と clinical の境界は甚だ曖昧である。むしろこの両者間には漸進的な移行があると考えるのが至当であると思われる。

脳波像と精神状態という面からみると、これもある程度の対応で満足しなければならぬことがわかる。小発作時の脳波像と、意識変化との間には多くの場合

にかなり密接な対応があり、完成された小発作波が頭蓋全般に広くあらわれている場合は意識障害の程度も強く、これに反して、波の形がくずれていたり、ある範囲に比較的限局していたりするときは意識障害の程度も軽いのが普通である。しかし、上の図にも示したように、さらにくわしく観察すると、脳波像の上では著しい変動が認められないにもかかわらず、意識状態には差異がみられるのであつて、この範囲においては脳波像と意識変化との間には完全な対応関係がないといわなければならない。

脳波像と意識変化の間にも最も密接な関係があると考えられているアブサンスにおいてすらこのような次第であるから、他の種の病的な意識障害において、脳波像との対応関係がより不完全であることは十分予想されることである。したがつて、問題は意識変化と脳波像が対応するか、しないかということではなく、どういふ場合に、或いはどういふ条件においてより密接な対応を示し、或いは示さないかということである。次に述べる精神運動発作の場合にもこういう見地から検討する必要がある。

b. 精神運動発作

てんかんの発作中に、一見、合目的、或いは無意味な動作をくりかえす (自動症 automatism) にもかかわらず、あとでこの間のことに対する記憶がなかつたり、患者自身が周囲や自己の身体部位に対して異常な知覚を体験するといったような精神症状を示す発作が近年注目されている。これらは一般に精神運動発作の名のもとに総括されているが、その臨床症状は知覚面から運動面にわたつて種々であり、脳波像の上でも、必ずしも一定していない。

一体この種の発作では、身体の動きに伴う artifacts が入り易いために発作時の脳波所見の記載は比較的少ないのであるが、殊に発作中の脳波像と臨床症状の対比に至つては満足な報告がほとんどないといつてよい現状である。筆者ら及び遠藤はこの点に注目して、主として意識障害の面から、この両者の対応関係を検討した。

精神運動発作時の脳波像はおおよそ次の3型に大別される。すなわち (1) 4~8/sec. の振幅の大きい比較的規則正しい徐波が、発作の期間を通じて持続するもの、(2) 発作開始とともに脳波が平坦に近い波形となるもの、(3) 発作発現にもかかわらず、脳波上には著しい変化のみられないものである。

この他に、発作の始めには大きい徐波があらわれるが間もなく平坦な波形に移行する場合があります。また遠藤は、発作期間を通じて不規則な徐波が持続する型を

区別している。

以下二三の図によつてこれを示すと第15図は 1) に属するもので、発作開始とともに振幅の大きい $6/sec.$ の規則正しい徐波が全誘導にあらわれ、時間の経過とともに周波数や振幅は変動して行くが、発作期間を通じて $6\sim 3/sec.$ の徐波が連続してみられている。患者は目を見開き、頭をもちあげようとするが、呼名に対しては応じない。発作開始60秒頃からは、口をばくばくさせ、検者の制止にもかかわらず起きあがるようとするが、この頃には呼名に対し不確かながら応ずるようになる。脳波はこの前後から、徐波がほとんど消えて、基線の動揺をまじえた平坦に近い波形になつている。

第16図は遠藤が、不規則な徐波の連続する型の例としてあげているもので、発作中大きな徐波が連続し、40秒頃からは平坦な波に移行している。発作中、患者は目を見開き、うなり声をあげ、無意味な自動運動を行なつている。

第17図は 2) に属するもので、発作開始後、患者は呼名に応ぜず、まとまりのない無意味な自動行為を示していたが、脳波上ではこれに対応して基礎律動の消失した平坦な波がみられたのみで、大きな徐波は終始認められなかつた。この場合の平坦な波形は、はげしい痙攣発作後の疲弊状態などにみられるようなものではなくて、むしろ賦活波型であろうと思われる。但しこの場合の賦活は、健康人が緊張したり、むつかしい考えごとをしたりするときに起るような生理的範囲のものではなく、より病的なものであろう。

第18図に示す例は、発作発現とともに何かぶつぶつといひ舌うちを始めたが、やがて呼名や質問に対して不真面目な態度で答えたり、はな歌を歌つたりする状態が1時間近く続いた例である。このときの脳波像は、発作前にみられた α 波や θ 波の振幅が多少小さくなり、或いは α 波の周期がややのびている程度で、前の例にみられたような著明な異常脳波は認められず、3) の型に属するものであつた。精神運動発作の中にこのように、脳波に著しい変化がみられないものがあるということは Gastaut も述べているところである。

以上のような、臨床像と脳波像に関する様々な所見を、意識障害、殊に意識の混濁という面から検討してみよう。一般に精神運動発作においては異常な言動や体験が目立ち、狭縮或いは変容と呼ばれるような意識変化の特徴がしばしばみられるために、とかく全般的な意識水準の低下という面が無視されがちであるが、以上の例でも明らかのように、発作中には多かれ少なかれ意識水準の低下、すなわち意識混濁が起つている

のである。そしてこの意識混濁の面に注目して、これと脳波像とを対比してみると、ある程度の対応があるように思われる。

1) から 3) にあげた脳波像の中で、1), 2) のようなもの、すなわち振幅の大きい規則正しい徐波が持続してあらわれたり、基礎律動が消えて平坦化した波が初めから出現するようなときには、意識の混濁はかなり強く、同時に存在する自動動作も比較的単純で無目的なものが多いが、これに反して 3) のように脳波上の変化が比較的少ないものでは意識混濁は比較的軽く、外界にもよく反応し、かなり複雑な行動ができ、意識変化としてはむしろ意識の狭縮とか変容といった特徴がより強く前景にあらわれているように思われる。また徐波が不規則、非同期的で、頭蓋上の拡りも十分でないようなものでは、意識混濁の程度も両者の中間に位置するものが多いと遠藤は述べている。なお 2) のような基礎律動の消失、非同期化、脳波の平坦化が、かなり強い意識障害と対応することは興味あることで、脳の広汎な機能の障害が種々異なつたメカニズムで起り得ることを考えさせるものである。

III. 麻 酔

種々の薬物による麻酔時の脳波所見についてはすでに多くの報告があるので、ここでは二三の特殊な所見についてのみ述べることにする。

a. アルコール酩酊

アルコール酩酊時の脳波変化を概略的に示すと第19図のようである。1は飲用前で、規則正しい α 波が呼名により短時間抑制されている。2は精神的に抑制がとれ、朗かになつていくときのもので、 α 波は振幅と連続性をやや増し、飲用前(コントロール)よりも一層規則的となつている。この変化はアルコール酩酊時と限らず、ごく軽い麻酔で精神的な緊張や抑制がとれているときに広くみられるものである。3は次第に麻酔の効果があらわれ、閉眼すると「周囲から隔絶した感じ」が起り始めている時期のもので、 α 波の週期が延長し、 θ 波が混り、やや不規則な波形となつているが、しかし呼名によつてただちに飲用前に似た波形にまで回復している。4は、その後強い睡気に襲われ、うとうとしていたときのものであるが、このさいにも呼名によりただちに規則正しい α 波があらわれた。呼名の直前と直後でこのように明瞭な波形の差があるということは、刺激による意識状態の変動がいかに著明に脳波の上に反映するかということを示すもので、興味深い。アルコールそのものによる麻酔作用が刺激によつてこれほど急激に変化することは考えられないので

あつて、麻酔作用の背景の上で速かに変動する脳内過程がここに如実にあらわれているのである。5は、その後、椅子に座つたままぐつたりとねこんでいるときのものであるが、この場合は刺激を与えると一過性に大きな変動があらわれるだけで、覚醒時の波にまでは回復していない。しかしこれにひきつづいて3回刺激をくりかえすと、最後の刺激では6にみるように、脳波にかなりの回復がみられている。これは刺激の反復によつて被検者が次第に覚醒の方向に移つたことを示すものである。以上、各時期の所見は、薬物が持続的に作用していると考えられる麻酔時といえども、呼名や感覚刺激によつて脳波は相当に回復し得ることを明らかに示している。

この現象は図の7において一層顕著である。これは6の後に被検者をゆり起し、さらにアルコールを飲用させるとともに若干の会話を行なつた後に記録したものであるが、脳波は驚くほど回復しているのである。

このような現象を解釈するためには、麻酔時の脳波の変動を規定する因子として、どうしても二つの因子(脳内過程)を考えなければならない。その一つは、感覚刺激(覚醒刺激)によつて即座に変動し得るような脳内過程であり、他は薬物の持続的な作用によつて、長い時間経過のうちに徐々に変化する脳内過程である。この両者は相互に関連性をもつものではあるが、上の例でも明らかのように、薬物の持続的な作用が続いているときでも、覚醒刺激による脳内過程の変動(脳波の回復)は予想以上に著明にあらわれるのである。しかし薬物の作用がさらに強くなれば刺激に伴う速かな可逆性は次第に弱くなり、遂にはほとんど認められなくなることはいうまでもないことで、二つの因子の力の関係がその時々の脳波像を規定しているといひ得る。

アルコール酩酊時の所見の中で、もう一つ、一般に注目されていることの少ない、しかし興味ある所見について述べよう。

それは α 波の週期の変動である。第20図は脳波のヒストグラムであるが、右は特に α 波の帯域を4つに分けて、その分布を示したものである。2は第19図の2の脳波のヒストグラムであるが、コントロールに比して、 α 波の中で週期ののろい方がものが僅かに優勢になつている。第19図の7は、なまの脳波の記録では1または2と差がないようにみえるが、この場合のヒストグラム(第20図の6)をみると、2よりもさらに週期の長い α 波が優勢になつている。すなわち一見したところ、似た α 波の連続であるが、細かく観察すると、僅かであるが、しかし確実に α 波の週期の延長がオ

こつていることがわかるのである。ヒストグラムの7は、その後、明るい部屋で暫く開眼させたあと、閉眼させると同時に記録した脳波について作成したものであるが、この時期には α 波の週期は6よりもさらに回復している。すなわち開眼させ緊張させた直後には、 α 波はこの程度にまで回復するのであるが、その後 α 波の週期は刻々と θ 波、 δ 波に移行することもしばしば記載されているところである。しかし外部からの覚醒刺激の有無によつて意識水準が変動する場合に、一見同じようにみえる α 波の週期が、僅かにしかし確実にのびたりちぢんだりしているという事実は従来余り注目されておらず、これは α 波の週期の生理学的意味を考える上からも大変重要な所見であると思われる。最近、平井らは、禅、ヨガといったような、精神的な訓練にもとづく精神緊張度の変化の場合にも、これと似た現象があることを観察している。

生理的な意識水準の低下とともに、 α 波が消えて小さい速波や徐波があらわれ、覚醒刺激によつてこの経過を中断すると再び α 波があらわれるに至ることはよく知られている。また薬物による麻酔によつて α 波の週期がのび θ 波や δ 波に移行することもしばしば記載されているところである。しかし外部からの覚醒刺激の有無によつて意識水準が変動する場合に、一見同じようにみえる α 波の週期が、僅かにしかし確実にのびたりちぢんだりしているという事実は従来余り注目されておらず、これは α 波の週期の生理学的意味を考える上からも大変重要な所見であると思われる。最近、平井らは、禅、ヨガといったような、精神的な訓練にもとづく精神緊張度の変化の場合にも、これと似た現象があることを観察している。

b. バルビツール酸系剤による麻酔

バルビツール酸系剤の投与によつて、脳波に速波があらわれることはすでに周知の事実である。しかしこの速波の動きを細かく観察すると、幾つかの興味ある所見が認められる。

バルビツール酸系剤を徐々に注射すると細かい速波が前頭、中心領附近から次第に頭蓋の全般にわたつてあらわれ、その後この波は振幅と週期を増して脳波像を支配するようになる。投与量を中等度にとどめて、その後の経過を観察すると、一時脳波像を圧倒していた速波は漸次振幅と週期を減少し始め、やがて睡眠の紡錘波期(spindle phase)に似た波形に移行する(第12図)。被検者は睡眠類似の状態を呈し、われわれはこれを薬剤の麻酔から睡眠に移行したものとみる。しかるに、この状態で数分、或いはそれ以上放置したのち、被検者をよび起すと、それとともに突如として速度が再現するのである(第22図)。

この速波の出現は、バルビツール酸系剤の作用がまだ脳に残っていること、すなわち脳がなおバルビツール酸系剤の麻酔作用の影響下にあることを示す。それにもかかわらず、刺激による覚醒前の睡眠様状態においては、速波の出現が抑制されて、一見自然睡眠に似た脳波像が得られるのである。すなわちバルビツール酸系剤は、投与後間もなく最も強く脳の活動を支配

し、その後時間とともに弱くはなりつつも、相当の時間脳に影響を及ぼしているのであるが、その中間に睡眠様の過程が始まると、脳波像はむしろ後者によつてより多く支配され、速波は一時抑制を受ける。この現象の解釈には a に述べたような二つの過程を考える必要がある。すなわち薬物によつて比較的持続的に進行し、徐々に消褪する脳過程と、刺激の有無によつて速かに状態を変える脳の過程である。後者に属する睡眠様過程が状態を強く支配しているときは、脳波的にもこれが前景にあらわれているが、刺激その他によつてこの過程が中断されると前者の影響が脳波像に著明になる。第23図はこの関係を模式的に示したものである。

この種の現象はバルビツール酸系剤による麻酔時にかぎらず、あらゆる場合に遭遇することであつて、臨床脳波の観察のさいばかりでなく、動物実験においても常に脳裡にとどめておくべきことである。一定の薬物を一定量投与して、きまつた時間の後にその作用の状態を観察する場合にも、たまたまその時期に動物が眠つていたり、さめていたりするときでは、また動物が緊張しているときとそうでないときでは、脳波所見は全く違つてあらわれるのである。脳波ばかりでなく、恐らく他の諸々の生体測定においても同様のことがあるであろう。その時々意識状態を無視して、ただ機械的に測定した値は無意味に近いといえる。

速波の変動に関して、筆者らが注目したもう一つのことからは、速い速波とおそい速波の動きである。

よび起したときにあらわれる速波はしばしば 15~18/sec. 位の割合のろい、そして振幅の大きい速波である。このときに、被検者に目をあけさせたり、緊張を要するような指示を与えると、のろい速波に代つて 20~25/sec. 位の振幅の小さい早い速波があらわれる(第24図)。筆者らは仮にのろい速波を FA、速い速波を FB と名づけたが、開眼や緊張によつて FA が FB に代る現象は、あたかも正常覚醒時の α 波が同じような賦課によつて β 波におきかえられる現象とよく似ている。またのろい速波 (FA) を示している被検者を放置すると、再び睡眠に移行する前に一時速い速波 (FB) を示すことがある(第22図)。これも正常人無麻酔の入眠時に α 波が消えて、 β 波や小さい徐波が一時あらわれる現象とよく似ている。薬物によつてあらわれた速波が、このような態度を示すことは従来余り注目されていない。

もちろん、ここで観察した速波はバルビツール酸系剤の投与によつてあらわれた速波であるから、正常の場合にみられる速波ないし β 波がこれと似た態度を示すかどうかはなお検討を要する点である。しかし無麻

酔の人間の中心領附近から直接誘導する場合に得られる速波についても、これと類似の現象がみられることがある。次の項に示すように、バルビツール酸系剤の投与時に頭皮上誘導で観察される速波は、投与前から大脳皮質附近に存在した速波が振幅を増すことによつて頭皮上誘導にも顕著にあらわれるようになったと考えられる節もあり、そうであれば上記の速波の性質は、無麻酔時の速波についてもある程度あてはまりそうにも思われる。

速波ないし β 波の問題は、これまで α 波ほどくわしく研究されていないが、上に示したような観察を通して、速波の性質が従来より一層明らかにされることが期待されるのである。

c. 麻酔時の深部脳波

意識変化のさいに、頭皮上脳波を観察していると、脳の深部では、どういう変化が起つているのか、ということを知りたくなる。しかし人間については、これを系統的に観察する機会はなかなかない。

筆者の同僚檜林は stereotaxic の装置を用いて主としてパーキンソニスムス患者に脳深部手術を行ない、良好な結果を得た。そこでこの手術の機会を利用して、1本の針に 5~8 個の電極をとりつけた多誘導電極を、主として中心領附近から視床に向つて挿入し、脳の種々の深さの部位の電気活動を記録し、それが、各種の麻酔によつてどのように変化するかを追求した(第25図)。以下協同研究者大熊とともに観察した結果を簡単に述べよう。

無麻酔の人間に深部電極を挿入して、大脳皮質から視床に至る種々の深さの部位の電気活動を記録すると、第26図の左に示すように α 波に相当する波は、それぞれの深さで比較的良好に記録されるのに反して、速波は皮質附近で最も大きい振幅で記録され、皮質から離れるにつれて急激に振幅を減じる。すなわち速波は大脳皮質附近に比較的局限して存在する。この速波をくわしく観察すると 13~18/sec. 位の比較的のろい速波と 20/sec. 以上のはやい速波がまぎつており、目を開かせると、のろい速波がより強く抑制され、はやい速波が前景に立つ傾向が認められる。この速波の動態は前項において述べたバルビツール酸系剤麻酔時の頭皮上脳波の場合とよく似ている。

バルビツール酸系剤を徐々に静注すると、第26、27図に示すように皮質附近の速波は著しく振幅を増し、注射前の数倍にも達する。この速波は次第に深部にもあらわれるようになり、週期ものびて、意識を失う頃には皮質にも皮質下部にも 2~5/sec. の徐波が出はじめ、その後時間の経過とともに、自然睡眠に似た紡錘

波期に移行する。同じくバルビツール酸系剤を投与する場合でも、これを筋注したときには、静注のときのような著しい速波の振幅増大はみられない(第28図)。注射後数分は特別な変化がなく、その後皮質及び皮質下の脳波が抑制されている時期と、皮質附近の速波が、振幅と週期を増してあらわれる時期とが10~20秒ごとに交代して出現する。被検者が浅い眠りに入る頃には各部位で徐波がみられるが、皮質附近ではこれに速波が重畳している。その後、きれいな紡錘波がくりかえし出現するが、この紡錘波は皮質と皮質下とはほとんど同時に出現し、ほぼ同期的である。しかしさらにくわしく観察すると、視床附近に紡錘波があらわれているときには皮質附近にもこれに相当した波が出現しているが、他方皮質附近に相当著明な紡錘波が出現しているながら、深部からの誘導には、これに相当した波がはつきり認められない場合もある。

ともあれ、同じ薬剤を用いても、注射方法によつて所見の上にこのような著しい差があるということは注目すべきことである。

抱水クロラルを注腸したさいの所見は、バルビツール酸系剤の筋注後のものとよく似ている。一方、皮質麻酔剤といわれるトリクロール・エチレンを吸入させると(第29図)、皮質附近の α 波及び振幅の大きいろい速波は次第に抑制され、振幅の小さいはやい速波が一時やや優勢になるが、これもやがて振幅を減じ、次第に徐波におきかえられる。

この所見は、自然入眠時のものによく似ている。またレスタミンの静脈内注射や皮下注射、スコポラミンの皮下注射の場合もほぼ同様の経過を示す。

以上の所見を総合すると、次の模型図(第30図)のようになる。バルビツール酸系剤の静注では皮質速波の増大が顕著であり、これに反して、自然睡眠、トリクロール・エチレン、レスタミン、スコポラミンの投与では全般的な振幅の減少が目立ち、抱水クロラルの注腸やバルビツール酸系剤の筋注の所見は両者の中間に位する。

上にも述べたごとく、脳波の変化は投与方法によつて著しく影響を受けるものであるから、これらの所見の差異をただちに薬物の性質の相異に帰することは危険であるが、一面、皮質麻酔剤とか脳幹麻酔剤と呼ばれているような薬剤の差も無視できないものがあり、これを人間について検討したことは意義が大きいと思われる。

もつとも、バルビツール酸系剤の静注後に速かにあらわれる皮質速波の増強が、薬物の皮質に対する直接作用によるものか、皮質下、殊に脳幹部の機能低下に

よつて二次的に生じたものであるかは、上記の所見のみをもつてしては決定できない。今日、一般には、動物実験の結果から、バルビツール酸系剤はまず脳幹網様体に働くと考えられているが、上に述べたような人間の皮質脳波の変化は極めて敏感なものであつて、この現象を十分説明できるだけの動物実験の所見はいまだ得られていないと思われる。

あ と が き

筆者は、人間の意識変化時の脳電氣的所見のうち、主として筆者らが新しく指摘した知見について、その概略を述べた。

そもそも人間の脳波についてはその発生機序も、また脳波の変化の裏づけをなす脳内機制もほとんどわかつていない。したがつて、人間の脳波を扱う限りある程度記述的な範囲で満足せねばならず、研究しているものとしては、隔靴搔痒の感をまぬがれないのである。

人間の脳波がこのような事態におかれている反面、動物実験の方では近年、視床沈性投射系や脳幹賦活系といったような機能系が明らかにされ、しかもこれらの機能系の活動が意識変化と密接な関係をもつてることが推定されるに至つた。これらの知見は近年の脳生理学の最もかがやかしい成果である。

しかし、他面その成果に幻惑されて、人間の意識変化の問題がすべて動物実験によつて解釈し得るような考えをいだく者が不在ではない。これは過信であつて、動物の脳はその構造からいつても機能からいつても人間のそれとは著しく違つており、また動物については人間におけるような細かい意識や精神状態の変化を観察できない点からみても、動物実験には明瞭な限界があるはずである。

われわれが知りたいのは人間の精神活動の背景をなす脳内機序であつて、これを明らかにして行くためには、今後さらに動物実験と平行して、人間についての注意深い観察を続けねばならないと思う。

文 献

本稿に記載した内容のくわしい所見、考察及びそれに関する文献は、次にあげる諸論文の中でふれてあるので、それを参照されたい。

I. に関し、

- a. 古閑永之助：精神経誌掲載予定。
- b. 藤沢清：心理学研究掲載予定。

II. 関し、

- a. 島菌・平井・大熊・福田・山根：脳と神経、

5; 323, 昭28. **Y. Shimazono, T. Hirai et al.** : *Epilepsia* 3; 49, 1953. 遠藤俊一: 脳と神経, 9; 775, 昭32.

b. 笠松章・島園安雄: 精神経誌, 59; 969, 昭32. 遠藤俊一: 脳と神経, 9; 687, 昭32.

Ⅲ. に関し,

a. 島園安雄: 精神経誌, 53; 169, 昭和26.

懸田・島園・鈴木: 脳研究, 5; 66, 昭24.

b. 島園・大熊・福田・平井・山根: 脳と神経,

5; 204, 昭28. **Y. Shimazono, T. Okuma**

et al. : *EEG Clin. Neurophysiol.* 5; 525, 1953.

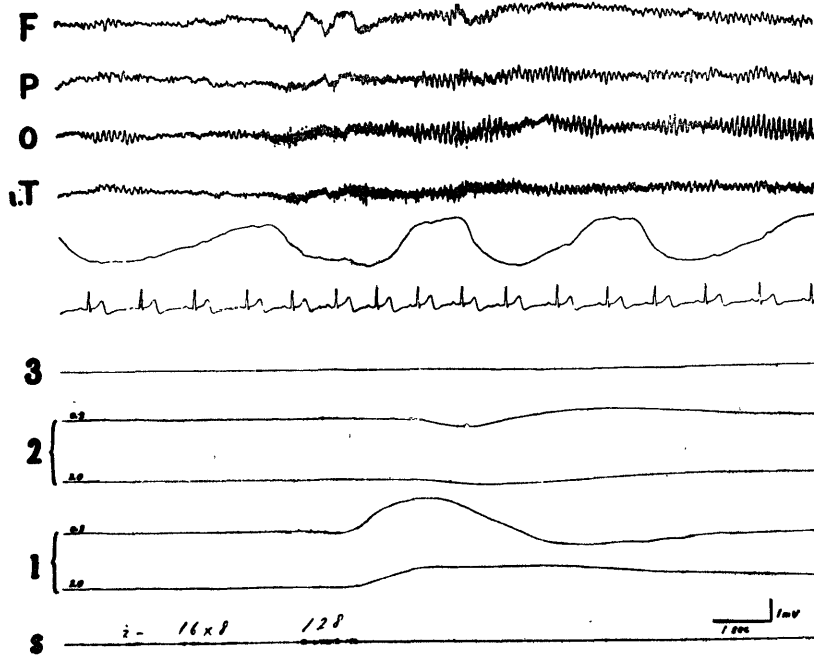
島園安雄: 精神経誌, 57; 374, 昭30.

c. 大熊輝雄: 精神経誌, 55; 670, 昭28.

大熊輝雄: 精神経誌, 58; 247, 昭31.

T. Okuma, Y. Shimazono et al. : *EEG Clin. Neurophysiol.* 6; 269, 1954.

T. Okuma, Y. Shimazono & H. Narabayashi : *EEG Clin. Neurophysiol.* 9; 609, 1957.

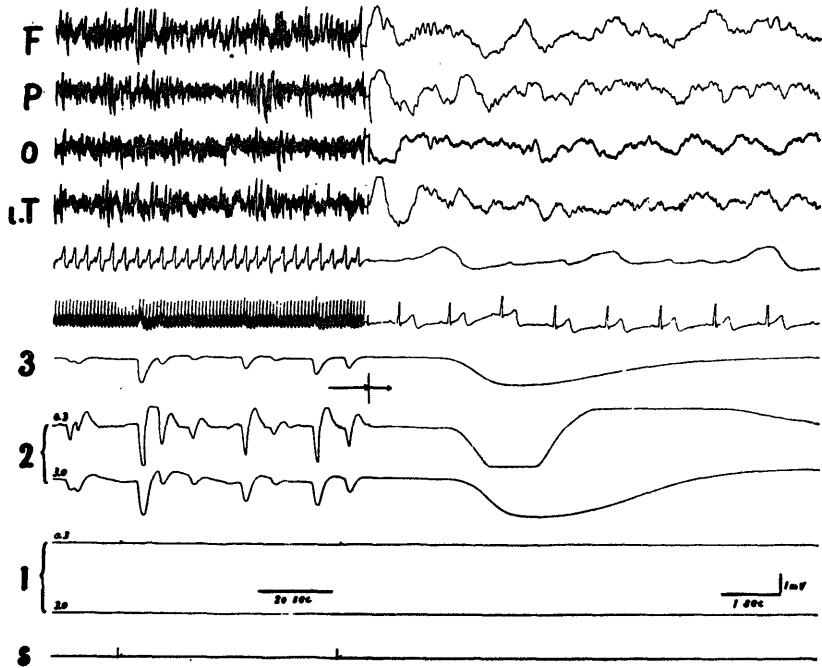


第1図 入眠前の記録

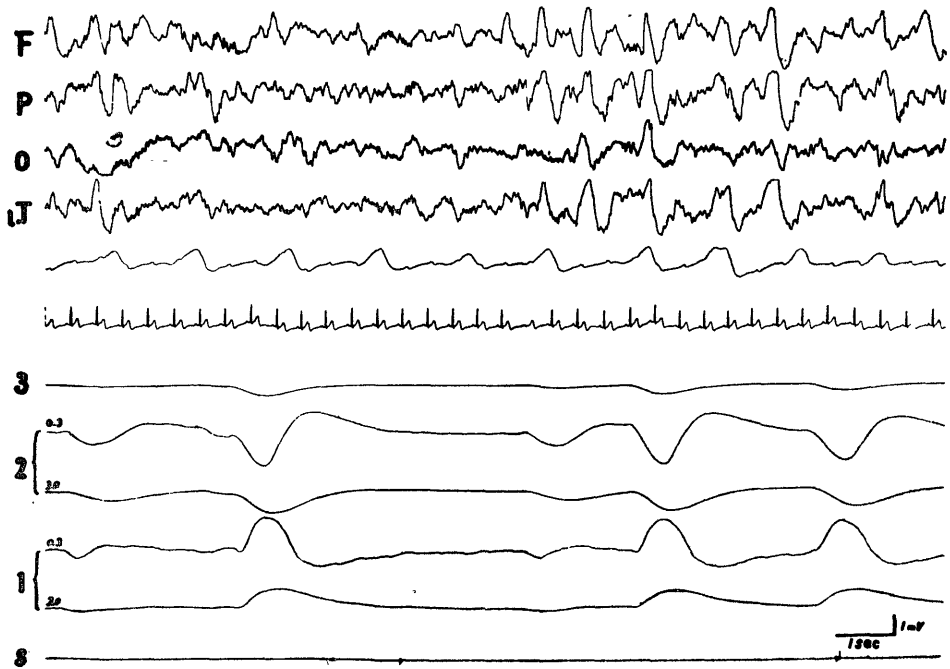
上4段は脳波 (F: 前頭部, P: 頭頂部, O: 後頭部, L.T: 左側頭部よりの誘導). 第5段は呼吸, 第6段は心電図.

第7~11段は皮膚電気反射 (3: 前膊, 2: 手背——時定数 0.3 と 3.0 で記録, 1: 手掌——時定数 0.3 と 3.0 で記録).

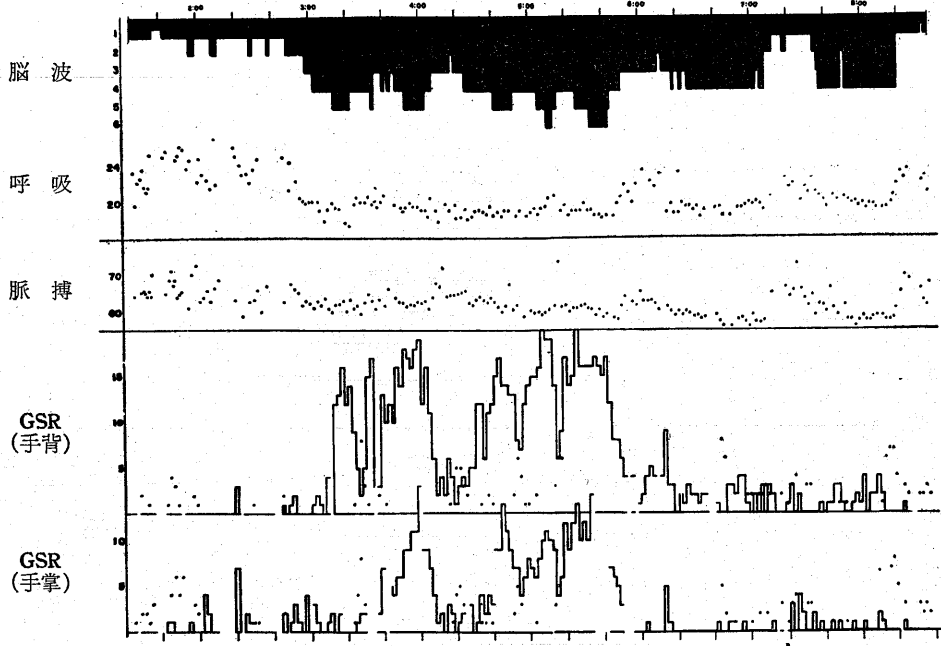
Sは被検者のいる室内の音響を記録したもの. 被検者は20歳の男子学生.



第2図 睡眠中の記録
誘導は第1図と同じ。左半分は右半分の $\frac{1}{20}$ の速度で記録してある。



第3図 深い睡眠中の記録
誘導は第1図と同じ。

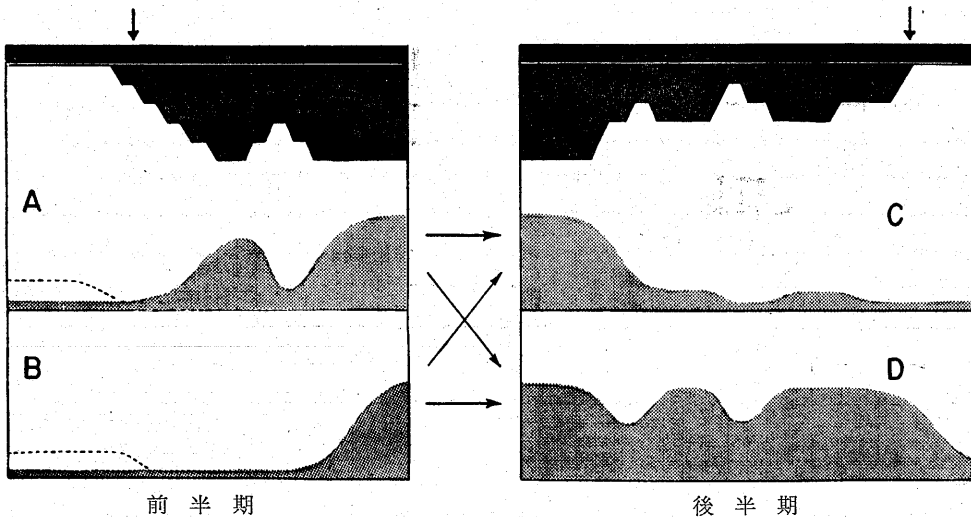


第4図 終夜睡眠中の変動

横軸には、左から右にかけて、一夜の時間の経過をとつてある。

上段の黒いグラフは、脳波上にみられた睡眠の深さの変動を示す。睡眠時の脳波を6つの段階に分けてグラフにしたもので、下に向うほど深くなっている。

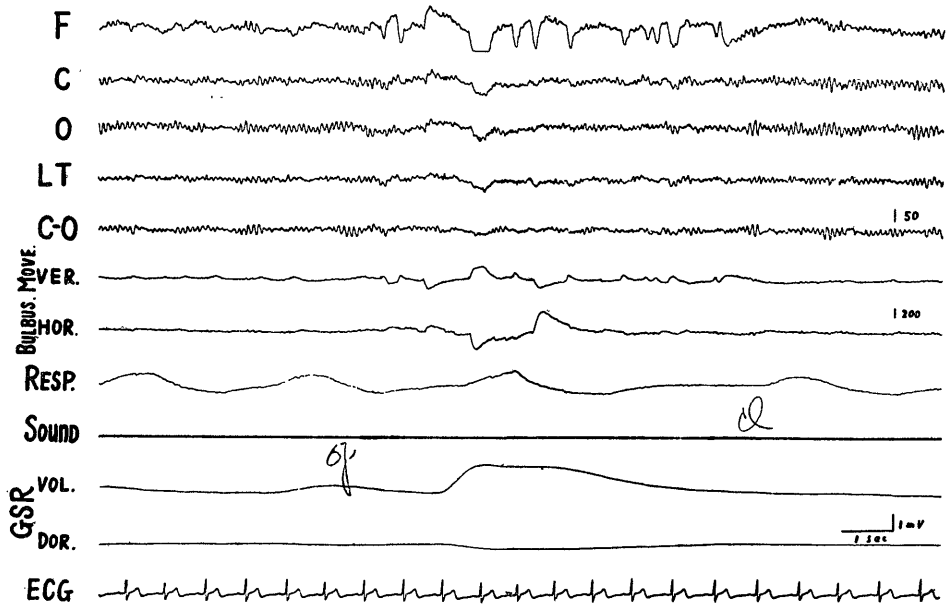
GSR は手背、手掌とも、それぞれ2分ごとの反応数を縦軸の高さで示してある。GSR のグラフの中にある黒点は、外部より与えた音刺激（クリック）の数を示す。



第5図 自然終夜睡眠の経過を示す模型図

濃黒色の部は脳波上の睡眠の深さの変動を示し、淡黒色の部は GSR の出現頻度の変動を示す。

この図は脳波の変動と GSR の出現頻度の変動との関係を、極めて大ざっぱに模型的に示したもので、それぞれの図形の細かい変動は症例により種々様々である。



第6図 催眠誘導前の記録

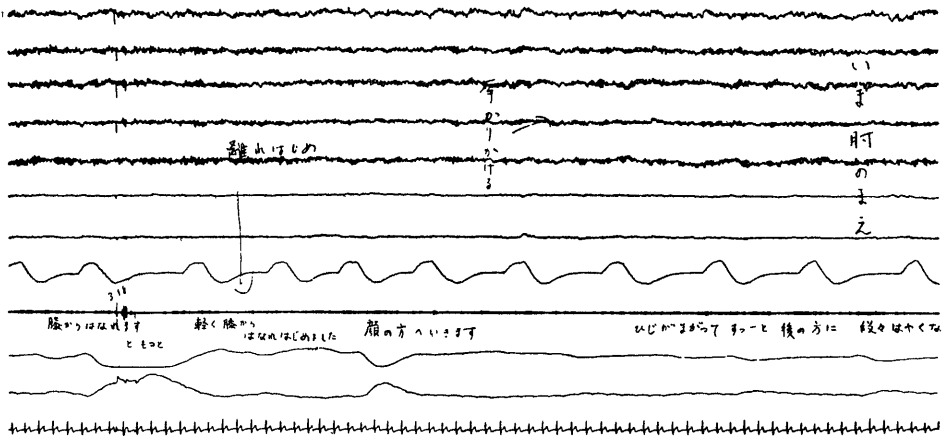
上5段は脳波 (F: 前頭部, C: 中心領野, O: 後頭部, LT: 左側頭部, C-O: 前頭—中心領野間の双極誘導).

第6, 7段は眼球運動 (VER: 上下方向, HOR: 水平方向).

RESP: 呼吸, SOUND: 被検者のいる室内の音響.

第10, 11段は皮膚電気反射 (VOL: 手掌, DOR: 手背).

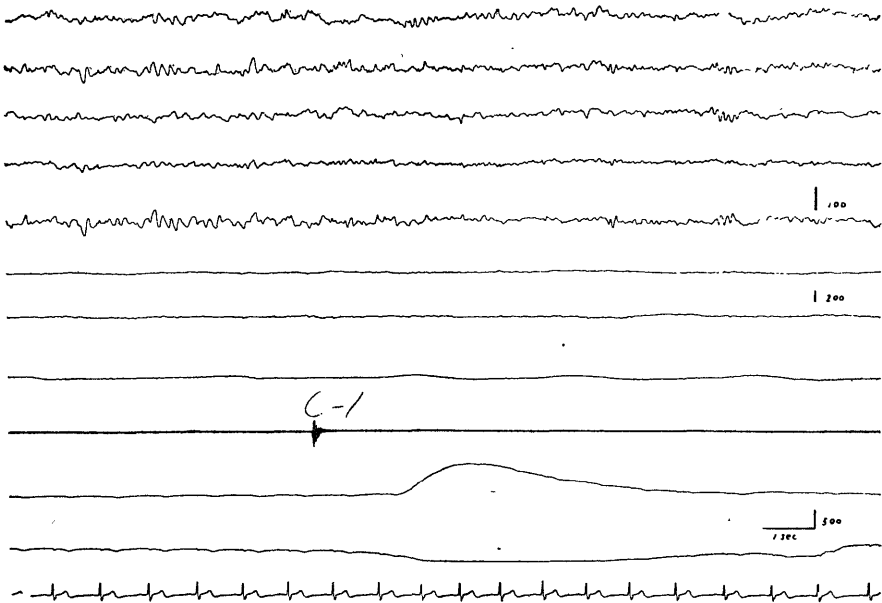
ECG: 心電図. 被検者は20歳の男子学生.



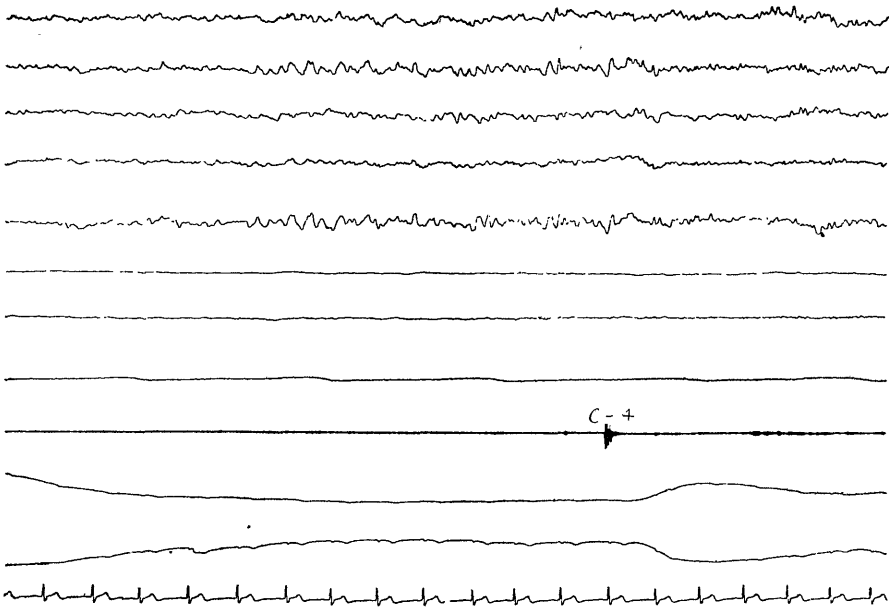
第7図 催眠性カタレプシー中の記録

各誘導は第6図と同じ.

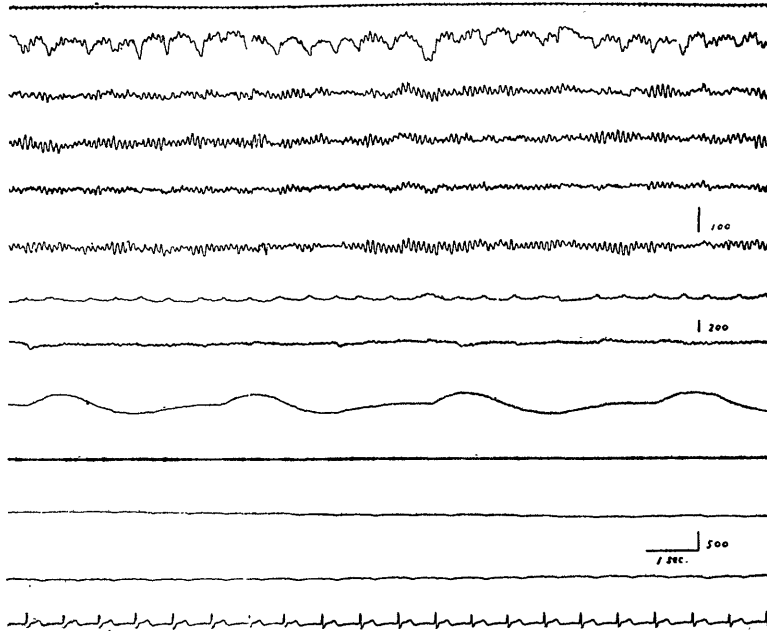
記録が細かいので分りにくいですが、脳波にはなおα波が比較的良好に現われている.



第8図 催眠性睡眠中の記録
各誘導は第6図と同じ。



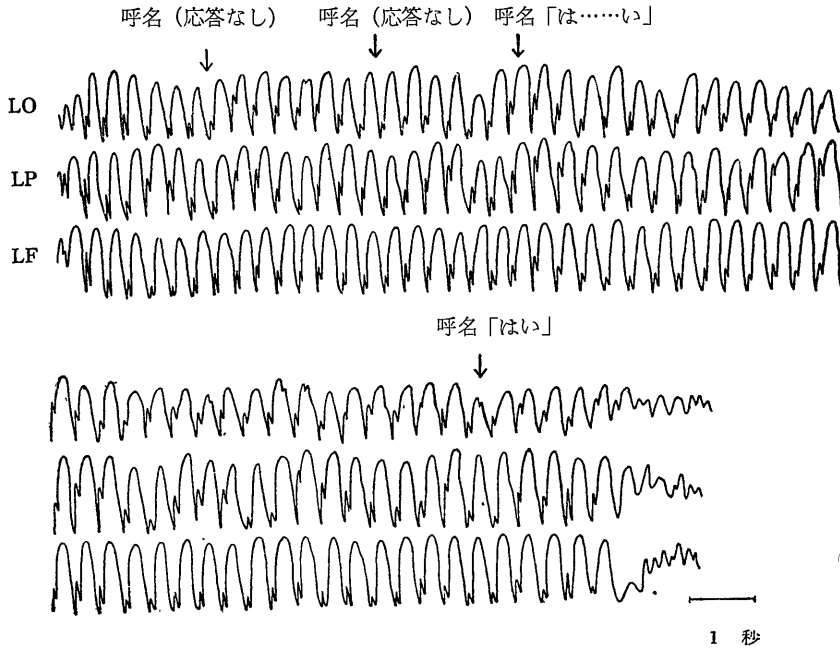
第9図 催眠性睡眠中の記録
各誘導は第6図と同じ。



第10図 催眠性睡眠から覚醒後の記録

各誘導は第6図と同じ。

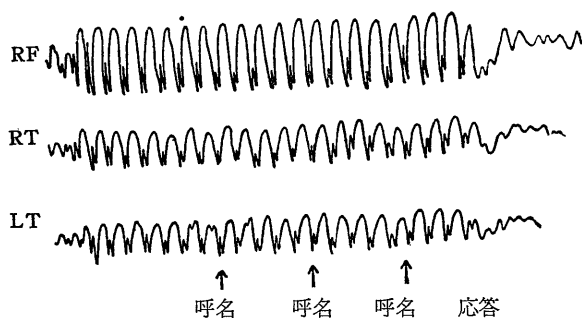
前頭部誘導の脳波には眼瞼の動きに伴う artifacts がまざっている。



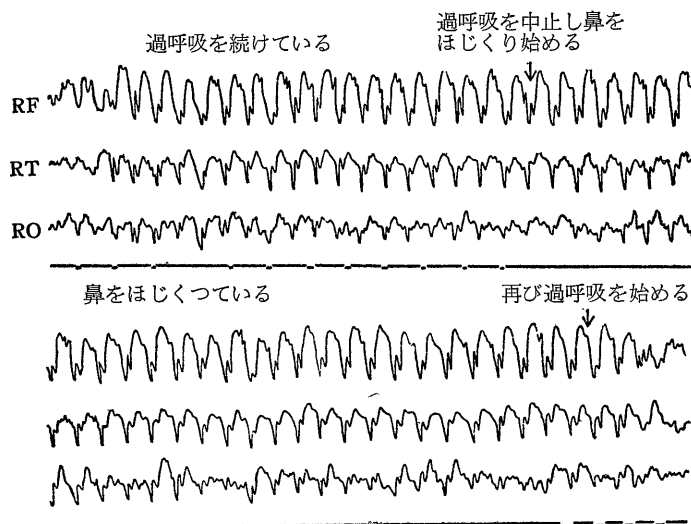
第11図 小発作中の脳波

上の図と下の図は継続したものである。以下の各図の略号は、次の誘導部位を現わす。

LF: 左前頭部, RF: 右前頭部, LT: 左側頭部, RT: 右側頭部, LP: 左頭頂部, RP: 右頭頂部, LO: 左後頭部, RO: 右後頭部。

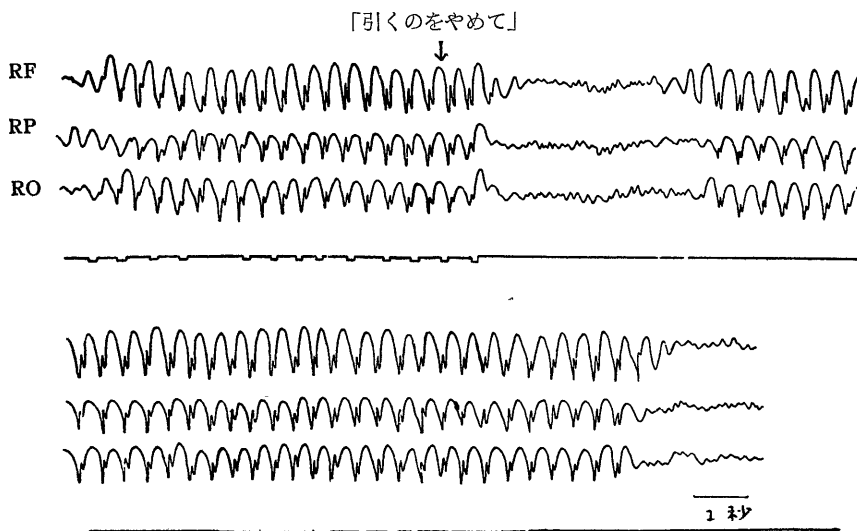


第12図 小発作中の脳波



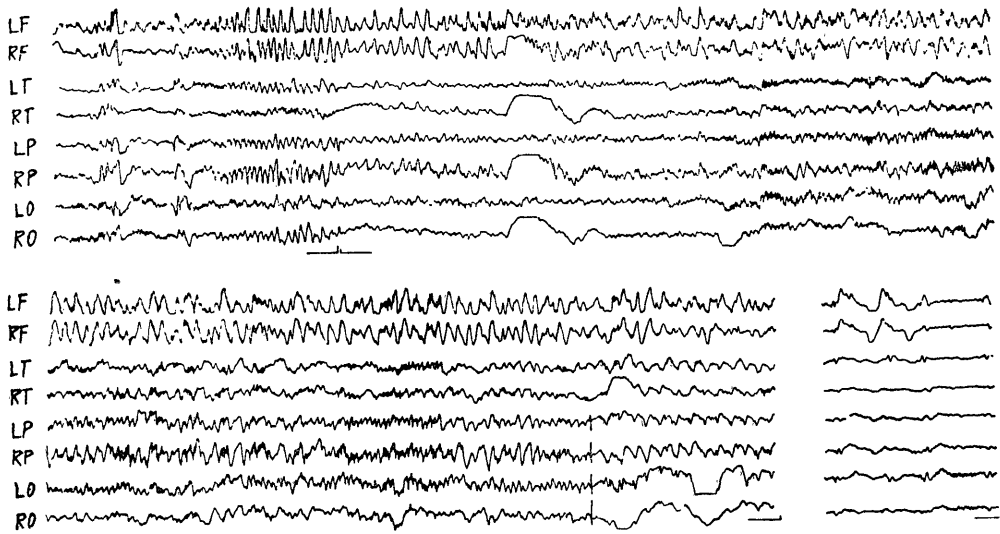
第13図 小発作中の脳波

上の図と下の図は継続したものである。
脳波の下の横線は、患者の紐を引く運動を示す。紐を引いている間、線は中断されている。



第14図 小発作中の脳波

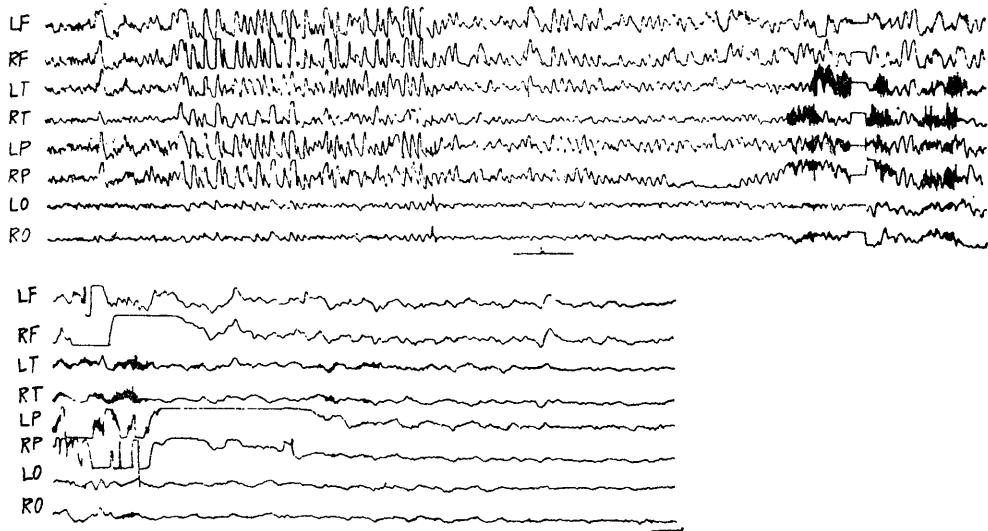
上の図と下の図は継続している。



第15図 精神運動発作中の脳波

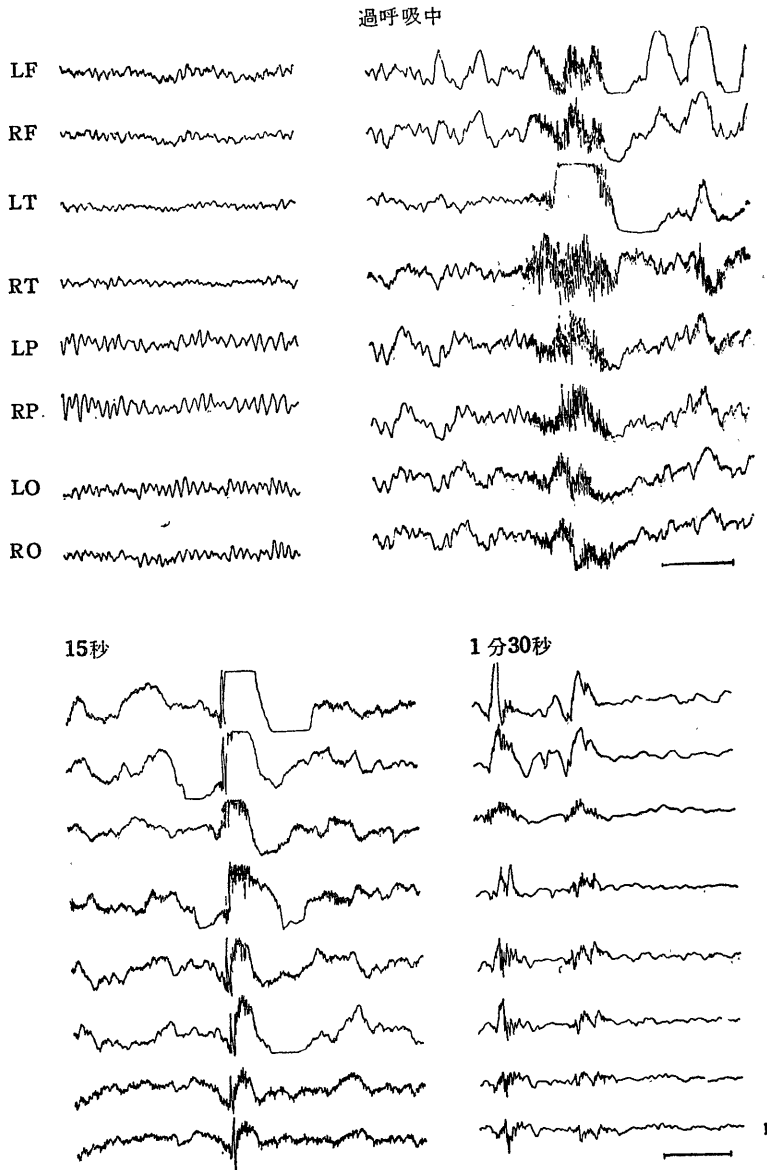
上の図と下の図は継続している。上の図の左半の部位で、記録装置の増幅度を半分におとしてある。

下の図の右の脳波は、発作終了後、平坦な波形を示している時期(発作開始後2分10秒)のもの。



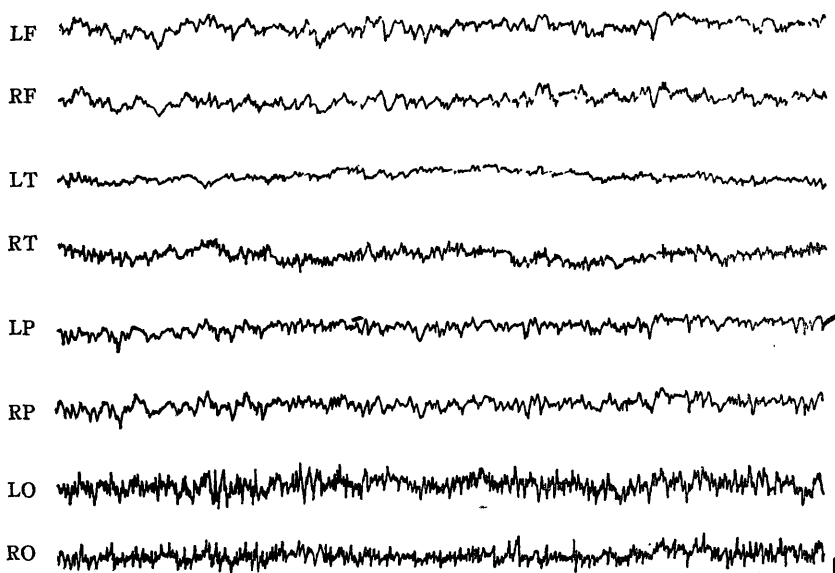
第16図 精神運動発作中の脳波

下の図は、発作開始後40秒の頃の記録。

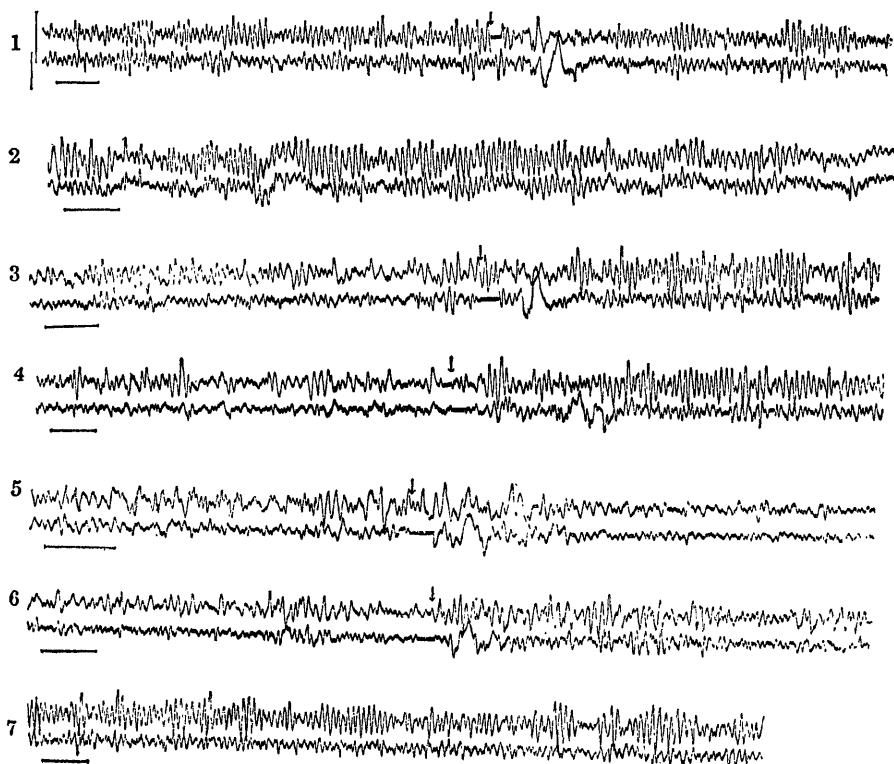


第17図 精神運動発作中の脳波

左上は安静覚醒時の記録。右上の記録のなかば頃から発作が始つている。右上の図や、左下の図の中央にみられる大きい動揺は artifacts.



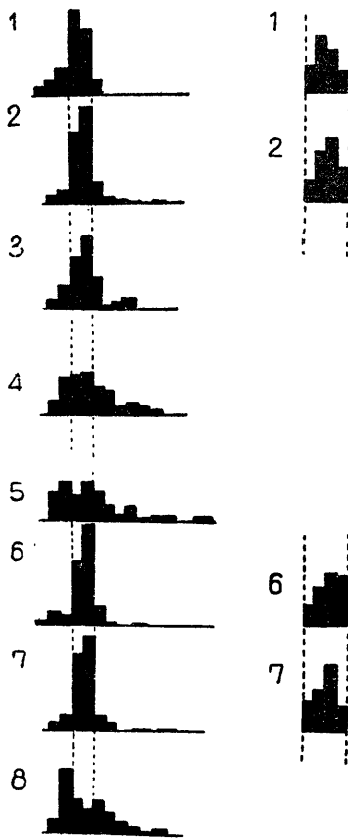
第18図 精神運動発作中の脳波



第19図 アルコール酩酊時の脳波

各記録とも上は後頭部，下は前頭部誘導の脳波．矢印は外部より刺激（呼名など）を加えた時期を示す．この脳波は電磁オシログラフで記録したものである．

1: 飲用前, 2: 純アルコール 45cc 飲用後, 3: 75cc 飲用後, 4: 105cc 飲用後, 仮睡におちいつたとき, 5: その後, 椅子に座つたままねこんでいるとき, 6: 5 との間に20秒の間隔があり, その間に2回刺激を行つている. 7: 6のあとより起し, 更に 15cc 飲用させ, 会話をしたすぐあとで記録したもの.

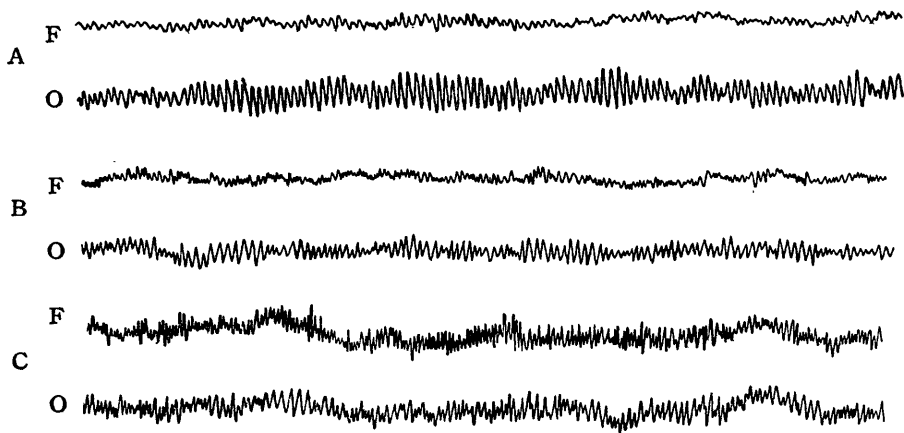


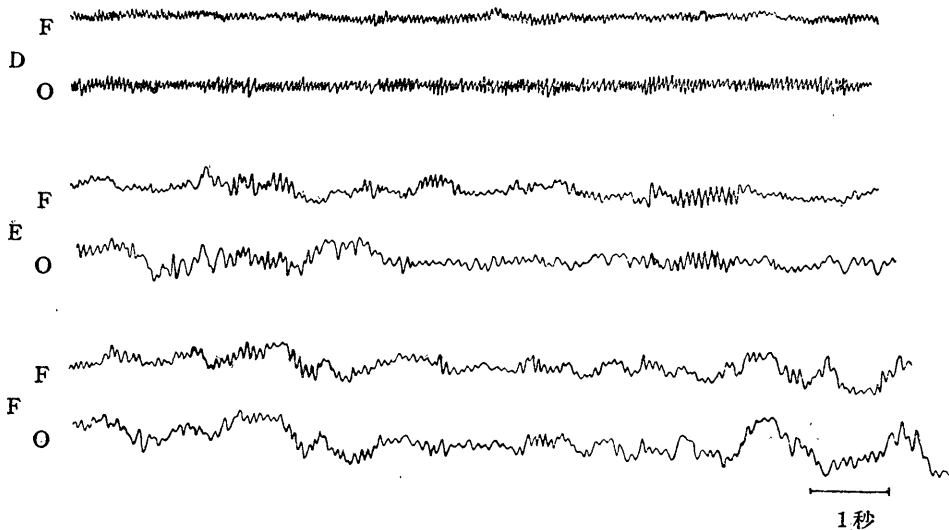
第20図 アルコール酩酊時の脳波のヒストグラム

左の図は、25~45msec., 45~65msec., 65~85msec.,の如く 20msec. ずつに区切つて単位をとり、その各範囲内にある脳波の数を数えてヒストグラムを作成したもの。2本の点線の間にはさまれた2つの柱のうち、左は 85~105msec., 右は 105~125msec. の範囲にある波の数の割合を示す。これより左によるに従い週期の短いもの、右によるに従い週期の長いものの数を示す。

右の図は、左の図の点線にはさまれた部分を更に細かく 10msec. ずつに区切り、左から順に85~95msec., 95~105msec., 105~115msec., 115~125msec. の範囲にある波の数の割合を示したもの。

1~5はそれぞれ第19図の1~5に相当する時期の刺戟前の脳波のヒストグラム。6は第19図の7に相当する時期のもの、7は、6のあと明るい部屋で閉眼させた直後の脳波のヒストグラム。

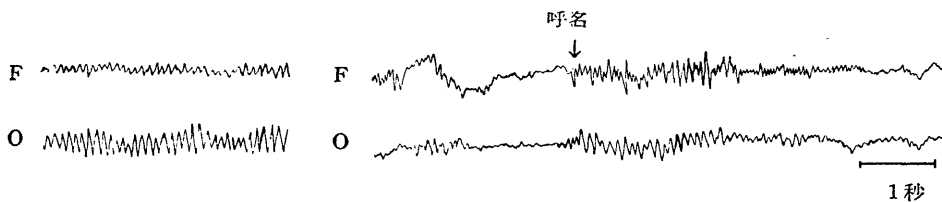




第21図 バルビツール酸系剤注射時の脳波

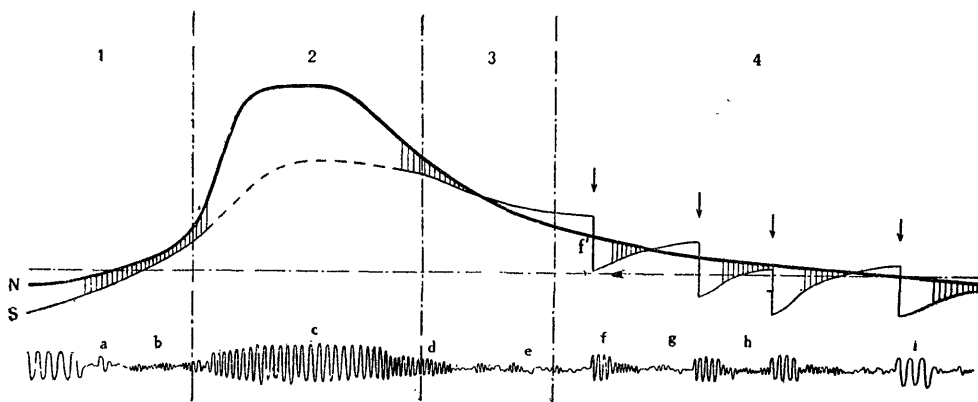
アモバルビタールソーダ (0.3g) 静注による変化を示す。

F: 前頭部, O: 後頭部誘導. A: 注射前, B: 2分間に 0.2g 注射したとき, C: 0.3g 注射後 (注射開始後3分), D: 注射を中止して4分後 (注射開始後7分), E: 注射開始後10分, F: 同13分後.



第22図 バルビツール酸系剤投与後の脳波

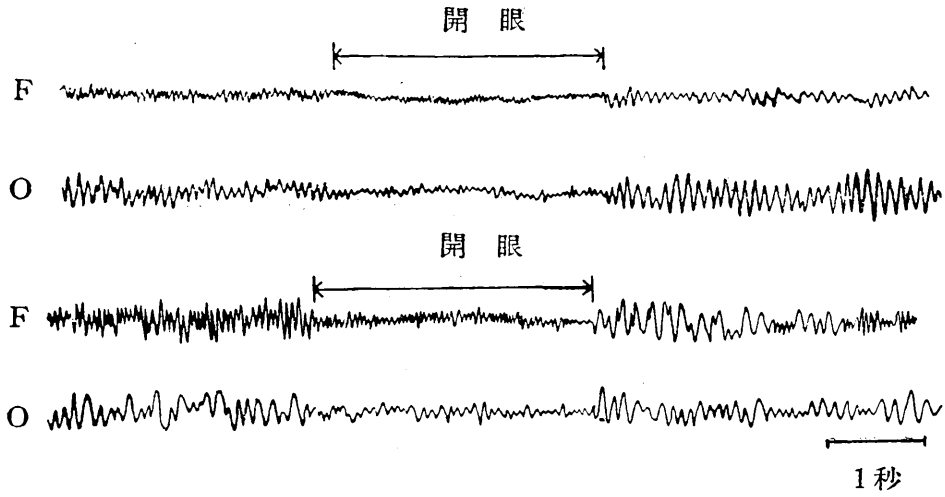
左は注射前, 右は注射後, 睡眠の紡錘波期に似た波を示しているときに, 名前を呼んで覚醒させたときの記録.



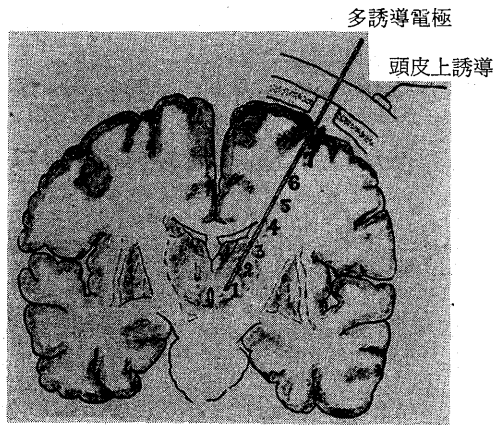
第23図 バルビツール酸系剤静注時の脳波と脳内過程の模型図

上の図の太い曲線 (N) は, 薬剤の作用により比較的長い時間経過をもつて徐々に変化する脳内過程, 細い曲線 (S) は, 刺激によつて速かに変動する脳内過程の動きを模型的に図示したもの. 矢印の部で, 被検者に刺激 (呼名など) を与えている.

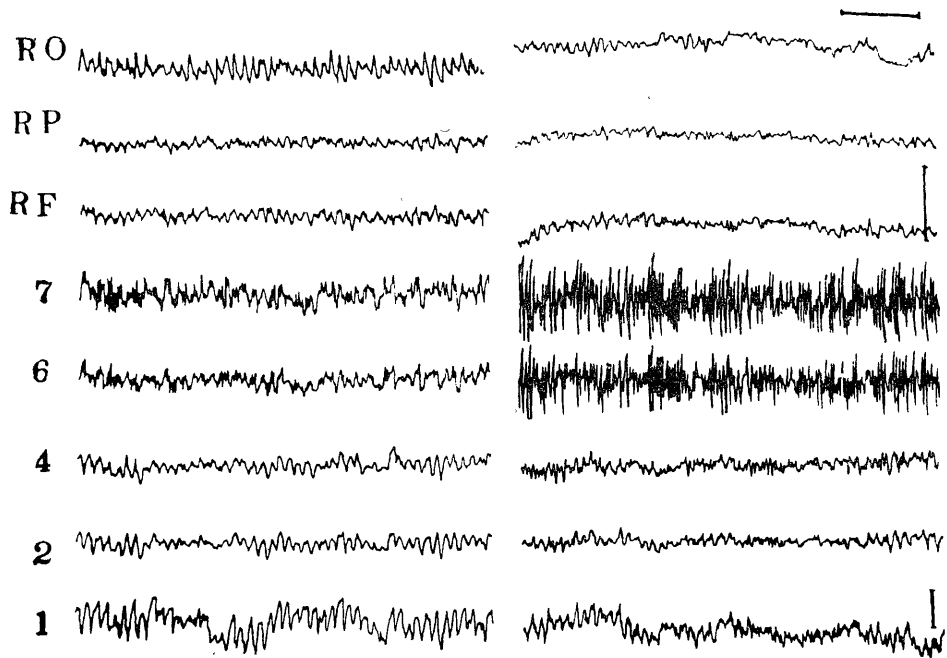
下の図は, 上の図に対応した脳波の変化の模型図.



第24図 バルビツール酸系剤静注後の脳波
 上は正常人，下は平生，著明なθ波を示しているてんかん患者における記録である。



第25図 深部誘導の模型図
 第26～29図における誘導部位の番号は，この図の中のそれぞれの番号の位置から誘導したものである。

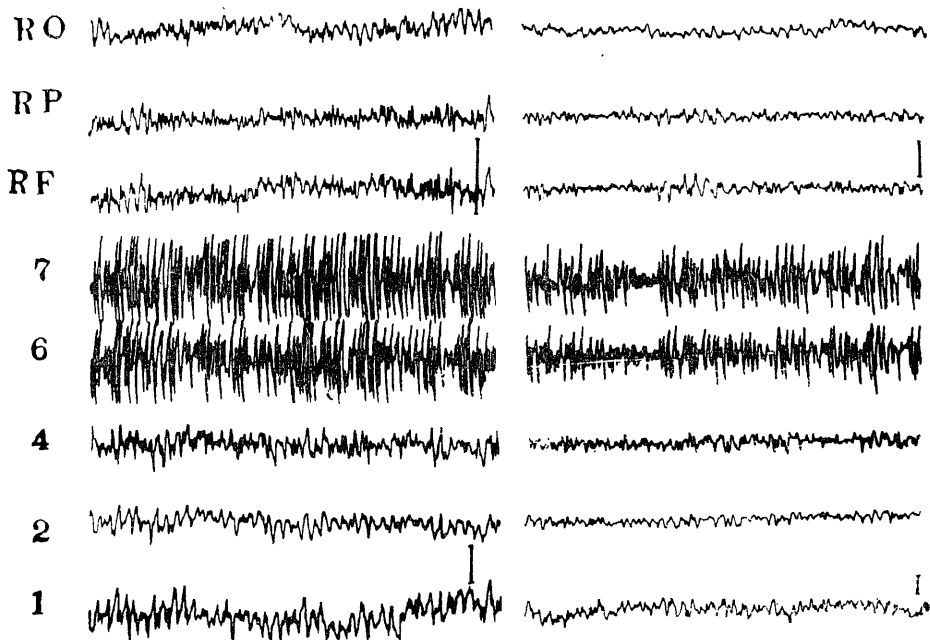


第26図 バルビツール酸系剤静注時の深部及び頭皮上誘導脳波

左は注射前，右はペントサル 0.1g 注射時（注射開始後 2 分）の記録。

RO：右後部，RP：右頭頂部，RF：右前頭部よりの頭皮上誘導。7,6：皮質附近，1：視床の脳波。直接誘導の脳波は頭皮上誘導脳波の半分の増幅度で記録してある。

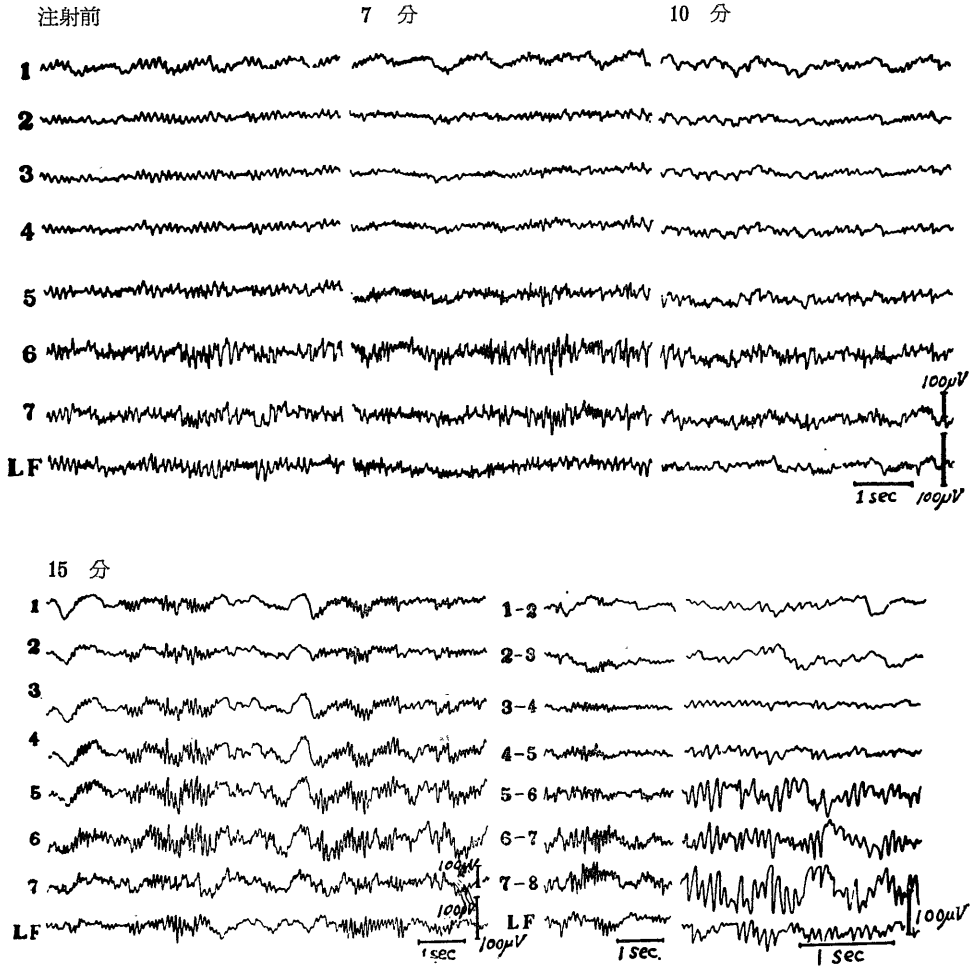
この例では，注射前皮質附近にみられる速波は余り大きくないが，これより遙かに大きい振幅で記録される例が多い。



第27図 バルビツール酸系剤静注時の深部及び頭皮上誘導脳波

ペントサル 0.15g 注射時（注射開始後 3 分）の記録。

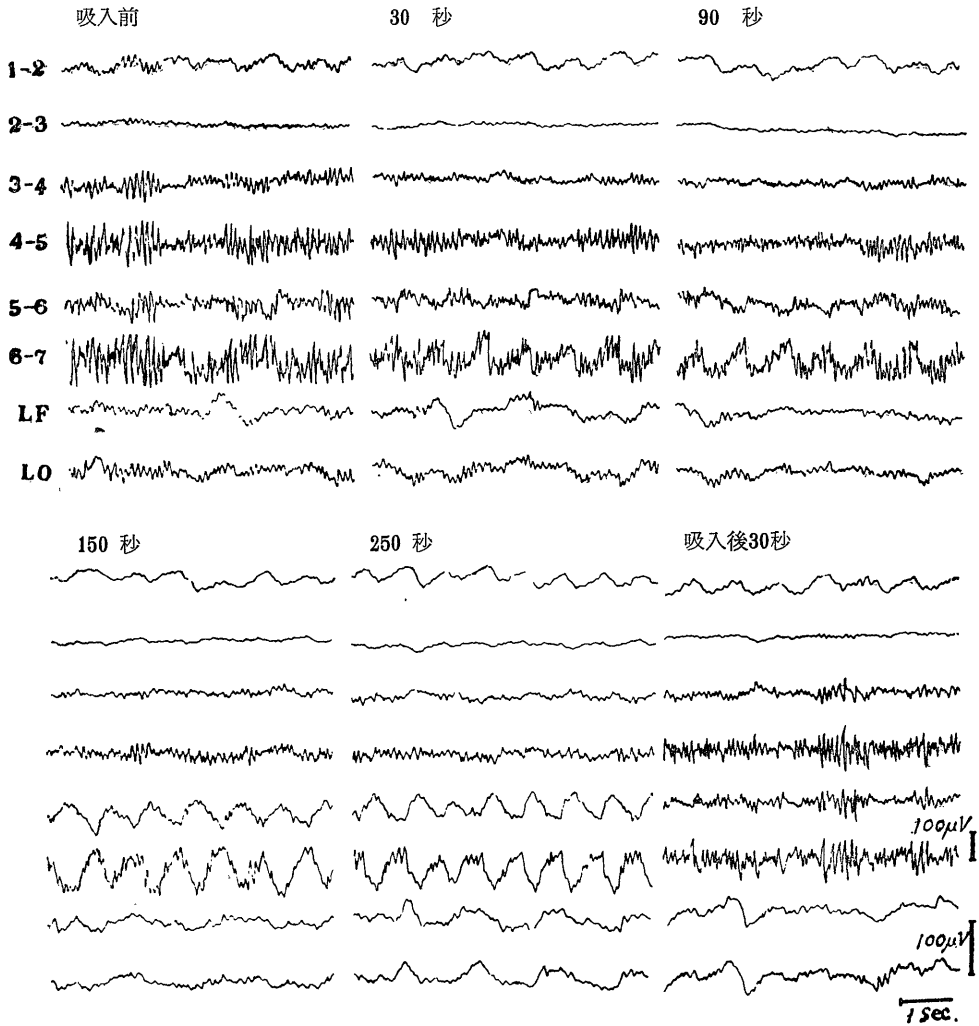
右の図は，左の図の半分の増幅度で記録したもの。



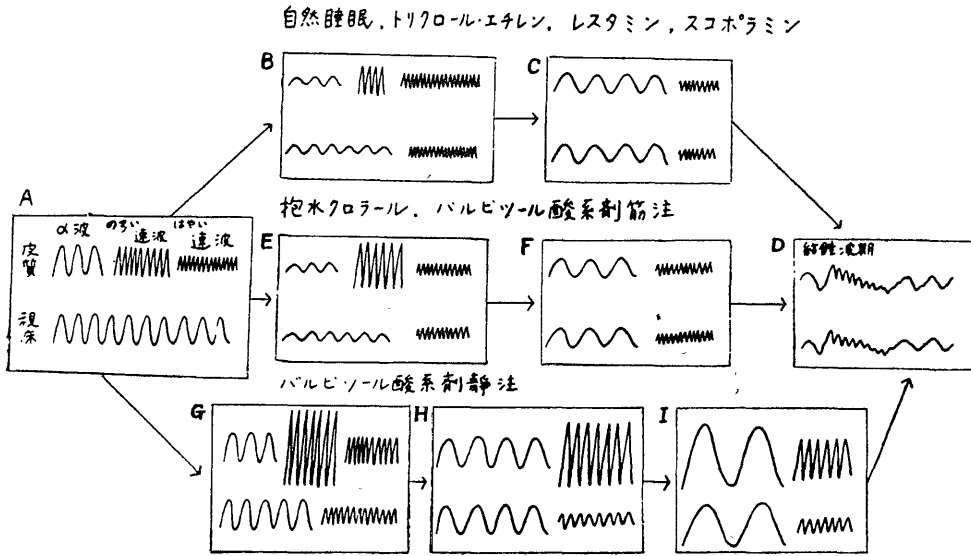
第28図 バルビツール酸系剤筋注時の深部及び頭皮上誘導脳波

チオペンタールソーダ 0.5g 筋注後の各時期に記録したもの。

下の図は、いわゆる紡錘波期に相当する時期の記録で、一番右の図は記録速度を2倍にしてある。



第29図 トリクロール・エチレン吸入時の深部及び頭皮上誘導脳波
 下の図にみられるのろい律動的な動揺は、搏動にもとづく artifacts である。
 上下段とも、上の6つの記録は双極誘導によるもの。



第30図 各種麻酔時の皮質及び視床脳波の変動を示した模型図

Aは無麻酔の安静閉眼時。

それぞれの罫いの中の、上段は皮質脳波、下段は視床脳波を構成する波の種類を、模型的に示したものである。