

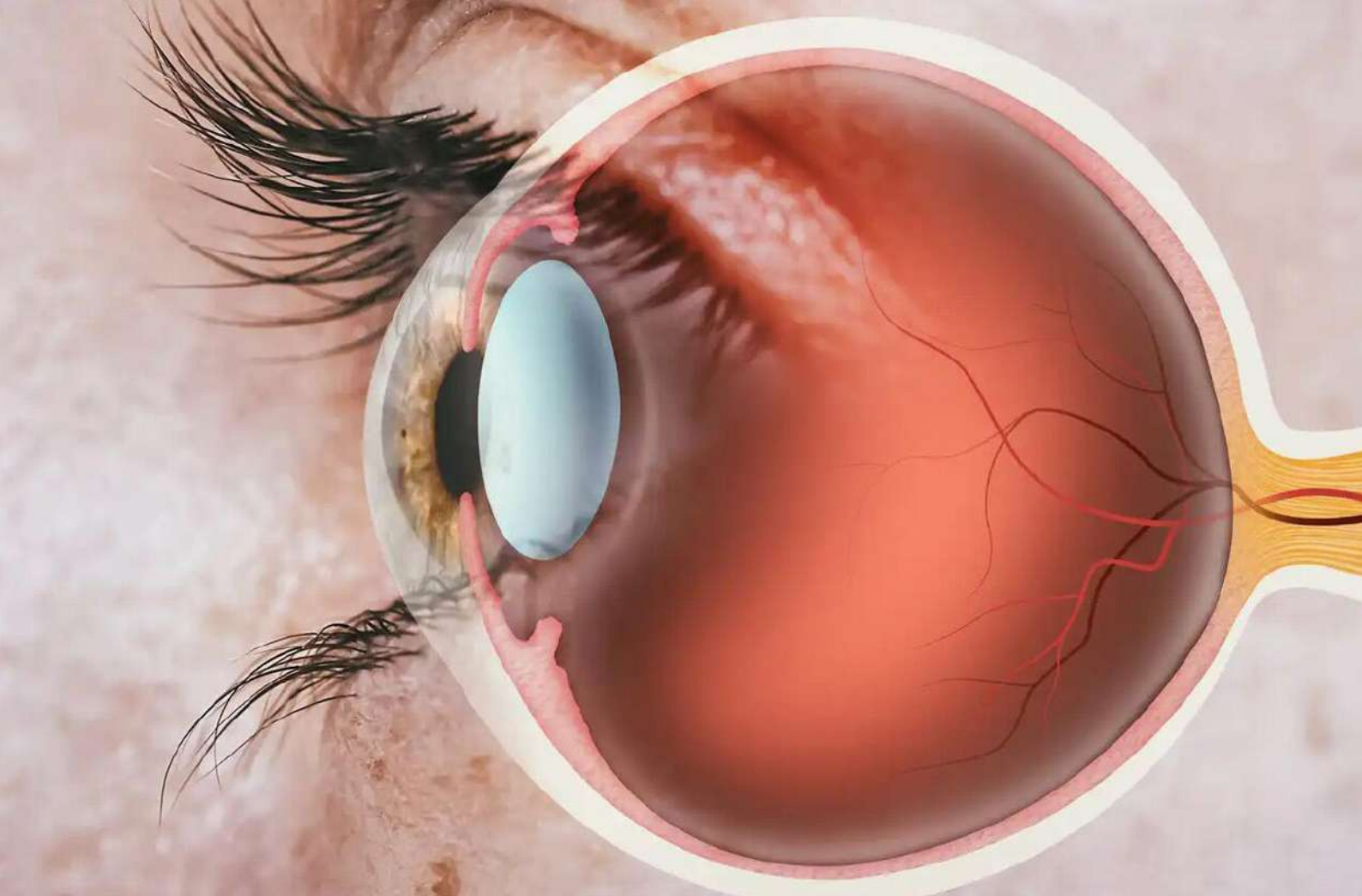


مرکز تحقیقات
سلامت چشم بصیر

دو فصلنامه مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر

شماره ۹۶. سال بیستم. پاییز و زمستان ۱۴۰۲

پرتوبصیر



- مدیریت جامع و همه‌جانبه اکتازی post-LASIK: از پیشگیری تا درمان
- جراحی رفرکتیو برای بیماران مشکوک به گلوکوم
- گلوکوم: تهدیدی پنهان برای سلامت بینایی
- آخرین تازه‌های چشم پزشکی در نشست‌های علمی ماهیانه مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر

فهرست مطالب

- سخن سردبیر ۳
- مدیریت جامع و همه‌جانبه اکتازی post-LASIK: از پیشگیری تا درمان ۴
- جراحی رفراکتیو برای بیماران مشکوک به گلوکوم ۲۵
- گلوکوم: تهدیدی پنهان برای سلامت بینایی ۲۹
- آخرین تازه‌های چشم پزشکی در نشست‌های علمی ماهیانه مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر ۳۱

شناسنامه

مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر دو فصلنامه تخصصی چشم پزشکی بصیر

سال بیستم، شماره ۹۶، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

صاحب امتیاز: مرکز چشم پزشکی بصیر

مدیر مسئول: دکتر احمد شجاعی باغینی

سردبیر: دکتر محمد حافظ نوروزی‌زاده

شورای دبیران: دکتر امین ا... نیک اقبالی، دکتر احمد شجاعی باغینی، دکتر گیتا غیائی، دکتر حسین محمد ربیع، دکتر بهرام عین اللهی، دکتر عباس ابوالحسنی، دکتر خسرو جدیدی، دکتر ساسان وجودی، دکتر محسن رمضان‌زاده، دکتر سید محمدعلی معلم، دکتر اردشیر پاپی، دکتر محسن رحمتی کامل، دکتر امیر خبری، دکتر سید جلیل نقیب، دکتر سید حسام هاشمیان، دکتر سید محمد مسعود شوشتریان، دکتر کوروش شیبانی، دکتر فرساد نوری‌زاده، دکتر محمد حافظ نوروزی‌زاده، دکتر حمیدرضا صفاپخش، فرهاد صحرایی، علی مرادی، سمیه مسگرها، حمیده صباغی، علیرضا جعفری، راحله مروج

همکاران این شماره

دکتر فرساد نوری‌زاده، دکتر فاطمه جعفری، مهندس فاطمه وفائی، دکتر علی نظری نائینی،

مهندس سید محمد هاشمی

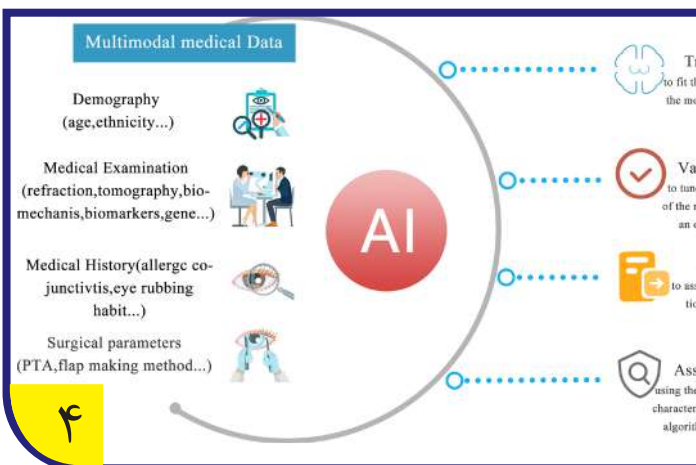
تلفن: ۶۶۹۴۰۴۰۴ (۰۲۱)

پست الکترونیکی: info@behrce.ir

طراح و صفحه‌آرا: منصور عیوضی اینانلو

چاپخانه: چاپ دیجیتال ایران کهن

نشانی: تهران، بلوار کشاورز، خیابان جمالزاده شمالی، کوچه شیبانی، پلاک ۳، طبقه ۴



سخن سردبیر

هوش مصنوعی در چشم‌پزشکی - فرصتی نو برای ارتقاء مراقبت‌های بینایی



دکتر محمدحافظ نوروزی‌زاده

با پیشرفت شگرف فناوری در دهه‌های اخیر، علم چشم‌پزشکی نیز همگام با دیگر حوزه‌های پزشکی به سوی نوآوری‌های مبتنی بر داده حرکت کرده است. یکی از تحول‌آفرین‌ترین این فناوری‌ها، هوش مصنوعی (AI) است که امروزه جایگاه ویژه‌ای در تشخیص، پایش و حتی درمان بیماری‌های چشم یافته است.

در سال‌های اخیر، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و به ویژه یادگیری عمیق (Deep Learning) توانسته‌اند با دقتی چشم‌گیر، تصاویری مانند فندوس فوتوگرافی، OCT و آنژیوگرافی فلورسین را تحلیل کرده و در برخی موارد، عملکردی قابل مقایسه یا حتی بالاتر از چشم‌پزشکان با تجربه از خود نشان دهند. از جمله کاربردهای عملی این فناوری می‌توان به غربالگری اتوماتیک رتینوپاتی دیابتی، تشخیص زودهنگام گلوکوم و ارزیابی دژنراسانس وابسته به سن ماکولا اشاره کرد.

در عین حال، بهره‌گیری از هوش مصنوعی در چشم‌پزشکی تنها محدود به ابزارهای تشخیصی نیست. سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری بالینی، پیش‌بینی روند بیماری و حتی طراحی درمان‌های فرد محور (Personalized Medicine) از دیگر ظرفیت‌های این فناوری هستند که نوید آینده‌ای هوشمندتر و کارآمدتر را در مراقبت‌های بینایی می‌دهند.

با این حال، ورود هوش مصنوعی به عرصه چشم‌پزشکی با چالش‌هایی نیز همراه است؛ از جمله مسائل مربوط به حریم خصوصی داده‌ها، اعتبارسنجی الگوریتم‌ها در جمعیت‌های متنوع، مسئولیت حقوقی در صورت بروز خطا و نیاز به نظارت قانونی و اخلاقی. چشم‌پزشکان به عنوان جامعه علمی باید نقش فعالی در هدایت توسعه مسئولانه این فناوری ایفا کنند.

در این شماره ویژه از مجله چشم‌پزشکی، مجموعه‌ای از مقالات تخصصی که می‌تواند در حوزه هوش مصنوعی نیز کاربرد داشته باشند گردآوری شده‌اند. این مقالات نمایانگر تلاش‌های پژوهشگران، پزشکان و متخصصان علوم داده در جهت تلفیق دانش بالینی با فناوری‌های نوین هستند.

امید است که این مجموعه بتواند گامی مؤثر در ارتقای دانش، آگاهی و انگیزه در مسیر بهره‌گیری هوشمندانه از فناوری‌های نو در خدمت سلامت بینایی باشد.

تا درودی دیگر بدرود

دکتر محمد حافظ نوروزی زاده

سردبیر

مدیریت جامع و همه‌جانبه اکتازی post-LASIK: از پیشگیری تا درمان^۱

مترجم: دکتر علی نظری نائینی

چکیده

اکتازی^۲ (PLE) post-LASIK یکی از مهم‌ترین عوارض ایجاد شده به دنبال جراحی‌های رفرکتیو است و مشخصه اصلی آن نازک شدن پیش‌رونده و غیرقابل کنترل قرنیه می‌باشد که باعث افزایش میوپی و آستیگماتیسم می‌شود. مکانیسم‌های ایجادکننده آن عمدتاً شامل ریسک فاکتورهای ژنتیکی و فاکتورهای محیطی بیرونی مانند مالیدن چشم و جراحی قرنیه می‌باشد. به‌منظور کاهش میزان بروز اکتازی، ضروری است استراتژی‌های غربالگری قبل از عمل جراحی را به‌صورت پیوسته از طریق جمع‌آوری ریسک فاکتورهای ژنتیکی و محیطی و ارزشیابی آن‌ها ارتقا دهیم. هرچند که روش‌های قبلی غربالگری قبل از عمل جراحی دارای استاندارد واحدی نمی‌باشند، ظهور هوش مصنوعی می‌تواند به ما در فراوری مقادیر زیادی از اطلاعات و استفاده صحیح از داده‌ها کمک نماید. با استفاده از مدل‌سازی المانی محدود باکیفیت بالا، می‌توان تفاوت‌هایی را در توزیع‌های کششی قبل و بعد از عمل جراحی مشاهده کرد و این امر می‌تواند خطر ایجاد اکتازی پس از عمل جراحی را پیش‌بینی کند. ما در این مقاله اتیولوژی، بروز، پیشگیری و درمان PLE را جهت مدیریت جامع آن توضیح خواهیم داد. از جنبه درمانی، کراس لینکینگ کلاژنی قرنیه به نحو گسترده‌ای جهت درمان کراتوکونوس پیش‌رونده و سایر انواع اکتازی‌ها - چه به‌عنوان یک عامل پیشگیری‌کننده در حین عمل جراحی و یا به‌عنوان یک روش درمانی پس از جراحی جهت جلوگیری از پیشرفت اتساع قرنیه - مورد استفاده قرار گرفته است. هرچند که پروتکل استاندارد Dresden به‌عنوان درمان استاندارد طلایی جهت اتساع قرنیه معرفی گردیده، اما مجموعه‌ای از اصلاحات، بررسی‌ها و مطالعات بلندمدت

در سال‌های اخیر انجام گرفته است. پس بنابراین، شناخت فاکتورهای دخیل در به تأخیر انداختن شروع اکتازی قرنیه و کند کردن پیشرفت آن، کلیدی جهت کاهش میزان بروز این عارضه در سرتاسر جهان خواهد بود.

* واژه‌های کلیدی:

هوش مصنوعی، کراس لینکینگ کلاژنی، اکتازی قرنیه، سگمان‌های حلقوی داخل قرنیه‌ای، لیزیک، جراحی رفرکتیو.

مقدمه

اکتازی قرنیه اولین بار در سال ۱۹۹۸ معرفی گردید و یک عارضه نادر جراحی‌های لیزری اصلاحی بینایی (LVC)^۳ می‌باشد که تهدیدکننده بینایی فرد نیز خواهد بود. PLE همانند کراتوکونوس، یک بیماری پیش‌رونده قرنیه می‌باشد که منجر به برجسته شدن رو به خارج (مخروطی شدن) قرنیه و نازک شدن آن می‌گردد. Randleman و همکارانش، PLE را به‌عنوان شیب‌دار شدن تحتانی توپوگرافیک در حد ۵ دیوپتر یا بیش‌تر در مقایسه با توپوگرافی‌های فوری پس از عمل جراحی همراه با کاهشی در UDVA به میزان ۲ خط یا بیش‌تر در چارت اسنلن تعریف کردند. لیزیک به علت بهبودی سریع دید فرد و عوارض جانبی نسبتاً اندک، به یک گزینه جراحی عمومی و شایعی تبدیل شده است. در عین حال، در یک بررسی که شامل ۳۰ هزار مورد لیزیک بود، مشخص شد که میزان بروز اکتازی در ظرف ۸ سال برابر با ۰/۰۳۳ درصد بوده و این عدد می‌تواند بالاتر رود چرا که برخی موارد ممکن است پس از این دوره زمانی، بی‌ثبات شده و برخی بیماران که عاری از هرگونه نشانه‌های بالینی بوده پیگیری نشوند. علائم بالینی PLE عمدتاً خود را به‌صورت شیب‌دار شدن پیش‌رونده قرنیه، افزایش میوپی و آستیگماتیسم، از بین رفتن UDVA و اغلب

1 Zhao, L., Yin, Y., Hu, T., Du, K., Lu, Y., Fu, Q., ... & Wen, D. (2023). Comprehensive management of post-LASIK ectasia: From prevention to treatment. *Acta Ophthalmologica*, 101(5), 485-503.

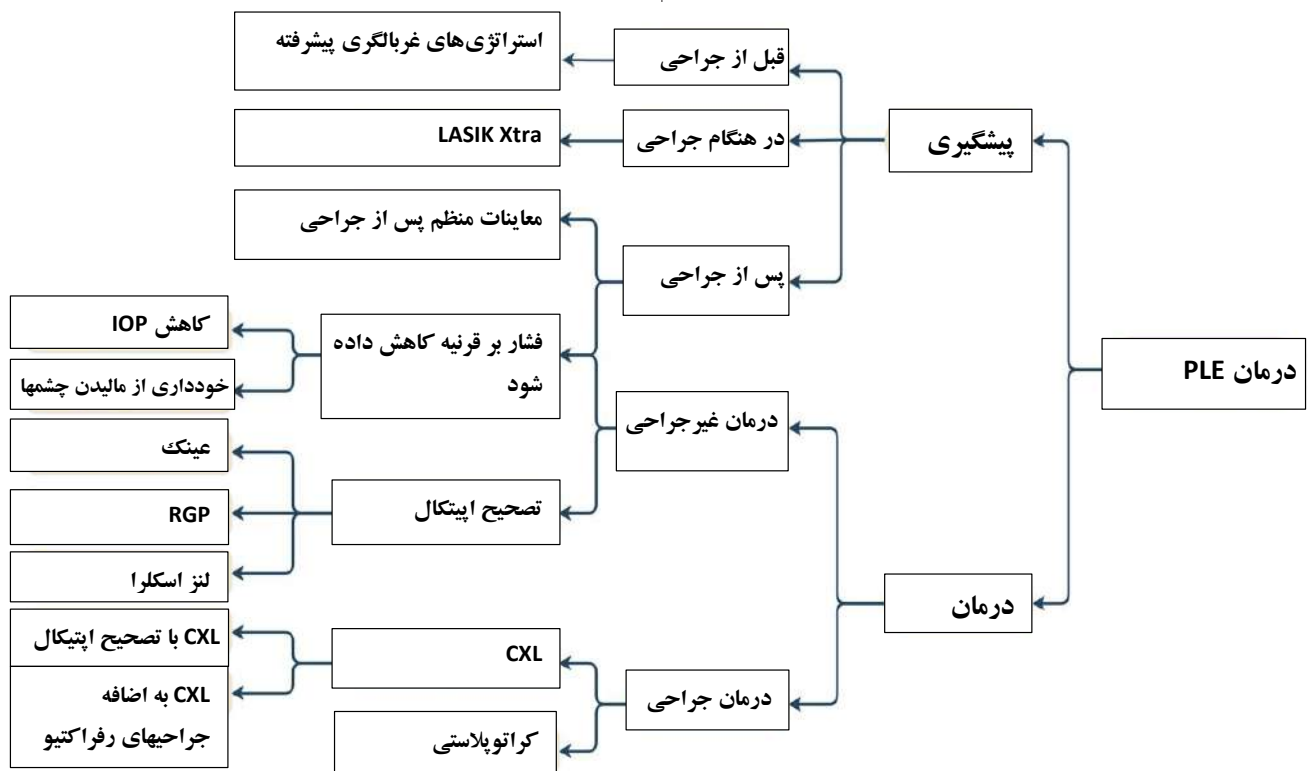
2 .post-LASIK ectasia

و درمان PLE را ارتقا بخشد.

اتیولوژی

به صورت سنتی، PLE تنها به عنوان یک بیماری ایاتروژنیک در نظر گرفته می‌شده که در آن، تغییرات رخ داده در ویژگی‌های بیومکانیکی (که ناشی از تضعیف قرنیه به دنبال عمل جراحی می‌باشد) منجر به نازک شدن و بی‌ثباتی قرنیه می‌گردد. جراحی LVC طبق تعریف، انحنا، ضخامت و شکل مؤثر و قدرت کششی قرنیه را تغییر می‌دهد و این فرایندی هست که ممکن است منجر به تجزیه و متلاشی شدن ماتریکس شده و در نتیجه PLE ایجاد شود. یک مطالعه گذشته‌نگر نشان داد که کاهش IOP پس از لیزیک، یک تابع خطی از دیوپتر بوده و با اثر مستقل تشکیل Flap، مرتبط بود و این امر مطرح کننده

از بین رفتن BCVA می‌باشد که ممکن است خود را بلافاصله یا ماه‌ها پس از لیزیک خود را نشان دهد؛ ولی عموماً در ظرف دو سال رخ می‌دهد. پس بنابراین، پیشگیری و درمان PLE به نگرانی و دغدغه اصلی جراحان رفرکتیو تبدیل شده است. روی هم رفته ریشه‌کن کردن و حذف این عارضه در کل ممکن است دشوار باشد. پس بنابراین، افزایش شناخت ما از تغییرات رخ داده در بیومکانیک قرنیه پس از LVC، تشخیص ریسک فاکتورهای ایجادکننده PLE را بهبود بخشیده و ارتقای استراتژی‌های مدیریتی می‌تواند به صورت چشمگیری، هم میزان بروز و هم شدت این عارضه بالقوه مهم را کاهش دهد. این مقاله خلاصه‌وار، سیستم جامعی را توصیف می‌کند که در برگیرنده مرحله قبل از عمل جراحی، حین عمل جراحی و پس از عمل جراحی بوده (شکل ۱) و انتظار می‌رود که سیستم پیشگیری



شکل ۱. استراتژی مدیریت و درمان PLE. هدف درمان، کاهش میزان بروز و شدت اکتازی قرنیه از طریق روش‌های پیشگیرانه و درمانی می‌باشد. بیمارانی را که در معرض خطر بالای PLE قرار دارند، می‌توان از طریق بهبود استراتژی‌های غربالگری قبل از عمل جراحی شناسایی کرد. در مورد این بیماران، ممکن است از روش‌های LASIK Xtra یا سایر روش‌های رفرکتیو استفاده شود. به بیماران باید آموزش داد تا پس از انجام لیزیک، فشار بر قرنیه را کاهش دهند و به صورت منظم معاینه شوند. CXL تنها درمان شناخته شده‌ای است که می‌تواند اتساع قرنیه را به تأخیر بیندازد و به وسیله تصحیح اپتیکال یا جراحی رفرکتیو می‌توان کاهش دید بیمار را اصلاح نمود.

گردید، به عدد فعلی ۰٫۰۹۰ درصد کاهش یافته است. فاکتورهای مربوط به غربالگری جراحی‌های رفرکتیو شامل آنالیز ویژگی‌های داخلی بیومکانیکی (سن، میزان میوپی، ضخامت قرنیه قبل از عمل جراحی، مورفولوژی قبل از عمل جراحی قرنیه یا ناهنجاری‌های بیومکانیکی آن، استعداد ژنتیکی و ناهنجاری‌های بیومارکری و غیره) و نیز آنالیز ویژگی‌های بیومکانیکی قابل تغییر (درصد بافت تغییر یافته^۱ [PTA]، بستر استرومال باقی‌مانده^۲ [RSB] و غیره) می‌باشد.

- دموگرافی

سن کم‌تر از ۳۰ سال، یک ریسک فاکتور برای PLE به شمار می‌رود. این عامل نخستین بار در یک سیستم امتیازدهی که توسط Randleman و همکارانش به کار گرفته شد، معرفی و مطرح گردید، اما در برخی از مطالعات اعتبارسنجی بیرونی مشخص شد که این فاکتور، ۲۹٪ منفی کاذب دارد. آن‌ها در هنگام هماهنگ‌سازی در خصوص وضعیت توپوگرافی متوجه شدند که سن چشم‌هایی که دچار اکتازی شده بود در مقایسه با کنترل‌هایی که در آن‌ها اکتازی ایجاد نشده بود، پایین‌تر می‌باشد و علت این امر احتمالاً به این خاطر است که در افراد جوان‌تر، قدرت اتصالی کششی قرنیه پایین‌تر می‌باشد. در هیچ مطالعه‌ای تا کنون تفاوتی از نظر شیوع مابین جنسیت‌ها یافت نگردیده است.

فاکتور دموگرافیک دیگری که ممکن است بر PLE تأثیر بگذارد، نژاد می‌باشد. در مطالعه‌ای که در یورک‌شایر در بریتانیا انجام شد، مشاهده شد که میزان بروز آن در آسیایی‌ها در مقایسه با نژاد قفقازی، ۷٫۵ برابر بیش‌تر بود؛ اما تا کنون در مورد PLE هیچ امر اثبات شده‌ای در این خصوص وجود ندارد.

- معاینه پزشکی

میوپی بالای ۸ دیوپتر، ریسک فاکتور دیگری برای PLE می‌باشد. وضعیت فرد در میوپی شدید، مشابه با وضعیت موجود در مورد قرنیه‌های نازک می‌باشد و میوپی شدید عموماً همراه با یافته‌های واضح و مشخصی از ناهنجاری‌های توپوگرافیک یا توموگرافیک می‌باشد.

در اواخر دهه ۸۰ میلادی، توپوگرافی خودکار قرنیه به روش Placido disk-based به بازار عرضه شد و تا کنون نیز به‌عنوان استاندارد غربالگری بیماران قبل از عمل جراحی رفرکتیو جایگاه خود را حفظ کرده است. با این وجود، سیستم تشخیصی Placido مبتنی بر اصل projection، فقط می‌تواند داده‌های مربوط به سطح قدامی قرنیه را گردآوری کند و قادر به شناخت وضعیت سطح خلفی

آن است که Lamellar Flap در قدرت کششی قرنیه پس از لیزیک نقش و تأثیری ندارد. Andreassen و همکارانش متوجه شدند که ضریب الاستیسیته قرنیه کراتوکونیک، ۱٫۶ الی ۲٫۵ برابر (میانگین ۲٫۱ برابر) کم‌تر از ضریب طبیعی بوده و PLE ممکن است تقلیدکننده و مشابه با این ضریب الاستیک تغییر یافته قرنیه باشد. ترمیم غیرطبیعی بریدگی قرنیه پس از عمل جراحی، می‌تواند منجر به فروپاشی بیومکانیکی داخلی قرنیه شود. ترمیم بریدگی قرنیه در حالت طبیعی عمدتاً خود را به‌صورت تغییرات التهابی زودرس و تغییرات فیبروتیک آتی نشان می‌دهد؛ اما در صورت افزایش زیاد از حد واکنش‌های التهابی، ترمیم سوراخ ایجاد شده در جریان عمل جراحی مسیری طبیعی نخواهد داشت و به‌صورت ترمیم غیرطبیعی و فیبروزی ظاهر می‌شود که همراه با ایجاد فیبرهای کلاژنی غیرطبیعی می‌باشد.

در واقع، دو مکانیسمی که منجر به PLE می‌شود، با «فرضیه دو - ضربه» همخوانی و سازگاری دارد. یک مکانیسم، تمایل ذاتی قرنیه جهت متسع شدن و مکانیسم دیگر، تأثیر فاکتورهای محیطی بیرونی بر بیومکانیک قرنیه می‌باشد. یک مطالعه گزارش کرد که در یک بیمار پس از لیزیک یک‌طرفه، اتساع دوطرفه قرنیه رخ داد و این امر ممکن است مطرح‌کننده این نکته باشد که ایجاد PLE یک پیشرفت طبیعی بیماری در افرادی که مستعد به اتساع قرنیه هستند، می‌باشد. همچنین Ian F. Comaish و همکارانش ذکر کردند که PLE، ترکیبی از فرایندهای مزمن استعداد ژنتیکی و بی‌ثباتی بیومکانیکی قرنیه ناشی از لیزیک است و نه فقط یک ازهم‌گسیختگی بیومکانیکی حاصل از عمل جراحی.

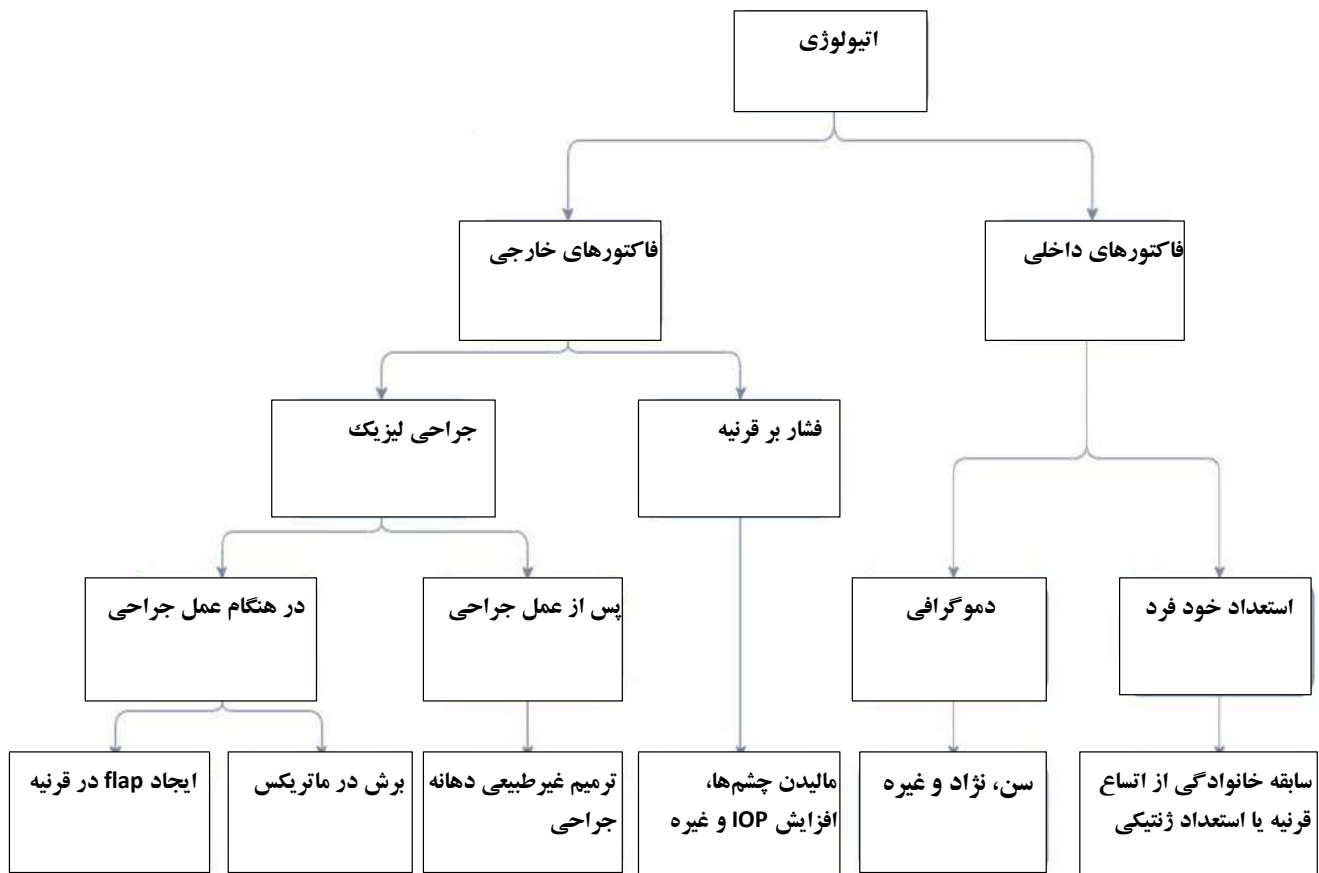
علاوه بر این در یک مدل «کامل و بدون عیب و نقص» اکتازی، باید به استرس‌های طولانی‌مدت وارد شده بر قرنیه از جمله استرس‌های ناشی از IOP، فعالیت‌های عضلات خارج چشمی، پلک زدن فرد و بیشتر از همه مالیدن چشم‌ها نیز توجه نمود. مالیدن طولانی‌مدت چشم‌ها می‌تواند آسیب اپیتلیالی قرنیه را تشدید کرده و منجر به افزایش آزادسازی $TNF-\alpha$ ، MMP و اینترلوکین ۶ که به‌وسیله سلول‌های اپیتلیالی قرنیه و سلول‌های استرومال ترشح می‌گردد، شود و نهایتاً باعث تخریب ماتریکس خارج سلولی قرنیه خواهد شد. اجزای مربوط به اتیولوژی PLE در شکل ۲ نمایش داده شده است.

ریسک فاکتورها و پیشگیری

* قبل از عمل جراحی

باتوجه به پیشرفت‌های بزرگ صورت‌گرفته در زمینه استراتژی‌های غربالگری قبل از عمل جراحی، میزان واقعی بروز PLE از عدد نسبتاً بالای ۰٫۶۶ درصد که توسط Pallikaris در سال ۲۰۰۱ گزارش

1 . Percentage Tissue Altered
2 . Residual Stromal Bed



شکل ۲. «فرضیه دو ضربه (two-hit)» در مورد تشکیل PLE. فاکتورهای داخلی (استعداد ذاتی خود فرد) و فاکتورهای خارجی همراه با یکدیگر، «فرضیه دو ضربه‌ای» در مورد PLE را شکل می‌بخشند. فاکتورهای داخلی شامل سن، نژاد و استعداد ژنتیکی می‌باشند، در حالی که فاکتورهای خارجی متشکل از جراحی لیزیک و فشار بر قرنیه می‌باشد.

را افزایش می‌دهد. تجهیزات توموگرافی قرنیه می‌تواند انحناهای قدامی و خلفی و ارتفاع قرنیه، ضخامت قرنیه و توزیع ضخامت و سایر نمودارها و پارامترها را با دقت مشخص کند و این تجهیزات، به مهم‌ترین ابزار جهت غربالگری کراتوکونوس و سایر اختلالات قرنیه قبل از جراحی LVC تبدیل شده است.

Randleman و همکارانش در سال ۲۰۰۶، سیستمی کمی تحت عنوان ERSS (Ectasia Risk Score System): سیستم امتیازبندی خطر اکتازی را ایجاد کردند. این سیستم ارزیابی شامل دو مرحله می‌باشد؛ اولاً یک نمره تجمعی بر اساس پنج فاکتور محاسبه می‌شود (نمای سائیتال سطح قدامی از نقشه توپوگرافیک، RSB، سن، MRSE، CCT) و سپس بر اساس نمره خطر، تصمیم‌گیری جراحی انجام می‌گیرد. درعین حال، کاربرد بالینی این سیستم با چند محدودیت روبرو می‌باشد؛ زیرا در آن، از سایر تصاویر توموگرافی

قرنیه و ضخامت قرنیه نمی‌باشد. پس بنابراین، توپوگرافی قرنیه که منحصراً مبتنی بر اصل Placido disk می‌باشد، در حال حاضر دیگر قادر به برطرف‌سازی نیازمندی‌های غربالگری قبل از عمل جراحی برای جراحی‌های رفرکتیو - که دارای الزامات ایمنی بسیار بالایی هستند - نمی‌باشد. در سال ۱۹۹۵، سیستم orbcan که مبتنی بر فن آوری slit-scan می‌باشد، این مشکلات را حل نمود. این سیستم، ارتفاع سطح قدامی و خلفی قرنیه و ضخامت مرکزی قرنیه (CCT) را با استفاده از تعداد زیادی از تصاویر عمودی اپتیکال به صورت Slit از قرنیه تشخیص داده و محاسبه می‌کند. پس از ابداع این سیستم، یک آنالایزر سه‌بعدی سگمان preoptic مبتنی بر اصل Scheimpflug (Pentacam, Galilei & Sirius) عرضه شد. این آنالایزر، نه تنها ارتفاع سطوح قدامی و خلفی را با دقت اندازه‌گیری می‌کند؛ بلکه برخی از فاکتورهای مخدوش‌کننده را نیز حذف کرده و در نتیجه دقت داده‌ها

هم در بیماری‌هایی که در مرحله بدون علامت بوده (subclinical) و هم در بیماری‌هایی که از نظر بالینی علامت‌دار بودند، شناسایی نمود و این واریانت‌ها، ممکن است از طریق یک الگوی توارث اتوزومال غالب باعث ایجاد کراتوکونوس شوند. نقش TGFβI در ایجاد کراتوکونوس از این طریق مشخص شد که پزشکان مشاهده کردند در یک بیمار چینی مبتلا به کراتوکونوس اسپورادیک، موتاسیون C.1603G4T Gly535Ter در سطح پروتئینی شده بود. علاوه بر این، برای مشخص کردن نقش مهم و خطیر Ppip5k2 در حفظ عملکرد فیزیولوژیکی قرنیه موش از یک موش حاوی ژن Ppip5k2 استفاده شد: این ژن، تولیدکننده آنزیم اصلی و غالب قرنیه است و نقش آن شبیه به نقش بالقوه مهم نقایص ژن PPIP5K2 در پاتوژنز اکتازی قرنیه می‌باشد. این ژن‌ها در بیومکانیک قرنیه نقش‌های مهمی را ایفا می‌کنند؛ زیرا در تولید کلاژن، ماتریکس خارج سلولی و بافت پیوندی دخیل می‌باشند. در سال ۲۰۲۱ مارکرهای ژنتیکی که دارای آزمون ساده DNA می‌باشند از سوی FDA جهت کمک به جداسازی بیماری‌هایی که در معرض خطر ابتلا به اکتازی می‌باشند، مورد تأیید قرار گرفت (Avellino labs, Silicon Valley, CA). این مطالعات نشان می‌دهد که در جراحی رفرکتیو، آزمون‌های ژنتیکی ممکن است نقش کمکی مهمی را در ارزیابی‌های قبل از عمل جراحی ایفا نمایند.

همچنین بیومارکرها می‌توانند در تشخیص استعداد اتساع قرنیه در فرد، قبل از عمل جراحی لیزیک کمک‌کننده باشند. افزایش سلول‌های دندریتیک قرنیه و تغییر سیتوکین‌های اشک در لایه اشکی مطرح‌کننده وجود یک پاسخ التهابی مداوم در PLE می‌باشد. همچنین در نمونه اشک‌های گرفته شده از مبتلایان به PLE مشخص شد که میزان MMP-9 به میزان چشمگیری افزایش یافته و میزان TMP-1 به شکل قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. یک آنالیز Cross-sectional از هورمون‌ها و پروتئین‌های التهابی در نمونه‌های بزاق نشان داد که در مبتلایان به کراتوکونوس در مقایسه با کنترل‌های سالم، میزان دهیدرواپی‌آندروسترون سولفات به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و میزان استرون کاهش یافته بود. همچنین در نمونه‌های بزاق مبتلایان به کراتوکونوس، مقدار اینترلوکین ۱۶ و فاکتور سلول بنیادی افزایش یافته بود و این امر ارتباط متقابلی با افزایش شدت بالینی کراتوکونوس، انحنای قرنیه و نازک شدن قرنیه دارد. در لنتیکول چشم‌هایی که دچار اکتازی آسیمیتریک دوطرفه قرنیه به دنبال SMILE می‌باشند، مقدار بیومارکرهای ایجادکننده التهاب مانند TGF-β، IL-6، BMP7 و کاتپسین K افزایش یافته است. این یافته‌ها همگی در کنار یکدیگر مطرح‌کننده این نکته است که افزایش التهاب که از طریق ژن‌ها یا سیستم اندوکراین میانجی‌گری می‌شود، در تغییر بیومکانیکی قرنیه نقشی را ایفا می‌کند. هرچند که این بیومارکرها تاکنون به‌عنوان یک شاخص و معیار هنوز مورد استفاده قرار نگرفته

قرنیه استفاده نمی‌شود و ضخامت نازک‌ترین نقطه قرنیه مدنظر قرار نمی‌گیرد؛ بنابراین برخی از پزشکان از نمره بندی ERSS تبعیت کاملی ندارند.

علاوه بر این، نقشه‌های توموگرافیک قرنیه فقط می‌تواند تغییرات مورفولوژیکی قرنیه را تشخیص دهد و لذا این نقشه‌ها، جهت تشخیص کراتوکونوس ساب کلینیکال یا کراتوکونوس forme fruste دچار محدودیت‌هایی می‌باشند. در سال‌های اخیر، ابداع روش‌های اندازه‌گیری بیومکانیکی قرنیه از جمله Corvis ST و ORA رشد سریع و فزاینده‌ای داشته است و این امر می‌تواند به ما در شناخت ویژگی‌های دینامیکی قرنیه کمک کند. اندکس توموگرافیک و بیومکانیک (Tomographic & Biomechanical Index: TBI) اندکسی است که ترکیبی از داده‌های حاصل از Pentacam و Corvis ST می‌باشد و حساسیت و ویژگی این اندکس در تشخیص کراتوکونوس زودرس (early) بالاتر از استفاده از نقشه‌های توپوگرافیکی قرنیه به‌تنهایی و یا پارامترهای بیومکانیکی می‌باشد.

سایر سوابق پزشکی فرد از جمله سابقه آلرژی‌های چشمی یا عادت به مالیدن چشم‌ها را نیز باید در محدوده ریسک فاکتورهای مرتبط با غربالگری قبل از عمل جراحی مدنظر و مورد توجه قرارداد.

- استعداد ژنتیک و بیومارکرها

استعداد ژنتیکی در خصوص ابتلای فرد به اکتازی قرنیه، جنبه دیگری از PLE می‌باشد که باید به آن توجه داشت. در بیماری‌هایی که سابقه خانوادگی از کراتوکونوس و دژنراس شفاف حاشیه‌ای (pellucid marginal degeneration) وجود دارد، احتمال ایجاد اکتازی قرنیه پس از لیزیک بالاتر می‌باشد. گزارش شده که ۴۹ بیماری سندرم شناخته شده از جمله سندرم داون، سندرم اهلرز - دانلوس و سندرم مارفان وجود دارد که با خطر اکتازی مرتبط می‌باشند. مطالعاتی از جمله GWAS^۱ و SNP^۲ در شناخت علت ژنتیکی اختلالات اکتاتیک قرنیه مؤثر و مفید بوده است. GWAS بر روی ۹۰۲۹ بیمار خاص نشان داد که نزدیک‌ترین ژن‌هایی که بر روی آن‌ها پلی مورفیسم‌های تک نوکلئوتیدی بالای مرتبط با corneal hysteresis و فاکتور مقاومتی قرنیه قرار گرفته، شامل این موارد شناخته شده می‌باشند: FOXO1، ZNF469، FNDC3B، ANAPC1، ADAMTS8، ADAMTS17، ABCA6، COL6A1. این ژن‌ها در «مطالعه اروپایی آینده‌نگر در مورد سرطان و تغذیه - مطالعات نورفولک و دوقلوی بریتانیا» مشخص و شناسایی گردیده است. غربالگری موتاسیون‌های ژن‌های VSX1، TGFBI و ZEB1 که در ۷۹ خانواده چینی و ۹ خانواده یونانی مبتلا به کراتوکونوس انجام گرفت، واریانت‌هایی از VSX1 و TGFBI را

1 . Genome-Wide Association Studies

2 . Single Nucleotide Polymorphisms

* استفاده از هوش مصنوعی (AI) برای غربالگری پیش از عمل جراحی لیزیک

توموگرافی قرنیه به روش هندسی سه‌بعدی، شناخت ما را نسبت به ساختمان قرنیه ارتقا می‌بخشد. درعین حال، پیچیدگی پارامترهای موجود و حجم بالای آن‌ها باعث می‌شود که تفسیر صحیح آن‌ها کار دشوار و سختی باشد. در این سناریو، روش‌های فراگیری ماشینی (ML: Machine-Learning) همراه با شناخت الگوها، بسیار مفید و سودمند خواهد بود (شکل ۳). هوش مصنوعی می‌تواند به توانایی شناختی ما جهت مواجهه با حجم وسیعی از اطلاعات و استفاده صحیح از آن‌ها کمک نماید. هوش مصنوعی بر پایه فراگیری عمقی (Deep Learning: DL) یک اصطلاح عمومی است که به «ترم‌افزار یا سخت‌افزاری اطلاق می‌شود که رفتاری را نشان و ارائه می‌دهد که به نظر هوشمندانه می‌باشد». فراگیری ماشینی (ML: Machine-Learning) یک زیرگروه از هوش مصنوعی می‌باشد و به‌عنوان مجموعه‌ای از روش‌ها تعریف می‌گردد که به‌صورت خودکار الگوهای موجود در داده‌ها را تشخیص داده و سپس این اطلاعات را جهت پیش‌بینی داده‌های آتی تحت شرایط نامشخص و نامعلوم ترکیب و تلفیق می‌کند. در رشته چشم‌پزشکی، AI جهت عکس‌برداری از فوندوس، OCT و میدان دید، طبقه‌بندی دقیق و صحیح دیابتیک رتینوپاتی و رتینوپاتی پریماچوریته (ROM)، دیسک شبه‌گلوکوم، ادم ماکولار و دژنراسانس وابسته به سن ماکولا و غیره مورد استفاده قرار گرفته است. اولین بار در اواسط دهه ۹۰ میلادی بود که از این روش جهت تشخیص اکتازی استفاده شد: ابداع‌کنندگان این روش سیستم خودکاری را تهیه کردند که الگوهای کراتوکونوس را با استفاده از ویدیوکراتوسکوپی کامپیوتری از سایر حالات تفکیک می‌کند و از این طریق، از تکیه بر ذهنی بودن (subjectivity) روش‌های غربالگری قبلی اجتناب می‌نماییم. همچنین پیشرفت‌های صورت گرفته در حوزه پزشکی الگوریتمی (computational medicine) فرصت‌های بی‌نظیری را جهت ارزیابی تأثیرات سه‌بعدی درمان‌های برنامه‌ریزی شده بر روی ساختمان قرنیه به ما ارائه می‌دهد. پس بنابراین، ما متوجه شده‌ایم که الگوریتم‌های AI و ML می‌توانند در مرحله قبل از جراحی نقش قابل توجهی را در پیشگیری از بروز PLE به عهده بگیرند.

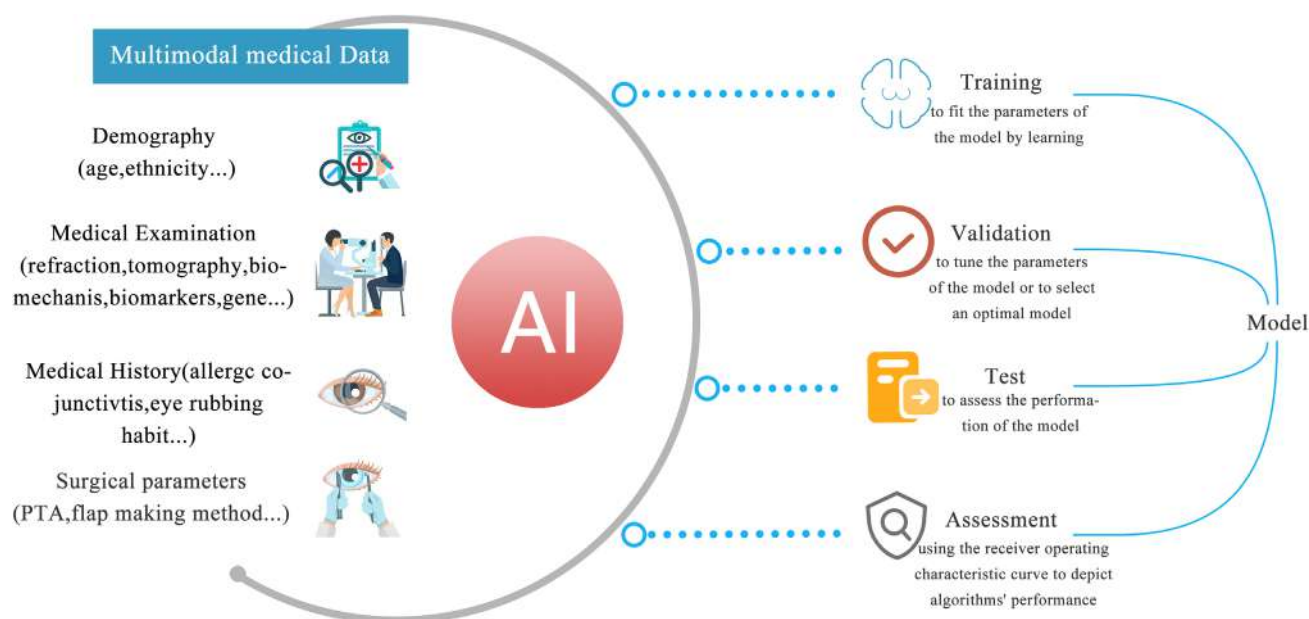
به‌عنوان مثال، AI جهت محاسبه اندکس‌هایی مانند PRFI^۱ و TBI^۲ مورد استفاده قرار گرفت. جهت آنالیز داده‌های توموگرافیک، از روش‌های مختلف ML استفاده شد تا از این طریق، الگوهای مختلف موجود در هر گروه شناسایی شود و سپس با استفاده از

است، اما ممکن است در شناسایی بیماران بالقوه‌ای که ممکن است پس از جراحی لیزیک در آن‌ها اکتازی ایجاد شود کمک‌کننده باشد. ما می‌توانیم از کیت آزمون کووید ۱۹ و آزمون بارداری، تقلید و شبیه‌سازی کرده و کیت‌های تشخیصی مختلفی جهت فاکتورهای التهابی مرتبط با اکتازی قرنیه بسازیم و داروهای هدفمندی را جهت به حداکثر رساندن منافع درمانی برای بیماران تولید نماییم.

- پارامترهای جراحی

Seiler و همکارانش در سال ۱۹۹۸ پیشنهاد کردند که RSB کم‌تر از $250\mu\text{m}$ ، یکی از ریسک فاکتورهای PLE به شمار می‌رود و حتی برخی جراحان برای احتیاط بیش‌تر در زمینه کاربردهای بالینی از RSB در حد $300\mu\text{m}$ استفاده نمودند. در سال ۲۰۱۴ این نکته مطرح گردید که PTA، تأثیر جراحی LVC را بر روی قرنیه به‌صورت جامع‌تر و کامل‌تری مورد ارزیابی قرار می‌دهد و ثابت شد که PTA در بیماران دارای بیومکانیک و توپوگرافی طبیعی قبل از عمل جراحی، یک اندیکاتور خطر مطمئن‌تری می‌باشد. PTA در لیزیک به این صورت تعریف می‌شود: $PTA = (FT + AD) / CCT$ ضخامت AD (flap thickness): عمق CCT (ablation depth): ضخامت قسمت مرکزی قرنیه در قبل از عمل جراحی (Preoperative central corneal thickness). شواهد موجود این مسئله را مطرح می‌کند که $PTA \leq 40\%$ یک ریسک فاکتور برای PLE می‌باشد و در چشم‌هایی که یافته‌های واضح‌تری از ناهنجاری‌های توپوگرافیکی در آن‌ها وجود دارد، ممکن است مقادیر پایین‌تری از PTA برای ایجاد PLE کافی باشد. Santhiago و همکارانش مطالعه خاصی را جهت بررسی تأثیر نسبی ضخامت flap و عمق ablation بر روی PTA پس از لیزیک انجام دادند. آن‌ها متوجه شدند که یک LASIK flap در مقایسه با عمق ablation، تأثیر بیش‌تری دارد و ترکیب یک برش نسبتاً ضخیم flap و عمق قابل ملاحظه‌ای از ablation باعث ایجاد یک سیکل بیومکانیکی فروپاشی در اکتازی می‌شود که همراه با نازک شدن پیش‌رونده، باز توزیع استرس، افزایش انحنا و باز توزیع بیش‌تر استرس - که کامل‌کننده سیکل است - بوده و منجر به نازک شدن پیش‌رونده می‌گردد.

علاوه بر این، نحوه ایجاد corneal flap بر روی ایجاد PLE نیز تأثیرگذار می‌باشد: Femtosecond laser flap کم‌خطرتر و ایمن‌تر از فلاپ تهیه شده توسط میکروکراتوم مکانیکی چرخان است: فلاپی که شکل هلالی دارد و محیط آن ضخیم‌تر و مرکز آن نازک‌تر است، در مقایسه با فلاپ مسطح دارای تأثیرات بیومکانیکی بیشتری می‌باشد.



شکل ۳. فرایند ایجاد یک مدل AI در مورد غربالگری قبل از انجام عمل جراحی لیزیک. اطلاعات جمع آوری شده مربوط به بیمار و پیامدها، منبع ورودی (input) برای یادگیری می باشد و این یادگیری (learning) در ادامه با پارامترهای مدل تطابق داده می شود. سپس فرایند اعتبارسنجی را جهت تنظیم و هماهنگ سازی پارامترهای مدل یا جهت انتخاب یک مدل بهینه انجام دهید. در مرحله بعد، جهت ارزیابی این نکته که آیا خروجی مدل با نتایج مربوط به بیمار هماهنگی و تطابق دارد یا نه، مقداری از اطلاعات بیمار را وارد کنید. در آخر جهت به تصویر کشیدن عملکرد الگوریتم ها از منحنی ROC استفاده کنید (ویژگی های اجرایی دریافت کننده: Receiver Operating Characteristic)

است که TBI در تشخیص اکتازی، در مقایسه با اندکس های دیگری مانند BAD-D و اندکس بیومکانیکی کورویس (Corvis Biomechanical Index) از دقت بالاتری برخوردار می باشد. در سال ۲۰۱۷، The Belin ABCD Progression Display به وسیله Belin و همکارانش ایجاد شد، با Pentacam ترکیب گردید و ثابت شد که در مقایسه با معیارهای متعارف و رایج، می تواند پیشرفت کراتوکونوس را زودتر تشخیص دهد. شعاع قدامی (A) و خلفی (B) انحناها در یک منطقه اپتیکال ۳ میلیمتری که در اطراف نازک ترین نقطه قرنیه قرار دارد، اندازه گیری می شود. پارامتر C نشان دهنده کمترین ضخامت قرنیه می باشد و پارامتر D مبتنی بر BCVA می باشد. در سال ۲۰۲۱ پیشنهاد شد که پارامتر E از Corvis ST به ABCD Progression Display مبتنی بر توپوگرافی اضافه شود و این پارامتر می تواند تغییرات غیرطبیعی را زودتر از توموگرافی، غربالگری کند.

از طریق یک رویکرد مدل سازی المان (عنصر) محدود با کیفیت عالی و با استفاده از داده های توموگرافی بالینی، تفاوت های موجود

درخت های تصمیم گیری متعددی ساخته شده و با یکدیگر ترکیب می گردد تا دقت پیش بینی افزایش یابد و این روش، در میان مدل های AI دارای بالاترین دقت بوده و PRFI نامیده می شود. وقتی که PRFI بیماران مبتلا به اتساع شدیداً آسیمتریک را شناسایی می کرد، میزان تشخیص صحیح چشم های طبیعی به وسیله توپوگرافی قرنیه، ۸۵/۲ درصد بود در حالی که میزان صحیح بودن تشخیص بالینی اتساع در چشم دیگر برابر با ۱۰۰ درصد بود و این میزان بالاتر از مقدار انحراف Belin/Ambrosio (BAD-D⁶) در هر دو گروه بود. TBI از Pentacam HR و Corvis ST مشتق می شود و روش RF همراه با اعتبارسنجی متقاطع یک طرفه (Leave-one-out)، بهترین مدل AI را ایجاد نمود. این نکته به اثبات رسیده

۱ . Regularized Discriminant Analysis: آنالیز تفکیکی مرتب شده

۲ . Support Vector Machine: دستگاه بردار پشتیبانی

3 . Naïve Bayes

۴ . Neural Networks: شبکه های عصبی

5 . Random Forest

6 . Belin/Ambrosio Deviation

که روش‌های Flapless بر ویژگی‌های مکانیکی کلژن استرومای قدامی کم‌تر تأثیر گذاشته و در مقایسه با روش‌های مبتنی بر Flap در چشم سمت مقابل، کم‌تر باعث جابه‌جایی بستر استرومال شده و استرس‌های کم‌تری را ایجاد می‌کنند. در یک مطالعه که شامل مدل‌سازی محاسباتی با مقیاسی وسیع بود، مدل‌های تک‌المانی محدود از چشم‌های کراتوکونیک، در معرض خطر و طبیعی به‌صورت اختصاصی برای هر بیمار در معرض درجات متغیری از روش‌های لیزیک و PRK قرار گرفتند و یافته‌های به‌دست‌آمده این نکته را مطرح می‌کند که جهت تخمین زدن خطر اکتازی با بالاترین دقت، ضروری است داده‌های بیومکانیکی و هندسی اختصاصی هر بیمار را با پارامترهای جراحی مختص به هر مورد ترکیب کنیم. باید بدانیم که استعداد اکتازی نه‌تنها به شکنندگی قرنیه (شباهت با خواص بیومکانیکی داخلی) بلکه به پارامترهای جراحی (به عبارتی همان خواص بیومکانیکی قابل‌تغییر) نیز وابسته می‌باشد و ما همچنان نیاز داریم که شناخت بیش‌تر و بهتری در این زمینه به دست آوریم.

ریسک فاکتورهای فعلی که مورد پذیرش وسیعی نیز قرار دارد، جهت جلوگیری از ایجاد اکتازی احتمالی پس از لیزیک به‌اندازه کافی دقیق و مشخص نمی‌باشد و بهترین استراتژی ما این است که از یک رویکرد غربالگری شخصی‌سازی شده و باکیفیت در مورد اکتازی استفاده نماییم و این رویکرد، ریسک فاکتورهای کلاسیک را نباید کنار بگذارد و از آن‌ها عبور کند؛ بلکه باید فراتر و کامل‌تر از آن‌ها باشد. در این رویکرد، ضروری است که داده‌های عینی مرتبط با بیماران را که در ارزیابی ساختمان قرنیه کاربرد دارد با یکدیگر تلفیق و ترکیب نماییم تا از این راه، از استعداد شخصی ایجاد اکتازی و تأثیرات بیومکانیکی حاصل از عمل جراحی آگاهی به دست آوریم. الگوریتم‌های AI و ML احتمالاً در آینده نقش حتمی و قطعی‌ای را در ارتقای هرچه بیش‌تر ارزشیابی خطر اکتازی ایفا خواهند کرد.

* در هنگام عمل جراحی

علی‌رغم آنکه روش فعلی لیزیک در ایجاد تغییرات استاتیک در عیوب انکساری بسیار موفق عمل کرده است، ولی در این روش بی‌ثباتی رفرکتیو ایجاد شده پس از لیزیک چندان قابل‌کنترل نمی‌باشد. Wollensak و همکارانش اولین مطالعه در خصوص استفاده از روش کراس‌لینکنگ کلژنی (CXL) قرنیه به کمک ریبوفلاوین و UVA را در درمان کراتوکونوس پیش‌رونده در بزرگسالان گزارش کردند. از آن زمان به بعد، CXL در درمان کراتوکونوس پیش‌رونده و نیز بیماری‌های دیگری از جمله PLE به نحو گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. در سال‌های اخیر، در مورد ترکیب CXL با لیزیک - که LASIK Xtra نامیده می‌شود - جهت پیشگیری از ایجاد PLE در بیماران پرخطر مطالعاتی صورت گرفته است. به نظر می‌رسد که

در توزیع‌های کششی مابین دوره قبل و بعد از عمل جراحی را می‌توان مشاهده نمود و این امر می‌تواند خطر اکتازی آسپتتریک را در نوع یک‌طرفه PLE پیش‌بینی کند. در کد معمولی Python، از روش تکرارشونده استفاده شد تا از این طریق، هندسه عاری از تنش (Stress-free) قرنیه به دست بیاید. سپس مدل در معرض بارگذاری IOP قرار گرفت تا توزیع‌های کششی وضعیت قبل و بعد از عمل مشخص گردد. پیش‌بینی کننده‌های بالینی استاندارد خطر PLE در مورد چشم درگیر و چشم سمت مقابل شبیه به یکدیگر بود، اما تفاوت‌هایی در شدت و توزیع کشش (Strain) و تنش (Stress) مشاهده شد که این امر به معنای آن است که در چشم درگیر، استعداد و زمینه بی‌ثباتی بیومکانیکی بیش‌تر می‌باشد. این آنالیز، نمایانگر یک مرحله مهم و آغازین در ارزیابی خطر مبتنی بر شبیه‌سازی بوده و از یک منبع کمیاب و خاص استفاده می‌کند: موارد اکتازی یک‌طرفه که در آن‌ها هم توموگرافی قبل از عمل جراحی و هم توموگرافی بعد از عمل جراحی در دسترس می‌باشد. این شبیه‌سازی‌ها فاکتورهای ساختمانی درونی را مشخص می‌کند که این فاکتورها، ممکن است چشم بیمار را در معرض ابتلا به مجموعه‌ای از عوارض قرار دهند. از این شبیه‌سازی‌ها می‌توان جهت ارزیابی خطر به شیوه‌ای قیاسی استفاده نمود. مجموعه‌ای از مطالعات مقدماتی در مقیاس بزرگ که در دست اقدام است، در جدول ۱ نشان داده شده است.

برای ایجاد یک چنین الگوریتم‌هایی ضروری است که جهت یادگیری مدل‌های AI و اعتبارسنجی آن‌ها، داده‌های بالینی را در اختیار داشته باشیم. به‌عنوان مثال، در ESS^۱ (نمره استعداد اکتازی) که توسط BRAIN^۲ ایجاد گردید (گروه مطالعاتی هوش مصنوعی و آنالیز قرنیه برزیل)، یک گروه کوهورت وجود داشت که شامل داده‌های ۶۰ بیماری که دچار اکتازی شده بودند، می‌بود و این کوهورت یک نمره اختصاصی خطر را جهت خطر اکتازی بر اساس داده‌های توموگرافی قرنیه و نوع درمان به‌کاررفته مشخص می‌کند. همچنین مطالعات انجام شده توانایی فن آوری AI را جهت تشخیص خطر اتساع از طریق افتراق میان موارد مستعد و آسیب‌پذیر، بیماری ساب کلینیکال یا در مراحل اولیه، کراتوکونوس بالینی و چشم‌های باثبات و بدون تغییر مورد سنجش و ارزیابی قرار داده است.

علاوه بر موارد فوق، در کنار افزایش دقت ما در تشخیص موارد اکتاتیک یا موارد مستعد و آسیب‌پذیر، نکته اساسی و پایه آن است که جهت ارزیابی اختصاصی خطر اکتازی قبل از جراحی‌های اصلاحی لیزری، داده‌هایی را که تأثیرات بیومکانیکی حاصل از عمل جراحی را شبیه‌سازی می‌کنند با یکدیگر ترکیب کنیم. آنالیزهای الگوریتمی که به‌منظور محاسبه تأثیرات بیومکانیکی روش‌های Flapless و مبتنی بر Flap و مقایسه مستقیم آن‌ها صورت پذیرفت، نشان داد

1 . Ectasia Susceptibility Score

2 . Brazilian Study Group of Artificial Intelligence & Corneal Analysis

جدول ۱: خلاصه‌ای از سیستم‌های هوش مصنوعی جهت ارزیابی ریسک اکتنازی قرینه.

مطالعه	بیماری	کشور	سال	سیستم	منبع داده‌ها	فرایند مطالعه	حجم نمونه	AUC	حساسیت (%)	ویژگی (%)	سایر اندیکاتورها	نتیجه‌گیری
Maceda N و همکاران	کراتو کوئوس	آمریکا	۱۹۹۴	غربالگری خودکار کراتو کوئوس	توبوگرافی	آموزش و اعتبارسنجی	۱۰۰ قرینه برای آموزش و ۱۰۰ قرینه اضافی برای اعتبارسنجی	NA	۸۹%	۹۹%	دقت ۹۶%	آن را می‌توان جهت افتراق کراتو کوئوس کلینیکی از سایر توبوگرافی‌های قرینه مورد استفاده قرار داد.
Lopes BT و همکاران	PLE	برزیل	۲۰۱۸	ارزیابی استعداد PLE	توموگرافی	مطالعه مورد - شاهدهی چند مرکزی	۲۶۹۳ بیمار از ۵ کلینیک مختلف	۰/۹۹۲	۹۴/۲%	۹۸/۸%	Cutoff ۰/۲۱۶	PRFI تشخیص اکتنازی را بهبود می‌بخشد ولی پارامترهای بیومکانیکی و تأثیر ناشی از LVC مورد نیاز می‌باشد.
Ambrosio و همکاران R	کراتو کوئوس	برزیل	۲۰۱۷	ارزیابی‌ها جهت تقویت تشخیص اکتنازی	پارامترهای Corvis ST و Pentacam HR	مطالعه گذشته‌نگر	۴۸۰ بیمار دارای قرینه نرمال و ۲۰۴ بیمار مبتلا به کراتو کوئوس	۰/۹۹۶	۱۰۰%	۱۰۰%	۰/۲۹ Cutoff	دقت TBI در تشخیص اکتنازی بالاتر از سایر فن‌آوری‌ها بود
Flockerzi و Elias VR همکاران	کراتو کوئوس	آلمان	۲۰۲۱	ارزیابی پتانسیل «E» به عنوان متممی برای مرحله‌بندی ABCD در اکتنازی	پارامترهای Corvis ST و Pentacam HR	مطالعه گذشته‌نگر مقطعی	اولین مجموعه داده‌ها شامل ۴۲۸ فرد مبتلا به کراتو کوئوس و دومین مجموعه داده‌ها شامل ۸۶۰ قرینه بود	NA	NA	NA	NA	پارامتر جدید «E» یک مرحله‌بندی بیومکانیکی را برای اکتنازی KC/ برای آرایه می‌دهد که به صورت بالقوه‌ای مرحله‌بندی ABCD را تقویت می‌کند.

در یک مجموعه غربالگری می‌توان آن را به صورت یک قبل فرض شده انجام داد	NA	NA	NA	NA	در یک بیمار، PLE به صورت یک طرفه ایجاد شد	شبه سازی‌های آنالیز تک المانی قبل از عمل جراحی	داده‌های توموگرافی و سابقه کلینیکی	آنالیز ریسک بیومکانیکی LVC فریه در	۲۰۱۶	ایالات متحده	PLE	Yahdaii و همکاران
F. Ele. ترکیب Th-HC DFA و SP-A1 تشخیص FFKC را کامل‌تر و مؤثرتر می‌کند.	NA	NA	NA	SLR2 (0/965) TBI (0/885) F. Ele. Th (0/874) BAD-D (0/839)	چشم‌های سالم (n=۵۰)، CKC (n=۴۵) و FFKC (n=۱۵)	آموزش و اعتبارسنجی	Pentacam, Corvis ST و ORA	جهت افتراق FFKC و CKC از حالت طبیعی	۲۰۲۱	چین	کرانو کونوس	Zhang H و همکاران
استرومال در flap- چشم‌های based بیشتر از چشم‌های تحت flapless تأثیر قرار گرفته و درگیر شده بود.	NA	NA	NA	NA	۱۰ چشم از ۵ بیمار که تحت عمل جراحی LVC قرار گرفته اند	شبه سازی‌های تک المانی	Scheimpflug-based tomographer	آنالیز بیومکانیکی و SMILE و flap- جراحی Based	۲۰۱۷	ایالات متحده	NA	Seven I و همکاران
کشش‌های ماکزیم پس از لیزیک، همواره بالاتر از PRK در شرایط مساوی بودند.	NA	NA	NA	NA	NA	شبه سازی‌های تک المانی	ویژگی‌های کلینیکی	یک مطالعه مدل سازی الگوریتمی با مقیاس بزرگ	۲۰۲۱	ایالات متحده	NA	Dupps WJ و همکاران

AUC: Area Under the Curve; CKC: Clinical Keratoconus; FFKC: Forme Fruste Keratoconus; PRFI: Pentacam Random Forest Index; TBI: Tomographic & Biomechanical Index

توجه به عوارض خطرناکی که در مطالعات قبلی گزارش شده بود، در بالین نیز از نوعی از CXL که مبتنی بر یک مدت زمان کوتاه شده (سریع شده) می باشد، استفاده گردید: در اینجا، به منظور تداوم اثربخشی روش لیزیک از دستگاه KXL استفاده می گردد. داده های موجود نشان دهنده آن است که نتایج رفرکتیو و بینایی حاصل از فرم تسریع شده XL در ترکیب با لیزیک و نیز ایمنی آن، مشابه با یا بهتر از نتایج روش شایع LASIK Xtra می باشد. در پروتوکل LASIK Xtra، پروتوکل توصیه شده در خصوص فرم تسریع شده ترکیبی CXL توسط Avedro به شرح ذیل است: (۱) ایجاد LASIK flap و در ادامه aser Ablation؛ (۲) بلند کردن flap و در حالی که flap باز است، استفاده از ریوفلاوین ۰/۲۲ درصدی (Avedro، ibeX Xtra riboflavin) به داخل بستر استرومای زیرین و سپس برای خیس خوردن ۴۵ الی ۱۲۰ ثانیه، صبر کنید؛ (۳) شستشوی بستر استرومال جهت زدودن محلول ریوفلاوین و در ادامه قرار دادن مجدد فلاپ قرنیه ای؛ (۴) تابش اشعه UV-A به روی فلاپ قرنیه با توان 30 mW/cm^2 به مدت ۴۵ الی ۹۰ ثانیه، که در کل انرژی ای برابر با $44-15 \text{ cm}^2$ تولید می گردد (dro KXL system, Avedro). همچنین در پروتوکل از نظر غلظت ریوفلاوین، مدت زمان خیس خوردن و میزان انرژی UV-A به کار رفته تنوع وجود دارد. از آنجا که چشم های طبیعی تحت درمان با LASIK Xtra قرار گرفتند، این نکته مطرح می گردد که میزان انرژی تنظیمی (18 m^2) احتمالاً کم تر از مقدار انرژی به کار رفته در کراس لینکنگ معمولی کراتوکونوس می باشد (54 J/cm^2). در myopic Xtra مشا گردید که در صورت مواجهه با انرژی کلی بالاتر UV-A، بیمار دچار کراتیت لاملار منتشر می شود. روش های Xtra یقیناً محدوده جراحی های رفرکتیو قرنیه را - خصوصاً در مواردی که با توجه به پاکی متری، توپوگرافی قبل از عمل، ضخامت بستر باقی مانده و... چشم فرد در وضعیت مرزی قرار دارد - گسترش داده است چرا که در این موارد خطر ایجاد PLE در آینده بالا خواهد بود. با این وجود، از آنجا که حجم نمونه های مورد استفاده در بسیاری از مطالعات نسبتاً کوچک بود و داده های بلندمدت در دسترس نمی باشد بسیاری از ابعاد مرتبط با این روش ها همچنان مجهول و بی پاسخ باقی مانده است. به علت پیچیدگی فرایند ایجاد PLE، هنوز هم LASIK Xtra به عنوان یک درمان استاندارد مورد توجه قرار نگرفته است. در عین حال مواردی از اتساع یک طرفه قرنیه پس از LASIK Xtra همچنان گزارش شده است و بنابراین ارزیابی منافع و نیز خطرات بلندمدت CXL از اهمیت خاص و قابل ملاحظه ای برخوردار خواهد بود.

اضافه کردن CXL به لیزیک نه تنها پیش بینی پذیر بودن نتایج استاتیک رفرکتیو را بهبود می بخشد؛ بلکه خطر پسرفت پس از عمل جراحی را کاهش داده و از این طریق قابلیت کنترل دینامیک بی ثباتی توپوگرافیک و رفرکتیو ایجاد شده پس از جراحی های لیزری اصلاح دید را افزایش می دهد. Kanellopoulos و همکارانش گزارش کردند که نتایج به دست آمده پس از یک سال نشان دهنده آن بود که در ۹۰/۴ درصد از چشم های LASIK Xtra میزان UDVA در حد ۲۰/۲۰ یا بالاتر بود در حالی که این رقم در چشم های فقط لیزیک، ۸۵/۴ درصد بود ($p = 0.042$) و نتایج دوساله نشان داد که در گروه LASIK Xtra، ۸۴/۶ درصد از افراد به ۰/۵۰ دیوپتر تا ۰/۰۰ دیوپتر دست یافته بودیم و این در حالی بود که در چشم های فقط لیزیک، این رقم برابر با ۸۱/۳ درصد بود (چشمگیر و معنادار نبود، $p = 0.0754$). هر دو مطالعه مقایسه ای که در خصوص نتایج یک و دوساله توسط Kanellopoulos و همکارانش انجام گرفت، نشان داد که در مقایسه با گروه فقط لیزیک، در گروه LASIK Xtra ثبات کراتومتریک بیش تر بوده و هیچ شیفت کراتومتریک رو به جلویی وجود نداشت ($p = 0.039$ ، مطالعه یک ساله؛ $p = 0.032$ ، مطالعه دوساله). علاوه بر این، یک مطالعه case series نیز نشان داد که در مطالعه ای که توسط Xu و همکارانش انجام شده بود، میانگین کراتومتری از ۴۴/۱۵ دیوپتر در قبل از عمل جراحی، پس از دو سال بعد از انجام عمل جراحی به ۳۹/۷۵ بهبود یافته بود. پس بنابراین، این نکته به اثبات رسیده است که روش LASIK Xtra، در کل در تثبیت نتایج کراتومتریک و رفرکتیو بیمار یک روش ایمن و مؤثری می باشد. با این وجود، در حال حاضر هیچ اجماعی در مورد معیارهای انتخاب بیماران و یا پروتکلی جهت جراحی رفرکتیو و انجام هم زمان CXL وجود ندارد. تمامی ریسک فاکتورهای غربالگری قبل از عمل جراحی که در بالا به آن ها اشاره شد، اندیکاسیون هایی برای LASIK Xtra به شمار می روند. معیارهای اولیه انتخاب (inclusion criteria) توسط Jerry Tan و همکارانش شامل این موارد بود: میوپی یا میوپی همراه با آستیگماتیسم با MRSE^۱ از ۸- دیوپتر تا ۱۹- دیوپتر، سن بالای ۲۱ سال، رفرکشن ثابت (تغییر در حد ۰/۵۰ دیوپتر یا کم تر در SE برای حداقل یک سال) و یک RSB پیش بینی شده در حد $250 \mu\text{m}$ یا بالاتر همراه با نبود هرگونه شواهد بالینی یا توپوگرافیکی از کراتوکونوس یا کراتکتازی. در اینجا نیز مانند معیارهای انتخاب هیچ گونه اجماعی در مورد رنگ ریوفلاوین، توان و مدت زمان تابش اشعه UV-A که قرار است از آن استفاده شود و مقدار انرژی نهایی مورد استفاده جهت قرنیه برای هر یک از روش های ترکیبی جراحی رفرکتیو و CXL وجود ندارد. LASIK Xtra ابتدا به مدت ۳ دقیقه در معرض تابش UV-A با توان ۱۰ میلی وات در سانتیمتر مربع (mW/cm^2) قرار می گیرد. با

درمان

دو هدف بسیار مهم درمان مبتلایان به PLE، جلوگیری از پیشرفت بیماری و بازتوانی بینایی فرد می‌باشد و روش‌های درمانی را می‌توان به دو نوع درمان غیر جراحی و درمان جراحی تقسیم نمود که به‌صورت خلاصه در جدول ۲ ذکر گردیده است.

* درمان غیر جراحی

در اینجا نیز مانند تمامی درمان‌های غیر جراحی، مهم‌ترین معیارها شامل آموزش شفاهی بیمار در خصوص اهمیت نمالیدن چشم‌ها و نیز کنترل IOP تا حد ممکن می‌باشد؛ زیرا با استفاده مناسب از فرصت زمانی اشاره شده در قسمت‌های قبلی، ممکن است بتوانیم اکتازی را در همان مراحل اولیه‌اش برطرف نماییم؛ این دو عنصر در مجموعه معیارهای مراقبتی قبل از عمل جراحی به‌دفعات مورد تأکید قرار گرفته است. هیچ‌گونه شواهدی مبنی بر اینکه یک داروی خاص می‌تواند مانع از پیشرفت بیماری‌های اکتاتیک شود، وجود ندارد. قسمت اعظم این مطالعات دارویی متمرکز و متوجه به مولکول‌های ضدالتهابی جدیدی می‌باشد که بتوانند از تجزیه ماتریکس خارج سلولی قرنیه جلوگیری به عمل آورند. از نظر رفراکشن و تصحیح اپتیکال، در تمامی بیماران باید رفراکشن فردی را بررسی نمود. استراتژی‌های متناسب‌سازی در مورد چشم‌های مبتلا به PLE اغلب شبیه به استراتژی‌های مربوط به کراتوکونوس می‌باشد. کاهش دید در بیمار مبتلا به PLE را می‌توان با استفاده از عینک اصلاح کرد؛ ولی این کار به‌ندرت موفقیت‌آمیز است. در مواردی که این کار سودمند واقع نمی‌شود، باید از لنزهای تماسی سخت استفاده کرد و نوع RGP (نوع سخت و نفوذپذیر به گاز: Rigid Gas Permeable) ترجیح داده می‌شود. علاوه بر این، در بیمار مبتلا به PLE که استفاده از RGP در او با شکست روبرو شده است، به‌جای آن می‌توان از لنزهای تماسی ذیل استفاده کرد: لنز هیبریدی (مرکز سخت و حاشیه نرم)؛ لنزهای تماسی نرم toric، bitoric (هلالی) و طرح کراتوکونوس؛ لنز تماسی RGP با طرح کراتوکونوس؛ نوع کوله‌ای (piggy-back)؛ لنزهای تماسی کورنئواسکلرال، مینی اسکالرال و semi-scleral؛ و لنزهای اسکالرال. این لنزهای تماسی هرچند که در بسیاری از بیماران در تصحیح دید فرد مؤثر بوده است، ولی نمی‌تواند مانع از پیشرفت اتساع قرنیه و یا توقف این فرایند شود.

* درمان جراحی:

- CXL

• Epi-off CXL: در بیمارانی که درمان غیر جراحی، نتایج کاملاً رضایت‌بخشی را به دنبال نداشته است، باید درمان‌های جراحی را

* پس از عمل جراحی

ما می‌توانیم از طریق مجموعه‌ای از روش‌ها از بروز PLE جلوگیری به عمل آوریم. فشار طولانی‌مدت بر روی قرنیه - عمدتاً IOP و فشار ایجاد شده به‌وسیله مالش چشم یا خوابیدن با فشار - فاکتورهای مهمی هستند که منجر به PLE می‌شوند. یک مورد گزارش شده که در آن، اکتازی یک‌طرفه قرنیه در بیماری رخ داد که تحت درمان لیزیک دو طرفه قرار گرفته و باقی‌مانده لاملای خلفی در هر دو چشم او کم‌تر از $250\ \mu\text{m}$ بود. این بیمار خودش اعلام کرد که عادتاً چشم‌هایش را می‌مالد و اینکه چشم درگیر او، فقط آن چشمی بود که آن را می‌مالید. هرچند که یادآوری این‌گونه اطلاعات از سوی بیماران کار سخت و دشواری است، مالش غیر قرنیه چشم‌ها احتمالاً توجیه‌کننده این است که چرا در بیماری که عمل لیزیک او باثبات و بدون تغییر بوده اکتازی به‌صورت یک‌طرفه رخ داده است. در مورد آلرژی‌های چشمی، استفاده از داروهای ضد آلرژی موضعی و نرم‌کننده‌های موضعی (در صورت سوزش چشم‌ها) می‌تواند تمایل فرد به مالیدن چشم‌ها را کاهش دهد. قطره‌های چشمی فاقد مواد نگهدارنده برای اتساع بهترین گزینه هستند، زیرا محصولات فاقد مواد نگهدارنده در مقایسه با فرآورده‌های حاوی مواد نگهدارنده سوزش چشم‌ها و آسیب اپیتلیالی را کاهش می‌دهند (شواهدی وجود دارد که مواد نگهدارنده باعث تحریک و سوزش چشم‌ها، مالیدن چشم‌ها و میکروترومای اپیتلیوم می‌گردد). علاوه بر این، Hiatt و همکارانش یک مورد از اکتازی زودرس را گزارش کردند که با کاهش IOP برطرف گردید. نویسندگان تصور می‌کنند که درست در اوایل ایجاد اکتازی یک «فرصت زمانی» وجود دارد که در آن فرصت، کاهش IOP ممکن است مفید و مؤثر باشد و این درحالی است که آن‌ها در مورد برطرف کردن شکل درازمدت و طول کشیده PLE از طریق کنترل IOP موفقیتی را گزارش نکردند. تأثیر کلی کنترل IOP بر روی PLE همچنان نیاز به بررسی و شناخت بیش‌تری دارد. همچنین ضروری است که پس از انجام جراحی لیزیک چشم‌های بیمار را به‌وسیله یک معاینه چشم‌پزشکی کامل و جامع از جمله توپوگرافی قرنیه و داده‌های رفرکتیو به‌دقت مورد پایش قرار دهیم. اندازه‌گیری BCVA و پیگیری آن کار مفید و مؤثری است چرا که کاهش آن ممکن است حاکی از افزایش آستیگماتیسم نامنظم و احتمالاً وجود یک وضعیت خطرناک‌تری باشد. توپوگرافی قرنیه می‌تواند به پزشک در تشخیص اینکه آیا نامنظمی و شیب‌دار شدن مرکزی - که به نفع بدتر شدن اکتازی می‌باشد - وجود دارد یا نه کمک کند. پس بنابراین، ما باید ثبات و پایداری IOP را در مراحل اولیه پس از لیزیک کنترل نموده، با خشکی و سوزش چشم‌ها مواجهه فعالانه‌ای داشته و به بیماران یادآوری کنیم که پس از انجام عمل جراحی به‌صورت مرتب و منظم جهت معاینه مراجعه نمایند.

جدول ۲: نتایج کلینیکی روش های درمانی مختلف در اکتازی قرنیه

استراتژی درمانی	روش	مرجع	کشور	نوع مطالعه	چشم ها/تعداد بیماران	سن (سال)	جنس (مؤنث/ مذکر)	جراحی لیزریک	مدت زمان اکتازی	علامت اکتازی	میانگین فالوآپ (ماه)	درمان	تاثیر
درمان غیر جراحی	IOP را کاهش دهید	Hiatt و همکاران، ۲۰۰۵	آمریکا	گزارش های موردی	۷/۱	۴۰	۰/۱	لیزر یک برای ۰/۷۵×۲۰-۷/۷۵- چشم راست	بعد از عمل ۴ جراحی ماه	BSCVA و UCVA در چشم راست به ۲۰/۴۰ کاهش یافت؛ توپوگرافی غیر طبیعی قرنیه	۱۴	یک قطره تیمولول ۰/۵٪ روزانه در چشم راست برای ۵ ماه	IOP از ۱۹ به ۱۴ mmHg کاهش یافت؛ BSCVA در چشم راست به ۲۰/۴۰ برگشت و توپوگرافی قرنیه نرمال شد.
	Epi-off CXL	Yildirim و همکاران، ۲۰۱۴	ترکیه	Case series، گذشته نگر	۱۴/۲۰	AVG (۳۴/۸)	۷/۷	NA	NA	NA	۲۵	پروتوکل استاندارد Dresden	بهبودی در قدرت دید، رفراکشن سیلندریکال و Kmax مقدار رخ داد.
درمان جراحی	CXL با ریوفلاوین در یک حفره ایجاد شده توسط لیزر Femtosecond	Kanellopoulos (b) ۲۰۰۹	یونان	Case series، آینده نگر	۱۰/۱۰	بالای ۱۸ سال	NA	NA	NA	کرونومتری بالاتر از ۴۸ دیوپتر و/ یا شیب دار شدن تحتانی بالاتر از یک دیوپتر در نیمه فوقانی قرنیه، حداقل ضخامت یا قرینه مساوی یا بالاتر از ۵۰۰ μm	۲۶	ایجاد حفره در داخل استروما، CXL و مصرف دارو پس از عمل جراحی	۲۰/۵۰ از UDVA به ۲۰/۴۰ افزایش یافت، میانگین sphere در حدود نیم دیوپتر کاهش یافت، میانگین سیلندر در حدود ۰/۹ کاهش یافت Kmax از ۴۹/۵ و به ۴۸/۱۰ دیوپتر

کاهش در کراتومتری از ۴۶/۴۷ ± ۱/۰۳ به ۴۴/۱۲ ± ۱/۱۲ دیوپتر یک سال. استیگماتیسم از ۲/۴۴ ± ۰/۴۸ به ۲/۹۵ ± ۰/۳۳ دیوپتر. UDVA در محدوده حداکثر ۰/۴۴ ± ۰/۶۱ تا ۰/۴۸ ± ۰/۴۱ بهبود یافت.	محلول ریبوفلاوین از طریق یوتروفورزیز به مدت ۱۰ دقیقه استفاده شد. سپس اشعه استاندارد UVA سطحی به مدت ۳۰ دقیقه با فاصله ۵ سانتیمتری تابانده شد (۳۷۰ نانومتر، 3 mW/)	۳۲/۸۵	Kmax در حدود یک دیوپتر یا بیشتر manifest در cylinder یا افزایش در MRSE به میزان نیم دیوپتر یا بیشتر	بالا تر از یک سال	NA	NA	NA	NA	۹/۱۲ ± ۳۲/۸۵	۱۹/۲۳	Case series آینده‌نگر	روسیه	Bikbova و همکاران، ۲۰۱۴	I-CXL		
پیشرفت PLE را تثبیت می‌کند، باعث منظم شدن قرنیه می‌شود و قدرت دید فرد را بهبود می‌بخشد.	Epi-off به وسیله KXL ریبوفلاوین ۰/۱ درصد در دکستران ۲۰ درصد و اشعه تسریع شده UVA ۹،۳۷۰ nm) ۱۰ mW/ برای دقیقه (انجام شد.	۱۲-۷۸	NA	NA	NA	NA	NA	۱۲/۶ ± ۳۹/۷	۱۱/۱۴	Case series گذشته‌نگر	استرالیا	Tong و همکاران، ۲۰۱۷	Epi-off KXL			
بهبودی CDVA و تثبیت کراتومتری قرنیه و بلند شدن (elevation) حلقی	قرنیه با استفاده از پاراسل (به مدت ۴ دقیقه) و Xtra (به مدت ۶ دقیقه) خیس گردید. اشعه UV به (mW/ ۴۵) مدت در کل ۵ دقیقه و ۲۰ ثانیه تابانده شد و دوز سطحی به میزان ۷/۲ ال حاصل گردید.	۴۶	NA	NA	NA	NA	۱۹/۶	۱۲/۶ ± ۳۹/۷	۲۵/۲۵	Case series آینده‌نگر	چین	Zhang, Sun و همکاران، ۲۰۲۰	Epi-on KXL (ATE-CXL)			

[illegible]

قدرت قرینه و elevation آن ثابت و بدون تغییر بود و ضخامت بهبود یافت	لنیکول تازه را در داخل استروما قرار دهید و پس از گذشت ۴ ماه، CXL را انجام دهید	۳۰	۲ سال پس از عمل جراحی / UDVA برابر با ۲۰/۴۰ بود و شیب‌دار شدن منتشر قرینه در چشم چپ وجود داشت	NA	پاکمتری مرکزی قرینه در چشم چپ ۳۲۴ μm بود	۱/۰	۲۸	۱/۱	گزارش‌های موردی	چین	Li و همکاران، ۲۰۱۸	مکمل آلوزیک لنیکول همراه با CXL		
۲۴ ماه بعد، UDVA بهبود یافت و میانگین رفرکشن cylinder equivalent کاهش یافت	PRK و PTK را بر روی فلایپ قلی قرینه انجام داده و در همان روز CXL انجام می شود	۲۴	کاهش UDVA، از بین رفتن شیب‌دار شدن تحتانی پیش‌رونده قرینه و/یا کاهش ضخامت تحتانی قرینه	NA	NA	NA	NA	۱۲/۶	Case series گذشته‌نگر	چین	Zhou و همکاران، ۲۰۱۹	CXL+PTK در ترکیب با PRK		
Attempted در correction اکثریت چشمها در محدوده ± 1 دیوپتر بود و دارای UDVA پس از جراحی بودند	ایپتایوم قرینه را بر دارید و از laser ablation استفاده کرده و در ادامه KXL انجام می شود	۱۲	تشخیص PLE بر اساس پارامترهای Pentacam انجام شد	NA	NA	۴/۷	$\pm 9/8$ ۳۱/۹	۱۱/۱۶	Case series گذشته‌نگر	کلمبیا	Tamayo و همکاران، ۲۰۱۷	CXL+ HRWG-PRK		
بهبودی VA و کاهش در manifest refraction و اندازه‌های کراتومتری	Intacs تعبیه همراه با CXL به شکل زنجیرهای PLE در	۸	در BSCVA چشم راست و چپ به ترتیب ۲۰/۸۰ و ۲۰/۶۰ بود	NA	NA	۱/۰	۲۷	۱/۲	گزارش‌های موردی	ترکیه	Yildirim و همکاران، ۲۰۱۴	CXL+ICRS		
۷A، رفرکشن و مقادیر کراتومتری بهبود یافت	تعبیه ICERS با استفاده از لیزر femtosecond انجام شد و سپس در همان روز CXL انجام گرفت	۴۳	شیب‌دار شدن پیش‌رونده قسمت مرکزی با تحتانی قرینه، افزایش میوئی و آستیگماتیسم، فقدان UDVA و CDVA	NA	NA	۴/۱۰	$\pm 6/5$ ۳۳	۱۴/۶	Case series گذشته‌نگر و مداخلاتی	آمریکا	Yildirim, Cakir و همکاران، ۲۰۱۴			

VA بهبود یافت و عیوب انکساری و مقادیر کراتومتریک کاهش یافت	CXL در طرف یک ماه پس از تعبیه ICERS انجام شد	۱۲	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Case series، گذشته‌نگر	کره	Kim و همکاران، ۲۰۱۹			
UCVA در چهار پنجم از بیماران بهبود یافت و BCVA در تمام بیماران بهبود یافت	در بیمارانی که از لنزهای تماسی و یا عینک نمی‌خواستند استفاده کنند، کراتوپلاستی نفوذی انجام می‌گرفت	۶-۹۶	NA	NA	میانگین Kmax قبل از PK برابر با $42/2 \pm 56/7 A$ بود (محدوده: $53-61/9$)	NA	$\pm 5/6$ $46/2$	5/5	Case series گذشته‌نگر	آمریکا	Jacob و همکاران، ۲۰۱۴	DALK/PK	کراتو پلاستی		
این روش در بیماران مبتلا به PLE و کراتو کونوس پیشرفته از نظر ایمنولوژیکی اینم و بی‌خطر بود و به خوبی تحمل می‌شود	جهت ایجاد یک حفره اینتراسترومال از لیزر Femtosecond استفاده شد و سپس لنتیکولایز آماده شده در داخل تعبیه شد	۱۲	به صورت کلینیکی و از طریق توبوگرافی قریبه تشخیص داده شد	NA	NA	NA	۱۸-۶۰	۶/۷	Case series گذشته‌نگر	مصر	Stricker-Krongrad و همکاران، ۲۰۱۶	ایمپلنت‌های لنتیکولار قریبای خودی			
یک روش جراحی مطمئن و بی‌خطر در موارد شدیدی که ضخامت قریبه کمتر از $400 \mu m$ است	لنتیکول قریبایی اینتراسترومال بر روی cone مابین فلاپ لیزریک و بستر استروما ایمپلنت می‌شود و سپس فلاپ لیزریک به محل اولیه خود بازگردانده می‌شود	۱۲	Kmax بالاتر از ۵۰ دیوپتر، حداقل ضخامت قریبه کمتر از $400 \mu m$	NA	قریبه کاملاً شفاف بدون وجود هرگونه بیماری یا چشمی یا سیستمیک دیگر	NA	NA	۳/۳	Case series آینده‌نگر	چین	Jiang و همکاران، ۲۰۱۷	کراتوپلاستی لاملا Tuck-in			

اختصارات:

ATE-CXL: Accelerated Transepithelial CXL; DALK: Deep Anterior Lamellar Keratoplasty; HRWG-PRK: High-Resolution Wavefront-Guided PRK; ICERS: Intrastromal Corneal Ring Segment; Kmax: Maximum Keratometry; MRSE: Manifest Refraction Spherical Equivalent; NA: Not Applicable; PK: Penetrating Keratoplasty; PRK: Photorefractive Keratectomy; PTK: Phototherapeutic Keratectomy; uF-CXL: Under-the-Flap Crosslinking.

accelerated epi-off، ریبوفلاوین ۰٫۱ درصد هر دو دقیقه یک بار برای ۱۰ دقیقه و از اشعه UV با توان 30 mW/cm^2 به صورت مداوم برای ۴ دقیقه و از اشعه UV با توان 30 mW/cm^2 به صورت متناوب برای ۸ دقیقه با نسبت ۱:۱ استفاده می‌گردد. روش accelerated epi-off on CXL غلظت ریبوفلاوین را تا حد ۰٫۲۵٪ افزایش می‌دهد به این شکل که جهت خیس کردن از محلول Paracel – که حاوی تقویت کننده اُسموتیکی EDTA است – به مدت ۴ دقیقه استفاده می‌شود و سپس از محلول Vibex Xtra و اشعه UV به صورت منقطع به مدت ۵ دقیقه و ۲۰ ثانیه با توان 45 mW/cm^2 با نسبت ۱:۱ استفاده می‌شود. این استراتژی تسریعی در حال حاضر در چند مطالعه در جدول ۲ به عنوان روشی بی‌خطر و مؤثر معرفی گردیده است.

• Under-flap CXL

بهبودی فرد در روش معمولی epi-off CXL طولانی‌مدت بوده و چندان هم آسان نیست؛ این در حالی است که در روش epi-on مدت‌زمان بهبودی فرد و نیز عوارض جراحی کاهش می‌یابد؛ ولی اثربخشی آن یکسان نمی‌باشد. از آنجاکه در جراحی لیزیک یک corneal flap ایجاد می‌شود، روش uf-CXL (under-flap CXL) – که در سال‌های اخیر مطرح گردیده – می‌تواند مجدداً از این corneal flap استفاده کند. این روش از چندین مزیت برخوردار است از جمله اینکه کم‌تر تهاجمی است، بهبودی فرد سریع‌تر بوده، عوارض جراحی کم‌تر است و روش مؤثری می‌باشد. روش استانداردسازی شده uf-CXL شامل بلند کردن / ایجاد flap، excimer stromal laser ablation و سپس قرار دادن مجدد flap، شستشوی سطح بینابینی به‌وسیله ریبوفلاوین و تابش اشعه UV می‌باشد.

• CXL برای قرنیه نازک

از آنجاکه در عمل لیزیک، لایه استرومال قرنیه برش داده می‌شود و روش epi-off CXL نیاز به برداشتن قسمت بیش‌تری از اپیتلیوم قرنیه دارد ضخامت ماتریکس قرنیه در قسمت اعظم مبتلایان به PLE ممکن است کم‌تر از $400 \mu\text{m}$ باشد و این امر ممکن است منجر به آسیب سلول‌های اندوتلیالی در خلال تابش اشعه UV شود. پس بنابراین، محققان اصلاحاتی را در روش CXL انجام دادند.

گروه Hafeizi، ۲۰ بیمار را که ضخامت ماتریکس در آن‌ها کم‌تر از $400 \mu\text{m}$ بود به روش epi-off CXL برای اولین بار با استفاده از یک محلول هاپو تونیک ریبوفلاوین (310 mOsmmol/L) تحت درمان قرار دارند. در تمامی بیماران اتساع قرنیه ثابت و بدون تغییر بود و یا حتی پس از عمل جراحی کاهش یافته و عوارض جانبی چشمگیری ایجاد نشده بود؛ اما نتایج مربوط به مورد اخیر این نکته را

مدنظر قرارداد. CXL، تنها روش شناخته شده جهت جلوگیری از پیشرفت اتساع قرنیه می‌باشد و معمولاً با استفاده از روش epi-off – که با پروتکل‌های استاندارد درسدن تطابق دارد – انجام می‌شود. CXL مکانیسم آسانی دارد: وقتی که ریبوفلاوین بر روی چشم قرار داده می‌شود، با تابش اشعه UV رادیکال‌های آزاد جدیدی تولید می‌گردد و این امر ضریب الاستیک قرنیه را در حدود ۴۵٪ برابر افزایش می‌دهد. در پروتکل استاندارد درسدن ابتدا اپیتلیوم قرنیه با قطر ۹ میلی‌متر برداشته می‌شود. سپس چشم بیمار با ریبوفلاوین ۰٫۱ درصدی هر ۳ دقیقه یک‌بار در طی یک دوره ۳۰ دقیقه‌ای سوراخ می‌گردد و در آخر، اشعه UV با طول‌موج ۳۶۵ نانومتر (nm) به مدت ۳۰ دقیقه با قدرت 3 mW/cm^2 به چشم تابانده می‌شود. در کل جراحی به روش CXL epi-off، یک ساعت طول می‌کشد. در بیماران مبتلا به PLE پس از درمان CXL، BCVA برای فاصله دور بهبود یافته و انحناى قرنیه تا حدی کاهش یافته بود.

• Epi-on CXL

از آنجاکه ضخامت کلی قرنیه پس از برداشتن اپیتلیوم کاهش می‌یابد، در چند مطالعه روش CXL epi-on مورد بررسی قرار گرفته است. در هر حال، وجود سد اپیتلیالی می‌تواند ظرفیت نفوذ ریبوفلاوین را کاهش دهد. علاوه بر تصحیح و تنظیم پارامترهای جراحی (مثلاً با استفاده از BAC، EDTA و یا سایر تقویت‌کننده‌های اُسموتیکی؛ افزایش غلظت ریبوفلاوین؛ افزایش مدت‌زمان خیس خوردن ریبوفلاوین؛ افزایش مقدار انرژی کلی اشعه UV)، از روش‌های دیگری هم می‌توان برای افزایش ظرفیت نفوذ ریبوفلاوین استفاده کرد: سوراخ کردن نقطه‌ای اپیتلیوم (epithelial spot puncture)، استفاده از سوزن‌های ظریف، Iontophoresis، fine needling) استفاده از پیتید تشکیل‌دهنده کانال (CFP: Channel Forming Peptide) جهت وارد کردن دارو، روش pouch (کیسه سازی) و غیره. Iontophoresis یک روش فیزیکی غیرتهاجمی است که در آن از اثر میدان الکتریکی جهت ایجاد شیب پتانسیلی و افزایش نفوذ دارو استفاده می‌گردد. روش I-CXL (Iontophoresis – mediated transepithelial CXL) می‌تواند مدت‌زمان عمل جراحی را تا ۵ دقیقه کاهش دهد، اما عمق کراس‌لینکینگ هنوز هم به سطح روش کلاسیک Epi-off CXL نمی‌تواند برسد.

• Accelerated CXL (تسریع شده)

مانند روش LASIK Xtra و بر اساس قانون Bunsen-Roscoe، خطر دهیدراتاسیون قرنیه را می‌توان از طریق افزایش توان اشعه UV و کاهش مدت‌زمان درمان در یک محدوده خاص، کاهش داد. در روش

در معرض ادم - که ممکن است منجر به آسیب به چین‌های غشای دسمه و اندوتلیوم گردد - نمی‌باشد. باین‌وجود، در روش CACXL به علت جذب توسط لایه ریبوفلاوین و لنز تماسی خیس‌خورده، میزان روشنی (irradiance) در استرومای قرنیه در حدود ۴۰ الی ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. در نتیجه تأثیر CXL ممکن است کاهش یابد.

• CXL plus

بیماران پس از انجام لیزیک، نیاز دارند که عینک را کنار بگذارند و هدف آن‌ها زندگی کردن بدون استفاده از عینک است. هرچند که بسیاری از مطالعات نشان داده است که CXL می‌تواند پیشرفت مخروط را کاهش داده، انحنای قرنیه را بهبود بخشیده و در طی زمان BCVA را حفظ کند، اکثریت بیماران هنوز هم برای رسیدن به بازتوانی بینایی نیاز به اصلاح رفرکتیو دارند. در تعداد زیادی از مطالعات به ترکیب CXL با سایر جراحی‌های رفرکتیو از جمله PRK، لیزیک، ICRS^۱ و لنزهای داخل چشمی فاکیک^۲ (pIOLs) - که CXL plus نامیده می‌شود - جهت افزایش اثربخشی CXL توجه شده است. CXL با استفاده از توپوگرافی زنجیره‌ای قرنیه و در ترکیب با PRK که در سال ۲۰۰۷ مطرح شد، اولین فرم از روش CXL plus بود و به‌عنوان درمان مؤثری برای اکتازی قرنیه در نظر گرفته می‌شود. هدف از انجام PRK کاهش آستیگماتیسم نامنظم و طبیعی‌سازی قرنیه و درعین‌حال درمان بخشی از عیوب انکساری بیمار می‌باشد. Kanellopoulos و همکارانش بعدها در این روش تغییراتی انجام دادند به این شکل که برای منظم‌تر و طبیعی‌تر کردن شکل قرنیه و در نتیجه ارتقای کیفیت بینایی فرد، از روش PRK با هدایت توپوگرافی و CXL به‌صورت هم‌زمان استفاده کردند؛ این پروتکل به‌عنوان پروتکل آتن شهرت یافت. مجموعه‌ای از مطالعات این نکته را تأیید کرده‌اند که اثربخشی انجام CXL و PRK هم‌زمان با یکدیگر، بهتر از روش CXL به‌تنهایی می‌باشد. باین‌وجود، یک مطالعه چند مرکزی که به تازگی روش معمولی CXL را با گزینه آتن مورد مقایسه قرار داده، نشان داده است که دو سال بعد از انجام جراحی وضعیت بینایی بیماران و بهبودی رفرکتیو آن‌ها تقریباً یکسان و برابر بوده است و این امر بیان‌کننده این مسئله است که گزینه آتن احتمالاً از مزیت قابل توجه و چشمگیری نسبت به شکل معمولی و متعارف CXL برخوردار نیست.

ICRS که در ابتدا جهت اصلاح میوپی در چشم‌های طبیعی طراحی شده بود، در استرومای عمقی قرنیه قرار داده می‌شود و هدف از آن، تغییر انحنای قرنیه و در نتیجه اصلاح رفرکتیو بیمار می‌باشد. همچنین در ادامه، چند محقق گزارش کردند که استفاده از این ایمپلنت‌ها جهت کاهش شیب‌دار شدن قرنیه و عیوب انکساری

مطرح می‌کند که برای آن که روش CXL موفقیت‌آمیز باشد، ضخامت استرومال قبل از عمل جراحی می‌بایست حداقل ۳۳۰ μm باشد.

از آنجا که در روش epi-on CXL اپیتلیوم قرنیه برش داده نمی‌شود، معیارهای انتخابی آن فراگیرتر از معیارهای روش epi-on CXL می‌باشد: پکی‌متری قرنیه بالاتر از ۳۸۰ μm. در سال ۲۰۱۸، R.Doyle Stulting و همکارانش فرمولاسیون جدیدی از ریبوفلاوین را ارائه دادند که در آن اپیتلیوم برداشته نمی‌شد و در بیماران انتخاب شده جهت این روش، ضخامت قرنیه بالاتر از ۳۰۰ μm بود. در سال ۲۰۲۲، Mei Yang و همکارانش یک ترکیب جدید نانویی از ریبوفلاوین را معرفی کردند که در آزمایش‌های حیوانی به اثبات رسیده که اثر CXL در آن نسبت به نوع کلاسیک CXL عالی‌تر و بهتر می‌باشد و انتظار می‌رود بیماران که قرنیه آن‌ها بسیار نازک بوده و نمی‌توانند از پروتکل مرسوم و سنتی استفاده کنند بتوانند از روش CXL بهره‌مند شوند.

ترکیب آلونیک لنتیکولی، روش مؤثری برای افزایش ضخامت قرنیه نیز می‌باشد و برای بیماران دارای قرنیه نازک این امکان را فراهم می‌کند که از روش CXL استفاده کنند. پکی‌متری مرکزی قرنیه در چشم مبتلا به PLE، فقط ۳۲۴ μm بود. جراح برای باز کردن لبه flap اصلی از قلاب sinskey استفاده کرد و برای بلند کردن flap یک اسپاچولای کند مورد استفاده قرار گرفت. بلافاصله لنتیکول تازه و جدید به داخل استروما اضافه شده و به‌دقت در مرکز آپکس قرنیه قرار داده می‌شد. سپس flap در محل قرار داده و یک لنز تماسی باندازی مورد استفاده قرار می‌گرفت. نتایج جراحی به روش اضافه کردن لنتیکول نشان داد که لنز با استرومای قرنیه‌ای مجاور به‌خوبی متصل شده و ضخامت قرنیه تا حد ۴۱۲ μm افزایش یافت و این ضخامت برای انجام روش CXL مناسب و کافی است. CDVA یک ماه پس از عمل جراحی به میزان دو خط افزایش یافت که در مقایسه با کراتوپلاستی سنتی بسیار سریع‌تر بود و این امر در سرتاسر دوره پیگیری ثابت و بدون تغییر باقی ماند. باین‌وجود، دیوپتر قرنیه و آستیگماتیسم قرنیه به علت خطای رفرکتیو خود لنز افزایش یافت. Jacob و همکارانش روش CACXL (CXL با استفاده از لنز تماسی، Contact lens-assisted CXL) را معرفی کردند. هر روز، یک لنز تماسی نرم یک‌بار مصرف از نوع Soflens (قطر ۱۴ میلی‌متر، انحنای قاعده‌ای ۸٫۶ میلی‌متر، Bausch & Lomb) با ضخامت ۹۰ μm که از hilafilcon ساخته شده و فاقد فیلتر UV می‌باشد به مدت ۳۰ دقیقه در ریبوفلاوین ایزوآسمولار ۰٫۱ درصد در دکستران غوطه‌ور می‌گردد و سپس در داخل قرنیه داپیتیلیایزه اشباع شده از ریبوفلاوین قرار داده می‌شود. باید از این امر که حداقل ضخامت قرنیه من‌جمله لنز تماسی و لایه ریبوفلاوین بیش‌تر از ۴۰۰ μm می‌باشد، اطمینان حاصل نمود. مزیت CACXL این است که این روش به خاصیت متورم شونده‌ی قرنیه وابسته نیست و اینکه قرنیه

۱. Intra-Corneal Ring Segments: سگمان‌های حلقوی داخل قرنیه‌ای

۲. Phakic Intraocular Lenses

– کراتوپلاستی

وقتی که اکتازی به نقطه‌ای می‌رسد که لنزهای تماسی یا CXL دیگر قادر نیستند که دید خوبی را برای بیمار ایجاد کرده یا اینکه وضعیت قرنیه را بهبود بخشند، در آن صورت باید انجام کراتوپلاستی را مدنظر قرار دهیم. کراتوپلاستی نفوذی (PK) (Penetrating Keratoplasty) و کراتوپلاستی لاملار قدامی عمقی (Deep Anterior Lamellar Keratoplasty) (ALK) دو گزینه اصلی در مراحل بعدی اتساع قرنیه می‌باشند. کارشناسانی که در حال حاضر از DALK استفاده می‌کنند، قبول دارند که مهم‌ترین فاکتور مرتبط با بیمار که در مشخص کردن نیاز او به این نوع جراحی نقش دارد، عدم تحمل لنز تماسی می‌باشد. به همین نحو نیز برای PK، مهم‌ترین فاکتور در انتخاب کراتوپلاستی زمانی است که اسکارهای قرنیه‌ای بارز و چشمگیری (به‌عنوان مثال پس از هیدروپس: posthydrops) وجود داشته باشد. سایر فاکتورهای مهم عبارتند از: بیمار قادر به تحمل لنز تماسی نبوده یا اینکه اصلاً تمایل به استفاده از لنزهای تماسی ندارد؛ عدم موفقیت سایر استراتژی‌های جراحی یا کنتراندیکه بودن انجام آن‌ها؛ نازک بودن شدید قرنیه (کم‌تر از $200\mu m$)؛ و زمانی که PLE به نظر شدید باشد و در معرض خطر احتمالی هیدروپس حاد باشد. درعین حال که این روش‌های پیوندی قرنیه می‌توانند در کوتاه‌مدت به نحو مؤثری باعث بازگشت دید فرد شوند، نتایج بلندمدت آن‌ها می‌تواند تحت تأثیر رویدادهای حساس و خطیری از جمله عوارض مرتبط با بخیه یا ترمیم زخم، رد پیوند آلوگرافت و آستیگماتیسم شدیداً نامنظم قرار گیرد. اخیراً پیوند لایه بومن (BL) به‌عنوان یک گزینه درمانی جدید در مورد بیمارانی که دچار فرم پیشرفته KC می‌باشند (فاقد شرایط لازم جهت انجام CXL یا ICRS) جهت مسطح کردن قرنیه گیرنده و متوقف نمودن پیشرفت اکتازی معرفی گردیده است. این روش باعث می‌شود که فرد بتواند به‌صورت مداوم از لنزهای تماسی استفاده کند و درعین حال از بروز قسمت اعظم عوارض کوتاه‌مدت و بلندمدت جلوگیری به عمل آورد و در نتیجه به‌صورت بالقوه‌ای نیاز به PK/DALK را به تأخیر انداخته یا برطرف سازد. از آنجاکه گرافت لایه بومن از کره چشم کامل یا از گرافت‌های قرنیه که دارای کیفیت پایینی هستند، گرفته می‌شود فراوری و آماده‌سازی دستی گرافت‌ها از نظر بالینی کار چالش‌زایی بوده و میزان شکست در آن ۳۰ درصد می‌باشد. با توجه به این که میزان نیاز به قرنیه اهدایی بیش‌تر از میزان موجود و در دسترس می‌باشد، لذا استراتژی‌های دیگری مورد بررسی قرار گرفته است. خوک دارای آناتومی و فیزیولوژی چشمی مشابهی می‌باشد و مشاهده شده که پیوند قرنیه خوک، جایگزین بالقوه‌ای برای گرافت‌های انسانی قرنیه می‌باشد. گذشته از این، Yang Jiang و همکارانش جهت درمان PLE، روش کراتوپلاستی لاملار پوششی

در PLE مفید و مؤثر نیز می‌باشد. ICRS implantation به‌عنوان گزینه جراحی جذاب و جالب‌توجهی در نظر گرفته می‌شود؛ زیرا تهاجمی بودن و برگشت‌پذیری آن در حداقل بوده و همچنین کراتوپلاستی را به تأخیر انداخته یا مانع از آن می‌شود. بیمارانی که قادر به تحمل لنزهای تماسی نمی‌باشند، کاندیداهای عالی‌ای جهت این نوع جراحی به شمار می‌روند؛ زیرا استفاده از عینک جهت تصحیح دید نمی‌تواند در همه بیماران باعث بهبود مطلوب کیفیت بینایی شود (خصوصاً در موارد اکتازی متوسط و پیشرفته). علاوه بر این، از pIOL ها می‌توان در موارد عیوب انکساری اسفروسیلندری باقی‌مانده پس از تعبیه ICRS جهت اصلاح کراتوکونوس استفاده نمود؛ اما این روش در مبتلایان به PLE مورد استفاده قرار نگرفته و این گروه از بیماران احتمالاً جهت اصلاح بینایی در انتظار خواهند بود. در بیماران کراتوکونوس ترکیب ICRS با pIOL ها ممکن است از طریق تلفیق اثرات ICRS در بهبود شکل قرنیه با اثرات pIOL ها در اصلاح عیوب انکساری سیلندریکال و اسفریکال، باعث بهبودی بینایی فرد شود. هر نوع از ICRS را می‌توان با هر نوعی از pIOL ها ترکیب نمود. ICRS را می‌توان هم‌زمان با pIOL ها یا قبل از آن در محل قرارداد. در سال‌های اخیر ترکیبی از pIOL، ICRS، و CXL ها جهت بازگشت دید فرد و ثبات قرنیه پیشنهاد شده است. تعبیه ICRS و pIOL ها می‌تواند باعث اصلاح دید شود؛ ولی از پیشرفت اکتازی جلوگیری نمی‌کند؛ در حقیقت گزارش‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه در پیگیری‌های طولانی، اثرات مفید و مؤثر ICRS برگشت داشته‌اند. از سوی دیگر، CXL قرنیه غیرطبیعی را تثبیت می‌کند؛ ولی باعث بهبودی چشمگیر و قابل توجهی در دید بیمار نمی‌شود. مشاهده شد که ترکیب pIOL، ICRS، و CXL ها در برخی مطالعات دارای اثرات سینرژیستیکی بوده است؛ اما هنوز هم در مورد این تأثیرات توافق و اجماعی صورت نگرفته است.

از آنجاکه در برخی موارد استفاده از CXL به‌صورت یک روش رفاکتیو منفرد و مجزا ممکن است منجر به بهبودی نسبی دید عملکردی شود، لذا جراحان توصیه به استفاده از ترکیبی از دو یا چند روش ذکر شده در بالا همراه با CXL می‌کنند تا در موارد کراتوکونوس، دید فرد تا حد اکثر ممکن خود بهبودی یابد. درعین حال به علت پیچیده بودن فرایند PLE، ترکیبی از دو یا چند جراحی رفاکتیو با CXL در مبتلایان به PLE مورد استفاده قرار نگرفته است. علی‌رغم اینکه مابین هریک از روش‌ها از نظر زمان‌بندی و فاصله زمانی تفاوت‌هایی وجود دارد، اما گزارش شده که روش CXL plus جهت ایجاد قدرت دید عملکردی در مبتلایان به PLE روشی مؤثر و بی‌خطر می‌باشد.

مجموعه ایی از مدل‌ها را ایجاد می‌کند و این امر ممکن است منجر به جهت‌گیری‌های جدیدی جهت ارتقای ارزیابی‌های قبل از عمل جراحی در خصوص خطر PLE شود. LASIK Xtra یا گزینه‌های جراحی جایگزین را باید جهت بیمارانی که در معرض خطر قرار دارند، مدنظر قرارداد. پس از انجام لیزیک به بیماران باید آموزش داد تا از مالیدن چشم‌ها خودداری کنند، به‌صورت منظم معاینه شوند، IOP را مداوماً کنترل و آلرژی چشمی را فعالانه درمان نمایند. استراتژی‌های درمانی مؤثر از جمله درمان غیر جراحی و CXL، ممکن است بتواند کاهش دید بیمار را اصلاح کند و زمینه اتساع در قرنیه را به تأخیر بیندازد. تعیین نمره شخصی برای افراد در خصوص خطر اکتازی از طریق مدل‌های AI و گسترش درمان‌های متنوع‌تر و مؤثرتر جهت به تأخیر انداختن فرایند کراتوپلاستی در آینده ممکن است به جهت‌گیری اصلی و مهمی تبدیل شود.

* تقدیر و تشکر

نویسندگان از تمامی اعضای مرکز چشم بیمارستان «ژیانگیا» جهت ارائه نظریات انتقادی خود در خصوص این مقاله تشکر می‌کنند:

* اطلاعات مالی

بنیاد ملی علوم طبیعی چین. بنیاد علوم طبیعی استان هونان.

(tuck-in) با یک لنتیکول به‌دست‌آمده از طریق SMILE را مطرح کردند. این روش می‌تواند یک رویکرد جراحی بی‌خطر و جایگزینی جهت PLE- خصوصاً در موارد شدیدی که ضخامت قرنیه کم‌تر از $400\mu m$ است - باشد.

نتیجه‌گیری

اتساع قرنیه یکی از عوارضی است که متعاقب جراحی LVC ایجاد می‌شود: PRK روشی است که همراه با درد می‌باشد و مدت‌زمان زیادی طول می‌کشد تا بهبود یابد. در سال‌های اخیر روش SMILE مطرح گردید و در اینجا بیمار به پیگیری و مراقبت بیش‌تری نیاز دارد و لیزیک گزینه رایج‌تری می‌باشد؛ اما احتمال اتساع قرنیه در آن بالاتر می‌باشد. شواهد موجود حاکی از این امر است که هرچند که ممکن است اتساع قرنیه پس از لیزیک رخ دهد، ولی در حقیقت با توجه به اینکه روش‌های شناسایی بیماران پرخطر پیشرفت کرده و استراتژی‌های درمانی جایگزینی به کار گرفته می‌شود، میزان بروز آن نیز می‌بایست به میزان قابل‌توجه و چشمگیری کاهش پیدا کند. این روند از طریق بهبود فرایند ارزیابی‌های قبل از عمل جراحی و با استفاده از آنالیز توپوگرافیکی پیشرفته و اندازه‌گیری‌های الاستیسیته قرنیه تسهیل خواهد گردید. الگوریتم‌های AI و ML می‌تواند به ما در فراوری حجم بالای اطلاعات کمک نماید به این صورت که جهت پیش‌بینی داده‌های بعدی و آتی تحت شرایط نامشخص و نامعین،

جراحی رفرکتیو برای بیماران مشکوک به گلوکوم

مترجم: مهندس سید محمد هاشمی

چکیده

هدف از این مطالعه ارائه به‌روزرسانی در مورد ملاحظات حوالی عمل در ارزیابی و مدیریت بیمارانی بود که تحت عمل‌های انکساری اولیه قرنیه و داخل چشمی قرار می‌گیرند که در معرض نوروپاتی گلوکوماتوز پیش‌رونده هستند.

یافته‌های اخیر:

اخیراً نشان داده است که انجام ارزیابی جامع و کامل قبل از عمل جراحی انکساری بسیار ضروری است. این ارزیابی شامل آزمایش‌ها ساختاری و عملکردی چشم و همچنین اندازه‌گیری فشار داخل چشم قبل از عمل جراحی است. بیماران با فشار داخل چشم بالاتر و ضخامت قرنیه پایین‌تر در معرض خطر افزایش فشار داخل چشم پس از عمل جراحی انکساری هستند. از این رو، بیماران توصیه می‌شود که قبل از عمل جراحی انکساری، آزمایش‌ها لازم را انجام دهند تا از خطر افزایش فشار داخل چشم پس از عمل جراحی جلوگیری شود. عمل جراحی آب مروارید می‌تواند به کاهش فشار داخل چشم در بیماران با خطر گلوکوم افزایش یافته کمک کند. این نتیجه بدون در نظر گرفتن نوع لنز داخل چشم است.

بیماران با خطر گلوکوم افزایش یافته، توصیه می‌شود که قبل و بعد از عمل جراحی انکساری، تحت نظارت دقیق قرار گیرند تا از بروز عوارض احتمالی جلوگیری شود.

خلاصه: انجام عمل‌های رفرکتیو بر روی بیماران در معرض خطر ابتلا به گلوکوم بحث‌برانگیز است. گام‌های قطعی برای بهینه‌سازی انتخاب بیمار همراه با هوشیاری در نظارت بر وضعیت بیماری با آزمایش‌های ساختاری و عملکردی طولی می‌تواند به کاهش عوارض



جانبی بالقوه کمک کند.

مقدمه

اگرچه گلوکوم به طور گسترده به‌عنوان یک منع نسبی استفاده برای عمل‌های الکتیو انکساری در نظر گرفته می‌شود، دستورالعمل‌های خاصی برای انتخاب و مدیریت بیمار به‌آسانی در دسترس نیست. با توجه به ماهیت موردی معیارهای تشخیصی، و چالش ذاتی تعیین نرخ پیشرفت بیماری بدون داده‌های طولی، متخصصان چشم‌پزشک ممکن است تمایلی به جراحی چنین بیمارانی نداشته باشند. اگرچه اکثر جراحان انکساری معمولاً از عمل‌های انکساری کراتورفراکتیو در بیماران مبتلا به بیماری پیشرفته اجتناب می‌کنند و به همین ترتیب تصمیم برای جراحی زودتر بیماران به‌صورت موردی باشد. در یک بررسی در سال ۲۰۰۸ از ۱۰۰ جراح گلوکوم و ۱۰۰ جراح قرنیه، ۸۰٪ از متخصصان گلوکوم کراتومیلئوئیز درجا با لیزر (LASIK) یا کراتکتومی فوتورفاکتیو (PRK) را برای درمان بیماران توصیه می‌کنند در حالی که که ۵۰٪ از متخصصان قرنیه تصمیم به پرهیز از عمل جراحی می‌گیرند.

ملاحظات قبل از عمل

در نظر گرفتن بیماری‌های همراه، تعیین قابل اعتماد میزان آسیب موجود و ارزیابی میزان پیش‌بینی شده پیشرفت، همه عوامل حیاتی در تصمیم‌گیری پزشکی هستند. بررسی اخیر موارد منع مصرف جراحی لیزر انکساری قرنیه در پژوهش Ortega-Usobiaga و همکاران گلوکوم کنترل نشده را به عنوان یک منع مصرف مطلق و گلوکوم کنترل شده را به عنوان یک منع مصرف نسبی گزارش کرد. با نگاهی فراتر از عمل‌های کراتورفرکتیو، برخی به طور مشابه جراحی‌های داخل چشمی مبتنی بر انکسار، مانند جراحی آب‌مروراید با لیزر فمتوسکند (FLACS) را در بیمارانی که سابقه گلوکوم قبلی دارند، نسبتاً منع مصرف می‌دانند. با این وجود سلیمی و همکاران نشان دادند که FLACS با یا بدون جراحی هم زمان گلوکوم می‌تواند یک روش قابل تحمل حتی در چشم‌های مبتلا به آب‌سیاه باشد. این یافته‌ها بر نیاز به تحقیقات بیشتر برای بررسی ایمنی عمل‌های انکساری در بیماران مبتلا به درجات مختلف گلوکوم تأکید می‌کند.

گلوکوم

کارولان و همکاران کاهش فشار داخل چشم (IOP) را طی ۳۶ ماه در جمعیتی از بیماران مبتلا به گلوکوم، OHTN، زوایای باریک آناتومیک و مشکوک به گلوکوم که جراحی آب‌مروراید فیکوآمولسیفیکاسیون دریافت کردند، در مقایسه با بیماران مشابهی که جراحی آب‌مروراید دریافت نکردند، مورد مطالعه قرار گرفت. بیماران غیر جراحی در طول ۱۸ ماه اول افزایش IOP داشتند ($+0.22$ میلی‌متر جیوه نسبت به پایه)، در حالی که بیماران جراحی بدون توجه به زیرگروه گلوکوم در هر گروه، کاهش فشار داخل چشم را در همان دوره (-0.99 میلی‌متر جیوه) تجربه کردند. (فاصله اطمینان ۹۵٪) در میان ۱۶۱۶۹ جفت همسان، بیشترین تفاوت IOP در بیماران مبتلا به OHTN (-2)، زاویه آناتومیک باریک (-1.78)، گلوکوم pseudoexfoliation (-1.55)، گلوکوم با زاویه بسته اولیه (-1.50)، موارد مشکوک به گلوکوم مشاهده شد. (-1.29)، و حداقل در بیمارانی که IOP قبل از عمل دارند. (-2.46)

باتوجه به این یافته‌ها، جای تعجب نیست که برای بیماران مورد جراحی، داروهای چشمی کم‌تری تجویز شود. اما نکته مهم این است که فیکوآمولسیفیکاسیون در نهایت تعداد دفعات جراحی گلوکوم بعدی را کاهش نداد.

این نظریه بیشتر مطرح شده است که جراحی زودرس آب‌مروراید / لنزکوتومی انکساری ممکن است یک درمان مفید برای گلوکوم باشد. مکانیسمی که اخیراً پیشنهاد شده است نشان می‌دهد که جراحی

آب‌مروراید زودهنگام از آزادسازی رنگدانه‌ها جلوگیری می‌کند که متعاقباً باعث کاهش اهداف IOP، کاهش پیک روزانه IOP، کاهش بار دارو و در نهایت کاهش نابرابری‌های سلامتی در مراقبت از گلوکوم می‌شود. این نتیجه‌گیری‌ها در زمان این بررسی تا حد زیادی ثابت نشده‌اند، و هنوز نیاز به اعتبارسنجی و تحقیقات بیشتر دارند.

مشکوک به گلوکوم

بیماران ممکن است به عنوان یک «مشکوک به گلوکوم» طبقه‌بندی شوند که در اثر عوامل خطر متعددی مانند سابقه خانوادگی، یافته‌های معاینه بالینی و/یا افزایش فشار داخل چشم توسط تونومتری وجود دارد. از آنجایی که IOP تنها عامل خطر قابل اصلاح شناخته شده برای گلوکوم است، اندازه‌گیری اولیه IOP قبل از عمل جزء مهمی از کار جراحی قبل از عمل هر عمل داخل چشمی برای بیماران در معرض خطر پیشرفت گلوکوم است. توجه به این نکته مهم است که عمل‌های کراتورفرکتیو می‌توانند بر دقت اندازه‌گیری IOP بعد از عمل تأثیر بگذارند. اگرچه افزایش IOP به دنبال استفاده از استروئیدها به خوبی ثبت شده است، استروئیدهای موضعی به طور معمول پس از بسیاری از عمل‌های انکساری تجویز می‌شوند.

اخیراً، گزارش موردی از Cozzupoli و همکاران، زن جوانی را توصیف کرد که تحت PRK نزدیک‌بین قرار گرفت و گلوکوم رنگدانه‌ای ناشناخته داشت. نویسندگان پیشنهاد می‌کنند که درمان لیزری بیمار ممکن است در تشخیص با تأخیر گلوکوم رنگدانه‌ای نقش داشته باشد، زیرا اندازه‌گیری IOP او به طور کاذب کم بود. از آنجایی که اکثر بیماران مبتلا به سندرم پراکندگی رنگدانه (PDS) افرادی هستند که به تازگی نزدیک‌بین شده‌اند، معاینه دقیق قبل از عمل با توجه به ظرافت یافته‌های بالینی اولیه در PDS (رنگدانه‌های ترابیکولار، نقایص ترانس روشنایی عنبیه و غیره) توصیه می‌شود.

مقاله StatPearls که اخیراً به روز شده است، اهمیت گونیوسکوپی را قبل از همه انواع جراحی‌های انکساری، به ویژه در بیمارانی که به کاشت لنز داخل چشمی فاکیک (IOL) فکر می‌کنند، به چشم‌پزشکان یادآوری می‌کند. این امر می‌تواند برای شناسایی زوایای باریک یا غیرطبیعی مورد استفاده قرار گیرد که ممکن است منجر به باریک شدن بیشتر و گلوکوم ثانویه پس از کاشت IOL فاکیک بعد از عمل شود. نزدیک‌بینی و گلوکوم نزدیک‌بینی یک عامل خطر مستقل برای گلوکوم با زاویه باز (OAG) و OHTN ناشی از استروئید است. مطالعه اخیر روی ۳۴۸ چشمی که تحت PRK نزدیک‌بین قرار گرفتند توسط فخرایی و همکاران نشان داد که IOP بالاتر و ضخامت پایه قرنیه مرکزی پایین‌تر (CCT) عوامل خطر قابل توجهی برای افزایش IOP پس از PRK نزدیک‌بین هستند. نکته مهم این است که این نویسندگان دریافتند که درجه نزدیک‌بینی یک عامل خطر

مقایسه کردند، نشان داد که پس از PRK نزدیک‌بین هر تونومتري که آن‌ها آزمایش کردند، کم‌تر تخمین زده شد. از آنجایی که این دست‌کم‌گیری بیشتر با تونومتري کاشت گلدمن (GAT) نشان داده شد، آن‌ها پیشنهاد می‌کنند که به دنبال جراحی از تونومتري کاننور پوپا (DCT)، تحلیلگر پاسخ چشمی (ORA)، تونومتري برگشتی یا فناوری (Scheimpflug Visualization) قرینه مانند Corvis S) برای ارزیابی IOP در این بیماران استفاده شود. یک مطالعه اخیر از Ang و همکارانش، سه تونومتر مختلف را در اندازه‌گیری فشار داخل چشم در چشم‌هایی که تحت عمل لیزیک نزدیک‌بین و PRK قرار گرفتند، مقایسه کرد. سطح تونومتر اصلاحی (CATS) و IOP تصحیح شده بیومکانیکی تونومتر Corvis ST (Corvis ST-biOP) با GAT مقایسه شد. CATS بالاترین IOP قبل و بعد از عمل را ثبت کرد، در حالی که GAT بعد از لیزیک و PRK بیشترین کاهش را در IOP داشت. Corvis ST-biOP کم‌ترین تغییر را ثبت کرد و بهترین تطابق را بین اندازه‌گیری‌های قبل و بعد از عمل در بین سه تونومتر داشت. آن‌ها همچنین دریافتند که PRK در مقایسه با لیزیک تغییر IOP کم‌تری بعد از عمل دارد. یافته‌های آن‌ها با مطالعه جداگانه‌ای از Salouti و همکاران مطابقت داشت که تونومترهای ORA و Corvis ST-biOP را پس از لیزیک با کمک لیزر فمتوسکند (FS-LASIK) مقایسه کردند و دریافتند که روش biOP تغییرات کم‌تری در IOP بعد از عمل دارد. آن‌ها همچنین دریافتند که این دو روش قبل و بعد از عمل FS-LASIK تطابق ضعیفی داشتند و نباید به جای یکدیگر استفاده شوند. مطالعه اخیر دیگری از ایگل‌سیاس و همکاران، یک منشور محدب جدید گلدمن را ارزیابی کرد و اندازه‌گیری‌های آن را با GAT و ORA بعد از جراحی انکساری لیزر نزدیک‌بین مقایسه کرد. آن‌ها ارتباط بالایی بین اندازه‌گیری IOP قبل از عمل از GAT و اندازه‌گیری IOP پس از لیزیک از منشور محدب جدید در ۳ و ۱۲ ماه پیدا کردند. با این حال، منشور محدب برای اندازه‌گیری IOP قبل از لیزیک یا PRK یا بعد از PRK قابل‌اعتماد نیست. ارزیابی بیشتر برای تعیین سودمندی بالینی و مقرون‌به‌صرفه بودن این روش در اندازه‌گیری IOP بعد از لیزیک در مقایسه با سایر روش‌ها مورد نیاز است. قابلیت اطمینان تونومتري برگشتی در لیزیک پس از نزدیک‌بینی اخیراً توسط گومز و همکارانش مورد ارزیابی قرار گرفت که دریافتند iCare ic100 قابلیت اطمینان بالینی خوب یا عالی را در بیماران لیزیک سالم و پست میوپیک ارائه می‌کند.

آزمون ساختاری و عملکردی

مستندسازی یافته‌های معاینه بالینی معمول در معاینه اسلیت لامپ (مانند گونیوسکوپ، ارزیابی لبه عصب بینایی و غیره)، همراه با آزمایش‌های موردی و عینی، باید در بیماران مشکوک به گلوکوم

برای افزایش IOP نیست و هیچ تفاوتی در نسبت چشم‌های دارای نزدیک‌بینی بالا بین چشم‌های با و بدون افزایش IOP وجود ندارد. یک مطالعه اخیر از سونگ و همکاران نشان داد که در یک جمعیت در کشور کره جنوبی، جراحی انکساری قرینه به طور قابل توجهی با افزایش خطر ابتلا به گلوکوم مرتبط است. جالب توجه است، تجزیه و تحلیل زیر گروه نشان داد که این ارتباط در چشمان با درجه بالاتر نزدیک‌بینی مشاهده نشد. این نتیجه به ویژه با توجه به مطالعات متعدد نشان می‌دهد که نزدیک‌بینی بالا یک عامل خطر مستقل برای ایجاد گلوکوم در همان جمعیت و همچنین سایر موارد قابل توجه است، نویسندگان بحث می‌کنند که درجه بالاتری از نزدیک‌بینی در گروه مورد بحث ممکن است منجر به نزدیک‌بینی شود. مطالعات بیشتر برای تأیید این یافته‌ها ضروری است، اما نشان می‌دهد که در بیماران مشابه گروه مورد مطالعه، مراقبت‌های بیشتری در مورد گلوکوم انجام دهند.

ملاحظات بعد از عمل

تونومتري و فشار داخل چشم

یکی از ملاحظات عملی عمده هنگام انجام جراحی انکساری قرینه در بیماران مبتلا به هر درجه‌ای از گلوکوم، تغییر توانایی در اندازه‌گیری دقیق فشار چشم است. همان‌طور که Koronis و همکاران به بیمار خود که ۱۹ سال پس از لیزیک بدون عارضه، دچار سندرم مایع رابط (IFS) شده است اشاره کرده‌اند، این بیماران باید به طور نامحدود تحت نظر باشند. اگر چه کم‌تر از عوارض کوتاه‌مدت، مانند پاسخ استروئیدی، سایر عوارض می‌تواند در هر مرحله‌ای رخ دهد. یک بررسی اخیر در مورد تأثیر جراحی فوتورفاکتیو با لیزر اگرایمر بر تشخیص و پیگیری گلوکوم از Arango و همکاران، توصیه‌هایی را برای کاهش این چالش‌ها ارائه می‌دهد. نویسندگان پیشنهاد می‌کنند که یک فاکتور تصحیح IOP شخصی شده را با مقایسه تفاوت میانگین فشار داخل چشم بین مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های IOP قبل از عمل و پایدار بعد از عمل محاسبه کنید. علاوه بر این، آن‌ها پیشنهاد می‌کنند که استفاده از تونومترهایی که دقت آن‌ها کم‌تر تحت تأثیر ساختار قرینه قرار می‌گیرد، مانند پاسکال یا Corvis ST برای بیمارانی که تحت یا تحت تأثیر عمل‌های کراتورفاکتیو قرار می‌گیرند، استفاده شود.

نظارت دقیق بر IOP بعد از عمل در بیمارانی که تحت کراتکتومی فوتورفاکتیو نزدیک‌بین (PRK) قرار می‌گیرند و مشخص شده است IOP بالاتر و CCT پایه پایین‌تری دارند، اهمیت ویژه‌ای دارد. نظارت مکرر باید برای این بیماران در نظر گرفته شود. یک مطالعه اخیر از لانزا و همکاران که تونومترهای مختلف را برای ارزیابی IOP از

توسط بوجیکیان و همکاران گزارش داد که احتمال پاسخ استروئیدی در بیماران مبتلا به گلوکوم ۲.۳ برابر بیشتر از بیماران بدون گلوکوم است. آن‌ها همچنین دریافتند که پاسخ استروئیدی با طول محوری بیشتر بدون توجه به وضعیت گلوکوم و با داروهای بیشتر قبل از عمل در بیماران مبتلا به گلوکوم مرتبط است. باین‌حال، در یک مطالعه اخیر از Pakulienė و همکاران، کاهش IOP مطلق در ۶ ماه پس از جراحی آب‌مروارید در بیماران مبتلا به OAG در مقایسه با چشم‌های غیر گلوکوم بارزتر بود. آن‌ها همچنین دریافتند که کاهش IOP با عرض ACA قبل از عمل در هیچ یک از گروه‌ها ارتباطی ندارد و طول محوری بعد از عمل در گروه کنترل کوتاه‌تر بود، اما در گروه OAG مشابه باقی ماند.

نتیجه‌گیری ارزیابی بعد از عمل و انتخاب عمل‌های رفتاری در بیمارانی که از نظر بالینی در معرض خطر نوروپاتی بینایی گلوکوماتوز هستند باید به طور مطلوب شامل ارزیابی خطر بر اساس معاینه جامع چشمی، از جمله آزمایش ساختاری و عملکردی آناتومی و عملکرد عصب بینایی در صورت لزوم باشد. ارزیابی زاویه برای رد گلوکوم ثانویه، همراه با آزمایش‌های ساختاری و عملکردی پایه، در تشخیص پیشرفت بالینی مهم بیماری از تغییر مصنوعی بسیار مفید است. عوارض بالقوه زمانی که گلوکوم موجود پیشرفت می‌کند، و/یا گلوکوم ثانویه ایجاد می‌شود، می‌تواند منجر به از دست دادن بینایی دائمی و غیرقابل برگشت شود. ارزیابی و نظارت دقیق جراحی می‌تواند به کاهش این خطرات کمک کند. بررسی ما علاوه بر این نشان می‌دهد که تونومتری که کم‌تر تحت تأثیر پارامترهای ساختاری قرنیه است، باید بیشتر ارزیابی شود و برای ادغام گسترده‌تر در عمل بالینی مورد توجه قرار گیرد. نظارت دقیق برای پاسخ استروئیدی و گلوکوم‌های التهابی، همراه با ارزیابی دقیق زاویه، به‌ویژه برای مواردی که قرار دادن ICL در نظر گرفته می‌شود، ملاحظات مهم باقی‌مانده است. جراحی انکساری، زمانی که به طور مناسب برای عوارض بعد از عمل انجام شود و تحت نظارت قرار گیرد، می‌تواند منجر به بهبود فوق‌العاده‌ای در عملکرد بینایی و کیفیت زندگی شود. ملاحظات اضافی پیشنهاد شده توسط این بررسی می‌تواند راهنمایی‌هایی را برای جراح انکساری که قصد دارد با خیال راحت روشی را برای بیمار مبتلا به گلوکوم در نظر بگیرد، ارائه دهد.



قبل از عمل کراتورفرکتیو انجام شود. ارزیابی ساختاری باید شامل توموگرافی انسجام چشمی (OCT) برای ارزیابی فیبر عصبی شبکه و نقایص کمپلکس سلول‌های گانگلیونی همراه با آزمایش عملکردی با پریمتری خودکار باشد. البته خود نزدیک‌بینی می‌تواند برخی از این اندازه‌گیری‌ها را مخدوش کند. شان و همکاران در بررسی اخیر خود به این موضوع می‌پردازند و یک رویکرد چندوجهی را توصیه می‌کنند: ترکیب تصاویر ساختاری با ارزیابی‌های عملکردی برای غلبه بر معضلات تشخیصی بالینی چشم‌های نزدیک‌بینی با گلوکوم.

عمل‌های رفتاری داخل چشمی همچنین هنگام انجام سایر عمل‌های رفتاری مانند لنزهای کلامر قابل کاشت داخل چشمی (ICL) در بیماران مبتلا به هر درجه‌ای از گلوکوم باید توجه ویژه‌ای صورت گیرد. بررسی اخیر عوارض حین عمل مربوط به کاشت ICL داخل چشمی توسط Zhang و همکاران، IOP بالا و گلوکوم ثانویه را در میان شایع‌ترین موارد گزارش کرده است که ۴/۴ درصد از تمام عوارض بعد از عمل را تشکیل می‌دهد. آن‌ها گزارش کردند که این نتایج به دلیل پاسخ استروئیدی، بلوک مردمک، رنگ‌دانه عنبیه و زاویه محفظه قدامی باریک (ACA) است. باین‌حال، در مقایسه با ICL بدون منافذ مرکزی، ICL با منفذ مرکزی بروز کم‌تری از این عوارض داشت. در میان ۳۱۰۵ چشم در جمعیتی از کارکنان فعال ارتش ایالات متحده، پکر و همکاران پیامدهای انکساری درازمدت خوبی را در طول دوره پیگیری ۱۲ ساله گزارش کردند که تنها ۱/۲٪ (۳۶ چشم) نرخ عارضه داشتند. این عوارض شامل دو چشم مبتلا به گلوکوم که نیاز به درمان طولانی‌مدت دارند و هشت چشم با عارضه حاد گلوکوم با زاویه بسته بود. آن‌ها همچنین از دست دادن سلول‌های اندوتلیال از نظر آماری قابل توجهی را از ابتدا در ۵ سال گزارش کردند. توجه به این نکته مهم است که این مطالعه چشم‌های با تشخیص گلوکوم را قبل از کاشت ICL حذف کرد، بنابراین نتایج ممکن است به جمعیتی که در این بررسی توضیح می‌دهیم قابل تعمیم نباشد. اندازه‌گیری IOP پس از کاشت ICL ممکن است نسبت به عمل‌های فوتورفرکتیو به دلیل بیومتری بدون تغییر قرنیه پیچیده‌تر باشد. باین‌حال تحقیقاتی در مورد مقایسه روش‌های مختلف انجام شده است. اخیراً، Ye و همکاران (iCare HOME (RT) و یک تونومتر غیر تماسی (NCT) را در مراحل اولیه پس از کاشت ICL مقایسه کردند. آن‌ها توافق خوبی بین دو روش گزارش کردند، به جز در مواردی با IOP کم (10mmHg) که در آن iCare HOME خوانش قابل توجهی کم‌تری نسبت به NCT داشت (2.55 ± 0.28 در مقابل 2.48 ± 0.16 ، $P < 0.001$).

بیمارانی که تحت عمل تعویض لنز قرار می‌گیرند، تغییرات مشابهی را در بیومتری قرنیه خود تجربه نکرده‌اند. باین‌حال، IOP آن‌ها نیز باید پس از جراحی به‌دقت کنترل شود. بررسی اخیر عوامل خطر برای پاسخ استروئیدی پس از جراحی آب‌مروارید بدون عارضه

گلوکوم: تهدیدی پنهان برای سلامت بینایی

مترجم: مهندس سید محمد هاشمی



چشم‌پزشکان هشدار می‌دهند که یک اختلال خاموش در بین افراد مسن در سراسر جهان در حال افزایش است، زیرا میلیون‌ها نفر ناخودآگاه با گلوکوم دست‌وپنجه نرم می‌کنند - بیماری چشمی که می‌تواند باعث کوری غیر قابل برگشت شود؛ اما تا مرحله آخر بیماری علائم واضحی را نشان نمی‌دهد.

پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۵۰، تعداد افراد مبتلا به گلوکوم بیش از ۲۰۰ درصد افزایش یابد که نیاز فوری به افزایش آگاهی، تشخیص زودهنگام و استراتژی‌های درمانی پیشرفته را نشان می‌دهد. جوئل اس. شومان، استاد چشم‌پزشکی، گفت: (تعداد زیادی از افراد مبتلا به یک بیماری که باعث نابینایی می‌شوند هستند؛ اما از ابتلا به این بیماری بی‌خبر هستند. "در اواخر بیماری، افراد ممکن است متوجه شوند که در حال کاهش دید، یا برخورد با تجربه‌ها و علائمی شده‌اند که پیش‌ازین آن‌ها را نداشته‌اند. فقط در بیماری بسیار پیشرفته است که بیماران متوجه وجود مشکل می‌شوند).

گلوکوم دومین عامل اصلی نابینایی در سراسر جهان است که ۳ میلیون نفر را در ایالات متحده تحت تأثیر قرار می‌دهد و باین‌حال، طبق CDC، نیمی از مبتلایان از آن بی‌اطلاع هستند.

تحقیقات اخیر در دانشگاه گوتنبرگ در سوئد بر ماهیت مخفیانه گلوکوم تأکید می‌کند: ۵ درصد از ۵۶۰ فرد ۷۰ ساله به این بیماری مبتلا بودند و نیمی از آن‌ها قبل از شرکت در مطالعه نمی‌دانستند که به آن مبتلا هستند. لئا جوهانسون که این مطالعه را انجام داد، گفت: «زندگی با گلوکوم، به‌ویژه بدون اینکه از ابتلا باخبر باشید، می‌تواند بسیار منزوی‌کننده باشد؛ زیرا ممکن است باعث شود افراد در خانه بمانند تا از مشکل جلوگیری کنند.»

هنگامی که علائم ظاهر می‌شوند، برخی ممکن است متوجه نقاط کور تکه‌تکه‌ای در دید محیطی و در دید مرکزی خود در مراحل پایانی شوند. شومن گفت، درحالی‌که بسیاری از مردم تصور می‌کنند با افزایش سن محدود می‌شوند، اما اغلب دارای شرایطی هستند که با درمان مناسب می‌توان آن را کاهش داد.

گلوکوم زمانی اتفاق می‌افتد که فشار داخل چشم افزایش می‌یابد و باعث آسیب به عصب بینایی می‌شود که اطلاعات را از چشم به مغز منتقل می‌کند. اگر درمان نشود، منجر به از دست دادن نسبی بینایی یا نابینایی کامل خواهد شد. اغلب به تدریج و بدون علائم قابل توجه در مراحل اولیه خود ایجاد می‌شود و به آن لقب «دزد خاموش بینایی» داده می‌شود.

اگرچه انواع مختلفی از این بیماری وجود دارد، اما از هر ۱۰ نفر در ایالات متحده، ۹ نفر مبتلا به نوع گلوکوم با زاویه باز اولیه (POAG) هستند. این بیماری بیشتر در میان افراد بالای ۶۰ سال، کسانی که سابقه خانوادگی ابتلا به گلوکوم دارند و افرادی که دیابت دارند شایع است. این بیماری سیاه‌پوستان را به طور نامتناسبی تحت تأثیر قرار می‌دهد که شش برابر بیشتر از سفیدپوستان در معرض از دست دادن بینایی پیشرفته ناشی از این بیماری هستند. بیش از ۱۲۰۰۰۰ نفر در ایالات متحده به دلیل گلوکوم نابینا هستند که ۹ تا ۱۲ درصد از کل موارد نابینایی را تشکیل می‌دهد. درمان‌های گلوکوم از قطره چشم گرفته تا لیزر و جراحی را شامل می‌شود که هدف همه آن‌ها کاهش فشار چشم است. برخی از پزشکان داروهای خوراکی را همراه با قطره چشم توصیه می‌کنند.

شومان گفت: «ما گزینه‌های درمانی زیادی داریم و آن‌ها بسیار

کردن مردمک با قطرات چشمی برای بررسی عصب بینایی، همراه با اندازه‌گیری ضخامت قرنیه برای کشف خطر ابتلا به این بیماری است؛ زیرا اگر قرنیه فرد نازک باشد، احتمال ابتلا به این بیماری بیشتر است.

به گفته وو: (مهم است که منتظر علائم نباشید - اگر گلوکوم آن قدر بد شود که در دید مرکزی خود متوجه آن شوید، به این معنی است که تقریباً تمام میدان محیطی خود را از دست داده‌اید. پس فارغ از اینکه چه سابقه خانوادگی دارید حتماً به چشم‌پزشک مراجعه کنید.)



خوب عمل می‌کنند." اما اولین قدم این است که فرد بداند که به گلوکوم مبتلا است و قدم دوم این است که فرد به دنبال مراقبت است.

انواع نادرتر گلوکوم شامل گلوکوم با تنش طبیعی (normal-tension glaucoma) است که در بین افراد ژاپنی بیشتر شایع است و گلوکوم مادرزادی که از بدو تولد وجود دارد، از هر ۱۰۰۰۰ نوزاد متولد شده در ایالات متحده یک نفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آنی وو، استادیار بالینی چشم‌پزشکی گفت: بهترین راه برای اطمینان از تشخیص و درمان زودهنگام انجام معاینات منظم چشم به‌صورت هر ۲ تا ۴ سال برای بزرگسالان زیر ۵۵ سال و معاینات سالیانه برای افراد با سنین بالاتر است. این واقعیت که علائم گلوکوم به‌کندی ایجاد می‌شود، همراه با عدم دسترسی مبتلایان به متخصصان چشم دلایلی است که ابتلای به این بیماری را خطرناک‌تر می‌کند. دانشگاه پنسیلوانیا سعی بسیاری بر ایجاد تغییر در این مسئله دارد. مدرسه فیلادلفیا میزبان برنامه‌های غربالگری رایگان گلوکوم برای ساکنان سیاه‌پوست بوده است. به گفته این مدرسه، سیاه‌پوستان آمریکایی پنج تا شش برابر بیشتر در معرض ابتلا به گلوکوم هستند. تعدادی سازمان نیز وجود دارند که غربالگری رایگان گلوکوم را تسهیل می‌نمایند. آزمایش گلوکوم را می‌توان در طول یک معاینه منظم چشم انجام داد و ممکن است شامل یک آزمایش یا ترکیبی از آزمایش‌ها نسبتاً سریع و بدون درد باشد. این موارد شامل گشاد

آخرین تازه‌های چشم پزشکی در نشست‌های علمی ماهیانه مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر



جمع‌آوری و تلخیص: خانم دکتر فاطمه جعفری

دویست و بیست و ششمین نشست ماهیانه مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر در تاریخ شانزدهم مهر ماه و دویست و بیست و هفتمین نشست در تاریخ بیست و یکم آبان ماه سال ۱۴۰۲ در محل همایش‌های مرکز فوق تخصصی چشم پزشکی بصیر برگزار شدند. در دویست و بیست و ششمین نشست ماهیانه مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر آقای مرادی استفاده از Ultrasound Biomicroscopy in Glaucoma (UBM) را در تشخیص گلوکوم توضیح دادند. بررسی سگمان قدامی در بیماری گلوکوم در تشخیص مهم است، چهار ناحیه آناتومیکی در ایجاد گلوکوم زاویه بسته نقش دارند.

- آیریس باعث پوپیلاری بلاک می‌شود.
- سیلاری بادی باعث Plateau iris می‌شود.
- لنز باعث ایجاد گلوکوم فیکومورفیک می‌شود.
- ناحیه خلف آیریس با ترکیبی از نیروهای متفاوت باعث ایجاد گلوکوم بدخیم می‌شود.

این نواحی با موردهای متفاوت به تفصیل توضیح داده شد.

سرکار خانم دکتر میرآفتابی

عنوان سخنران: Macular OCT in Diagnosis of Glaucoma

اندازه‌گیری تغییرات ساختمانی برای تشخیص و ارزیابی گلوکوم ضروری است. معاینه عصب چشم، اندازه‌گیری فشار چشم و پریمتری در بیمار مشکوک به گلوکوم انجام می‌دهیم ولی پری پاپیلاری OCT مهمترین ابزار تشخیصی گلوکوم است.

ماکولا oct هم نقش مهمی در این بیماری دارد. در واقع گلوکوم مرگ سلول‌های گانگلیون می‌باشد؛ که با ppoct ناحیه عصب اپتیک را که محل آکسون سلول‌های گانگلیون است را بررسی می‌کنیم ولی دندریت این سلول‌ها در ناحیه ماکولا قرار دارد که در معاینه‌های بعدی بیمار مهم می‌باشد. ماکولا حدود ۲ درصد شبکیه را می‌سازد اما

مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر

Basir Eye Health Research Center

226th Scientific Monthly Session

سخنرانان:

دکتر آرزو میرآفتابی
دانشیار دانشگاه علوم پزشکی ایران - جراح و فوق تخصص گلوکوم
عنوان: Macular OCT in Diagnosis of Glaucoma

دکتر نسیم کوهستانی
جراح و فوق تخصص گلوکوم
عنوان: OCT in Glaucoma

آقای علی مرادی
کارشناس ارشد اپتومتری
عنوان: Ultrasound Biomicroscopy in Glaucoma

دبیر علمی:
جناب آقای دکتر احمد شجاعی باغبلی

زمان:
یکشنبه ۱۶ مهر ماه ۱۴۰۲
ساعت ۱۹ الی ۲۱
مکان:
حضور: سالن کنفرانس مرکز فوق تخصصی چشم پزشکی بصیر
غیرحضور: آنلاین از طریق آدرس
live.behrc.ir

ثبت نام:
www.ircme.ir
فصلیت شرکت در نشست بصورت مداری با استفاده از اپلیکیشن آموزش مداوم
تلفن:
021-66940404

دویست و بیست و ششمین نشست علمی ماهیانه مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر با همکاری دانشگاه علوم پزشکی ایران

2.5 امتیاز بازآموزی برای گروه‌های چشم پزشکی و شبکیه سنخ شناسه برنامه 203518

دکتر آرزو میرآفتابی
دکتر نسیم کوهستانی
اپتومتریست علی مرادی
دکتر کورش شیپانی

Journal Club
دکتر کورش شیپانی

با حمایت مالی شرکت اسپاد فارمد
AVENILE (HPMC)

live.behrc.ir

مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر

Best Eye Health Research Center

227th

Scientific Monthly Session

دو بیست و بیست و هفتمین نشست علمی ماهیانه مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر

سخنرانان:

دکتر حسین محمد ربیع
جراح و متخصص چشم - فوق تخصص قرنیه
عنوان: طرح ثبت بیماران قوز قرنیه

دکتر احسان عباس نیا
جراح و متخصص چشم - فوق تخصص استراییسم و اکولوپلاستیک
عنوان: آسیب های ناشی از ترومای پلک و کاسه چشم

آقای فرهاد صحرایی
کارشناس ارشد اپتومتری
عنوان: تازه های لنز تماسی

دبیر علمی:
جناب آقای دکتر احمد شجاعی باغبینی

زمان:
یکشنبه 21 آبان ماه 1402
ساعت 19 الی 21

مکان:
حضوری: سالن کنفرانس مرکز فوق تخصص چشم پزشکی بصیر
غیرحضوری: آنلاین از طریق آدرس
live.behrc.ir

ثبت نام:
www.ircme.ir
قابلیت شرکت در نشست بصورت مجازی با استفاده از اپلیکیشن آموزش مداوم

تلفن:
021-66940404

25
امتیاز بازمواری برای گروه های چشم پزشکی و بینایی سنج شناسه برنامه 206201

دکتر حسین محمد ربیع
دکتر احسان عباس نیا
اپتومتریست آقای صحرایی
دکتر کوروش شیبانی
آموزش روش تحقیق



اوربیتال سیتیاسکن می باشد؛ و در مواقع مشکوک به درگیری عصب اپتیک MRI گزینه مورد نظر است. در ادامه آقای دکتر درمان ها و جراحی های ترمیمی پارگی های اوربیتال و پریاوربیتال را توضیح دادند.

جناب آقای دکتر ربیع در رابطه با طرح رجیستری و ثبت اطلاعات اولیه بیماران کراتوکونوس در ایران مطالبی را ارائه نمودند. آقای دکتر مزایای وجود رجیستری را در درمان و پیگیری بیماران خاص خصوصاً کراتوکونوس توضیح دادند.

۸ درجه مرکزی حاوی ۵۰ درصد سلول های گانگلیون می باشد. ناحیه تحتانی ماکولا در گلوکوم مهمتر است و در دستگاه های تحت عنوان مختلف Ganglion cell complex اندازه گیری می شود.

سرکار خانم دکتر نسیم کوهستانی بررسی OCT در گلوکوم را مطرح کردند.

OCT در طی زمان پیشرفته ای داشته است که سرعت و رزولوشن تصاویر بهتر شده است.

گلوکوم یک اپتیک نوروپاتی می باشد، بیشترین باندل RNFL به ترتیب در اینفراتمپورال، سوپراتمپورال، سوپرانازال و در نهایت در اینفرانازال می باشد.

خانم دکتر دستگاه های CIRRUS XD – OCT، SPECTRALIS – OCT

TOPCON DRI – OCT را به تفصیل توضیح دادند و در رابطه با لزوم معاینات بعدی بیماران با تصویربرداری RNFL تأکید کردند.

در دو بیست و بیست و هفتمین نشست ماهانه مرکز تحقیقات سلامت بصیر جناب آقای صحرایی اپتومتریست سخنرانی با عنوان از توکراتولوژی ارائه نمودند.

تازه های لنز تماسی بیشتر مربوط به تغییرات کیفیت و طراحی لنزها می باشد. طراحی ژئومتری معکوس از نیروی اشک استفاده می کند تا تغییرات بر شکل قرینه اثر گذارد. در لنزهای مدرن چهار تا پنج مدل طراحی شد تا بهترین اثر را داشته باشد و پذیرش بیمار برای این لنزها معمولاً راحت تر می باشد.

در بیماران نزدیک بین جوان تا میانسال، نزدیک بینی 5,00D – و سیلندر 1,50D – موافق قاعده و 0,75D خلاف قاعده می توان از این روش استفاده کرد؛ و بهترین کاندید در این لنز ما افرادی با قرینه های steep می باشد، در ادامه آقای صحرایی روش های فیت کردن لنز و معاینات بعدی بیماران را به تفصیل توضیح داد.

سخنران بعدی این جلسه نیز جناب آقای دکتر احسان عباسنیا فوق تخصص استراییسم و اکولوپلاستی با عنوان درمان جراحی در ترومای اوربیتال و پریاوربیتال می باشند.

ارزیابی اولیه از نظر میزان بینایی بررسی RAPD فشار چشم، معاینات اسلیت لامپ می باشد.

معاینات باعث نرم پری اوربیتال از نظر گسترش و عمق پارگی، لبه پلک، درگیری پانکتومها و پرولاپس چری اوربیت مهم می باشد. ارزیابی اوربیتال شامل حرکات EOM. هیپوستتری اطراف چشم افتالمومتری مرتل می باشد. تصویربرداری اشغایی مادو شکستگی های



تهران،
بلوار کشاورز، خیابان جمالزاده شمالی،
نبش کوچه شیبانی، شماره ۳۵۹
تلفن : ۶۶۵۶۵۷۵۷
فکس: ۶۶۴۲۸۷۸۱
info@basirclinic.ir



شیراز،
بلوار پاسداران، خیابان مبعث نرسیده
به پارک حدیث
تلفن : ۰۷۱۳ ۶۴۸۴۸۱۴
۰۷۱۳ ۸۲۳۴۶۷۸
فکس: ۰۷۱۳ ۶۴۸۳۰۶۹
shirazinfo@basirclinic.ir



کرمان،
خیابان استقلال کوچه شماره ۱۰، پلاک ۶۴
تلفکس : ۰۳۴۳ ۲۵۲۲۶۳۰
kermaninfo@basirclinic.ir