

ارزیابی نور لامپ‌های فتوترابی نوزادان و مقایسه نور لامپ‌های فلورسنت روشنایی با آن‌ها

میرشهرام حسینی پناه* و دلنواز فرودین

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده راکتور و ایمنی هسته‌ای، تهران، ایران.

*تهران، سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده راکتور و ایمنی هسته‌ای، گروه ایمنی پرتوی، کدپستی: ۱۴۳۹۹۵۱۱۱۳

پست الکترونیکی: srhosseini@aeoi.org.ir

چکیده

بسیاری از نوزادان در بدو تولد مبتلا به زردی ناشی از بالا بودن غلظت بیلی‌روبین در خون هستند که می‌توان آن‌ها را با استفاده از لامپ‌های فتوترابی، درمان کرد. لامپ‌های فتوترابی، نور در محدوده طول موج ۴۲۰ تا ۴۷۴ نانومتر، منتشر می‌کنند. برای درمان مؤثر، طول موج و شدت نور دارای اهمیت است. در این تحقیق، ۵۰ نمونه لامپ با مارک‌های مختلف و توان‌های مساوی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. با استفاده از یک دستگاه اسپکترورادایومتر، طیف تابشی لامپ‌ها در وضعیت‌های مشابه به‌دست‌آمده و برای هر لامپ، مجموع شدت‌های نور خروجی در سه محدوده (۲۰۰ تا ۴۰۰، ۴۲۰ تا ۴۷۴ و ۴۷۴ تا ۸۰۰ نانومتر) محاسبه شده است. سپس نسبت‌های شدت پرتو در ناحیه فرابنفش (۲۰۰ الی ۴۰۰ نانومتر، خطرناک برای نوزاد) و شدت نور در ناحیه ۴۲۰ الی ۴۷۴ نانومتر (مفید برای درمان) به شدت کل، برای هر لامپ تعیین و سپس این نسبت‌ها با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نسبت شدت پرتو مضر به شدت کل تقریباً در ۲۰٪ لامپ‌ها نزدیک به مقدار میانگین لامپ‌های مرغوب و در ۵۰٪ لامپ‌ها بیش‌تر از مقدار میانگین لامپ‌های مرغوب بود و این نسبت برای تقریباً ۳۰٪ لامپ‌ها کم‌تر از مقدار میانگین به‌دست‌آمد. همچنین نسبت شدت پرتوی مفید لامپ به شدت کل تقریباً در ۳۱٪ لامپ‌ها نزدیک به مقدار میانگین لامپ‌های مرغوب و در ۴۷٪ لامپ‌ها بیش‌تر از مقدار میانگین بود، درحالی‌که برای ۲۲٪ لامپ‌ها کم‌تر از مقدار میانگین به‌دست‌آمد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از لامپ‌های درمانی نامرغوب و نیز فلورسنت نه‌تنها برای درمان کودکان مفید نیست، بلکه با تاباندن پرتوهای فرابنفش غیرضروری بر آن‌ها مضر نیز هست. بنابراین از دیدگاه حفاظت در برابر اشعه توصیه می‌شود برای درمان کودکان مبتلا به زردی از لامپ‌های مخصوص و مرغوب استفاده شود.

کلیدواژگان: فتوترابی نوزادان، فرابنفش، اسپکترورادایومتر، حفاظت در برابر پرتو.

۱. مقدمه

بدین معنی است که میزان بیلی‌روبین در خون آن‌ها از حد طبیعی بالاتر است. بیلی‌روبین ماده‌ای نارنجی رنگ یا زرد رنگ در خون است و با شکستن گلبول قرمز خون تولید می‌شود.

فتوترابی به معنی پرتودهی با نوری در محدوده طول موج معین و به مدت از پیش تعیین شده برای درمان بیماری‌هایی نظیر آکنه، سوریا سیس، آگزما و غیره است. زردی نوزادان

۲. مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری طیف لامپ‌های درمانی و نیز فلورسنت در یک اتاق تاریک (برای جلوگیری از تداخل با نورهای زمینه) و توسط یک دستگاه اسپکترورادایومتر مدل OL752 انجام شد.

در این پژوهش، طیف ۵۰ عدد لامپ مخصوص فتوتراپی نوزادان، با نشان تجاری متفاوت و ساخته شده توسط سازندگان گوناگون از کشورهای مختلف، با این روش اندازه‌گیری شد. همه لامپ‌های بررسی شده هنگام آزمایش نو بودند. جهت اندازه‌گیری طیف نور تابشی لامپ، فاصله آشکارساز دستگاه اسپکترورادایومتر از مرکز لامپ ۵۰ سانتی‌متر تنظیم شد و ۱۵ دقیقه پس از روشن شدن لامپ، طیف نور آن در محدوده طول موج‌های ۲۰۰ الی ۸۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مطابق آنچه در بخش قبل گفته شد، دو ناحیه طول‌موج مشخص در این بررسی حائز اهمیت است. این محدوده‌ها از ۲۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر (پرتو فرابنفش) و از ۴۲۰ تا ۴۷۴ نانومتر (نورهای آبی و بنفش) هستند. ناحیه اول ناحیه تابش خطرناک برای پوست و چشم (UV) و ناحیه دوم ناحیه تابش مؤثر در درمان بیماری زردی نوزادان است.

اگر شدت نور تابیده شده از هر لامپ برای طول‌موج‌های ۲۰۰ الی ۴۰۰ نانومتر (پرتو فرابنفش) I_1 و شدت نور تابیده شده در محدوده ۴۲۰ تا ۴۷۴ نانومتر I_2 و برای محدوده ۲۰۰ الی ۸۰۰ نانومتر I باشند، در این صورت:

$$I = \sum_{200}^{800} I_{\lambda} \Delta \lambda \quad (1)$$

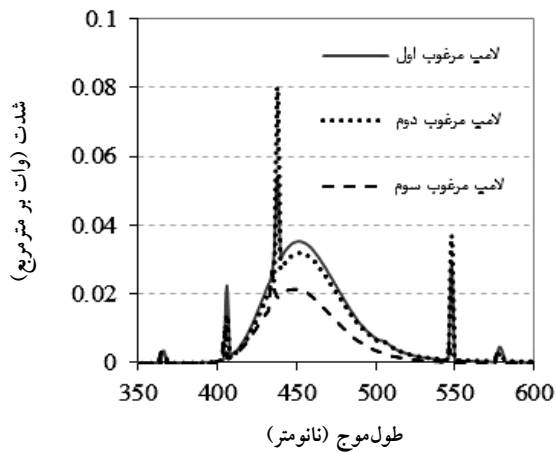
$$I_1 = \sum_{200}^{400} I_{\lambda} \Delta \lambda \quad (2)$$

$$I_2 = \sum_{420}^{474} I_{\lambda} \Delta \lambda \quad (3)$$

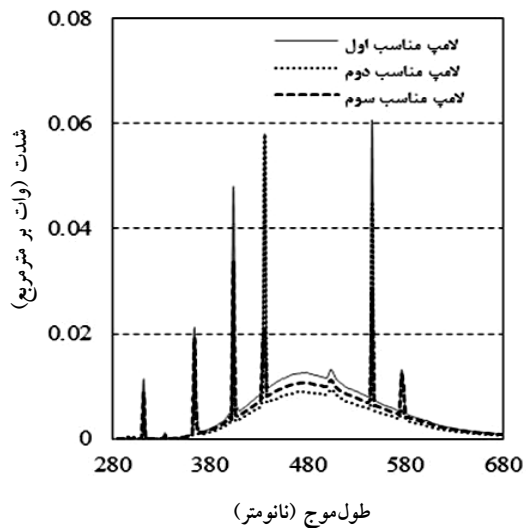
سطوح بالای بیلی‌روبین در خون نوزاد سبب زردی پوست و زرد شدن سفیدی چشم‌های نوزاد می‌شود. گاهی سطوح خیلی بالای بیلی‌روبین در خون نوزاد، ناشنوایی یا اختلالات ذهنی را به دنبال دارد [۱]. در اغلب موارد، فتوتراپی برای درمان زردی نوزاد تجویز می‌شود. این تجویز به‌شرطی مؤثر است که نور تابیده شده بر نوزاد دارای طیف تابشی مناسبی باشد. مشخص شده است که نور با طول موج ۴۲۰ الی ۴۷۴ نانومتر مؤثرترین نور برای درمان زردی نوزادان هستند [۲ و ۳].

لامپ‌های مخصوص فتوتراپی با نشان تجاری مختلف که تابش آن‌ها عموماً در ناحیه ۴۰۰ الی ۵۲۰ نانومتر است به‌عنوان بهترین منابع تابش برای درمان زردی نوزادان در نظر گرفته می‌شوند زیرا بیلی‌روبین با جذب نور در این محدوده طول موج به ترکیبات محلول در آب تبدیل، و از طریق ادرار و مدفوع دفع می‌شود [۴]. نور با طول‌موج کم‌تر از این محدوده در ناحیه فرابنفش (UV) قرار می‌گیرند که می‌تواند برای پوست حساس و چشم نوزاد خطرناک باشند. به این ترتیب، ضروری است که میزان تابش نور فرابنفش لامپ حداقل باشد [۵]. به‌طور خلاصه، بهترین لامپ‌ها برای درمان زردی نوزادان لامپ‌هایی هستند که بیش‌ترین و کم‌ترین تابش آن‌ها، به‌ترتیب، در ناحیه طول‌موج‌های ۴۲۰ الی ۴۷۴ نانومتر، و ناحیه فرابنفش باشد [۶].

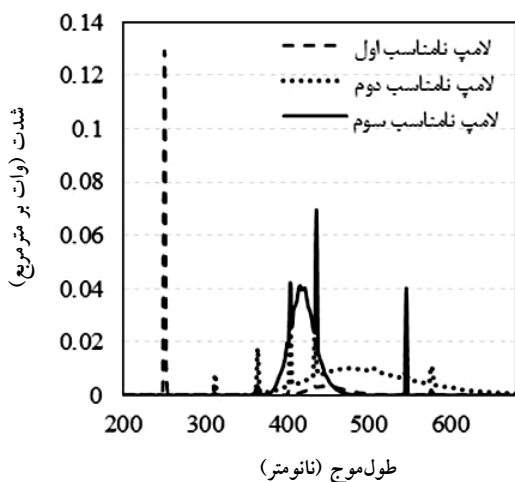
این مهم نشان می‌دهد که کیفیت لامپ‌های درمانی پیش از استفاده باید بررسی شود. در این مقاله طیف نور خروجی لامپ‌های فتوتراپی نوزادان و کیفیت آن‌ها جهت به‌کارگیری در درمان زردی نوزادان اندازه‌گیری می‌شود و همچنین اختلاف‌های طیف لامپ‌های فلورسنت با نور سفید (مهم‌تایی) مورد استفاده در روشنایی با طیف لامپ‌های مخصوص فتوتراپی نوزادان بررسی می‌گردد.



شکل (۲): طیف تابشی سه لامپ مرغوب (مرغوب‌ترین آن‌ها لامپ اول سپس لامپ دوم و در آخر لامپ سوم است).



شکل (۳): طیف تابشی سه عدد لامپ مناسب با طیف‌های متفاوت مناسب‌ترین آن‌ها لامپ اول سپس لامپ دوم و در آخر لامپ سوم).



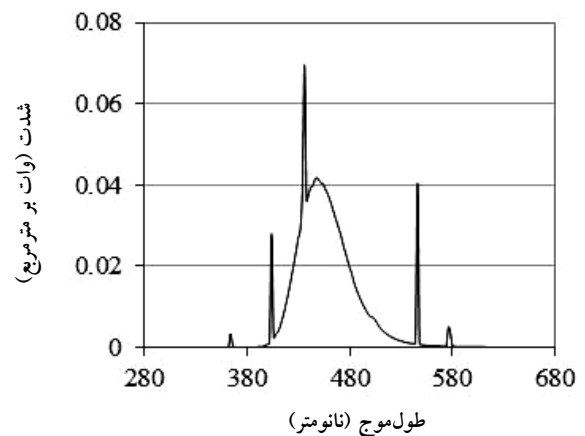
شکل (۴): طیف تابشی ۳ عدد لامپ نامناسب.

در روابط فوق I_λ شدت نور در طول‌موج λ است و $\Delta\lambda$ مساوی ۲ نانومتر معادل با حداقل تفکیک طول‌موج اسپکتروادیومتر در نظر گرفته شد. R_1 شدت نورهای فرابنفش تابیده از لامپ به کل طیف مرئی و فرابنفش لامپ و R_2 شدت نورهای آبی مناسب برای فتوترایی به کل طیف مرئی و فرابنفش لامپ تعریف می‌شوند. R_1 و R_2 با روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$R_1 = \frac{I_1}{I} \times 100 \quad (۴)$$

$$R_2 = \frac{I_2}{I} \times 100 \quad (۵)$$

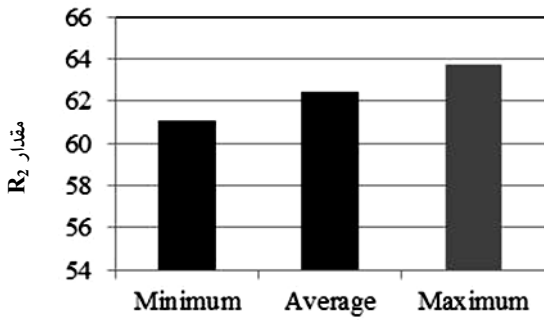
برای هر لامپ، مقدار کم‌تر برای R_1 و مقدار بیش‌تر برای R_2 به معنی کیفیت بهتر لامپ است. شکل ۱ طیف یک نمونه لامپ مرغوب فتوترایی را نشان می‌دهد.



شکل (۱): طیف‌های تابشی یک نمونه لامپ مرغوب فتوترایی نوزاد.

طیف لامپ‌های فتوترایی نوزادان یکسان نیستند و بر این اساس می‌توان آن‌ها را در سه دسته طبقه‌بندی کرد. طیف این سه دسته لامپ فتوترایی در شکل‌های ۲ الی ۴ آمده است. لامپ‌هایی که طیف آن‌ها مطابق شکل ۲ است لامپ دسته اول یا مرغوب خوانده می‌شود.

قسمت اصلی تابش این لامپ‌ها در ناحیه مؤثر برای درمان زردی نوزادان است.

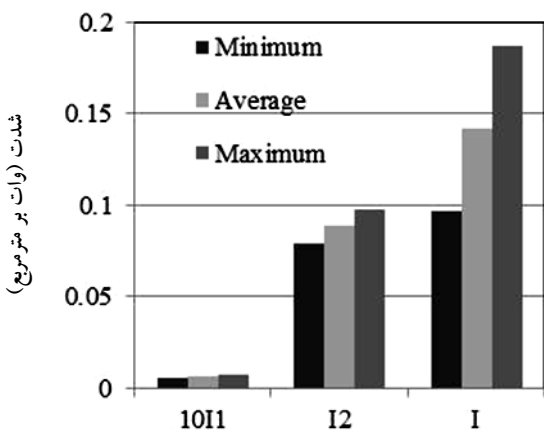


شکل (۷): کمینه، بیشینه و میانگین کمیت R_2 لامپ‌های مرغوب.

به‌علت کوچک بودن مقادیر I_1 ، در نمودارها از $10I_1$ استفاده شده است. همین مقادیر برای لامپ‌های دسته دوم (مناسب) با همین ترتیب در شکل‌های ۸، ۹، ۱۰ و جدول ۲ آمده است.

جدول (۲): مقادیر بیشینه، میانگین و کمینه کمیت‌های I_1 ، I_2 ، I ، R_1 و R_2 لامپ‌های دسته دوم.

کمیت لامپ	I_1 (w/m^2)	I_2 (w/m^2)	I (w/m^2)	R_1	R_2
کمینه	۰/۰۰۰۵۸۶	۰/۰۷۹۵۱	۰/۰۹۷۱	۰/۰۳۱۲	۶۱/۱۰۰
میانگین	۰/۰۰۰۶۶۵۱	۰/۰۸۸۵	۰/۱۴۲	۰/۰۴۹۱	۶۲/۴۳۰
بیشینه	۰/۰۰۰۷۴۴۱	۰/۰۹۷۵	۰/۱۸۷۱	۰/۰۶۷۰	۶۳/۷۶۰



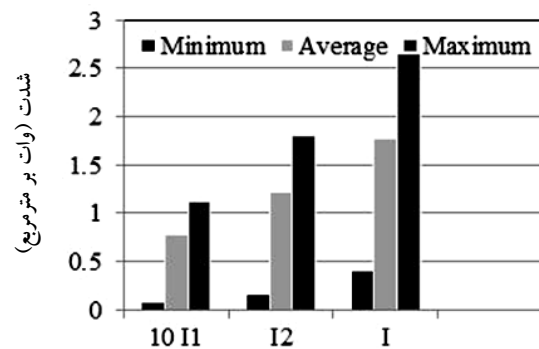
شکل (۸): کمینه، بیشینه و میانگین کمیت‌های $10I_1$ ، I_2 و I لامپ‌های مناسب (وات بر مترمربع).

در حالی که در لامپ‌های دسته دوم (شکل ۳) بخش کم-تری از تابش در ناحیه مؤثر واقع است. بر این اساس لامپ‌های دسته اول لامپ‌های مرغوب و لامپ‌های دسته دوم لامپ‌های مناسب در نظر گرفته می‌شوند.

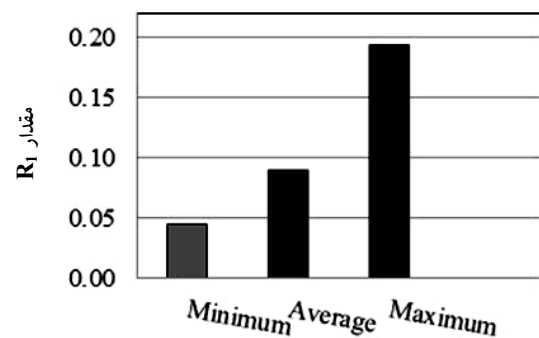
مقادیر بیشینه، میانگین و کمینه کمیت‌های I_1 ، I_2 ، I ، R_1 و R_2 لامپ‌های دسته اول (مرغوب)، به ترتیب، در شکل‌های ۵، ۶، ۷ و جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول (۱): مقادیر بیشینه، میانگین و کمینه کمیت‌های I_1 ، I_2 ، I ، R_1 و R_2 لامپ‌های دسته مرغوب.

کمیت لامپ	I_1 (w/m^2)	I_2 (w/m^2)	I (w/m^2)	R_1	R_2
کمینه	۰/۰۰۷۹	۰/۷۸۶	۱/۱۲	۰/۰۴۴۳	۶۳/۹۲۹
میانگین	۰/۰۱۶	۱/۲۲۲	۱/۸۱۲	۰/۰۸۹۵	۶۸/۱۰۷
بیشینه	۰/۰۴۲۵۱	۱/۷۷۲	۲/۶۶۰	۰/۱۹۲۹	۷۰/۶۶۱

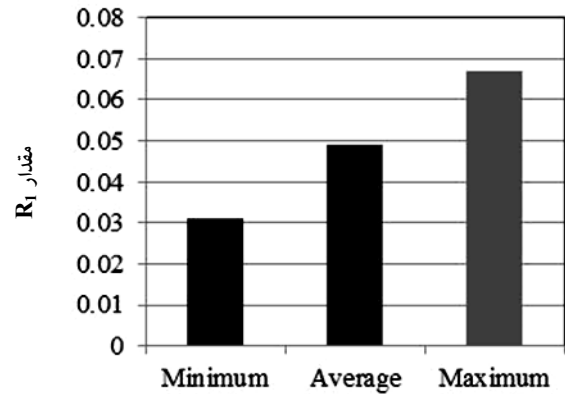


شکل (۵): کمینه، بیشینه و میانگین کمیت‌های $10I_1$ ، I_2 و I لامپ‌های مرغوب (وات بر مترمربع).

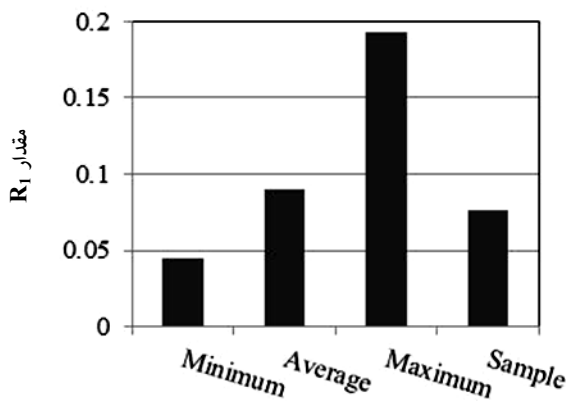


شکل (۶): کمینه، بیشینه و میانگین کمیت R_1 لامپ‌های مرغوب.

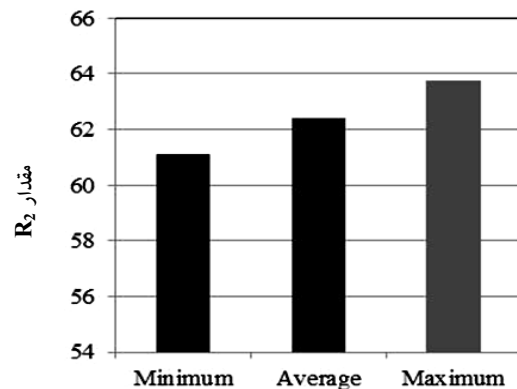
مشابه برای لامپ‌های دسته اول و دوم کم‌تر می‌باشد. این بدان معنی است که کارایی درمانی لامپ‌های نامناسب کم‌تر است و پرتو فرابنفش بیش‌تری به نوزاد تابانده می‌شود. در مرحله‌ی بعدی مقادیر I_1 ، I_2 ، I ، R_1 و R_2 هر نمونه لامپ با مقادیر مرجع کمیت‌های فوق برای لامپ‌های مرغوب مقایسه شده است تا مشخص شود که کیفیت ۵۰ عدد لامپ مورد بررسی نسبت به کیفیت لامپ‌های مرغوب چگونه است. شکل‌های ۱۱ و ۱۲ این مقایسه را برای یکی از این نمونه لامپ‌ها نشان می‌دهد.



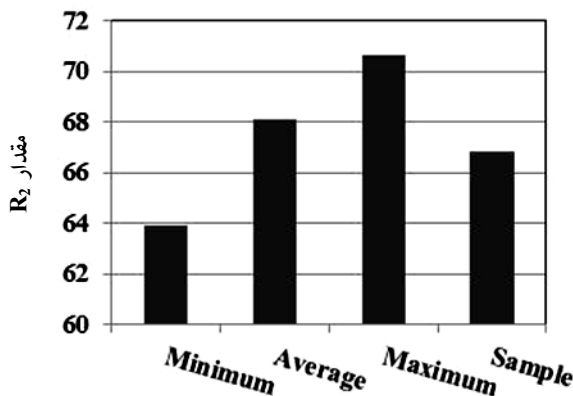
شکل (۹): کمینه، بیشینه و میانگین کمیت R_1 لامپ‌های مناسب.



شکل (۱۱): مقایسه مقدار R_1 یک لامپ انتخاب شده به صورت تصادفی با لامپ‌های دسته مرغوب (تابش UV این لامپ از تابش میانگین لامپ-های مرغوب بیش‌تر است).



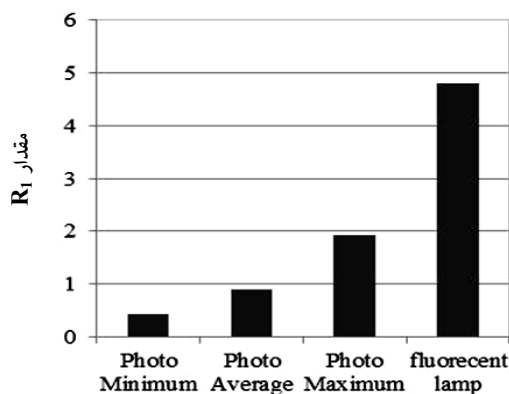
شکل (۱۰): کمینه، بیشینه و میانگین کمیت R_2 لامپ‌های مناسب.



شکل (۱۲): مقایسه مقدار R_2 یک لامپ انتخاب شده به صورت تصادفی با لامپ‌های دسته مرغوب (تابش نور مفید این لامپ برای درمان زردی نوزاد از تابش میانگین لامپ‌های مرغوب کم‌تر است).

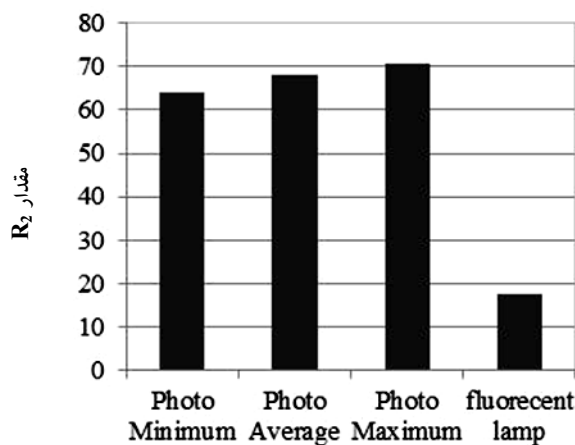
مشاهده می‌شود که کیفیت این لامپ از لامپ‌های مرغوب پایین‌تر است زیرا تابش فرابنفش بیش‌تر و

نتایج درج شده در جدول‌های ۱ و ۲ به ترتیب مربوط به کلیه لامپ‌های دسته اول و دوم است. به عبارت دیگر مربوط به یک لامپ از دسته اول یا دسته دوم نیست. مثلاً کمیت R_1 در جدول یک مربوط به یک لامپ و کمیت R_2 مربوط به لامپ دیگری است. پس از به دست آوردن مقادیر بیشینه، میانگین و کمینه کمیت‌های I_1 ، I_2 ، I ، R_1 و R_2 برای لامپ‌های مرغوب، این مقادیر به عنوان شاخص مرغوبیت لامپ‌ها در نظر گرفته شده است. مشخصات لامپ‌های دسته سوم یا لامپ‌های نامناسب برای درمان زردی نوزادان بسیار متنوع است و به همین دلیل از جمع‌بندی آن‌ها و رسم نمودارهای مربوطه صرف نظر شده است. لیکن آنچه حائز اهمیت است این است که برای اغلب آن‌ها تابش UV از مقدار میانگین مشابه در لامپ‌های دسته اول و دوم بیش‌تر است در حالی که تابش پرتو مفید آن‌ها برای درمان زردی نوزاد از مقدار میانگین



شکل (۱۵): مقایسه مشخصه نوری R_1 مربوط به یک لامپ فلورسنت

سفید روشنایی با لامپ فتوتراپی مرغوب.



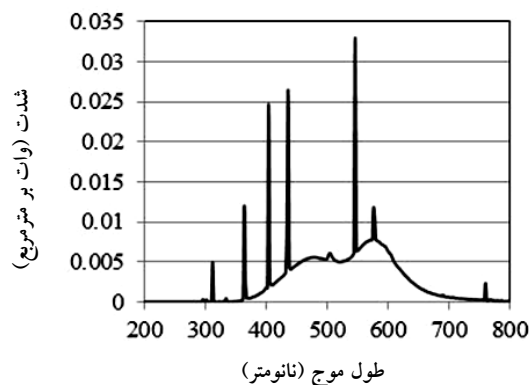
شکل (۱۶): مقایسه مشخصه نوری R_2 مربوط به یک لامپ فلورسنت

سفید روشنایی با لامپ فتوتراپی مرغوب.

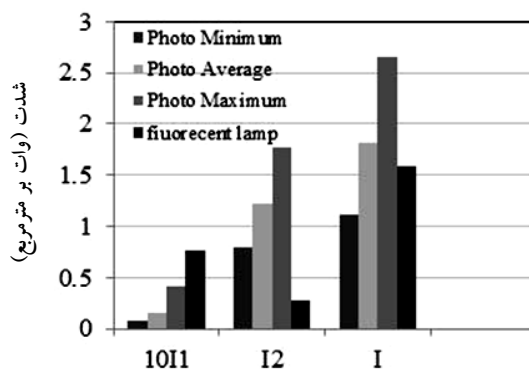
۳. نتایج

با توجه به اندازه‌گیری و بررسی‌های انجام شده اگرچه لامپ فلورسنت سفید روشنایی در ناحیه مؤثر برای درمان زردی نوزادان، تابش انجام می‌دهد ولی این مقدار نسبت به تابش مشابه توسط لامپ‌های مخصوص فتوتراپی نوزادان بسیار کمتر است و این در حالی است که تابش پرتو فرابنفش مربوط به لامپ فلورسنت سفید روشنایی هم از لامپ مخصوص فتوتراپی نوزادان خیلی بیشتر است (شکل‌های ۱۴ تا ۱۶). لذا کاربرد لامپ فلورسنت روشنایی برای درمان زردی نوزادان توصیه

تابش نور مفید کم‌تری نسبت به لامپ‌های مرغوب دارد. بالاخره، شکل ۱۳ طیف تابشی یک لامپ فلورسنت با نور سفید مورد استفاده برای روشنایی را نشان می‌دهد. در شکل‌های ۱۴ تا ۱۶ و جدول ۳ مقادیر I_1 ، I_2 ، I ، R_1 و R_2 این لامپ با مقادیر لامپ‌های مرغوب برای فتوتراپی نوزادان مقایسه شده است.



شکل (۱۳): طیف تابشی یک لامپ فلورسنت سفید روشنایی.



شکل (۱۴): مقایسه مشخصات نوری یک لامپ فلورسنت سفید

روشنایی با یک لامپ فتوتراپی مرغوب.

جدول (۳): مقایسه مشخصات نوری یک لامپ فلورسنت سفید روشنایی با یک لامپ فتوتراپی.

R_2	R_1	I (w/m^2)	I_2 (w/m^2)	I_1 (w/m^2)	کمیت لامپ
۱۷/۶۸۰	۴/۷۹۲	۱/۵۸	۰/۲۸	۰/۰۷۶	لامپ فلورسنت سفید روشنایی
۶۸/۱۰۰	۰/۸۹۵	۱/۸۱	۱/۲۲	۰/۰۱۶	لامپ فتوتراپی (مقادیر میانگین)

نمی‌شود و به خصوص در شرایطی که سطح بیلی‌روبین در نوزاد خیلی بالا باشد، تأثیر کافی ندارد.

در مورد لامپ‌های مخصوص فتوتراپی بررسی شده نتایج زیر به دست آمد:

- مقدار R_1 (که هرچه کم‌تر باشد بهتر است) برای ۲۰٪ لامپ‌ها خیلی نزدیک به میانگین R_1 لامپ‌های مرغوب، برای ۵۰٪ لامپ‌ها بیش‌تر از میانگین R_1 لامپ‌های مرغوب و برای ۳۰٪ لامپ‌ها کم‌تر از میانگین R_1 لامپ‌های مرغوب بود.
- مقدار R_1 برای ۸۰٪ لامپ‌های آزمایش شده کم‌تر از ۱/۲ برابر میانگین R_1 لامپ‌های مرغوب بود. این مقدار به عنوان حداکثر مقدار قابل قبول برای تابش فرابنفش لامپ‌های فتوتراپی نوزادان در نظر گرفته شد.
- مقدار R_2 (که هرچه بیش‌تر باشد بهتر است) برای ۳۱٪ لامپ‌ها خیلی نزدیک به متوسط R_2 لامپ‌های مرغوب، برای ۲۲٪ لامپ‌ها کم‌تر از میانگین R_2 لامپ‌های مرغوب و برای ۴۷٪ لامپ‌ها بیش‌تر از میانگین R_2 لامپ‌های مرغوب بود.
- مقدار R_2 برای ۸۵٪ لامپ‌های آزمایش شده از ۰/۹

میانگین R_2 لامپ‌های مرغوب بیش‌تر بود. مقدار ۰/۹ میانگین R_2 لامپ‌های مرغوب به عنوان حداقل مقدار قابل قبول برای تابش در ناحیه مؤثر در درمان زردی نوزادان برای لامپ‌ها در نظر گرفته شد.

- بالاخره مشخص شد که در مورد ۷۷٪ لامپ‌های بررسی شده، مقادیر تابش فرابنفش و تابش در ناحیه مؤثر در درمان زردی نوزادان، در حدود قابل قبول برای لامپ به‌عنوان لامپ مناسب برای فتوتراپی نوزادان است و ۲۳٪ از لامپ‌های بررسی شده مناسب نبودند.

همچنین پیشنهاد می‌گردد که در تولیدات دستگاه‌های فتوتراپی نوزادان مقادیر R_1 و R_2 هر لامپ وارداتی با R_1 و R_2 لامپ‌های مرجع مقایسه شود و در صورتی که

$$R_2 \geq (0.9 \times R_2) \text{ (مرجع)} \text{ و } R_1 \leq (1.2 \times R_1) \text{ (مرجع)}$$

باشد، دستگاه برای استفاده در کشور تولید شود.

کارایی لامپ‌های فلورسنت سفید برای درمان زردی نوزادان بسیار کم‌تر از کارایی لامپ‌های مخصوص فتوتراپی نوزادان است. این در حالی است که نوزاد در طول درمان با لامپ‌های فلورسنت سفید روشنایی پرتو فرابنفش بیش‌تری دریافت می‌کند.

۴. مراجع

- [1] D.M. Clarkson, P. Satodia and I. Hadley. Safety of Neonatal Phototherapy Lamp Exposure. Journal of Radiological Protection, 36 (4) (2016) N46.
- [2] J. Chakravarthy, K. Donaldson, P. Russo, M. Sancheti, R. Schwemmin and G. Spiegel. Phototherapy Device for the Treatment of Hyperbilirubinemia. Google Patents, (2016).
- [3] S. Subramanian, M.J. Sankar, A.K. Deorari, T. Velpandian, P. Kannan, G.V. Prakash, R. Agarwal and V.K. Paul. Evaluation of Phototherapy Devices Used for Neonatal Hyperbilirubinemia. Indian pediatrics, 48(9) (2011) 689-696.
- [4] A.A. Lamola and M. Russo. Fluorescence Excitation Spectrum of Bilirubin in Blood: A Model for the Action Spectrum for Phototherapy of Neonatal Jaundice', Photochemistry and photobiology, 90(2) (2014) 294-296.
- [5] I. Pinto, A. Bogi, F. Picciolo, N. Stacchini, G. Buonocore and C.V. Bellieni. Blue Light and Ultraviolet Radiation Exposure from Infant

Phototherapy Equipment. Journal of occupational and environmental hygiene. 12(9) (2015) 603-610.
[6] S.M. El-faramawy, S.M. Reda, A.-E.A. AbdElmaged, R.H. El-gebaly and A.S. Monem.

Radiometric Technique to Assess the Qualification of Phototherapy Luminaire for Jaundice Treatment. Indian Journal of Applied Research, 5(7) (2016).