

猫 EER (Electrically Evoked Response) の 視路中枢での反応解析

(1) 猫 EER の基本波形

深津 康博*, 三宅 養三**, 杉田信太郎**, 齋藤 昭**, 渡辺 悟***

*トヨタ記念病院眼科, **名古屋大学医学部眼科学教室, ***名古屋大学環境医学研究所

要 約

猫の EER (Electrically Evoked Response) の視路中枢での反応を解析するための基礎研究として, 35匹の成猫の全身麻酔下に記録した EER の基本波形を調べ, その特性と頂点潜時を検討した. 角膜陽性刺激により 50ms 以内にみられる 2 相性の早期棘波が, 個体差が最も少なく波形評価に最適と思われた. 閾値の個体差は少なかったが, 短潜時の成分ほど閾値は高かった. また閾値より刺激強度を上げるにつれて頂点潜時は短縮し振幅は増大したが, 非常に強い刺激になると長潜時の成分は逆に潜時が延長して振幅も減少し, さらに律動様の小波を生じてくることを示した. これは刺激を強くするほど短潜時の成分が優位になることを意味している. また刺激時間を非常に短くして双極誘導にて記録することにより, 刺激時に生ずる電流アーチファクトの小さい波形が得られ, 3ms 以後の非常に早期の波形の分析が可能であった. 陰性徐波は単極誘導にて明瞭に認められ, 後頭葉皮質由来と考えられた. (日眼会誌 94:993-1000, 1990)

キーワード: EER, 猫, 波形分析, 視路中枢

Analysis of Electrically Evoked Response (EER) in Relation to the Central Visual Pathway of the Cat (1) Wave Shape of the Cat EER

Yasuhiro Fukatsu*, Yozo Miyake**, Shintaro Sugita**

Akira Saito** and Satoru Watanabe***

*Eye Clinic, Toyota Memorial Hospital

**Department of Ophthalmology, Nagoya University School of Medicine

***The Research Institute of Environmental Medicine, Nagoya University

Abstract

To analyze the Electrically evoked response (EER) in relation to the central visual pathway, the authors studied the properties of wave patterns and peak latencies of EER in 35 anesthetized adult cats. The cat EER showed two early positive waves on outward current (cornea cathode) stimulus, and three or four early positive waves on inward current (cornea anode) stimulus. These waves were recorded within 50 ms after stimulus onset, and were the most consistent components in cat EER. The stimulus threshold for EER showed a less individual variation than amplitude. The difference of

別刷請求先: 444 岡崎市八帖町往還通49-1 深津 康博

(平成2年2月5日受付, 平成2年3月19日改訂受理)

Reprint requests to: Yasuhiro Fukatsu, M.D.

49-1, Ohkan-Dori, Hatchicho-Cho, Okazaki-City, Aichi-Pref. 444 Japan

(Received February 5, 1990 and accepted in revised form March 19, 1990)

stimulus threshold between outward and inward current stimulus was also essentially negligible. The stimulus threshold was higher in early components than in late components. The peak latency of EER became shorter and the amplitude became higher, as the stimulus intensity was increased. However, this tendency was reversed and some wavelets started to appear when the stimulus was extremely strong. The recording using short stimulus duration and bipolar electrodes enabled us to reduce the electrical artifact of EER. These results obtained from cats were compared with those of humans and rabbits. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 94: 993-1000, 1990)

Key words: EER, Cat, Wave pattern analysis, Central visual pathway

I 緒 言

眼球を電気刺激すると、光覚に似た phosphene と呼ばれる感覚が得られることはよく知られており、phosphene に関して心理物理的研究が多くなされた¹⁾。1968年に Potts, 井上ら²⁾は、眼球を直流矩形波で刺激して得られる大脳誘発反応を人間の後頭葉領域から記録して EER (Electrically Evoked Response) と名付けてその特性について報告し、後年さらにラットや家兎の実験より EER が確実に視覚系に関する反応であり、その刺激興奮の発生部位は視細胞より中枢の網膜内である事を示した^{3)~5)}。

その後の人 EER の研究では、正常眼や種々の病眼における EER の分析から人 EER の臨床の場における至適記録条件や EER の臨床的重要性が強調されるとともに、その刺激興奮の発生層が視細胞より中枢の網膜内にあることが再確認され、さらに神経節細胞の機能が EER 波形に重大な影響を与えていることが示唆された^{6)~10)}。

EER を発生させる網膜での初期興奮をおこす層に関しては上述したように多くの研究があるが、EER の中枢での反応解析に関する研究はほとんどなされていない。視路中枢での反応解析には、猫が最適の実験動物の1つと考えられる。すなわち、猫の視覚伝導路は人間や猿と同じく特徴抽出が上位ニューロンの分担と考えられることや視交叉がほぼ半交叉であること¹¹⁾、猿より入手が容易であることから、視路中枢の分析が猫において最も詳細に検討されているためである。そのため我々は、猫を用いて視路中枢におけるニューロンレベルの解析を目的として EER の分析をはじめた。その基礎研究として、本稿では猫 EER の基本波形について報告する。

II 実験方法

実験は体重2~4kg の成熟猫35匹を使用し、塩酸ケタミン (ケタラール®) を約20mg/kg 筋注後に気道および静脈路を確保し、Horsley Clark 型固定器に固定した。持続麻酔は、ベントバルビタールナトリウム (ネプトール®) を約2mg/kg・h で経静脈的に与えた。

電気刺激には刺激装置 (日本光電製 SEN-3201) とアイソレーター (日本光電製 SS-102J) を使用し、通電時間0.1ms~2ms の直流矩形波を用いて1.67Hz の刺激頻度にて、特に断らないかぎり右眼を刺激し左脳より記録した。眼球の刺激電極は以前より我々が用いているコンタクトレンズ型双極電極⁷⁾¹²⁾、0.4%オキシブプロカイン (ベノキシール®) 点眼後、1.5%ハイドロオキシエチルセルロース (スコピゾル®) を滴下して装着した。

頭皮を正中切開し、後述する各点にて頭蓋骨を穿孔し開頭した。後頭葉視覚領からの誘導は銀ボール電極を脳皮質上にあてて行い、双極誘導並びに単極誘導にて記録した。双極誘導では、基準点に不関電極を置き、基準点より4mm 左に関電極を置いた。単極誘導では、基準点より25mm 前方前頭洞内に不関電極を置き、基準点より4mm 後方、1.5mm 左方並びに2mm 後方、5mm 左方に関電極を置いて、それぞれ17野および18野からの記録とした。いずれの誘導とも、接地電極は銀板電極を側頭部頭皮下に置いた。誘発反応は、生体用アンプ (日本光電製 AB-621G) で時定数0.1秒、ハイカット300Hz の条件にて AC 増幅してデータレコーダーに記録し、さらにオフライン処理にてシグナルプロセッサ (日本電器三栄製 7T07) で50回加算して EER 波形を作成し X-Y プロッターで記録した。なお、反応は主に双極誘導で記録しており、特に断らない EER は双極誘導による波形である。また、記録はすべて角膜面照度約100lux の室内灯を点灯した状態で

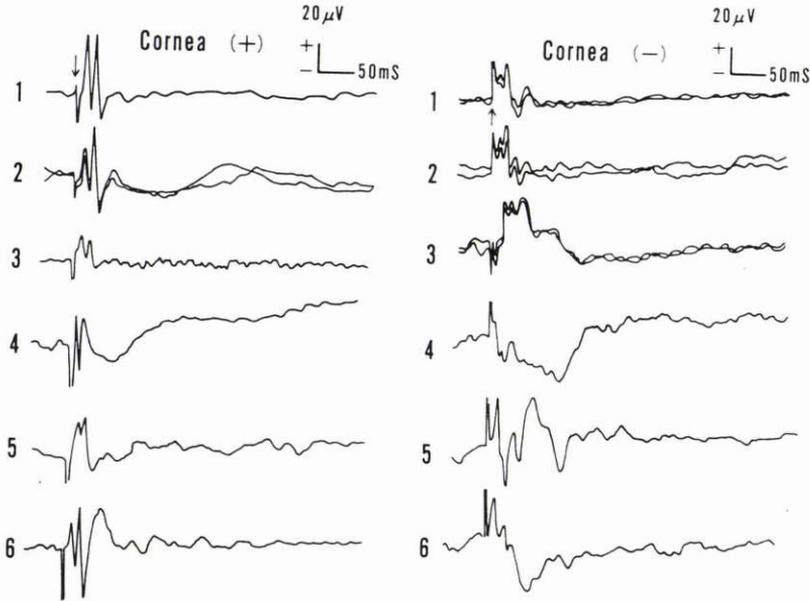


図1 刺激強度2ms×2mAによる6匹6眼の猫 EER. 角膜陽性刺激で50ms 以内にみられる2相性の陽性棘波は比較的安定して記録される。角膜陰性刺激では角膜陽性刺激に比べて、棘波の振幅の個体差が大きいため波形も差異が大きいが、棘波の頂点潜時は比較的安定している。

行った。

III 結 果

1. 猫 EER の基本波形

図1に双極誘導(刺激強度2ms×2mA)による6匹6眼のEERを示す。角膜陽性一眼陰性刺激では2相性の、角膜陰性一眼陽性刺激では3ないし4相性の早期陽性棘波が明瞭に認められる。角膜陽性刺激のEER早期棘波が比較的安定して記録されるのに比べ、角膜陰性刺激のEER早期棘波はその波形の頂点潜時は比較的安定しているものの、振幅の個体差が大きいため波形の個体差が非常に大きいことが分かる。

図2のEER波形には、19匹19眼のEER早期棘波(刺激強度2ms×2mA)の頂点潜時の平均値と標準偏差を記入して示す。概ね遅い波ほど潜時の個体差が大きくなっていることが分かる。なお図2に示すEER自体は刺激強度0.1ms×10mAで得られた波形で、図1のEERと比較すると、刺激時間を短くして刺激強度をあげて記録する方が刺激電流によるアーチファクトの少ない波形が得られることが分かる。すなわち、図1では電気刺激後5ms以降に達しているアーチファクトは、図2では3ms以内におさまっており、さらに

4~7msの短潜時に小振幅の1相の波形が生じていることが分かる。ここで以後の議論の便を図るため、陽性波をP、陰性波をNと表示し、さらに頂点潜時(ms)の1の位までをその右下に、角膜に対する通電極性を右上にそれぞれ添字として与えて仮称することにする。すなわち、角膜陽性刺激EERの早期棘波を N_9^+ ・ P_{14}^+ ・ N_{20}^+ ・ P_{25}^+ ・ N_{34}^+ と、角膜陰性刺激EERの早期棘波を P_9^- ・ N_{15}^- ・ P_{20}^- ・ N_{25}^- ・ P_{31}^- ・ N_{36}^- ・ P_{49}^- と表現する。

2ms×2mAの刺激強度において、 N_9^+ が明瞭に認められるのはEERが記録された猫の約50%にすぎないが、 P_{14}^+ ・ N_{20}^+ ・ P_{25}^+ ・ N_{34}^+ は90%以上で明瞭に認められる(図1)。 N_9^+ が不明瞭になりやすいのは、この成分がアーチファクトと P_{14}^+ にはさまれているため波形の基線が斜めになって頂点が分かりにくくなるためで、後述するように刺激強度を非常に上げるとこの N_9^+ が圧倒的に優位になる。同様に、 P_9^- ・ N_{15}^- 及び N_{36}^- ・ P_{49}^- が明瞭に認められるのは50%以下であるが、 P_{20}^- ・ N_{25}^- ・ P_{31}^- は90%以上で認められる(図1)。 P_9^- と N_{15}^- が不明瞭になりやすいのは、これらの振幅の小さい猫があることや、これらの成分がアーチファクトと P_{20}^- にはさまれているため、波形の基線が斜めになって頂点が分かりにくくなる猫があるためで、後述するように刺激

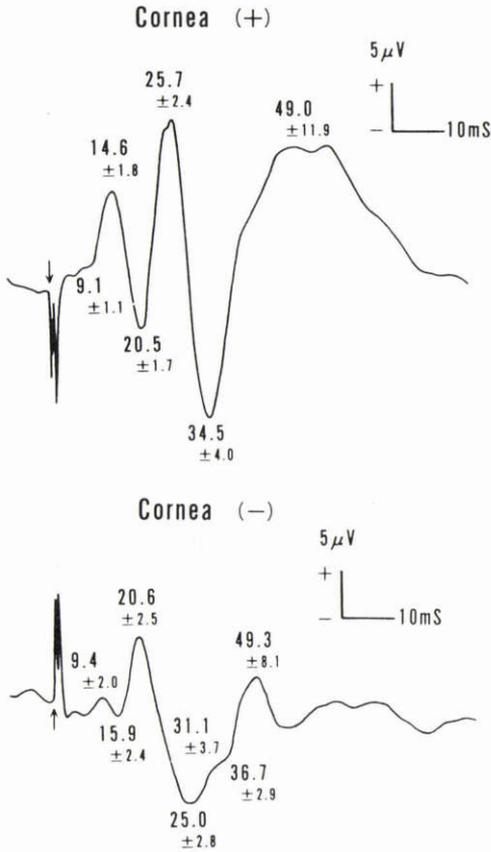


図2 刺激強度2ms×2mAによる19匹19眼の猫EERの頂点潜時。数字は頂点潜時の平均値±標準偏差(M±1SD)を示す。概ね潜時の早い成分ほど個体差も小さい。

強度を非常に上げると N_{15}^- が圧倒的に優位になる。また、 N_{36}^- と P_{49} は長潜時の成分であるため、不明瞭になりやすいものと思われる。

いずれにしても、角膜陰性刺激による早期棘波は多くの猫で認められるとはいえ、それぞれの振幅の個体差が大きいため波形の変異が非常に大きく、それぞれの頂点の同定にはかなり留意が必要である。換言すれば、通常の刺激強度では角膜陽性刺激の P_{14}^+ ・ N_{20}^+ ・ P_{25}^+ ・ N_{34}^+ が EER 波形評価の最も安定した指標といえる。

2. 刺激強度や通電時間を変化させた時の EER の変化

図3は通電時間0.1msで刺激強度を変化させて同一の猫から記録したEERである。角膜陽性と角膜陰性の両刺激ともに0.1ms×2mAより棘波が認められ

るようになるが、短潜時の成分では刺激閾値がさらに数mA高いことが分かる。また、閾値に近い弱い刺激では刺激強度を上げるにつれて棘波の頂点潜時が短縮する傾向が認められ、潜時の遅い棘波ほどその傾向は著明である。なお、それらの閾値の個体差は小さかった。

図4は非常に強い電気刺激を与えたときのEERで、被験猫への障害をさけるため刺激強度は10mAで一定とし通電時間を変化させて記録した。角膜陽性通電による非常に強い刺激では、 N_{20}^+ より潜時の長い成分は次第に頂点潜時が遅延して振幅が減少する傾向がみられる一方、 N_{36}^+ の振幅は非常に大きくなり、さらに9~15msおよび20~26msのそれぞれ N_{36}^+ と N_{20}^+ の陰性棘波に引き続く潜時に一致して1.5ms~2msの周期で数個の律動様の小波が生じてくる。角膜陰性通電では、波形の要素が多く分析が難しいが、刺激強度を上げるにつれて、 N_{15}^- が非常に大きくなること、長潜時の成分では振幅が小さくなること、律動様の小波も生じてくること等、角膜陽性通電と似た傾向は明らかに認められる。

3. 双極誘導と単極誘導の比較および左右差について

図5は刺激強度2ms×2mAによる双極誘導並びに単極誘導(17野および18野)のEERを、右眼すなわち記録電極と対側眼の刺激による記録と、左眼すなわち記録電極と同側眼の刺激による記録で比較したものである。単極誘導では、刺激電流によるアーチファクトが非常に大きくなるため、双極誘導に比べて早期棘波は不明瞭になるが、ほとんどの猫で大きな陰性徐波が刺激後35~40msの潜時間で認められる。7匹の左右計14眼について、これらの各誘導によるEERを比較検討したが、単極誘導ではその波形の乱れのため早期棘波の評価は困難であった。双極誘導による対側刺激及び同側刺激の波形の比較では、早期棘波の頂点潜時や振幅に有意な差はみられなかった。なお、双極誘導は後頭葉皮質上2点間の相対的な電位差を記録しているため、同側刺激による記録では見かけ上誘発電位の極性が逆転して記録されることが時々あるので、双極誘導の早期棘波の極性を評価するためには単極誘導の波形と比較して実際の極性を確認する必要がある。

IV 考 按

EERでは電気刺激を用いるために、その反応早期における刺激電流によるアーチファクトは避けることができないが、誘導方法の工夫、プリアンプの性能の向

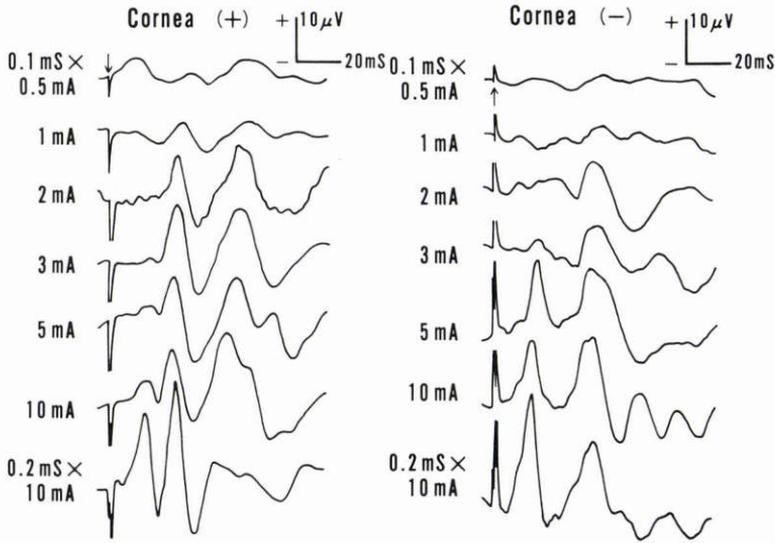


図3 刺激強度を上げたときの猫EERの変化。長潜時の棘波より短潜時の棘波の方が閾値が高い。また刺激強度の上昇と共に、早期棘波の振幅は増大し頂点潜時は短縮している。

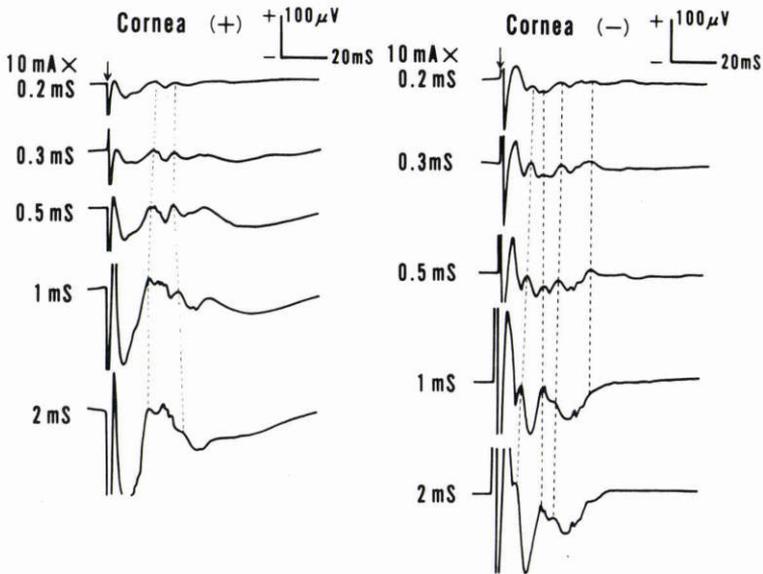


図4 非常に強い刺激を与えたときの猫EERの変化。角膜陽性刺激では、 N_{15} は非常に大きくなるが、 N_{20} 以後の成分は次第に抑制されて振幅は減少し頂点潜時は延長するようになる。また、陰性棘波に引き続いて律動様の小波がみられるようになる。角膜陰性刺激では、 N_{15} が非常に大きくなり律動様の小波がみられる等、角膜陽性刺激と似た変化がみられるが、変動要素が多くより複雑な変化を示す。

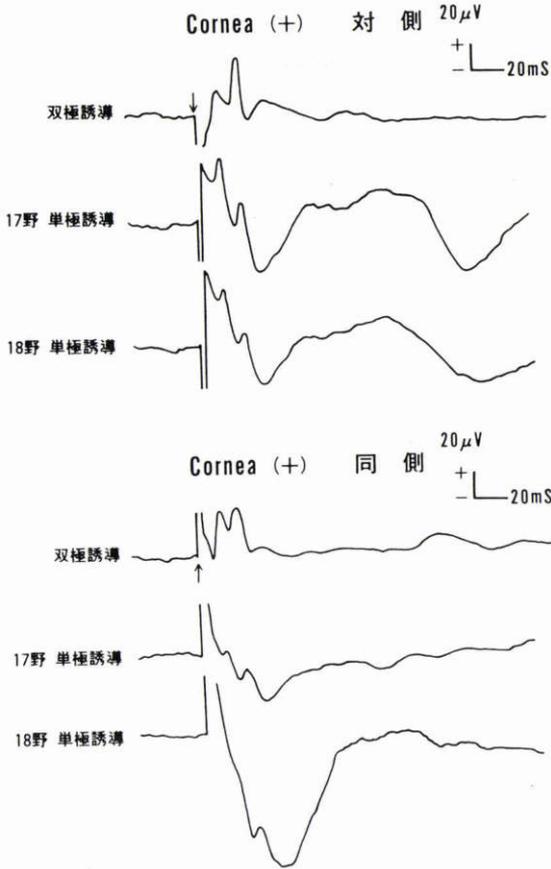


図5 対側眼および同側眼の刺激による各種誘導による角膜陽性猫 EER. 単極誘導ではアーチファクトが大きくなるが、陰性徐波が明瞭にみられる。また17野と18野の比較では、XとYの両細胞系の分布の差異などの解剖学的特徴が早期棘波の潜時や振幅の差としてみられることを期待したが、アーチファクトや陰性徐波が大きくなり分析困難であった。双極誘導による対側と同側刺激の比較では、早期棘波の潜時や振幅に有意な差はみられなかった。

上や記録電極の改良などにより、次第に比較的早期の成分が記録報告されるようになってきている。人間では約100ms以内の⁷⁾¹³⁾¹⁴⁾、家兎では約50ms以内の⁵⁾¹²⁾¹⁵⁾比較的早期にみられる数個の棘波が潜時、振幅とも個体差が比較的小さいことが報告され、また家兎では引き続き大きな陰性徐波がみられる。そしてこれらの大脳誘発反応は、確実に視覚系に関する反応であることが指摘されている⁵⁾¹⁰⁾¹²⁾。猫 EER の詳細な分析は我々の報告が初めてであるが、角膜陽性刺激では2個の、角膜陰性刺激では3ないし4個の明瞭な陽性棘

波が認められた。なお次報で報告するが、猫 EER において、外側膝状体の電位が後頭葉視覚領の電位と比べて数 ms 潜時の早いほとんど同じ波形を示すことやその陰性棘波の潜時に一致した外側膝状体単一ニューロンの活動を記録確認しており、猫 EER の早期棘波は視覚伝導路に密接に関連した反応であることは確実である。比較的安定して記録される角膜陽性刺激において、多種の動物で潜時の相対的差異を除けば非常に類似した波形が得られることは極めて興味深く思われる。

EER の振幅は、電気刺激の刺激強度と通電時間の長さの両者に影響を受けることは過去の報告で一致しており²⁾⁵⁾⁷⁾¹²⁾¹⁵⁾、川村¹⁵⁾は家兎 EER で刺激強度時間曲線を作成し、単一の興奮性細胞の電気刺激で得られる刺激強度時間曲線とよく似た結果を得ている。これは刺激時間を短くしても刺激強度を適切に上げることで、ほぼ同じ波形を得られることを意味している。我々の猫 EER では、当初2msの刺激時間を用いていたが最近では0.1msを用いている。これによりアーチファクトはさらに小さくなり、通常の刺激強度では、前者で5ms以降に達していたアーチファクトが後者では3ms以内に終了している。これはまた、次報で報告する外側膝状体ニューロンの分析に1ms以内の非常に短い刺激が望まれた結果でもある。しかしながら、人の EER 記録において刺激時の疼痛は電流の強度に依存し電流の通電時間には依存しないとされているため⁷⁾、この方法を人にそのまま応用することは難しいと思われる。なお、時定数を0.1秒より小さくしてアーチファクトを除くことを試みたが、棘波の振幅も非常に小さくなるため加算回数を多くしてもあまり良い波形は得られなかった。

EER の刺激閾値は個体差が少ないことが知られている⁷⁾¹²⁾。猫 EER においてもそれは同様であったが、早期棘波を詳細に検討した結果、少なくとも猫 EER では閾値は単一ではなく、長潜時の棘波では閾値が低く、短潜時の棘波ではその数倍閾値が高いことが分かった。これも非常に短い通電時間を用いた分析で明瞭になったもので、当初使用した2msの刺激による分析では閾値の差も小さくなるためその分離は必ずしも容易ではなかった。また、刺激強度を上げるにつれて棘波の各成分はいずれもその振幅が増大するが、非常に強い刺激を与えると長潜時の成分は振幅が減弱することが判明した。これは、刺激を強くするほど短潜時の成分が優位になることを意味している。家兎 EER

における報告⁵⁾¹²⁾¹⁵⁾では、刺激強度を上げるにつれてまず長潜時の陽性棘波が明瞭に現われ、続いて次第に短潜時の陽性棘波が優位になってくることはいずれの報告でも一致して示されており、猫EERでも同じ傾向が認められたことになる。家兎EERではそれぞれの棘波の閾値は区別されていないが、刺激強度を精密に変化させたり通電時間を短くすることで猫EERと同じ結果が得られる可能性がある。

刺激強度と頂点潜時の関係では、閾値に近い弱い刺激では刺激強度を上げるにつれて潜時が短縮する傾向があり、この傾向は潜時の遅い成分ほど著明に認められた。これは、多シナプス回路で形成される棘波の各成分が、刺激強度を上げるにつれてシナプス遅延が短縮し、その結果として潜時が短くなり、最大刺激に近づくにつれてシナプス遅延の短縮が限度に達して潜時が一定化すると考えられる。また遅い成分ほどシナプス(網膜内を含めて)を多く経由しているため、上述の傾向が強くと現われるものと思われる。一方、非常に強い刺激を与えると、長潜時の成分は振幅が減少すると共に潜時も遅延する傾向がみられたが、これは短潜時の成分が優位になるにつれて、それに続く成分が抑制を受けてくることを示唆している。家兎EERでは、潜時はあまり変わらないとする報告¹²⁾と刺激を強くするにつれて短潜時の棘波の潜時がやや短縮するとする報告¹⁵⁾があるが、波形の走査時間を短くして再検討することでやはり猫EERと同じ結果が得られる可能性がある。

川村¹⁵⁾は後頭葉皮質の局所麻酔により、家兎EERの陰性徐波が消失し早期棘波は影響を受けないことを報告している。これは、陰性徐波が後頭葉皮質ニューロンの局所的な興奮を反映していることを意味している。猫EERにおいても、次報で報告する外側膝状体の単極誘導による電位の記録で早期棘波は認められるが陰性徐波に相当する波形は認められないことより、陰性徐波が後頭葉皮質由来であることは明らかである。また猫EERの陰性徐波は、単極誘導で明瞭にみられ双極誘導ではほとんど認められなかったが、これは双極誘導において電極の間隔を比較的小さくとしたため、変化速度の遅い徐波は記録電極間の相対的な電位差が小さくなり波形に現れにくいと思われることや、後述する視交叉の解剖学的特徴が主な要因として考えられる。しかしながら大きな陰性徐波は早期棘波の波形をしばしば乱すので、猫EERの早期棘波の分析には電極の間隔を小さくとした双極誘導が単極誘導より

有用と思われる。なお、人EERでは武井¹⁴⁾が多点導出の単極誘導にて刺激時の電流アーチファクトの小さい波形を得ており、誘発電位の大きい単極誘導が双極誘導より有用であると述べているが、人EERでは陰性徐波に相当する波形は刺激後100ms以内の比較的早い潜時にはみられないようである。

視交叉での非交叉性線維の比率は、家兎で約15%、猫や人で約45%であることが知られている¹¹⁾。家兎では、同側眼刺激によるEERは、対側眼刺激に比して極めて低振幅になることが示されており⁵⁾¹⁵⁾、猫EERで両者の振幅にあまり差がみられなかったことは、解剖学的特徴に一致した結果といえる。ヒトEERでも、武井¹⁴⁾の多点単極誘導による報告を見ると、刺激後100ms以内の成分の振幅の左右差は小さい様である。また、家兎と猫のEERの記録は、いずれも後頭葉視覚領の正中線上に不関電極をおきその外側に関電極をおいたほぼ同じ方法の双極誘導による記録でありながら、家兎では陰性徐波が明瞭にみられ猫ではあまりみられないことは、この視交叉の解剖学的な差異も大きく関与しているものと思われる。すなわち、刺激眼と対側の視覚領に脳誘発反応が偏在する家兎EER⁵⁾は2つの電極間の相対的電位差が大きくなるが、両側の視覚領にほぼ同じ振幅の脳誘発反応がでる猫EERでは視覚領皮質の広範囲で緩やかに生ずる陰性徐波に対して電極間の相対的電位差が生じにくいものと考えられる。

猫の視覚伝導路は、人や猿と同じく上位ニューロンが優位で特徴抽出は主に後頭葉皮質で行われていると考えられる¹¹⁾ことや、猿より入手が容易で最も視路中枢の研究が進んでいることから、EERにおける視路中枢の分析に最適と考えて猫を選択し、その基礎実験として本稿ではEERの基本波形を分析し報告した。

稿を終えるにあたり、御校閲賜りました名古屋大学医学部眼科学教室の栗屋 忍教授に深謝いたします。また、実験に有力な助言や協力を惜しまれなかった名古屋大学環境医学研究所5部の職員の方々に深く御礼申し上げます。本文の要旨は、第93回日本眼科学会総会(平成元年5月12日、於京都)で発表した。

文 献

- 1) Brindley GS: The site of electrically excitation of the human eye. *J Physiol* 127: 189—200, 1955.
- 2) Potts AM, Inoue J, Buffum D: The electrically evoked response of the visual system (EER). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 7: 269—278,

- 1968.
- 3) **Potts AM, Inoue J**: The electrically evoked response of the visual system. (II) Effect of adaptation and retinitis pigmentosa. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 8: 605-612, 1969.
 - 4) **Potts AM, Inoue J**: The electrically evoked response of the visual system. (III) Further contribution of the origin of the EER. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 9: 814-819, 1970.
 - 5) 井上治郎, **Potts AM**: 家兎の EER (Electrically Evoked Response of the visual system) について. *日眼会誌* 75: 765-771, 1971.
 - 6) **Hirose T, Miyake Y, Hara A**: The cortical evoked response to electrical stimulation of the retina and its clinical applications. *Invest Ophthalmol Vis Sci (Suppl)* 16: 131, 1977.
 - 7) 三宅養三, 柳田和夫, 矢ヶ崎克哉: EER (Electrically Evoked Response) の臨床応用. (I) 正常者の EER 分析. *日眼会誌* 84: 354-360, 1980.
 - 8) 三宅養三, 柳田和夫, 矢ヶ崎克哉: EER (Electrically evoked Response) の臨床応用. (II) 桿体系・錐体系視路障害疾患の EER 分析. *日眼会誌* 84: 502-509, 1980.
 - 9) 三宅養三, 柳田和夫, 矢ヶ崎克哉: EER (Electrically Evoked Response) の臨床応用. (III) 網膜中心動脈閉塞症の EER 分析. *日眼会誌* 84: 587-593, 1980.
 - 10) 三宅養三, 柳田和夫, 矢ヶ崎克哉: EER (Electrically Evoked Response) の臨床応用. (IV) 視神経疾患の EER 分析. *日眼会誌* 84: 2047-2052, 1980.
 - 11) 門田直幹: 第22編. 視覚. IV. 視覚伝導路と視覚中枢の生理学. *新生理学(上巻)*. 東京, 医学書院, 954-972, 1982.
 - 12) 柳田和夫, 三宅養三: 家兎を用いた Electrically Evoked Response (EER) の基礎的研究. *日眼会誌* 88: 997-1006, 1984.
 - 13) 谷野 洸, 野呂瀬一美: 眼に対する電流刺激による視覚誘発反応. *日眼会誌* 91: 665-669, 1987.
 - 14) 武井一夫: 電気刺激による視覚誘発反応(EER)の局在性についての検討. *日眼会誌* 92: 1682-1686, 1988.
 - 15) 川村昭之: 家兎 EER の基礎的研究. *日眼会誌* 90: 1417-1421, 1986.
-