Archive of SID

Comparative Evaluation of Ocular Wavefront Characteristics in Bilateral Keratoconus Patients with Unilateral Corneal Vogt's Striae

Ostadimoghaddam H[1], Sedagat M.R[2], Askarizadeh F[3], Rajabi S[4], Narooie-Noori F[5], Rakhshandadi T[5]

Abstract

Purpose: The aim of this study was to evaluate and compare ocular wavefront characteristics in bilateral keratoconus (KCN) patients with unilateral corneal Vogt`s striae.

Methods: In this prospective cross-sectional contralateral eye study, fifty patients diagnosed with bilateral KCN with unilateral corneal Vogt`s Striae with age ranged 20-38 years were recruited. All subjects underwent a comprehensive ophthalmic examination, including monocular uncorrected distance visual acuity, monocular corrected distance visual acuity, refraction (converted to Vetcor component), slit lamp biomicroscopy, Scheimpflug-based tomography (Pentacam HR, Oculus, Germany), and placido disc-based topography (TMS-4, Tomey, Erlangen, Germany). Following pupil dilation, ocular wavefront aberrations were measured by means of iTrace (Tracey Technologies, Houston, Tx). All the ocular wavefront aberrations were evaluated and compared between the KCN eyes with and without Vogt`s striae. Wilcoxon signed rank test was used to compare the parameters. P-value <0.05 considered statistically significant

Results: A total of 50 bilateral KCN patients with the mean age of 27.43±5.46 years were enrolled in this study. The results of this study showed that there were significant differences in the sphere, cylinder, spherical equivalent, uncorrected distance visual acuity, corrected distance visual acuity, and J_0 ($P < 0.05$), except for J_{45} ($P = 0.58$) between two groups. Also, there were significant differences between two groups for some parameters measured by iTrace, including root mean square (RMS) total, RMS low-order total, RMS defocus, RMS Astigmatism, RMS High-order total, RMS Coma, RMS Spherical, and RMS Trefoil ($P < 0.05$), but there was no significant difference for RMS Secondary Astigmatism ($P = 0.054$) between the two groups.

Conclusions: The iTrace measurements for ocular wavefront showed a significant increase in the majority of ocular HOA and LOA aberrations in the keratoconic eye with corneal Vogt`s striae compared to the eyes without Vogt`s striae. These results should be noticed in clinical evaluations and treatments of KCN patients with Vogt`s striae.

Keywords: Cornea, Keratoconus, Vogt`s Striae, Higher Order Aberration, Lower Order Aberration, Ocular Wavefront

Received: 2017.07.26; Accepted: 2017.10.29

بررسی و مقایسه مشخصات جبهه موج چشمی در بیماران دارای کراتوکونوس دو طرفه همراه با خطوط وگت یکطرفه

هادی استادی مقدم [۱]، محمد رضا صداقت[۲]، فرشاد عسکری زاده[۳]، ستار رجبی[۴]، فروزان ناروئی نوری[۵]، طاهره رخشان دادی[۵]

هدف: هدف از مطالعه حاضر، بررسی و مقایسه مشخصات جبهه موج چشمی در بیماران دارای کراتوکونوس دو طرفه همراه با خطوط وگت یکطرفه می باشد.

روش بررسی: در این مطالعه آینده نگر مقطعی، ۵۰ بیمار ۲۰ تا ۳۸ ساله مبتلا به کراتوکونوس دوطرفه همراه با خطوط وگت یکطرفه، وارد مطالعه شدند. همه بیماران تحت معاینات کامل چشمی از قبیل اندازه گیری حدت بینایی دور اصلاح شده و اصلاح نشده تک چشمی، سایکلو رفرکشن (تبدیل شده به اجزا وکتور)، اسلیت لمپی، توموگرافی مبتنی بر شمفلاگ (Pentacam HR, Oculus, Germany) و توپوگرافی مبتنی بر دیسک پلاسیدو (TMS-4, Tomey, Erlangen, Germany)، قرار

www.SID.ir

Archive of SID

گرفتند. پس از گشاد کردن مردمک، جبهه موج چشمی به وسیله iTrace (Tracey Technologies, Houston, Tx) اندازه گیری شد. جهت مقایسه پارامترهای اندازه گیری شده میان چشم های کراتوکونوسی دارای خطوط وگت و فاقد خطوط، از آزمون رتبه های علامت دار ویلکاکسون استفاده گردید. مقدار p<۰/۰۵، سطح معنی داری آزمون ها در نظر گرفته شد.

یافته ها: ۵۰ بیمار با میانگین سنی۵/۴۶±۲۷/۴۳، مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان دادند که به جز پارامتر J45 (p=۰/۵۸)، سایر پارامترهای حدت بینایی دور تصحیح شده و تصحیح نشده، اسفر، سیلندر، معادل اسفر و J0، بین دو گروه، تفاوت معنی داری داشتند (p<۰/۰۵). همچنین، برای برخی پارامترهای اندازه گیری شده توسط دستگاه iTrace، شامل مجموع جذر میانگین مربعات ، مجموع جذر میانگین مربعات رده پایین، جذر میانگین مربعات دفوکوس، جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم، مجموع جذر میانگین مربعات رده بالا، جذر میانگین مربعات کما، جذر میانگین مربعات اسفریکال و جذر میانگین مربعات تریفویل به جز جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم ثانویه (p=۰/۰۵۴)، میان دو گروه تفاوت قابل ملاحظه آماری وجود داشت (p<۰/۰۵).

نتیجه گیری: اندازه گیری های iTrace برای جبهه موج نشان داد که اکثر ابیراهی های رده بالا و پایین، در چشم های کراتوکونوسی دارای خطوط وگت در مقایسه با چشم های فاقد این خطوط بیشتر می باشند. نتایج این مطالعه می تواند در ارزیابی و درمان بیماران کراتوکونوس دارای خطوط وگت، مد نظر قرار گیرد.

کلمات کلیدی: قرنیه، کراتوکونوس، خطوط وگت، ابیراهی های رده بالا، ابیراهی های رده پایین، جبهه موج چشمی

نویسنده مسئول: فرشاد عسکری زاده، asgarifarshad@yahoo.com

آدرس: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه علوم پزشکی مشهد، دانشکده علوم پیراپزشکی، گروه بینایی سنجی

۱- استاد گروه اپتومتری، دکترای تخصصی اپتومتری، مرکز تحقیقات عیوب انکساری، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۲- استاد گروه چشم پزشکی، فوق تخصص قرنیه، مرکز تحقیقات قرنیه، بیمارستان خاتم انبیا (ص)، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۳- دکترای تخصصی اپتومتری، دانشکده علوم پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۴- کارشناس ارشد اپتومتری، مرکز تحقیقات عیوب انکساری چشم، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۵- مربی گروه اپتومتری، کارشناس ارشد اپتومتری، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

مقدمه

کراتوکونوس، یک بیماری دژنراتیو، غیرالتهابی و پیشرونده قرنیه است که در بیشتر موارد در قسمت مرکز یا قسمت گیجگاهی-تحتانی قرنیه اتفاق می افتد. نازک شدگی قرنیه که اغلب، دوطرفه و نامتقارن می باشد، هنگام ورود نور به چشم، بر روی انکسار آن تأثیر گذاشته و سبب نزدیک بینی بالا، آستیگماتیسم نامنظم و اختلال در عملکرد بینایی می شود (۲، ۱). همچنین، کراتوکونوس تاثیر قابل توجهی بر روی کیفیت زندگی این بیماران دارد (۳). این بیماری معمولا در سنین نوجوانی یا اوایل دهه دوم زندگی و در طول دوران بلوغ بروز و معمولا تا دهه چهارم زندگی پیشرفت می کند (۴، ۱). بر اساس مطالعات مختلف، شیوع کراتوکونوس در جامعه، بین ۵ تا ۲۳ در هر ده هزار نفر و بروز آن حدود ۴/۵ در هر ده هزار نفر می باشد (۶- ۴). این بیماری شامل یکسری علائم میکروسکوپی و ماکروسکوپی می باشد (۲) که خطوط وگت از جمله علائم میکروسکوپی و کلاسیک کراتوکونوس محسوب می شوند و در مشاهدات بیومیکروسکوپ اسلیت لمپی[۱]، به صورت چین و چروک های ظریف قرنیه می باشند و عموما، در لایه استرومای خلفی[۲] و یا لایه دسمه[۳] مشاهده می شوند (۷). همچنین، این خطوط، در بررسی های توپوگرافی، موازی با محور استیپ مخروط و معمولا به صورت عمودی می باشند (۸) که با اعمال فشار خارجی فیزیکی می توانند ناپدید شوند و از چین های سطحی که در سطح لایه بومن قرار دارند، متفاوت هستند (۶).

[۱] Slit lamp Biomicroscopy

[۲] Posterior Stroma

[۳] Descemet`s membrane

www.SID.ir

Archive of SID

در مطالعه CLEK (Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus) که توسط Szczotka و همکاران انجام شد، بیان شده است که خطوط وگت، در ۴۶ درصد چشم های کراتوکونوس وجود دارند (۹) و مطالعه Zadnik و همکاران نشان داد که ۳۴ درصد افراد کراتوکونوسی، خطوط وگت دوطرفه دارند و ۳۰ درصد آن ها دارای خطوط وگت یکطرفه می باشند (۱۰). یک راه برای اندازه گیری دقیق و بیان کلی خطای انکسار موجود در چشم، اندازه گیری جبهه موج سیستم اپتیکی چشم می باشد. جبهه موج، سطحی فرضی است که از اتصال تمام نقاط در فضا که از یک منبع نور مشترک و در یک زمان یکسان به هم می رسند، تشکیل می شود. هرچه سیستم اپتیکی، بیشتر دچار اختلال شود، جبهه موج نیز بیشتر تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. تفاوت جبهه موج ایده آل (سیستم اپتیکی بدون اعوجاج) و جبهه موج واقعی، ابیراهی نام دارد که به صورت میکرون محاسبه می شود (۱۱). ابیراهی های سیستم اپتیکی شامل پراش، تفرق، ابیراهی کروماتیک و ابیراهی مونوکروماتیک می باشند (۱۲). ابیراهی مونوکروماتیک، خود به دو گروه رده پایین و رده بالا تقسیم می شود. ابیراهی های رده پایین که همچنین به عنوان ابیراهی های درجه اول و دوم نیز شناخته می شوند، عیوب انکساری ساده مثل دفوکوس (Defocus) (دوربینی و نزدیک بینی) و آستیگماتیسم می باشند و ابیراهی های رده بالا که ۱۵ درصد کل ابیراهی های مونوکروماتیک را شامل می شوند، به عنوان ابیراهی های درجه سوم و بالاتر تعریف می شوند (۱۳، ۱۲).

بسیاری از محققان، ابیراهی های رده بالا را موثر بر عملکرد بینایی و دلیل واقعی هاله بینی (Halos)، خیرگی (Glare)، کاهش کانتراست و مشکل دید درشب می دانند (۱۶- ۱۴). همچنین، این نوع ابیراهی ها در چشم های دارای قرنیه غیر طبیعی مثل کراتوکونوس، بیشتر مشاهده می شوند (۱۷، ۱۸) و از آنجایی که قرنیه مهمترین جزء انکساری چشم محسوب می شود (۱۹)، تغییر ابیراهی های رده بالای قرنیه، تغییر ابیراهی های کل چشم را به دنبال داشته و بر عملکرد بینایی تاثیر گذار خواهد بود (۲۱، ۲۰، ۱۲). Mihältz و همکاران و همچنین Lim و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که ابیراهی ها در قرنیه افراد کراتوکونوسی، بیشتر از افراد طبیعی می باشند (۲۳، ۲۲). در حال حاضر ابرومترها (Aberrometer)، مهمترین ابزارهای تخمین شرایط اپتیکی جهت فهم دقیق تر از خطاهای اپتیکی و کمک به تصحیح این خطاها می باشند (۲۴). بر اساس دانش ما، مطالعه ای که تاثیر حضور خطوط وگت قرنیه ای در بیماران کراتوکونوسی را بر روی خطاهای ابیراهی مورد بررسی قرار داده باشد، وجود ندارد. بنابراین، هدف از مطالعه پیش رو، بررسی و مقایسه ابیراهی های اندازه گیری شده با دستگاه iTrace، در افراد دارای کراتوکونوس دوطرفه همراه با خطوط وگت یکطرفه می باشد.

روش بررسی

این مطالعه آینده نگر، پس از تایید اخلاقی توسط شورای پژوهشی و کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی مشهد (کد تصویب: ۹۵۰۸۰۶)، بر روی بیماران مراجعه کننده به کلینیک چشم صداقت در فاصله زمانی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ انجام شد. حجم نمونه با انجام مطالعه پیش آزمون بر روی ۱۱ نفر از بیماران دارای کراتوکونوس دوطرفه که یک چشم دارای خطوط وگت و چشم دیگر فاقد خطوط وگت بود، تعیین شد. بدین منظور، با در نظر گرفتن مقدار کران خطا (d) ۱۸/۹۱-، انحراف معیار (s) ۳۲/۴۰، خطای نوع اول (α) ۰/۰۵ و قدرت ۹۵٪، مطابق فرمول زیر (β: خطای نوع دوم، Z: مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد)، حجم نمونه ۳۹ نفر محاسبه گردید که جهت افزایش دقت مطالعه و با توجه به ریزش احتمالی، نهایتا، ۵۰ نفر مورد بررسی قرار گرفتند.

معادله ۱: معادله تعیین حجم نمونه

$$n= (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 S^2 / d^2$$

پس از شرح کامل نحوه مطالعه و اخذ رضایت آگاهانه از افراد، ۵۰ بیمار مبتلا به کراتوکونوس دوطرفه که دارای خطوط وگت یکطرفه بودند، انتخاب و وارد مطالعه شدند. تشخیص کراتوکونوس دوطرفه بر اساس مشاهدات اسلیت لمپی، نقشه های توپوگرافی (TMS-4, Tomey, Erlangen, Germany) و مشاهدات توموگرافی (Pentacam HR, Oculus, Germany) صورت گرفت. بررسی جهت وجود خطوط وگت یکطرفه در بیماران کراتوکونوسی دوطرفه، توسط یک جراح قرنیه ماهر و به وسیله بیومیکروسکوپ اسلیت لمپ، با بزرگنمایی بالا (x۴۰) انجام گردید. تمام بیمارانی که وارد مطالعه شدند، تحت معاینات کامل چشمی شامل گرفتن شرح حال بیمار،

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی و ثبت حدت بینایی دید دور اصلاح شده (Corrected distance visual acuity; CDVA) و اصلاح نشده [۴](UDVA) تک چشمی، با استفاده از چارت دیواری LCD (Topcon, type CC-100, Tokyo, Japan)، تعیین عیوب انکساری، با استفاده و بدون استفاده از قطره سایکلوپلژی (دو قطره سیکلوپنتولات ۱٪، به فاصله زمانی ۵ دقیقه در چشم بیمار چکانده و ۴۰ دقیقه بعد از آخرین قطره معاینه انجام شد)، با دستگاه اتوکراتورفرکتومتر (Auto keratorefractometer) (Topcon, type KR-1, Tokyo, Japan)، اندازه گیری فشار داخل چشمی با دستگاه تونومترغیرتماسی اتوماتیک (Topcon, type CT-1P, Tokyo, Japan)، معاینات فوندوسکوپی، ارزیابی کامل اسلیت لمپی و تصویر برداری توموگرافی مبتنی بر شمفلاگ توسط پنتاکم (Pentacam HR, Oculus, Germany) و توپوگرافی مبتنی بر دیسک پلاسیدو (TMS-4, Tomey, Erlangen, Germany)، قرار گرفتند.

معیارهای خروج از مطالعه عبارتند از: بیمارانی که خارج از محدوده سنی ۲۰ تا ۴۰ سال بودند، افراد دارای بیماری چشمی به جز کراتوکونوس، بیماران با سابقه جراحی چشمی، تروما، بیماری عفونی چشمی و خشکی چشم، بیمارانی که در حال استفاده از داروهای چشمی و یا داروهای موثر بر چشم بودند، افرادی که کمتر از سه هفته قبل از مطالعه، از لنز تماسی استفاده کرده بودند و زنانی که در دوره قاعدگی، حاملگی و یا شیردهی بودند. همچنین، با توجه به انجام تونومتری در معاینات افراد، از ورود بیماران با فشار داخل چشمی بالا، افراد مبتلا به گلوکوم، افراد مشکوک به گلوکوم و یا افراد در حال استفاده از داروهای کاهنده فشار داخل چشمی به مطالعه جلوگیری به عمل آمد و فقط افراد طبیعی که هیچ مشکل چشمی به جز کراتوکونوس نداشتند وارد مطالعه شدند.

همچنین، با توجه به گزارشات منتشر شده درباره زمان-های مختلف اندازه گیری ابیراهی های قرنیه، تمامی معاینات و اندازه گیری ها برای هر دو گروه مطالعه بین ساعت ۱۶ تا ۱۸ و توسط یک اپتومتریست مجرب و معین انجام گردید (۲۵). در این مطالعه، خطاهای اپتیکی با دستگاه (Tracey Technologies, Houston, Tx) iTrace اندازه گرفته شد که از اصل اساسی ردیابی پرتو استفاده می کند. با استفاده از این دستگاه، یک سری متوالی از ۶۴ پرتو لیزر مادون قرمز با سرعت بالا (تقریبا ۲۵۹ میلی ثانیه) و چهار بار (۲۵۶ نقطه)، از طریق مردمک به چشم پروجکت شود و بوسیله سیستم اپتیکی چشم روی شبکیه متمرکز می شوند (۲۶). امروزه متداول ترین معیاری که برای خطای جبهه موج و ابیراهی ها استفاده می شود، جذر میانگین مربعات یا (Root mean square; RMS) است (۲۷) که در دستگاه iTrace از این معیار برای بیان ابیراهی های استفاده می شود. کار با این دستگاه به این صورت است که بیمار در حالت آرامش پشت دستگاه قرار می گیرد و پیشانی و چانه خود را در قسمت تعیین شده قرار می دهد. ابرومتری با دستگاه iTrace، بهتر است به روش فوکوس دستی انجام شود تا حلقه های پلاسیدو روی مرکز قرنیه قرار بگیرند. هنگام تنظیم دستگاه، ابیراهی ها باید روی محور بینایی منطبق باشند. این دستگاه قادر به اندازه گیری ابیراهی ها از طریق مردمک با یک دامنه بین ۲/۵ تا ۸ میلیمتر است که در مطالعه حاضر نیز از مردمک دیلاته (بیشتر از ۶ میلیمتر) استفاده گردید. همچنین مطالعات قبلی نشان داده اند که تفاوت قابل توجهی در اندازه گیری ابیراهی های بین مردمک دیلاته شده و مردمک گشاد شده با قطره سایکلوپلژی وجود ندارد (۲۶). قابلیت تکرار پذیری این دستگاه نیز در مطالعات دیگر مورد بررسی و تایید قرار گرفته است (۲۸). ابیراهی های ثبت شده توسط این دستگاه شامل مجموع جذر میانگین مربعات (RMS total)، مجموع جذر میانگین مربعات رده پایین (RMS Low Order total)، جذر میانگین مربعات دفوکوس (RMS defocus)، جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم (RMS Astigmatism)، مجموع جذر میانگین مربعات رده بالا (RMS High Order total)، جذر میانگین مربعات کما (RMS Coma)، جذر میانگین مربعات اسفریکال (RMS Spherical)، جذر میانگین مربعات تریفویل (RMS Trefoil) و جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم ثانویه (RMS Secondary Astigmatism) می باشند.

همانگونه که قبلا ذکر شد، در مطالعه حاضر، عیوب-انکساری بیماران، با و بدون قطره سایکلوپلژی تعیین گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

لیکن با توجه به اینکه اندازه گیری ابیراهی ها توسط iTrace، با مردمک دیلاته انجام شد، در گزارش نتایج عیوب انکساری در مقاله حاضر نیز داده های حاصل از تعیین عیوب انکساری با قطره سایکلوپلژی ارائه می گردد. آنالیز وکتور نیز برای مقایسه رفرکشن بین دو گروه انجام گردید. نتایج اسفر و سیلندر بر اساس فرمول های زیر به سه جز دیوپتری تبدیل شدند (۲۹):

معادله ۲: معادله تبدیل اجزای دیوپتریک به اجزای آنالیز وکتور

$$M= S+(C/2)\text{ ،}J0= -C/2\cos(2\alpha)\text{ و}$$
$$J45= -C/2\sin(2\alpha)$$

M از اسفر معادل استخراج شد و J0 و J45 کراس سیلندر جکسون عمودی و مایل، متناظر با سیلندر معمولی می باشند. برای آنالیز وکتور، ابتدا رفرکشن با قطره سایکلوپلژی به روش متعارف (اسفر و سیلندر) ثبت شد و سپس به اجزای نامبرده در آنالیز وکتور، تبدیل و مورد آنالیز قرار گرفت. لازم به ذکر است که J0، بیانگر مقدار و J45، نشان دهنده جهت سیلندر می باشد (۲۹). جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ بهره گرفته شد. آمار توصیفی، شامل محاسبه میانگین، انحراف معیار، کمینه و بیشینه متغیرها محاسبه گردید. جهت مقایسه اندازه گیری های حاصل از دستگاه iTrace، ابتدا تست کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov- Smirnov) انجام و برای مقایسه میان داده ها از آزمون رتبه های علامت دار ویلکاسون (Wilcoxon signed rank) استفاده شد. همچنین مقدار p، کمتر از ۰/۰۵ به عنوان سطح معنی-داری آزمون ها در نظر گرفته شد.

یافته ها

در این مطالعه، ۱۰۰ چشم از ۵۰ بیمار [۳۴ نفر (۶۸٪) مرد و ۱۶ نفر (۳۲٪) زن] دارای کراتوکونوس دو طرفه که یک چشم آن ها دارای خطوط وگت و چشم دیگر فاقد خطوط وگت بود، مورد ارزیابی قرار گرفتند. میانگین و انحراف معیار گروه سنی کل افراد شرکت کننده ۵/۴۶±۲۷/۴۳ (محدوده سنی: ۲۰ تا ۳۸ سال)، گروه مردان ۵/۲۳±۲۶/۶۲ (محدوده سنی: ۲۰ تا ۳۸ سال) و گروه زنان ۵/۷۰±۲۹/۰۶ (محدوده سنی: ۲۰ تا ۳۸ سال) بود.

مقادیر میانگین ± انحراف معیار اطلاعات سایکلوپلژیک رفرکشن (Cycloplegic Refraction) و حدت بینایی (Visual Acuity) تک چشمی افراد شرکت کننده در مطالعه به تفکیک جنسیت، در جدول۱ قابل مشاهده می باشند. جدول۱، میانگین ± انحراف معیار مقادیر اسفر، سیلندر و اسفر معادل و همچنین، آنالیز وکتور این پارامترها در بیماران کراتوکونوسی دارای خطوط وگت و فاقد این خطوط را نشان داده است که پس از استفاده از قطره سایکلوپلژی، اندازه گیری شده اند. همچنین میانگین ± انحراف معیار حدت بینایی دور تصحیح شده تک چشمی و حدت بینایی دور تصحیح نشده تک چشمی، در واحد لگاریتم، نیز به تفکیک جنسیت بیان شده اند.

مقایسه ی آماری اطلاعات سایکلوپلژیک رفرکشن و حدت بینایی تک چشمی چشم های کراتوکونوسی دارای خطوط وگت و چشم های کراتوکونوسی فاقد خطوط وگت، در جدول۲ قابل مشاهده می باشد. مطابق جدول۲، میانگین ± انحراف معیار اسفر، سیلندر، اسفر معادل، J0 (کراس سیلندر جکسون، محورها در ۰ و ۹۰ درجه)، از لحاظ آماری تفاوت قابل ملاحظه ای را نشان دادند و میزان اسفر، قدرت سیلندر، اسفر معادل و J0 در گروه کراتوکونوسی دارای خطوط وگت بالاتر از گروه دیگر بود ($p<۰/۰۵$). همچنین، حدت بینایی دور تصحیح شده و تصحیح نشده تک چشمی نیز در چشم های کراتوکونوسی دارای خطوط وگت نسبت به چشم های کراتوکونوسی فاقد خطوط وگت، پایین تر بود ($p<۰/۰۵$) اما J45 (کراس سیلندر جکسون، محورها در ۴۵ و ۱۳۵ درجه)، از لحاظ آماری، تفاوت قابل ملاحظه ای ($p=۰/۵۸$) نشان نداد.

مقادیر میانگین ± انحراف معیار مجموع جذر میانگین مربعات، مجموع جذر میانگین مربعات رده پایین، جذر میانگین مربعات دفوکوس، جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم، مجموع جذر میانگین مربعات رده بالا، جذر میانگین مربعات کما، جذر میانگین مربعات اسفریکال، جذر میانگین مربعات تریفویل و جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم ثانویه به همراه مقایسه این مقادیر، در جدول ۳ ارائه شده اند. مطابق جدول ۳، برای تمامی پارامترهای مجموع جذر میانگین مربعات، مجموع جذر میانگین مربعات رده پایین ، جذر میانگین مربعات دفوکوس، جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم، مجموع جذر میانگین مربعات رده بالا، جذر میانگین مربعات کما، جذر میانگین مربعات اسفریکال و جذر میانگین مربعات تریفویل به جز جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم ثانویه ($p=۰/۰۵۴$)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱: میانگین و انحراف معیار اطلاعات سایکلوپلژیک رفرکشن و حدت بینایی تک چشمی افراد شرکت کننده در مطالعه به تفکیک جنسیت

پارامتر	قرنیه های دارای خطوط وگت و فاقد خطوط وگت	کل شرکت کنندگان		مردان		زنان	
		اختلاف میانگین ها ± انحراف معیار	محدوده	اختلاف میانگین ها ± انحراف معیار	محدوده	اختلاف میانگین ها ± انحراف معیار	محدوده
اسفر (D)	خطوط وگت+	-۲/۲±۶۸/۵۵	-۸/۷۵ تا +۱/۷۵	-۲/۲±۷۶/۷۸	-۸/۷۵ تا +۱/۷۵	-۲/۲±۵۱/۱۰	-۶/۰۰ تا +۱/۲۵
	خطوط وگت-	-۰/۱±۷۱/۵۱	-۴/۲۵ تا +۱/۵۰	-۰/۱±۷۰/۵۳	-۴/۲۵ تا +۱/۵۰	-۰/۱±۷۴/۵۰	-۳/۵۰ تا +۱/۲۵
سیلندر (D)	خطوط وگت+	-۴/۲±۹۰/۱۶	-۹/۵۰ تا -۱/۷۵	-۵/۲±۴۴/۲۰	-۹/۵۰ تا -۱/۷۵	-۳/۱±۸۱/۶۷	-۷/۵۰ تا -۱/۷۵
	خطوط وگت-	-۲/۱±۰۸/۷۰	-۸/۲۵ تا ۰۰/۰۰	-۲/۱±۱۳/۷۱	-۸/۲۵ تا -۰/۲۵	-۱/۱±۹۹/۷۵	-۵/۲۵ تا ۰۰/۰۰
معادل اسفر (D)	خطوط وگت+	-۵/۲±۲۰/۹۰	-۱۳/۰۰ تا -۰/۲۵	-۵/۳±۵۵/۲۰	-۱۳/۰۰ تا -۰/۲۵	-۴/۲±۵۰/۰۸	-۷/۷۵ تا -۱/۵۰
	خطوط وگت-	-۱/۱±۸۱/۹۹	-۸/۵۰ تا +۱/۰۰	-۱/۲±۸۲/۱۲	-۸/۵۰ تا +۱/۰۰	-۱/۱±۷۷/۷۶	-۴/۵۰ تا +۰/۷۵
J0 (D)	خطوط وگت+	۱/۱±۲۴/۶۰	-۲/۸۱ تا ۴/۱۱	۱/۱±۳۳/۸۳	-۲/۸۱ تا ۴/۱۱	۱/۱±۰۴/۰۵	-۰/۸۷ تا ۳/۷۲
	خطوط وگت-	۰/۰±۳۲/۹۲	-۱/۷۶ تا ۲/۶۲	۰/۰±۳۸/۹۴	-۱/۷۶ تا ۲/۵۴	۰/۰±۲۱/۹۰	-۰/۹۸ تا ۲/۶۲
J45 (D)	خطوط وگت+	۰/۱±۲۸/۷۵	-۳/۹۴ تا ۳/۰۷	۰/۱±۱۶/۹۰	-۳/۹۴ تا ۳/۰۷	۰/۱±۵۳/۴۱	-۳/۰۸ تا ۲/۶۱
	خطوط وگت-	۰/۰±۱۴/۹۳	-۳/۲۵ تا ۲/۶۲	۰/۰±۲۴/۹۰	-۳/۲۵ تا ۲/۰۸	-۰/۰±۰۷/۹۸	-۱/۸۶ تا ۲/۶۲
UDVA (LogMAR)	خطوط وگت+	۰/۰±۶۳/۴۱	۰۰/۰۰ تا ۱/۶۰	۰/۰±۷۰/۴۰	۰/۱۰ تا ۱/۶۰	۰/۰±۵۰/۴۱	۰۰/۰۰ تا ۱/۶۰
	خطوط وگت-	۰/۰±۳۱/۳۵	۰۰,۰۰ تا ۱/۳۰	۰/۰±۲۸/۳۰	۰۰/۰۰ تا ۱/۰۰	۰/۰±۳۷/۴۵	۰۰/۰۰ تا ۱/۳۰
CDVA (LogMAR)	خطوط وگت+	۰/۰±۲۸/۲۶	۰۰/۰۰ تا ۱/۰۰	۰/۰±۳۴/۲۸	۰۰/۰۰ تا ۱/۰۰	۰/۰±۱۶/۱۶	۰۰/۰۰ تا ۰/۵۰
	خطوط وگت-	۰/۰±۰۶/۱۰	۰۰/۰۰ تا ۰/۴۰	۰/۰±۰۷/۱۰	۰۰/۰۰ تا ۰/۴۰	۰/۰±۰۴/۰۷	۰۰/۰۰ تا ۰/۲۰

J0 = کراس سیلندر جکسون، محورها در ۰ و ۹۰ درجه، J45 = کراس سیلندر جکسون، محورها در ۴۵ و ۱۳۵ درجه، UDVA (Uncorrected Distance Visual Acuity)= حدت بینایی دور اصلاح نشده، CDVA (Corrected Distance Visual Acuity)= حدت بینایی دور اصلاح شده، Log MAR (Log Minimum Angle of Resolution): لگاریتم حداقل زاویه رزولوشن

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲: مقایسه ی آماری اطلاعات سایکلوپلژیک رفرکشن و حدت بینایی تک چشمی چشم های کراتوکونوسی دارای خطوط وگت و فاقد خطوط وگت افراد شرکت کننده در مطالعه، به تفکیک جنسیت

پارامتر	تفکیک جنسیت	اختلاف میانگین ها ±انحراف معیار	p-مقدار
اسفر (D)	کل افراد شرکت کننده	-۱/۲±۹۷/۱۹	<۰/۰۰۱
	مردان	-۲/۲±۰۶/۳۴	<۰/۰۰۱
	زنان	-۱/۱±۷۸/۸۹	۰/۰۰۳
سیلندر (D)	کل افراد شرکت کننده	-۲/۲±۸۱/۳۲	<۰/۰۰۱
	مردان	-۳/۲±۳۱/۴۶	<۰/۰۰۱
	زنان	-۱/۱±۸۲/۶۶	۰/۰۰۲
معادل اسفر (D)	کل افراد شرکت کننده	-۳/۲±۳۹/۵۲	<۰/۰۰۱
	مردان	-۳/۲±۷۳/۸۱	<۰/۰۰۱
	زنان	-۲/۱±۷۲/۶۹	۰/۰۰۱
J0	کل افراد شرکت کننده	۰/۱±۹۲/۲۶	<۰/۰۰۱
	مردان	۰/۱±۹۶/۴۸	۰/۰۰۱
	زنان	۰/۰±۸۳/۶۸	۰/۰۰۱
J45	کل افراد شرکت کننده	۰/۲±۱۵/۳۶	۰/۵۸
	مردان	-۰/۲±۰۸/۴۸	۰/۷۷
	زنان	۰/۲±۶۰/۱۰	۰/۰۸
UDVA (LogMAR)	کل افراد شرکت کننده	۰/۰±۳۲/۳۹	<۰/۰۰۱
	مردان	۰/۰±۴۲/۴۰	<۰/۰۰۱
	زنان	۰/۰±۱۳/۳۰	۰/۰۸
CDVA (LogMAR)	کل افراد شرکت کننده	۰/۰±۲۲/۲۲	<۰/۰۰۱
	مردان	۰/۰±۲۷/۲۴	<۰/۰۰۱
	زنان	۰/۰±۱۲/۱۵	۰/۰۰۷

J0 = کراس سیلندر جکسون، محورها در ۰ و ۹۰ درجه، J45 = کراس سیلندر جکسون، محورها در ۴۵ و ۱۳۵ درجه، UDVA (Uncorrected Distance Visual Acuity)= حدت بینایی دور اصلاح نشده، CDVA (Corrected Distance Visual Acuity)= حدت بینایی دور اصلاح شده، Log MAR (Log Minimum Angle of Resolution): لگاریتم حداقل زاویه رزولوشن

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: اطلاعات پارامترهای ارائه شده توسط دستگاه iTrace به همراه مقایسه آن ها میان چشم های کراتوکونوسی دارای خطوط وگت و چشم های کراتوکونوسی فاقد خطوط وگت

پارامتر	قرنیه دارای خطوط وگت و فاقد خطوط وگت	میانگین±انحراف معیار	محدوده	اختلاف میانگین ها ± انحراف معیار	p-مقدار
RMS total (µ)	خطوط وگت+	۸/۵±۱۷/۰۳	۱/۴۰ تا ۲۲/۱۷	۳/۳±۷۲/۹۹	<۰/۰۰۱
	خطوط وگت-	۴/۲±۴۶/۸۸	۰/۳۸ تا ۱۲/۲۹		
RMS LO total (µ)	خطوط وگت+	۷/۴±۷۱/۷۷	۱/۳۶ تا ۲۱/۴۱	۳/۳±۶۲/۷۳	<۰/۰۰۱
	خطوط وگت-	۴/۲±۰۹/۷۹	۰/۲۷ تا ۱۱/۷۵		
RMS defocus (µ)	خطوط وگت+	۶/۴±۷۸/۶۵	۱/۱۷ تا ۱۹/۵۹	۳/۳±۴۲/۶۷	<۰/۰۰۱
	خطوط وگت-	۳/۲±۳۶/۷۰	۱/۰۹- تا ۱۰/۴۰		
RMS Astigmatism (µ)	خطوط وگت+	۳/۲±۲۱/۱۱	۰/۲۳ تا ۱۱/۲۹	۱/۲±۳۴/۱۵	<۰/۰۰۱
	خطوط وگت-	۱/۱±۸۷/۵۱	۰۰/۰۰ تا ۶/۳۵		
RMS HO total (µ)	خطوط وگت+	۲/۱±۵۲/۹۱	۰/۳۲ تا ۹/۶۹	۰/۱±۹۲/۷۳	<۰/۰۰۱
	خطوط وگت-	۱/۱±۶۰/۰۶	۰/۱۸ تا ۴/۷۸		
RMS Coma (µ)	خطوط وگت+	۲/۱±۰۲/۷۱	۰/۲۶ تا ۸/۷۳	۰/۱±۸۲/۴۷	<۰/۰۰۱
	خطوط وگت-	۱/۰±۲۰/۹۱	۰/۰۴ تا ۳/۶۹		
RMS Spherical (µ)	خطوط وگت+	-۰/۰±۶۳/۸۲	۳/۲۰- تا ۰/۳۴	-۰/۰±۴۸/۹۷	۰/۰۰۲
	خطوط وگت-	-۰/۰±۱۵/۴۹	۱/۱۱- تا ۱/۹۹		
RMS Secondary Astigmatism (µ)	خطوط وگت+	۰/۰±۴۱/۴۱	۰/۰۲ تا ۲/۰۷	۰/۰±۰۸/۴۱	۰/۰۵۴
	خطوط وگت-	۰/۰±۳۳/۳۱	۰/۰۲ تا ۱/۱۶		
RMS Trefoil (µ)	خطوط وگت+	۰/۰±۷۹/۵۹	۰/۰۴ تا ۲/۷۰	۰/۰±۲۱/۶۸	۰/۰۳
	خطوط وگت-	۰/۰±۵۸/۴۴	۰/۰۶ تا ۱/۸۰		

RMS total (Root mean square total)= مجموع جذر میانگین مربعات، RMS LO total (Root mean square low order total)= مجموع جذر میانگین مربعات رده پایین، RMS defocus (Root mean square defocus)= جذر میانگین مربعات دفوکوس، RMS Astigmatism (Root mean square Astigmatism)= جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم، RMS HO total (Root mean square high order total)= مجموع جذر میانگین مربعات رده بالا، RMS Coma (Root mean square Coma)= جذر میانگین مربعات کما، RMS Spherical (Root mean square Spherical)= جذر میانگین مربعات اسفریکال، RMS Trefoil (Root mean square Trefoil)= جذر میانگین مربعات تریفویل، RMS Secondary Astigmatism (Root mean square Secondary Astigmatism)= جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم ثانویه

جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم ثانویه (p=۰/۰۵۴) میان دو گروه، تفاوت قابل ملاحظه آماری وجود دارد (همه، p<۰/۰۵). به عبارتی، میزان مجموع جذر میانگین مربعات، مجموع جذر میانگین مربعات رده پایین، جذر میانگین مربعات دفوکوس، جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم، مجموع جذر میانگین مربعات رده بالا، جذر میانگین مربعات کما، جذر میانگین مربعات اسفریکال و جذر میانگین مربعات تریفویل در چشم های کراتوکونوسی دارای خطوط وگت، بالاتر از چشم های کراتوکونوسی فاقد خطوط وگت بودند.

بحث و نتیجه گیری

کراتوکونوس به عنوان شایع ترین علت اولیه اکتازی قرنیه شناخته می شود و یکی از علائم میکروسکوپی و کلاسیک آن، خطوط وگت می باشد (۷، ۱). مطالعات مختلفی افزایش ابیراهی ها را در قرنیه های کراتوکونوسی، نسبت به قرنیه

www.SID.ir

Archive of SID

طبیعی نشان داده اند (۲۳، ۲۲). با توجه به تاثیر جبهه موج چشمی بر کیفیت بینایی در بیماران کراتوکونوس (۲۱، ۲۰، ۱۲) و نیز نظر به اینکه مطالعه ای که جبهه موج چشمی را بین چشم های کراتوکونوس دارای خطوط وگت و فاقد این خطوط مقایسه کرده باشد، وجود ندارد، هدف این مطالعه، تعیین پیش آگهی از وضعیت بینایی در بیماران کراتوکونوس دارای خطوط وگت و مقایسه آن با بیماران کراتوکونوس فاقد خطوط وگت می باشد.

در مطالعه حاضر، جبهه موج چشمی برای چشم های کراتوکونوسی دارای خطوط وگت و چشم های کراتوکونوسی فاقد خطوط وگت، بوسیله دستگاه iTrace، بررسی شد و مقادیر میانگین ± انحراف معیار پارامترهای جبهه موج چشمی اندازه گیری شده برای هر دو گروه، ثبت گردید. مقایسه این پارامترها بین چشم های کراتوکونوسی دارای خطوط وگت و چشم های کراتوکونوسی فاقد خطوط وگت، نشان داد که برای تمامی پارامترهای به دست آمده به جز جذر میانگین مربعات آستیگماتیسم ثانویه، میان دو گروه تفاوت قابل ملاحظه آماری وجود دارد.

در یک مطالعه Schwiegerling و همکاران و همچنین در یک مطالعه دیگر، Schwiegerling و Greivenkamp با استفاده از دستگاه ویدئوکراتوسکوپ و به روش آنالیز داده های ارتفاع حاصل از ویدئوکراتوسکوپی، با فرمول ریاضی و فیزیکی، جبهه موج بیماران کراتوکونوسی و افراد طبیعی را با هم مقایسه کردند. آنها نشان دادند که ابیراهی های کما و تری فویل، در افراد دارای کراتوکونوس از افراد طبیعی بیشتر هستند (۳۱، ۳۰). همچنین Gobbe و همکاران در سال ۲۰۰۵ که ابیراهی ها را در افراد دارای کراتوکونوس و افراد طبیعی و با دستگاه کراتوسکوپ Keratocon، مورد مقایسه قرار داده بودند، نیز همین نتیجه را به دست آورند (۱۹). در تمامی مطالعات مذکور، داده- های جبهه موج و تعیین ابیراهی ها به طور مستقیم توسط دستگاه انجام نشده است و در حقیقت داده های دستگاه توپوگرافی با استفاده از روش های تبدیل، برای استخراج ابیراهی ها مورد استفاده قرار گرفتند. این در حالیست که مطالعه حاضر از دستگاه iTrace که دستگاه اندازه گیری جبهه موج چشمی به روش ردیابی پرتو است، برای این منظور استفاده کرده است. همچنین در مطالعه مذکور قبلی، خطوط وگت در بیماران کراتوکونوس مورد توجه قرار نگرفتند. Mihältz و همکاران نیز با استفاده از تکنیک شک-هارتمن[۱]، نشان دادند که مجموع ابیراهی های رده بالا در بیماران دارای کراتوکونوس بیشتر از افراد طبیعی می باشد. همچنین، آن ها بیان کردند که خط دید در چشم های دارای کراتوکونوس، بسته به موقعیت مخروط کراتوکونوس، تغییر می کند و باعث افزایش ابیراهی کما می شود (۲۲). در مطالعات دیگر نیز نشان داده شده است که ابیراهی های اسفریکال و کما در افراد کراتوکونوسی، نسبت به افراد طبیعی افزایش داشته است (۳۳، ۳۲). تمامی مطالعات مذکور، کراتوکونوس را بدون در نظر گرفتن خطوط وگت بررسی کردند در حالیکه در مطالعه حاضر، علاوه بر تعیین مقادیر ابیراهی ها در چشم های کراتوکونوس، افزایش ابیراهی ها در چشمهای کراتوکونوس دارای خطوط وگت نیز نشان داده شد.

همچنین Alió و همکاران، با استفاده از ابیراهی کما و تلفیق آن با تقسیم بندی Amsler-Krumeich، تقسیم بندی جدیدی از کراتوکونوس ارائه دادند که نشان می دهد با افزایش شدت کراتوکونوس، میزان این ابیراهی نیز افزایش می یابد (۳۴). از آنجا که معمولا خطوط وگت نیز در حالت های شدید کراتوکونوس یافت می شود (۳۵)، می توان این انتظار را داشت که در چشم های کراتوکونوس دارای خطوط وگت نیز ابیراهی کما بیشتر شود که در مطالعه حاضر نیز این گونه بوده است. با این حال تمامی مطالعات پیشین، ابیراهی ها را در قرنیه های کراتوکونوس با در نظر گرفتن وجود یا عدم وجود خطوط وگت، بررسی نکرده بودند. مطالعه ای که توسط Hollingsworth و Efron، بر روی قرنیه های دارای خطوط وگت و با استفاده از میکروسکوپی اسکن کانفوکال انجام شده بود، نشان داد که باندهای متناوب تاریک و روشن مشاهده شده بوسیله میکروسکوپ اسکن کانفوکال، متناظر با خطوط وگت مشاهده شده توسط بیومیکروسکوپ اسلیت لمپ هستند (۸). Mocan و همکارانش، در مطالعه ای، بوسیله میکروسکوپ اسکن کانفوکال به صورت in vivo نشان دادند که ارتباط خطوط وگت با سایر تغییرات قرنیه از قبیل تعداد سلول های کراتوسیت و تعداد و پهنای سلول های عصبی قرنیه در میکروسکوپی کانفوکال in vivo به چه صورت است و

[۱] Shack-Hartmann

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین، تغییرات کراتومتری قرنیه را نیز بیان کردند. با این حال، این دو مطالعه نیز درباره همراه بودن خطوط وگت با ابیراهی های قرنیه که مد نظر مطالعه ما می باشند، مطلبی بیان نکرده‌اند (۳۵). طبق تحقیق صورت گرفته توسط Maeda و همکاران و همچنین بر اساس تحقیق صورت گرفته توسط Sabesan و Yoon، مشخص شد که ابیراهی های رده بالا به طور چشم گیری در عملکرد بینائی موثرند. از طرف دیگر مطالعه حاضر نشان دهنده بیشتر بودن ابیراهی ها و همچنین بیشتر بودن مقادیر اجزای رفرکشن و حدت بینایی کاهش یافته در افراد کراتوکونوس دارای خطوط وگت می باشد. بنابراین می توان این احتمال قابل توجه را در نظر گرفت که کیفیت و کمیت بینائی افراد کراتوکونوس دارای خطوط وگت در مقایسه با افراد کراتوکونوس بدون خطوط وگت، بدتر می باشد (۳۶، ۱۴).

از محدودیت های این مطالعه، می توان به عدم وجود دستگاه میکروسکوپ اسکن کانفوکال in vivo اشاره کرد که در صورت تصویر برداری میکروسکوپی از این بیماران، امکان مشاهده جزئیات و ویژگی های خطوط وگت و همچنین امکان بررسی و مقایسه داده های میکروسکوپی کانفوکال و ارتباط آن با ابیراهی ها بین دو گروه چشم های کراتوکونوسی دارای خطوط وگت و چشم های کراتوکونوسی فاقد خطوط وگت فراهم می شد. با توجه به اینکه کراتوکونوس، تاثیر قابل توجهی بر روی کیفیت زندگی وابسته به دید دارد (۳) و همچنین، اهمیت جبهه موج خصوصا ابیراهی های رده بالا در کیفیت بینایی (۲۱-۱۹) و از آنجا که نتیجه مطالعه حاضر، حاکی از افزایش ابیراهی های رده بالا و افزایش اجزای رفرکشن و کاهش حدت بینائی در بیماران دارای خطوط وگت، نسبت به قرنیه های کراتوکونوس فاقد خطوط وگت بود، می توان از نتایج این مطالعه در معاینات بالینی کراتوکونوس استفاده نمود. در حقیقت می توان چنین در نظر گرفت که در صورت مشاهده خطوط وگت در معاینات اسلیت لمپی، این احتمال داده شود که ممکن است این افراد، عملکرد بینائی و کیفیت زندگی وابسته به دید بدتری نسبت به سایر افراد کراتوکونوسی فاقد خطوط وگت، داشته باشند.

سپاسگزاری

این مقاله از پایان نامه دکترای تخصصی اپتومتری با شماره ثبت ۹۵۰۸۰۶، استخراج شده است.

منابع

1. Rabinowitz YS. Keratoconus. Surv Ophthalmol 1998; 42(4): 297-319.
2. Romero-Jiménez M, Santodomingo-Rubido J, Wolffsohn JS. Keratoconus: a review. Cont Lens Anterior Eye 2010; 33(4): 157-66.
3. Kymes SM, Walline JJ, Zadnik K, Sterling J, et al. Changes in the quality-of-life of people with keratoconus. Am J Ophthalmol 2008; 145(4): 611-617.
4. Kennedy RH, Bourne WM, Dyer JA. A 48-year clinical and epidemiologic study of keratoconus. Am J Ophthalmol 1986; 101(3): 267-73.
5. Gokhale NS. Epidemiology of keratoconus. Indian J Ophthalmol 2013; 61(8): 382-3.
6. Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. Surv Ophthalmol 1984; 28(4): 293-322.
7. Hollingsworth JG, Efron N. Observations of banding patterns (Vogt striae) in keratoconus: a confocal microscopy study. Cornea 2005; 24(2): 162-6.
8. Zadnik K, Barr JT, Edrington TB, Everett DF, et al. Baseline findings in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study. Invest Ophthalmol Vis Sci 1998; 39(13): 2537-46.
9. Chalita MR, Chavala S, Xu M, Krueger RR. Wavefront analysis in post-LASIK eyes and its correlation with visual symptoms, refraction, and topography. Ophthalmology 2004; 111(3): 447-53.
10. Williams D, Yoon GY, Porter J, Guirao A, et al. Visual benefit of correcting higher order aberrations of the eye. J Refract Surg 2000; 16(5): S554-9.

www.SID.ir

Archive of SID

11. Thibos LN, Hong X, Bradley A, Cheng X. Statistical variation of aberration structure and image quality in a normal population of healthy eyes. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis 2002; 19(12): 2329-48.

12. Maeda N, Fujikado T, Kuroda T, Mihashi T, et al. Wavefront aberrations measured with Hartmann-Shack sensor in patients with keratoconus. Ophthalmology 2002; 109(11): 1996-2003.

13. Marcos S. Aberrations and visual performance following standard laser vision correction. J Refract Surg 2001; 17(5): S596-601.

14. Bailey MD, Mitchell GL, Dhaliwal DK, Wachler BS, et al. Patient satisfaction and visual symptoms after laser in situ keratomileusis. Ophthalmology 2003; 110(7): 1371-8.

15. Bühren J, Martin T, Kühne A, Kohnen T. Correlation of aberrometry, contrast sensitivity, and subjective symptoms with quality of vision after LASIK. J Refract Surg 2009; 25(7): 559-68.

16. Moreno-Barriuso E, Lloves JM, Marcos S, Navarro R, et al. Ocular aberrations before and after myopic corneal refractive surgery: LASIK-induced changes measured with laser ray tracing. Invest Ophthalmol Vis Sci 2001; 42(6): 1396-403.

17. Gobbe M, Guillon M. Corneal wavefront aberration measurements to detect keratoconus patients. Cont Lens Anterior Eye 2005; 28(2): 57-66.

18. Atchison DA, Collins MJ, Wildsoet CF, Christensen J, et al. Measurement of monochromatic ocular aberrations of human eyes as a function of accommodation by the Howland aberroscope technique. Vision Res 1995; 35(3): 313-23.

19. Oshika T, Klyce SD, Applegate RA, Howland HC, et al. Comparison of corneal wavefront aberrations after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis. Am J Ophthalmol 1999; 127(1): 1-7.

20. Miháltz K, Kránitz K, Kovács I, Takács A, et al. Shifting of the line of sight in keratoconus measured by a hartmann-shack sensor. Ophthalmology 2010; 117(1): 41-8.

21. Lim L, Wei RH, Chan WK, Tan DT. Evaluation of higher order ocular aberrations in patients with keratoconus. J Refract Surg 2007; 23(8): 825-8.

22. Charman WN. Wavefront aberration of the eye: a review. Optom Vis Sci 1991; 68(8): 574-83.

23. Chakraborty R, Read SA, Collins MJ. Diurnal variations in ocular aberrations of human eyes. Curr Eye Res 2014; 39(3): 271-81.

24. Awwad ST, El-Kateb M, McCulley JP. Comparative higher-order aberration measurement of the LADARWave and Visx WaveScan aberrometers at varying pupil sizes and after pharmacologic dilation and cycloplegia. J Cataract Refract Surg 2006; 32(2): 203-14.

25. Cade F, Cruzat A, Paschalis EI, Espírito Santo L, et al. Analysis of four aberrometers for evaluating lower and higher order aberrations. PLoS One 2013; 8(1): e54990.

26. Guilbert E, Saad A, Elluard M, Grise-Dulac A, et al. Repeatability of Keratometry Measurements Obtained With Three Topographers in Keratoconic and Normal Corneas. J Refract Surg 2016; 32(3): 187-92.

27. Thibos LN, Horner D. Power vector analysis of the optical outcome of refractive surgery. J Cataract Refract Surg 2001; 27(1): 80-5.

28. Schwiegerling J, Greivenkamp JE, Miller JM. Representation of videokeratoscopic height data with Zernike polynomials. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis 1995; 12(10): 2105-13.

29. Schwiegerling J, Greivenkamp JE. Keratoconus detection based on videokeratoscopic height data. Optom Vis Sci 1996; 73(12): 721-8.

30. Applegate RA, Hilmantel G, Howland HC, Tu EY, et al. Corneal first surface optical aberrations and visual performance. J Refract Surg. 2000; 16(5):507-14.

31. Shah S, Naroo S, Hosking S, Gherghel D, et al. Nidek OPD-scan analysis of normal, keratoconic, and penetrating keratoplasty eyes. J Refract Surg 2003: S255-9.

www.SID.ir

Archive of SID

32. Alió JL, Shabayek MH. Corneal higher order aberrations: a method to grade keratoconus. J Refract Surg 2006; 22(6): 539-45.

33. Mocan MC, Yilmaz PT, Irkec M, Orhan M. The significance of Vogt's striae in keratoconus as evaluated by in vivo confocal microscopy. Clin Exp Ophthalmol 2008; 36(4): 329-34.

34. Sabesan R, Yoon G. Visual performance after correcting higher order aberrations in keratoconic eyes. J Vis 2009; 9(5): 6.1-10.

www.SID.ir