

# ウレタン麻酔下ラット硝子体腔より誘導された Spontaneous, Rhythmic Potentials について (図9)

高橋 徹・玉井 嗣彦・斉藤 英郎\* (高知医科大学眼科学教室  
\*高知医科大学第1生理学教室)

## Spontaneous, Rhythmic Potentials Recorded from the Vitreous Cavity of Urethane-Anesthetized Rats

Toru Takahashi, Akihiko Tamai and Hideo Saito<sup>1)</sup>

Department of Ophthalmology, Kochi Medical School

1) First Department of Physiology, Kochi Medical School

### 要 約

今回、我々はウレタン麻酔下の成熟ラット10匹10眼より硝子体内誘導電極を用いて spontaneous, rhythmic potentials (SRPs) を記録した。SRPs は22—43Hzの周波数帯域にあり各頂点間隔は一定していた。また加算平均化した網膜電図(ERG)とSRPsを同時に記録し、両者における光刺激の及ぼす影響の差異について検討した。その結果、SRPsは刺激光強度や背景照度に変化してもその頂点間隔や振幅は一定している点で、ERGとは明瞭に区別された。また光刺激によってSRPsは一過性に消失したのち再出現した。このとき、刺激光強度が十分に強ければ、SRPsは光刺激に対し常に一定の潜時を持って再出現した。また、SRPsは記録電極先端が網膜面に近づくほどより明瞭に記録された。さらに0.5%塩酸リドカインの硝子体内投与により一過性の消失がみられたことなどから、SRPsの発生には網膜神経節細胞を含む内網状層レベルの“dyad synapse”の関与が示唆された。(日眼 92:1696—1704, 1988)

キーワード: spontaneous, rhythmic potentials (SRPs), ウレタン麻酔下ラット, 網膜電図(ERG), 律動様小波(OPs), 硝子体内誘導電極

### Abstract

We recorded the spontaneous, rhythmic potentials (SRPs) from 10 eyes of 10 urethane-anesthetized, adult rats using a glass microelectrode inserted into the vitreous cavity from the pars plana. The frequency ranges of the SRPs were 22—43 Hz, and their peak-to-peak intervals were constant in each rat. Simultaneously recorded, averaged SRPs and electroretinogram (ERG) responses revealed that changes of the intensity of the photic stimulation and background illumination had significant effect on the ERG responses, while they had little effect on the SRPs; the SRPs were suppressed and diminished transiently by the stimulus light, but they reappeared immediately following the descending part of the b-wave with a constant latency after the photic stimulation, if the stimulus intensities were strong enough. The closer the tip of the recording electrode approached the surface of the retina, the more clearly the SRPs were recorded. Moreover, the SRPs diminished transiently with intravitreal injection of 0.5% lidocaine hydrochloride. These results suggest that a “dyad or reciprocal synapse” involving the ganglion cells in the inner plexiform layer is involved in the generation of the SRPs in the rat retina. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92: 1696—1704, 1988)

別刷請求先: 781-51 南国市岡豊町小蓮 高知医科大学眼科教室 高橋 徹 (昭和63年7月12日受付)

Reprint requests to: Toru Takahashi, M.D. Dept. of Ophthalmol., Kochi Medical School

Kohasu, Oko-cho, Nankoku-shi 781-51, Japan

(Accepted for publication July 12, 1988)

**Key words:** Spontaneous, rhythmic potentials (SRPs), Urethane-anesthetized rat, Electroretinogram (ERG), Oscillatory potentials (OPs), Intravitreal glass microelectrode

## I 緒 言

網膜から記録される律動性電位の一つとして、網膜電図 (electroretinogram; ERG) の b 波上行脚に重畳する律動様小波 (oscillatory potentials; OPs) がある。OPs は光刺激により網膜から発生する誘発電位<sup>1)</sup>であるが、このほかに網膜に光刺激を与えなくても記録される律動性電位があり、spontaneous, rhythmic potentials (SRPs) として Anderson ら<sup>2)3)</sup>、Graham ら<sup>4)5)</sup>による報告がなされている。しかし、SRPs に関する研究は少なく、その発生源や性質<sup>6)7)</sup>などについては未だに不明な点が多い。今回、我々は初めて硝子体内誘導電極を用いてラット眼球 (in vivo) より SRPs を記録した。さらに網膜に光刺激を与え、光刺激をトリガーとして加算平均化した ERG と SRPs を同時に記録し、SRPs に及ぼす光刺激の影響および OPs と SRPs との相違点について比較検討した。また、電極先端の位置による影響のほか、硝子体内に塩酸リドカインを投与し、SRPs に及ぼす影響についても検討を加えたので、ここに報告する。

## II 実験方法

### 1. 実験動物および準備

実験動物として、検眼的に眼底に異常を認めない成熟した雄性 Wistar 系ラット 10 匹 (250~330g) を用いた。ラットを 50% ウレタン (1.0~1.2g/kg) 腹腔内投与にて麻酔後、脳固定装置に頭部を固定した。記録眼は右眼とした。上、下眼瞼を切除して記録眼を露出した後、記録眼角膜輪部を 8-0 絹糸を用いて自家製ホルダーのリング (直径 5.5mm) に縫着し、眼底の観察が可能な状態で記録眼を固定した。角膜の乾燥を防ぐため、約 35℃ の生理的食塩水の持続点眼を行なった。瞳孔は 0.5% トロピカミドと 0.5% 塩酸フェニレフリン (ミドリン P®) を点眼し、完全に散瞳させた。なお実験中は動物の呼吸と心拍数に注意した。室温は 22~24℃ とし、体温の下降を防ぐため heating pad をラットの腹部に置いた。また実験は午前 9 時から午後 2 時までの間に行ない、実験系における電気的雑音や物理的振動の除去に配慮した。

### 2. 刺激光と背景照度

実験装置のブロックダイアグラム (図 1) に見るご

とく、刺激光源として光刺激装置 (日本光電 SLS-4100) のキセノン閃光 (0.6, 2, 20 ジュール) を用い、持続光刺激の際の光源としてプロジェクター (Master HILUX-H) のハロゲンランプ (角膜面にて約 500 lux) を用いた。両者ともコンデンサーレンズにて集光し光ファイバーを通じて角膜面に照射した。なお刺激光強度は ND フィルター (0, -0.6, -1.2, -1.5, -1.8 の各 log unit) を用いて適宜変化させた。

明順応下での実験は、室内蛍光灯下 (角膜面で 450 lux) で行なった。暗順応下 (同 0 lux) での実験は、1 時間以上暗順応させた後に行ない、各実験間隔は少なくとも 10 分間とった。

### 3. ERG と SRPs の記録と解析

図 1 に示したごとく、記録用関電極には微小ガラス管電極 (先端外径: 200~300 μm) を用い、双眼倒像鏡観察下にマニピュレーターを用いて 3 時の位置の毛様体扁平部より硝子体内に挿入し、電極先端を網膜直前まで進めて固定した。電極内の電解液として 0.9% 生理食塩水を使用した。不関電極ならびに接地電極には銀-塩化銀電極を用い、前者は記録眼の球後に、後者は、頭部の皮膚に刺入固定した。

まず、暗順応下で網膜に光刺激を与えずに SRPs の記録を行ない、次いで刺激光を与えたときの ERG と SRPs を同時に記録した。各実験とも光刺激を 20~50 回繰り返して行ない、シグナルプロセッサ (NEC-Sanei 7T18) にて加算平均化した結果をフロッピーディスクに記録した。また、光刺激に先行する SRPs の加算平均化記録はもう一台のシグナルプロセッサ (日本光電 ATAC-210) を用い、光刺激に対しプレトリックを掛けて記録した。

記録された波形の周波数解析は高速フーリエ変換 (fast Fourier transformation; FFT) を用いて行なった。高速フーリエ変換の解析法に関しては北川らの報告<sup>8)</sup>と同様である。

なお、各実験とも増幅器 (日本光電 AB-600G) の時定数は 0.3sec、high cut は 300Hz とした。また、実験中に網膜剝離や硝子体出血を来したものは対象から除外した。

### 4. 塩酸リドカインの硝子体内注入

12 時の位置の毛様体扁平部に 30G ステンレス針を刺入し、0.5% 塩酸リドカイン (キシロカイン®) (pH =

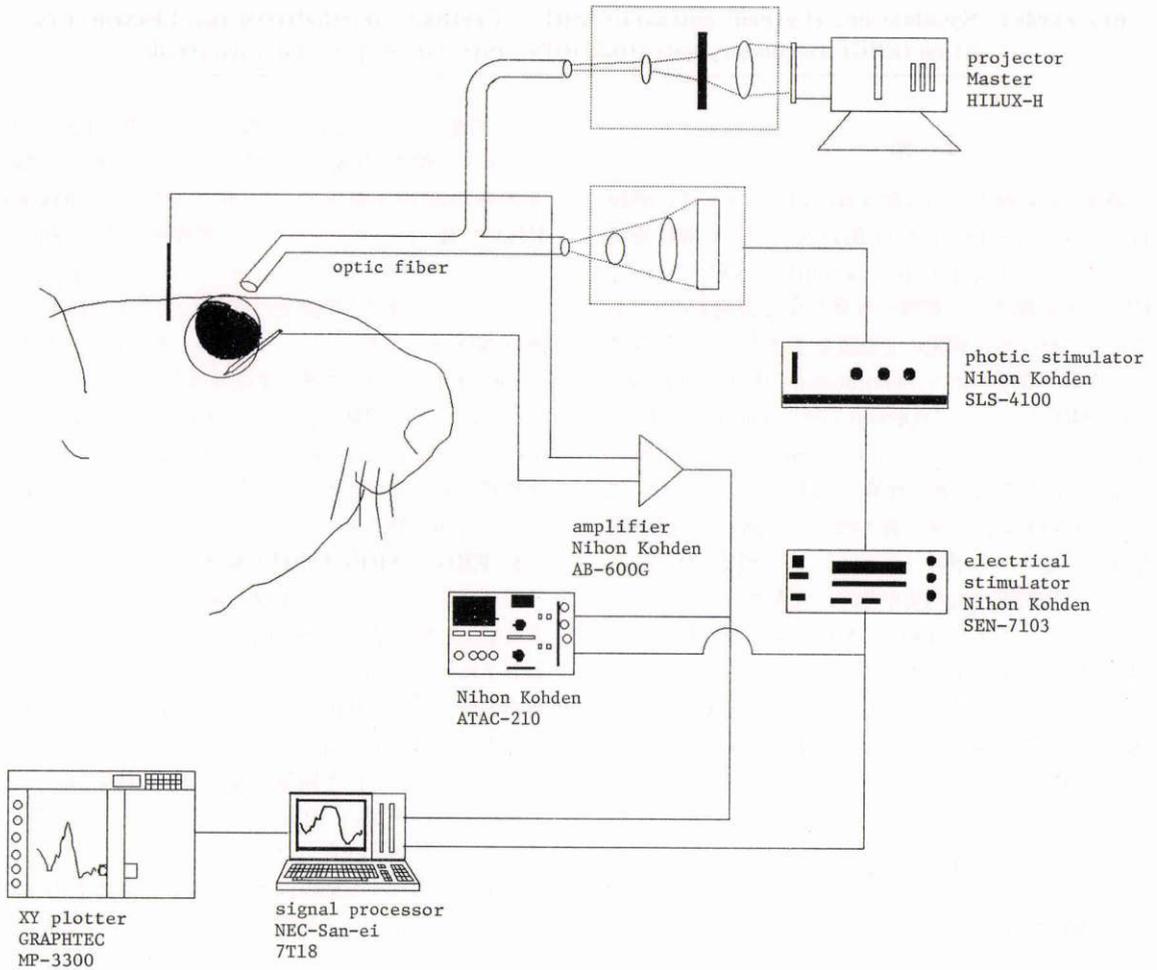


図1 実験装置のブロックダイアグラム

6.2)を約 $1\mu\text{l}$ 注入し、経時的に ERG および SRPs を記録した。

### III 結 果

ウレタン麻酔下のラット10匹10眼より SRPs を記録した。SRPsの周波数は22-43Hz (平均 $31.4 \pm 6.1\text{Hz}$  S. D.) で、振幅は約 $5\mu\text{V}$ の微小な律動性電位として記録された。

#### 1. SRPs と光刺激との関係

図2-Iに、暗順応下で光刺激を与えずに記録されたSRPsの1例を示す。SRPsの各頂点間隔はほぼ一定しており約31msecであった。一方、図2-IIは、同一眼で光刺激を与えた際に記録されたERGとSRPsである。この様にSRPsは光刺激によりERGが誘発される間、一過性に消失したのち再出現してくる。また光

刺激後に再出現してくるSRPsの各頂点間隔も約31msecで一定しており、光刺激なしで記録されたSRPsのものと同しかった。

図3には、光刺激の直前に生じるSRPsおよび光刺激後生じるERGと再出現するSRPsを同時記録した例を示す。これは0.6ジュールのキセノン閃光刺激をトリガーとして、50回の加算平均化を行なったものである。光刺激に先行して発生しているSRPsは加算平均化により消失するが、光刺激後に再出現してくるSRPsは消失せずERGと共に記録された。

図4には、1sec以上持続するハロゲンランプによる刺激光によって記録されたERGとSRPsを示す。SRPsは刺激光点灯中にも記録された。

#### 2. ERG と SRPs の周波数帯域

図5に、FFT処理によって得られた図2の各波の周

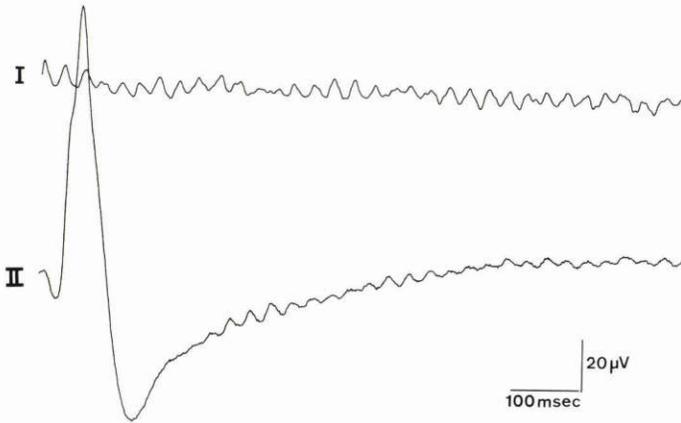


図2 I：暗順応下，光刺激なしで記録されたSRPsの1例，II：同一眼で暗順応下，キセノン閃光刺激（20ジュール）により得られたERGと引き続いて記録されたSRPs，刺激間隔は5secで，20回加算平均化を行なった。（時定数=0.3sec）

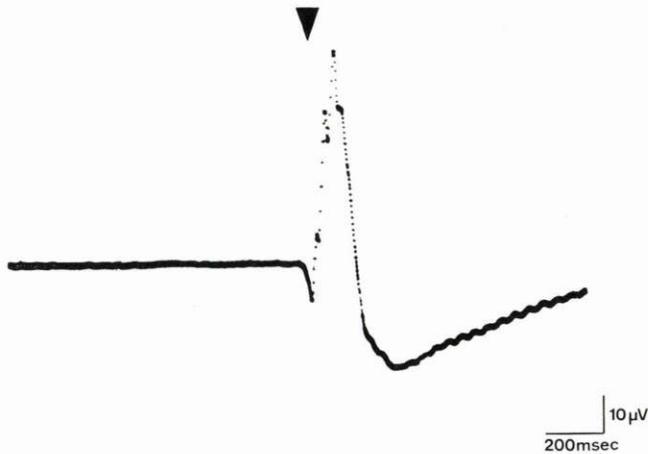


図3 キセノン閃光刺激（0.6ジュール）により得られたERGと引き続いて記録されたSRPs，刺激間隔は5secで，50回加算平均化を行なった，▼は光刺激の開始を表わす。（時定数=0.3sec）

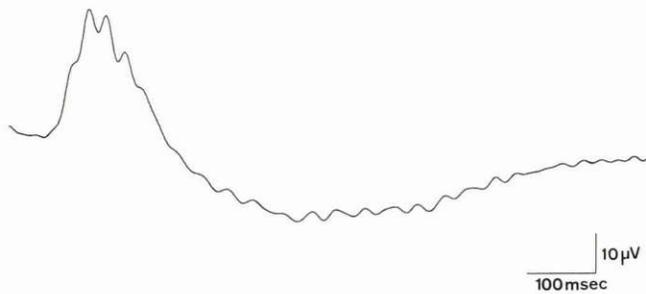


図4 ハロゲンランプによる持続光（1sec以上）刺激によって得られたERGとSRPs，刺激間隔は10secで，20回加算平均化を行なった。（時定数=0.3sec）

波数帯域を示す。光刺激なしで記録される SRPs と光刺激後に再出現する SRPs の周波数帯域は、ともに 29-35Hz であり一致していた。また、SRPs の周波数帯域 (図中 B) は、a, b 波成分 (図中 A) と OPs 成分

(図中 C) の中間に独立したピークを形成した。

3. 刺激光強度による変化

図 6 に、暗順応下、刺激光強度を変化させた際の ERG と SRPs の変化を示す。この例では、刺激光強度

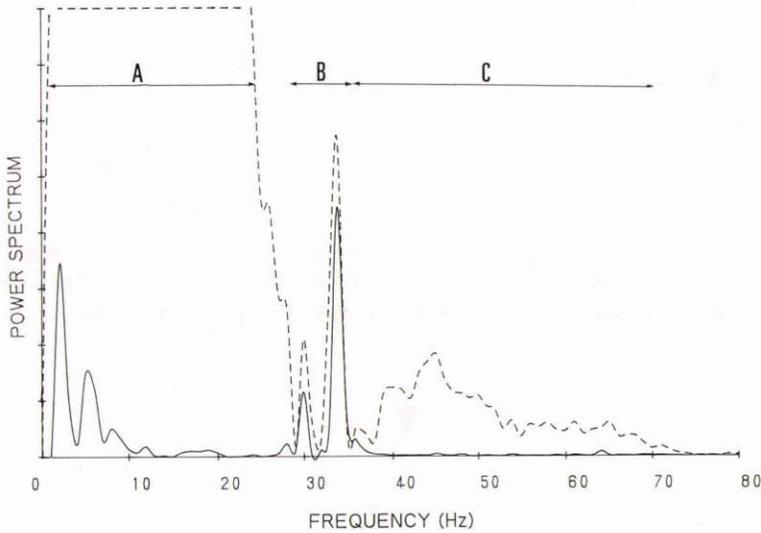


図 5 高速フーリエ変換 (FFT) によって得られた図 2 の各波の周波数帯域。実線は光刺激なしで記録された SRPs の周波数帯域を、破線は光刺激後同時に記録された ERG と SRPs の周波数帯域を表わす。

A : a, b 波成分, B : SRPs 成分, C : OPs 成分

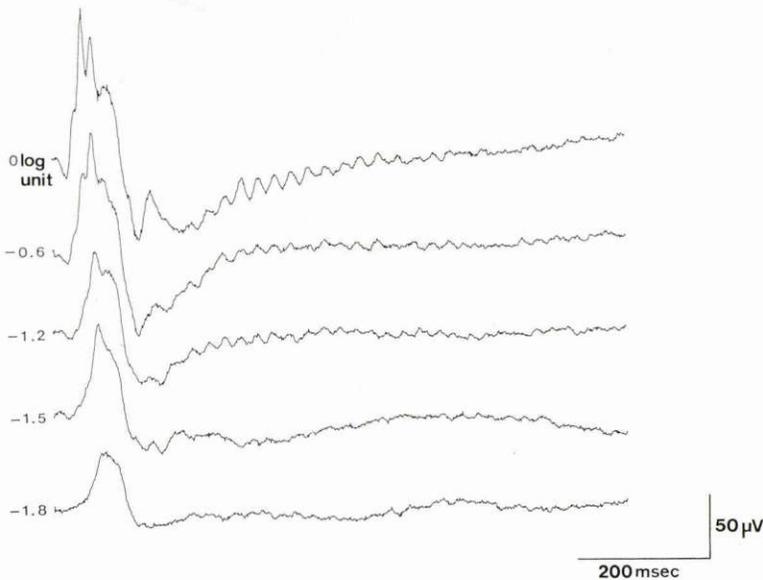


図 6 刺激光強度を変化させたときの ERG および SRPs. 刺激光はキセノン閃光 (0 log unit で 2 ジュール) による。刺激間隔は 5sec で、20 回加算平均化を行なった。(時定数 = 0.3sec)

が $-1.2 \log$  unit 以上であればSRPsはERGとともに記録されるが、それ以下の刺激光強度では加算平均化によりSRPsは消失し、ERGのみが記録された。またSRPsの各頂点間隔は刺激光強度に関係なくほぼ一定であった。

4. 背景照度の影響

図7に、背景照度を变化させたときのERGとSRPs

を示す。背景照度の变化によりERG各波は大きく变化するが、SRPsには变化がみられなかった。

5. 電極先端の位置による影響

図8に、電極先端と網膜面との距離を变化させた場合のERGとSRPsを示す。ERGにあまり变化がみられないのに対し、SRPsは、電極先端が網膜直前に位置するとき最も鮮明に記録され、網膜面から遠ざかるに

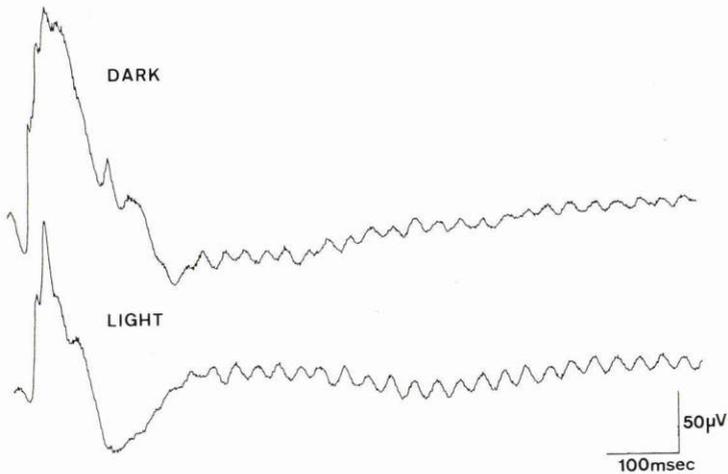


図7 背景照度を变化させたときのERGおよびSRPs. 刺激光：キセノン閃光(20ジュール) 刺激間隔は5secで、20回加算平均化を行なった。(時定数=0.3sec) 背景照度：DARK(暗所)=0lux, LIGHT(明所)=450lux(室内灯下)

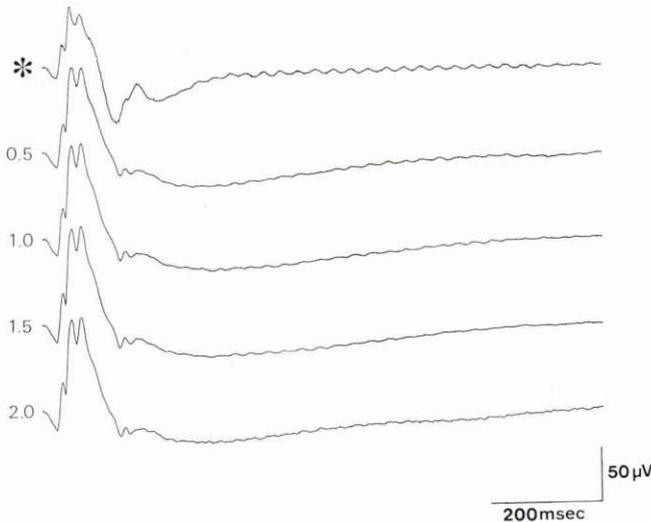


図8 記録電極先端の位置を变化させたときのERGおよびSRPs. 刺激光：キセノン閃光(2ジュール) 刺激間隔は5secで、20回加算平均化を行なった。(時定数=0.3sec)

\*は電極先端が網膜直前に位置するときのもの。左端の数字は電極先端と網膜面との距離(mm)を表わす。

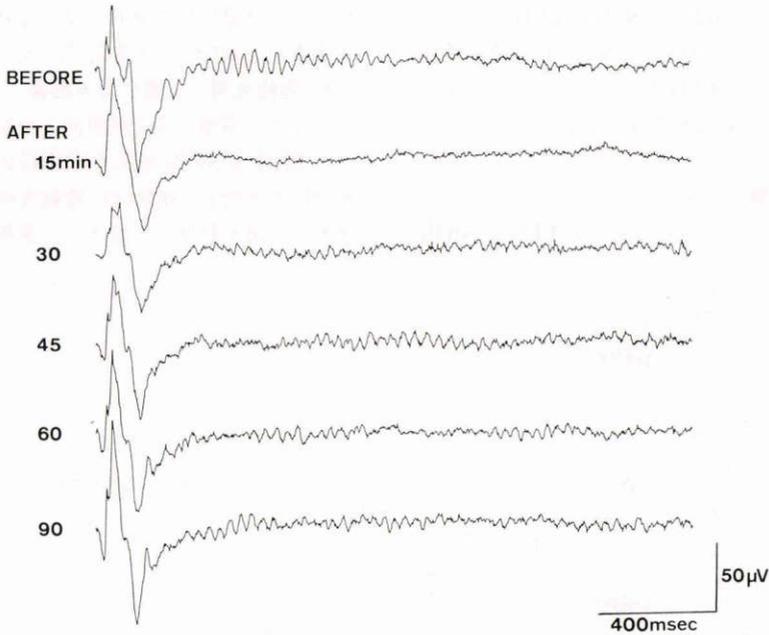


図9 0.5%塩酸リドカインを硝子体内注入したときのERGおよびSRPsの経時変化。刺激光：キセノン閃光(2ジュール) 刺激間隔は5secで、20回加算平均化を行なった。(時定数=0.3sec)

従い、次第に記録しにくくなる傾向がみられた。また、記録電極先端を視神経乳頭直前においた場合はSRPsは記録されず、あくまでも、電極の先端を網膜面直前においたときに記録が可能であった。

#### 6. 塩酸リドカインの硝子体内投与による影響

図9に、0.5%塩酸リドカイン約1 $\mu$ lを硝子体内に投与した際のERGおよびSRPsの経時変化を示す。投与後15分後よりERGのOPsの振幅の減弱とSRPsの消失がみられたが、一過性であり、両者とも経時的に次第に回復した。なお、等量の塩酸リドカインを腹腔内に投与した場合は、ERG、SRPsはともに変化がみられなかった。

### IV 考 按

この種の動物実験では、室温、実験の時間帯、全身の状態などが観察波形に微妙な影響を与えることが指摘されている<sup>8)</sup>。従って、この種の動物の実験条件をできるだけ一定に保ち、かつ動物を弱らせないで生理的状态を保ちつつ、再現性のよい誘導波形を記録することに留意した。また硝子体内誘導電極を用いて、20-50回の加算平均化を行なった今回の実験条件下では、S/N比は十分に高く、ノイズによる影響<sup>8)</sup>はほとんど認

められなかった。

#### 1. SRPsとOPsの比較

網膜のみならず、視神経、視索、外側膝状体などからも、光刺激に応ずる律動性電位が誘発されることが知られており、その各頂点潜時はERGのOPs<sup>1)</sup>とよく相関する<sup>9)-11)</sup>。さらに、単一ニューロンレベルにおいても網膜神経節細胞における律動性発火活動が誘発されることが知られており、OPsが上位視中枢に反映していることが強く示唆されている<sup>12)-14)</sup>。

一方SRPsは、網膜に光刺激を与えなくても網膜から記録される<sup>2)-5)</sup>が、本電位もOPsと同様に周期性を持った小波群より構成され、また上位視中枢の活動にも反映していることが示唆されている点で類似しており、過去の報告において両者に若干の混同がみられるが、以下の点において両者の相違を見る。ERGのOPsは光刺激による誘発電位であり、その各頂点間隔は刺激光強度や背景照度の変化によって大きく左右されることが知られている<sup>8)15)-17)</sup>。これに対し、SRPsの各頂点間隔はあまり影響を受けず一定していた(図6, 7)。このことはSRPsに関する過去の報告<sup>2)-7)</sup>と一致した。また光刺激の前後でSRPsの各頂点間隔は変化せず、周波数帯域にも変化がみられなかったことなど(図

2, 5) から, 光刺激後再出現してくる SRPs は光誘発電位である可能性は低い. さらにまた, SRPs は刺激光持続中にも記録され, off 応答の OPs<sup>(11)(16)</sup> である可能性もない (図 4). また周波数帯域の点でも SRPs は OPs とは異なっており (図 5), SRPs は光刺激誘発電位である OPs とは明確に区別されなければならないと思われた.

### 2. 光刺激の SRPs に与える影響

網膜に光刺激を与えると, SRPs は誘発電位 (即ち ERG) を出現する間, 一過性に消失し, その後またすぐに再出現してくるという現象が過去に報告されている<sup>(2)-(7)</sup> が, 今回も同様の実験結果が得られた (図 2). さらに今回は, 刺激光をトリガーとして ERG と SRPs の加算平均化記録を行なった. この方法によれば, 刺激光と一定の時間関係を保って生ずる信号のみを記録することができる. 今回の実験結果では, 光刺激に先行する SRPs は加算平均化により消失したが, 光刺激後再出現してくる SRPs は刺激光強度が十分大きければ消失せず ERG とともに記録されることがわかった (図 3). つまり網膜が光刺激を受けると SRPs は一過性に消失するが, その際いったん phase-lock され, SRPs が光刺激に対し時間的に同期し, 常に一定の潜時を持って再出現するものと思われる. この phase-lock は光刺激によって網膜内電気回路が興奮する際に引き起こされると考えられ, SRPs の発生に対して網膜中層より内層にかけての網膜内神経回路が密接に関与しているものと推察された.

### 3. SRPs の発生源に関して

SRPs は網膜のみならず視神経, 外側膝状体, 視皮質などからも記録されることが報告されている<sup>(2)(9)</sup> が, 網膜がその起源であるという点で諸家の報告<sup>(2)-(7)</sup> の一致を見る. Brown ら<sup>(7)</sup> は, 視神経を破壊したラットにおいて SRPs の記録を行なっているが, SRPs は視神経破壊部位より近位端では記録されず, 遠位端でのみ記録が可能であることを示し, 網膜がその発生部位であることを示唆している. また, Doty ら<sup>(9)</sup> は, ネコを用いた実験で視神経の逆行性電気刺激が網膜より記録される SRPs に対して影響を及ぼさないことを示し, 網膜神経節細胞がその発生源ではないと主張している. 一方, Graham ら<sup>(4)</sup> はラットで GABA 拮抗物質である picrotoxin や bicuculline の硝子体内注入によって SRPs の振幅が増大することを示し, ラット SRPs の発生に対する GABA 作動性のアマクリン細胞と双極細胞, 網膜神経節細胞の 3 つの細胞より構成される二

元一対ないし相互のシナプス (bipolar-ganglion-amacrine cell dyad or reciprocal synapse, dyad synapse と略) がその発生源であるとしている. 今回我々の 0.5% 塩酸リドカイン硝子体内投与による実験では, SRPs の一過性消失が観察された (図 9). 塩酸リドカインは網膜神経節細胞への直接作用を持ち, インプルス伝導を阻止することが知られている<sup>(18)</sup>. 即ち, 硝子体内投与された塩酸リドカインが, 網膜神経節細胞の電気的活動を抑制した結果, 上記 dyad synapse の活動が阻止され SRPs が消失したと考えられ, 今回の実験結果は Graham ら<sup>(4)</sup> の dyad synapse 起源説の妥当性を示唆するものである.

### 4. SRPs の発生機序および麻醉薬との関係

SRPs は網膜内の個々のニューロン活動が同期する結果発生するという見解が強い. また SRPs は, 麻醉薬による影響を強く受けることが報告されており<sup>(4)(6)(7)</sup>, 特にバルビタール系麻醉薬投与によりその振幅が増大するという<sup>(4)(7)</sup>. 即ち, バルビタール系麻醉により, SRPs 発生に対して抑制的に働いている神経回路の脱抑制が起こるため SRPs の振幅が増大するのではないかと考えられている. Brown ら<sup>(7)</sup> は角膜電極を用いて種々の麻醉条件下でラット SRPs の記録を試みているが, バルビタール麻醉下では SRPs が明瞭に記録できたのに対し, ウレタン麻醉または無麻醉下では記録できなかったと報告している. これに対し, 我々の硝子体内誘導電極を用いた今回の実験では, ウレタン麻醉下でのラット SRPs の記録が可能であった. しかも電極先端が網膜面に近付くほど SRPs が明瞭に観察される傾向がみられた (図 8). このことから, ウレタン麻醉下では網膜内ニューロン活動の同期が網膜局所レベルで起こり SRPs が発生しているが, 網膜の部分部分でそれぞれ違った位相をもって発生しているため網膜面全体での同期は起こっていないと考えられる. そのため, ウレタン麻醉下のラットでは, 記録電極先端を網膜面直前において局所的な電位変化を記録したときに SRPs が最も明瞭に記録できたものと思われる. 他方, バルビタール系麻醉下では SRPs の発生に対する抑制性神経回路の脱抑制が強く起こり, 網膜面全体での同期が起こるため, 角膜面からでも SRPs が容易に記録されるものと推察された. また SRPs の発生に対する抑制性神経回路は, アマクリン細胞や水平細胞などを介した, 網膜面に対して平行の広がりを持つ電気回路を構成しているのではないかと考えられた.

SRPsは現在のところ麻酔下の動物の眼球でしか確認されていない。従って、生理的に存在する電位であるか否かは未だに不明であり、無麻酔下の動物または遊離網膜 (in vitro) から SRPs を記録することが今後の研究課題と思われる。

また、今回特にふれなかったが、渡辺ら<sup>19)~21)</sup>はウレタン腹腔内注射によるマウスならびにラット眼より頂点間隔が30msec前後と我々の電位と近似の律動性電位 (slow oscillatory potentials と呼称している<sup>20)</sup>) を長、短の刺激光を用いて、b波上(下降脚を含む)に観察している。これは角膜誘導電極を用いての in vivo からの記録ではあるが、in vitro の網膜内微小電極誘導時にもこのような電位が認められるとの指摘もある<sup>20)</sup>。現時点でこの種の電位の発生源はもとより、生理的意味は全く解明されていない。従って、今回観察された SRPs との異同についてはなお慎重な検討を要する。

本論文の要旨は第92回日本眼科学会総会にて発表した。稿を終えるに当たり、本学第1生理学教室瀬戸勝男教授の御校閲を深謝致します。

#### 文 献

- 1) 米村大蔵, 河崎一夫: 臨床網膜電図学. 東京, 医学書院, 104-123, 1985.
- 2) Anderson KV, O'Steen WK: The origin of spontaneous, rhythmic potentials in the visual system of rats. *Exp Neurol* 30: 555-564, 1971.
- 3) Anderson KV, O'Steen WK: Spontaneous, rhythmic potentials recorded from the eye of rats. *Exp Neurol* 32: 502-505, 1971.
- 4) Graham LT Jr, Pong SF: Rhythmic potentials originating in rat retina. *Exp Neurol* 36: 399-403, 1972.
- 5) Pong SF, Graham LT Jr: A relatively simple differential screening test for GABA or glycine antagonists using rat electroretinography. *Arch Int Pharmacodyn* 220: 275-286, 1976.
- 6) Doty RW, Kimura DS: Oscillatory potentials in the visual system of cats and monkeys. *J Physiol* 168: 205-218, 1963.
- 7) Brown JE, Rojas JA: Rat retinal ganglion cells: Receptive field organization and maintained activity. *J Neurophysiol* 28: 1073-1090, 1965.
- 8) 北川康介, 玉井嗣彦, 齊藤英郎: 正常ラット網膜電図律動様小波の最大エントロピー法による解析. *日眼* 91: 1227-1234, 1987.
- 9) 米村大蔵, 土田 豊: ERGの律動様小波は視神経節細胞活動を反映するか. *日眼* 73: 719-723, 1969.
- 10) 横山 実, 金子和正, 中井義昌: 視神経における誘発電位と ERG との関連について (I). *眼紀* 14: 486-496, 1963.
- 11) 柳田 隆: 網膜と視神経にみられる律動性電位. *眼紀* 29: 729-736, 1978.
- 12) Stiles M, Tzanakou E, Michalak R, et al: Periodic and nonperiodic burst responses of frog (*Rana pipiens*) retinal ganglion cells. *Exp Neurol* 88: 176-197, 1985.
- 13) Kline LW, Pickering SG: Rhythmic activity in frog (*Rana pipiens*) visual system. *Experientia* 30: 1040-1041, 1974.
- 14) Ariel M, Daw NW, Rader RK: Rhythmicity in rabbit retinal ganglion cell responses. *Vision Res* 23: 1485-1493, 1983.
- 15) 児島 守: 人眼網膜電図における律動様小波の特性に関する研究. 第1報. 暗所視律動様小波 (on response) について. *日眼* 82: 652-656, 1978.
- 16) 児島 守: 人眼網膜電図における律動様小波の特性に関する研究. 第2報. 明所視律動様小波 (on, off response) について. *日眼* 82: 657-664, 1978.
- 17) 新里研二: 人眼網膜電図における律動様小波の特性に関する研究. 背景光および刺激光強度が頂点潜時に与える影響. *日眼* 86: 181-187, 1982.
- 18) 森田嘉樹: 白色家兎 ERG に対する xylocaine の影響. *日眼* 21: 26-32, 1970.
- 19) 渡辺郁緒: ラット ERG の律動様小波と off 効果に重畳する小波について (予報). *眼紀* 28: 793-795, 1977.
- 20) 渡辺郁緒, 外山喜一: Slow Oscillatory Potentials について. *眼紀* 30: 707-708, 1979.
- 21) Watanabe I, Toyama K: The oscillatory potentials and the rhythmic wavelets superimposed upon the off-effect of the ERG. *Proc 16th ISCEV Symposium, Morioka*, 101-105, 1979.

(第92回日眼総会原著)