

## بررسی ارزش پیش بینی معیار ابرومتري در بهبود وضعیت بینایی در بیماران کراتوکونوس قبل و بعد از فیت لنز سخت

فاطمه باغبانی<sup>1</sup>، جواد هرویانی<sup>2\*</sup>، اکبر درخشان<sup>3</sup>، محمد خواجه دلویی<sup>4</sup>، عباس عظیمی<sup>4</sup>، هادی استادی مقدم<sup>5</sup>، عباسعلی یکتا<sup>2</sup>

1. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آموزشی بینایی سنجی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران
2. استادیار، گروه آموزشی بینایی سنجی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران
3. دانشیار، مرکز تحقیقات چشم بیمارستان خاتم الانبیا، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران
4. دانشیار، گروه پزشکی اجتماعی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران
5. دانشیار، گروه آموزشی بینایی سنجی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: 91/12/16 تاریخ پذیرش: 92/3/29

### چکیده

**زمینه و هدف:** کراتوکونوس یا مخروطی شدن قرنیه در حالات متوسط باعث کاهش تیزی بینایی می‌شود که با عینک اصلاح نمی‌گردد در این حالات تجویز لنزهای تماسی سخت با کاهش ابیراهی‌های قرنیه موجب افزایش دید می‌شود. هدف از این مطالعه تعیین پیش آگهی تیز بینی و حساسیت کنتراست قبل و بعد از لنز تماسی سخت در بیماران کراتوکونوس با توجه به هم‌بستگی میان تغییرات ابیراهی‌ها و تغییرات وضعیت بینایی می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه مقطعی تعداد 40 چشم کراتوکونوس با میزان خفیف و متوسط از بیست فرد 20 تا 40 سال مورد مطالعه قرار گرفتند. در بیماران معاینات چشمی شامل گرفتن دید، رفرکشن ابجکتیو و سابجکتیو، اندازه‌گیری حساسیت کنتراست به صورت تک چشمی قبل و بعد از فیت لنز تماسی با استفاده از تست CSV\_1000 E صورت گرفت. همه این تست‌ها قبل و بعد از فیت لنز سخت انجام شدند. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل گردید.

**یافته‌ها:** میانگین حساسیت کنتراست در همه فرکانس‌های فضایی با لنز سخت بالاتر از بهترین اصلاح بود. میانگین ابیراهی‌های درجه بالا هم با مردمک 5 و 6 میلی‌متر با لنز سخت نسبت به حالت بدون لنز کاهش پیدا کرده بود. میانگین ابیراهی‌ها با مردمک 6 میلی‌متر بیشتر از مردمک 5 میلی‌متر بود. هم‌چنین ارتباط معنی‌داری بین تغییرات دید و تغییرات حساسیت کنتراست با تغییرات ابیراهی‌های رده بالا وجود نداشت.

**نتیجه‌گیری:** عملکرد بینایی و تیز بینی با فیت کردن لنز تماسی از طریق کاهش ابیراهی‌های درجه بالا نسبت به عینک کاهش یافت. گرچه میان ابیراهی‌های درجه بالا و عملکرد بینایی ارتباطی وجود نداشت.

**واژگان کلیدی:** ابرومتري، حساسیت کنتراست، ابیراهی‌های درجه بالا، کراتوکونوس

\* نویسنده مسئول: مشهد، ابتدای فلسطین، دانشکده پیراپزشکی مشهد

## مقدمه

کراتوکونوس یک سندرم نسبتاً شایع با فراوانی 50 در صد هزار نفر است. در این بیماری قسمت مرکزی قرنیه به طور پیش‌رونده نازک شده، به دنبال آن قرنیه دچار برآمدگی می‌شود. به طوری که قرنیه به شکل مخروط در می‌آید (1). علت بیماری به طور کامل مشخص نیست، اما در 6 تا 8 درصد از موارد رابطه فامیلی و ژنتیکی مشاهده شده است (2). در حالات خفیف بیماری که شیوع بیشتری دارد دید را می‌توان با عینک اصلاح نمود. در مواردی که نتوان از عینک استفاده کرد مانند آستیگماتیسم نامنظم، می‌توان از لنزهای تماسی سخت استفاده کرد. لنزهای تماسی سخت (Rigid Gas Permeable-RGP) در این بیماران باعث بهبود عملکرد بینایی از طریق کاهش ابیراهی‌های درجه بالا می‌شود. این ابیراهی‌ها با دستگاهی به نام ابروسکوپ اندازه‌گیری می‌شود، این وسیله قادر به اندازه‌گیری ابیراهی‌های مربوط به کل قسمت‌های بینایی چشم است (3). بنابراین می‌توان با فیت صحیح لنزهای RGP ابیراهی‌های درجه بالا و آستیگمات قرنیه را کاهش داد و در نتیجه کیفیت اپتیکی و در نهایت علاوه بر افزایش تیز بینی و حساسیت کنتراست کارایی بینایی فرد را افزایش داد (4).

مطالعاتی که تاکنون انجام شده، تنها به بررسی تاثیر ابیراهی‌های درجه بالای (High Order HOAs) (Aberrations) پس از فیت لنز RGP بر عملکرد بینایی پرداخته‌اند و توجه خاص به بررسی HOAs قبل از فیت RGP نشده است، این سوال پیش می‌آید که آیا می‌توان از روی HOAs اندازگیری شده با ابرومتر پیش بینی کرد که بعد از فیت لنز RGP، این ابیراهی‌ها احتمالاً باقی بماند و عملکرد بینایی هم‌چنان ضعیف باشد لذا هدف این مطالعه پیش‌آگهی از وضعیت بینایی در بیماران کراتوکونوس با توجه به شاخص ابرومتری می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

40 چشم کراتوکونوس با شدت خفیف و متوسط در بیست بیمار مورد معاینه قرار گرفتند که از این تعداد 9 چشم به دلیل اندازه کوچک مردمک و عدم انجام تست ابرومتری از مطالعه خارج شدند. ابتدا در بیماران معاینات کامل بینایی شامل اندازه‌گیری حدت بینایی با چارت اسنلن در فاصله استاندارد 6 متری، رفرکشن ابجکتیو با دستگاه اتورفرکتو کراتومتر تاپکن، رفرکشن سابجکتیو با استفاده از تریبل فریم و جعبه لنز، فیت لنز تماسی RGP با استفاده از اتوکراتومتر، اندازه‌گیری حساسیت کنتراست به صورت تک چشمی با عینک و با لنز RGP با چارت CSV-1000 و اندازه‌گیری ابیراهی‌های درجه بالا (Root Mean of Square-RMS) با لنز و بدون لنز تماسی، صورت گرفت. چارت CSV-1000 از شبکه موج‌های سینوسی استفاده می‌کند. فاصله انجام تست 8 فوت (2/5 متر) و دارای چهار فرکانس فضایی (3)، 6، 12 و 18 Cycle Per Degree-CPD) در چهار ردیف است در هر ردیف 17 پلیت با کنتراست متفاوت وجود دارد. کنتراست پلیت‌ها با استیپ تقریباً 0/16 واحد لگاریتم کاهش پیدا می‌کند (5). از بیماران خواسته شد تا به اولین پلیت نمونه نگاه کنند و سپس در هر ستون به دنبال پلیت دارای شبکه باشند. آخرین پاسخ درست به عنوان آستانه کنتراست فرد در نظر گرفته شد. سطوح حساسیت کنتراست در هر ردیف برای هر فرکانس فضایی به ترتیب 0/7 تا 2/08، 0/91 تا 2/29، 0/61 تا 1/99 و 0/17 تا 1/55 واحد لگاریتم است. تغییر کنتراست بین پلیت نمونه و اولین پلیت 0/17 واحد لگاریتم می‌باشد (6، 7).

در این مطالعه به منظور محاسبه مقدار آستانه حساسیت کنتراست بر حسب لگاریتم به ترتیب با بهترین اصلاح (عینک) و لنز RGP از جدول شماره یک استفاده شد. مقادیر به دست آمده از بهترین اصلاح (عینک) و لنز با استفاده از جدول شماره 1 به لگاریتم تبدیل شدند.

جدول 1. مقادير حساسيت کنتراست برای چارت CSV1000E بر حسب لگاریتم

ردیف (سیکل بر درجه)	پلیت	1	2	3	4	5	6	7	8
A (۳)	0/70	1	1/17	1/34	1/49	1/63	1/78	1/93	2/08
B (۴)	0/91	1/21	1/38	1/55	1/70	1/84	1/99	2/14	2/29
C (۱۲)	0/61	0/91	1/08	1/25	1/40	1/54	1/69	1/84	1/99
D (۱۸)	0/17	0/47	0/64	0/81	0/96	1/10	1/25	1/40	1/55

گرفته شد و تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS با نسخه 11/5 صورت گرفت. شماره مجوز کد اخلاقی این پژوهش 1108 می‌باشد.

#### یافته‌ها

متوسط سن افراد مورد مطالعه  $26 \pm 5/5$  سال می‌باشد که در گروه زنان میانگین سن افراد  $26 \pm 7/9$  و در گروه مردان  $26 \pm 3/9$  سال می‌باشد. جدول شماره 2 میانگین و انحراف معیار، عیب انکسار، حساسیت کنتراست و ابیراهی‌ها با مردمک 5 و 6 میلی‌متری با لنز و بدون لنز در بیماران را نشان می‌دهد. بر اساس یافته‌های به دست آمده در این مطالعه میانگین معادل اسفریک چشم راست  $6/1-$  دیوپتر و چشم چپ  $5/4-$  دیوپتر بود.

در این مطالعه بیشترین شیوع مربوط به آستیگمات موافق قاعده و کمترین مربوط به آستیگمات مخالف قاعده بود و میانگین حساسیت کنتراست در همه فرکانس فضایی با لنز سخت در چشم راست و چپ بالاتر از بهترین اصلاح می‌باشد. میانگین ابیراهی‌ها درجه بالا با لنز سخت هم با مردمک 5 و 6 میلی‌متر نسبت به حالت بدون لنز کاهش پیدا کرده است. متوسط فشار داخل چشمی بیماران  $11/43 \pm 0/56$  میلی‌متر جیوه می‌باشد. هم‌چنین میانگین ضخامت قرنیه در این بیماران  $485/27 \pm 70/05$  میکرون و میانگین ضخامت نازک‌ترین قسمت قرنیه  $479 \pm 74/31$  میکرون می‌باشد.

میانگین حساسیت کنتراست با لنز سخت نسبت به میانگین آن با عینک در هر دو گروه مرد و زن، بیشتر بود اما از نظر آماری در حد معنی داری نمی‌باشد. هم‌چنین میانگین

طبق دستورالعمل چارت اگر بیمار شبکه‌های اولین پلیت را تشخیص نمی‌داد به جای وارد کردن عدد صفر از پایین‌ترین امتیاز به دست آمده در آخرین ردیف حساسیت کنتراست بیمار به ترتیب 0/3 لگاریتم کم کردیم و برای ردیف‌های بعدی نیز بدین ترتیب عمل شد:

$$A=0/4, B=0/61, C=0/31, D=0/13$$

ابیراهی‌ها با ابیرومترهای شاک، هارتمن، از نوع بوش‌اند لمب برای مردمک‌های 5 و 6 میلی‌متری اندازه‌گیری شد که در آن فرم امواج با ارزیابی فاصله بین سطح جبهه موج و یک سطح مرجع که در مردمک ورودی چشم واقع شده، ارزیابی می‌شود. شکل کامل دریافتی توسط حس گر شاک، هارتمن شامل یک سری نقاط هست، این نقاط به صورت یک طرح شبکه‌ای منظم که با موقعیت هندسی میکرولنزها هماهنگ شود، مرتب خواهند شد. اگر ابیراهی وجود داشته باشد، نقاط نسبت به موقعیت بدون ابیراهی خود تغییر مکان خواهند داد (8). در این مطالعه ابتدا در بیماران بدون لنز مقدار ابیراهی‌های درجه بالا اندازه‌گیری شد و سپس با لنز سخت اندازه‌گیری انجام گرفت. لازم به ذکر است که در هنگام انجام ابرومتري به علت استفاده از لنز از قطره میدریاتیک استفاده نشد و برای گشاد شدن مردمک بیماران از اتاق تاریک استفاده شد. در این مطالعه برای اندازه‌گیری فشار داخل چشم از تونومتر آپلینشن و برای اندازه‌گیری ضخامت قرنیه از اورب اسکن استفاده شد.

در توصیف داده‌ها از جداول فراوانی و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های آماری تی مستقل و هم‌بستگی پیرسون استفاده شد. در این مقاله  $p < 0/05$  سطح معنی دار در نظر

هم چنین از لحاظ آماری ارتباط معنی داری میان تغییرات حساسیت کنتراست در فرکانس های 3، 6، 12 و 18 CPD با تغییرات ابیراهی های درجه بالا در مردمک 5 و 6 میلی متر، در چشم راست، دیده نشد و بین تغییرات حساسیت کنتراست در فرکانس های 3، 6، 12 و 18 CPD با تغییرات اعوجاج های درجه بالا در مردمک 5 و 6 میلی متر ارتباط معنی داری وجود ندارد.

ابیراهی های درجه بالا با مردمک 5 و 6 میلی متر در حالت با لنز نسبت به حالت بدون لنز کاهش نشان داد. ولی میانگین ابیراهی ها با مردمک 6 میلی متر بیشتر بود. متوسط ابیراهی ها (با لنز و بدون لنز) در دو جنس تفاوت معناداری نشان نداد. جدول شماره 3 هم بستگی میان تغییرات ابیراهی های درجه بالای کل و تغییرات وضعیت بینایی کل را نشان می دهد. همان طور که داده های جدول نشان می دهد ارتباط معنی داری میان تغییرات دید و تغییرات ابیراهی های رده بالا از نظر آماری وجود ندارد.

جدول 2. میانگین و انحراف معیار عیب انکسار حساسیت کنتراست و ابیراهی ها با لنز و بدون لنز با مردمک 5 و 6 میلی متری

میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
-6/00	2/62	-10/75	-1/25
1/11	0/27	0/37	1/42
1/51	0/24	1/07	1/87
1/04	0/80	0/31	3/54
1/96	1/20	0/63	5/23
0/44	0/16	0/11	0/68
0/75	0/27	0/43	1/27

جدول 3. ارتباط بین تغییرات ابیراهی های درجه بالای کل و تغییرات وضعیت بینایی کل

تغییرات کلی دید	تغییرات کلی ابیراهی ها در مردمک 5 میلی متر	تغییرات کلی ابیراهی ها در مردمک 6 میلی متر	تغییرات کلی حساسیت کنتراست
1	$r = -0.16$	$r = -0.25$	$r = 0.27$
	$p = 0.66$	$p = 0.51$	$p = 0.48$
تغییرات کلی ابیراهی ها در مردمک 5 میلی متر	1	$r = 0.90$	$r = 0.27$
		$p = 0.0$	$p = 0.92$
تغییرات کلی ابیراهی ها در مردمک 6 میلی متر	$r = 0.90$	1	$r = 0.79$
	$p = 0.0$		$p = 0.78$
تغییرات کلی حساسیت کنتراست	$r = 0.27$	$r = 0.79$	1
	$p = 0.48$	$p = 0.78$	

## بحث

یافته‌های این مطالعه نشان داد که لنز RGP عملکرد بنیایی را برای حساسیت کنتراست با بهترین اصلاح در بیماران کراتوکونوس در مقایسه با عینک را افزایش می‌دهد. هم‌چنین متوسط حساسیت کنتراست با اصلاح و لنز در دو جنس مذکر و مونث تفاوت معنی داری ندارد. این یافته‌ها موافق با نتایج نیگیشی و همکارانش (9) می‌باشد آنها نیز با استفاده از لنز تماسی RGP گزارش دادند میانگین حساسیت کنتراست در گروه کراتوکونوس نسبت به عینک بیشتر است.

میانگین ابیراهی‌های درجه بالا در مردمک 5 و 6 میلی‌متر با لنز سخت پایین‌تر از حالت بدون لنز می‌باشد، یعنی ابیراهی‌ها با لنز کاهش پیدا کرده‌اند. هم‌چنین با مقایسه ابیراهی‌ها بین مردمک 5 و 6 میلی‌متر مشاهده می‌شود که با افزایش اندازه مردمک مقدار ابیراهی‌ها هم افزایش می‌یابد. چون مقدار RMS ابیراهی‌ها با مردمک 6 میلی‌متر بیشتر از مردمک 5 میلی‌متر می‌باشد. نیگیشی و چوج در مطالعه شان ابیراهی‌ها را تنها برای مردمک 4 میلی‌متر اندازه‌گیری کردند و اشاره به کاهش ابیراهی‌ها با لنز برای مردمک 4 میلی‌متر، کردند (9، 10). رامکومار و اوکاموتو هم در مطالعه خود ابیراهی‌ها را فقط با مردمک 6 میلی‌متر سنجیدند (11، 12). ماعدان در مطالعه خود، ابیراهی‌های جبهه موجی را که با دیامتر 4 میلی‌متر مرکزی اندازه‌گیری شده بودند را به عنوان ابیرایش‌های دید روز و دیامتر 6 میلی‌متر مرکزی به عنوان ابیرایش‌های دید شب معرفی کرد و اشاره کرد که هم‌بستگی میان ابیراهی‌های درجه بالای چشمی و قرنیه‌ای در دید روز و شب (دیامتر 4 و 6 میلی‌متر) وجود دارد. لازم به ذکر است که ماعدا در مطالعه خود به مقایسه مقدار ابیراهی‌ها میان دو دیامتر نپرداخته است (13). در مطالعه ای که یان انجام داده بود هم مقادیر ابیراهی‌های RMS در چشم‌های کراتوکونیک با شدت خفیف و متوسط بعد از فیت لنز RGP کاهش چشم‌گیری نشان داد (14). چوج هم در مطالعه خود که بر روی دو گروه مایوپ و کراتوکونوس انجام داده بود به این نتیجه رسید که در گروه کراتوکونوس

مقدار کل ابیراهی‌های درجه بالا با لنز سخت از 0/54 به 0/36 میکرون کاهش می‌یابد. در مطالعه دیگری که یان انجام داد (15) مشاهده کردند میزان ابیراهی‌ها بدون لنز از 3/63 میکرون به 1/39 میکرون با لنز کاهش داشت. آنها نتیجه گرفتند که متوسط ابیراهی‌ها با لنز نسبت به حالت بدون لنز کاهش چشم‌گیری دارد (15). ما نیز مانند مطالعات ذکر شده به این نتیجه رسیدیم که ابیراهی‌های درجه بالا با لنز سخت کاهش می‌یابند.

مقدار RMS ابیراهی‌های درجه بالا با لنز سخت نسبت به حالت بدون لنز پایین‌تر است. هم‌چنین میانگین ابیراهی‌ها با لنز و بدون لنز در دو جنس تفاوت معنی داری ندارد، یعنی ارتباطی بین ابیراهی‌ها و جنسیت وجود ندارد. متوسط فشار داخل چشم در مطالعه ما در افراد کراتوکونوس 11/43 میلی‌متر جیوه (با تونومتر آپلینشن) می‌باشد که با متوسط فشار افراد نرمال اختلاف معنی داری نداشت. بوهم و همکارانش فشار چشم را در دو گروه افراد نرمال و کراتوکونوس با تونومتر آپلینشن اندازه‌گیری کردند. آنها به منظور مقایسه اندازه‌گیری‌های اضافی فشار داخل چشم در گروه کراتوکونوس نسبت به نرمال، فشار چشم را در راس مخروط و مرکز قرنیه اندازه‌گیری کردند متوسط فشار داخل چشم در گروه نرمال با تونومتر آپلینشن  $11/33 \pm 1/43$  میلی‌متر جیوه و در گروه کراتوکونوس میانگین فشار داخل چشم در مرکز و راس مخروط به ترتیب  $12 \pm 2/55$  و  $7/30 \pm 1/95$  میلی‌متر جیوه بود. با توجه به میانگین فشار چشم افراد نرمال در مطالعه بوهم، میانگین فشار چشم افراد کراتوکونوس در مطالعه ما با اختلاف تقریباً 0/1 میلی‌متر جیوه، نرمال می‌باشد.

در مطالعه حاضر ضخامت کلی قرنیه و ضخامت نازک‌ترین قسمت قرنیه با دستگاه تپوگرافی اورب اسکن اندازه‌گیری شد که به ترتیب برابر با  $485/27 \pm 70/05$  و  $479 \pm 74/31$  میکرون بود. یایلالی در مطالعه خود ضخامت کلی قرنیه را در افراد نرمال با دو روش تپوگرافی اورب اسکن و پاکی‌متری اندازه‌گیری کرد. متوسط ضخامت کلی قرنیه با سیستم تپوگرافی اورب اسکن برابر با  $571/3 \pm 6/21$

نمونه افزایش یابد و آزمایشات مختلف در دو نوبت به منظور جلوگیری از خستگی و عدم همکاری بیماران انجام شود.

### نتیجه گیری

در این مطالعه برای اولین بار همبستگی میان تغییرات ابیراهی های درجه بالای چشمی و کارایی بینایی مورد بررسی قرار گرفت. عملکرد بینایی حساسیت کانتراست و تیز بینی با فیت کردن لنز تماسی سخت از طریق کاهش ابیراهی های درجه بالا نسبت به عینک کاهش یافت. همبستگی و ارتباطی میان ابیراهی های درجه بالا و وضعیت بینایی وجود نداشت، وضعیت ابرومتري ارتباطی با پیش بینی تغییرات وضعیت بینایی در بیماران مبتلا به کراتوکونوس نداشت. هر چه اندازه پوپیل بزرگ تر باشد مقدار RMS ابیراهی های درجه بالا نیز افزایش می یابد.

### تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد به خاطر حمایت مالی تقدیر و تشکر می گردد. ضمناً مقاله حاضر از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد خانم فاطمه باغبانی با کد طرح 910329 استخراج گردیده است.

### منابع

- 1- Razmjy H, Shams M, Abtahi MA, Abtahi H. Comparison of Deep Lamellar Keratoplasty and Penetrating Keratoplasty in Patients with Keratoconus: A Clinical Trial Study. Journal of Isfahan Medical School. 2004; 29(144):798-802. [Persian]
- 2- Graves B. "KERATOCONUS". Br J Ophthalmol. 1925;9(1):45-6.
- 3- Knapp A. Etiology and Treatment of Kerato-conus. Trans Am Ophthalmol Soc. 1929; 27: 63-72.
- 4- Ridley F. Contact lenses in treatment of keratoconus. The British Journal of Ophthalmology. 1956;40(5):295-304.
- 5- Gartaganis SP, Psyrojannis AJ, Koliopoulos JX, Mela EK. Contrast sensitivity function in patients with impaired oral glucose tolerance. Optometry & Vision Science. 2001;78(3):157-61.

میکرون بوده است (16). با توجه به میانگین ضخامت کلی قرنیه افراد نرمال در مطالعه بوهم، متوسط ضخامت کلی قرنیه بیماران کراتوکونوسی در مطالعه ما پایین می باشد و علت این اختلاف نازک بودن بافت قرنیه در این بیماران می باشد.

در مطالعه ما ارتباط یا همبستگی میان تغییرات دید و تغییرات ابیراهی های درجه بالا، وجود ندارد. اما بین تغییرات ابیراهی ها با مردمک 5 میلی متر و تغییرات ابیراهی ها با مردمک 6 میلی متر در هر چشم ارتباط معنی داری وجود دارد.

ارتباط معنی داری بین تغییرات حساسیت کنتراست در فرکانس های 3، 6، 12 و 18 CDP و تغییرات ابیراهی های درجه بالا (در مردمک 5 و 6 میلی متر) وجود ندارد. اوکاموتو (12) در مطالعه خود به بررسی ارتباط میان ابیراهی های درجه بالای چشمی و عملکرد حساسیت کنتراست در چشم های کراتوکونوس پرداخت که نتیجه گرفت در گروه کراتوکونوس حساسیت کنتراست با ابیراهی های رده های سوم و چهارم همبستگی چشم گیری دارد ولی این ابیراهی ها با حدت بینایی اصلاح شده با بهترین اصلاح در گروه کراتوکونوس، همبستگی ضعیف وجود دارد. اما در گروه نرمال همبستگی میان ابیراهی ها با حساسیت کنتراست و حدت بینایی وجود نداشت. این نتایج با مطالعه ما هم خوانی نداشت که مهم ترین دلیل آن استفاده از لنز تماسی سخت در مطالعه ما بود ولی اوکاموتو در گروه کراتوکونوس از لنز سخت استفاده نکرد و تمام تست ها اعم از ابرومتري و حساسیت کنتراست بدون لنز انجام شده بود. تست حساسیت کنتراستی که در مطالعه اوکاموتو استفاده شده بود چارت CSV1000-LV بود. هم چنین در مطالعه اوکاموتو ابیراهی های درجه سوم و چهارم فقط مورد بررسی قرار گرفتند ولی در مطالعه ما کل ابیراهی های درجه بالا بررسی شدند.

از محدودیت های این مطالعه تعداد کم حجم نمونه و طولانی بودن زمان انجام تست ها و خستگی بیماران را می توان نام برد، که پیشنهاد می شود در مطالعه بعدی حجم

- sensitivity in keratoconus. *Eye*. 2007;22(12):1488-92.
- 13- Maeda N, Fujikado T, Kuroda T, Mihashi T, Hirohara Y, Nishida K, et al. Wavefront aberrations measured with Hartmann-Shack sensor in patients with keratoconus. *Ophthalmology*. 2002;109(11):1996-2003.
- 14- Shi Y, Wang L, Lü T, Qin J. Changes of ocular higher order aberration in keratoconus eyes wearing rigid gas-permeable contact lens. [*Zhonghua ank e za zhi*] Chinese journal of ophthalmology. 2011;47(7):601-6.
- 15- Xie P, Wang D, Yang L, Zhou W. [The evaluation of visual quality in keratoconus eyes corrected by rigid gas-permeable contact lens]. [*Zhonghua ank e za zhi*] Chinese journal of ophthalmology. 2005;41(12):1086-91.
- 16- Yaylali V, Kaufman SC, Thompson HW. Corneal thickness measurements with the Orbscan Topography System and ultrasonic pachymetry. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 1997;23(9):1345-50.
- 17- Yaylali V, Kaufman SC, Thompson HW. Corneal thickness measurements with the Orbscan Topography System and ultrasonic pachymetry. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 1997;23(9):1345-50.
- 6- Pomerance GN, Evans DW. Test-retest reliability of the CSV-1000 contrast test and its relationship to glaucoma therapy. *Investigative ophthalmology & visual science*. 1994;35(9):3357-61.
- 7- Elliott DB. Contrast sensitivity and glare testing. Teoksessa Benjamin, William J(toim): *Borishs Clinical Refraction Philadelphia, Pennsylvania: WB Sanders Company*. 1998:208-41.
- 8- Azar DT, Gatinel D. *Refractive Surgery*. Philadelphia:Elsevier 2007;1:1-16.
- 9- Negishi K, Kumanomido T, Utsumi Y, Tsubota K. Effect of higher-order aberrations on visual function in keratoconic eyes with a rigid gas permeable contact lens. *American journal of ophthalmology*. 2007;144(6):924-9. e1.
- 10- Choi J, Wee WR, Lee JH, Kim MK. Changes of ocular higher order aberration in on-and off-eye of rigid gas permeable contact lenses. *Optometry & Vision Science*. 2007;84(1):42-51.
- 11- Sabesan R, Jeong TM, Carvalho L, Cox IG, Williams DR, Yoon G. Vision improvement by correcting higher-order aberrations with customized soft contact lenses in keratoconic eyes. *Optics letters*. 2007;32(8):1000-2.
- 12- Okamoto C, Okamoto F, Samejima T, Miyata K, Oshika T. Higher-order wavefront aberration and letter-contrast