

家兎に於ける実験的頭部外傷時の 表面及び海馬脳波の変化

京都大学医学部外科学教室第1講座（指導：荒木千里教授）

西 島 裕

原稿受付 昭和37年6月6日

CHANGES OF THE SURFACE AND HIPPOCAMPUS E.E.G. OF THE RABBIT IN EXPERIMENTAL HEAD INJURY

by

HIROSHI NISHIJIMA

From the 1st Surgical Division, Kyoto University Medical School
(Director : Prof. Dr. CHISATO ARAKI)

INTRODUCTION

Complete subjective amnesia after the head injury is called posttraumatic amnesia. It lasts usually considerably longer as compared with objective disturbance of consciousness i. e. unresponsiveness.

It may be supposed that the limbic system which has been known to be much concerned with memory might be the most susceptible area of the brain to the closed head injury, but this supposition was not certified by HOSONO in adult cats. Now I have made the almost same experiment in adult rabbits, namely, the EEG recording from the cerebral surface, hippocampus, amygdala, nonspecific nuclei and mesencephalic reticular formation after a blank shot from an air gun.

METHOD

The blank shot was given through skull hole, 8 mm in diameter, in the right parietal region, from an air gun with the muzzle held directly on the dura in such a way that the direction of the shot was perpendicular to the dura. The energy of this impingement was calculated to be about 30,000 Erg.

Two brass screws, 1 mm in diameter and 4 mm apart from each other, were used as a bipolar surface electrode. They were screwed through the skull so that the tips were placed on the dura overlying area parietalis (motor cortex). Bipolar deep electrodes were made from stainless steel wire 250 μ in diameter, insulated with polyurethane and cut off squarely at one end ; a pair of such wires was twisted together making one tip 0.5 mm shorter than the other.

Under urethane anesthesia these electrodes were positioned stereotaxically in left sub-cortical structures according to the rabbit atlas by SAWYER et al. and sites of electrodes were confirmed later histologically.

Opposite to the side where these electrodes were buried, a hole, 8 mm in diameter, was bored through the skull and the dura was exposed in the right parietal region, and then the skin was temporarily sutured. The following experiments were done 7 to 10 days after the implantation.

(A) Preliminary experiment

By giving a blank shot directly over the dura with above mentioned method, it was certified that rabbits fell into transient coma (absence of noci reflexes) immediately after the shot for 1 to 7 minutes.

(B) Main experiment

Rabbits were immobilized by intravenous administration of 1mg/kg d-tubocurarine (amerizol), and the respiration was maintained with an electric respirator via tracheal cannula. Then a blank shot was given with the same method. The surface and deep EEG were recorded throughout the experiment.

(C) Control experiment

(1) Acute experiment

Rabbits were initially anesthetized with ether to permit implantation of electrodes and introduction of tracheal cannula. Following the completion of all operative procedures, animals were allowed to recover, then paralyzed with d-tubocurarine and artificial ventilation was maintained. A blank shot was then given, and the surface and deep EEG were recorded throughout this experiment.

(2) Electroshock stimulation experiment

Rabbits were immobilized and the respiration was maintained with entirely the same method as in the main experiment. Stimulating copper electrodes 1.5cm in diameter were placed in the right frontal and medial occipital region on the skin. Rectangular pulses of 3m sec duration with intensity of 20 volt and 50 c/sec of frequency were applied for 10 sec of duration. The surface and deep EEG were recorded throughout the experiment.

RESULTS

(A) Main experiment

According to EEG changes 10 cases were divided into two groups. The first major group comprised 7 cases which were subdivided into three smaller subgroups. In this major group, the most remarkable change was seen in the hippocampal EEG. Hippocampal EEG showed seizure discharges (more than 200 μ V) in the first subgroup (Case 1, 2, 3 & 4), high-voltage (100-200 μ V) high-frequency waves in the second subgroup (Case 5 & 6) and high-voltage (up to 1 mV) waves in the last subgroup (Case 7). And they all appeared shortly after the blank shot. In the surface EEG also, high-frequency waves were seen generally for a while after the shot, but the amplitude was not so high compared with the initial pattern. High-frequency waves and spike complex were also seen in the EEG of the amygdala, nonspecific thalamic nuclei and mesencephalic reticular formation after the shot.

The second minor group comprised 3 cases (Case 8, 9 & 10). The EEG change of this group was rather apparent in the surface EEG than in the hippocampal EEG after the shot. Namely, each EEG changed to low-voltage, then a stage of large slow waves appeared in the surface EEG, while hippocampal EEG still remained at low activity level.

In the first major group within 5 minutes after the shot, high-voltage fast waves and spike complex disappeared, and they were replaced in the surface EEG by spindle bursts and large slow waves, but in the deeper structure EEG they were replaced by low activity pattern. Following this period, each EEG became closer to that before the shot, and then returned to the initial pattern in 30 to 60 minutes after the shot.

It was not evident whether the surface EEG would return to the arousal pattern earlier than the hippocampal EEG.

(B) Control experiments

In the acute experiment also, seizure discharges were seen in the hippocampal EEG after the blank shot. There was no essential difference in the EEG changes between the acute experiment and the chronic one.

Likewise in the electroshock stimulation experiment, seizure discharges were seen in the hippocampal EEG, persisting for a longer period than in the blank shot experiment. Remarkable changes were also seen in the surface EEG after the electroshock stimulus.

CONCLUSION

Seizure discharges or similar waves were seen in the hippocampal EEG in many cases. There were less remarkable changes in the EEG of the neocortex, amygdala, nonspecific thalamic nuclei and mesencephalic reticular formation than in the hippocampal EEG. Therefore, it was concluded that, at least in the rabbit, the hippocampus was more sensitive than the neocortex to the closed head injury.

緒 言

頭部外傷後本人の記憶にない時期の事を post-traumatic amnesia というが、これは客観的な意識障害、反応欠如の時期よりずっと長いのが普通である。外観的に意識障害がないように見えるのに、後で本人に聞くと全然記憶がないのである。一方、記憶機能と大脳辺縁系の関連が最近とみに注目されている。又海馬が損傷発射を生じ易い事も知られている。そこで大脳辺縁系が閉鎖性頭部外傷に対しても他の部位よりも特に敏感なのではないかと想像されるが教室細野の猫で行なつた実験では其の点の証明が出来なかつた。それで私は成熟家兎を用いて略同じ実験を行なつてみた。即ち空気銃空撃による脳外傷後の大脳表面脳波、海馬、扁桃核、視床非特殊核及び中脳網様体脳波を記録した。

実験方法

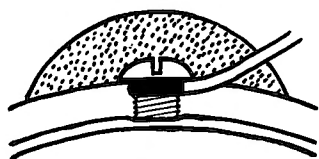
家兎頭部を正中線にて皮切し矢状縫合の右側、冠状縫合の尾側に直径 8 mm の骨窓をあけ硬膜を露出し、此の面に垂直に硬膜に殆んど接して空気銃空撃を行なつた。この際の衝撃のエネルギーは約 3 万 Erg であつた。

表面脳波導出電極は直径 1 mm の真鍮製ビスを 4 mm 間隔で左右の Area parietalis 上の硬膜に接する様にねじこみ双極電極とした。

深部脳波導出電極は直径 250 μ のポリウレタン絶縁塗装付不銹鋼線を切断し、二本一組としてより合わせ、尖端を上下に 0.5 mm ずらせて双極電極とした。(Fig. 1)

電極埋没は 10% ウレタン 10 cc 腹腔内投与下に東大式脳定位固定装置に頭部を固定し、Sawyer の Stereotaxic Atlas に従つて、左側の海馬、扁桃核、視床非特殊核、

Fig. 1 Surface electrode



dental resin
cranial bone
dura mater
brain

Deep electrode

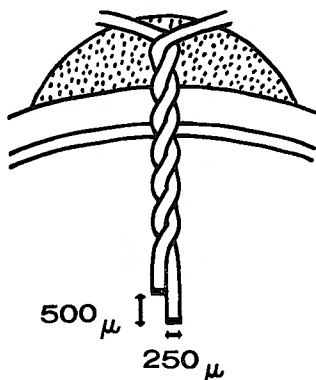
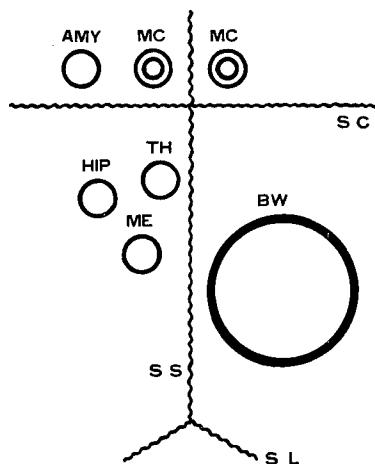


Fig. 2 Electrode placements (top view)



- MC : Motor cortex
AMY : Amygdala
TH : Nonspecific thalamic nuclei
ME : Mesencephalic reticular formation
HIP : Hippocampus
SC : Sutura coronaria
SS : Sutura sagittalis
SL : Sutura lambdoides
BW : Bone window for the shot

中脳網様組織へ埋没し、歯科用レジンを用いてこれを頭蓋骨に固定した。空撃側と反対側へ電極を埋没する事により、直接の衝撃が電極に及ぶのを避けた。(Fig. 2)

次に前述の如く右頭頂部に於いて直径8mmの骨窓をあけ、皮膚を一応縫合した。

下記の実験は急性実験を除いて、家兎が術前同様に

食餌をとるのを確認し、術後7乃至10日経て行なった。

(A) 予備実験

上述の方法により空撃を加えて、空撃直後より1乃至7分間昏睡(侵害反射喪失)に陥いる事を確かめた。以下のアメリゾール投与下の実験に於いても、同じ強さの空撃を加えたので、侵害反射有無を検し得なかつたとはいえ、昏睡に陥っていた事が類推される。

(B) 本実験

家兎を d-tubocurarine (アメリゾール) 1 mg/kg 静脈内投与により不動化した。無麻酔で気管切開を行ない、挿入した気管カニユーレを通じて電動式陰陽圧人工呼吸器で毎分41回外気を呼吸せしめた。電極を8素子脳波計に接続し、空撃前脳波を記録し、上述の方法により空撃を加え、其の後の脳波を記録した。

(C) 対照実験

(1) 急性実験

家兎を先ずエーテルで麻酔し、電極埋没、骨窓作製、気管カニユーレ挿入を行なった。麻酔から回復した後、本実験と同じく不動化、人工呼吸、空撃、脳波記録を行なった。

(2) 電気ショック刺激実験

家兎を本実験と同じく不動化、人工呼吸を行ない、右前頭部及び後頭正中部の皮膚上に直径1.5cmの銅製円盤刺激電極を装着し、矩形波通電を行ない、其の後の脳波を記録した。

実験終了後、脳組織をホルマリン固定、ツエロイジン切片となし、教室小島の変法による Kluever-Barrela 染色を行なつて電極位置を確認した。

実験成績

(A) 本実験

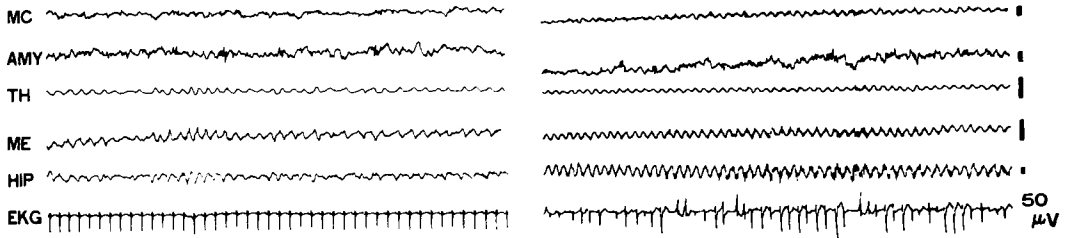
CASE 1.

空撃後15秒目より10秒間、海馬に発作発射を認め

る。新皮質、視床非特殊核（以下視床と略す）中脳網様織（以下中脳と略す）にも高頻度波を認める。1分30秒目より新皮質に紡錘群発が著明となる。海馬に棘波、中脳に小棘波の頻発を認める。30分目に全脳波に徐波を認める。

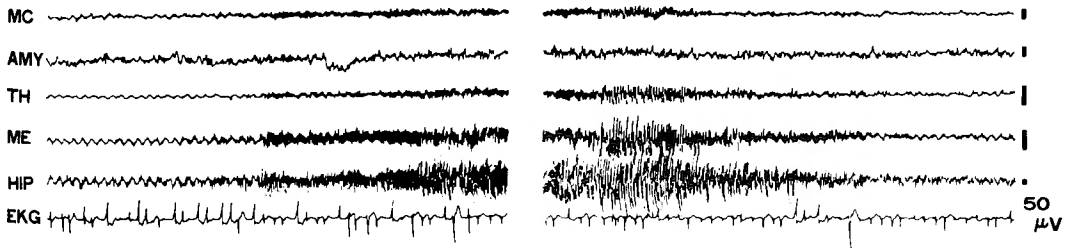
BEFORE BLANK SHOT

3 SEC AFTER B S



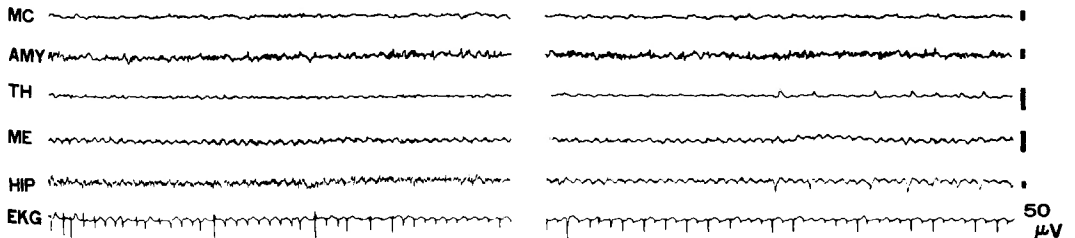
15 SEC AFTER B S

25 SEC AFTER B S



35 SEC AFTER B S

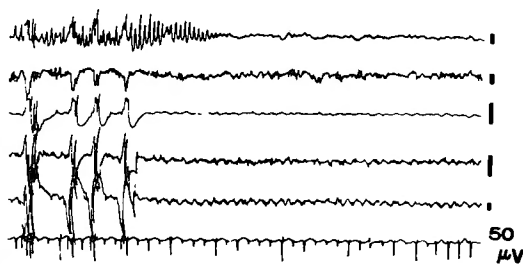
1 MIN AFTER B S



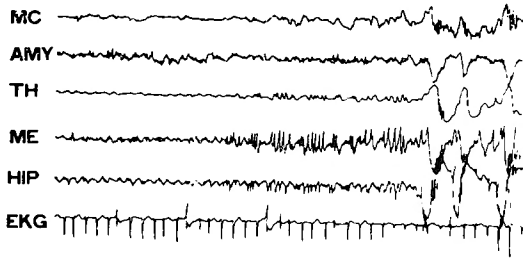
1 MIN 10 SEC AFTER B S



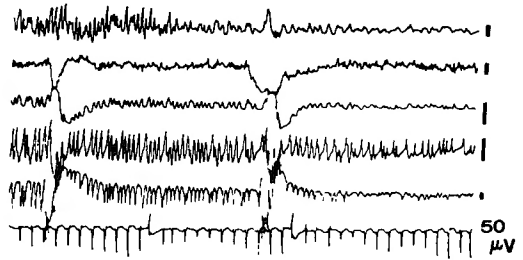
1 MIN 25 SEC AFTER B S



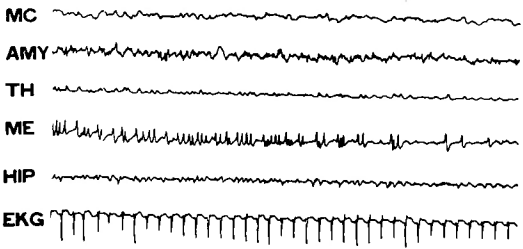
1 MIN 35 SEC AFTER B S



1 MIN 45 SEC AFTER B S



2 MIN AFTER B S



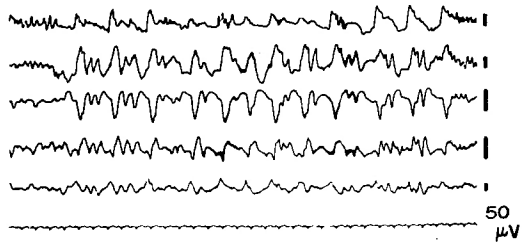
2 MIN 20 SEC AFTER B S



3 MIN 30 SEC AFTER B S



30 MIN AFTER B S



1 SEC

50 μ V

50 μ V

50 μ V

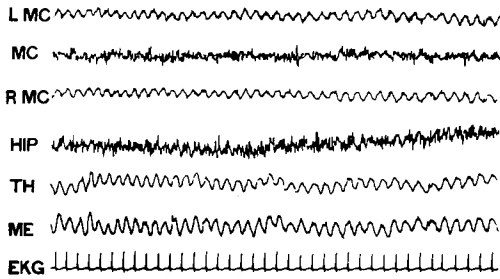
50 μ V

CASE 2.

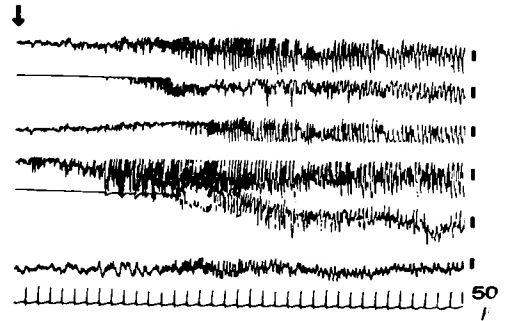
空撃直後より海馬に発作発射を認め20秒間続き、律動的高振幅波に移行する。新皮質、視床、中脳にも始

め高振幅高頻度波を認め、15秒後に徐波化する。本例では新皮質脳波を双極誘導の他、左右の単極誘導も併せ記録したが、左右差は認められなかった。

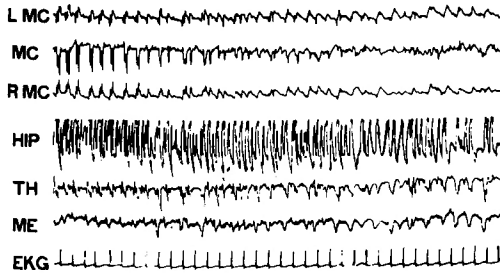
BEFORE BLANK SHOT



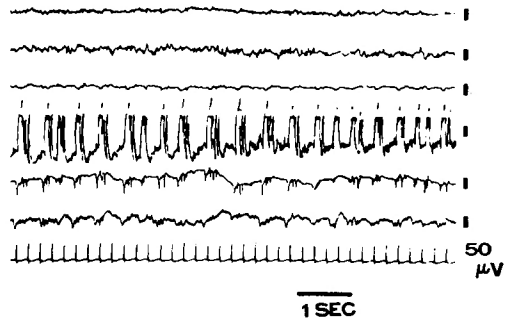
IMMEDIATELY AFTER B S



20 SEC AFTER B S



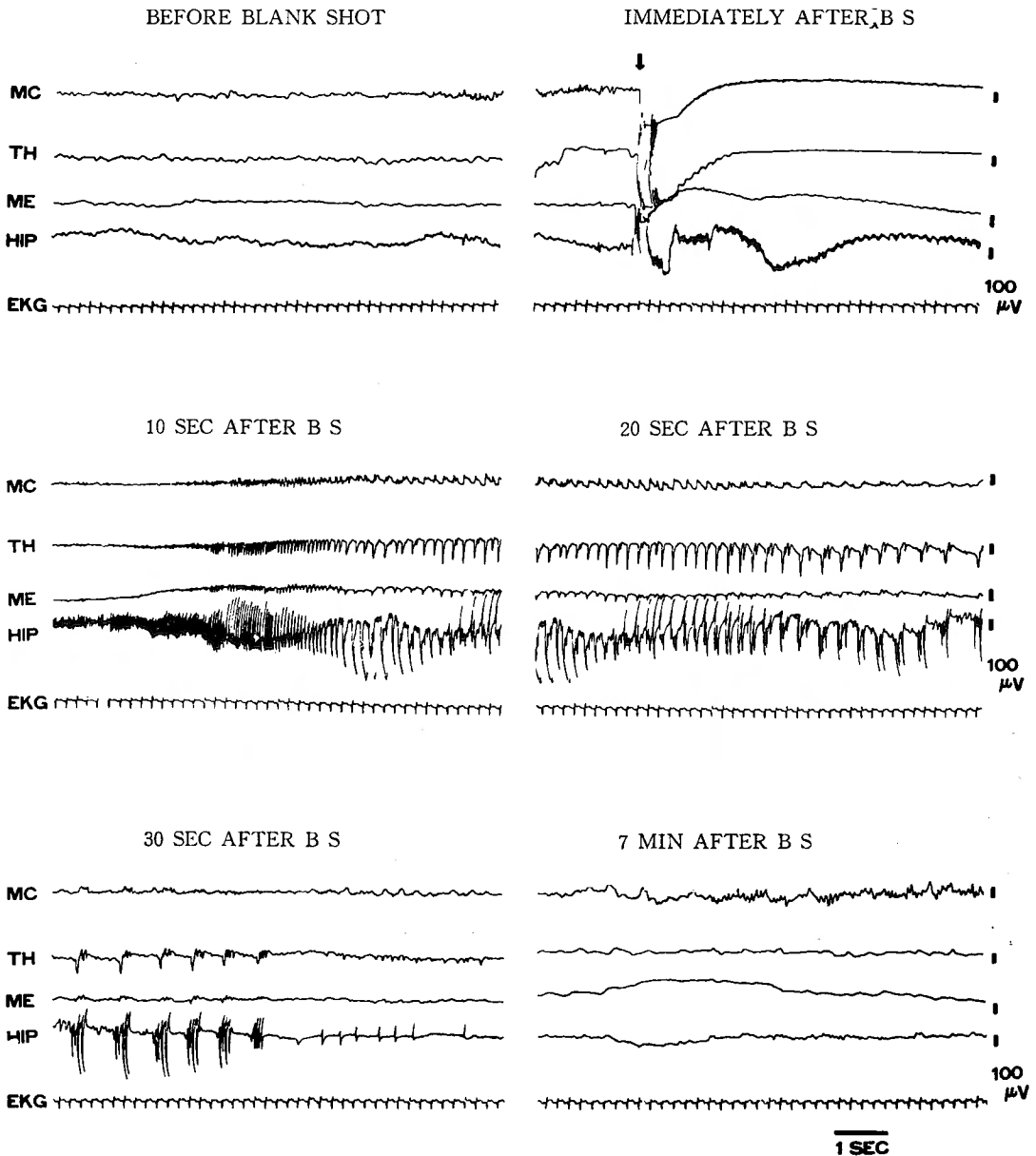
40 SEC AFTER B S



CASE 3.

空撃直後より海馬脳波は速波化し、10秒目に発作発射を示す。間もなく律動的高振幅波に移行する。新皮質、視床、中脳は10秒目迄は低振幅速波、其の後は新

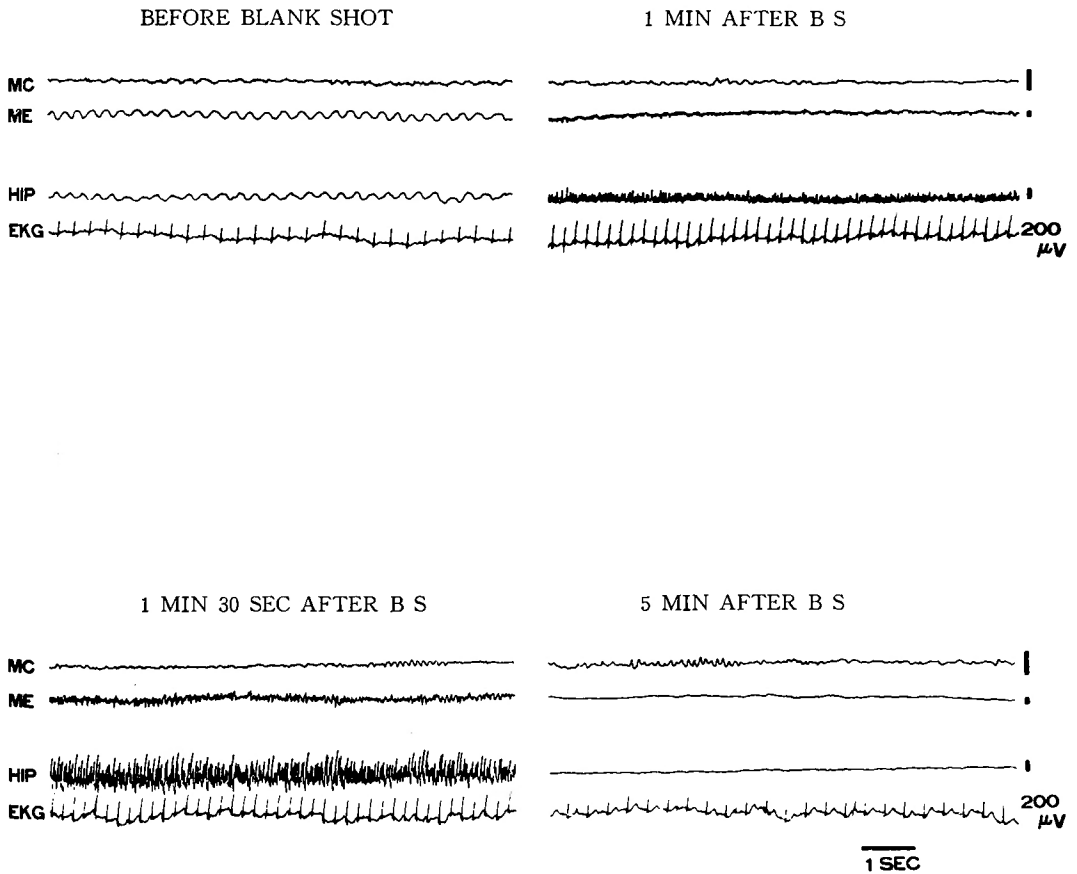
皮質、中脳は徐波、視床は棘波を示す。7分目には、新皮質に紡錘群発、他脳波に低振幅不規則徐波を認める。



CASE 4.

空撃後1分目より1分間、海馬、中脳に発作発射を認める。新皮質は徐波化し、次いで紡錘群発を示す。

5分後に海馬、中脳は平坦化する。新皮質はなお紡錘群発を示す。

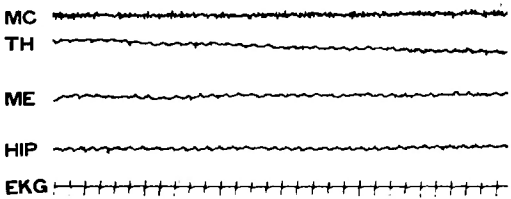


CASE 5.

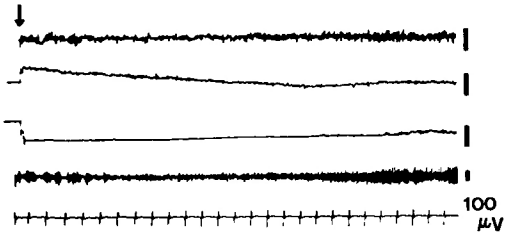
空撃直後より20秒間、海馬に発作発射に準ずる高振幅高頻度波を認める。略同期間、新皮質にも速波を認

める。6分後には新皮質は徐波化、海馬は低振幅化する。20分後に新皮質が速波化する。

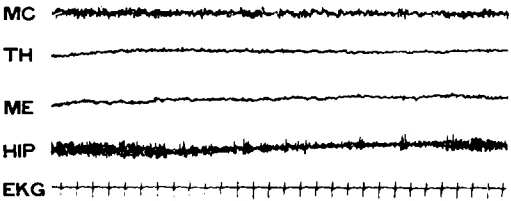
BEFORE BLANK SHOT



IMMEDIATELY AFTER B S



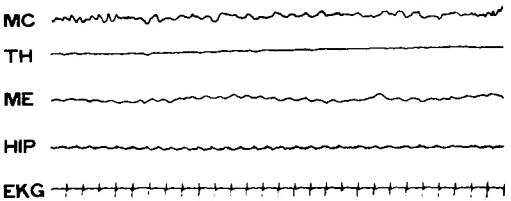
20 SEC AFTER B S



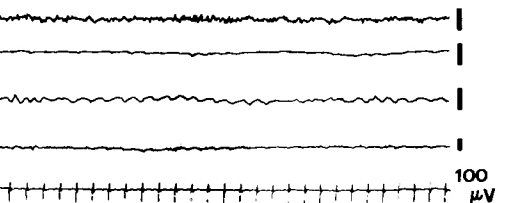
1 MIN 30 SEC AFTER B S



6 MIN AFTER B S



20 MIN AFTER B S

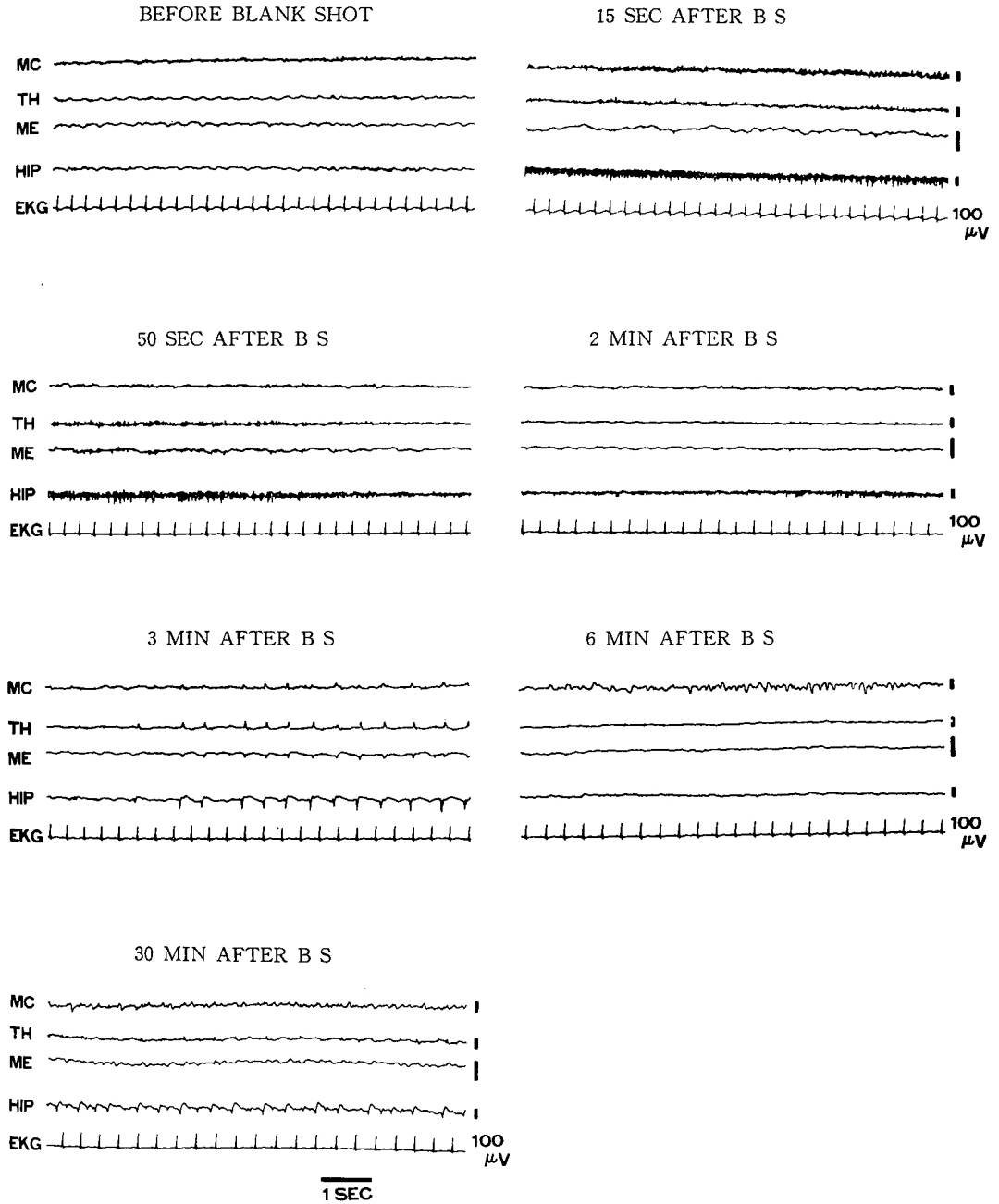


1 SEC

CASE 6.

空撃後約2分間、海馬に発作発射に準ずる高振幅高頻度波が認められる。新皮質、視床も速波化する。6

分後に新皮質は徐波、他脳波は低振幅となる。30分目に各脳波共略空撃前に戻る。

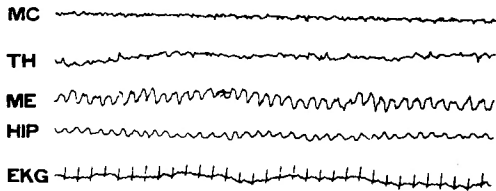


CASE 7.

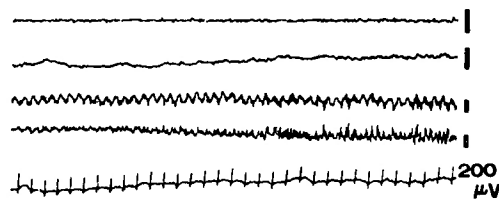
空撃後10秒目より海馬に高振幅高頻度波が現われ、
1分目より棘波が出現し、次第に振幅を増し1mVに

達す。新皮質は徐波が著明となる。30分後には新皮質、海馬共略空撃前に戻る。

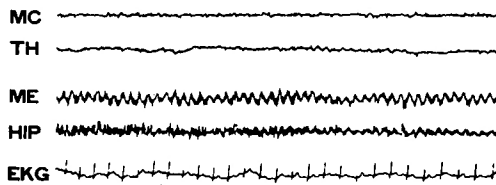
BEFORE BLANK SHOT



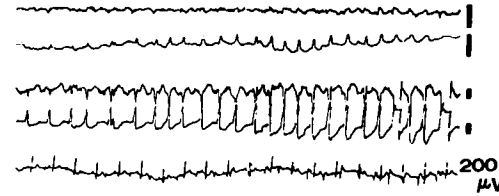
10 SEC AFTER B S



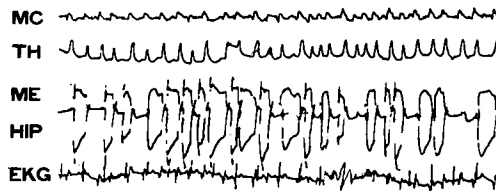
20 SEC AFTER B S



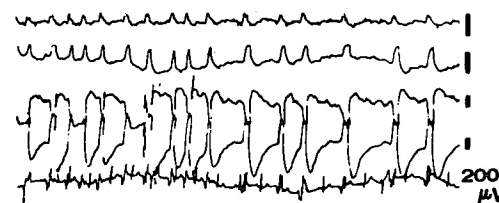
1 MIN AFTER B S



1 MIN 10 SEC AFTER B S



1 MIN 20 SEC AFTER B S



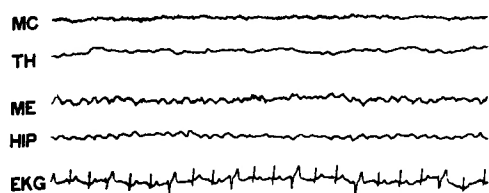
1 MIN 30 SEC AFTER B S



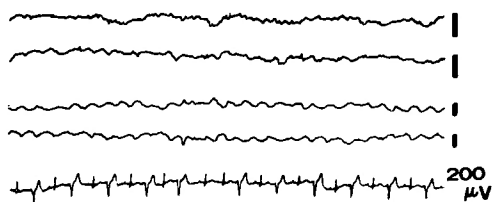
1 MIN 45 SEC AFTER B S



2 MIN AFTER B S



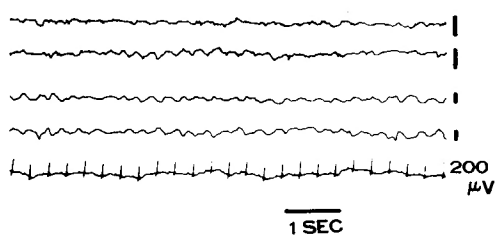
20 MIN AFTER B S



30 MIN AFTER B S



45 MIN AFTER B S

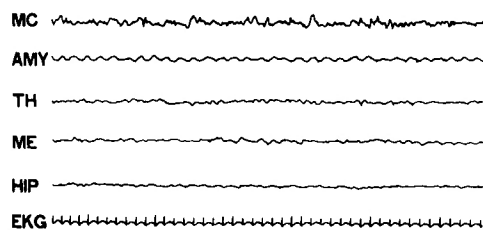


CASE 8.

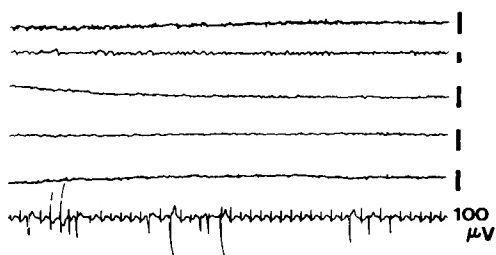
空撃後、各脳波共低振幅速波化する。4分後には新

皮質は高振幅徐波、他脳波は低振幅徐波である。7分後には各脳波共一層低振幅化する。

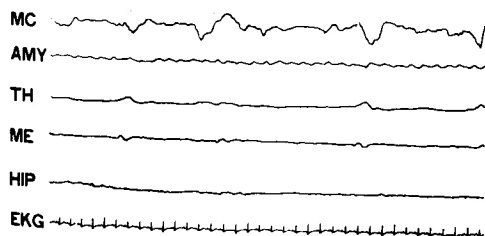
BEFORE BLANK SHOT



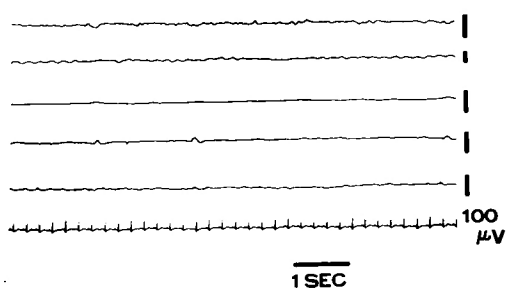
5 SEC AFTER B S



4 MIN AFTER B S



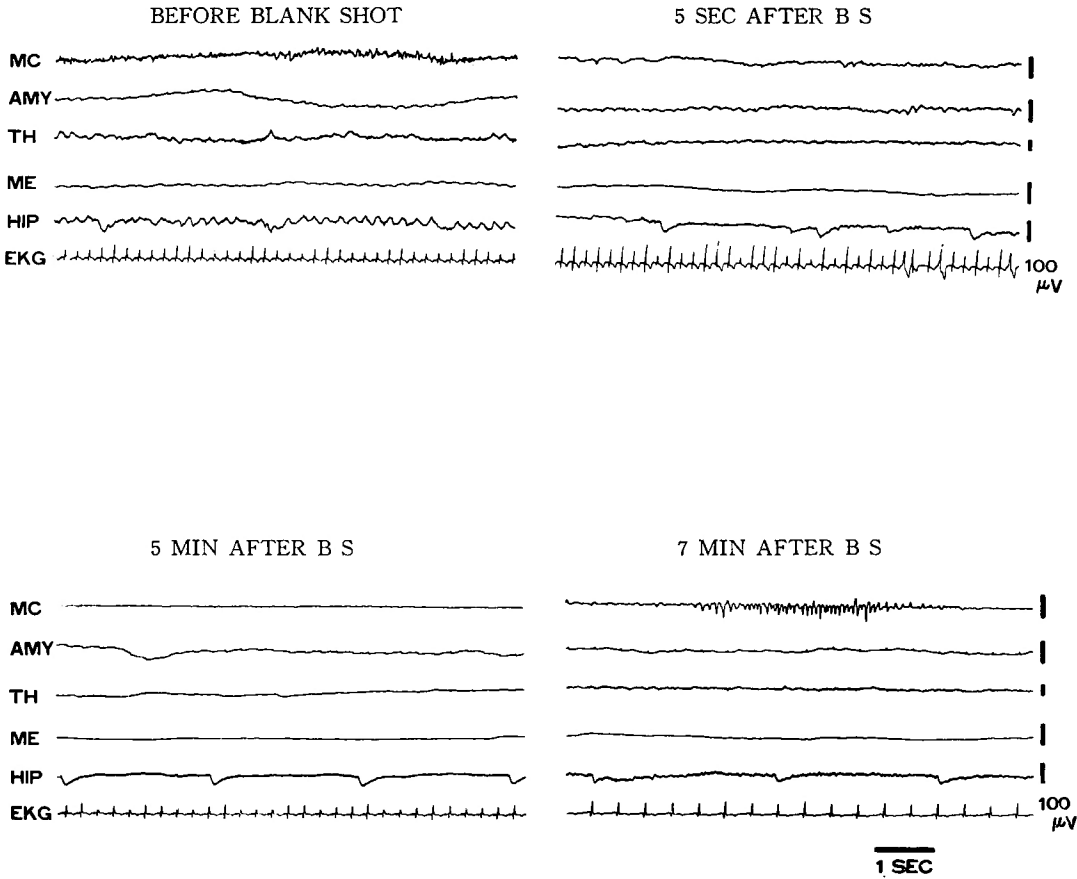
7 MIN AFTER B S



CASE 9.

空撃後，新皮質は低振幅徐波化，海馬は低振幅速波

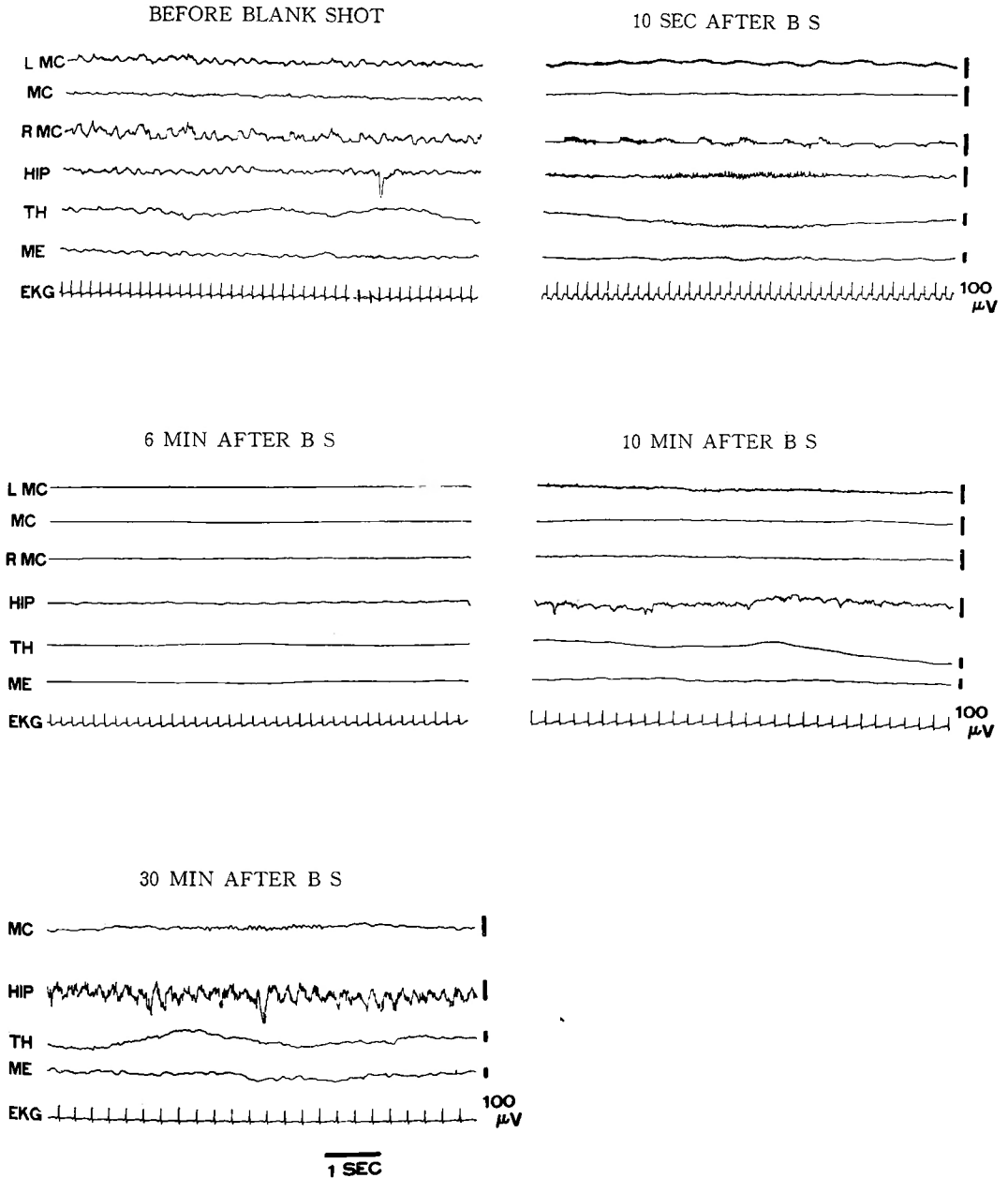
化する．5分後には各脳波共平坦化し，7分後に新皮質に紡錘群発，海馬に低振幅速波が認められる．



CASE 10.

新皮質脳波は双極誘導の他、左右の単極誘導も併せ記録した。空撃後各脳波に短時間速波を認めた後、平

坦化する。10分後に海馬に速波が著明となり、新皮質はなお平坦である。30分後に海馬に覚醒波形、新皮質に紡錘群発を認める。



(B) 対照実験

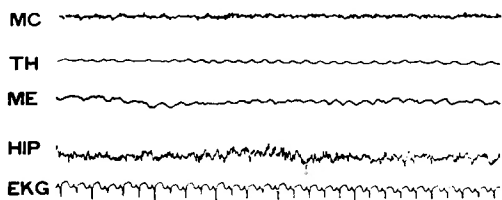
(1) 急性実験

CASE 1.

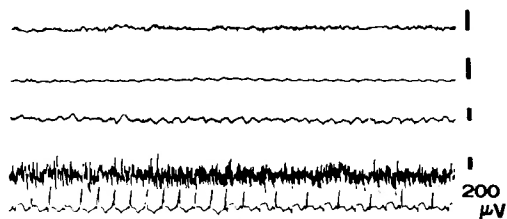
空撃後、海馬に発作発射が1分40秒続く。新皮質は

始め速波、次いで徐波化する。4分目に中脳に棘波が著明となる。10分目に新皮質に大徐波、海馬に速波が認められる。20分目に各脳波共空撃前の波形に戻る。

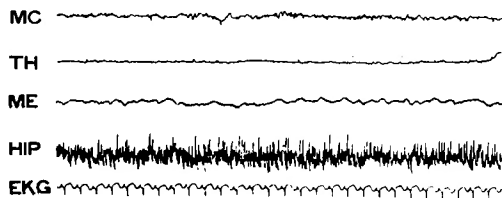
BEFORE BLANK SHOT



10 SEC AFTER B S

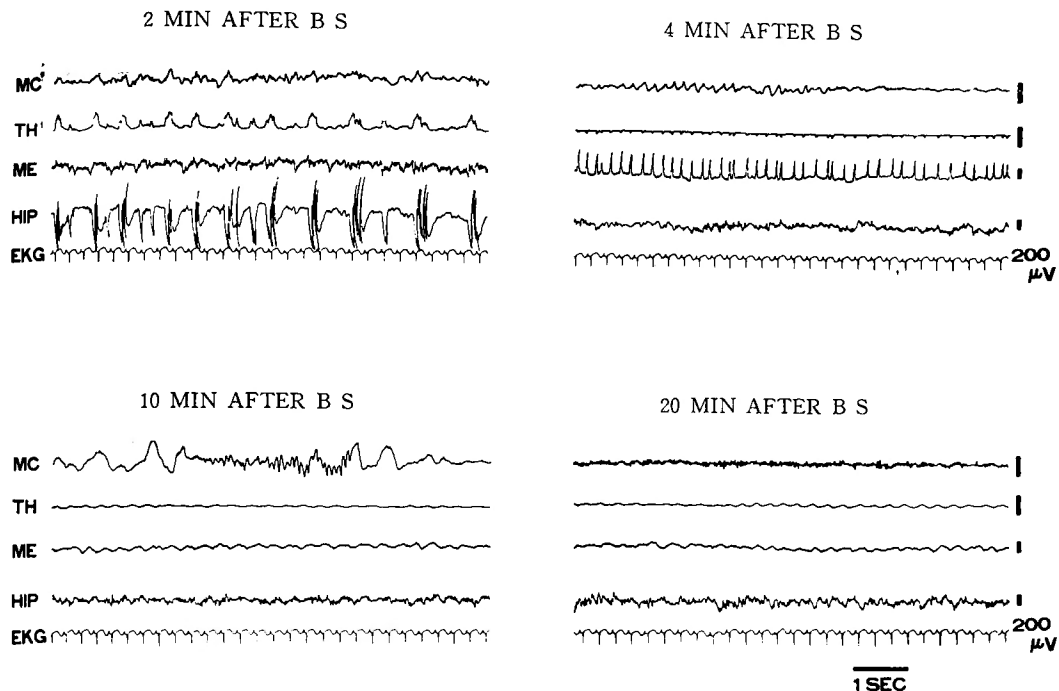


1 MIN 20 SEC AFTER B S



1 MIN 40 SEC AFTER B S

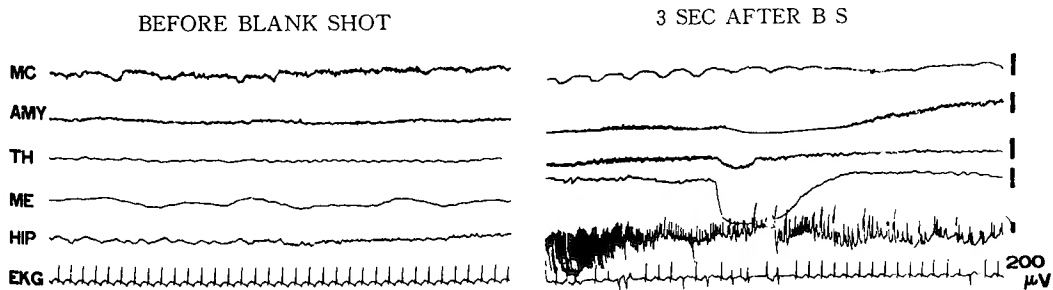




CASE 2.

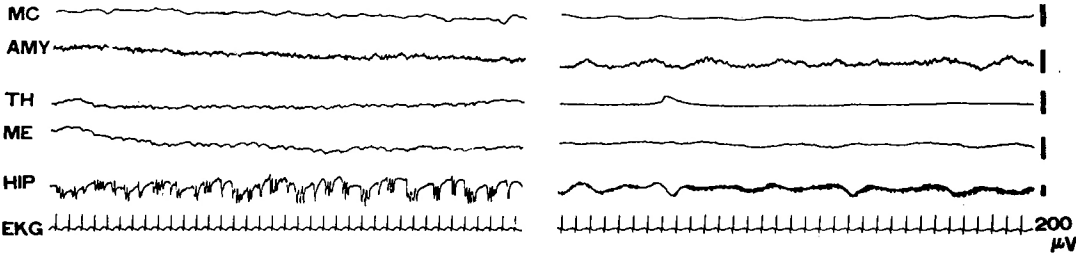
空撃後、海馬に発作発射を認める。新皮質は徐波化

する。10分目には各脳波共平坦化する。15分目に新皮質に脳波の回復が始まる。



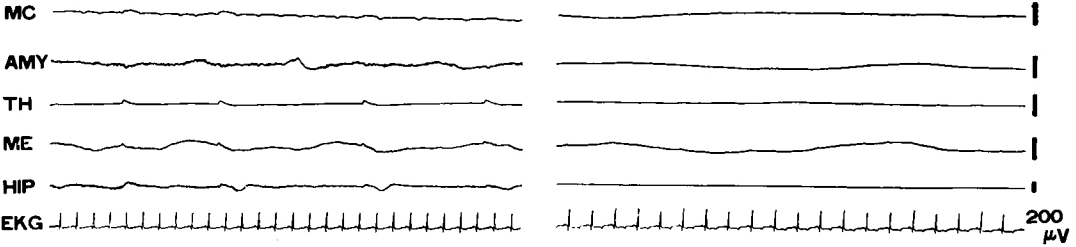
10 SEC AFTER B S

40 SEC AFTER B S



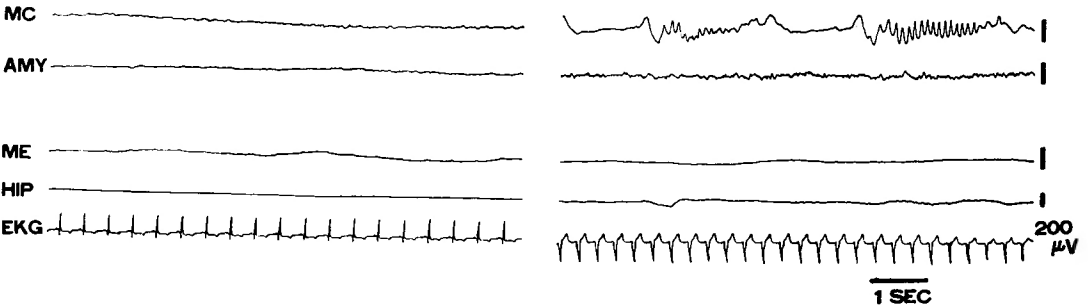
1 MIN 10 SEC AFTER B S

10 MIN AFTER B S



15 MIN AFTER B S

18 MIN AFTER B S



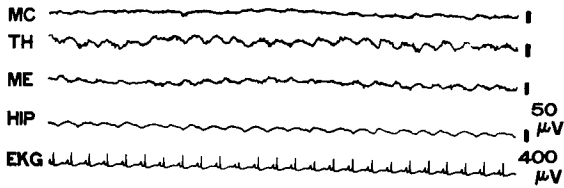
(2) 電気ショック刺激実験

CASE 1.

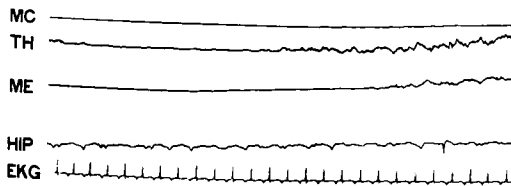
前頭部電極を陰極とし、後頭部電極を陽極として、
刺激電圧 20V, 持続 3msec, 頻度 50c/s の矩形波を 10
秒間通電した。

刺激後、始めは各脳波共低振幅化し、次いで徐々に
高振幅となる。就中、海馬には最大振幅 3 mV に達す
る発作発射を認める。9 分目に各脳波共平坦化する。
10分目に各脳波共略刺激前の波形に戻る。

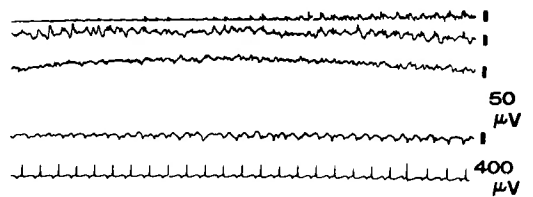
BEFORE ELECTROSHOCK STIMULUS



10 SEC AFTER E S

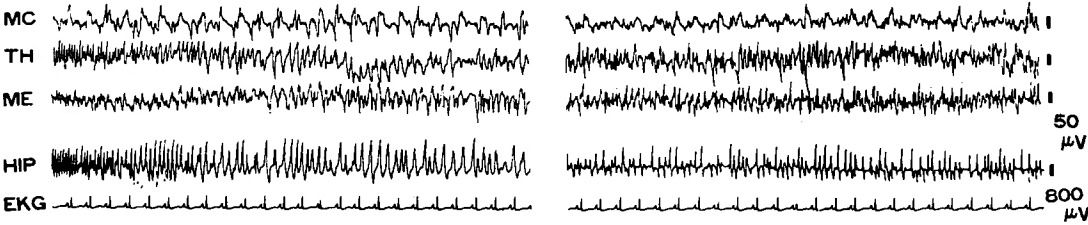


20 SEC AFTER E S



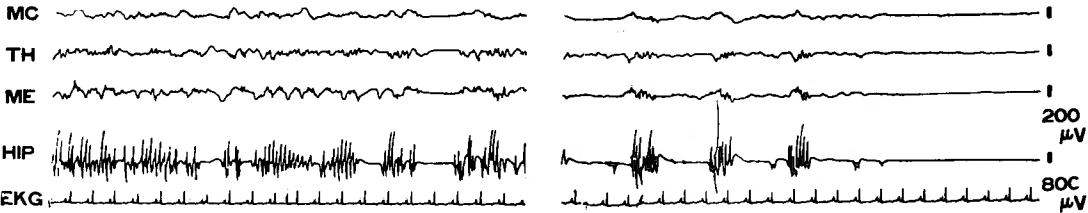
1 MIN AFTER E S

1 MIN 20 SEC AFTER E S



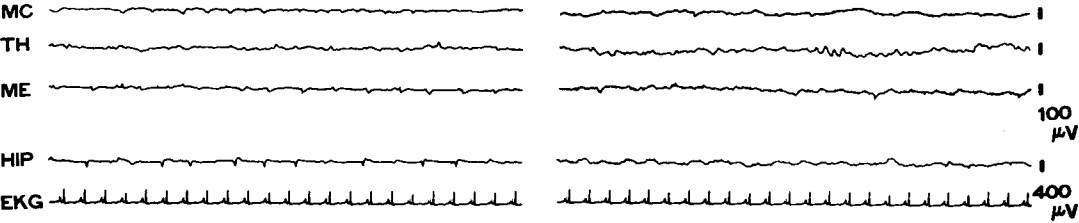
7 MIN 30 SEC AFTER E S

8 MIN 30 SEC AFTER E S



9 MIN 30 SEC AFTER E S

10 MIN AFTER E S



1 SEC

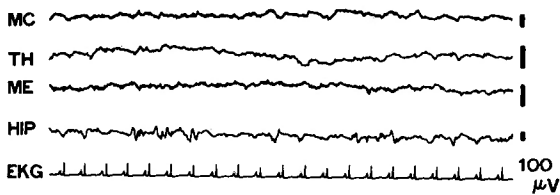
CASE 2.

前頭部電極を陽極とし、後頭部電極を陰極として同条件で刺激した。

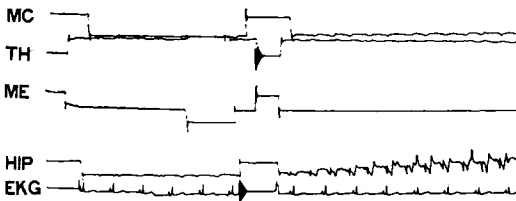
刺激後各脳波共次第に振幅を増し、新皮質、視床に大徐波、海馬に最大振幅 2 mV に達する発作発射を認

める。7分30秒目に全脳波平坦化し、10分目より再び振幅を増し、13分目には新皮質に大徐波、視床に棘波を認める。20分目に低振幅化し、間もなく三度、新皮質に大徐波が現われ、他脳波も振幅を増し、海馬に大棘波を認める。

BEFORE ELECTROSHOCK STIMULUS



10 SEC AFTER E S



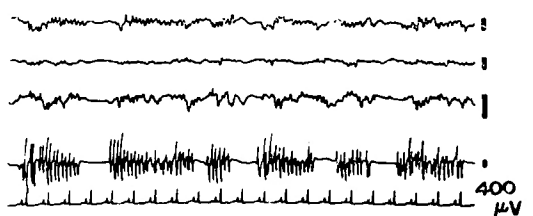
20 SEC AFTER E S

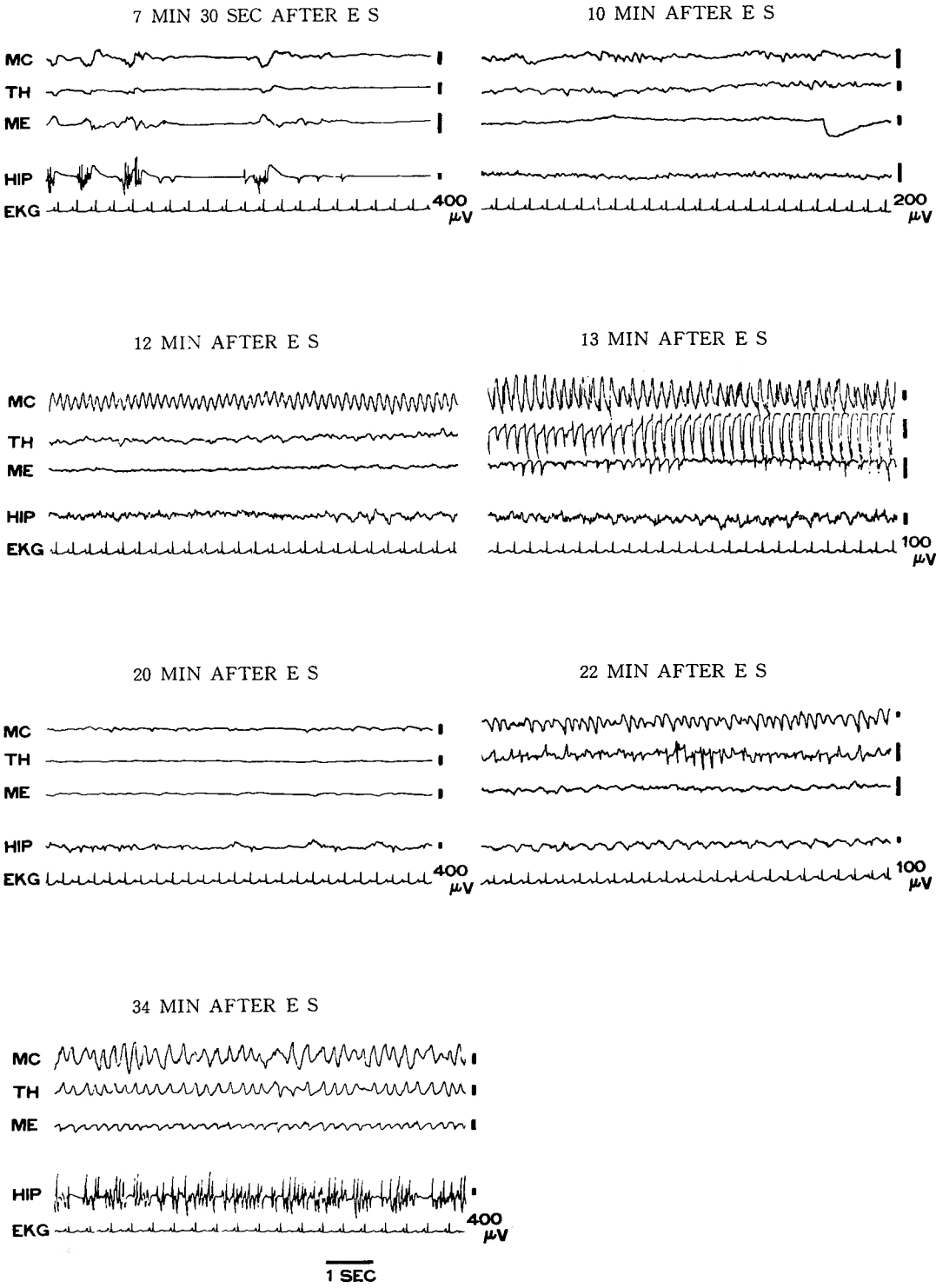


3 MIN AFTER E S



7 MIN AFTER E S





考 察

海馬が物理的・化学的刺激に対して閾値が低く損傷発射を生じ易い事はよく知られた事実である。従つて頭部外傷に対しても他の部位よりも特に敏感なのではないかと想像される。私の実験では此の想像の通り、海馬脳波に他部位脳波よりも著しい変化が認められた。空撃直後数秒間は脳波計記録ペンの動揺が激しく、少数例を除いて其の間の脳波記録は不可能であつたので、記録は概ね其れ以後のものである。

(A) 本実験

10例につき検討した。此れは脳波変化より2群に分けられる。第1群は7例からなり、此れは更に3亜群に分けられる。此の群に於いては、最も著明な変化が海馬脳波に認められた。第1亜群(CASE 1,2,3, & 4)では発作発射(振幅 $200\mu\text{V}$ 以上)、第2亜群(CASE 5 & 6)では発作発射に似た高振幅(100乃至 $200\mu\text{V}$)高頻度波、第3亜群(CASE 7)では高振幅波群(1 mVに達する)が何れも空撃後間もなく認められた。此等は細野の実験では例外的にのみ認められたものである。表面脳波でも概ね空撃後短時間頻度を増したが、振幅は空撃前より差程大きくならなかつた。扁桃核、視床非特殊核及び中脳網様組織脳波にも空撃後、高頻度波や棘波群を認めたが海馬脳波程著しくなかつた。

第2群は3例(CASE 8,9 & 10)からなる。この群ではどちらかといえば、空撃後の表面脳波の変化が海馬脳波の変化より著しかつた。即ち各脳波は先ず低振幅化し、次いで表面脳波には高振幅乃至中振幅徐波が現われるのに対し、海馬脳波は低活動準位に止まつていた。此等は細野の実験と似た結果を示したものである。

第1群では空撃後5分以内に高振幅高頻度波や棘波群は消失し、其の後は表面脳波は紡錘群発又は高振幅乃至中振幅徐波、深部では低活動準位が続いた。やがて各脳波共次第に空撃前の波形に近付き、空撃後30分乃至1時間で最初の波形に戻つた。

表面脳波が海馬脳波に先立つて覚醒波形に戻るかどうかについて確定的な事はわからなかつた。

(B) 対照実験

(1) 急性実験

空撃後、海馬脳波に発作発射を認めた。表面脳波の振幅は空撃前と余り変らなかつた。急性実験と慢性実験の間に本質的な差異は認められなかつた。

(2) 電気ショック刺激実験

外傷の等価法として行なつた。海馬脳波に発作発射を認め、且つ空撃実験に比べて振幅、持続時間共に大であつた。他脳波にも刺激前に比べて著明な変化が認められた。空撃実験と異なり、高振幅波は刺激後8分前後続き、一旦平坦化した後も繰返し現われる事があつた。

なお空撃実験に於いて是非共考慮しなければならないのは、空撃による電極動揺の問題である。即ち空撃を電極より十分離れた位置で、直接電極に向かわぬ方向に加えたとはいえ、衝撃による脳の回転運動等により、深部電極と其の埋設部脳の間はずれを生じ、脳実質が損傷される事により生ずる損傷発射を空撃による発作発射と誤認してはいないか？ 此れに対して考えられる事は、各例により空撃後の脳波変化は様々であり、中には低振幅化しているものもあるという事実である。更に何ら電極の動揺を来さぬ電気ショック刺激実験に於いて海馬に一層著しい変化を認めるという事を考え併せると、矢張り実験結果は、海馬が頭部外傷に対して敏感な事を示すものと言えよう。

以上の結果を細野の実験結果と比較すると、細野は猫を用いて海馬に定型的な発作発射が出たのは30例中1例で、其の結論に於いても、海馬が特に損傷され易いという脳波所見は得られなかつたと述べているが、私の家兎を用いた実験では約7割の例で、発作発射又は類似の変化を認めており、新皮質よりも著しい変化を認めたので、細野の結論を修正して、閉鎖性頭部外傷に於いて、少なくとも家兎では、海馬は新皮質に比べてより敏感であると言えよう。

此の差異は、猫に於いては家兎よりも新皮質の発達が良好な事によると思われる。細野と私の実験結果は決して矛盾するものではないと思う。

大脳辺縁系は屢々記憶に関連すると考えられているが、上記の実験結果を直ちに posttraumatic amnesia と結び付ける事は躊躇される。併し無関係とは思われぬ。今後更に多くのデータによつて確かな結論に達すべきであろう。

結 語

家兎を用いて頭頂部硬膜上に表面電極をおき、又、海馬、扁桃核、視床非特殊核、中脳網様組織に電極を埋設し、一週間以上を経て、アメリカゾール静注、人工呼吸下に硬膜上より空気銃空撃を加え、脳波の変化を観察した。対照として急性実験及び電気ショック刺激実験を行なつた。其の結果、多数例に於いて海馬脳波に

発作発射又は此れに準ずる変化を認めた。新皮質始め他部位脳波変化は海馬脳波程著しくなかつた。従つて、閉鎖性頭部外傷に於いて、少なくとも家兎では、海馬は新皮質に比べて、より敏感であると言ひ得る。

本論文の要旨は第74回近畿精神神経学会にて発表した。

稿を終るに当り、有益な御助言、御協力を賜つた森和夫博士、細野孟氏に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 荒木千里：頭部外傷による意識障碍，臨床と研究，**37**，340，昭35
- 2) 荒木千里：間脳と意識障碍，最新医学，**8**，1265，昭28
- 3) 荒木千里：頭部外傷による意識障碍，精神神経学雑誌，**59**，956，昭32
- 4) 荒木千里：頭部外傷について，災害医学，**3**，265，昭35
- 5) 相沢豊三，五島雄一郎：昏睡と脳循環，日本臨床，**17**，1010，昭34
- 6) 太田幸雄：頭部外傷後遺症の問題点，最新医学，**14**，3064，昭34
- 7) 川村浩：大脳辺縁系研究の最近の動向，総合医学，**18**，369，昭36
- 8) 小池上春芳：扁桃核の解剖，脳と神経，**13**，495，昭36
- 9) 小島稔豊：Kluver-Barrera 染色の経験，日外宝，**27**，1232，昭32
- 10) 島藺安雄：意識障碍をどう考えるか，最新医学，**14**，3486，昭31
- 11) 白木博次，中久喜雅文：精神医学領域よりみた昏睡の問題，日本臨床，**17**，1018，昭34
- 12) 杉本直人，田伏日出雄，下条和敬：昏睡状態について，精神神経学雑誌，**61**，2175，昭34
- 13) Sawyer C. H. et al：The Rabbit Diencephalon in Stereotaxic Coordinates. J.Comp. Neurol. **101**，801，1954
- 14) 時実利彦：大脳辺縁系 Limbic Systemの生理，最新医学，**13**，1959，昭33
- 15) 時実利彦：扁桃核の生理，神経研究の進歩，**2**，493，昭33
- 16) 長崎寿志：実験的脳振盪に於ける中枢神経系軸索変性の Nauta 鍍銀法による追求，日外宝**28**，2718，昭34
- 17) Baruch et al：Electroencephalographic Studies in Cats with Experimentally Produced Hippocampal Epilepsie. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **13**，340，1961
- 18) 細野孟：実験的脳震盪に於ける海馬脳波の変化，日外宝，**30**，329，昭36
- 19) Magoun H.W.：The Waking Brain. Charles C Thomas Publisher, U.S.A. 1958
- 20) 官坂松衛：新・旧・古皮質系の発作発射 (Seizure Discharge) に関する電気生理学的研究，神経研究の進歩，**5**，227，昭35
- 21) Maurice, Victor et al：Memory Loss with Lesions of Hippocampal Formation. Archives of Neurology. **5**，244，1961
- 22) 吉井直三郎：癲癇の生理，脳と神経，**5**，57，昭28
- 23) 和田豊治：臨床脳波，金原出版，東京，昭33
- 24) 和田豊治：癲癇に於ける運動発作の問題，脳神経領域，**5**，228，昭27