

AFSTUDEERARTIKEL

LICHT IN DE AVOND

EEN STUDIE NAAR DE EFFECTEN VAN SPECTRALE POWER DISTRIBUTIE OP MELATONINE EN ALERTHEID

De laatste tijd is er veel aandacht voor de potentiële negatieve effecten van licht in de avond op de gezondheid van de mens. Verschillende studies hebben aangetoond dat met name het blauwe gedeelte (de korte golflengtes) van het zichtbare spectrum de melatonine productie onderdrukt. Melatonine is een hormoon dat wordt gezien als een marker van de biologische klok. Er wordt vaak van uitgegaan dat de melatonine onderdrukking voornamelijk afhankelijk is van de kleurtemperatuur en de lichtintensiteit. Dit onderzoek heeft echter aangetoond dat met een zelfde kleurtemperatuur en lichtintensiteit er nog steeds een ander effect op de melatonine productie kan plaatsvinden.

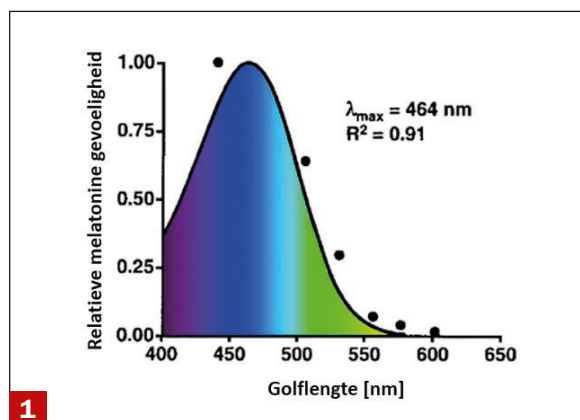


I. (Iris) de Goijer MSc, DPA Cauberg-Huygen, Eindhoven

Ter afronding van de master Building Physics and Services aan de TU Eindhoven is in samenwerking met Philips Lighting onderzoek gedaan naar de effecten van licht in de avond op het hormoon melatonine en de alertheid van mensen [1]. Verschillende studies [2]–[4] hebben geconcludeerd dat het gebruik van smartphones, tablets en soortgelijke apparaten in de avond kan resulteren in een verstoring van slaap en/of het circadiaanse ritme (24-uurs ritme). Deze verstoring komt door het korte golflengte licht wat de melatonine productie onderdrukt en de alertheid verhoogt [4], [5]. Dit is echter niet alleen het geval bij smartphones en soortgelijke apparaten, blootstelling aan elektrisch licht kan hetzelfde effect veroorzaken.

Melatonine

Melatonine is een hormoon dat 's nachts onder donkere omstandigheden geproduceerd wordt in de pijnappelklier. Het is een klein molecuul, maar het heeft een grote impact op de biologische ritmes. Melatonine heeft zelf een circadiaans ritme, maar fungeert ook als een signaal van de hersenen naar de rest van het lichaam om de circadiaanse ritmes te synchroniseren met de externe dag/nacht cyclus. Voor mensen met een regelmatig slaap-waakritme beginnen de melatonine levels te stijgen in de avond, pieken de levels in de nachturen (tussen 02:00 en 04:00 uur) en zijn de levels laag of zelfs afwezig gedurende de dag [6]. De melatonine levels kunnen gemeten worden door gebruik van urine, speeksel- of bloedmonsters.

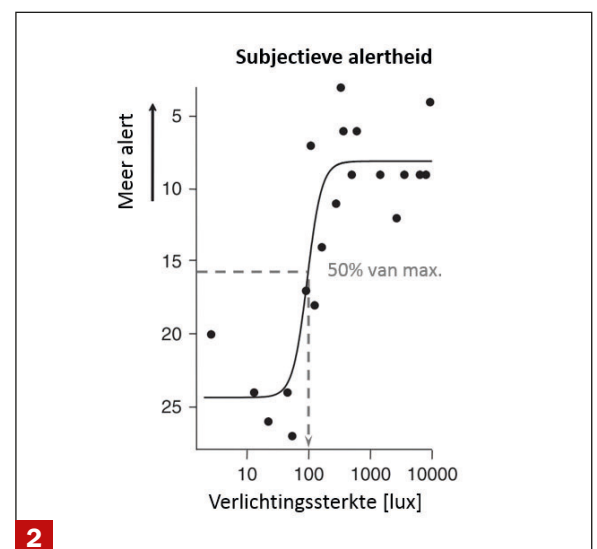


Melatonine onderdrukking voor de korte golflengtes [12]

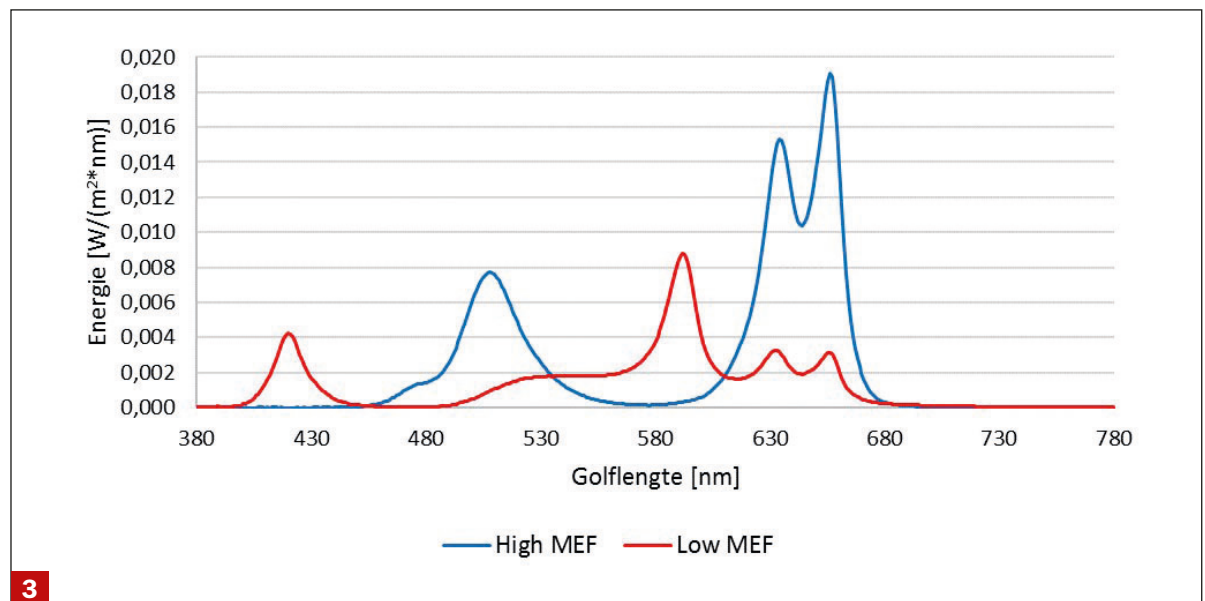
Lichtblootstelling gedurende de nacht onderdrukt de melatonine secretie, en is daardoor in staat is om het menselijke circadiaanse ritme te resetten [7]. De timing van de lichtblootstelling is bovendien ook van belang. Terwijl ochtendlicht het hele melatonine proces vervroegt, zorgt licht in de avond voor een uitstelling van het melatonine proces [8]. Diverse studies [9]–[12] hebben gedemonstreerd dat de onderdrukking van melatonine golflengte gevoelig is, licht met korte golflengtes (piek ≈ 460 nm) is maximaal effectief bij het onderdrukken van melatonine (figuur 1). Naast het effect van de golflengtes speelt de kleurtemperatuur ook een grote rol, lichtbronnen met een hogere kleurtemperatuur veroorzaken een sterkere melatonine onderdrukking in vergelijking met lichtbronnen met een lagere kleurtemperatuur [13]–[15].

Alertheid

De termen alertheid en slaperigheid worden vaak gezien als hetzelfde fenomeen, maar dan vanuit verschillende eindpunten. Het ene eindpunt beschrijft de slaapgevoeligheid of slaperigheid en het andere eindpunt is de mate van oplettendheid/alertheid [16]. Alertheid is, net zoals



Dose-response relatie tussen verlichtingssterkte en subjectieve alertheid. De datapunten geven de optelling van alle alertheidsscores weer [20]



3 Spectrale verdeling lichtspectra avondstudie

melatonine, gevoelig voor korte golflengtes licht (440-480 nm) [5]. Daarnaast hebben verschillende studies [7], [17]–[19] aangetoond dat de blootstelling aan een hogere lichtintensiteit resulteert in verhoogde (subjectieve) alertheid (figuur 2). Dit is niet alleen het geval voor lichtblootstelling in de avond, maar ook voor lichtblootstelling gedurende de dag.

Literatuurstudie

In een literatuurstudie zijn de methoden en resultaten van twaalf studies vergeleken die ook de effecten van blootstelling aan verschillende lichtcondities (bijvoorbeeld gedimd licht, gefilterd licht en fel licht) in de avond op de melatonine secretie en alertheid hebben bestudeerd. Ieder van deze onderzoeken concludeerden dat korte golflengte licht melatonine onderdrukt en dat het filteren van deze golflengtes de onderdrukking reduceert. Echter, alle onderzochte studies maakten gebruik van een filter of een bril met een speciale filter om twee verschillende spectra te creëren met een ander effect op de melatonine productie. Het was tot nu toe nog niet onderzocht of twee lichtspectra met een gelijke kleurtemperatuur en lichtintensiteit nog steeds een ander effect op de melatonine secretie kunnen hebben. Vanuit een praktisch oogpunt is dit juist een heel interessante vraag. Het filteren van de korte golflengtes zorgt ervoor dat de melatonine onderdrukking gereduceerd wordt. Echter, de uitstraling van het licht zal hierdoor drastisch veranderen waardoor het licht niet in iedere situatie gebruikt kan worden.

Onderzoeksvraag en hypothesis

Dit heeft geleid tot de volgende onderzoeksvraag van het afstudeeronderzoek: “Kan licht met dezelfde kleurtemperatuur en lichtintensiteit op ooghoogte een verschillend effect op melatonine en alertheid hebben?” De hypothesis was dat het mogelijk is om twee verschillende spectra te creëren met dezelfde kleurtemperatuur en lichtintensiteit maar met een ander effect op de melatonine secretie en alertheid. De verwachting hierbij was dat een spectrum met hoge energie rond de korte golflengtes zal resulteren in een onderdrukking van de melatonine secretie en een

verhoging van de alertheid, in vergelijking met een spectrum met lage energie rond de korte golflengtes.

METHODEN

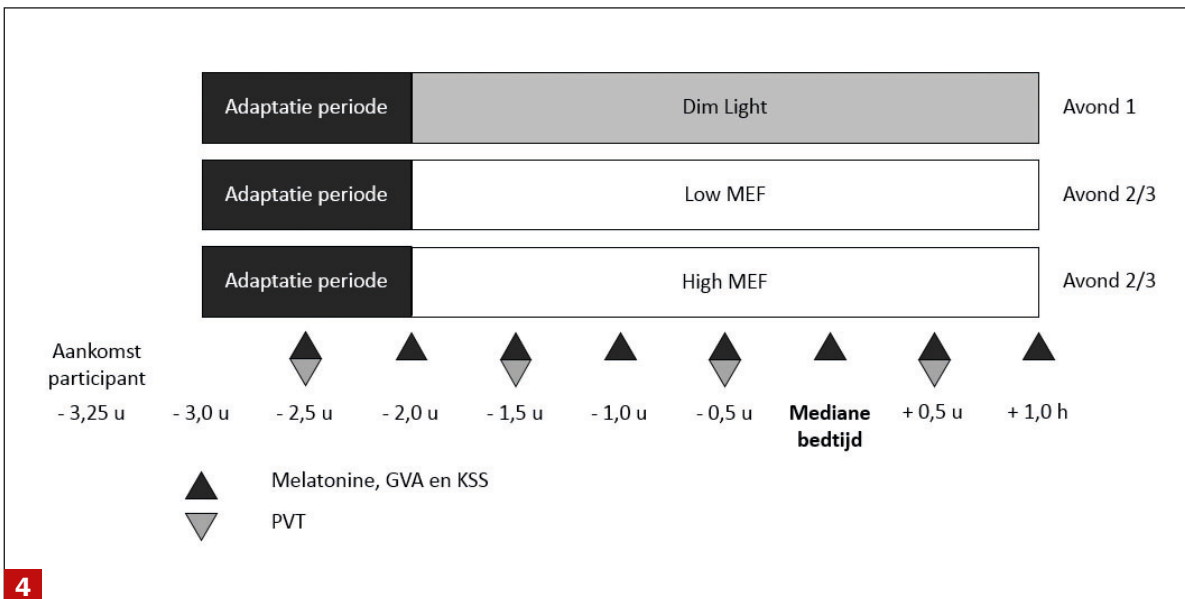
Participanten

Vijftien participanten met een gemiddelde leeftijd met standaard deviatie van $36,8 \pm 8,51$ hebben deelgenomen in een avondstudie. Deze participanten waren gerekruteerd en gescreend door een extern bureau gebaseerd op verschillende onderdelen zoals kleurenblindheid, psychische aandoeningen, chronische ziekten, slaapstoornissen, et cetera. Alle participanten waren geslaagd voor de Ishihara test voor kleurenblindheid. Daarnaast was er onder de participanten geen sprake van extreme ochtend (score > 69) of extreme avond (score < 31) types volgens de Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ).

Gedurende de avondstudie werden de participanten verzocht om een regelmatige slaap-waakritme te waarborgen. De slaap-waakritmes van de participanten werd gemonitord door een gekalibreerde polsge dragen actigraph (Philips Actiwatch Spectrum 2) en door een slaapdagboek waarin de participanten hun bedtijd, geschatte slaaptijd, de tijd waarop ze wakker werden en ten slotte de tijd waarop ze opstonden moesten aangeven. Daarnaast mochten de participanten op de dag van de avondmetingen na 12:00 uur geen cafeïnehoudende of alcoholische dranken drinken of intensief sporten. In aanvulling hierop waren er een aantal voedingsmiddelen die op de dag van de avondmeting niet genuttigd mochten worden vanwege hun effect op de melatonine concentraties.

Apparatuur en stimuli

Twee spectra waren gecreëerd met het doel om het verschil in melatonine onderdrukking te maximaliseren terwijl de beide spectra dezelfde kleurtemperatuur en lichtintensiteit behielden. Een spectrum met lage energie tussen 450-490 nm (Low MEF), en een spectrum met hoge energie tussen 450-490 nm (High MEF) zijn gebruikt in dit onderzoek (figuur 3).



4

Overzicht onderdelen avondstudie

Tabel 1 laat zien dat beide lichtspectra dezelfde verlichtingssterkte en kleurtemperatuur hebben, maar een andere MEF waarde. De MEF waarde geeft de theoretische melatonine onderdrukking weer waarbij een hoge MEF waarde een hoge onderdrukking en een lage MEF waarde een lage melatonine onderdrukking weerspiegelt.

Tabel 1: Eigenschappen lichtspectra avondstudie

	Verlichtingssterkte [lx]	Kleurtemperatuur [K]	MEF [-]
Low MEF	175	2700	0.3
High MEF	175	2700	1.1
Dim light	<5	2700	0.4

Studieontwerp

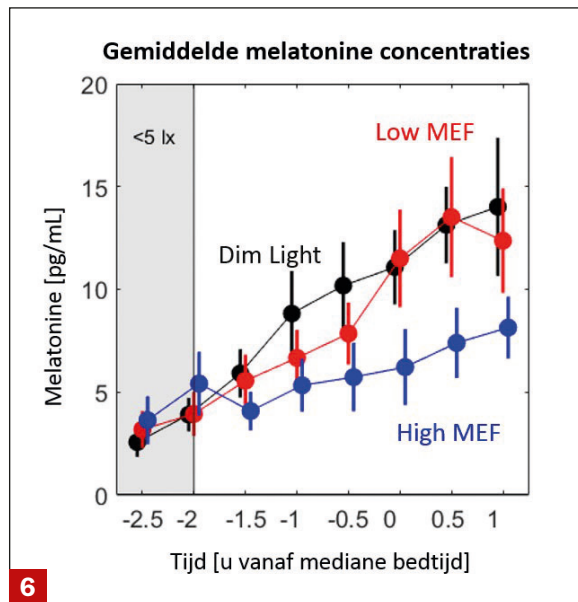
De experimenten vonden plaats in het laboratorium van Philips Lighting Research in Eindhoven. De ruimte was niet voorzien van daglicht en het elektrische licht kon worden aangepast. Gedurende het experiment was er achtergrondverlichting van < 5 lux met een kleurtemperatuur van 2700 K aanwezig in de ruimte.

De participanten namen deel aan een repeated measures design waar ze blootgesteld werden aan drie verschillende lichtcondities op drie verschillende avonden met steeds een week er tussen. De drie lichtcondities waren gedimd licht (baseline), Low MEF en High MEF. Iedere participant startte met de dim lichtconditie en de Low en High MEF lichtcondities werden uitgebalanceerd over de overige twee avonden. De looptijd van het experiment was vier uur: één uur adaptatie periode en drie uur in een van de drie lichtcondities (figuur 4). De participanten ont-



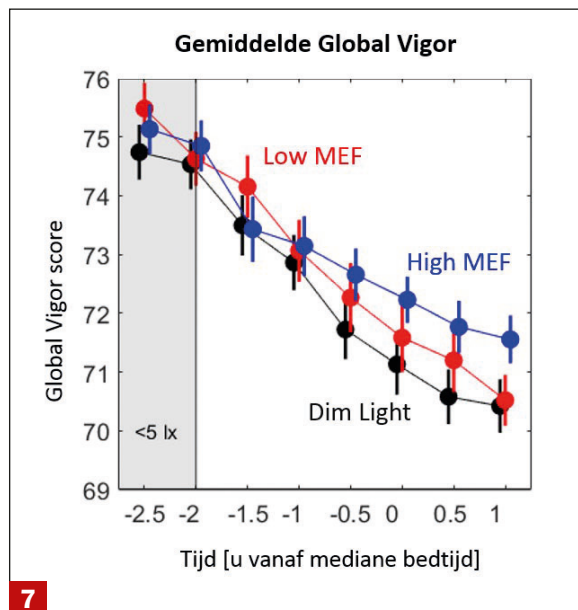
5

Positie participanten voor lichtbox



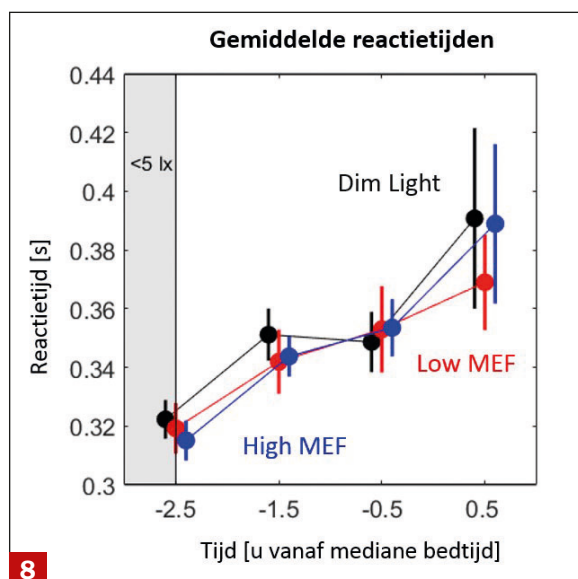
6

Gemiddelde melatonine resultaten



7

Gemiddelde GV resultaten



8

Gemiddelde PVT resultaten

vingen de drie lichtcondities via een lichtbox waar zij voor zaten met hun hoofd in een kinsteun om zo een constante licht blootstelling te garanderen (figuur 5).

De starttijd van het experiment was uniek voor iedere participant doordat het afhankelijk was van de mediane bedtijd. Aan de hand van de Actiwatch en het slaapdagboek werd de mediane bedtijd bepaald per participant. Iedere avond startte 3 uur voor en eindigde 1 uur na de mediane bedtijd. Wanneer een participant een mediane bedtijd van bijvoorbeeld 23:00 uur had, startte het experiment om 20:00 uur en eindigde het experiment om 00:00 uur.

Om de melatonine levels van de participanten gedurende de avond te bepalen, werden er vanaf het eerste half uur om het half uur speekselmonsters afgenomen. Direct na het afnemen van het speekselmonster werd de subjectieve alertheid van de participanten bepaald door middel van twee korte vragenlijsten: de Karolinska Sleepiness Scale (KSS) en de Global Vigor and Affect (GVA). Naast de subjectieve alertheid, is ook de objectieve alertheid van de participanten gemeten door middel van een reactietijdstest: de Psychomotor Vigilance Task (PVT). Deze auditieve test werd vanaf het eerste half uur om het uur uitgevoerd door de participanten.

RESULTATEN

De gemiddelde melatonine levels van de drie lichtcondities zijn weergegeven in figuur 6. De melatonine levels stijgen gedurende de avond. Dit komt overeen met de literatuur.

Voor alle drie de avonden zijn de eerste twee metingen in dezelfde condities gedaan, de resultaten zijn hier ook nagenoeg hetzelfde. Aan de hand van repeated measures ANOVA was aangetoond dat er een significant verschil ($p < 0,001$) voor zowel tijd als voor lichtconditie was. Het onderzoek toonde aan dat er geen significant verschil was tussen de melatonine levels van de Low MEF en de Dim lichtconditie ($F = 1,674$; $p = 0,655$). Er was echter wel een significant verschil tussen de melatonine levels van High MEF en de Dim lichtconditie ($F = 18,571$; $p = 0,002$) en tussen de High MEF en de Low MEF lichtconditie ($F = 23,222$; $p = 0,001$).

De subjectieve alertheid is de tweede output van de avondstudie. De resultaten van de GVA en KSS vragenlijsten kwamen overeen met elkaar. Daarom zullen alleen de resultaten van de GVA vragenlijst behandeld worden. In figuur 7 zijn de gemiddelde resultaten van de GVA vragenlijst weergegeven. Een hogere GVA score komt overeen met een hoger gevoel van alertheid, en een lagere GVA score komt overeen met een neiging tot slapen. Repeated measures ANOVA toonde aan dat de subjectieve alertheid gedurende de avond significant afneemt ($p < 0,001$). Tussen de drie lichtcondities was er echter geen significant verschil ($p = 0,250$).

Ten slotte zijn de gemiddelde reactietijden van de objectieve alertheid test (PVT) in figuur 8 weergegeven. Deze figuur laat zien dat de reactietijden gedurende de avond afnamen, er was echter geen significant verschil ($p >$

0,05). Daarnaast waren de verschillen in reactietijden in de lichtcondities ook niet significant ($p > 0,05$).

CONCLUSIE

De resultaten van de avondstudie hebben laten zien dat de Low MEF lichtconditie niet het hormoon melatonine onderdrukte en een gelijke curve van melatonine secretie had als gedimd licht. Blootstelling aan de High MEF lichtconditie resulteerde echter wel in een significante onderdrukking van melatonine vergeleken met zowel de gedimde lichtconditie als met de Low MEF lichtconditie. De subjectieve en objectieve alertheid waren echter niet significant verschillend tussen de drie lichtcondities.

Zoals eerder genoemd was het tot nu toe nog niet onderzocht of twee lichtspectra met een gelijke kleurtemperatuur en lichtintensiteit nog steeds een ander effect op de melatonine secretie en alertheid kunnen hebben. Dit onderzoek heeft aangetoond dat het mogelijk is om twee verschillende lichtspectra, met dezelfde kleurtemperatuur en lichtintensiteit op ooghoogte, een verschillend effect op melatonine kan hebben, maar niet op alertheid. De resultaten van dit onderzoek openen nieuwe mogelijkheden voor verlichtingsapplicaties die het mogelijk maken om elektrische verlichting te gebruiken zonder de melatonineproductie te verstoren. ■

BRONNEN

- [1] I. de Goijer, "Light in the evening: an analysis of the effects of spectral power distribution on melatonin, alertness and color discrimination", Eindhoven University of Technology/Philips Lighting Research, 2017
- [2] M.G. Figueiro, N.Z. Lesniak, and M.S. Rea, "Implications of controlled short-wavelength light exposure for sleep in older adults", *BMC Res. Notes*, vol. 4, no. 1, p. 334, 2011
- [3] S. Van Der Lely, S. Frey, C. Garbazza, A. Wirz-Justice, O.G. Jenni, R. Steiner, S. Wolf, C. Cajochen, V. Bromundt, and C. Schmidt, "Blue blocker glasses as a countermeasure for alerting effects of evening light-emitting diode screen exposure in male teenagers", *J. Adolesc. Heal.*, vol. 56, no. 1, pp. 113–119, 2015
- [4] C. Cajochen, S. Frey, D. Anders, J. Späti, M. Bues, A. Pross, R. Mager, A. Wirz-Justice, and O. Stefani, "Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance", *J. Appl. Physiol.*, vol. 110, no. 5, pp. 1432–1438, 2011
- [5] A. Wahnschaffe, S. Haedel, A. Rodenbeck, C. Stoll, H. Rudolph, R. Kozakov, H. Schoepp, and D. Kunz, "Out of the lab and into the bathroom: Evening short-term exposure to conventional light suppresses melatonin and increases alertness perception", *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 14, no. 2, pp. 2573–2589, 2013
- [6] L. Kayumov, R.F. Casper, R.J. Hawa, B. Perelman, S.A. Chung, S. Sokalsky, and C.M. Shapiro, "Blocking low-wavelength light prevents nocturnal melatonin suppression with no adverse effect on performance during simulated shift work", *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, vol. 90, no. 5, pp. 2755–2761, 2005
- [7] C. Cajochen, J.M. Zeitzer, C.A. Czeisler, and D.J. Dijk, "Dose-response relationship for light intensity and alertness and its ocular and EEG correlates", *Behav. Brain Res.*, vol. 115, pp. 75–83, 2000
- [8] A.J. Lewy, S. Ahmed, and R.L. Sack, "Phase-shifting the human circadian clock using melatonin", *Behav. Brain Res.*, vol. 73, pp. 131–134, 1996
- [9] S.A. Rahman, A. Kollara, T.J. Brown, and R.F. Casper, "Selectively filtering short wavelengths attenuates the disruptive effects of nocturnal light on endocrine and molecular circadian phase markers in rats". *Endocrinology*, vol. 149, no. 12, pp. 6125–6135, 2008
- [10] S.W. Lockley, G.C. Brainard, and C.A. Czeisler, "High sensitivity of the human circadian melatonin rhythm to resetting by short wavelength light", *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, vol. 88, no. 9, pp. 4502–4505, 2003
- [11] K. Thapan, J. Arendt, and D.J. Skene, "An action spectrum for melatonin suppression: Evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans", *J. Physiol.*, vol. 535, no. 1, pp. 261–267, 2001
- [12] G.C. Brainard, J.P. Hanifin, J.M. Greeson, B. Byrne, G. Glickman, E. Gerner, and M.D. Rollag, "Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor", *J. Neurosci.*, vol. 21, no. 16, pp. 6405–12, 2001
- [13] T. Morita and H. Tokura, "The influence of different wavelengths of light on human biological rhythms", *Appl. Hum. Sci. J. Physiol. Anthropol.*, vol. 17, no. 3, pp. 91–96, 1998
- [14] M. Sato, T. Sakaguchi, and T. Morita, "The effects of exposure in the morning to light of different color temperatures on the behavior of core temperature and melatonin secretion in humans", *Biol. Rhythm Res.*, vol. 36, pp. 278–292, 2005
- [15] T. Kozaki, S. Koga, N. Toda, H. Noguchi, and A. Yasukouchi, "Effects of short wavelength control in polychromatic light sources on nocturnal melatonin secretion", *Neurosci. Lett.*, vol. 439, no. 3, pp. 256–259, 2008
- [16] C. Cajochen, S.L. Chellappa, and C. Schmidt, "Circadian and Light Effects on Human Sleepiness–Alertness," in *Sleepiness and Human Impact Assessment*, 2014, pp. 9–22
- [17] D. Dawson and S.S. Campbell, "Timed exposure to bright light improves sleep and alertness during simulated night shifts", *Sleep*, vol. 14, no. 6, pp. 511–516, 1991
- [18] A. Lowden, T. Akerstedt, and R. Wibom, "Suppression of sleepiness and melatonin by bright light exposure during breaks in night work", *J. Sleep Res.*, vol. 13, pp. 37–43, 2004
- [19] M. Rüger, M.C.M. Gordijn, B. De Vries, and D.G.M. Beersma, "Effects of diurnal and nocturnal bright light exposure on human performance and wake EEG", in *Lighting up the clock: effects of bright light on physiological and psychological states in humans (doctoral dissertation)*, Groningen: Van Denderen, 2005, pp. 61–85
- [20] C. Cajochen, S. Chellappa, and C. Schmidt, "What keeps us awake?—the role of clocks and hourglasses, light, and melatonin", vol. 93, no. C. Elsevier Inc., 2010