

# Funkcjonowanie emocjonalne w warunkach przedłużonej blokady niebieskiego światła

Magdalena Król\*, Halszka Ogińska, Aleksandra Domagalik, Justyna Janik, Tadeusz Marek

Uniwersytet Jagielloński, Kraków

## AFFECTIVE FUNCTIONING IN CONDITIONS OF CHRONIC REDUCTION OF BLUE LIGHT INPUT

The interest in specific influence of the blue light (further described as BL, a part of a visible spectrum with the wavelength from 460 nm to 490 nm) grew about 15 years ago, with a discovery of retinal ganglion cells that contain melanopsin. It was proven that this part of visible spectrum is the most important non-image-forming signal, which regulates the circadian rhythm. Exposure to BL in the daytime enhances the circadian rhythm, reduces daytime sleepiness and has an anti-depressive effect. Whereas exposure to artificial light during the evening results in the suppression of nocturnal melatonin secretion, delay of the circadian rhythm and consequently can lead to insomnia and mood deterioration. In this study the BL input was reduced by using “amber” contact lenses (light transmittance in a range of approximately 480 nm reduced to 10%) for consecutive four weeks. Experimental group consisted of 12 female and male participants in the age between 18 and 35 years, control group numbered 15 participants in the same age range. The level of daytime sleepiness in fourth week of blockade of short-wavelength light input was visibly higher than in the beginning of the study. Such tendency did not occur in the control group. Similar effect was observed in level of anhedonia (significant difference,  $p < .02$ ) and in negative affect (slight difference). Positive affect scales and dimensions of core affect showed no differences between control and experimental groups.

**Key words:** blue light, chronic reduction/blockade, anhedonia, daytime sleepiness, affective functioning

## WPROWADZENIE

Zmiany cywilizacyjne w okresie ostatniego ćwierćwiecza czyli gwałtowny rozwój technologii informacyjnych, rozpowszechnienie komputerów i cyfrowych urządzeń mobilnych, pociągają za sobą widoczne zmiany stylu życia, a także warunków środowiskowych życia codziennego. Dotyczy to też ekspozycji na światło – wzrasta czas przebywania w ciągu dnia w pomieszczeniach zamkniętych (a zatem maleje dostęp do światła naturalnego), a równocześnie wydłuża się czas ekspozycji na światło sztuczne o dużej proporcji światła niebieskiego, emitowane przez oświetlenie i ekrany LED oraz wyświetlacze komputerów, smartfonów i innych tego typu urządzeń.

Obserwacje wpływu światła na funkcjonowanie człowieka mają długą historię. Jednak pierwsze doniesienia na ten temat o charakterze naukowym pochodzą dopiero z drugiej połowy XX wieku. W latach 70<sup>tych</sup> odkryto bowiem, że jądro nadskrzyżowaniowe (*suprachiasmatic nucleus*, SCN), leżące w przedniej części podwzgórza odpowiada za rytmikę okołodobową u ssaków (Moore i Eichler, 1972). Odbiera ono sygnały świetlne z siatkówki oka i przesyła je do dalszych struktur mózgowych (w tym do szyszynki, wydzielającej melatoninę).

W 1981 roku Charles Czeisler i jego współpracownicy opublikowali kolejny artykuł potwierdzający tezę, że światło ma decydujący wpływ na rytm okołodobowy człowieka, a w dalszych swoich badaniach potwierdzili, iż kluczową rolę w tym procesie pełnią sygnały pozawzrokowe. Stwierdzili, że istotny wpływ światła na supresję wydzielania melatoniny (tzw. hormonu snu) można zaobserwować również u osób niewidomych (Czeisler i in., 1995).

Badania Czeislera znalazły potwierdzenie w neuronauce wraz z odkryciem światłoczułych komórek wzrokowych siatkówki (Berson, Dunn i Takao 2002). Komórki te zawierają fopigment melanopsynę, który jest wybiórczo wrażliwy na fotony światła niebieskiego, w związku z czym pozwala na rejestrowanie zachodzących w czasie zmian w tego typu promieniowaniu. Z tego powodu komórki te są kluczowe dla regulacji pozawzrokowych odpowiedzi na światło, do których należą: hamowanie syntezy melatoniny, regulacja okołodobowego rytmu aktywności ruchowej, zwężanie źrenicy (Zawilska i Czarnecka, 2006). Światło ‘niebieskie’ (*blue light*, BL, część widma o długości fali od 460 do 490 nm), obecne w promieniowaniu słonecznym oraz emitowane przez niektóre źródła światła (oświetlenie LED oraz ekrany urządzeń elektronicznych takich jak smartfony, komputery itp.), szczególnie silnie oddziałuje na komórki zawierające melanopsynę. Szczyt ich wrażliwości przypada na światło o długości fali ok. 479 nm (Qiu i in., 2005). Duża

\* Korespondencję dotyczącą artykułu można kierować na adres: Magdalena Król, Wydział Zarządzania i Komunikacji Społecznej, Uniwersytet Jagielloński, ul. Prof. St. Łojasiewicza 4, 30-348 Kraków. [halszka.oginska@uj.edu.pl](mailto:halszka.oginska@uj.edu.pl)

wrażliwość komórek na BL sprawia, że jest ono najistotniejszym sygnałem pozawzrokowym.

Ekspozycja na niebieskie światło w tej części dnia, kiedy naturalnie mamy dostęp do światła słonecznego (zawierającego fale o długości odpowiadającej BL) wzmacnia rytm okołodobowy i redukuje senność dzienną. Natomiast ekspozycja wieczorna na sztuczne źródła światła (zwłaszcza tzw. 'zimnego') o dużej proporcji światła niebieskiego powoduje opóźnienie rytmu, i w konsekwencji może prowadzić do zaburzeń snu. Niebieskie światło wpływa bowiem na zahamowanie wydzielania przez szyszynkę melatoniny, hormonu, który wpływa bezpośrednio na termoregulacyjne mechanizmy indukujące sen (Cajochen, Kräuchi i Wirz-Justice, 2003; Wehr, Aeschbach i Duncan., 2001).

Przez związek z wydzielaniem melatoniny, ekspozycja na światło niebieskie w nieodpowiednich porach prowadzi również do zwiększenia ryzyka licznych chorób. Badania wskazują, że osoby pracujące w trybie zmianowym, a więc narażone na ciągłe zakłócenia rytmu okołodobowego, są obciążone większym ryzykiem raka piersi (Schernhammer, Kroenke, Laden i Hankinson, 2006), prostaty (Erren, Pape, Reiter i Piekarski, 2008) oraz jelita grubego (Schernhammer i in., 2003). Te negatywne skutki wieczornej ekspozycji na światło, tłumaczy się wpływem rytmu okołodobowego na podziały komórek. Zmiana przebiegu tych podziałów lub ich przerwanie może prowadzić do zaburzeń cyklu komórkowego. Zaburzenia podziału komórek mogą wpływać na przyspieszenie wzrostu komórek nowotworowych, przez brak hamowania podziałów komórek z błędami w DNA (Ben-Shlomo, 2014). Ekspozycja nocna na światło może też sprzyjać zaburzeniu na poziomie transkrypcji pewnych genów, które związane są z cyklem komórkowym, proliferacją komórek i kancerogenezą (Ben-Shlomo i Kyriacou, 2010).

Badania na myszach wskazują również, że zwiększona ekspozycja na światło sztuczne o dużej proporcji światła niebieskiego prowadzi do innych negatywnych zjawisk, takich jak zmniejszenie masy mięśni szkieletowych, utrata gęstości kości oraz prozapalna aktywacja układu immunologicznego. Co interesujące, badacze zaobserwowali odwracalność tych zmian (Lucassen i in., 2016). Wyniki te wskazywałyby na brak długotrwałych i stałych zmian w organizmie pod wpływem działania sztucznego światła o dużej proporcji światła niebieskiego, co jest sprzeczne z innymi, wyżej przedstawionymi badaniami. Trzeba jednak zaznaczyć, iż w tym eksperymencie myszy były poddawane nadmiernemu działaniu światła przez 24 tygodnie. Myszy mogą również okazać się organizmami, które znacznie lepiej adaptują się do zmian środowiskowych.

Mimo wielu alarmujących doniesień na temat wpływu wieczornej ekspozycji na niebieskie światło, liczne badania podkreślają jego korzystny wpływ na funkcjonowanie człowieka. Krótkotrwała (2h) wieczorna ekspozycja na BL prowadziła do mniejszej supresji melatoniny, czemu towarzyszyło podwyższenie subiektywnej

czujności, poprawa samopoczucia i komfortu widzenia, a także spadek czasu reakcji w zadaniach wymagających długotrwałej koncentracji uwagi. Efekty te były silniejsze w porównaniu z warunkami ekspozycji na światło o innej długości fali niż światło niebieskie (Chellappa i in., 2011). Pozytywny wpływ niebieskiego światła, potwierdzają też inne badania, choć dotyczą one głównie ekspozycji na to światło w ciągu dnia.

Pracownicy biurowi, których oświetlenie w godzinach pracy zostało wzbogacone o fale niebieskiego światła, opisywali poprawę jakości swojej pracy. Wzrosła ich subiektywna ocena czujności, poziom pozytywnego nastroju oraz wydajność. Zmniejszyła się natomiast drażliwość i uczucie dyskomfortu w oczach. Senność w ciągu dnia zmalała, a subiektywna jakość snu uległa poprawie (Viola, James, Schlangen i Dijk, 2008).

Kolejnym przykładem dobroczynnego działania światła niebieskiego jest fototerapia, która okazuje się skuteczna nie tylko w odniesieniu do zaburzeń nastroju związanych ze zmiennością sezonową (SAD – ang. *seasonal affective disorder*), ale i innych form depresji (Even, Schröder, Friedman i Rouillon 2008). Jak pokazują badania wśród seniorów w domu opieki długoterminowej, terapia niebieskim światłem poprawia także funkcjonowanie poznawcze oraz obniża lęk i napięcie (Royer i in., 2012). Wysoka skuteczność tej terapii w redukowaniu wyżej wymienionych objawów może być związana ze wzrostem aktywności podwzgórza w wyniku ekspozycji na niebieskie światło (Vandewalle i in., 2010). Ten region jest ściśle powiązany z powstawaniem sezonowych zaburzeń afektywnych. W badaniach post mortem zaobserwowano znacznie mniejszą ilość serotoniny, hormonu odpowiedzialnego m.in. za dobry nastrój, w podwzgórzu w porze zimowej – w grudniu i styczniu (Carlsson, Svennerholm i Winbland, 1980).

Literatura przedmiotu dostarcza danych dotyczących efektów krótko- i długoterminowego działania niebieskiego światła w sferze poznawczej i afektywnej (modyfikacja odpowiedzi neuronalnej na bodźce emocjonalne, poprawa samopoczucia, podwyższenie subiektywnej czujności). Bardzo rzadkie są badania polegające na ograniczaniu dostępu niebieskiego światła, tak jak dzieje się to w procesach starzenia, w związku z żółknięciem i mętnieniem soczewki oka. Nieliczne badania jakie na ten temat zostały opublikowane, stoją w sprzeczności z wieloma wcześniejszymi odkryciami.

Analizy duńskich badaczy (Kessel, Siganos, Jørgensen i Larsen, 2011) na grupie prawie tysiąca osób (pacjenci okulisty w wieku 30–60 lat) wykazały, że ryzyko zaburzeń snu było znacząco wyższe w sytuacji obniżonej transmisji niebieskiego światła do siatkówki (skutkiem żółknięcia soczewki), przy kontroli takich zmiennych jak wiek i inne czynniki modyfikujące (palenie tytoniu, cukrzyca, płeć, ryzyko choroby niedokrwiennej). Autorzy zakładają, że zaburzenia te są skutkiem zakłóceń mechanizmu regulacji świetlnej (*photoentrainment*) rytmu okołodobowego.

W innym badaniu (którego uczestnikami byli młodzi ochotnicy) blokowano dopływ światła niebieskiego przez używanie soczewek kontaktowych z filtrem BL, które badani nosili non-stop przez dwa tygodnie. Otrzymane dane potwierdziły, że w czasie blokady niebieskiego światła dochodzi do mniejszej supresji melatoniny. Wyniki pokazały również, iż w porównaniu z grupą kontrolną badani wykazali nieco mniejszą aktywność w czasie dziesięciu najbardziej „aktywnych godzin” w ciągu dnia. Poza tym nie stwierdzono istotnych zmian w jakości snu oraz wysnuto wniosek, iż osoby u których zablokowany był dostęp do niebieskiego światła potrafiły zaadaptować się do tak zmienionych warunków funkcjonowania (Gimenez i in., 2014).

Przedstawione powyżej badania skupiają się jedynie na skutkach ograniczenia niebieskiego światła dla rytmu okołodobowego i jakości snu. Pomijano w nich istotny wpływ BL na funkcjonowanie poznawcze oraz afektywne. W niniejszym projekcie badawczym<sup>1</sup> postanowiono więc wziąć pod uwagę również zmienne związane z funkcjonowaniem afektywnym oraz poznawczym, na poziomie subiektywnym i behawioralnym oraz przedłużyć blokadę niebieskiego światła, aby sprawdzić czy w okresie dłuższym niż wcześniej badane dwa tygodnie nastąpi adaptacja do braku światła niebieskiego. Ten artykuł prezentuje część wyników, która dotyczy funkcjonowania afektywnego osób pozbawionych dostępu niebieskiego światła w porównaniu z grupą kontrolną, w tradycyjnym badaniu kwestionariuszowym.

## METODY

W niniejszym badaniu ograniczano dopływ niebieskiego światła do oka poprzez stosowanie przez cztery kolejne

<sup>1</sup> Projekt realizowany w ramach grantu NCN 2013/08/W/NZ3/00700 (kierownik tematu badawczego: prof. dr hab. Tadeusz Sarna, MCB, UJ). Akceptacja Komisji Etycznej Opiniującej Badania Biomedyczne przy WIML – decyzja nr 01/2013 z dnia 26.02.2013.

Tabela 1

Wyniki surowe (średnia  $\pm$  odchylenie standardowe) skal dotyczących różnych aspektów funkcjonowania afektywnego w sytuacji blokady niebieskiego światła – przed rozpoczęciem eksperymentu i po czterech tygodniach jego trwania

Skala	grupa z blokadą BL (n=12)		grupa kontrolna (n=15)	
	poziom wyjściowy	po 4 tygodniach	poziom wyjściowy	po 4 tygodniach
EES	6.0 $\pm$ 3.44	7.18 $\pm$ 4.45	8.0 $\pm$ 4.5	6.73 $\pm$ 2.63
PA	30.27 $\pm$ 6.26	32.64 $\pm$ 4.92	31.53 $\pm$ 4.75	30.53 $\pm$ 6.51
NA	15.55 $\pm$ 5.5	16.45 $\pm$ 5.43 <sup>b-tend</sup>	12.87 $\pm$ 3.52	13.33 $\pm$ 4.69
UMACL-PE	26.0 $\pm$ 4.42	25.08 $\pm$ 4.68 <sup>b</sup>	30.33 $\pm$ 5.35	29.67 $\pm$ 4.1
UMACL-PN	14.92 $\pm$ 4.87	16.33 $\pm$ 5.59	13.58 $\pm$ 3.65	15.33 $\pm$ 4.08
UMACL-TH	32.08 $\pm$ 5.72	30.58 $\pm$ 6.3 <sup>b</sup>	35.33 $\pm$ 4.29	35.17 $\pm$ 4.76
SHAPS	22.82 $\pm$ 6.21	27.27 $\pm$ 10.27 <sup>a,b</sup>	24.0 $\pm$ 4.13	22.58 $\pm$ 4.93

a – różnica między wynikiem wyjściowym a końcowym w danej grupie istotna statystycznie na poziomie  $p < .05$

b – różnica między średnim wynikiem końcowym w grupie eksperymentalnej w porównaniu z grupą kontrolną istotna statystycznie na poziomie  $p < .05$

tygodnie ‘bursztynowych’ soczewek kontaktowych (poziom transmitancji światła o długości fali ok. 480 nm – 10%).

Osobami badanymi było sześć kobiet i sześciu mężczyzn w wieku od 18 do 35 lat. Grupa kontrolna, nosząca zwykle soczewki kontaktowe (bez filtra zatrzymującego BL), liczyła 15 osób w podobnym przedziale wiekowym.

Informacja dla osób badanych zawierała sugestię, że celem badawczym jest przede wszystkim obserwacja funkcjonowania neuronalnego w sytuacji „wyostrzenia wzroku” (bursztynowe soczewki są reklamowane jako produkt wspomagający widzenie, szczególnie o zmroku, przydatny dla kierowców i sportowców); nie skupiano się na ewentualnym dobrym lub złym wpływie zmienionego światła na samopoczucie i nastrój.

Przed rozpoczęciem eksperymentu oraz co tydzień w trakcie badania, jego uczestnicy wypełniali kwestionariusze afektywności pozytywnej i negatywnej (PANAS – Watson, Clark i Tellegen 1988) oraz senności dziennej (*Epworth Sleepiness Scale* – Johns, 1991). Co dwa tygodnie – skalę anhedonii (SHAPS – Snaith i in., 1995) oraz przymiotnikową skalę nastroju, gdzie nastrój rozumiany jest jako doświadczenie afektywne o trzech wymiarach: pobudzenie energetyczne, napięciowe i ton hedonistyczny (UMACL – Matthews, Jones i Chamberlain, 1990). Przeprowadzono również krótki wywiad dotyczący ogólnego samopoczucia, ewentualnych problemów związanych z noszeniem soczewek, nastroju i relacji społecznych.

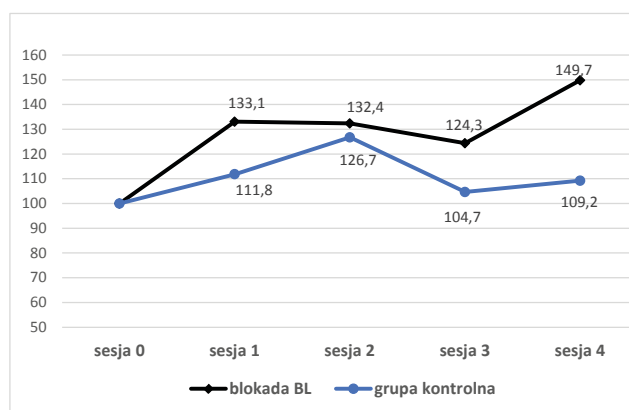
Po tygodniu od zakończenia eksperymentu część osób z grupy badanej zgłosiła się na wywiad kontrolny i badanie kwestionariuszowe, celem sprawdzenia funkcjonowania po powrocie do normalnych warunków oświetlenia.

## WYNIKI

Uzyskane w eksperymencie wyniki zostały przedstawione za pomocą tabeli i rysunków. Tabela 1 zawiera średnie wyniki surowe wszystkich skal odnoszących się do

funkcjonowania afektywnego i poziomu energetycznego, zastosowanych przed rozpoczęciem eksperymentu z blokadą BL i w dniu jego zakończenia Ryciny 1–4 obrazują natomiast wyniki grup badanej i kontrolnej w poszczególnych skalach wszystkich kwestionariuszy w kolejnych tygodniach eksperymentu, w odniesieniu do poziomu wyjściowego, przyjętego jako 100%.

Poziom senności dziennej (skala ESS) w czwartym tygodniu blokady krótkiej fali światła widzialnego był wyraźnie wyższy (149,7%) niż w punkcie wyjścia, której to tendencji nie zaobserwowano w grupie kontrolnej (Ryc. 1). Połowa osób badanych (6 z 12) w grupie eksperymentalnej wykazała wzrost senności dziennej, w grupie kontrolnej dotyczyło to tylko 2 z 15 uczestników. Jednakże, wskutek



Ryc. 1. Poziom senności dziennej (skala ESS) przed rozpoczęciem eksperymentu i w ciągu 4 kolejnych tygodni badań

dużego zróżnicowania indywidualnego wyników ESS, ani wzrost senności w ciągu miesiąca trwania eksperymentu,

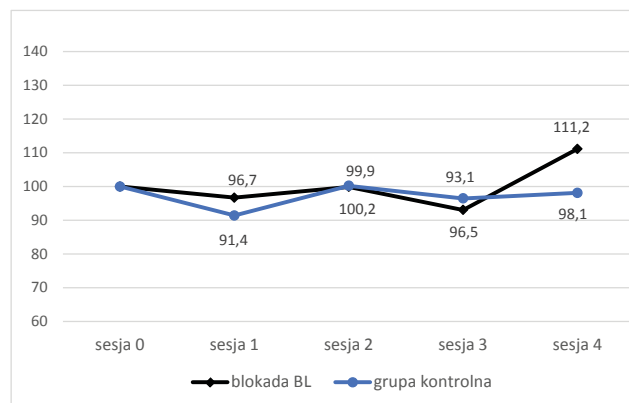
ani różnica końcowych wyników grup eksperymentalnej i kontrolnej nie okazały się istotne statystycznie (test *t*-Studenta).

Poziom afektywności pozytywnej (wg PANAS) nie zmieniał się w toku eksperymentu w żadnej z grup badanych. W skali afektywności negatywnej (NE, *negative affectivity*) zaobserwowano wyższe wyniki w grupie osób, którym blokowano światło niebieskie. W grupie tej, w ostatniej sesji dwie osoby uzyskały wynik powyżej 99 percentyla, a średnie wyniki odpowiadały 84 percentylowi. W grupie kontrolnej w ostatniej sesji żadna z osób nie deklarowała tak wysokich wyników, a średnia odpowiadała przedziałowi od 38 do 47 percentyla. Różnice pomiędzy badanymi grupami uwidoczniły się szczególnie w sesji trzeciej (test *t*-Studenta odnośnie różnicy średnich w grupach eksperymentalnej i kontrolnej:  $p=.051$ ), istotny był też wzrost wyników w grupie eksperymentalnej w ciągu trzech tygodni blokady BL ( $p=.022$ ). W ostatnim tygodniu poziom afektywności negatywnej był niższy. Interpretując to zjawisko, można rozpatrywać mechanizmy adaptacji do sytuacji, ale też 'syndrom ostatniego pomiaru' (ulga związana z zakończeniem sześciotygodniowego eksperymentu).

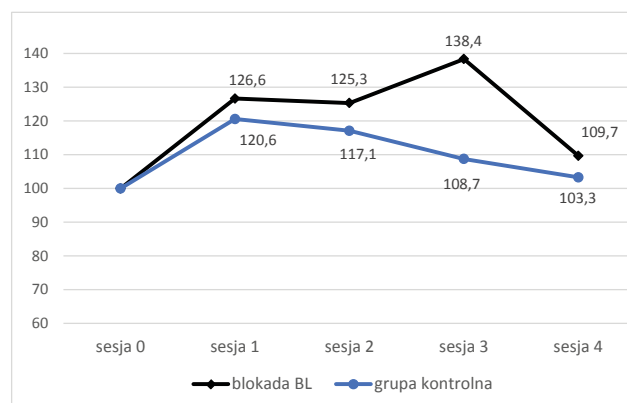
Wymiary rdzennego afektu (pobudzenie energetyczne, napięciowe i ton hedonistyczny wg UMACL) nie różnicowały grup eksperymentalnej i kontrolnej, wyniki nie różniły się też pomiędzy warunkami wyjściowymi a pomiarami w trakcie eksperymentu.

Skala anhedonii (SHAPS) okazała się być najczulszym narzędziem zastosowanym w niniejszym badaniu. Zaobserwowano wyraźny wzrost symptomów anhedonii w trakcie blokady BL ( $p=.025$ ) oraz istotną różnicę w końcowym pomiarze między badanymi grupami ( $p=.012$ ).

Analiza jakościowa, bazująca na danych z wywiadów z uczestnikami eksperymentu (przykładowe wypowiedzi zawarto w Tabeli 2), wskazuje na bardzo zróżnicowa-

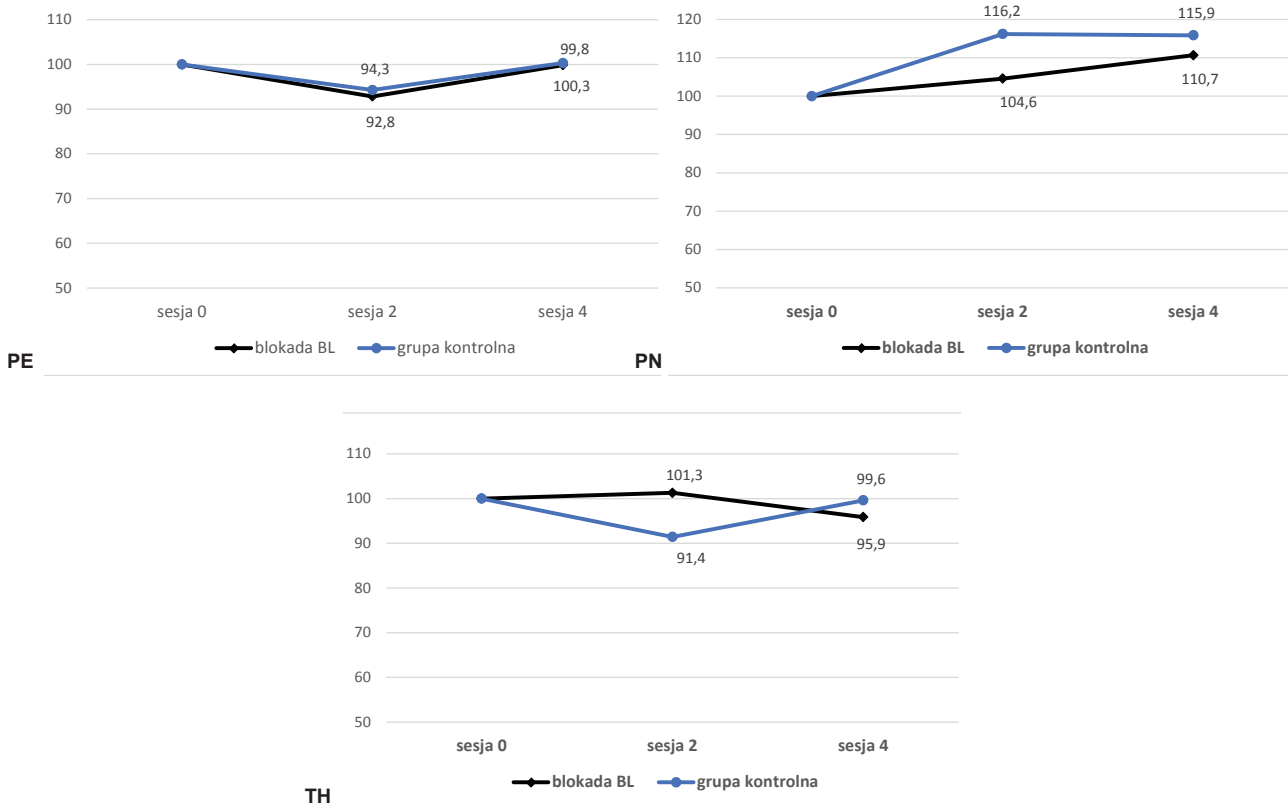


PA

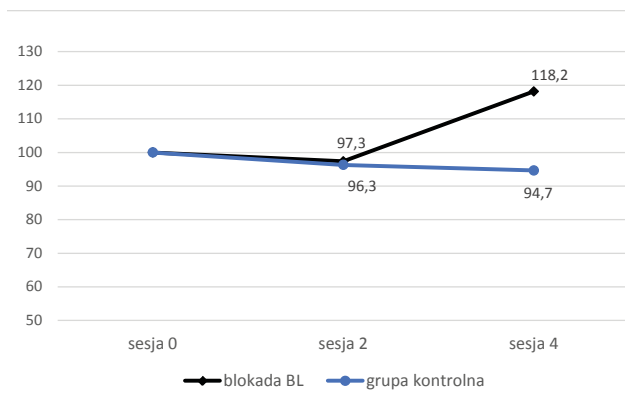


NA

Ryc. 2. Poziom afektywności pozytywnej (PA) i negatywnej (NA) według kwestionariusza PANAS przed rozpoczęciem eksperymentu i w ciągu 4 kolejnych tygodni badań



Ryc. 3. Poziom trzech wymiarów afektu rdzennego (skala UMACL) przed założeniem soczewek, w drugim tygodniu eksperymentu oraz na koniec badania, po 4 tygodniach. Skala PE – Pobudzenie energetyczne, skala PN – Pobudzenie napięciowe, skala TH – Ton hedonistyczny



Ryc. 4. Poziom anhedonii (skala SHAPS) przed założeniem soczewek, w drugim tygodniu eksperymentu oraz na koniec badania, po 4 tygodniach

ne reakcje indywidualne na ograniczenie niebieskiego światła, co prawdopodobnie odzwierciedla indywidualną wrażliwość na działanie światła w ogóle – czy to na poziomie siatkówki oka, czy też szlaków neuronalnych bądź

ośrodków mózgowych. Obok uczestników eksperymentu zupełnie dobrze znoszących blokadę BL („Jest fajnie, ciekawie”), wyróżniła się grupa osób, która zgłaszała objawy bliskie symptomom depresyjnym („Czuję się przygnębiona cały dzień”).

## DYSKUSJA

Zaobserwowane na podstawie zebranych danych prawidłowości wskazują na pojawienie się negatywnych zmian w funkcjonowaniu afektywnym pod wpływem blokady niebieskiego światła. Wzrost wyników w skali anhedonii (SHAPS) sugeruje istotny wpływ światła niebieskiego na deklarowaną zdolność odczuwania przyjemności.

W grupie osób, którym blokowano światło niebieskie wzrosły również wyniki w skali afektywności negatywnej. Również pewne wypowiedzi uczestników badania (Tabela 2), wskazują na występowanie obniżonego nastroju w warunkach blokady niebieskiego światła. Wyniki te potwierdzają tezę, iż niebieskie światło działa antydepresyjnie (badania nad SAD), jak również wpływa na subiektywnie odczuwany nastrój (Ekström i Beaven, 2014).



**Tabela 2**  
**Wypowiedzi uczestników eksperymentu z blokadą światła niebieskiego**

<p>Warunki widzenia</p>	<p>Jest dużo ciemniej niż normalnie. Ogólnie przyjemne odczucie kolorów, bardzo spokojne; obraz jest spokojniejszy, nie rażący, ale uspokajający i senny. Mam wrażenie, że niebo jest cały czas szare. Zawsze miałam wrażenie pochmurnej pogody. Cały czas się czuję, jakby był wieczór i już sztuczne światło. Na wieczór miałam wrażenie że jest wczesny ranek. Jak wychodzę na zewnątrz, mam problem z rozróżnieniem jaka jest pora. Wcześniej mi to nie przeszkadzało, ale teraz zapalam wszędzie dodatkowe światła żeby było jaśniej.</p>
	<p>W tych soczewkach mi się podoba zielony, normalnie go nie lubię. Ciężko się nakłada makijaż przez zmienioną percepcję kolorów. Dziś w pracy mnie zmęczyły – pracuję w lokalu, gdzie są świece, męczy mnie pomarańcz gdy jest mało światła. Widzę różnicę po komputerze i telefonie.</p>
<p>Funkcjonowanie</p>	<p>Nie odczuwam intensywnych zmian, nie wpływają na funkcjonowanie. Śmiesznie jest. Jest fajnie, ciekawie.</p> <p>Czuję się przygnębiona cały dzień. Np. w południe – wiem, że jest słońce, ale ja już jestem zmęczona, jest ciemno i chce mi się spać. Smutno z nimi jest, mam wrażenie, że światło nie dociera. Nie mogę się doczekać aż je zdejmę i znów zobaczę niebieskie niebo. Jestem zmęczona i przygnębiona. Gorzej się czuję; jak bym wiedziała, że to takie soczewki to nie brałabym udziału w tym badaniu.</p> <p>Nie wiem czy to jesień czy soczewki, ale chce mi się spać. Częściej jestem śpiąca w dzień – jak mam wolny dzień i mogę spać, to zasypiam. Myślałam, że mam jesienną depresję albo brakuje mi jakichś hormonów, wstawanie z łóżka to była dla mnie masakra Dobrze spałam, częste drzemki rano. Podczas noszenia miałem często problemy ze snem (nie mogłem zasnąć kilka razy); kilka razy wstałem za wcześnie.</p>
<p>Po zakończeniu eksperymentu</p>	<p>Świat z jednej strony stracił kolory a z drugiej nabrał. Z przykrością się z nimi żegnałem. <b>Rano mi się wstaje lepiej, wyskakuję z łóżka, mam dużo energii.</b> <b>Bardzo dobrze się czuję po zdjęciu.</b></p>
<p>Ta sama osoba w trakcie eksperymentu i po jego zakończeniu</p>	<p>Wszystko super, ale chcę wrócić do normalnych kolorów. Szkoda, że musiałam zdjąć soczewki; filtry mi się bardzo podobały.</p>

Senność dzienna w grupie badanej podczas eksperymentu widocznie, choć nieistotnie wzrosła w porównaniu do grupy kontrolnej. Być może przeprowadzenie eksperymentu na większej grupie badanych mogłoby potwierdzić znane z literatury wnioski o wpływie niebieskiego światła na uwagę i poczucie senności w ciągu dnia (np. Rahman i in., 2014). Warto jednak dodać, iż dostępne badania polegają na zwiększonej ekspozycji osób badanych na światło niebieskie. Wpływ jego blokady na senność nie jest jeszcze szerzej opisany.

W przedstawionym eksperymencie nie została również potwierdzona umiejętność adaptacji do zmienionych warunków oświetlenia, uzyskane wyniki nie pozwalają na jednoznaczną ocenę możliwości adaptacji do blokady światła niebieskiego. Po trzecim tygodniu badania w niektórych kwestionariuszach obserwuje się dalsze pogorszenie funkcjonowania (ESS, SHAPS), w innych natomiast jego poprawę w sesji czwartej, ostatniej (kwestionariusz PANAS). Uzyskane wyniki nie potwierdzają, ani nie zaprzeczają tezie Gimenez (Gimenez i in., 2014), jakoby takowa adaptacja następowała.

Wyniki badań nad efektami deprywacji światła niebieskiego mogą mieć znaczenie dla interpretacji specyfiki funkcjonowania afektywnego pacjentów z zaćmą, u których zmętnienie i żółknienie soczewek tworzą swoisty filtr zatrzymujący światło niebieskie. Katarakta i AMD (*age-related macular degeneration*) są najczęściej występującymi w populacji chorobami oczu i dotyczą coraz większej grupy osób. Uważa się, że większość sześćdziesięciolatków przejawia symptomy starczowzroczności i żółknienie soczewki. To może zakłócać odbiór pozawzrokowych sygnałów świetlnych przez system zegara biologicznego i być jedną z przyczyn osłabienia rytmiki okołodobowej, tudzież zaburzeń snu. Nie do końca jasny jest mechanizm wiążący rytmikę dobową i funkcjonowanie afektywne.

Pewnym utrudnieniem w interpretacji wyników eksperymentów z udziałem osób młodych jest ich, w znacznej mierze odmienny od starszych, tryb życia, czyli spędzanie wielu godzin wieczornych przy ekranach – w tym przypadku filtr zatrzymujący światło niebieskie może mieć pozytywne konsekwencje dla samopoczucia i łatwości zasypiania. Wyniki wymagają potwierdzenia w większej grupie badanych w wieku dojrzałym.

## WNIOSKI

Radykalne ograniczenie dostępu do siatkówki oka części widma światła o długości fali ok. 480 nm, imitujące w pewnym stopniu specyfikę widzenia osób starszych, redukuje zarówno dobroczynne oddziaływanie niebieskiego światła (w porze dziennej), jak i jego negatywny wpływ na rytmikę dobową (w porze wieczornej).

Wstępna analiza zmiennych subiektywnych dotyczących funkcjonowania afektywnego w warunkach przedłużonej blokady niebieskiego światła wskazuje na nieznaczne obniżenie poziomu czuwania, przyrost odczuwania negatywnych emocji oraz istotny spadek zdolności do przeżywania przyjemności.

## LITERATURA

Ben-Shlomo R. (2014). Chronodisruption, cell cycle checkpoints and DNA repair. *Ind. Journal Exp Biol.*, 52, 399-403.

Ben-Shlomo, R., Kyriacou, C.P. (2010). Light pulses administered during the circadian dark phase alter expression of cell cycle associated transcripts in mouse brain. *Cancer Genetics and Cytogenetics*, 197, 1, 65-70.

Berson, D.M., Dunn, F.A., Takao, M. (2002). Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, 295, 1070-1073.

Cajochen, C., Kräuchi, K., Wirz-Justice, A. (2003). Role of melatonin in the regulation of human circadian rhythms and sleep. *Journal of Neuroendocrinology*, 15, 4, 432-437.

Carlsson, A., Svennerholm, L., Winblad, B. (1980). Seasonal and circadian monoamine variations in human brains examined post mortem. *Acta Psychiatrica Scandinavica. Supplementum*, 280, 75.

Chellappa, S.L., Steiner, R., Blattner, P., Oelhafen, P., Götz, T., Cajochen, C. (2011). Non-visual effects of light

on melatonin, alertness and cognitive performance: can blue-enriched light keep us alert? *PloS one*, 6, 1, e16429.

Czeisler, C.A., Richardson, G.S., Zimmerman, J.C., Moore-Ede, M.C., Weitzman, E.D. (1981). Entrainment of human circadian rhythms by light-dark cycles: a reassessment. *Photochemistry and Photobiology*, 34, 2, 239-247.

Czeisler, C.A., Shanahan, T.L., Klerman, E.B., Martens, H., Brotman, D.J., Emens, J.S., Rizzo, J.F. (1995). Suppression of melatonin secretion in some blind patients by exposure to bright light. *New England Journal of Medicine*, 332, 1, 6-11.

Ekström, J.G., Beaven, C.M. (2014). Effects of blue light and caffeine on mood. *Psychopharmacology*, 231, 18, 3677-3683.

Erren, T.C., Pape, H.G., Reiter, R.J., Piekarski, C. (2008). Chronodisruption and cancer. *Naturwissenschaften*, 95, 5, 367-382.

Even, C., Schröder, C.M., Friedman, S., Rouillon, F. (2008). Efficacy of light therapy in nonseasonal depression: a systematic review. *Journal of Affective Disorders*, 108, 1-2, 11-23.

Giménez, M.C., Beersma, D.G., Bollen, P., van der Linden, M.L., Gordijn, M.C. (2014). Effects of a chronic reduction of short-wavelength light input on melatonin and sleep patterns in humans: Evidence for adaptation. *Chronobiology International*, 31, 5, 690-697.

Johns, M.W. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, 14, 6, 540-545.

Kessel, L., Siganos, G., Jørgensen, T., Larsen, M. (2011). Sleep disturbances are related to decreased transmission of blue light to the retina caused by lens yellowing. *Sleep*, 34, 9, 1215.

Lucassen, E.A., Coomans, C.P., van Putten, M., de Kreij, S.R., van Genugten, J.H., Sutorius, R.P., Löwik, C.W. (2016). Environmental 24-hr cycles are essential for health. *Current Biology*, 26, 14, 1843-1853.

Matthews, G., Jones, D.M., Chamberlain A.G. (1990). Refining the measurement of mood: the UWIST Mood Adjective Checklist. *British Journal of Psychology*, 81, 17-42.

Moore, R.Y., Eichler V.B. (1972). Loss of a circadian adrenal corticosterone rhythm following suprachiasmatic lesions in the rat. *Brain Res*, 42, 201-206.

Qiu, X., Kumbalasisiri, T., Carlson, S. M., Wong, K. Y., Krishna, V., Provencio, I., Berson, D. M. (2005). Induction of photosensitivity by heterologous expression of melanopsin. *Nature*, 433, 7027, 745-749.

Rahman, S.A., Flynn-Evans, E.E., Aeschbach, D., Brainard, G.C., Czeisler, C.A., Lockley, S.W. (2014). Diurnal spectral sensitivity of the acute alerting effects of light. *Sleep*, 37, 2, 271.

Royer, M., Ballentine, N.H., Eslinger, P.J., Houser, K., Mistrick, R., Behr, R., Rakos, K. (2012). Light therapy for seniors in long term care. *Journal of the American Medical Directors Association*, 13, 2, 100-102.

Schernhammer, E.S., Kroenke, C.H., Laden, F., Hankinson, S.E. (2006). Night work and risk of breast cancer. *Epidemiology*, 17, 1, 108-111.

Schernhammer, E.S., Laden, F., Speizer, F.E., Willett, W.C., Hunter, D.J., Kawachi, I., Colditz, G.A. (2003). Night-shift work and risk of colorectal cancer in the nurses' health study. *Journal of the National Cancer Institute*, 95, 11, 825-828.

- Snaith, R.P., Hamilton, M., Morley, S., Humayan, A., Hargreaves, D., Trigwell, P. (1995). A Scale for the Assessment of Hedonic Tone: The Snaith-Hamilton Pleasure Scale. *British Journal of Psychiatry*, *167*, 99-103.
- Vandewalle, G., Schwartz, S., Grandjean, D., Vuilleumier, C., Balteau, E., Degueldre, C., Maquet, P. (2010). Spectral quality of light modulates emotional brain responses in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*, 45, 19549-19554.
- Viola, A.U., James, L.M., Schlagen, L.J., Dijk, D.J. (2008). Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, *34*, 4, 297-306.
- Watson D., Clark L.A., Tellegen A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, *54*, 6, 1063-1070.
- Wehr, T.A., Aeschbach, D., Duncan, W.C. (2001). Evidence for a biological dawn and dusk in the human circadian timing system. *The Journal of Physiology*, *535*, 3, 937-951.
- Zawilska, J.B., Czarnecka, K. (2006). Melanopsyna – nowo odkryty chronobiologiczny receptor światła. *Postępy Biologii Komórki*, *33*, 2, 229-246.