

## Comparison of Higher-Order Aberrations in Conventional Versus Customized Ablation for Photorefractive Keratectomy

Karimian F, MD\*; Feizi S, MD; Jafarinasab MR, MD; Fard Esmail Pour N, MD; Ansari S, BS; Doozandeh A, MD

Ophthalmic Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

\*Corresponding author: karimianf@yahoo.com

**Purpose:** To compare visual outcomes and changes in high-order aberrations (HOAs) following conventional versus customized photorefractive keratectomy (PRK).

**Methods:** In this clinical trial, 58 eyes of 29 patients underwent myopic PRK using the Technolas 217Z excimer machine. After comprehensive evaluation for refractive surgery, one eye of each participant randomly received conventional ablation (group 1) while customized treatment was performed in the fellow eye (group 2). Changes in postoperative visual acuity, cycloplegic refraction, and contrast sensitivity function (CSF), HOAs and subjective complaints of halos and glare were compared between the two groups.

**Results:** Mean subject age was  $26.7 \pm 6.0$  years. Mean preoperative cycloplegic spherical equivalent refractive error and refractive astigmatism were  $-4.92 \pm 1.6$  D and  $0.91 \pm 1.0$  D, respectively. There was no significant difference between the two groups in terms of preoperative HOAs and CSF. Mean follow-up period was  $8.1 \pm 3.3$  months. After the operation, total HOAs for 4 mm pupil was increased by  $0.24 \pm 0.19$   $\mu$ m in group 1 and by  $0.31 \pm 0.21$   $\mu$ m in group 2 ( $P < 0.001$ ). Corresponding figures for 6 mm pupil were  $0.34 \pm 0.23$  (range -0.08 to 0.75) and  $0.52 \pm 0.32$  (-0.04 to 1.43)  $\mu$ m respectively ( $P = 0.03$ ). The increase in postoperative HOAs was statistically significant in group 2 in the 6 mm zone ( $P = 0.03$ ) but not in the 4 mm zone ( $P = 0.26$ ). CSF was reduced in both groups, but there was no significant difference between the study groups in terms of postoperative CSF and subjective complaints.

**Conclusion:** HOAs significantly increased after PRK using conventional and customized ablation. The increase in HOAs after customized ablation was significantly greater than that after conventional ablation.

**Key words:** Conventional, Customized PRK, HOA, Aberrations

• Bina J Ophthalmol 2010; 15 (3): 199-207.

Received: 1 September 2009

Accepted: 3 February 2010

### مقایسه میزان اعوجاجات رده بالا در جراحی کراتکتومی فتورفرکتیو با دو روش معمول و customized

دکتر فرید کریمیان<sup>۱</sup>، دکتر سپهر فیضی<sup>۲</sup>، دکتر محمدرضا جعفری نسب<sup>۱</sup>، دکتر نسیم فرد اسماعیل پور<sup>۲</sup>، سعید انصاری<sup>۳</sup> و دکتر آزاده دوزنده<sup>۴</sup>

**هدف:** مقایسه نتایج بینایی و میزان اعوجاجات رده بالا (HOA: high-order aberration)، در جراحی کراتکتومی فتورفرکتیو (PRK) قرنیه با دو روش معمول (conventional) و customized.

**روش پژوهش:** این کارآزمایی بالینی تصادفی بر روی ۵۸ چشم از ۲۹ بیمار نزدیک بین کاندید جراحی انکساری PRK، صورت گرفت. پس از ارزیابی کامل، در هر شرکت کننده به صورت تصادفی در یک چشم لایه برداری قرنیه به روش معمول (گروه اول) و در چشم مقابل لایه برداری به روش Customized (گروه دوم) با استفاده از دستگاه اکسایمر Technolas 217 Z صورت گرفت. بعد از عمل تغییرات حدت بینایی، عیب انکساری سیلکوپلژیک، حساسیت کنتراست (CSF)، HOA و شکایات بیماران از قبیل مشاهده هاله نور و خیرگی (glare) بین دو گروه مقایسه شد.

**یافته‌ها:** میانگین سن بیماران و مدت پی گیری به ترتیب  $26.7 \pm 6.0$  سال و  $8.1 \pm 3.3$  ماه بود. قبل از عمل، میانگین عیب انکساری و آستیگماتیسم انکساری معادل  $4.92 \pm 1.6$  - و  $0.91 \pm 1.0$  دیوپتر محاسبه گردید. دو

گروه در زمینه انواع HOA و CSF قبل از عمل اختلاف معنی‌داری نداشتند. بعد از عمل، مقدار HOA برای مردمک ۴ میلی‌متری در گروه اول به  $0.24 \pm 0.19$  و در گروه دوم به  $0.31 \pm 0.21$  افزایش یافت ( $P < 0.001$ ). این ارقام به همان ترتیب برای مردمک ۶ میلی‌متری  $0.34 \pm 0.23$  (محدوده  $0.175$  تا  $0.708$ ) و  $0.52 \pm 0.32$  (محدوده  $0.143$  تا  $0.704$ ) میلی‌متر بود ( $P = 0.03$ ). افزایش HOA بعد از عمل نسبت به مقادیر قبل تنها در گروه دوم و در محدوده مردمک ۶ میلی‌متری بالاتر بود ( $P = 0.03$ ). مقدار CSF در هر دو گروه کاهش یافت اما در خصوص CSF و عوارض، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

**نتیجه‌گیری:** انواع HOA بعد از عمل PRK در هر دو روش لایه‌برداری اپی‌تلیوم قرنیه افزایش می‌یابد که در روش customized به طور معنی‌دار بیش‌تر از روش معمول است.

• مجله چشم‌پزشکی بینا ۱۳۸۹؛ دوره ۱۵، شماره ۳: ۱۹۹-۲۰۷.

• پاسخ‌گو: دکتر فرید کریمیان (e-mail: karimianf@yahoo.com)

دریافت مقاله: ۱۰ شهریور ۱۳۸۸

تایید مقاله: ۱۴ بهمن ۱۳۸۸

۱- دانشیار- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۲- استادیار- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۳- پزشک عمومی- مرکز تحقیقات چشم- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۴- کارشناس بینایی‌سنجی- کلینیک نگاه

۵- دستیار- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

تهران- پاسداران- بوستان نهم- خیابان پایدارفرد (خیابان امیر ابراهیمی)- پلاک ۲۳- مرکز تحقیقات چشم

و به طبع آن شاخص‌های عملکرد بینایی از قبیل حساسیت کنتراست اسکوتوپیک و فتوپیک و شکایات بیماران ارزیابی گردید.

### روش پژوهش

در این کارآزمایی بالینی دو سوکور (double-blind) یک چشم از هر فرد شرکت‌کننده براساس جدول اعداد تصادفی به روش معمول و چشم دیگر به روش customized تحت عمل PRK قرار گرفت. تمام افراد قبل از عمل دارای بهترین دید اصلاح‌شده بیش از  $20/200$  و فاقد هرگونه بیماری چشمی به جز نزدیک‌بینی کم‌تر از ۸- دیوپتر بودند. بیماران با سابقه هر نوع عمل جراحی بر روی چشم از مطالعه حذف شدند. استفاده از لنز چشمی سخت و نرم به ترتیب ۲ و ۶ هفته قبل از عمل جراحی در بیماران متوقف گردید. مطالعه توسط کمیته اخلاق مرکز تحقیقات چشم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی مورد تایید قرار گرفت و از تمام بیماران رضایت‌نامه کتبی اخذ گردید.

معاینات چشم قبل و پس از عمل PRK شامل موارد ذیل بود: بهترین دید اصلاح‌شده (BCVA) توسط چارت پروژکتور Nidek، تعیین عیوب انکساری با و بدون سیکلولپلیک، معاینه سگمان قدیمی توسط اسلیت‌لمپ، معاینه ته چشم با مردمک متسع، اندازه‌گیری فشار داخل چشم، محاسبه اقطار افقی مردمک با تاباندن نور اسکوتوپیک و فتوپیک به وسیله پوپیلومتر Colvard، پاک‌متری اولتراسوند مرکز قرنیه با استفاده از پاک‌متر (Nidek،

### مقدمه

امروزه اعمال جراحی انکساری قرنیه با استفاده از لیزر اگزایمر به عنوان درمان انتخابی اصلاح نزدیک‌بینی خفیف تا متوسط در نظر گرفته می‌شوند<sup>۱-۴</sup>. پس از جراحی اختلال در سیستم بینایی می‌تواند موجب شکایات گوناگون بیماران از قبیل مشاهده هاله نورانی و خیرگی گردد که مربوط به افزایش اعوجاجات رده بالا (HOA: high-order aberration) می‌باشد<sup>۵</sup>. این امر عامل بروز مشکلات بینایی در شب نظیر خیرگی و مشاهده هاله نورانی بوده که به‌رغم جراحی موفق کراتکتومی فتورفکتیو (PRK) در ۳۰ درصد بیماران ایجاد می‌گردد<sup>۶</sup>.

در سال‌های اخیر لایه‌برداری با روش customized به عنوان راه‌حل کنترل اعوجاجات رده بالا ناشی از جراحی‌های انکساری پیشنهاد گردیده است و ادعا می‌شود که بیمار به "دید فوق‌عالی" (supervision) دست خواهد یافت<sup>۷</sup>. البته کارآیی این روش هم‌چنان مورد تردید است و مطالعات مختلف با هدف مقایسه لایه‌برداری لیزری customized با روش معمول (conventional) نتایجی متناقضی را گزارش نمودند که طیف آن از کاهش قابل توجه در اعوجاجات موجود قبل از عمل تا عدم تغییر و یا تشدید HOA در روش customized متفاوت است<sup>۸-۱۱</sup>.

در مطالعه حاضر تغییرات HOA پس از لایه‌برداری سطحی بین دو روش لایه‌برداری معمول و customized مقایسه و کارآیی عمل PRK (wavefront-guided) در کنترل تغییرات HOA بعد از جراحی

از قطره چشمی تروپیکامید ۰/۵ درصد اندازه‌گیری شد. هنگامی که قطر مردمک به بیش از ۶ میلی‌متر رسید، ابرومتري با استفاده از دستگاه Zywave II مجهز به نرم‌افزار نسخه ۵/۲ (Bausch & Lomb, Rochester, NY) در یک اتاق تاریک صورت پذیرفت.

این ابرومتر جهت اندازه‌گیری مقادیر HOA ضرایب زرنیکه تا پنجمین رده در اندازه مردمک ۴ و ۶ میلی‌متری مورد استفاده قرار گرفت. کلیه ضرایب به روش استاندارد تبدیل شدند<sup>۱۸</sup> و برای هر فرد حداقل ۳ ضریب به دست آمد و میانگین مقادیر پس از حذف داده‌های خارج از حد (outliers) محاسبه گردید. تمام اندازه‌گیری‌ها توسط یک کارشناس با تجربه و استفاده از ابزار و روش یکسان انجام شد.

### روش جراحی

تمامی شرکت‌کنندگان توسط یک جراح (ک ف) و در یک مرکز خصوصی با استفاده از دستگاه لیزر اگزایمر Flying Spot (Technolas217z, Bausch & Lomb Surgical, Rochester, NY) با طول موج تقریبی ۱۹۳ nm، میزان تکرار پالس ثابت ۱۰۰ Hz و Radiant Exposure ۴۰۰ میلی ژول جراحی شدند.

جهت استریل نمودن محیط از محلول پوودین آیودین ۱۰ درصد در اطراف چشم و پلک‌ها به مدت ۱ دقیقه استفاده شد و سپس چشم با ۲۰ سی‌سی محلول BSS شستشو گردید. بعد از مواجهه اپی‌تلیوم قرنیه با الکل ۱۵ درصد به مدت ۲۰ ثانیه، ۷ میلی‌متر از ناحیه مرکزی برداشته و فتوآبلیشن با استفاده از نرم‌افزار پلانواسکن استاندارد در گروه معمول و سیستم Zylink نسخه ۲/۳ (Bausch & Lomb Surgical) در گروه customized انجام گردید.

در مواردی که عمق لایه‌برداری بیش از ۷۰ میکرومتر بود، یک اسفنج که با میتومايسين C ۰/۰۲ درصد آغشته و سپس خشک شده بود، براساس عمق لایه‌برداری بین ۱۰ الی ۳۰ ثانیه در محل قرار گرفت. این عمل با شستشوی فراوان توسط cc ۵۰ محلول BSS و سپس قراردادی لنز تماسی متناسب (OmniFlex, Hydron, UK) خاتمه یافت.

بیش‌ترین عمق لایه‌برداری ۱۰۰ میکرون و optical zone که در همه موارد ۱/۵ میلی‌متر بزرگ‌تر از مردمک اسکوتوپیک است، حداقل ۵/۸ mm در نظر گرفته شد.

پس از عمل قطره کلرامفینکل و بتامتازون (سینا دارو) هر ۶ ساعت به مدت ۱۵ روز استفاده شد. سپس قطره فلورومتولون ۰/۱ درصد (سینا دارو) هر ۶ ساعت تجویز گردید که طی مدت ۳ ماه

(Kamogori, Japan)، حساسیت کنتراست (CSF) و میزان اعوجاجات سیستم اپتیکی چشم (wavefront).

جهت ارزیابی علایم بیماران به طور خاص سه پرسش مطرح گردید: (۱) به علت مواجهه با نور چراغ یا ماشین‌های روبه‌رو، رانندگی در شب تا چه حد برای شما مشکل است. (۲) آیا در طول چند ماه گذشته در روزهای آفتابی و روشن، مشاهده چهره افراد از سمت دیگر خیابان برای شما امکان‌پذیر بوده است؟ (۳) خواندن اعداد روی صفحه تلویزیون تا چه حد برای شما مشکل می‌باشد؟ پاسخ افراد توسط پنج گزینه ترتیبی امتیازبندی شد که از عدد صفر معادل عدم وجود هرگونه مشکل تا عدد چهار معادل ناتوانی بسیار شدید رده‌بندی گردید. به علاوه بیماران مشخص می‌کردند که از عمل کدام چشم رضایت بیش‌تری داشته و کدام چشم مبتلا به دوبینی است.

### اندازه‌گیری مردمک

پس از انطباق با محیطی تاریک (Ix ۰/۱۷)، قطر مردمک اسکوتوپیک به وسیله پوپیلومتر Colvard (Oasis medical, Glendora, CA) اندازه‌گیری شد. همین ابزار جهت اندازه‌گیری قطر مردمک فتوپیک نیز به کار گرفته شد (Ix ۰/۲۷).

### حساسیت کنتراست

حساسیت کنتراست (CSF: contrast sensitivity function) فتوپیک و اسکوتوپیک تک چشمی توسط رده بندی sine-wave در ۶ فرکانس فضایی ۱، ۲، ۴، ۶، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ سیکل در هر درجه (Cpd) با استفاده از برنامه STAT Phot (فرانسه، Metrovision, Perenchies) اندازه‌گیری گردید. بدین منظور، با قرار دادن لنزهای اصلاح دید (BCVA) از فاصله ۲ متری چارت به بیمار نشان داده شد و پس از توضیح اولیه، آستانه کنتراست برای هر فرکانس فضایی اندازه‌گیری گردید.

محیط تحت عملکرد حساسیت کنتراست با روش توصیه‌شده Applegate<sup>۱۵</sup> محاسبه گردید. مقادیر زیر منحنی حساسیت کنتراست به صورت (area under logarithm CSF) AULCSF جهت مقایسه اندازه‌گیری شد. هنگامی که CSF همراه با قراردادن لنزهای BCVA در مقابل چشم اندازه‌گیری می‌شد، مقادیر قبل از عمل برای کاستن اثر لنزها تنظیم گردید تا این ارقام با مقادیر بعد از عمل قابل مقایسه شود<sup>۱۶ و ۱۷</sup>.

### ارزیابی جبهه موج (wave front)

پس از اندازه‌گیری CSF، عیب انکساری سیکلوپلژیک با استفاده

جهت مقایسه بین دو گروه با در نظر گرفتن مقدار ۰/۰۵ به عنوان حد معنی‌دار با اهمیت استفاده شد.

به تدریج کاهش یافت. پس از ترمیم کامل اپی‌تلیوم قرنیه (اغلب بین ۳ الی ۵ روز) لنز تماسی برداشته شد. معاینات و پی‌گیری بیماران در روزهای ۱، ۲، ۳، ۷ و ماه‌های ۱، ۳ و ۶ بعد از عمل برنامه‌ریزی گردید.

#### یافته‌ها

در این کارآزمایی بالینی تصادفی ۵۶ چشم از ۲۸ بیمار (۱۹ نفر زن) با میانگین سنی  $26.7 \pm 6$  (محدوده ۱۸ تا ۴۳) سال تحت بررسی قرار گرفتند. متوسط عیوب انکساری معادل کروی و آستیگماتیسم انکساری قبل از عمل به ترتیب  $4.92 \pm 1.6$  (محدوده  $-1.13$  تا  $7.87$ ) و  $0.91 \pm 1.0$  (محدوده  $0-4.5$ ) دیوپتر بود. با توجه به اطلاعات موجود در جدول (۱) اختلاف معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نگردید.

#### تجزیه و تحلیل داده‌ها

جهت اندازه‌گیری تغییرات ناشی از جراحی در آستیگماتیسم انکساری از هر دو روش آنالیز vector و subtraction استفاده شد<sup>۱۹</sup>. معیار کارآیی (efficacy index) به عنوان نسبت UCVA بعد از عمل به BCVA قبل از عمل بر حسب واحد لوگمار تعریف شد و بین دو گروه مقایسه گردید. از آزمون t زوجی برای مقایسه مقادیر قبل و بعد از عمل در هر گروه و از آزمون t گروه‌های مستقل

جدول ۱- مقایسه اطلاعات بیماران قبل و بعد از عمل PRK به تفکیک روش مورد استفاده جهت لایه‌برداری قرنیه

| میزان P | نوع لایه‌برداری        |                       |   |
|---------|------------------------|-----------------------|---|
|         | Customized (تعداد= ۲۸) | روش معمول (تعداد= ۲۸) |   |
| ۰/۷۶    | $5.9 \pm 0.7$          | $6.0 \pm 0.7$         | اندازه مردمک اسکوتوپیک (میلی‌متر)       |
| ۰/۸۷    | $4.7 \pm 1.5$          | $4.8 \pm 1.8$         | اندازه مردمک فتوتوپیک (میلی‌متر)        |
| ۰/۹۶    | $-4.58 \pm 1.68$       | $-4.57 \pm 0.75$      | معادل کروی سیلکوپلژیک (دیوپتر)          |
| ۰/۸۷    | $0.93 \pm 1.10$        | $0.88 \pm 0.98$       | آستیگماتیسم انکساری (دیوپتر)            |
| ۰/۹۱    | $537.5 \pm 39.9$       | $538.6 \pm 28.4$      | ضخامت مرکزی قرنیه (میکرومتر)            |
| ۰/۷۴    | $2.68 \pm 0.06$        | $2.69 \pm 0.04$       | AULCSF (اسکوتوپیک)                      |
| ۰/۸۵    | $2.69 \pm 0.04$        | $2.69 \pm 0.04$       | AULCSF (فتوتوپیک)                       |
| ۰/۹۴    | $0.09 \pm 0.02$        | $0.09 \pm 0.02$       | RMS در مردمک ۴ میلی‌متری (میکرومتر)     |
| ۰/۶۶    | $0.33 \pm 0.09$        | $0.34 \pm 0.08$       | RMS در مردمک ۶ میلی‌متری (میکرومتر)     |
| ۰/۹۲    | $5.90 \pm 0.14$        | $5.90 \pm 0.13$       | Optical zone (میلی‌متر)                 |
| ۰/۴۲    | $79.5 \pm 17.6$        | $75.6 \pm 15.8$       | عمق لایه‌برداری (میکرومتر)              |
| ۰/۷۷    | ۷۵/۰                   | ۷۱/۴                  | استفاده از میتومایسین C (درصد بیماران)  |
| ۰/۸۸    | $28.8 \pm 18.9$        | $28.0 \pm 14.8$       | طول مدت استفاده از میتومایسین C (ثانیه) |

AULCSF: area under logarithm contrast sensitivity function

RMS: root mean square

Optical zone: منطقه اپتیکی لیزر شده

بعد از عمل، بیماران به مدت  $8.1 \pm 3.3$  (محدوده ۳/۵ تا ۱۶/۹) ماه پی‌گیری شدند. میانگین UCVA بعد از عمل  $0.3 \pm 0.09$  لوگمار (محدوده ۰ تا ۰/۳) در گروه یک (معمول) و  $0.4 \pm 0.09$  لوگمار (محدوده ۰ تا ۰/۳) در گروه دو (Customized) بود ( $P=0.87$ ).

با توجه به CSF فتوتوپیک و اسکوتوپیک، اختلاف معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نگردید (تصویر ۱). به طور مشابه، هیچ اختلاف معنی‌داری در زمینه ضرایب RMS، کوما، trefoil، کروی، رده‌های سوم، چهارم و پنجم و ضرایب همبستگی زرنیکه بین دو گروه با مردمک ۴ و ۶ میلی‌متری مشاهده نشد (تصویر ۲).

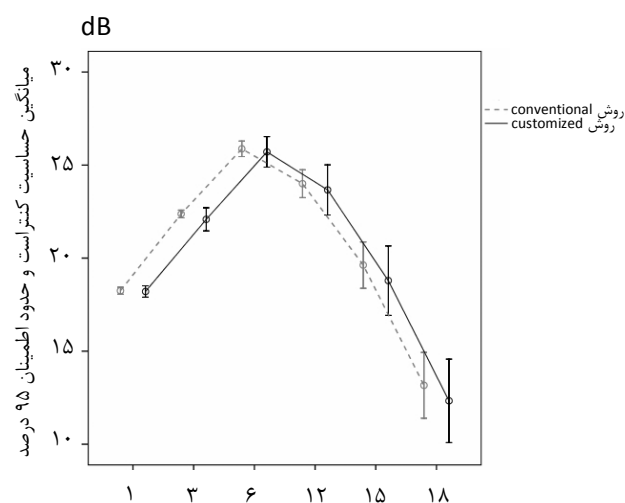
میانگین آستیگماتیسم انکساری بعد از عمل  $0.62 \pm 0.41$  دیوپتر (محدوده ۰ تا  $1.5$ ) در گروه اول و  $0.57 \pm 0.4$  دیوپتر (محدوده ۰ تا  $1.5$ ) در گروه دوم بود ( $P=0.68$ ). میانگین آستیگماتیسم انکساری اندازه‌گیری شده با روش تفاضلی به  $0.27$  دیوپتر در گروه اول و  $0.36$  دیوپتر در گروه دوم کاهش یافت ( $P=0.73$ ). با استفاده از روش تحلیل vector، این میزان در گروه ۱ و ۲ به ترتیب  $0.83$  و  $0.88$  دیوپتر بود ( $P=0.79$ ).

در نهایت  $82.1$  درصد از بیماران گروه اول و  $60.7$  درصد از بیماران گروه دوم ( $P<0.001$ ) به عیب انکساری معادل کروی در حدود  $\pm 0.5$  دیوپتر و تمامی بیماران هر دو گروه در محدوده  $\pm 1$  دیوپتر از امتروپی دست یافتند. متوسط ضخامت مرکزی قرنیه بعد از عمل  $446.6 \pm 37.8$  (محدوده ۳۸۸ تا ۵۲۴) میکرومتر در گروه اول و  $446.2 \pm 38.5$  (محدوده ۳۳۸ تا ۵۳۰) میکرومتر در گروه دوم بود ( $P=0.97$ ).

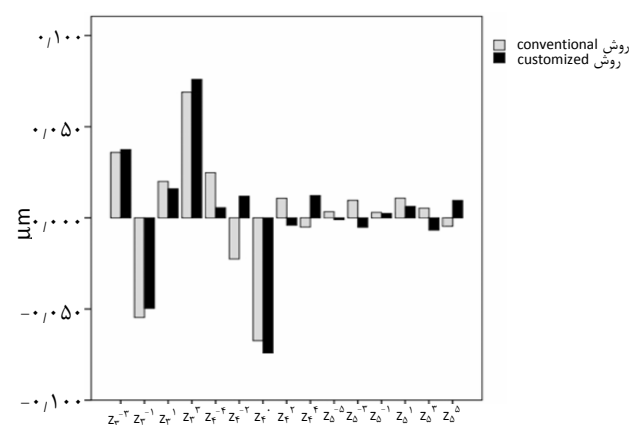
میزان AULCSF اسکوتوپیک از  $2.69 \pm 0.4$  به  $1.69 \pm 0.4$  (در  $37.2$  درصد بیماران) در گروه اول ( $P<0.001$ ) و از  $2.68 \pm 0.6$  به  $1.69 \pm 0.5$  (در  $36.9$  درصد بیماران) در گروه دوم ( $P<0.001$ ) کاهش یافت. AULCSF فتوپیک در  $37.2$  درصد از بیماران از  $2.69 \pm 0.4$  قبل از عمل به  $1.69 \pm 0.3$  بعد از عمل ( $P<0.001$ ) در گروه اول و در  $38.1$  درصد از بیماران از  $2.69 \pm 0.3$  قبل از عمل به  $1.68 \pm 0.4$  بعد از عمل ( $P<0.001$ ) در گروه دوم کاهش یافت. اختلاف معنی داری بین دو گروه در زمینه کاهش AULCSF اسکوتوپیک ( $P=0.82$ ) و فتوپیک ( $P=0.80$ ) یافت نگردید.

بعد از عمل، HOA برای مردمک ۴ میلی متری به  $0.24 \pm 0.19$  (محدوده  $0.13$  تا  $0.59$ ) میکرومتر در گروه اول و به  $0.31 \pm 0.21$  (محدوده  $0.31$  تا  $0.9$ ) میکرومتر در گروه دوم کاهش یافت ( $P<0.001$ ). این مقادیر در مردمک ۶ میلی متری  $0.34 \pm 0.23$  (محدوده  $0.08$  تا  $0.75$ ) و  $0.52 \pm 0.32$  (محدوده  $0.04$  تا  $1.43$ ) میکرومتر به ترتیب در گروه ۱ و ۲ بود ( $P=0.03$ ). در جدول (۲) اختلاف RMS در رده‌های مختلف اعوجاج بین دو گروه مقایسه گردیده است. افزایش HOA بعد از عمل به طور معنی داری در گروه دوم در منطقه ۶ میلی متری بالاتر بود ( $P=0.03$ ) اما در ناحیه ۴ میلی متری چنین یافته‌ای مشاهده نگردید ( $P=0.26$ ). تغییرات ضریب همبستگی زرنیکه در هر یک از اعوجاجات رده بالا در تصویر (۳) نشان داده شده است.

در هر دو گروه  $67.9$  درصد از بیماران حدت بینایی اصلاح نشده  $20/20$  داشتند و UCVA بهتر از  $20/20$  در هیچ یک از بیماران حاصل نگردید. میانگین شاخص کارایی  $95 \pm 14$  درصد (محدوده ۵ تا ۱۰۰ درصد) در گروه اول و  $94 \pm 16$  درصد (محدوده ۵ تا ۱۰۰ درصد) در گروه دوم بود ( $P=0.79$ ). عیب انکساری معادل کروی بعد از عمل به  $-0.09 \pm 0.49$  دیوپتر (محدوده  $-1.25$  تا  $+0.75$ ) در گروه اول و  $+0.19 \pm 0.60$  دیوپتر (محدوده  $-0.63$  تا  $+1.38$ ) در گروه دوم کاهش یافت ( $P=0.60$ ).



شکل ۱- مقایسه حساسیت کنتراست قبل از عمل در دو روش مورد مطالعه بر حسب دسی بل (dB)

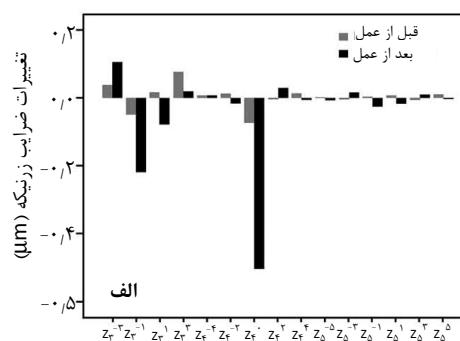
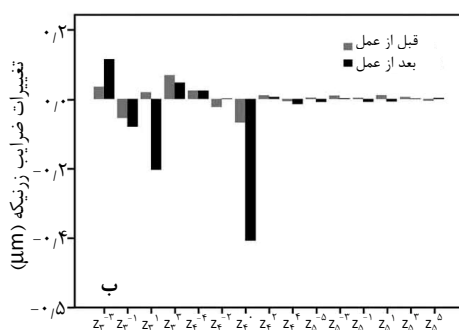


تصویر ۲- ضرایب همبستگی زرنیکه تا رده پنجم قبل از عمل (اطلاعات با استفاده از مردمک ۶ میلی متری محاسبه شده است).

میانگین کاهش عیب انکساری معادل کروی به ترتیب  $4.81 \pm 1.45$  و  $5.13 \pm 1.58$  دیوپتر در گروه ۱ و ۲ بود ( $P=0.44$ ).

جدول ۲- مقایسه میانگین مقادیر اعوجاجات رده بالا بعد از عمل PRK در دو گروه تحت بررسی

| میزان P | روش لایه‌برداری |            | اندازه مردمک<br>(میلی‌متر) | ضرایب زرنیکه |
|---------|-----------------|------------|----------------------------|--------------|
|         | customized      | معمول      |                            |              |
| ۰٫۲۷    | ۰٫۶۰±۰٫۲۰       | ۰٫۵۴±۰٫۱۹  | ۴                          | RMS          |
| ۰٫۰۴    | ۰٫۸۴±۰٫۳۲       | ۰٫۶۷±۰٫۲۳  | ۶                          |              |
| ۰٫۱۵    | ۰٫۱۰±۰٫۰۴       | ۰٫۰۸±۰٫۰۴  | ۴                          | کروی         |
| ۰٫۱۳    | ۰٫۵۰±۰٫۱۸       | ۰٫۴۱±۰٫۲۰  | ۶                          |              |
| ۰٫۲۷    | ۰٫۱۶±۰٫۰۸       | ۰٫۱۴±۰٫۰۷  | ۴                          | کما          |
| ۰٫۳۰    | ۰٫۵۱±۰٫۲۲       | ۰٫۴۴±۰٫۲۲  | ۶                          |              |
| ۰٫۹۵    | ۰٫۱۵±۰٫۰۷       | ۰٫۱۴±۰٫۱۲  | ۴                          | Trefoil      |
| ۰٫۹۴    | ۰٫۱۸±۰٫۰۹       | ۰٫۱۹±۰٫۱۲  | ۶                          |              |
| ۰٫۳۷    | ۰٫۱۸±۰٫۰۷       | ۰٫۱۶±۰٫۰۷  | ۴                          | رده سوم      |
| ۰٫۴۰    | ۰٫۵۵±۰٫۲۱       | ۰٫۵۰±۰٫۲۰  | ۶                          |              |
| ۰٫۰۷    | ۰٫۱۱±۰٫۰۳       | ۰٫۰۹±۰٫۰۳  | ۴                          | رده چهارم    |
| ۰٫۰۸    | ۰٫۵۵±۰٫۱۷       | ۰٫۴۶±۰٫۱۷  | ۶                          |              |
| ۰٫۱۱    | ۰٫۰۱±۰٫۰۰۶      | ۰٫۰۱±۰٫۰۰۳ | ۴                          | رده پنجم     |
| ۰٫۱۰    | ۰٫۱۰±۰٫۰۵       | ۰٫۰۸±۰٫۰۳  | ۶                          |              |



تصویر ۳- تغییر در اعوجاجات ناشی از لایه‌برداری با استفاده از مردمک ۶ میلی‌متری (الف) روش معمول و (ب) روش customized

ضرایب زرنیکه قبل و بعد از عمل بین دو گروه (تصویر ۴) گروه اول از نظر آستیگماتیسم عمودی ثانویه ( $P=0.02$ ) و گروه دوم از نظر اعوجاج رده پنجم افقی ( $P=0.04$ ) افزایش بیش‌تری نسبت به یکدیگر داشتند. به‌رغم افزایش سایر ضرایب زرنیکه شامل انحرافات کروی و کما اختلاف معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نگردید.

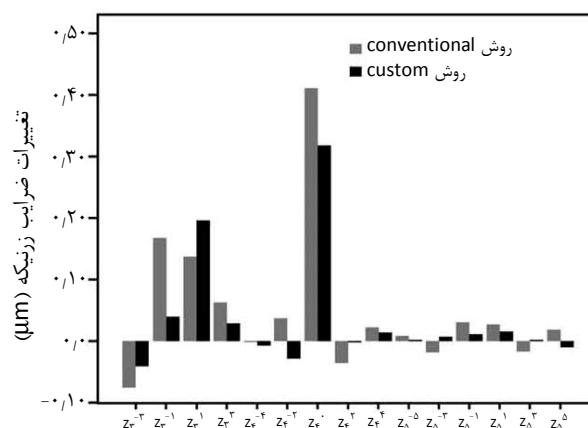
شایع‌ترین اعوجاج بعد از عمل در هر دو گروه، انحراف کروی (با میزان  $-0.41 \pm 0.20$  و  $-0.50 \pm 0.18$  میکرومتر به ترتیب در گروه اول و دوم) و پس از آن کمای افقی اولیه ( $-0.20 \pm 0.34$  میکرومتر) در گروه یک و کومای عمودی اولیه ( $-0.22 \pm 0.32$  میکرومتر) در گروه دوم و trefoil عمودی اولیه در هر دو گروه (به ترتیب  $0.12 \pm 0.13$  و  $0.10 \pm 0.12$  میکرومتر) بود. در مقایسه

اعوجاج، کیفیت انعکاس تصاویر بر روی شبکه را تحت تاثیر قرار می‌دهند و در اغلب موارد منجر به اختلال دید به ویژه در نور متوسط (mesopic) و در نتیجه کاهش حساسیت کنتراست می‌شوند<sup>۲۰،۲۱</sup>.

اختلال و نقایص جزئی در سیستم بینایی موجب اعوجاج سیستم اپتیکی می‌شود که با تجویز عینک یا اصلاح آستیگماتیسم به سادگی درمان نمی‌گردد<sup>۲۰</sup>. در جراحی انکساری قریه لایه برداری به روش معمول منجر به افزایش اعوجاجات مختلف به ویژه نوع کما و کروی می‌شود<sup>۲۲</sup> که با شکایات متعدد بیماران از قبیل خیرگی و رویت هاله نورانی همراه است. از این رو لایه برداری لیزری به روش customized جهت اصلاح عیوب انکساری و بهبود کیفیت بینایی با احتمال ایجاد "دید بسیار عالی" معرفی گردید. البته هم‌چنان در زمینه کارایی لایه برداری به روش customized در کاهش اعوجاجات بعد از عمل اختلاف نظرهایی وجود دارد. بعضی از محققین معتقدند که لایه برداری با این روش منجر به کاهش اعوجاجات گردیده یا حداقل این روند را کند می‌نماید<sup>۱۱،۱۲</sup> اما سایر مطالعات با این نظریه مخالف هستند<sup>۱۳،۱۴</sup>.

در مطالعه Vongthongsri و همکاران<sup>۱۳</sup> که روش لیزیک همراه با لایه برداری با دو روش معمول و customized wavefront انجام شد، پس از یک ماه BCVA مشابه حاصل گردید و مقادیر اعوجاج از نظر آماری بین دو گروه معنی‌دار نبود. در مطالعه مشابه دیگر که توسط Phusitphoykai و همکاران<sup>۱۴</sup> انجام شد، HOA در هر دو گروه درمانی ۳ تا ۶ ماه بعد از عمل لیزیک افزایش داشت که این افزایش در روش معمول بیش‌تر بود، البته این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید و با وجود میزان بالای HOA بعد از عمل، کاهش معنی‌داری در میزان CSF به وجود نیامد. در مطالعه مذکور مشخص نشد هنگام مقایسه CSF قبل و بعد از عمل، اثر کوچک کردن تصویر (minification) توسط لنزهای اصلاحی نزدیک بینی قبل از عمل، در نظر گرفته شده است یا خیر؟ در صورت پاسخ منفی، حذف این اثر می‌تواند اثر مضر اعوجاجات رده بالا را بر روی CSF منتفی سازد<sup>۱۶،۱۷</sup>.

در مطالعه Chandhrasri<sup>۲۳</sup>، افزایش قابل ملاحظه‌ای در اعوجاجات منطقه ۶ میلی‌متری مردمک پس از عمل لیزیک در افراد نزدیک‌بین مشاهده گردید که مربوط به افزایش در انحراف اولیه کروی و کمای افقی بود. این نتیجه مشابه HOA ایجاد شده در هر دو گروه مطالعه حاضر است. در گروه دوم در مقادیر معادل کروی قبل از عمل کم‌تر از ۵- دیوپتر، شدت اعوجاج بعد از عمل، بیش‌تر و اغلب از انحرافات محیطی مانند ضریب رده پنجم ناشی



تصویر ۴- مقایسه اختلاف ضرایب زرنیکه قبل و پس از PRK بین دو گروه مطالعه. براساس مقادیر مردمک ۶ میلی‌متری تنها آستیگماتیسم عمودی ثانویه در گروه اول و اعوجاج رده پنجم افقی در گروه دوم اختلاف معنی‌داری داشتند.

پس از تقسیم‌بندی افراد براساس شدت نزدیک‌بینی، مشخص گردید هنگامی که عیب انکساری معادل کروی قبل از عمل کم‌تر از ۵- دیوپتر (۱۵ چشم در گروه اول، ۱۴ چشم در گروه دوم) باشد، تنها افزایش RMS مربوط به اعوجاجات مردمک ۶ میلی‌متری به طور قابل ملاحظه‌ای در گروه دوم در مقایسه با گروه اول بیش‌تر خواهد بود (به ترتیب  $0.074 \pm 0.036$  و  $0.054 \pm 0.018$  میکرومتر،  $P=0.04$ ). برخلاف آن، در عیب انکساری معادل کروی بیش از ۵- دیوپتر، اختلاف معنی‌داری در این زمینه بین دو گروه موجود نبود (به ترتیب در گروه اول و دوم  $0.082 \pm 0.019$  و  $0.093 \pm 0.026$  میکرومتر،  $P=0.22$ ).

در زمینه عیوب انکساری با معادل کروی کم‌تر از ۳- با مقادیر کم‌تر از ۴- دیوپتر، اختلاف معنی‌داری از نظر شکایات بیماران (نوسان حدت بینایی، دوبینی تک چشمی و خیرگی) بین دو گروه مشاهده نشد. ۷ بیمار (۲۵ درصد) از روش معمول و ۹ بیمار (۳۲/۱ درصد) از روش customized رضایت بیش‌تری داشتند ( $P=0.05$ )، ۱۲ بیمار (۴۲/۹ درصد) تفاوتی بین دو چشم احساس نمی‌کردند. هیچ‌گونه عوارض حین و بعد از عمل گزارش نگردید و مداخله مجدد در هیچ موردی ضرورت نیافت.

### بحث

انحرافات اپتیکی (aberrations) ناشی از انجام لیزر خارج از مرکز بینایی (decentration)، آستیگماتیسم و انواع مختلف

بالا تر HOA در گروه customized، اتساع مردمک برای اندازه‌گیری wavefront می‌باشد. اگرچه مردمک ۶ میلی‌متری یا بزرگ‌تر برای جمع‌آوری کامل اطلاعات جهت لایه‌برداری لیزری اجباری است، اما استفاده از عوامل میدریاتیک برای اتساع مردمک می‌تواند نتایج لایه‌برداری customized را تغییر دهد زیرا بیماران با مردمک متسع جراحی شده و زندگی می‌کنند. در این زمینه به نظر می‌رسد که قطره فنیل‌آفرین بر عوامل سیکلوپلژیک (تروپیکامید و سیکلوپنتولات) مقدم است، زیرا تفاوت در wavefront بین شرایط مزوپیک (دید با نور متوسط) و بعد از اتساع مردمک توسط فنیل‌آفرین، کم‌تر از زمانی است که عوامل سیکلوپلژیک به کار برده می‌شوند<sup>۲۵،۲۶</sup>. این امر به علت حالت تطابقی است که به طور عمده بر تغییر اندازه‌گیری wavefront پس از جایگزینی عوامل سیکلوپلژیک تاثیر می‌گذارد<sup>۳۱</sup>.

در این مطالعه میزان CSF در هر دو گروه بعد از عمل بدتر شد اما این وخامت هماهنگ با افزایش HOA در هیچ کدام از گروه‌ها نبود. اگرچه اندازه‌گیری دقیق با استفاده از ابرومتری Zywave تفاوت قابل ملاحظه‌ای را بین دو گروه نشان داد ولی چنین تفاوتی بر اندازه‌گیری subjective حساسیت کنتراست و شکایات بیماران (مانند خیرگی و هاله نورانی) تاثیر نداشت.

اعوجاجات رده بالا و CSF به یکدیگر وابسته هستند اما HOA نمی‌تواند از لحاظ کیفی میزان CSF را پیش‌بینی کند. همان‌گونه که ضرایب متفاوت زرنیکه اثرات متفاوتی بر روی حساسیت کنتراست دارند. هر چقدر میزان لایه‌برداری در منطقه مرکزی قرنیه بیش‌تر باشد، اثرات زیان‌آور بیش‌تری بر CSF خواهد داشت<sup>۳۶</sup>.

شده بود که این امر بالا بودن مقادیر HOA با مردمک ۶ میلی‌متری را در آن گروه توجیه می‌نماید.

در مواردی که قرنیه دست نخورده است، میزان بالاتر HOA تقریباً قابل چشم‌پوشی است<sup>۲۴</sup>. بدین ترتیب ما نیازمند ابزارهای بسیار دقیق جهت لایه‌برداری صحیح در چشم‌های طبیعی هستیم. به نظر ما ابرومتر مورد استفاده در این مطالعه به اندازه کافی برای تشخیص و درمان اعوجاجات کوچک در افرادی که به نزدیک‌بینی کم‌تر از ۵ دیوپتر مبتلا هستند، مناسب و دقیق نمی‌باشد.

براساس مطالعات متعدد، اگرچه Zywave برای اندازه‌گیری اعوجاجات رده پایین (LOA: lower order aberration) قابل اطمینان است اما در HOA از قابلیت تکرار مناسبی برخوردار نیست<sup>۲۵-۲۸</sup>. Mirshahi و همکارانش<sup>۲۵</sup> اعلام کردند ابرومتری Hartmann-Shack توسط سنسور Zywave wavefront به ویژه برای مقادیر کوچک HOA قابل اطمینان و تکرار نیست. لذا اندازه‌گیری‌ها توسط ابزارهای تعیین‌کننده میزان و نحوه لایه‌برداری باید بارها تکرار شوند و داده‌های خارج از حد متعارف (outliers) از محاسبه میانگین حذف گردند.

صرف نظر از دقت کم ابرومترهای موجود، مقادیر HOA به علت نوسان بالا در بیش‌تر مواقع ثابت نمی‌باشد. در مدت زمان کوتاه، اهمیت لایه‌برداری چشمی با پراکندگی و تبخیر لایه اشکی بر روی قرنیه<sup>۳۰،۳۹</sup> و تغییر در وضعیت فرد در پشت دستگاه تغییر می‌کند<sup>۳۱،۳۲</sup>. به طور عمده با افزایش سن، نوع اعوجاجات رده بالا به دلیل تغییرات خصوصیات اپتیکی قرنیه و تراکم عدسی تغییر می‌کند<sup>۳۳،۳۴</sup>، این تغییرات ممکن است لایه‌برداری customized را بعد از مدتی بی‌فایده و حتی مضر سازد. توضیح دیگر برای مقادیر

## منابع

1. Sugar A, Rapuano CJ, Culbertson WW, Huang D, Varley GA, Agapitos PJ, et al. Laser in situ keratomileusis for myopia and astigmatism: safety and efficacy. (Ophthalmic Techniques Assessment) a report by the American academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2002;109:175-187.
2. Solomon KD, Holzer MP, Sandoval HP, Vargas LG, Werner L, Vroman DT, et al. Refractive surgery survey 2001. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:346-355.
3. Lindstrom RL, Maller BS. Market Trends in refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 1999;25:148-1411.
4. Duffey RL, Leaming D. U.S. trends in refractive surgery: 2001 international society of refractive surgery survey. *J Refract Surg* 2002;18:185-188.
5. Bailey MD, Mitchell GL, Dhaliwal DK, Boxer Wachler BS, Zadnik K. Patient satisfaction and visual symptoms after laser insit ue keratomileusis. *Ophthalmology* 2003;110:1371-1378.
6. Marcos S. Aberrations and visual performance following standard laser vision correction. *J Refract Surg* 2001;17:S569-S601.
7. Mrochen M, Kaemmerer M, Mierdel P, Seiler T. Increased higher-order optical aberrations after laser refractive surgery: a problem of subclinical decentration. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:362-369.
8. Moreno-Barriuso E, Lloves JM, Marcos S, Navarro R, Llorente L, Barbero S. Ocular aberrations before and after myopic corneal refractive surgery: LASIK-induced changes measured with laser ray tracing. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001;42:1396-1403.
9. Williams D, Yoon GY, Porter J, Guirao A, Hofer H, Cox I. Visual benefit of correcting higher order aberrations of the eye. *J Refract Surg* 2000;16:S554-S559.
10. Liang J, Williams DR, Miller DT. Supernormal vision and high-resolution retinal imaging through adaptive optics. *J Opt Soc Am A* 1997;14:2884-2892.
11. Mrochen M, Kaemmerer M, Mierdel P, Seiler T. Increased higher-order optical aberrations after laser refractive



- surgery: a problem of subclinical decentration. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:362-369.
12. Du CX, Yang YB, Shen Y, Wang Y, Dougherty PJ. Bilateral comparison of conventional versus topographic-guided customized ablation for myopic lasik with NIDEK EC-5000. *J Ref Surg* 2006;22:642-647.
  13. Vongthongsri A, Phusitphoykai N, Nariptapan P. Comparison of wawvfront-guided customized ablation vs. conventional ablation in laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg* 2002;18:S332-335.
  14. Phusitphoykai N, Tungsiripat T, Siriboonkoom J, Vongthongsri A. Comparison of conventional versus wavefront-guided laser in situ keratomileusis in the same patient. *J Refract Surg* 2003;19:S217-S220.
  15. Applegate RA, Howland HC, Sharp RP, Cottingham AJ, Yee RW. Corneal aberrations and visual performance after radial keratotomy. *J Refract Surg* 1998;14:397-407.
  16. Applegate RA, Howland HC. Magnification and visual acuity in refractive surgery. *Arch Ophthalmol* 1993;111:1335-1342.
  17. Applegate RA, Chundru U. Experimental verification of computational methods to calculate magnification in refractive surgery. *Arch Ophthalmol* 1995;113:571-577.
  18. Thibos LN, Applegate RA, Schwiegerling JT, Webb R. Standards for reporting the optical aberrations of eyes. In: Lakshminarayanan V, ed. *Vision Science and Its Applications*. Washington, DC: Optical Society of America; 2000: Vol TOPS-35.232-244.
  19. Holladay JT, Dudeja DR, Chang J. Functional vision and corneal changes after laser in situ keratomileusis determined by contrast sensitivity, glare testing, and corneal topography. *J Cataract Refract Surg* 1999;25:663-669.
  20. Applegate RA, Thibos LN, Hilmantel G. Optics aberroscopy and super vision. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1093-1107.
  21. MacRea SM, Williams DR. Wawvfront guided ablation. *Am J Ophthalmol* 2001;132:915-919.
  22. Verdon W, Bullimore M, Maloney RK. Visual performance after photorefractive keratotomy. A prospective study. *Arch Ophthalmol* 1996;114:1465-1472.
  23. Chandhrasri S, Knorz MC. Comparison of Higher Order Aberrations and Contrast Sensitivity after LASIK, Verisyse Phakic IOL, and Array Multifocal IOL. *J Refract Surg* 2006;22:231-237.
  24. Porter J, Guirao A, Cox IG, Williams DR. Monochromatic aberrations of the human eye in a large population. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2001;18:1793-1803.
  25. Mirshahi A, Bühren J, Gerhardt D, Kohnen T. In vivo and in vitro repeatability of Hartmann-Shack aberrometry. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:2295-2301.
  26. Durrie DS, Stahl ED. Comparing wavefront devices. In: Krueger RR, Applegate RA, MacRae SM, eds. *Wavefront Customized Visual Correction: The Quest for Super Vision II*. Thorofare, NJ: SLACK Inc; 2004:161-168.
  27. Hament WJ, Nabar VA, Nuijts RM. Repeatability and validity of Zywave aberrometer measurements. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:2135-2141.
  28. Burakgazi AZ, Tinio B, Bababyan A, Niksarli KK, Asbell P. Higher order aberrations in normal eyes measured with three different aberrometers. *J Refract Surg* 2006;22: 898-903.
  29. Tutt RC, Begley CG, Bradley A, Biock F, Thumpson HK. The optical effects of tear film disruption. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;37:SI52.
  30. Thibos LN, Applegate RA, Schwiegerling JT, Webb R. Standards for reporting the optical aberrations of eyes. In: Lakshminarayanan V, ed. *Vision Science and Its Applications*. Washington, DC: Optical Society of America; 2000: Vol TOPS-35.232-244.
  31. Atchison DA, Collins MJ, Wildsoet CF, Christensen J, Waterworth MD. Measurement of monochromatic ocular aberrations of human eyes as a function of accommodation by the Howland aberroscope technique. *Vision Res* 1995;35:313-323.
  32. Hofer HJ, Artal P, Aragon JL. Temporal characteristics of the eye's aberrations. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40:S365.
  33. Artal P, Berrio E, Guirao A, Piers P. The contribution of the cornea and the internal ocular surfaces to the changes in the aberrations of the eye with age. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000;41:SI05.
  34. Oshika T, Klyce SD, Applegate RA, Howland HC. Changes in corneal wavefront aberrations with aging. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40:351-1355.
  35. Giessler S, Hammer T, Duncker GIW. Aberrometrie in Mydriasis-welche Art der Mydriasis ist zu bevorzugen? *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2002;219:655-659.
  36. Applegate RA, Server EJ, Khemsara V. Are all aberrations equal? *J Refract Surg* 2002;18:556-562.