

Comparison of Central Corneal Thickness Measured through Pentacam, OCTCasia2, and Orbscan IIz in Normal Individuals

Bahrami M, MSc*; Azimi A, PhD; Sedaghat MR, MD; Momeni H, MSc; Tabesh H, PhD; Yekta AA, PhD;
Bahrami M, MSc

Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

* Corresponding author: optmobin@gmail.com

Purpose: To compare the central corneal thickness measured through Pentacam, OCTCasia2, and Orbscan IIz in normal individuals.

Methods: In this cross sectional comparative study, the researcher investigated the eyes of 70 normal candidates (140 eyes) with the mean age of 31.42 ± 7.70 , referring to Dr. Sedaghat eye clinic for refractive surgery. For each person, Central Corneal Thickness (CCT) was measured, using 3 devices including Pentacam, OCTCasia2 and Orbscan. The data were collected and analyzed. The Pearson Correlation Coefficient was employed to assess correlation of 3 devices with each other. Bland-Altman plot was also used to evaluate the agreement between devices.

Results: The mean CCT measured through Orbscan, Pentacam, and OCTCasia2 was reported to be $535.06 \pm 35.11 \mu\text{m}$, $525.21 \pm 31.60 \mu\text{m}$, and $511.06 \pm 30.87 \mu\text{m}$, respectively. The Pearson Correlation Coefficient between Pentacam-OCTCasia2, OCTCasia2-Orbscan, Pentacam-Orbscan were $r=0.955$; $P<0.001$, $r=0.913$; $P<0.001$, $r=0.941$; $P<0.001$, respectively.

Conclusion: There was a very good correlation and agreement between devices, but none of the devices had the ability to replace each other.

Keywords: Central Corneal Thickness, OCT, Orbscan II Pentacam

- Bina J Ophthalmol 2018; 24 (2): 94-98.

مقایسه ضخامت مرکزی قرنیه اندازه‌گیری شده به وسیله Pentacam، OCTCasia2، Orbscan IIz در افراد طبیعی

مبین بهرامی^۱، دکتر عباس عظیمی^۲، دکتر محمدرضا صداقت^۳، حامد مومنی^۴، دکتر حامد تابش^۵، دکتر عباسعلی یکتا^۶، میلاد بهرامی^۱

هدف: مقایسه ضخامت مرکزی قرنیه اندازه‌گیری شده به وسیله Pentacam، OCTCasia2، Orbscan IIz در افراد طبیعی. **روش پژوهش:** در این مطالعه مقایسه‌ای مقطعی، ۱۴۰ چشم از ۷۰ بیمار طبیعی کاندید جراحی انکساری مراجعه‌کننده به درمانگاه چشم دکتر صداقت در مشهد مورد بررسی قرار گرفتند. برای هر فرد ضخامت مرکزی قرنیه (CCT) با ۳ دستگاه OCT Casia2، Pentacam HR (Oculus, Wetzlar, Germany) و Orbscan IIz ثبت شد. اطلاعات مورد نظر جمع‌آوری و داده‌ها تحلیل آماری گردید. در بررسی ارتباط ۳ دستگاه باهم از ضریب همبستگی پیرسون و به منظور ارزیابی توافق اندازه‌گیری به دست آمده از دستگاه‌های مختلف، از نمودار بلاند-آلتمن (Bland-Altman plot) استفاده شد. **یافته‌ها:** میانگین سن ۷۰ بیمار شرکت‌کننده در مطالعه 31.42 ± 7.70 بود. میانگین ضخامت مرکزی قرنیه اندازه‌گیری شده توسط دستگاه‌های Orbscan IIz، Pentacam HR و OCT Casia2 به ترتیب برابر $535.06 \pm 35.11 \mu\text{m}$ ، $525.21 \pm 31.60 \mu\text{m}$ و $511.06 \pm 30.87 \mu\text{m}$ و میانگین $511.06 \pm 30.87 \mu\text{m}$ محاسبه شد. هم‌چنین ضریب همبستگی پیرسون بین دستگاه‌های OCTCasia2-Pentacam ($r=0.955$ ، $P<0.001$)، Orbscan-OCTCasia2 ($r=0.913$ ، $P>0.001$) و بین Orbscan-Pentacam ($r=0.941$ ، $P<0.001$) به دست آمد.

نتیجه‌گیری: در مقایسه اندازه‌گیری ضخامت مرکزی قرنیه به وسیله سه دستگاه اپتیکی متفاوت، ارتباط خیلی خوبی بین دستگاه‌ها وجود داشت اما هیچ یک از دستگاه‌ها قابلیت جایگزینی با یکدیگر را نداشتند.

کلمات کلیدی: پنتاکم-ارب اسکن- ضخامت مرکزی قرنیه- OCT

• مجله چشم‌پزشکی بینا ۱۳۹۷؛ دوره ۲۴، شماره ۲: ۹۸-۹۴.

• پاسخ‌گو: مبین بهرامی (e-mail: optmubin@gmail.com)

- ۱- کارشناسی ارشد بینایی‌سنجی- دانشگاه علوم پزشکی مشهد- مشهد- ایران
 - ۲- دکترای بینایی‌سنجی- دانشگاه علوم پزشکی مشهد- مشهد- ایران
 - ۳- استاد- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی مشهد- مشهد- ایران
 - ۴- دانشجوی دکترای بینایی‌سنجی- دانشگاه علوم پزشکی مشهد- مشهد- ایران
 - ۵- دکترای آمار- دانشگاه علوم پزشکی مشهد- مشهد- ایران
 - ۶- کارشناس ارشد بینایی‌سنجی- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- تهران- ایران
- ✉ مشهد- چهارراه احمدآباد- کلینیک دکتر صداقت (کد پستی):

مقدمه

ضخامت مرکزی قرنیه (CCT) یک متغیر مهم در چشم‌پزشکی می‌باشد به گونه‌ای که اندازه‌گیری فشار چشم به ویژه اندازه‌گیری‌های ثابت شده توسط تونومترهای اپلنیشن مثل تونومتری گلدمن را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد^۱. این متغیر نقش اساسی در تعیین ضخامت پیوند، ضخامت استرومای باقی‌مانده و منطقه اپتیکی در عمل‌های جراحی انکساری قرنیه دارد^۲.

ارزیابی ضخامت قرنیه در سال‌های اخیر در زمینه‌های مختلف چشم‌پزشکی اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است و اندازه‌گیری ضخامت مرکزی قرنیه به بخش مهمی از معاینات معمول در مدیریت گلوکوم و جراحی‌های انکساری تبدیل شده است.

ضخامت قرنیه می‌تواند به عنوان عامل کم‌کننده در طبقه‌بندی افراد مشکوک به گلوکوم در گلوکوم زاویه باز (POAG)، افزایش فشار چشم (OHT) و گلوکوم با فشار طبیعی محسوب شود^۳. اندازه‌گیری CCT توسط مطالعات افزایش فشار چشم (OHTS) توصیه می‌گردد، زیرا یک عامل پیش‌بینی‌کننده برای تبدیل افزایش فشار چشم به گلوکوم زاویه باز است^۴. با توسعه روش‌های جراحی انکساری، مقادیر ضخامت مرکزی قرنیه اهمیت بسیار زیادی در ارزیابی قبل از عمل بیماران، تصمیم‌گیری در مورد انجام یا عدم انجام عمل جراحی، نوع روش توصیه شده برای عمل و میزان عوارض بعد از عمل دارد^{۵،۶}.

ضخامت مرکزی قرنیه، شاخصی مهم از عملکرد قرنیه و دارای کاربردهای تشخیصی و درمانی است. این متغیر یک شاخص عملکرد اندوتلیال، مانند پاسخ به استفاده از لنز تماسی محسوب می‌شود^۸. از جمله روش‌های اندازه‌گیری ضخامت مرکزی قرنیه در

درمانگاه‌ها می‌توان به دستگاه‌های مبتنی بر اساس شیمپفلاگ فتوگرافی، اسلیت اسکن توپوگرافی، اسپکولار میکروسکوپی، کانفوکال میکروسکوپی، اپتیکال کوهرنس توموگرافی (OCT) و OCT اتاق قدما اشاره کرد^۹. با توجه به خصوصیات بارز دستگاه OCT Casia2 در اندازه‌گیری ضخامت مرکزی قرنیه (CCT) به عنوان یک متغیر مهم در بررسی‌های قبل عمل جراحی‌های انکساری لیزر اگزایمر قرنیه یا در موارد نیاز به تکرار مجدد جراحی لیزری قرنیه، و همچنین نبود مطالعات کافی در مقایسه ضخامت اندازه‌گیری شده توسط این دستگاه با دستگاه‌های دیگر، این مطالعه با هدف بررسی میزان توافق اندازه‌گیری ضخامت مرکزی قرنیه با سه دستگاه OCT Casia2، پنتاکم (Oculus, Wetzlar, Germany) و ارب اسکن در افراد طبیعی صورت گرفت.

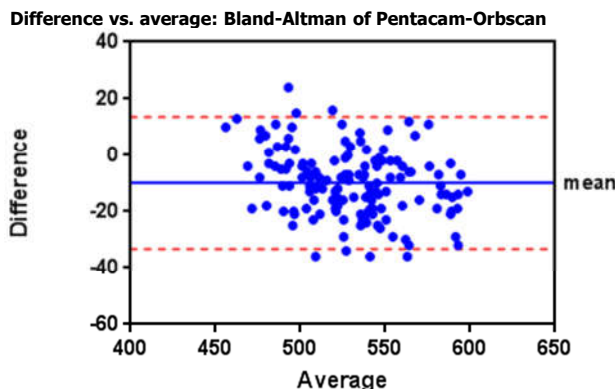
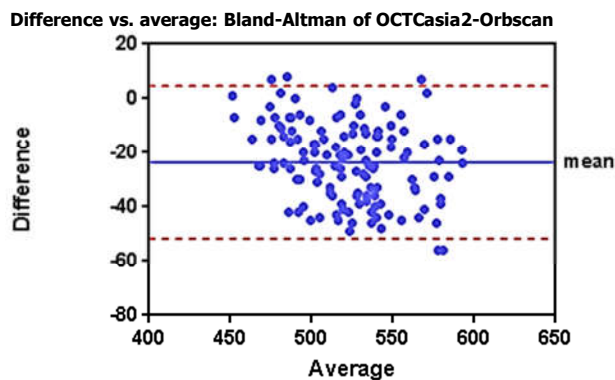
روش پژوهش

در این مطالعه مقایسه‌ای مقطعی، افراد طبیعی کاندید جراحی انکساری مراجعه‌کننده به درمانگاه چشم دکتر صداقت در مشهد مورد بررسی قرار گرفتند. بعد از توضیحات کافی در خصوص هدف از انجام مطالعه، چنانچه افراد مایل به شرکت در مطالعه و نیز دارای معیارهای مورد نظر بودند، وارد تحقیق شدند. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: رضایت به شرکت در مطالعه و تکمیل فرم مربوط، عدم وجود اسکار در قرنیه و سابقه جراحی قرنیه‌ای و چشمی قبلی؛ عدم وجود سابقه ضربه به چشم، عدم وجود کراتوکونوس یا فقدان علامت مشکوک به کراتوکونوس [طرح توپوگرافی طبیعی در نقشه‌های انحنایی ساجیتال، مقادیر برآمدگی قدما (۱۵ < میکرون) و خلفی (۲۰ < میکرون) طبیعی در

OCTCasia2 در ۱۴۰ چشم وجود داشت ($P < 0.001$). در بررسی ارتباط ۳ دستگاه باهم از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول ۱). با توجه به این جدول، هر سه مقایسه انجام شده دارای همبستگی خیلی خوبی بودند. بیشترین همبستگی در اندازه‌گیری CCT مابین دو دستگاه پنتاکم و OCTCasia2 و کم‌ترین آن‌ها میان ارب اسکن و OCTCasia2 وجود داشت. به منظور بررسی توافق اندازه‌گیری به دست آمده از دستگاه‌های مختلف از نمودار بلاند-آلتمن (Bland-Altman plot) استفاده شد. محدوده توافق ۹۵ درصد بین Pentacam و OCTCasia2 در بازه ۴۷۵۸۶- تا ۳۲۱۱۲ قرار داشت. محدوده توافق ۹۵ درصد بین Pentacam و Orbscan در بازه ۳۳۱۳۲- تا ۱۳۱۶۲ و بین OCTCasia2 و Orbscan در بازه ۵۱۶۹- تا ۴۷۵۹۱ قرار داشت.

جدول ۱- ضریب همبستگی پیرسون برای سنجش میزان همبستگی ۳ دستگاه اپتیکی متفاوت برای اندازه‌گیری شاخص CCT

تعداد	میزان P	دامنه اطمینان ۹۵ درصد	ضریب همبستگی پیرسون	
۱۳۶	<0.001	۰.۹۳۸-۰.۹۶۸	۰.۹۵۵	Pentacam*OCTCasia2
۱۴۰	<0.001	۰.۹۱۸-۰.۹۵۷	۰.۹۴۱	Pentacam*Orbscan
۱۳۶	<0.001	۰.۸۸۰-۰.۹۲۷	۰.۹۱۳	OCTCasia2*Orbscan



نقشه‌های برآمدگی قدامی و خلفی با سطح رفرنس انتخابی شناور (float) BFS در اندازه ۸ میلی‌متری از قرنیه.

برای هر فرد ضخامت مرکزی قرنیه (CCT) با ۳ دستگاه OCT Casia2، Pentacam HR (Oculus, Wetzlar, Germany) و Orbscan IIz ثبت شد. برای جلوگیری از هرگونه خطا، تمام تکنیک‌های تصویربرداری توسط کارشناس آموزش دیده و باتجربه تحت نظارت فلوشیپ قرنیه (MRS) و بین ساعت‌های ۱۶ تا ۲۰ در یک جلسه معاینه انجام شد. اطلاعات مورد نظر جمع‌آوری و داده‌ها در نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۲ تحلیل شدند. جهت تعیین معنادار بودن اختلاف بین داده‌ها از نظر آماری ابتدا نوع توزیع داده‌ها از نظر نرمال بودن تعیین شد و سپس برای داده‌های نرمال از آزمون t زوجی و برای داده‌های غیرنرمال از تست ویلکاکسون استفاده شد. میزان معناداری P معادل ۰.۰۵ در نظر گرفته شد اما برای بررسی اختلاف دو به دو ما میان دستگاه‌ها، آن را بر تعداد مقایسه‌ها تقسیم کردیم و نتیجه نهایی را به عنوان سطح معناداری در نظر گرفتیم ($0.05/3 = 0.0167$). هم‌چنین در بررسی ارتباط ۳ دستگاه باهم از ضریب همبستگی پیرسون و برای بررسی توافق اندازه‌گیری به دست آمده از دستگاه‌های مختلف از نمودار بلاند-آلتمن (Bland-Altman plot) استفاده شد. افراد متقاضی جراحی انکساری در این تحقیق ۷۰ نفر و به عبارتی ۱۴۰ چشم از ۷۰ بیمار بودند. داده‌های ۱۴۰ چشم (به عبارتی ۱۴۰ چشم مستقل از یکدیگر در نظر گرفته شد، به مانند این که ۱۴۰ چشم از ۱۴۰ بیمار وارد مطالعه شده باشند) مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

افراد متقاضی جراحی انکساری در این تحقیق ۷۰ نفر و به عبارتی ۱۴۰ چشم از ۷۰ بیمار بودند. میانگین سنی این افراد 31.42 ± 7.70 سال و 64.3% درصد از آن‌ها را زنان و 35.7% درصد را مردان تشکیل دادند. مقایسه ضخامت مرکزی قرنیه به وسیله ۳ دستگاه اپتیکی صورت گرفت و میانگین ضخامت مرکزی قرنیه اندازه‌گیری شده توسط دستگاه‌های Orbscan IIz (با در نظر گرفتن عامل اصلاحی ۰.۹۲)، Pentacam HR و OCT Casia2 برای ۱۴۰ چشم به ترتیب برابر $535.06 \pm 35.11 \mu m$ ، $525.21 \pm 31.60 \mu m$ و $511.06 \pm 30.87 \mu m$ به دست آمد. بیش‌ترین میانگین ضخامت قرنیه چشم مربوط به دستگاه Orbscan و کم‌ترین آن‌ها مربوط به دستگاه OCTCasia2 بود اختلاف معنادار در اندازه‌گیری ضخامت مرکزی قرنیه در هر ۳ مورد از مقایسه دستگاه‌ها با یکدیگر (OCTCasia2-Pentacam، Pentacam-Orbscan، Orbscan-OCTCasia2).

پنتاکم بود.

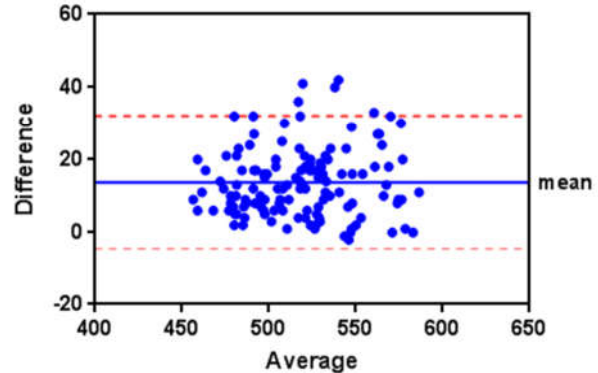
در برخی از مطالعات هم مانند تحقیق انجام شده توسط Amano و همکاران^{۱۳} اختلاف قابل توجهی بین اندازه‌گیری ضخامت مرکزی قرنیه توسط ارب اسکن (فاکتور اصلاحی لحاظ شده است) و پنتاکم نبود و ارتباط خطی قابل توجه ($r=0.93$ و $P<0.001$) بین دو متغیر وجود داشت. از مطالعاتی دیگر که در آن اختلاف قابل توجهی بین ارب اسکن و پنتاکم وجود نداشت، می‌توان به مطالعه انجام شده توسط Bourges و همکاران^{۱۴} اشاره نمود.

از مطالعه‌هایی دیگر که به مقایسه پاک‌متری اندازه‌گیری شده توسط اپتیکال کوهرنس توموگرافی با دیگر دستگاه‌ها می‌پردازد می‌توان به مقاله‌ای Li و همکاران^{۱۵} که در سال ۲۰۰۷ به چاپ رسید اشاره نمود که به ارزیابی میزان توافق ضخامت مرکزی و پاراسنترال اندازه‌گیری شده توسط اولتراسوند پاک‌متری، Orbscan II و دستگاه (AS OCT) Visante پرداختند. میانگین ضخامت قرنیه توسط اولتراسوند، ارب اسکن و AS OCT به ترتیب $553 \pm 30.26 \mu\text{m}$ ، $553.22 \pm 25.47 \mu\text{m}$ و $583.79 \pm 26.22 \mu\text{m}$ بود. ارتباط زیادی بین اولتراسوند پاک‌متری با AS OCT و همچنین اولتراسوند پاک‌متری با Orbscan II برای اندازه‌گیری ضخامت مرکزی قرنیه و همچنین ارتباط زیادی بین Orbscan II و AS OCT برای اندازه‌گیری ضخامت منطقه ۵-۲ میلی‌متر پاراسنترال قرنیه وجود داشت. نتایج نهایی بدین صورت بود که AS OCT در مقایسه با اولتراسوند پاک‌متری مقادیر ضخامت قرنیه کم‌تر و AS OCT توافق بهتری را نسبت به Orbscan در مقایسه با اولتراسوند پاک‌متری نشان می‌داد. با این حال، اختلاف مهم و قابل توجهی در میان دستگاه‌ها وجود داشت.

در تحقیقی که در سال ۲۰۱۵ در تهران توسط صدوقی و همکاران^{۱۶} صورت گرفت، ضخامت مرکزی قرنیه ۳۰۰ چشم از ۱۵۰ فرد طبیعی توسط ۲ دستگاه Orbscan II و پاک‌متری اولتراسوند مقایسه شدند. در دستگاه ارب اسکن حدود ۲/۴ درصد ضخامت بیش‌تری نسبت به اولتراسوند ثبت شد و این تفاوت زمانی که ضخامت مرکزی قرنیه زیر ۵۰۰ میکرون بود، قابل توجه‌تر بود. ارتباط خوبی بین ارب اسکن و اولتراسوند پاک‌متری در افراد طبیعی وجود داشت اگر چه بهتر است از دستگاه ارب اسکن برای ارزیابی ضخامت قرنیه در افراد کاندید جراحی کراتورفرکتیو استفاده نشود، چون مقدار ضخامت را بیش‌تر نشان می‌دهد و ممکن است نتایج به دست آمده نامطلوب باشد و ضخامت استرومای باقی‌مانده بعد از عمل پایین باشد.

در مطالعه ما، میانگین به دست آمده برای Orbscan بیش‌ترین

Difference vs. average: Bland-Altman of OCTCasia2-Orbscan



بحث

در این مطالعه، مقایسه ضخامت مرکزی قرنیه توسط ۳ دستگاه Orbscan (با در نظر گرفتن عامل اصلاحی ۰/۹۲)، Pentacam و OCTCasia2 انجام گرفت و در میانگین برای ۱۴۰ چشم به ترتیب برابر $525.21 \pm 31.60 \mu\text{m}$ ، $535.06 \pm 35.11 \mu\text{m}$ و $511.06 \pm 30.87 \mu\text{m}$ به دست آمد.

در مطالعه Michele Lanza و همکاران^{۱۱} که در سال ۲۰۱۵ منتشر شد مقادیر پاک‌متری اندازه‌گیری شده توسط ۳ دستگاه اپتیکی متفاوت شامل Orbscan II، Pentacam HR، Sirius در چشم‌های سالم مورد مقایسه قرار گرفتند. به همین منظور ضخامت مرکزی قرنیه (CCT) ۱۰۲ چشم از ۱۰۲ بیمار اندازه‌گیری شد. برای دستگاه ارب اسکن (با در نظر گرفتن عامل اصلاحی اکوستیک) مقادیر CCT کم‌تری ($P<0.001$) نسبت به هر دو دستگاه پنتاکم ($13.66 \pm 16.53 \mu\text{m}$) و Sirius ($15.18 \pm 17.16 \mu\text{m}$) ثبت شد. همچنین مقادیر حاصل شده توسط دستگاه Sirius مقداری بیشتر از دستگاه پنتاکم ($1.52 \pm 6.21 \mu\text{m}$) بود که از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P<0.015$). در اندازه‌گیری CCT به وسیله Sirius و پنتاکم نتایج تقریباً مشابهی به دست آمد. اما در مقابل، نتایج به دست آمده توسط ارب اسکن دارای تفاوت قابل توجه در قیاس با دستگاه پنتاکم و Sirius بود.

در مطالعه Lackner^{۱۱} و همکاران، میانگین ضخامت اندازه‌گیری شده توسط پنتاکم $542 \pm 29 \mu\text{m}$ ، توسط ارب اسکن در صورت لحاظ کردن عامل (فاکتور) اصلاحی اکوستیک $576 \pm 37 \mu\text{m}$ و در صورت لحاظ نکردن این عامل $530 \pm 34 \mu\text{m}$ به دست آمد. در تحقیق Rosa N و همکاران^{۱۲}، اندازه‌گیری ضخامت مرکزی قرنیه به دست آمده توسط ارب اسکن (فاکتور اصلاحی لحاظ شده است) با میانگین اختلاف ($13.98 \pm 14.79 \mu\text{m}$) نازک‌تر از اندازه‌گیری به دست آمده توسط

OCTCasia2*Orbscan (r=۰/۹۱۳، P<۰/۰۰۱) محاسبه گردید.

نتیجه‌گیری

برای بررسی توافق ۳ متغیر از نمودار بلاند التمن استفاده شد که برای هر ۳ مورد مقایسه انجام شده توافق نسبتاً خوبی مشاهده شد اما به دلیل زیاد بودن بازه محدوده توافق ۹۵ درصد هیچ کدام از دستگاه‌ها قابلیت جایگزینی با یکدیگر را نداشتند.

و برای دستگاه OCTCasia2 کم‌ترین بود. کم‌ترین اختلاف اندازه‌گیری بین Orbscan و Pentacam و بیش‌ترین مربوط به Orbscan و OCTCasia2 بود. در بررسی ارتباط ۳ پارامتر باهم از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد و هر ۳ مقایسه انجام شده برای ۱۴۰ چشم دارای همبستگی بسیار خوبی بودند. با این وجود، بیش‌ترین میزان همبستگی بین Pentacam*OCTCasia2 (r=۰/۹۵۵، P<۰/۰۰۱) و کم‌ترین میزان همبستگی بین

منابع

- Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. *Survey of ophthalmology* 2000;44:367-408.
- Argento C, Cosentino MJ, Tytiun A, et al. Corneal ectasia after laser in situ keratomileusis. *Journal of Cataract and Refractive Surgery* 2001;27:1440-1448.
- Shah S, Chatterjee A, Mathai M, et al. Relationship between corneal thickness and measured intraocular pressure in a general ophthalmology clinic. *Ophthalmology* 1999;106:2154-2160.
- Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Archives of ophthalmology* (Chicago, Ill : 1960). 2002;120:714-720.
- Kass MA, Heuer DK, Higginbotham EJ, et al. The ocular hypertension treatment study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Archives of ophthalmology* (Chicago, Ill : 1960). 2002;120:701-713.
- Binder PS. Ectasia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:2419-2429.
- Pallikaris IG, Kymionis GD, Astyrakakis NI. Corneal ectasia induced by laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1796-1802.
- Holden BA, Mertz GW, McNally JJ. Corneal swelling response to contact lenses worn under extended wear conditions. *Inv Ophthalmol Vis Sci* 1983;24:218-226.
- Allemann N, Chamon W, Tanaka HM, et al. Myopic angle-supported intraocular lenses: two-year follow-up. *Ophthalmology* 2000;107:1549-1554.
- Lanza M, Paolillo E, Gironi Carnevale UA, et al. Central corneal thickness evaluation in healthy eyes with three different optical devices. Contact lens & anterior eye. *Cont Lens Ant Eye* 2015;38:409-413.
- Lackner B, Schmidinger G, Pieh S, et al. Repeatability and reproducibility of central corneal thickness measurement with Pentacam, Orbscan, and ultrasound. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry* 2005;82:892-899.
- Rosa N, Lanza M, Borrelli M, et al. Comparison of central corneal thickness measured with Orbscan and Pentacam. *J Refract Surg* (Thorofare, NJ : 1995). 2007;23:895-899.
- Amano S, Honda N, Amano Y, et al. Comparison of central corneal thickness measurements by rotating Scheimpflug camera, ultrasonic pachymetry, and scanning-slit corneal topography. *Ophthalmology* 2006;113:937-941.
- Bourges JL, Alfonsi N, Laliberte JF, et al. Average 3-dimensional models for the comparison of Orbscan II and Pentacam pachymetry maps in normal corneas. *Ophthalmology* 2009;116:2064-2071.
- Li EY, Mohamed S, Leung CK, et al. Agreement among 3 methods to measure corneal thickness: ultrasound pachymetry, Orbscan II, and Visante anterior segment optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2007;114:1842-1847.
- Sadoughi MM, Einollahi B, Einollahi N, et al. Measurement of central corneal thickness using ultrasound pachymetry and orbscan ii in normal eyes. *J Ophthalmol Vis Res* 2015;10:4-9.