

# دشمن دیرینه و ناشناخته‌ی چشم انسان



تهیه و تنظیم: رضا ناصح  
مدیرعامل شرکت عادل لنز

## ● پرتو فرو سرخ

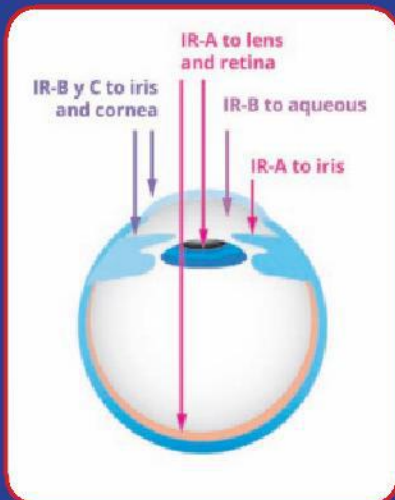
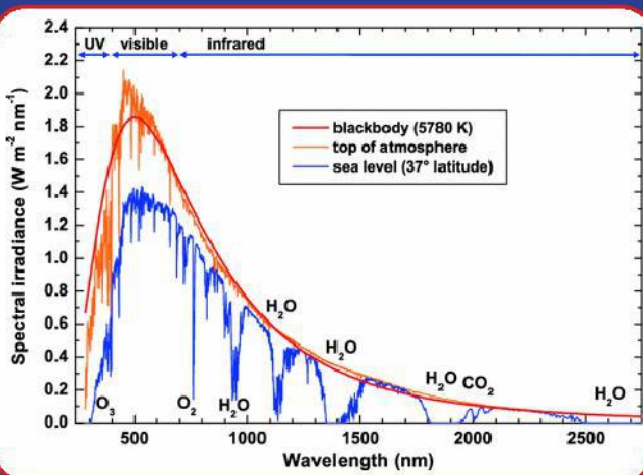
نور فروسرخ (IR) که یک پرتوی الکترومغناطیسی است دارای طول موجی در حدود ۷۸۰ نانومتر تا ۱ میلی‌متر است. این پرتو که قسمت اعظم نور تابیده شده از خورشید به زمین را تشکیل می‌دهد (۵۴٪) انرژی کم‌تری نسبت به بقیه‌ی پرتوهای طیف نور خورشید دارد (شکل ۱). فرو سرخ یک پرتوی نامرئی است و تأثیر مهم آن بر بدن انسان ایجاد حس گرما است که اغلب ما آن را دوست داریم. اما پژوهشگران از زمان شروع انقلاب صنعتی، در قرن هجدهم میلادی، به تأثیرات خطرناک و مخرب پرتوی IR بر چشم انسان پی بردند. با پیشرفت تکنولوژی در صنایع و نوآوری‌ها، به طور مستمر بر تعداد چشمه‌های مصنوعی جدیدتر و قوی‌تر تولیدکننده‌ی پرتوی IR اضافه شد. مطالعات انجام شده، قرار گرفتن در آماج پرتوی فروسرخ در محیط کار را با چند نوع از آسیب‌های چشمی مرتبط ساخت. سوختگی شبکیه برای جوشکارها و آب مروارید برای شیشه‌گران و آهنگران از جمله نتایج این پژوهش‌ها در سال ۱۷۳۹ بود.

قرار گرفتن در آماج نور فروسرخ با چندین آسیب شناخته شده چشمی مرتبط است. عمده‌ی این آسیب‌ها ناشی از تأثیرات گرما بر چشم است که تقریباً بر تمام ساختار چشم وارد می‌شود (شکل ۲). با این حال باید در بررسی تأثیرات پرتوی فروسرخ بر چشم و دلایل بیماری‌های خاص از قبیل آب مروارید و ARMD که اغلب موارد پیری و کهولت سن علت بروز آن‌ها شناخته می‌شود، به این موضوع توجه کرد که این دو بیماری از میان قسمت‌های مختلف چشم، بر عدسی چشم و شبکیه حادث می‌شوند. در هر دو مورد آشکارترین دلیل پیدایش این بیماری‌ها پرتوی فروسرخ A (قسمت پر انرژی پرتو فروسرخ) با طول موجی برابر با ۷۸۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر است.

## ● آب مروارید

اگرچه اثرات مخرب پرتوی IR بر عدسی چشم و متعاقباً بروز آب مروارید بیش از یک قرن است که شناخته شده‌اند، اما نوع مکانیزم و فهم عملکرد IR در این رابطه مورد بحث است. نخستین مطالعه‌ی سیستماتیک درباره‌ی این موضوع روی کارگران شیشه‌گر در سال ۱۸۸۶ انجام شد. در این پژوهش وجود ماتی در سطح خلفی عدسی چشم که شروع بروز آب مروارید است، تأیید شد.

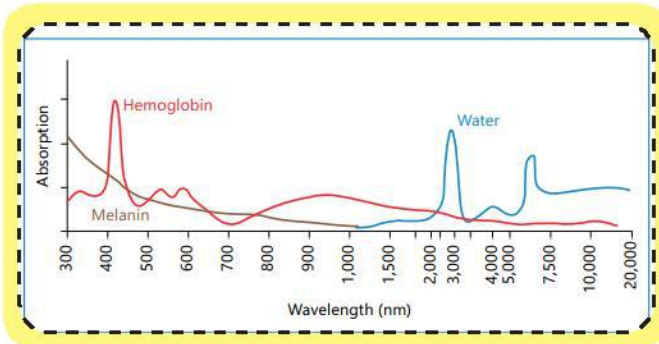
در نیمه‌ی دوم قرن بیستم همچنین تهدید پرتوی فروسرخ برای چشم انسان شکل تازه‌ای به خود گرفت. با در دسترس قرار گرفتن لیزر در صنایع، خطر آسیب‌های پوستی افزایش یافت. از آنجایی که لیزرهای فروسرخ طیف نور مرئی از خود ساطع نمی‌کنند موجب واکنش پلک‌ها نمی‌شوند. برای نخستین بار در سال ۱۹۱۲ بود که مقاله‌ای برای توضیح نقش پرتوی فروسرخ در بروز آب مروارید به چاپ رسید. در این مقاله دلیل ایجاد آب مروارید جذب پرتوی فروسرخ به وسیله‌ی عدسی چشم طی یک فرآیند فتوشیمیایی معرفی می‌شود.



## ● انحطاط ماکولا به دلیل سالخورگی

تأثیر IR بر شبکیه و (choroid) و افزایش دما به دلیل جذب انرژی IR به وسیله ملانین (و به مقدار کم تر هموگلوبین شکل ذیل) است. افزایش دما آنزیمها را از حالت طبیعی خارج می کند. به طور کلی درجه حرارتی که تنها ۱۰ درجه از دمای طبیعی بدن بالاتر باشد می تواند آسیب های دائمی به بدن وارد کند.

در این زمینه، آنزیم های MMP (matrix metalloproteinase) به طور گسترده تحت مطالعه قرار گرفته اند. این گروه خاص از خانواده آنزیمها نقش مهمی در نگهداری و بازسازی ساختار بافتها دارند. آنها می توانند هر پروتئین را با هر نوع ماتریکس (به عنوان مثال کلاژن ها) تحت تأثیر تغییرات خود قرار دهند. در سال ۲۰۰۳ مطالعه ای ارائه شده توسط Lambert و همکارانش نشان می دهد که بعضی MMPها مانند MMP-2 و MMP-9 در راستای ایجاد آب مروارید با یکدیگر همکاری می کنند. به تازگی Dadoukis و همکارانش توانسته اند رابطه ای افزایش فعالیت MMP-2 و پیامد آن یعنی ARMD را با تابش پرتوی فروسرخ شدید و طولانی مدت پیدا کنند. لازم به ذکر است که در حال حاضر یافته ها نشان می دهند که MMPها در تمامی بافت های مختلف چشم نقش مهمی را چه در سلامتی و چه در بیماری ایفا می کنند.



(ماتریکس متالوپروتینازها (MMPs) خانواده ای از آنزیم های پروتئولیتیک هستند که در هضم پروتئین های ماتریکس خارج سلولی نگهدارنده سلولها و افزایش رفتار متاستازی تومورهای بدخیم انسانی نقش مهمی دارند. MMP-2 و MMP-9 دو نمونه از ماتریکس ها لپروتینازهایی هستند که تهاجم سلول های تومرال به بافت همبند را تسهیل می کنند و در ضایعات پیش بدخیم و بر بدخیم بیش از حد معمول ظاهر می شوند).

برای مثال چندین گروه پژوهشی عملکرد MMPها را در بازسازی سطح قرنیه پس از آسیب و در شروع سرطان قرنیه و بیماری خشکی چشم نشان می دهند. همچنین ارتباط فعالیت شدید MMPها در شروع آب مروارید در عدسی چشم نیز جزو این یافته ها است. بنابراین کاملاً منطقی است که تصور کنیم IR با توجه به رابطه ای مستقیم خود با MMPها در تمامی قسمت های چشم تأثیر گذار است.

## ● تأیید عمومی مکانیزم انحطاط چشم

جامعه ای علمی تنها در چند سال اخیر توجه فزاینده ای خود را به رابطه ای میان فعالیت MMP در بافت های چشم و پرتوی فروسرخ معطوف داشته است. بنابراین جنبه های زیادی از این موضوع نیاز به رمزگشایی دارد. برخلاف این پژوهش های نوپا، پژوهش های گسترده و بسیطی در مورد واکنش پوست انسان در برابر پرتوی فروسرخ انجام گرفته است که می توان از نتایج به دست آمده به مستندات قطعی در رابطه با بافت های درونی چشم رسید.

بعدها این نظریه پذیرش بیشتری پیدا کرد و در سال ۱۹۳۰ Goldman دلیل بروز آب مروارید را گرمای غیر مستقیم ناشی از جذب پرتوی فروسرخ در عنبیه معرفی کرد. این نظریه با نتایج پژوهش های انجام گرفته توسط Sodeberg و تیم پژوهشی او روی موش ها همسویی بیشتری دارد. پژوهش های اخیر نشان می دهند تماس مستقیم با نور لیزر با طول موج ۱۰۹۰ نانومتر تا زمانی که آستانه ای حرارت به ۸ درجه سانتی گراد برسد، نمی تواند ایجاد آب مروارید کند. این یافته به این معناست که آب مروارید ناشی از پرتوی فروسرخ بر اساس مکانیزم گرمایی شکل می گیرد.

در لیزرها، پرتوهای گسیل شده که در قسمت نور فروسرخ طیف الکترومغناطیس قرار می گیرند، مانند لیزر CO<sub>2</sub>، توسط بخش بیرونی چشم یعنی قرنیه و عدسی چشم جذب می شوند. بخش اعظم ساختار قرنیه و عدسی چشم را آب تشکیل می دهد. آب تشکیل دهنده ای این دو بخش، نور لیزر را جذب می کند و در بافت ایجاد سوختگی می کند.

باید توجه داشت که تنها در تماس مستقیم با نور لیزر، آسیب چشمی اتفاق نمی افتد بلکه در برخورد نورهای غیر مستقیم مانند بازتابش های سطوح شیشه ای، فلزات صیقلی و یا حتی پلاستیک این آسیب رخ می دهد.

## ● عواض ناشی از فرار گرفتن در آماج پرتوهای کم توان در دراز مدت

تمامی پژوهش های انجام شده برای تعیین بیشینه مقدار پرتو فروسرخ که چشم قابلیت تحمل آن را دارد از شدت نور بالا استفاده می کنند. با این حال نباید از آسیب ناشی از فرار گرفتن در آماج نور فروسرخ با شدت کم غافل شد. زیرا شدت کم نور فروسرخ در دراز مدت تأثیرات مشابه نور فروسرخ با شدت بالا را دارد. پژوهش های انجام شده در سال ۱۹۴۰ نشان می دهد که در طول دهه های آغازین قرن بیستم تعداد موارد ابتلا به آب مروارید در سال های پس از خشکسالی در ایواوا افزایش داشته است.

با این حال، نمودارهای آماری نشان می دهند با وجود بروز آب مروارید ناشی از مشاغل خاص به دلیل پرتو با شدت توان بالای فروسرخ IR-B و IR-C (به ترتیب با طول موج های ۱۴۰۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر و ۳۰۰۰ نانومتر تا ۱ میلی متر) و انتقال گرما از قرنیه به عدسی چشم، طول موج های IR-A هم به طور مشابه درست مانند مکانیزم توصیف شده توسط Goldman قادر به ایجاد آب مروارید هستند.

به علاوه بر اساس اطلاعات مرکز مطالعات بیماری های همه گیر، بیشترین تعداد موارد بروز آب مروارید در کشورهای شمال آفریقا و جنوب آسیا است. اگرچه دلیل اصلی بروز این عارضه را می توان نبود امکانات بهداشتی و منابع مالی لازم برای تأمین هزینه های بیماران دانست اما نکته ای جالب توجه، موقعیت جغرافیایی این دو ناحیه است که روی مدار استوایی دقیقاً قسمتی که نور خورشید قوی تر است واقع شده اند.

امروزه تأثیر اصلی IR روی عدسی چشم تسریع در روند پیری و در نتیجه بروز آب مروارید به شمار می آید. همچنین می دانیم که پیری عدسی به خصوص در مواردی که شامل اکسید شدن است، به طور مستقیم با گرما و انتقال آن در ارتباط است. در حقیقت، افرادی که در دراز مدت در آماج پرتوی IR قرار می گیرند دچار تاری عدسی در جوانی می شوند. در حالی که اگر در آماج تابش قرار نمی گرفتند ممکن بود در سنین کهنسالی به این عارضه دچار شوند.

رنگ‌های جذب کننده از میان برد. بهترین روش برای ایجاد شفافیت لازم برای عبور نور و حذف پرتوی فروسرخ بازتاب طول موج‌های نامطلوب استفاده از یک پوشش چند لایه است. در این پوشش باید محاسبه‌ی ضخامت و تعداد لایه‌ها را به نحوی در نظر گرفت که نتیجه حاصل یک سپر محافظ در برابر ورود پرتوهای نامطلوب و قابلیت عبوردهی پرتوهای مطلوب باشد.

### ● IR فیلتر در لنزهای طبی

در عدسی‌های طبی از هر دو روش ذکر شده در بالا استفاده می‌شود. به کارگیری فیلترهای IR در عدسی‌های طبی نسبتاً نوظاست اما پیشینه‌ی استفاده از رنگ‌های جذب کننده‌ی IR در عینک‌های ایمنی به ۱۰ سال می‌رسد. با این حال تنها با به کارگیری رنگ‌ها در مرحله‌ی ساخت عدسی‌های خام می‌توان به یک تراکم رنگ مطلوب رسید. به کارگیری رنگ‌ها در فرآیند کوتینگ تقریباً امکان ساخت عدسی‌های طبی را از بین می‌برد.

ایده‌ی جایگزین الهام گرفته از آینه‌های حرارتی است که در ساخت سازه‌های تولید انرژی خورشیدی به کار گرفته می‌شود. در این آینه‌ها یک لایه نازک فلزی (معمولاً نقره) به خاطر داشتن خاصیت جذب کم و بازتاب بالایی قسمت مرئی طیف نور رنگی و در نتیجه پرتوی فروسرخ استفاده می‌شود. با این حال ضخامت مورد نیاز لایه‌ی نقره و لزوم محافظت از آن در برابر اکسید شدن (که معمولاً به وسیله‌ی قرار دادن دو لایه نانو در دو طرف آن انجام می‌شود) مانع بازتاب کامل پرتوهای نور می‌شود.

شفافیت کاهش یافته در لنزهای طبی قابل قبول نیست، بنابراین روش‌های دیگری نیز مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. بررسی چندین روش ثبت شده در طول چند سال اخیر نشان می‌دهد جذب پرتوی فروسرخ A تا مقدار ۴۰ تا ۶۰ درصد با ایجاد کوتینگ چند لایه‌ی سرامیکی در میان ضریب شکست ۱/۶ تا ۱/۹ در مواد شفاف به آسانی قابل دستیابی است.

بازدهی این فیلتر با افزایش تعداد لایه‌ها و در نتیجه افزایش ضخامت کوتینگ بیشتر می‌شود. با این وجود، یک کوتینگ ضخیم و چند لایه دستخوش تبعات مکانیکی و زیبایی است. تبعاتی از قبیل مقاومت کوتینگ در برابر خراش و گرما و بازدهی فیلتر در زوایای مختلف که باید از بروز آن اجتناب کرد. ضخامت کلی را می‌توان با روش دیپ کوتینگ و تکنولوژی نازک سازی مدرن که با روش‌های قدیمی که در ساخت لنزهای دقیق با لایه نشانی‌های متعدد انجام می‌شود، کاملاً متفاوت است.

امروزه برای محافظت در برابر IR چندین کوتینگ از طرف تولیدکنندگان مختلف و برای تمامی دامنه‌های لنزهای طبی در دسترس است. به راستی که مقدار و شدت پرتوی فروسرخ به مرور زمان اتفاق می‌افتد و بالقوه خطرناک است. بنابراین ما توصیه نمی‌کنیم که همین حالا برای تهیه‌ی فیلتر IR اقدام کنید اما برای به دست آوردن این فیلتر کمی سریع‌تر گام بردارید.

افزایش MMP-1 در اثر پرتوی فروسرخ A کاملاً اثبات شده و پیامد آن از بین رفتن کلاژن‌ها و دیگر بافت‌های کشسان است. به علاوه، پرتوی فروسرخ A باعث رهاسازی رادیکال‌های آزاد می‌شود که خود نقش مهمی در فرآیند پیری پوست در اثر تابش‌ها بازی می‌کند. پرتوی فروسرخ در دراز مدت باعث تغییر در ساختار پوست می‌شود. تغییراتی مشابه آنچه که در اثر تابش پرتوی فرابنفش در پوست رخ می‌دهد. با این حال هنوز فرضیه‌ها در مورد تأثیرات پرتوی فروسرخ که از خورشید گسیل می‌شود، روی پوست همسو نیستند. در حالی که مکانیزم‌های انحطاط چشم به طور کلی در جامعه‌ی علمی پذیرفته شده است مقدار شدت پرتو برای ایجاد آسیب هنوز موضوع بحث است. پژوهش‌های جدید حاکی از آن است که مدارک مستندی مبنی بر وجود رابطه میان آسیب‌های قابل مشاهده‌ی سطحی و مقدار پرتوی فروسرخ ساطع شده از خورشید در موقعیت‌های مختلف جغرافیایی در دسترس نیست. (۲۲)

در حقیقت پرتوی فروسرخ A با شدت پایین و در کوتاه مدت مفید است. زیرا پرتوی فروسرخ در اوایل صبح با طول موج خود پوست را برای مقابله با پرتو ناپودگر UV که در ساعات میانی روز بر آن می‌تابند، آماده می‌سازد.

### ● محافظت

در مورد چشم باورها بر مضر بودن پرتوی فروسرخ محکم تر است و هوشیاری عام در مورد لزوم محافظت از چشم‌ها در برابر پرتوی فرابنفش و یا پرتوی فروسرخ با شدت بالا در محیط کار وجود دارد. در مورد این فرضیه که تأثیرات پرتوی فروسرخ در طی گذشت زمان ایجاد و انباشته می‌شود نیز اتفاق نظر در جامعه وجود دارد. بنابراین محافظت دائمی در طول روز برای همگان عقلانی و مطلوب شده است.

در مورد عینک‌های آفتابی و ایمنی، به اندازه‌ی کافی قانون و دستورالعمل وجود دارد اما با توجه به افزایش طول عمر و تفریحات در محیط‌هایی که پرتوی فروسرخ در آن به شدت وجود دارد (دریا، ساحل و کوهستان) و همچنین افزایش تعداد چشمه‌های گسیل‌کننده‌ی پرتوی فروسرخ مانند دستگاه‌های تشخیص هویت و وسایل گرمایشی، استفاده از فیلترهای مناسب قویاً توصیه می‌شود.

### ● فیلترهای IR در صنایع مختلف

مهندسی فیلتر IR برای عدسی‌های طبی ایده‌ای نسبتاً جدید است که می‌توان آن را دنباله‌ی دیگر صنایع مرتبط با عدسی مانند صنعت تولید عینک‌های محافظت‌کننده‌ی چشم در محیط‌های کار دانست. در این صنعت استراتژی محافظت در برابر IR معمولاً استفاده از رنگ‌های جذب کننده‌ی IR بر عدسی‌های عینک‌های محافظ است.

این رنگ‌ها می‌توانند بر پایه‌ی مواد فلزی و یا طبیعی ساخته شوند. تراکم این رنگ‌ها بر اساس نوع استفاده‌ای که برای عینک‌ها تصور می‌شود، تعیین شده و اغلب با رنگ‌های جذب کننده‌ی پرتوی فرابنفش ترکیب می‌شوند. از آنجایی که تمامی رنگ‌های جذب کننده IR-A موجود شفاف نیستند و نور مرئی را از خود عبور نمی‌دهند، تمامی این فیلترها تا حدودی تار هستند و این پیامد غیر قابل اجتناب این فرآیند است.

مثال دیگر در این مورد صنعت تولید عدسی‌های دقیق است. در این حوزه پرتوهای نور در بخش مرئی طیف نور مورد نیاز هستند. به این ترتیب از روش‌های دیگری برای ایجاد فیلتر استفاده می‌شود. در حالی که می‌توان قسمت دارای طول موج کوتاه طیف نور را با

عنوان مقاله: دشمن دیرینه و ناشناخته‌ی

چشم انسان

موضوع: مقاله‌ی تخصصی

نویسنده یا مترجم: رضا ناصح

مدت زمان مطالعه: ۱۵ دقیقه

