大脳辺縁系と眼運動系の機能的協関に関する実験的考察

海馬電気刺激でおこる脳波の変動を指標とする観察

なか にし かず ひと
中 西 和 仁

〔I〕 は じ め に

私は先の論文(中西 1976)で、ウサギ海馬に反覆して電気刺激を加えると、一定の潜時において眼振が生ずるようになること並びに刺激反覆回数と眼振の潜時の短縮及びその持続時間の延長は正相関する傾向があることを申し述べた。また、この原則は正常ウサギ、片側内耳障害ウサギ(片側中耳腔ストレプトマイシン注入)及び腰部脊柱起立筋操作ウサギ(腰部脊柱起立筋反覆電気刺激)の何れにもあてはまることを指摘した。そして、この際の眼振成立機序を次の様に想定した。即ち、電気刺激の反覆で亢奮した海馬からの遠心性インパルスは視床下部をへて眼運動系、特に脳幹につたえられその活動性を抑制する。しかし、この抑制機序の繰返しを契機として、ある群のウサギでは脳幹眼運動系の活動性に一種のrebound現象が成立し、その亢奮準位が上昇し、眼振を結果すると考察した。一方、この抑制機序の反覆に対し脳幹眼運動系の活動にrebound現象がおこらず、この脳に抑制機序がつづくウサギの場合は、眼振は出現しないものと考えた。

しかし、本当に眼振の潜時に相当する時期では眼運動系及びそれに関連する脳の活動性は低下しているのだろうか？また、この逆に眼振をみる時期にはそれらの脳の活動性亢進が成立しているものだろうか？この問題を解明せずしては先にのべた論文の考案は完結しない。そして、この問題を明かにする一つの手段は眼運動系及びそれと関係の深い脳の活動性の変動を脳波を用いて測定することにあると考える。

また、私は先の論文で海馬反覆電気刺激で刺激開始前に特発性眼振を生ずる事実を指摘し、その機序も矢張り終局的には海馬反覆電気刺激を契機として成立した眼運動系の活動性亢進にあると考察した。そして、この考察の実証においても脳波を指標とする分析法は有力であると思う。

要するに、この論文のねらいは、先に私が述べた論文での眼振成立機序を眼運動系(脳幹網様体はこの系の重要な一部とみなしてよい)及びこれと関連する脳より誘導した脳波の亢奮準位の変動を観察して明かにする点にある。

〔II〕 成 績

(1) 正常ウサギにおける観察	用いた。これらのウサギは鼓膜正常であり、特
1) 用いたウサギ	発眼振検査などの平衡試験で異常をみとめてい
黒眼成熟ウサギ(体重2 kg~2.5 kg) 15羽を	ないものをえらんだ。

Functional correlation between the limbic system and the oculomotor system: Observations on the correlation between changes in the ENG and the EEG's caused by electric stimulation of the hippocampus in rabbits.

Kazuhito Nakanishi

徳島大学医学部耳鼻咽喉科教室(主任: 檜 学 教授)

2) 電極の挿入と刺激の方法

SAWYER の atlas に従い左側海馬に電極(間隔 1 mm の双極電極)を挿入し, 1 msec., 200 Hz の矩形波, 3 V, 30秒の条件で1日1回刺激を加えた. この刺激を連日, 反覆して加え最高10回に及んだ.

3) 脳波及び ENG の記録

SAWYER の atlas に従い, 上述の海馬の他に脳幹網様体(左側中脳), 大脳皮質(右側前頭葉及び後頭葉)に電極を挿入し, 脳波を誘導, 記録した. 因みに, 脳波の記録は海馬電気刺激1回目, 反覆刺激5回目, 同10回目に行った.

また, 各記録は電気刺激開始前(20分間)及び電気刺激中止後(60分間)に亘って行った. なお, 電気刺激中にはこの条件では脳波記録が充分に行えないので, その記録は中止した.

ENG は上述の脳波と同時記録した.

4) 海馬脳波の分類と脳波変動の分析法

脳波は上述した様に海馬, 中脳網様体, 大脳皮質より誘導記録している. その何れを指標として分析してもよい訳であるが, この報告では海馬脳波, 特に θ 波をえらんでいる. この理由は海馬 θ 波の波形が明瞭で判定しやすく, また時実の報告によると脳の覚醒の度合と平行してその頻度が増減することが判明しているからである. 即ち, θ 波のサイクル数が大なるほど覚醒の度合が高いと解されている(時実 1958). なお, 海馬と脳幹眼運動系(網様体は眼運動系の主要な一部である)とは中枢神経の線維連絡からみても, また脳の活動性の協応からみても深い相関があるので, 眼運動系の活動の状態をこの脳の亢奮の増減で測定することは合理性があると思う.

さて, 私は海馬脳波を松本の分類に従い, 図1に示すように6サイクル以上の θ 波, 6サイクル以下の θ 波及び不規則波の3群に分類した(松本 1963). そして, 今回の実験では, このうち6サイクル以上の海馬 θ 波を指標とし, その出現頻度を電気刺激開始前20分間及び刺激中止後60分間において, 30秒間毎に算出し, 頻度

Classification of the hippocampal electrical activities

図1 海馬脳波の分類(松本 1962)

曲線を作製した.

さて, 海馬電気刺激で脳の活動性に有意の変動があったかどうかを明かにするために, 上述の6サイクル以上の海馬 θ 波の頻度曲線がある一定の幅をこえて変動したかどうかを知る方法は採用されてよい. この際, この問題については次の2項目について検討しておく必要がある. 即ち, ①海馬に電気刺激を行った際, 電気刺激後におこる脳波の亢奮準位が電気刺激開始前の脳波(基準脳波)に比して有意の変動を示したかどうかを知る. 特に, 海馬への反覆電気刺激が電気刺激後の脳波の亢奮準位の変動にどの様に影響を与えるかを観察する必要がある. ②海馬への電気刺激の反覆が電気刺激開始前の脳の活動状態, 即ちこの時期の脳波の亢奮準位にどのような影響をおよぼしたかを知る必要がある. 最後に①及び②のそれぞれにおいて, 海馬電気刺激に由来する眼振が同じ操作でおこった脳波の亢奮準位の変動とどの様に相関するかを検討する必要がある.

このためには, 脳波の判定については次の考慮を払う必要があろう. 即ち, 脳波の亢奮準位の変動を知るために, 基準的脳波活動を定めることが先ず必要である. 私はこのため, 第1回目の海馬電気刺激開始前20分間の脳波にそれをもとめた. 即ち, その時間で30秒毎に算出した6サイクル以上の海馬 θ 波の頻度曲線がどの範囲内に収まるかを統計的に処理してみることとした. そして, それを土台として上述の①及び

②の問題を考察することとした。

実際に行った統計的な処理方法を述べると次の様になる。即ち、先ず上述の θ 波の出現頻度よりその平均値 ($\bar{x}$) を $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} (n=40)$ の式を用いて算出し、次いで $\sum (x_i - \bar{x})^2$ の式を用いて標準偏差 (S_x) を算出した。

(1) 海馬電気刺激でおこる脳波の変動；

(a) 海馬電気刺激後にみられる脳波変動の型について

海馬電気刺激後におこる脳波変動の状況には以下のべる3つの変動型がある。先ずそれを紹介してみたい。

図2 海馬電気刺激による脳波の変動；A型

(a)には電気刺激前20分、(b)には刺激中止後3分、(c)には刺激中止後30分より各55秒間の脳波がそれぞれ示されている。図中、Hipp, RF, O(R), F(R)にはそれぞれ海馬(左側)、中脳網様体(左側)、大脳皮質(右側後頭葉)、大脳皮質(右側前頭葉)より誘導した脳波を示してある。

図2a, b, c にはウサギ海馬電気刺激による脳波の変動の一部を例示してある。図2a には電気刺激開始前の脳波が示されているが、脳の各部より誘導した脳波は、その一部に覚醒反応をみるが全般的にみると亢奮単位は低い。即ち、海馬より誘導した脳波には一部に6サイクル以上の θ 波をみるのみである。大脳皮質脳波には一部脱同期波がみられるが、high voltage sharp waves の出現が明瞭である。図2b には電気刺激中止後3分の脳波が示されている。海馬脳波には一部に5サイクルの θ 波をみるが、6サイクル以上の θ 波はほぼ消失し、これに代って不規則波の出現が著明になっている。一方、大脳皮質脳波には脱同期波に代って high voltage sharp waves の出現が著明となっている。即ち、この時期の脳波は全般的にみるとその亢奮単位が低く、電気刺激開始前のそれに比して、その亢奮単位を更に低下している。図2c には電気刺激中止後30分の脳波が示されている。海馬脳波には再び6サイクル以上の θ 波が出現するようになっており、また大脳皮質脳波には脱同期波がみられるが、なお依然として high voltage sharp waves の出現がみとめられる。即ち、この時期の脳波は電気刺激開始前のそれと類似している。

図3 には上述のウサギの脳波の成績(図2a, b, c 参照)のうち、6サイクル以上の海馬 θ 波を指標とし、その頻度曲線(上述)を作製し、その推移を模式的に示してある。

図3 海馬電気刺激による脳波の変動；海馬 θ 波(6サイクル以上)の出現頻度曲線を用いた分析：

図示する様に、電気刺激中止後一定時間上記の θ 波の出現は低下し、その頻度曲線は正常変動幅を下まわって変動している。しかし、この時期をすぎると、 θ 波の出現が増大し、その頻度曲線は正常変動幅の内で変動している。即ち、脳波変動型はA型(抑制一回復型)を示している。

なお、模式図中にみられる平行した上下の横への点線は上述の式を用いて算出したこのウサギの θ 波頻度曲線の正常幅(上限と下限)を示してある。図示するように、このウサギではこの種の θ 波の出現頻度は刺激中止後一定時間は減少するが、次第に増加し約10分後には刺激前の頻度曲線にまで回復している。以下この様な脳波の変動型をA型と呼ぶことにする。

図4a, b, c には他のウサギの海馬電気刺激による脳波の変動の一部が示されている。図4a には電気刺激開始前の脳波が示されている。脳の各部より誘導した脳波の一部に覚醒反応をみるが全般的にみるとその亢奮単位は低い。即ち、海馬より誘導した脳波には一部にのみ6サイクル以上の θ 波がみられる。大脳皮質脳波には一部に脱同期波がみられるが、high voltage sharp waves の出現が明瞭である。図4b には電気刺激中止後2分の脳波が示されている。海馬脳波には6サイクル以上の θ 波は消失し、不規則波が明瞭に出現している。一方、大脳皮質脳波には脱同期波が消失し、これに代って high voltage sharp waves の出現が著明である。即ち、この時期の脳波は電気刺激開始前のそれに比して、更にその亢奮単位を低下している。図4c には電気刺激中止後30分の脳波が示されている。海馬脳波には一部に θ 波をみるが、その頻度は6サイクル以下であり、全般的に不規則波の出現が明瞭である。大脳皮質脳波には一部脱同期波をみるが、全般的に high voltage

図 4 海馬電気刺激による脳波の変動；B型

(a)には電気刺激前10分，(b)には刺激中止後2分，(c)には刺激中止後30分より各55秒間の脳波がそれぞれ示されている．図中の各記号は図2のそれに準じている．

sharp waves の出現が著明である．即ち，この時期の脳波も依然としてその亢奮単位は低く，電気刺激開始前のそれにまで回復していない．
図5には上述のウサギの脳波の成績(図4a，b，c参照)のうち，6サイクル以上の海馬θ波を指標とし，その頻度曲線(上述)を作製し，その推移を模式的に示してある．

図示するように，このウサギでは上述の海馬θ波の出現頻度は刺激中止後早期より有意に減

少し，刺激中止後25分にもなおその状態が持続している．

以下この様な脳波の変動型をB型と呼ぶことにする．

図6a，b，cには他のウサギの海馬電気刺激による脳波変動の一部が示されている．図6aには電気刺激開始前の脳波が示されている．脳の各部より誘導した脳波はその一部に覚醒反応をみるが，全般的にみると亢奮単位は低い，即

図5 海馬電気刺激による脳波の変動；海馬 θ 波（6サイクル以上）の出現頻度曲線を用いた分析：

図示するように、電気刺激後上記の θ 波の出現は低下し、その頻度曲線は観察の全経過を通じて正常変動幅を下回って変動している。即ち、脳波変動型はB型（抑制持続型）を示している。

図6 海馬電気刺激による脳波の変動；C型

(a)には電気刺激前20分、(b)には刺激中止後2分、(c)には刺激中止後30分より各55秒間の脳波がそれぞれ示されている。図中の各記号は図2のそれに準じている。

図7 海馬電気刺激による脳波の変動；海馬 θ 波（6サイクル以上）の出現頻度曲線を用いた分析：

図示する様に，電気刺激中止後一定時間は上述の θ 波の出現が低下し，その頻度曲線は正常変動幅を下回って変動している．しかし，この時期が過ぎると θ 波の出現が優位となり，正常変動幅を上回る頻度曲線の変動がみられる．即ち，脳波変動型はC型（抑制—反跳型）を示している．

ち，海馬脳波には一部に6サイクル以上の θ 波をみるのみである．大脳皮質脳波には一部に脱同期波がみられるが，なお high voltage sharp waves の出現が明らかである．図6bには電気刺激中止後2分の脳波が示されている．海馬脳波には6サイクル以上の θ 波は消失し，これに代って不規則波の出現が著明となっている．一方，大脳皮質脳波には全般的に high voltage sharp waves の出現が明瞭である．即ち，この時期の脳波は電気刺激開始前のそれに比しても更にその亢奮準位を低下している．図6cには電気刺激中止後30分の脳波が示されている．海馬脳波には全般的に6サイクル以上の θ 波が著明に出現するようになっている．中脳網様体より誘導した脳波には海馬より伝播したと考えられる6サイクル以上の θ 波が明瞭に出現している．また，大脳皮質脳波では脱同期波が優位に出現するようになってい．即ち，この時期の脳波はその亢奮準位が著しく増大し，電気刺激開始前の脳波の亢奮準位を上回っている点に特徴がある．

図7には上述のウサギの脳波の成績（図6a，b，c参照）のうち，6サイクル以上の海馬 θ 波を指標とし，その頻度曲線を作製し，その推移を模式的に示してある．図示するように，こ

のウサギでは上述の θ 波の出現頻度は刺激中止後一時的に減少するが，その時期をすぎるとその出現頻度は次第に回復し，10分後には刺激前の頻度曲線を上回る上昇を示している．以下この型の脳波変動をC型とよぶこととする．

(b) 海馬電気刺激反覆でおこる電気刺激開始前の脳波の変動の型について

海馬への電気刺激を反覆すると電気刺激開始前の脳波にも次の3つの変動型があることが判った．先ずそれを紹介してみたい．

図8a，bにはウサギの海馬反覆電気刺激による電気刺激開始前の脳波の変動の一部を例示してある．図8aには第1回目の海馬電気刺激開始前の脳波が示されている．脳の各部より誘導した脳波の一部に覚醒反応をみるが，全般的にみるとその亢奮準位は低い．即ち，海馬より誘導した脳波には一部にのみ6サイクル以上の θ 波がみられる．また，大脳皮質脳波には一部に脱同期波がみられるが，高振幅徐波の出現が明瞭である．図8bには5回目の海馬反覆電気刺激開始前の脳波が示されている．海馬脳波には一部に θ 波をみるのみである．大脳皮質脳波には脱同期波がみられるが，なお依然として高振幅徐波の出現がみとめられる．即ち，この時期の脳波はその亢奮準位において，第1回目電気

図8 海馬電気刺激反覆でおこる電気刺激開始前の脳波の変動：a型

(a)には基準脳波（第1回目海馬電気刺激開始前脳波）を示し，(b)には海馬電気刺激反覆5回の電気刺激開始前の脳波を示してある。

図9 海馬電気刺激反覆でおこる電気刺激開始前の脳波の変動；
海馬 θ 波の出現頻度による分析：

図中，(1)及び(2)にはそれぞれ基準脳波（上述）及び5回電気刺激反覆時の電気刺激開始前の海馬脳波，特に6サイクル以上の θ 波の頻度曲線を示してある。図示する様に，電気刺激反覆後の θ 波の頻度曲線は正常変動幅内で変動している。即ち，脳波変動型はa型（不変型）を示している。

刺激開始前のそれと類似している。

図9には，上述のウサギの脳波の成績（図8 a, b）のうち，6サイクル以上の海馬 θ 波を指標とし，その頻度曲線を作製し，その推移を模式的に示してある。なお，模式図中にみられる平行した上下の横への点線は上述の式を用いて算出したこのウサギの θ 波頻度曲線の正常幅（上限と下限）を示してある。

図示するように，このウサギの5回目の海馬反覆電気刺激開始前の θ 波の出現頻度曲線は，基準とした第1回目の電気刺激開始前のその

変動幅内にとどまっている。

以下この様な変動型をa型（不変型）とよぶことにする。

図10 a, b には他のウサギの海馬反覆電気刺激による電気刺激開始前の脳波の変動の一部を例示してある。図10 a には第1回目の海馬電気刺激開始前の脳波が示されている。脳の各部より誘導した脳波の一部に覚醒反応をみるが，一般的にみるとその亢奮準位は低い。即ち，海馬より誘導した脳波には一部にのみ6サイクル以上の θ 波がみられる。また，大脳皮質脳波には

図10 海馬電気刺激反覆でおこる電気刺激開始前の脳波の変動：b型

(a)には基準脳波（上述）を示し、(b)には海馬電気刺激反覆5回の電気刺激開始前の脳波を示してある。

図中の各記号は図2のそれに準じている。

図11 海馬電気刺激反覆でおこる電気刺激開始前の脳波の変動；海馬θ波の出現頻度による分析：

図中、(1)及び(2)にはそれぞれ基準脳波（上述）及び5回海馬電気刺激反覆時の電気刺激開始前の海馬脳波、特に6サイクル以上のθ波の頻度曲線を示してある。図示する様に、電気刺激反覆後のθ波の頻度曲線は正常変動幅を下回る変動を示している。即ち、脳波変動型はb型（抑制型）を示している。

一部に脱同期波がみられるが、高振幅徐波の出現が明瞭である。図10bには5回目の反覆電気刺激開始前の脳波が示されている。海馬脳波には一部にθ波をみるが、その頻度は6サイクル以下であり、全般的に不規則波の出現が明瞭である。大脳皮質脳波には一部脱同期波をみるが、全般的に高振幅徐波の出現が著明である。即ち、この時期の脳波はその亢奮準位において第1回目電気刺激開始前のそれに比し、更にそ

の亢奮準位を低下しているといつてよい。

図11には、上述のウサギの脳波の成績（図10a、b参照）のうち、6サイクル以上の海馬θ波を指標として頻度曲線を作製し、その推移を模式的に示してある。図示するように、このウサギの5回目の反覆電気刺激開始前のθ波の出現頻度曲線は基準とした第1回目の電気刺激開始前のそれに比し、有意に低値を示している。

以下この様な変動型をb型（抑制型）と呼ぶ

図12 海馬電気刺激反覆でおこる電気刺激開始前の脳波の変動：c型

(a)には基準脳波（上述）を示し，(b)には海馬電気刺激反覆5回の電気刺激開始前の脳波を示してある．

図中の各記号は図2のそれに準じている．

ことにする．

図12 a, b には他のウサギ海馬反覆電気刺激による電気刺激開始前の脳波の変動の一部を例示してある．図12 a には第1回目の海馬電気刺激開始前の脳波（基準脳波）が示されている．脳の各部より誘導した脳波は，その一部に覚醒反応をみるが全般的にみると亢奮準位は低い．即ち，海馬より誘導した脳波には一部に6サイクル以上の θ 波をみるのみである．大脳皮質脳波には一部脱同期波がみられるが，高振幅徐波の出現が明らかである．図12 b には海馬反覆電気刺激5回目のウサギで得た電気刺激開始前の脳波が示されている．海馬脳波には全般的に6サイクル以上の θ 波が著明に出現するようになっている．中脳網様体より誘導した脳波には海馬より伝播したと考えられる6サイクル以上の θ 波が明瞭に出現している．また，大脳皮質脳波では高振幅徐波が消失し，脱同期波が明瞭に出現するようになっている．即ち，この時期の脳波はその亢奮準位が著しく増大し，基準

とした第1回目の電気刺激開始前の脳波の亢奮準位を上回っている点に特徴がある．

図13には，上述のウサギの脳波の成績（図12 a, b 参照）のうち，6サイクル以上の海馬 θ 波を指標とし，その頻度曲線を作製し，その推移を模式的に示してある．図示するように，5回目の反覆電気刺激開始前の θ 波の出現頻度曲線は，基準とした第1回目の電気刺激開始前のそれを有意に上回っている．

以下この様な変動型をc型（促進型）と呼ぶことにする．

(2) 海馬電気刺激でおこる脳波の変動の型（A, B, C型及びa, b, c型）と眼振の出現との相関

1) 海馬電気刺激でおこる脳波変動型（A, B, C型）と電気刺激後の眼振の相関

単発的海馬電気刺激後における脳波変動型と電気刺激後の脳波の相関について述べると次の成績が得られた．即ち，表1にその成績を総括的に示してある様に，実験に供した正常ウサギ

図13 海馬電気刺激反覆でおこる電気刺激開始前の脳波の変動；海馬 θ 波の出現頻度による分析：

図中、(1)及び(2)にはそれぞれ基準脳波（上述）及び5回海馬電気刺激反覆時の電気刺激開始前の海馬脳波、特に6サイクル以上の θ 波の頻度曲線を示してある。図示する様に、電気刺激反覆後の θ 波の頻度曲線は正常変動幅を上回る変動を示している。即ち、脳波変動型はc型（促進型）を示している。

15羽の中で電気刺激後の脳波変動がA型（抑制一回復型）を示したものは14羽（93%）、B型（抑制持続型）を示したものは1羽（7%）であり、C型（抑制一亢奮型）を示したものは皆無であった。しかし、海馬への電気刺激が反覆して加えられると電気刺激後の脳波の変動型もこれと対応して変化し、その傾向はA型よりC型へと型を変換する傾向が著しく、その他の組合せは少なかった。例えば、5回海馬電気刺激反覆の時期で上述の型の分布をみると、A型8羽(53%)、B型2羽(13%)、C型5羽(34%)となり、更にこれが10回の刺激反覆の時期ではA型(0%)、B型1羽(7%)、C型14羽(93%)となる。即ち、単発的海馬電気刺激後の脳波変動型の分布とは対照的成績が得られた。

換言すると、海馬への電気刺激の反覆は1羽をのぞいて大多数例に眼運動系の活動性にrebound現象を惹起し、その亢奮単位を上昇するという成績を得た。

さて、上述のA、B、C型と特発眼振の相関をみると次の成績が得られた。即ち、表1よりもうかがえる様に、15羽45回の観察ではA型を示した回数は計22回あるが、この際に眼振をみたものはない。また、B型を示した回数は4回あるが、この際にも眼振の出現をみなかった。さて、C型を示した回数は45回の観察中19回ある

が、眼振を伴ったものが18回（93%）に達している。その内訳をみると、電気刺激前眼振なく、刺激中止後初めて眼振を示したものは9回（50%）であり、他の9回は何れも刺激開始前に特発眼振がみられ、且つ全例が電気刺激中止後その頻度を増強している。

（小括）

正常ウサギの海馬電気刺激の眼運動系への効果を脳波の変動を指標として観察すると、この脳の亢奮は眼運動系（特に脳幹のそれ）及びそれと関連の深い脳の活動性に抑制的に作用する傾向がある。しかし、大多数例では海馬よりくりかえし加えられる上述の抑制機序を契機として、脳幹眼運動系の活動性は一種のrebound現象を示し、その興奮性を上昇し、これに一致して眼振が生ずる。

2) 海馬電気刺激反覆負荷で生ずる脳波変動型（a, b, c型）と特発（電気刺激開始前）眼振の相関

海馬への電気刺激の反覆負荷は基本脳波（第1回目の海馬電気刺激開始前の脳波）の亢奮単位に変化をもたらすが、その変動の型はa型（不変型）、b型（抑制型）、c型（促進型）の3種類があることを上述した。それでは15羽の正常ウサギで海馬電気刺激反覆でおこった上述の型の分布はどのような特徴を示したであろう

表1 正常ウサギの海馬電気刺激による脳波変動型と眼振の相関：表中に示された数字は眼振の頻度を示し、*r.* または *l.* の符号はその眼振の方向を示している。そして、左右への水平性眼振が重累した複雑な型をなしたものは *r.l.* の符号で記載した。

動物	測定	脳波（海馬θ波）		ENG	
		電気刺激中止後 脳波の変動	電気刺激開始前脳波 の変動	刺激前	刺激後
No. 1	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	A 型	c 型	0	0
	第10回目	C 型	c 型	3(<i>l.</i> 3)	296(<i>r.</i> 6, <i>l.</i> 290)
No. 2	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	A 型	a 型	0	0
	第10回目	C 型	c 型	0	20(<i>r.</i> 4, <i>l.</i> 16)
No. 3	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	C 型	a 型	0	0
	第10回目	C 型	a 型	5(<i>r.</i> 2, <i>l.</i> 3)	33(<i>r.</i> 16, <i>l.</i> 17)
No. 4	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	C 型	c 型	0	2(<i>r.</i> 2)
	第10回目	C 型	c 型	5(<i>r.</i> 4, <i>l.</i> 1)	31(<i>r.</i> 15, <i>l.</i> 16)
No. 5	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	C 型	c 型	12(<i>r.</i> 5, <i>l.</i> 7)	19(<i>r.</i> 11, <i>l.</i> 8)
	第10回目	C 型	c 型	58(<i>r.</i> 35, <i>l.</i> 23)	197(<i>r.</i> 102, <i>l.</i> 95)
No. 6	第1回目	B 型	—	0	0
	第5回目	B 型	b 型	0	0
	第10回目	B 型	b 型	0	0
No. 7	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	A 型	c 型	0	0
	第10回目	C 型	c 型	0	15(<i>r.</i> 7, <i>l.</i> 8)
No. 8	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	C 型	c 型	0	9(<i>r.</i> 4, <i>l.</i> 5)
	第10回目	C 型	c 型	9(<i>r.</i> 8, <i>l.</i> 1)	39(<i>r.</i> 21, <i>l.</i> 15) <i>r.</i> <i>l.</i> 3
No. 9	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	B 型	a 型	0	0
	第10回目	C 型	c 型	0	34(<i>r.</i> 17, <i>l.</i> 17)
No. 10	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	A 型	a 型	0	0
	第10回目	C 型	c 型	7(<i>r.</i> 2, <i>l.</i> 5)	47(<i>r.</i> 22, <i>l.</i> 25)
No. 11	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	A 型	c 型	0	0
	第10回目	C 型	c 型	2(<i>r.</i> 2)	28(<i>r.</i> 12, <i>l.</i> 16)
No. 12	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	C 型	c 型	0	30(<i>r.</i> 16, <i>l.</i> 14)
	第10回目	C 型	c 型	12(<i>r.</i> 7, <i>l.</i> 5)	53(<i>r.</i> 22, <i>l.</i> 26) <i>r.</i> <i>l.</i> 5
No. 13	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	A 型	a 型	0	0
	第10回目	C 型	c 型	1(<i>l.</i> 1)	52(<i>r.</i> 25, <i>l.</i> 27)
No. 14	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	A 型	a 型	0	0
	第10回目	C 型	c 型	0	25(<i>r.</i> 21, <i>l.</i> 4)
No. 15	第1回目	A 型	—	0	0
	第5回目	A 型	a 型	0	0
	第10回目	C 型	c 型	0	47(<i>r.</i> 26, <i>l.</i> 21)

か、それを表1より説明してみたい。即ち、表1よりうかがえる様に、5回海馬電気刺激反覆を行った時期での観察では、電気刺激前の脳波の変動型がa型を示したものは15羽中7羽(47%)、b型を示したものは1羽(6%)、c型を示したものは7羽(47%)であった。海馬への電気刺激を更に反覆加えると、a型の脳波変動を示す例は減少し、これに代ってc型の脳波変動を示す例が増大する傾向がある。例えば、10回の海馬電気刺激反覆を行った時期でのそれをうかがうと、a型を示したものは同じ正常ウサギ群で1羽(6.5%)、b型は1羽(6.5%)、そしてc型は13羽(87%)となっている。

換言すると、海馬への反覆電気刺激は終局的には電気刺激開始前の脳波の亢奮単位の亢進を助長するよう作用していることが判る。

さて、15羽の正常ウサギで計30回に亘って観察した成績より、上述のa、b、cの脳波変動と特発眼振出現の相関をみると、表1より次の事実が判明した。即ち、脳波変動がa型(不変型)を示し、且つ特発眼振がこれに伴われたものは30回中1回(3%)である。脳波変動がb型(抑制型)を示したものに特発眼振が伴われたものは皆無であった。

そして、脳波変動がc型(促進型)を示したものでは30回中9回(30%)に特発眼振の随伴がみられた。

(小括)

以上の成績を要約すると次の様になる。即ち、海馬への電気刺激を反覆すると、電気刺激開始前の脳波の変動には3つの型(a、b、c型)が生ずるが、その多くはc型を示し、電気刺激前の脳波の亢奮単位が上昇する様になる。そして、海馬への電気刺激反覆の回数とc型の脳波変動出現頻度とは正相関し、a型のそれとは逆相関することが判った。

また、上述のa、b、cの3つの脳波変動型と特発眼振の出現の相関をみると、c型(促進型)の脳波変動を示す例に特発眼振が伴われることが有意に多いことが判った。

3) 海馬電気刺激中止後脳波の変動(A、B、C型)と海馬電気刺激開始前脳波の変動(a、b、c型)の組合せからみた眼振出現の特徴

表1よりうかがうと海馬電気刺激反覆により、電気刺激後の脳波の変動(A、B、C型)と電気刺激開始前の脳波変動(a、b、c型)の間には各種の組合せが生ずることが判る。例えば、5回の海馬電気刺激反覆の時期では、両者の組合せとその出現頻度は次の様になる。即ち、Aa(5回)、Ac(3回)、Ba(1回)、Bb(1回)、Ca(1回)、Cc(4回)である。これに対し、10回の海馬電気刺激反覆時での両者の組合せをみると、Aa(0)、Ac(0)、Ba(0)、Bb(1回)、Ca(1回)、Cc(13回)となっている。この成績より次のことがいえる。即ち、海馬電気刺激の反覆負荷は電気刺激開始前の脳波の基準脳波(上述)に対する亢奮単位を増大し(c型の出現)、且つ電気刺激後の脳波のrebound現象(C型の出現)を助長する傾向がある。即ち、海馬電気刺激反覆負荷は大多数例において終局的には脳幹眼運動系及びそれと関連を有する脳の活動性亢進を増大する如く作用するという成績が得られる。

さて、上述の2つの脳波変動型の組合せと電気刺激開始前及び刺激中止後に出現する眼振の相関について調査すると表2の成績が得られた。この表より次のことが判る。即ち、電気刺激後の脳の活動性にrebound現象がみられ、

表2 正常ウサギの脳波変動型(A、B、C型a、b、c型)の組合せと電気刺激前及び電気刺激中止後にみられる眼振の相関

脳波変動型の組合せとその頻度	電気刺激開始前にみられる眼振の出現頻度	電気刺激中止後にみられる眼振の出現頻度
Aa (5回)	0	0
Ac (3回)	0	0
Ba (1回)	0	0
Bb (2回)	0	0
Ca (2回)	1	1
Cc (17回)	9	17

脳の亢奮準位の向上が惹起されているウサギでは、電気刺激中止後に誘発される眼振はいうまでもなく、電気刺激開始前に出現する眼振もその頻度が多いと。

(小括)

この項目の成績を要約すると次の通りとなる。即ち、海馬への電気刺激の反覆は電気刺激開始前の脳の活動性亢進を増大し、また電気刺激後一過性におこる眼運動系への抑制機序に対する rebound 現象の出現を助長する傾向がある。従って、電気刺激開始前にみられる特発眼振は海馬電気刺激の反覆回数の増大と平行してその出現頻度を増大し、また同じ操作は、電気刺激中止後にみられる眼振の出現頻度をも増大する如く作用する。この成績は上記の2項目で得られた成績を異った角度から支持するとともに、先の論文で述べた海馬電気刺激反覆で生ずる電気刺激開始前の眼振と電気刺激中止後一定の潜時をおいて出現する眼振の相似性を説明する場合、貴重な手掛りをあたえていると思う。

(2) 腰部操作ウサギにおける観察

1) 用いたウサギ

黒眼成熟ウサギ(体重2 kg~2.5 kg) 10羽を用いた。これらは何れも鼓膜正常で、特発眼振検査などの平衡試験で異常をみとめていない。これらウサギの片側(右又は左)腰部脊柱起立筋(L₃~L₄)に予め10 msec., 10 Hzの矩形波、30 V, 90秒の電気刺激を1日1回、隔日に10回反覆加え、特発眼振が出現したものを検査の対象とした。また、海馬電気刺激実験は特発眼振が消失した時期に行っている。因みに、この時期では視運動性眼振の解発は抑制され、また視運動刺激に対し脳波は覚醒反応を呈し難くなっている。換言すると、上述の操作により二次的に脳幹網様体機能障害が設定されているウサギを対象として検査していることになる。

2) 電極の挿入と刺激の方法

上述した正常ウサギの場合と同様な方法で左側海馬に電極を挿入し、同じ条件で1日1回、連日に亘って電気刺激を加えた。なお、腰部に

上述の操作を加えたウサギを対象に検査する場合は、正常ウサギを対象として検査する場合に比し、後述する様に電気刺激反覆回数が少ない時期に眼振が出現する傾向がある。例えば、第1回目の電気刺激で既に電気刺激中止後眼振をみる様なものもある。この様なウサギの場合は電気刺激の反覆は最高5回までに止めている。これに対し、5回の電気刺激反覆で眼振をみる様な例では刺激反覆の回数を10回とした。

3) 脳波及び ENG の記録

脳波及び ENG の記録は上述の正常ウサギで行った方法を採用した。

4) 海馬脳波の分類と脳波変動の分析法

海馬脳波の分類や脳波変動の分析法に関しても上述した正常ウサギの場合に行った方法を採用した。

(1) 海馬電気刺激でおこる脳波の変動

(a) 海馬電気刺激中止後にみられる脳波変動の型について

腰部脊柱起立筋操作(反覆電気刺激)ウサギを用いる場合にも正常ウサギの場合と同様、海馬電気刺激後におこる脳波変動には A (抑制一回復型), B (抑制持続型), C (抑制一亢奮型)の3つの変動型を想定してよい。従って、この項目の記載でもこれを採用することとした。

(b) 海馬電気刺激反覆でおこる電気刺激開始前脳波の変動の型について

腰部脊柱起立筋操作ウサギを対象とする場合も正常ウサギの場合と同様、海馬への電気刺激反覆で、電気刺激開始前の脳波に a (不変型), b (抑制型), c (促進型)の3つの変動型を想定してよい。従って、この項目の記載でもこれを採用することとした。

(2) 海馬電気刺激でおこる脳波の変動の型 (A, B, C型及び a, b, c型)と眼振の出現との相関

1) 海馬電気刺激でおこる脳波変動型 (A, B, C型)と電気刺激中止後の眼振の相関

腰部脊柱起立筋操作ウサギを対象とし、単発的海馬電気刺激後における脳波変動型と電気刺

激中止後の眼振の相関について述べると、次の成績が得られた。即ち、表3にその成績を総括的に示してある様に、実験に供したこの種のウサギ10羽の中で、単発的海馬電気刺激後の脳波変動がA型（抑制一回復型）を示したものは7羽(70%)、C型（抑制一亢奮型）を示したものは3羽(30%)であり、B型（抑制持続型）を示したものは皆無であった。しかし、海馬への電気刺激が反覆して加えられると、電気刺激中止後の脳波の変動型もこれと対応して変化し、その傾向はA型よりC型へと型を変換する傾向が著しく、その他の組合せは少なかった。例えば、3回海馬電気刺激反覆の時期で、上述の型の分布をみると、A型2羽(20%)、B型(0)、C型8羽(80%)となり、更にこれが5回の刺激反覆の時期ではA型1羽(10%)、B型(0)、C型9羽(90%)となっている。なお、以上の10羽中2羽は3回までの電気刺激反覆で眼振をみず、脳波変動型はA型であったが、そのうち1羽は5回目の電気刺激反覆で、他の1羽は10回の電気刺激反覆で、その脳波変動型がC型を示すようになった。

換言すると、海馬への電気刺激の反覆は10羽のウサギすべてに眼運動系の活動性に rebound 現象を惹起し、一定時間の脳の活動性低下をへるとその亢奮準位が上昇し、電気刺激前のそれを上回るという成績を得た。

さて、上述のA、B、C型と特発眼振の相関をみると次の成績が得られた。即ち、表3よりもうかがえる様に、10羽32回の観察ではA型を示した回数は計10回あるが、この際に眼振をみたものはない。さて、C型を示した回数は32回の観察中22回あるが、すべてに眼振を伴っている。その内訳をみると、電気刺激開始前眼振なく、刺激中止後初めて眼振を示したものは10回(45%)であり、他の12回は何れも刺激開始前に特発眼振がみられ、且つ全例が電気刺激中止後その頻度を増強している。

なお、今回の観察では上述した様に、電気刺激中止後の脳波変動がB型（抑制持続型）を示

したものは皆無であった。従って、この型の脳波変動型と眼振の相関についての検索は行えなかった。

(小括)

腰部操作ウサギの海馬電気刺激の眼運動系への効果を脳波亢奮準位の変動を指標として観察すると次のことが判明した。即ち、この脳の一過性の亢奮は眼運動系（特に脳幹のそれ）及びそれと関連の深い脳の活動性に先ず抑制的に作用するが、一定の時間を経過すると後者の脳の亢奮準位は過半数のウサギでその活動性が刺激前のそれにまで回復する。そして、その中には電気刺激前の脳波の亢奮準位を上回るもの(rebound 現象)を示すものも少数あり、脳の亢奮準位の低下が最後まで観察されたものは皆無であった。そして、海馬にくりかえし電気刺激が加えられる場合は、その抑制機序を契機として、終局的には全検査例において脳幹眼運動系の活動性に一種の rebound 現象が惹起され、その興奮性が上昇し、この時期に一致して眼振が生ずる傾向を示した。

2) 海馬電気刺激反覆負荷で生ずる脳波変動型(a, b, c型)と特発(電気刺激開始前)眼振の相関

海馬への電気刺激の反覆負荷は基本脳波(第1回目の海馬電気刺激開始前の脳波)の亢奮準位に変化をもたらすが、その変動の型はa型(不変型)、b型(抑制型)、c型(促進型)の3種類を想定してよいことを上述した。それでは、10羽の腰部操作ウサギで海馬電気刺激反覆でおこった上述の型の分布はどのような特徴を示したであろうか、それを表3より説明してみたい。即ち、表3よりうかがえる様に、3回海馬電気刺激反覆を行った時期での観察では、電気刺激前の脳波の変動型がa型を示したものは3羽(30%)、c型を示したものは7羽(70%)であり、b型の脳波変動を示したものは皆無であった。海馬への電気刺激を更に反覆加えると、a型の脳波変動を示す例は減少し、これに代ってc型の脳波変動を示す例が増大する傾向があ

表3 腰部操作ウサギの海馬電気刺激による脳波変動型と眼振の相関：表中に示された数字及び記号は表1に準じている。

動物	測定	脳波（海馬θ波）		ENG	
		電気刺激中止後 脳波の変動	電気刺激開始前脳波 の変動	刺激前	刺激後
No. 1	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	A 型	a 型	0	0
	第5回目	C 型	c 型	0	19 $\left(\begin{smallmatrix} r.4, & l.6 \\ r. & l.9 \end{smallmatrix}\right)$
	第10回目	C 型	c 型	12 $\left(\begin{smallmatrix} r.4, & l.3 \\ r. & l.5 \end{smallmatrix}\right)$	55 $\left(\begin{smallmatrix} r.23, & l.16 \\ r. & l.16 \end{smallmatrix}\right)$
No. 2	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	C 型	a 型	0	11 $\left(\begin{smallmatrix} r.1, & l.2 \\ r. & l.8 \end{smallmatrix}\right)$
	第5回目	C 型	c 型	7 $\left(\begin{smallmatrix} r.1, & l.1 \\ r. & l.5 \end{smallmatrix}\right)$	43 $\left(\begin{smallmatrix} r.9, & l.8 \\ r. & l.26 \end{smallmatrix}\right)$
No. 3	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	C 型	c 型	0	23 $\left(\begin{smallmatrix} r.5, & l.2 \\ r. & l.16 \end{smallmatrix}\right)$
	第5回目	C 型	c 型	5 $\left(r.2, r. l.3\right)$	29 $\left(\begin{smallmatrix} r.4, & l.5 \\ r. & l.20 \end{smallmatrix}\right)$
No. 4	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	C 型	c 型	0	12 $\left(\begin{smallmatrix} r.2, & l.1 \\ r. & l.9 \end{smallmatrix}\right)$
	第5回目	C 型	c 型	7 $\left(\begin{smallmatrix} r.1, & l.2 \\ r. & l.4 \end{smallmatrix}\right)$	35 $\left(\begin{smallmatrix} r.5, & l.5 \\ r. & l.25 \end{smallmatrix}\right)$
No. 5	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	C 型	c 型	0	41 $\left(\begin{smallmatrix} r.16, & l.7 \\ r. & l.18 \end{smallmatrix}\right)$
	第5回目	C 型	c 型	9 $\left(\begin{smallmatrix} r.2, & l.3 \\ r. & l.4 \end{smallmatrix}\right)$	57 $\left(\begin{smallmatrix} r.23, & l.14 \\ r. & l.20 \end{smallmatrix}\right)$
No. 6	第1回目	C 型	—	0	12 $\left(\begin{smallmatrix} r.2, & l.3 \\ r. & l.7 \end{smallmatrix}\right)$
	第3回目	C 型	c 型	4 $\left(l.2, r. l.2\right)$	13 $\left(\begin{smallmatrix} r.1, & l.3 \\ r. & l.9 \end{smallmatrix}\right)$
	第5回目	C 型	c 型	5 $\left(l.2, r. l.3\right)$	29 $\left(\begin{smallmatrix} r.1, & l.12 \\ r. & l.16 \end{smallmatrix}\right)$
No. 7	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	C 型	c 型	0	30 $\left(\begin{smallmatrix} r.1, & l.5 \\ r. & l.24 \end{smallmatrix}\right)$
	第5回目	C 型	c 型	4 $\left(r.1, r. l.3\right)$	27 $\left(\begin{smallmatrix} r.5, & l.6 \\ r. & l.16 \end{smallmatrix}\right)$
No. 8	第1回目	C 型	—	0	15 $\left(\begin{smallmatrix} r.3, & l.3 \\ r. & l.9 \end{smallmatrix}\right)$
	第3回目	C 型	c 型	4 $\left(r.1, r. l.3\right)$	27 $\left(\begin{smallmatrix} r.5, & l.7 \\ r. & l.15 \end{smallmatrix}\right)$
	第5回目	C 型	c 型	15 $\left(\begin{smallmatrix} r.2, & l.4 \\ r. & l.9 \end{smallmatrix}\right)$	36 $\left(\begin{smallmatrix} r.5, & l.10 \\ r. & l.21 \end{smallmatrix}\right)$
No. 9	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	A 型	a 型	0	0
	第5回目	A 型	c 型	0	0
	第10回目	C 型	c 型	0	40 $\left(\begin{smallmatrix} r.11, & l.12 \\ r. & l.17 \end{smallmatrix}\right)$
No. 10	第1回目	C 型	—	0	19 $\left(\begin{smallmatrix} r.2, & l.2 \\ r. & l.15 \end{smallmatrix}\right)$
	第3回目	C 型	c 型	11 $\left(\begin{smallmatrix} r.1, & l.2 \\ r. & l.8 \end{smallmatrix}\right)$	38 $\left(\begin{smallmatrix} r.4, & l.5 \\ r. & l.29 \end{smallmatrix}\right)$
	第5回目	C 型	c 型	16 $\left(\begin{smallmatrix} r.3, & l.2 \\ r. & l.11 \end{smallmatrix}\right)$	64 $\left(\begin{smallmatrix} r.16, & l.6 \\ r. & l.42 \end{smallmatrix}\right)$

る．例えば，5回海馬電気刺激反覆を行った時期でのそれをうかがうと，a型を示したものは消失し，全例c型を示す様になっている．

換言すると，腰部脊柱起立筋操作ウサギを対象とする場合でも海馬への反覆電気刺激は終局的には電気刺激開始前の脳波の亢奮準位を亢進するよう作用していることが判る．

さて，10羽の腰部操作ウサギで計22回に亘って観察した成績より上述のa，b，c型の脳波変動と特発眼振出現の相関をみると，表3の成績が得られた．即ち，脳波変動がa型（不変型）を示し，且つ特発眼振がこれに伴われたものは皆無であった．そして，脳波変動がc型（促進型）を示したものでは22回中12回（55％）に特発眼振の随伴がみられた．なお，上述したように今回の観察では脳波変動がb型を示したものは皆無であった．従って，この脳波変動型と特発眼振との相関についての検索は行い得なかった．

(小括)

以上の成績を要約すると次のようになる．即ち，一般的にいうと海馬への電気刺激を反覆すると，電気刺激開始前の脳波の変動には3つの型（a，b，c型）の出現を想定してよいが，その多くはc型を示し，電気刺激開始前の脳波の亢奮準位が上昇する様になる．そして，海馬への電気刺激反覆の回数とc型の脳波変動出現頻度とは正相関し，a型のそれとは逆相関することが判った．また，上述の脳波変動型と特発眼振の出現の相関をみると，c型（促進型）の脳波変動を示す例に特発眼振が伴われることが有意に多いことが判った．

3) 海馬電気刺激中止後脳波の変動（A，B，C型）と海馬電気刺激開始前の脳波の変動（a，b，c型）の組合せからみた眼振出現の特徴

表3よりうかがうと，海馬電気刺激の反覆により，電気刺激中止後の脳波の変動(A,B,C型)と電気刺激開始前の脳波変動（a，b，c型）の間には各種の組合せが生ずることが判る．例え

ば，3回の海馬電気刺激反覆の時期では，両者の組合せとその出現頻度は次の様になる．即ち，Aa（2回），Ca（1回），Cc（7回）である．そして，その他の組合せはなかった．5回の海馬電気刺激反覆時での両者の組合せをみると，上述のAaの組合せは消失し，Ac（1回），Cc（9回）となっている．なお，10回の海馬電気刺激反覆を行った腰部操作ウサギは2羽あるが，そのうち1羽は3回目の反覆電気刺激でCc型の組合せが形成され，他の1羽は10回目においてそれが成立している．即ち，終局的には全例がすべてこの組合せを形成したといえる．

この成績より次のことがいえる．即ち，海馬電気刺激の反覆負荷は電気刺激開始前の脳波の，基本脳波（上述）に対する亢奮準位を増大し（c型の出現），且つ電気刺激中止後の脳波のrebound現象（C型の出現）を助長する傾向がある．即ち，海馬電気刺激反覆負荷は終局的には脳幹眼運動系及びそれと関連を有する脳の活動性亢進を増大する如く作用するという成績が得られた．

さて，上述の2つの脳波変動型の組合せと電気刺激開始前及び刺激中止後に出現する眼振の相関について調査すると，表4の成績が得られた．この表より次のことが判る．即ち，電気刺激後の脳の活動性にrebound現象がみられ，一定時間の脳の活動性の低下をへて脳の亢奮準位の向上が惹起されているウサギでは，電気刺激後に誘発される眼振も，電気刺激開始前に出現する眼振もその頻度が多い．

表4 腰部操作ウサギの脳波変動型(A,B,C型, a, b, c型)の組合せと電気刺激前及び電気刺激中止後にみられる眼振の相関

脳波変動型の組合せとその頻度	電気刺激開始前にみられる眼振の出現頻度	電気刺激中止後にみられる眼振の出現頻度
Aa（2回）	0	0
Ac（1回）	0	0
Ca（1回）	0	1
Cc（18回）	12	18

(小括)

この項目の成績を要約すると次の通りとなる。即ち、海馬への電気刺激の反覆は電気刺激開始前の脳の活動性亢進を増大し、また電気刺激中止後一過性におこる眼運動系への抑制機序を契機とする rebound 現象の出現を助長する傾向がある。従って、電気刺激前にみられる特発眼振は海馬電気刺激の反覆回数の増大と平行してその出現頻度を増大し、また同じ操作は、電気刺激後にみられる眼振の出現頻度も増大する如く作用する。この成績は上述の2項目で得られた成績を異った角度から支持しているといつてよい。

(3) 内耳操作ウサギにおける観察

1) 用いたウサギ

黒眼成熟ウサギ（体重 2 kg～2.5 kg）8羽を用いた。これらは何れも鼓膜正常で、特発眼振検査などの平衡試験で異常をみとめていない。これらのウサギの片側内耳（右又は左）に損傷を与えるために、経鼓膜的に硫酸ストレプトマイシンを中耳腔に反覆注入し、健側向き水平性眼振が規則正しく出現したものをえらび、且つその眼振消失期に海馬電気刺激実験を行った。

2) 電極の挿入と刺激の方法

上述した正常ウサギの場合と同様な方法で、左側海馬に電極を挿入し、且つ同じ条件で1日1回、連日に亘って電気刺激を加えた。なお、片側内耳に上述した操作を加えたウサギを対象に検査する場合は、正常ウサギを対象として検査する場合に比し、後述する様に電気刺激反覆回数が少ない時期に眼振が出現する傾向がある。例えば、3回までの反覆電気刺激で眼振が誘発される場合が少なくないが、この様なウサギでは電気刺激反覆は最高5回までに止めた。これに対し、5回の電気刺激反覆を加えてはじめて眼振が誘発される様な場合は刺激回数を10回とした。

3) 脳波及び ENG の記録

脳波及び ENG の記録は上述した2つの系列の実験で行った方法と同じ方法を採用した。

4) 海馬脳波の分類と脳波変動の分析

海馬脳波の分類や脳波変動の分析法に関しては上述の2つの系列の実験の場合と同じ方法を採用した。

(1) 海馬電気刺激でおこる脳波の変動

(a) 海馬電気刺激中止後にみられる脳波変動の型について

片側内耳損傷ウサギを用いる場合にも正常ウサギの場合と同様、海馬電気刺激後におこる脳波変動はA（抑制一回復型）、B（抑制持続型）、C（抑制一亢奮型）の3つの変動型を想定してよい。従って、この項目の記載でもこれを採用することとした。

(b) 海馬電気刺激反覆でおこる電気刺激開始前脳波の変動の型について

片側内耳損傷ウサギを対象とする場合も正常ウサギの場合と同様、海馬への電気刺激反覆で、電気刺激開始前の脳波にa（不変型）、b（抑制型）、c（促進型）の3つの変動型が出現することを想定してよい。従って、この項目での記載でもそれを採用することとした。

(2) 海馬電気刺激でおこる脳波の変動の型（A, B, C型及びa, b, c型）と眼振の出現との相関

(1) 海馬電気刺激でおこる脳波変動型（A, B, C型）と電気刺激中止後の眼振の相関

片側内耳損傷ウサギを対象とし、単発的、海馬電気刺激後における脳波変動型と電気刺激中止後の眼振の相関について述べると、次の成績が得られた。即ち、表5にその成績を総括的に示してある様に、実験に供したこの種のウサギ8羽では、すべてが電気刺激後の脳波変動はA型（抑制一回復型）を示し、B型（抑制持続型）及びC型（抑制一亢奮型）を示したものは皆無であった。

しかし、海馬への電気刺激が反覆して加えられると、電気刺激中止後の脳波の変動型もこれと対応して変化し、その傾向はA型よりC型へと型を変換する傾向が著しく、その他の組合せはなかった。例えば、3回海馬電気刺激反覆の

時期で、上述の型の分布をみると、A型3羽(37%)、B型(0)、C型5羽(63%)となり、更にこれが5回の刺激反覆の時期ではA型1羽(12%)、B型(0)、C型7羽(88%)となっている。なお、以上の8羽中2羽は3回までの海馬電気刺激で眼振をみず、且つ脳波の変動型はA型であったが、そのうち1羽は5回の海馬電気刺激でC型を呈す様になった。

換言すると、海馬への電気刺激の反覆は8羽のウサギすべてに眼運動系の活動性に rebound 現象を惹起し、一定の時間の脳波亢奮準位の低下につづいて、脳波の亢奮準位は上昇し、電気刺激開始前のそれを上回る成績を得た。

さて、上述のA、B、C型と眼振の相関をみると次の成績が得られた。即ち、表5よりもうかがえる様に、8羽26回の観察ではA型を示した回数は計12回あるが、このうちの2回(17%)に眼振の出現をみている。その内訳をみると、2回とも電気刺激開始前には眼振なく、刺激中止後初めて眼振を示したものである。さて、C型を示した回数は26回の観察中14回あるが、すべてに眼振を伴っている。その内訳をみると、電気刺激開始前眼振なく、刺激中止後初めて眼振を示したものは4回(29%)であり、他の10回は何れも刺激開始前に特発眼振がみられ、且つ全例が電気刺激中止後その頻度を増強している。なお、今回の観察では上述した様に、電気刺激中止後の脳波変動がB型(抑制持続型)を示したものは皆無であった。従って、この脳波変動型と特発眼振の相関についての検索は行えなかった。

(小括)

内耳操作ウサギの海馬への電気刺激の眼運動系への効果を脳波亢奮準位の変動を指標として観察すると次のことが判明した。即ち、この脳の一過性の亢奮は眼運動系(特に脳幹のそれ)及びそれと関連の深い脳の活動性に先ず抑制的に作用するが、一定の時間を経過すると、後者の脳の亢奮準位は全例海馬電気刺激開始前のそれに回復した。そして海馬に電気刺激が更にくりかえし加えられる場合は、その抑制機序を契

機として、終局的には全検査例に脳幹眼運動系の活動性に一種の rebound 現象が惹起され、その興奮性上昇の時期に一致して眼振が出現する傾向があることが判った。

2) 海馬電気刺激反覆負荷で生ずる脳波変動型(a, b, c型)と特発(電気刺激開始前)眼振の相関

海馬への電気刺激の反覆負荷は基本脳波(第1回目の海馬電気刺激開始前の脳波)の亢奮準位に変化をもたらすが、その変動の型は一般的にいうとa型(不変型)、b型(抑制型)、c型(促進型)の3種類であることを上述した。それでは、8羽の片側内耳操作ウサギで海馬電気刺激反覆でおこった上述の型の分布はどのような特徴を示したであろうか。それを表5より説明してみたい。即ち、表5よりうかがえる様に、3回海馬電気刺激反覆を行った時期での観察では、電気刺激開始前の脳波の変動型がa型を示したものは3羽(37%)、c型を示したものは5羽(63%)であり、b型を示したものは皆無であった。海馬への電気刺激を更に反覆加えると、a型の脳波の変動を示す例は減少し、これに代ってc型の脳波変動を示す例が増大する傾向がある。例えば、5回海馬電気刺激反覆を行った時期でのそれをうかがうと、a型を示したものは消失し、全例c型を示す様になっている。

換言すると、片側内耳損傷ウサギを対象とする場合でも、海馬への反覆電気刺激は終局的には電気刺激開始前脳波の亢奮準位を亢進するよう作用していることが判る。

さて、8羽の片側内耳操作ウサギで計18回に亘って観察した成績より、上述の脳波変動と特発眼振出現の相関をみると表5の成績をえた。即ち、脳波変動がa型(不変型)を示し、且つ特発眼振がこれに伴われたものは皆無であった。そして、脳波変動がc型(促進型)を示したものでは18回中10回(56%)に特発眼振の随伴がみられた。

なお、上述したように今回の観察では、脳波変動がb型を示したものは皆無であった。従っ

表5 内耳操作ウサギの海馬電気刺激による脳波変動型と眼振の相関：表中に示された数字及び記号は表1に準じている。

動物	測定	脳波（海馬θ波）		ENG	
		電気刺激中止後 脳波の変動	電気刺激開始前脳波 の変動	刺激前	刺激後
No. 1	第1回目	A 型	—	0	76(<i>r</i> .76)
	第3回目	C 型	c 型	14(<i>r</i> .14)	66(<i>r</i> .66)
	第5回目	C 型	c 型	211(<i>r</i> .211)	380(<i>r</i> .380)
No. 2	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	C 型	a 型	0	54(<i>r</i> .53 <i>l</i> .1)
	第5回目	C 型	c 型	19(<i>r</i> .19)	74(<i>r</i> .74)
No. 3	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	C 型	c 型	15(<i>l</i> .15)	106(<i>l</i> .106)
	第5回目	C 型	c 型	39(<i>r</i> .4 <i>l</i> .35)	302(<i>l</i> .302)
No. 4	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	C 型	c 型	0	51(<i>l</i> .51)
	第5回目	C 型	c 型	34(<i>r</i> .1 <i>l</i> .33)	212(<i>l</i> .212)
No. 5	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	A 型	a 型	0	0
	第5回目	A 型	c 型	0	0
	第10回目	C 型	c 型	0	32(<i>r</i> .17 <i>l</i> .15)
No. 6	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	A 型	c 型	0	75(<i>r</i> .75)
	第5回目	C 型	c 型	24(<i>r</i> .22 <i>l</i> .2)	240(<i>r</i> .240)
No. 7	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	A 型	a 型	0	0
	第5回目	C 型	c 型	22(<i>l</i> .22)	62(<i>l</i> .62)
	第10回目	C 型	c 型	30(<i>r</i> .14 <i>l</i> .16)	56(<i>r</i> .22 <i>l</i> .34)
No. 8	第1回目	A 型	—	0	0
	第3回目	C 型	c 型	0	116(<i>l</i> .116)
	第5回目	C 型	c 型	34(<i>l</i> .34)	151(<i>l</i> .151)

て、この脳波変動型と特発眼振との相関については検索を行い得なかった。

(小括)

以上の成績を要約すると次の様になる。即ち、海馬への電気刺激を反覆する場合、一般的にいうと電気刺激開始前の脳波の変動には3つの型(a, b, c型)が生ずる。しかし、片側内耳障害ウサギを対象とする場合、b型はみられず、過半数はc型を示し、電気刺激前の脳波の亢奮準位が上昇する様になる。そして、海馬への電気刺激反覆の回数とc型の脳波変動出現頻度とは正相関し、a型のそれとは逆相関することが判った。

また、上述の脳波変動型と特発眼振の出現の相関をみると、c型(促進型)の脳波変動を示す例に特発眼振が伴われることが有意に多いことが判った。

3) 海馬電気刺激中止後脳波の変動(A, B, C型)と海馬電気刺激開始前脳波の変動(a, b, c型)の組合せからみた眼振出現の特徴

表5よりうかがうと、海馬電気刺激の反覆により、電気刺激後の脳波の変動(A, B, C型)と電気刺激開始前の脳波変動(a, b, c型)の間には各種の組合せが生ずることが判る。例えば、3回の海馬電気刺激反覆の時期では、両者の組合せとその出現頻度は次の様になる。即ち、Aa(2回), Ac(1回), Ca(1回), Cc(4回)である。そして、その他の組合せはなかった。

5回の海馬電気刺激反覆時での両者の組合せをみると、Ac(1回), Cc(7回)となり、Caの組合せは消失した。なお、10回海馬電気刺激反覆を行った内耳操作ウサギは2羽あるが、そのうち1羽は(上述のAc型)10回目の海馬電気刺激でCc型の組合せを出現し、他の1羽は5回目のそれで既にCc型の組合せを完了している。即ち、終局的には全例がすべてこの組合せを形成している。

この成績より次のことがいえる。即ち、海馬

表6 片側内耳操作ウサギの脳波変動型(A, B, C型, a, b, c型)の組合せと電気刺激前及び電気刺激中止後にみられる眼振の相関

脳波変動型の組合せとその頻度	電気刺激開始前にみられる眼振の出現頻度	電気刺激中止後にみられる眼振の出現頻度
Aa (2回)	0	0
Ac (2回)	0	1
Ca (1回)	0	1
Cc (13回)	10	13

電気刺激の反覆負荷は電気刺激開始前の脳波の、基本脳波(上述)に対する亢奮準位を増大し(c型の出現)、且つ電気刺激後の脳波の rebound 現象(C型の出現)を助長する傾向がある。即ち、海馬電気刺激反覆負荷は、終局的には脳幹眼運動系及びそれと関連を有する脳の活動性亢進を増大する如く作用するという成績が得られた。

さて、上述の2つの脳波変動型の組合せと電気刺激開始前及び刺激中止後に出現する眼振の相関について調査すると、表6の成績が得られた。この表より次のことが判る。即ち、電気刺激後の脳の活動性に rebound 現象がみられ、一定時間の脳の活動性低下にひきつづいて、脳の亢奮準位の著明な向上が惹起されているウサギでは、電気刺激中止後に誘発される眼振も、電気刺激開始前に出現する眼振もその頻度が多い。

(小括)

この項目の成績を要約すると次の通りとなる。即ち、海馬への電気刺激の反覆は電気刺激開始前の脳の活動性亢進を増大し、また電気刺激中止後一過性におこる眼運動系への抑制機序を契機とする rebound 現象の出現を助長する傾向がある。従って、電気刺激開始前にみられる特発眼振は海馬電気刺激の反覆回数の増大と平行して、その出現頻度を増大し、また同じ操作は電気刺激中止後にみられる眼振の出現頻度をも増大する如く作用する。この成績は上述の2項目で得られた成績を異った角度から支持しているといつてよい。

〔Ⅲ〕 総 括 と 考 案

(1) 海馬電気刺激でおこる脳波変動とその際
誘発される眼振の関連

私は先の論文で正常ウサギ、腰部脊柱起立筋操作ウサギ、片側内耳障害ウサギの海馬に電気刺激を加える場合、特に刺激を反覆負荷する場合、電気刺激後一定の時間をおいて眼振が出現する事実を述べた。そして、この眼振は中枢神経系、例えば meso-diencephalon の刺激でおこる眼振とは異り、電気刺激中止後比較的長時間の潜時をもって眼振が出現する点に特徴があることを指摘した。

また、以上の所見より、眼振の潜時に相当する時期では、眼運動系又はこれと関連の深い脳ではその活動性が抑制をうけ、これにつづく眼振出現の時期では、これらの脳の活動性は過剰に亢進していること、換言すると、一種の反跳現象ともよぶべき現象が眼運動系を中心とする脳に惹起されているものであろうと推定した。果してこの想定は妥当性を有するものであろうか？私はこの問題を海馬電気刺激後の脳の活動状況の変化を観察することにより明かにしようとした。即ち、電気刺激開始前の脳波の亢奮準位に対して、電気刺激中止後のそれがどの様に变化するかを観察した。特に海馬 θ 波中 6 サイクル以上の θ 波の出現頻度を指標とし、その頻度曲線を作製してこれを分析し、次の 3 つの変動型の存することを明かにした。即ち、A 型（抑制一回復型）、B 型（抑制持続型）、C 型（抑制一亢奮型）がこれに該当する。そして、それを用いた観察より次の事実を明かにし得た。

①正常ウサギの海馬に単発的電気刺激を加えて脳波の変化や眼振の変化の特徴をしらべると、次の傾向があることが判った。即ち、海馬電気刺激は眼運動系又はこれと関連する脳の活動性に先ず抑制的に作用する。ついで一定の時間をへて上述の脳の活動性が電気刺激前のそれにまで回復する（A 型の出現）か、又は観察期間中恒にその活動性の低下がみられる（B 型

の出現）ことが明かにされた。

そして、EEG がこの 2 つの型を示すかぎり眼振は出現しないことも判明した。

②しかし、同じウサギの海馬に電気刺激を反覆負荷すると A 型の脳波変動は減少し、C 型の脳波変動が明瞭に出現する様になる。そして、C 型の脳波変動型を示す動物ではその脳波の亢奮準位が過剰に上昇する時期に一致して眼振が出現する傾向がある。なお、それに先行する時期、即ち眼振潜時に相当する時期での脳の活動性は海馬電気刺激前のそれに比し低下していることを明かにした。

以上①及び②の成績よりすると、海馬よりの遠心性インパルスは先ず眼運動系に対して抑制的機序を有するものと考えざるを得ない。ところで、私の調査した範囲では、この問題について系統的に研究したものはない。ただ、Smythies がその著書の中で、海馬は網様体に対しさまざまな面で抑制機序を有するものとのべていることがこれに該当するものといえよう (Smythies 1970)。

さて、脳幹、特に中脳被蓋外側腹部は海馬と密接な線維連絡があり、また前者の脳分野は上行性賦活系の存する部位でもある(時実 1969)。そして、周知の様に、脳幹網様体上行性賦活系は眼運動系の重要な一部をなしている。この様に考えると、海馬の亢奮が眼運動系の活動性を抑制し、①の項の成績が得られたとしても不思議ではない。なお、①の項目について更に敷衍すると、A 型の脳波変動は海馬の眼運動系への抑制機序が時間の経過に従って軽減、遂には消失し、これに由来して眼運動系の活動性が電気刺激開始前のそれにまで復帰したと考えれば説明可能となる。また、B 型の脳波変動型に対しては、海馬よりの抑制機序がつよく、脳幹眼運動系の活動性の回復が遅延していると考ええると納得が行く説明となる。そして、このような脳の活動状態では眼振の出現がおこりがたいことは

想像に難くなく、上述した成績はその考えを肯定している。これらの所見は先の論文で設定した作業仮説の一部を支持するものというべく、眼振の観察のみからは推定の域を出なかったものを脳波を分析することにより明確にし得たものとして貴重である。

それではC型の脳波変動型の出現機序はどのように説明できるのであろうか？ 上述の成績より案ずると、この型の出現は海馬電気刺激の反覆負荷と深く結びつき、それを契機として成立していると考えてよい。先に述べた様に Smythies はその著書の中で海馬の網様体への機序は抑制的であるとの説をくりかえし述べている。そして、この考えは上述した海馬の単発的電気刺激後にあらわれる脳波の変動状況を説明する場合、たしかに好都合であった。今もしこの考えを踏襲するとすると、海馬への電気刺激の反覆負荷はその抑制機序の加重によりB型の脳波変動を多発するはずである。しかし、事實はそうでなく、A型やB型の出現は影をひそめ、これに代ってC型が優勢に出現する様になる。即ち、海馬よりの抑制機序に抗して眼運動系又はそれに関連のある脳が過剰な反応能力を獲得したと受けとられる結果が得られた。即ち、一種の反跳現象ともよぶべき脳波変動が次第に明瞭に出現してくる点が注目される。いうまでもなく、眼振はこの種の脳波変動を示す例に多発し、且つその脳の活動が抑制期をへて過剰に亢奮する時期、即ち反跳期に一致して出現している。この様な現象がどの様にして生ずるのか？ その機序については只今のところ想像の域を出ない。しかし、次の3つの考え方が今後の研究をすすめる上のガイドラインとなるものと考えている。

①海馬電気刺激の繰返しは、海馬の機能を低下させ、眼運動系への抑制能力が減少する。その結果、脳幹網様体を中心とする眼運動系は過剰な反応能力を獲得し、C型の脳波変動の出現を容易にする。②海馬より脳幹眼運動系への抑制機序はより直接的に後者の脳分野に作用し、

この脳分野の過剰な活動性亢進を惹起する。

③海馬は眼運動系に対して2つの作用系がある。その一つは上述した抑制系であり、他の一つは促進系である。そして、この脳への電気刺激の反覆負荷は、前者の系の活動性を減弱し後者の系のそれを増大する。かくして、海馬電気刺激でおこる眼運動系の反応型は変化し、C型の出現が優勢となる。勿論、上述の3つの考え、特に②、③の考えは作業仮説の域を出ない。しかし、③の仮説を証明する場合、次の報告は参考となると思う。即ち、小池上によると、海馬は cholinergic nerve fiber と adrenergic nerve fiber、両者含んでいる(小池上 1965)。従って、この脳を電気刺激すると副交感性反応と交感性反応が交互に出現するという(秋元 1961)。また、最近の私達の経験によると、海馬電気刺激でC型を呈する様になったウサギを対象としその耳静脈より adrenaline を注射すると、眼振が一定時間をへて出現してくる。この際、眼振出現までの時間、即ち潜時に相当する時期では眼運動系を中心とする脳の活動性は低下している。そして、眼振が出現する時期においては、上述の脳の亢奮単位が上昇する。即ち、電気刺激で惹起されるC型に相当する脳波変動がこの動物への adrenaline 注射でも再現できることを明かにしつつある。また、この際、潜時に相当する時期での脈波の記録をみると bradycardia が出現し、眼振出現時期でのそれは tachycardia を示している。即ち、潜時に相当する相と眼振発現の相は scmatic な反応(nystagmus)の面で相違性があるばかりでなく、自律神経反応の面では対照性を有することは注目すべきと考える(中西、檜ら 1976)。

以上の諸事実を併せ考えると、飛躍的考えかも知れないが、海馬に含まれる cholinergic nerve fiber system と adrenergic nerve fiber system は、それぞれ眼運動系に対しては、抑制系と促進系でありはしないかとの考えを抱かせる。そして、今もしこの想定が妥当であるとすると、海馬への電気刺激反覆は海馬にふくま

れる眼運動系への促進系の活動を助長し、抑制系のそれを抑制する作用をもつということになり、㊦でのべた考えに連らなることになる。勿論、上述の考えが妥当であることを証明するには今後多くの実験を必要とする。しかし、海馬が情動発動を control する脳であること並びに情動行動は自律神経反応ばかりでなく体性神経反応（眼筋、骨格筋運動）より構成されている事実をも併せ考えると、上述の作業仮説は必ずしも飛躍にすぎものとはいいがたく、直ちに捨てさるべきものではないと考えている。

以上を要するに、その機序の成立の説明にはなお今後の多くの研究を必要とするとはいえ、私が先の論文でのべた想定、即ち海馬電気刺激中止後比較的長い潜時をもって出現する眼振の背景には、眼運動系の抑制とそれにつづくこの脳分野の過剰な亢奮性増大がそれぞれ対応しているとの想定は今回の実験で大略明かにされたものと考えたい。

さて、私は海馬電気刺激反覆で電気刺激開始前に特発眼振が出現する様になることを指摘し、その機序は終局的には海馬よりの遠心性インパルスの繰返しにより、眼運動系の活動性亢進が惹起されることにありと考案した。そして、今回の実験でこの考えは大略証明されたといつてよい。というのは、第1回目の海馬電気刺激開始前の脳波（基準脳波）に対して、海馬電気刺激反覆負荷後の同じ時期の脳波の亢奮準位に有意の変動のないもの、即ち、a型又はそれが低下しているもの、即ち、b型を示す例では、電気刺激開始前に特発眼振があらわれがたい。これに対し、基準脳波に対し、海馬電気刺激反覆後の脳波の活動性亢奮がみられるもの、即ち、c型の脳波を示したものは、電気刺激前に特発眼振の出現を多数みとめている故である。

また、私は先の論文で、電気刺激前にみられる特発眼振と電気刺激中止後一定時間において出現する眼振はその形が相似しているばかりでなく、両者の出現には正相関の関係があることを明かにし、従って両者の眼振の神経機序には

共通の基盤が存することを想定した。この想定は妥当であろうか？ 今回の実験ではこの問題に関して次の成績が得られている。例えば、正常ウサギの実験を例にとると、10回の海馬電気刺激反覆での電気刺激開始前の脳波の変動型と電気刺激中止後のその組合せをみると次の様になる。即ち、15羽のウサギの脳波型の組合せはBb（1回）、Ca（1回）、Cc（13回）であった。この成績より、電気刺激開始前の脳波変動型が促進的である場合は、電気刺激中止後のそれはrebound型を示す傾向がつかいやすいことをつかぎたい。

換言すると、海馬電気刺激開始前の脳の活動性亢進と電気刺激中止後にみられる rebound期の脳の活動性の間には正相関が存し、何れも眼運動系の活動性亢進を表示するものと考えてよい。そしていうまでもなく、電気刺激開始前にみられる特発眼振も、電気刺激中止後にあらわれる眼振もCc型の組合せを示す場合に多発する。この成績は、両眼振は共に共通の基盤（脳幹眼運動系の活動性亢進）をもって成立するとの考えを支持し、従って、両眼振がその形において相似し、その出現頻度において正相関を示すことは当然の結果ということになる。

(2) 海馬電気刺激により誘発される後発射 after-discharge と眼振の相関

辺縁皮質は新皮質に比べて、機械的、化学的、電氣的刺激などの人工刺激によって異常発射をおこしやすい。例えば、海馬電気刺激でおこる異常発射、即ち after-discharge は線維結合を介して前脳の基底部、脳幹、側頭皮質、対側の海馬などに伝播すると報告されている。しかし、この発射が海馬内に止まる場合にはほとんど機能的障害はあらわれないとされている。また、これまでの考え方ではこの発作発射はその部位の機能消失 functional ablation の状態を示す sign とも考えられている（時実 1969）。

さて、今回の実験では、実験に供した33羽のウサギのうち2羽において、海馬電気刺激により後発射が誘発されている。まず、その代表例

の成績について申し述べたい。図14には正常ウサギ (No. 12) の海馬に10回電気刺激を反覆して加えた際の成績が示されている。図14bに示してあるように、電気刺激中止後約30秒して海

馬脳波には後発射が出現し、約1分間にわたってその状況が持続している。なお、後発射は中脳網様体及び大脳皮質（後頭葉）にその一部が波及している。ここで注目すべきは海馬脳波に

図14 海馬電気刺激反覆により誘発された海馬後発射：

図 a には電気刺激開始前、図 b には刺激中止後 1 分目、図 c には電気刺激中止後35分目の成績が示されている。なお、この成績は正常ウサギの海馬を反覆（10回）電気刺激した際に得られたものである。

after-discharge が出現している場合とそれがみられず θ 波が出現している場合とでは、他の脳波、例えば皮質脳波に差異がみられることである。即ち、after-discharge が出現している際には皮質脳波の脱同期化は、それがみられない際と同じ脳の脱同期化に比し、その度がひどい。

換言すると、after-discharge がみられる場合の大脳皮質の活動性は低下していると考えられるべき所見がみられることである。また、両者の基本的な相違は after-discharge がはじまると特発眼振が消失し、それが止むと海馬 θ 波の出現と平行して眼振をみることである。

また、他の1羽は腰部に操作したウサギ (No. 5) であるが、このウサギでも海馬への電気刺激を反覆し5回に及んだ際に、海馬脳波に after-discharge が出現したが、この場合は刺激中止直後より後発射が出現し、約90秒間にわたって持続している。この際にも電気刺激前に存した特発眼振が抑制され、また after-discharge の消失後に眼振をみている。

そして、脳波の所見も上述の代表例でのべた所見と相似している。

海馬電気刺激後にみられる after-discharge は海馬の機能の ablation であると考えられていることについては上述した。

また、この discharge が他の脳部に伝播すると、各種の somatic 又は autonomic な反応がみられることも報告されている (時実 1969)。私の今回の実験をみると、海馬脳波にみられる after-discharge の一部は中脳網様体にも伝播し、また大脳皮質後頭葉にもそれがみられている。中脳網様体は眼運動系の重要な構成要素であることはよく知られている。

従って、海馬の after-discharge のこの脳への伝播で眼振又は眼球運動の出現が期待されたが、上述の2羽のウサギでは ENG 上にそれを見とめ得なかった。むしろ、この2羽にみられた電気刺激開始前の眼振はこの発作発射の出現で抑制されたとみるべき所見が得られている。

さて、Smythies はその著書の中で、海馬の

脳幹への作用は抑制的であるとかうりかえし述べている (Smythies, 1970)。そして、もしこれまでの報告の様に、海馬脳波の after-discharge が海馬の機能の ablation の表示であるとするなら、眼運動系の活動性は海馬よりの抑制機序を失って過大に興奮し、それに由来して眼振が出現してもよいはずである。しかし、事実はそのではなく、この間に眼振はみられず、むしろ上述した様に既存の特発眼振は抑制をうけている。この様な事実より考えると、この after-discharge を海馬機能の脱落と考えることが画一的にすぎるのか、それとも Smythies のいう海馬機能は恒に脳幹に対して抑制的であると考えるのが画一的であるのか、なお多くの問題を含んでいる様である。ただ、私の実験成績を素直にながめるとき次の事実気付く。即ち、上述した様に、海馬脳波に after-discharge が出現している時期は、海馬脳波に θ 波が出現している時期に比し、他の脳波、特に新皮質の脳波の低振幅速波化 (脱同期化) が不明瞭となっていることである。新皮質の脳波の脱同期化が脳幹上行性賦活系の亢奮性増大の表示であることは Magoun 以来よく知られている (Moruzzi, Magoun 1949)。従って、この実験で海馬脳波に after-discharge が出現している時期では、脳幹眼運動系 (脳幹上行性賦活系はその重要な一部をなす!) の活動性は低下していると考えべきであり、従って眼振出現はなく、また既存の特発眼振が抑制されたことも納得が行く。

これまで海馬と眼運動系の機能的協関についての系統的研究は少なく、特に海馬脳波の after-discharge と眼振の相関についてのべた報告は私の知るかぎりではみあたらない。その様な理由でここに新に項をもうけて得られた成績を記述した。

(3) 脳波所見よりみた海馬電気刺激でおこる眼振の神経機序; 特に乳頭体内側核と中隔核の果す役割に関して

私は先の論文で海馬電気刺激で発現する眼振は、終局的には海馬からの遠心性インパルスに

よる脳幹眼運動系の活動性亢進に由来するものと考え、その neural elements, 特に遠心路については Nauta の研究を中心に幾人かの報告者のそれを加えて紹介した。そして、その論文の考案の中で、海馬より脳幹眼運動系（中脳被蓋外側腹部は眼運動系の主要な一部をなしている）にいたる遠心路中の中継核として乳頭体内側核、中隔核をあげ、両者共に眼振解発に重要な役割を果たすが、特に前者を重視すべきことを申し述べた。この項目では、再度この問題を取りあげ、脳波と眼振を指標として、両神経核が上述の遠心路中の中継核としての位置づけをうるか否かを事例をもって申しのべてみたい。

図15a には、正常ウサギの左側乳頭体内側核に針電極を挿入し、1 msec., 200 Hz の矩形波、3 V, 30秒間の条件で1日1回、連日10回に亘って刺激した際の脳波と眼振所見を示してある。脳波は海馬 (Hipp), 乳頭体内側核 (MM), 中脳網様体 (RF), 新皮質 (右前頭葉, F(R)) より誘導し、ENG (最下段) を同時記録してある。図示する様に、内側核に10回の電気刺激反覆をうけたウサギは電気刺激中止後一定の時間をへると、各脳波はその亢奮準位を上昇してい

る。特に注目すべきは、海馬及び乳頭体脳波は著しく相似し、共に6サイクル以上の θ 波が優勢に出現していることである。なお、眼振は振幅中等度の右及び左に向う水平性眼振である。さて、このウサギを対象とし、海馬に反覆電気刺激を加えた際の成績を示したのが図15bである。3回の海馬反覆電気刺激で既に眼振が出現している。この眼振は乳頭体反覆電気刺激で得たそれに相似し、振幅中等度の右及び左に向う水平性眼振である。またこの際、各脳波はその亢奮準位を上昇しているが、海馬及び乳頭体内側核の脳波は相似し、何れも6サイクル以上の θ 波が優勢に出現している。

換言すると、眼振を指標としても、脳波を指標としても海馬と乳頭体内側核間にはきわめてつよい相似性がみられることが特徴的である。因みに、正常ウサギの海馬に電気刺激を反覆加える場合、この様に早期に眼振が出現することは自験していない。従って、今回のこの所見は、乳頭体内側核への反覆電気刺激により脳幹眼運動系の機能は変化し、上位脳（この場合は海馬）よりの遠心性インパルスにより、容易に眼振を発現する準備がととのえられているとみるべきであろう。そして、乳頭体内側核と海馬

図15a 乳頭体内側核電気刺激反覆により誘発された脳波と眼球運動：

この成績は正常ウサギの左側乳頭体内側核を10回反覆電気刺激した際に得られたものである。図中の Hipp, MM, RF, F(R), ENG にはそれぞれ左側海馬, 左側乳頭体内側核, 左側中脳網様体, 右側前頭皮質より誘導した脳波と眼振電図を示してある。

図15b 乳頭体内側核操作(反覆電気刺激)ウサギの海馬への
反覆電気刺激で誘発された脳波と眼振運動:

この図には15aに示したウサギを対象とし、海馬に3回電気刺激を反覆加えた際に得られた脳波と眼振の成績を示してある。

図中の各記号は図15aの記載に準じている。

の脳波が眼振出現時にきわめて強い相似性を示す事実は、前者が海馬より脳幹眼運動系にいたる遠心路中の重要な中継核であるとする想定に支持をあたえる。因みに、乳頭体内側核反覆刺激で眼振をみる様になった時期のウサギでは、この脳の電気刺激中散瞳がおこり、且つ anisocoria を示す傾向があることを自験している。この状況は、海馬においても同様である。即ち、両者共に交感神経緊張亢進と深く関連して眼振を出現しているとみるべきであろう。なお、小池上は、海馬は cholinergic nerve fiber と adrenergic nerve fiber を共に含むといい(小池上 1965)、また同氏は乳頭体内側核は交感神経性の神経核であると報告している(小池上 1962)。この様な幾つかの事実を併せ考えると、乳頭体内側核を眼振誘発に関して海馬より脳幹眼運動系にいたる遠心路中の重要な中継核とする想定は妥当性があると考ええる。

図16aには、正常ウサギの左側中隔核に電極を挿入し、上述した条件で、連日10回電気刺激を加えた際の脳波と眼振を示してある。図中SPは中隔核脳波を示し、他の脳波の記号は図15aに述べたそれと同じである。さて、この神経核の電気刺激反覆負荷によっても、各部より誘導した脳波はその亢奮準位を上昇している。また、

ENG 上には右及び左に向う水平性眼振が出現している。これらの成績は乳頭体内側核反覆電気刺激で得た成績と原則的に相似している。しかし、この際海馬の脳波には6サイクル以上の θ 波が優勢に出現しているが、中隔核脳波にはそれをみない。この点が、乳頭体内側核反覆電気刺激の場合と相違している。さて、このウサギを対象とし、海馬に電気刺激を反覆する実験を行ってみた。図16bに示した様に、3回の海馬電気刺激反覆で既に眼振が出現している。この眼振は右及び左に向う水平性眼振であり、中隔核電気刺激を反覆して得たそれと相似している。そして、この際の脳波をみると、海馬には6サイクル以上の θ 波が出現し、また中隔核にも海馬から伝播したと考えられるこのサイクルの波が散見している。この所見は、眼振解発に関して海馬と中隔核の間にも機能的協関が存在することを示唆し貴重である。

しかし、眼振解発時の海馬脳波と乳頭体内側核脳波の相似性と海馬脳波と中隔核脳波の相似性を比較すると、明かに前者においてその度が強い。また、中隔核反覆電気刺激で眼振をみる様になったウサギでは、この神経核刺激中縮瞳がおこり、且つ anisocoria を示す傾向がつよい。このことは、先にのべた海馬、乳体内側核反覆

図16 a 透明中隔電気刺激反覆により誘発された脳波と眼球運動：

この図は正常ウサギの左側透明中隔を10回反覆電気刺激した際に得られた脳波及び眼振電図を示してある。
図中の各記号中、SP には透明中隔より誘導した脳波を示してあるが、他の記号は図15 a の記載に準じている。

図16 b 透明中隔操作（反覆電気刺激）ウサギの海馬への反覆電気刺激で誘発された脳波と眼球運動：

この図には16 a に示したウサギを対象とし、海馬に 3 回の電気刺激を反覆加えた際に得られた脳波及び眼振の成績を示してある。図中の各記号は図16 a の記載に準じている。

電気刺激ウサギにおいて、その部の電気刺激中散瞳がおり、且つ anisocoria を呈することと対照的である。

以上の様な所見を総合すると、両神経核ともに海馬より脳幹眼運動系にいたる遠心路中の中継核として眼振解発に際して有力な役割を果すことは事実としても、中継核としてより主要な役割を果す神経核は乳頭体内側核ではないかとの印象をうけている。

(4) 正常ウサギ、腰部脊柱起立筋操作ウサギ、片側内耳損傷ウサギの海馬電気刺激反覆負荷で得られた脳波変動と眼振出現の相関；各群の成績の相似性と相違性に関して

私は先の論文で、正常ウサギ、腰部脊柱起立筋操作ウサギ、片側内耳損傷ウサギを対象としその海馬電気刺激反覆実験を行い、眼振を指標とする観察で、次の成績を得た。即ち、上述の

3 者の眼振成績には相似した面と相違した面があることを明かにし得た。先ずそれを紹介し本論に入りたい。

1) 眼振発現よりみた 3 者の成績の相似性について

海馬電気刺激を反覆加えると、3 者ともに電気刺激後一定の潜時をおいて出現する眼振をみとめる様になる。また、同じ操作は海馬電気刺激開始前にも眼振を出現する様になる。そして、刺激の反覆回数とこれらの眼振の出現頻度の間には正相関の関係がみられる。

2) 眼振よりみた 3 者の成績の相違性について

①正常ウサギに比し、腰部脊柱起立筋操作ウサギ、片側内耳損傷ウサギの場合は、より少ない海馬電気刺激の反覆で、電気刺激開始前及び電気刺激中止後の眼振が出現する傾向がある。

②正常ウサギの場合、上述の操作で誘発される眼振は、電気刺激前の眼振、電気刺激中止後の眼振何れも右及び左に向う水平性眼振が主体を占める。しかし、その少数例において、上述の水平性眼振に混じて、右及び左に向う眼振が重累して複雑な型をなす眼球運動（重累型眼球運動）が出現する。

腰部脊柱起立筋操作ウサギで誘発される眼振は右及び左に向う水平性眼振も出現するが、その多くは上述した重累型眼球運動である。片側内耳障害ウサギで誘発される眼振は純粋に健耳側向き水平性眼振又は優勢に健耳側向き水平性眼振であり、上述の重累型の眼球運動は全例においてみとめ得なかった。因みに、後 2 者の眼振はかつてそれらの動物が示していた特発眼振に相似するものである。

それでは、眼振を指標として分析した 3 者の成績の相似性と相違性は、脳波変動を指標とする場合にも分析可能であろうか？ この項目ではこの問題をとりあげてみたい。

1) 脳波変動型よりみた 3 者の成績の相似性について

① 3 者ともに海馬電気刺激反覆負荷により電

気刺激中止後の脳波変動は C 型(抑制—亢奮型)を示し、且つその反跳期に入り、脳の亢奮単位が上昇する際に、眼振が出現する傾向がある(表1,3,5参照)。また、同じ海馬への操作で、電気刺激開始前の脳波変動は c 型(促進型)を示す傾向があり、この型を示す際に特発眼振が随伴することが多い(表1,3,5参照)。

②①の成績より案ずると、電気刺激中止後の脳波変動型(A, B, C 型)と電気刺激開始前の脳波変動型(a, b, c 型)の間には一定の相関が予測される。従って、電気刺激の反覆負荷は Cc 型の脳波変動型を出現させる傾向をもつことが推定される。そして、その推定通りの成績が得られることは表1,3,5 をみるとよく判る。

以上を要約すると、海馬への電気刺激反覆負荷は何れの群においても終局的には脳幹眼運動系(中脳網様体はその重要な一部をなす)の活動性亢進を招来することにおいて共通性があり、且つその時期に一致して眼振が多発することにおいても相似性がある。即ち、今回の脳波の変動を指標とした観察により、3 者共に共通した眼振発現機構を有することが示唆された点に収穫の一つがある。我々はこれまでに眼振発現期には、眼運動系又はこれと関連する脳はその亢奮性を増大しているという考えをくりかえしのべてきたが、今回の成績もそれを再確認しえた点で貴重といえよう。

2) 脳波変動型よりみた 3 者の成績の相違性について

それでは、脳波変動型よりみた場合の 3 者の成績には相違点がみられ、且つ先の論文でみられた眼振成績の相違点を裏付けうるであろうか？ さて、表 7 に示してある様に、3 者ともに海馬電気刺激を反覆すると次第に電気刺激中止後の脳波変動型は C 型を多発する様になる。しかし、その過程をながめると、その間にこの型の出現頻度の差がみられる。例えば、5 回電気刺激を反覆した時期での C 型の出現頻度は正常ウサギに比し、腰部脊柱起立筋操作ウサギ及び片側内耳障害型ウサギにおいて有意に高い

表7 海馬電気刺激反覆負荷回数と電気刺激中止後の脳波変動型（A，B，C型）の分布の相関；正常ウサギ，腰部操作ウサギ，内耳損傷ウサギにおける観察：

動物	刺激 脳波型	1 回			5 回			10 回		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
正 常 ウ サ ギ		93%	7%	0%	53%	13%	34%	0%	7%	93%
腰 部 操 作 ウ サ ギ		70%	0%	30%	10%	0%	90%	0%	0%	100%
内 耳 損 傷 ウ サ ギ		100%	0%	0%	12%	0%	88%	0%	0%	100%

(34%：90%：88%)．そして，10回の海馬電気刺激では，3者共にこの型の脳波変動（特に後2者においては全例がC型を示す）を多発するが，正常ウサギではなおB型，即ち抑制持続型の脳波変動を示すものが残存している．そして，C型を示すウサギでは反跳期に入り，脳波の興奮準位上昇に際して眼振が随伴することが多い．

以上の成績は，先の論文で正常ウサギに比し，腰部脊柱起立筋操作ウサギ，及び片側内耳損傷ウサギの場合は，より少ない回数の海馬電気刺激の反覆で眼振を出現する成績と対応するものと考えてよい．

また，表8にはこの問題を，電気刺激開始前の脳波変動型（a，b，c型）の分布と海馬電気刺激反覆回数の関係より分析してみた成績が表示されている．この表からも判る様に，3者ともに海馬電気刺激を反覆すると，海馬電気刺激前の脳波変動型はc型（促進型）を多発する様になる．しかし，その過程をみると，その間にこの型の出現頻度の差がみられる．例えば，5

表8 海馬電気刺激反覆負荷回数と電気刺激開始前の脳波変動型（a，b，c型）の分布の相関；正常ウサギ，腰部操作ウサギ，内耳損傷ウサギにおける観察：

動物	刺激 脳波型	5 回			10 回		
		a	b	c	a	b	c
正 常 ウ サ ギ		47%	6%	47%	7%	7%	86%
腰 部 操 作 ウ サ ギ		0%	0%	100%	／	／	／
内 耳 損 傷 ウ サ ギ		0%	0%	100%	／	／	／

回電気刺激を反覆した時期でのc型の出現頻度は，正常ウサギの場合に比し，腰部脊柱起立筋操作ウサギ，片側内耳損傷ウサギの場合の方が有意に高い（47%：100%：100%）．

特に，後2者においては5回の電気刺激反覆時，既に全例がこの型を示している．なお，正常ウサギではb型，即ち抑制型の脳波変動を示すものが残存している．そして，c型を示すウサギでは特発眼振を随伴することが多い．

以上の成績は，先の論文で述べた正常ウサギに比し，腰部脊柱起立筋操作ウサギ，片側内耳損傷ウサギの方が，より少ない海馬電気刺激の反覆で電気刺激前の眼振（特発眼振）を出現するという成績と対応するものと考えてよい．

以上の成績より案ずると，この2種の脳波変動型(A，B，C型，a，b，c型)の組合せの分布と海馬電気刺激反覆回数の間には一定の正相関があり，且つ正常ウサギに比し，腰部脊柱起立筋操作ウサギ及び片側内耳損傷ウサギではより少ない海馬電気刺激の反覆でCc型を多発するであろうことが推測される．そして，この推測は表9で5回電気刺激反覆時の3者のCc型の分布の相違（26%：90%：88%）により明かにされている．また，正常ウサギでは10回の電気刺激を反覆してもCc型は80%に止まり，且つその他の組合せの中にBb型を残存している．そして，このことは先の論文で述べた正常ウサギに比し，腰部脊柱起立筋操作ウサギ，内耳損傷ウサギの場合はより少ない海馬電気刺激の反覆で，刺激前及び刺激中止後の眼振の発現がみられるという成績と対応し，またこの項目でのべ

表9 海馬電気刺激反復負荷回数と脳波変動型（ABC型，abc型）の組合せの分布の相関；正常ウサギ，腰部操作ウサギ，内耳損傷ウサギにおける観察：

動物	刺激 脳波型	5 回									10 回								
		Aa	Ab	Ac	Ba	Bb	Bc	Ca	Cb	Cc	Aa	Ab	Ac	Ba	Bb	Bc	Ca	Cb	Cc
正 常 ウ サ ギ		33%		20%	7%	7%		7%		26%					7%		7%		86%
腰部操作ウサギ				10%						90%									100%
内耳損傷ウサギ				12%						88%									100%

たC型又はc型の脳波変動を指標とした分析結果を異った角度から明かにしたものといえよう。

以上を要約すると，この項目で述べた成績より，3者のウサギの間には海馬電気刺激反復を契機として成立する眼運動系を中心とする脳の活動性亢進の形成には遅速があり，正常ウサギは腰部脊柱起立筋操作ウサギ，片側内耳損傷ウサギに比し，上述の脳の活動性亢進の形成が遅延していることが判明した．そして，この成績は，先の論文でのべた3者のウサギにおいて眼振発現までに要する海馬電気刺激回数 の 差 異（多少）と対応するものであり，またその原因をなすものであることを明かにした点で注目される．

3) C型，c型，Cc型の脳波変動とそれに伴われる眼振の相関からみた3者のウサギの成績の相違性について

それでは，3者のウサギがC型，c型又はCc型の組合せを示す場合，それに伴われる眼振の出現頻度には相違性をみるものであろうか？この問題を明かにするため，表10，表11，表12を作製し，検討してみた．その成績を要約すると次の様になる．即ち，同じく脳波変動がC型，c型，Cc型を示しても，正常ウサギの場合は，腰部脊柱起立筋操作ウサギ，片側内耳損傷ウサギの場合に比し，眼振の随伴する頻度は小である．例えば，C型の脳波変動を示す正常ウサギ，腰部脊柱起立筋操作ウサギ，片側内耳損傷ウサギの海馬電気刺激中止後の眼振の随伴頻度は，それぞれ40%，69%，54%であり，正

表10 C型脳波変動と電気刺激中止後に出現する眼振の随伴頻度の相関；正常ウサギ，腰部操作ウサギ，内耳損傷ウサギにおける観察：

動物	眼 振	(+)	(-)
正 常 ウ サ ギ		18/45(40%)	27/45(60%)
腰部操作ウサギ		22/32(69%)	10/32(31%)
内耳損傷ウサギ		14/26(54%)	12/26(46%)

表11 c型脳波変動と電気刺激開始前眼振の随伴頻度の相関；正常ウサギ，腰部操作ウサギ，内耳損傷ウサギにおける観察：

動物	眼 振	(+)	(-)
正 常 ウ サ ギ		9/30(30%)	21/30(70%)
腰部操作ウサギ		12/22(55%)	10/22(45%)
内耳損傷ウサギ		10/18(56%)	8/18(44%)

表12 Cc型脳波変動と電気刺激開始前及び刺激中止後眼振の随伴頻度の相関；正常ウサギ，腰部操作ウサギ，内耳損傷ウサギにおける観察：

動物	眼 振	(+)	(-)
正 常 ウ サ ギ		17/30(57%)	13/30(43%)
腰部操作ウサギ		18/22(82%)	4/22(18%)
内耳損傷ウサギ		13/18(72%)	5/18(28%)

常ウサギでの眼振随伴頻度が最も小である。また、c型の脳波変動型を示す場合においても同じ傾向がうかがわれ、電気刺激開始前の眼振（特発眼振）の随伴する頻度はそれぞれ30%、55%、56%であった。そして、Cc型の脳波変動を示す場合を例にとると、3者の眼振随伴頻度はそれぞれ57%、82%、72%であり、同じ結論が得られている。

以上の様に、正常ウサギ、腰部脊柱起立筋操作ウサギ、片側内耳損傷ウサギでの海馬電気刺

激反覆負荷でみられる眼振の出現状況は、同じ操作でおこる脳波の変動型と良好な平行関係を有することが判明し、3者間の眼振発現に関する相似性と相違性は、脳波変動を指標としても明かにしうることが実証された。但し、海馬電気刺激で誘発される眼振の形は3者それぞれに特徴があり、相違性を有することを上述した。この3者の眼振型の相違性は脳波を用いた分析では困難であった。

〔Ⅲ〕 ま と め

(1) 正常ウサギ、腰部脊柱起立筋操作ウサギ、片側内耳損傷ウサギの海馬に電気刺激を加え、電気刺激中止後の各脳波（海馬、中脳網様体、前頭及び後頭皮質より誘導）の活動性の変化を調べると、抑制一回復型、抑制持続型、抑制一亢奮型の3型が出現することが判った。この間の状況を数量的に表示するため、上述の脳波の代表として海馬脳波をえらび、且つ6サイクル以上の θ 波の出現頻度を目標とし、30秒間毎にその出現頻度を計算し、頻度曲線を作製し、これに統計的処理を加えてその正常変動巾を決定した。次いでその基準に従って上述の脳波変動を検定し、その型をA型（抑制一回復型）、B型（抑制持続型）、C型（抑制一亢奮型）に分類し、以後の成績を整理した。さて、以上の3群のウサギの海馬に電気刺激を反覆加えると、A型、B型は次第に影をひそめ、C型が優勢に出現する様になる。

また、C型を呈するウサギでは、その脳波が抑制期をへて反跳期に入り、脳の亢奮単位の上昇（6サイクル以上の θ 波の増大）がおこる際に眼振を出現した。

(2) 正常ウサギの海馬に電気刺激を反覆加えると、基本脳波（第1回目の海馬電気刺激開始前の脳波）の亢奮単位に対して、刺激反覆後の同期の脳波の亢奮単位は次の3つの変動型を示した。即ち、その亢奮単位に有意の変動のないもの、却って亢奮単位低下を示すもの及び亢奮単位の上昇をみるもの、この3型である。この場合にも、海馬脳波中6サイクル以上の θ 波の30秒間毎の出現頻度を計算し、頻度曲線を作製して成績を処理した。この際、頻度曲線が正常巾の中で変動するものをa型（不変型）、正常巾を下回って変動するものをb型（抑制型）、正常巾を上回って変動するものをc型（促進型）となづけることとした。

さて、海馬電気刺激の反覆回数が少ない時期では、正常ウサギは上述のa、b、c何れの型も出現するが、腰部脊柱起立筋操作ウサギ、片側内耳損傷ウサギではb型を欠きa型、c型のみが出現した。しかし、更に海馬電気刺激が反覆負荷されると何れのウサギ群でもc型が優勢に出現する様になった。特に、後2者のウサギでは全例がc型を示した。なお、電気刺激開始前の眼振（特発眼振）はc型脳波変動を示すものに随伴することが多かった。

(3) 上述の脳波変動の型（ABC型、abc型）を組合せ、それを指標とし、海馬電気刺激反覆回数と各脳波変動型の組合せの分布の相関を観察すると次の事実が判明した。即ち、上述の3つの群のウサギは、何れも電気刺激反覆回数が増大するにつれてCc型の出現頻度を増大した。しかし、正常ウサギに比し、腰部脊柱起立筋操作ウサギ、片側内耳損傷ウサギではより少ない海馬電気刺激反覆回数でCc型の脳波変動型を出現する傾向を示した。この際、眼振は電気刺激開始前のものも、

電気刺激中止後のものも, Cc 型を示す場合に多発した.

(4) 3 者のウサギが C 型, c 型, Cc 型の脳波変動を示す場合, 各ウサギ群の眼振随伴頻度を比較して次の事実が判った. 即ち, 同じ型の脳波変動型を示しても, 正常ウサギの場合に比し, 腰部脊柱起立筋操作ウサギ, 片側内耳損傷ウサギの場合がより高頻度に眼振の随伴をみとめた.

(5) 実験に供した33羽のウサギのうち2羽(1羽は正常ウサギ, 他の1羽は腰部脊柱起立筋操作ウサギ)は, 海馬電気刺激反覆の過程で海馬脳波に after-discharge を出現した. この discharge がはじまると, 既存の特発眼振は抑制され, またこの discharge が去り, 海馬に θ 波の出現が旺盛になる時期に一致して電気刺激中止後眼振が生ずる事実を明かにし得た.

(6) 海馬より脳幹眼運動系にいたる下行路中, 海馬電気刺激反覆負荷でおこる眼振に関連する中継核として, 乳頭体内側核, 中隔核は重要である, 特に前者の核は重視すべきことを指摘した.

稿を終るにあたり, 終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師檜学教授に謹しんで深謝します. また, 中枢神経系の線維連絡について御教示いただいた新見嘉兵衛教授(岡山大学, 解剖学)に感謝します. 脳波について御助言と御指導をいただいた松本淳治教授(徳島大学, 第2生理学)に深謝し, この研究に終始暖かい御教示, 御援助いただいた日根助教授ならびに教室員各位に御礼申し上げます.

参 考 文 献

- 1) 秋元波留夫: 1961. Cit. by 小池上春芳: 大脳辺縁系, 中外医学双書, 東京, p. 194, 1965.
- 2) Hinoki, M. et al.: Functional correlation between the limbic system and the oculomotor system; Analysis of the mechanism of the correlation based on nystagmus induced by electric stimulation of the hippocampus in rabbits. The 5th Extraordinary Meeting of the Bárány Society, Kyoto, 1975.
- 3) 檜 学, 他: 頭頸部外傷によるめまい, 平衡失調; 特にいわゆる心因性めまい, 平衡失調の神経耳科学的考察. 日本災害医誌, **24**: 328, 1976.
- 4) 小池上春芳: 大脳辺縁系, 中外医学双書, 東京, p. 36, 1965.
- 5) 小池上春芳: 脳と神経, **14**: 541, 1962.
- 6) Matsumoto, J., Kiyono, S. and Ide, K.: Influence of stimulation of the diencephalic autonomic centers upon the alimentary motor conditional reflexes in rabbits. Med. J. Osaka Univ. **13**: 325, 1963.
- 7) Moruzzi, G., Magoun, H. W.: Brain stem reticular formation and activation of the EEG. EEG. Clin. Neurophysiol., **1**, 455, 1949.
- 8) 中西和仁, 檜 学: 電気刺激で誘発される眼球運動よりみた大脳辺縁系と眼運動系の機能的協関; 海馬, 乳頭体電気刺激で誘発される眼振を指標とする分析. 第33回日本平衡神経学会総会, 1974.
- 9) 中西和仁, 檜 学: 大脳辺縁系と眼運動の相関に関する実験的研究; 海馬電気刺激により誘発される眼球の異常運動; Equil. Res. **33**: 24, 1974.
- 10) 中西和仁, 檜 学: 大脳辺縁系と眼運動系の機能的協関に関する実験的考察; 海馬電気刺激でおこる視運動眼振の変動を指標とする観察. 第34回日本平衡神経学会総会, 1975.
- 11) Smythies, J. R.: Brain mechanisms and behaviour: An outline of the mechanisms of emotion, memory, learning and the organization of behaviour, with particular regard to the limbic system. 1970. Cit. by 諏訪望; 脳と行動, 医学書院, 東京, p. 85, pp. 101~110, 1973.
- 12) 時実利彦: 神経研究の進歩, **2**: 493, 1958.
- 13) 時実利彦: 辺縁皮質の異常発射; 脳の生理学(生理学大系V, 時実編), 医学書院, 東京, pp. 416~422, 1969.
- 14) 上田健二, 檜 学, 中西和仁, 今井義礼: 透明中隔電気刺激により誘発される異常眼球運動; 海馬との関連について. 第1回中国・四国地方部会連合学会, 1975.

（ 原稿到着日：昭和51年8月15日
別刷請求先：中西和仁
〒770 徳島市蔵本町3丁目18-15
徳島大学医学部耳鼻咽喉科学教室 ）