

Wavefront-Guided LASIK

Wavefront-Guided LASIK

相澤大輔* 清水公也*

はじめに

近年, wavefront-guided LASIK (laser *in situ* keratomileusis) については, 学会などでも一般に発表され, 眼科医にとってよく耳にする言葉となってきた。まず, これまで行われてきたLASIK (以下, conventional LASIK) との違いについてふれたい。Conventional LASIKで行えるのは, 球面成分 (近視, 遠視) および正乱視成分に対する矯正¹⁾, いわゆる2次収差の矯正である。しかし, 個々の眼には非対称成分や不正乱視成分といわれる高次収差 (3次以降の収差) が存在している²⁾ が, 収差測定装置が登場する以前は測定すらできなかった。近年, 波面工学を応用した収差解析装置により, 測定が可能となり, さらにそれに対応したエキシマレーザー装置の登場により, 高次収差を含めた矯正が行えるようになってきた³⁾。ここでは, 収差測定機器および対応したエキシマレーザー装置と, 筆者らの施設で行った wavefront-guided LASIK の手術成績について述べる。

I 収差測定機器および対応したエキシマレーザー装置

Wavefront-guided LASIK を行うにあたり, 収差測定装置, および測定結果より切除パターンを決定するソフトウェア, それを正確に切除するエキシマレーザー装置が必要である。現行で筆者らの知るかぎり, 収差測定機器および対応したエキシマレーザー装置の組み合わせを表1に示す⁴⁾。

波面収差測定 の原理には Hartmann-Shack, Tscherning, Optical Path Difference system があるが, 現在のところ Hartmann-Shack system が多く用いられているようである。測定結果は Zernike の多項式を用いて解析を行っている。

エキシマレーザー装置は, より精密な切除を行うことが要求されるため, conventional LASIK を行う装置より, スポットサイズを小さくする必要がある。しかし, スポットサイズを小さくすると照射時間の延長が起こり, 照射中の角膜の状態変化 (含水率など) による影響を受けると考えられるため, 照射周波数を上げるか, 複数のスポットサイズを組み合わせるなどの工夫が行われている。もう一つのポイントは, アイトラッキングシステムである。照射中の眼球運動により照射がずれてしまつては, 高次収差の矯正はできない。Wavefront-guided LASIK を行うエキシマレーザー装置には, 眼球が動いたら照射をストップするのではなく, 眼球運動を追従して照射を行う, アクティブアイトラッキングシステムが装備されており, 必須のものと考えられる。

II 手術成績

筆者らは2001年2月より, wavefront-guided LASIK を行ってきた⁵⁾ ので, その方法と結果を以下に示す。

1. 対象および方法

2001年5月から2003年8月の間に, 近視性乱視に対

* Daisuke Aizawa & Kimiya Shimizu : 北里大学医学部眼科学教室
〔別刷請求先〕 清水公也 : 〒228-8555 相模原市北里1-15-1 北里大学医学部眼科学教室

表 1 収差測定機器および対応したエキシマレーザー装置

レーザーシステム		レーザー		スキヤニングシステム	
名称	製造元	切除パターン	サイズ	タイプ	周波数
Technolas 217z	B&L Technolas	Hard Top/Truncated Gauss	2 mm/1 mm	flying spot	50 Hz
Mel 80	Zeiss Meditec	Gauss	0.7 mm	flying spot	250 Hz
ESIRIS	Schwind	Gauss	0.9 mm	flying spot	200 Hz
Star S4 Custom VSS	Visix	Hard Top	0.6 ~ 6.5 mm	Variable Spot scan	10 Hz
EC-5000 CX II	NIDEK	Hard Top/Gauss	9×2 mm slit, 6×1 mm spot	rotate scan slit	5~50 Hz
LadarVision 4000	Autonomous	Gauss	< 1 mm	flying spot	55~60 Hz
AstraScan	Lasersight	Super Gauss	0.5 mm	flying spot	100~200 Hz
Alegretto Wave	Wavelight	Gauss	0.95 mm	flying spot	200 Hz

Eye tracker			Customized ablation			
タイプ	周波数	ターゲット	System	波面センサー	原理	トポグラフィー
赤外ビデオ	120 Hz	瞳孔	Zyoptix	Zywave	Hartmann-Shack	Orbscan II
赤外ビデオ	250 Hz	瞳孔	Tosca/Wasca	Wavefront Scienoes	Hartmann-Shack	Tomey TMS-2N
赤外ビデオ	300 Hz	瞳孔	ORK	ORK Wavefront	Tscherning	Poticon Keratron Scout
赤外ビデオ	60 Hz	瞳孔	Wavescan/CAP	WaveScan	Hartmann-Shack	Orbscan II/Italy
赤外ビデオ	200 Hz	瞳孔	NAVEX	OPD	Optical Path Difference	OPD
レーダー	4,000 Hz	散瞳下瞳孔	LADAR Wave	Weiss/Humphrey	Hartmann-Shack	—
赤外ビデオ	200 Hz	瞳孔	Astra	—	—	Astra Max
赤外ビデオ	250 Hz	瞳孔	A-Cat/T-Cat	Wavefront Analyzer	Tscherning	Topolyzer

して完全矯正を目標に wavefront-guided LASIK を行い、1年以上連続して経過観察しえた症例、27例48眼。平均年齢は32±5歳(23~44歳)。術前の等価球面度数は-6.24±2.53D(-1.13~-11.25D:表2)であった。術前検査で屈折異常以外の眼疾患をもたないことを確認した。

収差の測定には Zywave (Bausch & Lomb) を、エキシマレーザー装置は Technolas 217z (Bausch & Lomb) を用いた。LASIK の手技は conventional LASIK と同様の方法で行った⁶⁾。

2. 結 果

a. 安 全 性

安全係数は、術後平均眼鏡矯正視力/術前平均眼鏡矯正視力で示すものである。矯正視力は、術前1.55から、術後1年目1.73と向上しており(表2)、安全係数は1.12であった。術前と術後の矯正視力の変化を図1に

表 2 術前後の視力, 屈折

	術 前	術後1年
裸眼視力	0.05	1.38
矯正視力	1.55	1.73
屈 折	-6.24±2.53	-0.01±0.50

示す。変化のなかった症例が52%、1段階以上向上した症例が44%、1段階低下した症例が4%であった。

b. 有 効 性

有効係数は、術後平均裸眼視力/術前平均矯正視力で示すものである。術後1年目の裸眼視力は1.38であり(表2)、有効係数は0.89であった。

c. 矯 正 精 度

予定矯正量と実際の矯正量の比較を図2に示す。目標矯正度数の±1D以内に95.8%(46眼)が、±0.5D以内に81.3%(39眼)が入った。

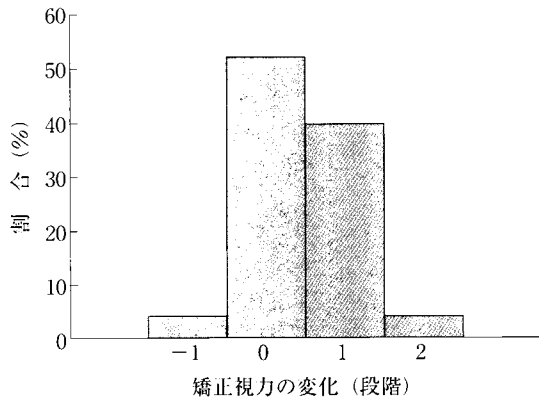


図1 安全性

術前と術後の矯正視力の変化を示す。矯正視力に変化のなかった症例が52%，1段階以上向上した症例が44%，1段階低下した症例が4%であった。

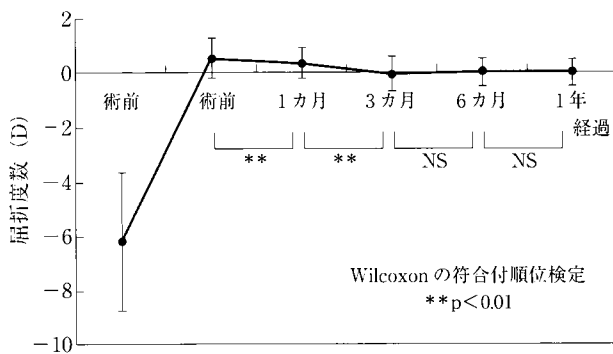


図3 安定性 (屈折度数の変化)

術前と術後の自覚屈折度数の変化を示す。術後3カ月目までは有意な屈折変化を認めた。3カ月目以降は、屈折は安定し有意差は認められなかった。

d. 安定性

術前と術後の自覚屈折度数の変化を図3に示す。術後1年目で平均-0.01Dであった。術後1週間目と1カ月目、および1カ月目と3カ月目では有意な屈折変化を認めた (Wilcoxonの符号付順位検定)。3カ月目以降は、屈折は安定し有意差は認められなかった。

e. 合併症

矯正視力を2段階以上低下させるような合併症はみられなかった。

f. コントラスト感度

術後1年目での vision contrast test system (VISTEC社) コントラスト感度の結果を図4に示す。コントラスト感度は全例正常範囲内にあり、術前後で有意差を認め

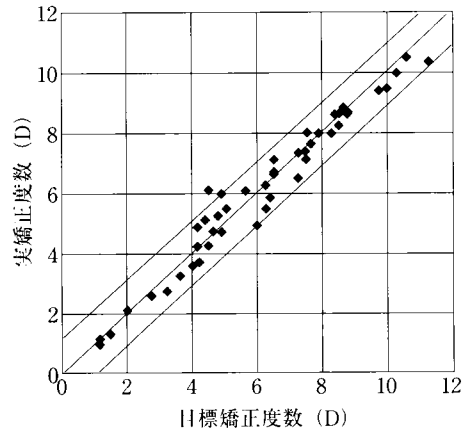


図2 矯正精度

予定矯正量と実際の矯正量の比較を示す。目標矯正度数の±1D以内に95.8% (46眼) が、±0.5D以内に81.3% (39眼) が入った。

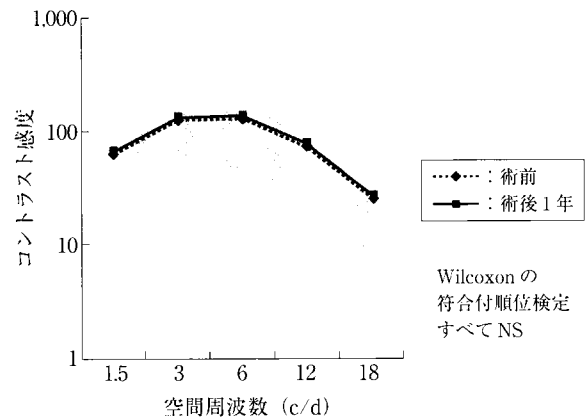


図4 コントラスト感度

術後1年目でのコントラスト感度の結果を示す。コントラスト感度は全例正常範囲内にあり、術前後で有意差を認め

なかった (Wilcoxonの符号付順位検定)。コントラスト感度は屈折矯正手術前後において維持された。

おわりに

Wavefront-guided LASIKは、高次収差を減らし、コントラスト感度などの視機能の向上をめざして行われており、今回の結果は満足のできる良好なものであると考えられる。今後の方向性としては、外傷や他の屈折矯正手術後などの眼鏡矯正視力が不良な不正乱視の治療に応用していくことが考えられる⁷⁾。現在の収差測定装置の

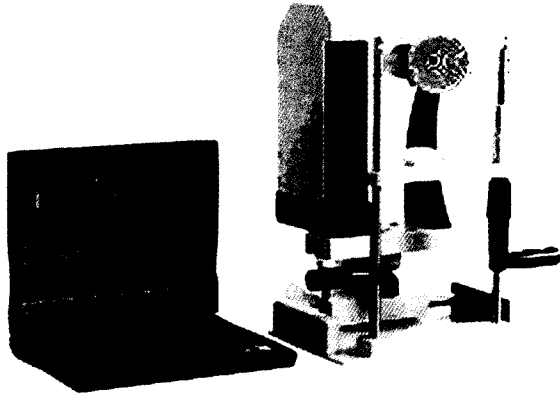


図 5 iTrace™

難点は、測定ポイントが少ないことがあげられる。当院では、新しい収差測定装置として、iTrace™ (ray tracing aberrometry : Tracy technology 社 : 図5) を導入しており、これは瞳孔径 3 mm に約 250 本のレーザー光を照射して測定可能であり、今後の視機能評価の一つとして有用であると考えられる。

また、経年変化で水晶体の収差が変化することもわかってきており、今後トポリンクを用いた矯正も一つの方向性としてあげられる。

文 献

- 1) 榎本喜久子, 清水公也, 田中俊一ほか : 近視強度別 LASIK の成績. 眼科手術 12 : 395-399, 1999
- 2) 伊藤美沙絵, 大野晃司, 清水公也ほか : 健常眼の高次波面収差の定量解析. 臨眼 57 : 1203-1207, 2003
- 3) Mrochen M, Kaemmerer M, Seiler T : Wavefront-guided laser in situ keratomileusis : Early results in three eyes. *J Refract Surg* 16 : 116-121, 2000
- 4) 相澤大輔, 小松真理 : Customized Ablation (カスタムアブレーション). *IOL&RS* 17 : 271-274, 2003
- 5) Aizawa D, Shimizu K, Komatsu M et al : Clinical outcome of wavefront-guided laser in situ keratomileusis : 6-month follow up. *J Cataract Refract Surg* 29 : 1507-1513, 2003
- 6) 鈴木雅信 : LASIK の基本. 眼科手術 13 : 511-515, 2000
- 7) 小松真理, 相澤大輔 : 不正乱視のケア. 眼科診療プラクティス 83 : 55-57, 2002