# 加算網膜電位図の三次元的検討:

臨床応用に必要な正常像と雑音の検討(図13,表2)

川島幸夫・筒井純(川崎医科大学眼科学教室)
 宮田典男・楠牟礼正和(宮田眼科病院)

Evaluation of Artifacts and Normal Appearance by Three Dimensional Analysis (XY Plane, Time) for Photopic and Scotopic Dominant Components in Electroretinogram

> Sachio Kawashima\*, Jun Tsutsui\*, Norio Miyata\*\* and Masakazu Kusumure\*\*

\*Department of Ophthalmol, Kawasaki Medical School \*\*Miyata Eye Hospital

#### 要 約

網膜の機能的画像診断を目的として,眼球周囲の加算 ERG a 波とb 波の電位分布を各刺激頻度(0.5~30 Hz) で比較する differential ERG topography と臨床応用に必要な雑音の検討を行った.電位分布に影響を 与えるものとして瞬目,筋電図,眼位変動,背景脳波等があり,これらの対策として artifact reject level の 設定,被検者や背景脳波の監視が有効であった.暗所視優位の条件では al 波は上眼瞼に,a2波とb 波は下眼瞼 に極大が分布したのに対して明所視優位の条件では a 波とb 波は上眼瞼に優位に分布し両者の等価的電気双 極子の角度は異なると考えられた.潜時 topography では暗所視優位の成分は下眼瞼に,明所視優位の成分は 上眼瞼に頂点潜時の遅延した領域を認めた.暗所視優位の条件では電位分布の振幅の傾斜が急峻であるのに対 して,明所視優位のそれは緩徐であった.これらは前者が周辺部網膜由来(表面電極から近い,浅層),後者が 中心部網膜由来(表面電極から遠い,深層)を示唆した.(日眼 92:1287-1298, 1988)

キーワード:網膜電位図、電位分布図、雑音対策、明所視優位成分、暗所視優位成分

#### Abstract

We evaluated artifacts and three-dimensional analysis (XY plane, time) of photopic and scotopic dominant components in the electroretinogram for functional imaging of the retina. A 0.5J xenon flash stimulation was given in the range of  $0.5 \sim 30$  Hz. Twelve periocular active skin electrodes were situated around the eye. A total of 128 responses were averaged and the amplitude and latency mapping were calculated by a microcomputer. The artifact study revealed the major causes for distortion of topographical distribution were the blink, myogenic activities, eye movement, eye position and background activity. We recommend real-time monitoring of the encephalographic status and observation of the subject directly to prevent artifact contamination over the range input signal. In normal subjects, the maximal amplitude of scotopic dominant components was located around the lower eye lid, while the maximal amplitude of photopic dominant components was located around the upper eye lid. The equivalent dipole axis was different however similar changes of

別刷請求先:701-01 倉敷市松島577 川崎医科大学眼科学教室 川島 幸夫 (昭和63年1月8日受付) Reprint requests to: Sachio Kawashima, M.D. Dept. of Ophthalmol., Kawasaki Medical School 577 Matsushima, Kurashiki 701-01, Japan (Accepted for publication January 8, 1988) 28 - (1288)

equivalent dipole axies were found during periods of eccentric eye positions. Similar topographic characterization was revealed latency mapping. The isopotential line of scotopic dominant components revealed a steep gradient and suggested superficial (peripheral retina) origin. The isopotential line at photopic dominant components revealed a gentle gradient and suggested deep (central retina) origin. ERG topography should make functional imaging of the retina possible and should be of great diagnostic value. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92:1287-1298, 1988)

Key words: Electroretinography, Topography, Artifact study, Photopic dominant component, Scotopic dominant component

# I 緒 言

本川と三田<sup>11</sup>が ERG 主要成分である X 波を頭皮上 の脳波を検索中に発見したごとく,皮膚電極による ERG 記録は,古くから多数報告<sup>2)~5)</sup>されている.なか でも中村<sup>31</sup>は,眼球周囲における ERG 諸成分の電位分 布を報告している.しかし実際の臨床においては角膜 単一電極による mass response である ERG 記録が用 いられてきたが,この方法では網膜の局在性病変の診 断には不都合な点を認めた.

一方,誘発脳波の分野では,microcomputerの発達 にともない視路視中枢の限局性病変の機能的な画像診 断が可能となった<sup>6)</sup>.

本研究の最終的な目的は網膜の限局性病変を機能的 に画像診断する事であるが、本論文においては、それ に必要な電気的測定条件を検討した.これは、眼球あ るいは網膜が有する解剖学的、生理学的特殊性から必 要と考えられる.

## II 実験方法

関電極には,直径4mmの銀塩化銀皿電極を図1のご とくに設置した.基準とするのは、内眼角、外眼角、 上眼瞼,下眼瞼の4ヵ所で,眼球周囲に脳波 topographyの際の電極位置と同じ割合で関電極を12ヵ所設置 した. 皿電極上には黒テープを貼り電極を遮光した. 基準電極には両耳朶を短絡したものを使用し, 接地電 極を左手背部に置いた. これらには直径10mmの銀塩 化銀皿電極を使用した. これらの電極より得られた電 位を多用途脳波計1A97 (NEC Sanei) にて増幅および モニターした. 時定数0.3秒(6dB/oct), high cut filter 120Hz (-12dB/oct)を使用した. その後, signal processor 7T18 (NEC-Sanei) にて一次処理(64回あ るいは128回加算平均)を行った. sample clock とし て0.1msec と0.5msec を使用しX軸が1024pointで あるため掃引時間は102.4msec と512msec になった. 入力段階で全てのチャンネルに図2に示すごとく



図1 眼球周囲関電極設置方法(右).角膜中央より等間隔で上下眼瞼,内外眼角の4 カ所を基準点として脳波 topography (左)と等間隔に12カ所設置し黒テープで光電 効果を防いだ.数字はチャンネル番号を示す.

#### 昭和63年8月10日



図2 各チャンネルの入力モニターと artifact reject level.

左上は安静時でほとんどの入力信号は artifact reject level を越えなかった. 左中は眼瞼を緊張させ た時で,筋電図の混入を認めるが, artifact reject level を越えなかった. 左下は瞬目させた時で artifact reject level を越えるような雑音の混入を認め た. 右上は眼球運動をさせた時で周期的に artifact reject level を越えていた. 右中は眼球運動負荷後に 耳側固視を保持させた時で artifact reject level 内 に復帰した. 右下は2Hz の閃光刺激中で周期的に ERG 成分が認められた.

artifact reject level を設定しこれを越えるものは加 算しなかった.二次処理は次の二つの方法を施行した. すなわち任意の潜時を設定してその時間における各 チャンネルの zero level からの振幅を mapping し一 定の interval で表示する方法と,任意に設定された時 間帯における各チャンネルの波形成分の頂点潜時を時 間毎に mapping する潜時 topography である.刺激装 置として脳波記録用の xenon flash lamp を使用し0.5 J の強度で0.5Hz から30Hz の頻度で乳白色板を通し て眼前20cm の距離から刺激光を照射した.低頻度刺 激の際には10分間の暗順応,高頻度刺激の際には10分 間の40lux の明順応を行った後それぞれの刺激条件に おいて加算前30秒間の条件刺激を行った.低頻度刺激 時は暗室下で高頻度刺激時は背景輝度40lux で記録を 行った. 10名の正常被験者は,薬品名 (Mydrin-P®) にて極大散瞳し乳白色板を固視させた.

## III 結 果

#### 1) Artifact reject level の設定

図2は signal processor 7T18の CRT 画面上に写 された各チャンネルの入力モニターである. 中央のラ インが electrical zero line で上下のラインはそれぞれ 183.3µVの reject level を表す. この reject level 以上 の入力を受けた場合 trigger がかからない方式になっ ている.図2左上は被験者が安静時脳波(顔面)の状 態にある事を示し入力信号は reject level 内であっ た. 眼瞼を緊張させた時には(図2左中) reject level 内であるが筋電図による基線の動揺が大きかったが加 算は続行された.瞬目中では(図2左下)高振幅の slow wave の混入を認め一部 reject level を越えていた。図 2右上は周期的に眼球運動を負荷させた場合である。 このような場合 trigger はかからないが、図2右中に 示すごとく眼球運動後,耳側固視を保持させると入力 信号は reject level 内に復帰し再び加算を再開した。2 Hzの閃光刺激中では周期的に ERG 成分が認められ た. (図2右下)

### 2) Artifact の検討

二次処理の際に問題となる artifact として瞬日,筋 電図,眼位,背景脳波が代表的なものであるが以下順 番に示す.

図3左に示すのはERG記録中にモニターした背景 脳波である。閃光刺激中に上眼瞼電極(11ch)と下眼 瞼電極(12ch)に逆位相の徐波を認めた。(矢印)眼球 よりも上方の電極からは上眼瞼電極と,また眼球より 下方の電極からは下眼瞼電極と同位相の徐波が記録さ れた。この状態で加算平均を行うとたとえ artifact rejectを設定していても瞬目に由来する電位の一部が 混入してきた。加算波形においては a 波および b 波は ほぼ正常に認められるが眼球より上部の1,2,3,4, 12ch の b 波下降脚に緩徐な陽性波の重畳を認めた。こ の成分の電位分布は眼球より上方で陽性成分が,下方 で逆転し陰性成分が分布した。

図 3 中に示すのは記録中にモニターした背景脳波で ある. 前記した瞬目による artifact も混入を認めるが, 特徴的なのは 1, 2, 3, 4, 5, 6ch における筋電図の 混入である (矢印). 筋電図は低振幅速波のため artifact reject されない. そのため 1, 2, 3, 4, 5, 6ch の 加算波形には低振幅速波が重畳し, a 波 b 波成分が多



図3 記録中にモニターした背景脳波.

左の症例では全誘導に反復性に瞬目に由来する artifact を認め11ch と12ch(上から 11番目と12番目)において極性の逆転を認めた。中央の症例では左と同様に瞬目由 来の電位も認められるが、特に1ch から6ch までの電極に筋電図に由来する低振幅 高周波数の artifact を認めた。右の症例では全誘導において瀰漫性に  $\alpha$  波の混入を 認めた。垂直線は50 $\mu$ V,水平線は1,000msec を示す。

相化し不明瞭となった.高頻度刺激の際さらに著明と なり頂点の同定は困難であった.

図3右は、顔面電極より瀰漫性に断続的にα波が検 出され開眼および閃光刺激で抑制されない症例の背景 脳波である(矢印). 潜時100msec 以降の成分に明瞭な 10Hzの周期を持つα波の重畳を認めた.正常のb波 下行脚は陰性成分がほぼ中央部に分布するが、本例に おいては眼球より上方の部位ではα成分に由来する 陽性成分が分布するためにb波下行脚に由来する陰 性成分が眼球より下方に偏位して分布した.

図4は上下左右方向へ左眼の固視を保ち2Hzの閃 光刺激による加算を行った際の原波形である。上方視 では、眼球より上方の電極においてb波振幅が下方の それより高振幅であった。逆に下方視では眼球より下 方の電極におけるb波振幅が上方のそれより高振幅 であった。右方視において眼球より右側の電極(1,3, 5,7,9ch)においてし波が高振幅であった。特徴的な のは外眼角電極(6ch)において極性が逆転したa波b 波を認めた事である。左方視において眼球より左側の 電極における b 波の高振幅は認められたが波形の逆 転は認められなかった.

図5に原波形の二次処理としてそれぞれ a 波およ びb 波の頂点潜時における等電位分布図を示した。各 固視の方向に従って a 波および b 波の極大は偏位し た。特に右方固視の a 波, b 波,下方固視の a 波におい ては,逆転した成分の分布が固視とは反対側に認めら れた事は興味深い。

図6は上下左右方向へ左眼を固視保持させて30Hz の頻度で閃光刺激を行い加算を行った際の原波形であ る.上方視においては眼球より上方の電極において潜 時16.4msecの陰性成分が下方のそれよりも高振幅で あった.逆に下方視では,潜時16.8msecの陰性成分が 眼球より下方の電極において高振幅となり,上方の電 極においては明瞭な陰性成分を形成しなかった.右方 視においては,眼球より右側の電極では潜時15.0msec の陰性成分が高振幅であったが,眼球より左側の電極 では明らかな極性の逆転を認めた.左方視において, 眼球より左側の電極において潜時15.3msecの成分が

31 - (1291)

加算網膜電位図の三次元的検討・川島他

昭和63年8月10日



図4 左眼を上下左右方向へ固視させて2Hzの頻度で閃光刺激を行った際の原波形. 左上は右方視,右上は左方視,左下は上方視,右下は下方視の原波形である.分析 時間は101msec,垂直線は50μVを示す.

高振幅であったが,眼球より右側の電極においては明 瞭な成分を認めなかった.

図7に原波形より各方向における陰性成分の頂点潜時における等電位分布を示した。各固視の方向に従って陰性成分の極大が偏位し,鼻側固視時において逆転した成分が固視方向とは反対部位に分布している事など,2Hzの場合と同様の結果であった。赤色光による2Hzおよび30Hzの刺激条件で同様の実験を行ったが、白色光の場合と差異を認めなかった。

### 3) 正常像の検討

(1) 暗所視優位の条件下での正常波形および正常 topography

刺激頻度2Hzにおける各チャンネルの正常振幅と 潜時の平均値と標準偏差値を表1に示した.原波形(図 8左)において暗所視優位の条件下では, a 波は二つの 頂点(al, a2)を有した(矢印). この様な a 波の分峰 化は3Hz まで明瞭に認められたが, 刺激頻度4Hz で不 明瞭となり5Hzでは a 波頂点は単一となった.図9は 刺激頻度2Hz における al, a2成分の電位分布の経時的 変化を示した. 潜時5msec より al成分が上眼瞼から前 頭領域に分布を開始し時間経過と共に振幅を増大して いくのを認めた. 潜時15msec において al成分の極大 分布を上眼瞼部を中心に認めた(\*印). その後電位分 布の極大は時間経過と共に下眼瞼へ下降し潜時22 msec で a2成分の極大を下眼瞼部に形成した(\*印). このような傾向は,刺激頻度2Hz まで続くが刺激頻度 3Hz から al, a2の電位分布の差異が不明瞭となった. a 波の電位分布は楕円形を示し耳側あるいは鼻側偏位 を認めなかった.

暗所視優位の条件下におけるb波の電位分布を図 10に示した.b波成分は潜時32msecにおいて上眼瞼部 に出現した後潜時38msecより明らかに下眼瞼周囲に 振幅の極大が分布し潜時46msecで最大振幅となった 後潜時68msecまでその傾向が持続した(矢印).電位



図5 左眼の各方向視における a 波, b 波の頂点潜時の topography. 各方向視における a 波と b 波の電位分布を示す. 各固視方向に従って同一の方向へ 極大が偏位するのを認めた.

分布の形状は卵型で耳側鼻側偏位は認めなかった.

(2) 明所視優位の条件下の正常波形および正常 topography

刺激頻度30Hzにおける各チャンネルの正常振幅と 潜時の平均値と標準偏差値を表2に示した.30Hz flicker 刺激時の原波形を図8右に示しその経時的な 電位分布を図11に示した.刺激後1msecより前頭領域 に陰性成分が出現した後時間経過とともに振幅の増大 と分布領域の拡大を認め潜時15msecで最大振幅とな りその後滅衰していった.前経過を通じて上眼瞼部か ら前頭部優位に電位分布の局在を認め暗所視優位にお けるa2波およびb波のそれとは異なった(矢印).電位 分布の形状は逆卵型で耳側及び鼻側偏位を認めなかっ た.

(3) 明所視優位および暗所視優位の条件下における a 波および b 波の正常潜時 topography 図12の上段は,刺激頻度2Hzにおける a2波とb波の 潜時 topography である.a2波は12.5msec,b波は35.6 msec とそれぞれ遅い頂点潜時を示す領域が眼球より 下方に存在していた(矢印).それに対して図12の下段 に示すごとく刺激頻度30Hzにおいては陰性成分は 9.0msec,陽性成分は16.6msec と遅い頂点潜時を示す 領域が眼球より上方に偏位して認めた(矢印).これら の所見は等電位分布図における各主成分の極大の分布 領域に一致した.

## IV 考 按

従来の角膜単一関電極による ERG 記録は関電極に 対して垂直方向の (transretinal) 電位変化の検出には 大変有用な方法であると考えられる.しかしこの方法 では網膜の XY 平面上の電位変化をとらえる事は困 難であった.通常の眼底検査や視野検査はこの XY 平

### 昭和63年8月10日



左上は右方視,右上は左方視,左下は上方視,右下は下方視の原波形である。分析時間は101msec,垂直線は8.33μVを示す。\*印は著変を認めた部位を示した。



図7 左眼の各方向視における30Hz フリッカーERG 陰性成分の topography. 各固視方向に従って同一の方向へ極大が変位するのを認めた. 34 - (1294)



12ch 同時記録原波形.分析時間は102.4msec, 垂直線は25.0µV(左)10.0µV(右) を示す.

# a wave 1 µV/step



図9 暗所視優位の条件下における al, a2波の経時的電位分布の変化

昭和63年8月10日

表1 刺激頻度 2Hz における a 波, b 波の平均潜時, 平均振幅と標準偏差値

各チャンネルにおいて潜時より振幅の標準偏差値が 大きい傾向にあった.

	- 1	潜時 (msec)			振幅 (µV)		
		a1	a2	b	a1	a2	b
ch.	1	14.78 (2.75)	22.29 (2.77)	41.85 (2.30)	$^{-5.24}_{(2.37)}$	-4.42 (1.47)	$     \begin{array}{c}       12.22 \\       (3.71)     \end{array} $
ch.	2	$     \begin{array}{c}       14.94 \\       (2.73)     \end{array} $	$22.22 \\ (3.04)$	$\begin{array}{c} 42.14 \\ (2.24) \end{array}$	$_{(1.74)}^{-4.14}$	$^{-3.65}_{(1.97)}$	$\begin{array}{c} 12.04 \\ (3.57) \end{array}$
ch.	3	$     \begin{array}{r}       14.93 \\       (2.90)     \end{array} $	$     \begin{array}{c}       19.32 \\       (6.62)     \end{array} $	$ \begin{array}{c} 43.04 \\ (2.39) \end{array} $	$^{-4.14}_{(2.11)}$	$^{-3.65}_{(1.43)}$	$     \begin{array}{c}       10.56 \\       (3.27)     \end{array} $
ch.	4	$ \begin{array}{c} 14.81 \\ (3.08) \end{array} $	$21.33 \\ (3.31)$	43.87 (3.87)	-3.94 (1.66)	$^{-3.39}_{(1.83)}$	$9.72 \\ (3.10)$
ch.	5	$     \begin{array}{r}       15.58 \\       (2.44)     \end{array}   $	$21.79 \\ (3.01)$	${44.50 \atop (4.41)}$	$^{-7.29}_{(3.06)}$	$^{-6.23}_{(2.53)}$	$20.58 \\ (9.69)$
ch.	6	$   \begin{array}{c}     15.65 \\     (2.67)   \end{array} $	$22.25 \\ (2.90)$	43.94 (5.35)	$^{-6.67}_{(2.50)}$	$^{-6.45}_{(2.60)}$	$17.81 \\ (6.62)$
ch.	7	$   \begin{array}{c}     15.24 \\     (2.51)   \end{array} $	21.74 (3.15)	44.94 (4.29)	$^{-4.14}_{(2.02)}$	$^{-3.95}_{(1.56)}$	$     \begin{array}{r}       10.97 \\       (5.08)     \end{array} $
ch.	8	$   \begin{array}{c}     15.68 \\     (2.83)   \end{array} $	22.14 (3.32)	44.09 (4.81)	$^{-4.46}_{(1.65)}$	$^{-4.44}_{(1.64)}$	$     \begin{array}{c}       12.24 \\       (4.60)     \end{array} $
ch.	9	$   \begin{array}{c}     15.32 \\     (2.42)   \end{array} $	22.24 (3.18)	$ \begin{array}{c} 44.44 \\ (4.65) \end{array} $	$^{-4.85}_{(2.00)}$	$^{-4.46}_{(1.79)}$	$   \begin{array}{c}     13.21 \\     (3.60)   \end{array} $
ch.	10	$   \begin{array}{c}     15.56 \\     (2.54)   \end{array} $	$22.01 \\ (3.26)$	$ \begin{array}{c} 44.42 \\ (4.67) \end{array} $	-4.92 (1.85)	$^{-4.83}_{(1.83)}$	$   \begin{array}{c}     13.25 \\     (3.48)   \end{array} $
ch.	11	15.75 (1.91)	$21.85 \\ (2.79)$	$ \begin{array}{c} 44.44 \\ (4.21) \end{array} $	$^{-10.17}_{(2.97)}$	$^{-8.49}_{(2.88)}$	31.14 (7.60)
ch.	12	$     \begin{array}{c}       15.73 \\       (2.79)     \end{array} $	$21.99 \\ (3.52)$	$ \begin{array}{c} 44.47 \\ (4.61) \end{array} $	$^{-10.23}_{(4.48)}$	$^{-9.68}_{(4.34)}$	30.59 (7.93)

表	2	刺激步	頁度30Hz	における陰信	生成分,	陽性成分の
	平均	]潜時,	平均振幅	と標準偏差(	直	

	潜時(1	msec)	振幅 (µV)		
	N1	P1	N1	P1	
ch. 1	$ \begin{array}{c}     14.54 \\     (1.48) \end{array} $	$29.96 \\ (4.63)$	4.17 (1.82)	4.58 (4.13)	
ch. 2	$     \begin{array}{c}       14.39 \\       (1.64)     \end{array} $	$29.79 \\ (3.69)$	$3.48 \\ (2.08)$	$5.02 \\ (3.82)$	
ch. 3	13.46 (1.29)	$30.57 \\ (4.44)$	$3.15 \\ (1.37)$	$\begin{array}{c} 4.02 \\ (3.53) \end{array}$	
ch. 4	$   \begin{array}{c}     13.70 \\     (1.42)   \end{array} $	29.64 (3.49)	2.80 (2.18)	$3.88 \\ (2.55)$	
ch. 5	$ \begin{array}{c} 14.14 \\ (1.35) \end{array} $	$30.54 \\ (4.69)$	5.46 (2.33)	$5.09 \\ (4.43)$	
ch. 6	$     \begin{array}{c}       14.53 \\       (1.04)     \end{array} $	29.47 (3.84)	5.08 (3.21)	4.93 (3.41)	
ch. 7	$     \begin{array}{c}       14.31 \\       (1.40)     \end{array} $	30.04 (4.97)	2.43 (1.23)	$   \begin{array}{c}     1.94 \\     (1.34)   \end{array} $	
ch. 8	$     \begin{array}{c}       14.36 \\       (1.32)     \end{array} $	29.64 (3.98)	$3.38 \\ (2.11)$	$2.77 \\ (2.43)$	
ch. 9	$ \begin{array}{c} 14.36 \\ (1.13) \end{array} $	$30.10 \\ (4.52)$	2.76 (1.19)	$2.26 \\ (1.66)$	
ch. 10	$     \begin{array}{c}       13.98 \\       (1.22)     \end{array} $	29.67 (4.13)	$2.84 \\ (1.54)$	$2.46 \\ (1.76)$	
ch. 11	$ \begin{array}{c} 14.57 \\ (1.12) \end{array} $	$29.90 \\ (4.18)$	7.51 (2.65)	5.46 (5.24)	
ch. 12	$     \begin{array}{r}       14.70 \\       (0.44)     \end{array} $	$30.16 \\ (4.49)$	7.45 (3.56)	$     \begin{array}{r}       4.87 \\       (5.44)     \end{array} $	

#### b wave 5µV/step



図10 暗所視優位の条件下におけるb波の経時的電位分布の変化



図11 明所視優位の条件下における陰性成分の経時的電位分布の変化.



2Hz a wave 4.15 ms/step



2Hz b wave 8.90 ms/step



30Hz Positive comp. 5.53 ms/step

図12 刺激頻度2Hz と30Hz における各主要成分の潜時 topography. 上左は a2波, 上右は b 波でともに眼球より下方に潜時の遅い領域を認めた.下左は 30Hz 陰性成分,下右は陽性成分でともに眼球より上方に潜時の遅い領域を認めた.

30Hz Negative comp. 3.0 ms/step

di Baar



図13 a 波, b 波, 30Hz フリッカー陰性成分の等価的電気双極子と眼位変化に伴う変化.

unitary dipole を小さな矢印で示しその集合したものが mass response としての等 価的電気双極子(大きな矢印)である。暗所視優位の条件(上段)では周辺部網膜 が等価的電気双極子発生に関与し,明所視優位の条件では中心部網膜が関与してい ることを示す。眼位変化にともない両者の dipole angle は眼球を偏位させた方向に 傾斜するため偏位側の皮膚電極が高振幅となり反対側は低振幅あるいは逆転する。

面上の部位診断を行っているわけであるが、これらに 相当する電気生理学的診断法が、未だ臨床応用されて いなかった。そこで今回我々は、網膜の機能的画像診 断に必要と考えられる電気的実験条件について検討を 行った。従来 ERG topography の臨床応用が困難を極 めた理由として眼球周囲は誘発反応を記録する際に問 題となる artifact が多い部位であるという事<sup>30</sup>と一枚 の電位分布図を作製するのに多大な時間と労力が必要 であった事<sup>60</sup>などが指摘される。しかし近年の microcomputer の発達と研究<sup>60</sup>によりこれらの問題点は解 決されつつある。本研究においても signal processor 7T18 を使用することにより信頼性の高い電位分布図 の記録が短時間で可能となった。

artifact の除去には脳波計により加算平均を行って いる on line の背景脳波の監視,検者が被検者の実験 中の状態の直接観察,入力信号の artifact reject level の設定の三点を行うと有効であることが判明した.背 景脳波を観察していると被検者の電気生理学的な状態 が良く把握でき α 波や artifact の混入中に適切なア ドバイスを被験者に与えることが可能であった.しか し実際の開眼状態や固視状態は,検者が被検者の状態 を直接観察しなければ解らない. artifact reject level

の設定は有効であったが、結果で示したように固視の 変化や筋電図の混入には有効ではなかった。本田", Zhang 等<sup>8)</sup>は眼位変動に伴う電位分布の変化を既に報 告しているが、我々は、明所視優位(30Hz フリッカー 刺激)の成分に関しても暗所視優位(2Hz 刺激)の成 分のごとく電位分布の変化を呈する事を示した。これ は,明所視優位の成分も集合電位としての等価的電気 双極子を有し眼位変化に伴ってこの軸のなす角度が変 化する事によって生じたものと考えられる(図13). 瞬 目に由来する電位も artifact reject され易く長潜時な ことから他の雑音より鑑別されるが、b波振幅にも影 響を与えていることが判明したので注意を要する。臨 床応用に際して,網膜病変によりこの等価的電気双極 子の角度の変化に伴う電位分布が予想されるため、固 視をはじめとする artifact による電位分布の偏在を熟 知しておく事は重要と考えられる.

今回, 脳波賦活記録用の xenon lamp を使用した. これは off 応答が混在する事や高頻度刺激の際, 刺激 強度が低下する欠点があるが, 刺激頻度だけを変化さ せると杆体系優位の反応から錐体系優位の反応へと連 続的に変化できる利点があった. 明所視 ERG の電位 分布の報告としては, 中村<sup>3)</sup>が赤色光を用いて行って 周囲網膜電位の重なり合いにより検出できなかったも のと考えられる. 本論文の主旨は昭和62年4月26日第6回二次元脳電図研 究会にて講演した. 文 1) Motokawa K, Mita T: Über sine einfachere Untersuchungsmethode und Eigenschaften der Netzhaut des Menschen. Tohoku J Exp Med 42:114-133, 1942. 2) 安連恵美子,千葉弥幸:皮膚電極による臨床 ERG. 日眼 75:1056-1061, 1971.

3) 中村善寿: 皮膚からの ERG 記録法の検討. 日眼 79:42-49, 1975.

献

- 4)本田孔士:皮膚電極 ERG と眼球運動負荷.日眼 80:7-12, 1976.
- 5) 川島幸夫: 短潜時視覚誘発反応の研究. 3. 4次元 脳電位図法の応用. 眼紀 35:978-982, 1984.
- 6) 筒井 純: 宿題報告. 神経眼科に関する諸問題. 視 覚誘発動的脳電位図法の基礎と臨床応用.日眼 89:86-131, 1985.
- 7)本田孔士:皮膚電極における電位推位と2,3の 問題点について. 日眼 80:117-123, 1976.
- 8) Zhang G, Nao-i N, Honda Y: Topographical distribution of electroetinographic potentials monitored skin-electrodes. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 20: 153-157, 1983.
- 9) 中村善寿:人眼 ERG の明及び暗所視成分の電位 分布. 日眼 81:540-544, 1977.
- 10) 川島幸夫: 短潜時視覚誘発反応の研究. 2. フーリ エ分析と動的脳電位図法の応用.日眼 88: 909-916, 1984.
- 11) Oesterberg GA: Topography of the layer of rods and cones in the human retina. Acta Ophthalmol 6: 1, 1935.
- 12) Dodt E, Wadensten L: The use of flicker electroretinography in the human eye. Acta Ophthalmol 32: 165-180, 1954.

日眼会誌 92巻 8号

いるが、フリッカー刺激による明所視優位の ERG topography の報告は未だ認めない。暗所視優位の条 件である0.5Hz から2Hz 迄は scotopic a 波とb 波の 電位分布は、下眼瞼部に高振幅な領域を認め、photopic a波は上眼瞼部に高振幅の領域を認めた。a波のこの ような分布の差異は3Hz 以降消失した. それに対して 明所視優位な高頻度刺激においては、フリッカーERG の陰性成分および陽性成分は,いずれも上眼瞼部に高 振幅な領域を認めた。scotopic b 波や photopic b 波の 電位分布の特徴は、中村3)の報告に良く一致するが、al 波とa2波の電位分布の差異は過去の報告に認められ ない、電位分布の差異の機序はそれぞれの有す等価的 電気双極子の有す角度が変化するためだろうと思われ るが,正確な機序は不明である.この正常人における 電位分布の偏在は,異常の判定の際重要である.暗所 視優位の条件では電位分布の振幅の傾斜が急峻である のに対して明所視優位の条件では振幅の傾斜が緩徐で ある点である.同様の事を中村9も報告しているが,川 島10)は、短潜時視覚誘発反応の電位分布の傾斜の程度 で電位発生源の部位が, 頭皮上より深層か浅層かの鑑 別ができる事を報告している. つまり電位分布が急峻 な scotopic b 波等は比較的浅い(皮膚関電極より近 接)周辺部網膜由来で電位分布が緩徐な高頻度刺激時 (30Hz)の陰性成分等は比較的深い(皮膚関電極より遠 隔)後極部網膜由来であろうと考えられる.同じ様な 電位分布図であるが,刺激頻度により検索を行ってい る網膜部位が異っている点に注意しなければならな い. Oesterberg<sup>11)</sup>の錐体と杆体分布と Dodt<sup>12)</sup>の CFF 刺激強度曲線の結果によると刺激頻度30Hzでは中心 部15度以内の電位分布を刺激頻度2Hz以下では15度 以上の電位分布を主に反映しているのではないかと推 定される.正確な網膜局在については網膜局在性病変 における検討(次報)や網膜局所 ERG による検討が必 要である。視神経乳頭部に網膜が存在しないためなん らかの影響を電位分布に与えるであろうと推定された が今回の研究では検出する事が不可能であった. 関電 極と網膜との間に距離があるため電位伝導に伴う乳頭