

網膜剝離自然復位後の局所 ERG の回復過程

亀井 俊也

岩手医科大学眼科学教室

要 約

有色家兎の生体内での実験的網膜剝離復位後の網膜機能の回復について、局所 ERG を記録することによって検討した。ハンクス液（以下 HS）あるいはヒアルロン酸ナトリウム（以下 HNa）を網膜下に注入して、直径約 4 mm の網膜剝離を眼底後極部に作成した。網膜剝離が自然復位したのちに、2 筒型微小ガラス管電極を用いて局所 ERG を記録した。HS あるいは HNa で作成された網膜剝離はそれぞれ 321 ± 56 分あるいは 20.8 ± 1.8 日で自然復位した。いずれの復位網膜でも、ERG・b 波の回復は slow P III のそれに先行した。また、HNa による復位網膜での機能回復は HS による場合よりも遅延し、かつ不良であった。これらの結果から、剝離時間にかかわらず、復位した網膜では、ERG・b 波の発現機序に関与する内層の機能は比較的すみやかに回復するが、slow P III にかかわる外層の機能は遅延することが推定され、剝離網膜の早期復位の重要性が確認された。（日眼会誌 96：776—783，1992）

キーワード：網膜剝離，復位網膜，局所 ERG，有色家兎

The Recovery of the Local ERG Recorded from Reattached Retina after Retinal Detachment

Shunya Kamei

Department of Ophthalmology, School of Medicine, Iwate Medical University

Abstract

The functional recovery of the reattached retina after retinal detachment was investigated electrophysiologically. Experimental retinal detachment approximately 4 mm in diameter was made in the rabbit eye by injecting Hanks' solution (HS) or sodium hyaluronate (HNa) into the subretinal space. Local ERG (LERG) was recorded from the spontaneously reattached retina by a double-barreled microelectrode. The retinal detachments caused by HA reattached at an average of 321 ± 56 minutes after making the detachment, while the detachments by HNa at 20.8 ± 1.8 days. The recovery of the amplitudes of b-wave and slow P III of the LERG was slower and worse in HNa group than in HS group. In both groups, the amplitudes of the b-waves recovered earlier than the slow P IIIs. Result indicated that earlier reattachment is related to favorable recovery of the retinal function, and that the inner retina generating the b-wave restores its function earlier than the distal retina generating the slow P III. (*Acta Soc Ophthalmol Jpn* 96: 776—783, 1992)

Key words: Retinal detachment, Reattached retina, Local ERG, Dutch rabbit

別刷請求先：020 盛岡市内丸19-1 岩手医科大学眼科学教室 亀井 俊也

（平成3年10月31日受付，平成4年1月23日改訂受理）

Reprint requests to: Shunya Kamei, M.D. Department of Ophthalmology, School of Medicine, Iwate Medical University, 19-1 Uchimaru, Morioka 020, Japan

（Received October 31, 1991 and accepted in revised form January 23, 1992）

I 緒 言

剝離あるいは復位した網膜を形態学的に調査した実験的報告^{1)~3)}は従来より数多くみられている。他方、臨床的には近年、網膜剝離手術手技の向上に伴って解剖学的な網膜復位率が90%以上に及んでいる折から、剝離網膜の機能や復位後の網膜機能の回復についての検討が必要となっている。網膜剝離眼の臨床的機能検査の一つとしてERGの記録が行われている^{4)~7)}が、通常は眼底全体の網膜からの応答を集積する角膜電極による記録であり、剝離網膜の応答は非剝離網膜の応答に修飾されて正確に把えることはできない。したがって臨床ERGは主として網膜剝離の有無や範囲を推定するために用いられている。また、網膜復位後に記録したERGは、網膜への手術侵襲がERGの結果に影響し、復位網膜の機能を純粋に反映していないことも考えられる。

実験的には近年、Moriら⁸⁾により生体家兎に作成した剝離網膜から直接局所ERGの記録が可能となり、Moriらあるいは著者らによって、剝離が限局性で早期であれば剝離網膜への視物質の輸送は比較的良好に保たれること⁹⁾、剝離が継続すれば網膜の機能は経時的に低下し、剝離後4日で電気生理学的応答は認められなくなること¹⁰⁾、さらには網膜剝離の範囲が大きく高くなるほど網膜色素上皮から剝離網膜への物質の供給が不良となり、機能低下がより強くなること¹¹⁾など、実験的剝離網膜の機能が次第に解明されつつある。

しかしながら、復位を得た網膜の機能の回復過程については依然不明な点が多く残されている。そこで今回は、家兎に剝離期間の異なる2種類の実験的網膜剝離を作成し、自然復位した網膜より局所ERGを記録することによって、復位網膜の機能の回復を電気生理学的に検討した。

II 実験方法

実験動物には、検眼鏡的に眼底に異常のない体重1.5~2.0 kgの正常有色家兎48匹48眼を用いた。家兎に0.5%トロピカミド、0.5%塩酸フェニレフリンおよび1%アトロピンを点眼し、極大散瞳した後に、ケタミン(30 mg/kg 筋肉内注入)とウレタン(0.5 g/kg 筋肉内注入および0.5 g/kg 腹腔内注入)とを併用して全身麻酔した。家兎を実験台に固定し、Marmorら¹²⁾の方法に準じ、視神経乳頭から外下方へ約2乳頭径離れた部位に網膜剝離を作成した。すなわち、ハンクス

液(以下HS)あるいは1%ヒアルロン酸ナトリウム(科研製薬、以下HNa)を満たした先端直径20~30 μm のガラス管マイクロピペットを、手術顕微鏡下にて角膜輪部より約2 mm後方の強膜に18 Gの注射針の先端にて切開した強膜創より硝子体腔内に挿入し、先端が網膜表面に達した時点で700 g/cm²の酸素圧にてマイクロピペット内の溶液を圧出しながら油圧式マイクロマニピレーター(MO-22, ナリシゲ社)を用いてマイクロピペットを網膜内に進めた。マイクロピペットが網膜下に達すると限局性の網膜剝離が形成されるが、その大きさを直径約4 mmとした(図1)。マイクロピペットを抜去した後、強膜創を6-0絹糸で縫合し、室内光明順応下に置き、HSにて作成した網膜剝離では20分毎に、HNaにて作成した網膜剝離は1日おきに手術顕微鏡下で眼底を観察した。

作成した網膜剝離が自然復位したことを確認した後に、復位した網膜より下記の方法で局所ERGを記録した。すなわちBrownら¹³⁾の方法に準じ、電極は自作した先端直径5 μm 以下の長短2筒型の微小ガラス管電極を用いた。2筒型ガラス管電極を網膜剝離を作製したときの強膜創より硝子体内に挿入し、手術顕微鏡下でマニピレーター(M-152, ナリシゲ社)を用いて、その長端が網膜剝離作成時の網膜孔の部位以外の復位網膜の表面に接するように位置するまで誘導した。短端は硝子体内に位置するように設置した。その後、油圧式マイクロマニピレーター(MO-22, ナリシゲ社)にて2筒型ガラス管電極の長端を網膜表面より20 μm ずつ網膜内へ刺入し、その都度局所ERGを記録(depth recording)した(図2)。電極が網膜の

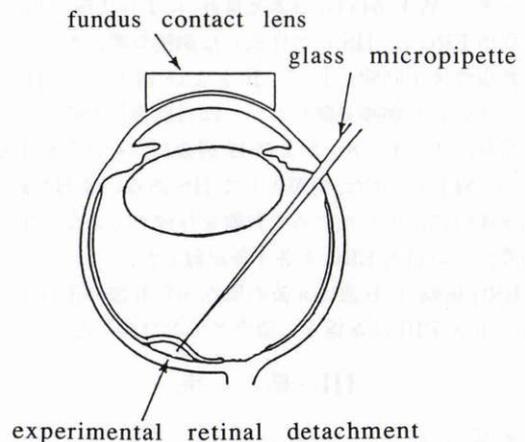


図1 網膜剝離作製方法。

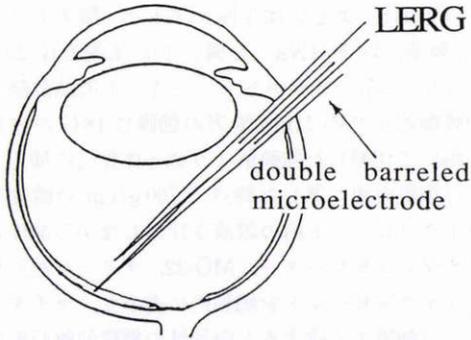


図2 ERGの記録方法。
LERGは復位網膜からの局所ERGを示す。

表面および外層端に達したことは、電位の動揺にて確認した。網膜深度は網膜の表層を0%，外層端を100%として表示した。

刺激光の光源は250 Wのハロゲンランプ (ERG-101, ユニハイト)とし、その光を直径6 mm, 長さ90 cmのファイバーオプティクスで家兎眼前3 cmまで誘導し、照度を角膜面上で4,000 luxに調光した。刺激光はコンタクトレンズのdiffuserにより網膜全面照射とした。

30分の暗順応後に持続時間4秒の刺激光を照射し、発生した電気応答(網膜電図: ERG)を、微小電極用前置増幅器(MEZ-7101, 日本光電社)を介して、fast componentとしてのb波は交流増幅器(AVB-21, 日本光電社)を用いてhigh cut: 300 Hz, low cut: 0.5 Hzで増幅後にオシロスコープ(VC-11, 日本光電社)で記録した。slow componentとしてのslow PIIIは直流増幅器(AD-610, 日本光電社)で増幅後に、ペンレコーダー(WT-645 G, 日本光電社)によって描記した。

局所ERGは、HSにて作成した網膜剥離においては自然復位後1時間, 3, 7, 10および14日目に、HNaにて作成した網膜剥離においては自然復位の確認された当日, 2, 4, 8, および12週後に、それぞれ4眼ずつ記録した。また、対照としてHSあるいはHNaを硝子体内に注入したのみで剥離を作成していない眼の網膜からの局所ERGを各4眼記録した。

ERG振幅は、b波はa波の頂点からb波の頂点までを、slow PIIIは基線から頂点までを計測した。

III 結 果

網膜下に注入されたHSは平均 321 ± 56 分(240~440分)で、HNaは 20.8 ± 1.8 日(16~26日)

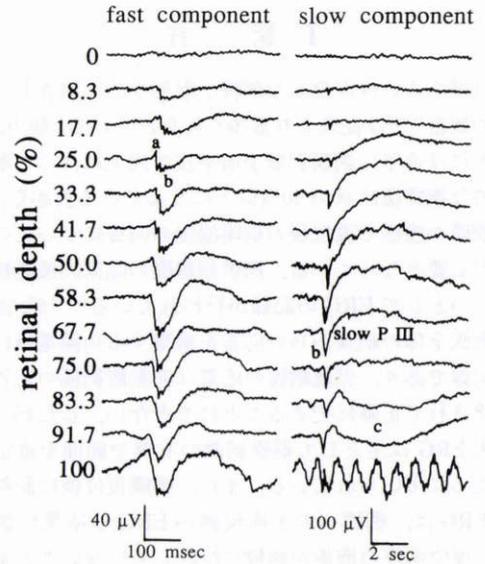


図3 対照網膜からの局所ERGのdepth recordingの1例。

で吸収され、剥離網膜は自然復位した。

1. 網膜の厚さの変化

電極の電位変化から計測した網膜の厚さは、代表例において、対照網膜では $220 \mu\text{m}$ であった。HSによる剥離後の復位網膜の厚さは1時間後では $280 \mu\text{m}$ で、正常網膜の127%に増していたが、10日目では $240 \mu\text{m}$ で正常網膜と同程度に戻っていた。一方、HNaの場合の復位網膜は4週目では $160 \mu\text{m}$ 、12週目では $100 \mu\text{m}$ で、それぞれ対照の73%および45%に菲薄化していた。また、他の眼球においても同じ傾向であった。

2. 対照群の局所ERG波形

HSを硝子体内に注入した対照眼の剥離していない網膜の局所ERGのdepth recordingの代表例を図3に示した。他の3眼およびHNaを硝子体内に注入した眼球からの記録でも同様の結果が得られた。波形は関電極が網膜内に、不関電極が硝子体内に位置するため、臨床に用いられるERGとは極性が逆転している。

ERGのb波およびslow PIIIともに電極が網膜表面の位置では観察されなかったが、b波は電極深度8%から記録され始め、b波振幅は電極の深度とともに増大し、58%で最大となり、その後減少して深度92%まで記録された。slow PIIIは深度25%から記録され始め、深度42%で最大振幅を示すまで増大し、その後は深度75%まで減弱し、83%ではc波が記録さ

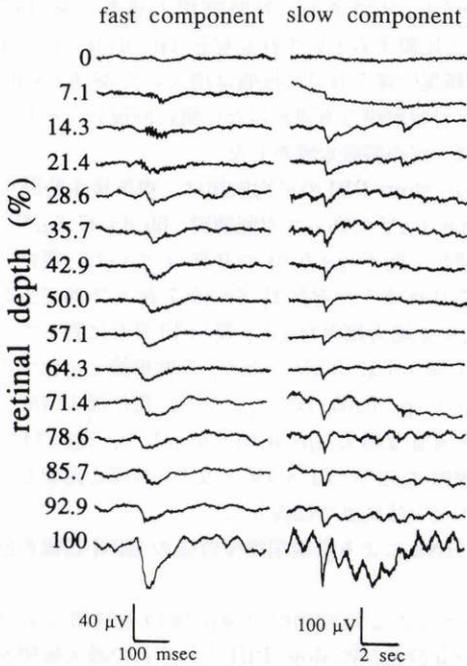


図4 ハンクス液によって作成された網膜剥離復位1時間後の網膜からの局所 ERG の depth recording.

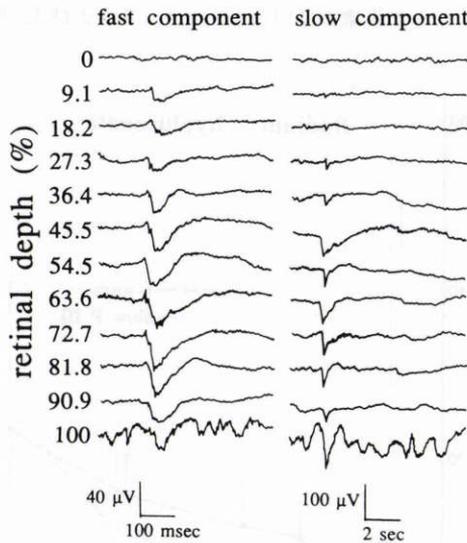


図5 ハンクス液によって作成された網膜剥離復位10日後の網膜からの局所 ERG の depth recording.

れ、その振幅は網膜深度 92%まで増大した。

3. HS による剥離網膜からの局所 ERG 波形

HS による剥離網膜の自然復位後 1 時間および 10 日目の局所 ERG の depth recording の代表例を図 4

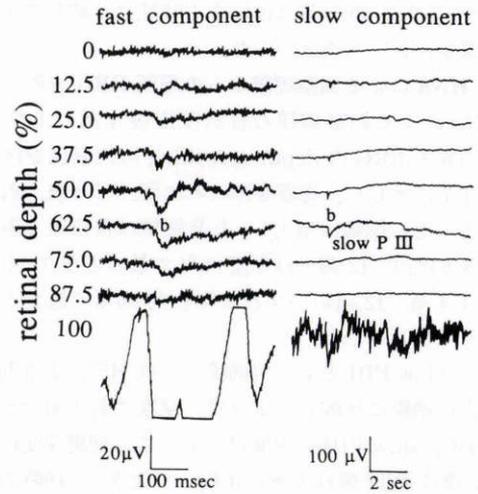


図6 ヒアルロン酸ナトリウムによって作成された網膜剥離復位4週後の網膜からの局所 ERG の depth recording.

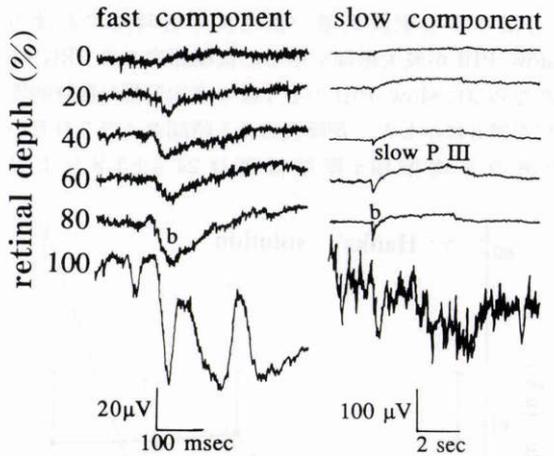


図7 ヒアルロン酸ナトリウムによって作成された網膜剥離復位12週後の網膜からの局所 ERG の depth recording.

および5に示した。いずれの時期も電極深度を増すに従って b 波, slow P III ともにその振幅は増大し, b 波は網膜深度約 70%で, slow P III は約 40%で最大となり, それ以降減弱した。

b 波は正常網膜と比較してより深い深度で最大値を示したが, slow P III はほぼ正常網膜と同じ深度で最大値を示した。b 波の振幅は正常網膜と比較して復位後 1 時間ではすべての深度で小さいが, 復位後 10 日ではほぼ同程度であった。これに対し slow P III 振幅は復位後 1 時間および 10 日目とも正常網膜に比較して小

さいが、復位後10日目は復位後1時間に比較してすべての深度において大きかった。

4. HNaによる剝離網膜からの局所ERG波形

HNaによる剝離網膜の自然復位後4週および12週目の局所ERGのdepth recordingの代表例を図6および7に示した。電極を深めるに従ってb波、slow PIIIともその振幅は増大し、b波振幅は復位後4週では深度63%で、12週では深度80%で最大となり、slow PIIIは4週、12週のいずれも深度約60%で最大となり、その後減弱した。

b波、slow PIIIとも正常網膜およびHSによる剝離後の復位網膜に比較してより深い深度で最大値を示した。b波、slow PIIIの振幅は、すべての網膜深度において、復位後12週は4週に比較して大きく、経時的に増加を示していたが、正常網膜およびHSによる剝離後の復位網膜に比較して小さかった。

5. HSによる剝離網膜復位後のERG振幅の回復過程

HSによる網膜剝離の復位後の各時期におけるslow PIIIが最大振幅を示した電極深度でのERG・b波ならびにslow PIIIの各4眼の平均振幅の経時変化を図8に示した。網膜復位後1時間および3日目のb波の平均振幅±標準偏差は24.4±3.8および

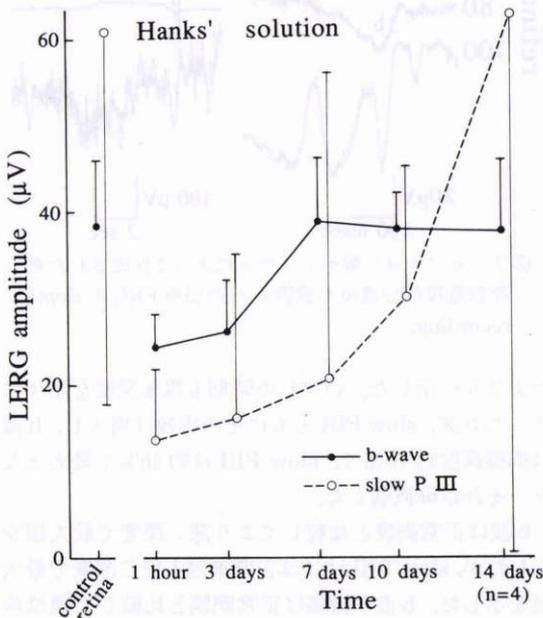


図8 ハンクス液によって作成された網膜剝離の局所ERG・b波およびslow PIIIの平均振幅の経時変化。バーは標準偏差値を示す。

25.9±6.0 μVであり、対照網膜の振幅(38.3±7.6 μV)と比較するといずれも有意(p<0.01)に低かった。網膜復位後7日目に振幅は増大して38.6±8.0 μVになり対照網膜と有意差のない値に回復し、それ以降はほぼ一定の振幅を維持した。

一方、slow PIIIの平均振幅は、復位後1時間では13.6±8.1 μVであって対照網膜(60.8±47.8 μV)よりも著しく低下(p<0.01で有意)していた。復位3および7日目はそれぞれ15.5±19.7および20.6±35.7 μVでやや増大傾向を示し、復位10日目に到って平均振幅は30.0±15.2 μVとなり、正常網膜と比較すると依然低下(p<0.05)はしていたが、復位後1時間と比べると有意な増大(p<0.01)を示した。復位14日目には振幅は62.5±61.8 μVとなり、対照と比較して有意差のない値にまで回復した。

6. HNaによる剝離網膜復位後のERG振幅の回復過程

HNaによる剝離網膜の復位後の各時期におけるERG・b波並びにslow PIIIそれぞれの最大振幅を呈した網膜深度での各4眼の平均振幅の経時変化を図9に示した。復位の確認され当日はb波、slow PIIIとも消失していた。b波振幅は2週では11.2±4.1 μVとなり、その後増加傾向を示し、4、8および12週で

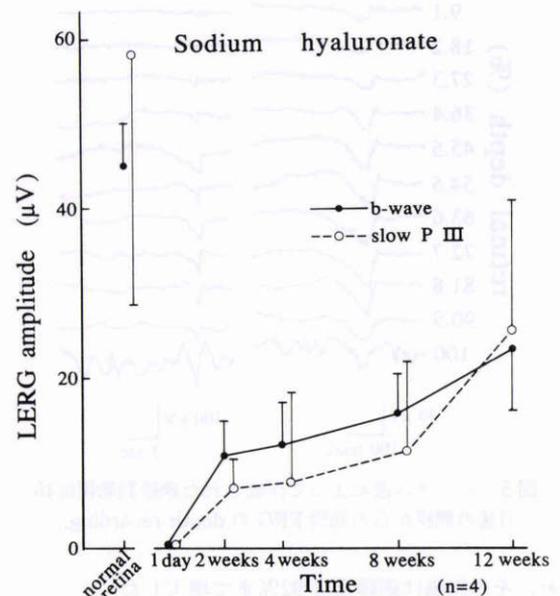


図9 ヒアルロン酸ナトリウムによって作成された網膜剝離の局所ERG・b波およびslow PIIIの平均振幅の経時変化。バーは標準偏差値を示す。

はそれぞれ 12.2 ± 5.0 , 15.8 ± 4.7 および 23.5 ± 7.0 μV であり, 8週目は2週目に対して ($p < 0.01$), 12週目は2, 4, 8週に対して有意な (いずれも $q < 0.01$) 増大であったが, 対照 ($45.3 \pm 4.7 \mu\text{V}$) と比較すればいずれの時期でも有意 ($p < 0.01$) に低振幅であった.

一方, slow PIII の平均振幅は, 復位後2, 4および8週でそれぞれ 5.4 ± 5.1 , 7.8 ± 10.7 および $11.5 \pm 11.3 \mu\text{V}$ と増加傾向を示したが有意ではなく, 12週で $25.6 \pm 15.1 \mu\text{V}$ となり, この値は2, 4および8週に対して有意 ($p < 0.05$) な増大であったが, 対照 ($58.1 \pm 29.5 \mu\text{V}$) と比較すれば有意 ($p < 0.01$) に低かった.

IV 考 按

網膜剥離眼における網膜復位後の電気生理学的検討は臨床的に古くから行われている. これらの報告では, ERG・a および b 波の振幅は復位後経時的に増大するが, 正常範囲までの回復は得られず⁴⁾⁷⁾¹⁴⁾, 律動様小波は網膜復位後もさらに数か月にわたって低振幅が持続し⁵⁾⁶⁾, ERG・c 波⁹⁾, EOG の L/D 値¹⁴⁾¹⁵⁾ や薬物応答¹⁵⁾ は回復の遅延が更に著しいとされている. これらの結果から, 剥離した網膜は復位後に, 視細胞外節, 双極細胞あるいは Müller 細胞の近位側では, 比較的早期に機能の回復がみられるが, これに比較して水平細胞, アマクリン細胞や網膜色素上皮あるいはその周囲の機能の回復は遅延することを示唆すると考えられる. しかしながらこれらの臨床研究による報告では, 症例の剥離期間は推定されたものであり, 剥離の範囲や高さなどの術前の剥離の状態が異なっていることが考えられる. さらに, 網膜復位手術の侵襲として, 網膜の機能の低下, 網脈絡膜の血液循環の変化¹⁶⁾, 網膜の瘢痕形成による電氣的バイパスが生じることなどが, 電気生理学的な検査結果に影響していることも考えられる.

今回の実験では, 剥離網膜における条件を一定にするために, ほぼ一定の面積の網膜剥離を作成することが可能な Marmor 法¹²⁾ を採用し, また, 長期と短期の剥離期間¹⁷⁾¹⁸⁾ を得るために網膜下腔に注入する物質として HS と HNa を選択した. さらに局所 ERG を記録することによって, 手術による侵襲や網膜剥離をきたしていない健常網膜からの影響を除外し, 復位網膜のみの反応を把握することが可能であった. さらに, 網膜復位直後より局所 ERG の記録を行うことによって, 極めて早期の復位網膜の機能を観察し得た.

復位後の網膜に厚さの変化がみられたが, これは復位網膜の組織に浮腫と萎縮が混在しているため^{11)19)~21)}

と報告されている. HS による網膜剥離での復位後1時間の厚さの増大は網膜の浮腫によるものと思われる. また, HNa による剥離では復位後4週目で既に対照網膜よりも菲薄化し, 12週目でさらに薄くなっていたが, 4週目では萎縮と浮腫が混在し, その後は時間の経過と共に浮腫が軽減したためと考えられる.

今回の結果では, HS による網膜剥離においては, この剥離期間では ERG が消失してしまうことはない¹⁰⁾ と考えられるが, 網膜の復位が確認された直後 (1時間後) より減弱した ERG・b 波および slow PIII が観察され, その後両波共に振幅が経時的に増大し, 比較的短期間で正常網膜と同程度に回復した. このことは今回作成した程度の短期間の剥離では網膜の組織学的変化が少なく^{11)19)~21)}, また, 物質の輸送もほぼ保たれている⁹⁾ ことから, 網膜は剥離していてもその機能が比較的良好に維持されており, 復位後速やかに機能を回復し得るものと思われた.

これに対し, HNa で作成された網膜剥離では復位が確認された当日 (平均 20.8 ± 1.8 日) は b 波, slow PIII とも消失していたが, 復位後2週目より両波が認められるようになり, その後も経時的に増大した. しかし, その振幅は復位後12週においても正常網膜の約50%であった. この結果は HNa による剥離ではその期間が約21日間と長期であり, この期間の剥離ではその間に剥離網膜に変性萎縮が進行し^{11)19)~21)}, 網膜復位後の機能の回復が遅延したものと考えられる. しかしながらこのような高度な障害が生じていると思われる剥離網膜においても, 復位後 b 波および slow PIII の経時的な回復がみられたことは, 網膜剥離によって萎縮した網膜であってもその神経細胞 (視細胞, 双極細胞など) の電気生理学的応答は回復することを示唆しているものと思われた.

今回の b 波と slow PIII の回復過程の相違をみると, 剥離期間の長短にかかわらず, b 波の回復が slow PIII よりも先行していた. b 波は光刺激による視細胞からの神経伝達物質の放出停止による双極細胞の脱分極と, 網膜内層の細胞外カリウムイオン濃度の増加による Müller 細胞の脱分極の和として考えられている²²⁾²³⁾. これに対して slow PIII は網膜外層の細胞外カリウムイオン濃度の低下によって Müller 細胞が過分極して発生する^{24)~26)}. b 波が slow PIII に先行して回復することは, 網膜内層に比較して網膜外層でのカリウムイオンの動態異常が遅延していることを示唆するものと考えられる. これについては2つの成因が考

えられる。ひとつは、剥離網膜においては網膜の内層に比較して外層の障害が強い^{19)~21)}ため、Müller細胞の遠位端における細胞膜の透過性の亢進とイオンチャンネルの機能低下が、Müller細胞の近位側のそれに比較して強いと考えられることである。他のひとつは、復位網膜では網膜下腔の拡大が続いている²¹⁾⁹⁾ため、視細胞の過分極による細胞外カリウムイオン濃度の低下が弱められることが推測される。slow PIIIと同じく網膜外層におけるカリウムイオンの濃度低下によって網膜色素上皮のapical membraneが過分極するため発生するとされているERG・c波の回復は網膜復位後も遷延する⁴⁾ことを考え合わせると、以上2つの成因はslow PIIIとc波の回復遅延の説明として妥当と考えられる。しかし、今回の実験結果からは推測の域を出ず、今後の検索が必要と思われる。

今回の実験において剥離期間および復位後の時期によってERGの最大振幅を示す電極の深度が異なっていたが、これは剥離後に生じる網膜の浮腫、変性あるいは萎縮によって復位網膜の各細胞層の厚さが変化しているため^{19)~21)}と思われる。この理由から、短期の剥離ではslow PIIIが、長期の剥離ではb波、slow PIIIがそれぞれ最大振幅を示した網膜深度で結果の比較を行った。

今回の結果で、短期間の網膜剥離ではその機能は復位後すみやかに回復するが、長期間の剥離では復位後の機能の回復が遅延することが明瞭に示され、剥離網膜の早期復位の重要性が実験的に確認された。また、網膜の構成成分によって復位後の機能回復の時期と程度とに差があることが、電気生理学的に明らかとなった。しかしながら、今回の実験は家兎によるものであるため、ヒトの網膜剥離における機能の回復様態とは異なると考えられる。また、剥離範囲や剥離の高さなど剥離網膜の条件の異なる復位網膜での検討を加えることにより、剥離網膜の復位後の機能回復過程がさらに明らかになるものと思われる。

稿を終るにあたり御指導と御校閲を賜りました田澤豊教授に深謝いたします。また、研究全般にわたり直接御指導いただいた森 敏郎講師に謝意を表します。

文 献

- 1) 中村周平：実験的網膜剥離に関する研究。形態学的研究。第2報。実験的網膜剥離についての観察補遺、並びに網膜剥離復位後の観察成績。日眼会誌 71: 520—543, 1967.
- 2) Anderson DH, Guérin CJ, Erickson PA, et al: Morphological recovery in the reattached retina. Invest Ophthalmol Vis Sci 27: 168—183, 1986.
- 3) Guérin CJ, Anderson DH, Fariss RN, et al: Retial detachment of the primate macula: Photoreceptor recovery after short-term detachment. Invest Ophthalmol Vis Sci 30: 1708—1725, 1989.
- 4) 森 敏郎：網膜剥離の電気生理学的研究、特に、ERG・c波について。日眼会誌 86: 1772—1782, 1982.
- 5) 都筑幸哉：ERGに現れる律動様小波の臨床的観察。第II報。網膜剥離を中心にした考察。日眼会誌 66: 69—77, 1962.
- 6) Miyake Y, Shiroyama N, Ota I, et al: Local macular electroretinographic responses in idiopathic central serous chorioretinopathy. Am J Ophthalmol 106: 546—550, 1988.
- 7) 秋山健一：網膜剥離術後のERGの回復。日眼会誌 78: 766—772, 1974.
- 8) Mori T, Tsue TT, Marmor MF: Electrical responses from detached retina inside the intact rabbit eye. Invest Ophthalmol Vis Sci 29: 1040—1043, 1988.
- 9) Mori T, Pepperberg DR, Marmor MF: Dark adaptation in locally detached retina. Invest Ophthalmol Vis Sci 31: 1259—1263, 1990.
- 10) 亀井俊也, 森 敏郎, 菅原岳史, 他：電気生理学的にみた剥離網膜の機能。一剥離期間との関係一。日眼会誌 96: 628—633, 1992.
- 11) 森 敏郎, 亀井俊也, 菅原岳史, 他：大きさの異なる実験的網膜剥離からのERG。日眼会誌 95: 1248—1251, 1991.
- 12) Marmor MF, Abdul-Rahim AS, Cohen DS: The effect of metabolic inhibitors on retinal adhesion and subretinal fluid resorption. Invest Ophthalmol Vis Sci 19: 893—903, 1980.
- 13) Brown KT, Wiesel TN: Analysis of the intraretinal electroretinogram in the intact cat eye. J Physiol 158: 229—256, 1961.
- 14) Black RK, Behrman J: The electrical activity of the eye in retinal detachment. Trans Ophthalmol Soc Unit King 87: 263—266, 1967.
- 15) 真館幸子：眼球常存電位におよぼす高浸透圧負荷の効果とその臨床応用。(III)数種の眼底疾患における検討。日眼会誌 86: 396—413, 1982.
- 16) 吉田晃敏, 広川博之, 福井康夫, 他：強膜内陥術の脈絡膜循環動態に与える影響。日眼会誌 92: 785—791, 1988.
- 17) 根木 昭：網膜下液吸収と薬物療法。あたらしい眼科 2: 507—514, 1985.
- 18) 緒方奈保子, 大熊 紘, 金井清和, 他：網膜色素上皮細胞の反応様式。4. ヒアルロン酸ナトリウムに

- 対する反応態度. 眼紀 39: 2060—2069, 1988.
- 19) **Anderson DH, Stern WH, Fisher SK, et al:** Retinal detachment in the cat: The pigment epithelial-photoreceptor interface. Invest Ophthalmol Vis Sci 24: 906—926, 1983.
- 20) **稲原明肆:** 実験的網膜剥離の剥離面の微細構造に関する研究. 日眼会誌 77: 1002—1037, 1973.
- 21) **大熊正人:** 実験的家兎剥離網膜の透過型並びに走査型電子顕微鏡的観察. I. 剥離網膜初期の変化. 日眼会誌 76: 303—311, 1972.
- 22) **柳田 隆:** 網膜内 K⁺注入法による b 波発生源の研究. 日眼会誌 87: 289—299, 1983.
- 23) **柳田 隆, 小清水正人, 米村大蔵, 他:** 微小電極による網膜電図の分析—b 波と d 波—. 日眼会誌 89: 1069—1075, 1985.
- 24) **Steinberg RH, Oakley B II, Niemeyer G:** Light-evoked changes in [K⁺]_o in retina of intact cat eye. J Neurophysiol 44: 897—921, 1980.
- 25) **Frishman LJ, Steinberg RH:** Light-evoked increases in [K⁺]_o in proximal portion of the dark-adapted cat retina. J Neurophysiol 61: 1233—1243, 1989.
- 26) **立花政夫:** 視細胞から水平細胞・双極細胞へのシナプス伝達. 蛋核酵 34: 642—651, 1989.
- 27) **小泉 閑, 坂口仁志, 佐藤分平:** 網膜剥離術後の中心視野回復過程, 視力回復不良例の検討. 臨眼 44: 708—770, 1990.