

## Effect of Cycloplegia with Cyclopentolate 1% on Corneal Parameter and Refractive State of the Eye

Bagheri A, MD\*; Feizi M, MD; Shafie AA, BSc; Faramarzi A, MD; Yaseri M, PhD; Baradaran-Rafii G, BSc

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

\*Correspondence: abbasbagheri@yahoo.com

**Purpose:** To determine refractive state and corneal parameter changes after cycloplegia with cyclopentolate 1% using dual scheinpluge imaging system.

**Methods:** Healthy volunteers between the ages of 10 and 40 years who were referred for ophthalmic evaluation in a 3-month period were included. Complete ophthalmic examination, auto-refraction and corneal imaging with the Gallilei dual scheinpluge system was performed before and after 30 minutes of applying 1% cyclopentolate. Changes in refractive and corneal parameters were evaluated.

**Results:** One hundred and six patients with mean age of  $28 \pm 5$  years or 212 eyes (201 myopic and 11 hyperopic) were evaluated. The mean spherical equivalent before cycloplegia was  $-3.4 \pm 2.6$  D (diopter), after cycloplegia the mean hyperopic shift was  $0.4 \pm 0.5$  D ( $P < 0.001$ ). The astigmatism power change was not significant ( $P = 0.8$ ), but in 26.6% of 127 eyes, with more than 0.5D astigmatism, the axis changed more than 5 degrees after cycloplegia. Anterior corneal curvature change was not statistically significant ( $p = 0.5$ ) but posterior corneal curvature change was statistically significant ( $P = 0.001$ ) and in the direction of hyperopic shift (diff = -0.02). Corneal thickness increased statistically and significantly in the central and para-central areas, respectively (diff = 3.2 micron ( $P < 0.001$ ) and 3.9 micron ( $P < 0.001$ )).

**Conclusion:** The refractive state, posterior corneal curvature and corneal thickness changed statistically and significantly after cycloplegia, so it is recommended not to measure these parameters in cycloplegic state for clinical judgment, in IOL power calculation and refractive surgery.

**Keywords:** Corneal Curvature, Corneal Thickness, Cycloplegia, Refractive State

• Bina J Ophthalmol 2017; 22 (3): 179-192.

Received: 12 November 2016

Accepted: 3 December 2016

### تغییرات رفرکشن و پارامترهای قرنیه بعد از سیکلوپلژی با سیکلوپنتولات ۱ درصد

دکتر عباس باقری<sup>۱</sup>، دکتر محدثه فیضی<sup>۲</sup>، علی اکبر شفیع<sup>۳</sup>، دکتر امیر فرامرزی<sup>۴</sup>، دکتر مهدی یاسری<sup>۵</sup> و غزاله برادران رفیعی<sup>۶</sup>

هدف: بررسی اثر سیکلوپلژی با سیکلوپنتولات ۱ درصد بر پارامترهای قرنیه و رفرکشن.

روش پژوهش: مطالعه به صورت مقطعی بر روی افراد سالم با سن ۱۰ تا ۴۰ سال که جهت معاینه به درمانگاه بینایی‌سنجی مراجعه کرده بودند، صورت گرفت. تغییرات اتورفرکشن، پارامترهای انحنای قرنیه (شامل: کراتومتری در محور Steep و Flat در سطح قدامی و خلفی قرنیه و میانگین قدرت کلی قرنیه) و ضخامت قرنیه در ناحیه مرکزی (سنترال)، پاراسنترال و محیط (پریفری) قبل و ۳۰ دقیقه پس از سیکلوپلژی با استفاده از قطره سیکلوپنتولات ۱ درصد به وسیله دستگاه گالیله ارزیابی و مقایسه شد.

یافته‌ها: در کل، ۱۰۶ بیمار (۲۱۲ چشم) وارد مطالعه شدند. متوسط سن آن‌ها  $28 \pm 5$  سال (۳۷-۱۰ سال) بود، ۲۰۱ چشم از بیماران نزدیک‌بین و ۱۱ چشم دوربین بودند. متوسط معادل‌کروی قبل از سیکلوپلژی  $-3.4 \pm 2.6$  دیوپتر بود که پس از سیکلوپلژی، شیف‌ت دوربینی با مقدار متوسط  $0.4 \pm 0.5$  دیوپتر ایجاد شد ( $P < 0.001$ ). به دنبال سیکلوپلژی، تغییرات آستیگماتیسم قابل توجه نبود ( $P = 0.8$ ). ۱۲۷ چشم، آستیگماتیسم بیش از ۰/۵ دیوپتر داشتند که پس از سیکلوپلژی در ۲۶/۸

درصد از چشم‌ها چرخش در محور آستیگماتیسم بیش از ۵ درجه بود و بدون در نظر گرفتن جهت چرخش، میانگین چرخش محور آستیگماتیسم،  $10.7 \pm 5.3$  درجه بود. تغییرات متغیرهای (پارامترهای) انحنای قرنیه در سطح قدامی از نظر آماری معنادار نبود ( $P=0.05$ ). انحنای سطح خلفی قرنیه از نظر آماری به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P=0.001$ )؛ دیوپتر  $-0.70 \pm 0.02$  (تفاوت). ضخامت قرنیه در ناحیه مرکزی و پاراسترال به طور معنی‌داری افزایش یافت و به ترتیب از  $565 \pm 32$  به  $568 \pm 32$  میکرون ( $P < 0.001$ ) و از  $611.4 \pm 34$  به  $615.3 \pm 35$  میکرون ( $P < 0.001$ ) رسید. اما تغییرات ضخامت در ناحیه محیطی معنی‌دار نبود ( $P=0.08$ ).

**نتیجه‌گیری:** تغییرات رفرکشن و نیز ضخامت مرکزی و پاراسترال قرنیه و انحنای سطح خلفی بعد از سیکلوپلژی از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد. بنابراین برای صحت قضاوت بالینی، هنگام محاسبه قدرت لنز داخل چشمی و یا جراحی‌های عیوب انکساری بهتر است این اندکس‌ها در حالت سیکلوپلژی اندازه‌گیری نشوند.

• مجله چشم‌پزشکی بینا ۱۳۹۶؛ دوره ۲۲، شماره ۳: ۱۷۹-۱۹۲.

• پاسخ‌گو: دکتر عباس باقری (e-mail: abbasbagheri@yahoo.com)

۱- استاد- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- تهران- ایران

۲- استادیار- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- تهران- ایران

۳- اپتومتریست- آزاد

۴- دانشیار- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- تهران- ایران

۵- استادیار- دکترای آمار حیاتی- دانشکده بهداشت- دانشگاه علوم پزشکی تهران- تهران- ایران

۶- دانشجوی کارشناسی- دانشگاه تهران- تهران- ایران

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

دریافت مقاله: ۲۲ آبان ۱۳۹۵

تایید مقاله: ۱۳ آذر ۱۳۹۵

## مقدمه

انحنا و ضخامت قرنیه، ابعاد اتاق قدامی و سیکلوپلژیک رفرکشن عوامل مهمی هستند که در اعمال جراحی شایع چشمی مانند جراحی‌های آب‌مرورید و عیوب انکساری مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. تغییرات اندک انحنای قرنیه و دیگر پارامترهای اتاق قدامی بر نتیجه نهایی رفرکشن بیماران تاثیرگذار است و این سوال مطرح می‌شود که آیا ارزیابی بیومتریک قرنیه پس از سیکلوپلژیک رفرکشن به دلیل نتایج متفاوت با قبل از انجام سیکلوپلژی، محاسبات بعدی را دچار خطا می‌کند؟

علت عمده افزایش قدرت انکساری چشم حین تطابق، انقباض عضلات مژگانی و کاهش قدرت کششی زنونل‌ها و در نتیجه افزایش ضخامت و انحنای کریستالین لنز است<sup>۱،۲</sup>، اما قرنیه اصلی‌ترین عضو انکساری چشم بوده و تغییرات اندک آن می‌تواند تاثیر زیادی بر بینایی داشته باشد. به علت مجاورت قرنیه و اجسام مژگانی و اتصالات قدامی عضلات مژگانی، تغییرات قرنیه حین تطابق همواره مورد توجه بوده است<sup>۳-۱۰</sup>. نقش قرنیه در ایجاد پدیده Emmetropization و همچنین در ایجاد نزدیک‌بینی شناخته شده است<sup>۱۱</sup>. با افزایش سن، قدرت تطابق و انحنای قرنیه کاهش می‌یابد<sup>۱۲</sup>. حین تطابق افزایش قدرت کریستالین لنز به قدری زیاد

است که ممکن است تغییرات قرنیه بی‌اهمیت به نظر برسد ولی ایجاد تطابق کاذب در بیماران سودوفاکیک این فرضیه را مطرح می‌کند که احتمالاً قرنیه در تطابق موثر است<sup>۱۳</sup>. هرچند که در ایجاد تطابق کاذب، نقش تغییرات قطر مردمک و افزایش عمق تمرکز نیز مطرح شده است<sup>۱۴</sup>. در بعضی پرندگان نقش افزایش انحنای قرنیه در حین تطابق تا ۴۰ درصد برآورده شده است<sup>۱۵</sup>. در مسیر تکامل، نقش قرنیه در انسان حین تطابق بسیار کم‌تر شده است. مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده ولی نتایج آن‌ها متفاوت بوده‌اند<sup>۳،۷،۹</sup>.

در سیکلوپلژی، روند معکوس تطابق اتفاق می‌افتد و چون در بعضی مطالعات علت تغییرات قرنیه حین تطابق را به سیکلوتورشن و تقارب چشم‌ها و یا اثر انقباض عضلات راست (رکتوس) بر قرنیه نسبت داده‌اند<sup>۱۰،۱۶</sup> و این سیکلوتورشن و تقارب حین سیکلوپلژی وجود ندارند و سبب اختلال نمی‌شوند بنابراین آن‌چه در قرنیه رخ می‌دهد به طور خالص و تنها ناشی از کاهش اثر عضلات جسم مژگانی بر قرنیه است.

در اغلب مطالعات قبلی، افزایش عمق اتاق قدامی به دنبال سیکلوپلژی گزارش شده که قابل انتظار می‌باشد<sup>۱۶-۱۸</sup>. اما تغییرات انحنا و ضخامت قرنیه بعد از سیکلوپلژی متفاوت و گاه متضاد

پاراسنترال (۷-۴ میلی متری) و محیطی (۱۰-۷ میلی متری) بررسی شد. پس از آن یک قطره سیکلوپنتولات ۱ درصد (Tublux, Pharma Co, Italy)، دو نوبت با فاصله ۵ دقیقه در هر دو چشم بیماران ریخته شد و بعد از ۳۰ دقیقه، بررسی مجدد رفرکشن و پارامترهای قرنیه به همان ترتیب قبل از سیکلوپلژی تکرار شد. قبل از انجام اسکن از داوطلب خواسته می شد پلک بزند تا شکست اشک (Tear Breakup) سبب اختلال اندازه گیری ها نشود.

میانگین ۳ بار اندازه گیری های اتورفرکتومتر شامل مقدار اسفر، مقدار سیلندر، مقدار محورها و پارامترهای گالیله شامل: کراتومتری قدامی محور (Kf) Flat، کراتومتری قدامی محور (Ks) Steep، کراتومتری خلفی میانگین (Kave)، کراتومتری محور (Kf) Flat، کراتومتری خلفی محور (Ks) Steep، کراتومتری خلفی میانگین (Kave) و قدرت کلی قرنیه (TCP: Total Corneal Power)، ضخامت مرکزی قرنیه، ضخامت قرنیه در ناحیه پاراسنترال و محیطی قبل و پس از انجام سیکلوپلژی با هم مقایسه گردید. قدرت کلی قرنیه (TCP) توسط دستگاه گالیله با روش Ray Tracing و استفاده از قانون Snell حاصل شد.<sup>۲۴</sup>

محاسبه تغییرات آستیگماتیسم با در نظر گرفتن محور و بردار نیروی آن دشوار است و روش های مختلفی برای محاسبه آن توسط افراد متفاوت ارائه شده است.<sup>۲۷-۲۵</sup>

برای بررسی تغییرات سیلندر و محور آن در این مطالعه از سه روش استفاده شد. در روش اول تغییرات خام اسفر و سیلندر و محور بدون در نظر گرفتن محور آستیگماتیسم محاسبه گردید. متوسط تغییرات قدرت سیلندر ارزیابی و برای هر فرد تغییرات محور قبل و پس از سیکلوپلژی محاسبه شد، در صورتی که تغییرات محور آستیگماتیسم (محور قبل از سیکلوپلژی - محور بعد از سیکلوپلژی) منفی بود چرخش در جهت عقربه های ساعت و در صورتی که تغییرات محور مثبت بود، چرخش در خلاف جهت عقربه های ساعت را در نظر گرفتیم و این تغییرات را به تفکیک چشم راست و چپ بررسی نمودیم. چرخش محور آستیگماتیسم قرنیه ای به دنبال سیکلوپلژی نیز به روش به کار برده شده برای رفرکتیو آستیگماتیسم (آستیگماتیسم کلی)، محاسبه شد [آستیگماتیسم قدرت کلی قرنیه (TCP ast) به عنوان آستیگماتیسم قرنیه ای در نظر گرفته شد]. هم چنین اختلاف محور آستیگماتیسم کلی با آستیگماتیسم قرنیه ای قبل و بعد از سیکلوپلژی به عنوان محور لنتیکولار آستیگماتیسم در نظر گرفته شد.

گزارش شده اند<sup>۱۹-۱۶</sup>. مطالعات اولیه که تغییرات قرنیه به دنبال تطابق و یا سیکلوپلژی را بررسی کرده اند دارای محدودیت های تکنیکی زمان خود هستند. دستگاه گالیله (Ziemer Ophthalmic Galilei Systems AG, Zurich, Switzerland) با استفاده از دو دوربین شیمفلاگ و ترکیب تصاویر آن با توبوگرافی پلاسیدودیسک، یک روش تصویربرداری غیرتهاجمی از اتا فک قدامی می باشد که دقت و قابلیت تکرارپذیری بالایی دارد<sup>۲۰</sup> و تا جایی که ما بررسی کردیم در هیچ مطالعه ای از دستگاه گالیله برای بررسی تغییرات بیومتریک بعد از سیکلوپلژی استفاده نشده است. هم چنین در بیش تر مطالعات قبلی از قطره هایی که سیکلوپلژی کامل ایجاد نمی کنند مانند تروپیکامید استفاده شده بود<sup>۱۹، ۲۱</sup>، ما در این مطالعه از قطره سیکلوپنتولات هیدراکلراید ۱ درصد استفاده کردیم که نسبت به اتروپین کوتاه اثرتر است اما سیکلوپلژی قابل قبول ایجاد می کند<sup>۲۲، ۲۳</sup>. این دارو به صورت روزمره برای ایجاد سیکلوپلژی و گشادی مردمک و بررسی رفرکشن سیکلوپلژیک استفاده می شود. هدف ما در این مطالعه ارزیابی اثر سیکلوپلژی با قطره سیکلوپنتولات بر پارامترهای قرنیه و رفرکشن به ترتیب با استفاده از دستگاه های گالیله و اتورفرکتومتر می باشد.

### روش پژوهش

این مطالعه به صورت گزارش موارد مداخله ای (Interventional Case Series) بر روی افراد سالم که برای معاینات بینایی سنجی طی سه ماه از مهر ماه تا آذر ماه ۱۳۹۴ به بیمارستان لبافی نژاد مراجعه نموده بودند، انجام شد. این تحقیق مورد تایید شورای پژوهشی و کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی قرار گرفت و از کلیه بیماران رضایت نامه آگاهانه جهت ورود به مطالعه اخذ گردید.

برای همه افراد معاینات کامل چشم پزشکی شامل بررسی با اسلیت لمپ و فوندوسکوپی صورت گرفت. در صورت وجود هرگونه ضایعه یا بیماری در اتا فک قدامی یا خلفی و یا سابقه جراحی چشمی، فرد از مطالعه حذف شد. سپس ارزیابی انکساری توسط دستگاه اتورفرکتومتر (Topcon, Tokyo, Topcon KR-8800 Japan) برای هر داوطلب سه مرتبه صورت گرفت و متوسط آن ها ثبت گردید. با استفاده از دستگاه گالیله متغیرهای مربوط به قرنیه شامل قدرت کلی قرنیه، کراتومتری سطح قدامی و خلفی و ضخامت قرنیه در سه ناحیه مرکزی (صفر تا ۴ میلی متری)،

تحلیل آماری Paired t-test محاسبه شد. برای بررسی تغییر شکل قرنیه از BFS (Best fit sphere) سطح قدامی (با اندازه ۸ میلی‌متر) و خلفی (با اندازه ۷/۸ میلی‌متر) استفاده گردید.

### تحلیل آماری

برای توصیف داده‌ها از میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد، میانه، محدوده و ضریب اطمینان ۹۵ درصد، بررسی تغییرات از آزمون Paired t-test، ارزیابی تغییرات به صورت قدر مطلق تغییرات از آزمون T، سنجش توافق اندازه‌گیری‌ها از حدود اطمینان ۹۵ درصد و ارزیابی تناسب بین اندازه‌گیری‌ها از  $LOA (0.95) / Limit of Agreement$  استفاده شد. همه تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۴ صورت گرفت.

### یافته‌ها

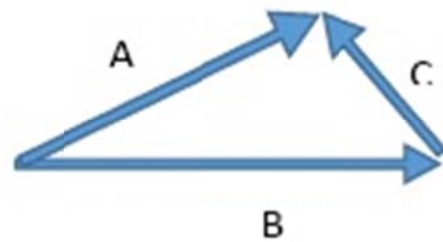
در کل، ۲۱۲ چشم از ۱۰۶ بیمار وارد مطالعه شدند. ۶۹ نفر (۳۲٪) زن و ۳۷ نفر (۱۷٪) مرد بودند و میانگین سنی آن‌ها  $28 \pm 5$  سال (۳۷-۱۰ سال) بود، ۲۰۱ چشم (۹۴/۸ درصد) نزدیک‌بین (۳۲ چشم نزدیک‌بین بالای ۶) و ۱۱ چشم (۵/۲ درصد) دوربین بودند.

### تغییرات رفتاری

میانگین کلی مقدار معادل کروی قبل از سیکلوپلزی  $2.6 \pm 3.4$ - دیوپتر و بعد از سیکلوپلزی  $2.6 \pm 2.9$ - دیوپتر بود. بعد از انجام سیکلوپلزی، شیفت دوربینی به میزان  $0.5 \pm 0.4$  دیوپتر ایجاد شد ( $P < 0.001$ ). در بیماران دوربین (تعداد= ۱۱) میزان شیفت دوربینی نسبت به بیماران نزدیک‌بین بیشتر بود (به ترتیب  $0.5 \pm 0.9$  و  $0.5 \pm 0.4$  در بیماران دوربین و نزدیک‌بین). تنها در بیماران دوربین میزان شیفت دوربینی با مقدار اولیه دوربینی ارتباط مستقیم داشت و هرچه مقدار اولیه بیشتر بود مقدار شیفت دوربینی نیز بیشتر بود ( $P = 0.02$ ,  $r = 0.17$ ) ولی برای بیماران نزدیک‌بین این رابطه معنی‌دار نبود ( $P = 0.17$ ,  $r = 0.02$ ). در ۱۶ چشم نزدیک‌بین، شیفت نزدیک‌بینی به مقدار کم‌تر از ۰/۵ دیوپتر اتفاق افتاد اما در هیچ یک از چشم‌های دوربین، شیفت نزدیک‌بینی ایجاد نشد (نمودارهای ۲ و ۳).

در نمودارهای فوق یک بار تغییرات معادل کروی پس از سیکلوپلزی به طور کلی و یک بار مواردی که تغییر بیش از ۰/۵ دیوپتر داشتند نمایش داده شده‌اند.

در روش دوم از فرمولی که توسط Holladay<sup>۲۵</sup> برای بررسی تغییرات اسفر و سیلندر در سال ۱۹۹۸ معرفی شد، استفاده نمودیم. Holladay با اعمال تغییراتی روی محور مختصات مستطیلی، برای محاسبه تغییرات از یک اسفر و سیلندر مایل به اسفر و سیلندر مایل دیگر استفاده کرده است. تصویر ۱ به صورت پایه نشان می‌دهد چگونه ۲ کراس سیلندر مایل با هم جمع می‌شوند، بردار A نماد قدرت و محور سیلندر قبل از قطره، بردار B نماد قدرت و محور سیلندر بعد از قطره و بردار C نماد قدرت و محور سیلندر تغییرات از A به B می‌باشد. طول بردارها نشان‌دهنده قدرت و جهت آن محور سیلندر را نشان می‌دهد، اسفر و سیلندر قبل و بعد از به کار بردن قطره سیکلوپنتولات وارد محاسبات ده مرحله‌ای Holladay در نرم‌افزار Excel شد و حاصل محاسبات برای هر چشم، یک اسفر و سیلندر بود که تفاوت دو اسفر و سیلندر قبل و بعد از سیکلوپلزی، به صورت برداری مشخص شد (معادل Surgically Induced Astigmatism بعد از جراحی). ما میانگین اسفر، سیلندر و محور حاصل از این روش را گزارش کردیم.



تصویر ۱- تصویر شماتیک از روش پایه محاسبات مثلثاتی برای به دست آوردن تفاوت دو اسفر و سیلندر مایل

در روش سوم از تحلیل برداری (Vector Analysis) که در سال ۱۹۹۷ توسط Thibos<sup>۲۶</sup> برای بررسی تغییرات اسفر و سیلندر معرفی شد، استفاده کردیم. در این روش هر اسفر و سیلندر به سه قسمت تجزیه می‌شود: پارامتر M مشخص‌کننده متوسط اسفر یا همان معادل کروی، پارامتر J مشخص‌کننده قدرت سیلندر در محورهای ۱۸۰ و ۹۰ و پارامتر J۴۵ مشخص‌کننده قدرت سیلندر در محورهای ۴۵ و ۱۳۵ درجه است که با استفاده از فرمول‌های زیر قابل محاسبه است:

$$J_0 = -c/2 \cos 2a$$

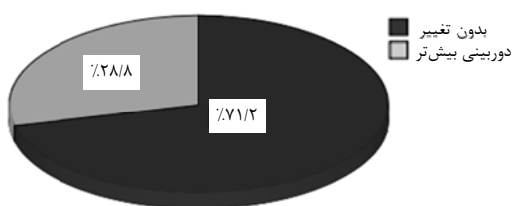
$$J_{45} = -c/2 \sin 2a$$

(c= minus cylinder power, a= cylinder axis)

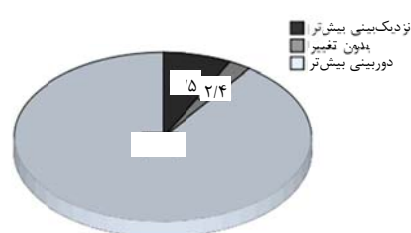
سپس تغییرات هر کدام از مقادیر M، J۰ و J۴۵ با استفاده از

جدول ۱- وضعیت انکساری چشم ها قبل و پس از سیکلوپلژی

میزان P	ضریب اطمینان ۹۵ درصد			بعد از سیکلوپلژی	قبل از سیکلوپلژی	
	بیشترین	کمترین	تفاوت	میانگین $\pm$ انحراف معیار	میانگین $\pm$ انحراف معیار	
$< 0.001$	۰.۵۲	۰.۳۷	$0.4 \pm 0.5$	$-2.3 \pm 2.5$	$-2.7 \pm 2.5$	اسفر (دیوپتر)
۰.۸	۰.۰۳	-۰.۰۴	$0.1 \pm 0.25$	$-1.2 \pm 1.1$	$-1.2 \pm 1.2$	سیلندر (دیوپتر)
$< 0.001$	۰.۴۹	۰.۳۵	$0.4 \pm 0.5$	$-2.9 \pm 2.6$	$-3.4 \pm 2.6$	معادل کروی (دیوپتر)



نمودار ۳- تغییرات معادل کروی بیش از ۰/۵ دیوپتر پس از سیکلوپلژی در کل بیماران



نمودار ۲- تغییرات معادل کروی بعد از سیکلوپلژی در کل بیماران

### تغییرات آستیگماتیسم

آستیگماتیسم بیش‌تر از ۰/۵ دیوپتر که از نظر بالینی قابل توجه می‌باشد، در ۱۲۷ چشم (۵۹/۹ درصد) وجود داشت. نتایج بررسی تغییرات آستیگماتیسم بعد از سیکلوپلژی به شرح زیر می‌باشد:

**در روش اول:** میانگین قدرت سیلندر  $1.2 \pm 1.2$  - دیوپتر بود که پس از انجام سیکلوپلژی تغییرات معنی‌داری در مقدار آن حاصل نشد ( $P=0.8$ ). به طور کلی و بدون اصلاح محور، میانگین چرخش محور آستیگماتیسم  $41.3 \pm 19.0$  درجه بود (به طور میانگین در چشم راست  $40.3 \pm 19.3$  و در چشم چپ  $42.5 \pm 18.7$ ). برای این که ارزیابی تغییرات محور، بالینی باشد در بیمارانی که تغییرات محور بیش‌تر از  $90^\circ$  بود،  $180^\circ$  درجه از محور بزرگ‌تر کم کردیم تا هر دو محور در سمت راست قرار گیرند، به طور مثال تفاوت محور ۵ درجه قبل از قطره با محور ۱۷۵ درجه بعد از قطره به صورت عددی ۱۷۰ درجه است اما وقتی محور ۱۷۵ درجه به محور ۱۸۰ درجه مقابل آن تبدیل شود، ۵- در نظر گرفته می‌شود و تفاضل برداری آن با محور ۵ درجه، ۱۰ درجه خواهد بود. با این تبدیل، میانگین تغییرات محور در موارد سیلندر بیش‌تر از ۰/۵ دیوپتر،  $5.3 \pm 10.5$  درجه بود. در ۷۳/۲ درصد از چشم‌ها تغییرات محور کم‌تر از ۵ درجه و در ۲۶/۸ درصد تغییرات محور بیش‌تر از ۵ درجه بود (نمودار ۴).

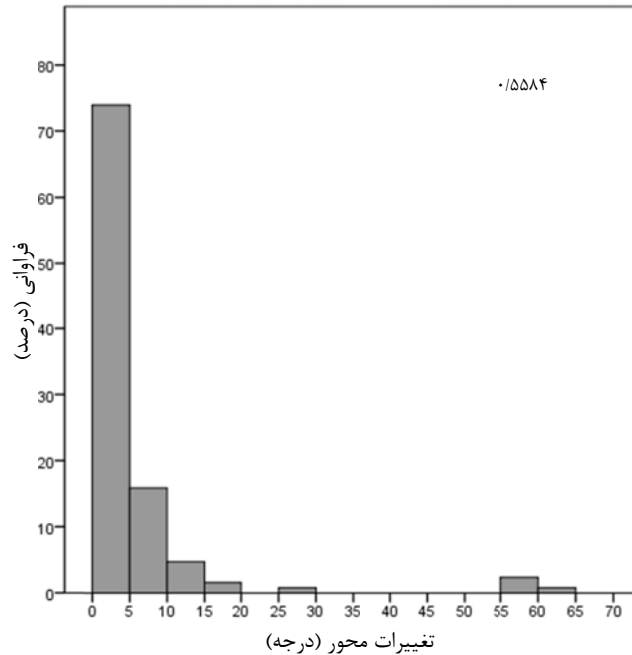
در ۱۴/۲ درصد از چشم‌هایی که بیش از ۵ درجه چرخش محور داشتند این چرخش در جهت عقربه‌های ساعت و در ۱۲/۶ درصد چرخش محور در خلاف جهت عقربه‌های ساعت بود. در بررسی چرخش محورها به صورت کلی چرخش در چشم راست بیش‌تر در جهت عقربه‌های ساعت و در چشم چپ بیش‌تر در خلاف جهت چرخش عقربه‌های ساعت بود. یعنی در هر دو چشم چرخش بیش‌تر به سمت انحراف (Intorsion) بود (جدول ۲).

در همه چشم‌ها Total Corneal Astigmatism به عنوان آستیگماتیسم قرنیه‌ای در نظر گرفته شد زیرا این آستیگماتیسم مجموع آستیگماتیسم سطح قدامی و خلفی قرنیه می‌باشد. جزیی از آستیگماتیسم که مربوط به قرنیه نیست به عنوان لنتیکولار آستیگماتیسم در نظر گرفته شد. آستیگماتیسم لنتیکولار (غیر قرنیه‌ای) = آستیگماتیسم کلی (انکساری) + آستیگماتیسم قرنیه‌ای

تفاضل بین مقدار آستیگماتیسم کلی و آستیگماتیسم قرنیه‌ای نشان داد که این تفاضل در ۴۱/۶ درصد از چشم‌ها قبل از سیکلوپلژی (و در ۳۵/۵ درصد از چشم‌ها بعد از سیکلوپلژی) نزدیک به صفر است (اختلاف کم‌تر از ۰/۲۵). یعنی در این چشم‌ها همه آستیگماتیسم کلی ناشی از آستیگماتیسم قرنیه می‌باشد. در ۲۷/۲ درصد از چشم‌ها قبل از سیکلوپلژی (و در ۳۱/۵ درصد از چشم‌ها بعد از سیکلوپلژی) آستیگماتیسم کلی، بیش‌تر از

سیکلوپلژی (و در ۳۳ درصد از چشم‌ها بعد از سیکلوپلژی) آستیگماتیسم لنتیکولار جهت کم کردن آستیگماتیسم کلی است (جدول ۳).

آستیگماتیسم قرنیه‌ای بود بدان معنی که آستیگماتیسم لنتیکولار به آستیگماتیسم قرنیه‌ای اضافه شده و در جهت افزایش آستیگماتیسم کلی است و در ۳۱/۲ درصد از چشم‌ها قبل از



نمودار ۴- تغییرات محور آستیگماتیسم بعد از سیکلوپلژی (روی محور افقی تغییر محور آستیگماتیسم به درجه و روی محور عمودی تعداد چشم‌ها به درصد نشان داده شده است)

جدول ۲- تغییرات محور آستیگماتیسم پس از سیکلوپلژی به طور کلی و در موارد بالای ۵ درجه

تعداد کلی (درصد)	چشم چپ (درصد)	چشم راست (درصد)	تغییرات محور کلی
۵۹ (۴۶/۵ درصد)	۲۹ (۲۲/۹ درصد)	۳۰ (۲۳/۶ درصد)	جهت چرخش عقربه‌های ساعت
۶۸ (۵۳/۵ درصد)	۴۰ (۳۱/۵ درصد)	۲۸ (۲۲ درصد)	خلاف جهت چرخش عقربه‌های ساعت
۱۸ (۱۴/۲ درصد)	۸ (۶/۳ درصد)	۱۰ (۷/۹)	تغییرات محور بالای ۵ درجه جهت چرخش عقربه‌های ساعت
۱۶ (۱۲/۶ درصد)	۸ (۶/۳ درصد)	۸ (۶/۳)	خلاف جهت چرخش عقربه‌های ساعت

جدول ۳- فراوانی اثرات افزایش و کاهش آستیگماتیسم قرنیه‌ای و عدسی بر آستیگماتیسم کلی

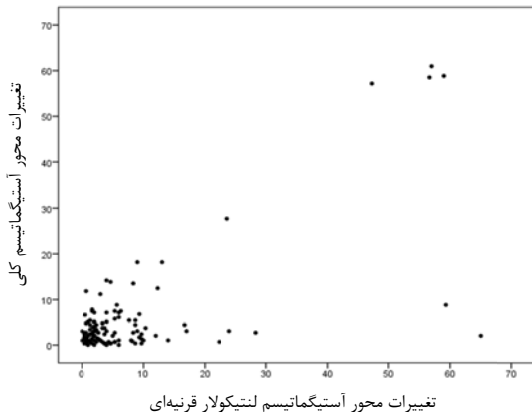
قبل از سیکلوپلژی (درصد)	بعد از سیکلوپلژی (درصد)	تغییرات
۴۱/۶	۳۵/۵	آستیگماتیسم قرنیه‌ای به تنهایی
۲۷/۲	۳۱/۵	آستیگماتیسم لنتیکولار افزاینده به قرنیه
۳۱/۲	۳۳	آستیگماتیسم لنتیکولار کاهنده از قرنیه
۱۰۰	۱۰۰	جمع

(محور افقی) نشان داده شده است، پراکندگی نقاط روی این نمودار نشان می‌دهد که با وجود این که متوسط تغییرات محور آستیگماتیسم کلی (۵/۳±۱۰/۵ درجه) نزدیک به متوسط تغییرات

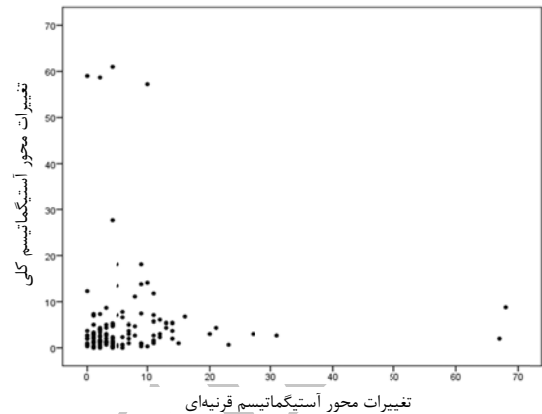
متوسط چرخش محور در آستیگماتیسم قرنیه‌ای به دنبال سیکلوپلژی، ۶/۶±۹/۶ درجه بود. روی نمودار ۵، تغییرات محور در آستیگماتیسم کلی (محور عمودی) و آستیگماتیسم قرنیه‌ای

آستیگماتیسم قرنیه‌ای (۹/۶±۶/۶ درجه) می‌باشد اما چرخش محور آستیگماتیسم کلی ناشی از چرخش در محور در آستیگماتیسم

قرنیه‌ای به تنهایی نیست.



تغییرات محور آستیگماتیسم لنتیکولار قرنیه‌ای



تغییرات محور آستیگماتیسم قرنیه‌ای

نمودار ۵- مقایسه تغییرات محور در آستیگماتیسم کلی و آستیگماتیسم قرنیه‌ای پس از سیکلوپلژی  
نمودار ۶- مقایسه تغییرات محور آستیگماتیسم کلی و آستیگماتیسم لنتیکولار پس از سیکلوپلژی

با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل شد. میانگین تغییرات اسفر و دیوپتر، میانگین تغییرات سیلندر ۰/۲±۰/۸ دیوپتر و میانگین تغییرات محور ۱۴۲±۴۴ درجه بود.

**در روش سوم:** تغییرات اسفر و سیلندر پس از سیکلوپلژی با استفاده از تحلیل برداری به روش Thibos بررسی شد. تغییرات M که بیانگر معادل کروی می‌باشد ۰/۴±۰/۵ دیوپتر و معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۱) اما تغییرات J۰ و J۴۵ به ترتیب ۰/۱۱±۰/۰۷ - و ۰/۱۱±۰/۰۷ دیوپتر بودند و هیچ‌یک از تغییرات از لحاظ آماری معنی‌دار نبودند (به ترتیب P=۰/۰۶ و P=۰/۰۵) (جدول ۴).

از طرفی مقایسه تغییرات محور آستیگماتیسم کلی (محور عمودی) و قدر مطلق تغییرات محور آستیگماتیسم لنتیکولار (محور افقی) روی نمودار ۶ نشان می‌دهد که اگرچه باز هم بیش‌ترین فراوانی تغییرات روی هر دو محور زیر ۱۰ درجه می‌باشد، اما پراکندگی نیز وجود دارد. در نتیجه تغییرات محور آستیگماتیسم کلی، حاصل تغییرات در عدسی و در قرنیه می‌باشد.  
**در روش دوم:** تغییرات اسفر و سیلندر پس از سیکلوپلژی با استفاده از فرمول ۱۰ مرحله‌ای که توسط Holladay معرفی شد در نرم‌افزار Excel برای ۱۲۷ چشم که سیلندر بالای ۰/۵ دیوپتر داشتند (۵۹/۹ درصد از چشم‌ها) صورت گرفت و نتایج حاصل شده

جدول ۴- تحلیل برداری آستیگماتیسم قبل و بعد از سیکلوپلژی با روش Thibos

میزان P	بیش‌ترین	کم‌ترین	انحراف معیار	تفاوت	فاصله اطمینان ۹۵ درصد	
					قبل از سیکلوپلژی	بعد از سیکلوپلژی
<۰/۰۰۱	-۰/۴۹	-۰/۳۵	۰/۵	-۰/۴	-۲/۹±۲/۶	۳/۴±۲/۶
۰/۶	۰/۱۴	-۰/۲۶	۱/۱۵	-۰/۰۶	۰/۱۳±۰/۷۷	۰/۰۷±۰/۶۸
۰/۵	۰/۱۲	-۰/۲۷	۱/۱۱	-۰/۰۷	۰/۰۶±۰/۷۲	-۰/۰۱±۰/۸۲

۰/۲±۰/۰۶ - دیوپتر کاهش پیدا کرد (P=۰/۰۰۱) که اگرچه از نظر آماری معنی‌دار بود ولی از لحاظ بالینی قابل اهمیت نبود. قدر مطلق تغییرات (Absolute Changes) برای همه متغیرهای انحنای قرنیه معنی‌دار بود. این بدان معنی است که تغییر در تمامی متغیرهای قرنیه به دنبال سیکلوپلژی به مقدار کم ایجاد

**تغییرات انحنای قرنیه**

متوسط تغییرات قدرت کلی قرنیه ( Total Corneal Power: ) و انحنای قدامی (Anterior Power) از نظر آماری معنی‌دار نبود (به ترتیب P= ۰/۷ و P= ۰/۵). متوسط انحنای خلفی قرنیه (Posterior Power) بعد از سیکلوپلژی به مقدار متوسط

مقدار این تغییرات از لحاظ بالینی قابل اهمیت نیست و وقتی تغییرات انحنای بیش‌تر از ۰/۵ دیوپتر را که از لحاظ بالینی قابل توجه است در نظر بگیریم به ترتیب قدرت کلی قرنیه، انحنای قرنیه در سطح قدامی و خلفی در ۹۵/۷ درصد، ۹۳/۹ درصد و ۹۹ درصد از بیماران بدون تغییر خواهد ماند (نمودار ۶).

می‌شود. این تغییرات در سطح قدامی و در کل قرنیه در جهت خاصی نبوده و در افراد مختلف متفاوت است، ولی در سطح خلفی اندک، در یک جهت خاص و به سمت کراتومتری منفی‌تر سطح خلفی است که از نظر رفراکشن در جهت دوربینی است و به همین دلیل P معنی‌دار شده است.

جدول ۵- تغییرات انحنای قرنیه به طور کلی و اجزای آن قبل و بعد از سیکلوپلژی

P	کلی	LoA 95%		حدود اطمینان ۹۵ درصد		SD	تفاوت	پس از سیکلوپلژی		قبل از سیکلوپلژی		
		انحراف معیار ± میانگین	بیش‌ترین	کم‌ترین	P			بیش‌ترین	کم‌ترین	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین	
<۰/۰۰۱	۰/۱۵±۰/۱۵	۰/۳۹	-۰/۴۲	۰/۳	۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۱۷	-۰/۰۱	۴۳/۰۵±۱/۴۸	۴۳/۰۶±۱/۴۷	Ant. Kf	
<۰/۰۰۱	۰/۲۱±۰/۲۳	۰/۶۳	-۰/۵۸	۰/۲	۰/۰۷	-۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۰۳	۴۴/۶۲±۱/۵۶	۴۴/۵۹±۱/۵۶	Ant. Ks	
<۰/۰۰۱	۰/۱۶±۰/۱۸	۰/۴۷	-۰/۴۵	۰/۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۰۱	۴۳/۸۳±۱/۴۳	۴۳/۸۲±۱/۴۲	Ant. K_ave	
<۰/۰۰۱	۰/۰۷±۰/۰۷	۰/۱۷	-۰/۲۱	۰/۰۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۷	-۰/۰۲	-۶/۲۱±۰/۲۶	-۶/۱۹±۰/۲۶	Post Kf	
<۰/۰۰۱	۰/۰۸±۰/۱۲	۰/۲۶	-۰/۳۱	۰/۰۲	۰/۰۰	-۰/۰۴	۰/۱۰	-۰/۰۲	-۶/۶۱±۰/۳۲	-۶/۵۸±۰/۳۲	Post Ks	
<۰/۰۰۱	۰/۰۶±۰/۰۷	۰/۱۶	-۰/۲۰	۰/۰۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۶	-۰/۰۲	-۶/۴۱±۰/۲۸	-۶/۳۹±۰/۲۷	Post K_ave	
<۰/۰۰۱	۰/۱۶±۰/۲	۰/۵۱	-۰/۵۰	۰/۷	۰/۰۴	-۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۰۱	۴۳/۶۴±۱/۳۹	۴۳/۶۳±۱/۳۹	TCP mean	
<۰/۰۰۱	۰/۰۱±۰/۰۱	۰/۰۴	-۰/۰۴	۰/۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۷/۷۳±۰/۲۵	۷/۷۳±۰/۲۵	شعاع انحنای خلفی	
<۰/۰۰۱	۰/۰۷±۰/۱۴	۰/۳۰	-۰/۳۰	۰/۷	۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۰	۶/۴۲±۰/۳	۶/۴۲±۰/۲۶	شعاع انحنای خلفی	

Ant: Anterior, Post: posterior, K: keratometry, f: flat, s: steep, ave: average, TCP: Total corneal power, BSF: Best fit sphere, LOA : limit of agreement, CI: confidence interval

متوسط  $6 \pm 13/6$  میکرون ( $P=0/09$ ) بود (جدول ۶). مرکز قرنیه در ۷۳/۴ درصد از چشم‌ها ضخیم‌تر و در ۲۶/۶ درصد چشم‌های داوطلبان نازک‌تر شد (نمودار ۷).

#### تحلیل‌های خاص

در این مطالعه ۳۲ چشم (۱۵/۱ درصد) نزدیک‌بینی بالا (بیش‌تر و مساوی ۶ دیوپتر) داشتند. تحلیل‌های فوق برای این افراد و همچنین برای ۱۱ بیمار دوربین (۵/۲ درصد) به تفکیک انجام شد و تغییرات متغیرها در این افراد تفاوتی با تحلیل کلی نداشت. تنها در بیماران با نزدیک‌بینی بالا، تغییرات انحنای سطح خلفی قرنیه نیز معنی‌دار نبود ( $P=0/07$ ).

#### تغییرات شکل قرنیه

متوسط شعاع انحنای BFS (Best Fit Sphere) در سطح قدامی  $7173 \pm 0/25$  دیوپتر و در سطح خلفی  $6142 \pm 0/26$  دیوپتر بود بعد از سیکلوپلژی تغییرات آن‌ها معنادار نبود (به ترتیب  $P=0/05$  و  $P=0/07$ ) (جدول ۵).

#### تغییرات ضخامت قرنیه

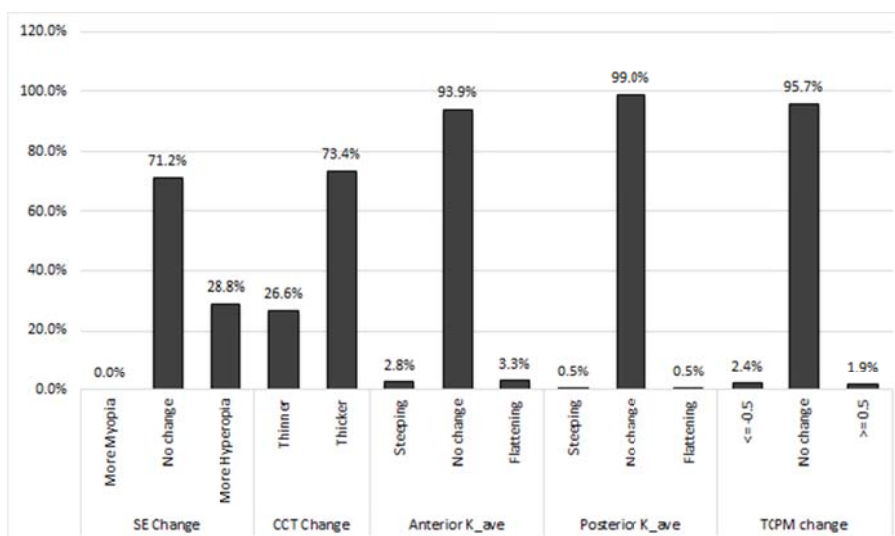
ضخامت قرنیه به طور کلی بعد از سیکلوپلژی افزایش یافت که مقدار افزایش آن به طور متوسط در قسمت مرکزی  $312 \pm 318$  میکرون ( $P<0/001$ )، در قسمت پاراسنترال به طور متوسط  $319 \pm 419$  میکرون ( $P<0/001$ ) و در قسمت محیطی به طور

جدول ۶- تغییرات ضخامت در نواحی مختلف قرنیه قبل و بعد از سیکلوپلژی

P	میزان	۹۵ درصد		SD	تفاوت	پس از سیکلوپلژی		قبل از سیکلوپلژی		
		بیش‌ترین	کم‌ترین			انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین			
<۰/۰۰۱	۳/۸	۲/۶	۳/۸	۳/۲	۵۶۸±۳۲	۵۶۵±۳۲	ضخامت مرکزی قرنیه			
<۰/۰۰۱	۵/۰	۲/۷	۴/۹	۳/۹	۶۱۵/۳±۳۵/۴	۶۱۱/۴±۳۴	ضخامت پاراسنترال قرنیه			
<۰/۰۰۹	۱۲/۹	-۰/۹	۱۳/۶	۶/۰۰	۶۹۳/۰±۶۷/۱	۶۸۷±۴۷/۲	ضخامت محیط قرنیه			

CT: corneal thickness, Diff: difference





نمودار ۷- فراوانی تغییرات رفرکشن، انحنا و ضخامت قرنیه پس از سیکلوپلژی (در چشم‌هایی که بیش از ۰٫۵ دیوپتر تغییرات معادل کروی داشتند)

دوربین شیمفلاگ استفاده می‌کند، احتمالاً یافته‌های دقیق‌تر و قابل اعتمادتری برای پاکی‌متری و بررسی انحناهای خلفی قرنیه ارائه می‌دهد<sup>۲۸،۲۹</sup>. در حد اطلاعات نویسندگان در مطالعات قبلی که به بررسی تغییرات قرنیه بعد از سیکلوپلژی پرداخته‌اند، از دستگاه گالیله استفاده نشده است، هم‌چنین حجم نمونه در مطالعه ما از اغلب مطالعات قبلی بیش‌تر است و از قطر سیکلوپنتولات برای ایجاد سیکلوپلژی استفاده کردیم تا سیکلوپلژی کامل<sup>۲۳،۲۴</sup> حاصل شود.

در این مطالعه متوسط شیفت دوربینی پس از ایجاد سیکلوپلژی  $0.4 \pm 0.5$  دیوپتر بود. در بیماران دوربین، متوسط شیفت دوربینی بیش‌تر بود ( $0.9$  دیوپتر در مقابل  $0.4$ ) و این شیفت دوربینی با مقدار متوسط دوربینی قبل از سیکلوپلژی ارتباط مستقیم داشت. هرچه مقدار دوربینی بیش‌تر باشد مقدار تطابق تونیک هم بیش‌تر است و با سیکلوپلژی آزاد می‌شود. متوسط شیفت دوربینی در افراد دوربین با استفاده از قطر آتروپین در مطالعات قبلی  $1.18$  و  $1.76$  دیوپتر گزارش شده است<sup>۲۹،۳۰</sup> که هم‌راستا با مطالعه ما می‌باشد اما مقدار بیش‌تر شیفت دوربینی در آن دو مطالعه نسبت به مطالعه ما احتمالاً به علت تفاوت قدرت سیکلوپنتولات و آتروپین در آشکار کردن دوربینی تاخیری (Latent Hyperopia) و هم‌چنین مقدار متوسط دوربینی کم‌تر و متوسط سن بالاتر در بیماران ما می‌باشد. البته در مطالعه ما، به علت تعداد کم بیماران دوربین، نتایج قابل تعمیم نیست.

هم‌چنین ۵ بیمار (۴٫۷ درصد) (معادل ده چشم) سن کم‌تر و مساوی ۲۰ سال داشتند، همه تحلیل‌های فوق برای این افراد نیز جداگانه تکرار شد. متوسط معادل کروی برای این بیماران  $2.2 \pm 2.8$  دیوپتر بود که پس از سیکلوپلژی به  $2.1 \pm 2.8$  دیوپتر رسید ( $P=0.1$ ). متغیرهای مربوط به انحناهای قرنیه هیچ یک تغییرات معنی‌دار نداشتند ( $P=0.3$ ،  $P=0.3$ ،  $P=0.2$ ) به ترتیب انحناهای کلی قرنیه، انحناهای قدامی و خلفی). هم‌چنین ضخامت قرنیه در آن‌ها برخلاف تحلیل کلی بعد از سیکلوپلژی در هیچ یک از نواحی مرکزی، پاراسترال و محیطی تغییرات معنی‌دار نداشت (به ترتیب  $P=0.2$ ،  $P=0.2$ ،  $P=0.9$ ).

### بحث

در این مطالعه محدوده سنی ۱۰ تا ۴۰ سال انتخاب شد زیرا در این محدوده سنی، بیماران مبتلا به پیرچشمی نشده‌اند که موجب ایجاد تغییرات عدسی شود. در ضمن، سن بیمار کم نباشد که مانع همکاری او برای انجام آزمون گالیله به طور دقیق شود. از سوی دیگر بیماران نزدیک‌بین و دوربین وارد مطالعه شدند و مطالعه شامل ترکیبی از بیماران با هر عیب انکساری و در هر سنی بود تا بدین وسیله ارزش خارجی مطالعه (External Validity) افزایش یابد.

در این مطالعه ما از دستگاه گالیله استفاده کردیم که از دقت و تکرارپذیری بالایی برخوردار است و نسبت به پنتاکم که از یک

در چشم‌های نزدیک‌بین، میزان کاهش نزدیک‌بینی با مقادیر نزدیک‌بینی قبل از سیکلوپلژی ارتباط نداشت. علت ایجاد شیفت نزدیک‌بینی در ۱۶ چشم از بیماران نزدیک‌بین می‌تواند به علت انحراف کروی (Spherical Aberration) باشد که در اثر اکسپوز شدن بخش‌های محیطی لنز ایجاد می‌شود، در صورتی که میزان نزدیک‌بینی حاصل از انحراف کروی بیش‌تر از شیفت دوربینی ناشی از آزاد و رها شدن (Relax) شدن تطابق در اثر ریختن قطره سیکلوپنتولات باشد، جمع جبری آن به سمت نزدیک‌بینی است که باعث شیفت نزدیک‌بینی می‌شود.

هنگام تطابق، آستیگماتیسم می‌تواند افزایش یا کاهش یافته و یا بدون تغییر باقی بماند<sup>۳۱</sup>. Dobrowsky این فرضیه را مطرح کرد که چشم هنگام تطابق با انقباض قطعه‌ای (سکتورال) در عضلات اجسام مژگانی، مقداری توانایی کاهش آستیگماتیسم را دارد<sup>۳۲</sup> و Brzezinski آن را تطابق استیگماتیک (Astigmatic Accommodation)<sup>۳۳</sup> نامید. اما فرضیه دیگر انقباض ناهمگن فیزیولوژی در عضلات اجسام مژگانی است که سبب ایجاد آستیگماتیسم به دنبال تطابق می‌شود و Brzezinski آن را آستیگماتیسم تطابقی (Accommodative Astigmatism)<sup>۳۳</sup> نامید. به طور معمول انقباض ناهمگن و یا به مقدار زیاد یا کم در عضلات اجسام مژگانی، پاتولوژیک در نظر گرفته می‌شود. تغییرات آستیگماتیسم به دنبال سیکلوپلژی در مطالعه ما به سه روش ارزیابی شد. تغییرات قدرت سیلندر در هر سه روش اندک بوده و از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است که این یافته هم‌راستا با برخی از مطالعات قبلی می‌باشد<sup>۱۹،۳۴</sup>. در مورد تغییرات سیلندر، در ۲۶/۸ درصد چشم‌ها چرخش محور بیش از ۵ درجه اتفاق می‌افتد که ممکن است به سمت صفر درجه (در جهت عقربه‌های ساعت) باشد. یا به سمت ۱۸۰ درجه (در خلاف جهت عقربه‌های ساعت) باشد. این چرخش محور ممکن است به علت مهار و شل شدن (Relax) ناهمگن عضلات اجسام مژگانی و یا ناهمگن بودن الاستیسیته در کریستالین لنز باشد همانطور که انقباض ناهمگن عضلات اجسام مژگانی و الاستیسیته ناهمگن در کریستالین لنز قبلاً مطرح شده بود<sup>۳۳</sup>. در مطالعه ما چرخش محور آستیگماتیسم قرنیه‌ای هم وجود داشت که منطبق بر چرخش محور آستیگماتیسم کلی نبود و می‌توان نتیجه گرفت که تغییر محور در آستیگماتیسم لنتیکولار و آستیگماتیسم قرنیه‌ای مستقل از هم صورت می‌گیرد. ممکن است چرخش در محور آستیگماتیسم ناشی از High Order Aberration باشد که به علت گشادی مردمک که همیشه سیکلوپلژی را همراهی می‌کند، ایجاد می‌شود<sup>۳۵</sup>. در مطالعه

Millodot نیز به دنبال تطابق در نیمی از بیماران، چرخش بیش از ۵ درجه در محور آستیگماتیسم گزارش شد که این چرخش جهت خاصی نداشت<sup>۳۶</sup>. در مطالعه ما چرخش در حدود نیمی از بیماران در جهت عقربه‌های ساعت و در حدود نیمی دیگر در خلاف جهت عقربه‌های ساعت بود. در مطالعه Bannan<sup>۳۷</sup> نیز در موارد آستیگماتیسم بالای ۱ دیوپتر در ۳۴ درصد موارد، چرخش محور آستیگماتیسم به میزان ۵ درجه حین تطابق گزارش شده است. در انجام برخی جراحی‌ها مانند Wave Front Customized Ablation تغییر محور آستیگماتیسم حائز اهمیت است و چرخش آن حین سیکلوپلژی باید مد نظر قرار گیرد.

در مطالعه ما تغییرات آستیگماتیسم قرنیه‌ای بعد از سیکلوپلژی معنی‌دار نبود. میان مطالعاتی که اثر سیکلوپلژی را بر انحنای قرنیه بررسی کرده‌اند، در مطالعه Cheng<sup>۱۹</sup> متوسط تغییرات آستیگماتیسم در سطح قرنیه به دنبال سیکلوپلژی با تروپیکامید ۰/۰۱۳ دیوپتر گزارش شد که معنی‌دار نبود. در مطالعه Palamar<sup>۳۴</sup> متوسط تغییرات آستیگماتیسم در سطح قرنیه به دنبال سیکلوپلژی با سیکلوپنتولات در کودکان ۰/۸ دیوپتر گزارش شد که از نظر آماری معنی‌دار نبود اما در هیچ یک از این مطالعات، تغییرات محور و آستیگماتیسم کلی بررسی نشده است. در برخی مطالعات قبلی که به بررسی اثر تطابق پرداخته‌اند مشخص شده که تغییرات آستیگماتیسم تطابقی ناشی از کریستالین لنز می‌باشد و حین تطابق تغییرات آستیگماتیسم قرنیه‌ای قابل توجه نیست<sup>۹،۳۶</sup>.

در مطالعه ما در حدود ۴۰ درصد از چشم‌ها فقط آستیگماتیسم قرینه‌ای، در حدود ۳۰ درصد آستیگماتیسم لنتیکولار جهت جبران آستیگماتیسم قرنیه‌ای و کم کردن از آستیگماتیسم کلی و در حدود ۳۰ درصد آستیگماتیسم لنتیکولار جهت افزایش آستیگماتیسم کلی وجود داشت. این نسبت‌ها بعد از سیکلوپلژی نیز تقریباً ثابت بود. اگرچه آستیگماتیسم لنتیکولار در ۶۰ درصد از چشم‌ها جزئی از آستیگماتیسم کلی را تشکیل می‌دهد (۳۰ درصد کاهش‌دهنده و ۳۰ درصد افزایش‌دهنده) اما مهار تطابق تأثیری روی آن ندارد (پس خود تطابق هم در آن دخیل نیست). این یافته مطابق با مطالعات دیگر می‌باشد و برخی مطرح کرده‌اند که تغییرات آستیگماتیسم که در برخی بیماران حین تطابق روی می‌دهد، یک پدیده تصادفی است (Accidental Astigmatism of Accommodation) و نه یک پدیده سازمان یافته و هدف‌دار<sup>۳۶</sup> و در مطالعه ما تحلیل برداری تغییرات آستیگماتیسم کلی به روش Thibos معنی‌دار نبود. در مطالعه Read با استفاده از همین روش برای بررسی تغییرات بهترین اسفر و سیلندر (Best Fit)

Spherocylinder) به دنبال تطابق استفاده شد که تغییرات معنی دار نبود.<sup>۱۰</sup>

در مطالعاتی که اثر تطابق را بر انحنای قرنیه بررسی کرده‌اند، افزایش و کاهش انحنای قرنیه<sup>۷</sup> و نیز عدم تغییر انحنای قرنیه<sup>۳</sup> گزارش شده است. هم‌چنین در مطالعاتی که به بررسی اثر سیکلوپلژی بر انحنای قرنیه پرداخته‌اند، کاهش<sup>۱۶،۱۷،۱۹</sup> و افزایش<sup>۱۶</sup> انحنای قرنیه و بدون تغییر ماندن<sup>۲۹،۳۴</sup> آن گزارش شده است. در مطالعه ما سیکلوپلژی اثر معنی داری در انحنای قرنیه نداشت.

در سال ۱۸۰۱، Young مطرح کرد که قرنیه تأثیری روی آمپلیتود تطابق ندارد<sup>۳۸</sup> و هم‌چنین Schachar گزارش نمود که قرنیه حین تطابق تغییر شکل نمی‌دهد<sup>۳۹</sup> و برخی مطالعات بعدی نیز آن را تایید کرد.<sup>۵</sup>

تغییراتی که در ارزیابی‌های قرنیه قبل و بعد از تطابق مشاهده می‌شود به علت تقارب و سیکلوتورشنی است که در تطابق ایجاد می‌شود و اگر اثر تقارب و سیکلوتورشن حذف شود، تغییرات مشاهده شده قابل توجه نیست<sup>۶،۱۰</sup>. در مطالعه ما با بررسی تغییرات قرنیه به دنبال سیکلوپلژی تغییرات تقارب و سیکلوتورشن که ممکن است حین تطابق ایجاد شود حذف شد، هم‌چنین ما از دستگاه گالیله استفاده کردیم که با استفاده از دو دوربین شیمفلاگ به صورت اتوماتیک خطاهای ناشی از Decentration را حذف می‌کند.

براساس جستجوی نویسندگان مقاله، تنها در ۶ مطالعه، اثرات سیکلوپلژی بر انحنای قرنیه گزارش شده است<sup>۱۶،۱۹،۲۱،۳۴</sup>. در چهار مورد از آن‌ها از تروپیکامید برای ایجاد سیکلوپلژی استفاده شده<sup>۱۷-۱۹،۲۱</sup> که در دو مورد از آن‌ها افزایش انحنای قرنیه<sup>۱۷،۱۹</sup> و در یک مورد عدم تغییر انحنای قرنیه<sup>۱۸</sup> به دنبال سیکلوپلژی با تروپیکامید گزارش شده است. در یک مورد نیز به دنبال استفاده از تروپیکامید و فنیل‌افین شکل قرنیه که با استفاده از Best fit (BFS) بررسی شده، شیب‌دارتر شده است<sup>۲۱</sup>. لازم به ذکر است تروپیکامید سیکلوپلژی کامل ایجاد نمی‌کند<sup>۲۳</sup>.

در یک مطالعه از پماد آتروپین در کودکان استفاده شد و تغییرات انحنای قرنیه در کودکان نزدیک‌بین به صورت کاهش انحنای قرنیه و در کودکان دوربین به صورت افزایش انحنای قرنیه گزارش شد<sup>۱۶</sup>. در مطالعه دیگری از سیکلوپنتولات<sup>۳۴</sup> استفاده شد که همانند مطالعه ما تغییرات انحنای قرنیه قابل توجه نبوده است.

در مطالعه ما متوسط تغییرات قدرت کلی قرنیه و انحنای قرنیه در سطح قدامی بعد از سیکلوپلژی معنادار نبود. در برخی از مطالعات قبلی نیز کراتومتری بعد از استفاده از قطره

سیکلوپنتولات<sup>۳۴</sup> و تروپیکامید<sup>۱۸</sup> بدون تغییر گزارش شد. قدر مطلق P تغییرات برای همه متغیرها معنی دار است، هر چند قدر مطلق تغییرات نیز اندک است (جدول ۵). در مطالعات قبلی که تکرارپذیری متغیرهای اندازه‌گیری شده توسط گالیله مورد بررسی قرار گرفته است، انحراف استاندارد ارزیابی شده برای هر فرد (Sw: Within subject standard deviation) در مورد Kf، Ks، و TCP به ترتیب ۰/۰۳، ۰/۰۴، و ۰/۰۵ دیوپتر گزارش شده است<sup>۲۸</sup> که از مقادیر قدر مطلق تغییرات این متغیرها در مطالعه ما (که به ترتیب ۰/۱۵، ۰/۰۲، ۰/۱۶ بوده‌اند) کم‌تر است. در نتیجه قدر مطلق تغییرات حاصل شده در مطالعه ما، بیش‌تر از محدوده تکرارپذیری دستگاه گالیله می‌باشد و می‌توان دریافت که بعد از سیکلوپلژی، انحنای قرنیه تغییر می‌کند اما این تغییر اندک است و در افراد مختلف، در جهات متفاوت می‌باشد. میانگین قدرت کلی قرنیه (TCPm: Mean of Total Corneal Power) می‌تواند بین ۰/۵۰- تا ۰/۵۱+ (95 درصد agreement limit) متغیر باشد. دستگاه گالیله، TCPm را با روش Ray Tracing و استفاده از قانون Snell به دست می‌آورد و در محاسبه آن قدرت و رفرکتیو اندکس واقعی هم در سطح قدامی و هم در سطح خلفی قرنیه لحاظ می‌شود<sup>۲۴</sup>. TCPm برای محاسبه قدرت لنز داخل چشمی به دنبال جراحی عیوب انکساری به جای کراتومتری معمولی که فقط سطح قدامی قرنیه را ارزیابی می‌کند، به کار می‌رود. بنابراین پس از ایجاد سیکلوپلژی با سیکلوپنتولات، اگرچه تغییرات TCPm به سمت کاهش یا افزایش انحنای قرنیه نیست اما محدوده تغییرات آن وسیع بوده و بهتر است از TCPm به دنبال سیکلوپلژی برای محاسبه قدرت لنز داخل چشمی استفاده نشود.

در مطالعه Ni و همکاران<sup>۴</sup> که اثر تطابق بر تغییرات انحنای قرنیه در افراد جوان و افراد پیرچشم بررسی شد، تغییرات انحنای قرنیه اگرچه از لحاظ آماری معنی دار نبود اما بین افراد مختلف، متفاوت بود و در مجموع سبب کاهش High Order Aberration و Spherical Aberration شد.

در مطالعه ما قدرت منفی در انحنای سطح خلفی قرنیه به مقدار بسیار کم افزایش یافت (P=۰/۰۰۱؛ -۰/۰۲؛ تفاوت)، این تغییر از نظر بالینی قابل توجه نبود ولی از لحاظ آماری معنی دار بود، به عبارت دیگر اگرچه مقدار تغییر کم بود ولی در اکثر افراد در جهت کم کردن قدرت انکساری چشم و شیفیت دوربینی بود. احتمالاً چون سطح خلفی قرنیه نزدیکی بیش‌تری با جسم مژگانی دارد، اگرچه به مقدار اندک، در تطابق شرکت می‌کند. از طرفی مقدار تغییر انحنای سطح خلفی کم‌تر از مقدار ۰/۰۴ D است که

کاهش ضخامت قرنیه به میزان قابل توجه ۱۸ تا ۱۹ میکرون شده است که با نتیجه مطالعه ما و سایر مطالعاتی که روی بزرگسالان انجام شده متفاوت است و علت آن کاهش لایه اشک مطرح شده است. با توجه به این که نتایج مطالعه Palamar و همکاران در کودکان ۶ تا ۱۶ سال در مورد ضخامت قرنیه، با سایر مطالعات در افراد با سن بالاتر هم‌راستا نبوده و در مطالعه ما نیز در افراد کم‌تر از ۲۰ سال تغییرات ضخامت قرنیه بعد از سیکلوپلژی بر خلاف تحلیل کلی، معنی‌دار نبود می‌توان این فرضیه را مطرح کرد که به علت تفاوت Hysteresis و یا تعداد سلول اندوتلیال بیش‌تر در افراد با سن کم‌تر، تغییرات ضخامت قرنیه بعد از سیکلوپلژی با بزرگسالان متفاوت است. ولی چون در مطالعه Saitoh و همکاران<sup>۲۱</sup> ضخامت قرنیه به دنبال استفاده از قطره گشادکننده و تنگ‌کننده افزایش یافته است فرضیه مطرح شده زیر سوال می‌رود.

در بیش‌تر مطالعات قبلی، بعد از ایجاد سیکلوپلژی افزایش عمق اتاق قدامی گزارش شده که قابل انتظار است و این در محاسبه قدرت لنز داخل چشمی در فرمول‌هایی مثل SRK/T اثری ندارد اما در فرمول‌های جدیدتر مانند Haigis و Holladay 2 که از ACD برای پیش‌بینی موقعیت موثر لنز (Effective Lens Position) استفاده می‌کنند، سبب تغییر زیاد محاسبه قدرت لنز داخل چشمی می‌شود.<sup>۱۸</sup> در مطالعه Palamar و همکاران، محاسبه قدرت لنز داخل چشمی بعد از به کارگیری قطره سیکلوپنتولات در کودکان با ۰/۲ دیوپتر خطا همراه بوده است.<sup>۳۴</sup> در مطالعه ما با توجه به نتایج مشابه مطالعات قبلی، عمق اتاق قدامی بررسی نشد. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به تعداد کم بیماران دوربین و عدم بررسی عمق اتاق قدامی اشاره نمود. با توجه به تفاوت Hysteresis قرنیه در بیماران نزدیک‌بین و دوربین و تغییرات آن با افزایش سن<sup>۲۲</sup>، مطالعات وسیع‌تری مورد نیاز است تا اثرات داروهای سیکلوپلژی در رده‌های مختلف سنی و همچنین در بیماران دوربین و نزدیک‌بین بالا به تفکیک بررسی شود.

### نتیجه‌گیری

قرنیه مهم‌ترین عضو انکساری چشم است اما تغییرات قدرت، ضخامت و انحنا آن بعد از انجام سیکلوپلژی به اندازه عدسی نیست. در این مطالعه اگرچه تغییرات انحنا و شکل قرنیه کم و اغلب از نظر آماری معنی‌دار نبودند، اما قدرمطلق این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار بودند بدان معنی که متغیرهای مربوط به قرنیه بعد از سیکلوپلژی تغییر می‌کنند اما این تغییرات اندک و در افراد مختلف متفاوت بوده و در یک جهت نیست. هم‌چنین در

برای تکرارپذیری سطح خلفی گزارش شده است<sup>۲۸</sup> و می‌تواند ناشی از تکرارپذیری دستگاه باشد. در مطالعه Saitoh و همکاران<sup>۲۱</sup> انحناى سطح خلفی قرنیه (Posterior Tangential Power) در ۲۸ بیمار بعد از استفاده از قطره تروپیکامید بدون تغییر گزارش شده است.

در بعضی مطالعات تغییرات شکل قرنیه به دنبال تطابق گزارش شد.<sup>۴</sup> در مطالعه Siatoh و همکاران<sup>۲۱</sup> به دنبال سیکلوپلژی با تروپیکامید شعاع انحناى BFS قدامی و خلفی افزایش یافت و با وجود عدم تغییر قدرت قرنیه در سطح قدامی، شکل قرنیه صاف‌تر گزارش شد اما در مطالعه ما متغیرهای شکل قرنیه بر مبنای BFS در سطح قدامی و خلفی بعد از ایجاد سیکلوپلژی تغییرات معنی‌داری پیدا نکردند.

در مطالعه ما ضخامت قرنیه بعد از ایجاد سیکلوپلژی در ناحیه مرکزی و پاراسترال افزایش داشت که هم‌سو با نتایج برخی از مطالعات قبلی بود<sup>۱۷،۴۰</sup>. قرنیه در قسمت محیطی ضخامت بیش‌تری دارد و تغییرات آن اگرچه نسبت به قسمت مرکزی بیش‌تر بود (۶ میکرون در مقابل ۳/۲ میکرون) اما به نسبت کل، تغییرات اندکی در ضخامت ایجاد شد که تمایل به سمت معنی‌دار شدن وجود داشت (P=۰/۰۹). برای افزایش ضخامت سه فرضیه مطرح شد: فرضیه اول، تاثیر ماده نگه‌دارنده Benzalkonium chlorid بر اپی‌تلیوم و اندوتلیوم قرنیه و در نتیجه افزایش ضخامت قرنیه ناشی از آسیب به آن‌ها و ادم استرومای قرنیه می‌باشد<sup>۴۱</sup>. فرضیه دوم که توسط Chang و همکاران مطرح شد، افزایش ضخامت قرنیه تحریک واکنش اشک است که سبب می‌شود ضخامت قرنیه بیش‌تر ارزیابی شود. با توجه به افزایش ضخامت قرنیه در ناحیه مرکزی و پاراسترال و عدم تغییر ضخامت در محیط در این مطالعه، فرضیه تحریک واکنش اشک نمی‌تواند صحیح باشد زیرا در آن صورت انتظار می‌رود افزایش ضخامت قرنیه یکنواخت و یا حتی در محیط بیش‌تر باشد. چون اندازه‌گیری‌ها با فاصله ۳۰ دقیقه از ریختن قطره انجام شده است، بعید به نظر می‌رسد اثر اشک واکنشی کماکان پابرجا باشد. هم‌چنین سیکلوپنتولات و تروپیکامید هر دو مثل آتروپین، اتاگونیست گیرنده موسکارین هستند و ممکن است سبب کاهش ترشح اشک شوند<sup>۱۷</sup> فرضیه سوم، تاثیر انقباض و یا مهار عضلات مزجانی بر قرنیه است اما چون در مطالعه Read و همکاران، حتی بعد از ۵ دیوپتر تطابق تغییر ضخامت قرنیه مشاهده نشده است<sup>۱</sup>، این فرضیه نیز کم‌تر منطقی به نظر می‌رسد. در مطالعه Palamar و همکاران<sup>۳۴</sup>، در کودکان ۶ تا ۱۶ ساله قطره سیکلوپنتولات سبب

رفرکتیو اندازه‌گیری نشوند.

#### سپاس‌گزاری

نویسندگان از مهندس علی‌محمد عمویی به خاطر محاسبات ریاضی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

بیماران نزدیک‌بین و یا دوربین، شیفت دوربینی و افزایش ضخامت قرنیه بعد از سیکلوپلژی ایجاد می‌شود. از آنجا که امروزه نتایج دقیق‌تر و ایده‌آل‌تر از جراحی‌های انکساری و کاتاراکت مورد انتظار است، تغییرات اندک متغیرهای قرنیه را نیز باید مدنظر قرار داد. توصیه می‌شود پارامترهای فوق در شرایط سیکلوپلژی برای ارزیابی‌های بالینی، محاسبه قدرت لنز داخل چشمی و جراحی

#### منابع

- Dubbelman M, Van der Heijde GL, Weeber HA. Change in shape of the aging human crystalline lens with accommodation. *Vision Res* 2005;45:117-132.
- Bolz M, Prinz A, Drexler W, Findl O. Linear relationship of refractive and biometric lenticular changes during accommodation in emmetropic and myopic eyes. *Br J Ophthalmol* 2007;91:360-365.
- Sisó-Fuertes I, Domínguez-Vicent A, del Águila-Carrasco A, Ferrer-Blasco T, Montés-Micó R. Corneal changes with accommodation using dual Scheimpflug photography. *J Cataract Refract Surg* 2015;41:981-989.
- Ni Y1, Liu X, Lin Y, Guo X, Wang X, Liu Y. Evaluation of corneal changes with accommodation in young and presbyopic populations using Pentacam High Resolution Scheimpflug system. *Clin Exp Ophthalmol* 2013;41:244-250.
- Bayramlar H, Sadigov F, Yildirim A. Effect of accommodation on corneal topography. *Cornea* 2013;32:1251-1254.
- Buehren T, Collins MJ, Loughridge J, Carney LG, Iskander DR. Corneal topography and accommodation. *Cornea* 2003;22:311-316.
- Pier cionek BK, Popiołek-Masajada A, Kasprzak H. Corneal shape change during accommodation. *Eye (Lond)* 2001;15(Pt 6):766-769.
- Yasuda A, Yamaguchi T, Ohkoshi K. Changes in corneal curvature in accommodation. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29:1297-301.
- He JCl, Gwiazda J, Thorn F, Held R, Huang W. Change in corneal shape and corneal wave-front aberrations with accommodation. *J Vis* 2003;3:456-463.
- Read SA, Buehren T, Collins MJ. Influence of accommodation on the anterior and posterior cornea. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1877-1885.
- Grosvenor T, Goss DA. Role of the cornea in emmetropia and myopia. *Optom Vis Sci* 1998;75:132-145.
- Baldwin WR, Mills D. A longitudinal study of corneal astigmatism and total astigmatism. *Am J Optom Physiol Opt* 1981;58:206-211.
- Nakazawa M, Ohtsuki K. Apparent accommodation in pseudophakic eyes after implantation of posterior chamber intraocular lenses. *Am J Ophthalmol* 1983;96:435-438.
- Sergienko NM1, Kondratenko YN, Tutchenko NN. Depth of focus in pseudophakic eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008;246:1623-1627.
- Ott M. Visual accommodation in vertebrates: mechanisms, physiological response and stimuli. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol* 2006;192:97-111.
- Gao L, Zhuo X, Kwok AK, Yu N, Ma L, Wang J. The change in ocular refractive components after cycloplegia in children. *Jpn J Ophthalmol*. 2002;46:293-298.
- Chang SW, Lo AY, Su PF. Anterior Segment Biometry Changes with Cycloplegia in Myopic Adults. *Optom Vis Sci* 2016;93:12-18.
- Rodriguez-Raton A, Jimenez-Alvarez M, Arteché-Limousin L, Mediavilla-Peña E, Larrucea-Martinez I. Effect of pupil dilation on biometry measurements with partial coherence interferometry and its effect on IOL power formula calculation. *Eur J Ophthalmol* 2015;25:309-314.
- Cheng HC, Hsieh YT. Short-term refractive change and ocular parameter changes after cycloplegia. *Optom Vis Sci* 2014;91:1113-1117.
- Crawford AZ, Patel DV, McGhee CN. Comparison and repeatability of keratometric and corneal power measurements obtained by Orbscan II, Pentacam, and Galilei corneal tomography systems. *Am J Ophthalmol* 2013;156:53-60.
- Saitoh K, Yoshida K, Hamatsu Y, Tazawa Y. Changes in the shape of the anterior and posterior corneal surfaces caused by mydriasis and miosis: detailed analysis. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:1024-1030.
- Farhood QK. Cycloplegic Refraction in Children with Cyclopentolate versus Atropine. *J Clin Exp Ophthalmol* 2012;3:239.
- Bagheri A, Givrad S, Yazdani S, Reza Mohebbi M. Optimal dosage of cyclopentolate 1% for complete cycloplegia: a randomized clinical trial. *Eur J Ophthalmol* 2007;17:294-300.
- Wang L, Mahmoud AM, Anderson BL, Koch DD, Roberts CJ. Total corneal power estimation: ray tracing method versus gaussian optics formula. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:1716-1722.
- Holladay JT, Cravy TV, Koch DD. Calculating the surgically induced refractive change following ocular surgery. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:429-443.
- Thibos LN, Wheeler W, Horner D. Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error. *Optom Vis Sci* 1997;74:367-75.
- Naylor EJ. Astigmatic difference in refractive errors. *Br J Ophthalmol* 1968;52:422-425.
- Aramberri J, Araiz L, Garcia A, Illarramendi I, Olmos J, Oyanarte I, Romay A, Vigarra I. Dual versus single

- Scheimpflug camera for anterior segment analysis: Precision and agreement. *J Cataract Refract Surg* 2012;38:1934-1949.
29. Hiraoka T, Miyata K, Nakamura Y, Miyai T, Ogata M, Okamoto F, Oshika T. Influences of cycloplegia with topical atropine on ocular higher-order aberrations. *Ophthalmology* 2013;120:8-13.
  30. Fan DS, Rao SK, Ng JS, Yu CB, Lam DS. Comparative study on the safety and efficacy of different cycloplegic agents in children with darkly pigmented irides. *Clin Exp Ophthalmol* 2004;32:462-467.
  31. Ukai K, Ichihashi Y. Changes in ocular astigmatism over the whole range of accommodation. *Optom Vis Sci* 1991;68:813-818.
  32. Dobrowolsky KA. Veber verschiedene Weanderungen des Astigmatismus Unter dem Einfluss Accommodation. *WAech F Ophth* 1868;14:51-105.
  33. Brzezinski MA. Review: Astigmatic Accommodation (Sectional Accommodation)- a form of Dynamic Astigmatism. 1982;65:5-11.
  34. Palamar M, Egrilmez S, Uretmen O, Yagci A, Kose S. Influences of cyclopentolate hydrochloride on anterior segment parameters with Pentacam in children. *Acta Ophthalmol* 2011;89:e461-465.
  35. Carkeet A, Velaedan S, Tan YK, Lee DY, Tan DT. Higher order ocular aberrations after cycloplegic and non-cycloplegic pupil dilation. *J Refract Surg* 2003;19:316-322.
  36. Millodot M, Thibault C. Variation of astigmatism with accommodation and its relationship with dark focus. *Ophthalmic Physiol Opt* 1985;5:297-301.
  37. Bannon RE. A study of astigmatism at the near point with special reference to astigmatic accommodation. *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 1946;23:53-75.
  38. Young T. On the mechanics of eye. *Phil Trans R Soc Lond* 1801;91:23.
  39. Schachar RA. The mechanism of accommodation and presbyopia. *Int Ophthalmol Clin* 2006;46:39-61.
  40. Gao L, Fan H, Cheng AC, Wang Z, Lam DS. The effects of eye drops on corneal thickness in adult myopia. *Cornea* 2006;25:404-407.
  41. Chen W, Li Z, Hu J, Zhang Z, Chen L, Chen Y, Liu Z. Corneal alternations induced by topical application of benzalkonium chloride in rabbit. *PLoS One* 2011;6:e26103.
  42. Bueno-Gimeno I, España-Gregori E, Gene-Sampedro A, Lanzagorta-Aresti A, Piñero-Llorens DP. Relationship among corneal biomechanics, refractive error, and axial length. *Optom Vis Sci* 2014;91:507-513.

Archive of SID