

بررسی اثرات روشنایی بر عملکرد روانی و شناختی انسان – یک مطالعه مروری ساختار یافته

رستم گلمحمدی^۱، محسن مهدی نیا^۲، رضا شهیدی^۲، ابراهیم درویشی^{۲*}

^۱ استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

^۲ دانشجوی دکترا، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* نویسنده مسئول: ابراهیم درویشی، دانشجوی دکترا، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. ایمیل: darvishi.hse@gmail.com

DOI: 10.21859/joe-05026

چکیده

مقدمه: روشنایی بسیاری از عملکردهای غیربصری از قبیل ریتم سیرکادین، هوشیاری، دمای مرکزی بدن، ترشح هورمون‌ها و خواب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا هدف مطالعه حاضر بررسی اثرات روشنایی بر عملکرد روانی و شناختی در قالب یک مطالعه مروری ساختار یافته بود.

روش کار: به منظور دسترسی به مقالات جستجو از پایگاه‌های اطلاعاتی شامل Scopus, ISI Web of Knowledge, PubMed و Science Direct انجام شد. این جستجو با استفاده از کلید واژه‌های "Lighting" و "Illumination" با "Cognitive Performance", "Mental Performance", "Memory", "Attention", "Concentration" بر اساس عنوان، کلید واژه و چکیده مقالات منتشر شده در پایگاه‌های اطلاعاتی مذکور از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ صورت گرفت.

یافته‌ها: روشنایی در سه حیطه روانشناختی (شامل آسایش دیداری، ادراک بصری، تشخیص رنگ، شناسایی نمادها، توجه، حافظه کاری، یادگیری، زمان واکنش و عملکرد مغزی)، حیطه بیولوژیکی (شامل هوشیاری، خلق و خو، شادابی و نشاط، احساس ذهنی، انگیزش و رفاه و کیفیت خواب) و حیطه بار روانی (میزان بار کاری، تنش روانی، خستگی ذهنی) بر عملکرد شناختی انسان اثرگذار است. بهترین نور در تنظیم فرآیندهای روانی، بیولوژیکی (ریتم سیرکادین) و شناختی، نور روز روشن و درخشان در ساعات صبح با طول موج کوتاه (طول موج ۴۸۰-۴۲۰ نانومتر) و شدت بالا (۱۰۰۰ لوکس) است. نتیجه گیری: طراحی روشنایی مصنوعی باید به گونه‌ای صورت بگیرد که علاوه بر آسایش و نیازهای بصری، بتواند نیازهای غیر بصری و شناختی از قبیل توجه، هوشیاری، خلق و خو، کیفیت مناسب خواب و کاهش خستگی ذهنی و در نهایت رفاه را نیز تأمین نماید.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۹

واژگان کلیدی:

روشنایی

عملکرد روانی

عملکرد شناختی

مطالعه مروری

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه

علوم پزشکی همدان محفوظ است.

مقدمه

در دهه‌های گذشته مطالعات مختلف نشان داده‌اند که شرایط مختلف روشنایی بطور قابل ملاحظه‌ای بسیاری از عملکردهای غیر بصری شامل مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و روانی و فرایندهای بیولوژیکی-شناختی از قبیل ریتم سیرکادین، هوشیاری، دمای مرکزی بدن، ترشح هورمون‌ها و خواب را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱، ۲]. بنابراین روشنایی یک عامل قدرتمند و تنظیم کننده سیستم سیرکادین بدن انسان با محیط است [۲]. کلیه اثرات روشنایی بر بدن از طریق سیستم بینایی صورت می‌گیرد. در شبکه چشم انسان، علاوه بر گیرنده‌های میله‌ای و مخروطی در فرآیند بینایی، ذاتاً سلولهای گانگلیونی حساس به نور در شبکه وجود دارند که اطلاعات نور را از طریق دستگاه

رتینوهیپوتالامیک به دستگاه تنظیم کننده سیرکادین در مغز و هسته سوپراکیاسماتیک هیپوتالاموس ارسال می‌کنند [۳-۶]. در این مسیر سلولهای گانگلیونی نقش عمده‌ای در هماهنگ سازی ریتم سیرکادین و چرخه تاریکی و روشنایی دارند [۷]. با وجود اطلاعات کامل در مورد خواص طیفی گیرنده‌های میله‌ای و مخروطی در شبکه اما هنوز اینکه چه مقدار شرایط روشنایی می‌تواند منجر به تغییر عملکرد شناختی گردد مشخص نیست [۸]. بررسی‌ها نشان می‌دهد مقادیر مختلف شدت روشنایی و دمای رنگ به عنوان دو پارامتر بسیار مهم در روشنایی، اثرات روحی و روانی مختلفی در انسان ایجاد می‌کنند [۹]. اثرات مستقیم نور بر روی سیستم عصبی انسان به تغییرات آنی در برانگیختگی

مقالات بدون هیچ گونه نظر سوگرایانه انتخاب شده‌اند. برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از ۴ پایگاه الکترونیکی در دسترس شامل ISI Web of Knowledge، Scopus، PubMed و Science Direct استفاده و جستجو با استفاده از کلید واژه‌های "Lighting"، "Illumination" و "Cognitive Performance"، "Memory"، "Attention"، "Concentration" انجام شد. در هر مرحله مقالات جستجو شده در هر پایگاه به نرم‌افزار Endnote وارد شد. در مرحله اول در مجموع ۲۵۱ مستند که با توجه به عنوان مرتبط با موضوع بودند به نرم‌افزار End note وارد شدند. در مرحله دوم با توجه به چهارچوب انتخاب شده برای مطالعه مبنی بر بررسی مطالعات منتشر شده از سال ۲۰۱۰ و بعد از آن، مستندات مربوط به قبل از این دوره حذف گردید و ۱۴۲ مستند باقی ماند. از آنجا که بسیاری از مستندات یافت شده در پایگاه‌های مختلف نمایه می‌شوند در نتیجه وجود مقاله‌های تکراری در جستجوها اجتناب ناپذیر بود. بنابراین در مرحله سوم مستندات تکراری دریافتی از چهار پایگاه استنادی حذف گردید و در نتیجه ۶۹ مستند برای بررسی در مرحله بعد باقی ماند. در مرحله بعد ابتدا چکیده این مقاله‌ها برای بررسی اولیه و انتخاب مقاله‌های مرتبط با موضوع استفاده شد و چکیده تمامی مقاله‌ها توسط تیم سه نفره مورد مطالعه دقیق قرار گرفت و ۹ مقاله که از چکیده آنها مشخص شد ارتباطی با موضوع نداشتند حذف گردید. همچنین بر اساس تصمیم تیم تحقیق مبنی بر بررسی مقاله‌های منتشر شده در مجله‌های علمی، گزارش‌های علمی و مقاله‌های ارائه شده در کنفرانس‌ها حذف گردید و بنابراین در این مرحله نیز ۸ مستند حذف شد. در گام بعدی اقدام به دریافت فایل کامل مقاله‌های باقی مانده شد که امکان دسترسی به متن کامل ۹ مقاله فراهم نشد و از ادامه فرایند بررسی خارج شدند. همچنین ۲ مقاله نیز به دلیل زبان نگارش غیر از انگلیسی یا فارسی، حذف شدند. در بررسی متن کامل مقاله‌ها نیز مشخص شد که ۹ مقاله از نظر هدف و نتایج مطالعه ارتباط نزدیکی با موضوع مورد بحث ندارند و بنابراین این مقاله‌ها نیز حذف شدند. دیاگرام فرایند انتخاب مطالعات در [تصویر ۱](#) نشان داده شده است.

در نهایت ۳۲ مقاله به مطالعه وارد شد و به طور دقیق توسط تیم تحقیق مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت و اطلاعات مورد نظر از آنها استخراج و در پایگاه داده آماده شده وارد شد. اطلاعات استخراج شده در این مرحله شامل سال و نام نویسندگان، گروه هدف و خصوصیات آنها، تعداد نمونه در هر مطالعه، متغیرهای مستقل و وابسته مورد بررسی و نوع آزمون مورد استفاده در مطالعه و نتایج مطالعه بود.

فیزیولوژیک برمی‌گردد، درحالی‌که اثرات تغییر فاز به تغییرات زمانی در ریتم سیرکادین مربوط می‌شود [۱۰]. علاوه بر اثرات فیزیولوژیکی، مطالعات نشان داده‌اند که قرار گرفتن در معرض سطوح روشنایی بالاتر می‌تواند به افزایش هوشیاری، ادراک و عملکرد بهتر منجر شود [۱۱]. با این حال، تجربه خستگی و کاهش منابع در طول روز، حتی در صورت عدم محرومیت از خواب ممکن است اتفاق بیفتد. مطالعات مختلفی نشان داده‌اند ویژگی‌های محیطی از فضای کاری می‌تواند بر سطح تجربه افراد از خستگی ذهنی، سطح نشاط و عملکرد اثر بگذارد و روشنایی یکی از ویژگی‌های بالقوه محیط کار است که تأثیر زیادی بر سلامت روانی، رفتار و عملکرد کارکنان دارد [۱۱]. علاوه بر این رنگ و نوع منبع نور می‌تواند در طول ساعات کار به طور منظم بر هوشیاری، عملکرد و ریکواری کارکنان تأثیر بگذارد [۱۲]. بسیاری از این مطالعات اثر شدت نور در شرایط خستگی نسبتاً بالا و خواب را بررسی کرده‌اند. مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مواجهه با سطوح بالاتر روشنایی در شب منجر به سطوح پایین‌تر ترشح ملاتونین، افزایش انگیزختگی فیزیولوژیک، سطح بالاتر هوشیاری ذهنی و بهبود توجه و عملکرد شناختی می‌شود [۱۳]. همچنین اثرات سودمند دیگر روشنایی، قرار گرفتن در معرض نور درخشان در طول روز برای افرادی که محرومیت خواب قابل توجهی داشته‌اند را نشان داده است [۱۴]. علاوه بر این، مطالعات اخیر نشان داده‌اند که حتی در غیاب خواب و محرومیت از نور، قرار گرفتن در معرض روشنایی بالاتر در سطح چشم می‌تواند افزایش هوشیاری ذهنی، نشاط، انگیزختگی فیزیولوژیک و بهبود عملکرد و توجه در کار را موجب شود [۱۵]. بر پایه مطالعات قبلی، روشنایی به عنوان پارامتر اصلی مؤثر بر درک، پردازش و عملکرد شناختی افراد محسوب می‌شود. با توجه به ادعاهای مطرح و مطالعات قبلی مبنی بر اثرات غیر بصری نور و اهمیت این اثرات به ویژه در محیط‌های شغلی و ارتباط آنها با تنظیم برنامه‌های شغلی و نیز با توجه به یافته‌های حاصل از مطالعات انجام شده مبنی بر اهمیت نور در محیط کار، هدف مطالعه حاضر بررسی اثرات روشنایی بر عملکرد روانی و شناختی انسان در قالب یک مطالعه مروری ساختاریافته بود.

روش کار

این مطالعه به روش مروری به بررسی اثرات روشنایی بر عملکرد ذهنی و شناختی انسان پرداخته است. در این مطالعه، مقالات آزمایشگاهی و اپیدمیولوژیکی که به بررسی اثر روشنایی بر عملکرد ذهنی و شناختی پرداخته و از سال ۲۰۱۰ و بعد از آن منتشر شده است مورد بررسی قرار گرفته است.

معیارهای ورودی مطالعه

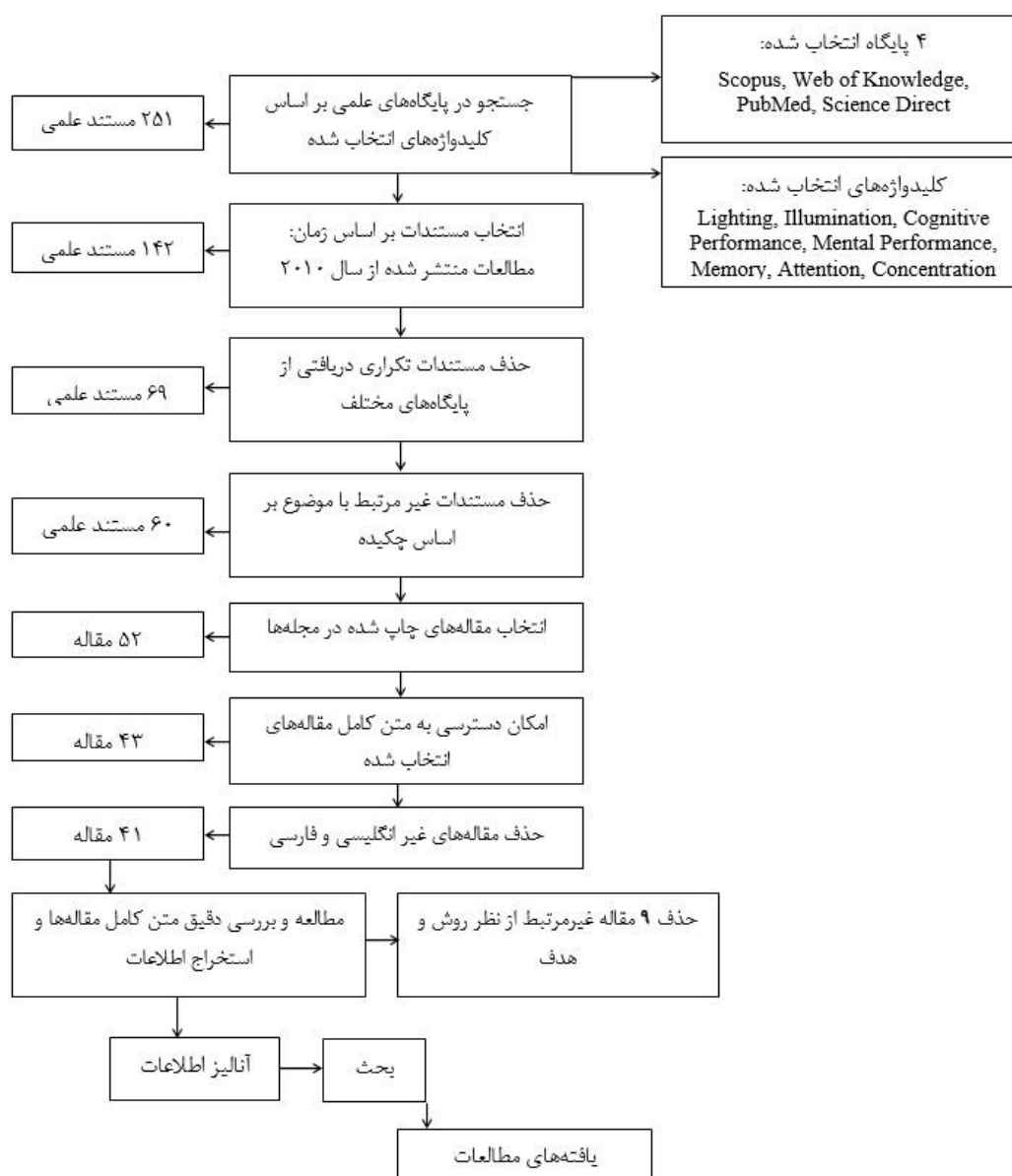
در این مطالعه مواجهه با نور و ویژگی‌های روشنایی شامل طیف و دمای رنگ، شدت روشنایی، توزیع روشنایی و درخشندگی به عنوان متغیرهای مستقل و ورودی و متغیرهای توجه، ادراک بصری، حافظه کاری، عملکرد شناختی، هوشیاری، خواب‌آلودگی، نشاط، خلق‌وخوی، احساس ذهنی، خستگی ذهنی، عملکرد مغزی، زمان واکنش و آسایش به عنوان متغیرهای وابسته مورد بررسی قرار گرفت. هر یک از مقالات بررسی شده چندین متغیر مربوط به عملکرد شناختی را مورد بررسی قرار داده‌اند، از این رو نتایج مقالات بررسی شده از اثرات روشنایی بر عملکرد روانی-شناختی بر انسان در

۳ حیطه اثرات روانشناختی، اثرات زیست‌شناختی و اثرات روانی بر طبق [جدول ۱](#) طبقه‌بندی و بررسی شد.

یافته‌ها

روشنایی و اثرات روانشناختی (Psycho Cognitive)

فرایندها و عملکردهای روانشناختی (ذهنی) شامل مطالعه فرایندهای ذهنی مانند ادراک، توجه، هوشیاری، حافظه، قضاوت، تفکر، یادگیری، حل مسئله و تصمیم‌گیری و واکنش است. از ۳۲ مطالعه بررسی شده ۲۱ مطالعه اثرات روانشناختی را مورد بررسی قرار داده بودند. مطالعات مربوط به اثرات روانشناختی روشنایی در [جدول ۲](#) به تشریح بیان شده است.



تصویر ۱: روند انجام مطالعه مروری اثرات روشنایی بر عملکرد روانی-شناختی

جدول ۱: معیارهای انتخاب برای گنجانیدن مقاله‌های مربوط به اثرات روشنایی بر عملکرد روانی بر اساس متغیرهای مورد بررسی

حیطه مطالعه	متغیرهای مورد بررسی
اثرات روانشناختی	آسایش دیداری، ادراک بصری، تشخیص رنگ، شناسایی نمادها، توجه، حافظه کاری، یادگیری، زمان واکنش و عملکرد مغزی
اثرات زیست شناختی	هوشیاری، خلق و خو، شادابی و نشاط، احساس ذهنی، انگیزش و رفاه، کیفیت خواب
اثرات روانی	بار کار روانی، تنش روانی، خستگی ذهنی

جدول ۲: مطالعات بررسی شده مربوط به روشنایی و اثرات روانشناختی

مطالعه	متغیر وابسته (تست)	شرایط و خصوصیات مطالعه (شرکت کننده‌ها و متغیر مستقل)	اثر و نتیجه
Asadzadeh (۲۰۱۳)	توجه و یادگیری (تست یادگیری)	۴۸ دانش آموز، نور فلورسنت و طبیعی دمای رنگ ۳۵۰۰ تا ۴۱۰۰	- بهبود روشنایی و رنگ آمیز کردن ابزارهای آموزشی، پردازش بصری و فرایند حل مسئله را بهبود و تأثیر مثبت بر یادگیری و توجه دارد. - نور مناسب هوشیاری و عملکرد شناختی را افزایش می‌دهد.
Canazei (۲۰۱۶)	توجه و عملکرد شناختی (PVT, WM, FM)	۳۱ نفر از افراد سالم، روشنایی LED دمای رنگ: ۲۱۶۶ و ۳۳۶۶، ۴۶۶۷	- کار با مانیتور LED (طیف آبی محدود ۴۴۰ تا ۴۷۰ نانومتر) در اول شب موجب کاهش سطح خواب آلودگی و افزایش عملکرد شناختی مرتبط با توجه و حافظه کاری می‌گردد.
Chellappa (۲۰۱۱)	عملکرد شناختی (توجه) (KSS, VAS, VCS, PVT, GO/NOGO)	۱۶ دانشجوی مرد، فلورسنت ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ و ۶۵۰۰ کلوین	- مواجهه با دمای رنگ ۶۵۰۰ نور فلورسنت نسبت به دو دمای رنگ دیگر موجب افزایش عملکرد شناختی، توجه و زمان واکنش سریع می‌شود. - مواجهه با نور غنی از طیف آبی موجب افزایش توجه می‌شود.
corbett (۲۰۱۲)	عملکرد شناختی (DSST, SLCT)	۹ نفر پرسنل اداری، نور سفید درخشان با شدت، ۴۷۷۵ لوکس و ۵۳۰۰ کلوین	- یک ساعت مواجهه با نور سفید طیف پهن در صبح برای بهبود هوشیاری و عملکرد شناختی مفید می‌باشد.
Ferlazzo (۲۰۱۴)	دید سه بعدی (ROT, DSAT, TSP, NASATLX)	۳۸ دانشجوی مرد، دمای رنگ ۴۰۰۰ کلوین LED با شدت روشنایی ۲۸۰۰ لوکس	- زمان واکنش آزمون ROT در گروه آزمایش با نور LED نسبت به گروه کنترل بهتر بود. - رنگ‌های سردتر باعث بهبود ظرفیت سیستم شناختی می‌شود.
GABEL (۲۰۱۳)	عملکرد شناختی (توجه) (KSS, PANAS, VAS)	۱۷ دانشجوی مرد، نور آبی LED، نور روز و نور شدت ۱۰۰ لوکس	- نور DSL در مقایسه با نور روز و نور آبی موجب ارتقاء عملکرد شناختی می‌گردد.
GABEL (۲۰۱۵)	عملکرد شناختی (SVAS, MTT, DSST, PVSAT, SART, PVT, N-back)	۱۸ دانشجوی مرد، روشنایی مصنوعی و نور روز نور کم (DL) در مقابل نور شبیه‌سازی طلوع (DSL) ۲۵۰ لوکس	- افراد در اثر نور شبیه‌سازی شده طلوع خورشید در صبح (DSL) قبل از بیدار شدن نسب به نور DL عملکردهای ردیابی ذهن، توجه، حافظه کاری و زمان واکنش بهتری دارند.
Hawes (۲۰۱۲)	تشخیص رنگ، وظیفه شناسایی نمادها (تست) (HUE)	۲۴ پیاده نظام ارتش، دمای رنگ LED ۴۱۷۵، ۵۴۲۸، ۶۰۲۹ و دمای رنگ فلورسنت ۳۳۴۵	- در نور LED بالاترین تیزبینی در شناسایی نماد و تشخیص رنگ نسبت به نور فلورسنت اندازه‌گیری شد و این اثر در بالاترین دمای رنگ بیشتر بود.
HUANG (۲۰۱۴)	عملکرد شناختی (Attention Test)	۵۶ نفر از افراد سالم معمولی، درخشندگی صفحه نمایش LED (۲۵ و ۱۵ کاندلا بر مترمربع)	- خیرگی باعث اختلال در عملکرد بصری محیطی در حضور محرک در یک محیط واقعی مجازی می‌شود. - خیرگی ناراحت کننده به عنوان یک عامل مؤثر بر عملکرد در تشخیص اطلاعات بصری محیطی و نیز به عنوان یک معیار کیفیت در امتیاز اطلاعات بصری در استانداردهای صفحه نمایشها و نور در نظر گرفته شود.

- افزایش تمرکز و توجه در دمای رنگ ۴۳۰۰ - میزان وضوح روشنایی در زنان در ۲۷۰۰ از دمای رنگ اثرگذار بوده است.	۲۱۰ دانشجوی، دمای رنگ LED ۲۷۰۰، ۴۳۰۰، ۶۵۰۰ کلوین	توجه و تمرکز (Chu Attention Test)	HUANG (۲۰۱۵)
- تحت اثر نور درخشان در مقایسه با نور معمولی افزایش قابل توجهی در سرعت عملکرد دید وجود دارد.	۱۵ دانشجوی، شدت روشنایی فلورسنت و دمای ۳۰۰ و ۴۰۰۰ لوکس و ۳۵۰۰ کلوین	عملکرد دید (verbal/logical reasoning task stimuli)	Iskra-Golecv (۲۰۱۱)
- نور سفید آبی غنی در مقایسه با شرایط نور فلورسنت، اثرات مفیدی بر عملکرد دانش آموزان دارد و سرعت پردازش شناختی سریعتر و تمرکز بهتر را موجب می‌شود. - نور سفید با غنای آبی LED برای پردازش اطلاعات بدون تأثیر بر رمزگذاری و بازیابی خاطرات کوتاه مدت مناسب است. - سرعت پردازش و تمرکز در مواجهه با نور سفید و آبی غنی LED بالاتر است.	۵۸ دانش آموز، دمای رنگ LED ۴۰۰۰ و فلورسنت ۳۰۰۰ و شدت ۳۰۰ لوکس	عملکرد شناختی (GZVT)	KEIS (۲۰۱۴)
- نور درخشان اثر مستقیم قوی بر عملکرد شناختی و به ویژه در تمرکز و حافظه کاری دارد.	۳۲ نفر شرکت‌کننده، شدت روشنایی فلورسنت گروه آزمایش ۳۰۰۰ و گروه مورد ۳۰۰ لوکس	عملکرد شناختی (KLT,ATB)	KRETSCHMER (۲۰۱۳)
- عملکرد شناختی در نور روز نسبت به نور فلورسنت بهتر است. - شرایط مواجهه کوتاه مدت با روشنایی روز در طول بعد از ظهر بر عملکرد شناختی در طول شب مؤثر است.	۲۹ نفر پرسنل اداری، روشنایی فلورسنت و طبیعی متوسط شدت ۱۷۷ و دمای ۳۷۰۰ کلوین	عملکرد شناختی (N-BACK TEST, KSS)	Munch (۲۰۱۲)
-افزایش توجه و فرآیندهای شناختی تحت مواجهه با نور روز و طول موج کوتاه-پس از حدود ۵ دقیقه قرار گرفتن در معرض نور آبی روز، دامنه P300 افزایش می‌یابد. -در طول انجام وظایف، میزان توجه توسط نور آبی افزایش یافته است. - فرآیندهای شناختی قشر مغز در طول ۵ دقیقه پس از شروع نور مدوله شده است. - فعالیت قشری مغز در مواجهه با نور روز افزایش می‌یابد.	۸ نفر شرکت‌کننده، طیف نور روز (۴۷۰، ۵۳۰ و ۶۲۰ نانومتر)	توجه و فرآیندهای شناختی (EEG)	OKAMOTO (۲۰۱۵)
- اثر نور بر روی عملکرد شناختی در هر دو فصل زمستان و تابستان ناچیز بود. - در تابستان نور درخشان باعث کاهش زمان پاسخ در کارهای ساده شد.	۶۸ پرسنل ایستگاه قطبی، نور سفید درخشان ۱۰۰۰۰ و نور قرمز ۵۰ لوکس	عملکرد شناختی (ANAM-ICE)	PALINKAS (۲۰۱۰)
- وقتی که فرد مجبور به تغییر دید بین کار و منبع درخشندگی است بین نمره مقیاس Reading Span Task و درخشندگی ارتباط معنی‌دار معکوس به دست آمد و اثر شناختی کاهش می‌یابد. - درخشندگی حافظه کاری را کاهش می‌دهد.	۳۱ نفر پرسنل اداری، درخشندگی صفحه نمایش درخشندگی: ۱ به ۱۰۰	عملکرد شناختی (RST, RTLX)	RODRIGUEZ (۲۰۱۲)
- نور قرمز می‌تواند باعث افزایش عملکرد و کاهش زمان عکس‌العمل شود. - سرکوب ملاتونین ناشی از نور تنها مکانیسم افزایش هوشیاری نیست. - نور قرمز زمان واکنش را بیشتر از نور سفید کاهش می‌دهد و این نشان می‌دهد که رنگهای اشباع می‌تواند به نوعی از عملکرد اثرگذار باشد. - نسبت به نور قرمز برای اثرگذاری بر روی عملکرد در طول نور سفید بیشتری نیاز است.	۱۳ نفر پرسنل اداری، شدت روشنایی و طیف نور LED نور کم (کمتر از ۵ لوکس) نور قرمز (۲۱۰ لوکس با ۶۳۰ نانومتر) نور سفید (۳۶۰ لوکس با ۳۰۰۰ کلوین)	هوشیاری، عملکرد (KSS, GONOGO)	SAHIN (۲۰۱۴)
- عملکرد شناختی در زیر نور آبی B-LED بهتر بود - زمان پاسخ تحت اثر روشنایی B-LED افزایش می‌یابد.	۵۷ دانشجوی، طیف نور LED آبی (B-LED) با ۴۶۵-۴۷۵ نانومتر	زمان پاسخ (The Attentional Blink)	SILVA-URRA (۲۰۱۵)
- تحت روشنایی ۱۰۰۰ در مقایسه با روشنایی ۲۰۰ عملکرد افراد بهتر و زمان واکنش کمتر می‌باشد. - شدت روشنایی ۱۰۰۰ لوکس به بهبود عملکرد شناختی و توجه کمک می‌کند.	۳۲ دانشجوی، شدت روشنایی (۲۰۰ Lx و ۴۰۰۰ K) و (۱۰۰۰ Lx و ۴۰۰۰ K)	عملکرد شناختی، توجه، زمان واکنش (KSS, PVT,ADAC)	Smolders (۲۰۱۲)
- تست PVT نشان داد که زمان پاسخ در مواجهه با نور ۲۰۰ لوکس در مقایسه با نور ۱۰۰۰ بیشتر است. - میزان توجه در مواجهه با نور ۱۰۰۰ لوکس در مقایسه با نور ۲۰۰ لوکس، کمتر کاهش می‌یابد.	۲۶ دانشجوی، شدت روشنایی (۲۰۰ Lx) مقابل (۴۰۰۰ K) با ۱۰۰۰	توجه، حافظه کاری (KSS, Checklist, PVT, 2-Back task)	Smolders (۲۰۱۴)

جدول ۳: مطالعات بررسی شده مربوط به روشنایی و اثرات زیست شناختی

مطالعه	متغیر وابسته (تست)	شرایط و خصوصیات مطالعه (شرکت کننده‌ها و متغیر مستقل)	اثر و نتیجه
Borisuit (۲۰۱۵)	آسایش دیداری، هوشیاری، خلق‌وخو و رفاه (VAS)	۲۵ نفر پرسنل اداری، نور فلورسنت و طبیعی ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ لوکس و ۴۰۰۰ درجه کلوین	- در روشنایی طبیعی پذیرش بینایی بیشتر و خیرگی کمتر از روشنایی مصنوعی بود. -هوشیاری، خلق‌وخو، آسایش و خواب در نور مصنوعی زودتر کاهش می‌یابند. -مقبولیت بصری و درک روشنایی بطور جزئی با کارکردهای غیر بصری مثل هوشیاری و خلق‌وخو مرتبط است. - کارکردهای بصری و غیر بصری تنها به مشخصات محیطی روشنایی ارتباط نداشته بلکه با زمان روز نیز بستگی دارد.
Chellappa (۲۰۱۱)	خواب، هوشیاری و خلق‌وخو، رفاه. (KSS, VAS, VCS, PVT, GO/NOGO)	۱۶ دانشجوی مرد، فلورسنت با دمای ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ و ۶۵۰۰	-مواجهه با دمای رنگ ۶۵۰۰ کلوین لامپ فلورسنت نسبت به دو دمای دیگر موجب سرکوب ملاتونین و کاهش بیشتر خواب آلودگی گردید. -مواجهه با نور غنی از طیف آبی موجب افزایش آسایش ذهنی گردید.
De Kort (۲۰۱۰)	عملکرد ذهنی (KSS,PSQI)	۱۴۳ نفر پرسنل اداری، دمای رنگ: ۳۰۰۰ تا ۴۷۰۰	-کارکنان از روشنایی دینامیک نسبت به روشنایی استاتیک رضایتمندی بیشتری داشتند.
Ekström (۲۰۱۴)	خلق‌وخو (SCAS)	۲۴ دانشجوی مرد، طیف نور آبی LED	-خلق‌وخو در حالت مواجهه با نور آبی بهبود می‌یابد. -در سطح ۵٪ نور آبی یک گرایش به سمت بهبود هوشیاری دیده شد.
Gabel (۲۰۱۳)	خلق‌وخو، خواب، آسایش، (KSS, PANAS, VAS)	۱۷ دانشجوی مرد، نور آبی LED، نور روز و نور شبیه سازی طلوع (DSL) و شدت ۱۰۰ لوکس	-مواجهه با نور DSL در مقایسه با نور روز و نور آبی موجب ارتقاء آسایش ذهنی و خلق‌وخو و افزایش ترشح کورتیزول می‌گردد. -شروع سریعتر ترشح ملاتونین در نور آبی نسبت DSL
GABEL (۲۰۱۵)	هوشیاری (SVAS, PVSAT, SART)	۱۸ دانشجوی مرد، روشنایی مصنوعی و نور روز نور کم (DL) در مقابل DSL ۲۵۰ لوکس	- نور DSL در صبح اثر معنی‌داری بر روی هوشیاری (تیزبینی) دارد. - اثر معنی‌داری بر روی درک ذهنی، بیخوابی، تلاش ذهنی، تمرکز و انگیزش ندارد.
KAIDA (۲۰۱۲)	خواب و پدیده فلو (KSS, flow) (check list)	۱۵ نفر شرکت‌کننده، نور درخشان روز شدت ۲۰۰۰ لوکس	- بعد از مواجهه با نور درخشان پدیده فلو افزایش می‌یابد. - زمان واکنش وابسته به پدیده فلو است. - پدیده فلو با احساس مثبت و خواب آلودگی ارتباط دارد.
LEICHTFRIED (۲۰۱۵)	خلق‌وخو، توجه (VAS, Vienna) (Test)	۳۵ نفر شرکت‌کننده، روشنایی فلورسنت شدت ۵۰۰۰ در برابر ۴۰۰ لوکس (دمای ۶۵۰۰)	- نور با شدت روشنایی بالا در ساعات صبح خلق‌وخو و هوشیاری را بهبود می‌دهد اما بر عملکرد روانی بی‌تأثیر است. - همچنین این نور می‌تواند اثرات مضر بر عملکرد ذهنی به عنوان یک نتیجه از حواس‌پرتی را داشته باشند. بنابراین، مهم است که نور کافی باید به هر دو خواسته غیر بصری و بصری مطابقت دارد.
MAIEROVA (۲۰۱۶)	هوشیاری (PVT,GO-NO-), (GO, N-BACK)	۳۲ نفر شرکت‌کننده، منبع نور روز نور درخشان ۱۰۰۰ لوکس	- برای هر دو chronotypes آسایش، خلق‌وخو و عملکرد در کارهای مشکلتر شناختی در نور روشن و خود انتخابی بهتر از نور کم بود. - در نور خود انتخابی آسایش بصری بهتر بود و بر عملکردهای بیولوژیک و شناختی اثر مثبت دارد.
Munch (۲۰۱۲)	هوشیاری، خواب (N-) (BACK, KSS)	۲۹ نفر پرسنل اداری، روشنایی فلورسنت و طبیعی متوسط شدت ۱۷۷ و دمای ۳۷۰۰ کلوین	- هوشیاری بالاتر تحت نور روز نسبت به نور فلورسنت - خواب آلودگی کمتر در نور روز نسبت به نور فلورسنت
NAJJAR (۲۰۱۴)	خلق‌وخو، خواب، آسایش (KSS,PVT)	۹ پرسنل ایستگاه قطبی، نور سفید فلورسنت (SW) و نور آبی (BE) شدت روشنایی: تابستان ۴۰۰۰ و	- آسایش (well being) و خلق‌وخو تحت اثر نور آبی در مقایسه با نور سفید بهتر بود. - هوشیاری نیز در نور BL در مقایسه با نور SW افزایش می‌یابد.

زمستان ۵۰۰ لوکس ودمای ۴۱۰۰ کلوین و ۱۷۰۰۰ کلوین			
۹ نفر شرکت کننده، طیف نور LED طول موج ۶۳۰ و ۴۷۰ نانومتر شدت ۴۰ لوکس	هوشیاری (EEG)	OKAMOTO (۲۰۱۴)	- هر دو طول موج در ساعات صبح بر هوشیاری اثر دارند. - قدرت EEG در محدوده فرکانس آلفا در طول مواجهه با نور با طول موج کوتاه و بلند کاهش می یابد (افزایش هوشیاری).
۶۸ پرسنل ایستگاه قطبی، نور سفید فلورسنت درخشان با شدت ۱۰۰۰ و نور پایین قرمز ۵۰ لوکس	خلق و خوی (-ANAM (ICE	PALINKAS (۲۰۱۰)	- مواجهه با نور درخشان در زمستان باعث جلوگیری از کاهش خلق و خو می شود.
۲۲ نفر پرسنل اداری، طیف نور LED آبی ۴۷۰ و قرمز ۶۳۰ نانومتر	هوشیاری، خواب (KSS, EEG)	PLITNICK (۲۰۱۰)	- نور چراغ آبی و قرمز قدرت بتا الکتروانسفالوگرافی را افزایش و خواب آلودگی را کاهش می دهند.
۲۰ نفر شرکت کننده، شدت و طیف نور سفید و رنگی LED ۱۴۲۰ و ۲۶۰۰ لوکس و ۵۴۰ نانومتر	خواب، هوشیاری (SSS, VAS,)	SASSEVILLE (۲۰۱۵)	- مواجهه با نور پلی کروماتیک حتی بدون نور با طول موج کوتاه هوشیاری را بهبود می دهد. - در حضور یا در غیاب طول موج های کوتاه پس از مواجهه با یک پالس نور ۳۰ دقیقه ای از $2 \mu W/cm^2$ در شب و در ساعت ۳ صبح که خواب آلودگی بالا است هوشیاری در اثر نور افزایش می یابد.
۲۸ نفر شرکت کننده، توزیع روشنایی (مستقیم، غیر مستقیم) LED باشد (۴۰۰ لوکس روبه پایین، ۳۰۰ لوکس روبه بالا) و مستقیم (۷۰۰ لوکس روبه پایین) ۵۰۰۰ کلوین	احساس ذهنی (subjective feeling, EEG)	SHIN (۲۰۱۵)	- نور مستقیم/غیرمستقیم در مقایسه با نور مستقیم احساس خوشایند بیشتری ایجاد می کند. - میزان انگیزتگی وابسته به دمای رنگ و شدت روشنایی می باشد. - در سیستم روشنایی مستقیم/غیر مستقیم قدرت باند تتا در EEG افزایش می یابد که مطابق مطالعات قبلی نوسانان باند تتا با توجه، حافظه و پردازش عاطفی مرتبط می باشد.
۳۲ دانشجو، شدت روشنایی (۶۰ دقیقه با ۲۰۰ K و ۴۰۰۰) و (۳۰ دقیقه با ۱۰۰۰ K و ۴۰۰۰)	هوشیاری، انگیزش، شادابی، خواب (, KSS, LDST, (PVT,ADAC	Smolders (۲۰۱۲)	- روشنایی ۱۰۰۰ لوکس شادابی، هوشیاری و توجه را افزایش می دهد. - نور با شدت بیشتر موجب خواب آلودگی کمتر، زمان واکنش کوتاه تر و احساس هوشیاری و نشاط، و همچنین عملکرد عینی بهتر و افزایش انرژی و انگیزتگی فیزیولوژیک نسبت به شرایط نور کم می شود.
۲۶ دانشجو، شدت روشنایی (با ۲۰۰ LX در مقابل ۱۰۰۰ K ۴۰۰۰)	خواب آلودگی، سرزندگی، خلق و خوی (KSS, PVT, 2- (Back	Smolders و (همکاران ۲۰۱۴)	- تحت مواجهه با نور درخشان افراد کمتر احساس خواب آلودگی می کنند و هوشیارتر و سرزنده تر هستند.

روشنایی و اثرات زیست شناختی (Bio-cognitive)

منظور از اثرات زیست شناختی روشنایی، اثر بر هوشیاری، خلق و خو، شادابی و نشاط، احساس ذهنی، خواب، انگیزش و رفاه افراد است. از ۳۲ مطالعه بررسی شده ۱۸ مطالعه اثرات زیست شناختی را نیز مورد بررسی قرار داده بودند. مطالعات مربوط به اثرات زیست شناختی روشنایی در [جدول ۳](#) به تشریح بیان شده است.

روشنایی و اثرات بار روانی

منظور از اثرات بار روانی، ایجاد بار کاری روانی بالا، تنش های روانی و خستگی ذهنی در نتیجه مواجهه تحت سطوح و انواع مختلف روشنایی است. از ۳۲ مطالعه بررسی شده ۶ مطالعه اثرات بار روانی را مورد بررسی قرار داده بودند. مطالعات بررسی شده در [جدول ۴](#) به تشریح آورده شده است.

جدول ۴: مطالعات بررسی شده مربوط به روشنایی و اثرات بار روانی

مطالعه	متغیر وابسته (تست)	شرایط و خصوصیات مطالعه (شرکت کننده‌ها و متغیر مستقل)	اثر و نتیجه
Canazei (۲۰۱۶)	خستگی و خطا (PVT)	۳۱ شرکت کننده، مانیتور LED با دمای ۲۱۶۶، ۳۳۶۶، ۴۶۶۷ کلوین	-نمره خطا در دمای رنگ ۲۱۶۶ نسبت به طیف متوسط و زیاد افزایش و در دمای ۴۶۶۷ کاهش نشان داد.
Chellappa (۲۰۱۱)	تنش روانی، (VCS, PVT)	۱۶ دانشجوی مرد، دمای رنگ فلورسنت ۲۵۰۰، ۳۰۰۰ و ۶۵۰۰	-مواجهه با نور غنی از طیف آبی موجب افزایش آسایش ذهنی (subjective well-being) و کاهش تنش روانی می‌گردد.
Hawes (۲۰۱۲)	خستگی ذهنی (HUE)	۲۴ پیاده نظام ارتش، دمای رنگ: ۴۱۷۵، ۵۴۲۸، ۶۰۲۹ و دمای رنگ فلورسنت ۳۳۴۵	-نرخ خستگی در نور فلورسنت نسبت به LED بیشتر بود و این اثر با زمان پاسخ آهسته‌تر در انجام وظایف همراه بود.
LEICHTFRIED (۲۰۱۵)	خستگی ذهنی، (VAS, Vienna)	۳۵ نفر شرکت کننده، فلورسنت با شدت ۵۰۰۰ در برابر ۴۰۰ لوکس دمای ۶۵۰۰	-میزان شکایت از خستگی در مواجهه با نور روز در ساعات صبح کمتر است.
Ferlazzo (۲۰۱۴)	بار کار روانی (-NASA TLX)	۳۸ دانشجوی مرد، دمای رنگ ۴۰۰ و ۲۸۰۰ لوکس LED	-رنگ‌های سردتر باعث کاهش خطا در آزمون قابلیت دید سه بعدی شد. -میزان بار روانی کار در ۴۰۰ لوکس کاهش نشان داد.
Smolders (۲۰۱۲)	خستگی ذهنی (LDST, PVT, ADAC)	۳۲ دانشجو، شدت روشنایی (۲۰۰ لوکس و ۴۰۰۰ کلوین) و (۱۰۰۰ کلوین و ۴۰۰۰ کلوین)	-روشنایی ۱۰۰۰ به غلبه بر خستگی و بهبود هوشیاری کمک می‌کند. -نور با شدت بیشتر می‌تواند افزایش انرژی و انگیزگی فیزیولوژیک نسبت به شرایط نور کم منجر شود.

بحث

شناختی دارد [۱۹]. بطوریکه یک ساعت مواجهه با نور سفید، روشن و درخشان در طول صبح موجب بهبود عملکرد شناختی در طول زمستان (که میزان نور و مواجهه با آن کمتر است) می‌شود [۱۳، ۲۰]. همچنین بر طبق مطالعات حتی شرایط نوری کوتاه مدت در طول بعدازظهر بر عملکرد شناختی در طول کار شبانه بسیار مؤثر است. بر طبق نتایج مواجهه با نور روز با طول موج کوتاه یکی از مهمترین فاکتورها در افزایش توجه و تنظیم مثبت فرآیندهای شناختی است [۲۱]. یکی از نتایج بسیار جالب در مطالعات در حیطه روانشناختی این است که مواجهه با نور روز و نور مصنوعی و مقایسه این دو در ابتدا اثرات شناختی نور طبیعی و مصنوعی مشابه بودند اما در مواجهه طولانی‌تر و در روزها و شبهای بعدی، نور روز اثر قویتری از خود نشان می‌دهد و اثر مثبت بیشتری بر عملکرد شناختی و تنظیم خواب دارد [۲۲]. طول موج ۴۸۰-۴۲۰ نانومتر یک تأثیر بیولوژیکی قوی بر عملکرد فیزیکی و شناختی دارد [۲۱]. بطوریکه قرار گرفتن در معرض نور آبی در مقایسه با شرایط نور کم و سفید به طور بالقوه و پایدار عملکرد عصبی-رفتاری ذهنی و عینی را در سراسر بیداری روز افزایش خواهد داد [۲۳]. همچنین بررسی مطالعات نشان داد که نور سفید با غنای آبی از منبع LED نسبت به نور سفید استاندارد فلورسنت مکانیزم مبتنی بر Melanopsin

در محیط کار شرایط روشنایی، به عنوان یکی از جنبه‌های محیط کار بر روی خلق‌وخو و رضایت کارکنان، رفاه، عملکرد شغلی و تعامل کار و بهره‌وری اثرگذار است [۲]. یک محیط داخلی با روشنایی مطلوب می‌تواند راحتی، بهره‌وری، سلامت و رفاه کارکنان را افزایش دهد [۱۶]. آسایش بصری و غیربصری کارکنان در ارتباط با شرایط روشنایی در محیط کار معمولاً با شدت روشنایی کار بالاتر، روشنایی یکنواخت، فقدان تابش خیره‌کننده، جهت نور و همچنین طراحی مناسب پنجره‌ها و بهره‌گیری از نور روز ارتباط دارد [۱۷]. اهمیت نور روز از نظر ابعاد روانی، آسایش بصری، ظاهر و شرایط محیطی مطلوب در انجام کار به خوبی شناخته شده است. بررسی مروری مطالعات در زمینه اثرات روشنایی در سه حیطه روان شناختی، زیست شناختی و بار روانی به طور قطع اهمیت نور روز و روشنایی مصنوعی نزدیک به آن را اثبات می‌کنند. در حیطه روانشناختی مطالعات نشان داد که تقریباً پس از ۵ دقیقه مواجهه با نور روز با طول موج کوتاه فعالیت قشری مربوط به فرآیندهای شناختی قابل اندازه‌گیری است [۱۸]. عامل بسیار مهم دیگر از ویژگیهای نور روز شدت آن است. نور روز در شدت بالا در مقایسه با نور مصنوعی، اثر پایدارتر و قویتری بر هوشیاری، توجه و عملکرد

دسترسی به نور خورشید محدود باشد (مانند شرایط قطب و ایستگاه فضایی، زیردریایی‌ها و فضاهای شغلی با نور مصنوعی) یکی از بهترین رویکردها نور سفید با غنای آبی است [۲۲]. همچنین در روشنایی با منابع نوری فلورسنت و شرایط نوری با دمای ۶۵۰۰ درجه کلوین، کمترین میزان ملاتونین بزاقی، بیشترین میزان هوشیاری و رضایت، رفاه و آسایش بصری مطلوب و واکنش سریع در انجام وظایف مرتبط و تقویت توجه گزارش شده است. اما از سوی دیگر نور فلورسنت با شدت روشنایی زیاد در کنار اثرات مثبت بر خلق‌وخو و هوشیاری همچنین می‌تواند اثرات مضر بر عملکرد ذهنی به عنوان یک نتیجه از حواس پرتی را داشته باشد. بنابراین در طراحی روشنایی مصنوعی بویژه با منابع فلورسنت روشنایی باید با خواسته‌های غیر بصری و بصری مطابقت داشته باشد [۳۰].

یکی از منابع نور مصنوعی ارزشمند نور شبیه‌سازی شده از طلوع آفتاب (DSL) (یک نمونه منبع نوری LED متعلق به شرکت فیلیپس هلند با مدل HF3520 مختص زمان بیداری با نور پلوی کرومات) است که به تدریج شدت روشنایی آن در طول ۳۰ دقیقه قبل از زمان بیداری از ۰ به ۲۵۰ لوکس افزایش می‌یابد و سپس شدت روشنایی آن تا ۲۰ دقیقه در ۲۵۰ لوکس باقی می‌ماند [۲۲]. بررسی مطالعات نشان می‌دهد که اثرات شناختی آن از نور روز نیز در ترشح کورتیزول قویتر است. بنابراین، DSL ممکن است یک استراتژی مؤثر برای افزایش عملکرد شناختی، سلامت و خلق‌وخو در شرایط محرومیت و محدودیت از خواب باشد. قرار گرفتن در معرض نور DSL، سلامتی و رفاه ذهنی، خلق‌وخو و عملکرد شناختی در مقایسه با نور روز و نور آبی بدون اثر مستقیم بر ریتم شبانه روزی را بهبود می‌دهد. زیرا اثرات هشیاری نور روز در ساعات اولیه صبح توسط مکانیسم میانجی مستقل از سرکوب حاد ملاتونین در شب و در طول بعدازظهر گزارش شده است [۱۴]. در نتیجه هوشیاری و خلق و خو می‌تواند بدون تحریک مسیر ملاتونین تحت تأثیر قرار گیرد. پس از مواجهه با نور آبی نسبت به نور شبیه‌سازی شده طلوع آفتاب و نور روز، شروع ترشح ملاتونین زودتر رخ داده است [۳۱]. یکی دیگر از نتایج جالب توجه در مطالعات بررسی شده پدیده فلو (FLOW) و اثر روشنایی بر آن است. پدیده فلو یک حالت احساسی-عاطفی مثبت بوده که معمولاً مربوط به شرایطی است که فردی بین چالش‌های مربوط به کار و توانمندی‌هایش برای انجام وظیفه و نیازمندی‌های شغل به تعادل برسد. پدیده فلو بطور معنی‌داری به احساس مثبت و کیفیت مناسب خواب ارتباط دارد و زمان واکنش وابسته به پدیده فلو است. در مواجهه با نور روز و درخشان پدیده فلو افزایش می‌یابد [۱۴].

یکی از بهترین طراحی‌ها برای روشنایی در محیط‌های شغلی، روشنایی خود انتخابی (Self-Selected) است. در دو کورتوتایپ

(فتوپیگمان متعلق به خانواده پروتئین حساس به نور شبکیه به نام Opsins) در فعال‌سازی عملکردهای غیر بصری مورد مطالعه اثر بیشتری دارد [۲۴]. نور LED به دلیل پلی کرومات بودن، داشتن طول عمر بالا، دمای رنگ مناسب و تولید نور بیشتر به ازای هر وات و نزدیک بودن نور آنها به نور روز از بهترین منابع موجود در بازار می‌باشند [۲۵]. اما یکی از معایب بزرگ منابع نوری LED عدم ایجاد یکنواختی مناسب و درخشندگی بالا مطابق با استاندارد است. خیرگی ناراحت کننده این منابع به عنوان یک عامل مؤثر بر عملکرد در تشخیص اطلاعات بصری محیطی و نیز به عنوان یک معیار کیفیت در امتیاز اطلاعات بصری در استانداردهای صفحه نمایشها و نور گزارش شده است [۲۶]. آسایش بینایی و شناسایی نمادها و تشخیص رنگ در روشنایی با نور LED بیشتر از نور فلورسنت گزارش شده است و این اثر در دمای رنگ بالا بیشتر بود. بهترین دمای رنگ در روشنایی LED که بیشترین اثر را بر توجه و تمرکز و تقویت آنها دارد دمای رنگ ۶۵۰۰ درجه کلوین گزارش شده است [۹]. همچنین روشنایی مناسب و رنگ آمیزی کردن ابزارهای آموزشی تأثیر مثبتی بر یادگیری و توجه دارد [۱۸].

در حیطه زیست شناختی اثرات می‌توان گفت که نور روشن و درخشان روز محرکی قوی برای عملکرد روانی و ریتم سیرکادین است. بر طبق مطالعات قرار گرفتن کوتاه مدت در معرض نور روز و درخشان در ساعات صبح می‌تواند فرآیندهای ذهنی از قبیل شادابی، خلق و خو و هوشیاری را بهبود بخشد و همچنین می‌تواند بر عملکرد ذهنی به عنوان یک نتیجه از حواس پرتی اثرات مضر نیز داشته باشد [۲۷]. در ساعات بعدازظهر مواجهه با نور روز با طول موج بلند اثرات قوی‌تر نسبت به طول موج کوتاه بر فعالیت مغز و هوشیاری دارد. عدم وجود نور با طول موج کوتاه در طول روز به تأخیر فاز سیرکادین و شروع خواب کمک می‌کند. به طور کلی در تمامی مطالعات، افراد مورد مطالعه روشنایی روز را از نظر پذیرش بصری، احساس ذهنی خوب، خلق‌وخو، انگیزش مثبت و خیرگی ترجیح داده‌اند [۲۸]. شدت روشنایی در حدود ۱۷۵ لوکس در زاویه دید متوسط از نور سفید LED با غنای آبی و دمای رنگ ۱۷۰۰۰ درجه کلوین در طول روز قادر به اصلاح و تأخیر فاز شبانه روزی و اجتناب از افت خواب در زمستان در قطب شده است در حالیکه این حالت در زیر نور سفید در طول روز در دمای ۴۱۰۰ درجه کلوین به طور منظم رخ می‌دهد [۲۹]. نور آبی با طول موج ۴۷۰ و نور قرمز با طول موج ۶۳۰ نانومتر از منبع LED قدرت بتا الکتروانسفالوگرافی را افزایش و خواب آلودگی را کاهش می‌دهند [۲۹]. نور سفید با غنای آبی می‌تواند به عنوان یک رویکرد مؤثر برای اصلاح و کنترل اختلالات شبانه‌روزی و ایجاد آسایش و رفاه و افزایش هوشیاری استفاده شود [۲۴]. از اینرو در شرایطی که سطح نور در طول روز کم و

داشته باشد که از جمله این اثرات، اثرات تشدید کننده بر اختلالات اسکلتی-عضلانی و بروز حوادث در محیط کار است که با وجود اینکه جزء اهداف مطالعه حاضر نیست، اما اشاره به آنها دارای اهمیت است.

نتیجه گیری

بر طبق نتایج می توان گفت که روشنایی بر تمام فرآیندهای ساختی مؤثر است لذا طراحی آن باید به گونه ای صورت بگیرد که علاوه بر آسایش و نیازهای بصری بتواند نیازهای غیر بصری را نیز تأمین نماید. بهترین نور در تنظیم فرآیندهای روانی، بیولوژیکی و شناختی، نور روز روشن و درخشان در ساعات صبح با طول موج کوتاه (طول موج ۴۸۰-۴۲۰ نانومتر) و شدت بالا است که دارای اثرات قویتر و پایدارتری است در نتیجه به افزایش بهره‌وری و کاهش خستگی و رضایت در کار کمک می‌کند. نور آبی با طول موج ۴۷۰ نانومتر و دمای رنگ ۶۵۰۰ درجه کلون از منبع نوری LED بهترین نور مصنوعی در افزایش هوشیاری و کاهش خستگی ذهنی است. نور سفید با غنای آبی می‌تواند به عنوان یک رویکرد مؤثر برای اصلاح و کنترل اختلالات ریتم سیرکادین و ایجاد آسایش و افزایش هوشیاری در شرایطی که سطح نور در طول روز کم باشد و نور خورشید برای مدت زمان طولانی دسترس نباشد استفاده شود. نور شبیه سازی شده طلوع آفتاب یک استراتژی مؤثر برای افزایش عملکرد شناختی و خلق‌وخو در شرایط محرومیت از خواب است. روشنایی خود انتخابی یکی از بهترین طراحی‌ها است زیرا در محیط کار روشنایی خود انتخابی با اثر مثبت بر عملکردهای بیولوژیک و فرآیندهای شناختی بر طبق سلاقی و علایق بین افراد طراحی می‌شود و رضایت و آسایش ذهنی بهتری فراهم می‌کند.

صبح و شب تحت روشنایی خود انتخابی در طول روز، گزارش سریعتر خواب در کورنوتایپ صبح نسبت به کورنوتایپ شب نتیجه شده است که با ترشح کورتیزول بالاتر همراه بود. برای هر دو کورنوتایپ رفاه (Well-Bing)، آسایش بصری، خلق‌وخو و عملکرد در کارهای مشکلتر شناختی در نور روشن و خود انتخابی بهتر از نور کم بوده است. بنابراین در محیط کار نور خود انتخابی می‌تواند اثر مثبتی بر عملکردهای بیولوژیک و فرآیندهای شناختی داشته باشد [۲۲]. در حیطه اثرات بار روانی مطالعات نشان داد که در دمای رنگ ۴۶۶۷ از منبع نوری LED نمره خطای کلی و خستگی ذهنی کاهش می‌یابد. مواجهه با نور غنی از طیف آبی موجب افزایش آسایش ذهنی (Subjective Well-Being) و کاهش تنش روانی می‌گردد [۱۳]. نرخ خستگی ذهنی در نور فلورسنت نسبت به LED بیشتر بود و این اثر با زمان پاسخ آهسته‌تر در انجام وظایف و اندازه‌گیری حافظه فضایی و کلامی همراه بود [۱۶، ۳۲]. میزان شکایت از خستگی در مواجهه با نور روز در ساعات صبح بسیار کم گزارش شده است. رنگ‌های سردتر باعث کاهش خطا در آزمون قابلیت دید سه بعدی می‌شوند. در شدت روشنایی ۴۰۰۰ لوکس میزان بار روانی کار تحت نور LED بسیار کمتر از نور فلورسنت گزارش شده است [۳۱]. در یک مطالعه دیگر شدت روشنایی ۱۰۰۰ لوکس از نور روز در ساعات صبح و بعدازظهر به غلبه بر خستگی و بهبود هوشیاری وظایف در طول روز کمک می‌کند. همچنین نور روز با شدت بالا می‌تواند افزایش انرژی و انگیزندگی فیزیولوژیک بیشتری نسبت به شرایط نور کم را موجب شود [۱۵]. میزان خستگی ذهنی، بار روانی کار و تنشهای روانی تحت مواجهه با نور غنی از طیف آبی و نور روز در ساعات صبح بسیار کمتر است. آن باید خاطر نشان کرد که کیفیت و کمیت روشنایی همچنین می‌تواند اثرات مستقیم و غیر مستقیم دیگری نیز بر روی انسان

References

- Majid Hajibabaei, Azadeh Saki, Rostam Golmohammadi, Mina Cheshmehkavar, Marzieh Sarabi, Isvand M. Effects of combined exposure to noise, heat and lighting on cognitive performance. *Int J Occup Hyg.* 2015;6(3):131-6.
- Borisuit A, Linhart F, Scartezini JL, Munch M. Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood. *Light Res Technol.* 2015;47(2):192-209. DOI: 10.1177/1477153514531518
- Weinert D, Schöttner K, Müller L, Wienke A. Intensive voluntary wheel running may restore circadian activity rhythms and improves the impaired cognitive performance of arrhythmic Djungarian hamsters. *Chronobiology International.* 2016;33(9):1161-70. DOI: 10.1080/07420528.2016.1205083
- Taufique SKT, Kumar V. Differential activation and tyrosine hydroxylase distribution in the hippocampal, pallial and midbrain brain regions in response to cognitive performance in Indian house crows exposed to abrupt light environment. *Behavioural Brain Research.* 2016;314:21-9. DOI: 10.1016/j.bbr.2016.07.046 PMID: WOS:000382418700004
- Weinert D, Schöttner K, Müller L, Wienke A. Intensive voluntary wheel running may restore circadian activity rhythms and improves the impaired cognitive performance of arrhythmic Djungarian hamsters. *Chronobiol Int.* 2016; 33(9):1161-70. DOI: 10.1080/07420528.2016.1205083 PMID: 27459238
- Taufique SK, Kumar V. Differential activation and tyrosine hydroxylase distribution in the hippocampal, pallial and midbrain brain regions in response to cognitive performance in Indian house crows exposed to abrupt light environment. *Behav Brain Res.* 2016;314:21-9. DOI: 10.1016/j.bbr.2016.07.046 PMID: 27478138
- Knez I. Affective and cognitive reactions to subliminal flicker from fluorescent lighting. *Conscious Cogn.* 2014;26(1):97-104. DOI: 10.1016/j.concog.2014.02.006 PMID: 24685568
- Min BK, Jung YC, Kim E, Park JY. Bright illumination reduces parietal EEG alpha activity during a sustained attention task. *Brain Res.* 2013;1538:83-92. DOI: 10.1016/j.brainres.2013.09.031 PMID: 24080402
- Sahin L, Wood BM, Plitnick B, Figueiro MG. Daytime light exposure: effects on biomarkers, measures of alertness, and performance. *Behav Brain Res.* 2014;274:176-85. DOI: 10.1016/j.bbr.2014.08.017 PMID: 25131505

10. Samani SA, Samani SA. The Impact of Indoor Lighting on Students' Learning Performance in Learning Environments: A knowledge internalization perspective. *Int J Busin Soc Sci*. 2012;3(24).
11. de Kort YAW, Smolders K. Effects of dynamic lighting on office workers: First results of a field study with monthly alternating settings. *Light Res Technol*. 2010;42(3):345-60. DOI: [10.1177/1477153510378150](https://doi.org/10.1177/1477153510378150)
12. Gabel V, Maire M, Reichert CF, Chellappa SL, Schmidt C, Hommes V, et al. Effects of artificial dawn and morning blue light on daytime cognitive performance, well-being, cortisol and melatonin levels. *Chronobiol Int*. 2013;30(8):988-97. DOI: [10.3109/07420528.2013.793196](https://doi.org/10.3109/07420528.2013.793196) PMID: 23841684
13. Hawes BK, Brunye TT, Mahoney CR, Sullivan JM, Aall CD. Effects of four workplace lighting technologies on perception, cognition and affective state. *Int J Ind Ergon*. 2012;42(1):122-8. DOI: [10.1016/j.ergon.2011.09.004](https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.09.004)
14. Kaida K, Takeda Y, Tsuzuki K. The Relationship between Flow, Sleepiness and Cognitive Performance: The Effects of Short Afternoon Nap and Bright Light Exposure. *Ind Health*. 2012;50(3):189-96.
15. Leichtfried V, Mair-Raggautz M, Schaeffer V, Hammerer-Lercher A, Mair G, Bartenbach C, et al. Intense illumination in the morning hours improved mood and alertness but not mental performance. *Appl Ergon*. 2015;46 Pt A:54-9. DOI: [10.1016/j.apergo.2014.07.001](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.07.001) PMID: 25106786
16. Chellappa SL, Steiner R, Blattner P, Oelhafen P, Gotz T, Cajochen C. Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance: can blue-enriched light keep us alert? *PLoS One*. 2011;6(1):e16429. DOI: [10.1371/journal.pone.0016429](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016429) PMID: 21298068
17. Corbett RW, Middleton B, Arendt J. An hour of bright white light in the early morning improves performance and advances sleep and circadian phase during the Antarctic winter. *Neurosci Lett*. 2012;525(2):146-51. DOI: [10.1016/j.neulet.2012.06.046](https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.06.046) PMID: 22750209
18. Asadzadeh H, Farokhzadeh N, Amini Moghadam Y. The effect of training materials to help color and light, on the amount of attention and learning persian language lessons in elementary school girls in the first grade in Sharoud city. *Life Sci J*. 2013;10(SUPPL. 7):246-51.
19. Ekstrom JG, Beaven CM. Effects of blue light and caffeine on mood. *Psychopharmacology (Berl)*. 2014;231(18):3677-83. DOI: [10.1007/s00213-014-3503-8](https://doi.org/10.1007/s00213-014-3503-8) PMID: 24590053
20. Iskra-Golec I, Smith L. Bright light effects on ultradian rhythms in performance on hemisphere-specific tasks. *Appl Ergon*. 2011;42(2):256-60. DOI: [10.1016/j.apergo.2010.06.012](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.06.012) PMID: 20663488
21. Kretschmer V, Schmidt KH, Griefahn B. Bright-light effects on cognitive performance in elderly persons working simulated night shifts: psychological well-being as a mediator? *Int Arch Occup Environ Health*. 2013;86(8):901-14. DOI: [10.1007/s00420-012-0826-9](https://doi.org/10.1007/s00420-012-0826-9) PMID: 23117329
22. Keis O, Helbig H, Streb J, Hille K. Influence of blue-enriched classroom lighting on students' cognitive performance. *Trends in Neuroscience and Education*. 2014;3(3-4):86-92. DOI: [10.1016/j.tine.2014.09.001](https://doi.org/10.1016/j.tine.2014.09.001)
23. Maierova L, Borisuit A, Scartezzini JL, Jaeggi SM, Schmidt C, Munch M. Diurnal variations of hormonal secretion, alertness and cognition in extreme chronotypes under different lighting conditions. *Sci Rep*. 2016;6:33591. DOI: [10.1038/srep33591](https://doi.org/10.1038/srep33591) PMID: 27646174
24. Okamoto Y, Nakagawa S. Effects of daytime light exposure on cognitive brain activity as measured by the ERP P300. *Physiol Behav*. 2015;138:313-8. DOI: [10.1016/j.physbeh.2014.10.013](https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.10.013) PMID: 25447474
25. Palinkas LA, Reedy KR, Shepanek M, Reeves D, Samuel Case H, Van Do N, et al. A randomized placebo-controlled clinical trial of the effectiveness of thyroxine and triiodothyronine and short-term exposure to bright light in prevention of decrements in cognitive performance and mood during prolonged Antarctic residence. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2010;72(4):543-50. DOI: [10.1111/j.1365-2265.2009.03669.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2265.2009.03669.x) PMID: 19650782
26. Plitnick B, Figueiro MG, Wood B, Rea MS. The effects of red and blue light on alertness and mood at night. *Light Res Technol*. 2010;42(4):449-58. DOI: [10.1177/1477153509360887](https://doi.org/10.1177/1477153509360887)
27. Shin YB, Woo SH, Kim DH, Kim J, Kim JJ, Park JY. The effect on emotions and brain activity by the direct/indirect lighting in the residential environment. *Neurosci Lett*. 2015;584:28-32. DOI: [10.1016/j.neulet.2014.09.046](https://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.09.046) PMID: 25281545
28. Silva-Urra JA, Nunez-Espinosa CA, Nino-Mendez OA, Gaitan-Penas H, Altavilla C, Toro-Salinas A, et al. Circadian and Sex Differences After Acute High-Altitude Exposure: Are Early Acclimation Responses Improved by Blue Light? *Wilderness Environ Med*. 2015;26(4):459-71. DOI: [10.1016/j.wem.2015.06.009](https://doi.org/10.1016/j.wem.2015.06.009) PMID: 26254125
29. Rodriguez RG, Pattini A. Effects of a Large Area Glare Source in Cognitive Efficiency and Effectiveness in Visual Display Terminal Work. *Leukos*. 2012;8(4):283-99. DOI: [10.1582/Leukos.2012.08.04.003](https://doi.org/10.1582/Leukos.2012.08.04.003)
30. Munch M, Linhart F, Borisuit A, Jaeggi SM, Scartezzini JL. Effects of prior light exposure on early evening performance, subjective sleepiness, and hormonal secretion. *Behav Neurosci*. 2012;126(1):196-203. DOI: [10.1037/a0026702](https://doi.org/10.1037/a0026702) PMID: 22201280
31. Smolders KCHJ, de Kort YAW. Bright light and mental fatigue: Effects on alertness, vitality, performance and physiological arousal. *J Environ Psychol*. 2014;39:77-91. DOI: [10.1016/j.jenvp.2013.12.010](https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.12.010)
32. Canazei M, Pohl W, Bliem HR, Weiss EM. Acute effects of different light spectra on simulated night-shift work without circadian alignment. *Chronobiol Int*. 2017;34(3):303-17. DOI: [10.1080/07420528.2016.1222414](https://doi.org/10.1080/07420528.2016.1222414) PMID: 27579732

The Effects of Lighting on Mental and Cognitive Performance: A Structured Systematic Review

Rostam Golmohammadi ¹, Mohsen Mehdinia ², Reza Shahidi ², Ebrahim Darvishi ^{2,*}

¹ Professor, Department of Occupational Hygiene, School of Public Health, Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

² PhD Student, Department of Occupational Hygiene, School of Public Health, Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

* **Corresponding author:** Ebrahim Darvishi, PhD Student, Department of Occupational Hygiene, School of Public Health, Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. E-mail: darvishi.hse@gmail.com

DOI: 10.21859/joe-05026

Received: 01/01/2017

Accepted: 20/09/2017

Keywords:

Lighting
Mental Performance
Cognitive Performance
Systematic Review

© 2017 Hamadan University of Medical Sciences

Abstract

Introduction: Lighting affects many non-visual functions such as Circadian rhythm, alertness, core body temperature, hormone secretion and sleep. The aim of this study was to investigate the effects of lighting on human cognitive and mental performance.

Methods: In this systematic review, databases including ISI Web of Knowledge, Scopus, PubMed and Science Direct were searched to access the relevant studies. The search was performed using the keywords "Lighting" and "Illumination" and "Cognitive Performance", "Mental Performance", "Memory", "Attention", and "Concentration" by title, keyword and abstracts of articles published in mentioned databases from 2010 to 2016.

Results: Lighting affects human cognitive performance in three areas of psycho-cognitive (visual comfort, visual perception, color recognition, identification of symbols, attention, working memory, learning, reaction time and brain function), biocognitive area (alertness, mood, vitality, subjective feelings, motivation, well-being and quality of sleep) and mental workload (amount of workload, psychological stress, and mental fatigue). The best light to regulate cognitive, biological (circadian rhythm) and mental processes is bright daylight in the morning with a short wavelength (wavelength 420-480 nm) and high intensity (1000lx).

Conclusions: Lighting design in addition to providing comfort and visual needs should provide the non-visual and cognitive needs such as attention, alertness, mood, sleep quality and decrease mental fatigue and eventually well-being.

How to Cite this Article:

Golmohammadi R, Mehdinia M, Shahidi R, Darvishi E, The Effects of Lighting on Mental and Cognitive Performance: A Structured Systematic Review. *J Ergo.* 2017; 25(2):43-54. DOI: 10.21859/joe-05026