

Sensitivity and Specificity of Galilei and Orbscan in the Diagnosis of Subclinical Keratoconus

Jafarinasab MR, MD*; Karimian F, MD; Faramarzi A, MD; Feizi S, MD; Hasanpoor H, MD; Yasari M, PhD; Javadi MA, MD

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

*Corresponding Author: dr_jafarinasab@yahoo.com

Purpose: To determine the sensitivity and specificity of posterior corneal elevation in discriminating keratoconus and subclinical keratoconus from normal corneas by Galilei and Orbscan II diagnosed on the basis of topography.

Methods: Three groups (keratoconus, subclinical keratoconus and normal) were evaluated with Galilei and Orbscan II and results were compared to those obtained by gold standard placido disc-based topography.

In one eye of each patient, posterior corneal elevation was measured in the central 3 mm zones using the Galilei rotating double Scheimpflug camera. Posterior corneal elevation in keratoconus and subclinical keratoconus was compared to that in normal corneas. Receiver operating characteristic (ROC) curves were used to determine the test's overall predictive accuracy (area under the curve) and to identify optimal posterior corneal elevation cut off points to maximize sensitivity and specificity in discriminating keratoconus and subclinical keratoconus from normal corneas. Similar analysis was done using Orbscan II, in the central 5mm zone.

Results: In Galilei mean posterior corneal elevation in the 3 mm zone was statistically higher in keratoconus (50.6 ± 34.5 microns), and subclinical keratoconus (12.8 ± 4.3 microns) versus normal corneas (9.9 ± 4.5 microns). ROC curve analyses showed high overall predictive accuracy of posterior elevation for both keratoconus and subclinical keratoconus (area under the curve 98% and 71%, respectively). Optimal cutoff points were 18.5 microns for keratoconus and 11.5 microns for subclinical keratoconus. These values were associated with sensitivity and specificity of 92% and 95% respectively for keratoconus, and 64.3% and 75.7% for subclinical keratoconus. In Orbscan II mean posterior corneal elevation in the 5 mm zone was 106.8 ± 43.7 microns in keratoconus, 36.6 ± 22.8 microns in subclinical keratoconus and 25 ± 9.2 microns in normal corneas. Optimal cutoff points were 50 microns for keratoconus and 33.5 microns for subclinical keratoconus. These values were associated with sensitivity and specificity of 89.1% and 98.6% respectively for keratoconus, and 50% and 85% for subclinical keratoconus.

Conclusion: Posterior corneal elevation very effectively discriminates keratoconus from normal corneas. Its accuracy is lower in subclinical keratoconus and thus data concerning posterior elevation should not be used alone to stratify patients with this condition.

Keywords: Galilei, Orbscan, Posterior Corneal Elevation, Anterior Corneal Elevation

• Bina J Ophthalmol 2012; 18 (1): 39-47.

Received: 15 June 2011

Accepted: 16 August 2011

حساسیت و ویژگی گالیله و ارباسکن در تشخیص قوز قرنیه تحت بالینی

دکتر محمدرضا جعفری‌نسب^۱، دکتر فرید کریمیان^۲، دکتر امیر فرامرزی^۳، دکتر سپهر فیضی^۴، دکتر حسین حسن‌پور^۵، دکتر مهدی یاسری^۵، دکتر محمدعلی جوادی^۲

هدف: تعیین حساسیت و ویژگی دو دستگاه گالیله و ارباسکن در تشخیص قوز قرنیه تحت بالینی بر مبنای تپوگرافی. **روش پژوهش:** بیماران براساس تپوگرافی به سه گروه قوز قرنیه، قوز قرنیه تحت بالینی و طبیعی تقسیم شده و با دستگاه‌های ارباسکن و گالیله مورد ارزیابی قرار گرفتند. برجستگی خلفی قرنیه در سه میلی‌متری در گروه قوز قرنیه و قوز

قرنیه تحت بالینی در تحلیل‌های جدا با قرنیه طبیعی مقایسه شدند. از منحنی‌های ROC برای ارزیابی دقت پیش‌گویی‌کننده و هم‌چنین تعیین نقاط برش (Cut off) استفاده شد تا حساسیت و ویژگی تشخیص قوز قرنیه و قوز قرنیه تحت بالینی از قرنیه طبیعی محاسبه گردد. تحلیل مشابه نیز در پنج میلی‌متری مرکزی ارباسکن صورت گرفت.

یافته‌ها: با دستگاه گالیه متوسط برجستگی در سه میلی‌متری سطح خلفی قوز قرنیه 50.6 ± 34.5 و قوز قرنیه تحت بالینی 12.8 ± 4.3 و در مقایسه با قرنیه طبیعی 9.9 ± 4.5 بالاتر بود. تحلیل منحنی ROC نشان داد که دقت پیش‌گویی‌کننده برجستگی خلفی برای قوز قرنیه و قوز قرنیه تحت بالینی بالا می‌باشد (سطح زیر نمودار به ترتیب ۹۸ درصد و ۷۱ درصد). حد مطلوب برای نقطه تغییر برش (Optimal cut off point) برای قوز قرنیه 18.5 میکرون و برای قوز قرنیه تحت بالینی 11.5 میکرون بود. این مقادیر با حساسیت و ویژگی ۹۲ درصد و ۹۵ درصد برای قوز قرنیه و 64.3 درصد و 75.7 درصد برای قوز قرنیه تحت بالینی بود. در ارباسکن متوسط برجستگی در پنج میلی‌متری 106.8 ± 43.7 در گروه قوز قرنیه و 36.6 ± 22.8 در گروه قوز قرنیه تحت بالینی و 25 ± 9.2 در قرنیه طبیعی بود. حد مطلوب برای نقطه برش (Optimal cut off point) برای قوز قرنیه 50 میکرون و برای قوز قرنیه تحت بالینی 33.5 میکرون بود، این مقادیر با حساسیت و ویژگی 89.1 درصد و 98.6 درصد برای قوز قرنیه و 50 درصد و 85 درصد برای قوز قرنیه تحت بالینی بود.

نتیجه‌گیری: برجستگی خلفی قرنیه به طور موثری قوز قرنیه را از قرنیه طبیعی افتراق می‌دهد اما تاثیر آن برای تفکیک قوز قرنیه تحت بالینی کم‌تر است، بنابراین در این گروه از بیماران نباید فقط به برجستگی خلفی توجه نمود و باید به عنوان یک آزمون تکمیلی در موارد مشکوک مورد استفاده قرار گیرد.

• مجله چشم‌پزشکی بینا ۱۳۹۱؛ دوره ۱۸، شماره ۱: ۳۹-۴۷.

• پاسخ‌گو: دکتر محمد رضا جعفری‌نسب (e-mail: dr_jafarinasab@yahoo.com)

دریافت مقاله: ۲۵ خرداد ۱۳۹۰

تایید مقاله: ۲۵ مرداد ۱۳۹۰

۱- دانشیار- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۲- استاد- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۳- استادیار- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۴- دستیار چشم‌پزشکی- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۵- دکترای آمار زیستی- دانشکده بهداشت و آمار حیاتی- دانشگاه علوم پزشکی تهران

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

مقدمه

امروزه اصلاح عیوب انکساری چشم به کمک لیزر از طریق تغییر انحنای قرنیه یکی از شایع‌ترین اعمال جراحی چشم محسوب می‌شود. با وجود استفاده وسیع از این روش‌ها، محدودیت‌هایی نیز برای این اعمال وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها در بیماران مبتلا به قوز قرنیه بالینی و تحت بالینی می‌باشد^{۱-۴}. تشخیص قوز قرنیه بالینی به ویژه موارد پیش‌رفته از طریق معاینات بالینی و دستگاه اسلیت‌لامپ ساده و آسان است ولی تشخیص موارد خفیف و تحت بالینی آن، امری مشکل است که تنها از طریق بالینی امکان‌پذیر نمی‌باشد^{۴-۷}. در حال حاضر مهم‌ترین روش برای تشخیص قوز قرنیه تحت بالینی، تصویربرداری قرنیه می‌باشد که روش‌های متعددی بدین منظور ابداع شده است. توپوگرافی قرنیه براساس پلاسیدودیسک (Placidodisc) یکی از

قدیمی‌ترین روش‌ها برای تشخیص قوز قرنیه تحت بالینی می‌باشد^{۵-۱۰} که امروزه نیز می‌توان از آن به عنوان استاندارد طلایی برای تشخیص قوز قرنیه نام برد. تاکنون معیارهای متعددی برای تشخیص قوز قرنیه معرفی شده‌اند. این روش‌ها دارای موارد مثبت و منفی کاذب بوده و فقط سطح قدامی قرنیه را ارزیابی می‌کنند. به منظور افزایش دقت در تشخیص قوز قرنیه تحت بالینی از افراد سالمی که کاندید اعمال کراتورفراکتیو می‌باشند به تازگی روش‌های تصویربرداری از قرنیه معرفی شده‌اند که اساس آن‌ها بر مبنای میزان برجستگی و ارزیابی سطح خلفی قرنیه می‌باشد. این مطالعه برای اولین بار به منظور اندازه‌گیری میزان برجستگی قدامی و خلفی در افراد مبتلا به قوز قرنیه و قوز قرنیه تحت بالینی و افراد طبیعی و نیز جهت ارزیابی میزان حساسیت و ویژگی دستگاه گالیه در تشخیص قوز قرنیه و قوز قرنیه تحت بالینی از

افراد طبیعی انجام شده است.

کورسازی (Blinding) برای تقسیم‌بندی بیماران جهت اپتومتریست صورت می‌گرفت.

دستگاه توپوگرافی مورد استفاده، از نوع TOMEY version 4.2c، ساخت ژاپن بود که تصویری از حلقه‌های هم‌مرکز از نوع پلاسیدودیسک را به قرنیه می‌تاباند و یک دوربین، بازتاب تصویر حلقه‌ها را ثبت و با بررسی‌های رایانه‌ای، تغییرات در تصویر بازتاب شده حلقه‌ها تفسیر می‌شد و توپوگرافی را با دقتی در حد ۰/۲۵ دیوپتر ثبت می‌کرد. این توپوگرافی بر اساس برنامه نرم‌افزاری Klyce و Maeda و میزان KCI و برنامه Smolek/Klyce میزان KSI (Keratoconus Severity Index) و هم‌چنین KPI را به صورت اتوماتیک در محدوده طبیعی، مشکوک و غیرطبیعی به صورت کد رنگی گزارش می‌کند.

ارب اسکن II مورد استفاده، ساخت شرکت Bausch and Lomb آمریکا بود. این دستگاه یک سیستم اسکن توپوگرافی سه بعدی برای بررسی سطوح قدامی و خلفی قرنیه می‌باشد که ۴۰ تصویر از قرنیه تهیه نموده و از یک سیستم پلاسیدودیسک برای تطبیق اطلاعات و تهیه تصاویر توپوگرافی استفاده می‌کند.

گالیه مورد استفاده، مدل Ziemer ساخت سوئیس بود. دستگاه گالیه یک سیستم غیر تهاجمی برای بررسی سگمان قدامی است و از ترکیب پلاسیدو و دو دوربین جهت تهیه تصویر استفاده می‌کند. نور آبی فلش دوربین با طول موج ۴۷۵ نانومتر (فاد اشعه ماورابنفش) توسط یک LED تولید می‌شود. دستگاه شیمفلاگ برای تهیه تصویر، اطلاعات ۱۲۲۰۰۰ نقطه را اندازه‌گیری می‌کند. دو دوربین شیمفلاگ جدا از هم تعبیه شده‌اند تا خطای ناشی از اسکن در زاویه‌های مایل و حرکات چشم بیمار را کاهش دهند (تصویر ۱).

دستگاه پاکی‌متری اولتراسوند مورد استفاده مدل up-۱۰۰۰ ساخت شرکت Nidek ژاپن بود که ضخامت مرکز قرنیه را اندازه‌گیری می‌نمود.

برای توصیف داده‌ها از میانگین \pm انحراف معیار، میانه و دامنه و برای انتخاب یک نقطه برش مناسب به عنوان شاخص، از منحنی ROC استفاده شد. برای تعیین قدرت تشخیص دستگاه در تمایز نتایج، سطح زیر منحنی ROC و برای ارزیابی نقاط انتخاب شده مقدار حساسیت، ویژگی، معیار Youden و نیز نسبت درست‌نمایی مثبت (LR+) و منفی (LR-) گزارش شدند.

روش پژوهش

این مطالعه به صورت آینده‌نگر و مقایسه‌ای بر روی مراجعین به درمانگاه‌های قرنیه بیمارستان شهید دکتر لبافی‌نژاد طی سال ۱۳۸۹ انجام گرفت. تقسیم‌بندی بیماران به سه گروه طبیعی، قوز قرنیه تحت بالینی و قوز قرنیه بر پایه معاینه با اسلیت‌لامپ و انجام پلاسیدودیسک توپوگرافی بود. یافته‌های بیماران براساس اسلیت‌لامپ و توپوگرافی، به دو دسته اصلی (ماژور) و فرعی (مینور) تقسیم شدند. یافته‌های اصلی شامل وجود خطوط وگت (Vogt) و حلقه فلیشر بیش از ۲ میلی‌متر (Fleischer Ring) در معاینه اسلیت‌لامپ، KPI (Keratoconus Predicting Index) بالای ۰/۳، KCI (Keratoconus Index) بالای ۳۰ درصد و KSI غیرطبیعی در توپوگرافی TOMEY بود.

یافته‌های فرعی (مینور) شامل نمای غیرقرنیه دمبلی‌شکل (Asymmetric Bow Tie Pattern) بدون (Skew Radial Axis)، شیب تحتانی (Inferior Steepening) و KCI بین ۱۵ تا ۳۰ درصد، KPI بین ۳۰-۲۳ درصد بود.

تقسیم بندی بیماران به سه گروه قوز قرنیه بالینی، قوز قرنیه تحت بالینی و طبیعی به شرح زیر صورت گرفت.

۱- گروه قوز قرنیه بالینی: مواردی که دارای حداقل دو یافته اصلی یا یک یافته اصلی و دو یافته فرعی بودند.

۲- گروه قوز قرنیه تحت بالینی: حداقل دارای یک یافته اصلی یا دو یافته فرعی مشروط به آن که یافته اصلی جز یافته‌های معاینه اسلیت‌لامپ نباشد.

۳- گروه طبیعی: گروهی که فاقد هرگونه یافته‌های اصلی و یا فرعی بودند.

افرادی که به جز عیب انکساری یا قوز قرنیه هر بیماری دیگر یا سابقه هرگونه عمل جراحی روی چشم داشتند، از مطالعه حذف می‌گردیدند. هم‌چنین افرادی که در گروه طبیعی قرار می‌گرفتند در صورت مصرف لنز تماسی از مطالعه حذف می‌شدند و به افراد در گروه قوز قرنیه، توصیه می‌شد از لنز تماسی به مدت حداقل چهار هفته در چشم مورد مطالعه استفاده نکنند.

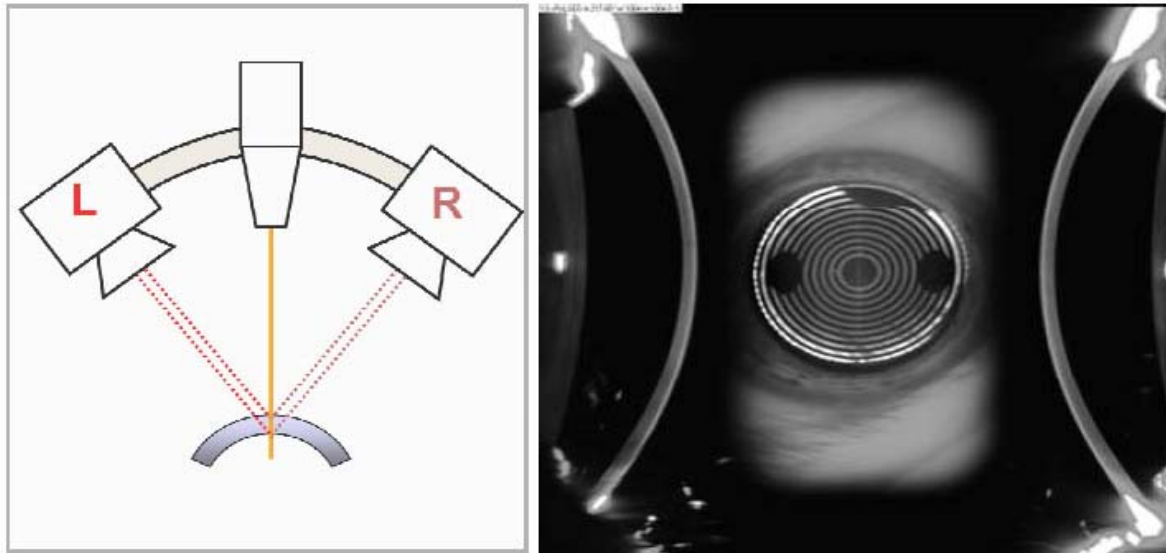
بیماران پس از اخذ شرح حال و معاینه توسط اسلیت‌لامپ و انجام توپوگرافی و تقسیم به سه گروه بر اساس یافته‌های اصلی و فرعی، با رعایت معیارهای ورود و خروج و کسب رضایت نامه، جهت انجام ارباسکن و گالیه و اولتراسونیک پاکی‌متری به یک نفر اپتومتریست مجرب در زمینه هر سه دستگاه معرفی می‌شدند.

یافته‌ها

تعداد ۲۳۶ چشم وارد مطالعه شدند که در نهایت ۲۱۰ چشم

برای دستگاه گالیله در گروه قوز قرنیه به ترتیب $۳۲٫۷ \pm ۵۰٫۵$ و $۵۵٫۸ \pm ۵۳٫۱$ در گروه قوز قرنیه تحت بالینی $۱۰٫۴ \pm ۶٫۷$ و $۱۷٫۷ \pm ۶٫۱$ در گروه طبیعی ۸ ± ۶ و $۱۵٫۷ \pm ۷$ بود (جدول ۱).

شامل ۱۳۶ چشم طبیعی، ۲۳ چشم قوز قرنیه تحت بالینی و ۵۱ چشم مبتلا به قوز قرنیه مورد تحلیل قرار گرفتند. میانگین برجستگی قدامی و خلفی در ناحیه پنج میلی‌متری



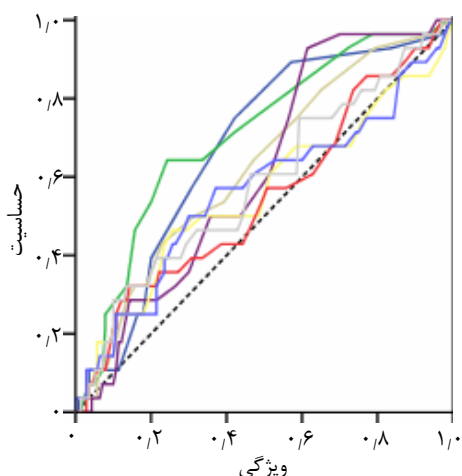
تصویر ۱- Placido Tograper و Dual Schicimpflug Analyzer در دستگاه گالیله

جدول ۱- میانگین برجستگی قدامی و خلفی در نقاط ۳، ۵ و ۷ در قوز قرنیه، قوز قرنیه تحت بالینی و افراد طبیعی در دستگاه گالیله

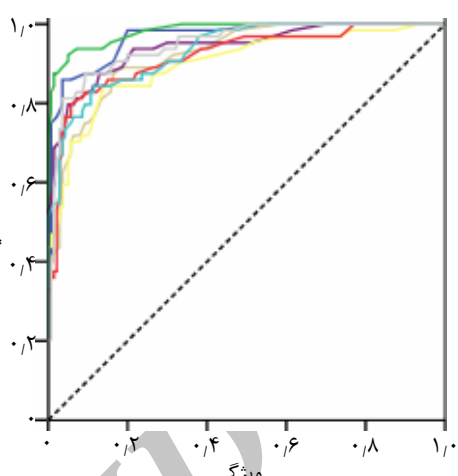
فوز قرنیه	تحت بالینی قوز قرنیه		طبیعی		میانگین
	انحراف معیار \pm میانگین	میانگین (حدود تغییرات)	انحراف معیار \pm میانگین	میانگین (حدود تغییرات)	
۲۷٫۳ \pm ۲۶٫۸	۶٫۸ \pm ۴٫۳	۲۴ (۴-۲۱۹)	۵٫۱ \pm ۳٫۶	۴ (۱-۲۶)	برجستگی قدامی در ناحیه ۳ میلی‌متری
۵۰٫۶ \pm ۳۴٫۵	۲٫۸ \pm ۴٫۳	۴۴٫۵ (۱۱-۲۲۴)	۹٫۹ \pm ۴٫۵	۹ (۳-۳۳)	برجستگی خلفی در ناحیه ۳ میلی‌متری
۳۲٫۷ \pm ۵۰٫۵	۱۰٫۴ \pm ۶٫۷	۲۶ (۶-۴۱۷)	۸ \pm ۶	۶ (۱-۲۹)	برجستگی قدامی در ناحیه ۵ میلی‌متری
۵۵٫۸ \pm ۵۳٫۱	۱۷٫۷ \pm ۶٫۱	۴۶ (۱۲-۳۴۸)	۱۵٫۷ \pm ۷٫۶	۱۵ (۳-۴۴)	برجستگی خلفی در ناحیه ۵ میلی‌متری
۶۰٫۷ \pm ۸۲٫۲	۲۰٫۱ \pm ۱۳٫۳	۴۵ (۷-۶۵۹)	۱۶٫۷ \pm ۱۰	۱۴ (۴-۵۰)	برجستگی قدامی در ناحیه ۷ میلی‌متری
۱۰۶٫۶ \pm ۱۷۷٫۱	۳۱٫۳ \pm ۱۴٫۳	۶۷ (۲۰-۱۳۶۵)	۲۸٫۵ \pm ۱۳٫۲	۲۶ (۶-۸۲)	برجستگی خلفی در ناحیه ۷ میلی‌متری

(نمودار ۱). ناحیه زیر منحنی برای قوز قرنیه در ناحیه ۵ میلی‌متری برای سطح قدامی ۹۲ درصد و سطح خلفی ۹۴ درصد می‌باشد ولی برای قوز قرنیه تحت بالینی کم‌تر است. (سطح قدامی ۶۳ درصد و خلفی ۶۲ درصد، (نمودار ۲).

نمودار ۱ و ۲ نتایج ROC را برای برجستگی قدامی و خلفی در دستگاه گالیله در نواحی ۳، ۵ و ۷ میلی‌متری در گروه‌های قوز قرنیه و قوز قرنیه تحت بالینی با گروه طبیعی مقایسه کرده است. همان‌گونه در این نمودارها ملاحظه می‌شود، منحنی ROC با اطمینان قادر است گروه قوز قرنیه را از افراد طبیعی متمایز نماید



نمودار ۲- سطح زیر منحنی ROC برای تشخیص قوز قرنيه تحت باليني از افراد طبيعي



نمودار ۱- سطح زیر منحنی ROC برای تشخیص قوز قرنيه از افراد طبيعي

نقطه در برجستگی خلفی در ناحیه ۳ میلی‌متری ۱۸/۵ میکرون باشد با حساسیت ۹۲ درصد و ویژگی ۹۵/۵ درصد، موید قوز قرنيه و اگر این عدد ۱۱/۵ میکرون باشد با حساسیت ۶۴/۳ درصد و ویژگی ۷۵/۷ درصد، معرف قوز قرنيه تحت باليني می‌باشد.

میزان حساسیت و ویژگی شعاع انحنای بهترین کره منطبق شونده (BFS) قدامی و خلفی دستگاه گاليله برای تشخیص قوز قرنيه و قوز قرنيه تحت باليني از افراد طبيعي مورد بررسی قرار گرفت که براساس آن اگر شعاع انحنای BFS سطح قدامی گاليله کم‌تر یا مساوی ۷/۶۴ باشد، با حساسیت ۷۱/۴ درصد و ویژگی ۶۸/۸ درصد به نفع قوز قرنيه تحت باليني و اگر شعاع انحنای کمتر یا مساوی ۷/۴۱ باشد، با حساسیت ۷۰/۳ درصد و ویژگی ۹۷/۲ درصد به نفع قوز قرنيه می‌باشد. اگر شعاع انحنای خلفی BFS کم‌تر یا مساوی ۶/۳۰ باشد با حساسیت ۸۲/۱ درصد و ویژگی ۷۸/۷ درصد به نفع قوز قرنيه تحت باليني و اگر کم‌تر یا مساوی ۶/۲۷ باشد با حساسیت ۸۹/۱ درصد و ویژگی ۸۶/۵ درصد به نفع قوز قرنيه می‌باشد. جدول ۴، نتایج نقاط برش و حساسیت و ویژگی آن‌ها مربوط به دستگاه ارباسکن و متغیرهای BFS قدامی و خلفی و برجستگی‌های قدامی و خلفی را نمایش می‌دهد.

همان گونه که در جدول مذکور مشاهده می‌شود در تمام اندازه‌گیری‌ها، ضخامت مرکز قرنيه در قوز قرنيه تحت باليني کم‌تر از افراد طبيعي و در قوز قرنيه کم‌تر از نوع تحت باليني آن می‌باشد.

همان گونه که در این منحنی‌ها ملاحظه می‌شود، ناحیه ۳ میلی‌متری خلفی برای تشخیص افراد طبيعي از قوز قرنيه و هم چنین قوز قرنيه تحت باليني ارزش بیش‌تری نسبت به ناحیه ۵ میلی‌متری دارد. (سطح زیر منحنی برای قوز قرنيه قدامی و خلفی به ترتیب ۹۷ درصد و ۹۸ درصد و برای قوز قرنيه تحت باليني قدامی و خلفی به ترتیب ۶۸ درصد و ۷۱ درصد می‌باشد)

نقطه برش مطلوب برای تشخیص قوز قرنيه در ناحیه ۵ میلی‌متری قدامی، ۱۴/۵ میکرون و در ناحیه ۵ میلی‌متری خلفی، ۲۲/۵ میکرون می‌باشد. این مقادیر برای تشخیص قوز قرنيه تحت باليني به ترتیب حدود ۶/۵ میکرون و ۱۶/۵ میکرون می‌باشند.

اگر در دستگاه گاليله برجسته‌ترین نقطه در برجستگی خلفی در ناحیه ۵ میلی‌متری ۲۲/۵ میکرون باشد، با حساسیت ۸۷/۵ درصد و ویژگی ۸۷/۱ درصد، بیان‌کننده قوز قرنيه می‌باشد و اگر این عدد ۱۶/۵ میکرون باشد، با حساسیت ۵۰ درصد و ویژگی ۶۴/۳ درصد، معرف نوع تحت باليني می‌باشد.

جدول ۲ و ۳ این مقادیر را برای ناحیه ۳ میلی‌متری قدامی و خلفی با دستگاه گاليله نشان می‌دهند. همان گونه که ملاحظه می‌شود نقطه برش مطلوب برای تشخیص قوز قرنيه در ناحیه ۳ میلی‌متری قدامی، ۱۲/۵ میکرون و خلفی، ۱۸/۵ میکرون می‌باشد. این مقادیر برای قوز قرنيه تحت باليني به ترتیب ۴/۵ و ۱۱/۵ میکرون می‌باشند.

جدول ۲- حساسیت و ویژگی دستگاه گاليله برای تشخیص فوز قرنيه باليني و تحت باليني در سطح ۳ ميلي متری قدامی

نقطه برش	مقایسه فوز قرنيه و قرنيه طبیعی					مقایسه فوز قرنيه تحت باليني و طبیعی				
	برجستگی سطح قدامی قرنيه در سه ميلي متری					برجستگی سطح قدامی قرنيه در سه ميلي متری				
	حساسیت	ویژگی	نسبت درست نسبتی مثبت	نسبت درست نسبتی منفی	حساسیت	ویژگی	نسبت درست نسبتی مثبت	نسبت درست نسبتی منفی	حساسیت	ویژگی
۱/۵۰۰۰	۱۰۰/۰	۲/۹	۱۰۱/۹	۱/۰	۰	۹۶/۴	۲/۹	۹۸/۳	۱/۰	۱/۲۵
۲/۵۰۰۰	۱۰۰/۰	۱۶/۴	۱۱۵/۴	۱/۲	۰	۹۲/۹	۱۶/۴	۱۰۸/۳	۱/۱	۰/۴۳
۳/۵۰۰۰	۱۰۰/۰	۴۲/۹	۱۴۱/۹	۱/۸	۰	۸۹/۳	۴۲/۹	۱۳۱/۱	۱/۶	۰/۲۵
۴/۵۰۰۰	۹۸/۴	۵۷/۹	۱۵۵/۳	۲/۳	۰/۰۳	۷۵/۰	۵۷/۹	۱۳۱/۹	۱/۸	۰/۴۳
۵/۵۰۰۰	۹۸/۴	۶۹/۳	۱۶۶/۷	۳/۲	۰/۰۲	۵۷/۱	۶۹/۳	۱۲۵/۴	۱/۹	۰/۶۲
۶/۵۰۰۰	۹۸/۴	۸۰/۰	۱۷۷/۴	۴/۹	۰/۰۲	۳۹/۳	۸۰/۰	۱۱۸/۳	۲/۰	۰/۷۶
۷/۵۰۰۰	۹۳/۸	۸۲/۱	۱۷۴/۹	۵/۳	۰/۰۸	۲۵/۰	۸۲/۱	۱۰۶/۱	۱/۴	۰/۹۱
۸/۵۰۰۰	۹۰/۶	۸۳/۶	۱۷۳/۲	۵/۵	۰/۱۱	۲۵/۰	۸۳/۶	۱۰۷/۶	۱/۵	۰/۹۰
۹/۵۰۰۰	۸۷/۵	۸۸/۶	۱۷۵/۱	۷/۷	۰/۱۴	۱۰/۷	۸۸/۶	۹۸/۳	۰/۹	۱/۰۱
۱۰/۵۰۰۰	۸۷/۵	۹۰/۷	۱۷۷/۲	۹/۴	۰/۱۴	۱۰/۷	۹۰/۷	۱۰۰/۴	۱/۲	۰/۹۸
۱۱/۵۰۰۰	۸۵/۹	۹۴/۳	۱۷۹/۲	۱۵/۰	۰/۱۵	۱۰/۷	۹۴/۳	۱۰۴/۰	۱/۹	۰/۹۵
۱۲/۵۰۰۰	۸۵/۹	۹۶/۴	۱۸۱/۴	۲۴/۱	۰/۱۵	۱۰/۷	۹۶/۴	۱۰۶/۱	۳/۰	۰/۹۳
۱۳/۵۰۰۰	۸۲/۸	۹۶/۴	۱۷۸/۲	۲۳/۲	۰/۱۸	۷/۱	۹۶/۴	۱۰۲/۶	۲/۰	۰/۹۶
۱۴/۵۰۰۰	۷۹/۷	۹۶/۴	۱۷۵/۱	۲۲/۳	۰/۲۱	۳/۶	۹۶/۴	۹۹/۰	۱/۰	۱/۰۰

جدول ۳- حساسیت و ویژگی دستگاه گاليله برای تشخیص فوز قرنيه باليني و تحت باليني در سطح ۳ ميلي متری خلفی

نقطه برش	مقایسه فوز قرنيه و قرنيه طبیعی					مقایسه فوز قرنيه تحت باليني و طبیعی				
	برجستگی سطح خلفی قرنيه در سه ميلي متری					برجستگی سطح خلفی قرنيه در سه ميلي متری				
	حساسیت	ویژگی	نسبت درست نسبتی مثبت	نسبت درست نسبتی منفی	حساسیت	ویژگی	نسبت درست نسبتی مثبت	نسبت درست نسبتی منفی	حساسیت	ویژگی
۱۰/۵۰۰۰	۱۰۰/۰	۶۶/۴	۱۶۵/۴	۳/۰	۰	۶۴/۳	۶۶/۴	۱۲۹/۷	۱/۹	۰/۵۴
۱۱/۵۰۰۰	۹۸/۴	۷۵/۷	۱۷۳/۲	۱/۴	۰/۰۲	۶۴/۳	۷۵/۷	۱۳۹/۰	۲/۶	۰/۴۷
۱۲/۵۰۰۰	۹۶/۹	۸۰/۰	۱۷۵/۹	۴/۸	۰/۰۴	۵۳/۶	۸۰/۰	۱۳۲/۶	۲/۷	۰/۵۸
۱۳/۵۰۰۰	۹۵/۳	۸۴/۳	۱۷۸/۶	۶/۱	۰/۰۶	۴۶/۴	۸۴/۳	۱۲۹/۷	۳/۰	۰/۶۴
۱۴/۵۰۰۰	۹۳/۸	۸۹/۴	۱۷۹/۲	۶/۹	۰/۰۷	۳۲/۱	۸۶/۴	۱۱۷/۶	۲/۴	۰/۷۹
۱۶/۰۰۰۰	۹۳/۸	۹۲/۱	۱۸۴/۹	۱۱/۹	۰/۲۷	۲۵/۰	۹۲/۱	۱۱۶/۱	۳/۲	۰/۸۱
۱۷/۵۰۰۰	۹۳/۸	۹۲/۹	۱۸۵/۶	۱۳/۱	۰/۰۷	۲۱/۴	۹۲/۱	۱۱۲/۶	۲/۷	۰/۸۵
۱۸/۵۰۰۰	۹۲/۲	۹۵/۰	۱۸۶/۲	۱۸/۴	۰/۰۸	۱۰/۷	۹۲/۹	۱۰۲/۶	۱/۵	۰/۹۶
۱۹/۵۰۰۰	۹۰/۶	۹۵/۰	۱۸۴/۶	۱۸/۱	۰/۱۰	۷/۱	۹۵/۰	۱۰۱/۱	۱/۴	۰/۹۸
۲۰/۵۰۰۰	۸۹/۱	۹۶/۴	۱۸۴/۵	۲۴/۹	۰/۱۱	۷/۱	۹۶/۴	۱۰۲/۶	۲/۰	۰/۹۶

جدول ۴- نتایج نقاط برش و حساسیت و ویژگی آنها مربوط به دستگاه ارباسکن و متغیرهای بهترین کره منطبق شونده قدامی و خلفی و

برجستگی قدامی و خلفی

طبیعی در برابر فوز قرنيه					طبیعی در برابر فوز قرنيه تحت باليني					BFS (diopter)	
نقاط	حساسیت	ویژگی	درست نمای مثبت	درست نمای منفی	نقاط	حساسیت	ویژگی	درست نمای مثبت	درست نمای منفی		
۴۳/۷۵	۶۴/۱	۸۲/۹	۳/۷	۰/۳	۴۳/۸۵	۵۰	۸۵	۳/۳	۰/۳	قدامی	BFS (diopter)
۷/۷۷	۷۰/۳	۷۵/۹	۲/۹	۰/۳۴	۷/۸۳	۷۵/۰	۶۶/۰	۲/۲	۰/۵۰	قدامی	BFS (mm)
۵۳/۱۵	۷۵/۰	۸۰	۳/۸	۰/۲۷	۵۴/۰۵	۶۰/۷	۹۲/۲	۷/۷	۰/۱۳	خلفی	BFS (diopter)
۶/۲۴	۷۰/۳	۹۲/۲	۹/۰	۰/۱۱	۶/۴۰	۷۸/۶	۶۸/۸	۲/۵	۰/۴	خلفی	BFS (mm)
۱۸/۵	۹۳/۸	۹۷/۱	۳۲/۸	۰/۳	۱۵/۵	۶۰/۷	۸۷/۹	۵/۰	۰/۲۰	قدامی	elevation
۵۰/۰	۸۹/۱	۹۸/۶	۶۲/۳	۰/۰۲	۳۳/۵	۵۰/۰	۸۵/۰	۳/۳	۰/۳	خلفی	elevation

BFS: Best Fit Sphere

درصد است که بیانگر قدرت بالای این آزمون برای جدا کردن مبتلایان به قوز قرنیه از افراد طبیعی می‌باشد. هم‌چنین نقطه برش ۱۸/۵ میکرون با حساسیت ۹۲ درصد و ویژگی ۹۵ درصد برای تشخیص موارد قوز قرنیه از موارد طبیعی، موید قدرت این آزمون می‌باشد که دقت آن قابل مقایسه یا حتی بیش از معیارهایی است که از توپوگرافی مبتنی بر پلاسیدودیسک مشتق می‌شوند^{۱۶-۱۱}. در توپوگرافی پلاسیدودیسک، فرض بر این است که محور مرجع که برای توپوگرافی استفاده می‌شود با محور بینایی و مرکز قرنیه یکی است، ولی در توپوگرافی ناشی از دوربین شیمفلاگ، این اشکال وجود ندارد بنابراین می‌توان انتظار داشت که دقت شاخص برجستگی خلفی بیش از شاخص پلاسیدودیسک در توپوگرافی برای تشخیص قوز قرنیه باشد.

در جدول ۵ پاکی متری مرکز قرنیه در سه گروه طبیعی، قوز قرنیه تحت بالینی و قوز قرنیه با سه دستگاه اولتراسوند، ارباسکن و گالیه نشان داده شده است.

بحث

این مطالعه نشان می‌دهد که برجستگی خلفی قرنیه (Posterior Corneal Elevation) که توسط دستگاه گالیه اندازه‌گیری می‌شود، در چشم‌های با قوز قرنیه و قوز قرنیه تحت بالینی بالاتر از افراد طبیعی بوده و می‌توان از آن به عنوان یک شاخص مفید استفاده نمود. دقت تشخیص برجستگی خلفی قرنیه بر اساس سطح زیر منحنی ROC در ناحیه ۳ میلی‌متری برای قوز قرنیه بیش از ۹۰

جدول ۵- ضخامت مرکز قرنیه در افراد مبتلا به قوز قرنیه، قوز قرنیه تحت بالینی در مقایسه با افراد طبیعی

	تحت بالینی قوز قرنیه		طبیعی	
	انحراف± میانگین میان (حدود تغییرات)	انحراف± میانگین معیار	انحراف± میانگین میان (حدود تغییرات)	انحراف± میانگین معیار
اولتراسوند (ضخامت مرکزی)	۴۸۱ (۳۴۵-۶۲۱)	۴۸۳±۶۰	۵۱۷ (۴۰۸-۶۰۰)	۵۵۵ (۴۵۵-۶۵۸)
ارباسکن (نازک‌ترین نقطه)	۴۴۰ (۳۱۶-۶۰۱)	۴۴۲±۶۱	۵۳۴ (۳۷۹-۶۱۵)	۵۶۸ (۴۵۰-۶۴۲)
ارباسکن (ضخامت مرکزی)	۴۶۴ (۳۴۴-۶۰۸)	۴۶۶±۵۶	۵۴۴ (۴۳۵-۶۲۲)	۵۷۷ (۴۶۸-۶۷۲)
گالیه (نازک‌ترین نقطه)	۴۶۹ (۲۴۶-۵۹۲)	۴۷۱±۵۳	۵۲۶ (۴۷۵-۶۰۹)	۵۶۰ (۰-۶۳۸)
گالیه (ضخامت مرکزی)	۴۸۸ (۴۱۹-۶۰۶)	۴۹۹±۳۹	۵۴۰ (۴۸۷-۶۱۷)	۵۷۱ (۰-۶۴۸)

حساسیت ۶۴/۳ درصد و ویژگی ۷۵/۷ درصد می‌باشد. در مطالعه De Sanctis^{۱۷} نیز در ناحیه ۵ میلی‌متری، نقطه برش ۲۹ میکرون، دارای حساسیت ۶۸ درصد و ویژگی ۹۰/۸ درصد بود. هرچند افزایش برجستگی خلفی ممکن است به عنوان اولین علامت قوز قرنیه تحت بالینی تلقی شود^۷، ولی شاید شاخص‌هایی که با کمک نماهای توپوگرافی از پلاسیدودیسک مشتق می‌شوند، برای تشخیص قوز قرنیه تحت بالینی از شاخص برجستگی خلفی دقیق‌تر باشند، ولی به طور مسلم استفاده از متغیر برجستگی خلفی در این زمینه می‌تواند کمک کننده باشد، به ویژه همان‌گونه که اشاره گردید در توپوگرافی پلاسیدودیسک فرض بر این است که محور بینایی و مرکز قرنیه با محور تصویبرداری یکی هستند در حالی که در عمل در خیلی از موارد

در مطالعه De Sanctis^{۱۷} و همکاران با دستگاه پنتاکم در ناحیه ۵ میلی‌متری، نقطه برش برای تشخیص قوز قرنیه، ۳۵ میکرون گزارش گردید که حساسیت و ویژگی آن مشابه مطالعه حاضر بود. (حساسیت ۹۷/۳ درصد و ویژگی ۹۶/۹ درصد).

در این مطالعه نیز میزان برجستگی قدامی و خلفی در نواحی ۵ و ۷ میلی‌متری محاسبه گردیده است که نتایج ناحیه ۵ میلی‌متری در جداول ۲ و ۳ گزارش شده‌اند ولی حساسیت و ویژگی مربوط به آن بر خلاف مطالعه De Sanctis^{۱۷} و همکاران، کم‌تر از ناحیه ۳ میلی‌متری می‌باشد. در این مطالعه نیز مانند مطالعه De Sanctis^{۱۷} و همکاران، ارزش شاخص برجستگی خلفی برای تشخیص قوز قرنیه تحت بالینی کم‌تر از قوز قرنیه می‌باشد. نقطه برش ۱۱/۵ میکرون در ناحیه ۳ میلی‌متری خلفی دارای

این گونه نمی‌باشد.^{۱۹}

بنابراین در مواردی که یک نمای دمبلی غیرقرینه (Asymmetric Bow-tie) یا شیب‌دار شدن تحتانی (Inferior Steepening) در توپوگرافی پلاسیدودیسک دیده می‌شود، استفاده از متغیر حداکثر برجستگی خلفی در دستگاه گالیه در ناحیه ۳ میلی‌متری خلفی می‌تواند برای تشخیص افراد طبیعی از قوز قرنیه تحت بالینی مورد استفاده قرار گیرد، زیرا این شاخص وابسته به محور بینایی یا مرکز قرنیه نمی‌باشد.^{۱۷،۱۹}

حسب اطلاع ما تاکنون مطالعه‌ای با دستگاه گالیه به منظور تعیین نقطه برش برای تشخیص KCN بالینی و KCN تحت بالینی انجام نگرفته است، ولی مقادیر به دست آمده در این مطالعه با دستگاه ارباسکن مشابه سایر مطالعات بود.^{۱۸} در مطالعات صلوتی و همکاران^{۲۰} و کریمیان و همکاران^{۲۱} فقط میانگین برجستگی مرکزی از بهترین کره منطبق شونده (BFS) اندازه‌گیری شده بود.

در مطالعه Rao و همکاران^{۱۸}، میانگین برجستگی خلفی برای گروه طبیعی و قوز قرنیه به ترتیب $۲۱ \pm ۰/۶$ و $۴۴ \pm ۲/۵$ میکرون گزارش گردید و در این مطالعه این میزان‌ها به ترتیب $۲۵ \pm ۹/۲$ و $۳۶/۶ \pm ۲۲/۸$ حاصل شد که بسیار به هم نزدیک می‌باشند. هرچند در مطالعه آن‌ها نقطه برش مشخص نشده بود ولی هم‌خوانی میانگین‌های این دو مطالعه و سایر مطالعاتی که در ارباسکن انجام شده‌اند^{۲۲،۲۳} موید این مطلب است که تقسیم‌بندی بیماران به سه گروه طبیعی، قوز قرنیه تحت بالینی و قوز قرنیه بر مبنای یافته‌های بالینی و توپوگرافی به درستی انجام شده است و مقادیر به دست آمده در مورد گالیه می‌تواند معتبر (Valid) تلقی شود.

در این مطالعه، مقادیر اندازه‌گیری شده برای برجستگی خلفی در دستگاه گالیه از مقادیر اندازه‌گیری شده در دستگاه ارباسکن کم‌تر بود. در مطالعات قبلی نیز میزان برجستگی خلفی حاصل از پنتاکم کم‌تر از ارباسکن گزارش شده است^{۲۴،۲۵}. در مطالعه Quisling و همکاران^{۲۳}، میانگین برجستگی خلفی با دستگاه پنتاکم در افراد مبتلا به قوز قرنیه $۳۴/۸$ میکرون بود در حالی که این مقدار در دستگاه ارباسکن $۴۸/۵$ میکرون گزارش گردید. دلیل اصلی این اختلاف هنوز مشخص نشده است. هرچند عوامل متعددی شامل بررسی فیلم اشکی، اسکار قرنیه و برنامه‌های نرم‌افزاری مورد استفاده در دو دستگاه به عنوان عوامل احتمالی مطرح شده‌اند^{۱۷} ولی تفاوت در قطر BFS و شعاع انحنا آن می‌تواند از علل دیگر این تفاوت باشد که در فن‌آوری دو دستگاه به عنوان مهم‌ترین عامل برای این اختلاف مطرح می‌باشد.^{۲۳}

دستگاه ارباسکن از یک سیستم ترکیبی از دو سیستم

حلقه‌های پلاسیدودیسک و Slit Scanning برای بازسازی و نمایش سطح قدامی قرنیه استفاده می‌کند. در این دستگاه برای هر توپوگرافی ۴۰ تصویر مستقل گرفته می‌شود که ۲۰ تصویر به هر سمت قرنیه مربوط می‌شود. تمام این تصویرها در امتداد مرکز قرنیه نمی‌باشد. سپس سطح خلفی قرنیه بر مبنای الگوریتم مثلثی از سطح قدامی قرنیه به صورت دیجیتالی بازسازی می‌شود.^{۲۴} دستگاه پنتاکم از یک دوربین شیمفلاگ استفاده می‌کند که برای هر توپوگرافی، ۲۵ تصویر گرفته می‌شود. هر چند در این دستگاه نیز اطلاعات مربوط به سطح خلفی به طور مستقیم اندازه‌گیری نمی‌شوند.^{۱۷}

مقادیر اندازه‌گیری شده برای برجستگی خلفی در ناحیه ۵ میلی‌متری خلفی با دستگاه گالیه همانند پنتاکم و ارباسکن متفاوت می‌باشد. در این مطالعه میانگین برجستگی خلفی در ناحیه ۵ میلی‌متری با دستگاه گالیه در قوز قرنیه، قوز قرنیه تحت بالینی و افراد طبیعی به ترتیب $۵۵/۸ \pm ۵۳/۱$ ، $۱۷/۷ \pm ۵/۱$ و $۱۵/۷ \pm ۷/۶$ میکرون بود در حالی که در مطالعه De Sanctis^{۱۷} این مقادیر به ترتیب $۱۰۰/۷ \pm ۴۹/۲$ و $۳۹/۹ \pm ۱۵$ و $۱۹/۸ \pm ۶/۳۷$ میکرون گزارش گردید.

هم‌چنین در این بررسی حساسیت با دستگاه گالیه در ناحیه ۵ میلی‌متری برای تشخیص افراد طبیعی از قوز قرنیه تحت بالینی و افراد مبتلا به قوز قرنیه از افراد طبیعی به ترتیب $۱۶/۵$ و $۲۲/۵$ میکرون بود، در حالی که این مقادیر در مطالعه De Sanctis^{۱۷} با دستگاه پنتاکم در ناحیه ۵ میلی‌متری به ترتیب ۲۹ و ۳۵ میکرون گزارش شده است. شاید دلیل اختلاف، تفاوت در فن‌آوری و برنامه‌های نرم‌افزاری این دو دستگاه باشد. به عنوان نمونه در دستگاه گالیه مانند ارباسکن از سیستم ترکیبی حلقه‌های پلاسیدو و ۲ دوربین شیمفلاگ استفاده می‌شود، در حالی که دستگاه پنتاکم فاقد حلقه پلاسیدو بوده و در آن فقط از یک دوربین شیمفلاگ استفاده می‌شود. به علاوه تعداد نقاطی که برای بازسازی سطوح قدامی و خلفی قرنیه در دو دستگاه مورد تحلیل قرار می‌گیرند، با یکدیگر متفاوت می‌باشد.

دلیل این اختلاف هر چه باشد، باید به هنگام تفسیر و ارزیابی برجستگی خلفی در دستگاه‌های مختلف (ارباسکن، پنتاکم و گالیه) برای تشخیص قوز قرنیه و قوز قرنیه تحت بالینی از افراد با قرنیه طبیعی، مورد توجه قرار گیرد.

نکته مهم قابل توجه دیگر بر اساس نتایج این مطالعه و مطالعه De Sanctis این است که هرچند میزان برجستگی خلفی یک عامل ارزشمند با حساسیت و ویژگی بالا برای تشخیص قوز قرنیه از

تا ۴/۵ و ۱۱/۵ میکرون طبیعی تلقی شود.

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد ارزیابی برجستگی خلفی در دستگاه گالیله می‌تواند جهت تشخیص قوز قرنیه و قوز قرنیه تحت بالینی به عنوان یک آزمون موثر مورد استفاده قرار گیرد. هر چند ارزش آن برای تشخیص قوز قرنیه تحت بالینی به اندازه قوز قرنیه نمی‌باشد و بدین منظور ارزیابی ناحیه ۳ میلی‌متری مرکزی ارزش بیشتری از ناحیه ۵ میلی‌متری دارد.

قرنیه طبیعی می‌باشد ولی این متغیر برای تشخیص قوز قرنیه تحت بالینی حساسیت و ویژگی لازم را نداشته و نمی‌توان از آن به تنهایی بدین منظور استفاده نمود. بنابراین باید از آن در کنار سایر شاخص‌های ناشی از پلاسیدودیسک و شرح حال و سابقه فامیلی به عنوان یک آزمون کمکی استفاده کرد.

پیشنهاد می‌شود تا انجام مطالعات بیشتر، میزان برجستگی قدامی و خلفی در ناحیه ۵ میلی‌متری مرکز قرنیه به ترتیب ۶/۵ و ۱۶/۵ میکرون طبیعی در نظر گرفته شود و اگر در ناحیه ۳ میلی‌متری مرکز قرنیه محاسبه شود این مقادیر حداکثر به ترتیب

منابع

- Silverman CM. Misalignment of videokeratoscope produces Pseudo-keratoconus suspect (letter). *J Refract Surg* 1994;10:468.
- Doyle SJ, Hynes E, Naroo S, Shah S. PRK in patients with a keratoconic topography picture. The concept of physiological displaced apex Syn. *Br J Ophthalmol* 1996;80:25-28.
- Klein SR, Epstein RJ, Randleman JB, Stulting RD. Corneal ectasia following laser insitu keratomileusis in patient without apparent pre-operation Risk Factors. *Cornea* 2006;25:388-403.
- Krachmer JH, Mannis MJ, Holland EJ. *Cornea*, 2nd ed. St Louis, Mosby, 2005: 960-964.
- Rabinowitz YS. Video keratographic indices to aid in screening for keratoconus. *J Refract Surg* 1995;11:371-379.
- Rabinowitz YS. Corneal topography. *Curr Opin Ophthalmol* 1995;6:57-62.
- Rianowitz Ys, Rasheed K, Yang H, Elashoff J. Accuracy of ultrasonic pachymetry and videokeratography in detecting keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:196-201.
- Varssano D, Kaiserman I, Hazarbassanov R. Topographic pattern in refractive surgery candidates. *Cornea* 2004;23:602-607.
- Ambrosio R Jr, Klyce SD, Wilson SE. Corneal topographic and pachymetric screening for keratorefractive patients. *J Refract Surg* 2003;19:24-29.
- Levy D, Hutchings H, Rouland JR, Guell J, Burillon C, Arne JL. Videokeratographic anomalies in familial keratoconua. *Ophthalmology* 2004;111:867-874.
- Maeda N, Klyce SD, Smolek MK, Thompson HW. Automated Keratoconus screening with corneal topography analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994;35:2749-2757.
- Rabinowitz YS, Rasheed K. KISA% index: a quantitative videokeratography algorithm embodying minimal topographic criteria for diagnosing keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 1999;25:1327-1335.
- Smolek MK, Klyce SD. Current detection methods compared with a neural network approach. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38:2290-2299.
- Schwiegerling J, Greivenkamp JE. Keratoconus detection based on videokeratoscopic height data. *Optom Vis Sci* 1996;73:721-728.
- Chastang PJ, Borderie VM, Carvajal-Gonzales S, Rostene W, Laroch L. Automated keratoconus detection using the EyeSys videokeratoscope. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:675-683.
- Twa MD, Parthasarathy S, Roberts C, Mahmoud AM, Raasch TW. Automated decision tree classification of corneal shape. *Optom Vis Sci* 2005;82:1038-1046.
- 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;115:1534-1539.
- Rao SN, Raviv T, Majmudir PA. Role of Orbscan II in screening keratoconus suspect before refractive corneal surgery. *Ophthalmology* 2002;109:1642-1646.
- Tomlinson A, Schwartz C. The position of the corneal apex in the normal eye. *Am J Optom Physiol Opt* 1979;56:236-240.
- Salouti R, Nowrozzadeh MH, Zamani M, Fard AH, Niknam S. Comparison of anterior and posterior elevation map measurement between 2 Scheimpflug imaging Systems. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:856-862.
- Karimian F, Feizi S, Dozandeh A. Comparison of corneal tomography measurements using Galilei, Orbscan II placido-based topography. *J Refract surg* 2010;15:1-7.
- Fam HB, Lim KL. Corneal elevation indices in normal and keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1281-1287.
- Quisling S, Sjoberg S, Zimmeman B. Comparison of pentacam and Orbscan II on posterior curvature topography measurement in keratoconus eyes. *Ophthalmology* 2006;113:1629-1632.
- Sonmez B, Doan MP, Hamilton DR. Identification of scanning slit-beam topographic parameters important in distinguishing normal from keratoconic corneal morphologic features. *Am J Ophthalmol* 2007;143:401-408.
- De Sanctis U, Missolungni A, Mutani B, Grignolo FM. Graft central thickness measurement by rotating Scheimpflug camera and ultrasound pachymetry after penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 2007;114:1461-1468.