

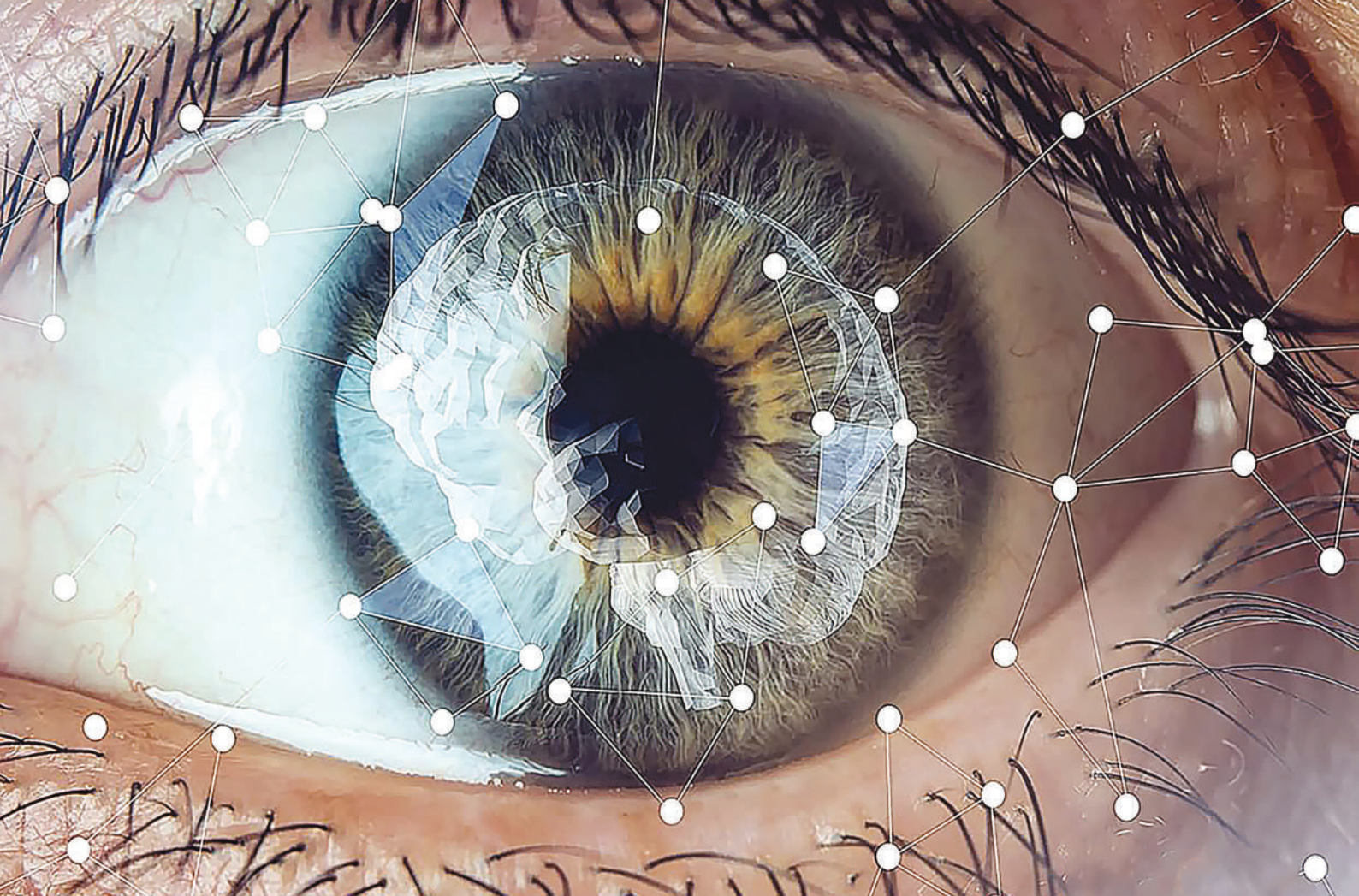


مرکز تحقیقات  
سلامت چشم بصیر

دو فصلنامه مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر

شماره ۹۷. سال بیست و یکم. بهار و تابستان ۱۴۰۳

# پرتوبصیر



- کاربردهای هوش مصنوعی تجسم یافته در حوزه چشم پزشکی
- سال ۲۰۲۴ در یک نگاه: ۱۰ پیشرفت برتر در تحقیقات چشم پزشکی
- شکستگی‌های Orbital Floor (شکستگی‌های بلوآوت)
- نوروپاتی چشم ناشی از ضربه و تروما



### فهرست مطالب

- سخن سردبیر ..... ۳
- کاربردهای هوش مصنوعی تجسم یافته در حوزه چشم پزشکی ..... ۴
- سال ۲۰۲۴ در یک نگاه: ۱۰ پیشرفت برتر در تحقیقات چشم پزشکی ..... ۱۵
- شکستگی‌های Orbital Floor (شکستگی‌های بلوآوت) ..... ۲۶
- نوروپاتی چشم ناشی از ضربه و تروما ..... ۳۰

### شناسنامه

**مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر**  
**دو فصلنامه تخصصی چشم پزشکی بصیر**

سال بیست و یکم، شماره ۹۷، بهار و تابستان ۱۴۰۳

**صاحب امتیاز:** مرکز چشم پزشکی بصیر

**مدیر مسئول:** دکتر احمد شجاعی باغبینی

**سردبیر:** دکتر محمد حافظ نوروزی‌زاده

**شورای دبیران:** دکتر امین ا... نیک اقبالی، دکتر احمد شجاعی باغبینی، 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 شیانی، دکتر فرساد نوروزی‌زاده، دکتر محمد حافظ نوروزی‌زاده، دکتر حمیدرضا صفاپخش، فرهاد صحرایی، علی مرادی، سمیه مسگرها، حمیده صباغی، علیرضا جعفری، راحله مروج

**همکاران این شماره**

دکتر فرساد نوروزی‌زاده، دکتر فاطمه جعفری، مهندس فاطمه وفائی، دکتر علی نظری نائینی، مهندس سید محمد هاشمی

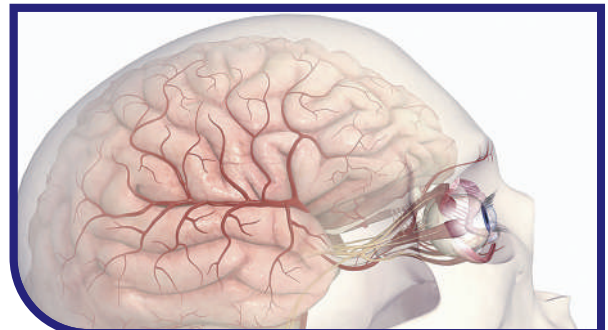
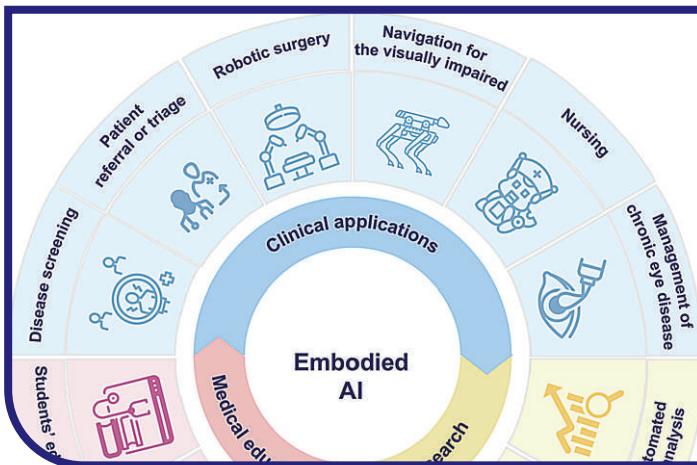
**تلفن:** ۶۶۹۴۰۴۰۴ (۰۲۱)

**پست الکترونیکی:** info@behrc.ir

**طراح و صفحه‌آرا:** منصور عیوضی اینانلو

**چاپخانه:** چاپ دیجیتال ایران کهن

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



## سخن سردبیر



دکتر محمدحافظ نوروزی زاده

## هوش مصنوعی در چشم پزشکی

با این حال، نباید از چالش‌ها و ملاحظات اخلاقی این مسیر غافل شد. کیفیت داده‌ها، سوگیری الگوریتم‌ها، حفظ حریم خصوصی بیماران و مسئولیت حقوقی تصمیمات مبتنی بر هوش مصنوعی، پرسش‌هایی جدی هستند که نیازمند پاسخ‌های شفاف و چارچوب‌های قانونی دقیق‌اند. هوش مصنوعی هرچقدر هم پیشرفته باشد، جایگزین قضاوت بالینی، تجربه و مسئولیت‌پذیری پزشک نخواهد شد؛ بلکه باید به‌عنوان ابزاری کمکی و تصمیم‌یار مورد استفاده قرار گیرد.

نکته مهم دیگر، آموزش نسل جدید چشم‌پزشکان است. آشنایی با مفاهیم پایه هوش مصنوعی، نحوه تفسیر خروجی الگوریتم‌ها و درک محدودیت‌های آن‌ها باید به بخشی از آموزش پزشکی تبدیل شود. تنها در این صورت است که می‌توان از این فناوری به‌صورت ایمن، مؤثر و مسئولانه بهره برد.

در پایان، هوش مصنوعی در چشم‌پزشکی نه یک رؤیای دوردست، بلکه واقعیتی در حال شکل‌گیری است. آینده‌ای که در آن تشخیص سریع‌تر، درمان دقیق‌تر و پیشگیری مؤثرتر از نابینایی امکان‌پذیر خواهد بود. مسئولیت جامعه علمی و پزشکی آن است که با نگاهی نقادانه، اما آینده‌نگر، این فناوری را هدایت کند تا در خدمت ارتقای سلامت بینایی و کیفیت زندگی بیماران قرار گیرد، نه صرفاً به‌عنوان یک دستاورد فناورانه، بلکه به‌مثابه ابزاری انسانی در مسیر مراقبت بهتر

تحولات شتابان فناوری در دهه‌های اخیر، مرزهای دانش پزشکی را جابه‌جا کرده‌اند و در این میان، هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از تأثیرگذارترین دستاوردهای عصر دیجیتال، نقشی برجسته در آینده مراقبت‌های سلامت ایفا می‌کند. چشم‌پزشکی، به‌دلیل ماهیت تصویربینان تشخیص‌ها و وابستگی گسترده به داده‌های دقیق، از نخستین رشته‌هایی بوده است که از ظرفیت‌های هوش مصنوعی بهره‌مند شده و اکنون در آستانه دگرگونی عمیق قرار دارد.

امروزه الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق توانسته‌اند در تحلیل تصاویر شبکیه، OCT و فوندوس، عملکردی هم‌تراز و گاه فراتر از متخصصان انسانی ارائه دهند. تشخیص زودهنگام رتینوپاتی دیابتی، دژنراسیون ماکولا، گلوکوم و حتی برخی بیماری‌های سیستمیک از طریق تصاویر چشمی، نمونه‌هایی روشن از این پیشرفت‌ها هستند. اهمیت این دستاوردها زمانی دوچندان می‌شود که بدانیم بسیاری از این بیماری‌ها در مراحل اولیه بدون علامت‌اند و تشخیص دیر هنگام می‌تواند منجر به آسیب‌های جبران‌ناپذیر بینایی شود.

از منظر بالینی، هوش مصنوعی نه تنها ابزاری برای افزایش دقت تشخیص است، بلکه می‌تواند بار کاری پزشکان را کاهش داده و امکان تمرکز بیشتر بر تصمیم‌گیری‌های پیچیده و ارتباط انسانی با بیمار را فراهم آورد. در مناطق محروم یا کم‌برخوردار، سامانه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند به‌عنوان یک غربالگر اولیه عمل کرده و دسترسی عادلانه‌تری به خدمات چشم‌پزشکی ایجاد کنند. این موضوع به‌ویژه در کشورهای با جمعیت بالا و کمبود نیروی متخصص، اهمیتی راهبردی دارد.

تا درودی دیگر بدرود  
دکتر محمد حافظ نوروزی زاده

# کاربردهای هوش مصنوعی تجسم یافته در حوزه چشم پزشکی<sup>۱</sup>

مترجم: دکتر علی نظری

EAI، از طریق تلفیق AI با عوامل فیزیکی از جمله ربات‌ها، پارادایم جدیدی را ارائه می‌دهد و آن‌ها را قادر می‌سازد تا فرآیندهای ادراک و یادگیری را انجام داده و با پیرامون خود تعاملی پویا داشته باشند. پایه‌های نظری آن در اواخر دهه ۸۰ میلادی شکل گرفت و با فرضیه تجسم (embodiment hypothesis) ترکیب و تلفیق گردید: در این فرضیه بر نقش هسته‌ای تعاملات فیزیکی در امر شناخت تأکید می‌گردد. برخلاف مدل‌های سنتی و مرسوم AI که بر مجموعه داده‌های استاتیک تکیه می‌نمایند، در EAI جهت سازگاری متن محور (context-aware adaptation) از ورودی‌های چندوجهی real-time استفاده شده و در نتیجه این روش قادر به حرکت و هدایت در محیط‌های متغیر و حل مشکلات پیچیده جهان واقعی خواهد بود. پیشرفت‌های صورت گرفته اخیر در مدل‌های بزرگ زبانی (LLMs=Large Language Models)، مدل‌های بصری-زبانی (VLMs=Vision-Language Models) و یادگیری تقویتی (RL=Reinforcement Learning) باعث توسعه هرچه بیش‌تر نسل بعدی سیستم‌های EAI شده و آن‌ها را مجهز به «مغز باهوشی» می‌کند که جهت استفاده بالینی از آن‌ها در فرآیند شخصی‌سازی و پاسخگویی، دارای ارزش خاص و قابل توجهی می‌باشد.

در حوزه مراقبت‌های بهداشتی، EAI کاربردهای امیدوارکننده‌ای را به ما ارائه می‌دهد. این روش می‌تواند تشخیص بیماری‌ها را تقویت کرده، در پایش فرآیند بهبودی به ما کمک کند و در شخصی‌سازی مراقبت‌های انجام گرفته از بیماران کمک‌کننده باشد و به ویژه دسترسی به این گونه مراقبت‌ها در مناطق دور دست و یا کم‌تر برخوردار را ارتقا بخشد. در حوزه چشم‌پزشکی، EAI به علت نیازمندی این رشته به دقت‌هایی در حد میکرون در اعمال جراحی، وجود داده‌های وسیع تصویربرداری چندوجهی و استفاده وسیع از تجهیزات تصویربرداری سبک و دستی، واجد ظرفیت‌های منحصر به فردی می‌باشد. EAI با استفاده از ادراک سریع و آنی و قابلیت‌های سازگاری خود می‌تواند به پزشکان در انجام اموری از قبیل تشخیص چندوجهی مبتنی بر

یائو کیو، ژیانولان چن، ژینیوان وو، یونگیان لی، پوشنگ ژو، کای جین، ژیانون شانگ، پرانتو چاتکم وانگز، مینگوانگ هه و دانلی شی.

هوش مصنوعی تجسم یافته (EAI)<sup>۲</sup> فرآیندهای ادراک، حافظه، استدلال و عمل را از طریق تعاملات فیزیکی با یکدیگر تلفیق و ترکیب کرده و در نتیجه امکان یادگیری دینامیک چند وجهی و فیدبک واقعی و خالص real-time را فراهم می‌سازد. در حوزه چشم‌پزشکی، EAI تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر داده را تقویت کرده و دقت فرآیندهای تشخیص، جراحی و درمان و نیز شخصی‌سازی آن‌ها را بهبود می‌بخشد. همچنین این روش دارای ظرفیت‌های تغییر یابنده‌ای جهت استفاده در آموزش علوم پزشکی و تحقیقات علمی می‌باشد و این کار را می‌تواند از طریق شبیه‌سازی سناریوهای بالینی و تسریع فرآیند کشف بیماری‌ها محقق سازد. در این مقاله ظرفیت‌های بالقوه و منحصر به فرد EAI را مورد بررسی قرار داده شده و در عین حال به چالش‌های فعلی موجود در زمینه داده‌ها، تفسیر و اخلاق اشاره گردیده و چهارچوبی در مورد جهت‌گیری‌های آتی آن در خصوص ترکیب آن با حوزه بالینی مشخص شده‌اند.

هوش مصنوعی (AI) به سرعت پیشرفت نموده و به نحو فزاینده‌ای در حوزه مراقبت‌های بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم‌های سنتی AI معمولاً متکی بر الگوریتم‌هایی مبتنی بر داده‌ها می‌باشند که در داخل محیط‌های ثابت محاسباتی فعالیت می‌کنند. هر چند این سیستم‌ها در زمینه‌هایی از جمله تشخیص تصاویر و پیش‌بینی ریسک به موفقیت‌های قابل توجهی دست پیدا کرده‌اند، اما عدم توانایی آن‌ها در خصوص تعامل فیزیکی با محیط اطراف باعث می‌شود که اثربخشی آن‌ها در موقعیت‌های بالینی پویا محدود باشد.

1 Embodied artificial intelligence in ophthalmology. Yao Qiu, Xiaolan Chen, XinyuanWu, Yunqian Li. npj Digital Medicine (2025).

2 Embodied Artificial Intelligence

ریشه در تعامل مداوم آن‌ها با محیط پیرامونشان دارد. در یک ساختار EAI، سنسورهای چندوجهی که در درون عوامل هوشمند قرار گرفته‌اند، داده‌های حسی از جمله سیگنال‌های بینایی، لمسی و شنیداری را به صورت real-time یعنی در زمان وقوع آن جمع‌آوری می‌کنند. سیستم‌های EAI از طریق یک سیکل ادراک-عمل حلقه بسته، مشاهدات real-time را با اطلاعات تاریخی ترکیب می‌کنند تا استراتژی‌های عملیاتی مناسب را از قبیل ارائه کمک‌های تشخیصی، پیشنهاد در مورد معاینات تکمیلی بیشتر و یا اصلاح و تغییر برنامه‌های درمانی مشخص نمایند. به دنبال هر عملی، سیستم نتیجه حاصل شده را ارزیابی می‌کند، آن را با نتایج مورد انتظار مقایسه کرده و رفتار آتی را تصحیح و ارتقا می‌بخشد. این حلقه تکرار شونده از حس کردن، عمل کردن و یادگیری به EAI اجازه می‌دهد تا پزشک از ویژگی‌های اختصاصی هر بیمار و نیز پیشرفت بیماری به صورت پیشرونده‌ای اطلاع حاصل کند و این امر باعث خواهد شد تا مداخلات پزشکی دقیق‌تر و به صورت شخصی‌سازی شده‌تری انجام پذیرد.

ظرفیت تغییرپذیری EAI ریشه در توانایی آن جهت ارائه کمک‌های مراقبتی انطباقی در حوزه چشم‌پزشکی به صورت real-time می‌باشد. EAI از طریق اتصال پاسخ‌ها به نتایج حاصل از معاینات فرد می‌تواند کمک‌های کلینیکی فوری ارائه داده و در ارائه درمان‌های اختصاصی برای هر فرد پزشک را هدایت کرده و در مدیریت دینامیک بیماری تأثیرگذار باشد. یک فهرست مقایسه‌ای از تکنولوژی‌های مبتنی بر AI و تکنولوژی‌های مبتنی بر EAI در جدول شماره یک به صورت خلاصه به نمایش درآمده است.

EAI متکی بر پیشرفت‌های صورت گرفته در حوزه‌های متعددی از جمله الگوریتم‌های هوشمند، ادراک حسی، تصمیم‌سازی و کنترل رباتیک می‌باشد. توسعه سیستم‌های EAI ذاتاً امری بین‌رشته‌ای است و در آن، اطلاعاتی از رشته‌های نوروساینس، روان‌شناسی، رباتیک، یادگیری ماشینی، LLM و سایر فن‌آوری‌های مرتبط با یکدیگر ترکیب می‌شود. این سیستم‌ها پیوسته در حال تکامل می‌باشند تا توانایی‌های کلیدی‌ای از جمله ادراک، شناخت زبانی، استدلال، برنامه‌ریزی، ناوبری و عملیات موتوری را ارتقا دهند. در مرکز EAI چهار فرآیند اساسی و پایه قرار دارد: ادراک، حافظه، استدلال و عمل (شکل یک).

### ادراک: ارتقای فرآیندهای حسی چندوجهی در حوزه پزشکی

در سیستم‌های EAI، وجود تکنولوژی‌های ادراکی پیشرفته جهت تشخیص ورودی‌های حسی مختلف (مانند محرک‌های بینایی، شنوایی، لمسی و حتی بویایی) که از محیط‌های پیچیده‌ای منشأ می‌گیرند و نیز جهت ترکیب آن‌ها، از نقش اساسی و تعیین‌کننده‌ای برخوردار می‌باشد.

شبکه‌های عصبی در هم پیچیده (Convolutional Neural

تصویربرداری، برنامه‌ریزی و طراحی اعمال جراحی، راهنمایی جراح در حین انجام عمل و بهینه‌سازی درمان‌های شخصی‌سازی شده کمک و یاری نماید. بنابراین جهت آگاهی از تحقیقات آتی در خصوص این روش و کاربردهای بالینی آن ضروری است که فن‌آوری اصلی مربوط به آن، پیشرفت‌های فعلی و چالش‌های موجود در حوزه چشم‌پزشکی به صورت خلاصه‌وار برای مخاطبان بیان شود.

در این مقاله در مورد کاربرد EAI در چشم‌پزشکی راهنمایی‌های مقدماتی و ابتدایی به خوانندگان ارائه می‌شود. در قسمت اول این مقاله، در مورد مفهوم EAI و اجزای اساسی و پایه آن از قبیل ادراک، استدلال، عمل و حافظه کلیاتی ارائه می‌گردد. در قسمت دوم، کاربردهای بالقوه این روش در حوزه مراقبت‌های کلینیکی، آموزش و تحقیقات مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد و در قسمت سوم در مورد چالش‌های موجود در این حوزه و جهت‌گیری‌های آتی آن گفتگو خواهیم کرد. همچنین با تأکید بر مفهوم « مغز هوشمند » در EAI، تلاش خواهیم کرد تا برای پزشکان و نیز برای محققانی که در حوزه چشم‌پزشکی با این فن‌آوری نوظهور درگیر می‌باشند، اطلاعات ارزشمندی را ارائه دهیم.

## مقدمه‌ای بر EAI

### - ویژگی‌های EAI و مزایای آن

EAI سعی دارد تا چالش‌های موجود بر سر راه هوش مصنوعی سنتی را حل و فصل نماید بدین شکل که این روش به عوامل مجازی توانایی‌های ادراکی، حرکتی و گفتاری را اعطا کرده و آن‌ها را قادر می‌سازد تا در محیط‌های شبیه‌سازی شده و در نهایت در جهان واقعی تعاملاتی را انجام دهند. این عوامل که در ابتدا در موقعیت‌های مجازی آموزش‌هایی را فرا می‌گیرند، می‌توانند بدون هیچ‌گونه وقفه‌ای رفتارهای آموخته شده خود را به سیستم‌های رباتیک فیزیکی منتقل کنند.

برخلاف هوش مصنوعی سنتی به کار رفته در رشته چشم‌پزشکی که وابسته به مجموعه وسیعی از داده‌های استاتیک از جمله تصاویر، ویدیوها و یا متن‌هایی می‌باشند که از اینترنت اخذ گردیده، روش EAI بر تعامل real-time و تجسم یافته با محیط تأکید کرده و به شکلی دقیق منعکس‌کننده فرآیند یادگیری انسانی - که متکی بر تجربه هست - می‌باشد. سیستم‌های سنتی AI که بر پایه اینترنت ساخته شده، به علت وابستگی شدیدشان به کیفیت و تنوع داده‌های از قبل موجود مرتبط با یادگیری اغلب تلاش می‌کنند تا در زمینه‌های کلینیکی دینامیک تعمیم پذیر شوند. در عین حال که سیستم‌های EAI ممکن است هنوز هم از اتصالات اینترنتی جهت بروز شدن و یا جهت انجام محاسبات از راه دور استفاده کنند، قدرت خاص آن‌ها

## جدول یک. مقایسه میان روش‌های چشم‌پزشکی سنتی و روش‌های چشمی از نوع EAI

روش‌های چشم‌پزشکی ارتقا یافته توسط EAI	روش‌های چشم‌پزشکی سنتی	
حس کردن فعالانه محرک‌ها به صورت چندوجهی (Intraoperative OCT، تعقیب چشم و...)	ثبت و ضبط غیرفعال (معاینه دستی، ورودی به وسیله چشم پزشک)	منبع داده‌ها
اتصال چندوجهی (تعقیب چشم، بیومکانیک و...)	تک وجهی یا چندوجهی محدود (مثل OCT و CFP)	یکپارچه‌سازی اطلاعات
دستگاه به صورت دینامیک آزمایش‌ها و معاینات را تنظیم می‌کند و با کاربران در تعامل است	پزشک نتایج را توضیح می‌دهد، بیمار به صورت غیر فعالانه‌ای توضیحات را دریافت می‌کند.	مکانیسم فیدبک
یادگیری تقویتی ادراک - عمل به صورت حلقه بسته	یادگیری یک‌طرفه، برای بازآموزی به مجموعه داده‌هایی در مقیاس بالا نیاز دارد.	مکانیسم یادگیری
فیدبک به صورت real-time (چند هزارم ثانیه)	آنالیز گذشته‌نگر (دقیقه‌ها)	مناسبت زمانی تصمیم‌گیری‌ها
جمع‌آوری داده‌ها و فیدبک به صورت لحظه‌ای	متکی به قضاوت شخصی است (تحت تأثیر خستگی پزشک یا تجربه می‌باشد)	توانایی تصمیم‌گیری
برای استفاده عملی از آن، نیاز به آموزش‌های وسیع و یکپارچه‌سازی سنسورها می‌باشد.	قابلیت انطباق در مورد بیماری‌های نوظهور یا نادر، محدود می‌باشد.	قابلیت انطباق و سازگاری
نسبتاً بالا ولی می‌تواند در درازمدت از طریق اتوماسیون بار کاری انسان را کاهش دهد	در مورد روش‌های استاندارد (مثلاً معاینه به وسیله اسلیت لامپ) هزینه نسبتاً پایین است	هزینه
کمک و یاری در درمان شخصی‌سازی شده (مثلاً تزریقات شبکه، اجتناب از موانع به صورت رباتیک)	غربالگری و تشخیص استانداردسازی شده (مثلاً درجه‌بندی DR، آنالیز OCT)	کاربرد کلینیکی
امکان تصمیم‌سازی مبتنی بر داده‌ها به صورت real-time را فراهم می‌کند اما نیاز به منابع محاسباتی وسیع و یکپارچه‌سازی پیشرفته دارد.	معتبر و جاف‌تاده، به صرفه از نظر هزینه، اما سازگاری real-time آن محدود است.	مزایا و معایب

به چشم می‌خورند ارتقا می‌دهد. ظهور مدل‌های پایه و بنیادین و یادگیری بازنمایی (representation) باعث می‌شود اقدامات تشخیصی پزشکان با استفاده از داده‌ها به نحو مؤثرتری انجام پذیرد. همچنین پیشرفت‌های صورت گرفته در حوزه تکنولوژی‌های ادراک سه‌بعدی (3D) و آگاهی فضایی (spatial) را تقویت کرده و پزشکان را قادر می‌سازد تا تفسیر دقیق‌تری از داده‌های حجمی نسبت به دیدگاه اولیه شخص ارائه دهند.

(Networks: CNNs) و ساختارهای مبتنی بر مبدل (transformer) در تشخیص ویژگی‌های پیچیده بیماری‌ها از عملکرد بهتری برخوردار بوده و در این مسیر از روش‌های سنتی پردازش تصاویر پیشی می‌گیرند. در رشته چشم‌پزشکی، استفاده و تلفیق داده‌های چندوجهی دقت تشخیصی را بیش‌تر از پیش افزایش می‌دهد. علاوه بر آن، هوش مصنوعی زایا باعث غنی‌تر شدن داده‌ها شده و اجرای مدل را در بیماری‌های نادر یا بیماری‌هایی که کم‌تر

به شمار می‌روند.

### حافظه: تسهیل در یادگیری مداوم و نگهداری زمینه

وجود حافظه برای سیستم‌های EAI به این جهت که در محیط‌های دینامیکی بالینی به نحو مؤثری فعالیت نمایند، امری ضروری به شمار می‌رود. برخلاف مدل‌های استاتیک هوش مصنوعی، سیستم‌های EAI دارای حافظه کوتاه‌مدت و بلندمدت بوده تا از یادگیری مداوم و پیوسته و تصمیم‌سازی‌های مبتنی بر زمینه (context-aware) حمایت و پشتیبانی نمایند.

حافظه کوتاه‌مدت، تعاملات اخیر و تغییرات موقتی و گذرای محیط را کسب کرده و فرد را قادر می‌سازد تا به سناریوهای متغیر و در حال پیشرفت به سرعت پاسخ دهد. در رشته چشم پزشکی، این امر در خلال انجام مداخلاتی از جمله مانیتورینگ حین عمل جراحی - که در آن سازگاری سریع و real-time ضروری است - حائز نقش اساسی و مهمی می‌باشد.

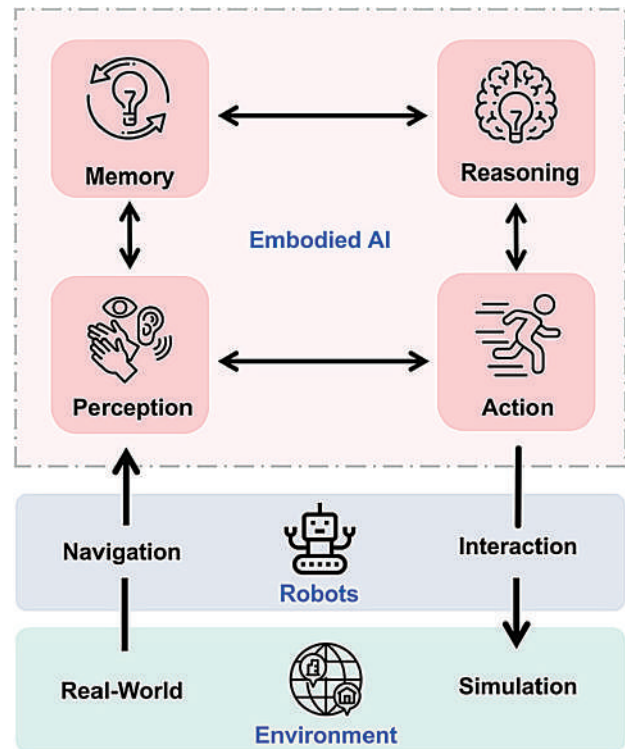
حافظه بلندمدت از طریق مواجهات متعدد کلینیکی و فیدبک انسانی، اطلاعات انباشته شده‌ای را ذخیره می‌کند و به سیستم‌های EAI اجازه می‌دهد تا با گذشت زمان تجارب گذشته را تعمیم داده، استدلال‌های کلینیکی را تصحیح کنند و استراتژی‌های درمانی را بهبود ببخشند. یکپارچه‌سازی در حافظه بلندمدت این امکان را فراهم می‌سازد تا مدل‌های تشخیصی با جمعیت رو به رشد بیماران و یا تظاهرات بیماری‌های نادر، در سناریوی هدف، تطابق و سازگاری مداومی حاصل نمایند.

ترکیب حافظه کوتاه‌مدت و بلندمدت، پایه و اساسی برای یادگیری مادام‌العمر می‌باشد و باعث می‌شود پایه اطلاعاتی یک مدل به صورت مداوم و بدون آنکه نیاز به بازآموزی کامل باشد، به روز گردد.

### استدلال: تقویت و پشتیبانی از تصمیم‌سازی‌های کلینیکی

برای آنکه سیستم‌های EAI بتوانند در محیط‌های پزشکی پیچیده و متغیر فعالیت نمایند، فرآیند استدلال امری بسیار مهم و بنیادین به شمار می‌رود. برای آنکه از تصمیم‌سازی‌های ایمن و بی‌خطر و قابل توجه اطمینان حاصل شود، سیستم‌های EAI در کنار پردازش داده‌های چندوجهی به صورت real-time از جمله تصویربرداری‌ها، متون کلینیکی و فیزیک بیمار، می‌بایست از یک مجموعه روش‌های پیشرفته جهت پاسخ‌دهی شفاف و context-aware استفاده شود.

LLM و VLM در فرآیند استدلال چندوجهی (multimodal)، ترجمه زبان طبیعی و ترجمه ورودی‌های بصری (visual) به اعمالی که از نظر کلینیکی معنادار هستند، نقش اساسی و مهمی را ایفا می‌کنند. روش‌هایی مانند برانگیختن زنجیره تفکر (CoT: Chain of Thought) مدل‌ها را از طریق استنتاج گام به گام هدایت کرده و در نتیجه فرآیند استدلال منطقی را تقویت می‌کنند و در عین حال روش‌های قائم بالذات، اعتبار تصمیم‌گیری‌ها را از طریق انتخاب



شکل ۱: فرآیند اصلی و مرکزی در EAI.

EAI با محیط‌های مختلف از طریق تجسم‌سازی فیزیکی و ترکیب فرایندهای ادراک، حافظه، استدلال و عمل تعامل می‌کند تا به یادگیری اتونوم و تعمیم‌سازی‌های انطباقی دست پیدا کند.

فراتر از حس بینایی، ادراکات حس لامسه و حس شنوایی - خصوصاً در انجام اعمال جراحی - از نقش حیاتی و مهمی برخوردار می‌باشند. سیستم‌های EAI که دارای اینگونه قابلیت‌ها می‌باشند، می‌توانند فیدبک‌های شفاهی یا لمسی را به صورت real-time در اختیار جراحان قرار دهند و این امر سیستم‌های رباتیک را قادر می‌سازد تا در حین انجام اعمال جراحی پیچیده چشم، به صورت دینامیکی سازگاری حاصل نموده و ریسک آسیب بافتی را کاهش دهند. در ناوبری بصری (visual navigation) - که در سیستم‌های اتونوم از نقش مهم و خطیری برخوردار می‌باشد - اطلاعات بصری، لمسی و شفاهی با یکدیگر ترکیب می‌شوند تا از این طریق نقشه‌ای از محیط به دست آمده، موانع موجود شناسایی شوند و به دستورات صوتی نیز پاسخ داده شوند. این توانایی‌ها جهت انجام اموری از قبیل ناوبری در محیط خانه و نیز انجام اعمال جراحی، امر حیاتی و مهمی

## جدول دو: خلاصه‌ای از تعاریف مربوط به اصطلاحات روشی

مخفف	اصطلاح کلی	تعریف
CNN	Convolutional Neural Network	یک ساختار یادگیری عمقی که در پردازش داده‌های شبکه‌ای شکل (مثل تصاویر) از راه لایه‌های درهم پیچیده جهت استخراج ویژگی‌ها، تخصص دارد.
LLM	Large Language Model	یک نوع مدل AI که متشکل از مجموعه وسیعی از متن می‌باشد تا زبانی شبه انسانی را تولید، درک و اجرا کند.
VLM	Vision-Language Model	یک سیستم چندوجهی AI که داده‌های بصری و متنی را همراه با یکدیگر پردازش می‌کند تا اعمالی مانند عکس برداری یا سوال و جواب‌های بصری را انجام دهد.
RL	Reinforcement Learning	یک پارادایم یادگیری ماشینی که در آن عوامل، از طریق تعاملات آزمون-خطا با یک محیط، اعمالی را یاد می‌گیرند و این اعمال با پاداش‌هایی هدایت می‌شود.
CoT	Chain-of-Thought	یک چهارچوب استدلالی که LLM ها را بر می‌انگیزاند تا مسائل را به صورت گام‌هایی میانی تجزیه کرده و از این طریق استنتاج منطقی را تقویت می‌کند.
GNN	Graph Neural Network	یک شبکه عصبی که جهت اجرا بر روی داده‌هایی با ساختار هندسی طراحی شده و وابستگی‌ها را از طریق پیامی که از میان گره‌ها عبور می‌کند، کنترل می‌کند.
ISR-LLM	Iterative Self-Refined LLM	یک نوع LLM که خروجی‌های خود را به صورت تکرارشونده از طریق خودارزیابی یا حلقه‌های فیدبک خارجی اصلاح می‌کند.

را به زیر-وظیفه‌هایی قابل اجرا تجزیه نمایند و بر اساس فیدبک محیطی، به صورت دینامیک برنامه‌ریزی را تنظیم کنند. همچنین چارچوب‌هایی مانند ISR-LLM، می‌توانند عملکرد سیستم را در شرایط متغیر و پیچیده از طریق سازگاری تکرارشونده خودسنج (Self-evaluation) و real-time، بیش‌تر و بیش‌تر بهبود ببخشند.

### عمل: بستن حلقه ادراک-تصمیم‌گیری

واحدهای عمل (Action modules) خروجی‌های ادراک و استدلال را به عملیات فیزیکی آگاه به متن (context-aware) تبدیل می‌کنند و سیستم‌ها EAI را قادر می‌سازند تا با محیط‌های فیزیکی یا مجازی تعامل نمایند.

اعمال و فعالیت‌های ساده معمولاً پاسخ‌های مستقیمی به ورودی‌های حسی یا آموزش‌های بیرونی می‌باشند و به وسیله مدل‌های سیاست‌های کنترلی-که رفتار رباتیک را کدبندی می‌کند-تنظیم می‌شوند. یک سیاست کنترلی مؤثر، ظرفیت بیانگری مورد نیاز برای اجرای اعمال پیچیده را با سازگارپذیری و بازدهی محاسباتی هماهنگ می‌سازد. سیستم‌های رباتیک از طریق تنظیم دقیق موقعیت‌های اتصالی می‌توانند خط سیرهای حرکتی از قبل تعریف

منطقی‌ترین خروجی از مسیرهای متعدد استدلالی افزایش می‌دهد. شبکه‌های عصبی هندسی باعث تقویت مدل‌سازی علیتی بین متغیرهای کلینیکی شده و برنامه‌ریزی‌های تشخیصی و درمانی شخصی‌سازی شده را آسان‌تر می‌سازند. RL-بخصوص هنگامی که با یادگیری عمقی تلفیق شود- به سیستم‌های EAI اجازه می‌دهد تا بتوانند از طریق تعاملات آزمون و خطا، کیفیت استراتژی‌های کلینیکی را بهبود بخشند. برای آنکه وابستگی به پاداش‌های دستی کاهش یابد و ثبات و قوام افزایش پیدا کند، فیدبک human-in-the loop (انسان در حلقه) رفتار سیستم را با اطلاعات کارشناس و زمینه‌های خاص هر بیمار تنظیم و هم‌راستا می‌کند. این پیشرفت‌ها امکان اصلاح قابلیت‌های استدلالی را در سیستم‌های EAI فراهم می‌سازد.

در برنامه‌ریزی‌های جراحی و ناوبری خودکار (اتونوم)، استدلال فضایی نقش حیاتی و مهمی را ایفا می‌کند. پیشرفت‌های اخیر در استدلال فضایی مبتنی بر LLM، خطاهای ناوبری را کاهش داده و تصمیم‌سازی‌های دینامیک و زنجیره‌ای را تقویت نموده است. تجهیزات مخصوص به برنامه‌ریزی اعمال پیچیده مانند ProgPrompt و Socratic Planner، سیستم‌ها را قادر می‌سازد تا اهداف کلینیکی

روبرو می‌باشد. EAI امیدهایی را جهت غربالگری خودکار و کم‌تر کردن مداخله انسان فراهم می‌آورد. به عنوان مثال سیستم‌های EAI می‌توانند تصاویر OCT را به صورت خودکار گرفته و آن‌ها را با استفاده از الگوریتم‌های یکپارچه هوش مصنوعی تفسیر کنند و از این طریق غربالگری سریع، مقیاس‌پذیر و به صرفه از نظر هزینه را امکان‌پذیرتر می‌کنند. همچنین تجهیزات دستی و قابل حمل ارزان قیمتی از قبیل دوربین‌های سبک وزن شبکه‌جهت معاینه فرد توسط خود وی و سیستم TRDS - که یک مدل یادگیری عمقی را با یک دستگاه مادون قرمز واگرای شکست نور جهت انجام محاسبات انکساری ترکیب می‌کند - در حال تولید می‌باشند؛ این دستگاه مخصوص شکست نور در شرایط نوری مختلف، قابل مقایسه و مشابه با اتورفاکتورهای رومی می‌باشد. این تجهیزات در مناطق کم‌تر برخوردار مانند نواحی روستایی، کوهستانی، مرتفع و بحران زده‌ای که در آن‌ها غربالگری‌های مرسوم از نظر لجستیکی با مشکل روبرو می‌باشد، از ارزش خاصی برخوردار هستند.

علاوه بر آن، EAI می‌تواند توصیه‌هایی را در مراکز ارائه‌دهنده مراقبت‌های پزشکی اولیه و مراکز غیر چشم‌پزشکی جهت ارجاع بیماران ارائه دهد. به عنوان مثال، سیستم RobOCT-Net، رباتیک و AI را با یکدیگر ترکیب می‌کند و از این طریق پزشکان می‌توانند در بخش اورژانس پاتولوژی‌های سگمان خلفی را که نیاز به ارجاع دارد با حساسیت ۹۵ درصد و ویژگی ۷۶ درصد تشخیص دهند. به همین شکل نیز سکوی IOMIDS (platform) یک AI chatbot را با یادگیری چندوجهی ترکیب می‌کند تا تریاژ بیماران و خود-تشخیصی را بر اساس شرح حال کاربر و داده‌های تصویربرداری تقویت نماید. این سیستم‌ها، امیدهایی را جهت پایش بیماری در منزل و غربالگری در سطح وسیع‌تری از جوامع انسانی ایجاد کرده‌اند.

انتظار می‌رود که سیستم‌های EAI در آینده بتوانند LLM را با یکدیگر ترکیب کرده و از این طریق تعاملات طبیعی و شبه انسانی را آسان‌تر نموده و اعتماد کاربر و دسترسی او را افزایش دهند. Chatbot مجهز به LLM می‌تواند به بیمار اجازه دهد تا قبل یا بعد از ملاقات با پزشک در مورد علایم بیماری تحقیق کرده و نقش یک موتور شناختی را جهت ارتقای توانایی‌های EAI در شناخت محیطی، تصمیم‌گیری و ترکیب اطلاعات چندوجهی ایفا کند.

**کمک به جراحی‌های چشمی.** به منظور کمک به انجام جراحی‌های حوزه چشم از جمله جراحی ویترو و رتین، جراحی آب مروارید، پیوند قرنیه و جراحی استرابیسم از ربات‌های جراح مختلفی استفاده گردیده است. استفاده از ربات‌ها می‌تواند از طریق کاهش اثرات ترمور یا لرزش فیزیولوژیک دست، دقت جراحی را افزایش دهد. با این وجود، ربات‌های جراحی فعلی معمولاً نیاز به کنترل توسط اپراتور و یا نیازمند نظارت می‌باشند و فاقد قدرت تصمیم‌گیری خودکار می‌باشند.

شده را با دقت بالایی دنبال کنند. همچنین مکانیسم‌های فیدبک تحمیلی، از طریق انجام اصلاحات real-time در هنگام تعاملات فیزیکی، ایمنی و دقت را بیش از پیش افزایش می‌دهند و در حین انجام اعمال جراحی، تماس ثابتی با بافت‌های حساس و ظریف برقرار می‌شود. این اعمال ساده و سطح پایین، اغلب امور خاص و معینی از قبیل دستکاری‌های ابزاری یا تعقیب حرکات چشم در تجهیزات چشم‌پزشکی را انجام می‌دهند. مدل‌های تصویری-زبانی-عمل از طریق تلفیق ادراکات حسی با کنترل حرکتی، این قابلیت را توسعه می‌دهند و انجام اصلاحات real-time در زمان اعمال جراحی در پاسخ به تغییرات دینامیک را تسهیل می‌نمایند.

اعمال پیچیده و سطح بالا، خروجی‌های حاصل از واحدهای حافظه و استدلال را با یکدیگر ترکیب می‌کنند و اغلب، LLM، RL و یا استراتژی‌های هیبریدی را درگیر می‌سازند. برنامه‌ریزان پیشرفته‌ای مانند LLM-Planner و EmbodiedGPT، داده‌های محیطی و داده‌های پزشک را با یکدیگر ترکیب کرده و سکانس‌های عملی انطباقی و آگاه به زمینه (context-aware) را ایجاد می‌کنند. این رویکردها، وابستگی به آموزش‌های مقدماتی گسترده و وسیع را کاهش داده و انعطاف‌پذیری را بویژه در موارد حساس و مخاطره‌آمیزی از قبیل ترمیم شبکه‌جهت و جراحی‌های لیزری داخل چشمی افزایش می‌دهد.

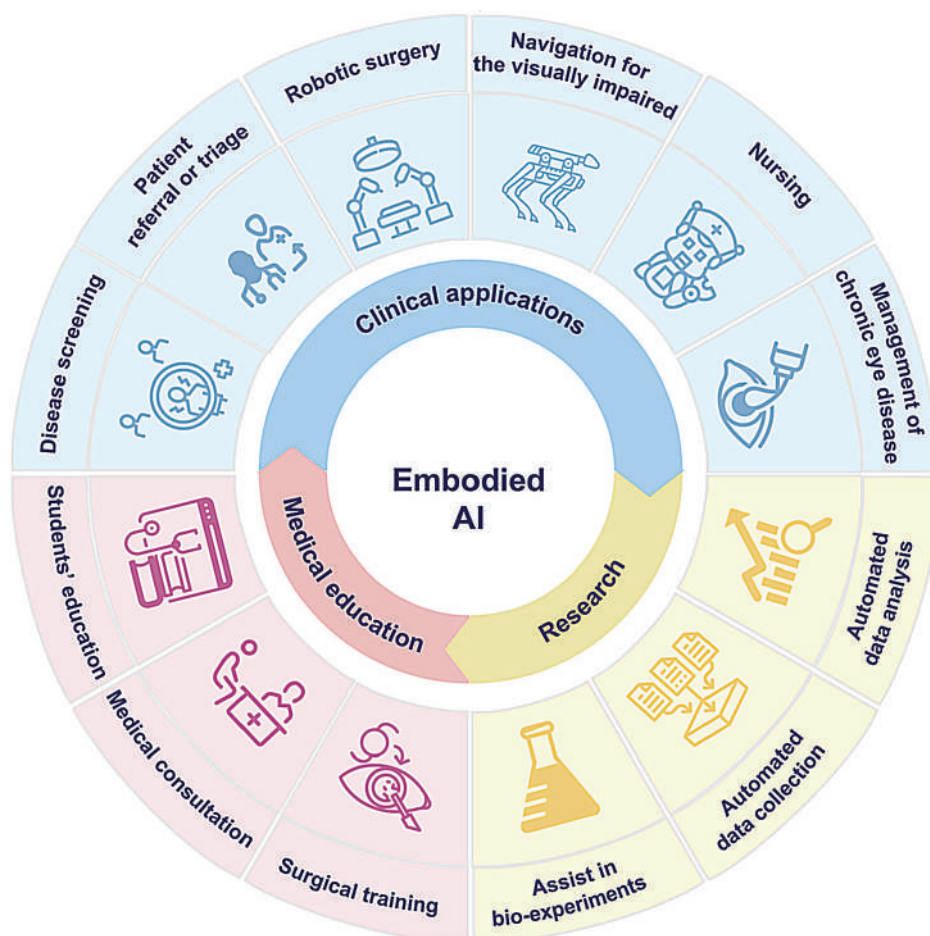
## استفاده از EAI در حوزه چشم‌پزشکی

اخیراً فن‌آوری‌های نوظهور هوش مصنوعی در تشخیص و درمان بیماری‌های چشم مورد استفاده قرار گرفته است. با ظهور EAI، کاربردهای بالقوه آن در حوزه چشم‌پزشکی - از جمله غربالگری و تشخیص، دستیاری جراحان، کمک به افرادی که دچار اختلالات بینایی هستند، آموزش پزشکی و تحقیقات کلینیکی - توجه پزشکان را به سوی خود جلب کرده است (شکل ۲).

### EAI - در برنامه‌های کلینیکی

تشخیص و غربالگری بیماری‌های چشمی. افزایش سن ساکنان کره زمین باعث افزایش بروز بیماری‌های تهدیدکننده بینایی انسان از جمله رتینوپاتی دیابتی، گلوکوم، دژنراسانس وابسته به سن ماکولا و آب مروارید شده است. تشخیص زودهنگام از طریق غربالگری مبتنی بر جمعیت، در حفظ بینایی بیماران و بهبود نتایج درمانی درازمدت نقش مهم و بسزایی برخوردار است.

الگوریتم‌های یادگیری عمقی که اخیراً در غربالگری بیماری‌های چشمی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، به دقت بالایی دست پیدا کرده‌اند. با این وجود، استفاده از آن‌ها در مقیاس وسیع به علت نیاز به پرسنل آموزش دیده و نیز هزینه‌های مرتبط با آن با محدودیت



شکل ۲. استفاده از EAI در چشم پزشکی. سیستم‌های مشتق از EAI در چشم پزشکی، دربرگیرنده سه حوزه می‌باشد: کاربردهای کلینیکی، آموزش پزشکی و تحقیقات.

مقدار AUC (Area Under the Curve = مساحت زیر منحنی) در مورد ویژگی‌های عملیاتی گیرنده برای عمل جراحی کپسولورکسیس برابر با ۰/۹۹۶، برای فیکو برابر با ۰/۹۷۲، برای برداشتن کورتکس به میزان ۰/۹۹۷ و برای تشخیص فاز استراحت و توقف برابر با ۰/۸۸۰ بودند. هر چند این مطالعات نمی‌توانند به صورت کامل و جامع معرف سیستم‌های EAI باشند، اما مرجع مهم و قابل توجهی را جهت ابداع سیستم‌های EAI در آینده به ما ارائه می‌دهند. EAI می‌تواند به ساختارهای شبیه به یکدیگر CNN این امکان را دهد که شناخت خود را از محیط افزایش داده و از مدل‌های قطعه‌بندی نمونه به صورت real-time جهت برنامه‌ریزی اعمال جراحی استفاده کنند. همچنین EAI می‌تواند دقت و ایمنی جراحی‌های رباتیک چشم را افزایش دهد. سیستم‌های رباتیک هوشمند می‌توانند در انجام اعمال جراحی حساس و ظریفی از جمله تزیقات سابرتینال به

از طریق ترکیب ربات‌های جراح با تکنولوژی‌های مانیتورینگ حین عمل جراحی به صورت real-time از جمله OCT، عکاسی فوندوس و ویدئوهای جراحی، در کنار استفاده از تکنولوژی‌های AI مانند مدل‌های چندوجهی بزرگ، EAI می‌تواند توانایی خود را جهت شناخت محیط جراحی به صورت real-time و تفسیر آن افزایش دهد. به عنوان مثال، Nespolo و همکاران یک سکوی ناوبری جراحی را بر اساس YOLACT++ ابداع نمودند که قادر به تشخیص دستگاه‌ها و بافت‌ها و طبقه‌بندی آن‌ها بوده و دارای قدرت پردازش بسیار سریع (38/77-87/44 FPS) و دقت بالایی (AUPR تا مرز 0/972) می‌باشد. در مطالعه دیگری جهت آنالیز فریم‌های ویدیویی به صورت real-time از یک CNN مبتنی بر ناحیه استفاده گردید که در حین عمل جراحی آب مروارید می‌تواند محل قرنیه را مشخص کرده، فاز جراحی را تشخیص داده و به صورت real-time، فیدبک درستی را ارائه دهد.

دینامیک به EAI کمک کنند. همچنین EAI می‌تواند از طریق فیدبک لمسی، حس نمودن فشار یا سیستم‌های تشخیص صدا با کاربران تعامل کند. به عنوان مثال، سیستم‌های درک فشار بر پایه عصا (عصا-پایه) امکان تعامل دوطرفه را فراهم آورده و به راهنماهای رباتیک اجازه می‌دهد تا همزمان با اینکه کاربران می‌توانند سرعت حرکت ربات را با حالات و حرکات فشار دادن یا به عقب کشیدن خود تنظیم کنند، کاربران را از طریق حرکت رو به جلو یا چرخیدن هدایت و راهنمایی کند. روش‌های مبتنی بر EAI در مقایسه با تکنولوژی‌های کمکی سنتی و رایج هوشمندتر بوده، شخصی‌سازی در آن‌ها بیش‌تر است و انطباق پذیری آن‌ها از طریق یادگیری مداوم از فیدبک و رفتار کاربر، در سطح بالاتری می‌باشد. این سیستم‌ها می‌توانند به صورت real-time به محیط‌های دینامیک و غیرقابل پیش‌بینی پاسخ دهند و از طریق کاهش نیاز به تنظیمات دستی و یا کمک‌های روشی بیرونی، ایمنی فرایند ناوبری و تجربیات کلی کاربر را افزایش دهند.

EAI فراتر از ناوبری، می‌تواند به بیماران دچار اختلالات بینایی در انجام فعالیت‌های روزمره مانند آشپزی، خوردن و لباس پوشیدن کمک کند و از این طریق، استقلال و بی‌نیازی آن‌ها را تقویت کند. همچنین EAI می‌تواند محیط را مانیتور کرده و برای جلوگیری از افتادن بیمار، حرکات او را تعقیب کند. علاوه بر این EAI می‌تواند در درمان بیماری‌های مزمن چشمی نیز کمک‌کننده باشد به این صورت که امکان مانیتورینگ حدت بینایی یا VA را در خانه فراهم آورده و در یادآوری قطره‌های چشمی بیمار و مصرف آن‌ها به او کمک نماید. انتظار می‌رود EAI از طریق یکپارچه‌سازی chatbot هوشمند حوزه سلامت، بتواند در ارتباط و گفتگوی طبیعی‌تر و شبه انسانی با بیماران دچار مشکلات بینایی شرکت نموده و احساسات منفی آن‌ها را کاهش داده و آرامش فکری آن‌ها را تقویت کند.

### استفاده از EAI در آموزش پزشکی

در حوزه مشاوره‌های پزشکی و آموزش‌های پرستاری برای بیماران، عوامل هوشمند مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در عین حال، تعاملات سنتی مبتنی بر اینترنت AI، منحصراً بر متن یا صدا تکیه کرده و نکات ظریف مربوط به زبان بدن و بیان احساسات، در آن‌ها وجود ندارد. EAI امکان توسعه و تکامل عوامل هوشمند را در داخل شبیه‌سازهای سه بعدی فراگیر فراهم می‌آورد و در نتیجه درک محیط را تقویت کرده و از طریق حالت چهره، تغییرات صدا و سایر کانال‌ها احساسات فرد را منتقل می‌کند. این عوامل تجسم یافته می‌توانند تعاملات جذاب‌تر و شبه انسانی‌تری را ارائه دهند و مشارکت بیماران را در درمان بیماری بهبود بخشند. EAI علاوه بر حمایت تعاملی، می‌تواند به بیماران در پایش فعالیت بیماری توسط خود وی کمک کرده و داده‌های ارزشمندی را جهت معاینات بعدی

پزشک کمک نمایند. علاوه بر این، سیستم‌های آنالیز ویدیویی مبتنی بر AI می‌توانند بر حرکات تجهیزات جراحی و موقعیت و عمق آن‌ها نظارت کرده و برخوردهای اتفاقی با بافت‌های چشم را کاهش داده و ایمنی اعمال جراحی را افزایش دهند. به عنوان مثال، Wu و همکاران یک سیستم رباتیک خودکار را برای تزریقات سباب رتینال معرفی کردند که در آن، OCT داخل چشمی با فرایند پیش‌بینی حرکت مبتنی بر یادگیری عمقی ترکیب شده بود و جراح از این طریق می‌توانست حتی در شرایط دینامیک شبکه، سوزن را به دقت کنترل نماید. Kim و همکاران از بُعد اتونومی، یک سیستم مقلد ناوبری مبتنی بر یادگیری را معرفی کردند که خط سیر تجهیزات جراحی را بر روی سطح شبکه به پزشک آموزش می‌داد و دقت آن در حد کم‌تر از میلی‌متر بوده و کیفیت آن، در شرایط نوری متغیر و تداخل تجهیزات ثابت باقی می‌ماند. اخیراً RL و تجهیزات تقلیدگر آموزش با استفاده از داده‌های تصویربرداری در حین عمل جراحی این امکان را برای ربات‌ها فراهم کرده‌اند تا در طی فاز برش در جراحی کاتاراکت بتوانند به صورت خودکار وظایف محوله را انجام دهند. این مدل‌ها از طریق گنجاندن فعالیت‌های جراح و اولویت‌های او در فرایند آموزش، سیستم رباتیک را قادر ساخته تا با روش‌های جراحی شخصی انطباق پیدا کرده و اعمال جراحی را به صورت شخصی‌سازی شده برای هر بیمار انجام دهند. این یافته‌ها در کنار یکدیگر، نمایانگر گام‌های مهم حرکت به سوی اتونومی بیش‌تر و تلفیق عمیق‌تر EAI در جراحی چشم می‌باشد.

• **ناوبری تجسم یافته برای بیماران دچار اختلال بینایی:** پیش‌بینی می‌شود که در حوالی سال ۲۰۵۰ میلادی، ۶۱ میلیون نابینا و ۴۷۴ میلیون بیمار دچار اختلالات متوسط یا شدید بینایی خواهند بود. جهت‌یابی و حرکت برای بیماران دچار اختلالات بینایی، چالشی بلندمدت و دائمی بوده است. تجهیزات کمکی مانند سگ‌های راهنما، عصا، تلفن‌های هوشمند و تجهیزات پوشیدنی می‌توانند به افراد نابینا جهت دور شدن از موانع، شناسایی اشیاء و حرکت در محیط‌های خانگی و بیرون از خانه کمک نمایند. با این وجود، محدود بودن دسترسی به سگ‌های راهنما و عمر آن‌ها برای برطرف کردن نیازهای کلی حرکتی فرد ناکافی می‌باشد. همچنین تجهیزات کمکی سنتی عملکرد موفق‌تری نداشته‌اند چرا که فاقد توانایی‌هایی انطباقی بوده و قادر به یادگیری از کاربران یا محیط‌های متغیر نمی‌باشند.

می‌توان تکنولوژی‌های هوشمند مختلفی را با EAI ترکیب کرد تا تجهیزات ناوبری فعلی مورد استفاده برای مبتلایان به اختلال بینایی را ارتقا دهند. به عنوان مثال، انتظار می‌رود که ربات‌های هوشمند و عصاهایی خاص و ویژه بتوانند به این نوع بیماران کمک‌های مؤثرتری را ارائه دهند. LLM می‌تواند در درک محیط‌های پیچیده و ارائه پیشنهادها، بهبود شناخت محیطی، طراحی خط سیر بیمار و انطباق

راه دور انجام داد و از این طریق توانایی‌های آزمایشگاه‌های تحقیقاتی بسط و گسترش می‌یابد.

هر چند تا این لحظه در مورد سیستم EAI که به صورت اختصاصی برای تولید داروهای چشم‌پزشکی طراحی شده باشد، هیچ گزارشی منتشر نشده، ولی پیشرفت‌های اخیر صورت گرفته در سایر حوزه‌ها، چهارچوب‌های انتقال‌پذیر و پتانسیل امیدبخشی را از خود به نمایش گذاشته‌اند. A-Lab که یک سکوی خودکار برای سنتز مواد جدید می‌باشد، انتقال نمونه‌ها را به وسیله بازوهای رباتیک به صورت خودکار درآورده، با استفاده از یک مدل پردازش زبان طبیعی دستورالعمل‌های سنتز اولیه را تهیه کرده و برای یک مکانیسم بهینه‌سازی حلقه بسته از یادگیری فعال استفاده می‌کند. در ظرف ۱۷ روز، میزان موفقیت آن در سنتز ۴۱ ماده جدید برابر با ۷۱ درصد بود و این امر، فرایند کشف مواد را به نحو چشم‌گیری تسریع می‌کند. به همین شکل نیز در مهندسی پروتئین‌ها و سنتز ارگانیک، سکوی SAMPLE عوامل هوشمند، طراحی پروتئین‌ها و آزمایش‌های رباتیک کاملاً اتوماتیک را با یکدیگر ترکیب می‌کند تا امکان مهندسی خودکار پروتئین‌ها فراهم گردد. این برنامه به شکل موفقیت‌آمیزی، از طریق اصلاح مداوم شناخت روابط عملکرد سکانسی، باعث تسریع در کشف آنزیم‌های مقاوم در برابر حرارت گردید. این اکتشافات بین‌رشته‌ای، نه تنها اثربخشی EAI در اتوماسیون تحقیقات علمی را تایید می‌کند بلکه بینش ارزشمندی را در مورد کاربردهای بالقوه این روش در حوزه چشم‌پزشکی - بویژه در غربالگری دارویی، مدل‌سازی بیماری‌ها و بهینه‌سازی روش‌های درمانی - ارایه می‌دهد.

## چالش‌ها و جهت‌گیری‌های آینده

استفاده از EAI در چشم‌پزشکی با چند چالش روبرو می‌باشد. در سطح داده‌ها و الگوریتم، در زمینه گردآوری مجموعه داده‌های تعاملی در مقیاس بزرگ در جهان واقع و نیز در مورد مطمئن شدن از نماینده بودن داده‌ها مشکلاتی وجود دارد. از جنبه توانایی‌های سیستم، EAI در حال دست و پنجه نرم کردن با شناخت محیط‌های پیچیده و یکپارچه کردن اطلاعات تخصصی حوزه چشم‌پزشکی می‌باشد. علاوه بر این، معیارهای ارزیابی موجود فعلی جهت ارزشیابی سیستم‌های real-time و تعاملی AI ناقص و ناکافی می‌باشند. نکته آخر اینکه نگرانی‌های اخلاقی از جمله حریم خصوصی، رضایت آگاهانه، پاسخگو بودن، سوگیری AI و عدالت و برابری پزشکی همچنان به شکل قابل توجهی پابرجا می‌باشد.

آموزش الگوریتم‌های EAI معمولاً به جمع‌آوری مقادیر زیادی از داده‌های تعاملی از محیط‌های جهان واقعی و پردازش آن‌ها نیاز دارد و این امر اغلب هزینه‌بر و نیازمند منابع عظیمی می‌باشد. علاوه بر

و تصمیم‌گیری‌های روشی فراهم کند. به عنوان مثال، Notal Vision یا Home (NVHO) OCT، بیماران مبتلا به دژنراسانس نئوواسکولار وابسته به سن ماکولا را قادر می‌سازد تا در خانه هر روز از شبکه چشم خود عکس‌برداری کنند. اسکن‌های گرفته شده به وسیله یک نرم افزار مبتنی بر AI، آنالیز می‌شود تا ادم ماکولا تشخیص داده شده و شدت آن را تعیین نمایند و این فرایند با درجه‌بندی توسط کارشناسان انسانی، بیش از ۹۴ درصد تطابق داشته است. علاوه بر این، یک اسکنر مخصوص OCT که بر روی ربات نصب شده به بازار عرضه شده است که می‌تواند از فاصله مطمئنی و بدون آنکه نیاز به مداخله اپراتور یا نگه داشتن سر بیمار باشد، از بیماران عکس‌برداری کند. هر چند که در حال حاضر قدرت تشخیصی این روش همچنان محدود است، این رویکرد دارای ظرفیت بالقوه‌ای جهت مانیتورینگ بیماری‌های چشمی در منزل در آینده می‌باشد.

دانشجویان رشته پزشکی می‌توانند با EAI که شبیه‌ساز بیماران دچار مشکلات چشمی می‌باشد، تعامل نموده و مهارت‌های خود در زمینه شرح حال‌گیری، معاینه فیزیکی و ارتباطات کلینیکی را ارتقا بخشند و در عین حال یادگیری خود را افزایش دهند. گذشته از این، EAI را می‌توان جهت آموزش جراحی‌های چشم مورد استفاده قرار داد. Deep-Surgery که یک سکوی آنالیز ویدیویی مبتنی بر AI می‌باشد، امکان نظارت به صورت real-time را در حین عمل جراحی کاتاراکت فراهم می‌آورد و عملکرد ارزیابانه آن در حد یک کارشناس بود (kappa 0/58 - 0/77). علاوه بر این، در صورتی که EAI با سیستم‌های رباتیک ترکیب شود، می‌تواند از طریق هدایت مراحل جراحی و هشدار به جراحان در مورد اشتباهات عمل جراحی، به چشم‌پزشکان تازه‌کار کمک نماید و یادگیری روش‌های استاندارد شده و تأثیربخش جراحی کاتاراکت را برای آن‌ها آسان‌تر کند.

## EAI در تحقیقات پزشکی

EAI می‌تواند در تحقیقات صورت گرفته در حوزه چشم‌پزشکی از طریق انجام اتوماسیون و آنالیز داده‌های در مقیاس بالا، تغییراتی اساسی ایجاد کند. فرایندهای تحقیقاتی سنتی اغلب کند و متکی به منابع هستند و به کارهایی تکراری از جمله آزمون کردن دوزاژ، مانیتورینگ بیماران و جمع‌آوری دستی داده‌ها نیاز دارند. EAI می‌تواند از راه خودکار کردن این اعمال، ارائه نتایج دقیق و تسریع در ابداع روش‌های درمانی و داروهای جدید باعث ارتقای مؤثر فرایند تحقیقات شود. غربالگری با خروجی و توان کاری بالا - که از طریق EAI تغذیه شود - امکان آزمون همزمان متغیرهای متعدد را فراهم کرده و بهره‌وری تحقیقاتی را هر چه بیشتر تقویت می‌کند. علاوه بر این، برخی از آزمایش‌های بیولوژیکی را که در انجام آن‌ها به وجود اپراتورهای ماهری نیاز می‌باشد، می‌توان از طریق بازوهای رباتیک از

کرد. عدم تنوع داده‌های یادگیری از قبیل جنسیت، سن، نژاد یا توزیع جغرافیایی ممکن است منجر به کاهش کیفیت عملکرد در برخی از جمعیت‌های خاص شده و نابرابری‌های بهداشتی موجود را به صورت بالقوه‌ای تشدید کند. جهت انجام مراقبت‌های بهداشتی به شکل عادلانه‌تر و فراگیرتر ضروری است استراتژی‌های کاهش سوگیری را قبول کرده و یک سری چهارچوب‌های نظارتی داده‌ها را که بر تنوع و شفافیت تأکید می‌کند، تهیه نماییم. علاوه بر این، فعالان حوزه مراقبت‌های بهداشتی در مورد سوگیری اتوماسیون (Automation) و bias) باید هوشیار بوده و خود را برای ارزیابی نقادانه‌ی محصولات و داده‌های تولید شده به وسیله AI و در صورت لزوم عبور از آن‌ها آماده سازند.

چالش‌های اخلاقی و نظارتی در مورد EAI، روز بروز خود را بیش‌تر نشان می‌دهد. در مقایسه با سیستم‌های سنتی AI، در EAI به ارزیابی گسترده‌تر و مراقبت‌های نظارتی سخت‌گیرانه‌تری نیاز داریم. به عنوان مثال، استفاده از ربات‌های جراح در انجام درمان‌های چشم‌پزشکی خطرات بیش‌تری را در خصوص عیوب فنی ربات‌ها در برخواهد داشت. در صورتی که در تشخیص بیماری‌ها و تصمیم‌گیری‌های درمانی و یا آموزش پزشکی از EAI استفاده شود، نکته حساس و مهم این است که خروجی‌های آن همچنان عینی و از نظر کلینیکی مناسب و مرتبط بوده و اقدامات انجام گرفته توسط آن‌ها دارای جنبه‌های انسان دوستانه‌ای باشد. برای برطرف کردن نگرانی‌های موجود در زمینه استفاده از تجهیزات هوشمند خودکار در حوزه کلینیکی، باید مجوزهای نظارتی مناسب از جمله گواهی CE و FDA و نیز یک سری استانداردهای نظارتی متناسب با طبقه‌بندی آن‌ها اخذ شود. FDA از سیستم طبقه‌بندی LASR (سطوح ربات‌های جراحی خودکار: Levels of Autonomous Surgical Robots) استفاده می‌کند: در این سیستم، اتونومی ربات‌ها از سطح یک (کمک از ربات) تا سطح پنج (کاملاً خودکار) طبقه‌بندی می‌شود. دانشمندان حوزه کامپیوتر و فعالان حوزه سلامت، نیاز به آن دارند که جهت اصلاح معیارهای طبقه‌بندی و اطمینان خاطر یافتن از ادغام بی‌خطر و مؤثر EAI در خدمات کلینیکی با یکدیگر همکاری کنند. علاوه بر روش نظارتی، جهت تعریف پاسخگویی و مسؤلیت در مورد نتایج کلینیکی باید یک سری مدل‌های نظارتی محکم و مطمئن را تهیه کرد. در مواردی که خطاها یا اتفاقات ناگواری در ارتباط با سیستم‌های EAI رخ می‌دهد، این مساله که آیا پاسخگویی به عهده تولیدکنندگان است یا کارکنان مراقبت‌های بهداشتی و یا موسسات به کارگیرنده این تجهیزات، همچنان به شکلی مبهم به جای خود باقی است. بنابراین در اسرع وقت یک سری چهارچوب‌های شفاف قانونی و اخلاقی را در مورد مسؤلیت‌پذیری این روش باید وضع نمود. علاوه بر این، تولیدکنندگان باید مکانیسم‌های توضیح‌پذیری و انسان در حلقه را در داخل سیستم‌های EAI بگنجانند تا شفافیت،

این، در مورد مجموعه داده‌های جمع‌آوری شده این نکته که آیا آن‌ها بتوانند به صورت جامع و فراگیری، پیچیدگی سناریوهای جهان واقعی و تغییرات آن‌ها را شناسایی و تشخیص دهند یا نه همچنان به صورت چالشی به جای خود باقی است. در عین حال که اشتراک‌گذاری پایگاه داده‌ها ممکن است مشکل کمبود داده‌ها را تا حدی کاهش دهد، اما ممکن است یک سری دغدغه‌های اخلاقی بویژه در مورد حفظ حریم شخصی را ایجاد کند. تعامل با محیط‌های شبیه‌سازی مجازی، افق امیدبخشی را در مورد سرعت بخشی به تکامل EAI به روی بشر گشوده است. در عین حال، تشخیص این نکته که محیط‌های جهان واقعی اغلب پیچیده‌تر و غیرقابل پیش‌بینی‌تر از شرکای شبیه‌سازی شده‌شان می‌باشند، امری مهم و واجب می‌باشد.

در حال حاضر، EAI با چندین چالش حیاتی و حساس روبرو می‌باشد که باعث محدود شدن کاربردهای بالینی آن می‌شوند. یک چالش مهم و اصلی، عدم توانایی کافی آن جهت تفسیر محیط‌های پیچیده و دینامیک می‌باشد که ممکن است منجر به تأخیر در تصمیم‌گیری‌ها و انجام وظایف گردد. علاوه بر این، جهت شناسایی این چالش‌ها در حوزه چشم‌پزشکی، به شناخت عمیقی از اطلاعات تخصصی پزشکی نیازمند می‌باشیم. تحقیقاتی که در آینده انجام خواهد شد، باید توسعه یک مجموعه از ساختارهای انطباقی و سازگار شونده عوامل تجسم یافته را در اولویت کاری خود قرار دهند تا از این طریق، توانایی‌های تعمیم‌پذیری آن‌ها ارتقا پیدا کند. علاوه بر این، به منظور مطمئن شدن از دقت این روش و ایمنی و قابل اعتماد بودن استفاده از آن در حوزه چشم‌پزشکی، اطلاعات پزشکی موجود در داخل EAI باید گسترش و توسعه پیدا کند.

تحقیقات انجام شده در زمینه استفاده از EAI در حوزه چشم‌پزشکی همچنان در مراحل اولیه خود می‌باشد. اساساً اکثر مطالعات، عملکرد تجهیزات پزشکی مبتنی بر AI در حوزه بالینی را با معیارهای عملکردی سنتی از جمله دقت و حساسیت مورد ارزیابی قرار می‌دهند. در عین حال در صورتی که سیستم‌های EAI در تعامل real-time با محیط پیرامون خود قرار گیرند، در آن صورت جهت ارزشیابی آن‌ها می‌بایست از پروتکل‌های جامع‌تر و چندبعدی‌تری استفاده شود. در تحقیقات آتی، در عین حال که ویژگی‌های منحصر به فرد EAI را در نظر قرار می‌دهیم، باید به اصلاح نمودن معیارهای ارزیابی فعلی برای سیستم‌های رباتیک و LLM‌های چشم‌پزشکی نیز توجه داشت.

گسترش ارزشیابی‌ها فراتر از داده‌های استاتیک - به گونه‌ای که سناریوهای تعاملی را در برگیرد - باعث خواهد شد که بتوانیم با سهولت بیش‌تری یک چهارچوب استانداردسازی شده و جامعی را برای ارزیابی EAI در حوزه چشم‌پزشکی تهیه نماییم.

از جمله دغدغه‌های مهم و حساس در زمینه استفاده از EAI در حوزه مراقبت‌های بهداشتی می‌توان به سوگیری و بی‌طرفی AI اشاره

## نتیجه‌گیری

برخلاف هوش مصنوعی سنتی که مبتنی بر اینترنت می‌باشد، در EAI تعاملاتی به صورت real-time و مختص به متن وجود دارد. EAI رویکردهای چند رشته‌ای را در یکدیگر ادغام و یکپارچه می‌کند و باعث می‌شود تا تجسم فیزیکی آن از طریق ادراک، استدلال و عمل به صورت real-time با محیط اطراف تعامل نماید و این فرایند، امکان خود فراگیری و تصمیم‌گیری خودکار را فراهم می‌آورد. هر چند EAI هنوز هم در مراحل ابتدایی خود می‌باشد، اما چشم‌اندازهای امیدوارکننده قابل توجهی را در حوزه چشم‌پزشکی ایجاد کرده و کاربردهای بالقوه آن محدوده‌ای شامل غربالگری سریع چندوجهی، نابوری دقیق جراحی، کمک‌رسانی به بیماران دچار اختلالات بینایی، آموزش علوم پزشکی به شکل شخصی‌سازی شده و تحقیقات مؤثر و مفید پزشکی را دربر می‌گیرد. در عین حال، هنوز هم استفاده از EAI با چالش‌هایی از جمله جمع‌آوری داده‌ها، ساختار سیستم و ادغام کلینیکی روبرو می‌باشد. اقدامات آتی می‌بایست بر تقویت توانایی‌های انطباقی و ارتقای تصمیم‌سازی متمرکز باشد و در عین حال از طریق چهارچوب‌های اخلاقی و نظارتی، از به کارگیری مسئولانه و بی‌خطر این روش نیز اطمینان حاصل شود.

اعتبار و اطمینان در محیط‌های کلینیکی افزایش یابد. نکته آخر اینکه از جمله معضلات دیگری که در سیستم‌های EAI وجود دارند، حفظ حریم خصوصی و رضایت آگاهانه می‌باشد. اکثریت این سیستم‌ها نیاز به جمع‌آوری و پردازش داده‌های چندوجهی ممتد از جمله تصویر صورت، پارامترهای فیزیولوژیک و اطلاعات محیطی به صورت real-time می‌باشد. در عین حال، مدل سنتی توافق «خاص و آشکار» جهت محیط‌های داده‌ای بسیار دینامیک مرتبط با سیستم‌های EAI، ناقص و ناکافی می‌باشد. بنابراین باید یک چهارچوب توافق طبقاتی را باید وضع کرد که میان داده‌های فیزیولوژیک که نیازمند مجوزهای سخت‌گیرانه‌ای می‌باشد و متادیتاهای تعاملی محیطی که می‌توان به نحو وسیعی واگذاری کرد، افتراقی قائل شوند. علاوه بر این قبول یک فرایند رضایت دینامیک که به بیماران اجازه می‌دهد تا رضایت خود را در هر زمانی تغییر داده یا لغو کنند، باعث احترام بیش‌تری به اتونومی بیمار خواهد شد. یک گام مهم دیگر به سوی تولید یک سیستم اخلاقی و مسئولیت‌پذیر هوش مصنوعی، این است که از آگاهانه بودن تصمیم‌گیری‌های بیماران بر اساس یک شناخت شفاف و روشن از عملکردهای سیستم AEI و خطرات مربوطه و حقوق آن‌ها اطمینان حاصل کنیم.

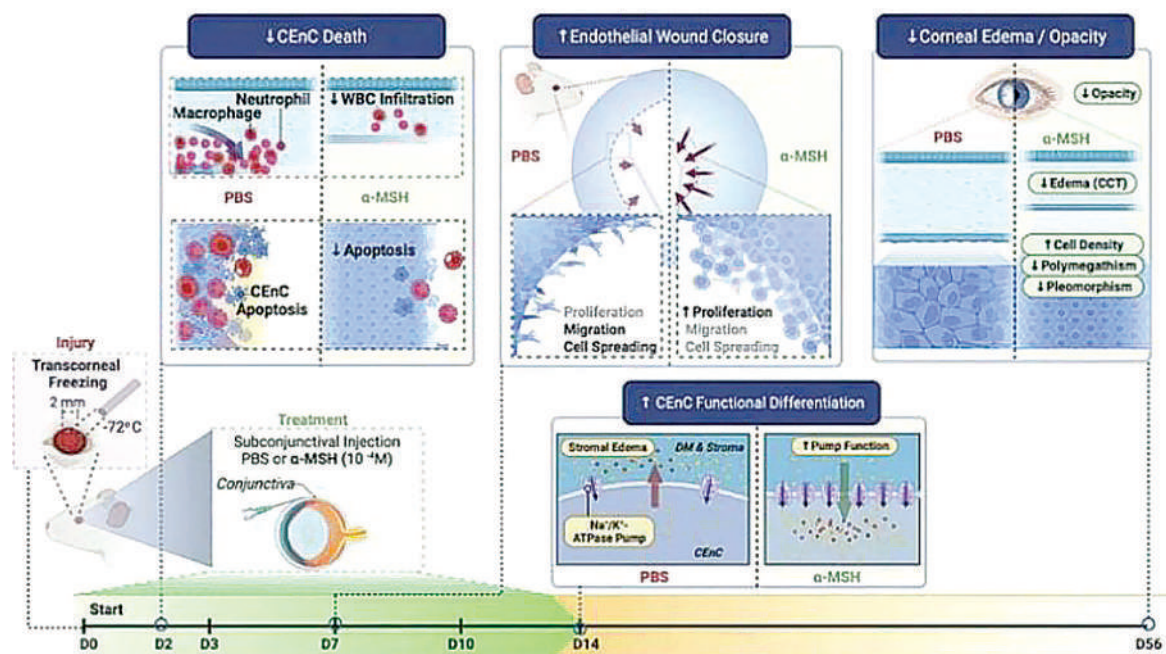
# سال ۲۰۲۴ در یک نگاه: ۱۰ پیشرفت برتر در تحقیقات چشم پزشکی

مترجم: دکتر فاطمه جعفری

جدید گرفته تا فناوری‌های نوآورانه، این اکتشافات مرزهای علم را جابه‌جا می‌کنند و امید را برای میلیون‌ها بیمار در سراسر جهان به ارمغان می‌آورند.  
با ۱۰ پیشرفت تحقیقاتی برتر که چشم‌پزشکی را متحول کرده است، آشنا شوید:

سال ۲۰۲۴ سال مهمی برای پیشرفت‌های چشم‌گیر در تحقیقات چشم‌پزشکی بوده است و پیشرفت‌های متحول‌کننده‌ای را رقم زده که آینده مراقبت از چشم را شکل می‌دهند. از استراتژی‌های درمانی

## ۱. مطالعه‌ای پیشگامانه، درمان امیدوارکننده‌ای را برای بیماری اندوتلیال قرنیه آشکار می‌کند.



نوآورانه برای مقابله با دژنراسانس و بیماری قرنیه معرفی کرده است. این مطالعه استفاده از هورمون محرک نوروپپتید  $\alpha$ -ملانوسیت ( $\alpha$ -MSH) را برجسته می‌کند و پتانسیل آن را برای بهبود قرنیه و

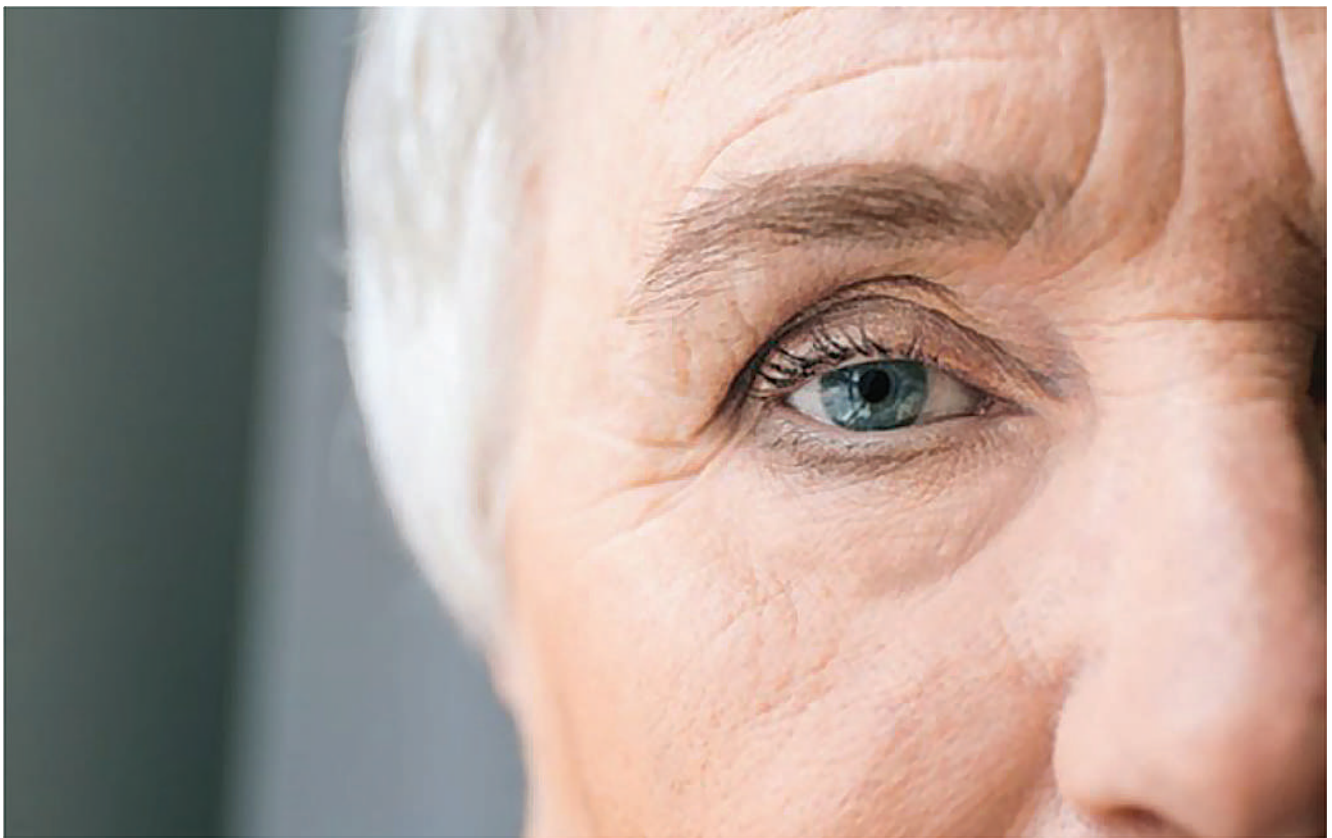
پژوهشی پیشگامانه که در مجله آمریکایی آسیب‌شناسی توسط محققان Mass Eye and Ear، بخشی از دپارتمان چشم‌پزشکی دانشکده پزشکی هاروارد، منتشر شده است، یک استراتژی درمانی

α-MSH با فعال کردن مسیر ملانوکورتین، رویکردی جدید برای درمان آسیب و اختلال عملکرد قرنیه ارائه می‌دهد. این یافته‌ها بر پتانسیل قابل توجه α-MSH در تغییر چشم‌انداز درمان برای بیماری‌های قرنیه تأکید می‌کنند و بسترهای نوینی را برای درمان‌های نوآورانه و مؤثر مرتبط با بینایی فراهم می‌کنند.

بازیابی عملکرد طبیعی چشم نشان می‌دهد. این پژوهش بر تجویز موضعی α-MSH در یک مدل تثبیت شده از جبران خسارت اندوتلیال ناشی از آسیب متمرکز بود. این درمان اثربخشی امیدوارکننده‌ای همچون موارد زیر را نشان داد:

- کاهش ادم دائمی قرنیه
- بازسازی اندوتلیوم قرنیه

## ۲. داروی آزمایشی جدید، نویدبخش درمان ادم ماکولای دیابتی (DME) است.



### بینش‌های کلیدی:

- در بیمارانی که پاسخ ضعیفی به درمان‌های استاندارد DME دارند، مؤثر است.
- در شرایطی که مدیریت این بیماری همچنان چالش برانگیز است، این پژوهش پتانسیل بهبود نتایج درمانی را ارائه می‌دهد. این رویکرد نوآورانه، UBX1325 را به عنوان یک عامل بالقوه متحول‌کننده در مدیریت DME قرار می‌دهد و برای بیمارانی که گزینه‌های محدودی دارند، امید ایجاد می‌کند و آینده درمان‌های چشمی را بهبود می‌بخشد.

مطالعه‌ای که اخیراً در مجله Nature Medicine منتشر شده است، یافته‌های دلگرم‌کننده‌ای را برای دستیابی به موفقیت بالقوه در درمان ادم ماکولای دیابتی (DME) نشان می‌دهد. این مطالعه، دسته جدیدی از داروهای درمانی معروف به سنولیتیک‌ها را برجسته می‌سازد که می‌توانند نتایج درمان را با راه‌حل‌های مؤثرتر و طولانی‌تر متحول کنند. داروی آزمایشی (foselutoclax) UBX1325 که توسط فناوریان UNITY Biotechnology مستقر در سانفرانسیسکو و با همکاری مرکز تحقیقات بیمارستان Maisonneuve-Rosemont وابسته به دانشگاه مونترآل توسعه یافته است، نویدبخش نتایج قابل توجهی بوده است.

### ۳. روش جدید ویرایش ژن، نویدبخش درمان اختلالات ژنتیکی چشم است



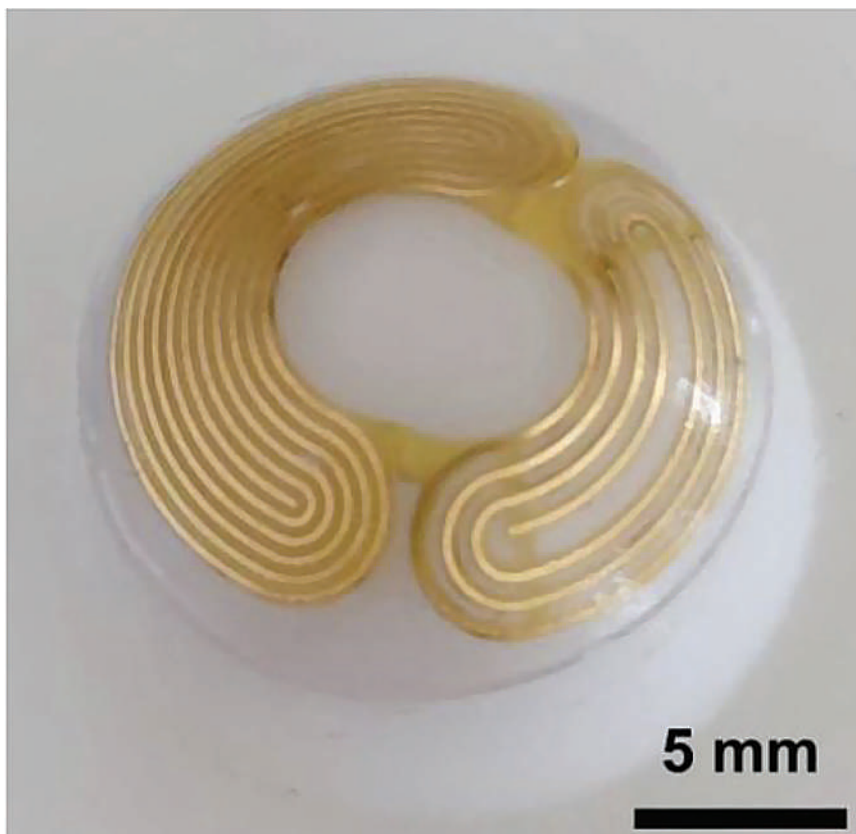
- کاربرد در نابینایی ژنتیکی: دانشمندان با استفاده از این روش، جهش‌ها را در مدل‌های نابینایی ژنتیکی در موش با موفقیت اصلاح کردند و به بازیابی جزئی بینایی دست یافتند.
  - ویرایش ایمن و دقیق: کاربرد ایمن در مغز موش بدون هیچ‌گونه اثر جانبی قابل تشخیص که پتانسیل آن را برای استفاده درمانی برجسته می‌کند.
- ویرایش اولیه که به دلیل ظرفیت چشم‌گیر آن در اصلاح طیف وسیعی از جهش‌های ژنتیکی بیماری‌زا مورد توجه قرار گرفته است، اکنون در موجودات زنده نیز مورد تأیید قرار گرفته است. این روش نوآورانه انتقال ژن می‌تواند ژن درمانی را متحول کرده و راه را برای درمان اختلالات ژنتیکی با دقت و ایمنی بی‌سابقه‌ای هموار سازد.

محققان مؤسسه Broad در MIT و هاروارد به پیشرفت بزرگی در فناوری ویرایش ژن دست یافته‌اند و روشی جدید برای رساندن ابزارهای ویرایش اولیه به سلول‌های حیوانات زنده معرفی نموده‌اند. این پیشرفت که در Nature Biotechnology منتشر شده است، از ذرات ویروس-مانند مهندسی شده (eVLPs) برای انتقال ویرایشگرهای اولیه با کارایی قابل توجه استفاده می‌کند و امید جدیدی را برای درمان اختلالات ژنتیکی ایجاد می‌کند.

#### نکات برجسته این تحقیق:

- افزایش کارایی ویرایش اولیه: محققان با تطبیق eVLP که در ابتدا برای حمل ویرایشگرها توسعه داده شده بودند، به طور قابل توجهی تحویل و اثربخشی ابزارهای ویرایش اولیه را در موجودات زنده بهبود بخشیدند.

#### ۴. عدسی تماسی هوشمند پیشرفته، فشار چشم را در تمام دماها اندازه‌گیری می‌کند



قرار گیرد. برای حل این مشکل، دنگبائو شیائو و تیم تحقیقاتی‌اش نمونه‌ای اولیه از یک عدسی تماسی را تولید نمودند که:

- دقت را در طیف وسیعی از دما حفظ می‌کند.
- به صورت بی‌سیم داده‌های فشار داخل چشم را به صورت آنی منتقل می‌سازد.

این محققان اظهار می‌کنند که طراحی عدسی هوشمند دو مداره آن‌ها پتانسیل تشخیص و نظارت دقیق زودهنگام بر گلوکوم را حتی در شرایط دمایی متغیر دارد. این پیشرفت می‌تواند راه را برای مدیریت قابل اعتمادتر و غیرتهاجمی تر گلوکوم هموار کند و به نفع بیماران در سراسر جهان باشد.

محققان نمونه‌ای اولیه از یک عدسی تماسی هوشمند را توسعه داده‌اند که قادر به اندازه‌گیری دقیق فشار چشم در دماهای مختلف است. این عدسی نوآورانه که جزئیات آن در مطالعه‌ای که در ACS Applied Materials & Interfaces منتشر شده است، شرح داده شده، بر یک چالش مهم در فناوری‌های فعلی سنجش فشار غلبه می‌کند.

عدسی‌های تماسی هوشمند سنتی که برای تشخیص تغییرات ظریف در فشار داخل چشم طراحی شده‌اند، اغلب سیگنال‌هایی را به عینک‌های گیرنده منتقل می‌کنند. با این حال، دقت آن‌ها می‌تواند تحت تأثیر تغییرات دما، مانند ورود به هوای سرد یا محیط‌های گرم،

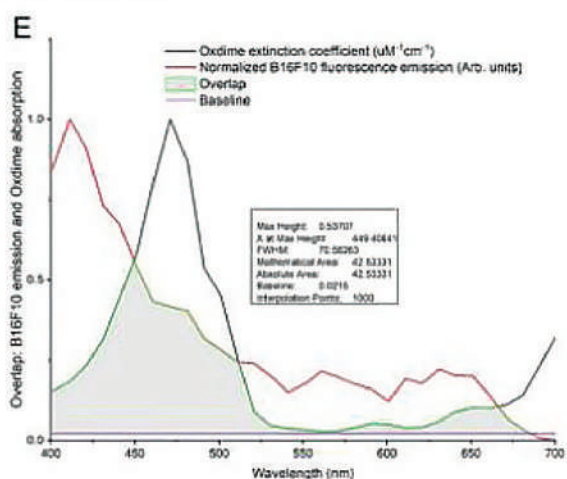
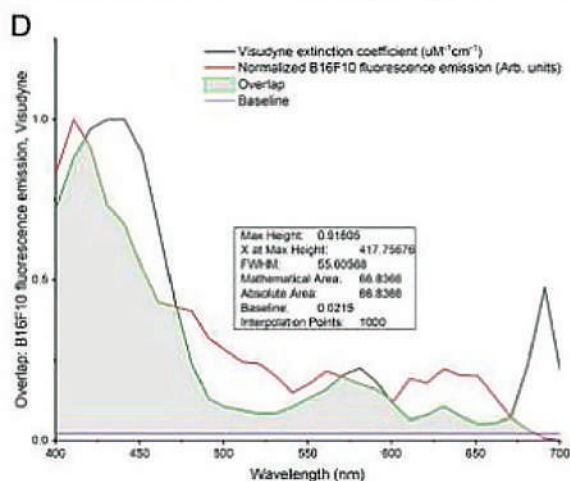
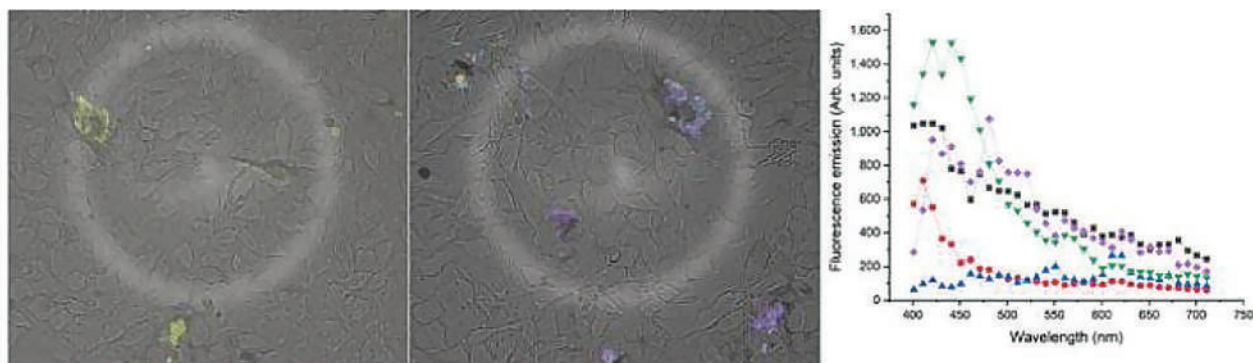
## ۵. رادیوتراپی رباتیک می‌تواند درمان Wet-AMD را بهبود بخشد.



- ناحیه آسیب دیده چشم می‌تاباند. کاهش بار درمان: بیماران در مقایسه با مراقبت‌های استاندارد به تزریق کمتری نیاز داشتند.
  - صرفه‌جویی در هزینه: این رویکرد می‌تواند منجر به صرفه‌جویی قابل توجهی برای سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی، از جمله NHS، شود.
- این مطالعه که با همکاری دانشگاه بریستول و دانشگاه کوئینز بلفاست انجام شده است، پیشرفت بزرگی در درمان دژنراسانس ماکولا وابسته به سن ماکولا (AMD) محسوب می‌شود و امیدهایی را برای بهبود نتایج بیماران و کاهش چالش‌های مراقبت‌های بهداشتی فراهم می‌کند.

- محققان کینگز کالج لندن، با همکاری پزشکان بیمارستان کینگز کالج NHS Foundation Trust، یک سیستم رباتیک نوآورانه برای درمان دژنراسانس ماکولا (AMD) وابسته به سن نئوواسکولار از نوع مرطوب معرفی کرده‌اند. این رویکرد پیشگامانه، یک دوز کم‌تهاجمی از پرتودرمانی هدفمند را به صورت یکجا و به دنبال آن، با تزریق‌های استاندارد ارائه می‌دهد و تعداد درمان‌های مورد نیاز را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.
- این آزمایش نشان داد که این روش پیشرفته می‌تواند نیاز جهانی به تزریق را به میزان سالانه تقریباً ۱/۸ میلیون مورد کاهش دهد و یک راه حل متحول‌کننده برای مدیریت AMD مرطوب ارائه دهد.
- ویژگی‌های کلیدی درمان:
- رباتیک دقیق: این سیستم سه پرتو تابش متمرکز را مستقیماً به

## ۶. محققان روش جدید فتوترایی را برای درمان ملانوم چشمی توسعه دادند.



- تابش‌های نوری فوق سریع و پرنرژی، امکان هدف‌گیری دقیق سلول‌های ملانوما را فراهم آوردند.
  - آسیب حداقلی به بافت سالم اطراف، رویکرد درمانی ایمن‌تری را تضمین کرد.
- با این وجود که نتایج این پژوهش امیدوارکننده است، محققان بر نیاز به تحقیقات بیشتر، از جمله مطالعات با موش‌های مهندسی شده برای شباهت ساختاری به انسان و آزمایش‌های بالینی بعدی، قبل از اعمال این رویکرد بر روی بیماران تأکید می‌کنند. همچنین تلاش‌هایی برای توسعه ابزارهای تخصصی، مانند افتالموسکوپ سازگار برای درمان تومورهای چشمی، برای پشتیبانی از کاربردهای بالینی آینده در حال انجام است.

دانشمندان مرکز تحقیقات اپتیک و فوتونیک (CePOF) در برزیل، با همکاری محققان دانشگاه تورنتو و مرکز سرطان پرنسس مارگارت در کانادا، پیشرفت قابل توجهی را در درمان سرطان کسب کرده‌اند. مطالعه آن‌ها که در مجموعه مقالات آکادمی ملی علوم منتشر شده است، کاربرد موفقیت‌آمیز یک روش جدید فتوترایی را برای از بین بردن ملانوم چشمی در موش‌ها نشان می‌دهد.

درمان فتودینامیک (PDT) که از نور برای فعال کردن داروهای استفاده می‌کند، در درمان سرطان‌های مختلف مؤثر بوده است. با این حال، کاربرد آن در ملانوما به دلیل جذب بخش زیادی از نور توسط رنگ‌دانه ملانین و کاهش اثربخشی آن، محدود بوده است.

تیم تحقیقاتی با استفاده از لیزر پالسی فمتوسکند، چالش‌های زیر را برطرف کرد:

## ۷. دستیابی به موفقیت‌های جدید در استفاده از روش‌های نوین پزشکی بازساختی و استفاده از سلول‌های بنیادی، بینایی انسان را بازیابی می‌کند.



منتشر شد. محققان صفحات اپی‌تلیال قرنیه مشتق از iPSC (iCEPS) را برای رسیدگی به LSCD پیوند زدند و راهی جدید و امیدوارکننده برای مراقبت‌های ترمیمی چشم ارائه دادند. iCEPS با استفاده از یک روش تخصصی که رشد طبیعی چشم را تقلید می‌کند، توسعه داده شد و در نتیجه سلول‌های فعال قرنیه با حفظ یکپارچگی ساختاری و کاهش ایمنی‌زایی ایجاد شد. این روش نوآورانه می‌تواند نیاز به تطبیق HLA را از بین ببرد و سرکوب سیستم ایمنی گسترده مورد نیاز در پیوندهای سنتی را به حداقل برساند.

محققان دانشگاه اوساکا در ژاپن با موفقیت اولین آزمایش انسانی را با استفاده از اپی‌تلیوم قرنیه مشتق از سلول‌های بنیادی پرتوان القایی (iPSC) برای درمان کمبود سلول‌های بنیادی لیம்பال (LSCD) به پایان رساندند. این رویکرد پیشگامانه گامی مهم در جهت بازیابی بینایی برای بیماران مبتلا به بیماری‌های شدید چشمی است. این مطالعه با عنوان «اپی‌تلیوم قرنیه مشتق از سلول‌های بنیادی پرتوان القایی برای جراحی پیوند: یک مطالعه مداخله‌ای تک بازویی و Open-Label، برای اولین بار در انسان در ژاپن» در مجله لنست

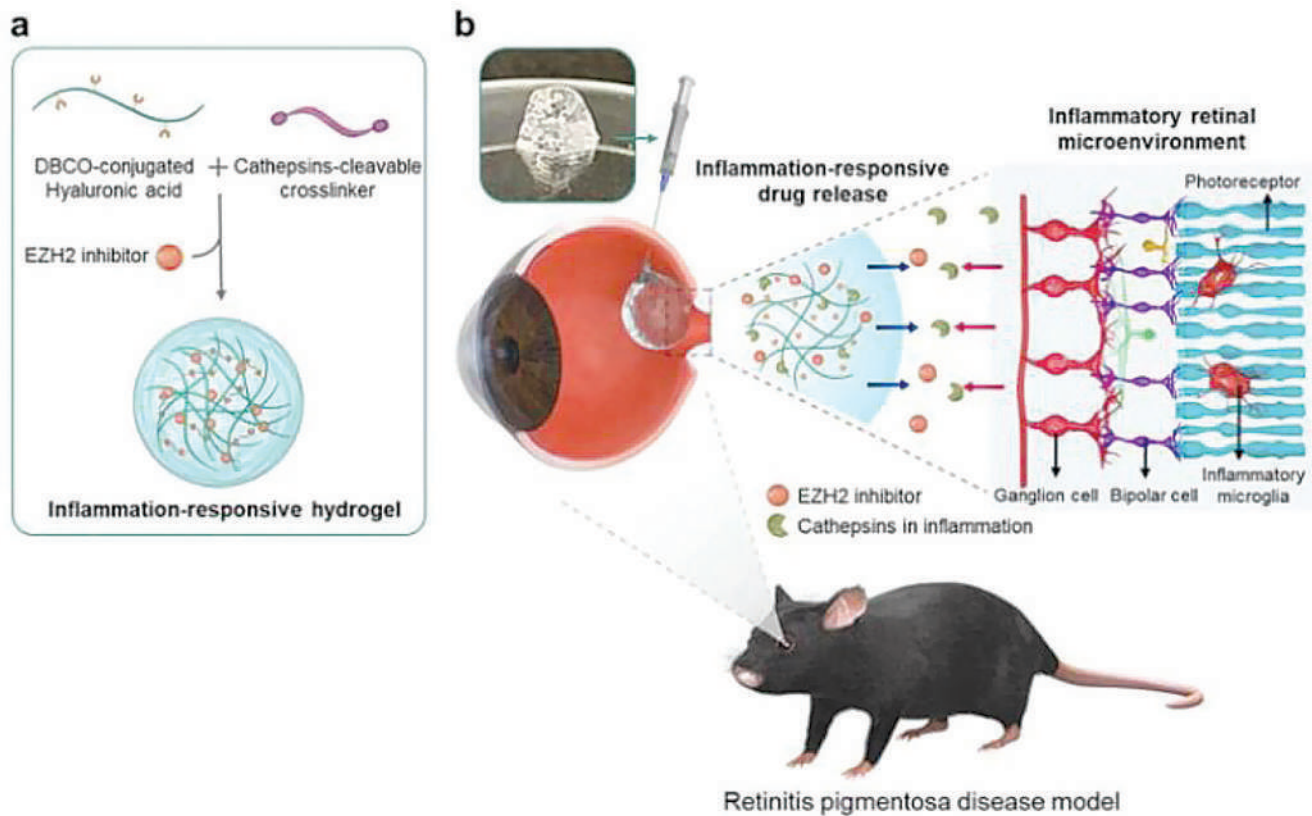
## ۸. دستیابی به موفقیت در رشد مجدد اعصاب می‌تواند امیدی برای درمان نابینایی باشد



تزریق کرد و نیازی به محرک‌های التهابی که در ابتدا الهام‌بخش این تحقیق بودند، نبود. در آزمایش‌ها، درمان با پپتید به طور قابل توجهی بقای سلول‌های عصبی و رشد مجدد آن‌ها را از طریق تزریق به محل آسیب بهبود بخشید و نتایج امیدوارکننده‌ای در ترکیب با ژن‌درمانی به دست آمد. آزمایش‌های طولانی‌تری برای ارزیابی اینکه آیا این فیبرهای بازسازی شده می‌توانند به مناطق پردازش بینایی مغز برسند و عملکرد بینایی را بازیابی کنند، برنامه‌ریزی شده است. این تحقیق گامی مهم در جهت مقابله با آسیب‌های عصب بینایی ناشی از جراحات و بیماری‌هایی مانند گلوکوم است. با تحقیقات بیش‌تر و در نهایت آزمایش‌های انسانی، پپتیدهای مشتق از فیبرونکتین می‌توانند به طور بالقوه به یک درمان مناسب برای میلیون‌ها بیمار در سراسر جهان تبدیل شوند و امیدی برای بازیابی بینایی در مواردی که گزینه‌های فعلی محدود هستند، ایجاد کنند.

محققان دانشگاه کنتیکت به کشف مهمی در بازسازی اعصاب بینایی آسیب دیده که یکی از علل شایع نابینایی مرتبط با تروما و گلوکوم است، دست یافته‌اند. این مطالعه که در مجله *Experimental Neurology* منتشر شده است، نشان می‌دهد که چگونه یک پپتید تزریقی می‌تواند رشد مجدد و متراکم فیبرهای عصب بینایی را در موش‌ها تحریک کند و این رشد تا کیاسمای بینایی (ناحیه‌ای حیاتی از مغز برای پردازش سیگنال‌های بینایی) گسترش یابد. طبق گفته CDC، این رویکرد نوآورانه امیدی برای درمان از دست دادن بینایی ناشی از ترومای غیر نافذ و گلوکوم، دومین علت اصلی نابینایی در سراسر جهان، ایجاد می‌کند. این تیم به رهبری دکتر افرایم تراختنبرگ از دانشکده پزشکی دانشگاه کنتیکت، پپتیدهای مشتق شده از فیبرونکتین، پروتئینی که به بازسازی عصب کمک می‌کند را شناسایی کردند. این پپتیدهای کوچک را می‌توان مستقیماً به چشم

## ۹. درمان جدید به طور چشمگیری پیشرفت AMD و RP را کند می‌کند



آزمایش شد، کاهش ۶/۱ درصدی در عوامل التهابی شبکیه و افزایش چهار برابری در محافظت از سلول‌های گیرنده نوری را نشان داد که به طور قابل توجهی پیشرفت بیماری را کند می‌کند. طراحی واکنش‌پذیر به التهاب آن، آزادسازی پایدار دارو را تسهیل می‌کند، نیاز به تزریق‌های مکرر را کاهش می‌دهد و راه حلی مناسب‌تر برای بیمار ارائه می‌دهد.

این فناوری پیشگامانه که توسط دکتر مائسون ایم و همکاران در دانشگاه کیونگ هی و دانشگاه ملی سئول ارائه شده است، می‌تواند درمان بیماری‌های شبکیه را متحول کند. این سیستم فراتر از افزایش کیفیت زندگی با کاهش مراجعه به بیمارستان، پتانسیل کاربردهای گسترده‌تری در سایر بیماری‌های شبکیه را نیز دارد. برنامه‌های آینده شامل دیجیتالی کردن پارامترهای درمان برای تجاری‌سازی و ارزیابی بیش‌تر پایداری بلندمدت این پلتفرم نوآورانه دارورسانی است.

یک مطالعه موفقیت‌آمیز، پیشرفت امیدوارکننده‌ای را در درمان دژنراسانس ماکولا (AMD) مرتبط با سن و رتینیت پیگمنتوزا، دو علت اصلی از دست دادن بینایی، معرفی کرده است. محققان یک سیستم دارورسانی مبتنی بر هیدروژل ایجاد کرده‌اند که عوامل ضدالتهابی را که عامل التهابی EZH2، یکی از عوامل کلیدی در دژنراسانس شبکیه را هدف قرار می‌دهند، ادغام می‌کند. با پرداختن به التهابی که باعث آسیب به سلول‌های گیرنده نوری می‌شود، این رویکرد نوآورانه جایگزین کارآمدتری برای تزریق‌های داخل چشمی سنتی ارائه می‌دهد که به دلیل محدودیت در ماندگاری دارو، نیاز به تجویز مکرر دارند. این هیدروژل که با اسید هیالورونیک فرموله شده است، خواص مکانیکی و نوری زجاجیه چشم را تقلید می‌کند و نرخ تخریب تدریجی متناسب با نیازهای هر بیمار را تضمین می‌کند. هنگامی که این هیدروژل روی موش‌های مبتلا به دژنراسانس شبکیه

## ۱۰. محققان کالج ترینیتی ژن درمانی امیدوارکننده‌ای برای گلوکوم و AMD را توسعه دادند.



دارد. دکتر سوفیا میلینگتونوارد با برجسته کردن پیچیدگی این بیماری، بر نیاز فوری به درمان‌های هدفمند تأکید کرد. ژن درمانی جدید با افزایش فعالیت میتوکندری، کاهش گونه‌های اکسیژن فعال مضر و محافظت از RGC، یک پیشرفت بالقوه را ارائه می‌دهد. پروفسور جین-فرار بر اهمیت درمان‌های گسترده که قادر به درمان جمعیت‌های بزرگ بیمار برای جبران هزینه‌های بالای توسعه باشند، تأکید کرد. برای پیشبرد این نوآوری، تیم تحقیقاتی، شرکت Vzarii Therapeutics را تأسیس کرده است که بر کاربرد بالینی این دارو برای هر دو بیماری گلوکوم و AMD تمرکز دارد. با حمایت سازمان‌هایی از جمله بنیاد علوم ایرلند و هیئت تحقیقات سلامت ایرلند، تلاش‌های آن‌ها با هدف تسریع آزمایش‌های انسانی، نزدیک‌تر کردن این درمان پیشگامانه به بیماران و رفع شکاف حیاتی در گزینه‌های درمانی چشمی انجام می‌شود.

محققان کالج ترینیتی دوبلین یک ژن درمانی امیدوارکننده برای درمان گلوکوم و دژنراسانس ماکولا (dry age-related macular degeneration (AMD)) مرتبط با سن توسعه داده‌اند. این درمان با استفاده از یک ژن تقویت شده، eNdi1 که از طریق یک وکتور ویروسی ایمن منتقل می‌شود، با هدف بهبود عملکرد میتوکندری در سلول‌های شبکیه انجام می‌شود. در مدل‌های حیوانی، این روش به طور مؤثر از سلول‌های گانگلیونی شبکیه (RGCs) محافظت کرده و عملکرد آن‌ها را بهبود می‌بخشد، درحالی‌که در سلول‌های انسانی، مصرف اکسیژن و تولید ATP را افزایش داده و مکانیسم‌های کلیدی اثرگذار بر این شرایط را مورد توجه قرار می‌دهد.

گلوکوم، یک نوروپاتی پیچیده بینایی که تقریباً ۸۰ میلیون نفر را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهد، با گزینه‌های فعلی مانند قطره‌های چشمی، جراحی یا لیزر درمانی، موفقیت درمانی محدودی



### چشم‌اندازی از آینده

با هر کشف پیشگامانه، آینده چشم‌پزشکی روشن‌تر می‌شود. این نوآوری‌ها، از درمان‌های پیشرفته گرفته تا بینش‌های ژرف‌تر در زیست‌شناسی چشم، راه را برای درمان‌های مؤثرتر و بهبود کیفیت زندگی برای مبتلایان به بیماری‌های چشمی هموارتر می‌کنند. همکاری بی‌وقفه محققان و دانشمندان در سراسر جهان همچنان مرزهای امکان را در مراقبت از چشم جابه‌جا می‌کند و امید را برای میلیون‌ها نفر در سراسر جهان به ارمغان می‌آورد.

# شکستگی‌های کف اربیت (شکستگی‌های بلو آوت)

- ۱ - کاهش حدت بینایی
- ۲ - بلفاروپتوز
- ۳ - دوبینی عمودی یا مایل دوجشمی (مخصوصاً در حالت رو به بالا)
- ۴ - هایپوستزی، دیس استری یا حساسیت زیاد نسبت به درد در سمت آسیب‌دیده در توزیع عصب اینفرا اربیتال
- ۵ - اپیستاکی و تورم پلک، به دنبال دمیدن بینی
- سایر علائم و نشانه‌ها می‌تواند شامل موارد زیر باشد:
- ۶ - اختلال عملکرد مردمک همراه با کاهش حدت بینایی
- ۷ - ناهماهنگی دو چشم
- ۸ - هیپوتروپیا یا هیپرتروپیا
- ۹ - محدودیت در بالا بردن چشم در سمت آسیب‌دیده



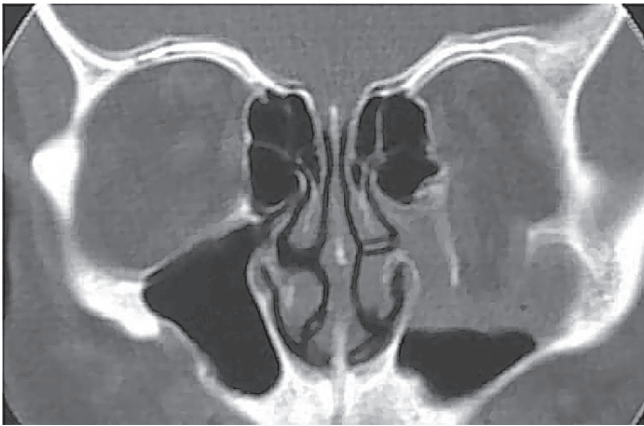
مترجم: مهندس سید محمد هاشمی

## نحوه برخورد با شکستگی‌های کف اربیت

رادیوگرافی‌ها را می‌توان برای بافت نرم استفاده کرد، اما به دلیل عدم توانایی این روش در تشخیص تفاوت در تراکم بافت کمتر از ۱۰٪، ارزیابی بافت نرم دشوار خواهد بود. نماهای قدامی خلفی اربیت معمولاً با زاویه‌بندی متفاوت بردار پرتو اشعه ایکس به دست می‌آید. رایج‌ترین نماها، پروجکشنهای کالدول و واترز هستند.

اسکن توموگرافی کامپیوتری (CT) جایگزین رادیوگرافی در ارزیابی ترومای میانی صورت می‌شود. تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI)، تصویربرداری چند سطحی را امکان‌پذیر می‌کند و برای ارزیابی توده‌های بافت نرم و آسیب‌شناسی عصب بینایی، انتخابی عالی است. با این حال، حتی اگر MRI جزئیات دقیقی از ناحیه اربیت ارائه می‌دهد، سی تی اسکن روش تصویربرداری انتخابی برای ارزیابی ترومای اوربیتال باقی می‌ماند. این نکته قابل توجه است که وجود اجسام خارجی فرو مغناطیسی در چشم می‌تواند در اثر میدان مغناطیسی اسکن MRI به چشم و ساختارهای اطراف آن آسیب بیشتری وارد کنند.

شکستگی‌های اسکلت صورت می‌تواند ناشی از ضربه‌های کم، متوسط یا زیاد باشد. شکستگی‌های کف ممکن است همراه با شکستگی‌های قوس زیگوماتیک، شکستگی‌های میانی صورت Le Fort نوع II یا III، یا شکستگی‌های دیگر استخوان‌های اربیتال رخ دهند. هدف از درمان حفظ یا بازگرداندن بهترین عملکرد فیزیولوژیکی و زیبایی ظاهری در ناحیه آسیب است. یک رویکرد محافظه‌کارانه ممکن است در برخی موارد ضروری باشد، در حالی که مداخله تهاجمی‌تر ممکن است در موقعیت‌های دیگر ضروری باشد. علائم و نشانه‌های شکستگی کف اربیت چشم (بلوآرت) بیماران ممکن است پس از ضربه به صورت موارد زیر بروز کنند:



سی‌تی‌اسکن کروئال اربیت که از دست دادن کف اربیت در سمت چپ را در مقایسه با کف مداری طبیعی در سمت راست نشان می‌دهد.

### تاریخچه و فرآیند

بر اساس یافته‌های Ng و همکاران، شکستگی‌های کف اربیت اولین بار توسط مکنزی در پاریس در سال ۱۸۴۴ توصیف شد. در سال ۱۹۵۷، اسمیت و ریگان گیر افتادن رکتوس تحتانی را با کاهش تحرک چشم در محل شکستگی کف اربیت توصیف کردند و از اصطلاح Blowout fracture استفاده کردند. در طول دهه ۱۹۹۰، تثبیت داخلی و سخت به متداول‌ترین روش مورد استفاده در ترمیم شکستگی‌های کف تبدیل شد. به گفته پاتل و هافمن، مواد مورد استفاده برای فیکساسیون داخلی به زمان معرفی سیم‌های فولادی ضد زنگ توسط دکتر باک در قرن نوزدهم برمی‌گردد. آبکاری با تحت الشعاع قرار دادن سیم کشی فولاد ضد زنگ در ترمیم شکستگی‌های صورت، مقبولیت گسترده‌ای به دست آورده است. اصلاح آبکاری برای ترمیم استخوان‌های بلند، سیستم‌های میکروپلیتینگ و ایمپلنت‌های زیست سازگار، گزینه‌های متعددی را برای بازسازی ساختار طبیعی استخوان به جراح ارائه می‌دهد.

### مشکلات

شکستگی‌های کف اربیت می‌تواند حجم اربیت را افزایش دهد و منجر به هیپوگلوبوس و انوفتالموس بشود. عضله رکتوس تحتانی یا بافت اوربیتال می‌تواند در داخل شکستگی گیر کند و منجر به بسته شدن و محدود شدن دید و دوبینی شود. امکان رخ دادن آمفیزم چشمی ناشی از ارتباط با سینوس ماگزیلاری به میزان قابل توجهی وجود دارد. همچنین خونریزی اوربیتال با خطر نوروپاتی فشاری بینایی امکان‌پذیر است. از سوی دیگر ممکن است کره چشم پاره

## مدیریت شکستگی‌های کف اوربیتال

### درمان‌های پزشکی:

درمان دارویی برای بیماری‌هایی که جراحی برای آن‌ها اندیکاسیون ندارد، تضمین‌کننده بهبودی می‌باشد. این مورد ممکن است شامل بیماری‌هایی باشد که بدون انوفتالموس قابل توجه (۲ میلی‌متر یا بیشتر)، فقدان هیپوافتالموس مشخص، فقدان عضله یا بافت به دام افتاده، شکستگی کمتر از ۵۰ درصد کف، یا فقدان دوبینی باشند. به دلیل اختلال در یکپارچگی اربیت در قسمت مرتبط با سینوس ماگزیلاری، بیمار می‌تواند به صورت تجربی با آنتی‌بیوتیک‌های خوراکی درمان شود. یک دوره کوتاه پردنیزون خوراکی ادم اوربیت و عضله را کاهش می‌دهد و امکان ارزیابی بهتر انوفتالموس یا گیر افتادگی را فراهم می‌کند.

### عمل جراحی

Orbital Floor، از طریق conjunctival approach، از طریق قرار گرفتن در معرض پوست و یا از طریق transmaxillary approach قابل دسترسی است. دسترسی به این ناحیه امکان یافتن و رهاسازی بافت نرم جابجا شده یا محبوس شده را فراهم می‌کند و در نتیجه هرگونه اختلال حرکتی خارج چشمی را اصلاح می‌کند. علاوه بر این، ترمیم نقص استخوانی با برداشتن یا جابجایی قطعات استخوانی امکان‌پذیری پارتیشن بین اربیت و آنتروم فک بالا را فراهم می‌کند، در نتیجه حجم و شکل اربیت حفظ می‌شود و برخورد ساختارهای بافت نرم از بین می‌رود.

### پس‌زمینه

شکستگی‌های کف اربیت ممکن است زمانی ایجاد شود که یک جسم سخت که قطری برابر یا بزرگ‌تر از روزنه اربیت دارد، به چشم برخورد کند. در این موارد کره چشم معمولاً پاره نمی‌شود و نیروی حاصل از آن در سراسر اربیت منتقل می‌شود و باعث شکستگی کف اربیت می‌شود. علائم و نشانه‌ها می‌توانند بسیار متنوع باشند، از بدون علامت با حداقل کیودی و تورم گرفته تا دوبینی، انوفتالموس، هیپوافتالمی (هیپوگلوبوس) و کاهش حس گونه و لثه بالایی در سمت آسیب‌دیده انواع درمان و انتخاب آن بر اساس درجه آسیب تیتز شده است.

می‌باشد. اگرچه اکثر شکستگی‌های اربیتال به تنهایی، ناحیه میانی شیار اینفر اربیتال را تحت تأثیر قرار می‌دهند، هر نوع شکستگی با هر اندازه یا شکل هندسی امکان‌پذیر است.

### اپیدمیولوژی

شکستگی‌های کف اربیتال به تنهایی یا همراه با سایر شکستگی‌های اسکلتی صورت، شایع‌ترین شکستگی‌های میانی صورت هستند که بعد از شکستگی بینی در رتبه دوم قرار دارند. فراوانی شکستگی‌های کف اربیت به شرایط جمعیتی و اجتماعی و اقتصادی بستگی دارد. مراکز تروما و مراکز شهری با شیوع بیشتری از این نوع آسیب مواجه هستند. یک مطالعه گذشته‌نگر مقطعی توسط افتخار و همکاران نشان داد که بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴، از ۶۷۱۳۲۴ مورد پذیرش بستری در ایالات متحده برای اختلالات چشمی، شکستگی‌های کف اربیت در میان سه تشخیص شایع (۹٪ درصد) همراه با سلولیت اربیتال (۱۱۴/۵ درصد) و آبسه پلک (۶،۰ درصد) بود.

### مرگومیر / عارضه‌ها

شکستگی‌های بلووات ساده، ممکن است اصلاً عوارضی نداشته باشند یا بیمار از دوبینی، انوفتالموس یا کاهش حس گونه و لثه شکایت داشته باشد. ادم و اکیموز پلک‌ها و ناحیه اطراف چشم معمولاً دیده می‌شود؛ اما موقتی است. با هر آسیبی که سینوس را درگیر کند، هوا ممکن است به داخل اربیت یا بافت‌های زیر جلدی خارج شود. این موضوع آمفیزم اربیت نامیده می‌شود. دوبینی عمودی ممکن است به دلیل گیر افتادن بافت اطراف عضلانی اطراف عضله رکتوس تحتانی در محل شکستگی ایجاد شود. این منجر به محدودیت در نگاه به سمت بالا شده و ممکن است تلاش برای نگاه کردن به بالا نیز باعث درد شود. آسیب به شاخه عصبی سوم به عضله رکتوس تحتانی نیز ممکن است باعث محدودیت تحرک عمودی چشم شود. درد شدید با حرکات محدود افقی و عمودی می‌تواند نشان‌دهنده خونریزی شدیدتر یا ادم اربیت باشد. انوفتالموس ممکن است زمانی ایجاد شود که شکستگی‌های بزرگ کف اربیت رخ دهد و محتویات اربیت به داخل سینوس ماگزیلاری پرولاپس شود. اگر شکستگی دیواره داخلی نیز رخ داده باشد، انوفتالموس ممکن است به دلیل افتادگی محتویات اربیتال به داخل سینوس اتموئید ترکیب شود. ادم اربیتال که در زمان آسیب رخ می‌دهد در ابتدا ممکن است انوفتالموس را بپوشاند، اما ظاهر فرورفته چشم در طی ۱-۲ هفته بعد با کاهش ادم آشکارتر می‌شود. شکستگی در امتداد کف معمولاً شیار زیر چشمی و در نتیجه عصب اینفر اربیتال را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

شده یا اینکه آسیب‌های با شدت کمتری را متحمل شود که منجر به هایفما، ادم شبکیه و از دست دادن بینایی می‌شود.

مطالعه‌ای توسط Gaier و همکاران نشان داد که تشخیص آسیب‌های بینایی و چشمی در بیمارانی که پارگی کره‌ی چشم همراه با شکستگی اربیت را دارند بدتر از بیمارانی است که فقط با پارگی کره رو به رو هستند. برای مثال، محققین گزارش دادند که وجود شکستگی اربیتال یک عامل خطر مستقل برای evisceration/enucleation بعدی با نسبت شانس ۴ از ۶ است. شکستگی‌های کف اربیت شایع‌ترین شکستگی‌های مداری در مطالعه بودند.

### پاتوفیزیولوژی

#### اتیولوژی

شکستگی‌های کف اربیت مجزا که به آن‌ها شکستگی‌های کف ایزوله گفته می‌شود، در اثر ضربه به کره و پلک فوقانی ایجاد می‌شود. جسم معمولاً به اندازه‌های بزرگ است که کره چشم را سوراخ نکند و به اندازه‌های کوچک است که منجر به شکستگی لبه مداری نشود.

### آسیب‌شناسی

اربیت و محتویات آن تحت تأثیر شکستگی‌های کف اربیت قرار می‌گیرند. شکستگی‌های مستقیم کف اربیت می‌تواند از شکستگی‌های لبه اربیت گسترش یابد، در حالی که شکستگی‌های غیر مستقیم کف اربیت ممکن است لبه اربیت را درگیر نکند. تصور می‌شود که علت شکستگی ناشی از افزایش فشار داخل چشمی باشد که باعث می‌شود استخوان‌های اربیت در ضعیف‌ترین نقطه خود بشکنند. این نقطه معمولاً کف مدار میانی است. نظریه دیگر این است که فشردگی سازی لبه مداری تحتانی باعث شکستگی مستقیم کف مدار می‌شود. در هر صورت، اگر فشار داخل چشمی در زمان آسیب به اندازه کافی زیاد باشد، محتویات اربیتال را با فشار وارد محل شکستگی و احتمالاً به سینوس ماگزیلاری خواهد کرد.

شکستگی‌های کف اربیت ثانویه به دلیل افزایش ناگهانی فشار هیدرولیکی داخل اربیت هستند. یک جسم با سرعت بالا که در برخورد بر کره چشم و پلک بالایی اثر می‌گذارد، انرژی جنبشی را به ساختارهای دور چشم منتقل می‌کند. این انرژی منجر به فشاری با یک بُردار رو به پایین و میانی می‌شود که معمولاً شیار اینفر اربیتال را هدف قرار می‌دهد. بیشتر شکستگی‌ها در ناحیه میانی خلفی که از نازک‌ترین استخوان‌ها تشکیل شده است رخ می‌دهد. مکانیسم پیشنهادی دیگری که کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد، کماتش کف اربیت بدون جابه‌جایی محتویات اربیت به دنبال ضربه با سرعت بالا

تصاویر، نیاز به جراحی عضله چشم باشد. مطالعه‌ای که توسط سو و همکارانش روی ۸۳ بیمار اطفال مبتلا به شکستگی‌های اربیتال انجام شد، نشان داد که مدت‌زمان بهبودی پس از عمل دوبینی با سن مرتبط است و بیماران جوان‌تر نسبت به افراد مسن‌تر زمان بیشتری برای بهبودی دارند. انوفتالموس می‌تواند با گذشت زمان بدتر شود. علی‌رغم ترمیم کافی شکستگی، آتروفی چربی اربیتال ممکن است رخ دهد و منجر به انوفتالموس بیشتر شود.

### آموزش بیمار

به بیماران هشدار دهید که از فعالیت‌های شدید خودداری کنند و هنگام تعیین سطح فعالیت بعد از عمل نهایت احتیاط را بکار گیرند. به بیماران هشدار دهید که تا چند هفته پس از آسیب و ترمیم از دمیدن بینی خودداری کنند.

به بیماران در مورد بهبود آسیب عصبی آموزش دهید. یک عصب حرکتی آسیب‌دیده (شاخه عصب سوم) یا عصب حسی (عصب اینفرآوربیتال) ممکن است هفته‌ها یا ماه‌ها طول بکشد تا به حالت عادی برگردد. در برخی موارد، آسیب ممکن است دائمی باشد.



نوروپراکسی ناشی از آن باعث هیپوآستزی گونه و لثه بالایی در سمت آسیب‌دیده می‌شود. این عارضه معمولاً موقتی است، اما می‌تواند تا ۶ ماه یا بیشتر طول بکشد. در صدمات شدید، هیپوآستزی ممکن است دائمی باشد.

### جنسیت

از آنجایی که مکانیسم معمول آسیب، حمله با یک جسم سخت است، اکثریت قریب به اتفاق موارد در مردان رخ می‌دهد. در بررسی شکستگی‌های صورت در جمعیت شهری، ۸۱ درصد از بیماران مرد بودند.

### سن

به دلیل ماهیت آسیب و علت آن (به‌عنوان مثال، حمله)، بیشتر شکستگی‌های کف مداری در نوجوانان یا بزرگسالان جوان رخ می‌دهد.

### پیش‌آگاهی

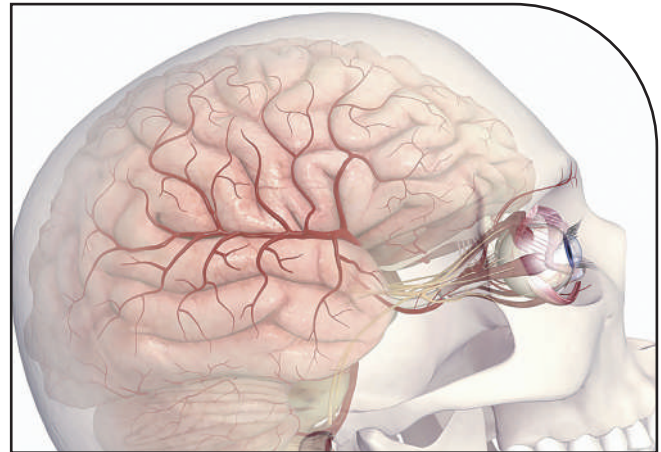
اکثر موارد به خوبی بهبود میابند و از سوی دیگر بسیاری از بیماران با دوبینی و اصلاح انوفتالموس روبه‌رو می‌شوند. ترمیم موفقیت‌آمیز شکستگی‌های اربیت ممکن است با مشکلات مداوم پیچیده شود. نورالژی در توزیع عصب اینفرآوربیتال ممکن است پس از جراحی بدتر شود. بهبود این مشکل، در صورت وجود، ممکن است ۶ ماه یا بیشتر طول بکشد. موضوع نگران‌کننده‌تر دوبینی مداوم است. در صورت ایزوله شدن در موقعیت‌های دید به بالا، ممکن است مورد توجه قرار نگیرد یا برای بیمار آزاردهنده نباشد. با این حال، اگر دوبینی موقعیت‌های عملکردی دید را تحت تأثیر قرار دهد، می‌توان پریسم‌های اصلاحی را امتحان کرد. در نهایت، ممکن است برای رفع این مشکل با جابه‌جایی عضلات خارج چشمی برای تثبیت ارتوفوریک

# نوروپاتی چشم ناشی از ضربه و تروما

تصویر سمت راست نوروپاتی اپتیکال تروماتیک را نشان می‌دهد.

## علائم و نشانه‌های نوروپاتی تروماتیک عصب بینایی

بیماران مبتلا به TON با از دست دادن بینایی پس از ترومای نافذ یا ناشی از جسم غیر تیز مراجعه می‌کنند. علائم شامل کاهش حاد یک‌طرفه در بینایی یا میدان دید است. درجه از دست دادن بینایی



مترجم: مهندس سید محمد هاشمی



رادیوگرافی از یک دختر ۲ ساله به دنبال ترومای بلانت دور چشم. اگر چه شکستگی دیواره مدار چپ مشهود نیست، یک محفظه هوای داخل مداری با فلش برجسته شده است.

## دانستنی‌های ضروری

نوروپاتی تروماتیک عصب بینایی (TON) به آسیب حاد عصب بینایی ثانویه به تروما اشاره دارد. آکسون‌های عصب بینایی ممکن است به طور مستقیم یا غیرمستقیم آسیب ببینند و منجر به از دست دادن بینایی به صورت جزئی یا به طور کامل شوند. آسیب غیرمستقیم به عصب بینایی معمولاً از انتقال نیرو به کانال بینایی ناشی از ترومای بلانت سر اتفاق می‌افتد. این برخلاف TON مستقیم است که در نتیجه اختلال آناتومیک فیبرهای عصبی بینایی ناشی از ترومای نافذ به اربیت چشم، قطعات استخوانی در کانال بینایی یا هماتوم‌های غلاف عصبی است. مطالعات تصویربرداری عصبی، توموگرافی کامپیوتری [CT] یا تصویربرداری رزونانس مغناطیسی [MRI] بخش مهمی از ارزیابی در مواقعی است که مورد مشکوک به TON است. گزینه‌های اصلی درمانی برای TON شامل کورتیکواستروئیدهای سیستمیک و رفع فشار عصب بینایی به تنهایی یا به صورت ترکیبی است.

باین وجود، شواهد قطعی مبنی بر اینکه رفع فشار از طریق جراحی نقش مفیدی برای اکثر بیماران مبتلا به TON دارد، وجود ندارد.

## اپیدمیولوژی شیوع

بروز نوروپاتی اپتیک تروماتیک (TON) در هنگام ورود آسیب تروماتیک به سر در مطالعات مختلف از ۰.۵ الی ۵٪ متغیر است. با استفاده از بانک ملی داده تروما، یافته‌های اخیر محققان نشان داده‌اند که TON شایع‌ترین آسیب مسیر بینایی کودکان (۸۶.۱٪) در ایالات متحده بین سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ بوده است.

اکثریت قریب به اتفاق موارد TON در مردان (تا ۸۵٪) با میانگین سنی ۳۴ سال مشاهده می‌شود. تصادفات وسایل نقلیه موتوری و دوچرخه بیش‌ترین علل را تشکیل می‌دهند و به دنبال آن سقوط و حمله قرار دارند. TON همچنین با ترومای نافذ اوربیتال (مثلاً زخم‌های چاقو، زخم‌های گلوله و اجسام خارجی) و ورزش‌های تفریحی (مانند آسیب‌های پینت بال) مرتبط است.

## پاتوفیزیولوژی

تصور می‌شود که پاتوفیزیولوژی نوروپاتی اپتیک تروماتیک (TON) چندعاملی باشد و برخی از محققان نیز مکانیسم اولیه و ثانویه آسیب را فرض کرده‌اند. در موارد غیرمستقیم TON، تصور می‌شود که آسیب آکسون‌ها توسط shearing force که به فیبرها یا منبع عروقی عصب منتقل می‌شوند، ایجاد می‌شود. مطالعات نشان داده است که نیروهای اعمال شده به استخوان پیشانی و برجستگی‌های مالار در ناحیه نزدیک کانال بینایی منتقل و متمرکز می‌شوند. همچنین تصور می‌شود که چسبندگی محکم غلاف دورال عصب بینایی به پروستوم در کانال بینایی باعث می‌شود که این بخش از عصب به‌شدت مستعد استرس‌های تغییر شکل استخوان‌های مجامه باشد. چنین آسیبی منجر به آسیب ایسکمیک سلول‌های گانگلیونی شبکه در کانال بینایی می‌شود.

یک مکانیسم ثانویه نیز می‌تواند منجر به تورم عصب بینایی پس از وقوع آسیب حاد شود. تورم عصب بینایی می‌تواند تخریب سلول‌های گانگلیونی شبکه را با به خطر انداختن بیش‌تر جریان خون عروقی، یا از طریق افزایش فشار داخل مجرا یا وازواسپاسم واکنشی، تشدید کند. این مکانیسم‌های ثانویه، در تئوری، منطق رفع فشار کانال بینایی را از طریق روش‌های پزشکی (استروئیدها) یا جراحی (رفع فشار استخوانی) تشکیل می‌دهند. در نهایت، بخش داخل مجامه‌ای عصب بینایی ممکن است توسط نیروهای وارد شده به آکسون‌ها توسط جابه‌جایی مغز به دنبال ضربه به سر آسیب ببیند.

می‌تواند در موردهای مختلف متفاوت باشد (کاهش حدت بینایی، ناهنجاری‌های میدان دید، یا از دست دادن دید رنگی). اکثر موارد (تا ۶۰٪) با از دست دادن شدید بینایی از ادراک نور (LP) یا علائم شدیدتر مراجعه می‌کنند. در مرحله حاد، عصب بینایی معمولاً در معاینه فوندوسکوپی طبیعی به نظر می‌رسد، اما آتروفی عصب بینایی اغلب ۳-۶ هفته پس از آسیب دیده می‌شود.

## نحوه مواجهه با نوروپاتی تروماتیک عصب بینایی

مطالعات تصویربرداری عصبی CT اسکن یا تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) بخش مهمی از ارزیابی در مواقعی است که مورد مشکوک به TON می‌باشد. در شرایط پس از تروما، سی‌تی‌اسکن روش ترجیحی برای نشان دادن وجود شکستگی کانال بینایی، یک قطعه استخوانی جابه‌جا شده که به عصب بینایی برخورد می‌کند، یک جسم خارجی فلزی در اربیت چشم، آمفیژم اوربیتال یا هماتوم غلاف عصب بینایی است... MRI مغز و اربیت چشم ممکن است در تنظیمات خاصی برای تعیین میزان خونریزی شامل ساختارهای عصبی عروقی در رأس کره چشم یا برای رد علل التهابی یا نفوذی برای نوروپاتی بینایی مفید باشد. سایر آزمایش‌های شامل موارد زیر است:

- ۱ - میدان بینایی
  - ۲ - پتانسیل برانگیخته بصری (VEP)
  - ۳ - تصویربرداری لایه فیبر عصبی شبکه (NFL)
- اقدامات تشخیصی شامل موارد زیر است:
- ارزیابی حدت بینایی
  - معاینه مردمک
  - معاینه فوندوسکوپی

## مدیریت نوروپاتی تروماتیک بینایی

گزینه‌های اصلی درمانی برای TON شامل کورتیکواستروئیدهای سیستمیک و رفع فشار عصب بینایی به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیبی است.

منطق درمان جراحی در TON غیرمستقیم، برداشتن فشار عصب بینایی در محل آسیب که اغلب بخش داخل کانالی است، می‌باشد. تصور می‌شود که رفع فشار جراحی به کاهش فشردگی عصب بینایی و متعاقب آن آسیب عروقی که ممکن است در نتیجه آسیب غیرمستقیم رخ دهد، کمک کند. علاوه بر این، جراحی برای برداشتن قطعات استخوانی که ممکن است به عصب بینایی در کانال بینایی برخورد کند، فرض شده است.

میلی متر است. عصب از بخش های اینتراکولار (حدود ۱ میلی متر)، اینتراریتال (۲۰-۳۰ میلی متر)، داخل کانالی (۵-۱۱ میلی متر) و داخل جمجمه (۳-۱۶ میلی متر) تشکیل شده است. آکسون ها محرک های بینایی را از شبکه به هشت هسته ولیه بینایی در هسته ژنیکوله لترال منتقل می کنند. عکس توپوگرافی آکسون ها، همان طور که توسط شبکه مرتب شده است، در عصب بینایی نسبتاً حفظ می شود. عصب بینایی علاوه بر ورودی بینایی که به هسته ژنیکوله جانبی می برد، فیبرهای آوران را نیز حمل می کند که در پاسخ های مردمک شرکت می کنند. به جز بخش داخل چشمی آن، آکسون های عصب بینایی میلین دار هستند. مشابه ماده سفید مغز، عصب بینایی توسط الیگودندروسیت ها که مسئول تولید میلین هستند پوشیده شده است. آستروسیت ها نیز در سپتوم گلیال وجود دارند و از آکسون ها حمایت تغذیه ای می کنند. عصب بینایی در طول مسیر داخل چشمی خود توسط پیا، عنکبوتیه و سخت شامه احاطه شده است که در طول حرکات طبیعی چشم همراه با عصب بینایی حرکت می کنند. در داخل کانال بینایی، غلاف عصب بینایی به پیوسته اسفنوئیدی جذب می شود و در نتیجه، عصب و غلاف آن در این فضای محدود به کانال استخوانی محکم می شوند. در سوراخ خلفی کانال بینایی، غلاف عصب بینایی با یک چین فالسی فرم پوشاننده دورا که کالواری را می پوشاند، ترکیب می شود. شاخه های پیال از شریان های کاروتید داخلی، قدامی مغزی و شریان های ارتباطی قدامی، عصب بینایی داخل جمجمه ای را پر فیوژن می کنند. شاخه های کوچک پیال از شریان افتالمیک عصب بینایی اینتراکانالیکولار را تأمین می کنند. عصب بینایی داخل اوربیتال نیز توسط شاخه های سوراخ کننده مشتق شده از شریان افتالمیک تأمین می شود. دایره شریانی Zinn-Haller عصب بینایی داخل چشمی را با کمک شریان های مزگانی خلفی، شبکه شریانی پیال و عروق مشیمیه اطراف پاپیلار تأمین می کند.

### سابقه

بیماران مبتلا به نوروپاتی بینایی تروماتیک (TON) با از دست دادن بینایی پس از تروما مراجعه می کنند. علائم شامل کاهش حاد یک طرفه در بینایی یا میدان دید است. تأخیر در تشخیص و مراجعه ممکن است منجر به سایر آسیب های ثانویه مربوط به تروما، مانند آسیب مغزی تروماتیک شود. چنین آسیب هایی علایم و در نتیجه ارزیابی هرگونه آسیب چشمی را به تأخیر می اندازد.

### معاینه فیزیکی

معاینه فیزیکی شامل یک ارزیابی کامل چشم، از جمله برای علائم واضح تروما، مانند اکیموز، پارگی و برآمدگی های

با این مکانیسم، رشته های عصبی ممکن است در برابر چین های دورال فالسی فرم یا از طریق ورود shearing force به عصب در ناحیه منفذ بینایی جمجمه آسیب ببینند.

یانگ و همکاران با استفاده از یک مدل محاسباتی غیرمستقیم از سر TON با اجزای محدود با اربیت biofidelic، نشان دادند که عصب بینایی در برابر ضربه های پیشانی آسیب پذیرتر است. علاوه بر این، این گزارش شواهدی را یافت که نشان می دهد یک ضربه گیر نسبتاً سفت و سخت، مانند یک استوانه فلزی، باعث آسیب عصب بینایی در انتهای داخل جمجمه کانال بینایی می شود و تروما به نواحی عصب بینایی در مجاورت کانال بینایی گسترش می یابد. حالت اولیه آسیب نیز در چنین ضربه هایی تغییر شکل عصب بینایی در نتیجه تغییر شکل جمجمه در کانال بینایی را نشان داد. این مطالعه همچنین نشان داد که در طی یک ضربه با جسم نسبتاً سازگار و حالت پذیر، مانند توپ فوتبال، آسیب عمدتاً ناشی از فشار دادن مغز به عصب بینایی است؛ زیرا مغز تحت یک حرکت عمل - عکس العمل قرار می گیرد.

### آناتومی مربوطه

اربیت سر انسان از ۷ استخوان تشکیل شده است و ۴ دیواره تشکیل شده است: سقف، دیواره خارجی، دیوار داخلی و کف. ۷ استخوان عبارتند از: استخوان های اتموئید، پیشانی، اشکی، ماگزیلاری، پالاتین، اسفنوئید (بال های کوچک تر و بزرگ تر) و استخوان های زیگوماتیک. ۴ دیواره اربیت به صورت خلفی در رأس اربیت همگرا می شوند و کانال بینایی در بال کوچک تر اسفنوئید قرار دارد که یکی از استخوان هایی است که سقف اربیت را تشکیل می دهد. کانال بینایی توسط شکاف بینایی استخوان اسفنوئید از شکاف اوربیتال فوقانی جدا می شود. از این رو پایه نوری دیواره جانبی اپتیک را تشکیل می دهد. دیواره داخلی کانال آن را از سینوس اسفنوئید جدا می کند. ساختارهایی که از کانال بینایی عبور می کنند شامل غلاف عصب بینایی و آکسون ها، گلیای حمایت کننده آن ها، شریان چشمی و شاخه های شبکه سمپاتیک کاروتید سیستم عصبی خودمختار است. عصب بینایی کابلی از سلول های گانگلیونی شبکه است که تقریباً ۴ میلی متر از راه بینی و ۰.۸ میلی متر بالاتر از مرکز ماکولا در قطب خلفی وارد چشم می شود. در داخل کره چشم، عصب بینایی قدامی دیسک بینایی را تشکیل می دهد که از نظر بالینی با معاینه فونودوسکوپی به صورت یک ساختار صورتی و کمی برجسته در مرکز ورودی اسکلرا خلفی قابل مشاهده است. عصب بینایی مجموعه ای از آکسون ها (تقریباً ۱.۲ میلیون) است که از سلول های گانگلیونی شبکه منشأ می گیرند. قطر عصب بینایی با غلاف مننژ ۳-۴ میلی متر است و طول کلی آن از کره زمین تا کیاسمای بینایی تقریباً ۵۰

هنگام بستری شدن در بیمارستان هستند.

## تست‌های دیگر

سنجش میدان دید

سنجش خودکار را می‌توان فقط در بیمارانی که دست آورد که بینایی/حدت کافی را حفظ می‌کنند. بیماران با حدت بینایی ضعیف (بدتر از ۲۰/۲۰۰) ممکن است با سنجش گلدمن یا با آزمایش میدان بینایی تقابلی ارزیابی شوند.

هیچ الگوی ازدست‌دادن میدان بینایی برای نوروپاتی تروماتیک بینایی (TON) پاتوگنومیک نیست، اگرچه یک اسکوتوما مرکزی متراکم مشخصه است. بازیابی عملکرد عصب بینایی ممکن است از طریق مجموعه‌ای از آزمایش‌های متناوب میدان دید ثبت شود.

## پتانسیل برانگیخته بصری (VEP)

VEP می‌تواند برای ثبت وجود TON در بیمارانی که پاسخگو نیستند یا در مواردی که آسیب چشمی هم‌زمان دارند مفید باشد. هنگامی که پارامترهای بالینی مبهم هستند، می‌توان بیماران را با معاینات متوالی VEP دنبال کرد تا بهبود عملکرد را ثبت کند. VEP در تشخیص TON ضروری تلقی نمی‌شود و از نظر لجسستیکی، توانایی انجام یک ارزیابی نوروفیزیولوژیک اغلب به دلیل ناتوانی در انتقال بیمار تروما به آزمایشگاه نوروفیزیولوژی مانع می‌شود. در موارد یک‌طرفه TON، نسبت دامنه VEP (سمت آسیب‌دیده به سمت طبیعی) بیش‌تر از ۰.۵ به نظر می‌رسد که یک نتیجه بینایی مطلوب و طولانی‌مدت را پیش‌بینی می‌کند. هنگامی که دامنه‌های VEP غیر قابل ضبط باشد، بازیابی بصری غیرمحتمل در نظر گرفته می‌شود.

تصویربرداری لایه فیبر عصبی شبکیه (NFL): اسکن پلاریمتری لیزری و توموگرافی انسجام نوری را می‌توان برای ارزیابی و پیش‌ازدست‌دادن آکسون NFL شبکیه در طول دوره پیگیری درمان استفاده کرد.

## روش‌های تشخیصی

نوروپاتی اپتیک تروماتیک (TON) بر اساس تشخیص بالینی اختلال عملکرد عصب بینایی است که توسط سابقه اخیر ضربه به سر پشتیبانی می‌شود. در شرایط حاد پس از تروما، اگر بیمار بی‌هوش باشد و ارزیابی رسمی حدت بینایی نتواند انجام شود، ممکن است تشخیص به تعویق بیفتد. در یک بیمار هوشیار و همکار، تشخیص TON باید با آزمایش بیمار برای حدت بینایی غیرطبیعی، نقص

استخوانی است. علاوه بر این، معاینه عصبی برای ارزیابی کاهش حدت بینایی و نقص مردمک آوران باید انجام شود. در نهایت، معاینه فوندوسکوپی نیز باید انجام شود. ارزیابی اولیه فوندوسکوپی ممکن است ظاهر طبیعی عصب بینایی را نشان دهد، زیرا آتروفی بینایی ممکن است در زمان مراجعه مشهود نباشد.

## تشخیص‌های افتراقی

- ۱- نوریت بینایی بزرگسالان
- ۲- نوریت بینایی دوران کودکی
- ۳- نوروپاتی ایسکمیک بینایی
- ۴- جداشدگی عصب بینایی
- ۵- التهاب عصب بینایی
- ۶- هماتوم غلاف عصب بینایی
- ۷- شکستگی‌های اربیتال
- ۸- هماتوم اربیتال
- ۹- تومورهای اربیتال
- ۱۰- سینوزیت با درگیری اربیتال

## مطالعات تصویربرداری

مطالعات تصویربرداری عصبی CT و MRI بخش مهمی از ارزیابی در زمانی است که بیمار به نوروپاتی اپتیکال تروماتیک (TON) مشکوک است. در شرایط پس از تروما، سی‌تی‌اسکن روش ترجیحی برای نشان دادن وجود شکستگی کانال بینایی، یک قطعه استخوانی جابه‌جا شده که به عصب بینایی برخورد می‌کند، یک جسم خارجی فلزی در اربیت چشم، آمفیژم اربیتال یا هماتوم غلاف عصب بینایی است. MRI مغز و اربیت ممکن است در تنظیمات خاصی برای تعیین میزان خونریزی شامل ساختارهای عصبی عروقی در رأس اربیت یا برای رد علل التهابی یا نفوذی برای نوروپاتی بینایی مفید باشد. اکثریت قریب‌به‌اتفاق بیماران مبتلا به TON دچار آسیب غیرمستقیم عصب بینایی در کانال بینایی می‌شوند و مطالعات تصویربرداری عصبی معمولاً هیچ ناهنجاری در مسیرهای بینایی قدامی را نشان نمی‌دهند، اگرچه ممکن است شکستگی در ناحیه کانال بینایی دیده شود.

یک مطالعه گذشته‌نگر توسط Bodanapally و همکاران نشان داد که استفاده از تصویربرداری (diffusion-weighted imaging) DWI می‌تواند به تشخیص TON کمک کند.

یک مطالعه گذشته‌نگر توسط Reddy و همکاران نشان داد که در بیماران مبتلا به TON، یافته‌های سی‌تی‌اسکن هماتوم داخل کانال و هماتوم در امتداد عصب بینایی عوامل خطر برای ضعف بینایی در

## یافته‌های بافت‌شناسی

مطالعات اجساد، یافته‌های هیستوپاتولوژیک ثابتی را در نوروپاتی بینایی تروماتیک نشان نداده‌اند که مکانیسم‌های متعدد آسیب را در بیماران مبتلا به TON نشان می‌دهد. تغییرات پاتولوژیک فاحشی که گزارش شده است شامل هماتوم در غلاف عصب بینایی و گاهی اوقات مناطق نکروز قابل مشاهده است. یافته‌های میکروسکوپی شامل خونریزی بینابینی، فیبروز سپتوم پیال و نفوذ التهابی مزمن توسط لنفوسیتها، سلول‌های پلازما و ماکروفاژهای مملو از آهن است. یک مورد تخریب آکسون‌ها را با از دست دادن میلین در یک بخش مثلی نشان داد که با آسیب به عروق نافذ تامین کننده منطقه انفارکت همخوانی داشت.

باگذشت زمان، به نظر می‌رسد از دست دادن حمایت آستروسیت در داخل عصب بینایی در آسیب‌های TON رخ می‌دهد و به دنبال آن آکسون‌ها با میکروگلیا جایگزین می‌شوند. بر اساس یافته‌های هیستوپاتولوژیک در TON، به نظر می‌رسد از دست دادن آکسون یا از طریق shearing force، انفارکتوس هموراژیک، فشردگی مستقیم رشته‌های عصبی از هماتوم غلاف عصبی بیرونی یا ترکیبی از این مکانیسم‌ها رخ می‌دهد.

## درمان پزشکی

گزینه‌های اصلی درمانی برای نوروپاتی اپتیکال تروماتیک (TON) شامل کورتیکواستروئیدهای سیستمیک و رفع فشار عصب بینایی به تنهایی یا به صورت ترکیبی است. بررسی و تجزیه و تحلیل مقالات به دلیل تنوع رویکردهای درمانی و فقدان مطالعات تصادفی و کنترل شده در مورد استفاده از این روش‌ها برای TON پیچیده است. دانش فعلی در مورد استفاده از استروئیدها برای TON بر اساس مطالعات گذشته‌نگر کوچک، گزارش‌های باستانی و برآورد کردن از مطالعات ملی ضربه‌مغزی و آسیب نخاعی است. استروئید درمانی برای TON را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی کرد: دوز متوسط (۶۰-۱۰۰ میلی‌گرم پردنیزولون خوراکی)، دوز بالا (۱ گرم متیل پردنیزولون داخل وریدی در روز)، یا دوز مگا دوز ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم لودینگ دوز متیل پردنیزولون وریدی، به دنبال آن (۵/۴ mg/kg/h به مدت ۲۴ ساعت).

استروئیدها از اوایل دهه ۱۹۸۰ در TON مورد استفاده قرار گرفته‌اند، زیرا مزایای درک شده آن‌ها در مدل‌های حیوانی مختلف آسیب سیستم عصبی مرکزی است. تصور می‌شد که استروئیدها از طریق خواص آنتی‌اکسیدانی و مهار پراکسیداسیون لیپیدی ناشی از رادیکال‌های آزاد، محافظت عصبی را در آسیب سیستم عصبی مرکزی تروماتیک ایجاد می‌کنند.

مردمک‌آوران همان طرف (APD)، اختلال در دید رنگی و نقص میدان بینایی در پریمتری رسمی تأیید شود.

## حدت بینایی

حتی در شرایط ترومای حاد، بیماران باید در اسرع وقت ارزیابی حدت بینایی را انجام دهند. این را می‌توان با نمودار چشمی اسنلن (که دید از راه دور را اندازه‌گیری می‌کند) یا کارت دید نزدیک انجام داد. اگر بیمار نتواند حرف بالای نمودار چشم را بخواند، حدت بینایی ممکن است با نام‌گذاری زیر (به ترتیب کاهش حدت بینایی) ثبت شود: بینایی با انگشتان شمارش، درک حرکت دست، درک نور (LP) یا عدم درک نور. (NLP).

## معاینه مردمک

معاینه مردمک اندازه هر دو مردمک، پاسخ مردمک به نور و تحریک نزدیک و ارزیابی نقص نسبی مردمک‌آوران یا APD (آزمون چراغ‌قوه) را ارزیابی می‌کند. آزمون چراغ‌قوه چرخان واکنش مردمک را به نور بین دو چشم مقایسه می‌کند. به طور معمول، هر دو مردمک باید به طور مساوی نسبت به نور منقبض شوند و انقباض باید حفظ شود؛ زیرا نور به سرعت بین دو مردمک جابه‌جا می‌شود. چشمی با آسیب عصب بینایی یک‌طرفه APD را نشان می‌دهد و وجود TON را تأیید می‌کند. در مورد نادر TON دوطرفه، اگر آسیب بین دو طرف متقارن باشد، ممکن است APD نسبی دیده نشود و اگر آسیب عمیق باشد، هر دو مردمک ممکن است متسع شده و نسبت به نور واکنش نشان ندهند.

## معاینه فوندوسکوپ

معاینه فوندوسکوپ را می‌توان با استفاده از افتالموسکوپ مستقیم، افتالموسکوپ غیرمستقیم یا بیومیکروسکوپ اسلیت لامپ انجام داد. از آنجایی که محل آسیب در اکثر موارد TON در خلف اربیت یا کانال بینایی است، دیسک بینایی معمولاً در معاینه فوندوسکوپ در تشخیص اولیه طبیعی به نظر می‌رسد. آتروفی عصب بینایی معمولاً ۳-۴ هفته پس از حادثه تروماتیک ظاهر می‌شود و دیسک رنگ‌پریدگی منتشر پیدا می‌کند. به ندرت، تغییرات عصب بینایی را می‌توان با آسیب مستقیم به بخش رتروبولبار عصب بینایی مشاهده کرد که به صورت سر عصب بینایی جدا شده یا تورم دیسک بینایی همراه با خونریزی اطراف ظاهر می‌شود.

شامل ۱۳۳ بیمار بود که طی ۷ روز پس از حادثه تروماتیک مورد ارزیابی و درمان قرار گرفتند که اکثر بیماران با کورتیکواستروئیدها (۸۵ نفر) یا رفع فشار کانال بینایی تحت درمان قرار گرفتند ( $n=33$ ). نتایج پیگیری نشان داد که حدت بینایی بیش از ۳ خط در ۳۲ درصد از گروه جراحی، ۵۲ درصد از گروه کورتیکواستروئید و ۵۷ درصد از گروه مشاهده افزایش یافته است. باین حال، مطالعه غیر تصادفی و کنترل نشده بود و تعداد کمی از بیماران در گروه مشاهده ( $n=9$ ) قدرت آماری مطالعه را محدود کرد.

مطالعات اخیر روی حیوانات نیز نتایج متغیری را با استروئید درمانی پیدا کرده است. این مدل‌های حیوانی شامل یک مکانیسم آسیب مستقیم برای القای TON در موش‌ها هستند و هرگونه برآورد کردن داده‌ها به انسان با آسیب غیرمستقیم به عصب بینایی باید با احتیاط انجام شود. باین حال، هیچ مطالعه‌ای اثر مفیدی را برای درمان استروئیدی در حیوانات مبتلا به TON نشان نداده است و به‌ویژه یک مطالعه نشان داد که استروئیدها از دست‌دادن آکسون را تشدید می‌کنند، همان‌طور که با کاهش وابسته به دوز در تعداد آکسون‌ها با افزایش دوز استروئیدها مشهود است. چنین یافته‌هایی ممکن است نشان دهد که استروئیدها می‌توانند تأثیر منفی بر بقای سلول‌های گانگلیونی، به‌ویژه در سطوح مگا دوز بالاتر، به دلیل سرکوب مسیرهای محافظت عصبی درون‌زا داشته باشند. بر اساس شواهد فعلی، نقش درمانی کورتیکواستروئیدها در مدیریت TON اثبات نشده است. اگر استروئیدها برای TON در نظر گرفته شود، نباید در مواردی که هم‌زمان با آسیب مغزی تروماتیک همراه است یا در بیمارانی که ۸ ساعت یا بیش‌تر پس از آسیب اولیه مراجعه می‌کنند، استفاده شود. اینکه آیا پزشکان باید از مگا دوز به‌جای دوزهای پایین‌تر استروئیدها برای موارد منتخب TON استفاده کنند یا خیر، به‌وضوح توسط مقالات تعریف نشده است. مطالعات NASCIS از استروئیدهای مگا دوز در پروتکل خود برای نشان دادن اثر مفید در زیرمجموعه‌ای از بیماران خود استفاده کردند، اما مطالعه CRASH چندین عارضه جدی مرتبط با استفاده از آن‌ها در محیط تروما را شناسایی کرد. علاوه بر این، مطالعات حیوانی ارتباط بین افزایش دوز استروئیدها و مرگ سلول‌های گانگلیونی شبکه را نشان داده است.

## درمان جراحی

منطق درمان جراحی در نوروپاتی اپتیک تروماتیک غیرمستقیم (TON) این است که عصب بینایی را در محل آسیب که اغلب بخش داخل کانالی است، کم‌فشار کند. تصور می‌شود که رفع فشار جراحی به کاهش فشردگی عصب بینایی و متعاقب آن آسیب عروقی که ممکن است در نتیجه آسیب غیرمستقیم رخ دهد، کمک کند. علاوه بر این، جراحی برای برداشتن قطعات استخوانی که ممکن است به عصب

در سال ۱۹۹۰، براکن و همکارانش یافته‌های خود را در مورد استفاده از درمان با دوز مگا کورتیکواستروئید در مطالعه ملی آسیب حاد نخاعی ۲ (NASCIS 2) منتشر کردند. NASCIS 2 یک کارآزمایی بالینی چندمرکزی بود که بیماران مبتلا به آسیب حاد نخاعی تحت درمان با دارونما، متیل پردنیزولون یا نالوکسان را ارزیابی کرد. این مطالعه نشان داد که متیل پردنیزولون (لودینگ دوز ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و به دنبال آن ۵/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ساعت به مدت ۲۴ ساعت) در عرض ۸ ساعت پس از آسیب شروع شد، با بهبود قابل توجهی در عملکرد حرکتی و حسی در مقایسه با بیماران تحت درمان با دارونما همراه بود.

یافته‌های آزمایش‌ها NASCIS به طور قابل توجهی بر عملکرد بالینی تأثیر گذاشت و منجر به افزایش استفاده از استروئیدها در درمان TON شد. با این حال، بهبود بالینی در این مطالعات اندک بود و نگرانی وجود داشت که مزایای بالینی نشان داده شده برای بیمارانی که در هشت ساعت اول تحت درمان با دوز مگا استروئید قرار گرفتند، نتیجه یک سوگیری آماری بود، زیرا تجزیه و تحلیل به‌جای آینده‌نگر post hoc انجام شد.

در سال ۲۰۰۵، نتایج کارآزمایی تصادفی سازی کورتیکواستروئید پس از آسیب جدی به سر (CRASH) نگرانی‌هایی را در مورد استفاده از استروئیدهای مگا دوز (همان دوز ارائه شده در مطالعه NASCIS 2) در آسیب مغزی ایجاد کرد. این مطالعه بزرگ‌ترین مطالعه تصادفی سازی شده بود که استروئیدها را در بیماران آسیب‌دیدگی مغزی ارزیابی کرد و به دلیل افزایش قابل توجه خطر مرگ در بیمارانی که در پیگیری ۶ ماهه خود استروئیدهای مگا دوز دریافت کردند، زود متوقف شد. گروه دارونما (۲۵/۷٪) در مقابل (۲۲،۳٪)؛ (RR ۱/۱۵) فاصله اطمینان ۱/۰۷ تا ۱،۲۴؛ ( $p=0,001$ ) اگرچه علت افزایش خطر مرگ مشخص نشده است، یافته‌های این مطالعه باید در هنگام مدیریت موارد TON با آسیب مغزی تروماتیک هم‌زمان در نظر گرفته شود.

علاوه بر این، نگرانی‌هایی در مورد برآورد کردن داده‌های حاصل از مطالعات آسیب نخاعی به TON مطرح شده است. تمایزات بافت‌شناسی مهمی بین طناب نخاعی و عصب بینایی وجود دارد. به‌عنوان مثال، عصب بینایی یک ماده سفید خالص و نخاع یک کمپلکس مخلوط از ماده خاکستری و ماده سفید است. در نتیجه، تفاوت‌های بیولوژیکی قابل توجهی ممکن است بین مکانیسم‌های ترمیم آکسون‌های عصب بینایی و آسیب به نخاع وجود داشته باشد. مطالعه بین‌المللی تروما عصب بینایی (IONTS) یک کارآزمایی مداخله‌ای غیر تصادفی بود که نتایج بینایی را برای بیماران مبتلا به TON که با مشاهده، استروئیدهای سیستمیک یا رفع فشار کانال بینایی درمان شده بودند، مقایسه کرد. این مطالعه که در سال ۱۹۹۹ منتشر شد،

کنترل شده که مشاهده را با رفع فشار کانال بینایی مقایسه می کند، تنها راه قابل اعتماد برای ارزیابی نفع درمان برای مداخله جراحی است. تصمیم گیری برای رفع فشار جراحی کانال بینایی باید به صورت موردی گرفته شود و به بیمار اطلاع داده شود که تا به امروز نشان داده نشده است که جراحی به تنهایی پیش آگهی را بهبود بخشد.

### نتیجه و پیش آگهی

اکثر مطالعات ارتباط معنی داری بین حدت بینایی اولیه و نهایی را نشان می دهند. به عنوان مثال، یک گزارش گذشته نگر توسط رایت و همکاران بر روی ۲۰ بیمار بزرگسال نشان داد که در موارد نوروپاتی آسیبی غیرمستقیم بینایی (TON)، نتیجه نهایی بینایی با دقت بینایی در علائم بیمارستان پیش بینی می شود.

احتمال اینکه بیماران بدون ادراک نور (NLP) در بینایی بهبودی اندکی حاصل کنند یا هیچ بهبودی حاصل نکنند وجود دارد. با این حال، مطالعات نشان می دهد که تا ۵۰٪ از بیماران مبتلا به TON می توانند بهبودی در بینایی، با یا بدون درمان داشته باشند، اگرچه در بیش تر مواقع میزان بهبودی حداقل است. هیچ مطالعه خوب طراحی شده ای نشان نداده است که آیا رفع فشار یا استروئیدها نتیجه بهتری نسبت به مشاهده به تنهایی دارند یا خیر. در واقع، میزان بهبود بصری حداقل اما خود به خودی در TON غیرمستقیم نسبتاً بالا است و در مجموعه های منتشر شده بین ۲۰ تا ۵۷ درصد متغیر است. مطالعات نشان داده اند که TON با شکستگی های همزمان اربیت ازدست دادن بینایی شدیدتری دارد. در یک مطالعه خاص تا ۸۵ درصد از بیماران با شکستگی چشم (۲۹ از ۳۴) با NLP مراجعه کردند. وجود شکستگی اوربیتال به معنی انتقال بیش تر نیرو به کانال بینایی و در نتیجه آسیب بیش تر به عصب بینایی است. با این حال، در مطالعه رایت و همکارانش، هیچ ارتباطی بین پیامد بینایی در TON غیرمستقیم و وجود شکستگی های اوربیتال، خونریزی داخل کانل و/ یا خارج کانل، یا بیماری های سیستمیک یافت نشد.

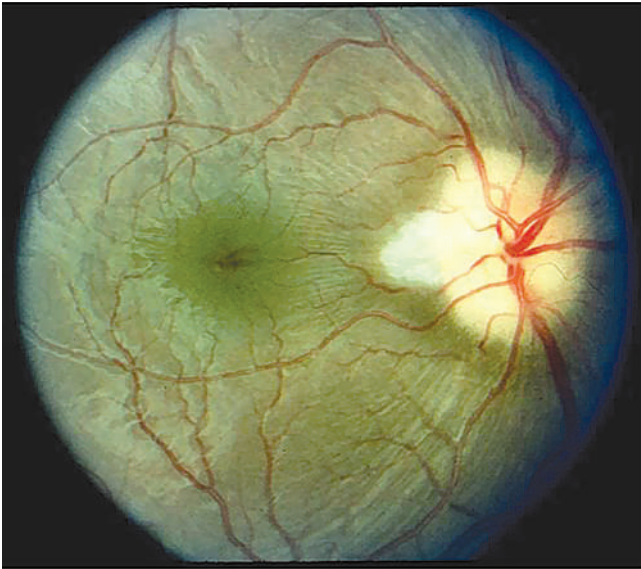
### آینده و تناقضات

نوروپاتی اپتیک تروماتیک (TON) می تواند منجر به ازدست دادن عمیق بینایی از طریق مکانیسم های غیرمستقیم یا مستقیم شود. تشخیص را می توان با گرفتن شرح حال دقیق و معاینه بالینی، بر اساس وجود ازدست دادن بینایی (همراه با ازدست دادن بینایی رنگ و نقص احتمالی میدان بینایی) و یک نقص نسبی مردمک آوران همراه (APD) انجام داد. درمان بهینه برای TON، با این حال، همچنان در بین پزشکان مورد بحث است. مروری بر مطالعات موجود، به ویژه مطالعات IONTS و CRASH، شواهد کافی برای نتیجه گیری اینکه

بینایی در کانال بینایی بر خورد کند، فرض شده است. با این حال، هیچ مطالعه تصادفی و کنترل شده ای برای ارزیابی نقش جراحی در TON انجام نشده است. همان طور که قبلاً ذکر شد، یکی از بزرگ ترین مجموعه ها از IONTS است که هیچ مدرک قانع کننده ای مبنی بر برتری برداشتن فشار کانال بینایی در TON از مشاهده یا درمان با کورتیکواستروئید ارائه نکرد. علاوه بر این، در مواردی که قطعات استخوانی به عصب بینایی داخل کانال برخورد می کنند، پیش آگهی بهبود بینایی بسیار ضعیف است؛ زیرا قطعات استخوانی به احتمال زیاد آکسون های عصب بینایی را از نظر آناتومیک مختل کرده و منجر به ازدست دادن بینایی غیرقابل برگشت می شود. تفسیر اثربخشی رفع فشار جراحی هنگام بررسی مطالعات منتشر شده دشوار است؛ زیرا آن ها از مجموعه های کوچک و گذشته نگر تشکیل شده اند که دارای روش شناسی و معیارهای ورود متغیری هستند (به عنوان مثال، درجه ازدست دادن بینایی، زمان جراحی، استفاده از استروئیدهای هم زمان). علاوه بر این، احتمال سوگیری انتخاب برای بیماران TON که تصمیم به برداشتن فشار جراحی می کنند را نمی توان نادیده گرفت؛ زیرا بیمارانی که عملکرد بینایی بدتری در علائمشان دارند یا کسانی که درمان استروئیدی ناموفق داشته اند در این مجموعه های جراحی قرار می گیرند. زمان جراحی و روش جراحی ترجیحی نیز بحث برانگیز است.

انواع روش های جراحی مورداستفاده در رفع فشار عصب بینایی شامل رویکردهای داخل جمجمه، خارج جمجمه، اوربیتال، ترانس اتموئیدال، داخل بینی و زیر لبی است و انتخاب روش بر اساس آموزش، سابقه و تجربه جراح است. بیماران با ازدست دادن بینایی عمیق و یک قطعه استخوانی مشاهده شده که به بخشی از عصب بینایی داخل کانالیکولار در تصویربرداری عصبی برخورد می کند، بهترین کاندیدها برای مداخله جراحی در نظر گرفته شده اند. اگرچه گزارش های حکایتی از بهبود بینایی چشمگیر برای چنین بیمارانی وجود دارد، اما بیش تر موارد با آسیب مستقیم به عصب بینایی بهبود نمی یابد و خطر عوارض احتمالی جراحی مانند نشت مایع مغزی نخاعی یا خونریزی پس از عمل را نمی توان نادیده گرفت.

مطالعه ای توسط یو و همکاران گزارش داد که در کودکان مبتلا به TON غیرمستقیم، کاهش فشار آندوسکوپیک کانال بینایی ترانس اتموئیدال (ETOC) نتایج بهتری را در بیماران با بینایی باقی مانده قبل از جراحی نسبت به افرادی که درک نور نداشتند، با نسبت ۶۹.۷ درصد به ۳۷.۹ درصد ایجاد کرد و محققان توانستند نرخ بهبودی را به دست آورند. در این زمان، شواهد قطعی مبنی بر اینکه رفع فشار جراحی نقش مفیدی برای اکثر بیماران مبتلا به TON دارد وجود ندارد. از آنجایی که میزان قابل توجهی از بهبودی خود به خودی در موارد TON یافت می شود، یک کارآزمایی تصادفی سازی و

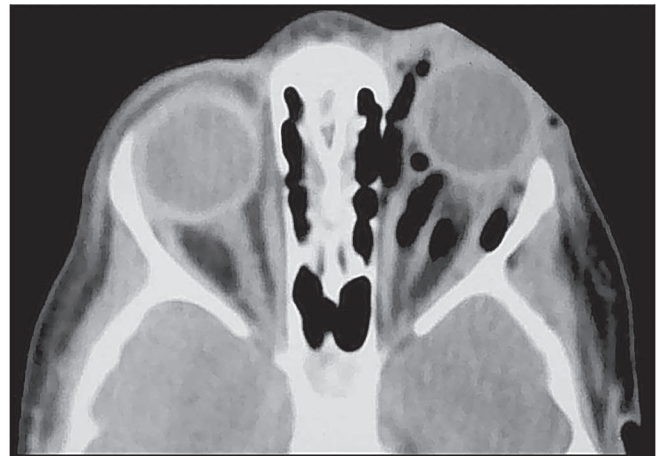


۲ - عکس فوندوس از یک مرد ۲۴ ساله با ازدست دادن بینایی به دنبال ترومای چشمی بلانت. این حادثه در حین بازی بیسبال زمانی رخ داد که بیمار (دونده بیس) با دریافت کننده برخورد کرد. ناحیه کدورت که از سر عصب بینایی امتداد می‌یابد نشان‌دهنده ایسکمی شبکیه است و نشان‌دهنده آسیب عصب ایسکمیک قدامی است. چنین آسیب‌هایی ممکن است پیش‌آگهی بینایی طولانی‌مدت بهتری نسبت به نوروپاتی‌های ایسکمیک بینایی خلفی داشته باشند. نوروپاتی تروماتیک بینایی غیرمستقیم بیش‌تر منجر به آسیب عصب بینایی خلفی می‌شود. آسیب‌های خلفی معمولاً منجر به هیچ تغییر مورفولوژیکی در ظاهر سر عصب بینایی نمی‌شود.



۳ - سی‌تی‌اسکن آگزینال اربیت. به شکستگی با جابه‌جایی خفیف در محل اتصال دیواره میانی اربیت خلفی و کانال بینایی توجه کنید.

درمان با کورتیکواستروئید و/یا جراحی کانال بینایی یک مزیت درمانی نسبت به مشاهده به‌تنهایی در بیماران مبتلا به TON فراهم می‌کند، ارائه می‌کند. به نظر می‌رسد بیماران مبتلا به TON فراهم می‌کند، با استروئیدهای سیستمیک، میزان بهبود بینایی مشابهی با بیماران درمان نشده دارند و هم مطالعات حیوانی و هم انسانی نشان می‌دهد که تحت شرایط خاص، استروئیدهای سیستمیک ممکن است واقعاً مضر باشند، به‌ویژه در دوزهای بالاتر؛ بنابراین، کورتیکواستروئیدها نباید در مواردی که آسیب مغزی هم‌زمان دارند یا در بیمارانی که ۸ ساعت یا بیش‌تر پس از آسیب اولیه مراجعه می‌کنند، استفاده نشود. بر اساس شواهد موجود، برداشتن فشار از کانال بینایی در موارد به‌طور معمول در TON توصیه نمی‌شود. اگر درمان با استروئیدها یا مداخله جراحی در نظر گرفته شود، باید مشاوره مناسب به بیمار و خانواده او در مورد فواید و خطرات احتمالی آن‌ها داده شود تا به آن‌ها در تصمیم‌گیری آگاهانه کمک شود.



۱ - به پروپتوز ناشی از تجمع زیاد آمفیزم داخل چشمی توجه کنید. همچنین، به ماهیت نسبتاً جابه‌جا نشده شکستگی دیواره اربیت داخلی توجه کنید. این بیمار به دلیل این وضعیت دچار انسداد شریان مرکزی شبکیه شد. تخلیه هوای اربیتال گردش خون به خطر افتاده شبکیه را بهبود بخشید.



۴ - عکس فوندوس از چشم چپ در یک مرد ۳۳ ساله که یک سال قبل از مراجعه به کلینیک ما پس از سقوط از نردبان دچار آسیب شدید سر شد. بیمار دارای حدت بینایی انگشتان شمارش (CF) ۶ فوت در چشم چپ و نقص در پاسخ آوران مردمک شد. به ظاهر رنگ پریده عصب بینایی توجه کنید.

# TOTAL30™

Welcome to the Joy of Nothing

با کیفیت و رطوبت ۱۰۰ درصد

## مثل چشم خودت!

لنزهای TOTAL30™ جدیدترین نوآوری کمپانی آلکان



 ROUGINE  
PHARMED

**Alcon**  
SEE BRILLIANTLY

تهران، خیابان نجات‌الهی (ویلا)، خیابان سپند، پلاک ۴۷

☎ ۰۲۱ - ۵۷۶۲۶

📷 @rougine\_vision\_vip

🌐 [rouginepharmed.com](http://rouginepharmed.com)



**تهران،**

بلوار کشاورز، خیابان جمالزاده شمالی،

نیش کوچه شیبانی، شماره ۳۵۹

تلفن : ۶۶۵۶۵۷۵۷

فکس: ۶۶۴۲۸۷۸۱

[info@basirclinic.ir](mailto:info@basirclinic.ir)



**شیراز،**

بلوار پاسداران، خیابان مبعث نرسیده

به پارک حدیث

تلفن : ۰۷۱۳ ۶۴۸۴۸۱۴

۰۷۱۳ ۸۲۳۴۶۷۸

فکس: ۰۷۱۳ ۶۴۸۳۰۶۹

[shirazinfo@basirclinic.ir](mailto:shirazinfo@basirclinic.ir)



**کرمان،**

خیابان استقلال کوچه شماره ۱۰، پلاک ۶۴

تلفکس : ۰۳۴۳ ۲۵۲۲۶۳۰

[kermaninfo@basirclinic.ir](mailto:kermaninfo@basirclinic.ir)