

家兎 *in vivo* ERG の c 波と slow PIII

3. 明・暗順応における波形変動 (図5)

吉 村 弦 (岩手医科大学眼科学教室)

The ERG c-Wave and Slow PIII in Albino Rabbits

3. Changes in Wave Pattern in Light and Dark Adaptation.

Yuzuru Yoshimura

Department of Ophthalmology, Iwate Medical University

要 約

家兎の ERG・c 波と slow PIII の明・暗順応による振幅変動を、10秒と0.25秒の持続時間の光刺激を用いて調査し、さらに網膜常存電位が c 波振幅の変動にいかに関連しているかを検討した。その結果、c 波および slow PIII は両者とも、杆体と錐体よりそれぞれ生じる暗所視性と明所視性の2元的機構によって成立していること、暗所視と明所視の両機構の相互作用が明・暗順応経過にそれぞれ影響を及ぼしていること、および、ERG・c 波は必ずしも網膜常存電位に並行あるいは依存していない電位であることが示唆された。(日眼 91: 1214—1221, 1987)

キーワード: c 波, slow PIII, 明順応, 暗順応, 網膜常存電位

Abstract

The time courses of amplitudes of c-wave and slow PIII of albino rabbit ERG were investigated during dark and light adaptation. The influence of the standing potential of the retina on the amplitude of the c-wave was also examined. DC-registered c-waves were recorded during 60min of dark adaptation after 5min of 1,000lux pre-light adaptation, and also during 60min under background light of 10, 60, 100, 150 or 300lux after 40min of pre-dark adaptation. Luminosity and duration of stimulus light to elicit the c-wave were 500lux and 10 or 0.25sec respectively. The slow PIII component was isolated by administration of Na iodate and Na aspartate. The slow PIII and the standing potential of the retina were observed under the same recording conditions as the c-wave. In dark adaptation, with 10sec stimulation, the c-wave showed a rapid increase for 8min, which was followed by a temporary decrease, then increased again after 20min. With 0.25sec stimulation, the c-wave exhibited a monophasic increase. The amplitude of slow PIII (absolute value), with both 10 and 0.25sec stimuli, showed a rapid increase for 10min and a gradual increase thereafter. In light adaptation, with 10sec stimulation, the c-wave exhibited a monophasic increase with background light of 10 and 60lux. With background light of more than 100lux, the c-wave decreased slightly for 10min and increased thereafter. With 0.25sec stimulation, the c-wave increased slightly with each of the different background lights. The slow PIII did not show much change with any of the background lights regardless of the stimulus duration. The standing potential in dark adaptation showed three different time courses among the subjects. In light adaptation, with background light of 300lux, the standing potential increased slightly for 15min, and then returned to the base line. With 10lux, it exhibited a gradual decrease and a constant value thereafter. With 60, 100 and 150lux, its change was unremarka-

別刷請求先: 020 盛岡市内丸19-1 岩手医科大学眼科学教室 吉村 弦

Reprint requests to: Yuzuru Yoshimura, M.D. Dept. of Ophthalmol., School of Med., Iwate Med. Univ. 19-1 Uchimaruru, Morioka 020, Japan

(昭和62年7月3日受付) (Accepted July 3, 1987)

ble. These results suggest that 1) both the c-wave and the slow PIII are composed of the photopic and scotopic duplicity mechanism of the cone and rod, 2) the interaction of both the photopic and the scotopic system influences the time course of the c-wave and slow PIII in light and dark adaptation, and 3) the ERG c-wave is not always parallel to or not always dependent on the standing potential of the retina. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 91 : 1214—1221, 1987)

Key words: c-wave, slow PIII, dark adaptation, light adaptation, standing potential of the retina

I 緒 言

ERG・c波の明および暗順応による波形変動についての報告は従来よりなされてはいる^{1)~12)}が、c波を構成している網膜色素上皮由来のPI成分とMüller細胞由来のslow PIII成分¹³⁾とについて別個に検討した報告¹⁰⁾は極めて少ない。

今回、2種の持続時間の刺激光を用いて記録したc波とslow PIII、および網膜常存電位の明および暗順応による変動を調べ、明および暗順応が、c波とslow PIIIにいかに関与するかを検討した。

II 実験方法

1. 実験動物

体重2.5~3.0kgの健康成熟雄性白色家兎12羽(12眼)を用いた。家兎をウレタン(0.5g/kg 静注および0.5g/kg 筋注)で全身麻酔して、シールドボックス内の固定器(押田式)に固定した。瞳孔は0.5%トロピカミドおよび0.5%塩酸フェニレフリンの点眼で散大させた。

2. ERG・c波記録の方法および条件

自作した亜鉛—硫酸亜鉛不極電極⁷⁾を使用し、関電極は被験眼の角膜表面に、不関電極は後頸部の皮膚上に、接地電極は対側の耳朶に装着した。その後暗順応を開始し、暗順応30分後¹⁴⁾に適宜の刺激光で約3分間隔でc波を数回記録し、波形がほぼ一定であることを確認した上で、以下に述べる記録条件でc波を記録した。

刺激としては、250Wのハロゲンランプ光をファイバーオプティクス(直径6mm、長さ90cm)で眼前に導き、照度が500luxとなるようにして、矩形波刺激として網膜へ照射した。刺激持続時間は、自動刺激装置(日本光電SEN-3201)を用いて0.25秒と10秒の2種に設定した。記録は、明あるいは暗順応開始後10秒、2分、5分、8分、10分、その後は5分毎に60分まで行なった。得られたERGを直流増幅器(日本光電AD 610G)

を増幅し、ペン書き描記器(日本光電PM8104)で感度 $500\mu\text{V}/\text{cm}$ 、紙送り速度 $5\text{mm}/\text{sec}$ で記録した。

暗順応による波形の変化の観察には、前述したハロゲンランプ光の照度を角膜面で $1,000\text{lux}$ とし、5分間点灯して前明順応した後に、消灯して暗順応を開始し、その後上記の刺激光でERGを記録した。また明順応経過の観察には、40分間の前暗順応後、角膜面より1.2m上方に80Wの蛍光灯(松下電光FA 42275K)を点灯し、その照度を角膜面で10, 60, 100, 150, 300luxの5種に調光した背景光による明順応下で、上記の刺激光でERGを記録した。

c波の振幅の計測は、図2の挿図に示したように、b波の下行脚の最低点(after b-trough)が基線よりも高い場合は、基線からc波の頂点まで、after b-troughが基線よりも低い場合にはafter b-troughからc波の頂点までとした。

3. PIIIの単離方法

PI, PII, PIIIの3成分で構成されているERG波形からPIIIを単離するには、まずPIの発生源である網膜色素上皮を選択的に破壊してPI成分を消去するとされているNa iodateの $30\text{mg}/\text{kg}$ ¹⁵⁾を耳介静脈より緩徐に注入し、PIIとPIIIの複合電位を得た。次いでPIIの主たる発生源である2次ニューロンのシナプス伝達を阻止してPIIを消去するNa aspartateの 452mM 、 0.1ml ¹⁵⁾を硝子体へ注入することによってPIII成分のみの波形を得た。これらの薬物によってPIIIを単離するまでに要した時間は約60分であった。

4. PIII記録の方法および条件

c波について前記の記録をおこなったのち、同一家兎のPIIIを上記の方法で単離し、その後c波と同じ記録条件でPIIIの明・暗順応経過を記録した。

PIIIは光刺激直後に出現する立ち下りの速いfast PIII成分と、これに続く緩徐な陰性波であるslow PIII成分とから成る。両者のうち、ERG・c波の形成に関する成分は主として後者であるので、今回の研究ではslow PIIIのみを検討の対象とした。

slow PIIIの振幅の計測は、図2の挿図に示したように基線からslow PIIIの最低点までとした。

5. 網膜常存電位の記録の方法および条件

5眼については、c波を記録する際に、網膜常存電位を同時に記録した。すなわち、c波記録の際の基線の推移を網膜常存電位の変化として読みとった。また他の5眼については、網膜常存電位のみをc波記録と同一の電極、増幅器、ペン書き描記器でやはり同一の順応下で記録した。

III 結 果

1. 暗および明順応によるc波およびslow PIIIの波形変動

1) 10秒刺激

① 暗順応 (図1A, 2)

10秒刺激によるc波およびslow PIIIは、暗順応中、その波形が変化した。図1Aに暗順応開始10秒と60分後の10秒刺激によるそれぞれの波形の代表例を示した。c波とslow PIIIのいずれも暗順応開始10秒で得られた波形よりも60分で得られた波形の方が振幅が大であった。また、頂点潜時は、c波とslow PIIIともに約4秒であった。

図2に、12眼から記録した10秒刺激によるc波およびslow PIIIの暗順応経過中の振幅の平均値をグラフ

で示した。c波の振幅(図2の▲)は暗順応開始後急速に一過性に増大して約8分にpeak(200%に増大)を形成したのちに一旦低下し、約20分頃に再び緩徐に増大して約40分ではほぼ一定となった。40分時の振幅は8分時のそれとほぼ同じであった。

slow PIII(図2の△)は、8分までは振幅が陰性方向に急速に、約30分までは徐々に増大し、その後約40分で一定(220%に増大)となった。その際8分時に変曲点を形成した。また、60分時のslow PIIIの振幅は8分時より約36%増大していた。

② 明順応 (図1A, 3)

明順応下の10秒刺激によるc波とslow PIIIの波形のうち、背景光100luxの場合の明順応開始10秒と、60分後の波形を暗順応時の代表例として図1Aに示した。また、c波とslow PIIIの各背景光での振幅の時間経過を12眼の平均値で図3のグラフに示した。

明順応下のc波振幅は、いずれの照度の場合でも暗順応の場合より小さかった。

10~300luxの背景光でのc波振幅の平均値は、いずれの照度の背景光でも約40分まで徐々に増大し、その後ほぼ一定(約170~300%に増大)となった。この最終一定値は、背景光の照度が低い程大きい値をとる傾向にあった。また、暗順応の8分時にみられた一過性の振幅増大は現われなかった。

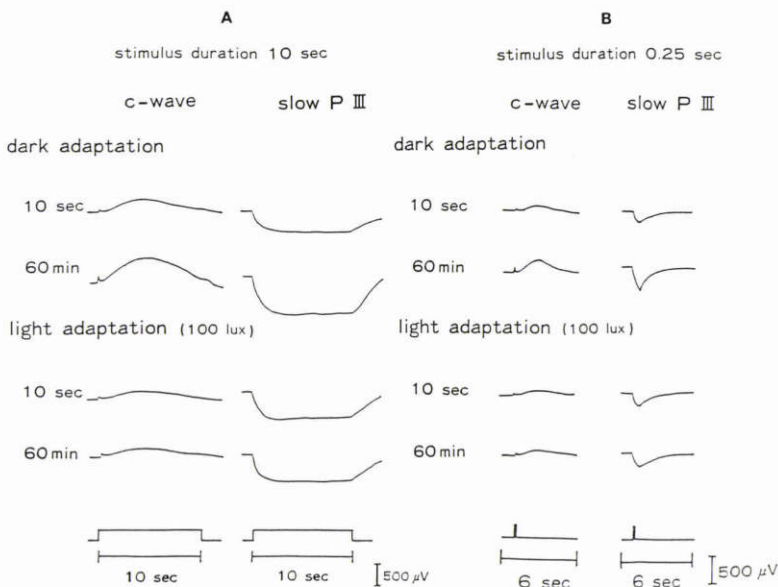


図1 刺激持続時間10秒(A)および0.25秒(B)の光刺激で、暗および明順応10秒および60分後のc波およびslow PIIIの波形の代表例。

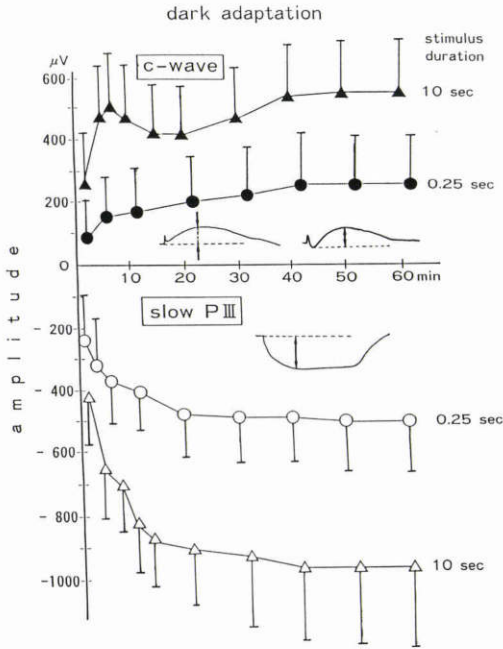


図2 刺激持続時間10秒および0.25秒で、暗順応下に得られたc波とslow PIIIの振幅の経時的変化。

一方、slow PIIIの明順応の振幅の絶対値は、背景光の照度によって異なり、背景光の照度が増加するに従って振幅が減少する傾向を示した。しかし、経時的には、いずれの背景光においても振幅の変化はほとんどなく、ほぼ一定の値に留まっていた。

2) 0.25秒刺激

① 暗順応 (図1B, 2)

0.25秒刺激によるc波とslow PIIIの暗順応開始10秒および60分後の波形の代表例を図1Bに、また両波の暗順応経過中の振幅の12眼の平均値をグラフで図2に示した。c波とslow PIIIともにその振幅は10秒刺激の場合よりも小さく、60分時でいずれも10秒刺激の約1/2であった。また、頂点潜時は、c波は約1.5秒、slow PIIIは約0.5秒であった。

暗順応経過中に、0.25秒の光刺激で惹起されたc波振幅(図2の●)は、8分まではやや急速に増大し、それ以後40分までは緩徐な増大(220%)傾向を示した。10秒刺激の場合(図2の▲)とは異なり、8分時の一過性の増大は認められなかった。

0.25秒によるslow PIIIの暗順応経過(図2の○)は10秒刺激(図2の△)の場合と相似な経過であったが、振幅は全体に小さく、各時点で10秒刺激時の約45~60%であった。また、8分時の変曲点は不明瞭で

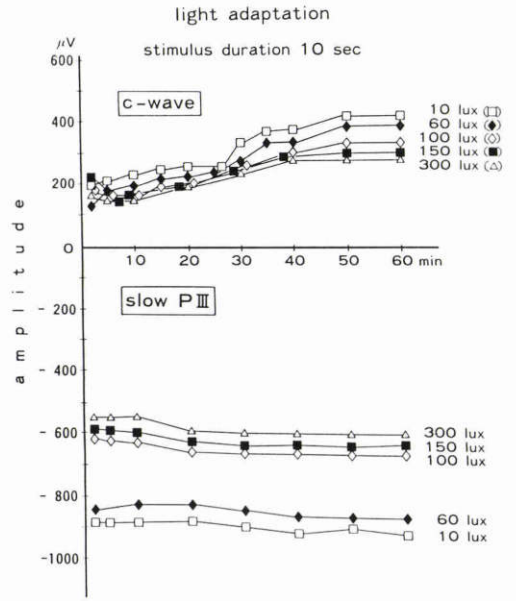


図3 刺激持続時間10秒で、明順応下に得られたc波とslow PIIIの振幅の経時的変化。

あった。

② 明順応 (図1B, 4)

明順応下の0.25秒刺激によるc波とslow PIIIの波形のうち、背景光100luxの場合の明順応開始10秒と60分後の波形を代表例として図1Bに、また、両波の各背景光での時間経過を12眼の平均値で図4のグラフに示した。

明順応下の0.25秒刺激によるc波振幅は、いずれの照度の場合も暗順応の0.25秒刺激の場合より小さく、また、明順応開始10秒と60分とで振幅に著明な差はみられなかった。また、10秒刺激による明順応下c波と比較するとその振幅は小さく、約30~50%程度であった。c波振幅の明順応下での経時的変動は、10luxと60luxとが、また100, 150luxと300luxとがそれぞれ類似した経過を示した。したがって、図4では、10および300luxの経過のみを掲げた。背景光が10および60luxの場合には、順応初期に暗順応の場合にも認められたc波振幅の増加傾向がみられた。しかし、100~300luxでは時間経過によってもc波振幅は変化しなかった。10秒刺激での明順応下のc波振幅は、全ての背景光において時間とともに増加する傾向があったのに対し、0.25秒刺激では増加傾向はごくわずか、あるいはほとんどみられなかった。

slow PIIIの明順応経過の場合には、10秒刺激と同様で

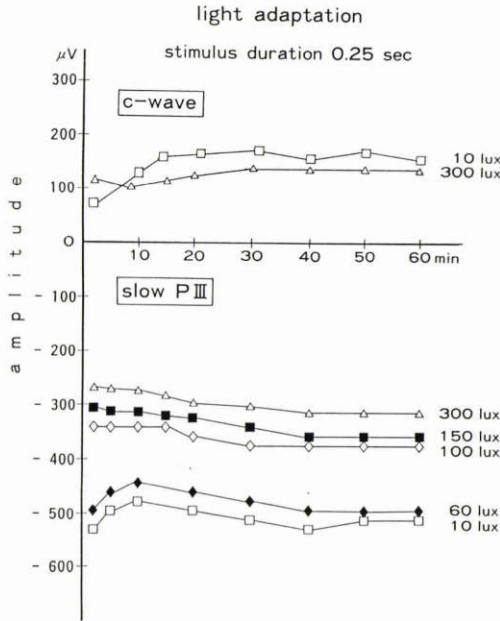


図4 刺激持続時間0.25秒で、明順応下に得られたc波とslow PIIIの振幅の経時的変化。

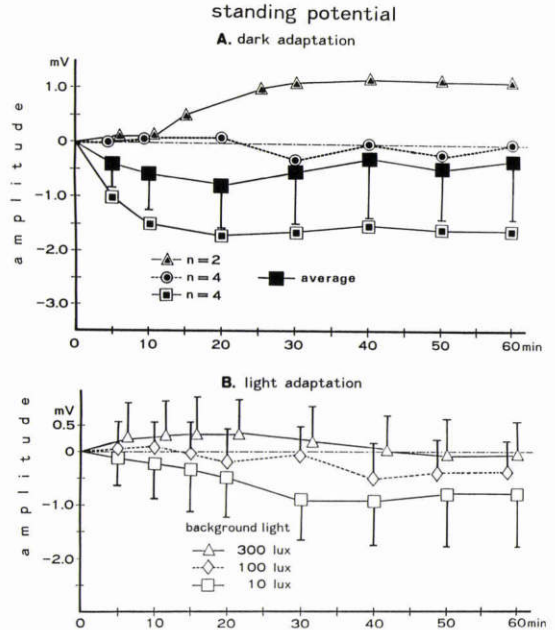


図5 暗(A)および明順応(B)における網膜常存電位の経時的変化。

あった。すなわち、0.25秒刺激による振幅の絶対値は背景光の照度が増すに従って減少した。また、明順応下では暗順応の場合のような時間経過による増大傾向はなく、10秒刺激と同様にほぼ一定の値に留まっていた。

2. 暗および明順応による網膜常存電位の変動

1) 暗順応 (図5A)

網膜常存電位の暗順応経過中の変動を図5Aに示した。変動経過には個体差が大きかったが、大別すれば、暗順応30分頃までは増大(約1mV)してその後一定となるもの(2眼)(図5A ▲)、全経過中はほぼ一定であるもの(4眼)(図5Aの◎)、および約20分頃まで徐々に減少(約-1.5mV)した後一定となるもの(4眼)(図5Aの□)の3種があった。10眼全体を平均すると(図5Aの■)、8分までは徐々に減少(約-0.8mV)し、次いで若干増加した後、およそ30分後にほぼ一定(約-0.5mV)となった。なお、網膜常存電位を記録する際に、c波と同時記録した場合と、網膜常存電位のみを単独に記録した場合とでは顕著な差はなかった。

2) 明順応 (図5B)

明順応時の網膜常存電位は、順応光の照度が300lux(図5Bの△)の場合には、約15分までに軽度上昇(約0.3mV)し、次いで元の電位に戻った。10luxの場合(図

5Bの□)には電位が徐々に下降(約-0.8mV)し、30分以降にほぼ一定となった。60, 100, 150luxでは、300および10luxの場合の中間の変化に留まった。

IV 考 按

ERG・c波は、網膜色素上皮を起源とするPI成分と、Müller細胞を起源とするslow PIII成分の複合電位である¹³⁾とされている。他方、臨床上、網膜色素上皮に関連する疾患のERG・c波を記録することによって、網膜色素上皮の病態を把握することが可能である⁷⁾。ERG・c波の明・暗順応における波形変動については、すでに先人による多くの報告^{11)~12)}があるが、c波を構成する成分を分離して、それぞれの成分の明・暗順応による変動を検討した研究は、直井ら¹⁰⁾の報告があるのみである。しかし、彼らは、slow PIIIを単離したのではなく、slow PIIIの他にPII成分も含むslow negative potentialについて検討している。したがって、c波と、単離したslow PIIIとについて検討した報告はこれまでにみられていない。

また、c波とslow PIIIはいずれも視細胞が光刺激を受けたときの細胞外液のK⁺濃度の減少によって生じるため、両者の波形は同一の経過をとり、極性だけが解剖学的位置関係によって逆転する¹⁶⁾とされていた。

しかし、刺激持続時間によっては、家兎の slow PIII の頂点潜時は c 波のそれと必ずしも同一でないとの報告^{17)~19)}もあり、c 波と slow PIII のそれぞれの特性を検討する上では、刺激持続時間も重要な因子の一つと考えられる。

以上の観点から、家兎 ERG の c 波および単離した slow PIII の明および暗順応によるそれぞれの波形変動を、10秒と0.25秒の2種の光刺激を用いて調査した。さらに、網膜色素上皮を起源とし、c 波に密接に関連している網膜常存電位の明・暗順応による変動も記録して、c 波の変動との関係についても検討した。

1. 10秒刺激による暗順応下の c 波および slow PIII

10秒刺激による暗順応下の c 波振幅は、暗順応開始から8分までと、約20分以降の2回増大する2相性を呈した。この変化は、刺激持続時間が5秒以上である菅原²⁾、直井^{10)~12)}の報告と一致している。このことについて菅原²⁾は、刺激光が強度な場合に2相性になること、明るい背景光下であっても、刺激が強ければ c 波が発生することなどから、c 波は従来、杆体由来の暗所視性である²⁰⁾とされていたが、錐体由来の明所視性の成分も c 波の波形を構成する一部として含まれるとし、この両所視性の成分に基づいて c 波の明暗順応の変化を説明する“二元的機構”の存在を示唆した。さらに、当教室の高橋⁴⁾⁶⁾、笹森⁵⁾および田澤⁷⁾は、c 波に関する一連の研究の中で、人眼 c 波振幅の明・暗順応の変動は、菅原²⁾の二元説と同様に、杆体と錐体の相互関係に基づき結果であるとの立場をとった。これに対し、直井^{10)~12)}は、家兎眼 c 波の順応経過は網膜常存電位の変動に大きく影響されるとして、菅原²⁾とは意見を異にしている。しかし、今回観察した網膜常存電位の明・暗順応による変動は、c 波のそれとは必ずしも一致していなかった。また、1,000lux の前明順応に続く暗順応初期の8分までの c 波振幅の一過性の増大は前明順応によって亢進した明所視機構の持続によるもの、またその後の一過性の減少は、暗順応による暗所視機構の活動の開始による明所視機構の抑制によるものと考えられる。その後の暗順応20分頃からの振幅の漸増は、暗所視機構が完成に向う過程と思われる。以上のことから、今回の結果は、菅原²⁾の述べた c 波における杆体と錐体の相互作用を支持するものである。

他方、10秒刺激による slow PIII の暗順応下の振幅は、やはり、8分までは急速に増大し、変曲点を形成

した後に約30分まで徐々に増大した。従来、slow PIII も杆体の機能を反映する²¹⁾とされていたが、c 波の暗順応初期の一過性増大(8分時)とほぼ同時点に変曲点がみられたことは、暗順応初期には、slow PIII にも c 波と同様に明所視機構が表現され、変曲点以後は暗所視機構が表現されていることを暗示する所見である。しかし、slow PIII には、8分以降に c 波がみられた一時的な振幅の減少はなかった。

2. 10秒刺激による明順応下の c 波および slow PIII

明順応下の10秒刺激の c 波は、いずれの背景光の照度であっても、40分までは徐々に増大した。家兎の c 波の明順応による波形変動について、直井¹¹⁾¹²⁾は、c 波振幅は網膜常存電位の明極大の時期に一致して極大を呈したと述べている。著者の成績は、これとは異なっていたが、彼らは有色家兎を用いており、また、刺激強度が、1,030lux と大きく比較は困難と思われる。

明順応中に c 波振幅は、暗順応時の最大振幅の約1/2までではあるが増大を示した。これを、“二元的機構”の立場からみると、40分間の前暗順応によってほぼ完成した暗所視機構が、明順応によって一挙に崩れた後に、明所視機構が作用していく過程であるかもしれない。さらに、背景光の照度が小さいほど最終振幅が大きかったことから、暗い背景光では、暗所視機構も加味されていると思われる。

slow PIII の明順応における波形変動についての報告は、家兎を含む他の動物でも見当らない。背景光によって暗所視機構が抑制されているので、得られた slow PIII の振幅に、明所視機構に由来する成分が含まれている可能性がある。

3. 0.25秒刺激による暗順応下の c 波および slow PIII

0.25秒刺激の暗順応下 c 波振幅は、8分まではやや急速に、それ以後40分まで緩徐に増大するのみで、10秒刺激の場合と異なり、8分時の一過性の増大はみられなかった。これは刺激時間が1秒以内である永田¹⁾、Wu ら⁸⁾の報告と一致したが、直井¹¹⁾¹²⁾の網膜常存電位の明極大と同期して増大した結果とは異なっていた。しかし、直井¹¹⁾¹²⁾の刺激光は、10,100lux であり、著者のそれよりも強度である。

0.25秒刺激での c 波振幅は暗順応後8分で既に最大振幅の約75%に達している。このことから、0.25秒の短い刺激でも、明所視機構の順応経過を表現していると思われ、8分以降の暗順応による振幅の増大が少な

いことから、0.25秒刺激によるc波には暗順応による影響はあまり反映しないとも考えられる。Matsuuraら²²⁾は、カメを用い、頂点潜時の短いfast c-waveを検出し、これを錐体性のc波とした。さらに、Röverら²³⁾は、短時間刺激(0.2秒)による錐体ジストロフィー症例のc波は、著明に減弱していた事実を示しており、このことも短時間刺激で得られたc波が明所視機構も反映することを推測させる。しかし、Wiolandら²⁴⁾の、錐体性c波にtime integrationがない、すなわち、光刺激終了後に頂点を形成するc波は錐体性c波ではないとの意見もあり、直井ら¹²⁾も同様のことを述べている。したがって、0.25秒で得られたc波の順応過程のいずれの部分が、明所視機構であるのかは、今後スペクトル波長特性などを含めたさらに詳細な検討が必要である。

一方、0.25秒刺激によるslow PIIIは、10秒刺激の場合と相似な経過ではあるが、振幅が小さくかつ変曲点は、10秒刺激より不明瞭であった。過去にこれに類似する研究は、著者の知る限りなく、比較検討はできないが、slow PIII振幅は暗順応後8分で既に最大振幅の約74%に達しており、c波同様に明所視機構の反映も推定される。

4. 0.25秒刺激による明順応下のc波およびslow PIII

明順応下の0.25秒刺激のc波振幅は、背景光が10および60luxの低照度の場合には、明順応初期に暗順応の場合と類似した増加傾向が認められた。家兎の短時間刺激によるc波の明順応経過については、網膜常存電位の明極大に一致して極大値を示したとの直井ら^{10)~12)}の研究があるのみであるが、前述したように著者の実験とは記録条件、特に刺激強度が異なり、容易に比較できない。

0.25秒刺激の明順応下のslow PIIIは、ほぼ一定の値に留まっていた。10秒刺激の場合と同様に、各明順応下のslow PIII振幅の絶対値は背景光の照度が増すに従って減少した。これに類似する報告は、著者の知る限り見当らず比較検討できなかったが、c波の場合と同様に、slow PIII振幅の変動経過に明所視機構の反映も推定される。

5. 網膜常存電位の暗および明順応経過

網膜常存電位は、明・暗いずれの順応経過においても、c波と必ずしも平行関係にはなかった。過去に、Huら⁹⁾も、これと同様の結果を家兎(pigmented Dutch rabbit)で得ている。しかし、直井ら^{10)~12)}は有色家兎

で、二唐ら²⁵⁾やLinsenmeierら²⁶⁾は、ネコで、高松³⁾は人眼において、網膜常存電位とc波の暗順応下の経時の変化がよく類似していたと報告している。したがって、両者間に密接な関係があることは事実であると思われる。

以上を総括すると、1) c波とslow PIIIは両者ともに暗所視性および明所視性の二元的機構で構成される。2) 暗所視機構と明所視機構の相互作用が、c波とslow PIIIの明・暗順応経過にそれぞれ影響を及ぼしている。c) c波振幅の変動は網膜常存電位には必ずしも並行あるいは依存しないことなどが明らかにされた。

近年の網膜色素上皮の網膜内記録の結果によると、c波は網膜色素上皮細胞のapical membraneの過分極によって、また、網膜常存電位の明順応による明上昇は、同細胞のbasal membraneの脱分極によって生じる²⁷⁾とされている。これは、網膜色素上皮細胞のapicalとbasalのmembraneでは、その挙動が異なることを示している。また、apical membraneは、視細胞と接しており、その影響を受けやすいことは、容易に理解され、したがってc波には、杆体による暗所視機構とともに錐体による明所視機構の活動も反映されるとの考えは妥当であろう。同様に、c波がbasal membraneの状態を反映する網膜常存電位の明上昇とは必ずしも並行しないことも理解に難くない。しかし、c波と網膜常存電位は、ともに網膜色素上皮細胞を共通の基盤とした電気現象であり、apicalとbasalのmembraneの間でも細胞内伝達機構が存在²⁸⁾し、両者が共軛して活動する側面もあるようである。

今回の実験は、光刺激で駆動されて杆体および錐体で生じる暗所視および明所視機構の干渉の結果を網膜色素上皮およびMüller細胞のレベルで捉え得たものとする。

稿を終わるにあたり、御指導、御校閲をいただきました田澤 豊教授に感謝致します。また、ご助言をいただきました高橋洋司講師および本学歯学部口腔生理学講座佐藤 匡助教授に感謝いたします。尚、本論文の要旨は第90回日本眼科学会総会(昭和61年5月23日、四日市)にて報告した。

文 献

- 1) 永田 誠：脳下垂体及びビタミンB₁の網膜動作電流(E.R.G.)に及ぼす影響についての実験的研究。日眼 59: 809—836, 1955.
- 2) 菅原洋子, 猪股孝四郎, 佐藤 匡, 二唐東朔：家兎眼c波の暗順応について。岩手医誌 21: 146—151, 1969.
- 3) 高松隆常：人眼常在電位の明暗順応に於ける変

- 動. 特に c 波を中心として. 岩手医誌 28: 167—175, 1976.
- 4) 高橋洋司, 笹森秀文, 森 敏郎, 田澤 豊: 明, 暗順応と ERG・c 波. *Photomedicine and Photobiology* 1: 145—146, 1979.
 - 5) 笹森秀文: ERG・c 波の明, 暗順応による波形変動. *臨眼* 34: 223—231, 1980.
 - 6) 高橋洋司, 笹森秀文, 小笠原孝祐, 森 敏郎, 田澤 豊: 明順応の人眼 ERG c 波におよぼす影響. *眼紀* 31: 807—812, 1980.
 - 7) 田澤 豊: 人眼 ERG・c 波の特性と臨床応用. *眼紀* 31: 1223—1248, 1980.
 - 8) **Wu L, Lurie M, Marmor MF**: The c-wave of the rabbit electroretinogram during dark-adaptation and the steady-state. *Acta Ophthalmol* 59: 603—608, 1981.
 - 9) **Hu KG, Marmor MF**: The relationship between the c-wave and light response of the rabbit eye. *Acta Ophthalmol* 60: 998—1005, 1982.
 - 10) 直井信久, 金 時烈, 本田孔士: 有色家兎の ERG c 波暗順応曲線について. *日眼* 89: 1166—1170, 1985.
 - 11) 直井信久, 本田孔士: ERG c 波・fast oscillation・常在電位の明・暗順応中の変動. *日眼* 90: 162, 1986.
 - 12) 直井信久, 本田孔士: 有色家兎 ERG c 波・常在電位の明・暗順応中の動態. *日眼* 91: 168—173, 1987.
 - 13) **Granit R**: The components of the retinal action potential in mammals and their relation to the discharge in the optic nerve. *J Physiol* 77: 207—239, 1933.
 - 14) 尾上正軒: β -blocker の硝子体注入による家兎 ERG・c 波の変化. *日眼* 90: 703—710, 1986.
 - 15) 吉村 弦, 尾上正軒, 森 敏郎, 高橋洋司, 田澤 豊: 家兎 in vivo ERG の c 波と slow PIII. 2. slow P III 分離のための Na-iodate と Na-aspartate の至適濃度. *あたらしい眼科* 3: 715—719, 1986.
 - 16) 富田恒夫: ERG の最近の基礎的研究. *眼科* 24: 953—961, 1982.
 - 17) **Marmor MF, Pockrand P, Lurie M**: Experiments toward the development of a clinical c-wave test. *Proceedings of the XVIth Symposium of the International Society for Clinical Electrophysiology of Vision*, ed. by Tazawa Y, 107—111, Jpn J Ophthalmol, Tokyo, 1979.
 - 18) **Lurie M, Marmor MF**: Similarities between the c-wave and slow PIII in the rabbit eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 19: 1113—1117, 1980.
 - 19) 吉村 弦, 尾上正軒, 森 敏郎, 高橋洋司, 田澤 豊: 家兎 in vivo ERG の c 波と slow PIII. 1. 刺激持続時間からみた頂点潜時と振幅の検討. *日眼* 90: 466—471, 1986.
 - 20) **Granit R, Munsterhjelm A**: The electrical responses of dark-adapted frogs' eyes to monochromatic stimuli. *J Physiol (Lond)* 88: 436—458, 1937.
 - 21) 埴 功, 松浦哲志: 視細胞電位発現とイオン干渉. 本田孔士編, *眼科 Mook*, 22, 眼生理学, 東京, 金原出版, 91—106, 1984.
 - 22) **Matsuura T, Miller WM, Tomita T**: Cone-specific c-wave in the turtle retina. *Vision Res* 18: 767—775, 1978.
 - 23) **Röver J, Mack M, Oswald G**: What dose the c-wave tell us in retinal disease? *Doc Ophthal Proc Series* 37: 159—167, 1983.
 - 24) **Wioland N, Bonaventure N**: Evidence for both photopic and scotopic characteristics in the c-wave of chicken and frog ERG. *Vision Res* 24: 91—98, 1984.
 - 25) 二唐東朔, 佐藤 慧, 菅原洋子, 高松隆常, 三田俊定: 猫眼の C 波と常在電位との関係. *岩手医誌* 26: 406—413, 1974.
 - 26) **Linsenmeier RA, Steinberg RH**: A light-evoked interaction of apical and basal membranes of retinal pigment epithelium: c-wave and light peak. *J Neurophysiol* 50: 136—147, 1983.
 - 27) **Oakley B II, Green DG**: Correlation of light-induced changes in retinal extracellular potassium concentration with c-wave of the electroretinogram. *J Neurophysiol* 39: 1117—1133, 1976.

(第90回日眼総会原著)