

**ŻOLNIEREK, Maja, SIEKIERKO, Nikola, LUBCZYŃSKA, Zuzanna, ŚWIĘTOCHOWSKI, Jakub, LEWANDOWSKI, Mateusz, KOTUSIEWICZ, Wiktoria, POPRAVKO, Yevheniia & BIENIA, Grzegorz. Impact of blue light exposition to alertness of shift workers, patients with sleep deprivation, Alzheimer's disease, or post-traumatic stress disorder. Journal of Education, Health and Sport. 2023;15(1):11-19. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2023.15.01.001>  
<https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/42868>  
<https://zenodo.org/record/7742766>**

The journal has had 40 points in Ministry of Education and Science of Poland parametric evaluation. Annex to the announcement of the Minister of Education and Science of December 21, 2021. No. 32343. Has a Journal's Unique Identifier: 201159. Scientific disciplines assigned: Physical Culture Sciences (Field of Medical sciences and health sciences); Health Sciences (Field of Medical Sciences and Health Sciences). Punkty Ministerialne z 2019 - aktualny rok 40 punktów. Załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 21 grudnia 2021 r. Lp. 32343. Posiada Unikatowy Identyfikator Czasopisma: 201159. Przynależność dyscypliny naukowej: Nauki o kulturze fizycznej (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu); Nauki o zdrowiu (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu).  
© The Authors 2023;  
This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Nicolaus Copernicus University in Torun, Poland  
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author (s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non commercial license Share alike. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.  
The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.  
Received: 28.02.2023. Revised: 14.03.2023. Accepted: 15.03.2023. Published: 17.03.2023.

## **Impact of blue light exposition to alertness of shift workers, patients with sleep deprivation, Alzheimer's disease, or post-traumatic stress disorder**

### **Maja Żolnierek**

Samodzielny Publiczny Specjalistyczny Szpital Zachodni im. św. Jana Pawła II ul. Daleka 11, 05-825 Grodzisk Mazowiecki  
<https://orcid.org/0000-0001-9030-7505>  
[maja.zolnierek@gmail.com](mailto:maja.zolnierek@gmail.com)

### **Nikola Siekierko**

Szpital Praski p.w. Przemienienia Pańskiego, Aleja Solidarności 67, 03-401 Warsaw, Poland  
<https://orcid.org/0000-0002-1113-7112>  
[n.siekierko@gmail.com](mailto:n.siekierko@gmail.com)

### **Zuzanna Lubczyńska**

Szpital Grochowski im. dr med. Rafała Masztaka, ul. Grenadierów 51/59, 04-073 Warsaw, Poland  
<https://orcid.org/0000-0002-4860-2508>  
[zuzanna.smiech@gmail.com](mailto:zuzanna.smiech@gmail.com)

### **Jakub Świętochowski**

Uniwersyteckie Centrum Kliniczne w Gdańsku, ul. Dębinki 7, 80-952 Gdansk, Poland  
<https://orcid.org/0000-0003-3848-6520>  
[jakub.swiet@gmail.com](mailto:jakub.swiet@gmail.com)

### **Mateusz Lewandowski**

Centralny Szpital Kliniczny UCK WUM, ul. Banacha 1A, 02-097 Warsaw, Poland  
<https://orcid.org/0000-0002-4968-1770>  
[xm.lewandowski@gmail.com](mailto:xm.lewandowski@gmail.com)

### **Wiktoria Kotusiewicz**

Wojskowy Instytut Medyczny- Państwowy Instytut Badawczy, ul. Szaserów 128, 04-141 Warsaw, Poland  
<https://orcid.org/0000-0003-4033-0648>  
[ww.kotusiewicz@gmail.com](mailto:ww.kotusiewicz@gmail.com)

### **Yevheniia Popravko**

Szpital Praski p.w. Przemienienia Pańskiego, Aleja Solidarności 67, 03-401 Warsaw, Poland  
<https://orcid.org/0000-0002-1164-1802>  
[epopravko1997@gmail.com](mailto:epopravko1997@gmail.com)

## **Grzegorz Bienia**

Wojskowy Instytut Medyczny- Państwowy Instytut Badawczy, ul. Szaserów 128, 04-141 Warsaw, Poland

<https://orcid.org/0000-0001-9036-5510>

[grzegorzbienia@gmail.com](mailto:grzegorzbienia@gmail.com)

### Abstract

#### Introduction and purpose:

In certain professions it is necessary to work at night and to maintain alertness and concentration at that time. Additionally in some conditions such as Alzheimer's disease and post-traumatic stress disorder sleep deprivation is both a symptom and an aggravating factor. A non-pharmacological method is needed to impact the maintenance of concentration and to help the workers adapt to shift work as well as improve their sleep quality. The purpose of this paper is to present recent scientific findings on the effects of blue light on improving concentration and attentiveness in shift workers and people suffering from sleep disorders, Alzheimer's disease, or post-traumatic stress disorder.

#### A brief description of the state of knowledge:

Circadian rhythm is a mechanism, which regulates daily functioning of humans and a variety of other species. Light exposure, especially to blue light, is the most crucial factor disrupting circadian consistency. The relationship between the time maladjustment, biological rhythms and factors from the outside world is called phase angle of entrainment.

#### Summary:

Studies conducted on various groups have shown the effectiveness of modified light interventions on concentration and focus during shift work at night.

Exposure to blue light appears to be a safe method that can improve work quality, concentration and focus in people who work at night. Exposure to light brings hope for improving the quality of life of people with Alzheimer's disease and maintaining their independence longer, which can ease the burden on their caregivers. Establishing some routine in the form of blue light exposure in people with post-traumatic stress disorder also appears to be an easy and accessible method for reducing the severity of PTSD symptoms, especially sleep disturbances.

**Key words:** blue light exposition; shift working; sleep deprivation; Alzheimer's disease; post-traumatic stress disorder.

### Wprowadzenie i cel pracy

Rytm dobowy jest mechanizmem, który reguluje codzienne funkcjonowanie człowieka. Jego ośrodek znajduje się w podwzgórzu, a konkretnie w jądrach nadskrzyżowaniowych, gdzie integrowane są bodźce docierające zarówno ze środowiska zewnętrznego jak i z wewnętrznego oraz synchronizowana jest praca całego organizmu [1]. Na rytm dobowy największy wpływ ma światło, co zostało udowodnione w badaniu, które pokazuje, że przebywanie na zewnątrz bez dostępu do światła sztucznego powoduje przyspieszenie wydzielania melatoniny i zasypianie o wcześniejszej godzinie niż w warunkach narażenia na dodatkową stymulację światłem niebieskim [2,3]. Udowodniono również, że przyjmowanie pokarmów w określonym czasie lub aktywność fizyczna mogą odgrywać pewną rolę w regulacji rytmu dobowego. [4,5]. Czynniki zewnętrzne takie jak np. sztuczne światło mogą zaburzać naturalny rytm dobowy, który stara się dopasować do nowych warunków, o których dostaje sygnały z otoczenia. Związek między niedopasowaniem się czasu między rytmem biologicznym a czynnikami ze świata zewnętrznego nazywa się niewspółosiowością dobową. Aktywność w ciągu nocy i wypoczynek oraz sen podczas dnia narusza naturalny rytm dobowy i niesie za sobą zwiększone ryzyko m.in. bezsenności [6,7,8], chorób sercowo-naczyniowych [9,10], nowotworów [11,12,13,14], zaburzeń metabolicznych [15] w tym insulinooporności [16], demencji [17] czy zaburzeń psychicznych [18, 19]. Jednak w niektórych zawodach konieczna jest praca w nocy i zachowanie wówczas czujności oraz koncentracji. Oprócz leków wpływających na zmniejszenie senności, które mają ograniczone działanie, powodują działania niepożądane oraz mogą powodować uzależnienie potrzebna jest niefarmakologiczna metoda, która wpływałaby pozytywnie na zachowanie koncentracji oraz pomagałaby dostosować się do pracy zmianowej. Badania laboratoryjne pokazały,

że światło niebieskie o krótkiej długości fali (ok. 480 nm) jest najbardziej efektywne w hamowaniu wydzielania melatoniny obniżając senność, poprawiając wydajność [20, 21, 22] oraz wzmacniając odpowiedź stymulującą z mózgu. [23]. Celem pracy jest prezentacja najnowszych wyników badań naukowych dotyczących wpływu światła niebieskiego na poprawę koncentracji i uważności u pracowników zmianowych, osób z zaburzeniami snu, chorobą Alzheimera lub z zespołem stresu pourazowego.

#### Światło niebieskie a zachowanie koncentracji podczas pracy zmianowej

W wielu branżach, szczególnie w ochronie zdrowia, konieczna jest praca w godzinach nocnych. Specyfika takiej pracy zakłada konieczność zachowania czujności i uważności oraz bycia w gotowości do szybkiej reakcji w razie wystąpienia stanów nagłych u pacjentów.

W badaniu z 2022 r. Kjørstad et al. [24] badali wpływ różnego oświetlenia na jakość pracy i snu wśród pielęgniarek z oddziału psychiatrycznego w St. Olavs Hospital w Norwegii. Oddział był podzielony na dwa odcinki będące dla siebie lustrzanym odbiciem. Na jednym z nich od godziny 18.30 do 7.00 rano oświetlenie zmieniało się na takie, które miało obniżoną zawartość światła niebieskiego (<530 nm), na drugim oświetlenie było standardowe. W ciągu dnia na obu oddziałach panowały takie same warunki oświetleniowe. Pomiaru wskazywały na taki sam poziom oświetlenia fototypowego na obu oddziałach, jednak na odcinku ze zmniejszoną nocną częstotliwością światła niebieskiego pomiary wskazywały na mniejszą zawartość światła melanotypowego. Pielęgniarki na obu oddziałach nie mogły zmieniać same oświetlenia. Wyniki tego badania pokazują, że zmiana nocnego oświetlenia na takie, które zawierało mniejszą częstotliwość światła niebieskiego nie miało ani pozytywnego, ani negatywnego wpływu na sen, poziom stresu oraz nastroj u pielęgniarek. Subiektywnie oceniały one to światło jako „cieplejsze i bardziej relaksujące”, jednocześnie jednak zgłaszały większą senność oraz spożywały więcej napojów kofeinowych. Badanie to było przeprowadzone na małej grupie (25 osób), zatem aby wyciągnąć konieczne wnioski niezbędne są badania na większej liczbie osób.

Kolejną grupą, która, podobnie jak pracownicy ochrony zdrowia, pracuje w trybie zmianowym są policjanci. W ich profesji również niezbędne jest stałe skupienie podczas pracy nocnej oraz szybkość reagowania. Dodatkowo fakt, że przewlekłe zaburzenia snu zwiększają prawdopodobieństwo wypadków samochodowych [25] stwarza potencjalne niebezpieczeństwo dla kierowców radiowozów podczas nocnych zmian. Martin et al. [26] w swojej pracy postawili hipotezę czy połączenie efektu zmniejszonej ekspozycji na światło niebieskie wewnątrz radiowozów podczas pracy w nocy z noszeniem okularów z powłoką blokującą światło niebieskie nad ranem będzie miało wpływ na sen, cykl dobowy oraz na zachowanie czujności wśród grupy policjantów. W pierwszej grupie badawczej zastosowali oni niebieskie światło wewnątrz radiowozów maksymalnie na poziomie intensywności  $2 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{s}$  z możliwością jego zmniejszenia manualnie przez kierowcę do  $0.30 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{s}$ . Dla porównania, w drugiej grupie badawczej zastosowano takie same intensywności oświetlenia z tą różnicą, że światło było czerwone. We wcześniejszych badaniach wykazano, że światło czerwone, w odróżnieniu od niebieskiego [27], nie ma wpływu na neurony zwojowe siatkówki ze światłoczułością własną (intrinsically photosensitive retinal ganglion cells, ipRGCs) i na rytm dobowy [28]. Obydwie grupy po godzinie 5.00 nad ranem miały za zadanie włożyć okulary blokujące światło niebieskie, jako, że o tej godzinie przewidywany był wschód słońca w miesiącach letnich. Miało zapobiec to dodatkowej ekspozycji badanych na światło i przez to przesunięcia faz cyklu dobowego. Utworzono również grupę kontrolną, w której nie wprowadzano żadnych zmian w oświetleniu oraz nie zakładano okularów blokujących światło niebieskie w godzinach porannych. W celu pomiaru fazy dobowej użyto pomiaru DLMO (Dim-Light Melatonin Onset – godzina wieczornego rozpoczęcia wydzielania melatoniny) ze śliny pobranej od uczestników badania. DLMO jest uważany za dobry biomarker do określania fazy cyklu dobowego [29, 30]. Pomiary wykonywano dwa razy – pierwszy raz podczas nocy poprzedzającej pracę w określonych warunkach świetlnych (pre-DLMO), a drugi raz w nocy następującej po pracy w tych warunkach (post-DLMO). Poziom czujności mierzony był za pomocą testu PVT (Psychomotor Vigilance Task). Badanie przeprowadzone zostało dwa razy – pierwszy raz w lato między majem a sierpniem 2010 (dalej w tekście będzie ono nazywane „badaniem letnim”), a drugi raz między listopadem 2011, a kwietniem 2012 (to badanie dalej będzie określane jako „zimowe”). Wyniki badania letniego pokazały, że godziny post-DLMO były znacząco późniejsze niż pre-DLMO we wszystkich grupach. Ponadto, godzina post-DLMO była znacząco późniejsza w warunkach kontrolnych (średnio godzina 00:00) niż w warunkach ekspozycji na światło niebieskie czy czerwone (średnio ok. godziny 22:30). Najważniejszym pojedynczym czynnikiem, który osłabia zdolność cyklu dobowego do przystosowania się do nocnych zmian, jest narażenie w niewłaściwym czasie biologicznym na bodźce środowiskowe, szczególnie naturalne światło [31]. U zdrowych osób temperatura wewnętrzna ciała zmienia się podczas doby – podwyższa się podczas dnia, a spada w nocy osiągając minimum nad ranem, około godziny 5:00. [31]. Udowodniono, że minimalna temperatura wewnętrzna ciała jest osiągana około 7 godzin po DLMO [32]. Ekspozycja na światło naturalne przed osiągnięciem najniższej temperatury wewnętrznej ciała przyspiesza zmianę fazy rytmu dobowego, podczas, gdy ekspozycja po osiągnięciu minimalnej temperatury je opóźnia. [33, 34, 35]. W badaniu DLMO podczas badania letniego występowało ok. godziny 00:00 oraz ok. 22:30 w zimowym badaniu, co sugerowałoby wystąpienie temperatury minimalnej odpowiednio ok. godziny 7:00 i 5:50 podczas, gdy początek snu u badanych występował ok. godziny

9:00. Przez fakt, że temperatura minimalna organizmu nie występowała podczas snu niemożliwe było dostateczne przesunięcie się rytmu dobowego do pracy zmianowej. Również przesunięcia faz cyklu dobowego były większe w warunkach kontrolnych – średnio 3 godziny przesunięcia w grupie kontrolnej w porównaniu do średniego przesunięcia 2 godziny w obu grupach badanych. Koncentracja badanych mierzona testem PVT była wyższa przed nocną pracą niż po niej. Przed rozpoczęciem pracy w teście popełniano mniej błędów oraz uzyskiwano szybszy czas reakcji. Subiektywna senność, mierzona za pomocą skali Karolinska Sleepiness Scale (KSS) [36], była większa na końcu nocnej zmiany w porównaniu do jej początku w każdych badanych warunkach oświetleniowych. W badaniu zimowym natomiast godzina DLMO była późniejsza we wszystkich trzech warunkach oraz zaobserwowano ok. 2-godzinne przesunięcie faz cyklu dobowego, podobnie jak w badaniu zimowym w grupach badanych, które nosiły okulary blokujące światło niebieskie. Może to sugerować, że użycie okularów w lato stworzyło warunki podobne do tych zimowych redukując wpływ dodatkowego naświetlenia po wschodzie Słońca na przesunięcie faz cyklu dobowego. Nie było różnicy między warunkami w odniesieniu do pomiarów pre-DLMO i post-DLMO. W warunkach kontrolnych opóźnienie zasypiania było mniejsze, a jakość snu wyższa, nie zaobserwowano zmian w innych parametrach związanych ze snem. Tak jak w badaniu letnim, czas reakcji był szybszy a liczba błędów w teście PVT mniejsza przed rozpoczęciem nocnej zmiany niż po jej zakończeniu. Tak samo subiektywna senność narastała podczas trwania nocnej zmiany we wszystkich badanych warunkach. Zauważono, że cykl dobowy uczestników dostosowywał się do nocnej zmiany w średnim czasie 50 minut/dzień w letnich miesiącach oraz 30 minut/dzień w zimowych i przedwiosennych miesiącach. Inne badania wcześniej udowodniły, że częściowe dostosowanie cyklu dobowego do nocnych zmian ma pozytywny wpływ na czujność podczas pracy w nocy. [37, 38, 39, 40, 41]. W przeprowadzonym badaniu pomiary były prowadzone przez 4 nocne dyżury i w tym czasie nie uzyskano planowanego dostatecznego przesunięcia faz w cyklu dobowym, aby miało to wpływ na odpowiednie dostosowanie się do pracy zmianowej pracowników. Prawdopodobnie potrzeba było by kolejnych 3 dni w badaniu letnim oraz 5 dni w badaniu zimowym, aby osiągnąć pożądane wyniki, jednak są to tylko założenia hipotetyczne.

Porównanie oświetlenia tradycyjnego, białego (2500K) z tym, o zwiększonej zawartości światła niebieskiego (7000K) podczas trzech dni symulowanej pracy zmianowej przeprowadzili również Sunde, et al [42]. Wyniki tego badania pokazały pozytywny, choć nieznaczny, wpływ na czujność i wydajność pracy przy oświetleniu o zwiększonej ilości światła niebieskiego. Uczestnicy badania również pozytywnie określali poziom oświetlenia w obu przypadkach, jednak światło 7000K było według nich lepsze do pracy, podczas, gdy światło 2500K określali jako przyjemniejsze. W innym badaniu [43] również porównywano dwa różne warunki oświetlenia podczas pracy zmianowej w nocy – światło tradycyjne o intensywności 43 luksów (4000K) ze światłem o zwiększonej zawartości światła niebieskiego (106 luksów, 17 000K), które dodatkowo miało zwiększone oświetlenie melanotropowe. Wyniki tego badania pokazały, że przy oświetleniu o zwiększonej zawartości światła niebieskiego nie obserwowano spadku koncentracji i wydajności pracowników na takim poziomie, jak przy tradycyjnym świetle. Dodatkowo, subiektywna senność była mniejsza, a czas reakcji podczas testu PVT (Psychomotor Vigilance Task) lepszy przy oświetleniu ze zwiększoną zawartością światła niebieskiego. W badaniu zostały użyte dwa czynniki – zwiększoną intensywność światła oraz wysoką zawartość światła niebieskiego, żeby zmaksymalizować efekty oraz aby łatwo przełożyć wyniki na ich praktyczne zastosowanie.

Ciekawe wnioski wyniknęły z badania [44], w którym również porównywano dwa rodzaje oświetlenia – standardowe (4000K) oraz ze zwiększoną zawartością światła niebieskiego (17000K) o takiej samej zawartości fotonów. Uczestnicy przez 6,5 godziny byli ekspozowani na konkretny rodzaj oświetlenia. W tym czasie co 20 minut pobierane były próbki krwi, z których następnie mierzono poziom melatoniny. Wykazano, że ekspozycja na światło ze zwiększoną ilością światła niebieskiego powodowała zmniejszenie wydzielania melatoniny średnio o 70,9% w porównaniu do światła standardowego. Ponadto, podczas całego cyklu naświetlania światłem o wysokiej zawartości światła niebieskiego, melatonina nie była wydzielana, podczas, gdy przy naświetlaniu standardowym światłem u czterech uczestników nie zaobserwowano zahamowania wydzielania melatoniny, a u czterech innych jej poziom wzrósł w ciągu średnio 2,15 godziny trwającej ekspozycji na światło. Poziom subiektywnej senności był znacząco niższy w grupie przebywającej w oświetleniu o zwiększonej ilości światła niebieskiego w odróżnieniu od drugiej grupy, efekty jednak utrzymywały się tylko do 3 godzin po zakończeniu ekspozycji na światło, nie przez cały okres obserwacji. Wyniki pokrywały się z wcześniej opublikowanymi badaniami – monochromatyczne światło o większej długości fali nie powodowało znaczącego zahamowania wydzielania melatoniny przez więcej niż kilka godzin [20, 45] prawdopodobnie przez brak możliwości utrzymania pełnej odpowiedzi przez fotoreceptory stożkowe [45,46]. Daje to szansę na opracowanie skutecznej, niefarmakologicznej metody poprawy wydajności i obniżenia senności u osób pracujących podczas nocnych zmian. Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest fakt, że poziom melatoniny wzrastał po zaprzestaniu ekspozycji na światło, co może mieć pozytywny wpływ na zasypianie po zakończonej pracy. Potrzeba jednak dalszych badań na większej ilości osób, szczególnie zróżnicowanych etnicznie, aby można było wyciągnąć jednoznaczne wnioski.

Pozytywny wpływ ekspozycji na światło niebieskie wśród osób z zaburzeniami snu.

Wszystkie powyższe badania zakładały brak problemów ze snem u osób biorących udział. Dla porównania Scheuermaier et al. [47] zbadali grupę dorosłych powyżej 55 roku życia, którzy zgłaszali problem ze snem np. zbyt wczesne wstawanie lub częste nocne przebudzenia. Podczas badania grupa badawcza 4 kolejne dni przez 2 godziny popołudniu była eksponowana na światło ze zwiększoną ilością światła niebieskiego, grupa kontrolna natomiast była eksponowana na światło tradycyjne, a następnego dnia wszyscy 2, 12, 22 i 32 minuty po przebudzeniu musieli oni wykonać test Symbole Cyfr (DSST - Digit Symbol Substitution Test, wykorzystywany jako wskaźnik ogólnego tempa przetwarzania informacji). Wyniki tego badania pokazały, że podczas wykonywania pierwszego testu, 2 minuty po obudzeniu się, uczestnicy obu grup uzyskali gorsze wyniki niż podczas kolejnych, później wykonywanych testów. Uczestnicy obu badanych grup najlepiej radzili sobie z testami podczas dwóch ostatnich dni ekspozycji na światło oraz podczas trzech dni obserwacji po badaniu. Co ważne, osoby z grupy eksponowanej na światło niebieskie radziły sobie lepiej w testach niż osoby eksponowane na działanie tradycyjnego oświetlenia. Ponadto, badanie EEG wykazało zwiększoną częstotliwość w zakresie fal beta u osób z grupy eksponowanej na światło niebieskie w dni naświetlania oraz dzień po zakończeniu ekspozycji wieczornej na światło. Jednak wyniki w teście DSST w grupie eksponowanej na światło tradycyjne po kilku dniach zaczynały zbliżać się do wartości, jakie osiągała grupa eksponowana na światło niebieskie. Działo się to prawdopodobnie dlatego, że osoby z drugiej grupy osiągnęły już swój maksymalny wynik i nie mogły go już poprawić. Natomiast, co ciekawe, badacze nie zaobserwowali znaczącej różnicy w wynikach testu DSST w zależności czy uczestnicy badania budzili się podczas trwania fazy REM czy NREM snu. Powyższe badanie sugeruje pozytywny wpływ ekspozycji wieczornej na światło o zwiększonej zawartości światła niebieskiego na obiektywną czujność i wydajność następnego dnia u osób zgłaszających problemy ze snem. Mechanizm działania światła niebieskiego prawdopodobnie wynika z wpływu na zależne od melatoniny neurony zwojowe siatkówki ze światłoczułością własną, potrzebne są jednak kolejne badania, aby potwierdzić to działanie.

Zaburzenia snu wynikające z choroby Alzheimera a interwencja światłem niebieskim

Zaburzenia snu występują u nawet 45% z pacjentów z chorobą Alzheimera [48]. Zazwyczaj występują one pod postacią fragmentaryzacji snu, odwróceniu schematu dzień - noc, czy zakłóceniu rytmu sen-czuwanie, co wpływa negatywnie m.in. na obciążenie i przemęczenie opiekunów [49, 50].

W badaniu Kim et al. [501] przyjrano się efektom ekspozycji na światło niebieskie u pacjentów z łagodną i umiarkowaną chorobą Alzheimera, którzy mieli problemy ze snem. Badana grupa (n=14) miała za zadanie przez dwa tygodnie codziennie spędzić jedną godzinę rano przed małym ekranem LED, grupa kontrolna (n=11) w tym samym czasie nosiła ciemne okulary przeciwsłoneczne, które dodatkowo blokowały światło niebieskie. Celem tego badania było udowodnienie, czy czasowa ekspozycja na światło niebieskie może poprawić jakość snu, koncentrację uwagi, nastrój u pacjentów z chorobą Alzheimera przebywających w domu oraz czy efekt jest ten silny na tyle, żeby odciążać ich opiekunów. Wyniki badania pokazały znaczącą poprawę w subiektywnie ocenianej jakości snu mierzoną przez skalę PSQI (Kwestionariusz jakości snu Pittsburgh) u osób w grupie eksponowanej na światło niebieskie w porównaniu do grupy blokującej to światło. Jednak wyniki nie różniły się znacząco od wyników przed rozpoczęciem ekspozycji na światło. Wykazano natomiast lepsze wyniki w skali PSQI w grupie badanej zarówno od razu po zakończeniu 2-tygodniowej ekspozycji na światło niebieskie oraz 4 tygodnie później porównując do wyników sprzed rozpoczęcia badania. Te niespójne wyniki mogą wynikać z błędów typu drugiego, co może być związane z małą ilością osób w grupach badanych. Ponadto, zaobserwowano znaczący wzrost wyników w skali MMSE-KC 4 tygodnie po zakończeniu ekspozycji na światło niebieskie porównując do wyników sprzed badania. Sugeruje to, że czasowa ekspozycja na światło może poprawić ogólne funkcje kognitywne u pacjentów z chorobą Alzheimera i pozostawiać trwały efekt.

Codzienna terapia światłem niebieskim u pacjentów z zaburzeniami snu w przebiegu zespołu stresu pourazowego

Zaburzenia snu to najbardziej rozpowszechniony problem u osób z zespołem stresu pourazowego (PTSD), zgłaszany on jest przez 90% chorych. Zaburzenia snu mogą przyczyniać się do występowania oraz do nasilania objawów związanych z chorobą [52, 53]. W badaniu Vanuk et al. [54] zbadano osoby u których współwystępowały zaburzenia snu oraz zespół stresu pourazowego. Badani mieli za zadanie codziennie przez 30 minut stosować naświetlanie światłem niebieskim. Druga grupa stosowała światło pozbawione fal niebieskich. Codzienne naświetlanie trwało 6 tygodni. Wyniki badania pokazały zmniejszone występowanie oraz nasilenie objawów zespołu stresu pourazowego pomiędzy wynikami sprzed i po naświetlaniu według skal Clinician-Administered PTSD Scale (CAPS-5) oraz PTSD checklist (PCL-5), pozytywny efekt zaobserwowano w obydwóch grupach. Może być to wytłumaczone faktem, że osoby poddane badaniu codziennie miały za zadanie wstawać przed określoną godziną i zaangażować się w narzucone zadanie (ekspozycję na światło przez 30 minut), co mogło wpłynąć na ustabilizowanie rytmu dobowego u wszystkich uczestników badania. Zmniejszenie nasilenia objawów PTSD było jednak niezależne od badań czynnościowych związanych ze snem u osób w grupie naświetlanych światłem bez zawartości fal światła niebieskiego, co może sugerować bezpośredni wpływ naświetlania światłem niebieskim na zarówno zaburzenia snu jak i PTSD jednocześnie, w odróżnieniu od wpływu na każde z tych zaburzeń osobno. To badanie sugeruje bezpieczną, nefarmakologiczną metodę, która

może potencjalnie ułatwić utrzymanie korzyści z leczenia przez zrestartowanie rytmu dobowego oraz poprawę jakości snu, a dzięki temu zmniejszenie dolegliwości związanych z zaburzeniami snu oraz objawami PTSD.

#### Podsumowanie

Osoby pracujące w godzinach nocnych są narażone na przesunięcie rytmu dobowego, co może skutkować rozwojem wielu chorób zarówno somatycznych jak i psychicznych. Dodatkowo mają one większe ryzyko popełnienia błędu i wypadku przy pracy. Jest to szczególnie niebezpieczne zważając na to, że często osoby pracujące w nocy wykonują zawód zaufania publicznego jak pracownicy ochrony zdrowia czy służby mundurowe. Konsekwencje nadmiernej senności lub rozkojarzenia podczas pracy mogą mieć negatywne skutki dla nie tylko dla osób, które wykonują dany zawód, ale też dla innych, którzy zgłosili się o pomoc w dane miejsce. Kluczowe jest znalezienie bezpiecznej posiadającej jak najmniej działań niepożądanych metody, aby móc poprawić jakość pracy, koncentrację oraz skupienie u osób pracujących w nocy. W odróżnieniu od leczenia farmakologicznego, leczenie z użyciem światła zmodyfikowanego w sposób, żeby zawierało więcej światła niebieskiego wydaje się dobrym rozwiązaniem. Wyżej przytoczone badania naukowe pokazały skuteczność interwencji z użyciem modyfikowanego światła na koncentrację i skupienie podczas pracy zmianowej w nocy. Metoda wydaje się stosunkowo prosta, łatwa dostępna oraz nie niosła za sobą znaczących działań niepożądanych. Konieczne są natomiast badania na większej ilości osób, szczególnie o większym zróżnicowaniu etnicznym, aby można było wyciągnąć jednoznaczne wnioski i wprowadzić ekspozycję na światło ze zwiększoną ilością światła niebieskiego jako metodę poprawiającą osiągnięcia, koncentrację oraz obniżającą senność podczas pracy w nocy. Pozytywne wnioski można wyciągnąć też z badań u osób z chorobą Alzheimera i u osób z zespołem stresu pourazowego. Ekspozycja na światło daje nadzieje na poprawę ich jakości życia oraz utrzymania dłużej względnej samodzielności, co może odciążyć ich opiekunów. Wprowadzenie pewnej rutyny u osób z zespołem stresu pourazowego również wydaje się łatwą i dostępną metodą na zmniejszenie nasilenia występowania objawów PTSD, co w połączeniu z ekspozycją na światło niebieskie może dawać znaczący postęp w opanowaniu np. zaburzeń snu. Jednak w zarówno w przypadku badania z udziałem osób z chorobą Alzheimera jak i osób z zespołem stresu pourazowego również konieczne są badania na większej ilości osób, szczególnie przydatne mogą być badania podwójnie zaślepienie z grupą kontrolną.

#### Bibliografia

1. Czeisler CA, Gooley JJ. Sleep and circadian rhythms in humans. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. 2007;72(1):579–97. doi: 10.1101/sqb.2007.72.064.
2. Wright KP, McHill AW, Birks BR, Griffin BR, Rusterholz T, Chinoy ED. Entrainment of the human circadian clock to the natural light-dark cycle. *Current Biology*. 2013;23(16):1554–8. doi: 10.1016/j.cub.2013.06.039 .
3. Stothard ER, McHill AW, Depner CM, Birks BR, Moehlman TM, Ritchie HK, et al. Circadian entrainment to the natural light-dark cycle across seasons and the weekend. *Current Biology*. 2017;27(4):508–13. doi: 10.1016/j.cub.2016.12.041.
4. Lewis P, Oster H, Korf HW, Foster RG, Erren TC. Food as a circadian time cue - evidence from human studies. *Nature Reviews Endocrinology*. 2020;16(4):213–23. doi: 10.1038/s41574-020-0318-z.
5. Lewis P, Korf HW, Kuffer L, Groß JV, Erren TC. Exercise time cues (zeitgebers) for human circadian systems can foster health and improve performance: A systematic review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2018;4(1). doi: 10.1136/bmjsem-2018-000443.
6. Åkerstedt T, Fredlund P, Gillberg M, Jansson B. Work load and work hours in relation to disturbed sleep and fatigue in a large representative sample. *Journal of Psychosomatic Research*. 2002;53(1):585–8. doi: 10.1016/s0022-3999(02)00447-6.
7. Vedaø Ø, Mørland E, Larsen M, Harris A, Erevik E, Sivertsen B, et al. Sleep detriments associated with quick returns in rotating shift work. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*. 2017;59(6):522–7. doi: 10.1097/JOM.0000000000001006.
8. Pallesen S, Bjorvatn B, Waage S, Harris A, Sagoe D. Prevalence of shift work disorder: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*. 2021;12. doi: 10.3389/fpsyg.2021.638252.
9. Vyas MV, Garg AX, Iansavichus AV, Costella J, Donner A, Laugsand LE, et al. Shift work and vascular events: Systematic Review and meta-analysis. *BMJ*. 2012;345. doi: 10.1136/bmj.e4800.
10. Torquati L, Mielke GI, Brown WJ, Kolbe-Alexander T. Shift work and the risk of cardiovascular disease. A systematic review and meta-analysis including dose–response relationship. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 2017;44(3):229–38. doi: 10.5271/sjweh.3700.
11. Costa G, Haus E, Stevens R. Shift work and cancer – considerations on rationale, mechanisms, and epidemiology. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 2010;36(2):163–79. doi: 10.5271/sjweh.2899.

12. Manouchehri E, Taghipour A, Ghavami V, Ebadi A, Homaei F, Latifnejad Roudsari R. Night-shift work duration and Breast Cancer Risk: An updated systematic review and meta-analysis. *BMC Women's Health*. 2021;21(1). doi: 10.1186/s12905-021-01233-4.
13. Sun C, Cheng C, Kozma K, Chandra G, Kim NH, Bhan C. Is shift-work associated with increased risk of rectal cancer? A meta-analysis. *Journal of Clinical Oncology*. 2021;39(15\_suppl). doi: 10.1200/jco.2021.39.15\_suppl.e15600.
14. Wang X, Ji A, Zhu Y, Liang Z, Wu J, Li S, et al. A meta-analysis including dose-response relationship between night shift work and the risk of colorectal cancer. *Oncotarget*. 2015;6(28):25046–60. doi: 10.18632/oncotarget.4502.
15. Gan Y, Yang C, Tong X, Sun H, Cong Y, Yin X, et al. Shift work and diabetes mellitus: A meta-analysis of observational studies. *Occupational and Environmental Medicine*. 2014;72(1):72–8. doi: 10.1136/oemed-2014-102150.
16. Kervezee L, Kosmadopoulos A, Boivin DB. Metabolic and cardiovascular consequences of shift work: The role of circadian disruption and sleep disturbances. *European Journal of Neuroscience*. 2018;51(1):396–412. doi: 10.1111/ejn.14216.
17. Jørgensen JT, Hansen J, Westendorp RG, Nabe-Nielsen K, Stayner LT, Simonsen MK, et al. Shift work and incidence of dementia: A danish nurse cohort study. *Alzheimer's & Dementia*. 2020;16(9):1268–79. doi: 10.1002/alz.12126.
18. Torquati L, Mielke GI, Brown WJ, Burton NW, Kolbe-Alexander TL. Shift work and Poor Mental Health: A meta-analysis of longitudinal studies. *American Journal of Public Health*. 2019;109(11). doi: 10.2105/AJPH.2019.305278.
19. Haines III VY, Marchand A, Rousseau V, Demers A. The mediating role of work-to-family conflict in the relationship between shiftwork and Depression. *Work & Stress*. 2008;22(4):341–56. doi: 10.1080/02678370802564272
20. Lockley SW, Brainard GC, Czeisler CA. High sensitivity of the human circadian melatonin rhythm to resetting by short wavelength light. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2003;88(9):4502–5. doi: 10.1210/jc.2003-030570
21. Phipps-Nelson J, Redman JR, Schlangen LJ, Rajaratnam SM. Blue light exposure reduces objective measures of sleepiness during prolonged nighttime performance testing. *Chronobiology International*. 2009;26(5):891–912. doi: 10.1080/07420520903044364.
22. Thapan K, Arendt J, Skene DJ. An action spectrum for melatonin suppression: Evidence for a novel non-rod, Non-cone photoreceptor system in humans. *The Journal of Physiology*. 2001;535(1):261–7. doi: 10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00261.x.
23. Vandewalle G, Schmidt C, Albouy G, Sterpenich V, Darsaud A, Rauchs G, et al. Brain responses to violet, blue, and green monochromatic light exposures in humans: Prominent role of Blue Light and the brainstem. *PLOS ONE*. 2007;2(11). doi: 10.1371/journal.pone.0001247.
24. Kjørstad, K., Faaland, P.M., Sivertsen, B. et al. Sleep and work functioning in nurses undertaking inpatient shifts in a blue-depleted light environment. *BMC Nurs*. 2022; 21:187. doi: 10.1186/s12912-022-00973-4
25. Van Dongen HPA, Maislin G, Mullington JM, Dinges DF. The cumulative cost of additional wakefulness: Dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *Sleep*. 2003;26(2):117–26. doi: 10.1093/sleep/26.2.117.
26. Jeanne Sophie Martin, Luc Laberge, Alexandre Sasseville, Marilie Bérubé, Samuel Alain, Joëlle Lavoie, Jérôme Houle & Marc Hébert (2021) Timely use of in-car dim blue light and blue blockers in the morning does not improve circadian adaptation of fast rotating shift workers, *Chronobiology International*, 2021;38:705-719. doi: 10.1080/07420528.2021.1872592.
27. Berson DM, Dunn FA, Takao M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*. 2002;295(5557):1070–3. doi: 10.1126/science.1067262.
28. Rea MS, Figueiro MG, Bierman A, Bullough JD. Circadian light. *Journal of Circadian Rhythms*. 2010;8:2. doi: 10.1186/1740-3391-8-2.
29. Lewy AJ, Cutler NL, Sack RL. The endogenous melatonin profile as a marker for circadian phase position. *Journal of Biological Rhythms*. 1999;14(3):227–36. doi: 10.1177/074873099129000641.
30. Pandi-Perumal SR, Smits M, Spence W, Srinivasan V, Cardinali DP, Lowe AD, et al. Dim light melatonin onset (DLMO): A tool for the analysis of circadian phase in human sleep and Chronobiological Disorders. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. 2007;31(1):1–11. doi: 10.1016/j.pnpbp.2006.06.020.
31. Czeisler CA, Duffy JF, Shanahan TL, Brown EN, Mitchell JF, Rimmer DW, et al. Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*. 1999;284(5423):2177–81. doi: 10.1126/science.284.5423.2177
32. Lack LC, Gradisar M, Van Someren EJW, Wright HR, Lushington K. The relationship between insomnia and body temperatures. *Sleep Medicine Reviews*. 2008;12(4):307–17. doi: 10.1016/j.smrv.2008.02.003.

33. Khalsa SB, Jewett ME, Cajochen C, Czeisler CA. A phase response curve to single bright light pulses in human subjects. *The Journal of Physiology*. 2003;549(3):945–52. doi: 10.1113/jphysiol.2003.040477.
34. Minors DS, Waterhouse JM, Wirz-Justice A. A human phase-response curve to light. *Neuroscience Letters*. 1991;133(1):36–40. doi: 10.1016/0304-3940(91)90051-t.
35. St Hilaire MA, Gooley JJ, Khalsa SB, Kronauer RE, Czeisler CA, Lockley SW. Human phase response curve to a 1 h pulse of bright white light. *The Journal of Physiology*. 2012;590(13):3035–45. doi: 10.1113/jphysiol.2012.227892.
36. Kaida K, Takahashi M, Åkerstedt T, Nakata A, Otsuka Y, Haratani T, et al. Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables. *Clinical Neurophysiology*. 2006;117(7):1574–81. doi: 10.1016/j.clinph.2006.03.011.
37. Boudreau P, Dumont GA, Boivin DB. Circadian adaptation to night shift work influences sleep, performance, mood and the autonomic modulation of the heart. *PLoS ONE*. 2013;8(7). doi: 10.1371/journal.pone.0070813.
38. Crowley SJ, Lee C, Tseng CY, Fogg LF, Eastman CI. Complete or partial circadian re-entrainment improves performance, alertness, and mood during night-shift work. *Sleep*. 2004;27(6):1077–87. doi: 10.1093/sleep/27.6.1077.
39. Czeisler CA, Johnson MP, Duffy JF, Brown EN, Ronda JM, Kronauer RE. Exposure to bright light and darkness to treat physiologic maladaptation to night work. *New England Journal of Medicine*. 1990;322(18):1253–9. doi: 10.1056/NEJM199005033221801.
40. Sasseville A, Hébert M. Using blue-green light at night and blue-blockers during the day to improves adaptation to night work: A pilot study. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. 2010;34(7):1236–42. doi: 10.1016/j.pnpbp.2010.06.027.
41. Smith MR, Eastman CI. Night shift performance is improved by a compromise circadian phase position: Study 3. circadian phase after 7 night shifts with an intervening weekend off. *Sleep*. 2008;31(12):1639–45. doi: 10.1093/sleep/31.12.1639
42. Sunde E, Pedersen T, Mrdalj J, Thun E, Grønli J, Harris A, et al. Blue-enriched white light improves performance but not subjective alertness and circadian adaptation during three consecutive simulated night shifts. *Frontiers in Psychology*. 2020;11. doi: 10.3389/fpsyg.2020.02172.
43. Sletten TL, Raman B, Magee M, Ferguson SA, Kennaway DJ, Grunstein RR, et al. A blue-enriched, increased intensity light intervention to improve alertness and performance in rotating night shift workers in an operational setting. *Nature and Science of Sleep*. 2021; Volume 13:647–57. doi: 10.2147/NSS.S287097
44. Hanifin JP, Lockley SW, Cecil K, West K, Jablonski M, Warfield B, et al. Randomized trial of polychromatic blue-enriched light for circadian phase shifting, melatonin suppression, and alerting responses. *Physiology & Behavior*. 2019;198:57–66. doi: 10.1016/j.physbeh.2018.10.004.
45. Gooley JJ, Rajaratnam SM, Brainard GC, Kronauer RE, Czeisler CA, Lockley SW. Spectral responses of the human circadian system depend on the irradiance and duration of exposure to light. *Science Translational Medicine*. 2010;2(31). doi: 10.1126/scitranslmed.3000741.
46. Zaidi FH, Hull JT, Peirson SN, Wulff K, Aeschbach D, Gooley JJ, et al. Short-wavelength light sensitivity of circadian, pupillary, and visual awareness in humans lacking an outer retina. *Current Biology*. 2007;17(24):2122–8. doi: 10.1016/j.cub.2007.11.034
47. Scheuermaier K, Münch M, Ronda JM, Duffy JF. Improved cognitive morning performance in healthy older adults following blue-enriched light exposure on the previous evening. *Behavioural Brain Research*. 2018;348:267–75. doi: 10.1016/j.bbr.2018.04.021.
48. Saeed Y, Abbott SM. Circadian disruption associated with alzheimer’s disease. *Current Neurology and Neuroscience Reports*. 2017;17(4). doi: 10.1007/s11910-017-0745-y.
49. Sloane PD, Figueiro M, Garg S, Cohen LW, Reed D, Williams CS, et al. Effect of home-based light treatment on persons with dementia and their caregivers. *Lighting Research & Technology*. 2014;47(2):161–76. doi: 10.1177/1477153513517255.
50. Riemersma-van der Lek RF. Effect of bright light and melatonin on cognitive and noncognitive function in elderly residents of group Care Facilities. *JAMA*. 2008;299(22):2642. doi: 10.1001/jama.299.22.2642.
51. Kim SJ, Lee SH, Suh IB, Jang J-W, Jhoo JH, Lee JH. Positive effect of timed blue-enriched white light on sleep and cognition in patients with mild and moderate alzheimer’s disease. *Scientific Reports*. 2021;11(1). doi: 10.1038/s41598-021-89521-9.
52. Walker MP, van der Helm E. Overnight therapy? the role of sleep in emotional brain processing. *Psychological Bulletin*. 2009;135(5):731–48. doi: 10.1037/a0016570
53. Richards A, Kanady JC, Neylan TC. Sleep disturbance in PTSD and other anxiety-related disorders: An updated review of clinical features, physiological characteristics, and psychological and neurobiological mechanisms. *Neuropsychopharmacology*. 2019;45(1):55–73. doi: 10.1038/s41386-019-0486-5



54. Vanuk JR, Pace-Schott EF, Bullock A, Esbit S, Dailey NS, Killgore WD. Morning blue light treatment improves sleep complaints, symptom severity, and retention of fear extinction memory in post-traumatic stress disorder. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2022;16. doi: 10.3389/fnbeh.2022.886816