

# ایمنی لیزر را جدی بگیریم

دکتر عباس مجذآبادی

متخصص لیزر، عضو هیئت علمی سازمان انرژی اتمی ایران

در این مورد تهیه شده که رعایت آنها احتمال صدمات ناشی از این امواج الکترومغناطیسی را کاهش می دهد.  
در این مقاله به مروری اجمالی بر لیزر، نقاط آسیب پذیر در هنگام کار با لیزر، حداکثر تابش مجاز و ... پرداخته ایم. به این امید که بتوانیم پزشکان را در ارائه خدمات پزشکی هر چه سالم تر و مطمئن تر یاری دهیم.

**واژه های کلیدی:** لیزر، ایمنی، عملکرد

امروزه لیزر به شکل فراگیری در زمینه های مختلف صنعتی، ارتباطی، پزشکی و غیره مورد استفاده قرار می گیرد. بکارگیری لیزر در پزشکی، پزشکان را قادر ساخته است که بتوانند دقیق ترین و طریق ترین اعمال درمانی را در کمترین زمان انجام دهند.  
عدم رعایت نکات ایمنی در هنگام کار با لیزر، می تواند آسیب های جدی برای تیم پزشکی و بیمار به دنبال داشته باشد. لذا استانداردهای بین المللی واحدی

با در اختیار قرار دادن امکانات بهتر برای یک جراح، او را قادر می سازد که بتواند عملی دقیق و طریق را در حداقل زمان به انجام برساند. ذکر این نکته لازم است که بکارگیری این تکنولوژی جدید در حوزه پزشکی و درمان بیماران، دامنه وسیع تری را در مقایسه با یک چاقوی جراحی بخود اختصاص داده است.

اصولاً لیزر با توجه به ویژگیهای منحصر به فرد خود مانند همدوسي، واگرایی کم، شدت بالا و تک رنگی، در کنار دیگر فاکتورهای مهندسی لیزر مانند توان خروجی، رفتار درمانی و قطر پرتو متغیر، شرایطی را فراهم می کند تا پزشک متخصص، بسیاری از غیر ممکن های پزشکی را جامه عمل بپوشاند.

مسلمان بکارگیری غلط و یا غیر اصولی لیزر نه تنها مزایایی را به همراه نخواهد داشت بلکه خدمات احتمالی نیز برای بیمار و تیم پزشکی ایجاد خواهد کرد. گستردگی کاربردهای لیزر سبب شده است که نکات ایمنی در حوزه های مختلف مطرح گردد که رعایت آنها احتمال

## مقدمه

در زمان اختراع اولین لیزر (لیزر یاقوت) در ۴۲ سال پیش که توسط پروفسور میمن صورت گرفت، هیچگاه تصور نمی شد که کاربردهای این پدیده تا این حد گسترده و متنوع باشد. امروزه لیزر چنان رشد سریع و همه جانبه ای بخود گرفته است که کمتر رشته ای را می توان یافت که بطور مستقیم یا غیر مستقیم به نحوی از این نور جادویی بهره نبرده باشد.

صرف میلیون ها دلار بودجه سالانه در حوزه های تحقیقاتی لیزر مانند صنعت، مخابرات، پزشکی و ... سبب شده است که بشر بهتر بتواند از این وسیله استفاده نماید. یکی از مهمترین و شاید حساس ترین کاربردهای لیزر در امر پزشکی است که روزانه هزاران نفر با آن تحت درمان قرار می گیرند. امروزه بسیاری از مردم و حتی پزشکان، لیزر را به عنوان یک چاقوی جراحی می شناسند. این وسیله

مؤلف مسئول: دکتر عباس مجذآبادی - تهران، خیابان کارگر شمالی، سازمان انرژی اتمی ایران

مختلف عکس العمل های متفاوتی خواهند داشت (جدول شماره ۱). برای مثال باند فرکانسی  $400-300\text{ nm}$  و نیز  $300-1400\text{ nm}$  توسط عدسی چشم به راحتی جذب شده، لذا صدماتی از قبیل آب مروارید ایجاد می نماید. اما طول موج های ناحیه مرئی از سیستم های اپتیکی چشم برای عبور کرده و لذا شبکیه چشم را هدف قرار می دهد. به همین خاطر هر یک از طول موجهای شناخته شده لیزر می تواند برای برخی از عناصر تشکیل دهنده چشم جداً خطرآفرین باشد. هنگامی که پرتو لیزر از عدسی چشم عبور می کند، روی شبکیه متمرکز می شود که این امر سبب فعل شدن عصب های نوری بر روی شبکیه می شود. از آنجا که پرتو لیزر یک نور همدوس با واگرایی کم می باشد تصویر این پرتو بر روی شبکیه در حدود  $16\text{ میکرون}$  خواهد بود. جالب است بدانیم که اگر لیزری با توان خروجی  $2\text{ میلی وات}$  (طول موج  $630\text{ nm}$ ) تمامی مردمک چشم را پوشاند عملأً شدت فراوانی در این نقطه ایجاد نمی کند اما همین پرتو هنگامی که بر روی شبکیه متمرکز می شود شدت حاصله از آن  $200/000$  مرتبه از شدت سطح مردمک بیشتر خواهد شد. به همین منظور حتی لیزرهایی با توان های خروجی کم می توانند برای بخشهايی از چشم جداً خطرآفرین باشند. بنابراین هیچگاه نباید یک لیزر کم توان را با منابع نوری معمولی با توان خروجی بالا به جهت صدمات احتمالی یکسان فرض نمود.

صدمات پوستی از نکات حائز اهمیتی است که معمولاً در توان های پایین و متوسط رخ می دهد. یکی از متداول ترین صدمات پوستی اثر فتوشیمیابی است که با تغییر رنگ پوست خود را نشان می دهد. این اثر تقریباً مشابه یک سوختگی سطحی است.

پوست انسان قادر است طول موجهای ماوراء بنفس تا مادون قرمز را جذب نماید اما قدرت نفوذ طیف بینایی در پوست نسبت به دو ناحیه ذکر شده قبلی بیشتر خواهد بود. به

خطرات ناشی از این پرتو پرقدرت را به حداقل ممکن و یا صفر برساند. فلسفه بکار گیری اینمی لیزر سبب شده است که استانداردهای نسبتاً واحدی برای آن تهیه و بکار گرفته شود. اکثر این استانداردها اگر چه واحدند اما دارای اختلافات جزئی نیز با یکدیگر می باشند.

اصولاً لیزر یکی از منابع نوری محسوب می شود که نور حاصله از آن از نوع امواج الکترومغناطیسی است. این پرتو طیف وسیعی از نشر را مانند Gamma-ray، X-ray، محدوده بینایی، ماوراء بنفس و مادون قرمز شامل می شود. به همین خاطر، هر یک از این حوزه های فرکانسی اثرات مختلفی بر اعضاء بدن خواهد داشت. برای مثال لیزرهایی که در ناحیه ماوراء بنفس منتشر می شوند، سبب اثرات فتوشیمیابی بر روی پوست و چشم می گردند، اما طول موج مادون قرمز خسارت حرارتی (Thermal) را به همراه خواهد داشت. اثرات متفاوت پرتو لیزر بر هر یک از اعضای بدن ایجاب می کند که همه متخصصین علاقمند به این شاخه پزشکی قبل از بکار گیری لیزر با مفاهیم کلی و اصولی اینمی لیزر کاملاً آشنا شوند. تجربه چند سال اخیر اینجاتب نشان از این مهم دارد که متأسفانه تعدادی از پزشکان به این امر اگر نگوییم بی توجه بلکه کم توجهی نموده اند و هنوز بی به اهمیت این مسئله نبرده اند. به همین خاطر جهت یادآوری به ذکر نکات کلی اینمی لیزر می پردازیم.

## نقاط آسیب پذیر

در یک عمل جراحی بالیزر که نیازمند لیزرهای با قدرت خروجی  $15-20\text{ وات هستیم}$ ، باید دو بخش عمدۀ بدن را از خطرات احتمالی ناشی از پرتو لیزر محافظت کنیم. این دو بخش چشم و پوست می باشند. چشم انسان از قسمت های مختلفی تشکیل شده است و به همین خاطر، هر یک از آنها در برابر طول موج های

به عنوان مثال با مراجعه به این جدول می‌توان پی بردن لیزرهای Nd:YAG در دو حالت پیوسته و پالسی (Q-Switched) دارای دو مقدار MPE :  $10^{-2} \text{ W/cm}^2$  و  $2 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$  برای چشم است. از این دو مقدار می‌توان نتیجه گرفت که لیزر Nd:YAG در حالت Q-Switched که دارای توان قله بالاتری نسبت به حالت پیوسته است، خطر جدی‌تری برای چشم و پوست به همراه خواهد داشت. مشابه چنین جدولی نیز برای پوست موجود می‌باشد.

### ناحیه خطر اسمی

یکی دیگر از پارامترهای ایمنی لیزر ناحیه خطر اسمی Nominal Hazard Zone (NHZ) است.

آشنایی با این پارامتر، خطر ناشی از پرتوهای لیزر که بطور مستقیم منعکس و یا پخش شده و بطرف انسان هدایت یافته است را کاهش می‌دهد. بنابراین هرگاه فرد و یا افرادی که مشغول کار با لیزرهای پیشکی هستند خارج از محدوده NHZ قرار گیرند هیچگونه خطری آنها را تهدید نخواهد کرد. امروزه روش‌های مختلفی را برای محدود سازی NHZ بکار می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به نصب دیوارهای محافظ و پارچه‌های سیاه نسوز اشاره کرد. عواملی که در پارامتر NHZ نقش آفرینی می‌کنند عبارتند از:

- ۱- توان و یا انرژی خروجی
- ۲- قطر پرتو لیزر
- ۳- واگرایی پرتو لیزر
- ۴- آهنگ تکرار لیزر
- ۵- طول موج لیزر
- ۶- مسیر اپتیکی پرتو لیزر

عدم آشنایی کاربر لیزر با این ناحیه، سبب می‌شود که بطور ناخواسته خطراتی را برای همکاران، خود و یا بیمار فراهم کند (جدول شماره ۳).

همین حاطر باید دقت شود که از برخورد پرتو لیزر با پوست جلوگیری شود. هنگام کار با لیزرهای پرقدرت پیشکی، لازم است پوست و یا لباس به هیچ وجه درمعرض مستقیم پرتو لیزر قرار نگیرد. بارها مشاهده شده است که غفلت از این امر سبب سوختگی حرارتی شده است.

عمق نفوذ پرتو لیزر بستگی به طول موج آن دارد. به عنوان مثال طول موج‌های ناحیه مرئی برای از لایه‌های اپی درم و درم عبور کرده و بخشی از آن‌ها در این ناحیه جذب و سپس بسرعت پراکنده می‌شوند. ضریب جذب پوست در ناحیه مادون قرمز بسیار بالا است، لذا لایه‌های سطحی پوست بخش عمده اثری لیزر را جذب و تبدیل به حرارت می‌کنند. هنگامی که این فرایند با اثری فراوان و زمان طولانی صورت گیرد ابتدا فرمودشدن پوست و بدنبال آن بروز التهاب و نهایتاً کربنیزه شدن را به همراه خواهد داشت.

### حداکثر تابش مجاز

حداکثر تابش مجاز (MPE) Maximum Permissible Exposure اصطلاحی است که نشان می‌دهد که بافت چه مدت می‌تواند در معرض پرتو لیزر قرار بگیرد بدون آنکه دچار صدمه و یا تغییر بیولوژیکی شود. استانداردهای مختلف هر ساله پارامتر (MPE) را مورد تجزیه و تحلیل دقیق قرار می‌دهند تا میزان صدمه به حداقل ممکن برسد. حداکثر تابش مجاز از پیچیدگی خاصی برخوردار می‌باشد که محاسبه آن نیازمند مراجعه به جداولی مخصوص است. این پارامتر تابعی است از مدت زمان تابش، پهنه‌ای پالس لیزر، طول موج و آهنگ تکرار لیزر. واحد این پارامتر  $\text{J/cm}^2$  (سطح اثری) یا سطح توان می‌باشد که در لیزرهای مختلف مقادیر خاص خود را دارد. جدول شماره ۲ چگونگی وابستگی حداکثر تابش مجاز به طول موج، پهنه‌ای پالس و نیز مدت زمان را نشان می‌دهد.

## جدول شماره ۱ - آسیب‌پذیری مناطق مختلف چشم به تفکیک طول موج و فرکانس اشعه لیزر

منطقه طیف نوری	طول موج (نانومتر)	فرکانس(هرتزا) $\times 10^{-4}$	ناحیه‌ای که در معرض آسیب است
ماورای بخش دور-وسط	۲۰-۳۲۰	۱۰-۹/۴	قرنیه
ماورای بخش-نزدیک بینایی	۳۲۰-۳۹۰	۹/۴-۷/۷	عدسی، قرنیه
مادون قرمز نزدیک	۳۹۰-۷۵۰	۷/۷-۴	شبکیه
مادون قرمز نزدیک	۷۵۰-۱۴۰۰	۴-۲/۳	عنیبه، شبکیه
مادون قرمز نزدیک - وسط	۱۴۰۰-۳۰۰۰	۲/۳-۱	قرنیه، شبکیه
مادون قرمز دور-وسط	۳۰۰۰-۵۰۰۰	۱۰/۰۰۶	قرنیه

## جدول شماره ۲ - معیارهای لیزر برای محاسبه ناحیه خطر اسمی برای لیزرهای مختلف

نوع لیزر	شرط قابش	بخش کنندگی(متر)	با عدسی(متر)	مستقیم(متر)
۱۰۰ وات	۸ ساعت	۱/۴	۱۱/۳	۱۴۱۰
	۱۰ ثانیه	۰/۸	۶/۳	۷۹۲
۵۰۰ وات	۸ ساعت	۰/۴	۰/۳	۳۰۹
	۱۰ ثانیه	۰/۴	۰/۳	۳۹۰
۵ وات	۸ ساعت	۱۲/۶	۱/۷ $\times 10^{-3}$	$20/2 \times 10^{-3}$
	۰/۲۵ ثانیه	۰/۲۵	۳۳/۳	۲۴۰

## جدول شماره ۳- شرایط محاسبه ناحیه خطر اسمی برای لیزرهای مختلف

پارامترهای لیزرنی	Nd-YAG	CO <sub>2</sub>	ARGON
طول موج(میکرومتر)	۱/۰۶۴	۱۰/۶	۰/۴۸۸
توان لیزر (وات)	۱۰۰	۵۰۰	۵
واگرایی(میلی رادیان)	۲	۲	۱
اندازه پرتو لیزر (میلی متر)	۲	۲۰	۲
اندازه پرتو بر روی عدسی (میلی متر)	۶/۳	۳۰	۳
فاصله کانونی عدسی(میلی متر)	۲۵/۴	۲۰۰	۲۰۰

## عینک محافظ

در یک عمل جراحی که بالیزر صورت می‌گیرد متخصص مربوطه تلاش می‌کند که میزان پرتوهای به اندام‌های خاص بدن مانند چشم و پوست به حداقل ممکن بررسد و از حد MPE تجاوز نکند. امروزه بکارگیری عینک‌های محافظ که جاذب پرتو لیزر هستند روش مطمئنی برای محافظت چشم محاسبه شود.

هنگامی که کاربر لیزر تشخیص می‌دهد میزان پرتو لیزر بیش از MPE است باید برای محافظت چشم خود، بیمار و تیم پزشکی از عینک‌های مخصوصی استفاده نماید. این عینک‌ها که دارای فیلترهای خاص می‌باشند در حقیقت بخش عمده پرتو لیزر را جذب و به حرارت تبدیل می‌کنند. هر لیزر با توجه به طول موج و توان خروجی خود عینک محافظ خاص خود را طلب می‌کند. به هیچ وجه نباید تصور نمود که از یک عینک می‌توان برای لیزرهای مختلف استفاده نمود. تمامی عینک‌های محافظ دارای یک عدد OD (چگالی اپتیکی) مشخص می‌باشند. هر مقدار که این عدد بزرگتر باشد میزان جذب پرتو لیزر در عینک افزایش بیشتری پیدا می‌کند. رابطه زیر مقدار OD را مشخص می‌کند:

$$OD = \log_{10} \frac{H}{MPE}$$

$$H = \text{چگالی انرژی فرودی}$$

$$MPE = \text{حداکثر تابش مجاز}$$

فرض می‌کنیم یک لیزر آرگون دارای توان خروجی ۵ وات و طول موج  $514\text{ }\mu\text{m}$  می‌باشد. برای کارکردن با چنین لیزری باید از یک عینک مخصوص استفاده نمود که توان فرودی بر روی چشم را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. اگر چنین پرتویی مستقیماً به طرف چشم نشانه رود، میزان شدت پرتو لیزر بر روی مردمک چشم برابر  $H=12/99\text{ J/cm}^2$  محاسبه می‌شود. با توجه به جدول

شماره ۲ می‌توان MPE برای چنین لیزری را پیدا نمود.

$$MPE = 16/7 \times 10^{-7}$$

$$OD = \log \frac{12/99}{16/7 \times 10^{-7}} = 5/9$$

به همین خاطر میزان OD این عدد نشان می‌دهد که عینک محافظ چشمی باید توان خروجی را به میزان  $1000,000$  برابر کاهش دهد.

آن دسته از پزشکانی که بالیزر  $\text{CO}_2$  کار می‌کنند می‌توانند از عینک‌های چشمی از جنس شیشه استفاده نمایند. علت این امر قدرت جذب بالای شیشه در برابر طول موج  $10/6\text{ }\mu\text{m}$  که ناشی از لیزر  $\text{CO}_2$  است می‌باشد. پزشکان می‌توانند چنین عینکی را با کمترین هزینه از بازار تهیه نمایند. به همین خاطر آشنایی با پاره‌ای از قوانین لیزر و اینمی‌لیزر سبب می‌شود که متخصصین با لوازمی که در اطراف خود می‌یابند بهترین وسایل حفاظتی را تهیه کنند. به عنوان مثال لیزر  $\text{CO}_2$  قدرت جاذب بسیار بالایی در آب دارد. به همین منظور مرطوب نمودن یک لایه گاز می‌تواند وسیله خوبی برای محافظت بخشی از پوست که احتمال صدمه به آن می‌رود باشد. عینک‌هایی که برای محافظت چشم در نظر گرفته می‌شوند باید دارای ویژگیهای زیر باشند.

- ۱- عینک باید راحت و سبک باشد بطوریکه هیچگونه مزاحمتی برای کاربر فراهم نکند.
  - ۲- زاویه دید کافی داشته باشد.
  - ۳- میزان عبور پرتو ناحیه مرئی کافی باشد.
  - ۴- عینک دارای OD مناسب باشد.
  - ۵- عینک برای کاربری ویژه بکار گرفته شود.
- تمامی عینک‌های محافظ لیزر دارای یک کد چند رقمی می‌باشند که پزشکان باید آشنا به آن باشند. در این کد اطلاعاتی مربوط به میزان OD، طول موج، نحوه بکارگیری و نیز میزان مقاومت مکانیکی درج شده است.

## تقسیم بندی لیزرها

- ۱- هیچگاه پرتو لیزر نباید به سمت انسان نشانه گیری شود.
- ۲- تنها افراد آگاه و مجرب باید از لیزر استفاده نمایند.
- ۳- گذراندن دوره‌های اینمی لیزر قبل از بکارگیری لیزر اجباری است.
- ۴- حتی الامکان سعی شود مسیر پرتو لیزر محدود باشد.
- ۵- از بکارگیری اجسام با سطوح انعکاسی جدا خودداری شود. لوازم جراحی لیزری تا حدودی با نمونه‌های عادی اختلاف ظاهری دارند.
- ۶- لیزر باید در محیطی مشخص بکار گرفته شود.
- ۷- مسیر پرتو لیزر حتی الامکان در پایین ترین نقطه برای یک انسان ایستاده باشد.
- ۸- استفاده از عینک محافظت برای تیم پزشکی اجباری است.
- ۹- نصب علائم هشداردهنده و نیز کلید اینمی از نکات بارز اطاق عمل مجهز به دستگاه لیزر است.
- ۱۰- کلید اصلی دستگاه باید تنها در اختیار پزشک متخصص باشد.
- ۱۱- خطر ولایز بالا، انفجار لامپ‌های فلاش، متصاعدشدن گازهای سمی و نیز بروز آتش‌سوزی در اطاق عمل از دیگر خطرات بالقوه لیزر می‌باشد.

### افسر اینمی

طبق استانداردهای بین المللی تمامی مراکزی که از لیزر در پزشکی استفاده می‌کنند باید فردی را به عنوان افسر اینمی انتخاب نمایند. او که آشنا به شرایط کار با لیزر و نیز مطلع از مسائل حاکم بر لیزر است به عنوان ناظر و یا مشاور در کنار تیم پزشکی وظیفه بررسی و کنترل محیط لیزری را دارد. از جمله وظایف افسر اینمی دادن آموزش‌های لازم و نیز به روز نمودن اطلاعات تمامی کاربران لیزر با استانداردهای اینمی لیزر می‌باشد. افسر اینمی که معمولاً یک آشنا و متخصص در زمینه فیزیک لیزر است اختیار تمامی در جلوگیری از فعالیت مراکزی که اصول اینمی را

طبق آخرین استانداردهای بین المللی کلیه لیزرهاي ساخته شده بر حسب طول موج و توان خروجی گروه بندی شده‌اند. این تقسیم بندی مشخص می‌کند که میزان خطردهی و یا صدمه دهی لیزر بر بافت چه مقدار می‌باشد. به همین خاطر یک پژوهش که قصد استفاده از لیزر را دارد باید دقت نماید که لیزر مزبور در کدامیک از تقسیم‌بندی‌ها قرار گرفته است تا پس از آگاهی از میزان خطر آفرینی آن، اقدام به عمل جراحی نماید.

لیزرها به شرح زیر تقسیم بندی می‌شوند:

- ۱- گروه اول: لیزرهایی هستند که هیچگونه خطری را متوجه انسان نمی‌سازند. توان خروجی این گونه لیزرها بسیار اندک می‌باشد. لیزرهای بکار گرفته شده در کامپیوتر و یا چاپگرهای از این نوع می‌باشند.
- ۲- گروه دوم: این گروه از لیزرها به خاطر توان خروجی پایین خود در مدت ۱۰۰۰ ثانیه خطری برای چشم انسان فراهم نمی‌کنند.
- ۳- گروه سوم: این گروه از لیزرها اگر در مدت زمان کمی استفاده شود خطری برای چشم انسان ندارند اما اگر پرتو لیزر از قطعات اپتیکی مانند عدسی و یا فیبر نوری عبور کنند و آنگاه در چشم انسان متمرکز شوند، خطرات جدی فراهم می‌کنند. لیزرهای دیوودی با قدرت خروجی ۱-۵ میلی‌وات در این دسته از لیزرها قرار دارند.

- ۴- گروه چهارم: توان خروجی چنین لیزرهایی بقدرتی بالا است که در هر سه حالت برخورد مستقیم، انعکاس و پخش شدگی برای چشم و پوست انسان خطرناک می‌باشند. تمامی لیزرهای جراحی در این گروه قرار گرفته‌اند. با توجه به موارد بالا، نکات بسیار مهمی را در حین کار با لیزر باید مد نظر قرار داد که میزان خطر آفرینی آن را به شدت کاهش دهد. اینکه بخشی از این نکات به اختصار بیان می‌شود.

۳- راهبری برنامه‌های بازآموزی و آموزش لیزر پزشکی کاملاً واضح است که تحقیقات در زمینه لیزر پزشکی هر روز ابعاد جدیدتری بخود می‌گیرد و دامنه بکارگیری لیزرهای پزشکی در سه محور تشخیص، درمان و جراحی در حال گسترش است. نباید فراموش کنیم که هدف، ارائه خدمات پزشکی و درمان بیمارانی است که با هزاران امید، چشم به دستهای پزشکان و متخصصین دوخته‌اند. از این رو، استفاده صحیح و مطمئن از لیزرهای پزشکی منطبق بر استانداردهای بین‌المللی، می‌تواند ما را در این هدف مقدس یاری دهد.

رعایت نمی‌کنند دارد. به جرأت می‌توان ادعا کرد که نمی‌توان حتی یک مرکز لیزر جراحی را در ایران پیدا نمود که دارای افسر ایمنی باشد.

متأسفانه بسیاری از این مراکز تحقیقاتی و پزشکی جهت صرفجوبی در هزینه‌های جاری از بکارگیری افسر ایمنی خودداری نموده اند که این امر برخلاف تمامی استانداردهای شناخته شده می‌باشد. از دیگر وظایف افسر ایمنی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- بررسی سطح کیفیت لوازم لیزرپزشکی و نظارت بر آنها
- ۲- هماهنگ کننده در فعالیت‌های علمی لیزر پزشکی برای پزشکان و پرستاران