

Effects of Dry Eye on Higher-Order Aberrations (HOAs) in a Young Population: Association of HOAs with Tear Film Parameters

Nabovati P¹, Alaei F², Shokrollahzadeh F¹, Rafati SH³, Yekta A⁴, Khabazkhoob M⁵

- 1- Assistant Professor of Optometry, Department of Optometry, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 2-Msc of Optometry, Department of Optometry, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 3- Noor Ophthalmology Research Center, Noor Eye Hospital, Tehran, Iran
- 4- Professor of Optometry, Department of Optometry, School of Rehabilitation and Paramedical Sciences, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
- 5- Associate Professor of Epidemiology, Department of Medical Surgical Nursing, School of Nursing and Midwifery, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Received: 2025.08.03 Accepted: 2025.08.19

Purpose: Dry eye is a prevalent ocular condition characterized by tear film instability and inflammation of the ocular surface, which may result in visual impairment. This study sought to examine the impact of dry eye on higher-order aberrations (HOAs) within a young population and to explore their relationship with tear film parameters.

Methods: In this cross-sectional study, 40 young individuals diagnosed with dry eye were compared to 40 healthy subjects matched for age and sex. The criteria for diagnosing dry eye included an Ocular Surface Disease Index (OSDI) score of 13 or higher, accompanied by at least one objective sign such as a tear film break-up time (TBUT) of 10 seconds or less, a Schirmer test score of 5 mm or lower, or corneal staining graded at 1 or above. Higher-order optical aberrations were assessed using a Pentacam device for a 6 mm pupil diameter. Independent samples t-test or Mann-Whitney U test, were employed to assess the differences in HOAs between the dry eye and control groups. Additionally, the relationships between HOAs and tear film parameters were evaluated using Spearman correlation test.

Results: The average vertical coma ($Z_{3,-1}$) and spherical ($Z_{4,0}$) aberrations, along with total HOAs, were significantly elevated in the dry eye group compared to the control group (all P values < 0.05). A significant positive correlation was found between vertical coma and OSDI (0.391, $p=0.001$), while a significant negative correlation was noted with TBUT (-0.306, $p=0.008$) and Schirmer score (-0.244, $p=0.037$). Additionally, a significant positive correlation was identified between spherical aberration and OSDI (0.461, $p<0.001$), alongside significant negative correlations with TBUT (-0.365, $p=0.002$) and Schirmer score (-0.280, $p=0.017$).

Conclusion: Dry eye in younger individuals is associated with an increase in higher-order aberrations, particularly vertical coma and spherical aberrations. These results suggest that evaluating HOAs may serve as a useful diagnostic tool in the management of dry eye among young populations.

Keywords: Higher-order aberrations, Dry eye, Young population, Coma aberration, Spherical aberration

Corresponding Author: Mehdi Khabazkhoob

Email: khabazkhoob@yahoo.com

ORCID: [0000-0003-0801-8793](https://orcid.org/0000-0003-0801-8793)



Copyright © 2025 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

► Please cite this article as: Nabovati P, Alaei F, Shokrollahzadeh F, Rafati SH, Yekta A, Khabazkhoob M. Effects of Dry Eye on Higher-Order Aberrations (HOAs) in a Young Population: Association of HOAs with Tear Film Parameters. JPSR 2025; 14(3): 7-19. DOI: 10.22038/JPSR.2025.90115.2728.

تأثیرات خشکی چشم بر ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا در جمعیت جوان: ارتباط ابیراهی ها با پارامترهای فیلم اشکی

پیام نبوتی^۱، فاطمه علائی^۲، فرشته شکراله زاده^۱، شکوفه رفعتی^۳، عباسعلی یکتا^۴، مهدی خبازخوب^۵

هدف: خشکی چشم یک اختلال شایع چشمی است که با ناپایداری لایه اشکی و التهاب سطح چشم همراه بوده و می تواند منجر به اختلالات بینایی شود. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر خشکی چشم بر ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا (HOAs) در جمعیت جوان و ارتباط آن ها با پارامترهای لایه اشکی انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه مقطعی، ۴۰ بیمار جوان مبتلا به خشکی چشم و ۴۰ فرد سالم همسان سازی شده از نظر سن و جنس مورد بررسی قرار گرفتند. معیار تشخیص خشکی چشم عبارت بود از امتیاز پرسشنامه اختلال سطح چشم (Ocular Surface Disease Index; OSDI) برابر یا بیشتر از ۱۳ به همراه حداقل یکی از علائم آبکتیو شامل زمان شکست لایه اشکی (Tear Break-up Time; TBUT) برابر ۱۰ ثانیه یا کمتر، امتیاز شیرمر ۵ میلی متر یا کمتر، یا رنگ پذیری قرنیه درجه ۱ یا بالاتر. از آزمون های تی مستقل یا من ویتنی برای مقایسه ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا بین دو گروه خشکی چشم و شاهد استفاده گردید. همبستگی بین ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا و پارامترهای فیلم اشکی توسط آزمون اسپیرمن مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها: میانگین ابیراهی های کمای عمودی ($Z_{3,-1}$) و کروی ($Z_{4,0}$) و همچنین مجموع HOAs در گروه خشکی چشم به طور معناداری بالاتر از گروه کنترل بود ($p < 0.05$) تمامی مقادیر (p). ابیراهی کوما، همبستگی مثبت معنی دار با OSDI ($p = 0.001$) و همبستگی منفی معنی دار با TBUT ($p = 0.008$) و امتیاز تست شیرمر ($p = 0.037$) و OSDI ($p < 0.001$) و همبستگی منفی معنی دار بین ابیراهی اسفریکال با TBUT ($p = 0.002$) و امتیاز تست شیرمر ($p = 0.017$) مشاهده گردید.

نتیجه گیری: خشکی چشم در جوانان با افزایش ابیراهی های مرتبه بالا به ویژه ابیراهی های کمای عمودی و اسفریکال همراه است. این یافته ها نشان می دهند که ارزیابی HOAs می تواند به عنوان یک شاخص تشخیصی زودهنگام در مدیریت خشکی چشم در جوان مفید باشد.

کلمات کلیدی: ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا، خشکی چشم، جمعیت جوان، ابیراهی کوما، ابیراهی اسفریکال

نویسنده مسئول: مهدی خبازخوب، khabazkhoob@yahoo.com، ORCID: 0000-0003-0801-8793

آدرس: تهران، خیابان ولی عصر (عج)، بالاتر از میدان ونک، خیابان رشید یاسمی، دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۱- استادیار گروه بینایی سنجی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد بینایی سنجی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

۳- پژوهشگر، مرکز تحقیقات چشم پزشکی نور، بیمارستان چشم پزشکی نور، تهران، ایران

۴- استاد گروه بینایی سنجی، دانشکده علوم توانبخشی و پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۵- دانشیار گروه پرستاری داخلی جراحی، دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

مقدمه

نامنظمی های میکروسکوپی سطح قرنیه ایفا می کند. ناپایداری لایه اشکی می تواند منجر به افزایش پراکندگی نور و ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالاتر (Higher-Order Aberrations; HOAs) گردد که عملکرد بینایی را کاهش می دهند (۲). ابیراهی های مرتبه بالا به ویژه ابیراهی های کما، ترفویل و اسفریکال از اهمیت ویژه ای برخوردارند

خشکی چشم یک اختلال شایع چشمی است که با ناپایداری لایه اشکی، هایپراوسمولاریته و التهاب سطح چشم همراه بوده و منجر به سیمپتوم هایی مانند ناراحتی چشم، اختلال بینایی و آسیب احتمالی به قرنیه می شود (۱). لایه اشکی نقش حیاتی در حفظ کیفیت اپتیکی با هموار کردن

جمعیت می‌تواند معیاری آبجکتیو برای اختلال عملکرد لایه اشکی قبل از بروز آسیب ساختاری فراهم کند. همچنین با توجه به وابستگی خشکی چشم به اقلیم و نژاد، یافته‌های گروه‌های نژادی مختلف ممکن است قابل انتساب به یکدیگر نباشد. از سوی دیگر، ارتباط بین ابیراهی‌ها و پارامترهای مختلف فیلم اشکی موضوعی است که در مطالعات پیشین کمتر به آن پرداخته شده است. درک رابطه بین ابیراهی‌های مرتبه بالا و پارامترهای لایه اشکی ممکن است توضیح دهد که چرا برخی بیماران مبتلا به خشکی چشم با وجود یافته‌های بالینی خفیف، اختلال بینایی قابل توجهی را گزارش می‌کنند.

این مطالعه با هدف مقایسه ابیراهی‌های مرتبه بالا بین بیماران جوان مبتلا به خشکی چشم و گروه شاهد سالم (فاقد خشکی چشم) و همچنین ارزیابی همبستگی این ابیراهی‌ها با پارامترهای لایه اشکی طراحی شده است. با انجام این پژوهش، ممکن است بینش‌های جدیدی ارائه شود که آیا ابیراهی‌های مرتبه بالا می‌توانند به عنوان نشانگر تشخیصی زودهنگام برای خشکی چشم در جوانان مورد استفاده قرار گیرند یا خیر. علاوه بر این، یافته‌ها می‌توانند راهبردهای درمانی مبتنی بر شواهد نظیر تثبیت هدفمند لایه اشکی برای بهبود کیفیت بینایی در بیماران مبتلا به خشکی چشم ارائه نمایند.

روش بررسی

این مطالعه مقطعی آینده‌نگر از شهریورماه ۱۴۰۲ تا مهرماه ۱۴۰۳ در کلینیک اپتومتری دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام شد. در این پژوهش با روش نمونه‌گیری در دسترس غیرتصادفی، ۸۰ شرکت‌کننده شامل ۴۰ فرد جوان مبتلا به خشکی چشم و ۴۰ فرد سالم همسان‌سازی شده از نظر سن و جنس که برای معاینات معمول اپتومتری مراجعه کرده بودند، انتخاب شدند.

با در نظر گرفتن خطای درجه اول (α) برابر ۰/۰۵، خطای درجه دوم (β) برابر ۰/۸۰ و اندازه اثر ۰/۶۵ بر اساس تفاوت ابیراهی‌های اپتیکی مرتبه بالای کلی (Total HOA) بین دو گروه خشکی چشم و نرمال با توجه به مطالعات قبلی (۱۱، ۸)، حجم نمونه برابر ۴۰ نفر در هر گروه برآورد گردید.

تشخیص خشکی چشم بر اساس معیار Dry Eye Workshop (DEW) report 2017 صورت گرفت که شامل نمره پرسشنامه اختلال سطح چشم (Ocular

زیرا با عینک‌های معمولی قابل اصلاح نبوده و در ایجاد سیمپتوم‌هایی مانند خیرگی، هاله بینی و کاهش حساسیت کنتراست نقش دارند (۳). در حالی که ابیراهی‌های مرتبه پایین (مانند نزدیک‌بینی و آستیگماتیسم) به خوبی شناخته شده‌اند، تأثیر خشکی چشم بر ابیراهی‌های مرتبه بالا به ویژه در جمعیت جوان، حوزه‌ای است که مستلزم تحقیقات بیشتر می‌باشد (۴).

شیوع خشکی چشم به طور چشمگیری متنوع بوده و بین ۵ تا ۵۰ درصد از افراد را در گروه‌های سنی مختلف در سراسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵). خشکی چشم در جمعیت جوان به دلیل استفاده طولانی مدت از دستگاه‌های دیجیتال، مواجهات محیطی و استفاده از لنزهای تماسی از اهمیت بالایی برخوردار است به گونه‌ای که مطالعات اخیر به افزایش شیوع خشکی چشم در جوانان به ۳۰-۲۰ درصد به دلایل مرتبط با سبک زندگی مدرن اشاره کرده‌اند (۶). از سوی دیگر، جوانان مبتلا به خشکی چشم ممکن است اختلالات بینایی را قبل از بروز علائم بالینی آشکار خشکی چشم تجربه کنند که این امر تشخیص زودهنگام را دشوار می‌سازد (۷). برخی مطالعات تأثیرات خشکی چشم بر ابیراهی‌های مرتبه بالا را بررسی کرده‌اند. بر اساس نتایج اکثر این مطالعات، ناپایداری لایه اشکی در بیماران مبتلا به خشکی چشم با افزایش ابیراهی‌های مرتبه بالا مرتبط است، به ویژه پس از فعالیت‌های بینایی طولانی مدت که میزان پلک زدن را کاهش داده و موجب شکست سریع‌تر لایه اشکی می‌شود (۸-۱۰). همچنین بیماران مبتلا به خشکی چشم مقادیر بالاتری از ابیراهی‌های مرتبه بالا به خصوص ابیراهی‌های کمای عمودی و اسفریکال را نشان می‌دهند که با زمان شکست لایه اشکی و شدت سیمپتوم‌های خشکی چشم همبستگی دارد (۱۱، ۹، ۸). با این وجود، بیشتر تحقیقات پیشین بر روی جمعیت‌های مسن، موارد خشکی چشم شدید یا خشکی چشم مرتبط با بیماری‌های سیستمیک و جراحی‌های چشمی متمرکز شده‌اند و شکاف دانش در درک تأثیر درجات متنوع خشکی چشم ایدیوپاتیک بر کیفیت اپتیکی در گروه سنی جوان مشهود است. این موضوع به ویژه حائز اهمیت است زیرا جوانان به طور فزاینده‌ای به دلیل عوامل مرتبط با سبک زندگی مدرن علائم خشکی چشم را گزارش می‌کنند، در حالی که ممکن است نشانگرهای بالینی معمول خشکی چشم را بروز ندهند (۷). لذا، ارزیابی ابیراهی‌های مرتبه بالا در این

(Herrsching, Germany) بازبینی و تأیید گردید. سپس رفرکشن سابجکتیو جهت تعیین بهترین اصلاح اپتیکی دور انجام شد و بهترین حدت بینایی اصلاح شده دور ثبت گردید.

در گام بعدی معاینات کامل سگمان قدامی و خلفی چشم به همراه تست های اشکی توسط اسلیت لمپ بیومیکروسکوپ (Haag-Streit AG, Gartenstadtstrasse, Switzerland) انجام گرفت. برای ارزیابی TBUT، یک نوار فلورسئین که قبلاً در اشک مصنوعی خیس شده بود، در فورنیکس تحتانی قرار داده شد. از شرکت کننده خواسته شد سه بار کاملاً پلک بزند و سپس از پلک زدن خودداری نماید. معاینه کننده از فیلتر کبالت آبی اسلیت لامپ با بزرگنمایی متوسط ۱۶X برای ارزیابی فیلم اشک استفاده کرد. مدت زمان از آخرین پلک زدن تا ظهور اولین نقطه سیاه در فیلم اشکی که نشان دهنده شکست فیلم اشکی بود، بر حسب ثانیه ثبت گردید. زمان TBUT سه بار اندازه گیری گردید و میانگین آن در نظر گرفته شد. رنگ پذیری قرنیه با استفاده از مقیاس درجه بندی آکسفورد ارزیابی شد. معاینه کننده با مقایسه الگوی رنگ آمیزی قرنیه بیمار با یک تصویر مرجع که الگوی رنگ آمیزی مرتبط با بیماری خشکی چشم (DES) را از شدت ۰ (عدم وجود) تا ۵ (شدید) نشان می دهد، رنگ پذیری را تحلیل و درجه بندی نمود (۱۴). پس از انجام معاینه اسلیت لمپ بیومیکروسکوپی، به شرکت کنندگان یک وقفه دو دقیقه ای برای استراحت قبل از انجام تست شیرمر داده شد. در این روش، یک نوار استریل شیرمر در محل اتصال یک سوم خارجی و دوسوم داخلی پلک پایین قرار داده شد و نوار به مدت پنج دقیقه در این وضعیت باقی ماند. در طول این مدت، از بیمار خواسته شد تا به طور طبیعی پلک بزند. سپس معاینه کننده طول بخش مرطوب شده نوار شیرمر را بر حسب میلی متر اندازه گیری و ثبت نمود (۱۵).

ارزیابی ابرومتريک قرنیه با استفاده از دستگاه (Oculus, Wetzlar, Germany) Pentacam HR انجام شد. این دستگاه بر اساس اصل شیمفلاگ عمل می کند و شامل یک دوربین چرخان است که در مدت ۲ ثانیه ۵۰ تصویر مقطعی ثبت کرده و در نهایت منجر به ثبت ۱۳۸،۰۰۰ نقطه ارتفاعی (Elevation Point) مجزا می

(Surface Disease Index; OSDI) برابر یا بیشتر از ۱۳ به همراه حداقل یکی از علائم آبجکتیو زیر بود: زمان شکست لایه اشکی (Tear Break-up Time; TBUT) ۱۰ ثانیه یا کمتر، امتیاز آزمون شیرمر (بدون بی حسی) ۵ میلی متر یا کمتر، یا رنگ پذیری فلورسئین قرنیه درجه ۱ یا بالاتر بر اساس مقیاس درجه بندی آکسفورد (۱۲).

معیار ورود به مطالعه شامل سن بین ۱۸ تا ۳۵ سال و حدت بینایی اصلاح شده ۲۰/۲۵ یا بهتر در هر دو چشم بود. معیارهای خروج شامل بیماری های بخش قدامی یا خلفی چشم (به جز شرایط رایج مرتبط با خشکی چشم مانند اختلال عملکرد غدد میومین یا بلفاریت)، سابقه جراحی یا ضربه چشمی و عیوب انکساری قابل توجه شامل آنیزومتروپی بیشتر از ۱/۵ دیوپتر در معادل کروی یا آستیگماتیسم، و معادل کروی بدتر از ۶- دیوپتر یا ۴+ بود. سایر معیارهای خروج شامل بیماری های سیستمیک مؤثر بر سلامت چشم (مانند سندرم شوگرن، آرتریت روماتوئید، دیابت)، مصرف داروهای تأثیرگذار بر فیلم اشکی یا قرنیه (مانند آنتی هیستامین ها، داروهای ضداسفردگی، ایزوترتینوئین) و استفاده از لنز تماسی در ۴۸ ساعت قبل از آزمایش بود.

پروتکل معاینات

تمامی معاینات اپتومتری برای هر دو گروه مطالعه در یک اتاق معاینه استاندارد از نظر شرایط نوری (مزوپیک)، رطوبت و دمایی (۲۵ درجه سانتی گراد) انجام گرفت. در ابتدا اطلاعات دموگرافیک و شرح حال شرکت کنندگان از طریق مصاحبه ساختار یافته جمع آوری گردید. سپس شرکت کنندگان نسخه فارسی پرسشنامه OSDI را پس از ارائه توضیحات کامل و اختصاص زمان کافی تکمیل کردند. لازم به ذکر است نسخه فارسی این پرسشنامه قبلاً توسط پاکدل و همکاران اعتبار سنجی شده و روایی و پایایی آن مورد تأیید قرار گرفته است (۱۳). حدت بینایی اصلاح نشده دور توسط چارت دیجیتال (HCP-7000; Huvitz, Gyeonggi-do, Korea) در فاصله ۶ متری اندازه گیری و ثبت گردید. رفرکشن آبجکتیو تحت شرایط غیر سیکلوپلژیک توسط اتورفرکتومتر (Huvitz HRK- Anyang, Korea) 8000A اندازه گیری شد و نتایج آن توسط رتینوسکوپ (Heine Beta 200,)

قرار گرفت. با توجه به همبستگی بالای دو چشم در ابیراهی های مرتبه بالا و پارامترهای اشک ($r > 0.80$)، فقط اطلاعات چشم راست مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقدار p کمتر از 0.05 از نظر آماری معنی دار تلقی گردید.

یافته ها

۴۰ بیمار مبتلا به خشکی چشم و ۴۰ فرد سالم همسان سازی شده از نظر سن و جنس در مطالعه حاضر شرکت کردند. جدول ۱ وضعیت توزیع متغیرهای این مطالعه را نشان می دهد. میانگین سنی شرکت کنندگان در گروه خشکی چشم و شاهد به ترتیب برابر با $22/70 \pm 2/40$ و $21/21 \pm 2/22$ سال بود. مردان به ترتیب 30% (۱۲ نفر) و 32% (۱۳ نفر) از شرکت کنندگان در گروه خشکی چشم و شاهد را تشکیل می دادند. تفاوت های آماری معنی داری در توزیع سن ($p = 0/720$ -آزمون تی مستقل) و جنس ($p = 0/550$ -آزمون کای دو) بین دو گروه مشاهده نگردید. میانگین حدت بینایی اصلاح شده در گروه خشکی چشم برابر $0/00 \pm 0/00$ لوگمار و در گروه شاهد برابر $0/03 \pm 0/01$ لوگمار بود ($p = 0/314$ -آزمون تی مستقل). میانگین معادل کروی در دو گروه خشکی چشم و شاهد به ترتیب برابر با $1/94 \pm 1/61$ و $1/59 \pm 1/12$ دیوپتر ($p = 0/229$ -آزمون من ویتنی) و میانگین سیلندر در دو گروه به ترتیب برابر با $0/49 \pm 0/50$ و $0/38 \pm 0/47$ -دیوپتر بود ($p = 0/796$ -آزمون تی مستقل). میانگین امتیاز OSDI در گروه خشکی چشم برابر $13/12 \pm 34/88$ و در گروه شاهد برابر $10/38 \pm 6/34$ بود ($p < 0/001$ -آزمون تی مستقل). میانگین TBUT در گروه خشکی چشم برابر $2/30 \pm 5/20$ و در گروه شاهد برابر $14/97 \pm 12/97$ ثانیه بود ($p < 0/001$ -آزمون تی مستقل). میانگین امتیاز تست شیرمر در دو گروه خشکی چشم و شاهد به ترتیب برابر با $20/11 \pm 0/11$ و $24/05 \pm 9/20$ میلی متر بود ($p = 0/042$ -آزمون من ویتنی). لذا تمامی پارامترهای فیلم اشکی تفاوت های آماری معنی دار بین دو گروه داشتند در حالیکه سایر شاخص های کلینیکی شامل حدت بینایی اصلاح شده و اجزای انکساری بین دو گروه تفاوت معنی داری نشان ندادند.

گردد. این داده های ارتفاعی، یک اسکن سه بعدی از قرنیه و سطح قدامی چشم ارائه می دهند. نرم افزار داخلی دستگاه به طور خودکار این نقاط داده را با استفاده از چندجمله ای های زرنیکه به تحلیل جبهه موج قرنیه تبدیل می کند. مقادیر ریشه میانگین مربعات (Root Mean Square; RMS) برای ابیراهی های مرتبه سوم و چهارم به طور مجزا و همچنین مجموع ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالای قرنیه محاسبه شدند. ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا که در مطالعه حاضر مورد بررسی قرار گرفتند به همراه ضرایب زرنیکه مربوطه عبارت بودند از: ترفویل مایل ($Z_{3,-3}$)، کومای عمودی ($Z_{3,-1}$)، کومای افقی ($Z_{3,1}$)، ترفویل افقی ($Z_{3,3}$)، کوآترفویل مایل ($Z_{4,-4}$)، آستیگماتیسم ثانویه مایل ($Z_{4,-2}$)، ابیراهی اسفریکال ($Z_{4,0}$)، آستیگماتیسم ثانویه موافق /مخالف قاعده ($Z_{4,2}$) و کوآترفویل افقی ($Z_{4,4}$). تمام ضرایب زرنیکه و مقادیر RMS برای قطر مردمک 6 میلی متری مطابق با اکثر مطالعات پیشین محاسبه شدند (۱۶). تنها اسکن های با کیفیت بالا که در بخش مشخصه کیفیت اسکن (QS) عبارت «OK» را نشان می دادند، مورد بررسی قرار گرفتند. در صورتی که تصویر به دلایلی چون پلک زدن ناقص فاقد کیفیت مناسب بود، تصویربرداری مجدداً تا دست یابی به یک اسکن با کیفیت بالا تکرار می گردید. برای توزیع یکنواخت لایه اشکی، از بیماران خواسته شد پیش از شروع اندازه گیری، به طور کامل پلک بزنند. جهت کنترل اثر خستگی و تغییرات روزانه، تمامی ارزیابی های اشکی و تصویربرداری های پنتاکم حداقل سه ساعت بعد از برخاستن بیمار از خواب شبانه و حد فاصل ساعت ۹ صبح تا ۱۲ ظهر انجام شدند. همچنین تصویربرداری قرنیه توسط معاینه گر دومی انجام گرفت که نسبت به وضعیت قرارگیری افراد در گروه های مطالعه (خشکی چشم، نرمال) بی اطلاع بود.

تمامی تجزیه و تحلیل های آماری توسط نسخه ۲۵ نرم افزار SPSS (IBM, ibm.com) انجام گرفت. از آزمون شاپیرو-ویلک برای ارزیابی وضعیت نرمالیتی داده ها استفاده شد. از آزمون های تی مستقل یا من ویتنی بسته به شرایط توزیع متغیر برای مقایسه ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا بین دو گروه خشکی چشم و شاهد استفاده گردید. همبستگی بین ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا و پارامترهای فیلم اشکی توسط آزمون اسپیرمن مورد بررسی

جدول ۱: نتایج آزمون شاپیرو-ویلک جهت بررسی نرمال بودن متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	p - مقدار
سن	۰/۱۱۲
حدت بینایی اصلاح شده	۰/۴۳۰
معادل کروی رفرکشن	۰/۰۳۲
سیلندر رفرکشن	۰/۰۹۰
زمان شکست لایه اشکی (TBUT)	۰/۲۰
شاخص بیماری سطح چشم (OSDI)	۰/۲۰
امتیاز تست شیرمر	۰/۰۱۲
ابیراهی ترفویل مایل (Z _{3,-3})	۰/۰۰۱
ابیراهی کومای عمودی (Z _{3,-1})	۰/۰۰۱
ابیراهی کومای افقی (Z _{3,1})	۰/۰۰۱
ابیراهی ترفویل افقی (Z _{3,3})	۰/۱۶۰
ابیراهی کواترفویل مایل (Z _{4,-4})	۰/۳۰۴
ابیراهی آستیگماتیسم ثانویه مایل (Z _{4,-2})	۰/۲۸۴
ابیراهی اسفریکال (Z _{4,0})	۰/۰۰۱
ابیراهی آستیگماتیسم ثانویه موافق / مخالف قاعده (Z _{4,2})	۰/۳۴۲
ابیراهی کواترفویل افقی (Z _{4,4})	۰/۸۸۷
مجموع ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا	۰/۰۰۲
Tear Break-up Time; TBUT , Ocular Surface Disease Index; OSDI	

همبستگی معنی دار منفی با TBUT و امتیاز شیرمر نشان دادند. ارتباط بین ابیراهی های کومای عمودی و اسفریکال با پارامترهای فیلم اشکی در تصاویر ۱ و ۲ به تصویر کشیده شده است.

بحث و نتیجه گیری

بنا به آگاهی ما، مطالعه حاضر نخستین مطالعه ای است که تاثیر خشکی چشم بر ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا را در یک جمعیت جوان ایرانی مورد بررسی قرار داده و ارتباط این ابیراهی ها با پارامترهای فیلم اشکی را ارزیابی نموده است. یافته های مطالعه حاضر با عمده پژوهش های پیشین که افزایش معنادار ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا را در بیماران مبتلا به خشکی چشم گزارش کرده اند، همخوانی دارد. در مطالعه ای که توسط مونتس میکو و همکاران بر روی ۲۰ بیمار مبتلا به خشکی چشم با میانگین سنی ۲۷ سال و ۲۰ فرد نرمال انجام گرفت، میانگین RMS ابیراهی-

جدول ۲ ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا را به تفکیک نوع ابیراهی و مرتبه آن همچنین مجموع ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا را بین دو گروه خشکی چشم و شاهد مورد مقایسه قرار می دهد. همانطور که در جدول ۲ دیده می شود، میانگین ابیراهی های کومای عمودی (Z_{3,-1}) و اسفریکال (Z_{4,0}) و همچنین مجموع ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا در گروه خشکی چشم به طور معنی داری بالاتر از گروه شاهد بود. سایر ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا تفاوت های آماری معنی داری بین دو گروه خشکی چشم و شاهد نداشتند.

همبستگی بین ابیراهی های کومای عمودی و اسفریکال (که تفاوت های آماری معنی دار بین دو گروه خشکی چشم و شاهد داشتند) با پارامترهای فیلم اشکی در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۳ دیده می شود، هر دو ابیراهی کومای عمودی و اسفریکال همبستگی معنی دار مثبت با OSDI و

جدول ۲: مقایسه ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا بین دو گروه خشکی چشم و شاهد در مطالعه حاضر

نوع ابیراهی	انحراف معیار $\pm$ میانگین (n=40)	گروه خشکی چشم (n=40)	گروه شاهد (n=40)	p- مقدار
ترفویل مایل (Z3,-3)	-0.023 ± 0.11	-0.019 ± 0.35	-0.042	
کومای عمودی (Z3,-1)	0.043 ± 0.051	0.019 ± 0.29	0.021	
کومای افقی (Z3,1)	-0.022 ± 0.057	-0.009 ± 0.27	0.261	
ترفویل افقی (Z3,3)	0.016 ± 0.033	0.009 ± 0.31	0.436	
کواترفویل مایل (Z4,-4)	0.002 ± 0.013	0.003 ± 0.12	0.607	
آستیگماتیسم ثانویه مایل (Z4,-2)	0.001 ± 0.008	0.000 ± 0.009	0.547	
اسفریکال (Z4,0)	0.057 ± 0.093	0.024 ± 0.28	0.039	
آستیگماتیسم ثانویه موافق / مخالف قاعده (Z4,2)	0.005 ± 0.017	-0.001 ± 0.16	0.113	
کواترفویل افقی (Z4,4)	-0.000 ± 0.017	0.003 ± 0.14	0.341	
مجموع ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا	0.080 ± 0.069	0.038 ± 0.35	0.004	

(p < 0.05) مقدار معناداری

جدول ۳: همبستگی بین ابیراهی های کومای عمودی و اسفریکال با پارامتر های فیلم اشکی

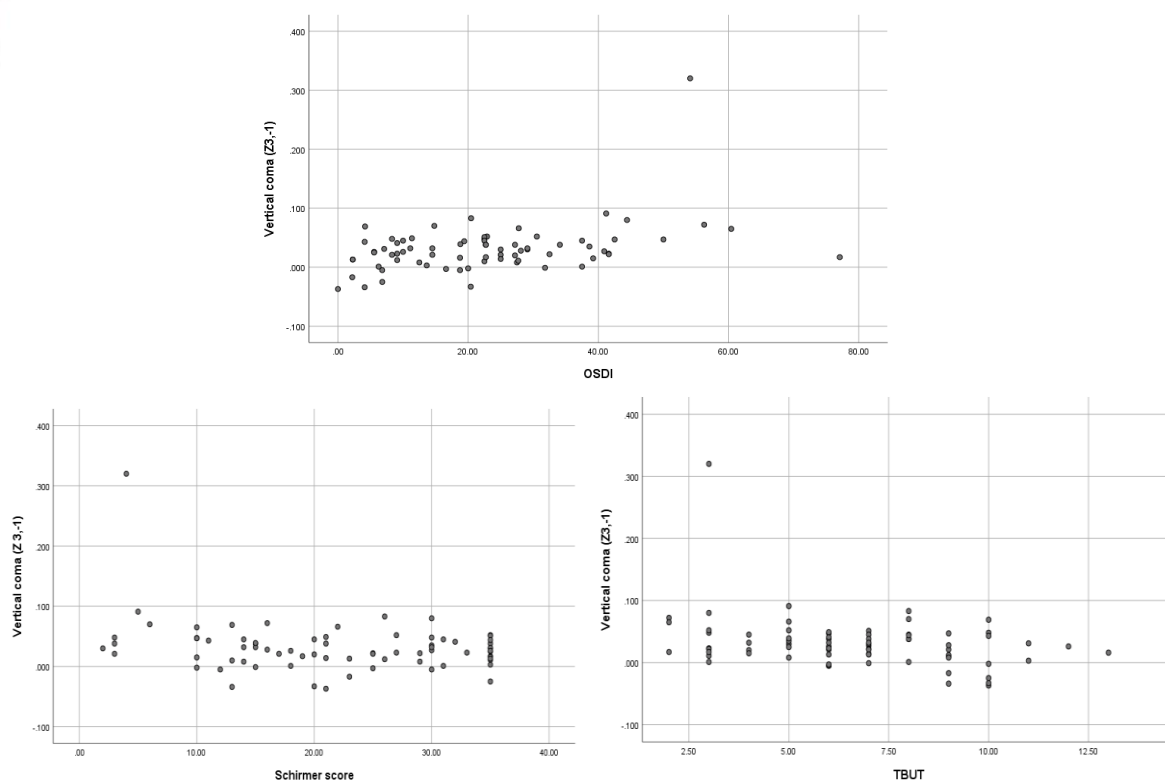
ابیراهی کومای عمودی (Z3,-1)	ضریب همبستگی	p- مقدار	ابیراهی اسفریکال (Z4,0)	ضریب همبستگی	p- مقدار
OSDI امتیاز	0.391	0.001	0.461	0.001	0.001
TBUT (ثانیه)	-0.306	0.008	-0.365	0.002	0.002
امتیاز تست شیرمر (ثانیه)	-0.244	0.037	-0.280	0.017	0.017

(p < 0.05) مقدار معناداری، OSDI, Ocular Surface Disease Index; TBUT, Tear Break-up Time

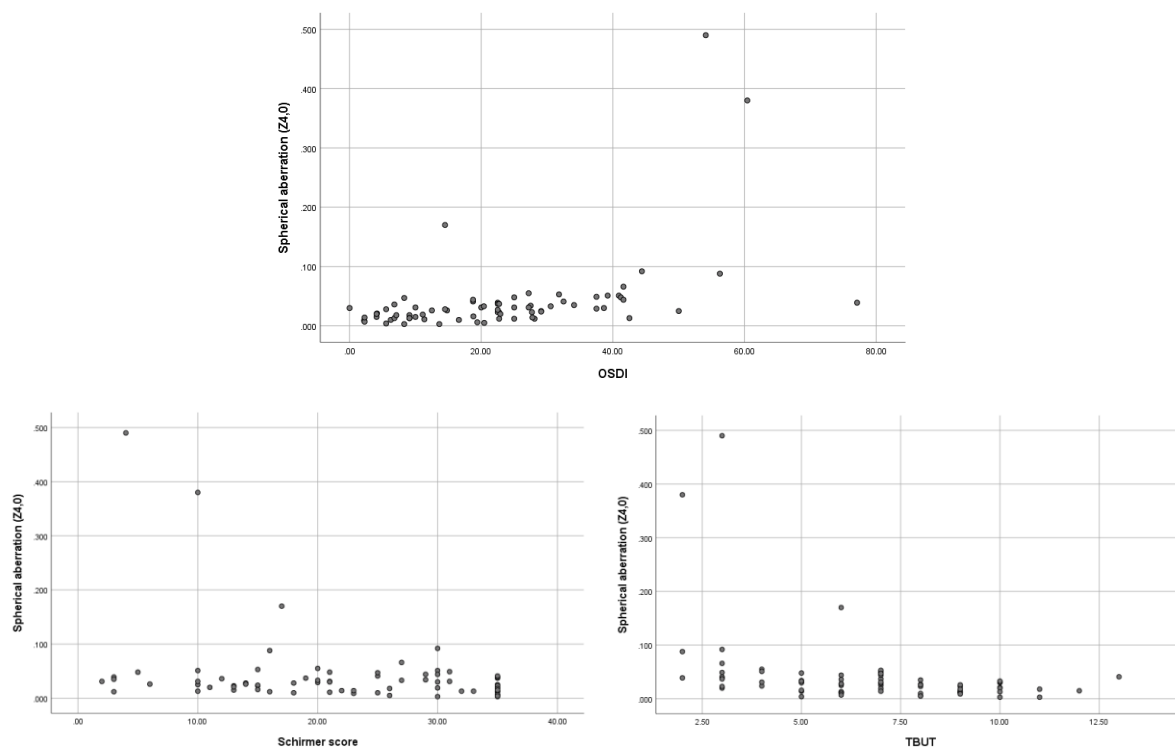
اسفریکال و مجموع ابیراهی های مرتبه بالا را در گروه دارای کراتوپاتی در مقایسه با گروه فاقد آن نشان داد (۹). با این حال لازم به ذکر است، همه مطالعات نتایج یکسانی را گزارش نکرده‌اند. برای مثال، در مطالعه جونگ و همکاران بر روی ۱۶ بیمار مبتلا به خشکی چشم با میانگین سنی ۲۵ سال و ۱۵ بیمار فاقد خشکی چشم که همگی سابقه جراحی انکساری (لازک) داشتند، تفاوت معنی داری از نظر ابیراهی های اسفریکال، کوما، ترفویل و مجموع ابیراهی های مرتبه بالا بین دو گروه گزارش نگردید (۱۷). این ناهمخوانی ممکن است به دلیل تفاوت در جمعیت های تحت مطالعه (مانند سن، نوع و شدت خشکی چشم) یا پروتکل های اندازه گیری باشد.

با نگاهی به مطالعات فوق در می یابیم که تأثیر خشکی چشم بر ابیراهی های اپتیکی در مطالعات پیشین عمدتاً در جمعیت های مسن یا موارد خاص خشکی چشم نظیر خشکی چشم شدید یا خشکی چشم همراه با سوابق

های کوما، اسفریکال و مجموع ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا در بیماران مبتلا به خشکی چشم به طور معنی داری بالاتر از افراد نرمال گزارش گردید (۸). در مطالعه ای که توسط دنویر و همکاران بر روی ۴۰ بیمار مبتلا به سندرم شوگرن و خشکی چشم شدید با میانگین سنی ۵۳ سال و ۴۰ فرد نرمال انجام گرفت، افزایش معنی دار در ابیراهی های کوما، ترفویل و مجموع ابیراهی های مرتبه بالا در بیماران مبتلا به خشکی چشم در مقایسه با گروه شاهد مشاهده گردید. علاوه بر این، ابیراهی های مرتبه بالا همبستگی منفی معنی دار با TBUT و همبستگی مثبت معنی دار با OSDI نشان دادند (۱۱). کوه و همکاران (۹) مطالعه ای بر روی ۲۰ بیمار مبتلا به خشکی چشم شدید با میانگین سنی ۵۹ سال انجام دادند. در این مطالعه، شرکت کنندگان به دو گروه خشکی چشم همراه و فاقد کراتوپاتی نقطه سطحی قرنیه ای طبقه بندی شدند. نتایج این مطالعه، افزایش قابل توجه در ابیراهی های کوما،



شکل ۱. ارتباط بین ابیراهی کمای عمودی با پارامترهای فیلم اشکی شامل شاخص بیماری سطح چشم (OSDI)، زمان شکست لایه اشکی (TBUT) و امتیاز تست شیرمر (Schirmer score)



شکل ۲: ارتباط بین ابیراهی اسفریکال با پارامترهای فیلم اشکی شامل شاخص بیماری سطح چشم (OSDI)، زمان شکست لایه اشکی (TBUT) و امتیاز تست شیرمر (Schirmer score)

یافته‌های این مطالعه دلالت‌های بالینی مهمی دارد. گرچه یافته‌های این پژوهش نمی‌توانند ابیراهی سنجی را به عنوان جایگزین تست‌های معمول خشکی چشم معرفی کنند، با توجه به همبستگی قوی بین ابیراهی‌های اپتیکی مرتبه بالا (به ویژه کمای عمودی و کروی) و پارامترهای اشک، ابیراهی سنجی می‌تواند به عنوان یک ابزار تشخیصی مکمل برای تشخیص زودهنگام خشکی چشم در کنار نشانه‌های بالینی به ویژه در موارد غیر قطعی و سوال برانگیز مورد استفاده قرار گیرد. این موضوع از این جهت حائز اهمیت است که نشانه‌های بالینی خشکی چشم در جمعیت جوان گاه نامحسوس (Subtle) هستند و یا تناقض بین یافته‌های ارزیابی‌های معمول کلینیکی اشکی با یکدیگر و همچنین با شدت سیمپتوم‌ها و اختلال بینایی بیمار وجود دارد. افزایش ابیراهی‌های مرتبه بالا در بیماران خشکی چشم ممکن است به شکایت‌های بینایی مانند خیرگی، هاله بینی و کاهش حساسیت کنتراست، حتی در افراد با حدت بینایی طبیعی، منجر گردد. این موضوع به ویژه برای جوانانی که استفاده طولانی‌مدت از صفحات نمایش دارند، که علائم خشکی چشم در آنها شایع است، صادق است. مداخلاتی که هدف آنها بهبود ثبات فیلم اشکی است (مانند اشک مصنوعی، پلاگ‌های پانکتوم یا درمان‌های ضد التهابی) ممکن است نه تنها علائم را کاهش دهند، بلکه ابیراهی‌ها را نیز کاهش دهند و در نتیجه کیفیت اپتیکی را بهبود بخشند. مطالعات آینده می‌توانند بررسی کنند که آیا کاهش ابیراهی‌های اپتیکی مرتبه بالا با بهبود سبجکتیو بینایی پس از درمان خشکی چشم مرتبط است یا خیر.

با وجود این که این مطالعه بینش‌های ارزشمندی ارائه می‌دهد، چندین محدودیت باید مورد توجه قرار گیرد. ماهیت مقطعی مطالعه، استنباط‌های علی را محدود می‌کند. مطالعات طولی که ابیراهی‌ها را قبل و بعد از درمان خشکی چشم ارزیابی می‌کنند، می‌توانند به ایجاد رابطه علی کمک کنند. این مطالعه بر روی یک جمعیت جوان متمرکز بود؛ افراد مسن‌تر با خشکی چشم مرتبط با سن ممکن است الگوهای ابیراهی متفاوتی را به دلیل عوامل دیگری چون اختلال عملکرد غدد میومین نشان دهند. لذا توصیه می‌شود، مطالعات آینده محدوده‌های سنی گسترده‌تری را در برگیرند. گرچه حجم نمونه با توجه به محاسبات معمول حجم نمونه در مطالعات مقطعی کافی به نظر می‌رسید، اما مطالعات بزرگ‌تر ترجیحاً با نمونه‌گیری تصادفی جهت

پزشکی یا جراحی چشمی مورد بررسی قرار گرفته در حالیکه نتایج مطالعه حاضر تأثیرات خشکی چشم بر افزایش ابیراهی‌ها را در یک جمعیت کلینیکی عمومی از افراد جوان با درجات متنوع خشکی چشم بدون سابقه پزشکی یا جراحی خاص اثبات می‌نماید. در جمعیت جوان، تغییرات ساختاری قرنیه معمولاً کمتر از افراد مسن است. با این حال، حساسیت بیشتر سطح چشم به تغییرات فیلم اشکی در جوانان ممکن است منجر به بروز بیشتر ابیراهی‌های اپتیکی مرتبه بالا شود (۷). مطالعاتی قبلی نشان داده‌اند که در بیماران جوان مبتلا به خشکی چشم، افزایش ابیراهی‌ها بیشتر تحت تأثیر ناپایداری فیلم اشکی است تا تغییرات ساختاری قرنیه (۱۱). این در حالی است که در گروه‌های سنی بالاتر، عوامل دیگری مانند تغییرات انحنا قرنیه ناشی از افزایش سن، کاهش ترشح اشک پایه، و اختلال عملکرد غدد میومین نقش برجسته‌تری در ایجاد ابیراهی‌های اپتیکی ایفا می‌کنند (۱۸).

افزایش ابیراهی‌های کمای عمودی و کروی در بیماران مبتلا به خشکی چشم را می‌توان به چندین مکانیسم پاتوفیزیولوژیک نسبت داد. فیلم اشکی نقش مهمی در حفظ یک سطح نوری صاف و یکنواخت دارد. در خشکی چشم، کاهش حجم اشک و افزایش تبخیر منجر به نازک‌شدن موضعی فیلم اشکی و شکست آن می‌شود که نامنظمی‌های میکروسکوپی روی سطح قرنیه ایجاد می‌کند. این نامنظمی‌ها پراکندگی نامتقارن نور را القا می‌کنند که به صورت افزایش کمای عمودی ظاهر می‌شود که به نامتقارن بودن سطح بسیار حساس است (۱۹).

خشکی چشم مزمن می‌تواند منجر به فرسایش‌های میکروآپی‌تلیال قرنیه و افزایش زبری سطح اپی‌تلیوم قرنیه شود. این تغییرات ساختاری پروفایل انکساری صاف قرنیه را مختل می‌کند و به ابیراهی‌های مرتبه بالا، به ویژه ابیراهی کروی که شدیداً تحت تأثیر تغییرات در انحنا قرنیه و هیدراتاسیون استرومال است، می‌انجامد (۲۰). تشکیل متناوب لکه‌های خشک و پارگی سریع فیلم اشکی (همانطور که با کاهش TBUT نشان داده می‌شود) اعوجاج‌های نوری گذرا ایجاد می‌کند. از آنجا که HOAs به صورت پویا در طول پلک زدن اندازه‌گیری می‌شوند، فیلم‌های اشکی ناپایدار در بیماران خشکی چشم منجر به نوسانات ابیراهی‌ها می‌شود، که کمای عمودی به ویژه تحت تأثیر اثرات گرانشی بر توزیع اشک قرار می‌گیرد (۲۱).

فاطمه علانی: جمع آوری داده ها
فرشته شکراله زاده: تحلیل داده ها و پاسخ به نظرات داوران
شکوفه رفعتی: ویرایش مقاله و برخی زمینه های مطالعه
عباسعلی یکتا: تحلیل داده ها و آماده سازی نسخه نهایی
مهدی خبازخوب: تجزیه و تحلیل آماری داده ها

منابع مالی

این مطالعه تحت حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران انجام گرفته است.

تعارض منافع

نویسندگان تصریح می کنند که هیچگونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Messmer EM. Pathophysiology of dry eye disease and novel therapeutic targets. *Exp Eye Res* 2022; 217:108944.
2. Kusada N, Yokoi N, Sotozono C. Association between corneal higher-order aberrations evaluated with a Videokeratographer and corneal surface abnormalities in dry eye. *Diagnostics* 2023; 13(21): 3319.
3. Suliman A, Rubin A. A review of higher order aberrations of the human eye. *Afr Vision Eye Health* 2019; 78(1): a501.
4. Rhee J, Chan TC-Y, Chow SS-W, Di Zazzo A, et al. A systematic review on the association between tear film metrics and higher order aberrations in dry eye disease and treatment. *Ophthalmol Ther*. 2022; 11(1): 35-67.
5. McCann P, Abraham AG, Mukhopadhyay A, Panagiotopoulou K, et al. Prevalence and incidence of dry eye and meibomian gland dysfunction in the United States: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Ophthalmol* 2022; 140(12): 1181-1192.
6. Wróbel-Dudzińska D, Osial N, Stępień PW, Gorecka A, Żarnowski T. Prevalence of dry eye symptoms and associated risk factors among university students in Poland. *Int J Environ Res Public Health*. 2023; 20(2): 1313.

افزایش قابلیت تعمیم پذیری نتایج لازم است. با توجه به اینکه ابیراهی های اپتیکی تحت تاثیر شرایط محیطی (نظیر رطوبت، خستگی بیمار، وضعیت پلک زدن و ...) قرار دارند، در این مطالعه سعی شد با رعایت مواردی چون اتاق معاینه استاندارد، تاکید بر پلک زدن کامل قبل از تصویربرداری، انجام معاینات در زمان مشخصی از روز که احتمال خستگی کم باشد، این عوامل مخدوش کننده به حداقل برسند. با این حال، کنترل کامل این عوامل به خصوص عوامل بین فردی نظیر میزان کار با صفحات دیجیتال، تفاوت های تغذیه ای و میزان مصرف مایعات برای ما غیر ممکن بود و این موضوع در تفسیر یافته ها باید مورد توجه قرار گیرد. گنجاندن توپوگرافی قرنیه و نقشه برداری اپی تلیال (مانند OCT قدامی) می تواند اطلاعات بیشتری در مورد همبستگی های ساختاری ابیراهی های مرتبه بالا در خشکی چشم ارائه دهد. در مجموع، نتایج این مطالعه نشان داد خشکی چشم به طور معناداری ابیراهی های اپتیکی مرتبه بالا، به ویژه کمای عمودی و اسفیریکال را در یک جمعیت جوان افزایش می دهد. همبستگی ابیراهی ها با شاخص های فیلم اشکی حکایت از آن دارد که ناپایداری فیلم اشکی، کاهش تولید اشک پایه و شدت خشکی چشم از عوامل کلیدی هستند. این یافته ها اهمیت در نظر گرفتن کیفیت اپتیکی در مدیریت خشکی چشم را برجسته می کنند و نقش بالقوه تحلیل جبهه موج را در تشخیص زودهنگام و نظارت بر درمان روشن می سازند. مطلوب است تحقیقات آینده تغییرات طولی و تاثیر مداخلات درمانی را برای روشن تر کردن این روابط مد نظر قرار دهند.

سپاسگزاری

این پژوهش مطابق با اصول مندرج در بیانیه هلسینکی انجام شد. کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ایران پروتکل مطالعه را بررسی و تأیید نمود (کد اخلاق: IR.IUMS.REC.1402.361). از تمامی شرکت کنندگان در مطالعه رضایت نامه آگاهانه کتبی و امضا شده اخذ گردید.

نقش نویسندگان

پیام نبوتی: طراحی مطالعه، نظارت کلی بر تمامی مراحل نگارش، نگارش اولیه مقاله

7. Stapleton F, Velez FG, Lau C, Wolffsohn JSJ. Dry eye disease in the young: A narrative review. *Ocul Surf* 2024; 31: 11-20.
8. Montés-Micó R, Cáliz A, Alió JL. Wavefront analysis of higher order aberrations in dry eye patients. *J Refract Surg*. 2004;20(3):243-7.
9. Koh S, Maeda N, Hirohara Y, Mihashi T, et al. Serial measurements of higher-order aberrations after blinking in patients with dry eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49(1): 133-138.
10. Wang Y, Xu J, Sun X, Chu R, et al. Dynamic wavefront aberrations and visual acuity in normal and dry eyes. *Clin Exp Optom* 2009; 92(3): 267-273.
11. Denoyer A, Rabut G, Baudouin C. Tear film aberration dynamics and vision-related quality of life in patients with dry eye disease. *Ophthalmology* 2012; 119(9): 1811-1818.
12. Craig JP, Nichols KK, Akpek EK, Caffery B, et al. TFOS DEWS II definition and classification report. *Ocul Surf*. 2017; 15(3): 276-283.
13. Pakdel F, Gohari MR, Jazayeri AS, Amani A, et al. Validation of farsi translation of the ocular surface disease index. *J Ophthalmic Vis Res*. 2017; 12(3): 301-304.
14. Bron AJ, Evans VE, Smith JA. Grading of corneal and conjunctival staining in the context of other dry eye tests. *Cornea* 2003; 22(7): 640-650.
15. Kloosterboer A, Dermer HI, Galor A. Diagnostic tests in dry eye. *Expert Rev Ophthalmol* 2019; 14(4-5): 237-246.
16. Assadpour M, Nabovati P, Hashemi H, Rafati S, et al. Comparison of corneal higher-order aberrations between miniscleral and hybrid lenses in keratoconus. *Optom Vis Sci* 2020; 97(9): 749-753.
17. Jung HH, Ji YS, Oh HJ, Yoon KC. Higher order aberrations of the corneal surface after laser subepithelial keratomileusis. *Korean J Ophthalmol* 2014; 28(4): 285-291.
18. Li J, Ma J, Hu M, Yu J, Zhao Y. Assessment of tear film lipid layer thickness in patients with Meibomian gland dysfunction at different ages. *BMC Ophthalmol* 2020; 20(1): 394.
19. Montés-Micó R, Alió JL, Muñoz G, Pérez-Santonja JJ, Charman WN. Postblink changes in total and corneal ocular aberrations. *Ophthalmology* 2004; 111(4): 758-767.
20. Koh S, Tung CI, Inoue Y, Jhanji V. Effects of tear film dynamics on quality of vision. *Br J Ophthalmol* 2018; 102(12): 1615-1620.
21. Tutt R, Bradley A, Begley C, Thibos LN. Optical and visual impact of tear break-up in human eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000; 41(13): 4117-4123.