

Investigation of Corneal Elevation, Astigmatism and Best Fit Sphere in Different stages of Keratoconus

Aslani F¹, Khorrani-Nejad M², Aghazadeh Amiri M³, Khodaparast M⁴, Asgarizadeh F⁵, Tabatabaei M⁶

Abstract

Purpose: To investigate and determine the values of corneal elevation, astigmatism and best fit sphere (BFS) in anterior and posterior surfaces of the cornea in different stages of keratoconus (KCN) and to determine their differences and correlations

Methods: In this retrospective study, 161 eyes of 161 KCN patients with mean age \pm SD of 22.35 ± 6.10 years were examined using Pentacam HR (Oculus, Germany). Corrected distance visual acuity, spherical refractive error, astigmatism and outcomes of Scheimpflug-based imaging system were assessed based on the Amsler-Krumeich KCN classification.

Results: The mean corrected distance visual acuity was different between all stages of KCN (Kruskal-Wallis, $p \leq 0.001$). Magnitude of corneal anterior and posterior BFS, elevation and astigmatism were different in 4 stages of KCN (Kruskal-Wallis test, $P \leq 0.5$). There were strong correlations between anterior and posterior astigmatism in grade 1 ($p \leq 0.001$, $r = 0.924$), anterior and posterior elevation in grade 2 ($p \leq 0.001$, $r = 0.903$) and anterior and posterior BFS in total group of KCN ($p \leq 0.001$, $r = 0.923$).

Conclusion: This study showed the values of corneal elevation, astigmatism and BFS in anterior and posterior surfaces of the cornea in different stages of KCN. Also, we determined strong correlation between some anterior and posterior parameters but not for all. Our findings can be used in clinical assessment of KCN.

Keywords: Keratoconus, Corneal astigmatism, Best fit sphere, Corneal elevation, Refractive error

Received; Accepted

بررسی بهترین اسفر فیت شده، برآمدگی و آستیگماتیسم قرنیه در گروه‌بندیهای مختلف قوز قرنیه

فرشته اصلانی^۱، مسعود خرمی نژاد^۲، محمد آقازاده امیری^۳، مهدی خداپرست^۴، فرشاد عسکری زاده^۵، سید مهدی طباطبایی^۶

هدف: بررسی بهترین اسفر فیت شده، برآمدگی و آستیگماتیسم سطوح قدامی و خلفی در گروه‌بندیهای مختلف قوز قرنیه و تعیین تفاوت و ارتباط بین آنها.

روش بررسی: در این مطالعه‌ی گذشته نگر، ۱۶۱ بیمار مبتلا به قوز قرنیه با میانگین سنی $22/35 \pm 6/10$ مورد مطالعه قرار گرفتند. حدت بینایی دور اصلاح شده، عیب انکساری اسفر، عیب انکساری آستیگماتیسم و اطلاعات پنتاکم این بیماران مورد بررسی قرار گرفتند. تقسیم‌بندی قوز قرنیه بر مبنای سیستم طبقه‌بندی آمسler-کرامیخ^۱ انجام شد. میانگین، تفاوت و رابطه بین متغیرها با یکدیگر و نیز در گروه‌بندیهای متفاوت قوز قرنیه با استفاده از نرم افزار SPSS مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: میانگین حدت بینایی اصلاح شده دور در بین ۴ گروه‌بندی قوز قرنیه تفاوت معناداری داشت ($p \leq 0/001$). همچنین برای آستیگماتیسم، برآمدگی و بهترین اسفر فیت شده سطوح قدامی، خلفی و آستیگماتیسم کلی قرنیه، اختلاف آماری قابل ملاحظه‌ای در میانگین ۴ گروه‌بندی قوز قرنیه مشاهده شد ($p \leq 0/05$) تمام پارامترها، آزمون کروسکال والیس). با بررسی ارتباط بین متغیرها مشخص شد که قویترین ارتباط بین آستیگماتیسم قدامی و خلفی در گروه‌بندی ۱ ($p \leq 0/001$) و $r = 0/924$ ، برای برآمدگی قدامی و خلفی در گروه‌بندی ۲ ($p \leq 0/001$ و $r = 0/903$) و برای بهترین اسفر فیت شده قدامی و خلفی ($p \leq 0/001$ و $r = 0/923$) در گروه کلی مبتلایان به قوز قرنیه وجود دارد.

¹ Amsler-krumeich

نتیجه‌گیری: این مطالعه مقادیر بهترین اسفر فیت شده، برآمدگی و آستیگماتیسم سطوح قدامی و خلفی را در گروه‌های مختلف قوز قرنیه تعیین نمود. همچنین این مطالعه نشان داد که بین یکسری از پارامترهای اندازه‌گیری شده با پنتاکم در سطح قدامی و خلفی قرنیه ارتباط قوی وجود دارد لیکن این ارتباط قوی برای تمامی پارامترهای مذکور مشاهده نمی‌شود. یافته‌های مطالعه حاضر می‌تواند در بررسی بالینی قوز قرنیه، مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: قوز قرنیه، آستیگماتیسم قرنیه‌ای، بهترین اسفر فیت شده، برآمدگی قرنیه‌ای، عیوب انکساری

نویسنده مسئول: مسعود خرمی نژاد، op_khorrami@yahoo.com

آدرس: تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، مرکز تحقیقات چشم بیمارستان چشم پزشکی فارابی

- ۱- دانشجوی کارشناس ارشد اپتومتری، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۲- کارشناس ارشد اپتومتری، مرکز تحقیقات چشم، بیمارستان چشم پزشکی فارابی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۳- دکترای حرفه‌ای اپتومتری، هیئت علمی دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۴- فوق تخصص قرنیه، چشم پزشک، مرکز تحقیقات چشم، بیمارستان چشم پزشکی فارابی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۵- دانشجوی دکترای تخصصی اپتومتری، گروه اپتومتری، دانشکده علوم پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران
- ۶- کارشناس ارشد آمار، هیئت علمی دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

مقدمه

بالینی^۳ برای نامیدن مراحل اولیه‌ی قوز قرنیه به کار می‌روند و در این مراحل بیماری با یافته‌های بیومیکروسکوپی رایج، قابل تشخیص نیست اما ممکن است بعضی خصوصیات توپوگرافی آنها شبیه به قوز قرنیه بالینی باشد. یافته‌های بیومیکروسکوپی در مراحل اولیه قوز قرنیه مثل نازک شدن استروما و خطوط وگت قرنیه‌ای در استرومای خلفی^۴ نشان می‌دهند که قسمت خلفی قرنیه می‌تواند در این عارضه تغییر کند که حتی این تغییر ممکن است قبل از ایجاد تغییرات در سطح قدامی و مستقل از آن اتفاق بیافتد (۱۷). برخی دیگر از مطالعات نشان می‌دهند که در چشمهای مبتلا به قوز قرنیه، هم انحنای سطح خلفی و هم قدامی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۱۸). در چشمهایی که دارای قوز قرنیه بالینی یا تحت بالینی می‌باشند، مقدار بهترین اسفر فیت شده و برآمدگیهای خلفی در سیستمهای تصویربرداری توموگرافی قرنیه، بالا می‌باشند. در نتیجه با توجه به این موضوع که تظاهرات قوز قرنیه حتی در مراحل اولیه، سطح پشتی قرنیه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، مشخص کردن این تغییرات می‌تواند به بررسی و تشخیص بهتر و دقیقتر قوز قرنیه تحت بالینی کمک کند (۱۷، ۱۱).

یکی از پیشرفته‌ها در زمینه‌ی تصویربرداری قرنیه، معرفی توموگرافی قرنیه با تکنیک شیمفلاگ^۵ می‌باشد که

بیماری قوز قرنیه یک اختلال اکتازی^۱ قرنیه‌ای، غیر التهابی (۲، ۱) و دو طرفه است (۳). این بیماری در بیشتر موارد با نازک شدن قرنیه به صورت پیشرونده مشخص می‌شود (۴-۶) و نتیجه‌ی آن بیرون‌زدگی قرنیه (۷، ۸)، آستیگماتیسم نامنظم و کاهش حدت بینایی است (۱۲-۹). نتایج تحقیقات حاکی از شیوعی در حدود ۱ در هر ۲۰۰۰ نفر است لیکن این شیوع در مطالعات مختلف، متفاوت گزارش شده است (۱۳، ۱۴). همچنین گزارش شده است که از هر ۳ نفر کاندید جراحی عیوب انکساری ممکن است در یک نفر این عارضه وجود داشته باشد (۱۵). از طرف دیگر یکی از عوارض جراحیهای عیوب انکساری نیز اکتازی قرنیه ناشی از جراحی عیوب انکساری می‌باشد که مهمترین دلیل این اکتازی، عدم تشخیص قوز قرنیه قبل از انجام جراحی انکساری می‌باشد. به همین دلیل بررسی دقیق بیمار از نظر معیارهای تشخیصی قوز قرنیه قبل از جراحی عیوب انکساری، لازم و ضروری است (۱۶). مشخص کردن قوز قرنیه متوسط و شدید با استفاده از توپوگرافی قرنیه و یافته‌های حاصل از دستگاههای بیومیکروسکوپ، رتینوسکوپ و پاکیمتری مشکل نیست، اما تشخیص این اختلال در مراحل اولیه مشکل است. کلمات قوز قرنیه‌ی فرم فراست^۲ و قوز قرنیه‌ی تحت

³ Sub clinical keratoconus

⁴ Vogt's Striae

⁵ Scheimpflug

¹ Ectatic

² Formefruste keratoconus

بیمار، نداشتن هرگونه اکتازی دیگر قرنیه‌ای مانند دژنراسیون حاشیه‌ای شفاف^۳ بود. معیارهای خروج از مطالعه نیز پرونده‌هایی که ناکامل بودند، بیمارانی که نقشه‌های پنتاکم آنها مربوط به بیمارستان فارابی نبود و استفاده از لنز تماسی در سه هفته قبل از تصویربرداری، تعیین گردید. پس از بررسی بیش از ۱۱۰۰ پرونده، تعداد نمونه‌هایی که شرایط ورود به طرح را داشتند، ۱۶۱ نفر بودند. در مواردی که هر دو چشم بیمار شرایط ورود به مطالعه را داشتند، برای کاهش خطای آماری، چشم راست هر نمونه برای ورود به مطالعه انتخاب گردید. سن بیماران، جنسیت و بهترین حدت بینایی با تصحیح از پرونده‌ی بیماران بدست آمد که برای بدست آوردن اطلاعات مورد نیاز، از اطلاعات بیمار در نقشه‌ی پنتاکم فرد استفاده شد.

برای اندازه‌گیری حدت بینایی بیماران از چارت اسنلن برای همه بیماران در فاصله شش متر استفاده شده بود و همه‌ی پارامترهای تشخیصی مورد نیاز نیز به وسیله‌ی تصویربرداری چرخشی شیمفلاگ دستگاه پنتاکم توسط ۲ معاینه کننده‌ی با تجربه مشخص شده بودند. انجام تصویربرداری از قرنیه بیمار مطابق با دستورالعمل راهنمای دستگاه، انجام شده بود و قبل از انجام اندازه‌گیری، از بیمار در مورد عدم استفاده از لنز سخت در سه هفته قبل و لنز نرم در یک هفته قبل، سوال پرسیده شده بود و بیماران با رعایت عدم استفاده از لنز تماسی بر طبق شرایط مذکور وارد مطالعه شدند. دستگاه پنتاکم بوسیله نور تک رنگ آبی با طول موج ۴۷۵ نانومتر با یک چرخش ۱۸۰ درجه‌ای دوربین شیمفلاگ به صورت اتوماتیک در عرض ۲ ثانیه، ۲۵ عکس می‌گیرد. کیفیت عکس از نظر مورد قبول بودن توسط خود دستگاه مشخص می‌شود و در صورتی که تصویر مذکور، دارای کیفیت خود تصویربرداری باشد، معاینه کننده تصویر را ثبت می‌نماید. در پرونده بیماران، از هر چشم فقط یک اندازه‌گیری با حالت کیفیت قابل قبول ثبت شده بود (۲۰).

پارامترهای زیر که توسط دستگاه پنتاکم بدست آمده بودند از نقشه رفتیو پنتاکم متعلق به بیمار، ثبت گردیدند: متوسط کراتومتری بدست آمده در امتداد

این تکنیک اجازه‌ی بررسی سطح قدامی و خلفی قرنیه را می‌دهد و نسبت به تکنولوژی اسلیت-اسکن^۱، قدرت قدامی و خلفی قرنیه را با تکرارپذیری قابل قبول تری مورد بررسی قرار می‌دهد (۱۹). در حقیقت، تکنیک شیمفلاگ مورد استفاده در دستگاه تصویربرداری قرنیه‌ای پنتاکم، با ارزیابی دقیقتر ویژگیهای قرنیه خصوصاً در سطح خلفی، به تشخیص بهتر این بیماری خصوصاً در مراحل اولیه کمک می‌کند. از طرف دیگر، با توجه به این که در بیماران مبتلا به قوز قرنیه، در مراحل اولیه بیماری، کاهش حدت بینایی ایجاد شده با استفاده از روشهای معمول اصلاح عیوب انکساری قابل اصلاح می‌باشد، این بیماری ممکن است در معاینات بالینی روتین به راحتی تشخیص داده نشود و به همین دلیل استفاده از دستگاه-های تصویربرداری پیشرفته که بتوانند هر دو سطح قدامی و خلفی قرنیه را ارزیابی نمایند به تشخیص زود هنگام این بیماری کمک خواهد نمود. مطالعه حاضر به منظور بررسی مقادیر، تفاوت و ارتباط متغیرهای سطح قدامی و خلفی قرنیه در مراحل مختلف قوز قرنیه با استفاده از تصویربرداری شیمفلاگ در دستگاه پنتاکم طراحی شد.

روش بررسی

در این مطالعه‌ی گذشته‌نگر و مورد-سری، انتخاب نمونه‌ها به روش آسان و در دسترس انجام گرفت. محیط پژوهش بیمارستان چشم فارابی تهران (ایران) بوده، کلیه پرونده-های بخش قرنیه با تشخیص قوز قرنیه، از سالهای بین ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ انتخاب شدند. اطلاعات بیماران کاملاً محرمانه نگهداری شد و اصول اخلاقی براساس معاهده هلسینکی در مورد مطالعات بالینی در انسان، مراعات شده و رعایت آن به تأیید کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، رسیده است. از آنجایی که مطالعه حاضر یک مطالعه گذشته‌نگر بود، از اخذ رضایت‌نامه آگاهانه شرکت در طرح از بیماران، چشم‌پوشی شد. پرونده‌های بیمارانی که معیارهای ورود به مطالعه را داشتند به روش مشاهده‌ای بررسی شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن یکی از مراحل قوز قرنیه بر اساس تقسیم‌بندی آملر-کرامیخ^۲ (۱۳) و عدم وجود هر گونه بیماری چشمی دیگر، سابقه‌ی انجام عمل جراحی در پرونده‌ی

¹ Slit-Scanning

² Amsler-krumeich

³ Pellucid marginal degeneration

مقادیر کراتومتري، شعاع انحنای قرنيه، آستیگماتیسم قدامی و خلفی، پاکیمتری و برآمدگی قدامی و خلفی و همچنین مناسبترین اسفر فیت شده قدامی و خلفی از نقشه‌ی رفرکتیو پنتاکم استخراج شدند. در نقشه‌های پنتاکم بیمار و با توجه به معاینات کامل چشم پزشکی ثبت شده در پرونده بیمار، موارد دژنراسیون حاشیه‌ای شفاف از پژوهش حذف گردیدند. برای هر چشم، پرونده و نقشه‌ی رفرکتیو هم ارزیابی می‌شد تا از وجود قوز قرنيه اطمینان حاصل شود. بعد از بدست آوردن اطلاعات، میانگین مقادیر بدست آمده محاسبه شده، ارتباط بین مقادیر استخراج شده با استفاده از روشهای آماری بدست آمد.

آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS (Version 22; IBM Inc, Armonk, New York, USA) انجام شد. میانگین و انحراف معیار متغیرها محاسبه شد. توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک^۲ بررسی شد. در بررسی ارتباط بین متغیرها اگر هر دو متغیر توزیع نرمال داشتند از همبستگی پیرسون و در غیر این صورت از همبستگی اسپیرمن استفاده شد. برای پی بردن به معنی‌دار بودن تفاوت بین میانگین متغیرها در ۴ گروه از آزمون کروسکال والیس^۳ استفاده شد و نتایج بصورت میانگین \pm انحراف معیار نشان داده شد. سطح معنی‌داری همه آزمونهای آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

یافته‌ها

در این مطالعه ۱۶۱ چشم از ۱۶۱ نفر (با میانگین سنی $۲۲/۳۵ \pm ۶/۱۰$) مورد مطالعه قرار گرفت که ۱۰۴ نفر مرد (با میانگین سنی $۲۲/۴۰ \pm ۶/۰۴$) و ۵۷ نفر زن (با میانگین سنی $۲۲/۲۵ \pm ۶/۲۷$) بودند. از تعداد ۱۶۱ چشم وارد شده به این مطالعه، ۷۱ چشم مبتلا به قوز قرنيه گروه ۱ با میانگین سنی $۲۲/۵۵ \pm ۵/۲۷$ ، ۳۲ چشم گروه ۲ با میانگین سنی $۲۱/۷۵ \pm ۵/۰۴$ ، ۳۱ چشم گروه ۳ با میانگین سنی $۸/۳۱ \pm ۲۴/۲۶$ و ۲۷ چشم مبتلا به قوز قرنيه گروه ۴ با میانگین سنی $۵/۹۵ \pm ۲۰/۳۳$ بودند. میانگین حدت بینایی اصلاح شده با چارت اسنلن در فاصله ۶ متر در بین ۴ گروه‌بندی قوز قرنيه تفاوت

فالت‌ترین سطح (K1) و استیپ‌ترین سطح (K2)، میزان و محور آستیگماتیسم قرنيه قدامی و خلفی و کل همچنین مقدار برآمدگی قدامی و خلفی قرنيه. برای اندازه‌گیری برآمدگی، بهترین اسفر فیت شده به عنوان یک سطح مرجع مورد استفاده قرار گرفت که اندازه‌ی قطر سطح مرجع هشت میلیمتر بود. تمام داده‌های ارتفاع بر اساس بالاترین مقدار بهترین اسفر فیت شده در ۵ میلیمتری مرکز قرنيه بود که در بیماران مبتلا به قوز قرنيه در نازکترین منطقه‌ی قرنيه قرار گرفته بود. برای ارزیابی محور آستیگماتیسم قدامی، زمانی که استیپ‌ترین مردین قرنيه بین ۶۰ تا ۱۲۰ درجه بود، آستیگماتیسم موافق قاعده و زمانی که استیپ‌ترین مردین قرنيه بین ۱۸۰ تا ۱۵۰ درجه یا ۰ تا ۳۰ درجه بود، در طبقه‌بندی آستیگماتیسم مخالف قاعده قرار گرفت. از آنجایی که قدرت دیوپتری سطح خلفی قرنيه منفی می‌باشد، برای طبقه‌بندی محور سطح خلفی، آستیگماتیسم موافق قاعده به زمانی که استیپ‌ترین مردین قرنيه بین ۱۸۰ تا ۱۵۰ درجه یا ۰ تا ۳۰ درجه بود، در نظر گرفته شد و زمانی که استیپ‌ترین مردین قرنيه بین ۶۰ تا ۱۲۰ درجه بود در طبقه‌بندی آستیگماتیسم مخالف قاعده قرار گرفت. سایر محورهای باقیمانده نیز در دو سطح قرنيه به عنوان آستیگماتیسم مایل در نظر گرفته شدند.

برای تقسیم‌بندی گروه‌بندیهای مختلف قوز قرنيه از معیارهای تقسیم‌بندی آمسلسر-کرامیخ استفاده شد. در این تقسیم‌بندی افرادی در گروه قوز قرنيه گرید ۱ قرار می‌گیرند که دارای استیپ‌شدگی خارج از مرکز قرنيه^۱، مایوپی و آستیگماتیسم کمتر از ۵ دیوپتر و میانگین کراتومتري کمتر از ۴۸ باشند. گروه ۲ شامل مایوپی یا آستیگماتیسم ۵ تا ۸ دیوپتر، متوسط کراتومتري کمتر از ۵۳ دیوپتر، عدم وجود اسکار و ضخامت قرنيه بیشتر از ۴۰۰ میکرون بود. گروه ۳ شامل مایوپی و آستیگماتیسم بین ۸ تا ۱۰، متوسط کراتومتري بیشتر از ۵۳ دیوپتر، نبود اسکار و داشتن ضخامت قرنيه‌ای بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ میکرون بود و در آخر معیارهای گروه ۴ شامل عدم توانایی برای اندازه‌گیری میزان رفرکشن، متوسط کراتومتري مرکزی بیشتر از ۵۵ دیوپتر، اسکار مرکزی قرنيه و ضخامت قرنيه‌ای کمتر از ۲۰۰ میکرون بود (۱۳).

² Shapiro-Wilk

³ Kruskal-Wallis

¹ Eccentric steepening

استفاده شود. یک حرکت شگرف به سوی این هدف، پیشرفت تجهیزاتی است که سطح خلفی قرنیه را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. اولین سیستم توموگرافی تجاری موجود که انحنا و ارتفاع داده را از سطح خلفی قرنیه نشان می‌دهد، براساس ترکیبی از تکنولوژی اسلیت اسکن^۱ و دیسک پلاسیدو^۲ بود. چندین مطالعه که از این تکنولوژی استفاده کرده بودند، تغییرات در سطح خلفی قرنیه در گروه‌بندیهای متفاوت قوز قرنیه را گزارش می‌کنند (۲۴-۱۶،۲۲).

با توجه به اینکه برخی محققان گزارش نمودند که تغییر شکل قرنیه و بیرون‌زدگی موضعی قرنیه فقط در سطح قدامی رخ نمی‌دهد بلکه سطح خلفی قرنیه را نیز درگیر می‌کند، در مطالعه حاضر از سیستم عکسبرداری شیمفلاگ موجود در دستگاه توموگرافی قرنیه‌ای پنتاکم استفاده شد که علاوه بر ارزیابی سطح قدامی قرنیه، اندازه‌گیریهای سطح خلفی قرنیه را نیز میسر می‌کند. در نتیجه از این روش برای توصیف تغییرات خلفی قرنیه در بیماران با درجات متفاوت قوز قرنیه نیز می‌توان استفاده نمود. بطور کلی در این بررسی، علاوه بر سطح خلفی قرنیه، تغییرات سطح قدامی قرنیه نیز ارزیابی گردید. با استفاده از تصویربرداری سیستم شیمفلاگ پنتاکم، تغییرات سطح خلفی قرنیه در بیماری قوز قرنیه، مشخص و توصیف گردید و ارتباط بین سطح قدامی و خلفی در گروه‌بندیهای مختلف قوز قرنیه مشخص گردید همچنین با بررسیهای انجام شده این مطالعه، متوسط اندازه‌ی آستیگماتیسم سطح قدامی و خلفی قرنیه در گروههای مختلف قوز قرنیه نیز محاسبه شدند. طبق نتایج بدست آمده فراوانی آستیگماتیسم موافق قاعده و مخالف قاعده در آستیگماتیسم قدامی و خلفی بیشتر از آستیگماتیسم مایل بودند. آستیگماتیسم قدامی و خلفی به طور قابل توجهی مرتبط با شدت قوز قرنیه بودند و آستیگماتیسم هر دو سطح قرنیه با یکدیگر ارتباط داشتند. با افزایش در شدت قوز قرنیه، آستیگماتیسم مایل کاهش پیدا می‌کرد. همانطور که انتظار می‌رفت، اختلافات انکساری قابل توجهی بین ۴ گروه‌بندی مختلف قوز قرنیه وجود داشت. چشمهای با قوز قرنیه گروه ۴، بالاترین مقدار اسفر معادل^۳

معناداری داشتند (آزمون کروسکال والیس، $p \leq 0/001$) (جدول ۱). با استفاده از آزمون من ویتنی در مقایسه‌ی زوج میانگین‌های حدت بینایی اصلاح شده بین گروه-بندیهای ۱، ۳، ۴، ۲، ۳، ۴ و ۲ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p \leq 0/001$) و در گروه ۱ و ۲، ۳ و ۴ تفاوت معناداری مشاهده نشد.

جدول ۱ اطلاعات مربوط به آستیگماتیسم، برآمدگی، بهترین اسفر فیت شده سطوح قدامی، خلفی و آستیگماتیسم کلی قرنیه را نشان می‌دهد. از نظر آماری همانگونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین میانگین این متغیرها در ۴ گروه‌بندی قوز قرنیه وجود داشت ($p \leq 0/05$). آزمون کروسکال والیس). جدول ۲ نوع محور آستیگماتیسم در ۴ گروه‌بندی مختلف قوز قرنیه را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول نمایش داده شده است، آستیگماتیسم موافق قاعده در سطح قدامی بیشترین میزان فراوانی را در گروه ۲ قوز قرنیه و در سطح خلفی قرنیه، بیشترین فراوانی را در گروه ۴ دارد. همچنین آستیگماتیسم مخالف قاعده در سطح قدامی، بیشترین میزان فراوانی را در گروه ۴ قوز قرنیه دارد. همچنین آستیگماتیسم مخالف قاعده در سطح خلفی، بیشترین فراوانی را در گروه ۲ دارد (جدول ۲).

جدول ۳ ارتباط بین متغیرها را در کل افراد مبتلا به قوز قرنیه و در ۴ گروه بندی مختلف آن نشان می‌دهد. اگر به طور کلی، همه‌ی افراد مبتلا به قوز قرنیه را در نظر بگیریم، تمامی متغیرهای در نظر گرفته شده به صورت دو به دو با یکدیگر ارتباط معنادار دارند که در این میان بهترین اسفر فیت شده قدامی و خلفی ارتباط بسیار قوی با هم دارند. ($p \leq 0/001$ و $r = 0/92$). قویترین ارتباط بین آستیگماتیسم قدامی و خلفی در گروه‌بندی ۱ ($p \leq 0/001$ و $r = 0/924$) مشاهده شد و همچنین بیشترین ارتباط بین برآمدگی قدامی و خلفی در گروه‌بندی ۲ ($p \leq 0/001$ و $r = 0/903$) بدست آمد. علاوه بر این نتایج، قویترین ارتباط برای بهترین اسفر فیت شده قدامی و بهترین اسفر فیت شده خلفی ($p \leq 0/001$ و $r = 0/923$) در گروه کلی مبتلایان به قوز قرنیه مشاهده شد. (جدول ۳).

بحث و نتیجه گیری

در سالهای اخیر تلاش شده که از تکنولوژی توموگرافی قرنیه برای کمک به تشخیص قوز قرنیه تحت بالینی

¹ Scanning-slit

² Placido -disk

³ Equivalent Sphere

جدول ۱: مقایسه متغیرهای بررسی شده توسط پنتاکم در گروههای مختلف قوز قرنیه

پارامترها	گرمیدهها				مقدار P	کل
	گرمید ۱	گرمید ۲	گرمید ۳	گرمید ۴		
حدت بینایی اصلاح شده دور رنج	۰/۱۶ ± ۰/۱۹ ۱/۰۰ تا ۰/۰۰	۰/۲۸ ± ۰/۱۶ ۰/۶۹ تا ۰/۰۰	۰/۵۲ ± ۰/۲۲ ۱/۰۰ تا ۰/۱۵	۰/۶۷ ± ۰/۴۱ ۱/۵۵ تا ۰/۰۰	P ≤ ۰/۰۰۱	۰/۳۴ ± ۰/۳۱ ۱/۵۵ تا ۰/۰۰
آستیگماتیسم قدامی رنج	۳/۲۴ ± ۱/۹۸ ۸/۰۰ تا ۰/۵۰	۴/۰۱ ± ۱/۹۸ ۸/۶۰ تا ۱/۴۰	۴/۹۲ ± ۱/۶۲ ۸/۱۰ تا ۲/۶۰	۵/۳۵ ± ۲/۷۰ ۱۲/۱۰ تا ۱/۱۰	P ≤ ۰/۰۰۱	۴/۰۷ ± ۲/۲۱ ۱۲/۱۰ تا ۰/۵۰
آستیگماتیسم خلفی رنج	۰/۷۵ ± ۰/۴۵ ۱/۹۰ تا ۰/۰۰	۰/۸۴ ± ۰/۳۸ ۱/۹۰ تا ۰/۱۰	۰/۹۲ ± ۰/۴۰ ۲/۱۰ تا ۰/۱۰	۱/۰۵ ± ۰/۵۰ ۲/۳۰ تا ۰/۴۰	P = ۰/۰۲۸	۰/۸۵ ± ۰/۴۵ ۲/۳۰ تا ۰/۰۰
برآمدگی قدامی رنج	۱۷/۶۷ ± ۸/۵۱ ۴۳/۰۰ تا ۰/۳۰	۲۱/۷۵ ± ۱۰/۴۳ ۴۶/۰۰ تا ۳/۰۰	۳۱/۶۱ ± ۱۰/۵۸ ۵۳/۰۰ تا ۶/۰۰	۴۴/۰۳ ± ۱۷/۳۹ ۸۴/۰۰ تا ۱۰/۰۰	P ≤ ۰/۰۰۱	۲۵/۵۹ ± ۱۴/۷۷ ۸۴/۰۰ تا ۳/۰۰
برآمدگی خلفی رنج	۳۹/۴۲ ± ۱۷/۷۰ ۸۷/۰۰ تا ۶/۰۰	۴۵/۶۲ ± ۲۰/۵۳ ۹۲/۰۰ تا ۴/۰۰	۶۷/۹۰ ± ۱۵/۴۲ ۹۹/۰۰ تا ۴۰/۰۰	۹۴/۵۱ ± ۲۵/۲۱ ۱۴۹/۰۰ تا ۵۱/۰۰	P ≤ ۰/۰۰۱	۵۵/۳۷ ± ۲۸/۰۶ ۱۴۹/۰۰ تا ۴/۰۰
BFS قدامی رنج	۷/۷۴ ± ۰/۲۴ ۸/۳۸ تا ۷/۱۸	۷/۳۴ ± ۰/۳۶ ۸/۱۱ تا ۶/۲۳	۶/۹۱ ± ۰/۲۱ ۷/۵۳ تا ۶/۴۶	۶/۵۰ ± ۰/۴۵ ۷/۲۲ تا ۵/۵۱	P ≤ ۰/۰۰۱	۰/۲۹ ± ۰/۵۶ ۸/۳۸ تا ۵/۵۱
BFS خلفی رنج	۶/۴۱ ± ۰/۲۱ ۶/۹۳ تا ۵/۹۳	۶/۱۱ ± ۰/۲۹ ۶/۴۷ تا ۵/۴۷	۵/۷۵ ± ۰/۱۷ ۶/۱۹ تا ۵/۳۷	۵/۴۷ ± ۰/۴۵ ۶/۶۵ تا ۴/۶۳	P ≤ ۰/۰۰۱	۶/۰۶ ± ۰/۴۵ ۶/۹۳ تا ۴/۶۳
آستیگماتیسم کلی قرنیه رنج	۲/۸۵ ± ۱/۸۲ ۹/۳۰ تا ۰/۳۰	۳/۳۶ ± ۱/۵۵ ۶/۹۰ تا ۱/۰۰	۴/۰۹ ± ۱/۶۳ ۷/۲۰ تا ۰/۸۰	۴/۶۹ ± ۲/۲۸ ۹/۳۰ تا ۱/۱۰	P ≤ ۰/۰۰۱	۳/۵۰ ± ۱/۹۴ ۹/۳۰ تا ۰/۳۰

جدول ۲: بررسی فراوانی نوع محور آستیگماتیسم قرنیه‌ای توسط پنتاکم در گروههای مختلف قوز قرنیه

نوع آستیگماتیسم	نوع محور			
	طبقه‌بندیهای قوز قرنیه	موافق قاعده تعداد (درصد)	مایل تعداد (درصد)	مخالف قاعده تعداد (درصد)
آستیگماتیسم کل	گروه ۱	۲۲ (۳۱٪)	۳۴ (۴۷/۹٪)	۱۵ (۲۱/۱٪)
	گروه ۲	۷ (۲۱/۹٪)	۱۶ (۵۰٪)	۹ (۲۸/۱٪)
	گروه ۳	۱۴ (۴۵/۲٪)	۱۱ (۳۵/۵٪)	۶ (۱۹/۴٪)
	گروه ۴	۱۲ (۴۴/۴٪)	۹ (۳۳/۳٪)	۶ (۲۲/۲٪)
آستیگماتیسم قدامی قرنیه	گروه ۱	۲۸ (۳۹/۴٪)	۲۸ (۳۹/۴٪)	۱۵ (۲۱/۱٪)
	گروه ۲	۱۴ (۴۳/۱۸٪)	۱۲ (۳۷/۵٪)	۶ (۱۸/۸٪)
	گروه ۳	۹ (۲۹٪)	۶ (۱۹/۴٪)	۱۶ (۵۱/۶٪)
	گروه ۴	۴ (۱۴/۸٪)	۴ (۱۴/۸٪)	۱۹ (۷۰/۴٪)
آستیگماتیسم خلفی قرنیه	گروه ۱	۱۷ (۲۳/۹٪)	۱۸ (۲۵/۴٪)	۳۶ (۵۰/۷٪)
	گروه ۲	۶ (۱۸/۸٪)	۸ (۲۵٪)	۱۸ (۵۶/۲٪)
	گروه ۳	۱۸ (۵۸/۱٪)	۴ (۱۲/۹٪)	۹ (۲۹٪)
	گروه ۴	۲۰ (۷۴/۱٪)	۳ (۱۱/۱٪)	۴ (۱۴/۸٪)

جدول ۳: ارتباط متغیرهای بررسی شده توسط پنتاکم در مراحل مختلف قوز قرنیه

پارامتر	مقدار r و مقدار P		طبقه بندی		
	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴	کل
آستیگماتیسم قدامی و خلفی	مقدار r مقدار p	۰/۹۲۴ P≤۰/۰۰۱	۰/۸۲۴ P≤۰/۰۰۱	۰/۷۱۱ P≤۰/۰۰۱	۰/۷۱۷ P≤۰/۰۰۱
آستیگماتیسم قدامی و آستیگماتیسم کلی قرنیه	مقدار r مقدار p	۰/۸۶۷ P≤۰/۰۰۱	۰/۸۹۷ P≤۰/۰۰۱	۰/۷۵۷ P≤۰/۰۰۱	۰/۷۹۲ P≤۰/۰۰۱
آستیگماتیسم خلفی و آستیگماتیسم کلی قرنیه	مقدار r مقدار p	۰/۷۶۵ P≤۰/۰۰۱	۰/۷۱۲ P≤۰/۰۰۱	۰/۵۷۱ P≤۰/۰۰۱	۰/۶۱۴ P≤۰/۰۰۱
برآمدگی قدامی و خلفی	مقدار r مقدار p	۰/۸۹۴ P≤۰/۰۰۱	۰/۹۰۳ P≤۰/۰۰۱	۰/۷۶۹ P≤۰/۰۰۱	۰/۴۹۶ P≤۰/۰۰۱
برآمدگی قدامی و آستیگماتیسم کلی قرنیه	مقدار r مقدار p	۰/۶۰۱ P≤۰/۰۰۱	۰/۳۵۵ P≤۰/۰۰۱	۰/۰۴۳ P≤۰/۰۰۱	۰/۰۹۶ P≤۰/۰۰۱
برآمدگی خلفی و آستیگماتیسم کلی قرنیه	مقدار r مقدار p	۰/۵۳۸ P≤۰/۰۰۱	۰/۳۰۹ P≤۰/۰۰۱	۰/۰۷۷ P≤۰/۰۰۱	۰/۳۱۰ P≤۰/۰۰۱
بهترین اسفر فیت شده قدامی و خلفی	مقدار r مقدار p	۰/۸۱۹ P≤۰/۰۰۱	۰/۶۰۳ P≤۰/۰۰۱	۰/۸۵۰ P≤۰/۰۰۱	۰/۸۷۴ P≤۰/۰۰۱
بهترین اسفر فیت شده قدامی و آستیگماتیسم کلی قرنیه	مقدار r مقدار p	-۰/۱۱۵۲ P≤۰/۰۰۱	۰/۰۴۶ P≤۰/۰۰۱	-۰/۰۳۷ P≤۰/۰۰۱	-۰/۴۱۸ P≤۰/۰۰۱
بهترین اسفر فیت شده خلفی و آستیگماتیسم کلی قرنیه	مقدار r مقدار p	-۰/۲۵۴ P≤۰/۰۰۱	-۰/۰۱۷ P≤۰/۰۰۱	-۰/۰۴۳ P≤۰/۰۰۱	-۰/۳۴۳ P≤۰/۰۰۱

r: ضریب همبستگی، مقدار p کمتر از ۰/۰۵ از نظر آماری مهم در نظر گرفته شد.

قوز قرنیه بود. در مطالعه حاضر، میزان برآمدگی قرنیه در گروه ۴ در سطح خلفی و در سطح قدامی، بطور معناداری بیشتر از سایر گروههای قوز قرنیه بود که این یافته‌ها، مشابه یافته مطالعه Sanctis و همکارانش بود که با استفاده از سیستم تصویربرداری شیمفلاگ، نشان دادند که ارتفاع قرنیه در ۵ میلی‌متر مرکزی به طور قابل توجهی در چشمهای مبتلا به قوز قرنیه بالینی، بالاتر از سایر گروهها می‌باشد (۱۶). این در حالیست که برای موارد فوق Piñero و همکارانش، اختلافی که از لحاظ آماری بین شدتهای مختلف قوز قرنیه معنی‌دار باشد، گزارش نکردند (۱۹). اختلاف بین یافته‌های مطالعه مذکور و مطالعه حاضر می‌تواند به این علت باشد که در مطالعه Piñero و همکارانش، معیار گروه‌بندی قوز قرنیه با معیار گروه‌بندی قوز قرنیه در مطالعه حاضر متفاوت بود.

و آستیگماتیسم را داشتند، این در حالیست که در گروه‌بندی ۱ قوز قرنیه، آستیگماتیسم کمتری نسبت به گروههای شدیدتر در سطح قدامی و همچنین در سطح خلفی مشاهده شد.

Tomidokoro و همکارانش نیز یافته‌های مشابه با یافته‌های مطالعه حاضر را گزارش کرده‌اند و بر طبق مطالعه آنان، آنالیز آستیگماتیسم قرنیه بین گروه بالینی و تحت بالینی، بیانگر تفاوت قابل توجهی بود (۲۳). Schlegel و همکارانش نیز افزایش قابل توجه توریسیته سطح قدامی و خلفی در چشمهای مبتلا به قوز قرنیه را گزارش کردند (۲۲). تنها یافته‌ی قابل توجه در مورد بهترین اسفر فیت شده قدامی و خلفی، مقدار کم بهترین اسفر فیت شده در سطح قدامی و در سطح خلفی در قوز قرنیه پیشرفته (قوز قرنیه گروه ۴) نسبت به سایر گروههای

Dubbelman جمعیت مورد مطالعه متفاوت در دو بررسی است چراکه Dubbelman صرفاً به ارزیابی در جمعیت نرمال پرداخته بود (۲۶).

هرچند تاکنون چندین بررسی، تاثیرپذیری همزمان دو سطح قرنیه با افزایش شدت قوز قرنیه را گزارش کرده‌اند اما در این مطالعه دریافتیم که افزایش شدت بیماری در چشمهای قوز قرنیه منجر به ایجاد تغییرات بیشتری در سطح قدامی نسبت به سطح خلفی آن می‌گردد. در این مطالعه ۴۰ درصد میزان آستیگماتیسم خلفی، با افزایش شدت از گروه ۱ به گروه ۴ افزایش یافت حال اینکه میزان افزایش آستیگماتیسم قدامی ۶۵/۱۲ درصد بدست آمد. در سطح قدامی قرنیه محور شایع در گروههای ۱ و ۲، محور موافق قاعده و در گروه ۳ و ۴ محور شایع، محور مخالف قاعده بود. این در حالیست که عکس این اتفاق در مورد محور شایع در سطح خلفی اتفاق افتاد. اما در مطالعه Naderan و همکارانش هرچند آنها نیز نتایجی مشابه با نتایج ما در سطح قدامی و خلفی قرنیه در گروه ۳ و ۴ گزارش کردند، اما مطالعه Naderan و همکارانش، تغییری در غالب بودن میزان شیوع محور آستیگماتیسم با تغییر شدت قوز قرنیه بیان نکرد و حال اینکه در مطالعه ما مشاهده شد که در سطح قدامی قرنیه با افزایش شدت قوز قرنیه، محور غالب از موافق قاعده به مخالف قاعده تغییر پیدا کرد. بر اساس نتایج این مطالعه، دقیقاً عکس این اتفاق در سطح خلفی قرنیه مشاهده شد (۲۵). در این بررسی میانگین میزان کل آستیگماتیسم قدامی و خلفی مشابه یافته Kamiya و همکارانش بود (۹) که میزان میانگین آستیگماتیسم قدامی و خلفی را در ۱۳۱ بیمار مبتلا به قوز قرنیه با استفاده از دستگاه پنتاکم به ترتیب $۳/۹۳ \pm ۲/۷۴$ دیوپتر و $۰/۹۳ \pm ۰/۶۴$ دیوپتر گزارش کردند (۹). Orucoglu و همکارانش نیز میانگین میزان کل آستیگماتیسم قدامی و خلفی را در ۶۵۶ چشم از ۳۳۸ بیمار مبتلا به قوز قرنیه به ترتیب $۳/۰۵ \pm ۱/۹۷$ و $۰/۷۱ \pm ۰/۴۴$ دیوپتر گزارش کردند (۲۱). Piñero و همکارانش نیز گزارش کرده‌اند که مقادیر بهترین اسفر فیت شده قدامی و خلفی در گروههای مختلف قوز قرنیه و قوز قرنیه تحت بالینی به شدت در ارتباط هستند ولی این ارتباط در دو گروه بالینی قوز قرنیه ضعیفتر بود (۱۹). علت این تفاوت ممکن است در تفاوت معیار گروه‌بندی قوز قرنیه در مطالعه‌ی ما و Piñero باشد.

همچنین مطالعه Piñero و همکارانش، بر روی گروه-بندیهای شدید قوز قرنیه (۳ و ۴) انجام نشد.

در مطالعه حاضر، رابطه‌ی بین انحناهای سطح قدامی و خلفی قرنیه نیز مورد ارزیابی قرار گرفت که یک ارتباط قوی بین انحناهای قدامی و خلفی قرنیه در گروههای مختلف قوز قرنیه مشاهده گردید و اگر چه این ارتباط با افزایش شدت قوز قرنیه کمتر گردید، اما بطور قابل توجهی در سطوح قدامی و خلفی قرنیه با افزایش شدت بیماری، تحت تاثیر قرار گرفت. این بدان معنی است که با افزایش شدت بیماری و استیپ‌تر شدن کراتومتری قرنیه، هرچند هر دو سطح قرنیه تحت تاثیر قرار گرفتند، اما از میزان ارتباط بین دو سطح با افزایش شدت قوز قرنیه کاسته شد. Piñero و همکارانش نیز یافته‌ای مشابه در تأیید تاثیرپذیری شدید دو سطح قرنیه در قوز قرنیه بالینی نسبت به قوز قرنیه‌ی مراحل اولیه، گزارش نمودند (۱۹). با استفاده از سیستم ترکیبی اسلیت اسکن، Tomidokoro و همکارانش نیز رابطه‌ی کمتری را بین انحناهای قدامی و خلفی قرنیه در چشمهای با قوز قرنیه پیشرفته بالینی نسبت به مراحل تحت بالینی و حتی نرمال گزارش کردند (۲۳). به نظر می‌آید که ارتباط بین انحناهای قدامی و انحناهای خلفی قرنیه در بیماران مبتلا به قوز قرنیه با افزایش شدت بیماری، کمتر می‌شود.

همانطور که انتظار می‌رفت، ارزیابی قدرت قرنیه خلفی و قدامی نشان داد که بیشتر قدرت دیوپتری مربوط به سطح قدامی قرنیه است. علیرغم ارتباط ضعیفتر بین انحناهای قدامی و خلفی مرکزی در گروه ۴ قوز قرنیه، این گروه به طور قابل توجهی قدرت قرنیه خلفی و قدامی بیشتری داشت. این یافته‌ها با یافته‌های Dubbelman از جهاتی مشابه است (۲۶). در حقیقت Dubbelman و همکارانش نیز نشان دادند که در افراد نرمال، هر دو سطح قرنیه تمایل دارند که به طور افقی نسبت به عمودی فلت تر باشند و به این ترتیب مقداری ارتباط در آستیگماتیسم بین دو سطح قرنیه همیشه وجود دارد. یافته مذکور مشابه با نتایج بررسی حاضر می‌باشد لیکن آنها گزارش کردند که در ارزیابی نسبت آستیگمات قدامی-خلفی، مقادیر یکسانی برای همه‌ی افراد تحت مطالعه مشاهده شد و این در حالیست که در مطالعه حاضر، از میزان همبستگی و ارتباط بین دو سطح با افزایش شدت قوز قرنیه کاسته گردید. دلیل این تفاوت بین مطالعه حاضر و مطالعه

سیاسگزاری

این طرح تحقیقاتی بر گرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد اپتومتری خانم فرشته اصلانی از دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی می‌باشد که بدینوسیله مراتب قدردانی و تشکر خود را از آن دپارتمان محترم و همچنین مسئولین محترم بیمارستان فارابی بطور خاص ریاست وقت بیمارستان فارابی استاد ارجمند جناب آقای دکتر جباروند و همچنین استاد محترم جناب آقای دکتر مهدی خداپرست که شرایط را برای انجام طرح فراهم نمودند، اعلام می‌داریم.

منابع

1. Mohammadpour M, Hahemi H, Jabbarvand M. Technique of simultaneous femtosecond laser assisted Myring implantation and accelerated intrastromal collagen cross-linking for management of progressive keratoconus: A novel technique. *Contact Lens and Anterior Eye* 2016; 39(1): 9-14.
2. Abu-Amero KK, Helwa I, Al-Muammar A, Strickland S, Hauser MA, Allingham RR, Liu Y. Case-control association between CCT-associated variants and keratoconus in a Saudi Arabian population. *Journal of negative results in biomedicine* 2015; 14(1):10.
3. Elsaftawy HS, Ahmed MH, Saif MY, Mousa R. Sequential Intracorneal Ring Segment Implantation and Corneal Transepithelial Collagen Cross-Linking in Keratoconus. *Cornea* 2015; 34(11): 1420-6.
4. McAnena L, O'Keefe M. Corneal collagen crosslinking in children with keratoconus. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 2011; 19(3): 228-32.
5. Goebels S, Käsman-Kellner B, Eppig T, Seitz B, Langenbucher A. Can retinoscopy keep up in keratoconus diagnosis? *Contact Lens and Anterior Eye* 2015; 38(4): 234-9.
6. Shabayek MH, Alió JL. Intrastromal corneal ring segment implantation by femtosecond laser for keratoconus correction. *Ophthalmology* 2007; 114(9):1643-52.
7. Li X, Rabinowitz YS, Rasheed K, Yang H. Longitudinal study of the normal eyes in unilateral

به طور خلاصه، در مطالعه حاضر چشمهای با قوز قرنیه ی شدید (گروه ۴)، میزان بالاتری از آستیگماتیسم کل و قدامی و خلفی قرنیه داشتند و رابطه‌ای بین مقدار آستیگمات سطح قدامی و خلفی قرنیه در همه‌ی گروه-های مختلف قوز قرنیه وجود داشت. از سویی دیگر، تغییرات میزان آستیگماتیسم در سطح قدامی ارتباط قوی با این تغییرات در سطح خلفی قرنیه در موارد با شدت کمتر نشان دادند که این ارتباط در چشمهای مبتلا به قوز قرنیه در گروه ۴ ضعیفتر بود. این یافته‌ها نشان می‌دهند که رابطه‌ی بین انحناهای قدامی و خلفی قرنیه وقتی قوز قرنیه وجود دارد، کمتر می‌شود. به علاوه، تغییرات در انحناهای خلفی به طور میانگین، بیشتر از این تغییرات در سطح قدامی در چشمهای مبتلا به قوز قرنیه مشاهده گردید. از این رو، ارتباط بین انحناهای قدامی و خلفی که در جامعه نرمال وجود دارد (۲۳)، در موارد قوز قرنیه با افزایش شدت بیماری کاهش می‌یابد.

در بعضی مطالعات، احتمال تاثیرپذیری عملکردهای سیستم بینایی از تغییرات سطح خلفی قرنیه گزارش شده‌اند (۲۳). با توجه به نتایج حاصله از این بررسی می‌توان این گونه فرض کرد که نا منظم‌تر شدن و افزایش میزان آستیگماتیسم سطح خلفی قرنیه به دنبال افزایش شدت قوز قرنیه می‌تواند منجر به کاهش کیفیت اپتیکی کل قرنیه گردد. آنچه اهمیت بررسی سطح خلفی قرنیه را بیشتر می‌کند دقت بر این نکته است که یک آستیگماتیسم خلفی نامنظم امکان اصلاح با عینک یا لنزهای تماسی را ندارد در حالی که وجود آستیگماتیسم نامنظم قدامی در بیشتر موارد با لنزهای سخت قابل اصلاح می‌باشد. نتایج این بررسی بخوبی نشان داد که تغییراتی که با شدت قوز قرنیه در سطوح قدامی و خلفی قرنیه ایجاد می‌شود، بسیار معنادار و با اهمیت است.

برای تشخیص و تدابیر درمانی دقیق و بهتر قوز قرنیه، قرنیه باید به عنوان یک عنصر سه بعدی که توسط ۲ سطح و یک حجم خاص احاطه شده است ارزیابی شود و پتانسیل موجود بین سطح قدامی و خلفی قرنیه به عنوان یک ابزار ارزیابی برای تشخیص قوز قرنیه باید مورد ارزیابی قرار بگیرد. پیشنهاد می‌شود در بیماران مبتلا به قوز قرنیه خصوصاً در گروههای ۳ و ۴ برای اندازه‌گیری قدرت کل قرنیه از دستگاههایی نظیر پنتاکم که دو سطح قرنیه را توموگرافی و بررسی می‌نمایند، استفاده شود.

- keratoconus patients. *Ophthalmology* 2004; 111(3): 440-6.
8. Maeda N, Fujikado T, Kuroda T, Mihashi T, Hirohara Y, Nishida K, Watanabe H, Tano Y. Wavefront aberrations measured with Hartmann-Shack sensor in patients with keratoconus. *Ophthalmology* 2002; 109(11): 1996-2003.
 9. Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, Miyake T. Assessment of anterior, posterior, and total central corneal astigmatism in eyes with keratoconus. *American journal of ophthalmology* 2015; 160(5): 851-7.
 10. Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol.* 1998; 42(4): 297-319.
 11. Romero-Jiménez M, Santodomingo-Rubido J, Wolffsohn JS. Keratoconus: a review. *Contact Lens and Anterior Eye* 2010; 33(4): 157-66.
 12. Göncü T, Akal A, Adbelli FM, Çakmak S, Sezen H, Yılmaz ÖF. Tear Film and Serum Prolidase Activity and Oxidative Stress in Patients with Keratoconus. *Cornea* 2015; 34(9): 1019-23.
 13. Toprak I, Yaylalı V, Yildirim C. A combination of topographic and pachymetric parameters in keratoconus diagnosis. *Contact Lens and Anterior Eye* 2015; 38(5): 357-62.
 14. Mazzotta C, Balestrazzi A, Traversi C, Baiocchi S, Caporossi T, Tommasi C, Caporossi A. Treatment of progressive keratoconus by riboflavin-UVA-induced cross-linking of corneal collagen: ultrastructural analysis by Heidelberg Retinal Tomograph II in vivo confocal microscopy in humans. *Cornea* 2007; 26(4): 390-7.
 15. Uçakhan ÖÖ, Çetinkor V, Özkan M, Kanpolat A. Evaluation of Scheimpflug imaging parameters in subclinical keratoconus, keratoconus, and normal eyes. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2011; 37(6): 1116-24.
 16. de Sanctis U, Loiacono C, Richiardi L, Turco D, Mutani B, Grignolo FM. Sensitivity and specificity of posterior corneal elevation measured by Pentacam in discriminating keratoconus/subclinical keratoconus. *Ophthalmology* 2008; 115(9): 1534-9.
 17. Alió JL, Piñero DP, Alesón A, Teus MA, Barraquer RI, Murta J, Maldonado MJ, de Luna GC, Gutiérrez R, Villa C, Uceda-Montanes A. Keratoconus-integrated characterization considering anterior corneal aberrations, internal astigmatism, and corneal biomechanics. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2011; 37(3): 552-68.
 18. Nakagawa T, Maeda N, Kosaki R, Hori Y, Inoue T, Saika M, Mihashi T, Fujikado T, Tano Y. Higher-order aberrations due to the posterior corneal surface in patients with keratoconus. *Investigative ophthalmology & visual science* 2009; 50(6): 2660-5.
 19. Piñero DP, Alió JL, Alesón A, Vergara ME, Miranda M. Corneal volume, pachymetry, and correlation of anterior and posterior corneal shape in subclinical and different stages of clinical keratoconus. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2010; 36(5): 814-25.
 20. Naderan M, Shoar S, Naderan M, Kamaledin MA, Rajabi MT. Comparison of corneal measurements in keratoconic eyes using rotating Scheimpflug camera and scanning-slit topography. *International journal of ophthalmology* 2015; 8(2): 275.
 21. Orucoglu F, Toker E. Comparative analysis of anterior segment parameters in normal and keratoconus eyes generated by scheimpflug tomography. *Journal of ophthalmology* 2015; 2015: 925414.
 22. Schlegel Z, Hoang-Xuan T, Gatinel D. Comparison of and correlation between anterior and posterior corneal elevation maps in normal eyes and keratoconus-suspect eyes. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2008; 34(5): 789-95.
 23. Tomidokoro A, Oshika T, Amano S, Higaki S, Maeda N, Miyata K. Changes in anterior and posterior corneal curvatures in keratoconus. *Ophthalmology* 2000; 107(7): 1328-32.
 24. Rao SN, Raviv T, Majmudar PA, Epstein RJ. Role of Orbscan II in screening keratoconus suspects before refractive corneal surgery. *Ophthalmology* 2002; 109(9): 1642-6.
 25. Naderan M, Rajabi MT, Zarrinbakhsh P. Distribution of Anterior and Posterior Corneal Astigmatism in Eyes With Keratoconus. *American journal of ophthalmology* 2016; 167: 79-87.
 26. Dubbelman M, Sicam VA, Van der Heijde GL. The shape of the anterior and posterior surface of the aging human cornea. *Vision Res* 2006; 46(6-7): 993-1001.