

糖尿病網膜症の硝子体手術術前術後の網膜電図の比較

有馬 美香

三重大学医学部眼科学教室

要 約

増殖糖尿病網膜症(以下, PDR)46例55眼の硝子体手術の術前術後で, フラッシュ網膜電図(以下, ERG)と30 HzフリッカーERGを記録し, ERG所見と術前および術後の眼所見—術前の網膜剥離の有無や範囲, 術前の汎網膜光凝固(以下, PRP)の有無, 後部硝子体剥離の範囲, 硝子体出血の有無, 硝子体置換物質の種類など—との関係について検討し, PDR硝子体手術の網膜への影響を他覚的に評価した。術前網膜剥離(—)群では, 術前PRP(—)群で術後フラッシュERG b波, a波振幅が有意に減少し, 術中のPRPの影響が最も大きいと考えられた。術前網膜剥離(+)群では, 網膜剥離の範囲が後極部に限局する場合, 後部硝子体剥離が小範囲しか生じていない場

合, シリコンオイルを使用した場合, 硝子体出血がない場合に, それぞれ術後フラッシュERG b波, a波振幅が有意に減少し, 術中の網膜硝子体界面での眼内操作の多寡が大きく影響した。両群とも術後30 HzフリッカーERGの振幅に有意の変化はなかったが, 潜時は有意に短縮し, ERG所見の中で唯一術後の眼底後極部所見の改善を反映する指標となると考えられた。(日眼会誌 101: 575—583, 1997)

キーワード: 網膜電図, 糖尿病網膜症, 硝子体手術, 術前術後

Changes in the Electroretinogram of Eyes with Diabetic Retinopathy Treated by Vitrectomy

Mika Arima

Department of Ophthalmology, Mie University School of Medicine

Abstract

Flash electroretinogram (ERG) and 30 Hz flicker ERG before and after operation were tested in 55 eyes of 46 patients with proliferative diabetic retinopathy who were treated by vitrectomy. The results were evaluated with preoperative ocular findings—the existence of retinal detachment, posterior vitreous detachment, panretinal photocoagulation (PRP) and vitreal hemorrhage and intraocular tamponade materials. In the group without retinal detachment, the amplitude of the ERG b-wave and a-wave after vitrectomy decreased significantly if PRP was not done before operation. In the group with retinal detachment, when retinal detachment

was restricted to the posterior pole of the fundus, when posterior vitreous detachment had occurred in only a small area of the fundus, when there was vitreous hemorrhage or when silicone oil was injected in the operation, the amplitude of the ERG b-wave and a-wave decreased significantly after the operation. In both groups, the latency of 30 Hz flicker ERG was shortened significantly after vitrectomy. (J Jpn Ophthalmol Soc 101: 575—583, 1997)

Key words: Electroretinogram, Diabetic retinopathy, Vitrectomy, Before and after operation

I 緒 言

増殖糖尿病網膜症(proliferative diabetic retinopathy: 以下, PDR)に対する硝子体手術術前の網膜電図(electroretinogram: 以下, ERG)については正常対象

群と比べて著しい振幅の減少, 潜時の延長がみられることが多い^{1)~4)}。また, 裂孔原性網膜剥離の場合は術後顕著なERGの回復がみられる⁵⁾のに対して, PDRの自験例では術後網膜剥離が消失してもERGの振幅が激減することも多く, 原因として術中の光凝固の多用, 網脈絡膜循

別刷請求先: 514 三重県津市江戸橋2-174 三重大学医学部眼科学教室 有馬 美香
(平成8年12月26日受付, 平成9年2月22日改訂受理)

Reprint requests to: Mika Arima, M.D. Department of Ophthalmology, Mie University School of Medicine. 2-174, Edobasi, Tsu-shi, Mie-ken 514, Japan

(Received December 26, 1996 and accepted in revised form February 22, 1997)

環の障害などが関与すると思われる。しかし、PDR 硝子体手術後の ERG に関する報告は少なく、それらもすべて硝子体出血眼についてである^{3)6)~8)}。硝子体手術後、眼底が落ち着いた時点での ERG を測定することは手術侵襲の評価の意味でも、また、術後しばらくしてから再出血や白内障の進行のために眼底透見不良となった場合の治療方針決定の指標としても重要な情報を与えてくれる。今回、PDR 硝子体手術の術前術後の ERG を比較し、術前および術中の所見—網膜剥離の合併の有無、術前の汎網膜光凝固(panretinal photocoagulation: 以下、PRP)の有無、術前の網膜剥離の範囲、後部硝子体剥離(posterior vitreous detachment: 以下、PVD)の程度、硝子体出血(vitreous hemorrhage: 以下、VH)の合併の有無、硝子体置換物質の種類など—との関係について検討したが、このような多数例についての報告は初めてで、今後 PDR の治療を進めるに当たり意義ある知見が得られたと考えられるため報告する。

II 対象と方法

PDR に対して三重大学医学部附属病院で 1989 年 8 月から 1994 年 10 月までの期間に硝子体手術を施行し、術後眼底が落ち着いている 46 例 55 眼(男性 22 例、女性 24 例)、年齢 28~69 歳(平均 53 ± 12)を対象とした。このうち、術前硝子体出血で眼底が透見できないが、超音波所見で網膜剥離が認められないものを網膜剥離(-)群(以下、RD(-)群)、術前眼底が透見可能で網膜剥離があるもの(裂孔併発型以外は黄斑部剥離を来したものを手術適応とした)と術前硝子体出血で眼底が透見できないが、超音波所見で網膜剥離が認められるものを網膜剥離(+)群(以下、RD(+))群に分けると、RD(-)群 19 眼、RD(+))群 36 眼であった。そのうち、網膜剥離が後極部に限局するものは 21 眼、後極部外に進展したものは 15 眼であった。術前の PRP の有無でみると、RD(-)群では PRP (+)は 12 眼、PRP (-)は 7 眼であり、RD(+))群では PRP (+)は 30 眼、PRP (-)は 6 眼であった。ここで、PRP (+)としたものは全例 800 発以上の光凝固がなされており、PRP (-)としたもののうち、RD(-)群、RD (+))群それぞれ 1 眼ずつ 400 発未満の光凝固が行われたものが含まれている。術前の PVD の範囲については、RD(-)群では PVD (-)のもの 1 眼、不完全 PVD が 11 眼、完全 PVD が 7 眼であり、RD(+))群ではすべて不完全 PVD であった。PVD がほとんど生じていないか、後極部から耳側周辺部にのみ生じているものを A 群、その他のものを B 群に分けると、RD(-)群では A 群 1 眼、B 群 18 眼、RD(+))群では A 群 13 眼、B 群 23 眼であった。網膜剥離と後部硝子体剥離の範囲は術前および術中所見を合わせて判定した。RD(+))群の中で術前眼底透見困難な VH のあるもの 13 眼、ないもの 23 眼であった。手術は硝子体切除後、必要に応じて増殖膜処理、眼内光凝固、

表 1 各群および各分類の眼数

		RD(-)群	RD(+))群
PRP	(-) (+)	7 眼 12	6 眼 30
PVD	A B	1 18	13 23
VH	(-) (+)	0 19	23 13
RD	A B		21 15
SiO		3	22
ガス		0	14
灌流液		16	0

PRP : 術前汎網膜光凝固の有無

PVD : 術前後部硝子体の程度、A ; PVD がほとんど生じていないか、後極部から耳側周辺部にのみ生じているもの、B ; その他のもの

VH : 術前眼底透見困難な硝子体出血の合併の有無

RD : 術前網膜剥離の範囲、A ; 後極部限局、B ; 後極外進展、

SiO ; シリコンオイル、ガス ; SF₆ガスあるいは空気

エンサークリング、液—空気置換、さらに、症例によっては SF₆ガス、またはシリコンオイル注入を行った。使用した硝子体置換物質の種類は、シリコンオイル 25 眼、SF₆ガス 13 眼、空気 1 眼、灌流液 16 眼であった(表 1)。シリコンオイルの眼内留置期間は術後 2 週間から 18 か月(平均 5.7 か月)であった。硝子体手術回数は 1 回が 49 眼、2 回が 6 眼であった(シリコンオイル抜去は含めず)。硝子体手術時および経過中に白内障手術を行ったものが 14 眼あった。

視力、視野、超音波検査、眼底検査、細隙灯顕微鏡検査とともに術前と術後 3 か月以上経過した時点(シリコンオイル注入眼は抜去後 3 か月以上の時点)で ERG 検査を行った。術後の ERG 検査は 1994 年 11 月から 1995 年 2 月の期間に施行した。測定はフリッカー-ERG 記録装置(トーマー、PE-300)を用いて、散瞳下(瞳孔径は全眼で 5 mm 以上であり、Kooijman⁹⁾によれば直径 12 mm 以上、diffuse タイプ、眼瞼が邪魔にならないコンタクトレンズを使用すれば、瞳孔径が 8 mm と 2 mm で周辺部の網膜照度にはほとんど差がないと報告されている)で明所(100 cd/cm²)において 30 Hz フリッカー-ERG(刺激光源一体型のコンタクトレンズ型発光ダイオード電極を関電極として使用、刺激強度 450 cd/cm²、刺激頻度 30 Hz の赤色光、加算回数 30 回、high cut filter 1,000 Hz、時定数 0.2 sec)を記録し、振幅と頂点潜時を計測した。その後、15 分間の暗順応後、同じコンタクトレンズ型電極でフラッシュ ERG(刺激強度 20 J、high cut filter 1,000 Hz、時定数 0.2 sec)を記録し、b 波、a 波の振幅、頂点潜時を計測した。

統計上有意差の検定は、対応する 2 群については Wilcoxon 検定、対応しない 2 群については Mann-Whitney 検定を用いた。

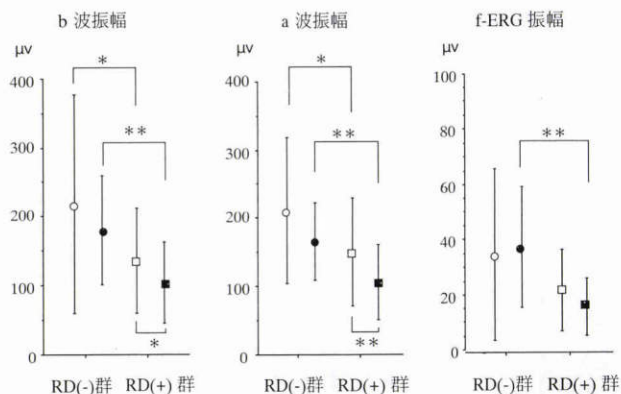


図 1 RD(-)群とRD(+)群の術前術後の振幅の比較.

RD(-)群：超音波所見で網膜剥離が認められない群，RD(+)群：超音波所見で網膜剥離が認められる群，RD：網膜剥離

○：RD(-)群 術前，●：RD(-)群 術後 n=19 眼，□：RD(+)群 術前，■：RD(+)群 術後 n=36 眼，f-ERG：フリッカー網膜電図

*：p<0.05，**：p<0.01，エラーバーは平均値±標準偏差

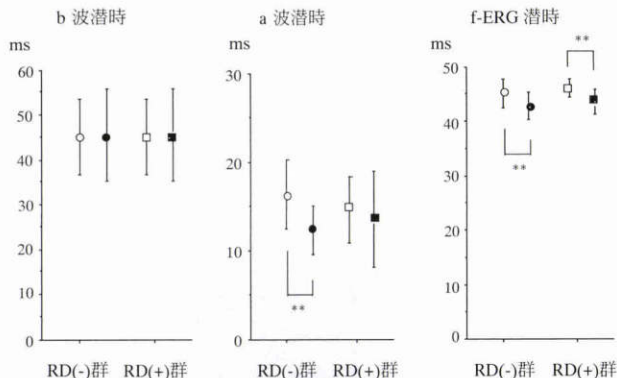


図 2 RD(-)群とRD(+)群の術前術後の頂点潜時の比較.

○：RD(-)群 術前，●：RD(-)群 術後 n=19 眼，□：RD(+)群 術前，■：RD(+)群 術後 n=36 眼.

*：p<0.05，**：p<0.01，エラーバーは平均値±標準偏差

III 結 果

1. 両群間の術前および術後の比較

RD(-)群とRD(+)群との比較では，術前および術後ともフラッシュERG b波(以下，b波)，a波(以下，a波)の振幅がRD(-)群で有意に大きく，術後の30 HzフリッカーERG(以下，f-ERG)の振幅がRD(-)群で有意に大きかった(図1)．各波の潜時に関しては術前および術後，両群の間で有意差がなかった(図2)．

2. 各群の術前術後の振幅の比較

各眼の術前術後のERGの振幅の推移をみると，RD(-)群ではa波の振幅は術後14眼で減少，1眼で不変

(前後比で±10%以内を不変とした)，4眼で増加した．b波の振幅は10眼で減少，5眼で不変，4眼で増加した．f-ERGの振幅は5眼で減少，4眼で不変，10眼で増加した．RD(+)群では術後a波振幅は21眼で減少，5眼で不変，10眼で増加した．b波振幅は術後20眼で減少，5眼で不変，11眼で増加した．f-ERGの振幅は14眼で減少，10眼で不変，12眼で増加した(図3，4)．

統計学的にRD(-)群の術前術後の比較では，各波の振幅に有意差は認められなかった(図1)が，術前のPRPの有無で検討すると，当然ながら術前PRP(-)群の方がPRP(+)群に比べ有意に振幅が大きかった．また，術前PRP(-)群で術後有意にb波，a波の振幅の減少がみられたが，術前PRPが完成していたものでは術後各振幅とも有意な減少はみられなかった(図5)．PVDの範囲に

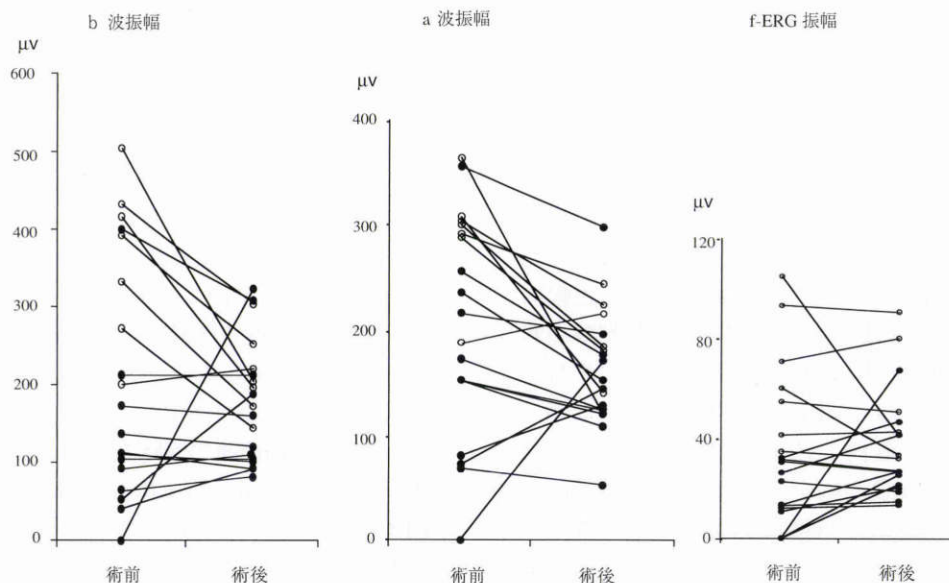


図 3 RD(-)群の各眼の振幅の推移.

●：術前 PRP(+)n=12 眼，○：術前 PRP(-)n=7 眼

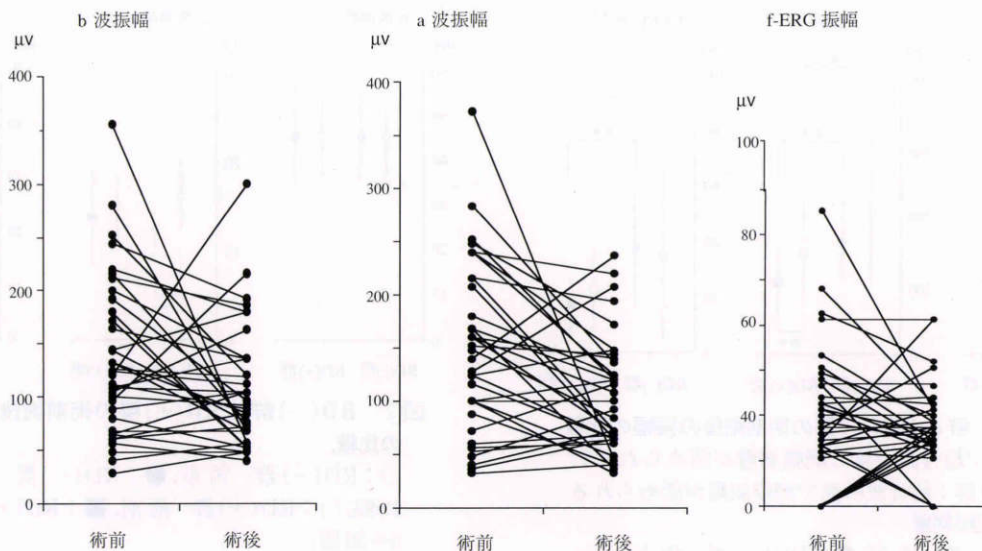


図4 RD(+)群の各眼の振幅の推移.
n=36眼

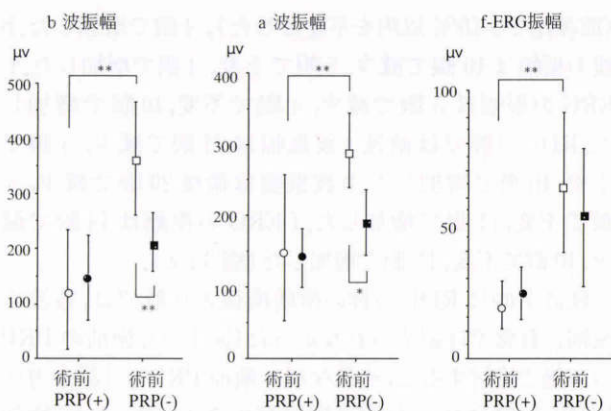


図5 RD(-)群における術前PRPの有無での比較.
○:術前PRP(+)群 術前, ●:術前PRP(+)群
術後 n=12眼, □:術前PRP(-)群 術前, ■:
術前PRP(-)群 術後 n=7眼.
*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, エラーバーは平均値±
標準偏差

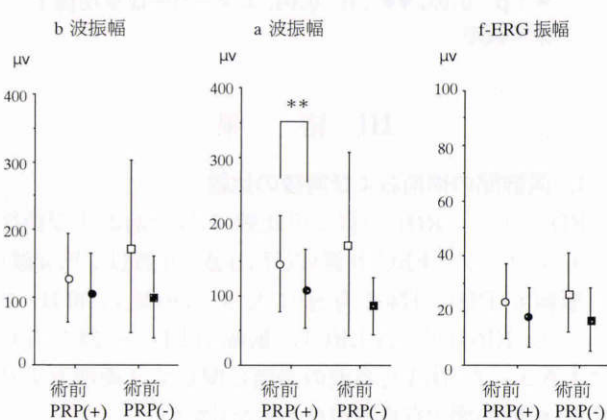


図6 RD(+)群における術前PRPの有無での比較.
○:術前PRP(+)群 術前, ●:術前PRP(+)群
術後 n=30眼, □:術前PRP(-)群 術前, ■:
術前PRP(-)群 術後 n=6眼.
*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, エラーバーは平均値±
標準偏差

ついては、今回の対象群では不完全PVDの場合も周辺部はほぼPVDが生じており、周辺PVD(-)は1眼のみであり、比較検討しなかった。

RD(+)群の術前術後の比較ではb波、a波の振幅は有意に術後減少したが、f-ERGの振幅は有意差がなかった(図1)。術前のPRPの有無によって術前術後の振幅の有意な変化を来すことはなかった(図6)。網膜剥離の範囲との関係では、術前のb波、a波の振幅は有意に剥離の小さいもので大きかったが、f-ERGの振幅は差がなかった。術前の網膜剥離の範囲とERG振幅の変化との関係では、網膜剥離が後極部に限局するものでは術後b波、a波が有意に減少したが、術前網膜剥離が後極部を越えて広がっていたものでは術前術後で有意差がなかった(図7)。術前の眼底透視不能な程度のVHの有無でみると、VH(-)群では術後各波の振幅が有意に減少したが、VH

(+)群では有意差がなかった(図8)。PVDが小範囲(ほとんど生じていないか、後極部から耳側周辺部にのみ生じている)のものでは、術後b波、a波の振幅が有意に減少したが、PVDが周辺部ではほとんど生じているものでは術後a波のみに有意な減少を認めた(図9)。硝子体置換物質の種類でみると、シリコンオイル注入眼ではシリコンオイル抜去後3か月以上経過の時点でb波、a波の振幅が有意に減少していたが、ガス置換眼では有意な減少がみられなかった(図10)。

3. 各群の術前術後の潜時の比較

RD(-)群ではa波、f-ERGの潜時が、RD(+)群ではf-ERGの潜時が術前と比べて術後有意な短縮を認めた(図2)。表2に両群でPCの有無、RD(+)群でPVD、RDの範囲、VHの有無、硝子体置換物質の種類別に術前術後の比較を行い、有意差の有無を記載した。RD(-)群の中

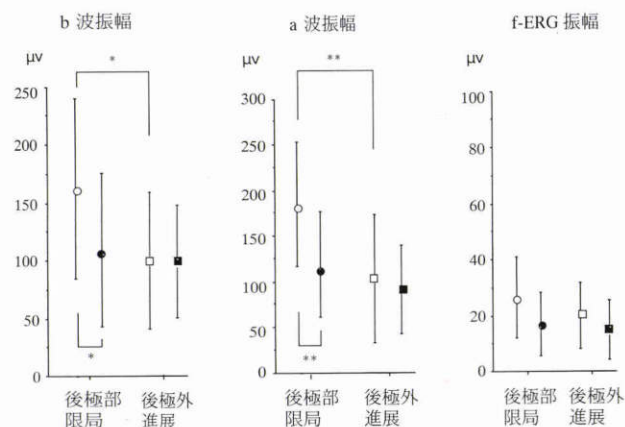


図7 RD(+)群における術前網膜剥離の範囲での比較。

○：RD後極部限局術前，●：RD後極部限局術後 n=21眼，□：RD後極外進展術前，■：RD後極外進展術後 n=15眼。

*：p<0.05，**：p<0.01，エラーバーは平均値±標準偏差

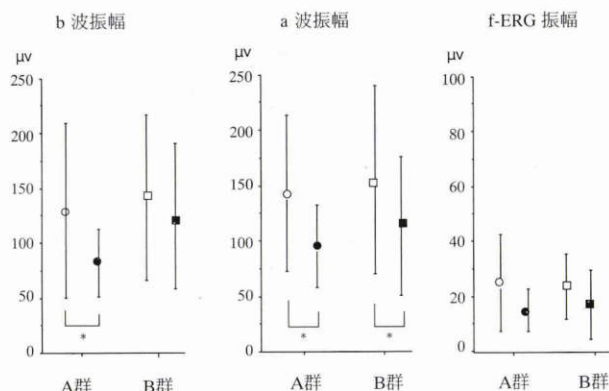


図9 RD(+)群における術前後部硝子体剥離の程度での比較。

○：A群 術前，●：A群 術後 n=13眼，□：B群 術前，■：B群 術後 n=23眼。

*：p<0.05，**：p<0.01，エラーバーは平均値±標準偏差

A：PVDがほとんど生じていないか，後極部から耳側周辺部にのみ生じているもの，B：その他のもの

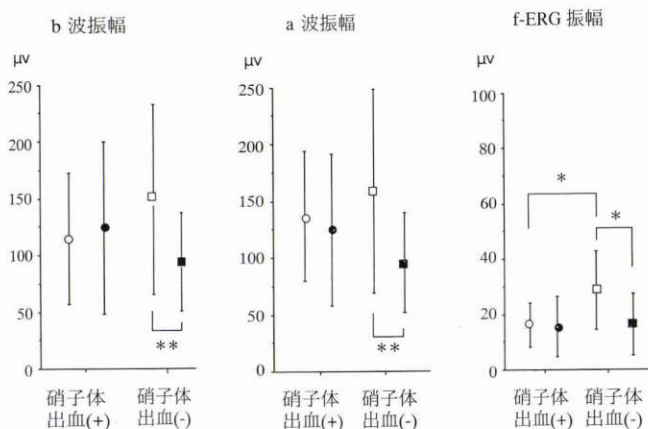


図8 RD(+)群における術前硝子体出血の有無での比較。

○：硝子体出血(+)群 術前，●：硝子体出血(+)群 術後 n=13眼，□：硝子体出血(-)群 術前，■：硝子体出血(-)群 術後 n=23眼。

*：p<0.05，**：p<0.01，エラーバーは平均値±標準偏差

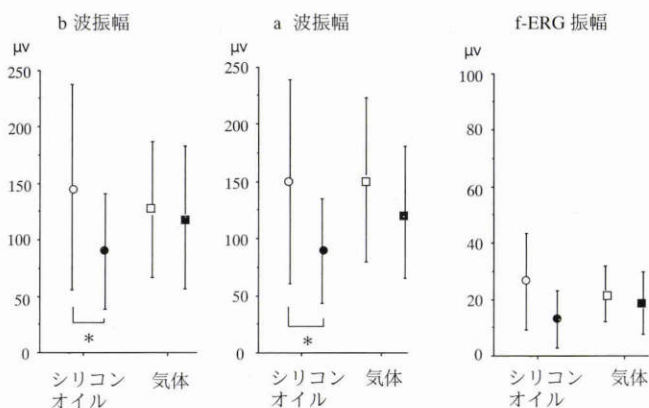


図10 RD(+)群における硝子体置換物質での比較。

○：シリコンオイル群 術前，●：シリコンオイル群 術後 n=22眼，□：気体群 術前，■：気体群 術後 n=14眼。

*：p<0.05，**：p<0.01，エラーバーは平均値±標準偏差

で術前PRP(-)のものではf-ERGの短縮が有意でなかった。RD(+)群ではf-ERGの潜時はPVDやRDの範囲やVHの有無によって影響を受けなかったが、VH(+)のものはa波潜時が有意に短縮した。シリコンオイル眼でガス眼よりもf-ERGの潜時の短縮が有意にみられた。

4. 視力

対象群の術前術後の視力の対応を示す(図11)。RD(-)群では術前硝子体出血で眼底透見不能で、術前視力は全例が0.01以下であったが、術後全例で2段階以上の視力改善が得られ、63.2%に0.4以上の視力(84.4%に0.1以上の視力)が得られた。RD(+)群では術前視力は光覚弁から0.6まで幅があり、術後視力は改善が83.3%

表2 各群における術後の潜時の短縮の有意差

	b波	a波	f-ERG
RD(-)群	—	**	**
PRP (-)	—	*	—
PRP (+)	—	**	*
RD(+)群	—	—	**
PRP (-)	—	*	*
PRP (+)	—	—	**
PVD A	—	—	*
PVD B	—	—	*
RD A	—	—	*
RD B	—	—	*
VH (-)	—	—	*
VH (+)	—	*	*
SiO	—	—	**
ガス	—	—	—

—：有意差なし，*：p<0.05，**：p<0.01

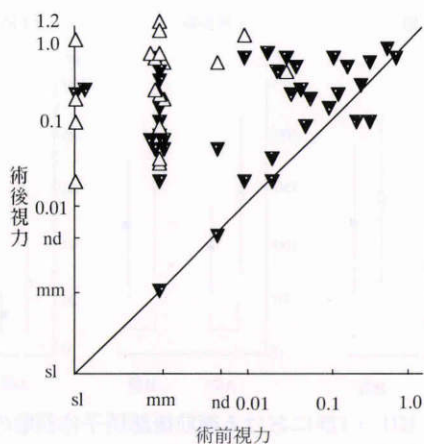


図 11 硝子体手術前後の視力.

△: RD(-)群 n=19眼, ▼: RD(+)群 n=36眼

(63.9%に0.1以上, 33.3%に0.4以上), 不変が8.3%, 悪化が8.3%にみられた.

IV 考 按

裂孔原性網膜剥離の場合, 経強膜手術後網膜が復位すると ERG の振幅の著明な改善が得られることは古くから知られている⁵⁾. Frumar ら¹⁰⁾や Foerster ら¹¹⁾は巨大裂孔や深部裂孔および増殖性硝子体網膜症に対する硝子体手術の前後で ERG の検討をし, SF₆ガス置換眼およびシリコンオイル使用眼(シリコンオイル抜去後)で, 術後振幅の有意な改善を報告している. 一方, PDR に対する硝子体手術の前後での ERG の検討を行っている報告は少なく, Fuller ら⁶⁾, Abrams⁷⁾, Mandelbaum ら⁸⁾が PDR 患者(VH)で術前 ERG が測定不能であったものが術後測定可能になった数例を報告しているのと, Summanen³⁾が VH の除去が ERG に影響を与えるかどうかを 20 眼の術前術後で検討している. また, PDR で牽引性網膜剥離眼の硝子体手術前後の ERG について検討した報告は著者の渉猟し得た範囲ではない.

今回の検討では PDR 術後, 自覚的な視機能の評価としての中心視力は大半の症例で術前と比べ改善がみられたのに対して, 多覚的な評価としての ERG の振幅は裂孔原性網膜剥離と異なり減弱することも多かった. 以下 PDR 眼の硝子体手術後の振幅の低下の原因について考察する.

PDR で硝子体手術を行う場合, 絶対適応として, VH で眼底透見不能な場合と牽引性網膜剥離が黄斑部に及んでいる場合, および裂孔併発型の網膜剥離が挙げられる¹²⁾. 術前術後の ERG を検討する場合, 術前の網膜剥離があるものとならないものを分けて検討する必要がある. 今回対象群をまず RD(+)群と RD(-)群, すなわち VH のみのものに分けた.

RD(-)群の術前術後を比較する際に最も振幅に影響すると考えられるのは, 術中の網膜光凝固の多寡である.

糖尿病網膜症における PRP の前後の ERG については多くの検討^{13)~18)}があるが, 福田ら¹⁷⁾は PRP 前後で b 波の減衰率は 42.6 ± 13.8 (平均値 $\pm$ 標準偏差)%, f-ERG の減衰率は 33.6 ± 11.7 % と報告している. RD(-)群で術前 PRP の入っているものでは, 術中の光凝固はほとんど必要とせず, 術中網膜への侵襲がなければ, 振幅は術前と同じか, 術後硝子体混濁がなくなった分だけ刺激光強度が増大して振幅が大きくなることが予想されたが, 今回の結果でも術前 PRP(+)群では各波とも術前後で有意な振幅の変化はなかった. 一方, 術前 PRP(-)群では術中に PRP を必要とし, 術後有意な振幅の減少を来すと思われる. 今回の結果でも術前 PRP(-)群では術後 b 波, a 波の振幅は有意に低下した. f-ERG の振幅には有意な変化はみられなかった. 術前の VH が ERG の振幅低下にどれくらいの影響を与えていたか否かについては, 術前 ERG が記録できないものが 1 眼あった(術後 b 波 -324 uv, a 波 -171 uv). 濃厚な VH で術前 ERG がほぼ消失している過去の報告^{3)6)~8)}がみられ, VH のために網膜に達する ERG の刺激光の減弱は 3 log に及ぶこともあるが, 一般的には bright flash ERG は VH による影響をあまり受けないと考えられている. 今回の症例は水晶体後囊と前部硝子体膜の間に一面に凝血膜がある眼で, このような場合は bright flash ERG が消失することもあると考えられた. また, 各眼毎の比較では b 波, a 波では術前 PRP(-)では術後 10% 以上振幅が改善したものは 7 眼中 0 眼で, 術前 PRP(+)では 12 眼中 4 眼であり, f-ERG では術前 PRP(-)では 7 眼中 1 眼で, 術前 PRP(+)では 12 眼中 9 眼であった. このことから, VH による ERG の振幅低下は出血の程度に応じて認められ, 特に刺激光の弱い f-ERG において影響を受けやすいと考えられた. RD(-)群における PVD(-)眼の手術侵襲については当然検討される必要はあるが, 今回の対象では周辺部 PVD(-)は 1 眼のみであり, また RD(-)眼ではカッターによる吸引で PVD を起こすことが比較的容易である場合も多いので, 今回は検討しなかった.

次に, RD(+)群については術中のどの操作や術前のどの状態が ERG に影響を与えるのか, 下記の項目に分けて検討した.

1. PRP

RD(+)群では, 術前の PRP の有無にかかわらず, 術中さらに密に光凝固を追加することが多いため, 術前の PRP の有無では差がでなかったと思われる.

2. 網膜剥離の範囲

術前の b 波, a 波の振幅は有意に剥離の小さいもので大きかったが, f-ERG の振幅は差がなかった. これは錐体機能を反映する f-ERG では, いずれも後極部剥離を認めるので有意差がでなかった. 術前術後の比較では術前小範囲の剥離を認めたもので, 術後 b 波, a 波の有意な減少をみたが, f-ERG には有意な変化がみられなかった.

裂孔原性網膜剝離の場合は硝子体手術後も網膜復位が得られ、一定期間が経てばERGの振幅はかなりの改善があると報告されているが、PDRの場合は術前剝離の範囲が比較的狭い場合も多く、術前の剝離によるERG振幅の低下が裂孔原性網膜剝離に比べて少ない点と、高度の網膜虚血があり、剝離網膜が復位してもその部分の視野が必ずしも広がらない¹⁹⁾²⁰⁾ように網膜自体が不可逆性の変性を来しており、復位した網膜のERGが記録可能とはならず、かえって術中の高眼圧や光凝固の追加、網膜硝子体界面での機械的手術侵襲により術前よりも振幅が低下することがあるものと思われる。

3. VH

術前のVHの合併の有無で比べると、術前の各振幅ではa波、b波では有意差がなく、VHによる影響を受けやすいf-ERGはVH(－)群で有意に大きかった。術前術後の変化をみると、VH(－)群では術後有意に各振幅が減少したが、術前の超音波検査上で網膜剝離はあるが、VHで眼底透見困難なものでは術前術後で有意差がなかった。これは、術前のVHによる刺激光の減弱による影響が大きいと思われる。

4. PVD

PVDの範囲が小範囲のものでは術後b波、a波両方の振幅が有意に減少したが、周辺部までPVDの生じているものではa波振幅の減少は認められたが、b波振幅の減少は認められなかった。f-ERGの振幅にはどちらの場合も有意差は認められなかった。術前PVDがあまり生じていないものほど術中に周辺部まで網膜硝子体界面での手術操作が多くなり、網膜内層の障害が強く生じると考えられる。

5. 硝子体置換物質

ガス置換眼では術前術後で有意差はなかったが、シリコンオイル眼では術後シリコンオイル抜去後でもb波、a波の振幅が有意に減少している。裂孔原性網膜剝離の硝子体手術の前後の検討ではシリコンオイルとSF₆ガスの間に差を認めていないとの報告¹⁰⁾があるが、本研究の対象群ではシリコンオイルかガスかを選択する時点ですでに網膜の状態にかなりの開きがあることを考慮する必要がある。すなわち、術前虹彩新生血管を認め網膜虚血の強いと考えられる症例や、術中増殖膜処理の際に大きな裂孔が生じた症例や再手術眼にシリコンオイルを使用している。一方、動物実験ではシリコンオイルのERGに与える経時的な影響が報告されている。Przybyszewskiら²¹⁾はネコで硝子体切除後にシリコンオイルを注入し、経時的にERGを測定し、最長500日の観察を行い、術直後にはいったんERG振幅の低下が生じるが、数日で回復し術前の平均約80%の振幅が得られるが、その後、日数の経過とともに振幅の低下を来すことを報告し、これはsilicon oil retinopathyによるものと推察している。本研究の対象ではすでにシリコンオイルは抜去してある

が、術後2週間から18か月(平均5.7か月)間のシリコンオイル留置期間の影響が関与した可能性もある。

次に、頂点潜時の変化について考察する。ERGの潜時成分は振幅に比べて個体差が少なく²²⁾、正常値の判定が振幅よりも容易であり、各疾患について検討されている²³⁾。網膜色素変性については、区域性のものでは振幅の低下はあっても潜時の延長はなく²⁴⁾、限局性の病変の場合は潜時には異常が生じにくいことが推察される。糖尿病網膜症についても、病期の進展とともに各波の潜時の延長が指摘されている²⁵⁾。Bresnickら¹⁴⁾はf-ERGの潜時について検討し、潜時が網膜症の程度と相関して延長し、また、PRP後に有意に延長したと報告しており、光凝固の網脈絡膜瘢痕によるstray lightの増加によるもの仮説を述べている。その他の報告では、PRPの前後では有意な潜時の変化はみられなかったとするものも多く、光凝固瘢痕のような限局性、かつ完全な網膜外層の破壊は振幅を低下させることはあっても潜時には影響を与えないと考えられている²⁶⁾。硝子体手術の前後の潜時の変化については、Summanen³⁾は術前後で差がなかったと報告しているが、VHのERG潜時に対する影響については、暗順応下でのERG反応では刺激光の増大が頂点潜時を短縮することが知られており²⁷⁾、VHが術後消失し網膜の状態が術前と同じならば、暗順応ERG頂点潜時は短縮することが予想される。f-ERGの潜時に対する中間透光体の影響については詳しい報告はないが、Bresnickら¹⁴⁾はf-ERGの潜時が糖尿病群および正常群で明順応下で測定したものの方が明順応をかけずに測定した場合よりも約4ms短縮したと報告している。山口ら²⁸⁾は正常人の明順応ERG b波の頂点潜時が刺激光強度の増強に伴い延長し、背景光強度の増強に伴い短縮すると報告し、網膜の状態が同じと仮定するならば、VHや白内障で眼底が透見できない状態でも明順応ERG b波の頂点潜時にはあまり影響を与えないと考察している。f-ERGについても錐体の反応をとらえているので、明順応ERG b波と同じく頂点潜時が刺激光強度の増強に伴い延長し、背景光強度の増強に伴い短縮すると考えるならば、VHの有無はf-ERGの頂点潜時にはあまり影響を与えないことになり、純粋に網膜の状態に左右されると考えられる。Biersdorf²⁹⁾によれば、網膜剝離眼では潜時の延長は一般的にはみられないとのことで、網膜剝離の有無では有意差がないことが予想される。以上を踏まえて今回の結果を検討すると、RD(－)群のa波の短縮はVHの消退により、相対的な刺激光強度の増大によるものと考えられる。RD(＋)群でも全体としては有意な短縮はなかったが、VH(＋)群だけでは術後a波の有意な短縮を認めた。RD(－)群全体ではf-ERGの潜時が有意に短縮したが、術前PRP(－)群では有意でなかったのは、PCによるf-ERGの延長¹⁴⁾の影響に相殺されたものかも知れない。RD(＋)群でもf-ERGの潜時はRD、PVDの

範囲, VHの有無に関係なく有意に短縮しており, RD(−)群, RD(+)群のf-ERGの有意な短縮は, 術後後極部のびまん性の網膜浮腫の消退により網膜内の代謝や循環が改善したためと考えられるのではないと思われる。早期の網膜症で, アルドース還元酵素阻害剤の投与の前後でERGの律動様小波の潜時の改善がみられたとする報告³⁰⁾³¹⁾はあるが, 硝子体手術を要するPDRの術後にf-ERGの潜時が有意に改善したことは, このような晩期の状態でも残存している網膜機能の一部には改善がみられることを示唆しているものと考えられ, 興味深いと思われる。

稿を終えるに当たり, 御指導, 御校閲を賜りました宇治幸隆教授に深謝いたします。本論文の要旨は第1回糖尿病眼学会において発表した。

文 献

- 1) Jones RM, Bresnick GH, Larson CL, Meyers FL: Pre-vitrectomy electroretinography as a prognostic test of visual potential in patients with diabetic retinopathy. *Doc Ophthalmol Proc Ser* 11: 63–67, 1977.
- 2) Blankenship GW: Preoperative prognostic factors in diabetic pars plana vitrectomy. *Ophthalmology* 89: 1246–1249, 1982.
- 3) Summanen P: Vitrectomy for diabetic eye disease, the prognostic value of pre-operative electroretinography and visual evoked cortical potentials. *Ophthalmologica* 199: 60–71, 1989.
- 4) 松崎正和: 糖尿病網膜症に対する硝子体手術術前の電気生理学的検査. *慶應医学* 67: 89–97, 1990.
- 5) 秋山健一: 網膜剥離術後のERGの回復. *日眼会誌* 78: 766–772, 1974.
- 6) Fuller DG, Knighton RW, Machemer R: Bright-flash electroretinography for evaluation of eyes with opaque vitreous. *Am J Ophthalmol* 80: 214–223, 1975.
- 7) Abrams GW: Falsely extinguished bright-flash electroretinogram. Its association with dense vitreous hemorrhage. *Arch Ophthalmol* 100: 1427–1429, 1982.
- 8) Mandelbaum S, Ober RR, Ogden TE: Nonrecordable electroretinogram in vitreous hemorrhage. *Ophthalmology* 89: 73–75, 1982.
- 9) Kooijman AC: The homogeneity of the retinal illumination is restricted by some ERG lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 27: 372–377, 1986.
- 10) Frumar KD, Gregor ZJ, Carter FRM, Arden GB: Electroretinographic changes after vitrectomy and intraocular tamponade. *Retina* 5: 16–21, 1985.
- 11) Foerster MH, Esser J, Laqua H: Silicone oil and its influence on electrophysiologic findings. *Am J Ophthalmol* 99: 201–206, 1985.
- 12) 佐藤幸裕: 硝子体手術の適応とその方法. *眼科* 28: 903–912, 1986.
- 13) Perlman I, Gdal-on M, Miller B, Zonis S: Retinal function of diabetic retina after argon laser photocoagulation assessed electroretinographically. *Br J Ophthalmol* 69: 240–246, 1985.
- 14) Bresnick GH, Palta M: Temporal aspects of the electroretinogram in diabetic retinopathy. *Arch Ophthalmol* 105: 660–664, 1987.
- 15) Seiberth V, Alexandridis E, Feng W: Function of the diabetic retina after panretinal argon laser coagulation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 225: 385–390, 1987.
- 16) Capofferi C, Bagini M, Chizzoli A, Pece A, Brancatoet R: Electroretinographic findings in panretinal photocoagulation for diabetic retinopathy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 228: 237–241, 1990.
- 17) 福田 敦, 吉村 弦, 菅原岳史, 加藤千晶, 田澤 豊: 汎網膜光凝固前後での増殖型糖尿病網膜症におけるERGの検討. *眼紀* 44: 723–728, 1993.
- 18) 星野育男: 糖尿病網膜症における汎網膜光凝固前後の網膜電図の変化. *日眼会誌* 99: 925–931, 1995.
- 19) 鈴木隆次郎, 星 兵仁, 川島千鶴子: 視野による増殖糖尿病網膜症に対する硝子体手術後の視機能の評価. *眼科手術* 5: 355–358, 1992.
- 20) 池田恒彦, 不二門尚, 二宮欣彦, 小川憲治, 檀上真次, 前野貴俊, 他: 対糖尿病硝子体手術における術前術後の視野変化. *眼臨* 87: 2465–2470, 1993.
- 21) Przybyszewski AW, Grusser O-J, Heusser E, Sucher N: Changes in the cat ERG and in the ERG intensity function after chronic replacement of the vitreous body by silicon oil. *Clin Vision Sci* 8: 503–512, 1993.
- 22) Carr RE, Siegel IM: Visual Electrodagnostic Testing. Williams & Wilkins, Baltimore, 24, 1982.
- 23) Johnson MA, Finkelstein D: Optical Society of America Technical Digest on Non-invasive Assessment of the Visual System. DC, Optical Society of America, Washington, pp MC 3–1 to MC 3–4, 1986.
- 24) Berson EL, Gouras P, Hoff M: Temporal aspects of the electroretinogram in sector retinitis pigmentosa. *Arch Ophthalmol* 86: 653, 1971.
- 25) Juen S, Kieselbach GF: Electrophysiological changes in juvenile diabetics without retinopathy. *Arch Ophthalmol* 108: 660–664, 1990.
- 26) Francois J, de Rouck A: Behavior of ERG and EOG in localized retinal destruction by photocoagulation. In: Burian HM, et al (Eds): *Clinical electroretinography*. III, 1964, Oxford, Pergamon Press, Inc, Highland Park, pp 191–202, 1966.
- 27) Bornschein H, Goodman G, Gunkel RD: Temporal aspects of the human electroretinogram. *Arch Ophthalmol* 57: 386–392, 1957.
- 28) 山口 哲, 飯島裕幸, 保坂 理: 正常人 photopic ERG b 波頂点潜時に及ぼす刺激光強度, 背景光強度変化の影響. *日眼会誌* 96: 978–984, 1992.
- 29) Biersdorf WR: Electrophysiological testing in diabetic eye disease. *Int Ophthalmol Clin* 24: 143–154, 1984.

- 30) **Kazok WM, Marker NA, Elmer KK**: Effects of aldose reductase inhibition on retina and health indices of streptozotocin-diabetic rats. *Doc Ophthalmol* 86: 23—31, 1986.
- 31) **Funada M, Okamoto I, Fujinaga Y, Yamana T**: Effects of aldose reductase inhibitor (M 79175) on ERG oscillatory potential abnormalities in streptozotocin fructose-induced diabetes in rats. *Jpn J Ophthalmol* 31: 305—314, 1987.
-