

where $g(x)$ is the one-dimensional wavefront and $g(x)$ is represented by eq. (6).

Here, the order of the polynomial is restricted to the fourth order, which is sufficient for ordinary ocular wavefronts that include coma aberration and astigmatism. Each coefficient of the polynomial, a , b , c , d , and e of $g(x)$, is adapted from 0.1 to 1.15 in increments of 0.15.

PSF is calculated by Fourier transformation; MTF and PTF also are calculated. The values of PTF until the cutoff spatial frequencies of the small pupil are held and the values of the higher spatial frequencies are set to 0. The diameters of the small and the large pupils are set to 1.5 and 6 mm, respectively.

The degree of similarity is calculated for the original PSF ($PSF_{ori}(x)$) and reconstructed PSF ($PSF_{rec}(x)$) using the following equation:

$$S1 = 1 - \frac{\sum_{x=0}^T |PSF_{ori}(x) - PSF_{rec}(x)|^2}{\sum_{x=0}^T PSF_{ori}(x)^2}. \quad (24)$$

This improves eq. (10) of ref. 7.

The next equation is used to check the positive power ratio of PSF, since PSF must consist of non-negative values.

$$S2 = \frac{\sum_{x=0}^T PSF_{positive}(x)}{\sum_{x=0}^T PSF_{positive}(x) - \sum_{x=0}^T PSF_{negative}(x)}, \quad (25)$$

where $PSF_{positive}(x)$ and $PSF_{negative}(x)$ are the positive and negative values of the reconstructed PSF, respectively.

5.2 Results

Three examples obtained by the proposed algorithm are shown in Figs. 8, 9, and 10. The center shows the original PSF and its MTF and the real and the imaginary parts of the OTF. The lower left shows the real and the imaginary parts with the restricted PTF in the low spatial frequencies; the upper left is the resultant reconstructed PSF. The lower right is the reconstructed real and the imaginary parts obtained using the proposed algorithm, and the upper right is the reconstructed PSF. The original PSF is obtained by the wavefront represented by $g(x) = 0.1x^4 + 1.0x^3 + 0.55x^2 + 1.15x + 0.8$. The reconstructed PSF is similar to the original PSF in the example in Fig. 8. The similarity value estimated by S1 is 0.97 and the plus power ratio estimated by S2 is 0.99.

Figure 9 shows the result of the original PSF of the wavefront represented by $g(x) = 0.85x^4 + 0.85x^3 + 0.1x^2 + 0.85x + 0.1$. The reconstructed PSF is also similar to the original PSF. The similarity value estimated by S1 is 0.95 and the plus power ratio estimated by S2 is 0.97.

Figure 10 shows the original PSF of the wavefront represented by $g(x) = 0.1x^4 + 0.1x^3 + 0.1x^2 + 0.1x + 0.1$. The similarity value estimated by S1 is 0.62 and the plus power ratio estimated by S2 is 0.91. This is a case in which

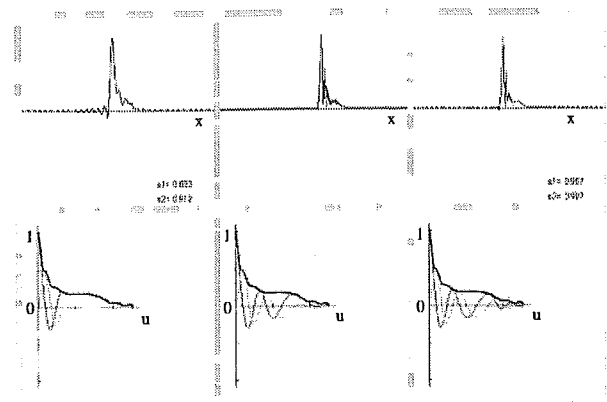


Fig. 8. Results of the phase retrieval. PSF of wavefront $g(x) = 0.1x^4 + 1.0x^3 + 0.55x^2 + 1.15x + 0.85$. Upper center: original PSF; lower center: its MTF and the real and the imaginary parts of the OTF; lower left: real and imaginary parts with the restricted PTF in low spatial frequency; upper left: PSF reconstructed from it; lower right: reconstructed real and imaginary parts obtained using the proposed algorithm; upper right: estimated PSF.

Black line: primary differentiation of the real part of the OTF; dark gray line: real part of the OTF; light gray line: imaginary part of OTF in the down figure.

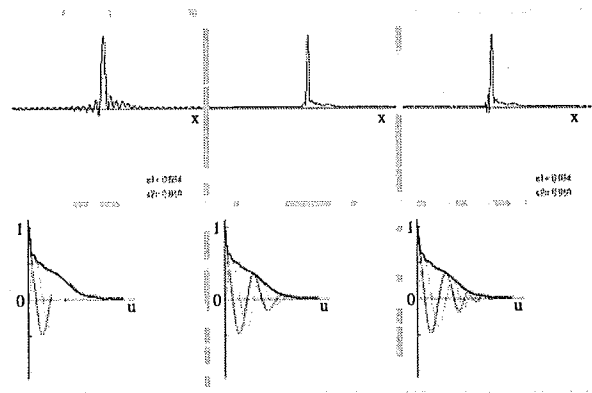


Fig. 9. Results of the phase retrieval. PSF of wavefront $g(x) = 0.85x^4 + 0.85x^3 + 0.1x^2 + 0.85x + 0.1$.

the proposed algorithm did not work well, because it reconstructed the real and the imaginary parts like a wave. The real and the imaginary parts of the original OTF did not vary in a wave-like pattern over time. However, cases such as this in which there is no wave-like variation are rare.

Table 1 summarizes the results. The phrase "without PR" (phase retrieval) means that the PSFs were reconstructed from the restricted PTF with the values of the low spatial frequency. The phrase "with PR" means that the PSFs were reconstructed using the proposed phase-retrieval algorithm. Table 1 shows the effectiveness of the proposed method. The mean value of the similarity S1 is 0.919 and seems to be satisfied.

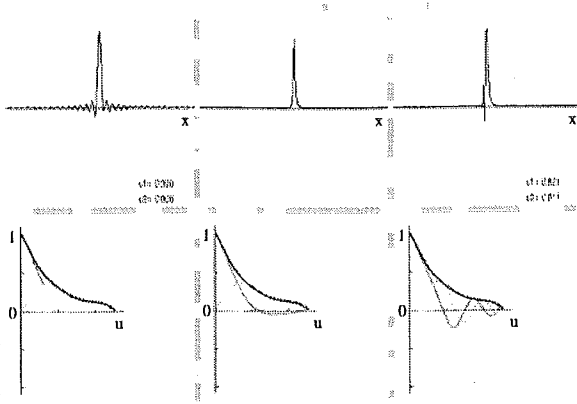


Fig. 10. Results of the phase retrieval. PSF of wavefront $g(x) = 0.1x^4 + 0.1x^3 + 0.1x^2 + 0.1x + 0.1$.

6. Conclusions

We proposed a new phase-retrieval algorithm using the property of the real and the imaginary parts of the OTFs. Through this simulation, the validity of this method has been evaluated. However, the real and the imaginary parts of some OTFs do not change in a wave-like manner, and the proposed method was unsuitable in that case. To further improve the method, reinvestigation of the features of the detailed changes of the OTF is needed.

The next stage is to develop this technique into two dimensions, check the validity, and apply it to data from human eyes.

Table 1. Comparison of similarity and positive power ratio.

	Similarity S1		Positive power ratio S2	
	Without PR	With PR	Without PR	With PR
Mean	0.611	0.919	0.883	0.973
SD	0.015	0.005	0.001	0.0004
Maximum	0.882	0.994	0.932	0.998
Minimum	-1.015	0.107	0.805	0.845

Without phase retrieval (PR), reconstructed PSFs from the restricted PTF with the values of the low spatial frequency. With PR, reconstructed PSFs using the proposed phase-retrieval algorithm.

References

- 1) P. Artal and R. Navarro: *J. Opt. Soc. Am. A* **11** (1994) 246.
- 2) P. Artal: *Opt. Photon. News* **20** (1995) 36.
- 3) P. Artal, I. Iglesias, N. Lopez-Gil and D. G. Green: *J. Opt. Soc. Am. A* **12** (1995) 2358.
- 4) P. Artal, S. Marcos, R. Navarro and D. R. Williams: *J. Opt. Soc. Am. A* **12** (1995) 195.
- 5) R. Navarro and M. A. Losada: *J. Opt. Soc. Am. A* **12** (1995) 2385.
- 6) M. A. Losada and R. Navarro: *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. Suppl.* **37** (1996) 232.
- 7) I. Iglesias, N. López-Gil and P. Artal: *J. Opt. Soc. Am. A* **15** (1998) 326.
- 8) M. Angles Losada and R. Navarro: *Pure Appl. Opt.* **7** (1998) 7.
- 9) J. R. Fineup and A. M. Kowalczyk: *Opt. Soc. Am. A* **7** (1990) 450.
- 10) J. R. Fineup: *Appl. Opt.* **21** (1982) 2758.

IV. 前房・隅角・虹彩・毛様体所見の捉え方と描き方/2. 観察方法

1) 細隙灯顕微鏡

国立病院機構東京医療センター感覚器センター(NISO)リハビリテーション研究部

野田 徹

I. 照明法

1. 直接照明法

1) スリット光による直接照明(図 1a)

① 幅広いスリット光による観察
組織表面を観察する。

② 細いスリット光(スリットナイフ)による観察

(半)透明組織の断面を観察する。

2) ディフューザーを用いた全体照明

ディフューザーを照明用ミラーの前に設置することにより全視野が均一に照明されて観察される。

●背景照明装置(図 1b)

CCD カメラによる画像撮影や患者説明の際、背景照明を備えていれば撮影画像をよりわかりやすく撮影できるので有用である(診断的には不必要)。

2. 間接照明法

1) 反帰光線法

観察対象以外の眼組織に照明光を当て、その反射光で観察する。反射させる組織により、虹彩、水晶体、眼底反帰光線法がある。

●徹照法：眼底反帰光線法を利用する。前眼部では、虹彩の萎縮の程度判定や前房内腫瘍などの性状判定などに利用される。

直接照明光は間接照明による観察を妨げるので、スリット光束は光量を最大とし幅を必要最小



図1 スリット照明と背景照明
瞳孔から前房内へまで侵入した後発白内障組織
a スリット照明のみによる観察
b スリット照明+背景照明による観察

(上下幅：瞳孔径未満，横幅：必要最小)とする。
照明ユニットの照明角を徹照が最大になる位置(中央付近)に固定し、必要に応じて(Goldmannタイプの顕微鏡では)同軸固定ネジ(図5)を緩めて観察系と照明系の同軸を解除し、観察系・照明

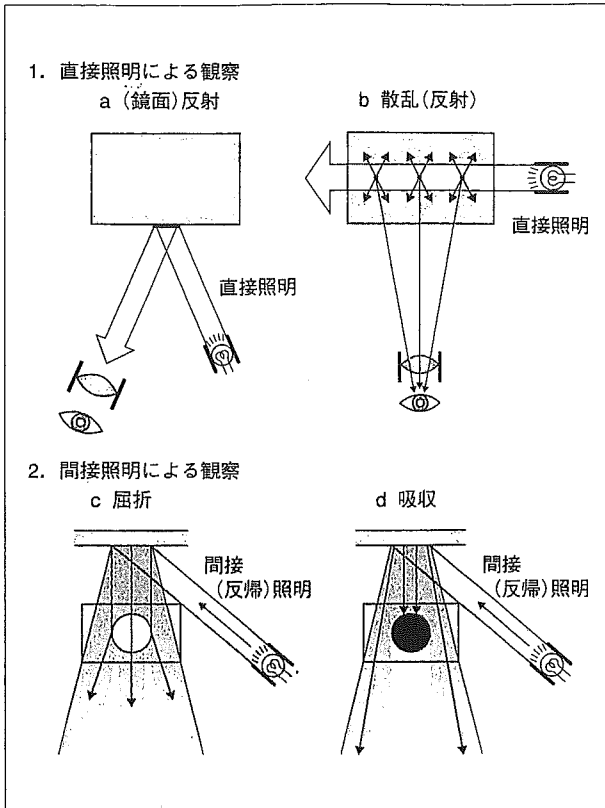


図2 細隙灯顕微鏡観察法の基本原理

1. 直接照明による観察
 - a 鏡面反射の観察(図3)
角膜裏面, 水晶体前面付近の混濁の微妙な位置を確認する。
 - b 散乱反射の観察(図4)
前房水の粒子(セル), 蛋白濃度上昇による混濁(フレア)などを観察する。
2. 間接照明による観察
 - c 屈折と d 吸収
前房内腫瘍などの性状の判定には, 観察対象の後面付近に照明をあててみる。嚢胞性(部分透過)か, 充実性(吸収)かが判断できる。

系の位置は固定したまま, 照明の“角度”のみを変えて照明光束を横に移動させる。

II. 観察法

1. 直接照明に対する「反射」現象

1) 鏡面反射を利用した観察法

鏡面反射は入射角(照明光束) = 反射角(観察光束)となる位置のみで観察され, 主に表面の微細なテクスチャーの観察に用いる。前房, 虹彩で鏡面反射を生じる組織はないので, 用いるとすれば, 角膜裏面または水晶体前面に薄い混濁組織が観察される場合, それらが組織内なのか組織外な

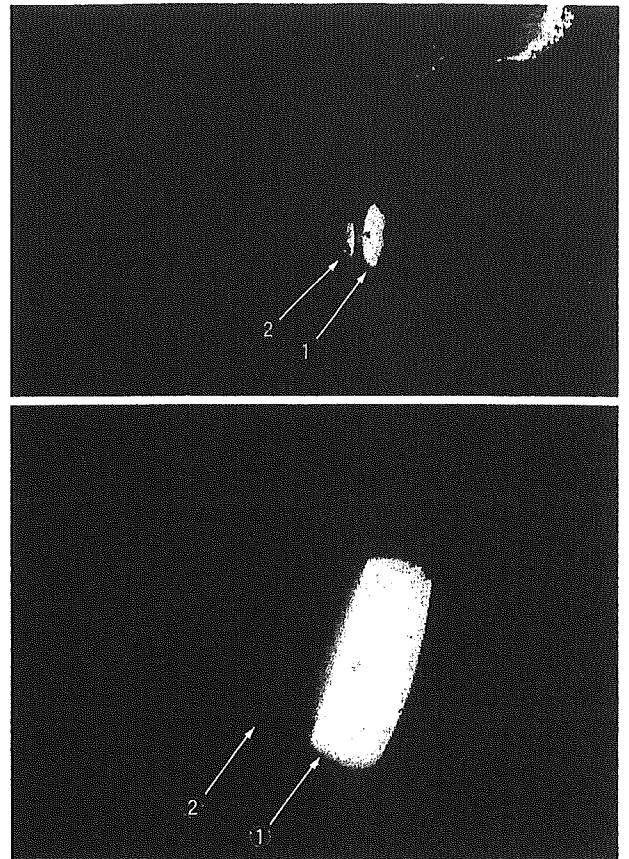


図3 鏡面反射を利用した観察法の例

- ① 角膜前面からの鏡面反射
 - ② 角膜後面からの鏡面反射
- 仮に, 観察対象とする面(例: ②角膜後面)付近に微妙な混濁が形成されたとすると, その混濁が観察面の裏面(前房側)にあれば, この鏡面反射は保たれ, 前面(角膜内)なら障害される。



図4 散乱反射を利用した観察法の例

- 前房水に観察されるフレア
前房水のセル(浮遊粒子), フレア(混濁)を観察する際には, 照明光束の当たっている部分と当たっていない部分をつくり, その境界部のコントラストを観察する。

のかの微妙な判定に利用する。つまり, 観察対象となる境界面において, 鏡面反射が明瞭ならば混

濁は境界面の後ろであり、妨げられるならば、それは境界面の前に位置すると判断される。

●観察方法

照明角と観察角を調整して、(テカッと光る)輝度の高い反射部分を同定し、その面に顕微鏡の焦点をあわせ、倍率を拡大して観察する。

2) 散乱反射を利用した観察法

スリット光束が半透明組織内部を通過する際に生じる「散乱」光を観察する。

●観察方法

照明光束は観察方向に対して90°(横から照明する)の位置が最も観察しやすい。観察対象の背景が暗い組織となる位置を選ぶ(瞳孔など)。必要に応じて光束の縦幅を短くすると、照明光束の上下辺縁部で照明のある部分とない部分ができ、コントラストの差により判定しやすくなる。

例) 前房内のセル・フレアの観察(図4)

細胞は粒子(セル)として、蛋白濃度の上昇による混濁は光の帯(フレア)として観察される。

2. 間接照明法：組織の「屈折」と「吸収」現象

透過性の低い組織は、半透明か不透明かの判定は、前から直接照明で照明すると困難であるが、間接照明により後方からの照明に透かして見ればその判定は容易となる。反帰光線法(虹彩、水晶体、眼底からの反射光)により観察する。

1) 組織性状判定：光を吸収するか透過するか

例) 虹彩嚢腫 vs 充実性虹彩腫瘍の判別

正面から直接照明をあてると、どちらも茶色の隆起組織として観察される。そこで、腫瘤の付け根付近の後～側方に強いスリット照明光をあててみると、嚢腫では反帰光線が一部透過して半透明組織であることがわかり、充実性腫瘍では光線は吸収されて不透明な充実組織であることがわかる。

例) ぶどう膜炎に伴う萎縮虹彩組織

萎縮虹彩は半透明となり、眼底反帰光法では、薄くなった部位から部分的に光が透過して見える。

2) 透明粒状組織の性状判定(水疱、気泡など)

●不透明な組織の特徴

「吸収」により暗く抜ける。

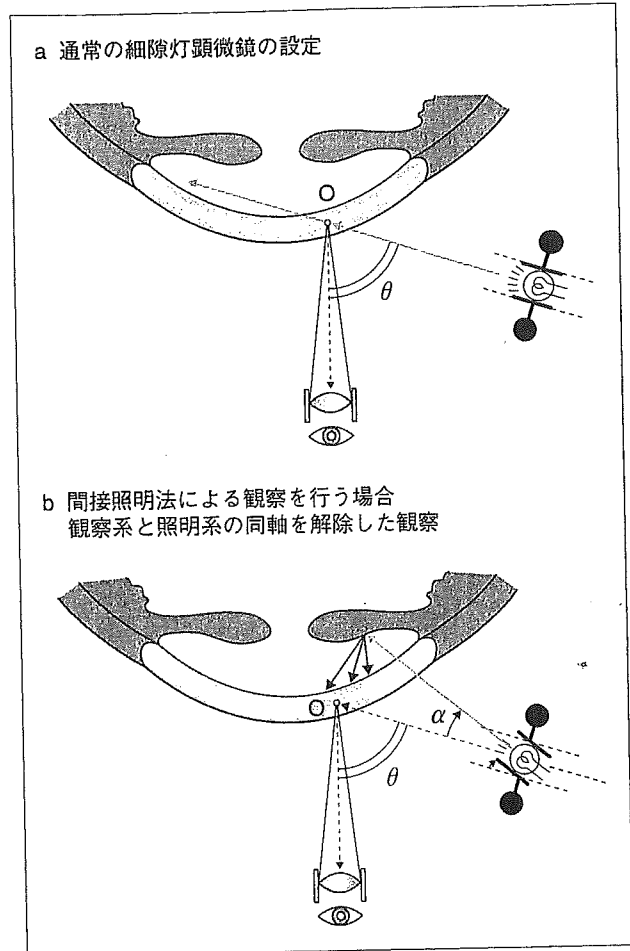


図5 間接照明法(反帰光線法)による観察法

a 通常の細隙灯顕微鏡の設定

細隙灯顕微鏡は観察系と照明系のなす角 θ にかかわらず、観察系の焦点を合わせた位置に照明光束が当たるしくみとなっている。

b 間接照明による観察を行う場合

観察対象を直接照明(a)で観察した後、観察系と照明系の同軸を解除して(c: 同軸固定ネジを緩める)、照明光の方向のみを観察位置よりも後方へ移動させる。

c 同軸固定(解除)ネジ

丸印のネジを反時計方向に回して緩めると、観察系と照明系の同軸が解除され、照明系の鏡ユニットの方向を独立して変えることができるようになる。

不透明部分の見え方は照明の当て方を変えても(照明の方向、背景の色など)変化しない。

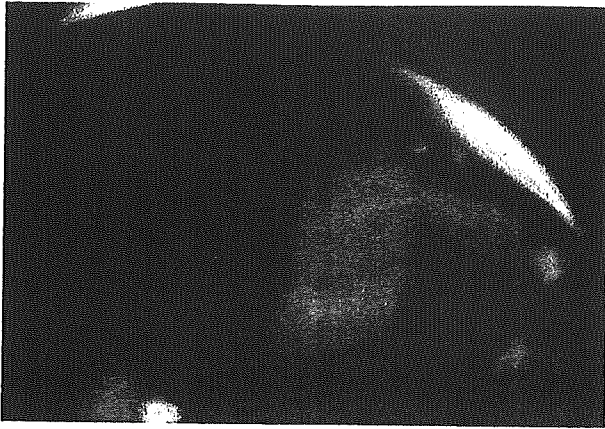


図6 EquatorPlus NFによる毛様体部の観察

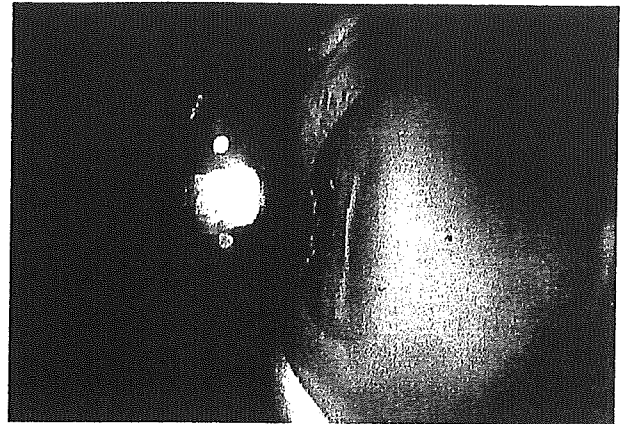


図7 SuperPupil XLによる毛様体皺襞部裂孔の観察

●透明(半透明)組織の特徴

辺縁付近は暗く、真中は明るく見える：辺縁部の光束は透過してもレンズ効果により屈折して方向が変わって欠落するが、真中からの光は透過、直進して明るく見える。

照明の当て方(方向、背景の色)で見え方が変わる：方向を変えると最も明るい部分の位置が変わり、背景の色が変わると、組織の色も変わる。

さらに真横から光を当ててみると、粒の光り方で以下の性状が推測できる。

*高屈折率の透明粒子(例：オイル滴)

⇒照明の反対側の辺縁が明るく見える

*低屈折率の透明粒子(例：気泡)

⇒照明の同側の辺縁が明るく見える

例) 前房中の半透明の粒

横からスリット照明をあててみて、どちらの辺縁が明るく照らされるかを見れば、気泡かシリコンオイルかがわかる。

3. 毛様体の観察

毛様体は、無水晶体眼または散瞳が良好で後発白内障のない眼内レンズ眼では、倒像広角型レンズまたは Goldmann 三面鏡(隅角観察用ミラー)を前置することにより、そのまま観察可能である。

●圧迫子つき前置レンズ

圧迫子つき前置レンズによる強膜圧迫を併用して観察すればより詳細な観察ができる。その際は、圧迫子の位置を前後に移動させ、突出部位を

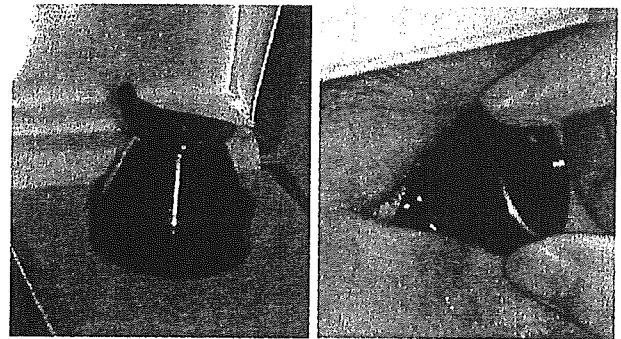


図8 強膜圧迫子付一面鏡(左：外観，右：観察法)

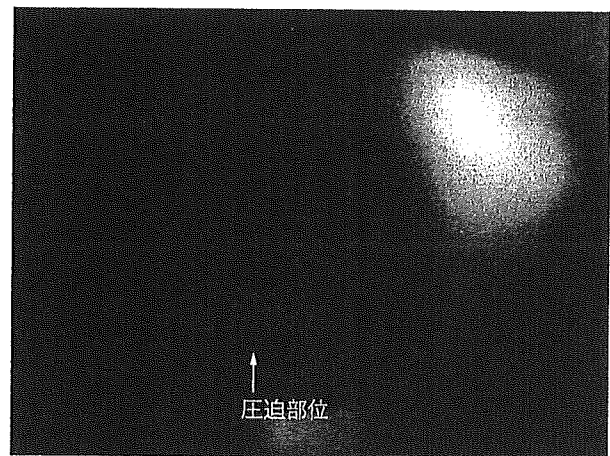


図9 圧迫子付一面鏡レンズによる毛様体部の観察

動的に動かして多面的に観察する。強膜圧迫子つきレンズの多くは瞼裂の狭い日本人の眼には不向きであるが、京都コンタクトレンズ社の1ミラーレンズは接眼部が小型で使いやすい(図8,9)。

[文献]

- 1) 野田 徹：細隙灯頭微鏡観察法の基本原則. 眼科診療プラクティス 97(8)：2-9, 2003

2) びまん性黄斑浮腫

びまん性浮腫の増悪に対しては2通りの予防策がある。一つは格子状光凝固で、もう一つはトリアムシノロンの Tenon 嚢下投与である。

格子状光凝固に対しては最近批判的な意見も多いが、適切な条件(別項参照)で施行すれば問題となる合併症もなく有効な方法である。

一方、トリアムシノロンの Tenon 嚢下投与(別項参照)は、光凝固による炎症性変化が浮腫の増悪に関与している可能性があることから試みる価値がある。眼圧上昇という合併症はあるものの、奏効すれば格子状光凝固のように網膜に不可逆的な侵襲を加えることなく浮腫を吸収させることができ、格子状光凝固の前にまず試みてよいと考える。その施行時期は両者とも、局所性浮腫に対する光凝固と同様であるが、Tenon 嚢下投与と同日に光凝固を行う場合には、レンズを消毒し点眼は新しいものを用い、術後に抗生剤の点眼を処方するなど術後感染に注意する。

VI. インフォームドコンセント

以上に述べた光凝固の合併症をよく理解したうえで、その施行にあたっては十分なインフォームドコンセントを得る必要がある。

まず、増殖糖尿病網膜症はいかに進行して失明に至るか、そして光凝固はこの増殖性変化の進行を阻止し得ることを患者に理解できる言葉で十分に説明する。さらに、光凝固の合併症にはいかなるものがあり、光凝固により視力障害をきたす可能性もあるが、増殖性変化による高度の視力障害を避けるためには是非とも必要な治療であることを説明する。また、もし光凝固で視力が低下しても、多くの場合は自然に回復すること、回復しない場合には種々の治療、場合によっては手術が必要なことを説明する。この説明が不十分であると、“光凝固のせいで見えなくなった”と通院が途切れてしまい、治療の時期を逸してしまうことになる。

また、視力が低下してきた場合はすぐに主治医に知らせること、光凝固が終了しても定期的な通

院が必要であること、追加の光凝固が必要な場合のあることを説明する。

おわりに

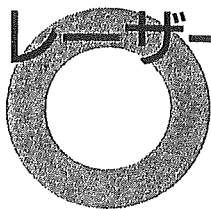
汎網膜光凝固は増殖網膜症の進行を抑制する反面、黄斑浮腫などのさまざまな合併症をもたらす。光凝固の有効性が明らかとなった現在、いかにこれらの合併症を生ずることなく、光凝固により良好な視機能を維持するかが重要である。合併症を常に念頭においたうえでの適切な光凝固の施行が望まれる。

[文献]

- 1) Wilkinson, CP et al : Proposed international clinical diabetic retinopathy and diabetic macular edema disease severity scales. *Ophthalmology* 110 : 1677-1682, 2003
- 2) Folk, JC et al : Photocoagulation for diabetic macular edema and diabetic retinopathy. *Ophthalmology monographs* 14. Diabetes and ocular disease. Flynn HW, Smiddy WE ed, The Foundation of the American Academy of Ophthalmology, San Francisco, 115-153, 2000
- 3) Aiello, LM : Perspectives on diabetic retinopathy. *Am J Ophthalmol* 136 : 122-135, 2003
- 4) 清水弘一 : 分担研究報告書 汎網膜光凝固治療による脈絡膜循環の変化と糖尿病血管新生緑内障のレーザー治療ならびに糖尿病網膜症の光凝固適応及び実施基準. 平成6年度糖尿病調査研究報告書. 厚生省, 346-349, 1995
- 5) 池田誠宏 : 光凝固 : 三面鏡か倒像レンズか. *眼科診療プラクティス* 20. 糖尿病眼科診療, 田野保雄編, 文光堂, 東京, 73, 1995
- 6) 清水弘一ほか : 汎網膜光凝固の合併症. *糖尿病性網膜症*, 医学書院, 東京, 194-196, 1984
- 7) Olk, RJ et al : Complications and side effects of treatment. *Diabetic retinopathy practical management*, Lippincott, Philadelphia, 141-155, 1993
- 8) 岡野 正 : 増殖性糖尿病網膜症の汎網膜光凝固. *眼科診療プラクティス* 3. レーザー治療の実際, 田野保雄編, 文光堂, 東京, 42-49, 1993
- 9) Ikeda, T et al : Macular edema accompanying laser photocoagulation for diabetic retinopathy. *Current aspects in ophthalmology*, Excerpta Medica, Amsterdam, 1006-1008, 1992
- 10) 池田誠宏 : 黄斑浮腫. *眼科診療プラクティス* 75. 眼科レーザー治療のすべて, 田野保雄編, 文光堂, 東京, 20-25, 2001



レーザーの使い分けとレンズの選択



国立病院機構東京医療センター感覚器センター 野田 徹

■レーザー光凝固装置の選択

1) レーザー発振装置

a) マルチカラークリプトンレーザー

緑(521, 531 nm), 黄(568 nm), 赤(647 nm)の各波長のレーザーが発振される。安定した作動で必要な波長が選択できるため、現在の第一選択となるシステムである。給排水設備不要な装置もある。

b) ダイオードレーザー

Nd-YAG レーザーを半波長にして緑(532 nm)波長を発振する。コンパクトで100 V 駆動、ほぼメンテナンスフリーで長期使用に耐える。近赤外(810 nm)波長は脈絡膜障害が強いため、特殊な条件(経強膜的、混濁の強い場合)でのみ用いる。

c) アルゴンレーザー

青(488 nm)と緑(514 nm)を発振するが、治療には後者を用いる。100 V 空冷で移動可能な装置もある。

2) 凝固サイズ設定方式

a) デフォーカス方式(図1)

照射面から焦点の位置をずらしてスポットサイズを大きくする方式。凝固斑は、中心が強く周辺が弱い不均一な分布となる傾向がある。

b) 同焦点(parfocal)方式

設定したサイズの均等な凝固斑が得られる。しかし倒像広角型の前置レンズを用いると本方式では前眼部のエネルギー集中をより生じやすくなる。特に500 μm 以上の設定は避けるべきである。

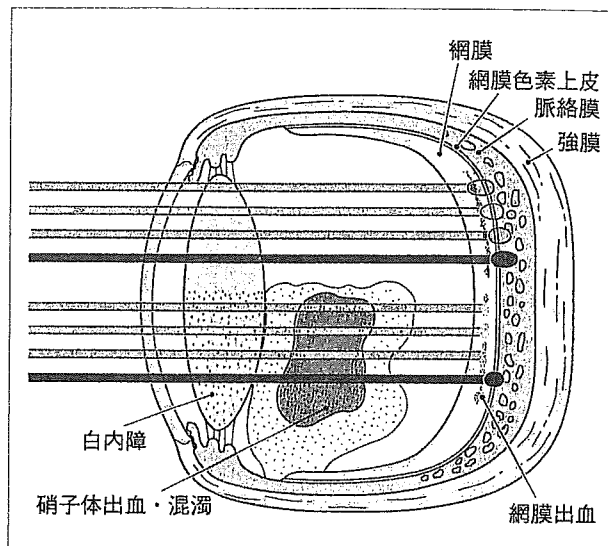
3) レーザーデリバリー装置

細隙灯顕微鏡でデリバリーする方法には、スプリットミラーによる照明の間にレーザー光束を導く方式と観察照明とレーザー光束が同軸のシステムとがある。後者では、照明部位とレーザー照射部位が常に一致しており、最周辺部または小瞳孔眼の照射には有利である。

白内障などの術中や、身体や精神の制限から座位で治療が行えない症例などに対しては、仰臥位で治療可能な双眼倒像鏡デリバリー装置は有用である。

4) レーザー光の波長選択

汎網膜光凝固では、色素上皮と網膜外層のみの凝固が目的となる。可視光各波長のレーザー光は網膜色素上皮で強く吸収されて温度上昇を生じるため、



【図1】 光凝固に用いられるレーザー光の波長とその特性
長波長レーザー光ほど混濁を透過しやすく、凝固効果はより深層に及び、適切な凝固条件のレーザー光は、網膜色素上皮で主に吸収されるため、どの波長でも網膜外層は凝固される。混濁が強い症例では長波長光ほど網膜へ光束が透過しやすい。網膜内に出血がある部位では赤波長光以外は網膜内で吸収されてしまう。

適切な出力設定では波長間で凝固効果に大きな差は生じない(近赤外光を除く)。網膜出血がある部を凝固する場合は、緑～黄波長は出血に吸収されて網膜内層凝固が生じるが、赤波長光は出血を通過して網膜外層が凝固できる。

一般的には、疼痛の少ない緑波長レーザーを用いて凝固を行う。しかし、白内障、硝子体出血などの混濁が強い症例では、透過性の高い長波長のレーザー光を選択すると、より治療可能な範囲が広がる。レーザー光の透過性が高くなれば、より網脈絡膜の深層へ浸透するため、照射直後よりも時間が経過した後に強い凝固斑となる傾向があるため、過凝固を避けること、また、凝固の際に生じる疼痛が強くなることを留意する。

■前置レンズの選択(表1)

1) Goldmann 三面鏡

観察条件の良い眼であれば、最も良い条件のレーザー凝固操作が可能であるが、観察視野が狭く、後

[表1] 各種前置レンズの特徴と選択条件

前置レンズ	観察倍率	凝固斑倍率	特徴
-60D クラス Goldmann 三面鏡	約1倍 ×1.07	約1倍 ×0.93	観察条件が良い眼では、凝固条件最良である。 観察視野が狭く、分離した視野での観察となる。 眼の条件により観察に制限が生じやすい。
+60D クラス Area Centralis Mainster High MAG	約1倍 ×1.06 ×1.25	約1倍 ×0.94 ×0.80	主に後極部の照射に用いる。 観察倍率は等倍で、詳細な観察が可能。 Goldmann 三面鏡に比して視野が広い。
+90D クラス TransEquator Mainster WIDE FIELD	約2/3倍 ×0.70 ×0.68	約1.5倍 ×1.44 ×1.47	標準となるタイプの前置レンズ。 no-flingeタイプは、後極部から最周辺部まで 広い用途の照射に使用できる。
+120D+α クラス SUPER QUAD160 Mainster PRP165 QuadAspheric	約1/2倍 ×0.50 ×0.51 ×0.52	約2倍 ×2.00 ×1.96 ×1.92	広い視野で照射でき、照射操作がきわめて容易。 小瞳孔、中間透光体の混濁など、悪条件に強い。 不正確な操作を行うと凝固斑形成が不安定となる。 500μm以上のスポットサイズの照射は避ける。

極部と周辺部を不連続な観察視野で照射するため、操作に熟練を要し、誤ると誤照射の危険もある。

2) 広角倒像型前置レンズ

広い観察視野で後極から最周辺部まで連続して凝固操作が可能である。小瞳孔や中間透光体の混濁などの障害を受けにくく、眼内レンズ挿入眼にも適している。高屈折で口径の大きいレンズほど観察視野が広いが、観察像の質は低下する。前置レンズを観察方向にやや移動させ、適切に傾斜角度を調節すれば、より最周辺部までの照射が可能となる。

前置レンズごとの観察倍率と凝固スポットサイズ
横倍率：観察像の大きさ

$$\text{横倍率} = \frac{\text{眼の総屈折力} (\approx 60 \text{ D})}{\text{前置レンズの屈折力}}$$

縦倍率：観察像の奥行き(凹凸度)

$$\text{縦倍率} = (\text{横倍率})^2$$

凝固スポットサイズ

$$= (\text{設定スポットサイズ}) \div (\text{横倍率})$$

例：QuadAspheric レンズ(横倍率：×0.52)で
スポットサイズ 200 μm に設定した場合

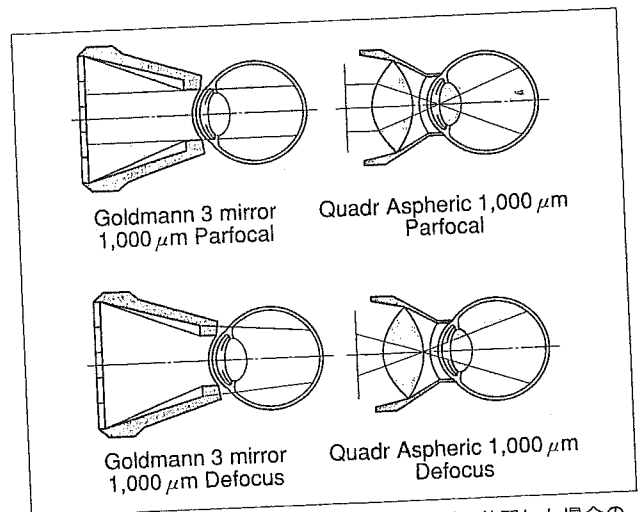
$$\text{実際の凝固サイズ} = 200 \mu\text{m} \div 0.52 = 384 \mu\text{m}$$

レンズの選択基準

操作性と観察像の質との折り合いから、一般使用には 90 D クラスのレンズが標準となる。後極部付近の網膜肥厚を詳細に観察しつつ局所凝固を加える場合には 60 D クラスのレンズを、小瞳孔や中間透光体混濁例、最周辺部の照射などでは、より高屈折の 120 D+αD クラスのレンズが有利である。

■高屈折前置レンズを用いた光凝固の注意点

高屈折凸レンズでは、集光系の特性から、大きいスポットサイズの設定では、前眼部(角膜、水晶体)で光束が集光するため、エネルギー密度が網膜上よ



[図2] Goldmann型レンズと広角倒像型レンズを前置した場合の眼内組織を通過するレーザー光束の違い
広角倒像型レンズで大きい(>500μm)スポットサイズを設定すると、網膜面よりも前眼部でエネルギー集中が生じる(parafocal型焦点方式では特に顕著)ため危険である。

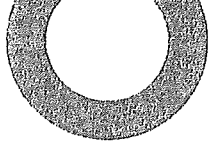
りも高くなる危険がある。特に parafocal 型のレーザー装置では著明である。高屈折凸レンズを前置した場合は 500 μm 以上の設定は禁忌である(図2)。

文献

- 1) Mainster, MA et al : Retinal laser lenses : Magnification, spot size and field of view. Br J Ophthalmol 74 : 177-179, 1990
- 2) 野田 徹：細隙灯顕微鏡レーザーデリバリーシステム。眼科診療プラクティス 97。細隙灯顕微鏡のすべて、植田哲夫ほか編，文光堂，東京，112-115，2003
- 3) 野田 徹，野田航介：細隙灯顕微鏡検査。眼科診療プラクティス 59。黄斑浮腫の診療，小椋祐一郎ほか編，文光堂，東京，40-45，2000
- 4) 野田 徹：眼底検査と前置レンズ-眼底細隙灯顕微鏡検査と前置レンズの選択。臨眼 52(11) : 173-176, 1998



光凝固のコツ



増殖糖尿病網膜症の治療の基本が汎網膜光凝固術であることは、この20年間変化していない。しかしながら、初期の光凝固治療では凝固後に生じる「黄斑浮腫」により視力低下をきたすことがまれではなかった。患者によっては治療により視力が低下したため、途中で来院しなくなるというケースもあった。それゆえ、いかに黄斑浮腫発生を防ぎながら汎網膜光凝固術を完成させるかということが最近の課題である。汎網膜光凝固術については68頁で詳細に記述されているので、ここではトリアムシロンを併用した網膜光凝固術を中心に述べてみたい。

■浮腫の強いときどうするか&劇症型への対応

この数年間において、糖尿病網膜症、ぶどう膜炎、網膜中心静脈閉塞症などさまざまな疾患によって起こる黄斑浮腫に対して、トリアムシロンアセトニドが用いられるようになってきている。Bandelloらは、両眼の虚血が激しく急速進行が予想される糖尿病網膜症に対して、トリアムシロンアセトニドを用いた症例を発表し、トリアムシロンアセトニドの可能性について検討している¹⁾ので、紹介したい²⁾。症例は、フルオレセイン蛍光眼底造影で両眼のびまん性蛍光漏出を認める、虚血が激しく急速進行が予想される糖尿病網膜症の26歳男性である。OCT(optical coherence tomography)で、黄斑部の厚さは右眼452 μm 、左眼528 μm であった。彼らは両眼に対して、汎網膜光凝固を行うと同時に右眼には4mgのトリアムシロンアセトニドを硝子体中に投与した。左眼はコントロールとした。硝子体注射1ヵ月後のOCT所見では、右眼228 μm と減少していたが左眼は変化がなかった。硝子体注射4ヵ月後のOCT所見では、右眼191 μm 、左眼546 μm であった。この時期に、左眼に対して右眼に対して行ったのと同様の硝子体注射を行ったところ、左眼注射1ヵ月後には左眼265 μm と減少した。トリアムシロンアセトニド硝子体注射を併用して光凝固を行った方が、光凝固単独より血液眼関門の破綻や新生血管によるフルオレセインの漏出が減少していることがわかった。トリアムシロンアセ

トニドの効果は約5ヵ月続き、網膜浮腫を軽減している。急速進行が予想される糖尿病網膜症においては、眼内における血管内皮細胞増殖因子(VEGF)の濃度が高いことによって、血液眼関門の破綻や線維血管膜の増殖が起こると考えられている。トリアムシロンアセトニド硝子体内注射を行うと、約3ヵ月から4ヵ月間眼内に粒子として存在し、VEGFの発現を抑制すると思われる。Bandelloらは、トリアムシロンアセトニド硝子体内注射は、若年者の血管透過性が非常に亢進している症例において、血液眼関門の破綻や線維血管膜の増殖を抑え、光凝固を容易にするのに有用な治療法であるかもしれないと述べている。

われわれも網膜浮腫の著明な症例に対しては、トリアムシロンアセトニド4mg硝子体内注射を行い、浮腫の改善を得た後に光凝固を行っている(図1~6)。網膜浮腫の評価は検眼鏡的検査、フルオレセイン蛍光眼底造影、OCTなどで行っている。われわれの経験では、トリアムシロンアセトニド硝子体内注射後、浮腫の軽減を得るには3~4週間程度を必要とすることが多い。

糖尿病網膜症における無血管領域への光凝固治療は治療の大原則である。しかし、現在では増殖性変化を抑えることはもちろん、黄斑浮腫による視力低下も予防あるいは治療していき、視機能を最大限に維持していくことが重要な時代に入ったと思われる。しかしながら、熟練した眼科専門医でなければ、光凝固を行うとしても、広範な網膜浮腫を認める場合には、光凝固の条件設定がむずかしく、場合によっては過凝固になることもあると考えられる。

そのため、網膜血管透過性亢進の主たる原因物質であるVEGFを抑制し、網膜浮腫を抑制し光凝固を容易に行うことを目標として、トリアムシロンアセトニド硝子体内注射を行っている。硝子体内注射の合併症として、眼内炎、水晶体穿刺、白内障の進行や眼圧上昇が考えられる。われわれの施設では、トリアムシロンアセトニド硝子体内注射には薬剤部との共同研究により特別に調整した薬剤を用いている。あらかじめ1回分ごとに滅菌されたバイアル

眼科手術におけるドレーピング

秋山邦彦 野田 徹

眼科手術 第18巻第2号 2005年4月／別刷

メディカル葵出版

眼科手術におけるドレーピング

秋山邦彦* 野田 徹*

眼科手術におけるドレーピングには、術野を清潔に保ち術後感染症を予防する、眼球を圧迫しない、手術操作を妨げない、患者に圧迫感を与えない、などの条件が求められ、適した素材、デザインのドレープを用いる必要がある。眼内手術においては、術後眼内炎の予防が何より重要であり、そのためには、ドレーピングにより皮膚面と睫毛全体を含めた眼瞼縁部を十分に被覆する必要がある。さらに、筆者らは術中に吸引付開瞼器を使用することにより眼瞼縁部で汚染された灌流液の創部への逆流を防止することが術中感染予防に有効である可能性があると考え、その実践により良好な結果を得ている。

はじめに

眼科手術においてドレーピングは、術後感染症の対策上きわめて重要な操作である¹⁾にもかかわらず、その詳細について述べられる機会は少ない。眼科手術のドレーピングには、術野の清潔を保つと同時に、手術操作の妨げにならず、また患者になるべく圧迫感を与えないことが求められる。本稿では、これらの点について考察し、ドレープ素材やデザイン、筆者らが行っているドレーピング法の実際について述べる²⁾。

I 眼科手術のドレーピングに求められること

1. 術野の清潔を保つ

1) 微生物、水を通さないこと（細菌遮断効果、撥水性）

ドレープの繊維の織り目から水・皮膚落屑・細菌が通過しない構造が必要である。たとえば綿布は、織り目の大きさ（約 50 μm ）が皮膚落屑（5~25 μm ）よりも大きいため、これが細菌とともに通過しうる。また吸水性素材であるので、布の全層に水が染み込めば皮膚側と術野側が水を通じて交通していることとなるうえ、患者の呼気による汚染の可能性もあり、清潔を保ちにくい。そのようなことが生じないように、現在多用されているビニールや不織布製のドレープは素材と加工法が工夫されている（後述）。

2) 術野の皮膚、睫毛が完全に覆われること

内眼手術の際は、眼科用穴あきドレープの穴より大きな透明粘着テープ（Tegaderm[®]、Steri-drape[®]など）を用いて、露出する皮膚、睫毛、睫毛根部を完全に覆う。皮膚、睫毛根部は、術前の消毒で完全に無菌化しても20分程度で細菌が湧出することが知られており、また消毒後の睫毛根部で36~48%が培養陽性であったという報告もある³⁾。したがって術中に器具が直接眼瞼縁に接触したり、内眼角でテープが浮いて皮膚が露出し、皮膚に接触した水が術野に逆流したりすることを避けねばならない。

3) ドレープ表面に汚染物質が付着しにくいこと

ドレープ表面の撥水加工により、汚染物質を含む水が周囲に流れ、術野周辺に溜まりにくくなる。流れた水は、手台と患者の頭部の間に設置したタオルや吸水パッドに吸収させる（図1）。白内障手術のように比較的短時間で終わり、流出する水が多量でない場合は水受け付きドレープも有用である。

4) ドレープ表面から繊維が遊離しないこと（低発塵性）

紙製のドレープでは繊維による発塵があり、これが眼内で炎症を惹起するという報告もあった⁴⁾。ビニール製や不織布製のものではこの点が解決されている⁵⁾。

5) 手術操作中に剥がれないこと

ドレープの接着面が確実に皮膚と接着するように、消

* Kunihiko Akiyama & Toru Noda: 国立病院機構東京医療センター臨床研究センター(NISO)リハビリテーション研究部
〔別刷請求先〕 野田 徹: 〒152-8902 東京都目黒区東が丘2-5-1 国立病院機構東京医療センター臨床研究センター(NISO)リハビリテーション研究部 e-mail: tnoda@ntmc.hosp.go.jp

■ 眼瞼皮膚以外の部分には、眼窩周囲で皮膚と粘着する孔あき型不織布型ドレープが有用

■ 眼球組織を極力圧迫せず開瞼するため、眼瞼部には薄い透明粘着テープが有用

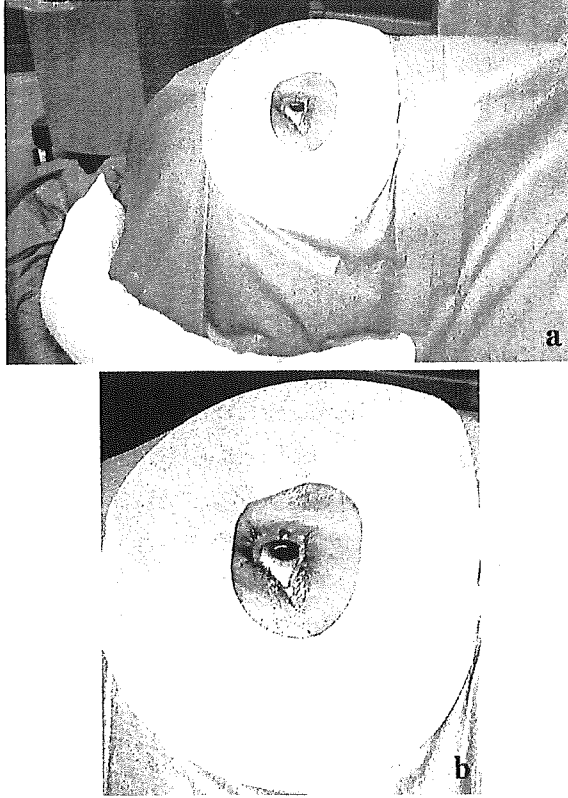


図1 東京医療センターで使用している眼科手術用ドレープ(東二式: HOGY Medical社)〔文献2〕より、一部改変)

a: 孔部周囲の裏面は粘着面で皮膚に密着する。孔部周囲の表面には輪状に吸水素材を重ね合わせてある。患者の口の位置を覆う部分には金具が埋め込まれており、アーチ状に曲げることで呼吸を助ける。筆者らは手台用のリングを低い位置に設置して、術野から流れ出る水を吸水するためのパッドを置いている。

b: 上下眼瞼をやや引きながらドレープを接着すると睫毛が外反した状態となり、その後の操作が行いやすくなる。

術後の皮膚を乾燥させた状態でドレーピングを行う。外傷切開などから出血している場合は、止血したうえで透明テープを確実に粘着させる。内眼角部の顔面の凹凸に合わせてドレープを接着させないと、術中にドレープが剝がれて浮き上がることがある。鼻側のドレープは余裕をもたせて、ドレープが突っ張らないように注意する。

また、不織布の表面の加工によっては水を含むと、透明テープが粘着しにくくなる場合があるので、特に長時間の手術においては、透明テープと不織布との間の接着の相性も確認してドレープ素材を選択する必要がある。

6) 清潔区域外の汚染が術野に容易に到達しない大ききがあること

メイヨー台を使用するときなど、1枚のドレープのみでカバーしきれない場合は、2枚のドレープの重複を十分にとり、その間がずれないようにクリップや鉗子などで連結固定する。

2. 手術操作の妨げにならない

開瞼によって眼瞼組織が眼瞼周囲にだぶつき、手術操作の妨げとなったり眼窩内圧を上昇させたりすることがある。これらを防ぐため、ドレープの孔が小さすぎないこと、眼瞼周囲のドレープは硬い素材のものを用いないこと、眼瞼皮膚を十分に引いて、皮膚を余らせないようにドレープを固定すること、などに留意する。

3. 患者の呼吸を妨げない

筆者らの施設では、患者の鼻や口のあたりにドレープ下の空間ができるよう、ドレープの裏面に軟らかい金具を貼り付けたものを製作して使用している(図1)。これを曲げて患者の呼吸のための空間を確保することが可能である。空間を作るためにドレープを持ち上げるための器具⁶⁾や、全身麻酔時の呼吸管理を容易にするための器具⁷⁾なども製作されている。患者が呼吸苦を訴える場合は、ドレープ下に酸素を吹流しにするなどの工夫をする。

II ドレープの素材とデザイン

ドレープ素材の物性として、厚さ、引っ張り強度、耐水圧、撥水度、撥アルコール度などを検討し、ドレープとして適切な特性を備えた素材、およびその表面加工(撥水・吸水など)を選択する必要がある。筆者らの施設では、DuPont社製の不織布ソントラを撥水加工し、

■ 開瞼状態で張った粘着テープの中央に割を入れ、上下へ折り返すことにより眼瞼縁を完全に被覆する

■ 開瞼の際、眼瞼は外反させながら行い、上下の睫毛をすべて外反させる

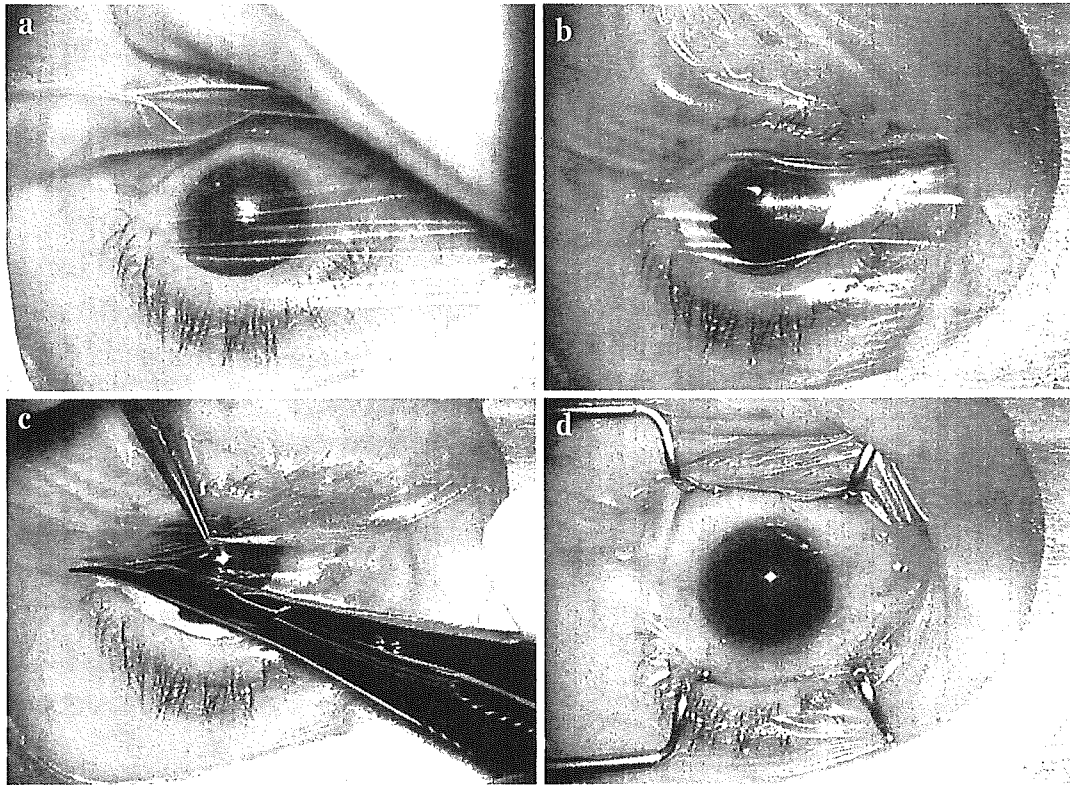


図2 ドレーピングと開瞼器の設置〔文献2〕より、一部改変〕

a, b : やや開瞼しながら睫毛を外反させた状態で透明粘着テープ (Tegaderm®) を装着する。

c, d : 透明粘着テープの中央に割を入れた後、上下の眼瞼縁部を完全に覆うようにテープを折込みながら開瞼器を設置する。

独自にデザインしたドレープを使用している (HOGY Medical 社)。この素材は、短繊維を絡ませたもので貫通孔がなく、皮膚落屑の通過による細菌の透過を防ぐことができる。穴の周囲のみドーナツ型の吸水性素材を貼り合わせ、術野から周囲にあふれた水滴がそこに吸収され術野に再流入しないようにしているが、通常の吸水性素材に水をしみこませると透明粘着テープが粘着しにくくなるため、長時間の手術に耐えられるものとするまでに、最適な素材と加工を繰り返してテストしたうえで最適なものを選択した (図1)。

III ドレーピングの実際²⁾

(1) 術野の消毒を行い、皮膚を十分に乾燥させる。消毒後、患者の咳などにより術野が汚染される可能性があるため、ドレープで全体を覆うまでの間はなるべく咳、くしゃみをさせないようにしたほうがよい。また、術者がドレープの用意をしている間に患者自身が顔面を触れないように注意する。

(2) ドレープの孔の辺縁部分を皮膚に粘着させる。その際、睫毛を外反させ、また余剰な皮膚を残さないために、上下眼瞼皮膚を引きながら行う。十分に引いている

■ 眼瞼に触れた灌流液の創部への逆流は、内眼手術の感染予防上望ましくない

■ 吸引機能付き開瞼器の使用は、内眼手術の感染予防の観点から有効である可能性がある

と、ドレープ固定後は眼瞼がやや開き気味となる。また、内眼角部でドレープが浮いてこないように、鼻根部から内眼角にかけての凹凸に沿って丁寧に貼り付ける (図 1-b)。

(3) 透明粘着テープを貼る。このときも睫毛が外反するように指で皮膚を引き (図 2-a)、開瞼した状態で固定されるように行う (図 2-b)。患者が強く閉瞼してしまう場合などには、助手に上下眼瞼を引いてもらって上から貼りつけてもよい。透明粘着テープが一体化したドレープを使用する場合は、(2)と(3)を同時に行う。また、筆者らの施設では、LASIK (laser *in situ* keratomileusis) の際は、角膜表面を極力傷つけないようにするため、上下眼瞼それぞれ別に2枚の粘着テープを貼って開瞼するようにしている。

(4) 透明粘着テープの中央に剪刀で割線を入れる (図 2-c)。割線を入れたあと、必要に応じて縦方向にも1~2本くらい切れ込みを入れて、瞼結膜側にテープを巻き込みやすくする。

(5) 開瞼器をかける。テープを瞼結膜側に巻き込み、睫毛および睫毛根部を完全にテープで包み込むようにして、その上から開瞼器で押さえ込む要領で行う⁵⁾ (図 2-d)。睫毛がはみ出た場合は、再度テープを付け直す。

IV 開瞼器：吸引機能付き開瞼器

開瞼器は手術に合った機能、形体のものが選択されるが、筆者の施設では、白内障手術の際は、感染予防の見地から吸引機能付き開瞼器を必ず使用している²⁾ (図 3)。この開瞼器は上下に吸引口があり、ここから術野の水を吸引し続けることにより、術中の水の流れが常に創口から周辺に向かうように設計されている。したがって瞼縁部に接触して汚染された水が創口部へ逆流するのを常に防ぐ効果がある。吸引式開瞼器を必ず使用する理由は、吸水による術野の視認性確保ではなく、感染予防にあることを強調したい。

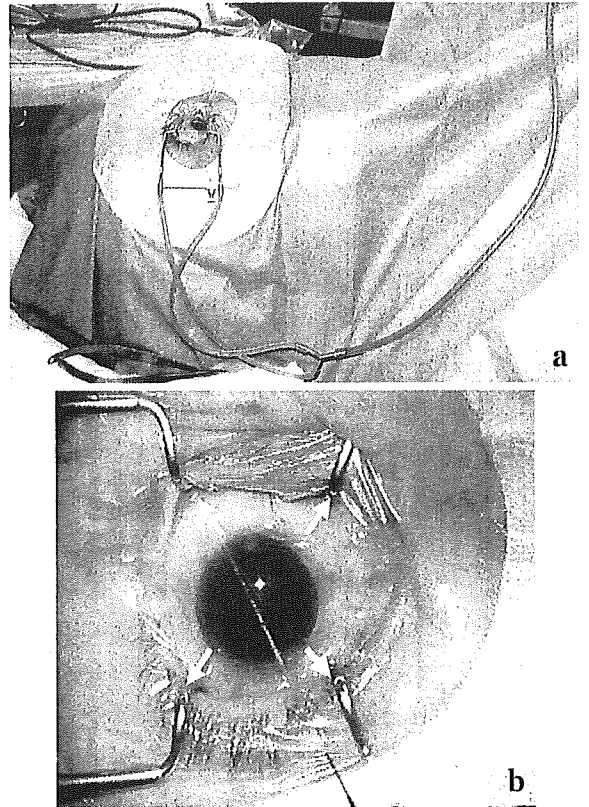


図 3 吸引機能付き開瞼器 (Geuder 社) [文献 2] より、一部改変)

- a: 開瞼器からのチューブを吸引ラインに接続して使用する。
b: 術野に水が貯留しないように、開瞼アーム部の吸引孔から持続的に吸引する。常に術野から眼瞼方向に一定の水流を形成し、眼瞼縁部から創への灌流液の逆流を防止する。

V 内眼手術後の急性化膿性眼内炎について

1. 筆者らの施設における眼内炎の発生状況

内眼手術を担う術者にとって、術後急性化膿性眼内炎の発生予防は常に最重要課題であるが、筆者の施設においても、その観点から本稿で述べたようなドレーピング法と開瞼器の開発・改良をはじめとして、さまざまな形で努力を重ねてきた。その結果当院では、過去 15 年余、

12,000 例余の内眼手術症例の術後において、幸いにして1例の急性化膿性眼内炎の発生もみていない。しかし眼内炎発生の可能性は常に存在するとの認識が重要と考えられ、患者へのインフォームド・コンセントに関しても常に徹底して行っている。

2. 安全な手術を目指して

白内障術後の急性眼内炎の発生率は、歴史的には、1800年代末には10% (Axenfeld⁸⁾), 1900~1925年は1.8% (3文献平均^{9~11)}), 1925~1950年は0.58% (6文献平均^{12~14}ほか), 1950~1975年には0.35% (16文献平均^{15~17}ほか)であったとの報告がある¹⁸⁾。さらにその後は、1983年度のFDA報告¹⁹⁾ (8,597例)で0.1%, 1984年度の全米多施設調査²⁰⁾ (324,032例)では0.17~0.12%と発生頻度は低下している。また、西オーストラリアの多施設長期調査報告 (1980~1998年)²¹⁾のように、19年間を通じて術式の変遷にかかわらず眼内炎の発生率は約0.2%で不変との報告がある一方、水晶体囊外摘出術 (0.19%) に対して超音波乳化術による小切開手術 (0.07%) が、さらにインジェクターを用いた眼内レンズ挿入 (0.028%) が眼内炎発生頻度を低下させるとの報告²²⁾、強膜切開に比して角膜切開では眼内炎発症率の危険が3倍高くなる²³⁾との報告もある。

安全な手術環境を実現するための条件には、手術室、手術機器の整備・管理、消毒法、手術術式、投薬法などきわめて多くの因子が関わり、今後の医療経済的な手術診療運営の効率化実現の必要性と併せて、当分はその方法論が完成されることはないと思われる。本稿が何らかの貢献に寄与できれば幸いである。

【文献】

- 1) Lusk JE, Lanier JD : The incise drape. *Ophthalmic Surg*, **11** : 722-724, 1980
- 2) 野田 徹 : 術野の消毒とドレーピング. *眼科診療プラクティス*, **96** : 5-8, 2003
- 3) Behrens-Baumann W, Dobrinski B, Zimmermann O :

- Bacterial flora of the eyelids following preoperative disinfection. *Klin Monatsbl Augenheilkd*, **192** : 40-43, 1988
- 4) Savar DE : Intraocular effects of lint particles from disposable drapes. *Ann Ophthalmol*, **10** : 1607-1609, 1978
 - 5) Iliff CE : A plastic drape for intraocular surgery. *Am J Ophthalmol*, **60** : 144-146, 1965
 - 6) Carpel EF : A new surgical drape support. *Am J Ophthalmol*, **85** : 716, 1978
 - 7) Schlager A : New support for ophthalmic drapes. *Arch Ophthalmol*, **117** : 1441-1442, 1999
 - 8) Axenfeld T : The Bacteriology of the Eye. p77-107, Balliere, Tindall and Cox, London, 1908
 - 9) Ramsay AM : Discussion on the causes of infection after the extraction of senile cataract. *Trans Ophthalmol Soc UK*, **41** : 387-391, 1921
 - 10) Parker WR : Senile cataract extraction : a comparative study of results obtained in 1421 operations. *JAMA*, **77** : 1171-1175, 1921
 - 11) Davenport RC : The after results of cataract extraction. *Br J Ophthalmol*, **12** : 85-93, 1928
 - 12) Guyton JS, Woods AC : Oral use of prophylactic sulfadiazine for cataract extractions. *Am J Ophthalmol*, **26** : 1278-1282, 1943
 - 13) Berens C, Bogart DW : Certain postoperative complications of cataract operations with especial reference to a study of 1004 operations. *Am J Surg*, **42** : 39-61, 1938
 - 14) Dunnington JH, Locatcher-Khorazo D : Value of cultures before operation for cataract. *Arch Ophthalmol*, **34** : 215-219, 1945
 - 15) Neveu M, Elliot AJ : Prophylaxis and treatment of endophthalmitis. *Am J Ophthalmol*, **48** : 368-373, 1959
 - 16) Christy NE, Lall P : Postoperative endophthalmitis following cataract surgery : Effects of subconjunctival antibiotics and other factors. *Arch Ophthalmol*, **90** : 361-366, 1973
 - 17) Smith RJH. Editorial : Endophthalmitis following cataract extraction. *Br J Ophthalmol*, **73** : 401, 1989
 - 18) Kattan HM, Flynn HW, Pflugfelder SC, et al : Nosocomial endophthalmitis Survey : Current incidence of infection after intraocular surgery. *Ophthalmology*, **98** : 227-238, 1991
 - 19) Stark WJ, Worthen DM, Holladay JT, et al : The FDA report on intraocular lenses. *Ophthalmology*, **90** : 311-317, 1983
 - 20) Javitt JC, Vitale S, Canner JK, et al : National outcomes of cataract extraction : Endophthalmitis following inpatient surgery. *Arch Ophthalmol*, **109** : 1085-1089, 1991
 - 21) Semmens JB, Li J, Franzco NM, et al : Trends in cataract surgery and postoperative endophthalmitis in Western Australia (1980-1988) : the endophthalmitis population study of Western Australia. *Clin Exp Ophthalmol*, **31** : 213-

- 219, 2003
- 22) Mayer E, Cadman D, Ewings P, et al : A 10 year retrospective survey of cataract surgery and endophthalmitis in a single eye unit : injectable lenses lower the incidence of endophthalmitis. *Br J Ophthalmol*, 87 : 867-869, 2003
- 23) Cooper BA, Holekamp NM, Bohigian GB, et al : Case-control study of endophthalmitis after cataract surgery comparing scleral tunnel and clear corneal wounds. *Am J Ophthalmol*, 136 : 300-305, 2003
-

内眼手術術前患者の結膜囊細菌叢のレボフロキサシン耐性率

櫻井美晴 林 康司 尾羽澤 実 春畑裕二 秋山邦彦 細田ひろみ 大野建治
野田 徹 山田昌和 田中靖彦

国立病院機構東京医療センター，感覚器センター視覚研究部・リハビリテーション研究部

Levofloxacin-resistant Bacteria in Conjunctival Flora of Patients Undergoing Interocular Surgery

Miharu Sakurai, Koji Hayashi, Minoru Obazawa, Yuji Haruhata, Kunihiko Akiyama, Hiromi Hosoda,
Kenji Ono, Toru Noda, Masakazu Yamada and Yasuhiko Tanaka

*Division of Vision Research & Division of Disability and Rehabilitation Research,
National Institute of Sensory Organs, National Tokyo Medical Center*

あたらしい眼科 *Atarashii Ganka (J. Eye)*
Vol. 22 No. 1 2005 別刷



(株)メデイカル葵出版

内眼手術術前患者の結膜囊細菌叢のレボフロキサシン耐性率

櫻井美晴 林 康司 尾羽澤 実 春畑裕二 秋山邦彦 細田ひろみ 大野建治
野田 徹 山田昌和 田中靖彦

国立病院機構東京医療センター, 感覚器センター視覚研究部・リハビリテーション研究部

Levofloxacin-resistant Bacteria in Conjunctival Flora of Patients Undergoing Interocular Surgery

Miharu Sakurai, Koji Hayashi, Minoru Obazawa, Yuji Haruhata, Kunihiko Akiyama, Hiromi Hosoda, Kenji Ono, Toru Noda, Masakazu Yamada and Yasuhiko Tanaka

Division of Vision Research & Division of Disability and Rehabilitation Research, National Institute of Sensory Organs, National Tokyo Medical Center

フルオロキノロン系薬剤は眼科臨床の場で広く用いられているが、近年の抗菌薬の普及、汎用に伴い結膜囊内常在菌の薬剤感受性にも変化が生じ、薬剤耐性菌の増加が報告されている。2000~2002年に東京医療センターで初回内眼手術前に結膜囊細菌培養と薬剤感受性試験を行った1,948例1,948眼を対象に、薬剤耐性菌検出の頻度を検討した。レボフロキサシン耐性菌検出率は14.5% (2000年), 18.3% (2001年), 20.5% (2002年)であり、統計学的有意差は認めなかったものの年別で増加傾向にあった。検出菌の内訳は、表皮ブドウ球菌, コリネバクテリウム, 黄色ブドウ球菌の順で多かった。最も新しいフルオロキノロン系薬剤の一つであるレボフロキサシンでも耐性菌の増加が懸念され、眼感染症の治療や手術における抗菌薬の使い方に十分注意していく必要があると考えられた。

Increasing resistance of bacterial flora to levofloxacin has been reported as a result of the recent trend toward fluoroquinolones as first-choice antibacterial agents for ophthalmic use. We retrospectively reviewed the database on bacterial flora found preoperatively in the conjunctival sacs of 1,948 eyes of 1,948 patients who underwent intraocular surgery at National Tokyo Medical Center from 2000 through 2002. The most frequently identified bacterial isolate was *Staphylococcus epidermidis* (43.1%), followed by *Corynebacterium* species (8.7%). The *in vitro* resistance of these isolates to levofloxacin increased annually from 14.5% in 2000 to 20.5% in 2002, although the increase did not reach statistical significance. Our results agree with previously published studies.

[Atarashii Ganka (Journal of the Eye) 22(1) : 97~100, 2005]

Key words : 結膜囊内常在菌, 薬剤感受性, フルオロキノロン, 眼内炎, conjunctival flora, drug sensitivity, fluoroquinolones, endophthalmitis.

はじめに

結膜囊内には常在細菌叢が存在し、角結膜感染症や内眼手術時の術後感染症の原因となる場合がある。近年の抗菌薬の普及、乱用に伴い、結膜囊内常在菌の薬剤感受性にも変化が生じ、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌 (MRSA), メチシリン耐性表皮ブドウ球菌 (MRSE), ペニシリン耐性肺炎球菌 (PRPS) などの多剤耐性菌の増加が問題となっている^{1~5)}。フルオロキノロン系薬剤は広範な抗菌スペクトルをもつことから、眼科領域では点眼薬として広く臨床の場で用いられて

いるが、日常診療における漫然とした使用による薬剤耐性菌の増加が懸念される⁶⁾。筆者らの施設では、術後感染対策の一環として、内眼手術患者全例に対し術前に結膜囊細菌培養と薬剤感受性試験を行っており、1995~1999年までのオフロキサシン (OFLX) 耐性菌検出率を検討したところ、経年的に有意に増加していたことを以前に報告した⁷⁾。

当科では2000年よりOFLX点眼液をレボフロキサシン (LVFX) に切り替えて用いているが、LVFXはOFLXの光学異性体のうち抗菌活性を有するL体のみを取り出したもので

〔別刷請求先〕 櫻井美晴 : 〒152-8902 東京都目黒区東が丘2-5-1 国立病院機構東京医療センター, 感覚器センター視覚研究部
Reprint requests : Miharu Sakurai, M.D., Division of Vision Research, National Institute of Sensory Organs, National Tokyo Medical Center, 2-5-1 Higashigaoka, Meguro-ku, Tokyo 152-8902, JAPAN

あり、OFLXとLVFXの耐性菌の傾向は類似している可能性がある^{8,9)}。そこで、当科における初回内眼手術患者を対象にした結膜囊細菌培養と薬剤感受性試験の結果をretrospectiveに検討し、以前の報告との比較を行ったので報告する。

I 対象および方法

2000～2002年に国立病院東京医療センター（現 国立病院機構東京医療センター）で初回内眼手術前に結膜囊細菌培養および薬剤感受性試験を行った1～97歳までの1,948例1,948眼（男性686例，女性1,262例，平均年齢70歳）を対象とした。

結膜囊細菌培養における菌検出率，LVFX耐性菌検出率を求め、さらに検出頻度の高い上位3菌種におけるLVFX耐性率を調べた。また、その他の抗菌薬に対する耐性率をみるため、エリスロマイシン（EM）、ゲンタマイシン（GM）との比較も行った。同時に1995～1999年における当科のOFLX耐性菌検出率とも比較した⁷⁾。

結膜囊細菌培養は、下眼瞼結膜を滅菌綿棒で擦過し、検体をブイヨンに接種した後、血液寒天培地およびMacConkey寒天培地を用いて分離培養を行い、細菌を同定した。嫌気性培養は行っていない。ついで、分離された細菌に対し薬剤感受性試験を行い、最小発育阻止濃度（minimum inhibitory concentration：MIC）を求めた。LVFX，EM，GMの薬剤耐性の基準は、表皮ブドウ球菌，コリネバクテリウム，黄色ブドウ球菌3菌種について、MICがそれぞれ8 μg/ml，8 μg/ml，4 μg/ml以上を耐性とした。

II 結 果

検出菌の総数は1,948眼中1,573眼において2,194株であり、結膜囊培養陽性率は80.7%であった。結膜囊培養陽性率と、検出菌のうちLVFX耐性菌の割合を年別に表1に示す。2000～2002年のLVFX耐性菌検出率は2000年で14.5%、2001年で18.3%、2002年で20.5%と経年的に増加していたものの、統計学的有意差は認めなかった。

検出菌の内訳では、表皮ブドウ球菌が43.1%と全体の約

表1 結膜囊細菌培養陽性率とレボフロキサシン（LVFX）耐性菌検出率

	2000年	2001年	2002年	全体	p値
症例数(A)	642	639	667	1,948	
菌検出例数(B)	435	521	617	1,573	
菌検出率(%) (B/A)	67.8	81.5	92.5	80.7	
検出菌株数(C)	683	736	775	2,194	
耐性菌株数(D)	99	135	159	393	
耐性菌検出率(%) (D/C)	14.5	18.3	20.5	17.9	>0.05

LVFX耐性菌検出率は経年的に増加していたが、耐性菌検出率に有意差はなかった(p>0.05)。

表2 検出菌の内訳（総株数2,194株）

検出菌	検出株数(%)
表皮ブドウ球菌	945 (43.1)
MSSE	928
MASE	17
コリネバクテリウム	191 (8.7)
黄色ブドウ球菌	153 (7.0)
MSSA	131
MRSA	22
腸球菌	88 (4.0)
その他	817 (37.2)

MSSE：メチシリン感受性表皮ブドウ球菌。
MRSE：メチシリン耐性表皮ブドウ球菌。
MSSA：メチシリン感受性黄色ブドウ球菌。
MRSA：メチシリン耐性黄色ブドウ球菌。
1,948眼中1,573眼(80.7%)において総株数2,194株を検出した。

表3 主要3菌種の薬剤別耐性率(%)

	LVFX	EM	GM
表皮ブドウ球菌	24.8	28.3	22.2
コリネバクテリウム	45.5	34.0	5.8
黄色ブドウ球菌	13.0	26.1	13.7

LVFX：レボフロキサシン，EM：エリスロマイシン，GM：ゲンタマイシン。EMやGMに対する耐性率も比較的多いことがわかる。

表4 レボフロキサシン耐性菌の他剤耐性率(%)

	EM感受性	GM感受性	EM+GM耐性
表皮ブドウ球菌	57.3	54.0	33.1
コリネバクテリウム	63.2	96.8	5.4
黄色ブドウ球菌	34.4	71.9	43.8

LVFX：レボフロキサシン，EM：エリスロマイシン，GM：ゲンタマイシン。LVFX耐性菌が必ずしもEM，GMに耐性があるとは限らなかった。

半数を占め、以下コリネバクテリウム8.7%、黄色ブドウ球菌7.0%がおもなものであった(表2)。

おもな検出菌の菌別の薬剤耐性率を表3に示す。LVFX耐性率は、表皮ブドウ球菌24.8%、コリネバクテリウム45.5%、黄色ブドウ球菌13.0%であったが、EMやGMに対する耐性率もLVFX耐性率と同様に比較的多いことがわかった。しかしながら、LVFX耐性菌が必ずしもEMやGMに対しても耐性があるとは限らなかった(表4)。

III 考 按

当科では、内眼手術の術後感染予防対策の一環として、術前に内眼手術患者全例に結膜囊細菌培養と薬剤感受性試験を行い、個々の症例に適切な抗菌薬を使用するようにしている。眼脂培養が陰性の場合や検出菌がLVFXに感受性の場合に