

ウサギのERG測定における基準電極部位及びtropicamideの影響

竹内 崇*・七條喜一郎*・鈴木 實*

・吉田 勝**・藤岡美智***・土田拓史****・斎藤俊之*****

Influence of Electrode Placements and Tropicamide for ERG Examination in Rabbits

Takashi TAKEUCHI*, Kiitiro SITIZYO*, Minoru SUZUKI*, Masaru YOSHIDA**,
Michi FUJIOKA***, Takuji TSUCHIDA**** and Toshiyuki SAITO*****

Electroretinograms (ERGs) were recorded from five male rabbits by using of contact lens electrode. We investigated the comparison of ERGs recorded with three reference electrodes placed on lateral canthus (LC), combined lateral canthus (CLC) and nose (N). The ERG waveforms were composed of an a-wave with peak latency of 18 msec, and a b-wave with peak latency of 50 msec. The amplitudes of the a-wave and the b-wave were 30-41 μ V and 437-488 μ V, respectively. These measurements were in accord with various reference electrode placements.

After the tropicamide administration, the ERG waveforms showed that the a-wave was not so sharply defined, and the amplitude of the b-wave slightly increased. However, there was no significant difference between the amplitudes of the ERGs recorded before and after the tropicamide administration.

-
- * 鳥取大学農学部獣医学科家畜生理学講座
 - * *Department of Veterinary Physiology, Faculty of Agriculture, Tottori University*
 - ** 日本新薬(株)
 - ** *Nippon shinyaku Co. Ltd.*
 - *** 大日本製薬(株)
 - *** *Dainihon Pharmaceutical Co. Ltd.*
 - **** 三菱化成(株)
 - **** *Mitsubishi-kasei Co. Ltd.*
 - ***** 鳥取大学農学部獣医学科家畜薬理学講座
 - ***** *Department of Veterinary Pharmacology, Faculty of Agriculture, Tottori University*

緒 言

網膜電図 (Electroretinogram, ERG) は、網膜に光を当てた時に視細胞層から神経線維層に向かって流れる電流を記録したものであり、その波形は動物の種類、刺激条件、明・暗順応などによって異なることが知られている^{3,17)}。ERGは視覚誘発電位 (Visual evoked potential, VEP) とともに、視覚機能を判定するための有用な検査法であり、動物臨床に応用されることが望まれる。著者らは、モルモットのVEPに関する基礎的研究として、刺激条件¹¹⁾、成長過程における変化¹²⁾及び頭皮上及び脳硬膜上からの導出によるVEP¹³⁻¹⁵⁾についてはすでに報告した。現在のところ、ERG及びVEPが小動物臨床に応用された報告は少なく^{1,16)}、小動物の標準値が検討されつつある^{8,10)}。

今回、著者らは、ERGを比較生理学的並びに動物臨床に応用するための基礎的実験の一環として、ウサギのERGに関する基準電極部位の検討を行うとともに、散瞳剤であるtropicamideを投与した場合の影響について検討したので報告する。

実験方法

実験には、日本白色種、雄のウサギ (体重2.5~3.9kg) 5羽を供試した。ウサギは保定箱に保定し、無麻酔にて

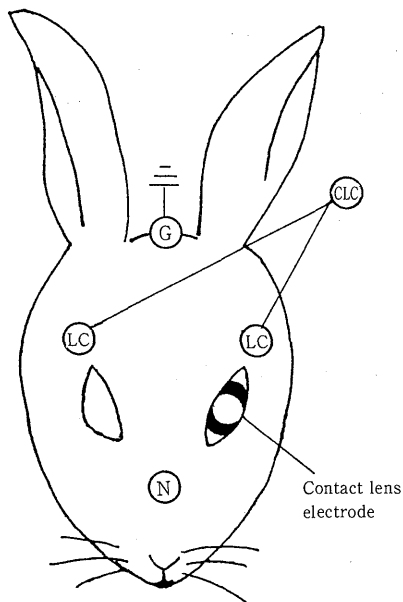


Fig. 1 Electrode placements of ERG in a rabbit.

測定を行った。

ERGの導出にはコンタクトレンズ電極 (京都コンタクトレンズ製) を使用し、電極装着前に0.4%オキシブプロカイン (参天製薬, Benoxil) の点眼による角膜の表面麻酔を行った。基準電極には針電極 (ステンレス製) を使用し、電極装着部位に1%塩酸リドカイン (藤沢薬品工業, Xylocaine) を皮下注射した。

基準電極部位を検討する目的で、外眼角部 (lateral canthus, LC), 左右外眼角部の電極を連結したもの (combined lateral canthus, CLC) 及び鼻背部 (N), の3カ所に基準電極を置いた (Fig.1)。また、ERGに及ぼす散瞳剤の影響を調べる目的で、0.4%トロピカミド (参天製薬, Mydrin M) 投与前後のERGを測定した。

測定はシールドルーム内で行い、保定したウサギを15分間遮光状態に置いて測定に備えた。光刺激は、ウサギの眼前20cmに置いた脳波計付属のストロボライトを使用し、単発の光刺激を行った。この場合のストロボライトの刺激強度は0.5Jである。

ERGの記録には、オシロスコープ (三栄測器, 2137) を使用し、時定数を0.3sec, 掃引時間を200msec, 感度を $50\mu\text{V}/\text{div}$ とした。なお、極性は電気的陽性を上向きとし、ポラロイドカメラにて単一の反応波を3回重ねて撮影した。

記録したERG波形について、ピーク潜時及び振幅を計測した。振幅の求め方は、下河内⁹⁾の勧告基準に従い、a波の振幅は基線からピークまでとし、b波の振幅はa波のピークからb波のピークまでのピーク間振幅とした。

実験成績

基準電極位置の違いによるERG波形

LC, CLC, Nの各基準電極を使用した場合のERG波形をFig.2に示した。各波形の上段は左眼, 下段は右眼から導出したものである。各基準電極を用いて記録したERG波形は、いずれもほぼ同様であり、光刺激後約18msecのピーク潜時で陰性のa波が出現し、約50msecのピーク潜時で陽性のb波が出現した (Fig.2)。

各基準電極を用いて記録したERGのa波のピーク潜時は平均値で約3msecの差がみられた程度であり、b波のピーク潜時は各基準電極を用いた場合ともに平均値は約50msecであった。また、左眼から記録されたb波のピーク潜時は右眼に比べて平均約1msecの延長を示したが、有意差は認められなかった (Fig.3)。

左眼におけるa波の振幅は、LC, CLC, Nを基準電極

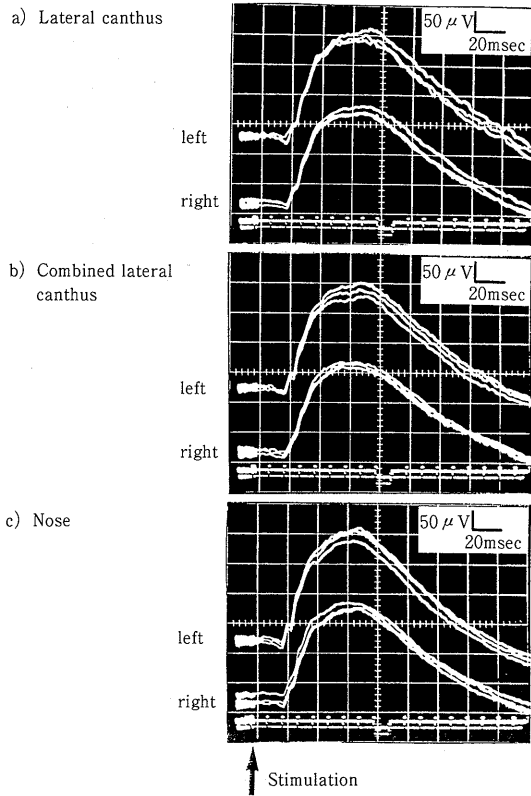
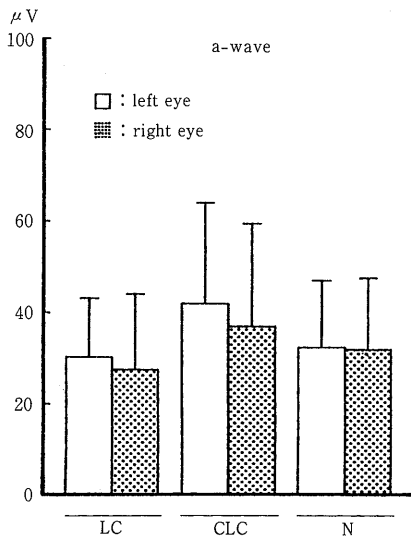


Fig. 2 ERG waveforms in a rabbit. (Pre mydriatic administration)



とした場合に、それぞれ30 μV, 41 μV及び32 μVであり、CLCを基準電極とした場合に最大の振幅を示した。また、b波の振幅は各基準電極位置において、それぞれ465 μ

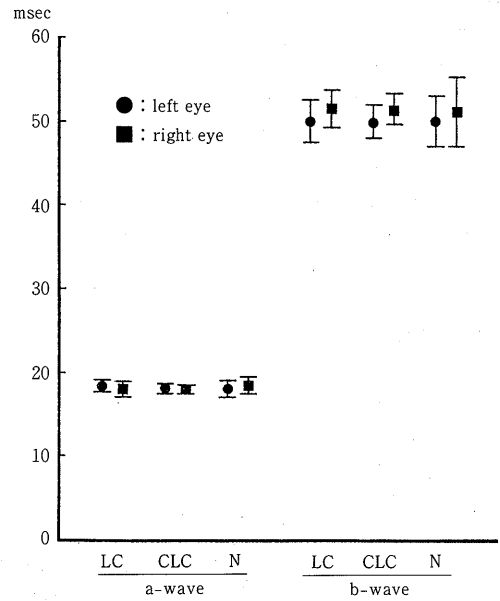


Fig. 3 Changes in peak latencies of ERG with different electrode placements.

LC : Lateral canthus, CLC: Combined lateral canthus, N: Nose

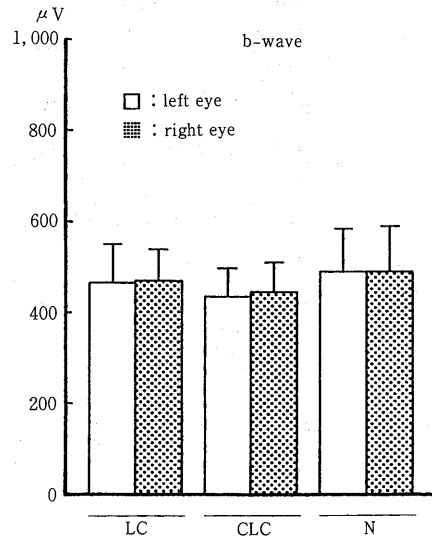


Fig. 4 Changes in amplitudes of ERG with different electrode placements.

LC : Lateral canthus, CLC: Combined lateral canthus, N: Nose

V, 437 μ V及び488 μ Vであり, Nを基準とした場合に最大の振幅を示したが, a波, b波ともに有意差は認められなかった (Fig.4)。

Tropicamide投与後のERG波形

Tropicamide投与前に比べて瞳孔径は約1~2mm拡大した。Tropicamide投与後の各基準電極位置によるERG波形は, 投与前とほぼ同様であったが, a波はやや不明瞭となる場合があり, b波の振幅はわずかに増大する傾向がみられた (Fig.5)。

Nを基準電極とした場合のERGについて, tropicamide投与前後のa波及びb波のピーク潜時をFig.6に示した。a波の平均ピーク潜時は約18msecであり, 投与前後でほとんど変化がみられなかった。また, b波のピーク潜時は, 右眼においてのみtropicamide投与後に約1msec延長したが, 有意差は認められなかった。

Tropicamide投与前後におけるa波の振幅は, 投与前に29~39 μ Vの範囲であったものが, 投与後は22~23 μ Vとなり, やや低値を示した。また, b波の振幅は投与

前に444~486 μ Vであったものが, 投与後は482~491 μ Vとなり, わずかに高値を示した。しかし, a波及びb波ともに有意な変化は認められなかった (Fig.7)。

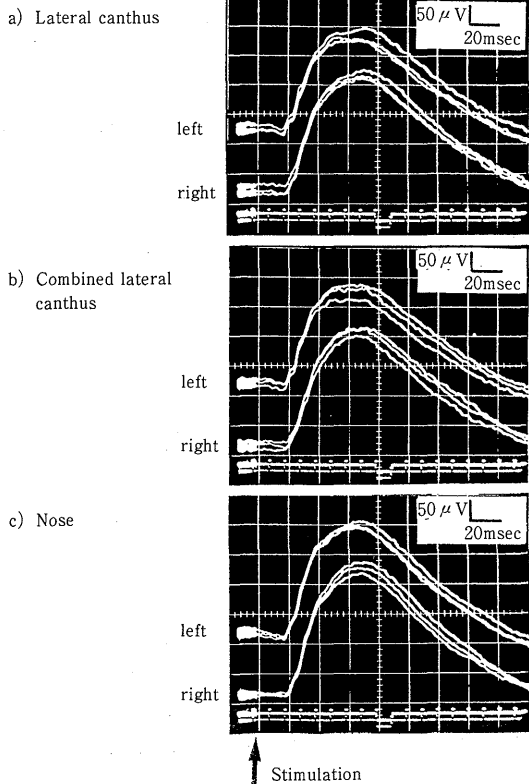


Fig. 5 ERG waveforms in a rabbit. (Mydriatic administration)

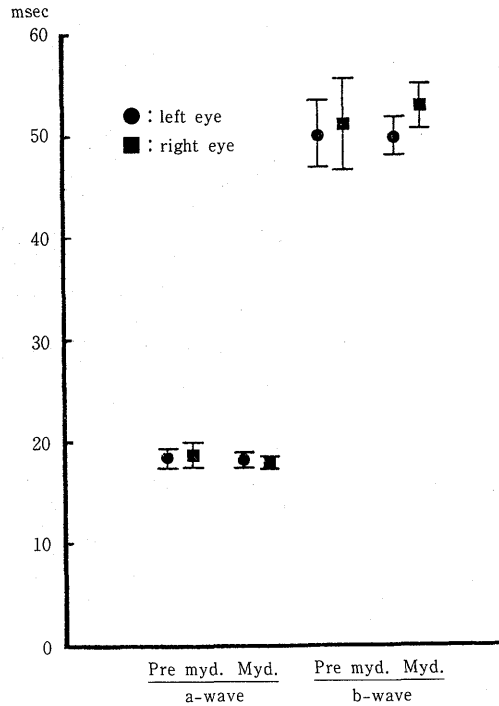


Fig. 6 Changes in peak latencies of ERG by mydriatic administration.

Pre myd. : Pre mydriatic administration
Myd. : Mydriatic administration

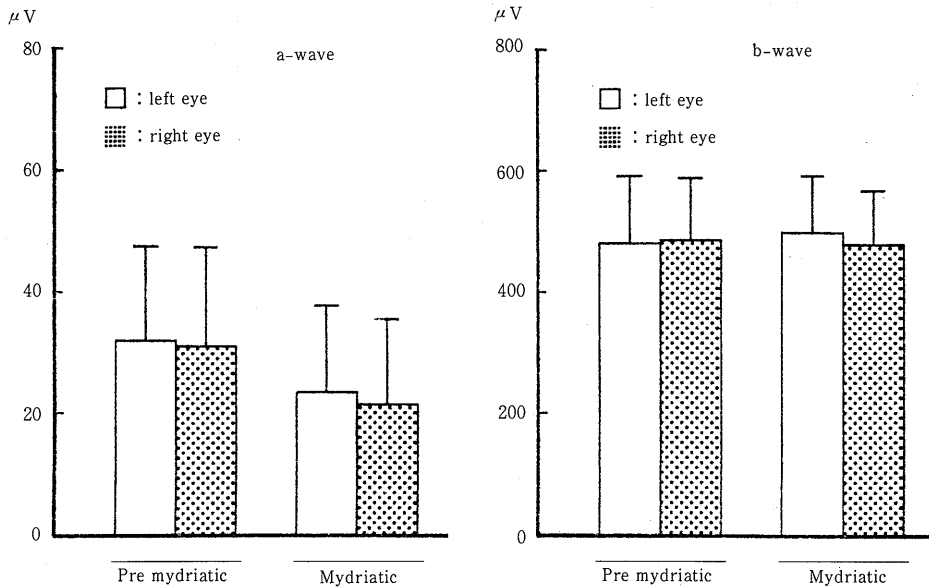


Fig. 7 Changes in amplitudes of ERG by mydriatic administration.

考察及び結語

基準電極の違いによるERG波形

基準電極とは、電位変動のない電気的に中立の部位に置いた電極と定義され、単極導出法では基準電極の影響を無視することはできない⁵⁾。ERG測定に際して、基準電極部位は報告者によって異なり、ヒトでは鼻背部⁴⁾、前額部¹⁸⁾あるいは耳介部⁹⁾に、イヌでは外眼角部^{2,10)}あるいは耳介部⁶⁾に、ウサギでは前頭部²⁰⁾あるいは耳介部⁷⁾に基準電極を置いた報告などがみられる。また、基準電極が組み込まれたコンタクトレンズを使用して記録した報告もみられる⁸⁾。

本実験では、最も電位変動の小さい部位を求めるために、外眼角部 (LC)、左右外眼角部の電極を連結したもの (CLC) 及び鼻背部 (N) の三つの基準電極部位について検討した。すでに結果の項に述べたように、いずれの基準電極部位を用いた場合にも高振幅のERG波形が記録され、基準電極部位の違いによる差異は認められなかった。

渡辺と三宅¹⁸⁾によれば、前額部に基準電極を置き、コンタクトレンズ電極にて導出したERGの振幅に比べて約1/6~1/7の低振幅であるが、ヒトでは前額部に基準電極を置き、外眼角部に探査電極を置いた導出法であって

も明瞭なERGが記録されると述べている。本実験においてウサギの外眼角部に基準電極を置き、コンタクトレンズ電極を使用した場合にもb波の振幅は約450~500 μVであったことから、ERG電位が外眼角部へ波及しているとしても、ERGに対する影響は比較的小さいものと考えられる。

Tropicamide投与後のERG波形

Tropicamideの投与によって瞳孔は1~2 mm拡大したことから、網膜に照射する光量の増加によって刺激強度は増大するものと思われる。先人^{17,19)}によれば、刺激強度の増大によってERGのa波及びb波の振幅はともに増加すると述べられているが、本実験では、a波の振幅はやや低値を示し、b波の振幅はやや高値を示した。a波の振幅低下が起こる原因については明らかでないが、b波の振幅増加は、先人が述べているように、刺激強度の増大によるものと考えられる。

本実験では、tropicamide投与による有意な変化は認められなかった。今回の測定条件として、動物は常に暗順応状態にあるため、tropicamide投与前であっても瞳孔はすでに散大している。したがって、tropicamide投与により瞳孔がやや拡大したとしてもその影響は比較的小さいものと思われる。

また、tropicamide投与後のERGの振幅は、個体による

パラツキが比較的小さくなる傾向がみられた。このように、tropicamide投与後は瞳孔径が一定に保たれることにより、安定したERG波形が記録されるものと思われる。

以上に述べたように、ウサギのERG測定に際して、基準電極を鼻背部に装着した場合に、最も高振幅のb波が記録された。また、tropicamide投与による有意な変化はみられなかった。

参 考 文 献

- 1) Aguirre, G. D. and Rubin, L. F. : Progressive retinal atrophy in the miniature poodle: an electrophysiologic study. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **160**, 191-201 (1972)
- 2) Gum, G. G., Gelatt, K. N. and Samuelson, D. A. : Maturation of the retina of the canine neonate as determined by electroretinography and histology. *Am. J. Vet. Res.*, **45**, 1166-1171 (1984)
- 3) 本川弘一 : 生理学大系Ⅵ. 感覚の生理学. 勝木保次編, 医学書院, 東京 (1967) pp.275-345
- 4) 本間伊佐子, 石山陽事, 江部 充 : 視覚系障害のERGとVEP. *臨床脳波*, **14**, 30-38 (1972)
- 5) 石山陽事 : 脳波記録における基準電極の問題点. *臨床病理*, 特集第57号, 146-160 (1983)
- 6) Malnati, G. A., Marshall, A. E. and Coulter, D. B. : Electroretinographic components of the canine visual evoked response. *Am. J. Vet. Res.*, **42**, 159-163 (1981)
- 7) Mimura, K. and Sato, K. : On the frequency responses of retina and cortex in the rabbit. *Jpn. J. Physiol.*, **15**, 478-491 (1965)
- 8) Sato, S., Sugimoto, S. and Chiba, S. : A procedure for recording electroretinogram and visual evoked potential in conscious dogs. *J. Pharmacol. Meth.*, **8**, 173-181 (1982)
- 9) 下河内 稔 : 誘発電位の臨床検査指針[3]. *臨床脳波*, **30**, 627-633 (1988)
- 10) Sims, M. H. and Brooks, D. E. : Changes in oscillatory potentials in the canine electroretinogram during dark adaptation. *Am. J. Vet. Res.*, **51**, 1580-1586 (1990)
- 11) 鈴木 實, 七條喜一郎, 竹内 崇 : モルモットにおける視覚誘発電位の研究. *日本生理誌*, **52**, 47-53 (1990)
- 12) 鈴木 實, 七條喜一郎, 竹内 崇, 斎藤俊之 : モルモットの成長に伴う視覚誘発電位の変化. *日本生理誌*, **52**, 202-207 (1990)
- 13) 鈴木 實, 七條喜一郎, 竹内 崇, 端村 崇, 槌田 卓, 光山智行, 中尾建子, 斎藤俊之 : モルモットの閃光刺激による視覚誘発電位に関する基礎的研究. *鳥大農研報*, **43**, 209-215 (1990)
- 14) Suzuki, M., Sitizyo, K., Takeuchi, T. and Saito, T. : Visual evoked potential from scalp in guinea pigs. *J. Vet. Med. Sci.*, **53**, 301-305 (1991)
- 15) Suzuki, M., Sitizyo, K., Takeuchi, T. and Saito, T. : Changes in the visual evoked potentials with different photic conditions in guinea pigs. *J. Vet. Med. Sci.*, **53**, 911-915 (1991)
- 16) Strain, G. M., Claxton, M. S., Olcott, B. M. and Turnquist, S. E. : Visual-evoked potentials and electroretinograms in ruminants with thiamine-responsive polioencephalomalacia or suspected listeriosis. *Am. J. Vet. Res.*, **51**, 1513-1517 (1990)
- 17) 富田恒男, 渡辺宏助 : 生理学大系Ⅵ. 感覚の生理学. 勝木保次編, 医学書院, 東京 (1967) pp.275-333
- 18) 渡辺郁緒, 三宅養三 : ERG, EOGの臨床. 医学書院, 東京 (1984) pp.2-28
- 19) 米村大蔵 : 生理学大系Ⅵ. 感覚の生理学. 勝木保次編, 医学書院, 東京 (1967) pp.334-354
- 20) Yonemura, D. and Tsuchida, Y. : The short latency discharge of high light-threshold in the rabbit optic nerve. *Jpn. J. Physiol.*, **18**, 703-722 (1968)