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

海馬電気刺激で誘発される眼球運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

中枢神経系の一定部位に電気刺激を加えると眼振がおこるとの報告は少なくない。たとえば、家兎の中・間脳 (meso-diencephalon) の電気刺激により水平性眼振が出現することは Blohmke, 戸田以来よく知られている (Blohmke 1929, 戸田 1933)。Blohmke は眼振誘発部位として視床, 上丘移行部の網様体, 特に赤核の背側方, 大脳脚の背側, 内外膝状体の内側の小細胞群を指摘し, lamina medullaris と大脳脚との間に存在する Neuronensystem が重要な役割を演ずると述べている。戸田も Blohmke とほぼ同様な部位を眼振誘発部位としているが, この部位の電気刺激による眼振の出現には網様体外側神経細胞群 (nucleus lateralis formatio reticularis) が重要であると指摘している。竹林, 有元は colliculus superior の stratum lemnisci 電気刺激により, 反対側への水平性眼振が出現することを記載しており, 彼等はこれを tectal nystagmus と呼んでいる (竹林, 有元 1956)。

吉井は視索の電気刺激により, 例外なく刺激反対側に向う水平性眼振が出現することを報告している (吉井 1959)。彼は視索刺激部位は Blohmke, 戸田らのいう視床, 上丘移行部に限定されることなく, それよりずっと前方で視床背側水平面よりは深部に存在する視索刺激からも同様の眼振が出現すると指摘している。

家兎の中・間脳電気刺激による眼振, いわゆる中枢性眼振 (central nystagmus) については Lachmann, Bergmann, Monnier, 渡辺らの詳細な報告がある (Lachmann, Bergmann, Monnier 1958, 渡辺 1965)。Lachmann, Bergmann, Monnier らによれば meso-diencephalon における眼振誘発部位は網様体前部及び網様体より視床外側部の intralaminary system への投射部から中脳網様体にかけて広がり, 最も鋭敏な部分は視床領域では視床外側核 (nucleus lateralis thalami) と視床腹側核 (nucleus ventralis thalami) の間で視床網様核 (nucleus reticularis thalami) の内側, 上丘腹側部に限局され, やや下方では内側膝状体の内側で上丘腹側の中脳網様体に最も鋭敏な部位があるという。

一方, 渡辺は視床領域では外側膝状体 (corpus geniculatum laterale) の内側で視床外側核及び視床腹側核の外側部, 視床, 上丘移行部では内側膝状体 (corpus geniculatum mediale) の背側で後連合 (commisura posterior) の外側, 上丘の腹側で視放線 (radiatio optica) から視床枕 (pulvinar thalami), 後髄板 (lamina medullaris posterior) 及び網様体外側部の電気刺激により central nystagmus を誘発したと報告している。

いずれにしても, meso-diencephalon が電気刺激に応答して眼振を発現する脳分野であることは各研究者において一致し, 誘発される眼振が水平性であることも大方の一致するところである。

Functional correlation between the limbic system and the oculomotor system: Observations on nystagmus induced by electric stimulation of the hippocampus in rabbits.

Kazuhiro Nakanishi

徳島大学医学部耳鼻咽喉科教室 (主任: 檜 学 教授)

大脳辺縁系の電気刺激により眼球運動をみた報告には次のものがある。

Wagmann はサル of 海馬電気刺激により、主として刺激反対側に conjugate eye deviation が起こることを報告している (Wagmann 1964)。しかし、彼の論文をみても眼振についての記述はない。

小池上はサル of 扁桃核内側主核の電気刺激により瞳孔の散大、眼球突出および両側眼球の上外方挙上の出現とともに振幅の小さな眼振が出現することがあると報告している (小池上 1953)。私達が調査した範囲では、サル以下の動物、特に家兎などのより下等動物について海馬電気刺激で眼球運動、特に眼振などがおこるとの記載をみしていない。

さて、最近の我々の経験では心因性めまいと診断され、神経耳科学的意見をもとめられて来院するものが少なくない。そして、これらの症例では本人の記憶や体験と関連した刺激 (例えば言語刺激) が加えられると情動の発動と共にめまい、平衡失調がおこることがある。この機構はこれまでに報告されている心身症発現機序に相似しているとの印象をうけるが、現在までのところその機序を神経耳科学的立場より系統的に分析しようとした報告はない。ところで、もし上述の推察が妥当性をもつとすると、この種めまい発現機序解明へのアプローチの一つは、思考や情動及び記憶などとの関係の深い上位脳が脳幹、小脳など平衡に関連の深い脳の機能異常を喚起し、めまい、平衡失調発現の基盤をなし得るかを明かにすることにあると考える。この様な考えのもとに私は成熟ウサギの大脳辺縁系、特に海馬をえらびこの脳へ電気刺激を反覆加える実験を行った。ここに、海馬をえらんだのは、これまでの多くの研究者が指摘しているように、この脳は側頭皮質と協力して記憶、条件反射の成立に関与すること並びに心身症発現には視床下部と関連して重要な役割を果たすことが肯定されているからである。

以下得られた成績をのべそれについての私見を加えてみたい。

〔Ⅱ〕 成 績

(1) 正常ウサギに関する観察：

1) 用いたウサギ

黒眼成熟ウサギ (体重 2kg~2.5kg) 15羽を用いた。これらのウサギは鼓膜正常であり、特発眼振検査などの平衡試験で異常をみないものをえらんだ。

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 1mm 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) ENG の記録

ENG 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、各記録は電気刺激前(40分間)、刺激中(30秒間)及び刺激後(60分間)に亘って連続的に行った。

4) 刺激部位の確認

実験終了後電極挿入部位を確認するために、実験に供したウサギの脳を10% formalin 固定を行い、パラフィン切片を作製し、hematoxylin-eosin で染色し、組織学的検索を行い刺激部位を確認した。

5) 海馬電気刺激により誘発される眼球運動

この実験に供したウサギは15羽である。以下先ず代表例をあげて説明したい。

(i) 代表例の成績；

ウサギ No. 15 このウサギの海馬に電気刺激を反覆して加えた際の ENG の成績が図 1 に示されている。即ち、図 1 a には電気刺激1回目の成績が示されているが、刺激前、刺激中及び刺激後の ENG 上には異常眼球運動、特に眼振はみられない。このウサギの海馬電気刺激を反覆し、5回に及んだ際の成績を図 1 b に示してあ

る。図示するように、この場合にも刺激前、刺激中及び刺激後には異常眼球運動、特に眼振はみられない。同じウサギの海馬に電気刺激をさらに反覆し、10回に及んだ際の ENG 所見を図 1c に示してある。図示するように、刺激前及び刺激中には眼振をみない。しかし、電気刺激中止後20分より右及び左に向う振幅中等度の水平性眼振がみられる様になり、60分間の観察で47打の眼振をみとめた。

以上の成績を要約すると次のようになる。すなわち、このウサギの海馬に単発的に電気刺激

を加えても ENG 上に眼振や眼球運動をみない。しかし、同じ刺激をくりかえしてこの脳にあたえると(10回目)水平性眼振をみる様になる。眼振は右及び左に向い定方向性ではない。なお、ENG 上で刺激前及び刺激中には眼振をみなかった。

ウサギ No. 5 このウサギの海馬に電気刺激を反覆加えた際の ENG の成績が図 2 に示されている。図 2a には海馬電気刺激1回目の成績が示されている。図示するように、刺激前には ENG 上に眼振をみとめないが、刺激開始後約

図1a 正常ウサギの海馬に電気刺激を加え、ENG で電気刺激前(第1段目)、電気刺激中(第2段目)、刺激後(第3段目及び第4段目)の眼球運動を記録してみた。この図に示す様に、何れの時期の ENG 上にも眼球運動、特に眼振をみとめていない。

図1b 同じウサギの海馬に電気刺激を5回反覆加えた際の刺激前、刺激中及び刺激後の ENG の一部を示してある。どの時期の記録をみても異常眼球運動、特に眼振をみとめない。

図1c 同じウサギの海馬に電気刺激を10回反覆加えた際の ENG 所見を示してある。このウサギでは刺激前、刺激中の ENG 上には異常眼球運動、特に眼振はみられない。しかし、電気刺激中止後20分頃より右及び左に向う振幅中等度の水平性眼振が出現している。

20秒より左向きの振幅小なる眼振様運動が出現している。しかし、刺激を中止するとこの眼球運動は消失し、その後60分間観察した成績では眼振の出現はなかった。

同じウサギの海馬に電気刺激を反覆加え5回に及んだ際の成績を図2bに示してあるが、刺激前既にENG上に右への水平性眼振が記録されている。海馬の電気刺激を開始すると、開始後約13秒目より左向き振幅小なる眼振様運動が出現している。しかし、刺激を中止するとこの

眼球運動は止む。そして、刺激を中止して35分目頃より再び眼振が出現する。この際の眼振は図2bの最下段に示した様に、右または左に向う振幅中等度の水平性眼振である。

同じウサギで海馬への電気刺激をさらに反覆加えて10回目に及んだ際の成績が図2cに示されている。図示するように、刺激前のENG上には右または左に向う水平性眼振が出現している。電気刺激を開始し約3秒後より左向き振幅小なる眼振様運動が頻回出現し、刺激を中止し

図2a このウサギの海馬に電気刺激を単発的に加えた際の ENG 所見を示してある。図示する様に、このウサギは刺激前及び刺激後の ENG 上に異常眼球運動、特に眼振はみられない。しかし、刺激中の記録をみると刺激開始約20秒後より左向き振幅小なる眼振様運動が出現している。

図2b 同じウサギの海馬に電気刺激を5回反覆加えた際のENG所見を示してある。図示する様に刺激前のENG上には右に向う振幅中等度の水平性眼振が出現している。刺激中の記録をみると、刺激開始約13秒後より左向き振幅小なる眼振様眼球運動が出現している。また、電気刺激中止後35分頃より右及び左に向う振幅中等度の水平性眼振が出現している。刺激前と刺激中止後にみられる眼振には相似性があるが、両者と刺激中に出現する眼振様運動はその振幅、波形、方向において相違する。

図2c 同じウサギの海馬に電気刺激を10回反覆して加えた際のENG所見を示してある。図示する様に、刺激前右及び左に向う振幅中等度の水平性眼振がENG上に出現している。刺激中には刺激開始約3秒後より左向き振幅小なる眼振様運動が頻数出現し、刺激を中止しても約3分間この状態がつづいている。しかし、刺激を中止して約7分をへると右及び左に向う水平性眼振が出現している。即ち、この時期では刺激前、刺激中、刺激後の眼振は何れもその出現頻度を増強している。

ても約3分間に亘って同様の状況がつづいている。その後この種の眼球運動は消失するが、刺激中止後7分目頃より再び振幅中等度の右または左に向う水平性眼振が出現しはじめ、それらは次第に明瞭に出現する様になり、60分間その状況を持続し197打を数えている。

以上の成績を要約すると次のようになる。すなわち、このウサギでは海馬への単発的電気刺

激によっても刺激中左向きの振幅小なる眼振様運動が出現する。しかし、電気刺激を中止するとこの眼球運動は出現しない。海馬に電気刺激を反覆加えると、電気刺激前にも振幅中等度の水平性眼振が出現する様になる。この際、電気刺激中に出現する眼振様運動は刺激開始後より早期に、且つ頻回に出現する様になり、遂には刺激を中止してもこの眼振運動はしばらく持続

表1 正常ウサギの海馬電気刺激に

動物	測定	刺激前	刺激中	刺激			
				0～5分	6～10分	11～15分	16～20分
No. 1	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	7(L.7)	0	0	0	0
	第 10 回	3(L.3)	15(L.15)	0	0	0	0
No. 2	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	0	0
	第 10 回	0	0	0	0	0	0
No. 3	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	0	0
	第 10 回	5(r.2) (L.3)	0	0	8(r.3) (L.5)	3(r.1) (L.2)	11(r.6) (L.5)
No. 4	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	0	0
	第 10 回	5(r.4) (L.1)	0	0	0	3(r.3)	3(r.2) (L.1)
No. 6	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	0	0
	第 10 回	0	0	0	0	0	0
No. 7	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	0	0
	第 10 回	0	0	0	0	0	0
No. 8	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	3(r.1) (L.2)	0
	第 10 回	9(r.8) (L.1)	0	0	3(r.1) (L.2)	3(r.1) (L.2)	0
No. 9	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	0	0
	第 10 回	0	0	0	0	0	0
No. 10	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	0	0
	第 10 回	7(r.2) (L.5)	0	4(r.3) (L.1)	6(r.1) (L.5)	3(r.2) (L.1)	3(r.2) (L.1)
No. 11	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	0	0
	第 10 回	2(r.2)	0	0	0	2(r.1) (L.1)	9(r.3) (L.6)
No. 12	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	0	0
	第 10 回	12(r.7) (L.5)	0	0	0	6(r.2) (L.4)	0
No. 13	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	0	0
	第 10 回	1(L.1)	0	0	0	3(r.2) (L.1)	3(L.3)
No. 14	第 1 回	0	0	0	0	0	0
	第 5 回	0	0	0	0	0	0
	第 10 回	0	0	0	0	0	0

この表中に示された数字は眼振の頻度を示し、また r. 又は L. の符号はその眼振の方向を示している。そし

より誘発される眼球運動、特に眼振.

後				眼振 合 数 計	備 考
21～30分	31～40分	41～50分	51～60分		
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	7($r.7$)	
3($r.3$)	70($r.4$ $l.66$)	178($r.1$ $l.177$)	45($r.1$ $l.44$)	314($r.6$ $l.308$)	
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
0	5($r.1$ $l.4$)	6($r.1$ $l.5$)	9($r.2$ $l.7$)	20($r.4$ $l.16$)	
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
0	1($l.1$)	4($r.2$ $l.2$)	6($r.4$ $l.2$)	38($r.18$ $l.20$)	
0	0	0	0	0	
0	0	0	2($r.2$)	2($r.2$)	
10($r.3$ $l.7$)	14($r.7$ $l.7$)	1($l.1$)	0	36($r.19$ $l.17$)	
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
0	1($l.1$)	3($r.1$ $l.2$)	11($r.6$ $l.5$)	15($r.7$ $l.8$)	
0	0	0	0	0	
4($r.2$ $l.2$)	2($r.1$ $l.1$)	0	0	9($r.4$ $l.5$)	
4($r.2$ $l.2$)	9($r.4, l.3$ $r. l.2$)	8($r.5, l.2$ $r. l.1$)	12($r.8$ $l.4$)	48($r.29, l.16$ $r. l.3$)	
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
2($l.2$)	4($r.2$ $l.2$)	13($r.12$ $l.1$)	18($r.9$ $l.9$)	37($r.23$ $l.14$)	このウサギでは海第10回目の電気刺激中止後、約3分より右または左に向う水平性眼振が出現しはじめている。
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
7($r.1$ $l.6$)	9($r.5$ $l.4$)	11($r.6$ $l.5$)	4($r.2$ $l.2$)	54($r.24$ $l.30$)	
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
3($r.2$ $l.1$)	12($r.5$ $l.7$)	2($r.1$ $l.1$)	0	30($r.14$ $l.16$)	
0	0	0	0	0	
0	1($r.1$)	24($r.13$ $l.11$)	5($r.2$ $l.3$)	30($r.16$ $l.14$)	
19($r.10$ $l.9$)	7($r.1, l.4$ $r. l.2$)	7($r.4$ $l.3$)	14($r.5, l.6$ $r. l.3$)	65($r.29, l.31$ $r. l.5$)	
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
33($r.20$ $l.13$)	13($r.3$ $l.10$)	0	0	53($r.25$ $l.28$)	
0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	
9($r.8$ $l.1$)	7($r.6$ $l.1$)	6($r.5$ $l.1$)	3($r.2$ $l.1$)	25($r.21$ $l.4$)	

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 $r.l$ の符号で記載してある。

する。電気刺激を中止し一定時間をへておくる水平性眼振は電気刺激の反覆を重ねるごとにその頻度が増加する。また、刺激を中止して眼振が出現するまでの時間、即ち潜時が短縮する。

(ii) その他のウサギの成績;

表1にはその他のウサギ13羽の成績が示されている。表には海馬電気刺激1回目、刺激反覆5回目、同10回目の各々で刺激前、刺激中及び刺激後のENGによる記録で得られた眼振の頻度がそれぞれ数字で記入されている。なお、表中 *r.* または *l.* の符号はそれぞれ右向き左向きの眼振を意味している。また、*r.l.* の符号は左右への眼振が重累して複雑な眼振型を示したものを示している。

(iii) 15羽のウサギの成績の小括;

(a) 海馬電気刺激開始前40分間の眼球運動の観察成績:

15羽のウサギの成績を小括すると、次のようになる。即ち、①正常ウサギの海馬電気刺激開始前にはいずれのウサギにも眼振などの異常眼球運動をみなかった。しかし、海馬への電気刺激を反覆して加えると、15羽中9羽は電気刺激開始前に既に眼振をみとめる様になった。その際出現する眼振はいずれも水平性であるが、その内訳は定方向のものが9羽中3羽、定方向でなく右または左に向うものが9羽中6羽であった。なお、前者のウサギでは3羽中2羽では左向きの眼振が、残りの1羽では右向きの眼振が出現した。②この種眼振出現に要する海馬電気刺激の反覆回数: 上述した様に海馬への反覆電気刺激で電気刺激開始前40分間に特発性眼振が出現するようになったのは9羽ある。その内訳をみると、1羽のウサギは4回の反覆電気刺激でそれがおこり、残りの8羽では9回の電気刺激反覆でこの種の眼振が誘発された。因みに、上述した4回電気刺激反覆して特発眼振が出現したウサギではその後海馬への電気刺激が重ねられると、眼振の出現は益々明瞭となり、10回目の電気刺激開始前40分間の観察では右または左向き眼振がより頻回出現した。

(b) 海馬電気刺激中30秒間の眼球運動の観察成績:

15羽のウサギの成績を小括すると次のようになる。即ち、①正常ウサギの海馬に電気刺激を加えると、刺激中に眼振様運動が出現したものは15羽中2羽であった。そして、その際出現した眼球運動はいずれも左向きの振幅小なる眼振様運動であった。②この種眼球運動出現に要する海馬電気刺激の反覆回数についてみると、2羽中1羽はただ1回の電気刺激で、残りの1羽は5回目の電気刺激を反覆加えた時期でそれぞれ相似した眼振様運動が出現した。なお、2羽のウサギともに電気刺激中に出現する眼振様運動は海馬への電気刺激が更に重ねられると、電気刺激開始後、より早期に且つより頻回に出現するようになり、電気刺激を中止しても一定時間この種眼振が持続した。

(c) 海馬電気刺激中止後60分間の眼球運動の観察成績:

15羽のウサギの成績を小括すると次のようになる。即ち、①正常ウサギの海馬に電気刺激を反覆(平均10回)加えると、15羽中14羽に電気刺激中止後一定時間をへて眼振が出現するようになった。その際出現する眼振は定方向でなく右または左に向う水平性のものであった。即ち、この種の眼振をみとめた14羽の眼振の方向に関して調査してみると、14羽中11羽では右及び左に向う眼振がほぼ均等にみとめられるが、残りの3羽ではいずれか一方に優位に眼振が出現している。即ち、3羽中2羽では左向きの眼振が、他の1羽では右向き眼振が優位に出現した。この様に正常ウサギの海馬電気刺激により誘発される眼振は大多数が右または左に向う水平性のものであるが、それらが互いに重累して複雑な型をなしたものが14羽中2羽にみられた。②この種の眼振出現に要する海馬電気刺激の反覆回数について調査してみると、電気刺激中止後に眼振が出現した14羽中4羽では海馬への電気刺激を5回反覆した時期に、残りの10羽ではそれを10回反覆した時期にそれぞれ眼振が誘発さ

れた。④刺激中止後より最初の眼振出現に要する時間(潜時)についてみると、表1に示したように、最も短いものは3分(ウサギNo. 10)、最も長いものは55分(ウサギNo. 4)であり、14羽の平均は約24分であった。なお、刺激中止後より最初の眼振出現に要する時間(潜時)は海馬への電気刺激の反覆を重ねることにより短縮する傾向を示した。例えば表1よりうかがえる様に、No. 4, No. 5, No. 8, No. 12の4羽は5回の海馬電気刺激反覆ではその電気刺激中止後に眼振を出現する様になっているが、それらは電気刺激中止後それぞれ55分、35分、15分、40分、平均36分して最初の眼振が出現している。これに対し、10回目の電気刺激後ではそれらはそれぞれ14分、7分、8分、15分、平均11分となっている。⑤電気刺激中止後に出現する眼振の持続時間を知るために、刺激中止後より60分間にわたるENG記録を14羽のウサギそれぞれについて検討した。その結果、最も短いものは2分間の持続を、最も長いものは53分間の持続を示し、平均21分間の持続時間であった。また、一般的にいうと、刺激中止後早期より眼振が出現したものではその持続が長く、刺激中止後長時間をへてはじめて眼振が出現したものはその持続は短い傾向にあった。例えば、ウサギNo. 4では電気刺激後55分して最初の眼振が出現しているが、その持続時間は2分である。これに対し、ウサギNo. 5ではそれがそれぞれ7分と53分であった。また、電気刺激の反覆が電気刺激中止後の眼振持続時間におよぼす影響を観察すると次の事実が判った。即ち、刺激の反覆が重なるにつれて眼振の持続も延長する傾向があった。例えば、海馬電気刺激第5回目に眼振が出現した4羽についてみると、眼振の持続時間はそれぞれ2分、23分、12分、13分、平均13分であった。同じウサギは10回の電気刺激反覆をうけるとそれがそれぞれ31分、53分、38分、41分、平均40分となっている。

(iv) 電気刺激開始前(40分間)に出現する眼振と電気刺激中止後(60分間)にあらわれる眼振

の相関に関して;

①電気刺激前に出現する眼振と電気刺激後にあらわれる眼振の性格は相似し、何れも振幅中等度の水平性眼振で右及び左に向うものが大勢を占めている。また、電気刺激前に水平性眼振を出現した9羽のウサギはすべて電気刺激後に眼振を示した。これに対し、電気刺激開始前に眼振をみとめなかったもので電気刺激後初めて眼振を示したものが5羽あった。

②電気刺激前の眼振の出現と電気刺激後最初の眼振の出現するまでの時間(潜時)の相関を調査すると次の事実が判った。即ち、電気刺激前に眼振をみている群では電気刺激後にあらわれる眼振の潜時は電気刺激前に眼振を欠く例に比して短縮の傾向にあった。例えば、前者の群での潜時は最少3分、最大25分、平均12分であり、後者の群でのそれは最少20分、最大30分、平均26分であった。

③電気刺激前の眼振の出現と電気刺激後の眼振の持続時間の相関については次の事実が判った。即ち、電気刺激前眼振をみた群では電気刺激後に出現する眼振の持続時間は延長する傾向を示した。例えば、前者の群では電気刺激後の眼振の持続は最少16分、最大53分、平均31分である。これに対し電気刺激前眼振を欠くものにはそれはそれがそれぞれ8分、34分、平均15分であった。

(v) 電気刺激開始前(40分間)に出現する眼振と電気刺激中にみられる眼振の相関について;

両者にみられる眼振は共に水平性であるがその性格が異なる。即ち、前者は振幅中等度で右または左に向う水平性眼振である。後者は振幅小なる眼振様運動で定方向(左)に向うものであった。但し、電気刺激が重ねられ電気刺激開始前に特発眼振が出現する様になった時期では、電気刺激中の眼振はその潜時を短縮し、且つその持続を延長する傾向があった。

(vi) 電気刺激中止後(60分間)に出現する眼振と電気刺激中にあらわれる眼振の相関につ

図3 正常ウサギ(15羽)の海馬電極挿入部位: 図の黒い丸印は電極挿入部位を示してあるが、15羽ウサギすべてにおいて左側海馬に電極が挿入されている。そのうち背側部に電極の先端が位置しているものは10羽、腹側部にそれが位置しているものは5羽である。

いて;

両者の関係は上述した電気刺激開始前にみられる眼振と電気刺激中にみられる眼振でのべた事項が原則的にまとめられた。

(vi) 電気刺激部位;

図3には上述のウサギ15羽の海馬への電極挿入部位を黒い丸印で示してある。図示するように、いずれも左側海馬に電極が挿入され、且つ15羽中10羽は背側部に、残りの5羽は腹側部に電極の先端が位置していることが hematoxylin-eosin 染色の脳標本より確認された。

(2) 腰部操作ウサギに関する観察:

1) 用いたウサギ

黒眼成熟ウサギ(体重2kg~2.5kg)10羽を用いた。これらのウサギは鼓膜正常であり、特発眼振検査などの平衡試験で異常をみとめていないものをえらんだ。これらウサギの片側(右または左)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回反覆加えた。この操作を行い特発眼振が出現したものを対象として検査した。なお、検査は特発眼振が消失した時期に行っているが、この時期の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。即ち、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

正常ウサギの場合と同じ方法で左側海馬に電極を挿入し、同じ条件(1 msec., 200 Hz の矩形波, 3 V, 30秒)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に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5回までに止めている。これに対し、電気刺激反覆5回目以降に眼振をみた場合には反覆の回数を10回とした。

3) ENG の記録及び電極の位置の確認

眼球運動の記録及び電極の位置の確認は正常ウサギの場合と原則的に同じ方法を採用した。

4) 海馬電気刺激により誘発される眼球運動

この実験に供したウサギは10羽である。以下先ず代表例をあげて説明したい。

(i) 代表例の成績;

ウサギ No. 3 このウサギの右側腰部脊柱起立筋へ反覆電気刺激を行うと、右または左向きの水平性眼振が分離した形であられる他に、それらに混じて右及び左への眼振が重累して複雑な眼振型をなして出現することが少なくない(図4 b, c 参照)。しかし、腰部への電気刺激の反覆負荷を中止し、14日をへると上述の眼振は消失し、眼運動系の機能は一見正常に復したかにみえる所見が得られた。この時期に海馬に電気刺激を反覆加える実験を行った。その結果、図4 a, b, c の成績が得られた。即ち、図4 aには電気刺激を1回加えた際の成績が示されている。刺激開始前は勿論刺激中及び刺激後のENG上にも異常眼球運動、特に眼振はみられない。このウサギの海馬に電気刺激を反覆して加え3回に及んだ際の成績を図4 bに示してある。図示するように、電気刺激開始前及び刺激中には眼振をみない。しかし、電気刺激を中止し約18分をへると、右及び左に向う振幅中等度の水平性眼振の他にそれらが重累した眼振型を示

すものが混在して出現する様になっている。なお、この種の眼振はかつてこのウサギの腰部脊柱起立筋反覆電気刺激であらわれた眼振に相似する。同じウサギで海馬への電気刺激をさらに反覆加えて5回目に及んだ際の成績が図4cに示されている。図示するように、刺激開始前のENG上に既に眼振があらわれている。即ち、眼振は右及び左に向う水平性眼振に混じてそれらが重累した眼振型が出現している。このウサギの海馬刺激中にはENG上に眼振をみとめな

い。しかし、刺激を中止しその経過を観察すると、刺激中止後約8分をへて再び振幅中等度の右及び左に向う水平性眼振とそれらが重累した眼振型を示すものが出現しはじめる。この状況は時間の経過と共に次第に明瞭となり60分間その状況を持続した。

以上の成績を要約すると次のようになる。即ち、このウサギの海馬に単発的に電気刺激を加えてもENG上に眼振や異常眼球運動をみない。しかし、同じ電気刺激を反覆してこの脳に

図4a 腰部への操作（右側腰部脊柱起立筋反覆電気刺激）を行ったウサギの海馬に単発的に電気刺激を行った際のENG所見を示してある。図示する様に、刺激前、刺激中及び刺激後のENG上には異常眼球運動、特に眼振はみられない。

図4b 同じウサギの海馬に電気刺激を3回反覆加えた際のENG所見を示してある。図示する様に、海馬電気刺激前及び刺激中には異常眼球運動、特に眼振はみられない。しかし、刺激中止後18分頃より右及び左向きの振幅中等度の水平性眼振と両者が重累する複雑な型の眼球運動が混在して出現している。

図4c 同じウサギの海馬に電気刺激を5回反覆して加えた際のENG所見を示してある。刺激前既に眼振が出現している。この眼振は右及び左への水平性眼振が重累し複雑な型の眼球運動である。電気刺激を開始するとこの眼球運動は抑制され刺激中のENG上には異常眼球運動、特に眼振はみられない。しかし、刺激中止後約8分よりENG上には刺激前に似た眼球運動と相似する眼球運動が出現している。即ち、この時期の眼球運動は右及び左に向う眼振が重累した複雑な眼球運動が優勢に出現する様になっている。因みに、この型の眼球運動はこの動物が腰部脊柱起立筋電気刺激をうけて発現していた眼球運動に相似している。

加えると、比較的早期（刺激反覆3回目）より電気刺激中止後に眼振をみるようになる。眼振は刺激中止後一定時間（約18分）を経て出現し25分間持続するが、その形は右及び左に向う振幅中等度の水平性眼振とそれに混じて右及び左への眼振が重累した眼球運動である。電気刺激の回数を重ねるとこの傾向は益々著明となる。例えば、電気刺激反覆5回目の成績についていうと、この眼振の潜時は短縮し（8分）、その持続は延長する（41分）。また眼振の出現、特に右及び左に向う眼振が重累する眼球運動が優位に出現するようになる。即ち、海馬への電気刺激を重ねるほど誘発される眼振はこのウサギの腰部脊柱起立筋反覆電気刺激の際にみられた特発眼振に益々相似してくる。但し、何れの測定時にも電気刺激中に眼振又は眼球運動をみとめなかった。

(ii) その他のウサギの成績；

表2にはその他のウサギ9羽の成績が示されている。この表では海馬への電気刺激1回目、刺激反覆3回目、同5回目における眼振発現状況をそれぞれ刺激開始前、刺激中及び刺激後に測

定して得られた眼振の頻度が示されている。なお、表中の記載は正常ウサギでの記載に準じている。また、一部のウサギは刺激反覆10回目のそれを表示してある。

(iii) 10羽のウサギの成績の小括；

(a) 海馬電気刺激開始前40分間の眼球運動の観察成績：

10羽のウサギの成績を小括すると次のようになる。即ち、①腰部操作ウサギの場合でも海馬電気刺激開始前には、いずれの例でも眼振などの異常眼球運動をみなかった。しかし、海馬への電気刺激を反覆して加えると、10羽中9羽は電気刺激開始前に既に特発性に眼振をみとめる様になった。その際出現する眼振はいずれも水平性であるが、その内訳は右または左へ向う眼振波形が分離した形で観察されるものと、右及び左への眼振が重累して複雑な眼振型を示すものであった。なお、この場合出現している眼振、特に重累型の眼振は片側腰部反覆電気刺激の際にそれらの動物がかつて示していた眼振に相似している。②この種眼振出現に要する海馬電気刺激の反覆回数：上述した様に、海馬への反覆

電気刺激で電気刺激開始前40分間に特発眼振が出現するようになったのは9羽ある。その内訳をみると、3羽のウサギは2回の反覆電気刺激で、5羽では4回の反覆電気刺激で、そして残りの1羽では9回の反覆電気刺激でこの種の眼振が誘発されている。因みに、上述した電気刺激を2回反覆して特発眼振が出現したウサギでは、その後海馬への電気刺激が重ねられると、眼振の出現は益々明瞭となり、5回目の電気刺激反覆前40分間の観察では、右または左向き水平性眼振とそれらが重累して複雑な型を示す眼球運動が更に頻回出現している。

(b) 海馬電気刺激中30秒間の眼球運動の観察成績：

10羽のウサギの成績を小括すると次のようになる。即ち、腰部操作ウサギの海馬に電気刺激を反覆加え電気刺激中にあらわれる眼振または眼球運動を観察したがいずれのウサギの場合にもENG上に眼振又は眼球運動をみとめ得なかった。

(c) 海馬電気刺激中止後60分間の眼球運動の観察成績：

10羽のウサギの成績を小括すると次のようになる。即ち、①腰部操作ウサギの海馬に電気刺激を反覆加えると、すべてのウサギに電気刺激中止後一定時間をへて眼振が出現するようになった。その際出現する眼振は水平性眼振ではあるが定方向性でなく、右または左に向うものであり、またこれらが重累して複雑な眼振型を示すものであった。なお、10羽中3羽のウサギで誘発された眼振は右及び左への水平性眼振が分離して出現する場合とそれらが重累して複雑な眼振型を示して出現する頻度がほぼ均等であったが、残りの7羽では後者の眼振型(重累型)を示すものが優位に出現した。さて、上述の海馬電気刺激により誘発される眼振とそれらの動物がかつて片側腰部反覆電気刺激の際に示したそれを比較すると次の事実が判った。即ち、10羽のウサギ中5羽では片側腰部反覆電気刺激により右及び左への水平性眼振が分離せず互いに重

累して複雑な眼振型を示していたが、これらのウサギは海馬への電気刺激を反覆するとすべてがこれと相似する眼振型を示した。残りの5羽は片側腰部脊柱起立筋電気刺激で右及び左へ向う眼振が分離してあらわれ、これに混じて上述の重累型の眼振が出現していた。これらのウサギの海馬に反覆電気刺激を加えると、そのうち3羽に同じ様な眼振が誘発された。残りの2羽ではむしろ右及び左に向う眼振が分離せず重累型が出現した。この様に、腰部操作ウサギの海馬反覆電気刺激で誘発される眼振の大多数(10羽中8羽)はかつてそのウサギが腰部脊柱起立筋電気刺激で惹起していた眼振に相似することが判った。②この種の眼振出現に要する海馬電気刺激の反覆回数について調査してみると次の事実が判った。即ち、10羽中3羽はただ1回の海馬への電気刺激を加えただけで眼振をみた。また、そのうちの5羽では3回の海馬電気刺激反覆で眼振をみとめた。そして、残りの2羽のうち1羽では5回反覆電気刺激で、他の1羽では10回反覆電気刺激でそれぞれ眼振が誘発された。因みに、腰部操作ウサギと正常ウサギの成績をこの点に関して比較すると次のようになる。即ち、正常ウサギの場合には14羽中10羽(71%)では海馬への電気刺激を10回反覆した時期に、残りの4羽(29%)ではそれを5回反覆した後にそれぞれ電気刺激中止後に眼振が出現しており、電気刺激5回反覆までに眼振がみられたのは僅かに1羽(7%)のみであった。これに対し、腰部操作ウサギでは10羽中8羽(80%)までが3回の電気刺激反覆で眼振が誘発された。この事実より、腰部操作ウサギは正常ウサギに比し同じ海馬への反覆電気刺激で、より容易に眼振が誘発されることが判った。③刺激中止後最初の眼振出現までに要する時間(潜時)についてみると次のことが判った。即ち、表2に示すように、もっとも短いのは8分(ウサギ No. 2)、もっとも長いものは40分(ウサギ No. 8)であり、10羽の平均は23分であった。なお、刺激中止後より最初の眼振出現に要する時間(潜時)は海馬

表2 腰部操作ウサギの海馬電気刺

動物	腰部反覆電気刺激により誘発される眼振	測定	刺激前	刺激中	刺	
					0～5分	6～10分
No. 1	右または左向き水平性眼振，特にそれらが重累した複雑な型のものが比較的優位に出現	第 1 回	0	0	0	0
		第 3 回	0	0	0	0
		第 5 回	0	0	0	0
		第 10 回	$18\left(\begin{smallmatrix} r.4, l.6 \\ r. l.8 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	0
No. 2	右または左向き水平性眼振，特にそれらが重累した複雑な型のものが優位に出現	第 1 回	0	0	0	0
		第 3 回	0	0	0	$5\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.4 \end{smallmatrix}\right)$
		第 5 回	$7\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.1 \\ r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	$5(r. l.5)$
No. 4	右または左向き水平性眼振，特にそれらが重累した複雑な型のものが比較的優位に出現	第 1 回	0	0	0	0
		第 3 回	0	0	0	0
		第 5 回	$7\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.2 \\ r. l.4 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	0
No. 5	右または左向き水平性眼振，特にそれらが重累した複雑な型のものが比較的優位に出現	第 1 回	0	0	0	0
		第 3 回	0	0	0	0
		第 5 回	$9\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.3 \\ r. l.4 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	$3\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$
No. 6	右または左向き水平性眼振，特にそれらが重累した複雑な型のものが比較的優位に出現	第 1 回	0	0	0	0
		第 3 回	$4\left(\begin{smallmatrix} l.2 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	$3\left(\begin{smallmatrix} l.1 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$
		第 5 回	$5\left(\begin{smallmatrix} l.2 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	$1(l.1)$
No. 7	右または左向き水平性眼振，特にそれらが重累した複雑な型のものが優位に出現	第 1 回	0	0	0	0
		第 3 回	0	0	0	0
		第 5 回	$4\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	$1(r. l.1)$
No. 8	右または左向き水平性眼振，特にそれらが重累した複雑な型のものが優位に出現	第 1 回	0	0	0	0
		第 3 回	$4\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	0
		第 5 回	$15\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.4 \\ r. l.9 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	0
No. 9	右または左向き水平性眼振，特にそれらが重累した複雑な型のものが比較的優位に出現	第 1 回	0	0	0	0
		第 3 回	0	0	0	0
		第 5 回	0	0	0	0
		第 10 回	0	0	0	0
No. 10	右または左向き水平性眼振，特にそれらが重累した複雑な型のものが優位に出現	第 1 回	0	0	0	0
		第 3 回	$11\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.2 \\ r. l.8 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	0
		第 5 回	$16\left(\begin{smallmatrix} r.3, l.2 \\ r. l.11 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	$2\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$

表中の記載は正常ウサギのそれに準じている。

激で得られた眼球運動，特に眼振。

激			後			眼振数計	備考
11～15分	16～20分	21～30分	31～40分	41～50分	51～60分		
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	$7\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.2 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.3 \\ r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	$3\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.1 \\ r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$	$19\left(\begin{smallmatrix} r.4, l.6 \\ r. l.9 \end{smallmatrix}\right)$	
0	$10\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.1 \\ r. l.7 \end{smallmatrix}\right)$	$11\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.2 \\ r. l.7 \end{smallmatrix}\right)$	$18\left(\begin{smallmatrix} r.4, l.5 \\ r. l.9 \end{smallmatrix}\right)$	$15\left(\begin{smallmatrix} r.10, l.2 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$21\left(\begin{smallmatrix} r.10, l.8 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$93\left(\begin{smallmatrix} r.32, l.24 \\ r. l.37 \end{smallmatrix}\right)$	
0	0	0	0	0	0	0	
$1\left(\begin{smallmatrix} r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$	$2\left(\begin{smallmatrix} l.1 \\ r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$	$3\left(\begin{smallmatrix} r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	0	$11\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.2 \\ r. l.8 \end{smallmatrix}\right)$	
$5\left(\begin{smallmatrix} r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	$3\left(\begin{smallmatrix} r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$6\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.2 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$3\left(\begin{smallmatrix} r.2 \\ r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$	$13\left(\begin{smallmatrix} r.3, l.5 \\ r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	$8\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.1 \\ r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	$50\left(\begin{smallmatrix} r.10, l.9 \\ r. l.31 \end{smallmatrix}\right)$	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	$2\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$	$4\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.1 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$6\left(\begin{smallmatrix} r. l.6 \end{smallmatrix}\right)$	0	$12\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.1 \\ r. l.9 \end{smallmatrix}\right)$	
$2\left(\begin{smallmatrix} r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.2 \\ r. l.6 \end{smallmatrix}\right)$	$5\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.4 \end{smallmatrix}\right)$	$11\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.1 \\ r. l.8 \end{smallmatrix}\right)$	$6\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.2 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$2\left(\begin{smallmatrix} r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$42\left(\begin{smallmatrix} r.6, l.7 \\ r. l.29 \end{smallmatrix}\right)$	
0	0	0	0	0	0	0	
$8\left(\begin{smallmatrix} r.3, l.1 \\ r. l.4 \end{smallmatrix}\right)$	$17\left(\begin{smallmatrix} r.7, l.5 \\ r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	$7\left(\begin{smallmatrix} r.3, l.1 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} r.3 \\ r. l.6 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	$41\left(\begin{smallmatrix} r.16, l.7 \\ r. l.18 \end{smallmatrix}\right)$	
$9\left(\begin{smallmatrix} r.4, l.2 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$7\left(\begin{smallmatrix} r.4, l.1 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$11\left(\begin{smallmatrix} r.5, l.3 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.4 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$10\left(\begin{smallmatrix} r.4, l.2 \\ r. l.4 \end{smallmatrix}\right)$	$8\left(\begin{smallmatrix} r.3, l.2 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$66\left(\begin{smallmatrix} r.25, l.17 \\ r. l.24 \end{smallmatrix}\right)$	
$6\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.1 \\ r. l.4 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	$6\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.2 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	$12\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.3 \\ r. l.7 \end{smallmatrix}\right)$	
$4\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$2\left(\begin{smallmatrix} l.1 \\ r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$	$3\left(\begin{smallmatrix} l.1 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$1\left(\begin{smallmatrix} r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$	0	0	$17\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.5 \\ r. l.11 \end{smallmatrix}\right)$	
$5\left(\begin{smallmatrix} l.2 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$2\left(\begin{smallmatrix} l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} l.3 \\ r. l.6 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.2 \\ r. l.6 \end{smallmatrix}\right)$	$3\left(\begin{smallmatrix} l.2 \\ r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$	0	$34\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.14 \\ r. l.19 \end{smallmatrix}\right)$	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	$6\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.2 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$8\left(\begin{smallmatrix} l.1 \\ r. l.7 \end{smallmatrix}\right)$	$16\left(\begin{smallmatrix} l.2 \\ r. l.14 \end{smallmatrix}\right)$	0	$30\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.5 \\ r. l.24 \end{smallmatrix}\right)$	
$3\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$3\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.1 \\ r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$	$5\left(\begin{smallmatrix} l.1 \\ r. l.4 \end{smallmatrix}\right)$	$10\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.3 \\ r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	$5\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.1 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	0	$31\left(\begin{smallmatrix} r.6, l.6 \\ r. l.19 \end{smallmatrix}\right)$	
0	0	0	$3\left(\begin{smallmatrix} r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$5\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.4 \end{smallmatrix}\right)$	$7\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.3 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$15\left(\begin{smallmatrix} r.3, l.3 \\ r. l.9 \end{smallmatrix}\right)$	
0	0	$4\left(\begin{smallmatrix} r.2 \\ l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.2 \\ r. l.6 \end{smallmatrix}\right)$	$5\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.2 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.1 \\ r. l.7 \end{smallmatrix}\right)$	$31\left(\begin{smallmatrix} r.6, l.7 \\ r. l.18 \end{smallmatrix}\right)$	
0	$2\left(\begin{smallmatrix} r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$7\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.4 \\ r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$	$13\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.5 \\ r. l.6 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.8 \end{smallmatrix}\right)$	$5\left(\begin{smallmatrix} l.1 \\ r. l.4 \end{smallmatrix}\right)$	$51\left(\begin{smallmatrix} r.7, l.14 \\ r. l.30 \end{smallmatrix}\right)$	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	$8\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.1 \\ r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	$11\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.4 \\ r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	$15\left(\begin{smallmatrix} r.5, l.4 \\ r. l.6 \end{smallmatrix}\right)$	$6\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.3 \\ r. l.1 \end{smallmatrix}\right)$	$40\left(\begin{smallmatrix} r.11, l.12 \\ r. l.17 \end{smallmatrix}\right)$	
0	0	$3\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$7\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.1 \\ r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} l.1 \\ r. l.8 \end{smallmatrix}\right)$	0	$19\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.2 \\ r. l.15 \end{smallmatrix}\right)$	
$2\left(\begin{smallmatrix} r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$3\left(\begin{smallmatrix} r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$5\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.1 \\ r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$12\left(\begin{smallmatrix} l.1 \\ r. l.11 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.2 \\ r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	$7\left(\begin{smallmatrix} r.1, l.1 \\ r. l.5 \end{smallmatrix}\right)$	$49\left(\begin{smallmatrix} r.5, l.7 \\ r. l.37 \end{smallmatrix}\right)$	
$3\left(\begin{smallmatrix} r. l.3 \end{smallmatrix}\right)$	$9\left(\begin{smallmatrix} r.2, l.1 \\ r. l.6 \end{smallmatrix}\right)$	$30\left(\begin{smallmatrix} r.8, l.2 \\ r. l.20 \end{smallmatrix}\right)$	$12\left(\begin{smallmatrix} r.4, l.2 \\ r. l.6 \end{smallmatrix}\right)$	$5\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.4 \end{smallmatrix}\right)$	$3\left(\begin{smallmatrix} r.1 \\ r. l.2 \end{smallmatrix}\right)$	$80\left(\begin{smallmatrix} r.19, l.8 \\ r. l.53 \end{smallmatrix}\right)$	

への電気刺激の反覆を重ねることにより短縮する傾向を示した。例えば、表 2 よりうかがえる様に、No. 6, No. 8, No. 10 の 3 羽はただ 1 回の海馬電気刺激でその電気刺激中止後に眼振が出現する様になっているが、それらは電気刺激中止後それぞれ 12 分, 40 分, 25 分, 平均 25 分して最初の眼振が出現している。これに対し、同じウサギの 3 回目の電気刺激後ではそれらはそれぞれ 10 分, 26 分, 15 分, 平均 17 分となり明かに潜時が短縮している。②電気刺激中止後に出現する眼振の持続時間を知るために、刺激中止後より 60 分間にわたる ENG 記録を 10 羽のウサギのそれぞれについて検討した。その結果、最も短いものは 7 分間、最も長いものは 52 分間の持続を示し、平均 23 分間の持続時間であった。また、一般的にいうと、刺激中止後早期より眼振が出現したものではその持続が長く、刺激中止後長時間をへてはじめて眼振が出現したものはその持続は短い傾向にあった。例えば、ウサギ No. 8 では電気刺激後 40 分して最初の眼振が出現しているが、その持続時間は 13 分である。これに対し、ウサギ No. 5 ではそれがそれぞれ 10 分と 52 分であった。また、電気刺激の反覆が電気刺激中止後の眼振持続時間におよぼす影響を観察すると次の事実が判った。即ち、刺激の反覆が重なるにつれて眼振の持続も延長する傾向があった。例えば、海馬電気刺激第 1 回目に眼振が出現した 3 羽についてみると、眼振の持続時間はそれぞれ 7 分, 13 分, 21 分, 平均 13 分であった。同じウサギは 3 回の電気刺激反覆をうけるとそれがそれぞれ 21 分, 34 分, 45 分, 平均 33 分となり明かに眼振の持続する時間が延長している。

(iv) 電気刺激開始前(40分間)に出現する眼振と電気刺激中止後(60分間)にあらわれる眼振の相関に関して;

①電気刺激前に出現する眼振と電気刺激後にあらわれる眼振の性格は相似し、何れも振幅中等度の水平性眼振で、右又は左に向う各波形が分離した眼振とそれらが重累して複雑な眼振型を示す 2 種があった。

②電気刺激前の眼振の出現と電気刺激後最初の眼振の出現するまでの時間(潜時)の相関を調査すると次の事実が判った。即ち、電気刺激前に眼振をみている群では電気刺激中止後にあらわれる眼振の潜時は電気刺激前に眼振を欠く例に比して短縮の傾向にあった。例えば、前者の群では最少 7 分, 最大 18 分, 平均 11 分であり、後者の群(1 羽)でのそれは 20 分であった。

③電気刺激前の眼振の出現と電気刺激後の眼振の持続時間との関係については次の事実が判った。即ち、電気刺激前眼振をみた群では電気刺激後に出現する眼振の持続時間は延長する傾向を示した。例えば、この群では電気刺激後の眼振の持続は最少 24 分, 最大 52 分 平均 31 分である。これに対し、電気刺激前眼振を欠くもの(1 羽)にあってはそれが 16 分であった。

(v) 電気刺激部位;

図 5 には上述のウサギ 10 羽の海馬への電極挿入部位を黒い丸印で示してある。図示するように、いずれも左側海馬に電極が挿入され、且つ 10 羽中 9 羽は背側部に、残りの 1 羽は腹側部に電極の先端が位置していることが hematoxylin-eosin 染色の脳標本より確認された。

(3) 内耳操作ウサギに関する観察:

1) 用いたウサギ

黒眼成熟ウサギ(体重 2kg~2.5kg) 8 羽を用いた。これらのウサギは鼓膜正常であり、特発眼

図 5 腰部操作ウサギ(10羽)の海馬電極挿入部位: 図の黒い丸印は電極挿入部位を示してあるが、10羽ウサギのすべてにおいて左側海馬に電極が挿入されている。なお、背側部に電極の先端が位置しているものは 9 羽、腹側部にそれが位置しているものは 1 羽である。

振検査などの平衡試験で異常をみとめていないものをえらんだ。片側内耳に損傷を与えるためこれらのウサギの片側（右または左）中耳腔に経鼓膜的に硫酸ストレプトマイシンを反覆注入し、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、その眼振消失期に実験を行った。

2) 電極の挿入と刺激の方法

左側海馬に電極を挿入し、正常ウサギの場合と同じ条件（1 msec., 200 Hz の矩形波, 3 V, 30秒）で1日1回刺激を加えた。海馬への電気刺激を反覆して加える場合、少数の電気刺激反覆、例えば3回までの反覆電気刺激で眼振が誘発された場合は電気刺激反覆を5回までに止めた。これに対し、電気刺激5回以上加えてはじめて眼振が誘発される様な場合は、刺激を10回まで反覆して眼振の発現状況を観察した。

3) 眼球運動記録と電極の位置の確認

眼球運動の記録は上述した2つの系列の実験と同じ方法をとった。また、刺激電極の位置の確認も同様の方法を採用した。

4) 海馬電気刺激により誘発される眼球運動

この実験に供したウサギは8羽である。以下先ず代表例をあげて説明したい。

(i) 代表例の成績;

ウサギ No. 8 このウサギでは右側中耳腔に硫

酸ストレプトマイシンが2回経鼓膜的に注入されている。その結果、左向き水平性眼振が規則正しく出現した。しかし、この薬剤の注入を中止し、約3週間をへると、特発眼振は消失した。この時期に、このウサギの海馬に電気刺激を加える実験を行った。図6aには海馬に単発的な刺激を加えた際の成績が示されている。図示するように、刺激開始前、刺激中及び刺激後のENGには異常眼球運動、特に眼振などはみられない。このウサギの海馬電気刺激をさらに反覆して加え、3回に及んだ際の成績が図6bに示されている。図示するように、刺激開始前及び刺激中のENGには異常眼球運動、特に眼振などはみられない。しかし、刺激を中止して約30分をへると左向き水平性眼振が規則正しく出現している。同じウサギの海馬に電気刺激をさらに反覆加え5回に及んだ際の成績が図6cに示してある。図示するように、ENG上には海馬電気刺激開始前既に左向き水平性眼振が出現している。しかし、電気刺激を開始すると眼振は抑制され、刺激中のENG上には異常眼球運動、特に眼振などはみられない。刺激を中止してその後の経過を観察すると15分目頃より左向き水平性眼振がふたたび出現しはじめ、次第に著明となって60分間それを持続している。

図6a 右側内耳損傷をあたえたウサギの海馬に単発的に電気刺激を加えた際のENG所見を示してある。

図示する様に、刺激前、刺激中及び刺激後のENG上に異常眼球運動、特に眼振をみない。

図6b 同じウサギの海馬に電気刺激を3回反覆加えた際のENG所見を示してある。刺激前，刺激中には異常眼球運動，特に眼振はみられない。しかし，刺激中止後約30分よりENG上に左（健耳側）向きの振幅中等度の水平性眼振が規則正しく出現している。

図6c 同じウサギの海馬に電気刺激を5回反覆加えた際のENG所見を示してある。図示する様に，刺激前のENG上には左向き振幅中等度の水平性眼振が規則正しく出現している。しかし，電気刺激が加わるとこの眼振は抑制され，電気刺激中のENG上には眼振をみない。しかし，刺激中止後約15分より再び左向き振幅中等度の水平性眼振が規則正しく出現し，次第に著明となっている。因みに，ここにみられる左向き（健耳側向き）水平性眼振はこのウサギの右側内耳損傷時にみられたそれと相似している。

以上の成績を要約すると次のようになる。即ち，このウサギの海馬に単発的に電気刺激を加えてもENG上に眼振や異常眼球運動をみない。しかし，同じ刺激を反覆してこの脳に与えると，比較的早期（刺激反覆3回目）より眼振をみるようになる。眼振は電気刺激中止後のみみられ，且つ一定時間（約30分）をへて出現する。この眼振は定方向性で左向き（健耳側向

き）水平性眼振で，このウサギの右側末梢迷路障害の際に出現していたものに著しく相似している。海馬への電気刺激をさらに反覆して加えると，電気刺激前にも上記の眼振と相似する眼振が出現するようになり，また電気刺激中止後にあらわれる眼振はその潜時を短縮し，且つその持続を延長している。

(ii) その他のウサギの成績；

表3にはその他のウサギ7羽の成績が示されている。表には海馬電気刺激1回目の成績と刺激反覆3回目及び5回目のそれを示してある。表中、眼振に関する記載は正常ウサギ及び腰部操作ウサギの実験成績の記載に準じている。なお、一部のウサギについては刺激を10回反覆した成績についても記述してある。

(iii) 8羽のウサギの成績の小括;

(a) 海馬電気刺激開始前40分間の眼球運動の観察成績:

8羽のウサギの成績を小括すると次のようになる。すなわち、①内耳損傷ウサギでも海馬電気刺激開始前には、いずれの例でも眼振などの異常眼球運動をみなかった。しかし、海馬への電気刺激を反覆して加えると、8羽中7羽は電気刺激開始前に既に眼振をみとめるようになった。さて、上述のウサギは右内耳が損傷されたものは4羽、左内耳が損傷されたものが4羽ある。これらの群のそれぞれについて、内耳損傷による眼振と海馬電気刺激で誘発される眼振の相関について調査すると次の事実が判った。すなわち、左側内耳障害により右向き水平性眼振が出現した4羽中、海馬電気刺激により右向き水平性眼振のみが出現したもの2羽、右向き水平性眼振が優勢に誘発されたものは1羽である。残りの1羽では電気刺激開始前に眼振をみなかった。右側内耳障害により左向き水平性眼振が出現した4羽中1羽は海馬反覆電気刺激で左向き水平性眼振のみが誘発され、2羽では左向き水平性眼振が優勢に誘発された。残りの1羽では右及び左向き水平性眼振がほぼ均等に出現した。なお、正常ウサギや片側腰部脊柱起立筋電気刺激ウサギ、特に後者にみたような右及び左に向う眼振が重累し複雑な眼振型を形成したものはなかった。換言すると、海馬電気刺激開始前40分間に眼振の出現をみた7羽中6羽のウサギでは、一定方向(健耳側)への水平性眼振が優位に出現しているといつてよい。②この種眼振出現に要する海馬電気刺激の反覆回数: 上述したように海馬への反覆電気刺激で電気刺激開

始前40分間に特発眼振が出現するようになったのは7羽ある。その内訳をみると、2羽のウサギは2回の反覆電気刺激でそれがおこり、残りの5羽では4回の電気刺激反覆でこの種の眼振が誘発された。因みに、上述した2回電気刺激反覆して特発眼振が出現したウサギではその後海馬への電気刺激が重ねられると、眼振の出現は益々明瞭となった。すなわち、そのうちの1羽(左内耳損傷)では5回電気刺激を反覆すると、刺激開始前の40分間に右向き眼振が更に増強して出現した。また、残りの1羽(右内耳損傷)では5回の電気刺激が反覆加えられると、左右への眼振が共に出現したが、左への水平性眼振が著しく増強されて出現した。

(b) 海馬電気刺激中30秒間の眼球運動の観察成績:

8羽のウサギの成績を小括すると次のようになる。すなわち、内耳損傷ウサギの海馬に電気刺激を反覆加えても、刺激中には眼振などの異常眼球運動はすべてのウサギにみとめられなかった。

(c) 海馬電気刺激中止後60分間の眼球運動の観察成績:

8羽のウサギの成績を小括すると次のようになる。即ち、①片側内耳損傷ウサギ(8羽)の海馬に電気刺激を反覆して加えると、全例に電気刺激中止後一定時間をへて眼振が出現するようになった。さて、上述のウサギは右内耳が損傷されたものは4羽、左内耳が損傷されたものが4羽ある。これらの群のそれぞれについて、内耳損傷による眼振と海馬電気刺激で誘発される眼振の相関について調査すると次の事実が判った。即ち、左側内耳障害により右向き水平性眼振が出現した4羽中、海馬反覆電気刺激により右向き水平性眼振のみが出現したもの2羽、右向き水平性眼振が優勢に誘発されたものは1羽である。残りの1羽では右及び左向き水平性眼振がほぼ均等に出現した。右側内耳障害により左向き水平性眼振が出現した4羽中3羽は海馬反覆電気刺激で左向き水平性眼振のみが誘発

表3 内耳操作ウサギの海馬電気刺

動物	内耳障害側	測定	刺激前	刺激中	刺		
					0～5分	6～10分	11～15分
No. 1	左 耳	第 1 回	0	0	0	0	0
		第 3 回	14(r.14)	0	0	6(r.6)	8(r.8)
		第 5 回	211(r.211)	0	26(r.26)	76(r.76)	34(r.34)
No. 2	左 耳	第 1 回	0	0	0	0	0
		第 3 回	0	0	0	0	5(r.5)
		第 5 回	19(r.19)	0	0	3(r.3)	6(r.6)
No. 3	右 耳	第 1 回	0	0	0	0	0
		第 3 回	15(l.15)	0	0	0	60(l.60)
		第 5 回	39(r.4 l.35)	0	0	51(l.51)	61(l.61)
No. 4	右 耳	第 1 回	0	0	0	0	0
		第 3 回	0	0	0	0	5(l.5)
		第 5 回	34(r.1 l.33)	0	0	11(l.11)	43(l.43)
No. 5	左 耳	第 1 回	0	0	0	0	0
		第 3 回	0	0	0	0	0
		第 5 回	0	0	0	0	0
		第 10 回	0	0	0	0	0
No. 6	左 耳	第 1 回	0	0	0	0	0
		第 3 回	0	0	0	0	0
		第 5 回	24(r.22 l.2)	0	0	0	0
No. 7	右 耳	第 1 回	0	0	0	0	0
		第 3 回	0	0	0	0	0
		第 5 回	22(l.22)	0	0	0	0
		第 10 回	30(r.14 l.16)	0	0	0	8(r.4 l.4)

表中の記載は正常ウサギのそれに準じている。

激で得られた眼球運動, 特に眼振.

激		後			眼振 合 数 計	備 考
16~20分	21~30分	31~40分	41~50分	51~60分		
0	16(r. 16)	35(r. 35)	25(r. 25)	0	76(r. 76)	このウサギでは第5回目刺 激後3分をへて眼振が出現 しはじめている.
3(r. 3)	1(r. 1)	15(r. 15)	25(r. 25)	8(r. 8)	80(r. 80)	
40(r. 40)	69(r. 69)	64(r. 64)	58(r. 58)	13(r. 13)	591(r. 591)	
0	0	0	0	0	0	
7(r. 7)	13(r. 13)	17($\frac{r. 16}{l. 1}$)	7(r. 7)	5(r. 5)	54($\frac{r. 53}{l. 1}$)	
15(r. 15)	29(r. 29)	14(r. 14)	13(r. 13)	4(r. 4)	93(r. 93)	
0	0	0	0	0	0	
45(l. 45)	1(l. 1)	0	0	0	121(l. 121)	
54(l. 54)	64(l. 64)	38(l. 38)	34(l. 34)	0	341($\frac{r. 4}{l. 337}$)	
0	0	0	0	0	0	
18(l. 18)	25(l. 25)	3(l. 3)	0	0	51(l. 51)	
38(l. 38)	69(l. 69)	23(l. 23)	15(l. 15)	13(l. 13)	246($\frac{r. 1}{l. 245}$)	
0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	
0	10($\frac{r. 4}{l. 6}$)	8($\frac{r. 3}{l. 5}$)	11($\frac{r. 5}{l. 6}$)	6($\frac{r. 5}{l. 1}$)	35($\frac{r. 17}{l. 18}$)	
0	0	0	0	0	0	
0	0	19(r. 19)	26(r. 26)	30(r. 30)	75(r. 75)	
36(r. 36)	76(r. 76)	62(r. 62)	48(r. 48)	18(r. 18)	264($\frac{r. 262}{l. 2}$)	
0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	
13(l. 13)	15(l. 15)	34(l. 34)	0	0	84(l. 84)	
13($\frac{r. 2}{l. 11}$)	16($\frac{r. 7}{l. 9}$)	7($\frac{r. 5}{l. 2}$)	12($\frac{r. 4}{l. 8}$)	0	86($\frac{r. 36}{l. 50}$)	

され、残りの1羽では右及び左向き水平性眼振がほぼ均等に出現した。換言すると、片側内耳損傷ウサギで海馬反覆電気刺激を行うと、誘発される眼振はかつてそれらのウサギの片側内耳障害の際に出現していたそれと相似する傾向があることが判明した。⑤この種の眼振出現に要する海馬電気刺激の反覆回数について調査してみると、8羽中1羽はただ1回の海馬電気刺激で電気刺激中止後に眼振が出現した。また、そのうち5羽では海馬電気刺激を3回反覆した時期に、1羽ではそれを5回反覆した時期に、また残りの1羽ではそれを10回反覆した時期にそれぞれ電気刺激中止後に眼振が誘発された。

以上の成績を正常ウサギの海馬電気刺激の成績と比較すると次のようになる。即ち、正常ウサギの場合には、14羽中10羽(71%)が海馬への電気刺激を10回反覆した時期に電気刺激後眼振が出現し、残りの4羽(29%)ではそれを5回反覆した後に眼振が出現している。そして、5回までの電気刺激反覆で後眼振がみられたのはわずかに1羽(7%)であった。これに対し、片側内耳操作ウサギでは8羽中6羽(75%)が3回までの海馬への電気刺激反覆で眼振を惹起している。換言すると、片側内耳損傷ウサギでは正常ウサギに比し同じ海馬反覆電気刺激により、より容易に眼振が誘発されることが判った。④刺激中止後より最初の眼振出現に要する時間(潜時)についてみると、表3に示すように、もっとも短いものは12分(ウサギ No. 3)、もっとも長いものは35分(ウサギ No. 6)であり、8羽の平均は約24分であった。なお、この種眼振の潜時は海馬への電気刺激の反覆を重ねることにより短縮する傾向を示した。例えば、表3よりうかがえるように、No. 4, No. 6, No. 8の3羽は3回の海馬電気刺激でその電気刺激中止後に眼振を出現するようになっているが、それらは電気刺激中止後それぞれ15分、35分、30分、平均27分して最初の眼振が出現している。これに対し、同じウサギは5回目の電気刺激後ではそれらがそれぞれ9分、16分、15分、平均13分となり明かに潜

時の短縮をみている。⑤電気刺激中止後に出現する眼振の持続時間を知るために、刺激中止後より60分間にわたるENG記録を8羽のウサギそれぞれについて検討した。その結果、もっとも短いものは12分間の持続を、もっとも長いものは54分間の持続を示し、平均31分間の持続時間であった。また、一般的にいうと刺激中止後早期より眼振が出現したものではその持続が長く、刺激中止後長時間をへてはじめて眼振が出現したものはその持続は短い傾向にあった。例えば、ウサギ No. 6では電気刺激後35分して最初の眼振が出現しているが、その持続時間は25分である。これに対し、ウサギ No. 1ではそれがそれぞれ3分と54分であった。また、電気刺激の反覆が電気刺激中止後の眼振持続時間におよぼす影響を観察すると次の事実が判った。即ち、刺激の反覆が重なるにつれて眼振の持続も延長する傾向があった。例えば、海馬電気刺激第3回目に眼振が出現した3羽についてみると、眼振の持続時間はそれぞれ19分、25分、30分、平均25分であった。同じウサギは5回の電気刺激反覆をうけるとそれがそれぞれ51分、36分、40分、平均42分となり明かに持続時間の延長をみている。

(iv) 電気刺激開始前(40分間)に出現する眼振と電気刺激中止後(60分間)にあらわれる眼振の相関に関して;

①電気刺激前に出現する眼振と電気刺激後にあらわれる眼振の性格は相似し、何れも振幅中等度の水平性眼振である。また、それらはかつてその動物の片側内耳障害に際して出現していた特発眼振に相似し、つねに健耳側向き水平性眼振であるか又は優位に健耳側に向う水平性眼振が大勢を占めた。

②電気刺激前の眼振の出現と電気刺激中止後最初の眼振の出現するまでの時間(潜時)の相関を調査すると次の事実が判った。即ち、電気刺激前に眼振をみている群では電気刺激中止後にあらわれる眼振の潜時は、電気刺激前に眼振を欠く例に比して短縮の傾向にあった。例えば、前者

図7 内耳操作ウサギ(8羽)の電極挿入部位を示してある。8羽ウサギのすべてにおいて左側海馬に電極が挿入されている。なお、背側部に電極の先端が位置するものは7羽、腹側部にそれが位置するものは1羽である。

の群での潜時は最少3分,最大20分,平均12分であり,後者の群(1羽)でのそれは25分であった。

〔Ⅲ〕 総括と考案

(1) 海馬電気刺激で眼球運動,特に眼振は誘発されるか

大脳皮質は系統発生的にみて旧皮質,古皮質,新皮質の三種類に区分され,旧皮質系と古皮質系を一括して大脳辺縁系とよび,これを新皮質系と対比している。古皮質系に属する海馬及び中隔核は,旧皮質系に属する梨状葉,扁桃核に比し,電気刺激に際して自律神経反応を呈しがたいことが知られ,それ故 silent area の名が冠せられている。これは海馬が梨状葉などに比し,より高度の統合作用を営む脳分野である故とされている(時実 1965a)。

この考えを踏襲すると,扁桃核電気刺激などに比し海馬電気刺激で眼筋や軀幹,四肢筋の反応は容易には出現し難いものと想像される。

さて,海馬起源の眼球運動に関して私達が調査した範囲では,上述したように Wagmann の報告がある。彼はサルでは海馬電気刺激により,主として刺激反対側に conjugate eye deviation が起こると報告している(Wagmann 1964)。しかし,眼振についての記載はない。また,サル以外の動物,特にウサギなど,より下等な動物についてこの脳分野の電気刺激で眼

③電気刺激前の眼振の出現と電気刺激後の眼振の持続時間の相関については次の事実が判った。即ち,電気刺激前眼振をみた群では電気刺激中止後に出現する眼振の持続時間は延長する傾向を示した。例えば,前者の群では電気刺激後の眼振の持続は最少12分,最大54分,平均38分である。これに対し,電気刺激前眼振を欠くもの(1羽)にあつてはそれが24分であった。

(v) 電気刺激部位:

図7には上述の8羽のウサギの海馬への電極挿入部位を黒い丸印で示してある。図示するように,いずれも左側海馬に電極が挿入され,且つ8羽中7羽は背側部に,残りの1羽は腹側部に電極の先端が位置していることが hematoxylineosin 染色の脳標本より確認された。

球運動がおこるとの記載をみしていない。私の実験でも,上述した様に正常ウサギの海馬に電気刺激を単発的に加えても刺激中及び刺激後に眼振などの異常眼球運動はみられなかった。しかし,その刺激を反覆して加えるとはじめて電気刺激開始前及び刺激中止後一定時間をへて眼振が出現する。この際,刺激前及び刺激中止後に出現する眼振は相似し,何れも水平性で,その多くは右及び左に向う。しかし,その中には右及び左への眼振が重累して複雑な型の眼球運動となることもある。電気刺激中止後に出現する眼振は一定の潜時をおいて出現するが,多くの動物では電気刺激の負荷が重ねられると,潜時は短縮し,持続時間は延長する傾向にあることを上述した。これに対し,海馬電気刺激中に異常眼球運動,特に眼振をみとめることは少なく,私の経験では15羽の正常ウサギの観察で僅かに2羽にみとめられたにすぎなかった。また,この際の眼球運動は刺激側に向う振幅小なる水平性眼振様のもので,電気刺激開始前及び刺激中止後一定の潜時をおいて出現する眼振とは異なる性格のものである。

上述した様に海馬は刺激をうけても扁桃核な

どに比し自律神経反応をひきおこしがたい点より silent area の名が冠せられている。これは自律神経反応ばかりでなく somatic な反応, 例えば眼振に関してもその傾向があることがこの実験で再確認されたことは興味ぶかい。それと共に, この脳への電気刺激の反覆で電気刺激開始前及び電気刺激中止後一定の潜時をおいて水平性眼振がみとめられる様になることを明かにしたことは注目し価値する。

即ち, その機序についての考察は後述するが, 大脳辺縁系起源, 特に海馬より眼振が出現したとの報告は私の知る範囲にはなく, 特に海馬に反覆して異常な亢奮が惹起されるとき眼球の平衡障害(眼振)がはじめて出現しうることを明示したことはヒトの心因性めまい発現機序を考察する場合貴重な手掛りとなる。

(2) 海馬電気刺激で誘発される眼球運動, 特に眼振の特徴: 逆説睡眠時にみられる rapid eye movements 並びに central nystagmus との対比:

Jouvet らの報告からもよく知られている様に, 逆説睡眠と関連して rapid eye movements が出現する (Jouvet et al. 1959)。この際の脳波が覚醒反応を呈していることはいうまでもない。項を新たに述べる予定であるが, 私達の実験でも電気刺激開始前及び電気刺激中止後一定の潜時で出現する眼振は何れも脳波(新皮質, 中脳網様体, 海馬)の覚醒反応を伴っている。但し, 私達の実験で上述の眼振が現われる際には, 同時記録した項筋の筋放電の減弱又は消失はない。この事実を併せ考えると, 我々の実験でみられる眼球運動は Jouvet らの報告した逆説睡眠時の rapid eye movements とは区別できると思う。

勿論, 上述した様に私達が用いたウサギ33羽中2羽(この2羽は何れも正常ウサギ)に刺激側向きの振幅小なる眼振様運動が出現している。これは電気刺激開始前及び電気刺激中止後一定の潜時をおいて出現する眼振とはその性格が異なる。そして, 電気刺激中には脳波の同時記

録を行っていない。従って, この種の眼振を Jouvet らのいう rapid eye movements と決定的に区別することは困難である。しかし, Jouvet らの報告した rapid eye movements と我々がみた海馬電気刺激中のそれはその波形や持続などで相当度の相違があるとの印象をうけている。

さて冒頭にも述べた様に, 中枢神経系のある一定の分野を電氣的に又は化学的に刺激すると, 眼球運動, 特に眼球の偏倚や眼振が生ずることが報告されている。その中でも本実験成績と比較が必要であるのは Lachmann らの報告している central nystagmus であろう。

以下この両者の性格に関して比較検討を行ってみることにする。

渡辺は Lachmann らの central nystagmus の研究を追試し, 次の事実を確認している。即ち, ウサギの meso-diencephalon の電気刺激により26羽中22羽に水平性眼振が誘発されたが, 大多数のウサギでは電気刺激により散瞳がおこると共に, 両眼の刺激側への偏倚が始り, 続いて反対側への急速相があらわれる。電気刺激をつづけている間は, 時間の経過と共にこの眼振は次第に頻度をまし, 刺激を中止するまで持続する。また, 電気刺激を中止してもしばらくその状態が続くがやがてその頻度は急速に減少し, 遂には消失する(渡辺 1965)。

なお, この種の眼振に関する Blohmke, 戸田, Lachmann, 吉井らの成績は渡辺の成績と原則的に一致をしている。

私達が海馬電気刺激で得た眼振の性格と上述の central nystagmus のそれを比較すると次の相似性と相違性がある。すなわち, いずれの場合にも出現する眼振は水平性のものであることは両者の相似性といえる。しかし, 前者の眼振の方向は定方向でなく, 右及び左に向い, 後者の場合は大多数が刺激反対側に向う定方向性水平眼振である。また, 前者の眼振は電気刺激中止後一定の潜時をおいて出現しているが, 後者は刺激開始中に出現し, 刺激中止後には消失す

るか又は短時間持続したのち消失する。なお、海馬電気刺激で2羽の正常ウサギに電気刺激中にも振幅小なる刺激側に向う眼振様運動がみられているが、渡辺の記述を参照すると central nystagmus とはその性格や方向を異にしている。しかし、両者の区別に関してなお次の問題がなおこっている。というのは、私達の行った電気刺激の条件が渡辺らのそれと幾分の相違を示しているからである。即ち、渡辺は電圧 0.2~10 V, 周波数 30 Hz, 持続時間 2 msec. の矩形波により電気刺激を行っているが、私達は電圧 3 V, 周波数 200 Hz, 持続時間 1 msec. の矩形波を用いている。この問題を解決するため、最近私達は渡辺が採用した条件(0.5 V または 3 V, 90秒, 30 Hz, 2 msec. の矩形波)で海馬に電気刺激を加える実験を行ってみた。しかし、現在までに行った15羽の正常ウサギに関しては、電気刺激中及び刺激直後に渡辺らの記載した central nystagmus を示唆する眼振の出現はみえていない。また一方、この条件で海馬への電気刺激を反覆して加えると、これまでに私達が用いた条件による海馬電気刺激の際に出現する眼振と相似する眼振を得ている。

以上の事実より、海馬電気刺激により出現する眼振は従来のべられている central nystagmus とは異なるものであると考えざるを得ない。

最後にこの2つの眼振の性格の相違に関してもう一つの注目すべき事実をのべておきたい。central nystagmus の場合は、meso-diencephalon への単発的な刺激で大多数の動物は電気刺激開始直後又はきわめて短時間の潜時で眼振の出現をみている。即ち、これらの脳への電気刺激は、眼運動系に対して抑制機序を示すことなく最初よりこの系への促進作用を示し、眼振が形成されているとの印象をうける。これに対し、海馬起源の眼振は一定量の電気刺激を連日に亘りこの脳に反覆加えてはじめて出現するという点において central nystagmus と相違するばかりでなく、更に重要な点は次の事実であ

る。即ち、海馬電気刺激は眼運動系活動性に対し先ず inhibitory mechanism をあたえているのではないかということである。例えば、海馬を反覆して電気刺激すると、電気刺激開始前に特発眼振が生ずる様になることが多い。この際海馬に電気刺激を加えると、出現していた特発眼振は直ちに抑制をうける。また、項を新にして詳述するが、脳波を指標として観察すると、海馬電気刺激中止直後よりしばらくの間は脳の各分野より誘導した脳波(海馬、中脳網様体、新皮質)はその亢奮レベルを低下している。これらの事実は、海馬は脳幹眼運動系に対しては少なくともその一つの機序として抑制機序を有することを示唆している。

そして、この抑制的機序が繰返して脳幹眼運動系に加えられると、ある群の動物では次の様な反応を示す様になる。即ち、これらの動物では、この電気刺激に対して眼運動系が一種の反跳現象(rebound phenomenon)ともいうべき現象を呈し、眼振を示す様になる。しかも、これらのウサギでは電気刺激の反覆と平行して電気刺激後に出現する眼振の潜時は短縮し、その持続は延長する傾向を示す。即ち、眼運動系の rebound 現象は益々明瞭に出現する。しかし、この様な時期においても恒にそれに先行して眼振を欠如し、脳波記録上では、脳の亢奮レベルは一過性の低下を示している。勿論、すべてのウサギで上述の現象が生ずるのではない。例えば、海馬電気刺激を反覆しても眼振が形成されないウサギもある(ウサギ No. 6)。そして、この様な例では脳波所見を参照すると、海馬電気刺激の反覆は脳の活動性を益々低下させていることが判明している。

海馬よりの抑制機序のくりかえしに対して、眼運動系の機能が低下し、眼振発現のエネルギーが低下又は消失することは納得しやすい。しかし、この抑制機序に対抗して眼運動系の活動性が亢進し、一種の反跳現象ともよぶべき現象を眼振や脳波に関して獲得する機序の説明は困難で、只今までに得ている実験成績のみでは想

像の域を出ない。即ち、④たび重なる電気刺激で海馬の機能が低下し、脳幹眼運動系への抑制機序が減弱し、相対的に後者の系の過剰な活動性を惹起して眼振発来を結果したと考えるべきか、⑤又はこの抑制機序がより直接的に脳幹眼運動系の活動性を刺激し、却って後者の脳に過剰な活動性を獲得させる契機となったとみるべきか、⑥または海馬には元来眼運動系に対して、上述の抑制作用を有する系の他に促進する作用を有する系があり、海馬電気刺激の反覆負荷は後者の系の活動性を向上し、かくして眼運動系の活動性抑制は減弱し、これに代ってその活動性亢進が明白となり、眼振発来を結果すると考えるべきか？、その何れが妥当性をもつかは今後の研究によらざるを得ない。しかし、上述の成績を現象的にながめると、海馬よりの抑制機序が先ず先行し、それが各動物のもつ眼運動系の固有の活動性により、種々なる度合に対応されていると考えることはまちがいのないと思う。そして、この事実はヒトの心身症としてのめまい発現（心身症発現には大脳皮質、大脳辺縁系は重要な関与を有すると考えられている）においても、そのヒトのもつ中枢神経系の固有の活動性、即ち広い意味での中枢神経系の素質がその成立を左右する重要な因子であることを説明する場合貴重である。

以上を要約するに、海馬電気刺激反覆で誘発される眼振も meso-diencephalon の電気刺激でおこる central nystagmus も終局的にはそれぞれの脳の刺激で機能を変化した眼運動系（特に脳幹のそれ）の活動性と深い関連をもつという点では共通性を有している。しかし、それにいたる神経機序には両者間に相当度の相違があることが上述の成績よりうかがえる。この様な考えを念頭において、以下中枢神経系の線維連絡の点からみた海馬電気刺激で誘発される眼振についての neural elements を考えてみたい。

(3) 中枢神経系の線維連絡よりみた海馬電気刺激で誘発される眼振の発現機序；

海馬より脳幹への下行路に関しては Nauta

の詳細な研究がある (Nauta 1960)。彼によると主として次の2つの system がこれに該当する。すなわち、その一つは、脳弓 (fornix column) を介するものであり、前交連の後方を通り、大部分は乳頭体に終止する。乳頭体からは mammillo-tegmental tract を介して subthalamus や脳幹 (Gudden 核) に連絡する。乳頭体に入らぬものは、外側及び内側視床下部や視床前核あるいは髄板内核に入り、一部は中脳中心灰白質までのびる。中脳中心灰白質からは radiatio grisea tegmenti をなして多くの投射路が中脳外側腹部の被蓋野と交通する。

海馬より下行する他の経路としては次のものがある。すなわち、precommisural fornix を介するものがこれに該当する。この経路は前交連の前方を medial forebrain bundle となって下行し、外側視束前野と対角帯 (diagonal band) に終止する。外側視束前野よりは内側及び外側視床下部や腹側被蓋野や中心灰白質へ行く神経路がある。また、この system を下行する一部の線維は中隔核に停止する。そして、中隔核からは次の2つの下行路がある。すなわち、その1つは medial forebrain bundle に入り、外側視床下部に線維をおくり、さらに下行して赤核下方の腹側被蓋野や Bechterew 核に連絡する。なお、他の1つの下行路は外側視束前野からの線維と共に stria medullaris をなし habenula に入る。ここから反屈束 fasciculus retroflex となって下行し、一部は interpeduncular nucleus に入り、さらに中脳被蓋の Bechterew 核や Gudden 核と連絡する。

以上のように、海馬よりの下行路は何れの system を介するにせよ、中脳被蓋の中心部に存する Bechterew 核や Gudden 核と連絡するし、中脳中心灰白質とも連絡し、また中脳網様体にも連絡を有している。従って、海馬電気刺激でおこる眼振はこの何れかの下行路と密接に連絡して解発されるものと考えられる。

最近、私達はこの問題を究明する目的で、上述の2つの system の中継核の中から2つの核

をえらんで検索してみた。即ち、前者の経路より乳頭体内側核を、後者のそれより中隔核を選び、これらが上述の眼振発現にあたって海馬とどのように協関しうるかを検索し、何れの経路が上述の眼振発現のより重要な核であるかを判定しようとした。

その結果、何れの核も上述した条件(1 msec., 200 Hz の矩形波, 3 V, 30秒) で電気刺激を反覆加えると、水平性眼振が生ずることをたしかめ得た。しかもこの眼振は右または左に向う水平性眼振で海馬電気刺激反覆でおこるそれと相似している(中西, 檜 他 1975)。また、以上の2つの核が刺激されて眼振を惹起していたウサギを対象とし、眼振消失期に海馬を電気刺激すると次の事実が判明した。即ち、乳頭体内側核又は中隔核刺激ウサギを用いる場合は正常ウサギを用いる場合に比し、より容易に、且つかつてそれらのウサギが示していた眼振に相似する眼振が誘発された。

以上の事実は乳頭体内側核や中隔核は海馬と脳幹眼運動中枢をむすぶ神経路中の重要な中継核として眼振成立に関与していることを意味している。しかし、今回私達が用いた電気刺激の条件では、海馬や乳頭体内側核反覆電気刺激で眼振をおこすようになったウサギでは、電気刺激中散瞳し、且つ anisocoria を示すが、中隔核のそれでは縮瞳し、且つ anisocoria を示す傾向が強い。また、海馬、乳頭体内側核、中隔核はそれらの電気刺激反覆で何れも脳波の覚醒反応を示すようになるが、海馬と乳頭体内側核の脳波の相似性は海馬と中隔核脳波のそれに比し有意に高い。これらの成績は正常ウサギの海馬電気刺激で誘発される眼振には乳頭体内側核を中継核とする神経路がより重要な関連性を有することを示唆している(檜, 中西 1974, 檜, 中西, 上田 1975, Hinoki et al. 1975)。

そして、その最終的共通野が脳幹眼運動系であることは上述の線維連絡よりも推定できるが、海馬電気刺激による特発眼振の発来と視運動眼振の発現の間に密接な関係が存すること、

例えば海馬電気刺激で眼振をみないウサギでは視運動眼振の抑制がみられ、眼振をみるウサギで特発眼振が生ずる時期での視運動眼振は増強し、またその中には錯倒現象をみる場合があることなどが上述の推定を裏付けるものと考えている。即ち、私達の得た実験成績及びこれまでに知られている中枢神経系の線維連絡並びに生理学的実験成績を総合して、私は次の neural elements を上述の眼振発現機序の elements として重視している。即ち、海馬 ↔ 脳弓 ↔ 乳頭体内側核 ↔ mammillo-tegmental tract ↔ 脳幹(Gudden 核) ↔ 脳幹眼運動中枢(網様体)を相互にむすぶ神経回路を重視している。

勿論、その複雑な線維連絡より考えると、この経路を唯一且つ最重要の経路であるとの考えは飛躍にすぎるであろうし、研究の余地は多々ある。しかし、この経路も有力な経路の一つと考えることは線維連絡の上からも、また私達の得た上述の成績よりも不当とは思えず、これを一つの作業仮説として当分の間実験を重ね、最終的な答えを出したいと考えている。

(4) ヒトの心因性めまいとの関連からみた海馬電気刺激で誘発される眼振の意義:

心因性めまいと診断されて受診するものが私達の科でも増大している。その中には過去の体験(記憶)を示唆する言葉や表象が与えられると、情動が発動し、めまい平衡失調がおこるのが少なくないことを自験している。そして、メニエール病などの耳性めまいでは内耳障害型平衡失調がその際誘発又は増大し、むち打ち機転後のそれではそれに応じた平衡失調が誘発又は増大することが多い。即ち、at random にめまいが誘発又は増強してくるのではなく、既存の平衡失調が、自己の体験や記憶に関係のある言語刺激などの情報を媒介として出現又は増強している点が注目される。

さて、これまでの報告を参照すると情動、記憶及び条件反射の形成に関して次のような報告がある。すなわち、情動発動の第一次中枢は視床下部であるが、これらが脳皮質、大脳辺縁

系の影響をうけ適応性をあたえられて発動するとされている。特に、大脳辺縁系内には情動の抑制、促進作用や記憶や学習に関する仕組みがそなわっているの、視床下部に生じた情動はこの脳の活動性に重大な影響を被るとされている(加藤, 小林 1974)。そして、梨状葉や扁桃核などの旧皮質系は視床下部に対し、より直接的な中枢としてこの現象の発現に関与するが、古皮質系に属する海馬は視床下部に対してはさらに高次の働きかけをするという。すなわち、記憶にもとづいて適応統制的に情動の発現に係する点にこの脳の特徴がある(時実 1965b)。

さて、この方向の研究を調査すると、例えば Feindel, Penfield らはヒトの海馬電気刺激で after-discharge に伴って、過去の体験が想起されることを報告し (Feindel, Penfield 1954), Green, Adey 並びに Petsche et al あるいは Gergen, MacLean らは、記憶や学習効果はいろいろな情報が脳弓のなかの求心性線維、あるいは嗅内皮質を介して海馬に送りこまれて形成されるという (Green, Adey 1956, Petsche et al. 1962, Gergen, MacLean 1964)。また、Penfield の様に記憶は側頭皮質を介して海馬に情報が送りこまれて形成されるのとべる研究者もいる (Penfield 1959)。

いずれにしても、海馬が記憶の形成に関係し、それに基いて情動発動を調整する脳であることについては大方の賛成を得ている。

一方、上述した様に心因性めまいと診断をうけた例ではしばしば過去の体験や記憶に関連した情報(言語刺激など)でめまいが誘発又は増大することを自験している。

以上の諸報告や自験を併せ考えると、心因性めまいとよばれるめまいの発現に海馬が重要な役割を演じうるとの想定は不当とは思えない。しかし、この問題に関しての実験的研究はきわめて少ない。その様な理由で私が今回ウサギを用いた実験で得た成績は貴重であると思う。

何故なら silent area と呼ばれる海馬もこの脳への電気刺激の反覆負荷で終局的には眼球の

平衡障害(特に眼振)を出現しうる様になることが上述のウサギの実験成績より明かにされたからである。ヒトの場合でも繰返して強烈な心理的ストレスにさらされる場合、そのみでも各種の器官に機能的又は器質的病変が形成されることが知られている。そして、これらの機序でおこる疾患が心身症として総括されていることは周知の通りである。

因みに、これまでの報告を参照すると、心身症の成立機序に関して時実は新皮質(特に前頭連合部)、大脳辺縁系よりの強烈なストレスが間脳に作用し、心身症が成立するとしている(時実 1969)。間脳に形成された機能異常は、その密接な線維連絡を介して脳幹に影響を及ぼすであろう。かくして、脳幹に設定された機能変化はその支配下の臓器に病変を形成するはずである。この際、末梢の臓器やこれに関連する中枢神経系、例えば脳幹にあらかじめ機能的又は器質的障害が形成されていると、上述の大脳皮質、大脳辺縁系よりのストレスはその病変を前景へと喚起し、増強する形をとる。この様な意味では、我々が日常臨床でみる心因性の諸疾患(心身症)は二次的疾患として表現されている場合が多い。そして、私のこれまでの自験よりすると、いわゆる心因性めまいの中にはこのような機序でおこるめまい、平衡失調は少なくないと考えている。この考えの妥当性を更に明かにするには、平衡と関連の深い内耳や頸部又は腰部深部受容器にあらかじめ機能異常が形成されているウサギでは正常ウサギに比し、大脳辺縁系、特に海馬に刺激が加えられる場合、より容易に、且つそれぞれの器官の障害に特徴的な平衡失調が誘発されることが実証されなくてはならない。そして、上述した実験成績ではそれが明かにされていると思う。即ち、片側内耳障害ウサギを対象とする場合は、海馬刺激で健耳側向き又は優位に健耳側に向う水平性眼振が誘発されることが多い事実が明かにされていることはこれに該当する。

また、腰部脊柱起立筋の反覆電気刺激でおこ

る特発眼振は右及び左に向う眼振が分離した形で出現する他に、両者が重累して複雑な型の眼球運動を呈することが多い。そして、この様なウサギでは海馬電気刺激反覆でこの種の眼振、特に重累型の眼球運動が誘発されることが多い。因みに、正常ウサギの海馬電気刺激反覆の場合にも右及び左への水平性眼振が重累して複雑な型の眼球運動を示すことはある。しかし、その出現頻度は腰部操作ウサギでそれが誘発さ

れる頻度に比較するとはるかに少ない。また、片側内耳障害ウサギの場合には、この種の眼球運動は海馬電気刺激で誘発されたことはない。

換言すると、既存の眼球の平衡障害が海馬電気刺激でより容易に、且つそれぞれに特徴的に誘発されたことに今回の実験成績の注目すべき点がある。そして、この事実はまた上述した私の想定を裏付けしていると思う。

〔Ⅳ〕 ま と め

成熟ウサギの海馬に一定量の電気刺激を反覆加える実験を行い以下の事実を知った。すなわち、①正常ウサギの海馬に電気刺激を反覆加えると電気刺激後一定の潜時をおいて眼振が出現するようになる。この種眼振は右及び左に向う水平性眼振を主とし、それに混じて少数ではあるがこれらが重累して複雑な眼球運動型を示すものもあった。また、15羽中2羽では刺激中に眼球運動が出現したが、これは刺激側に向う微細な眼振様眼球運動で、同じウサギで電気刺激後にあらわれる眼振とは性格を異にしている。また、Lachmann らのいう central nystagmus と異なる性格を有していた。②片側腰部脊柱起立筋深部受容器や片側末梢迷路に機能障害が与えられ、二次的に潜在性脳幹機能異常が設定されているウサギでは、同じ海馬への電気刺激で、正常ウサギに比しより容易に、且つ明瞭に眼振が誘発される。そして、この際出現する眼振はそれらの動物がかつて示した特発眼振に相似する。③正常ウサギ、片側腰部操作ウサギおよび片側内耳操作ウサギいずれの場合にも、海馬電気刺激反覆の度合と電気刺激後にあらわれる眼振の間には正相関がみられた。即ち、海馬への刺激の反覆が重ねられると刺激中止後の眼振の潜時は短縮し、その持続は延長する傾向を示した。④海馬電気刺激の反覆負荷で電気刺激開始前に特発性眼振が生ずるようになる。この眼振は、正常ウサギ、片側内耳障害ウサギ、腰部脊柱起立筋操作ウサギのそれぞれが示す電気刺激中止後に誘発される眼振とその形において相似した。また、この眼振の出現と後眼振の出現には正の相関がみられ、前者の眼振が出現する際には後者の眼振の出現する頻度がまし、且つ後者の眼振の潜時は短縮し、その持続は延長する傾向をみとめた。

以上の事実は、海馬反覆電気刺激を契機として海馬と脳幹の間には活性度の高い機能的ループが形成されうることを意味し、海馬へ加えられる刺激が不適當か、または予め脳幹に二次的な機能障害が設定されている場合は、このループは悪循環的に平衡失調を増大する系となりうることを示唆している。

そして、海馬が記憶や条件反射の形成に重要な役割を果し、それにもとづいて情動の発動を調整する役割を果すとのこれまでの報告や、心身症発現に大脳辺縁系が主要な役割を行使しうることを併せ考えると、私達が今回得た成績はヒトの心因性めまい発現機序を知る重要な手掛りの一つとなりうる。特に、④で述べた事実は心因性めまいと診断された例で、患者の記憶や体験と関連した心理的ストレスが加わり、めまい、平衡失調が惹起される場合、メニエール病症例では内耳障害型の、また頭頸部外傷例ではそれに応じた平衡失調、特に中枢神経障害型平衡失調が惹起される事実を説明する場合好都合である。

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、御援助をいただいた日根助教授ならびに教室員各位に御礼申しあげます。

参 考 文 献

- 1) Arimoto, K. : Superior colliculus, as center of nystagmus. Wakayama Medical Reports. 4 : 1, 1956.
- 2) Blohmke, A. : Über den durch elektorische Reizung des Hirnstammes auslösaren Nystagmus beim Kanichen. Z. f. Hals-, Nasen- u. Ohrenheilkunde. 23 : 213, 1929.
- 3) Feindel, W. and Penfield, W. : Localization of discharge in temporal lobe automatism. Arch. Neurol. Psychiat., 72 : 605, 1954, Cit. by 時実利彦 : 記憶 ; 脳の生理学(時実編), 朝倉書店, 東京, p. 365, 1966.
- 4) Gergen, J. A., and MacLean, P. D. : 1964. Cit. by 時実利彦 : 記憶 ; 脳の生理学(時実編), 朝倉書店, 東京, p. 366, 1966.
- 5) Green, J. D. and Adey, W. R. : 1956. Cit. by 時実利彦 : 記憶 ; 脳の生理学(時実編), 朝倉書店, 東京, p. 367, 1966.
- 6) 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 : 日本災害医学誌, 24 : 328, 1976.
- 7) Jouvet, M. et al. : Sur un stade d'activité électrique cérébrale rapide au cours du sommeil physiologique. C. R. Soc. Biol. (Paris), 153 : 1024, 1959, Cit. by 時実利彦 : 意識 ; 脳の生理学(時実編), 医学書院, 東京, p. 380, 1974.
- 8) 加藤信, 小林司 : 情動の生理, 情動の仕組みと心身症, 日本ロシュ株式会社, 東京, p. 1, 1974.
- 9) 小池上春芳 : 大脳辺縁系, 中外医学双書, 東京, p. 220, 1953.
- 10) Lachmann, J., Bergmann, F. and Monnier, M. : Central nystagmus elicited by stimulation of the meso-diencephalon in the rabbit. Am. J. Physiol., 193 : 2, 328, 1958.
- 11) 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働 ; 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回日本平衡神経科学総会, 1974.
- 12) 中西和仁, 檜 学 : 大脳辺縁系と眼球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.
- 13) 中西和仁, 檜 学 : ウサギ海馬反覆電気刺激で誘発される眼球運動 ; 眼振を指標とする分析. 第34回日本平衡神経科学総会, 1975.
- 14) Nauta, W. J. H. : Some neural pathways related to the limbic system; Electrical studies on the unanesthetized brain. Hober, pp. 1-14, 1960. Cit. by 時実利彦 ; 大脳辺縁系 ; 新生理学(問田, 内園編), 医学書院, 東京, pp. 574-575, 1965.
- 15) Penfield, W. : The interpretive cortex. Science, 129 : 1719, 1959. Cit. by 時実利彦 ; 大脳辺縁系 ; 新生理学(問田, 内園編), 医学書院, 東京, p. 590, 1965.
- 16) Petsche, H. et al. : 1962. Cit. by 時実利彦 ; 記憶 ; 脳の生理学(時実編), 朝倉書店, 東京, p. 366, 1966.
- 17) 戸田古一郎 : 視丘一前四畳体領域より解発せらるる眼球震盪の実験的研究. 耳鼻臨, 28 : 18, 1933.
- 18) 時実利彦 : 大脳辺縁系 ; 新生理学(問田, 内園編), 医学書院, 東京, p. 591(1965 a), p. 586(1965 b), 1965.
- 19) 時実利彦 : 目でみる脳, 東大出版会, 東京, p. 38, 1969.
- 20) 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. 第1回中国, 四国地方部会連合学会, 1975.
- 21) Wagmann, I. H. : Eye movements induced by electric stimulation of cerebrum in monkeys and their relationship to bodily movements. The oculomotor system. (ed. by Bender, M. B.), Harper and Row Pub., New-York, p. 36, 1964.
- 22) 渡辺忠彦 : 中枢性眼振の研究. 日耳鼻, 68 : 384, 1965.
- 23) 吉井清 : 視床刺激による眼球運動の筋電図学的研究 ; 耳鼻臨, 52 : 407, 1959.

（ 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 ）