

## 皮膚電極を用いたフラッシュ網膜電位図測定の基礎的検討

鳥取大学医学部保健学科病態検査学講座（主任 広岡保明教授）

高森稔弘, 小谷由香, 橋本裕希, 樋口あゆ,  
細田優太, 佐藤研吾, 福田千佐子, 広岡保明

### Flash electroretinography using skin electrodes

Toshihiro TAKAMORI, Yuka KODANI, Yuki HASHIMOTO,  
Ayu HIGUCHI, Yuta HOSODA, Kengo SATO,  
Chisako FUKUDA, Yasuaki HIROOKA

*Department of Pathobiological Science and Technology, School of Health Science,  
Faculty of Medicine, Tottori University, Yonago 683-8503, Japan*

#### ABSTRACT

We studied flash electroretinography (ERG) performed with skin electrodes in 8 healthy volunteers. We discussed the factors that affect waveforms, such as position of recording electrodes, intensity of optical stimulation, distance of stimulation device, scotopic adaptation time and interstimulus interval time. Thereafter, we configured the standard value under optimized conditions in 20 healthy volunteers, (40 eyes). The optimized conditions under which our study was performed were as follows: electrodes were located ear lobe and inner canthus, stimulus intensity was  $\geq 20$  J, and scotopic adaptation time was  $> 5$  min. There were no changes in the waveforms depending on the distance of stimulation device and interstimulus interval time. Under these optimized conditions, an a-wave with mean peak latency of  $18.4 \pm 1.9$  ms, a b-wave with mean peak latency of  $53.0 \pm 6.5$  ms, and a b-wave with mean amplitude of  $54.6 \pm 21.9$   $\mu$ V were produced. Oscillatory potentials (OPs) were recorded 4 waveforms by the probability of 82%. Compared to corneal contact electrodes, the skin electrodes yielded smaller response amplitude; nevertheless, the use of skin electrodes for performing flash ERG can yield OPs with sufficient reproducibility. (Accepted on June 12, 2013)

**Key words :** electroretinography, skin electrodes, inner canthus

#### はじめに

網膜電位図 (electroretinogram: 以下, ERG と略記) は光刺激による網膜の活動電位を記録したもので, 網膜疾患の診断, および乳幼児の視覚

機能評価などに応用されている。網膜では光刺激を受けると, 光を視細胞で細胞内電位に変換し, 電位は視細胞, 双極細胞, 神経節細胞, 視覚中枢へと伝搬される。この過程で水平細胞は視細胞-双極細胞間のシナプス伝達を修飾し, アマクリン

細胞は双極細胞-神経節細胞間のシナプス伝達を修飾するといわれている。また、アマクリン細胞、双極細胞の脱分極により内顆粒層で細胞外Kイオンが増加した結果、増加分のKイオンが網膜特有のグリア細胞であるミュラー細胞に取り込まれる。a波、b波、律動波 (oscillatory potentials: 以下、OPsと略記) から成るERGの要素波それぞれは、前述した視細胞、ミュラー細胞、アマクリン細胞が起源ではないかといわれている<sup>1,2)</sup>。

ERG測定ではコンタクトレンズ電極 (Burian-Allen双極電極), JET disposable電極, carbon fiber電極, gold foil電極, DTL silver電極, 皮膚電極など様々な電極が用いられてきた。通常、安定した波形が測定できることから、コンタクトレンズ電極が用いられているが、点眼麻酔を必要とすることと、角膜に直接電極を装着するため長時間の装着は困難であること、また、角膜を傷つける可能性もあることより、乳幼児では、非侵襲的な皮膚電極による測定が望ましいとされている<sup>3)</sup>。しかし、皮膚電極によるERG測定は、電極の位置が網膜から遠く、アーチファクトを多く含むことや、振幅が小さいことが問題とされている。さらに、関電極の位置も下眼瞼、不関電極を外眼角<sup>4)</sup>、正中前額部<sup>5)</sup>、耳朶<sup>3)</sup>、こめかみ<sup>6)</sup>などと測定方法が一定しておらず、基準値も確立されていない。

今回われわれは、乳幼児のERG測定を目的とし、健常成人を対象に皮膚電極を用い、網膜全体を光刺激によって測定を行う全視野フラッシュERG検査の基礎的検討を行ったので報告する。

### 対象および方法

#### 対象

まず、健常な学生8名 (男性4名, 女性4名, 平均年齢23歳) を対象として皮膚電極によるERG測定の至適条件の検討を行った。次に、至適条件の検討を行った8名を含む健常な学生20名 (男性14名, 女性6名, 平均年齢22歳) を対象として健常成人の基準値を求めた。全対象者は身体的及び神経学的異常が無く、ボランティアで参加した。本研究は鳥取大学医学部倫理審査委員会承認されており、研究に先立ち、対象者に主旨と内容を口頭で説明し同意を得た。

#### ERG測定

ERG測定機器は日本光電ニューロパックX1を使用し、Hi-cut filter 1kHz, Lo-cut filter 0.5 Hz

に設定した。電極はAg-AgCl皿電極を使用し、関電極は外眼角、下眼瞼、内眼角の3部位、不関電極は正中前額部、測定同側耳朶、外眼角の3部位で検討した。接地電極は測定対側耳朶に置き、片側のERG測定を行った。誘導は陽性の電位変化を上向きに記録するPositive Upper法を利用した。刺激は40 Jの光刺激を用い、刺激装置と被検者の眼までの距離を30 cmに固定し、加算回数10~15回で全視野フラッシュERGの測定を行った。被検者はベッド上仰臥位にて、暗順応を15分以上とした。再現性の測定を行う場合は、再度、暗順応を3分以上行った後、安静閉眼状態で電極位置を検討した。次に、電極位置の検討で得られた至適な電極位置で、光刺激強度、刺激装置距離、暗順応時間、刺激間時間、などを検討した。光刺激強度の検討では、刺激強度を0.6 J, 1.2 J, 20 J, 40 Jとし、刺激装置距離の検討では、刺激装置と被検者の眼までの距離を20 cm, 30 cm, 40 cmとした。暗順応時間の検討では、暗順応時間を0分, 5分, 10分, 15分, 20分とし、刺激間時間の検討では、1回目の測定と2回目の測定を行うまでの安静時間を0分, 1分, 3分, 5分と変化させて検討した。最後に、検討結果より得られた至適条件でERG測定を行ない、健常成人の基準値を求めた。

#### 波形の計測

得られた波形を図1に示す。波形の中でa波潜時、b波潜時、b波振幅、OPs数について計測した。陽性の電位変化を上向きに記録するPositive Upper法を使用したため、最初に上向きに記録された陽性波をa波 (図1の▼) とし、刺激からその陽性波の頂点までをa波潜時とした。次に続く大きな上向きの陽性波形をb波、その上昇部位に記録されるさざ波様の波形をOPs (図1の●) とした。b波潜時は刺激から最後のOPsの後に記録され、OPsよりも緩やかな頂点を持つ陽性波の頂点 (図1の▽) までとした。b波の振幅は最も陰性側に振れたa波成分からb波の頂点とした。

#### 統計解析

PASW Statistics 18を用い、一要因分散分析、一元配置反復分散分析および多重比較検定を行い、有意水準5%未満を統計学的に有意とした。

## 結 果

### 1. 電極位置の検討

関電極を外眼角、下眼瞼、内眼角、不関電極を

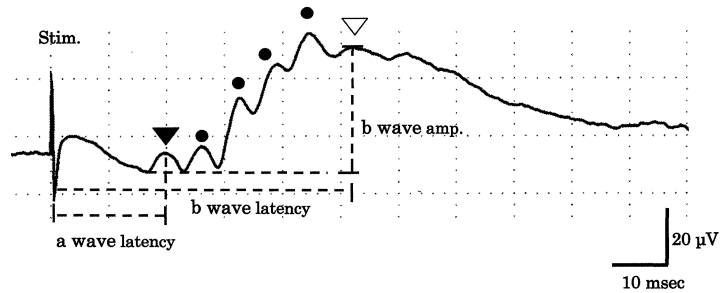


図1 健常者ERG (安静覚醒閉眼)

刺激をStim., a波を▼, OPsを●, b波を▽で示す. また, a波潜時をa wave latency, b波潜時をb wave latency, b波振幅をb wave amp.で示す.

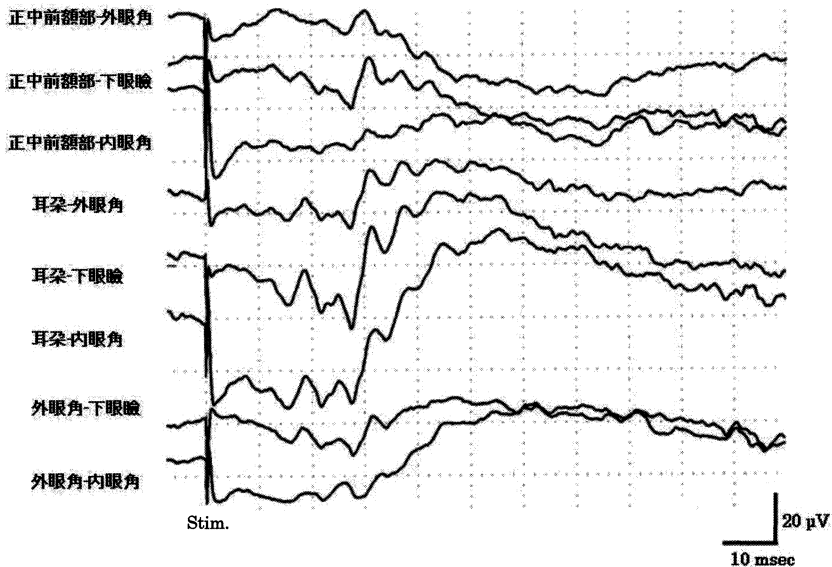


図2 電極位置の違いによる波形

刺激をStim.で示す. 不関電極が耳朶の場合, コンタクトレンズ型電極に近い波形が記録された.

正中前額部, 測定同側耳朶, 外眼角に用いた8通りの誘導法(正中前額部-外眼角, 正中前額部-下眼瞼, 正中前額部-内眼角, 耳朶-外眼角, 耳朶-下眼瞼, 耳朶-内眼角, 外眼角-下眼瞼, 外眼角-内眼角)で至適電極部位を検討した. それぞれの誘導法で記録された波形を図2に示す. 耳朶を不関電極とする電極位置ではコンタクトレンズ電極測定による波形<sup>45)</sup>に近いものが記録されたが, 正中前額部もしくは, 外眼角を不関電極にした場合, 波形が

平坦で十分なb波振幅が得られなかった. b波が明瞭に記録された耳朶-外眼角, 耳朶-下眼瞼, 耳朶-内眼角の3種類の誘導におけるa波潜時はそれぞれ $18.6 \pm 1.6$  msec,  $18.8 \pm 1.3$  msec,  $18.7 \pm 1.3$  msec, b波潜時はそれぞれ $50.7 \pm 7.4$  msec,  $52.5 \pm 8.0$  msec,  $57.8 \pm 5.1$  msec, b波振幅は $14.9 \pm 7.7$   $\mu$ V,  $36.7 \pm 9.8$   $\mu$ V,  $61.9 \pm 17.0$   $\mu$ Vであった(表1). a波潜時, b波潜時は関電極が外眼角, 下眼瞼, 内眼角間で有意差は認められなかったが,

表1 各検討の測定結果

1.電極位置の検討				
	a wave latency (msec)	b wave latency (msec)	b wave amplitude ( $\mu$ V)	OPs (%)
耳朶-外眼角	18.6 $\pm$ 1.6	50.7 $\pm$ 7.4	14.9 $\pm$ 7.7*	67
耳朶-下眼瞼	18.8 $\pm$ 1.3	52.5 $\pm$ 8.0	36.7 $\pm$ 9.8**	88
耳朶-内眼角	18.7 $\pm$ 1.3	57.8 $\pm$ 5.1	61.9 $\pm$ 17.0	100
2.刺激強度の検討 (耳朶-内眼角)				
	a wave latency (msec)	b wave latency (msec)	b wave amplitude ( $\mu$ V)	OPs (%)
0.6 J	ND	ND	ND	0
1.2 J	ND	84.3 $\pm$ 23.2†	25.5 $\pm$ 8.4†	0
20 J	20.3 $\pm$ 1.7	54.1 $\pm$ 7.7	55.6 $\pm$ 10.5	100
40 J	18.3 $\pm$ 1.5	55.6 $\pm$ 6.4	66.1 $\pm$ 11.0	100
3.刺激装置距離の検討 (耳朶-内眼角)				
	a wave latency (msec)	b wave latency (msec)	b wave amplitude ( $\mu$ V)	OPs (%)
20 cm	18.8 $\pm$ 1.3	54.8 $\pm$ 6.5	66.2 $\pm$ 14.8	100
30 cm	17.7 $\pm$ 1.1	52.8 $\pm$ 6.3	60.9 $\pm$ 12.6	100
40 cm	19.0 $\pm$ 1.2	54.2 $\pm$ 7.9	54.9 $\pm$ 13.0	100
4.暗順応時間の検討 (耳朶-内眼角)				
	a wave latency (msec)	b wave latency (msec)	b wave amplitude ( $\mu$ V)	OPs (%)
0 min	18.6 $\pm$ 0.9	49.5 $\pm$ 6.8	53.0 $\pm$ 19.2	25
5 min	18.2 $\pm$ 1.1	54.1 $\pm$ 3.9	60.3 $\pm$ 12.1	100
10 min	18.0 $\pm$ 1.5	54.8 $\pm$ 4.8	52.1 $\pm$ 15.7	88
15 min	18.6 $\pm$ 1.6	55.9 $\pm$ 5.2	53.5 $\pm$ 17.1	100
20 min	19.6 $\pm$ 1.5	56.6 $\pm$ 6.1	55.3 $\pm$ 18.6	100
5.刺激間時間の検討 (耳朶-内眼角)				
	a wave latency (msec)	b wave latency (msec)	b wave amplitude ( $\mu$ V)	OPs (%)
0 min (1回目)	18.0 $\pm$ 0.9	52.6 $\pm$ 4.5	57.4 $\pm$ 17.0	100
0 min (2回目)	18.8 $\pm$ 1.4	54.3 $\pm$ 5.6	56.5 $\pm$ 15.3	100
1 min (1回目)	19.0 $\pm$ 1.2	55.3 $\pm$ 5.8	57.3 $\pm$ 14.6	100
1 min (2回目)	19.0 $\pm$ 1.2	55.8 $\pm$ 6.1	57.6 $\pm$ 17.5	100
3 min (1回目)	19.0 $\pm$ 1.0	52.5 $\pm$ 3.8	58.9 $\pm$ 16.3	100
3 min (2回目)	19.4 $\pm$ 1.2	54.4 $\pm$ 4.6	55.3 $\pm$ 15.4	100
5 min (1回目)	18.9 $\pm$ 1.4	52.6 $\pm$ 5.6	54.3 $\pm$ 18.5	100
5 min (2回目)	19.4 $\pm$ 1.6	53.8 $\pm$ 6.4	54.8 $\pm$ 19.4	100
6.基準値 (耳朶-内眼角)				
	a wave latency (msec)	b wave latency (msec)	b wave amplitude ( $\mu$ V)	OPs (%)
基準値	18.4 $\pm$ 1.9	53.0 $\pm$ 6.5	54.6 $\pm$ 21.9	82

\* : p &lt; 0.01 (耳朶-外眼角と耳朶-内眼角)

\*\* : p &lt; 0.05 (耳朶-下眼瞼と耳朶-内眼角)

† : p &lt; 0.01 (1.2 Jと20 J, 1.2 Jと40 J)

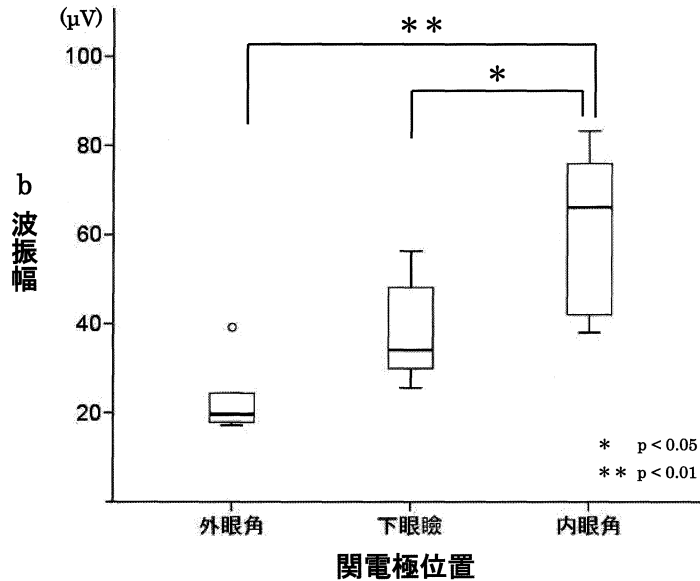


図3 電極位置の違いによるb波振幅の比較

不関電極が耳朶で、関電極が内眼角の場合、b波が最も高振幅に記録された (\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$ ).

b波振幅では関電極が内眼角、不関電極が耳朶の場合、最も高振幅に記録され、統計学的有意差が認められた ( $p < 0.05$ ) (表1, 図3). 通常OPsは4個記録されるが、耳朶-外眼角、下眼瞼、内眼角でそれぞれ67%, 88%, 100%の確率で4個記録され、OPsは耳朶-内眼角で最も鮮明に記録された(表1).

電極位置の検討より、耳朶-内眼角の誘導法においてb波が最も高振幅、かつOPsが鮮明に記録できたため、以後の検討は耳朶-内眼角の誘導法で実施した。なお、測定条件を明記していない場合、電極位置の検討と同条件(電極配置は耳朶-内眼角、光刺激強度は40 J、刺激装置距離は30 cm、暗順応時間は15分以上、刺激間時間は3分以上)で行った。

## 2. 光刺激強度の検討

光刺激強度は0.6 J~40 Jで検討した。0.6 Jの刺激では波形が認められず、1.2 Jでは低振幅で緩やかなb波のみ、20 Jと40 Jでは各要素波すべてが記録された(図4)。20 J、40 Jでのa波潜時はそれぞれ $20.3 \pm 1.7$  msec,  $18.3 \pm 1.5$  msecであった。1.2 J、20 J、40 Jでのb波潜時はそれぞれ $84.3 \pm 23.2$  msec,  $54.1 \pm 7.7$  msec,  $55.6 \pm 6.4$  msec,

b波振幅はそれぞれ $25.5 \pm 8.4$   $\mu$ V,  $55.6 \pm 10.5$   $\mu$ V,  $66.1 \pm 11.0$   $\mu$ Vであった(表1)。b波は強い刺激ほど高振幅の波形が得られ、1.2 Jと20 J、1.2 Jと40 Jの光刺激強度において統計学的有意差 ( $p < 0.01$ ) が認められた(表1, 図5)。

## 3. 刺激装置距離の検討

被検者の眼と刺激装置までの距離を20 cm~40 cmに設定して測定を行ったが、いずれの距離においても各要素波が鮮明に記録され、刺激装置距離による影響はほとんど認められなかった。

## 4. 暗順応時間の検討

暗順応時間0分~25分で検討を行った。暗順応時間0分では、8例中6例においてOPsは3個であったが、暗順応時間5分以上ではOPsが4個明瞭に認められた(図6)。

## 5. 刺激間時間の検討

1回目測定と2回目測定の時間間隔の影響を検討するため、その時間間隔を0分、1分、3分、5分で測定した。刺激間時間差によるa波、b波潜時および、b波振幅の変化は認められず、1回目測定と2回目測定の間に安静時間は不要であった(表1)。

## 6. 基準値

以上より、至適測定条件は、耳朶-内眼角で誘

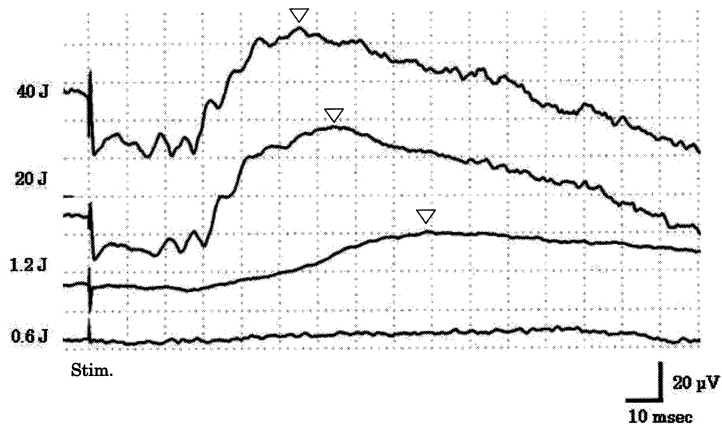


図4 刺激強度の違いによる波形

刺激をStim., b波を▽で示す. 0.6 Jの光刺激では波形は認められず, 1.2 Jでは低振幅で緩やかなb波のみ, 20 Jと40 Jですべての要素波が記録された.

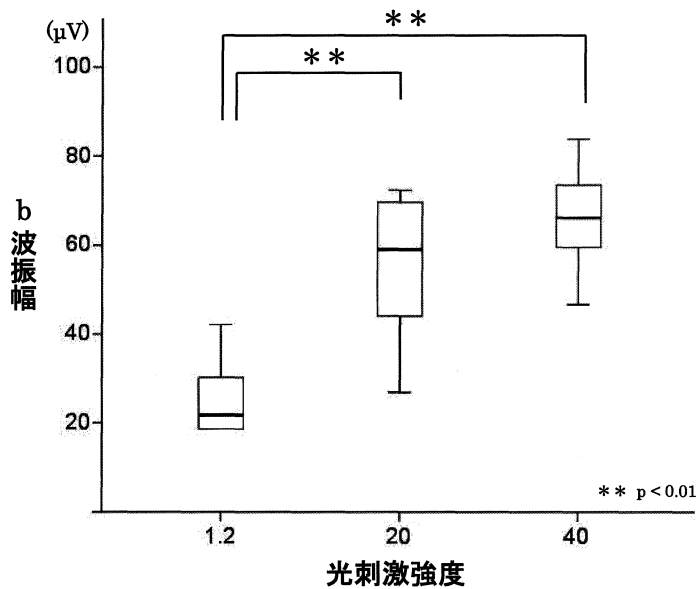


図5 刺激強度の違いによるb波振幅の比較

20 Jと40 Jの光刺激では統計学的有意差は認められなかったが, 1.2 Jと40 J, 20 Jと40 Jにおいて統計学的有意差が認められた (\*\* :  $p < 0.01$ ).

導し, 接地電極は正中前額部, 刺激強度20 J以上, 刺激装置距離30 cm, 暗順応時間5分以上であった. この測定条件にて健常成人20名 (40眼) のERG測定を行った. a波潜時, b波潜時, b波振幅はそれぞれ  $18.4 \pm 1.9$  msec,  $53.0 \pm 6.5$  msec,  $54.6 \pm$

$21.9 \mu V$ , 4個のOPsは82%で認められた.

### 考 察

皮膚電極を用いたERGの測定条件を検討し, 健常成人における基準値を求めた. 今回と既報

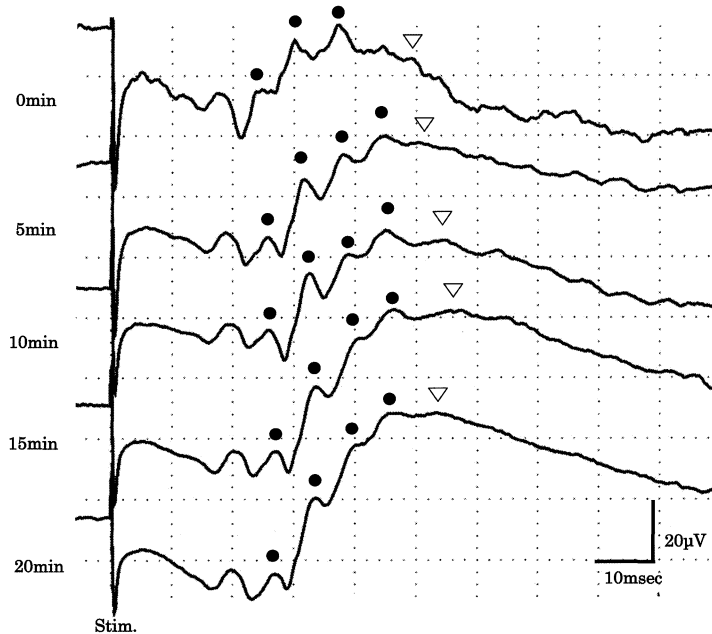


図6 暗順応時間の違いによる波形

刺激をStim., OPsを●, b波を▽で示す。暗順応時間5分以上では律動波が4つ明瞭に記録された。

の値<sup>4,7)</sup>を比較すると、a波潜時、b波潜時ではほとんど差は認められなかった。一方、b波振幅は $54.6 \pm 21.9 \mu\text{V}$ であり、コンタクトレンズ型電極の振幅 $300 \sim 500 \mu\text{V}$ <sup>4,5)</sup>に比較して低振幅であったが、再現性の良い波形、振幅が得られ、Kris<sup>5)</sup>や安達<sup>8)</sup>と同様の結果が得られた。

電極位置に関するわれわれの検討では、耳朶内眼角の電極位置で最も高振幅なb波が記録された。しかしながら、現在までの報告では閃電極は下眼瞼、不閃電極は外眼角<sup>4)</sup>、正中前額部<sup>5)</sup>、耳朶<sup>3)</sup>、こめかみ<sup>6)</sup>と至適部位については確立されていない。閃電極の部位について、安達<sup>8)</sup>は内眼角ではなく下眼瞼で最も高振幅に記録されると報告しているが、われわれは、内眼角で最も高振幅なb波が得られ、OPsを含めた各要素波が鮮明に記録できた。この理由として、不閃電極を耳朶に設置した場合、閃電極を内眼角に設置すると最も電極間距離が大きくなること、また視神経は内眼角の方向へ向かうことが影響しているのではないかと考えられた。さらに、内眼角には眼輪筋ではなく眼輪筋の靱帯である内側眼瞼靱帯があるため眼輪筋

の影響を受けにくく、OPsを含む各要素波が明瞭に記録できたと考えられた。不閃電極に関しては正中前額部、耳朶で異なる波形が得られた。電極を眉毛直下の上眼瞼に設置した場合、大脳誘発電位に影響されるという報告があり<sup>8)</sup>、不閃電極を正中前額部に置いた場合、上眼瞼の場合と同様大脳誘発電位の影響を受け、耳朶と異なる波形が記録されたためではないかと考えられた。

光刺激強度の検討では0.6 Jでは波形が認められず、1.2 Jでは緩やかなb波のみ、20 Jと40 Jでは各要素波がすべて記録された。また、a波は強い光刺激では分峰するとされているため<sup>9,10)</sup>、今回は陰性波として記録されるa波が、20 J以上ではa波が陽性波として記録されたのではないかと考えられた。1.2 Jで記録された緩やかなb波は国際臨床視覚電気生理学学会推奨のプロトコールのひとつである桿体応答の記録波形<sup>10)</sup>に近似していた。桿体応答は暗順応下にて標準刺激光よりも暗い白色光もしくは青色光を用いて桿体細胞優位の反応を記録する方法であり、網膜の最大応答を記録するBright-flash ERGのみでなく、桿体応答も

記録できるためではないかと考えられた。40 Jでは稀に光刺激によると思われるアーチファクトの混入が認められるが、この場合、電極に黒いテープを用いることで除去できるといわれている<sup>11)</sup>。今回、20 Jと40 Jでは有意差が認められなかったため、光刺激によるアーチファクト混入の際は、20 Jでの測定でも可能と考えられた。しかし、乳幼児でのERG測定では、ほとんどの場合睡眠導入下での検査となるが、閉眼時と開眼時を比較した場合では、潜時の遅延が認められるとの報告<sup>5)</sup>があることより、睡眠下の閉眼状態では網膜への刺激が幾分減少する可能性も考えられ、通常20 Jより40 Jでの測定が適当と思われた。

40 J刺激における眼と刺激装置との距離の検討では、20 cm, 30 cm, 40 cmの間でERG波形の差は認められなかった。光量は距離の2乗に反比例して減少するため、通常、眼と刺激間距離は一定で行っているが、今回は40 Jと強い光刺激であったため、10 cm~20 cm程度の距離差では波形に影響しないのではないかと考えられた。

暗順応時間の検討では、5分以上の暗順応があればOPsを含め各要素波が明瞭に記録された。OPsの起源といわれるアマクリン細胞は桿体経路から錐体経路への乗り換えに関与し、動きの検出器として重要である。また、アマクリン細胞には他にいくつかの働きが知られているが、未知のものも多い。KuzeとUji<sup>12)</sup>は暗順応下での律動波の変化を記録し、3番目の律動波（以下、OP3と略記）は、桿体細胞の活動に関与するため暗順応時間が30秒以下では記録されないと報告している。今回の検討でも暗順応時間0分ではOPsが3個しか記録されなかったが、その理由としてはOP3によるものではないかと思われた。

連続測定に関しては、反復フラッシュ刺激によりOPsの潜時、振幅が変化するという報告<sup>13)</sup>がみられるが、今回の検討では刺激間隔が0分から5分の間では変化が認められず、連続測定は可能と考えられた。

以上、皮膚電極による全視野フラッシュ刺激ERG測定の至適条件を検討し、コンタクトレンズ型電極に比べ振幅は小さいものの明瞭な波形が記録可能であることが示された。コンタクトレンズ電極によるERGの臨床応用では、パターン刺激によるERG<sup>14, 15)</sup>やERGと視覚誘発電位（以下、VEPと略記）の同時記録などの有用性<sup>16-18)</sup>が報告

されている。今後、皮膚電極を用いたERGにおいても、コンタクトレンズ電極と同様にパターン刺激のERGやVEPとの同時記録も可能と考えられ、眼科疾患のみではなく、多発性硬化症等、神経疾患を含む様々な疾患の診断に有用になるのではないかと考えられた。

## 結 語

皮膚電極を用いたERG測定法の至適条件を検討した結果、電極配置は耳朶内眼角、光刺激強度20 J以上、刺激装置距離20 cm~40 cm、暗順応時間5分以上という条件が最も有効であることが示唆された。本測定法は、コンタクトレンズ電極に比べ振幅は小さいが再現性よく律動波も含め明瞭な波形の記録が可能となり得ることより、今後の臨床応用が期待された。

## 文 献

- 1) 富田恒男. ERG波の細胞起源. 日本眼科学会誌 1983; 4: 1-6.
- 2) 白尾裕. ERG構成成分の細胞起源と解釈. 眼科 1992; 34: 625-635.
- 3) Mustonen E, Sulq I. Electroretinography by skin electrodes and signal averaging method. Acta Ophthalmol 1980; 58: 388-396.
- 4) Bradshaw K, Hansen R, Fulton A. Comparison of ERGs recorded with skin and corneal-contact electrodes in normal children and adults. Doc Ophthalmol 2004; 109: 43-55.
- 5) Kriss A. Skin ERGs: their effectiveness in paediatric visual assessment, confounding factors, and comparison with ERGs recorded using various types of corneal electrode. Int J Psychophysiol 1994; 16: 137-146.
- 6) Papathanasiou ES, Papacostas SS. Flash electroretinography: normative values with surface skin electrodes and no pupil dilation using a standard stimulation protocol. Doc Ophthalmol 2008; 116: 61-73.
- 7) 黒岩義之, Celesia GG. 視覚誘発電位 その正常波形と臨床応用. 新潟, 西村書店. 1989.
- 8) 安達恵美子, 千葉弥幸. 皮膚電極による臨床ERG. 日眼会誌 1971; 75: 1056-1061.



- 9) 武田千晴. 脳誘発電位測定ハンドブック, 第4版. 東京, メディカルシステム研修所. 2011.
- 10) 新井田孝裕. 電気生理学. 丸尾敏夫, 久保田伸枝, 深井小久子編, 視能学, 第2版, 東京, 文光堂. 2011. p. 85-99.
- 11) 大高康博, 谷川篤宏, 島田佳明, 上田伊代, 堀口正之. Pulse reference power line noise reductionを用いた皮膚電極ERGの記録. 眼科臨床紀要 2011; 4: 1064-1067.
- 12) Kuze M, Uji Y. Change in electroretinogram oscillatory potentials during dark adaptation. Jpn J Ophthalmol 2005; 49: 420-422.
- 13) Kuniyoshi K, Irifune M, Uno N, Nakao A, Shimomura Y. Oscillatory potentials with repeated-flash electroretinography. Jpn J Ophthalmol 2010; 54: 32-35.
- 14) 溝田敦, 柿栖米次, 安達恵美子. パターンERG用各種電極の比較検討. 日本眼科紀要 1986; 37: 625-629.
- 15) 高田郁子, 安達恵美子, 黒田紀子. 皮膚電極によるPattern ERG. 日本眼科紀要1983; 34: 1455-1460.
- 16) 阿部春樹, 長谷川茂. パターンVEPとパターンERG同時記録 眼科疾患への応用. 臨床脳波 1998; 40: 143-150.
- 17) 尾本周, 黒岩義之, 湯田兼次, 川名ふさ江, 井田雅祥, 飯島康仁. パターン反転ERG・VEP同時記録による網膜神経節細胞の機能評価: 錐体杆体ジストロフィーへの臨床応用. 臨床脳波 2000; 42: 664-668.
- 18) Celesia GG, Kaufman D, Cone SB. Simultaneous recording of pattern electroretinography and visual evoked potentials in multiple sclerosis. Arch Neurol 1986; 43: 1247-1252.