Alcohol-guided PRK (A-PRK) における wavefront-customized 照射の有意性

中村 秋穂・稲井 隆太・長浜小映子・石井 祐子・南雲 幹
堀川 良高・若倉 雅登・井上 賢治

井上眼科病院

Wavefront-Customized Alcohol-Guided PRK (A-PRK) Providing Contrast Sensitivity for Myopia Compared with Conventional A-PRK

Akiho Nakamura, Ryuta Inai, Saeko Nagahama, Yuko Ishii, Miki Nagumo,
Yoshitaka Horikawa, Masato Wakakura and Kenji Inoue

The Inouye Eye Hospital

要 約

目的：井上眼科で行っている近視矯正手術・Alcohol-guided photorefractive keratectomy (A-PRK) にて、wavefront-customized A-PRK (以下、WF (+)) と通常のA-PRK (以下、WF (-)) の術後成績の比較・検討をした。

対象と方法：対象は、A-PRKを施行し6ヶ月まで経過観察可能であったWF (+) 26例52眼 (平均年齢 30.8 ± 4.9 歳：男性11例、女性15例)、WF (-) 45例89眼 (平均年齢 33.7 ± 7.9 歳：男性15例、女性30例)、術前の自覚的屈折度の平均等価球面度数はWF (+) -5.43 ± 1.65 D ($-1.75 \sim -9.50$ D)、WF (-) -6.87 ± 2.25 D ($-1.25 \sim -12.50$ D)であった。術後1日、3～5日、1週間、1、3、6ヶ月の裸眼視力、自覚的屈折度、矯正精度、術前・術後6ヶ月でコントラストグレアテスト (CGT-1000) を測定し、それぞれの群で比較した。

結果：裸眼視力の平均の経過は両群とも術翌日に0.5～0.6、3～5日に0.4と低下するがその後回復し、1ヶ月では1.0以上となった。術後の等価球面屈折度は、WF (+) の方が各測定時で有意に矯正誤差が小さかった ($p < 0.05$)。コントラスト感度の術前・術後では、WF (+) に比べWF (-) では感度の低下があり、全視角で有意に低下した ($p < 0.05$)。グレア光源負荷コントラスト感度では術前と比べWF (+) は向上、WF (-) は低下し、視角6.3、2.5、1.6、0.7deg.で両群間に有意差を認めた ($p < 0.05$)。

結論：A-PRKにおいてもWF (+) はWF (-) に比し、より矯正精度が高く、さらに、良質な見え方が期待できることが示唆された。

別冊請求先 (〒101-0062) 東京都千代田区神田駿河台4-3 井上眼科病院

Tel. 03 (3295) 0190 Fax. 03 (3295) 0237

E-mail: syouni@inouye-eye.or.jp

Key words: wavefront-customized, コントラスト感度, 屈折矯正手術, PRK, LASEK

wavefront-customized, contrast sensitivity, refractive surgery,

photorefractive keratectomy (PRK), laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK)

Abstract

Purpose: To evaluate and compare the treatment outcomes of alcohol-guided photorefractive keratectomy (A-PRK) using wavefront-customized ablation (WF(+)) and the A-PRK using conventional ablation (WF(-)) in myopic eyes.

Subjects and Methods: Subjects in this retrospective study were 52 eyes of 26 patients (11 males, 15 females; average age, 30.8 ± 4.9 years) treated by WF(+) and 89 eyes of 45 patients (15 males, 30 females; average age, 33.7 ± 7.9 years) treated by WF(-). Preoperative refractive errors were -1.75 D to -9.50 D (average, -5.43 ± 1.65 D) in WF(+) and -1.25 D to -12.50 D (average, -6.87 ± 2.25 D) in WF (-). Both groups were treated with the Visx Star S4 IR Excimer Laser System (Abbott Medical Optics Inc). Postoperative uncorrected visual acuity (VA) and refractive errors were measured at 1 day, 3-5 days, 1 week, 1, 3, and 6 months. Pre- and postoperative contrast sensitivities assessed at 6 months by CGT-1000 (TAKAGI SEIKO) were also compared between both groups.

Result: Both groups were observed with decreased uncorrected VA of 0.5-0.6 at 1 day and 0.4 at 3-5 days. The VA subsequently improved to 1.0 or better at 1 month and further improved at 3 to 6 months in both groups. The mean uncorrected VAs were 1.18 in the WF (+) group and 1.15 in the WF(-) group. The WF(+) group had significantly smaller postoperative refractive errors than the WF(-) group ($P<0.05$). The postoperative contrast sensitivity with glare light improved in the WF (+) group while it worsened in the WF(-) group, and significant difference between both groups was observed at 0.7° , 1.6° , 2.5° , and 6.3° ($P<0.05$).

Conclusion: The wavefront-customized A-PRK significantly improved refraction error and contrast sensitivity than the conventional A-PRK.

I. 緒 言

現在、エキシマレーザーを使用した屈折矯正手術の主流はマイクロケラトーム又はフェムトセカンドレーザーでフラップを作成し、角膜実質にエキシマレーザー照射を行うlaser in situ keratomileusis (LASIK) である。それに対し、角膜上皮またはBowman膜の上からエキシマレーザーを照射する手技をphotorefractive keratectomy (PRK) と呼び、アルコールで角膜上皮をBowman膜から剥離し角膜上皮フラップを作成したあとエキシマレーザー照射を行い、角膜上皮を元の位置に戻す手技をlaser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK)^{1)~3)} と呼び、専用のエピケラトームにより角膜上皮をBowman膜から剥離させ上皮フラップを作成しエキシマレーザー照射を行い、角膜上皮を元の位置に戻す手技をepi-laser in keratomileusis (epi-LASIK) と呼び、これら、PRK、LASEK、epi-LASIKをまとめて、surface ablationと呼ぶ。井上眼科病院（以下、当院）では、角膜厚が薄い場合、格闘技など眼球を打撲する危険性の高いスポーツをしている、角膜形状の問題から術

後の実質ベッド厚を多く残したい等の理由によりLASIKを行えない症例に対し³⁾、alcohol-guided PRK（以下、A-PRK）を行っている。A-PRKとは、LASEKと同様の手技で角膜上皮を剥離し、エキシマレーザー照射を行った後、PRKに準じて上皮を除去したまま手術を終了するタイプのsurface ablationである。当院では術者の経験から、上皮フラップを戻すLASEKよりも上皮フラップを取り除くA-PRKの方が、角膜の再生に要する期間が短期間であるため、A-PRKを行っている。

LASIKにおけるレーザー照射では、従来のconventional LASIKと比べ、wavefront-customized LASIKは視力の質の改善が期待されている^{4), 5)}。今回、surface ablationの一種であるwavefront- customized A-PRK（以下、WF (+)）と通常のA-PRK（以下、WF (-)）の術後成績の比較・検討をした。

II. 対象及び方法

対象は、2008年8月から2009年2月までに当院にてA-PRKを施行した全症例の内、術後6ヶ

月まで経過観察可能であった71例である。内訳は、WF (+) 26例52眼：平均年齢 30.8 ± 4.9 歳 (22~45歳)：男性11例、女性15例、WF (-) 45例89眼：平均年齢 33.7 ± 7.9 歳 (22~52歳)：男性15例、女性30例である。WF (+) はWF (-) よりも切除量が増加するため、安全性の面から十分な角膜厚がある症例のうち、患者の希望があるものだけを適応とした。

術前の自覚的屈折度の平均等価球面度数はWF (+) -5.43 ± 1.65 D ($-1.75 \sim -9.50$ D)、WF (-) -6.87 ± 2.25 D ($-1.25 \sim -12.50$ D)であり、両群に有意な差があった ($P < 0.01$)。

上皮剥離は、ヘスバーク真空トレパン8.5mm (ホワイトメディカル) を使用し、20%エタノールを10~20秒程浸し、マイクロホーで剥離した。エキシマレーザーはAMO社のVISX S4 IRを使用した。術後の点眼は、1週間頃まで、塩酸モキシフロキサシン、リン酸ベタメタゾンナトリウム、0.3%ヒアルロン酸ナトリウムを使用し、合わせてセフェム系抗菌剤の内服をしていた。1週目以降は状態を診ながら点眼薬の内容を変更した。全例に、保護用コンタクトレンズを術直後に装着し、角膜上皮が再生する (4~7日) まで装用を続けた。

術前、術後1日、3~5日目、1週間目、1、3、6ヶ月目の裸眼視力、自覚的屈折値を測定し、その平均と矯正精度をWF (+) とWF (-) それぞれの群で比較した。

コントラストグレアテスト (タカギセイコー社CGT-1000) を術前と術後6ヶ月に施行し、術前後の差を両群で比較した。

術後3ヶ月目に『光のにじみ：あり・なし』『暗所での見え方：よく見える・見える・見にくい』『車の運転：支障ない・少し支障あり・支障あり』についてのアンケートを行いその結果を集計した。

WF (+) (-) の2群間の統計処理は、対応のないt検定、または、 χ^2 検定を用いた。

Ⅲ. 結 果

裸眼視力の平均 (対数視力の平均値を小数視力に変換) の経過を図1に示す。術翌日 (保護用コンタクトレンズ装用下) のWF (+) は0.64、WF (-) は0.51、3~5日目にWF (+) は0.45、WF (-) は0.41と両群共に低下するがその後回復し、1ヶ月目ではWF (+) は1.18、WF (-) は1.15と両群共に1.0以上となり、3ヶ月目ではWF (+) は1.28、WF (-) は1.22、6ヶ月目のWF (+) は1.39、WF (-) は1.25であった。1週間目、1、3、6ヶ月目で両群に有意差はなかった。術後の裸眼視力が1.0以上の割合は、1ヶ月目のWF (+) は86.5%、WF (-) は81.6%、3ヶ月目のWF (+) は92.3%、WF (-) は87.6%、6ヶ月目のWF (+) は92.2%、WF (-) は91.0%であった。

図1 裸眼視力経過 (対数視力の平均値を小数視力に変換)

図2 自覚的屈折値の平均（等価球面）

図3 矯正精度（自覚的屈折値の等価球面）

術後の自覚的屈折値（等価球面）の平均は、術後1週目、1、3、6ヶ月目にそれぞれ、WF（+） $-0.03 \pm 0.67D$ 、 $+0.05 \pm 0.61D$ 、 $+0.21 \pm 0.58D$ 、 $+0.19 \pm 0.53D$ 、WF（-） $+0.23 \pm 0.68D$ 、 $+0.43 \pm 0.73D$ 、 $+0.42 \pm 0.69D$ 、 $+0.42 \pm 0.74D$ で各測定時において、WF（+）よりWF（-）は軽度遠視の値となり、1ヶ月目と6ヶ月目で両群に有意差があった（ $p < 0.05$ ）（図2）。

術後1、3、6ヶ月目における矯正精度が正視から $\pm 0.5D$ 以内に入った症例の割合は、1ヶ月目のWF（+）は80.8%、WF（-）は51.7%、3ヶ月目のWF（+）は76.9%、WF（-）は62.9%、6ヶ月目のWF（+）は71.2%、WF（-）は52.8%であり、WF（+）の方が各測定時で良好な精度が得られた（図3）。

コントラスト感度の術前・術後では、WF

図4 術前・術後のコントラスト感度

図5 グレア光源負荷コントラスト感度

(+) に比べWF (-) では術後に感度の低下があり、全視角で有意に低下した ($p < 0.05$) (図4)。グレア光源負荷コントラスト感度では、術前と比べWF (+) は向上、WF (-) は低下し、視角6.3、2.5、1.6、0.7degで両群間に有意差を認めた ($p < 0.05$) (図5)。

術後3ヶ月目に回答を得たアンケートの集計

を図6に示す。WF (+) とWF (-) それぞれ、『光のにじみ・あり』は57.1% (24/42眼)、42.9% (39/71眼)、『暗所での見え方・よく見える、見える』は90.9% (40/44眼)、83.6% (61/73眼)、『車の運転・支障なし』は80.8% (24/30眼)、75.5% (37/49眼) であった。両群に有意差はなかった。

図6 術後3ヶ月目のアンケート

術後の合併症としてHazeを認める症例は、WF (+) では78.8%、WF (-) では85.4%であったが、この殆どが術後6ヶ月までに消失し、視力に影響を与える症例はなかった。感染症を起こした症例は観察期間中、認めなかった。

また、術後6ヶ月の時点では、全症例において矯正視力の低下はなかった。

Ⅳ. 考 按

手術翌日は、角膜中心部分の上皮細胞がまだ欠損し、透明性が高いため、比較的良好な視力を得られるが、3～5日の診察時は、角膜上皮が再生途中であり、はじめに覆う上皮はやや白っぽく、透明性は低い。その状態で裸眼視力を測定するため、どちらの群も翌日より3～5日目の視力が低下する理由として考えられる。

術後6ヶ月の裸眼視力が1.0以上の割合は、LASEKの報告ではあるが、Andersonら⁶⁾は84%、Rouweyhaら⁷⁾は73%、北澤ら²⁾は90.8%、松井ら⁸⁾は86.3%と報告しており、今回の当院での結果はWF (+) (-) ともに北澤らの報告と近いものであった。A-PRKはLASEKの手技を用いたPRKであるが、結果はLASEKの報告に近いものとする。裸眼視力の平均の経過と

裸眼視力1.0以上の割合はどちらも若干WF (+) がよい値を示しているが、統計的有意差はなく、裸眼視力の安定においてはエキシマレーザー照射プログラムによる差はないと考えられる。

安田ら⁹⁾はPRK術後の長期(3年目まで)報告で、矯正量が多い程Predictabilityが低いとしている。松井ら⁸⁾も目標矯正度数の増加と共に矯正誤差も増加している傾向があると述べている。今回の検討では、矯正度数・矯正量ごとに分類してはいないが、WF (+) よりWF (-) は術前の平均自覚屈折値が強く、矯正度数は大きい。そのため、WF (+) に比べ全体の矯正精度が低くなった原因のひとつではないかと考えられる。今後、矯正度数・矯正量ごとに分類し、検討する必要があると考える。

WF (-) の術後コントラスト感度低下の原因として、角膜を切除することで両群ともに高次収差は増大するが^{10), 11)}、WF (+) は増加量を抑えることができWF (-) と比較すると高次収差が抑えられると考えられる¹²⁾。

グレア光源負荷コントラスト感度ではWF (+) において感度の向上がみられたが、光源を負荷することにより瞳孔が縮瞳し、高次収差が低減したことが影響したのではないかと考えられる。

アンケートについては明らかな不満を訴えた症例はWF (+) の2眼 (1例) のみであった。この1例の裸眼視力は両眼共1.5、矯正精度 ± 0.25 以内、コントラスト感度も良好であった。他覚的な結果が良好であっても患者の見え方の質については数値で表せない部分もあり、さらに、患者自身の期待の大きさ等も含め、今後適応を考える際に十分な検討が必要と考える。

今回の検討から、A-PRKにおけるwavefront-customized照射の有意性が示された。A-PRKにおいてもWF (+) はWF (-) に比し、より矯正精度が高く、さらに、良質な見え方が期待できることが示唆された。

本論文は第50回日本視能矯正学会で発表した。

参考文献

- 1) Camellin M : LASEK may offer the advantages of both LASIK and PRK. Ocular Surgery News (International Edition), 10 : 14-15, 1999.
- 2) 北澤世志博 : Laser Epithelial Keratomileusis (LASEK) の手術手技と術後成績. IOL&RS 17 No.4 : 388-392, 2003.
- 3) 北澤世志博 : Laser-assisted Subepithelial Keratectomy (LASEK) の適応と現況. 眼科手術19 : 159-163, 2006.
- 4) 中村邦彦, ビッセン宮島弘子 : 屈折矯正手術最近の動向-Trend of refractive surgery-. 眼科49 : 173-180, 2007.
- 5) Schallhorn SC, Tanzer DJ, Kaupp SE, Brown M, Malady SE : Comparison of night driving performance after wavefront-guided and conventional LASIK for moderate myopia. Ophthalmology 116 : 702-709, 2009.
- 6) Anderson NJ, Beran RF, Schneider TL : Epi-LASEK for the correction of myopia and myopic astigmatism. J Cataract Refract Surg 28 : 1343-1347, 2002.
- 7) Rouweyha RM, Chuang AZ, Mitra S, Phillips CB, Yee RW : Laser epithelial keratomileusis for myopia with the autonomous lease. J Refract Surg 18 : 217-224, 2002.
- 8) 松井敬子, 田口浩司, 水澤志保子, 山中昭夫 : エキシマレーザー屈折矯正手術laser epithelial keratomileusisの臨床経過. 臨眼58 : 1779-1783, 2004.
- 9) 安田明弘, 山口達夫, 眞鍋洋一 : VISXエキシマレーザーによるPhotorefractive Keratectomy (PRK) 術後成績の矯正量による検討. あたらしい眼科18 : 369-376, 2001.
- 10) 湖崎 亮 : カスタム照射と高次収差. あたらしい眼科25 : 975-976, 2008.
- 11) 稗田 牧 : 屈折矯正手術 (LASIK) と高次収差. あたらし眼科24 : 1455-1460, 2007.
- 12) 宮田和典, 加賀谷文絵, 子島良平, 宮井尊史, 尾方美由紀, 南慶一郎, 他 : フーリエ変換波面パターン作製を用いたWavefront-guided LASIKの臨床効果. あたらしい眼科26 : 705-708, 2009.