

تأثیر افزایش شدت روشنایی بر بار کاری، خواب آلودگی، خستگی چشمی و میزان رضایت افراد از شرایط نوری در اتاق کنترل یک نیروگاه برق

اسماء زارع^۱ - مهدی ملکوتی خواه^۲ - احسان گروسی^۲ - سیف اله غریب^۱ - سید ابوالفضل ذاکریان^{۳*}

zakerian@tums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱/۲۲

مکیده

مقدمه: اتاق کنترل از مهم ترین محیط های کاری می باشد که نیازمند عمل کرد بهینه افراد به منظور به حداقل رساندن خطا می باشد. روشنایی از عوامل محیطی موثر بر عمل کرد اپراتورهای اتاق کنترل است. تامین روشنایی بهینه در اتاق کنترل از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف این مطالعه بررسی تأثیر روشنایی بر بار کاری، خواب آلودگی، خستگی چشمی و میزان رضایت افراد از روشنایی می باشد.

روش کار: مطالعه حاضر از نوع مداخله ای می باشد که در اتاق کنترل یک نیروگاه برق انجام شد. مداخله در روشنایی اتاق کنترل با دو سیستم روشنایی شامل لامپ های فلوروسنت (۴۰۰۰ کلوین، شدت ۲۰۰ لوکس) و لامپ های LED (۴۰۰۰ کلوین، شدت ۴۰۰ لوکس) انجام گردید. ۱۶ اپراتور تحت این دو سیستم روشنایی از نظر بار کاری، خواب آلودگی، خستگی چشمی و میزان رضایت از روشنایی به وسیله پرسش نامه ارزیابی شدند.

یافته ها: برطبق نتایج، خستگی چشمی بعد از مداخله به طور معناداری کاهش یافت ($p < 0.004$). هم چنین روشنایی بیش تر باعث کاهش معنادار میزان خواب آلودگی گردید ($p < 0.001$). در بررسی بار کاری، مقادیر بار کاری ذهنی ($p < 0.001$) و تلاش ($p < 0.003$) بعد از مداخله و افزایش روشنایی به طور معناداری کاهش یافته اند اما نیاز فیزیکی، نیاز زمانی، عمل کرد و ناامیدی تفاوت معناداری با نتایج قبل از مداخله نشان نداد.

نتیجه گیری: به طور کلی می توان گفت که سیستم روشنایی ترکیبی فلوروسنت و LED با شدت روشنایی ۴۰۰ لوکس می توانند شرایط عمل کردی و ذهنی مناسبی برای اپراتورهای اتاق کنترل ایجاد کند. شدت روشنایی ۴۰۰ لوکس از نظر بار کاری، خواب آلودگی، خستگی چشمی و میزان رضایت افراد از روشنایی، شرایط محیطی بسیار بهتری از شدت روشنایی ۲۰۰ لوکس فراهم می نماید.

کلمات کلیدی: روشنایی، اتاق کنترل، بار کاری، خواب آلودگی، خستگی چشمی، رضایت از روشنایی

- ۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۲- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران
- ۳- کارشناس ارشد، گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۴- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

مقدمه

با پیشرفت روزافزون بشر در زمینه های مختلف فناوری به شدت از حضور فیزیکی انسان در محیط کار کاسته شده است، اما اهمیت عامل انسانی در کنترل و هدایت سیستم های کاری افزایش یافته است (۱). پیشرفت فناوری و تکنولوژی های مدرن، محیط های کاری جهان امروز را تغییر داده و افراد شاغل در این محیط ها را متحمل خواسته ها و نیازهای بصری و شناختی بیش تری در مقایسه با خواسته ها و نیازهای فیزیکی کرده است (۲-۳). اتاق کنترل نمونه ای از محیط های کاری است که به عنوان قلب تپنده یک سیستم، نیازمند عمل کردهای مناسب شناختی و بصری می باشد و عمل کردن نامناسب در انجام وظایف توسط اپراتورهای اتاق کنترل می تواند احتمال وقوع خطای انسانی را افزایش داده و پیامد های جبران ناپذیری در پی داشته باشد (۴، ۵).

خطای انسانی از دیرباز به عنوان یکی از عوامل مهم در بروز حوادث و برهم زدن عمل کردن برنامه ریزی شده مطرح بوده است (۶). بر اساس نتایج مطالعات مختلف خطاهای انسانی در صنایع و سیستم های پیچیده مثل فرآیندهای شیمیایی، نیروگاه های برق و نیروگاه های انرژی هسته ای، علل اصلی حوادث هستند (۷، ۸). McCafferty در سال ۱۹۹۵ بیان کرد که حدود ۸۰ درصد حوادث را خطای انسانی در بر می گیرد (۹). تجزیه و تحلیل ۲۰۰۰ حادثه در استرالیا سهم عامل خطای انسانی را ۸۳ درصد نشان داده است و نیز یک بررسی انجام شده توسط دانشگاه فنی برلین نشان داد که ۶۴ درصد از کل حوادث ناشی از قصور انسانی می باشد (۱۰). هم چنین در سال ۲۰۱۰، Stringfellow بیان کرد که بین ۳۰ تا ۱۰۰ درصد حوادث صنعتی ناشی از علل انسانی است (۱۱).

عوامل متعددی از قبیل مشکلات خانوادگی- اجتماعی، وضعیت سلامت جسمانی، مصرف دخانیات و کافیین و شرایط محیطی می تواند بر روی عمل کردن افراد تاثیر گذار باشند. تاثیر محیط کار بر روی وضعیت عمل کردی فرد کاملا اثبات شده است و به قدری اهمیت دارد که شاخه ای از علم ارگونومی تحت عنوان ارگونومی محیطی بدان اختصاص داده شده است. مشخصه های محیط کار مثل دما، صدا و نور تاثیر مهمی روی نگرش، رفتار و عمل کردن افراد دارند و می توانند باعث تغییر در میزان خطاهای انسانی گردند (۱۴-۱۲). مطالعات زیادی نشان دادند روشنایی مناسب روی عمل کردن کاری تاثیر مثبتی دارد و باعث کاهش میزان حوادث می شود (۱۵-۱۸). هم چنین مشخص شده است که نور نامناسب باعث افزایش خستگی چشمی، کاهش عمل کردن و در نتیجه منجر به ایجاد حادثه می گردد. اثرات کار با پایانه های تصویری نیز در روشنایی نامناسب به طور کامل با اختلالات چشمی مرتبط است و می تواند بر تیز بینی و دقت فرد مؤثر باشد. مطالعات متعددی نشان داده اند که حدود ۷۵ درصد از کاربران رایانه، دچار مشکلات بینایی شده اند (۱۹). به همین علت ایجاد شرایط روشنایی مناسب برای عمل کردن صحیح افراد بسیار مهم است (۱۷).

سیستم ایده آل روشنایی برای محیط های صنعتی منجر به خروجی بهینه، میزان مصرف انرژی پایین تر و عمر مفید بیش تر می شود. سیستم روشنایی باتوجه به خصوصیات فیزیکی آن مثل کارایی مناسب، وزن، نحوه نصب و عمل کردن و راحتی در استفاده، کاربردهای متفاوتی دارد (۲۰). سیستم ایده آل روشنایی باید دارای توزیع روشنایی مناسب و سایه روشن های منطبق بر نیازهای کاری محیط

روش کار

افراد مورد مطالعه

۱۶ اپراتور مرد اتاق کنترل یک نیروگاه سیکل ترکیبی برق در ۴ شیفت ۱۲ ساعته (۷ صبح تا ۷ شب و ۷ شب تا ۷ صبح) در ۴ گروه در این مطالعه حضور داشتند. بدین شکل که در یک روز، ۴ نفر در شیفت صبح، ۴ نفر در شیفت شب و ۸ نفر در استراحت بودند. مطالعه حاضر برای افراد در شیفت صبح انجام گردید و طی ۴ روز متوالی محققان برای تمامی ۱۶ نفر آزمایشات را انجام دادند. هیچ کدام از آزمودنی‌ها سیگاری نبوده و به بیماری خاصی مبتلا نداشته و از اختلالات خواب رنج نمی بردند. از افراد خواسته شد ۴ ساعت قبل از ارزیابی‌ها از مصرف مواد کافیین دار پرهیز کنند و در طول مدت مطالعه برنامه خواب مشخص و منظمی برای خود داشته باشند.

محل انجام مطالعه

اتاق کنترل نیروگاه برق پرند به ابعاد ۱۰،۵ در ۲۵،۵ متر و ارتفاع ۳،۵ متر محل انجام مطالعه بود. در این اتاق کنترل ۴ میز وجود داشت که افراد در حال گردش بین این میزها برای انجام کار بودند و به نوعی هر ۴ میز، ایستگاه کاری تمامی افراد بود. یکی از میزها به عنوان محل انجام تست انتخاب شد.

روند انجام مطالعه

مراحل انجام مطالعه به صورت کلی در شکل (۱) نشان داده شده است. مطالعه حاضر در دو فاز به صورت مداخله ای انجام گرفت. فاز اول شامل ارزیابی میزان رضایت افراد از روشنایی، میزان خستگی چشمی، میزان خواب آلودگی و بار کاری،

باشد. در حال حاضر در صنایع، بیش تر از لامپ های فلوروسنت استفاده می گردد اما به کار گیری سیستم روشنایی مبتنی بر لامپ های دیگر نیز رو به گسترش می باشد (۲۱). استفاده از تکنولوژی جدیدتر light-emitting diodes (LED) به علت میزان مصرف انرژی پایین تر، عمر مفید طولانی تر و ماندگاری بیش تر نسبت به لامپ های فلوروسنت متداول در حال افزایش است. به طور قطع روشنایی بر عمل کرد بصری و دید انسان اثرگذار است و عواملی از قبیل خروجی نور و دمای رنگ، درک و عمل کرد شناختی را مستقیماً تحت تاثیر قرار می دهد (۲۲). میزان روشنایی اتاق کنترل ها در دو سطح وظایف دیداری (مثل بررسی نمایش گرها) و در سطح اتاق در مقادیر توصیه شده در استاندارد EN12464، ارایه شده است (۲۳، ۲۴). بدین صورت که شدت روشنایی در سطح وظایف دیداری باید ۵۰۰ لوکس و در سطح فضای عمومی اتاق حداقل ۲۰۰ لوکس، و شاخص تجلی رنگ لامپ نیز بین ۶۰ تا ۸۰ باشد. تامین حداقل مقادیر توصیه شده از نظر استاندارد در محیط های کاری به خصوص محیط های حساسی مثل اتاق کنترل ضروری می باشد. اما بررسی تاثیر سیستم های روشنایی بر خستگی چشمی و خستگی ذهنی افراد شاغل در محیط و میزان رضایت آن ها از نور موجود، موضوعی است که باید بیش تر بدان توجه شود (۲۵). به منظور دست یابی به این هدف - انتخاب سیستم روشنایی مناسب - محققین مطالعه ای را برای بررسی بارکاری، خواب آلودگی، خستگی چشمی و میزان رضایت افراد از دو نوع سیستم روشنایی انجام دادند تا علاوه بر تامین مشخصه های فیزیکی و استاندارد روشنایی، بتوان سیستمی را برگزید که افراد از آن رضایت بیش تری داشته باشند.

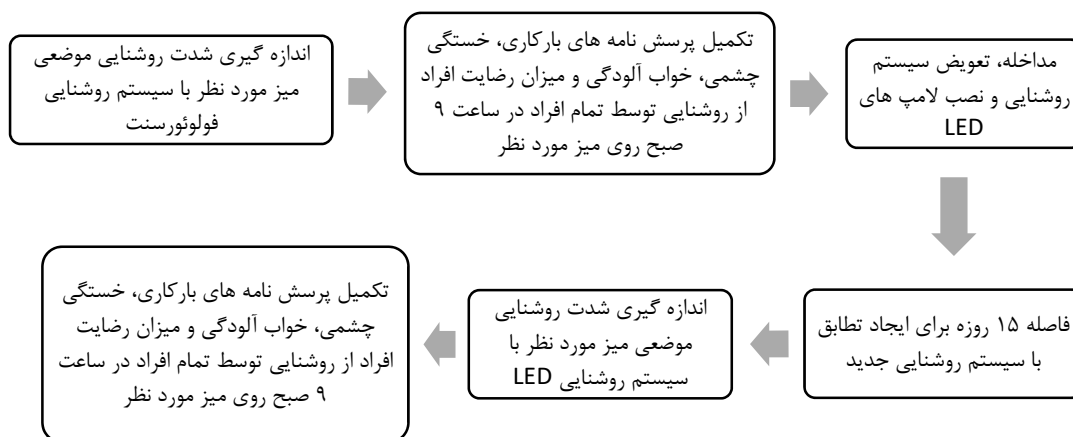
سیستم های LED بود. میزان شدت روشنایی روی سطح کار در هر دو سیستم روشنایی با دستگاه لوکس متر اندازه گیری شد. میزهای کار دارای ارتفاع ۱ متر از سطح زمین بودند. روی هر میز دو سیستم رایانه ای وجود داشت. لامپ های LED در ارتفاع ۱ متری از سقف (۲٫۵ متر از کف) بالای میز کار به صورت آویز نصب شدند. به منظور اندازه گیری شدت روشنایی روی سطح کار از دستگاه لوکس متر (HAGNER S3) استفاده گردید؛ به گونه ای که فوتوسل دستگاه به صورت کاملاً افقی روی سطح کار قرار داده شد. قبل از مداخله شدت روشنایی روی سطح کار ۲۱۰ لوکس و بعد از مداخله شدت روشنایی ۴۲۰ لوکس اندازه گیری شد (شکل ۲).

همان طور که در شکل (۳) ملاحظه می شود، لامپ فلوروسنت با دمای رنگ ۴۰۰۰ در طول موج حدود ۴۳۰ نانومتر و ۵۵۰ نانومتر دارای توزیع قدرت طیفی نسبی بالا (relative spectral power distribution) می باشد. این بدان معناست که برای لامپ فلوروسنت مورد نظر در طیف رنگی تولیدی، رنگ های بنفش و سبز غالب بوده و شدت بیش تری از بقیه رنگ ها داشته و جز این دو رنگ بقیه رنگ ها شدت بسیار

تحت سیستم روشنایی موجود در اتاق کنترل بود. در اتاق کنترل از ۱۰۰ لامپ فلوروسنت با نور سفید در سقف استفاده شده که به صورت ۵۰ چراغ در ۱۰ ردیف ۵ تایی در سقف تعبیه شده است. در فاز دوم به منظور مداخله در روشنایی، لامپ های LED در بالای میزهای کار نصب شدند. پس از مداخله در روشنایی دو هفته فرصت داده شد تا افراد با شرایط روشنایی جدید سازگار گردند و پس از آن بررسی های انجام گرفته در فاز اول دوباره در این فاز تکرار گردید (۲۶). تمامی ارزیابی ها در شیفتر روز و در ساعت ۹ صبح انجام شد. به غیر از روشنایی، تمامی عوامل محیطی در هر دو فاز یکسان بود.

مداخله ی روشنایی

مداخله روشنایی اتاق کنترل با دو سیستم روشنایی شامل لامپ های فلوروسنت (منبع نور متداول اتاق، ۴۰۰۰ کلومین، ۳۶ وات، شار نوری ۲۵۰۰ لومن) و لامپ های LED (۴۰۰۰ کلومین، ۴۸ وات، شار نوری ۵۴۰۰ لومن) انجام شد (۲۶). علت انتخاب این دو سیستم، متداول بودن استفاده از سیستم های فلوروسنت در صنعت و توجه روزافزون به استفاده از



شکل (۱) - فرآیند کلی انجام مطالعه

شامل ۱۵ سوال در حیطه های استرین چشمی، اختلال دید، اختلال سطح چشم و مشکلات خارج چشمی می باشد. پاسخ تمام سؤالات تخصصی این پرسش نامه در طیف لیکرت (۰-۱۰) طراحی شده است و تمامی سؤالات تخصصی از نوع سؤالات بسته می باشند. پایایی و روایی این پرسش نامه توسط حبیبی و همکاران سنجیده و تایید شده است (۲۷).

ارزیابی میزان رضایت از روشنایی

پرسش نامه «ارزیابی روشنایی محیط کار» (Office Lighting Survey) به منظور سنجش میزان رضایت شاغلین در محیط های اداری از روشنایی طراحی شده است که شامل ۱۴ سوال در مورد کیفیت روشنایی و رضایت از آن می باشد (۲۶). این

کمی در طیف حاصل از لامپ دارند. اما در توزیع قدرت طیفی نسبی لامپ LED مشاهده می شود که در طول موج ۴۵۰ نانومتر با شدت کامل رنگ آبی تولید می گردد و از گستره ۵۲۵ نانومتر تا ۶۵۰ نانومتر طیف نوری قابل ملاحظه ای ایجاد می شود. این بدان معناست که در لامپ LED شدت رنگ آبی تولیدی بیش تر از لامپ فلوروسنت می باشد و بقیه طیف نوری نیز سهم بیش تری در خروجی لامپ LED دارند.

ارزیابی خستگی چشمی

پرسش نامه «سنجش خستگی بینایی» کاربران پایانه های تصویری از دو بخش اطلاعات زمینه ای و سؤالات تخصصی تشکیل شده است. بخش تخصصی

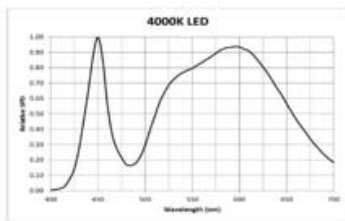


ب. بعد از مداخله

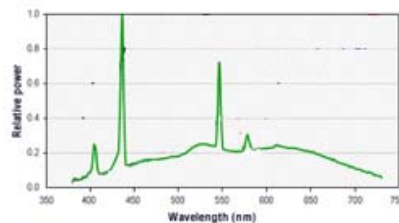


الف. قبل از مداخله

شکل (۲) - نمای اتاق کنترل قبل و بعد از مداخله در سیستم روشنایی



ب. توزیع قدرت طیفی نسبی لامپ LED



الف. توزیع قدرت طیفی نسبی لامپ فلوروسنت

شکل (۳) - توزیع طیفی دو لامپ در طول موج های مختلف

آلودگی می باشد. این روش شامل یک مقیاس ۹ درجه ای لیکرت می باشد (۱= بسیار هشیار، ۳= هشیار، ۵= نه هشیار نه خواب آلود، ۷= خواب آلود و ۹= خیلی خواب آلود و در حال تلاش برای بیدار ماندن). در سال ۲۰۰۶ Kaida و همکاران اثبات کردند که این روش از روایی و پایایی خوبی برخوردار است (۳۱). در طول دو مرحله انجام مطالعه (قبل و بعد از مداخله) میزان خواب آلودگی افراد ۴ بار ارزیابی شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت و به این دلیل که داده های به دست آمده از ارزیابی های فردی از پراکندگی نرمال پیروی نمی کردند، برای مقایسه بین دو حالت طراحی از آزمون های آماری غیر پارامتری من ویتنی و کای دو (برای پرسش نامه ارزیابی رضایت از روشنایی) استفاده شد.

یافته ها

تمامی افراد مورد مطالعه مرد و به صورت قراردادی و در دو شیفت مشغول به کار بودند. جدول (۱) نشان دهنده فراوانی و درصد هر کدام از متغیرهای دموگرافیک در افراد مورد مطالعه می باشد. در کل تمام افراد اتاق کنترل ۱۶ نفر بودند که تمامی افراد وارد مطالعه شده اند. طبق جدول (۱) میانگین سنی (انحراف معیار) افراد (۲/۹۸۲) (۳۶/۶۸ سال و میانگین سابقه کار (انحراف معیار) افراد (۲/۱۹۰) (۱۰/۵۰ سال می باشند.

پرسش نامه اولین بار در سال ۱۹۹۶ توسط Eklund و Boyce طراحی و پایایی آن به اثبات رسید (۲۵). به منظور تعیین روایی نسخه ترجمه شده از دو کارشناس خواسته شد که سوالات را به فارسی ترجمه کنند و پس از بررسی و تلفیق دو نسخه ترجمه اولیه، کارشناس سوم دوباره آن را به زبان انگلیسی ترجمه و با نسخه اصلی مقایسه کرد که پس از بررسی توسط چند کارشناس مسلط به هر دو زبان، اعتبار پرسش نامه تایید شد. از افراد خواسته شد تا موافقت خود را با هر عبارت در مقیاس پاسخ گویی متقارن (یعنی بدون انتخاب خنثی) به صورت بله یا خیر اعلام کنند.

ارزیابی بار کاری

ارزیابی بار کاری با استفاده از پرسش نامه NASA-TLX انجام شد. NASA-TLX یک ابزار چند وجهی برای ارزیابی بار کاری ذهنی به صورت فردی می باشد. در این پرسش نامه هر مقیاس توسط یک خط ده سانتی متری مشخص شده و توصیف دوقطبی (زیاد/کم) در دو انتهای خط بیان شده است. در این مقیاس مقادیر عددی استفاده نمی شود اما در آنالیز داده ها مقیاس حاصل از ۱ تا ۱۰۰ فرض می گردد (۲۸، ۲۹). اعتبار این روش در مطالعات قبلی مورد ارزیابی قرار گرفته است (۳۰).

ارزیابی خواب آلودگی

شاخص KSS (Karolinska sleepiness scale) یک روش خود اظهاری برای اندازه گیری خواب

جدول (۱) - توزیع فراوانی متغیرهای دموگرافیک افراد مورد مطالعه

متغیر دموگرافیک	تعداد	درصد	متغیر دموگرافیک	تعداد	درصد
گروه سنی	کم تر از ۳۵ سال	۴	سابقه کار	کم تر از ۱۰ سال	۹
	بیش تر از ۳۶ سال	۱۲		بیش تر از ۱۱ سال	۷

همان طور که در بخش روش اجرا بیان گردید، مطالعه حاضر به بررسی تاثیر دو سیستم روشنایی بر عواملی مانند خستگی چشمی، خواب آلودگی، بارکاری و رضایت از روشنایی می پردازد که نتایج آن به شرح زیر بیان می گردد.

جدول شماره (۲) نمرات کسب شده از پرسش نامه خستگی چشمی قبل و بعد از تغییر روشنایی را به صورت فراوانی و درصد هر ناحیه نشان می دهد. خستگی در ۴ ناحیه دسته بندی شده است که قبل از تغییر روشنایی ناحیه بدون خستگی نمره ای کسب نکرده اما بعد از تغییر روشنایی ۱ نفر (۶/۳ درصد) این شدت از خستگی را گزارش کرده اند. ناحیه

خستگی کم نیز قبل از تغییر روشنایی فراوانی ۴ نفر (۲۵ درصد)، بعد از تغییر روشنایی نیز فراوانی ۱۰ نفر (۶۲/۵ درصد)، ناحیه خستگی متوسط قبل از تغییر روشنایی ۷ نفر (۴۳/۸ درصد) و بعد از تغییر روشنایی ۵ نفر (۳۱/۳ درصد) را نشان می دهد و در آخر ناحیه خستگی شدید قبل از تغییر روشنایی دارای فراوانی ۵ نفر و ۳۱/۳ درصدی است که بعد از تغییر روشنایی هیچ یک از افراد این شدت از خستگی را گزارش نکرده اند. همان طور که از جدول (۲) استنباط می شود، طبق آنالیز آماری سیستم روشنایی دوم خستگی کم تری را ایجاد نموده و مطلوب تر می باشد ($P < 0.05$).

جدول (۲) - توزیع فراوانی نمرات خستگی چشمی قبل و بعد از تغییر روشنایی

P value	بعد از تغییر روشنایی		قبل از تغییر روشنایی		دسته بندی خستگی
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
۰/۰۰۴	۱	۶/۳	۰	۰	ناحیه بدون خستگی (نمرات کم تر و مساوی ۰/۶۵)
	۱۰	۶۲/۵	۲۵	۴	ناحیه خستگی کم (نمرات بین ۰/۶۶ تا ۲/۳۶)
	۵	۳۱/۳	۴۳/۸	۷	ناحیه خستگی متوسط (نمرات بین ۲/۳۷ تا ۳/۸۸)
	۰	۰	۳۱/۳	۵	ناحیه خستگی شدید (نمرات بیش تر و مساوی ۳/۸۹)
	۱۶	۱۰۰	۱۶	۱۰۰	کل

جدول (۳) - فراوانی شاخص خواب آلودگی قبل و بعد از تغییر روشنایی

P value	بعد از تغییر روشنایی		قبل از تغییر روشنایی		شاخص ها
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
۰/۰۰۱	۰	۰	۰	۰	۱. به شدت هوشیار
	۱	۶/۳	۰	۰	۲. خیلی هوشیار
	۵	۳۱/۳	۶/۳	۱	۳. هوشیار
	۵	۳۱/۳	۶/۳	۱	۴. نسبتاً هوشیار
	۴	۲۵	۳۷/۵	۶	۵. نه هوشیار نه خواب آلود
	۱	۶/۳	۴۳/۸	۷	۶. نشانه هایی از خواب آلودگی
	۰	۰	۶/۳	۱	۷. خواب آلود، بدون نیاز به تلاش برای بیدار ماندن
	۰	۰	۰	۰	۸. خواب آلود، نیاز به کمی تلاش برای بیدار ماندن
	۰	۰	۰	۰	۹. خیلی خواب آلود، نیاز به تلاش زیاد برای بیدار ماندن
	۱۶	۱۰۰	۱۶	۱۰۰	کل

تغییر روشنایی اثرگذار بوده و ارتباط معنی داری را قبل و بعد از طراحی نشان می دهند ($P < 0.05$). در آخر نمرات پرسش نامه ارزیابی رضایت از روشنایی مورد بررسی قرار گرفت. جدول (۵) فراوانی و درصد پاسخ به سوالات پرسش نامه را نشان می دهد. همان گونه که این جدول بیان می کند، شرکت کنندگان در مطالعه قبل و بعد از تغییر روشنایی به سوالات پاسخ بلی یا خیر داده اند و به غیر از سوالات ۳ (این اتاق خیلی روشن به نظر می رسد)، ۱۰ (چراغ های تعبیه شده در سقف خیلی روشن هستند)، ۱۳ (روشنایی این اتاق خیلی گرم است) و ۱۴ (روشنایی این اتاق خیلی سرد است). بقیه سوالات اختلاف معنی داری را در دو طراحی نشان می دهند ($P < 0.05$).

بحث

در این مطالعه به منظور بررسی تاثیر دو سیستم روشنایی بر عواملی مانند خستگی چشمی، خواب آلودگی، بارکاری و رضایت از روشنایی، ۱۶ نفر از کارکنان اتاق کنترل نیروگاه برق در شیفت های ۱۲ ساعته روز مورد بررسی قرار گرفتند. خستگی چشمی با تغییر منبع روشنایی به صورت معنی داری کاهش یافت به طوری که در ناحیه خستگی شدید بعد از تغییر روشنایی هیچ یک از افراد اظهار خستگی

در جدول (۳) مقادیر شاخص کلی خواب آلودگی افراد قبل و بعد از مداخله در روشنایی نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل شده و آزمون آماری صورت گرفته، تغییر روشنایی باعث افزایش هوشیاری افراد شده و شاخص خواب آلودگی قبل و بعد از تغییر روشنایی اختلاف معنی داری را نشان می دهد ($P < 0.05$).

بارکاری با استفاده از پرسش نامه TASA- TLX ارزیابی شد که در هر بخش نمره بالاتر نشان از بارکاری بیش تر می باشد. جدول (۴) میانگین و انحراف معیار هر بخش را دو حالت روشنایی مورد مطالعه نشان می دهد. همان طور که جدول (۵) نشان می دهد قبل از تغییر روشنایی بیش ترین نمره مربوط به بخش عمل کرد با میانگین ۷۶/۲۵ و انحراف معیار ۱۸/۷۵ و بعد از تغییر روشنایی بخش عمل کرد با میانگین ۸۵/۶۳ و انحراف معیار ۱۳/۰۲ می باشد. هم چنین کم ترین نمره قبل از تغییر روشنایی مربوط به بخش ناامیدی با میانگین ۳۵/۶۳ و انحراف معیار ۲۸/۹۱ و بعد از تغییر روشنایی مربوط به همان بخش با میانگین ۲۵ و انحراف معیار ۲۰/۸۹ می باشد. آزمون آماری درخصوص اثرگذاری تغییر روشنایی صورت گرفته بر نمرات بارکاری افراد نشان می دهد که تنها در دو بخش بارکاری ذهنی و تلاش

جدول (۴) - میانگین و انحراف معیار بارکاری قبل و بعد از تغییر روشنایی

P value	بعد از تغییر روشنایی		قبل از تغییر روشنایی		معیارهای بارکاری
	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	
< ۰/۰۰۱	۱۷/۴۰	۵۱/۸۸	۲۳/۱۵	۷۰/۶۳	۱. بارکاری ذهنی
۰/۵۷۵	۱۴/۹۴	۳۷/۵۰	۱۸/۰۶	۴۰/۶۳	۲. نیاز فیزیکی
۰/۲۴۰	۲۲/۷۹	۵۳/۱۳	۲۹/۶۵	۶۱/۸۸	۳. نیاز زمانی
۰/۰۳۰	۱۳/۲۲	۵۹/۶۹	۱۶/۶۲	۷۱/۸۸	۴. تلاش
۰/۱۶۳	۱۳/۰۲	۸۵/۶۳	۱۸/۷۵	۷۶/۲۵	۵. عمل کرد
۰/۱۸۱	۲۰/۸۹	۲۵	۲۸/۹۱	۳۵/۶۳	۶. نمره ناامیدی

جدول (۵) - فراوانی و درصد پاسخ به سوالات ارزیابی رضایت از روشنایی قبل و بعد از تغییر روشنایی

P value	بعد از تغییر روشنایی		قبل از تغییر روشنایی		سوالات پرسش نامه	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد		
< ۰/۰۰۱	۱۰۰	۱۶	۳۱/۳	۵	بلی	۱. من این روشنایی را دوست دارم.
	۰	۰	۶۸/۸	۱۱	خیر	
< ۰/۰۰۱	۱۰۰	۱۶	۳۱/۳	۵	بلی	۲. به طور کلی روشنایی در این اتاق راحت است. (با این روشنایی احساس راحتی می کنم).
	۰	۰	۶۸/۸	۱۱	خیر	
۰/۶۵۷	۲۵	۴	۲۵	۴	بلی	۳. این اتاق خیلی روشن به نظر می رسد.
	۷۵	۱۲	۷۵	۱۲	خیر	
۰/۰۰۹	۰	۰	۳۷/۵	۶	بلی	۴. این اتاق خیلی تاریک به نظر می رسد.
	۱۰۰	۱۶	۶۲/۵	۱۰	خیر	
< ۰/۰۰۱	۰	۰	۶۸/۸	۱۱	بلی	۵. نور کافی برای انجام وظایف مختلف وجود ندارد.
	۱۰۰	۱۶	۳۱/۳	۵	خیر	
< ۰/۰۰۱	۱۰۰	۱۶	۱۸/۸	۳	بلی	۶. نور زیادی برای انجام وظایف مختلف وجود دارد.
	۰	۰	۸۱/۳	۱۳	خیر	
۰/۰۰۶	۱۸/۸	۳	۶۸/۸	۱۱	بلی	۷. روشنایی به خوبی در اتاق توزیع نشده است.
	۸۱/۳	۱۳	۳۱/۳	۵	خیر	
۰/۰۰۱	۰	۰	۵۰	۸	بلی	۸. روشنایی در این اتاق باعث ایجاد سایه های زیادی شده است.
	۱۰۰	۱۶	۵۰	۸	خیر	
۰/۰۰۳	۰	۰	۴۳/۸	۷	بلی	۹. بازتاب نور در این اتاق مرا از کار کردن درست باز می دارد.
	۱۰۰	۱۶	۵۶/۳	۹	خیر	
۰/۵	۱۸/۸	۳	۲۵	۴	بلی	۱۰. چراغ های تعبیه شده در سقف خیلی روشن هستند.
	۸۱/۳	۱۳	۷۵	۱۲	خیر	
۰/۰۲۲	۰	۰	۳۱/۳	۵	بلی	۱۱. پوست من زیر این نور غیر طبیعی به نظر می آید.
	۱۰۰	۱۶	۶۸/۸	۱۱	خیر	
۰/۰۰۳	۰	۰	۴۳/۸	۷	بلی	۱۲. من سوسو زدن نور را در این اتاق احساس می کنم.
	۱۰۰	۱۶	۵۶/۳	۹	خیر	
۰/۲۴۲	۰	۰	۱۲/۵	۲	بلی	۱۳. روشنایی این اتاق خیلی گرم است.
	۱۰۰	۱۶	۸۷/۵	۱۴	خیر	
۰/۱۴۳	۳۱/۳	۵	۵۶/۳	۹	بلی	۱۴. روشنایی این اتاق خیلی سرد است.
	۶۸/۸	۱۱	۴۳/۸	۷	خیر	

چشمی در این شرایط باشد که با تغییر روشنایی در شرایط دوم میزان خستگی بهبود یافت. در اتاق کنترل تقریباً تمام زمان کاری افراد در حال کار با پایانه های تصویری (VDT) می باشند. دهقانی و همکاران در مطالعه ای به بررسی تاثیر کار با رایانه بر خستگی چشمی پرداختند. طبق نتایج مطالعه ذکر شد که کار با رایانه باعث خستگی چشمی، خشکی چشم و تغییر در مهارت تمرکز چشمی می گردد

نکردند. تغییرات یا نوسانات در فاصله دید به منظور ایجاد تطابق چشم نیازمند تغییر در اندازه عدسی چشم توسط عضلات کره به منظور ایجاد دید واضح، یکی از دلایل خستگی چشم می باشد (۱۹). در این مطالعه شرایط اولیه روشنایی به گونه ای بود که افراد برای انجام کارها مجبور بودند فاصله خود را از سطح کار تغییر دهند که سبب تغییر در تطابق چشمی می گردید و می تواند علت گزارش بیش تر خستگی

سلول های گانگلیون در چشم سبب کاهش تولید ملاتونین در غده پینه آل شده که باعث افزایش هوشیاری می شود (۳۴). طبق بررسی انجام شده روی طیف خروجی لامپ LED و لامپ فلوروسنت، شدت نور آبی در طیف خروجی LED بیش تر بود که می تواند یکی از دلایل کاهش معنادار میزان خواب آلودگی پس از تغییر روشنایی در این مطالعه باشد.

برای بررسی ارتباط بین بار کاری و تغییر در روشنایی از پرسش نامه بار کاری ناسا استفاده شد. در این مطالعه با تغییر روشنایی در شرایط روشنایی دوم (بعد از مداخله) بین بار کاری ذهنی و تلاش (Effort) ارتباط آماری معنی داری وجود داشت؛ به طوری که با تغییر روشنایی در شرایط دوم میزان بار کاری ذهنی و تلاش کاهش یافته بود. بین سایر ابعاد بار کاری و مداخله روشنایی ارتباط آماری معنی داری وجود نداشت. در مطالعه ای که Jie Xu و همکاران بر روی ارتباط بین کار شناختی و تغییرات روشنایی انجام دادند، نشان داده شد که با تغییر روشنایی میزان بارکاری شناختی تغییر می کند و بار کاری باید تحت شرایط نوری مختلف اندازه گیری شود (۳۵). در سال ۲۰۱۰، یک مطالعه Yi Tseng نشان داد که با مداخله در روشنایی محیط کار، بار کاری ذهنی کاربران رایانه کاهش می یابد که هم سو با مطالعه حاضر می باشد (۳۶).

Sundstrom در سال ۱۹۸۶، بیان کرد که کارمندان در روشنایی ۴۰۰ لوکس بیش ترین میزان رضایت را دارند (۳۷) و با افزایش روشنایی، رضایت کارکنان بیش تر می شد. هم چنین استفاده از لامپ هایی که میزان سوسو زدن بالایی دارند در کارمندان سبب سردرد می شود (۳۸). در مطالعه حاضر، مداخله در روشنایی محیط و استفاده از لامپ

(۳۲). مطالعه حاضر نیز نشان می دهد که اگرچه با تغییر روشنایی میزان خستگی چشمی بهبود یافت اما هنوز هم به علت کار مداوم با رایانه این خستگی وجود دارد. هم چنین مطالعه ای که توسط Linhart و همکاران انجام شد نشان داد که بعد از تغییر در میزان روشنایی میزان خستگی چشمی کاهش می یابد که هم جهت با نتایج این مطالعه می باشد (۲۶). با توجه به نتایج جدول شماره (۳)، شاخص خواب آلودگی افراد با تغییر روشنایی (بعد از مداخله) به طور معنی داری کاهش پیدا کرد که نشان دهنده تاثیر تغییر روشنایی محیط بر روی هوشیاری کارکنان می باشد. تغییر در شدت روشنایی یکی از عواملی است که با تاثیر بر روی عمل کردهای شناختی و بهبود کارایی مغزی می تواند بر میزان هوشیاری افراد موثر باشد. در مطالعه ای که توسط Huiberts و همکاران در سال ۲۰۱۵ به منظور بررسی تاثیر میزان شدت روشنایی بر روی برخی عوامل از جمله هوشیاری افراد انجام شد، مشخص گردید که شدت نور بیش تر می تواند به عنوان یک محرک در محیط کار به منظور افزایش هوشیاری به کار برده شود (۳۳). با توجه به نتایج مطالعه حاضر، سیستم روشنایی جدید که در آن از لامپ های LED استفاده شد و طبق اندازه گیری ها شدت روشنایی بیش از ۴۲۰ لوکس را تولید کرد، نسبت به روشنایی شرایط اولیه که ۲۱۰ لوکس روشنایی تولید می کرد، باعث کاهش اظهار خواب آلودگی افراد بعد از انجام مداخله شد که هم سو با نتایج مطالعه Huiberts و همکاران می باشد. از طرف دیگر مطالعات متعددی از جمله مطالعه معتمدزاده و همکاران اثبات کرده اند که رنگ آبی باعث کاهش خواب آلودگی می گردد. نور آبی (طول موج ۴۵۰ تا ۴۹۵ نانومتر) با تحریک

های LED سبب افزایش رضایت کارکنان از میزان روشنایی و مناسب بودن روشنایی (سوال یک و دو پرسش نامه ارزیابی میزان رضایت از روشنایی) شد و نیز روشنایی محیط در شرایط دوم ۴۲۰ لوکس بود که برطبق مطالعات انجام شده، شرایط نوری بهتری برای انجام کار و رضایت کارکنان می باشد.

نتیجه گیری

نتایج مطالعه نشان داد که با یکسان در نظر گرفتن دمای رنگ نور (۴۰۰۰ کلوین)، در روشنایی حدود ۴۰۰ لوکس افراد از روشنایی رضایت کامل دارند و در آن نور احساس راحتی بیش تری نسبت به روشنایی حدود ۲۰۰ لوکس می کنند. هم چنین میزان تلاش و بار کاری ذهنی کم تری در شدت روشنایی بیش تر بر افراد تحمیل می گردد. از طرف

دیگر با تاثیر شدت روشنایی بیش تر، میزان خواب آلودگی افراد کاهش می یابد و تلاش ذهنی کم تری برای حفظ هوشیاری نیاز است. به علت کاهش سایه های تیره و بهبود شدت روشنایی در شدت روشنایی بیش تر، میزان خستگی چشمی کم تری مشاهده می شود. به طور کلی می توان گفت استفاده موضعی از لامپ های LED به علت طیف رنگی وسیع تر، ایجاد خیرگی کم تر و عمر مفید طولانی تر در ترکیب با لامپ های فلوروسنت می تواند باعث بهبود شرایط کاری در اتاق کنترل گردد. سیستم روشنایی ترکیبی فلوروسنت و LED با شدت روشنایی ۴۰۰ لوکس می توانند شرایط عمل کردی و ذهنی مناسبی برای اپراتورهای اتاق کنترل ایجاد کند. توصیه می گردد در اتاق های کنترل استفاده از سیستم های ترکیبی مبتنی بر لامپ های LED مورد توجه بیش تری قرار گیرد.

REFERENCES

- ZarrNezhad A, Jabbari M, Keshavarzi M. Identification of the human errors in control room operators by application of HEIST method (case study in an oil company). *Iran Occupational Health*. 2013;10(2):11-23.
- Lin CJ, Yenn T-C, Jou Y-T, Hsieh T-L, Yang C-W. Analyzing the staffing and workload in the main control room of the advanced nuclear power plant from the human information processing perspective. *Safety science*. 2013;57:161-8.
- Shirali G, Dibeh Khosravi A, Hosseinzadeh T, Fathi A, Hame Rezaee M, Hamzeiyan Ziariani M. Using the human information-processing model and workload to predict staffing demand: A case study in a petrochemical control room. *Journal of Ergonomics*. 2014;2(3):70-6.
- Ghalenoee M, Asilian H, Mortazavi SB, Varmziar S. Human error analysis of control room operators using the HEART technique in a petrochemical complex (persian). *The First International Ergonomic Conference of Iran: Association of Ergonomics and Human Engineering*; 2009.
- Zare A, Yazdani Rad S, Dehghani F, Omid F, Mohammadfam I. Assessment and analysis of studies related human error in Iran: A systematic review (persian). *Journal of Health and Safety at Work*. 2017;7(3):267-78.
- Borgheipour H, Mohamadfam I, Narenji

- MA Assessing and Comparing Human Errors in Technical operations in Petroleum Wells using Extended CREAM Technique. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2017;9(3):132-41.
7. Jafari M, Haji Hoseini A, Halvani GH, Mehrabi Y, Ghasemi M. Prediction and Analysis of Human Errors in Operators of Control Rooms at 400 kV Posts and the Effectiveness of the Proposed Measures. *Iran Occupational Health*. 2012;9(3):60-71.
 8. Nejad NSG, Nasirzadeh N. Human Errors in a Syringe Factory in Urmia Using PHEA. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016;9(30).
 9. McCafferty DB. Successful system design through integrating engineering and human factors. *Process Safety Progress*. 1995;14(2):147-51.
 10. Hamzeiyan M, Mazloomi A, Ziaee M, Jahangiri M. Relationship between control styles and performance reliability (persian). *The 7th National Conference on Occupational Health: Qazvin University of Medical Sciences*; 2012.
 11. Berry KA, Stringfellow PF, Shappell SA, editors. Examining error pathways: An analysis of contributing factors using HFACS in non-aviation industries. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*; 2010: SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
 12. de Korte EM, Spiekman M, Hoes-van Oeffelen L, van der Zande B, Vissenberg G, Huiskes G, et al. Personal environmental control: Effects of pre-set conditions for heating and lighting on personal settings, task performance and comfort experience. *Building and Environment*. 2015;86:166-76.
 13. Smolders KCHJ, de Kort YAW. Bright light and mental fatigue: Effects on alertness, vitality, performance and physiological arousal. *Journal of Environmental Psychology*. 2014;39:77-91.
 14. HABIBI E, DEHGHAN H, YAZDANIRAD S, LOTFI S, HASSANZADEH A. The Impact of Lighting on Accuracy and Pace of Working among Men Student by Tests of Job Skill Assessment under Experimental Condition. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2017;9(1):33-7.
 15. Wolska A. Visual Strain and Lighting Preferences of VDT Users Under Different Lighting Systems. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2003;9(4):431-40.
 16. Kuller R, Ballal S, Laike T, Mikellides B, Tonello G. The impact of light and colour on psychological mood: a cross-cultural study of indoor work environments. *Ergonomics*. 2006;49(14):1496-507.
 17. LIN CJ, FENG W-Y, CHAO C-J, TSENG F-Y. Effects of VDT Workstation Lighting Conditions on Operator Visual Workload. *Industrial Health*. 2008;46:105-11.
 18. Juslén H, Tenner A. Mechanisms involved in enhancing human performance by changing the lighting in the industrial

- workplace. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2005;35(9):843-55.
19. Ukai K, Howarth PA. Visual fatigue caused by viewing stereoscopic motion images: Background, theories, and observations. *Displays*. 2008;29(2):106-16.
 20. Hygge S, Knez I. Effects of noise, heat and indoor lighting on cognitive performance and self-reported affect. *Journal of Environmental Psychology*. 2001;21(3):291-9.
 21. Yam F, Hassan Z. Innovative advances in LED technology. *Microelectronics Journal*. 2005;36(2):129-37.
 22. Hawes BK, Brunyé TT, Mahoney CR, Sullivan JM, Aall CD. Effects of four workplace lighting technologies on perception, cognition and affective state. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2012;42(1):122-8.
 23. DIN EN 12464-1. Lighting of work place part 1: indoor work places 2003.
 24. Boyce PR. Human factors in lighting. Macmillan, editor. New York 2003.
 25. Eklund NH, Boyce PR. The Development of a Reliable, Valid, and Simple Office Lighting Survey. *Journal of the Illuminating Engineering Society*. 1996;25(2):25-40.
 26. Linhart F, Scartezzini J-L. Evening office lighting—visual comfort vs. energy efficiency vs. performance? *Building and Environment*. 2011;46(5):981-9.
 27. Rajabi-Vardanjani H, Habibi E, Pourabdian S, Dehghan H, Maracy MR. Designing and Validation a Visual Fatigue Questionnaire for Video Display Terminals Operators. *International journal of preventive medicine*. 2014;5(7):841.
 28. Mazloumi A, Nasl Saraji J, Gharagozlou F, Azam K. Assessment of mental workload Air Traffic Controllers based on task load factors in Air Traffic Control simulator. *Iran Occupational Health*. 2016;13(4):39-48.
 29. Yousef Zade A, Mazloumi A, Abbasi M, Akbar Zade A. Investigating the relationship between cognitive failures and workload among nurses of Imam Khomeini and Vali-e-Asr hospitals in Tehran. *Journal of Health and Safety at Work*. 2016;6(2):57-68.
 30. Mazloum A, Kumashiro M, Izumi H, Higuchi Y. Quantitative overload: a source of stress in data-entry VDT work induced by time pressure and work difficulty. *Industrial health*. 2008;46(3):269-80.
 31. Kaida K, Takahashi M, Åkerstedt T, Nakata A, Otsuka Y, Haratani T, et al. Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables. *Clinical Neurophysiology*. 2006;117(7):1574-81.
 32. Dehghani A, Tavakoli M, Akhlaghi M, Sari-Mohammadli M, Masjedi M, Riahi M. Ocular symptoms and signs in professional video-display users. *BINA*. 2007;12(3):331-36.
 33. Huiberts LM, Smolders KCHJ, de Kort YAW. Shining light on memory: Effects of bright light on working memory performance. *Behavioural Brain Research*. 2015;294:234-45.
 34. Motamedzade M, Golmohammadi R, Kazemi R, Heidarimoghaddam R. the effect of blue-enriched white light on cognitive performances

- and sleepiness of night-shift workers: a field study. *physiology and behavior*. 2017;177.
35. Xu J, Wang Y, Chen F, Choi E. Pupillary response based cognitive workload measurement under luminance changes. *Human-Computer Interaction-INTERACT* 2011. 2011:178-85.
36. Tseng F-Y, Chao C-J, Feng W-Y, Hwang S-L. Assessment of human color discrimination based on illuminant color, ambient illumination and screen background color for visual display terminal workers. *Industrial health*. 2010;48(4):438-46.
37. Sundström E, Sundström MG. *Work places: The psychology of the physical environment in offices and factories*: CUP Archive; 1986.
38. Bridger R. *Introduction to ergonomics*: Crc Press; 2008.

The effect of increased light intensity on workload, sleepiness, eye fatigue, and the degree of satisfaction of individuals from the light conditions in the control room of a power plant

Asma Zare¹, Mahdi Malakouti Khah², Ehsan Garosi³, Seifollah Gharib¹, Sayed Abolfazl Zakerian⁴

¹ M.Sc., Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health Engineering, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² M.Sc., Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

³ M.Sc., Ergonomics, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Occupational Hygiene, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Control room is one of the most important working environments that require optimal performance of individuals to minimize errors. Lighting is one of the environmental factors affecting the operation of the control room operators. Providing optimal lighting in the control room is very important. The purpose of this study was to determine the effect of light on workload, sleepiness, eye fatigue, and satisfaction of individuals from light conditions.

Material and Method: This was an interventional study conducted in a control room of a power plant. Intervention in the control room lighting was performed with two lighting systems including fluorescent lamps (4000 Kelvin, 200 lux) and LED lamps (4,000 Kelvin, 400 lux). Sixteen operators were evaluated under the two lighting systems in terms of workload, sleepiness, eye fatigue and satisfaction of individuals from light conditions.

Result: According to the results, eye fatigue significantly decreased after intervention ($p < 0.004$). Also, the higher light intensity, significantly decreased the level of sleepiness ($p < 0.001$). In the study of workload, the amount of mental workload ($p < 0.001$) and effort ($p < 0.03$) decreased significantly, after intervention and the increase in the intensity of light; but physical demand, temporal demand, performance and frustration had no significant difference with the results before intervention.

Conclusion: In general, a combination of fluorescent and LED lighting systems, with 400 lux intensity, can provide optimal functional and mental conditions for control room operators. The illumination intensity of 400 lux in terms of workload, sleepiness, eye fatigue and the degree of satisfaction of individuals from light conditions provides a much better environmental condition than 200 lux.

Key words: Lighting, Control Room, Workload, Sleepiness, Visual Fatigue, Satisfaction of Light

* Corresponding Author Email: zakerian@tums.ac.ir