

GRUŻEWSKA-PIOTROWSKA, Kinga, GRUŻEWSKA, Agnieszka and PAJĄK, Monika. Does blue light affect sleep quality or performance? – empirical research based on anonymous surveys among medical students and physicians. *Quality in Sport*. 2023;14(1):80-91. eISSN 2450-3118. DOI <https://dx.doi.org/10.12775/QS.2023.14.01.006>  
<https://apcz.umk.pl/QS/article/view/44411>

The journal has had 20 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. 32582. Has a Journal's Unique Identifier: 201398. Scientific disciplines assigned: Economics and finance (Field of social sciences); Management and Quality Sciences (Field of social sciences). Punkty Ministerialne z 2019 - aktualny rok 20 punktów. Załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 21 grudnia 2021 r. Lp. 32582. Posiada Unikatowy Identyfikator Czasopisma: 201398. Przynależność dyscypliny naukowej: Ekonomia i finanse (Dziedzina nauk społecznych); Nauki o zarządzaniu i jakości (Dziedzina nauk społecznych).  
© 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: 05.06.2023. Revised: 25.06.2023. Accepted: 30.06.2023. Published: 30.06.2023.

## Does blue light affect sleep quality or performance? – empirical research based on anonymous surveys among medical students and physicians

Czy niebieskie światło wpływa na jakość snu lub wydajność? – badania empiryczne na podstawie anonimowych ankiet wśród studentów kierunków medycznych i lekarzy

### Kinga Gruzewska-Piotrowska

Uniwersytecki Szpital Kliniczny im. Fryderyka Chopina w Rzeszowie  
ul. Fryderyka Szopena 2, 35-055 Rzeszów

<https://orcid.org/0009-0009-3160-9867>

[kinga.gruzewska@gmail.com](mailto:kinga.gruzewska@gmail.com)

### Agnieszka Gruzewska

Kolegium Nauk Medycznych, Uniwersytet Rzeszowski  
al. mjr. W. Kopisto 2a, 35-959 Rzeszów

<https://orcid.org/0009-0001-4047-0635>

[gruzewska.a@gmail.com](mailto:gruzewska.a@gmail.com)

### Monika Pająk

Uniwersytecki Szpital Kliniczny im. Fryderyka Chopina w Rzeszowie  
ul. Fryderyka Szopena 2, 35-055 Rzeszów

<https://orcid.org/0009-0005-4166-3171>

[monikaa.pjk@interia.pl](mailto:monikaa.pjk@interia.pl)

## Abstract

**Introduction:** Nowadays, more and more people use electronic devices. As the amount of time spent using them has increased, so has the quality of sleep. People go to bed later, and the process of falling asleep is delayed. In addition, sleep time is reduced, which translates into sleep deprivation. Many people think that blue light is

only emitted from digital screens, but it is nothing new - it is part of the light emitted. Light is the most important factor regulating the circadian rhythms of the human body. All types of visible light can affect circadian rhythms, but blue light has the greatest impact.

**The aim of the study:** The aim of the study was to assess if blue light affects sleep quality and performance by empirical research based on anonymous surveys among medical students and physicians.

**Materials and methods:** The research material was collected using an anonymous online survey in May 2023. The obtained results were analyzed and verified on the basis of scientific literature and statistically processed using Microsoft Office Excel.

**Results:** 92.3% of the respondents use electronic devices before going to bed, mostly the phone, and the time of using usually ranges from 30 minutes to 1 hour. Most of the people filling the questionnaire sleep on average 5-6 hours at night, of which as many as 81.7% declare that their sleep is not of good quality. 91.3% of respondents know what blue light is, but only 22.1% use protection against it before sleep.

**Conclusion:** Exposure to blue light can affect sleep, performance and well-being. An important negative effect of exposure to blue light is a reduction in the quality and length of sleep, which can negatively affect performance. It is believed that in order to maintain a healthy circadian rhythm, it is necessary not only to increase the proportion of blue light in artificial light during the day, but also to reduce the amount of that light in the evening and night hours.

**Keywords:** sleep, blue light, sleep quality, cognitive performance, athletes, students

## Abstrakt

**Wprowadzenie:** W dzisiejszych czasach coraz więcej ludzi korzysta z urządzeń elektronicznych. Wraz ze wzrostem ilości czasu poświęcanego na korzystanie z urządzeń elektronicznych, nastąpiła zmiana jakości snu. Ludzie idą spać później, a sam proces zasypiania jest opóźniony. Ponadto czas snu jest skrócony, co przekłada się na niedobór snu. Wielu ludzi uważa, że niebieskie światło jest emitowane jedynie z ekranów cyfrowych, jednak nie jest ono niczym nowym – jest to jedna z części emitowanego światła. Światło jest najważniejszym czynnikiem regulującym rytmy okołodobowe ludzkiego organizmu. Wszystkie rodzaje światła widzialnego mogą wpływać na rytmy okołodobowe, największy wpływ jednak ma światło niebieskie.

**Cel pracy:** Celem pracy była ocena wpływu światła niebieskiego na jakość i wydajność snu na podstawie badań empirycznych opartych na anonimowych ankietach wśród studentów medycyny i lekarzy.

**Materiały i metody:** Materiał do badań zebrano za pomocą anonimowej ankiety przeprowadzonej w maju 2023r. w formie online. Uzyskane wyniki poddano analizie i weryfikacji na podstawie literatury naukowej oraz opracowano statystycznie przy użyciu programu Microsoft Office Excel.

**Wyniki:** 92,3% badanych korzysta z urządzeń elektronicznych przed snem, przy czym najczęściej osób korzysta z telefonu, a czas używania zwykle mieści się w granicach 30 minut do godziny. Najwięcej osób spośród wypełniających kwestionariusz przesypia w nocy średnio 5-6 godzin, z czego aż 81,7% badanych deklaruje, że ich sen nie jest dobry jakościowo. 91,3% ankietowanych wie, co to jest niebieskie światło, ale tylko 22,1% stosuje przed nim zabezpieczenia przed snem.

**Wnioski:** Ekspozycja na światło niebieskie może wpływać na sen, wydajność i samopoczucie. Ważnym negatywnym skutkiem ekspozycji na światło niebieskie jest obniżenie jakości i długości snu, co może negatywnie wpływać na wydajność. Uważa się, że aby utrzymać zdrowy rytm okołodobowy, należy nie tylko zwiększyć udział światła niebieskiego w sztucznym świetle w ciągu dnia, ale także zmniejszyć ilość tego samego światła w godzinach wieczornych i nocnych.

**Słowa kluczowe:** sen, niebieskie światło, jakość snu, zdolności poznawcze, sportowcy, studenci

## Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach coraz więcej ludzi korzysta z urządzeń elektronicznych – telewizji, komputerów, tabletów czy smartfonów. Ekran cyfrowy stał się nieodłączną częścią życia, większość ludzi żyjących w krajach rozwiniętych deklaruje posiadanie przynajmniej jednego elektronicznego urządzenia multimedialnego w swojej sypialni. Wraz ze wzrostem ilości czasu poświęcanego na korzystanie z urządzeń elektronicznych, nastąpiła zmiana jakości snu. Ludzie idą spać później, a sam proces zasypiania jest opóźniony. Ponadto czas snu jest skrócony, co przekłada się na niedobór snu.

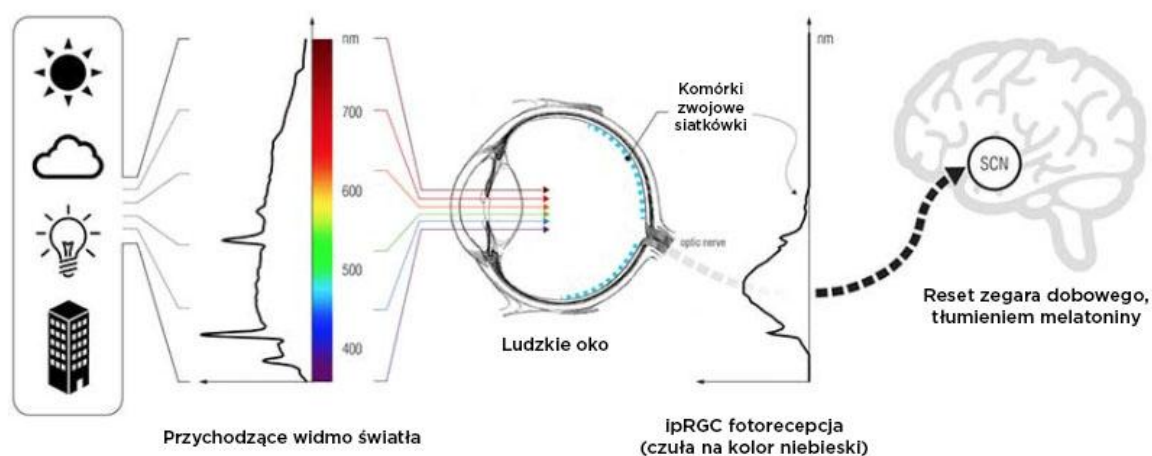
Wielu ludzi uważa, że niebieskie światło jest emitowane jedynie z ekranów cyfrowych. Dlatego wiele źródeł radzi, aby na kilka godzin przed snem odłożyć telefon lub e-czytnik, dzięki czemu można uniknąć ekspozycji. Jednak niebieskie światło nie jest niczym nowym. Światło składa się z promieniowania elektromagnetycznego, które jest niewidzialną formą energii. Oczy ludzkie interpretują kolory światła na podstawie ilości zawartej w nich energii. Białe światło, również część światła emitowanego przez słońce, jest kombinacją wszystkich kolorów widma światła widzialnego. Niebieskie światło z kolei jest jedną częścią emitowanego światła, znajduje się wszędzie, może wpływać na czujność, produkcję hormonów i cykle snu. Oprócz urządzeń elektronicznych, jest także emitowane przez diody LED i lampy fluorescencyjne. Z powodu zmiany stylu życia w porównaniu do żyjących w poprzednich pokoleniach obecnie ludzie są bardziej narażeni na światło LED, częściej niż przodkowie korzystają z kąpeli słonecznych. To wszystko prowadzi do problemów zdrowotnych związanych z niebieskim światłem. Jest to jednak pojęcie ogólne, ponieważ światło niebieskie ma różną długość fali. Można wyróżnić światło niebiesko-turkusowe, które jest naturalne i konieczne dla wydajności poznawczej i snu – krótkie fale w zakresie 460 nm są bardzo skuteczne w przesunięciu fazowym systemu okołodobowego. Z kolei intensywne światło niebieskie (niebiesko-fioletowe) w zakresie od 400 do 440 nm (Rycina 1) uszkadza siatkówkę poprzez zwiększenie zdolności cząsteczek rodopsyny do pochłaniania fotonów aż w końcu osiągają liczbę krytyczną pochłoniętych fotonów, która jest wymagana do wywołania uszkodzeń w komórkach siatkówki. Proces ten może dodatkowo zwiększyć potencjalną produkcję reaktywnych form tlenu (ROS). Uszkodzenia oksydacyjne mogą prowadzić do gromadzenia się lipofuscyny w nabłonku barwnikowym siatkówki (RPE). Zbyt duże nagromadzenie lipofuscyny może wpływać na zdolność do dostarczania składników odżywczych do fotoreceptorów, co z kolei skraca ich żywotność. Nasilenie uszkodzeń wywołanych przez niebieskie światło zależy od pory dnia i dlatego jest związane z rytmem okołodobowym. Akumulacja ROS i lipofuscyny może być spowodowana zarówno ostrą, jak i kumulatywną ekspozycją na światło niebieskie, podejrzewa się, że jest on powiązany z poziomem lipofuscyny w nabłonku barwnikowym siatkówki. Lipofuscyna powstaje głównie w zewnętrznych segmentach fotoreceptorów i kiedy pochłania światło niebieskie, powstają ROS. Rodzaj tworzonych ROS jest powiązany z określoną długością fali ( $\lambda$ ) światła niebieskiego. Ilość lipofuscyny w siatkówce wzrasta wraz z wiekiem i jest związana ze zwyrodnieniem plamki żółtej związanym z wiekiem (AMD). [2] Często wpływ światła niebieskiego na siatkówkę był badany u zwierząt, u ludzi widoczne są bezpośrednie dowody na ostre uszkodzenia siatkówki wywołane światłem w wyniku przypadkowej ekspozycji na sztuczne lub światło słoneczne o dużej intensywności. Nie ma spójnych dowodów na to, że długotrwała ekspozycja na światło niebieskie o niższym natężeniu powoduje jakiegokolwiek uszkodzenie siatkówki. [3] Więcej dowodów można znaleźć jeśli chodzi o wpływ promieniowania ultrafioletowego (krótsza długość fali). [4]

Rycina 1. Długość fal światła niebiesko-fioletowego i niebiesko-turkusowego. [5]



Światło jest najważniejszym czynnikiem regulującym rytmy okołodobowe ludzkiego organizmu. Rytmy te to precyzyjne 24-godzinne cykle, które sygnalizują organizmowi wykonywanie podstawowych funkcji, do których zaliczany jest sen. Są demonstrowane przez prawie każdą komórkę w ludzkim ciele, obejmującą hierarchiczny system wielu oscylatorów, który jest regulowany przez jądro nadskrzyżowaniowe (SCN) znajdujące się w podwzgórzu. Prawie 24-godzinny rytm tego układu jest utrzymywany przez proces porywania molekularnego, który resetuje zegar dobowy w każdym okresie poprzez ekspozycję siatkówki na światło. Kiedy światło pada na siatkówkę, stymuluje światłoczułe komórki zwojowe siatkówki (ipRGC), które są związane z melanopsyną i są wyjątkowo wrażliwe na długości fal w niebieskim zakresie widma światła. Światłoczułe komórki zwojowe siatkówki wysyłają sygnały poprzez przewód siatkówkowo-podwzgórzowy (RHT), do SCN (Rycina 2), które przekazuje informacje o bodźcach świetlnych do szyszynki, co z kolei hamuje wytwarzanie przez nią melatoniny. Podsumowując, ekspozycja na niebieskie światło rano tłumi melatoninę i ta faza przyspiesza rytm dobowy (tj. początek snu następuje wcześniej w następnym okresie), podczas gdy podobna ekspozycja wieczorem prowadzi do opóźnienia fazy (tj. początek snu zostanie przesunięty później w następnym okresie). [6] Dawniej rytm dobowy był ściśle powiązany ze wschodem i zachodem słońca.

Rycina 2. Podsumowanie rytmów okołodobowych ukazujące drogę światła do podwzgórza. [7]



Wraz z pojawieniem się sztucznego światła i elektroniki ludzie są narażeni na zwiększoną ilość światła przed snem. Wszystkie rodzaje światła widzialnego mogą wpływać na rytmy okołodobowe, największy wpływ jednak ma światło niebieskie. Większość ekspozycji na to spektrum świetlne pochodzi od słońca, gdy promienie tego światła dotrą do siatkówki, SCN wysyła sygnały, które zwiększają tętno, temperaturę i ciśnienie krwi poprzez uwalnianie kortyzolu oraz nakazują zakończenie produkcji melatoniny. Ponadto poprawiają się zdolności umysłowe, refleks, energia się zwiększa, m.in. poprzez stymulację produkcji neuroprzekaźnika serotoniny. Dlatego w ciągu dnia niebieskie światło może poprawiać wydajność i koncentrację, dostrajając rytmy dobowe i przygotowując na lepszy sen po zachodzie słońca. Dzięki tym spostrzeżeniom stosuje się terapię światłem, w szczególności niebieskim, która jest pomocna w leczeniu zaburzeń snu, wyrównywaniu rytmów dobowych i ogólnej poprawie snu. Godziny terapii takim światłem muszą być jednak dobrze dobrane, ponieważ pojawia się coraz więcej badań, które wykazują, że ekspozycja na niebieskie światło w godzinach poprzedzających pójście spać może utrudniać sen. Niebieskie światło hamuje wydzielanie melatoniny przez organizm. Jest to hormon odpowiadający za uczucie senności, więc jego brak w ciągu dnia jest przydatny, jednak w nocy mózg jest oszukiwany niebieskim światłem i myśląc, że ciągle jest dzień, pozostaje w stanie czujności, co zaburza rytm dobowy. Przewlekłe zaburzenie rytmu okołodobowego może prowadzić nie tylko do pogorszenia jakości snu, ale także do zaburzeń metabolicznych czy nawet depresji.

## Materiały i metody

Badanie zostało przeprowadzone w maju 2023 roku, wśród grupy 104 osób (33 lekarzy i 71 studentów). Materiał do badań został zebrany za pomocą autorskiego kwestionariusza online. Ankieta zawierała 5 pytań w części ogólnej oraz 12 pytań w części szczegółowej. Pierwsza część kwestionariusza zawierała informacje szczegółowe dotyczące odpowiednio każdego wypełniającego ankietę (płeć, wiek, kierunek i rok studiów lub w przypadku lekarzy – rodzaj wykonywanej specjalizacji). Pozostałe pytania dotyczyły korzystania z urządzeń elektronicznych, problemów ze snem – między innymi z zasypianiem, jakością snu, wydajnością następnego dnia oraz światła niebieskiego, jego ewentualnej szkodliwości. Kwestionariusz sprawdzał również wiedzę na temat dostępnych obecnie form ochrony przed niebieskim światłem przed snem. Uzyskane wyniki poddano

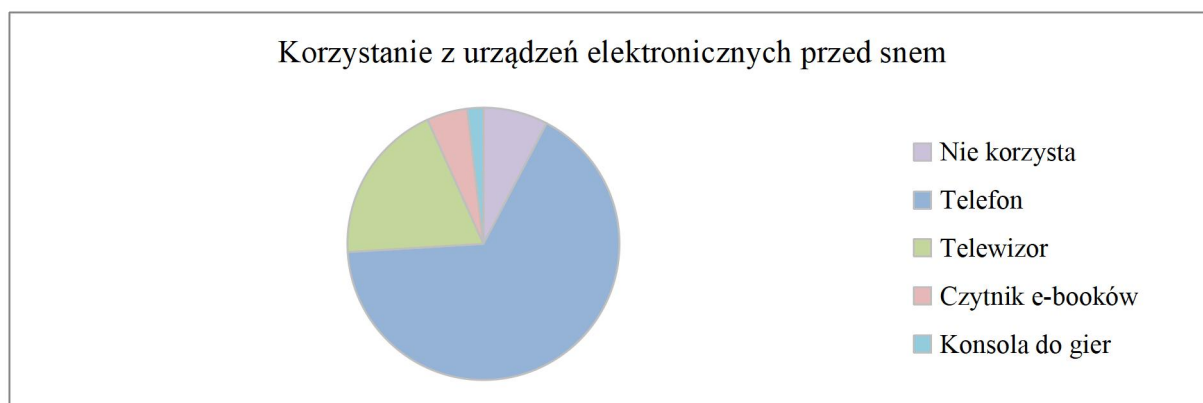
analizie i weryfikacji na podstawie literatury naukowej oraz opracowano statystycznie przy użyciu programu Microsoft Office Excel.

## Wyniki

Wśród 104 ankietowanych, 31,7% stanowili lekarze (90,9% - lekarze stażyści, 9,1% - lekarze rezydenci), 68,3% to studenci kierunków medycznych, w tym 16,9% to studenci analityki medycznej roku pierwszego, 50,7% studenci kierunku lekarskiego (V rok – 22,5% i VI rok- 28,2%) oraz 32,4% to studenci wychowania fizycznego (I rok – 9,9%, II rok – 12,7%, III rok – 9,9%). W badaniu brało udział 76,9% kobiet i 23,1% mężczyzn. Biorąc pod uwagę wiek, dane przedstawiają się następująco: 62,5% to osoby w wieku 19-25 lat, 29,8% – 26-30 lat, 7,7% to osoby powyżej 30. roku życia.

Na pytanie: „Czy korzystasz z urządzeń elektronicznych przed snem?” aż 92,3% ankietowanych odpowiada pozytywnie. Wśród tych osób 71,9% korzysta ze smartfonu, 20,8% z telewizora, 5,2% z e-czytnika, a 2,1% z konsoli do gier (wykres 1). W pytaniu dotyczącym czasu korzystania z urządzeń elektronicznych 37,5% ankietowanych zaznaczyło odpowiedź: 30 minut do 1 godziny, 34,6% – powyżej 1 godziny, 20,2% osób korzysta z ekranów cyfrowych do 30 min, natomiast 8 osób zaznaczyło odpowiedź 0 minut.

Wykres 1. Korzystanie z urządzeń elektronicznych przed snem wraz z określeniem ich rodzaju. [wykres własny]



Następne pytania dotyczyły snu i w ankiecie na pytanie: „Czy masz problemy z zasypianiem? (poczucie czujności, opóźnione zasypianie) ponad połowa (54,8%) odpowiedziała twierdząco, a 45,2% zaznaczyła odpowiedź „nie”. Kolejne pytanie dotyczyło ilości godzin średnio przesypianych w nocy (wykres 2). Na pytanie: „Czy Twój sen jest dobry jakościowo? (nie budzisz się w nocy, rano budzisz się wypoczęty)” aż 81,7% osób odpowiedziało negatywnie. Jest to bardzo niepokojąca wiadomość, ponieważ większość z tych osób korzysta przed snem z urządzeń elektronicznych. W kolejnym pytaniu dotyczącym problemów z koncentracją i wydajnością następnego dnia 68,3 % osób zgłosiło, że mają takie problemy, co również ma związek z cyfrowymi ekranami.

Wykres 2. Ilość osób przesypiających określoną liczbę godzin w nocy. [wykres własny]



Dalsze pytania dotyczyły niebieskiego światła. 91,3% ankietowanych zna takie pojęcie, a 76,9% uważa, że jest ono szkodliwe (9 osób, które w poprzednim pytaniu zaznaczyło, że nie zna pojęcia „niebieskie światło” w tym pytaniu odpowiedziało, że nie wie, czy jest szkodliwe). 86,5% odpowiadających wie, że istnieją sposoby zabezpieczenia się przed niebieskim światłem przed snem, wśród tych osób 77,8% podaje, że słyszała o okularach posiadających filtr blokujący niebieskie światło, a 22,2% pisze, że istnieją filtry światła niebieskiego w telefonach. Niestety tylko 22,1% ankietowanych stosuje zabezpieczenia przed niebieskim światłem przed snem.

### **Objawy zaburzeń rytmu dobowego**

Sen jest niezbędnym czynnikiem dla zdolności kognitywnych, a zwłaszcza dla konsolidacji pamięci. W badaniu ‘Sleep deprivation: Impact on cognitive performance’ oceniano wpływ deprywacji snu (czyli spanie przez mniejszą ilość czasu, niż jest zalecane dla danej grupy wiekowej – dorośli powinni spać od 7 do 9 godzin każdej nocy) na zdolności kognitywne, w tym na: pamięć roboczą i długotrwałą, funkcje wzrokowo-ruchowe, werbalne oraz podejmowanie decyzji. Przedłużające się czuwanie może być spowodowane ostrą całkowitą deprywacją snu lub przewlekłym częściowym ograniczeniem snu, które jest bardziej powszechnym zjawiskiem w dzisiejszych czasach. Nie mniej jednak skutki całkowitej ostrej deprywacji snu zostały zbadane dokładniej. Obydwie formy wywołują niekorzystne zmiany w sprawności poznawczej. Całkowita deprywacja snu upośledza przede wszystkim uwagę i pamięć roboczą, ale wpływa również na inne funkcje, takie jak pamięć długotrwała i podejmowanie decyzji. Z kolei częściowa deprywacja snu wpływa na uwagę, zwłaszcza czujność, jednak brakuje badań nad jej wpływem na bardziej wymagające funkcje poznawcze. Radzenie sobie z deprywacją snu zależy od wielu czynników, między innymi starzenia się. Na ogół zdolności kognitywne osób starzejących się często są gorsze niż u ludzi młodszych, to w przypadku deprywacji snu wydajność osób starszych wydaje się słabiej pogarszać. Na podstawie nielicznych dowodów wydaje się, że pod względem sprawności poznawczej kobiety mogą lepiej znosić przedłużony stan czuwania niż mężczyźni, natomiast regeneracja w kontekście fizjologicznym zachodzi u nich dłużej. Tolerowanie deprywacji snu może również zależeć od indywidualnych cech, a także od mechanizmów fizjologicznych, czynników społecznych lub środowiskowych. Ważne są również procesy odzyskiwania zdolności poznawczych, wśród nich wydaje się, że ciężiej jest je odzyskać w przewlekłym częściowym ograniczeniu snu niż w całkowitej ostrej deprywacji snu. [8] Istnieje jednak duże zróżnicowanie w badaniach na ten temat, co utrudnia ich porównanie i stworzenie analiz, dlatego chcąc podsumować ten temat, należy w przyszłości wykonać bardziej ujednolicone badania.

Zmiany w czasie trwania i jakości snu są związane z rozwojem czynników ryzyka sercowo-naczyniowego oraz zespołu metabolicznego. W badaniu ‘The association of cardiometabolic disorders with sleep duration: a cross-sectional study’ sprawdzano, czy długość snu wpływa na ryzyko związane z chorobami sercowo-naczyniowymi i metabolicznymi. Przeanalizowano dane 1375 uczestników, z czego 989 to kobiety, wszyscy badani mieli od 31 do 57 lat. Większość mężczyzn w porównaniu do kobiet było palaczami, spożywali alkohol oraz mieli większy obwód szyi, z kolei BMI i obwód talii były znacznie wyższe u kobiet. Analiza biochemiczna wykazała wyższy poziom glukozy w osoczu na czczo u kobiet i wyższe stężenie trójglicerydów u mężczyzn. Większość osób oceniła swoją codzienną aktywność na niskim poziomie. Średni czas snu wynosił 6,8 godzin (wahał się o 1,67 h w jedną bądź drugą stronę) i był istotnie krótszy u kobiet. Spożywający alkohol byli bardziej skłonni do spania dłużej niż 10 godzin, z kolei osoby śpiące mniej niż 6 godzin skarżyły się na bezdechy senne, problemy ze snem (63,5%) oraz bycie wyjątkowo niewypoczętym następnego dnia (52,8%). Zaobserwowano też, że u osób, które spały mniej niż 6 godzin, BMI, obwód talii, skurczowe i rozkurczowe ciśnienie krwi, stężenie glukozy w osoczu na czczo, całkowity cholesterol i lipoproteiny o małej gęstości (LDL) były wyższe niż w pozostałych grupach, a lipoproteiny o dużej gęstości (HDL) były niższe. [9] Stężenie trójglicerydów było najwyższe u osób, które spały ponad 10 godzin. Wszystkie te wyniki dowodzą, że szczególności zwiększone stężenie trójglicerydów i glukozy we krwi, są związane z brakiem lub nadmiarem snu.

Kolejnym objawem zaburzeń snu może być przyrost masy ciała oraz zwiększone ryzyko cukrzycy typu 2. Sugeruje się, że zarówno dorośli, jak i dzieci, którzy śpią krótko, mają zwykle wyższy wskaźnik masy ciała, większy obwód brzucha oraz więcej tkanki tłuszczowej w porównaniu z osobami śpiącymi przeciętną ilość godzin. W badaniu ‘Inadequate sleep as a contributor to obesity and type 2 diabetes’ sugeruje się, że skrócony lub zakłócony sen jest związany z niektórymi predyktorami cukrzycy typu 2, takimi jak: nietolerancja glukozy, insulinooporność, zmniejszona odpowiedź insuliny na glukozę. Ponadto ograniczenie snu zwiększa wieczorne stężenie kortyzolu, co z kolei może zmniejszać wrażliwość na insulinę następnego ranka. Pogląd ten został dodatkowo poparty badaniami, w których odnotowano spadek skuteczności wychwytu glukozy za pośrednictwem insuliny kolejnego dnia rano. W badaniu wykazano, że u osób śpiących krócej stężenie glukozy jest takie samo jak u osób śpiących wystarczającą ilość godzin, ale uwalnia się u nich więcej insuliny, co może być wynikiem zmniejszonej wrażliwości na insulinę. Poza tym ograniczenie snu może prowadzić do zwiększonego spożycia pokarmu oraz zwiększa podatność na bodźce pokarmowe, zwłaszcza w przypadku

wysokoenergetycznych pokarmów o wysokiej zawartości węglowodanów. W badaniu stwierdzono, że nieodpowiedni sen, zarówno pod względem jakości, jak i ilości, należy uznać za prawdopodobny czynnik ryzyka rozwoju otyłości i cukrzycy typu 2, więc edukacja na temat rytmów dobowych powinna być jednym z elementów profilaktyki, a nawet leczenia tych chorób. [10]

Sen może być ważny dla prawidłowego funkcjonowania układu odpornościowego. W badaniu 'Adverse Effects of Modest Sleep Restriction on Sleepiness, Performance, and Inflammatory Cytokines' wykazano, że już dzienne ograniczenie snu o 2 godziny na dobę przez 1 tydzień u młodych zdrowych mężczyzn i kobiet wiąże się ze znacznym wzrostem senności, spadkiem sprawności psychomotorycznej i zwiększonym wydzielaniem cytokin prozapalnych IL-6 i TNF $\alpha$ . [11] Wcześniej uważano, że całkowita utrata snu jest związana ze zwiększonym wydzielaniem cytokin prozapalnych następnego dnia, jednak badacze udowodnili, że wystarczy niewielka deprivacja snu. [12] Zarówno IL-6, jak i TNF $\alpha$  są markerami ogólnoustrojowego stanu zapalnego, który może prowadzić do insulinooporności, chorób sercowo-naczyniowych i osteoporozy. [13] Z kolei w innym badaniu 'Sleep Loss Activates Cellular Inflammatory Signaling' sprawdzano wpływ utraty snu na aktywację czynnika jądrowego (NF)- $\kappa$ B, jest to czynnik transkrypcyjny, który pełni kluczową rolę w kaskadzie sygnalizacji stanu zapalnego. Wielokrotnie oceniano NF- $\kappa$ B w komórkach jednojądrzastych krwi obwodowej rano po normalnym śnie, po częściowym pozbawieniu snu oraz po śnie tzw. regeneracyjnym. Zauważono, że rano po nieprzespanej nocy aktywacja NF- $\kappa$ B w komórkach jednojądrzastych była znacznie większa w porównaniu z porannymi poziomami po nieprzerwanym śnie podstawowym lub regeneracyjnym. W związku z tym stwierdzono, że zaburzenia snu wpływają na aktywację NF- $\kappa$ B, który z kolei aktywuje szlaki zapalne i może wpływać na ekspresję genów zapalnych leukocytów i ryzyko chorób związanych z zapaleniem. [14] Istnieje też badanie, w którym pobrano próbki krwi od 11 par bliźniąt jednojajowych o różnych schematach snu i odkryto, że bliźniak z krótszym czasem snu miał osłabiony układ odpornościowy w porównaniu z rodzeństwem. Naukowcy uważają, że genetyka odpowiada za 31 do 55 procent długości snu, a zachowanie i środowisko odpowiadają za pozostałą część. Dr Sina Gharib – główny autor artykułu ukazała, że istnieje wiele danych pokazujących, że skrócenie snu może zwiększyć markery zapalne i aktywować komórki odpornościowe. [15]

Sen jest niezbędny dla optymalnego zdrowia i funkcji regeneracyjnych, dlatego dużą wagę przykładają do niego u sportowców. Badania przeprowadzone na piłkarzach [16] wykazały, że okresy wzmoczonych treningów i większego obciążenia pracą zwiększają poziom zaburzeń związanych z rytmem dobowym (np. skróceniem czasu i jakości snu). Ponadto sen może wiązać się z ryzykiem urazów i chorób [17]. Badania wykazały, że piłkarze śpiący krócej i snem niskiej jakości, który nie zapewniał regeneracji organizmu, wykazywali zwiększoną liczbę i nasilenie urazów mięśniowo-szkieletowych [18]. W badaniu 'Sleep and the athlete: narrative review and 2021 expert consensus recommendations' stwierdzono, że krótki czas poświęcony na sen pogarsza wyniki sportowców [17]. Zauważono, że częściowa deprivacja snu u piłkarzy zmniejszyła ich czas reakcji i wydajność podczas wykonywania wyskoku z przysiadu, lecz mimo to szczytowa i średnia moc nie uległa zmianie. [19]

Brak snu u dzieci powoduje podobne objawy, które można zaobserwować u dorosłych, jednak deprivacja snu dodatkowo może mieć negatywny wpływ na ogólny rozwój fizyczny i umysłowy. W badaniu 'Bedtime Use of Technology and Associated Sleep Problems in Children' [20] sprawdzano wpływ korzystania z urządzeń elektronicznych przed snem na ilość i jakość snu, nieuwagę oraz wskaźnik masy ciała. Badanie polegało na wypełnieniu ankiet przez rodziców 234 dzieci w wieku od 8 do 17 lat. Wyniki badania sugerują, że dzieci, które oglądają telewizję przed snem mogą spać około 30 minut krócej w nocy. Ponadto dzieci korzystające z komputera lub telefonu przed snem śpią 60 minut krócej. W badaniu wykazano, że istnieje związek między używaniem smartfonu, konsoli do gier i komputera a zmęczeniem uczestników następnego ranka oraz zmniejszonym prawdopodobieństwem zjedzenia śniadania. Dodatkowo stwierdzono, że jakość snu oraz otyłość dziecięca są ze sobą powiązane. W innym badaniu: 'BMI Development and Early Adolescent Psychosocial Well-Being: UK Millennium Cohort Study' wykazano, że dwa główne czynniki przyczyniające się do zwiększonego BMI to: pomijanie śniadań i nieregularne pory kładzenia się spać. [21] Została wysunięta hipoteza, że te zakłócone rutyny mogą wpływać na wagę z powodu zwiększonego apetytu i późniejszego spożywania pokarmów o dużej ilości węglowodanów. W badaniu 'Short Sleep Duration Is Associated with Reduced Leptin, Elevated Ghrelin, and Increased Body Mass Index' sprawdzano tę teorię i okazało się, że krótki czas snu powoduje zwiększenie poziomu greliny, która stymuluje uczucie głodu i powoduje wzrost spożycia pokarmu i magazynowanie tłuszczów. Ponadto powoduje to też obniżenie stężenia leptyny, co pobudza apetyt i prowadzi do dalszego przybierania na wadze. [22] Podsumowując, regularna rutyna przed snem, zwłaszcza taka, która nie obejmuje korzystania z urządzeń elektronicznych, może sprzyjać nie tylko lepszej jakości snu, ale może również pomóc w walce z otyłością dziecięcą. Badano także, czy oglądanie telewizji skraca czas koncentracji u dzieci i stwierdzono, że oglądanie jej dłużej niż 2 godziny dziennie powoduje więcej nieuwważnych zachowań, ale nie zaobserwowano tego w odniesieniu do innych urządzeń. [20] W badaniu 'Sleep, emotional, and behavioral difficulties in children and adolescents' wykazano, niska jakość snu była bardzo powszechna u dzieci

z problemami behawioralnymi i emocjonalnymi, co mogło w następstwie prowadzić do lęku i depresji. [23] Dlatego ważne jest, aby promować zrównoważone korzystanie z technologii dla dobra prawidłowej wagi oraz rozwoju umysłowego dziecka. Ograniczeniem badania jest uwzględnienie błędu, który mogli popełnić rodzice przy wypełnianiu ankiet. Aby jeszcze lepiej ocenić wpływ urządzeń elektronicznych na jakość snu u dzieci można by przeprowadzić badanie z obiektywną kwantyfikacją danych, np. za pomocą technologii monitorowania snu.

### **Wpływ światła niebieskiego na sen i wydajność**

Pojęcie „sen” jest bardzo szerokie i czynnikami wpływającymi na jakość snu mogą być: zmęczenie, czas trwania snu, efektywność snu i latencja snu (wyznaczana na podstawie badania polisomnograficznego, oznacza czas od położenia się do łóżka i zgaszenia światła do pierwszego wystąpienia stadium 2 snu, lub każdego innego stadium snu poza stadium 1). Można uznać sen jako dobry, jeśli jego efektywność była wysoka, latencja krótka, a zmęczenie dnia kolejnego niewielkie. Jeśli chodzi o zmęczenie, jest to kolejne szerokie pojęcie, którym można podsumować senność, stan czuwania – gdy nie można zasnąć czy też bycie czujnym, pobudzenie. Zmęczenie może obniżyć wydajność, z kolei zmęczenie psychiczne ma wpływ zarówno na sprawność fizyczną, jak i poznawczą. [24] Wykazano jednak, że w niektórych przypadkach ekspozycja na światło niebieskie zmniejsza zmęczenie. Może ona poprawić wydolność fizyczną i pomóc w utrzymaniu koncentracji.

Badanie ‘Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality’ sprawdzało skutki narażenia na białe światło wzbogacone o niebieski kolor podczas godzin pracy w ciągu dnia w środowisku biurowym. Każdy z uczestników przez 4 tygodnie przebywał w dwóch warunkach oświetleniowych – był wystawiony na światło białe wzbogacone o kolor niebieski (17 000 K) oraz światło białe (4000 K). Aby porównać obydwie interwencje, zostały wykorzystane ankiety, które oceniały czujność uczestników, ich nastroj, jakość snu, wysiłek umysłowy, ból głowy, zmęczenie oczu oraz ogólny nastrój. Stwierdzono, że w porównaniu ze światłem białym (4000 K), światło białe wzbogacone o kolor niebieski (17 000 K) poprawiło subiektywne pomiary czujności, wydajność, koncentrację i pozytywny nastrój, ale jednocześnie zwiększyło drażliwość, wieczorne zmęczenie i dyskomfort oczu. Jeśli chodzi o jakość snu, to poprawiła się ona u uczestników przebywających w świetle białym wzbogaconym w niebieski kolor (17 000 K), wraz ze zmniejszeniem senności w ciągu dnia. [25] Badanie to pokazuje, że światło niebieskie może być korzystne dla ludzi, jeśli są oni ekspozycyjni na nie w ciągu dnia.

W artykule ‘The influence of blue light on sleep, performance and wellbeing in young adults: A systematic review’ [26] wyróżniono badania mające wpływ na jakość snu i jedno z nich wykazało, że jakość snu była wyższa w warunkach światła innego niż niebieskie w porównaniu z warunkami światła niebieskiego, z kolei w trzech badaniach odnotowano nieistotne zmiany w jakości snu spowodowane ekspozycją na niebieskie światło. Chociaż dowody są mieszane, wiadomo, że słaba jakość snu wpływa ogólnie na zły sen. Ponadto istnieją badania, które potwierdzają, że sportowcy, którzy śpią powyżej 8 godzin w nocy lub odczuwają wysoką subiektywną jakość snu są mniej narażeni na problemy związane z podwyższonym poziomem stresu, mają więcej energii, ich treningi mają lepszą jakość oraz są mniej narażeni na kontuzje czy choroby. [27] Stwierdzono także, że zła jakość snu powoduje większe uczucie subiektywnego zmęczenia, więc jego poprawa zmniejszy to uczucie, co może się przełożyć na poprawę sprawności fizycznej i jakości treningów. [28] Dalsze badania powinny koncentrować się na wpływie ekspozycji na światło niebieskie na jakość snu podczas intensywnych programów treningowych i zawodów, ponieważ właśnie wtedy dobra wydajność i dobra regeneracja, która mogą zależeć od dobrej jakości snu, mają największe znaczenie. W większości badań stosuje się ankiety, dlatego w kolejnych powinno się zastosować bardziej obiektywne formy pomiarów.

W badaniu ‘Amber lenses to block blue light and improve sleep: a randomized trial’ stwierdzono spadek jakości snu po 3 godzinach ekspozycji na niebieskie światło, w związku z czym zaleca się ograniczenie korzystania z urządzeń emitujących takie światło na ten okres przed snem. Sen, a także światło wpływają na nastrój, dzięki czemu odpowiednia blokada światła niebieskiego może go poprawić. Uczestnicy w badaniu nosili okulary ochronne blokujące światło niebieskie (bursztynowe), a grupa kontrolna nosiła okulary blokujące tylko promieniowanie ultrafioletowe (żółte) 3 godziny przed snem. Wyniki pokazały, że pomimo początkowej gorszej odczuwalnej jakości snu w grupie noszącej okulary bursztynowe, docelowo ta grupa doświadczyła znaczącej poprawy jakości snu w stosunku do grupy kontrolnej oraz nastroju. [29] Korzystanie z okularów blokujących niebieskie światło wieczorem może służyć przeciwdziałaniem skutkom wywołanych ekspozycją na światło przez ekrany LED, a tym samym potencjalnie hamować negatywny wpływ nowoczesnego oświetlenia na fizjologię okołodobową w godzinach wieczornych. W badaniu ‘Blue blocker glasses as a countermeasure for alerting effects of evening light-emitting diode screen exposure in male teenagers’ porównywano okulary blokujące niebieskie światło z przezroczystymi przez tydzień w godzinach wieczornych podczas korzystania z ekranów LED. Następnie uczestnicy w warunkach laboratoryjnych również zostali narażeni na działanie



niebieskiego światła, przy czym regularnie oznaczano im stężenie melatoniny w ślinie, badano subiektywną senność i czujność, a późniejszy sen rejestrowano za pomocą polisomnografii. W porównaniu z przezroczystymi soczewkami, soczewki blokujące niebieskie światło znacznie osłabiły wieczorną supresję melatoniny wywołaną przez diody LED oraz zmniejszyły czujność i uczucie pobudzenia przed snem. Wizualnie oceniane fazy snu i miary behawioralne zebrane następnego ranka nie zostały zmodyfikowane. [30]

Wydajność badana w kontekście światła niebieskiego obejmuje zdolności zwracania szybkiej uwagi, zapamiętywania, podejmowania decyzji, planowania i rozumowania. [31] Nie oczekuje się, że niebieskie światło bezpośrednio poprawi fizyczny aspekt wydajności, ale raczej aspekty psychiczne, takie jak rozpoznawanie możliwości, planowanie i podejmowanie decyzji. Badania często są wykonywane na sportowcach trenujących w zespole, zmuszonych do podejmowania decyzji w szybko zmieniających się sytuacjach. Dodatkowe efekty poprawy wydajności poznawczej obejmują zapobieganie kontuzjom, ponieważ sportowiec może być bardziej świadomy swojego otoczenia. W badaniu 'Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance' zbadano wpływ diod elektroluminescencyjnych (LED) o krótkiej długości fali (zakres światła – niebieski) na melatoninę, która jest markerem cyklu okołodobowego, czujność i poziom wydajności poznawczej u 13 młodych ochotników płci męskiej w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. 5-godzinna wieczorna ekspozycja na biały ekran podświetlany diodami LED o ponad dwukrotnie większej emisji światła o długości fali 464 nm niż biały ekran bez podświetlenia LED wywołała znaczące zahamowanie wieczornego wzrostu endogennej melatoniny i subiektywnej, jak również obiektywnej senności. Zostało to potwierdzone przez zmniejszoną częstość występowania powolnych ruchów gałek ocznych i aktywności EEG o niskiej częstotliwości (1-7 Hz) w czołowych obszarach mózgu. Jednocześnie podtrzymywana uwaga, oraz wydajność pamięci deklaratywnej w paradygmacie uczenia się słów została znacznie zwiększona podczas korzystania z ekranu z podświetleniem LED w porównaniu z stanem bez diody LED. [32] Ekspozycja na światło niebieskie może zwiększać czujność, która obok uwagi również może być zaliczana do oceny wydajności. W badaniu 'In-Car Nocturnal Blue Light Exposure Improves Motorway Driving: A Randomized Controlled Trial' sprawdzano, czy ciągła ekspozycja na światło monochromatyczne o krótkich długościach fali (światło niebieskie), które było umieszczone na desce rozdzielczej, poprawia czujność, czas reakcji i wydajność kierowcy w nocy. Uczestnicy byli ekspozycyjni na światło niebieskie podczas jazdy lub stosowali kofeinę (2 razy po 200 mg) albo placebo kofeiny. Wyniki wykazały, że zastosowanie niebieskiego światła lub kofeiny zmniejszyły liczbę niewłaściwych przekroczeń linii. Interwencja nie wpłynęła na jakość, ilość i czas 3 kolejnych nocnych epizodów snu. [33] Potrzebne są jednak dalsze badania, aby określić odtwarzalność danych.

## **Wnioski**

Na podstawie badania ankietowego przeprowadzonego online, w którym wzięło udział 104 osoby, w tym lekarze oraz studenci kierunków medycznych oraz badań dostępnych w bazie PubMed oraz Google Scholar można stwierdzić, że ekspozycja na światło niebieskie może wpływać na sen, wydajność i samopoczucie. Obecnie uważa się, że światło niebieskie ma najsilniejszy wpływ na synchronizację rytmów okołodobowych człowieka. Emisja niebieskiego światła z wyświetlaczy uzależniona jest od zastosowanej technologii. Udowodniono, że emisja niebieskiego światła stanowi około 24-30% światła dziennego przy luminacji słonecznego nieba dochodzącego do 5000 cd/m<sup>2</sup> (jednostka luminacji), w porównaniu do ekranu komputerowego, które wynosi 250-300 cd/m<sup>2</sup>. Narazenie na niski poziom niebieskiego światła, a także jasne światło w nocy lub przed snem może zakłócić cykl okołodobowy, co ma poważne konsekwencje dla ogólnego zdrowia. Ekspozycja na światło niebieskie w ciągu dnia ma kluczowe znaczenie dla żywotności organizmów. Oświetlenie siatkówki zmniejsza się wraz z wiekiem, na przykład z powodu zwężenia źrenicy, które zmniejsza przepuszczalność światła, zwłaszcza w niebieskiej części widma światła. Dlatego nieodpowiednie słabe oświetlenie, zwłaszcza pozbawione niebieskiej części widma, może powodować zaburzenia rytmu okołodobowego.

Badania wykazały pozytywne efekty wpływu niebieskiego światła, takie jak wzrost zdolności poznawczych, zwiększenie czujności i skrócenie czasu reakcji. Na przykład zwiększenie niebieskiej części sztucznego światła może poprawić wydajność i zdolność uczenia się dzieci w wieku szkolnym oraz pracowników pracujących w pomieszczeniach zamkniętych z małym dostępem do światła naturalnego, a zdrowie pacjentów przebywających w domach opieki lub szpitalach może ulec poprawie. Ważnym negatywnym skutkiem ekspozycji na światło niebieskie jest obniżenie jakości i długości snu, co może negatywnie wpływać na wydajność. Uważa się, że aby utrzymać zdrowy rytm okołodobowy, należy nie tylko zwiększyć udział światła niebieskiego w sztucznym świetle w ciągu dnia, ale także zmniejszyć ilość tego samego światła w godzinach wieczornych i nocnych. W kwestionariuszu 8 osób zaznaczyło, że nie korzysta z urządzeń elektronicznych przed snem, a wśród nich i tak 50% miało problemy z zasypianiem. Podejrzewamy, że ma to związek z oświetleniem pomieszczenia, w którym badani przebywali przed snem – były to pokoje z oświetleniem LED o barwie większej niż 4000K (ok. 7000-8000K).

Producenci urządzeń elektronicznych oferują różne funkcje blokowania niebieskiego światła w wyświetlaczach. Prosty rozwiązaniem, które może skutecznie blokować i redukować niebieską część widma światła przed snem, są okulary blokujące światło niebieskie. Noszenie ich może skutecznie osłabić supresję melatoniny wywołaną przez diody LED, a tym samym może zmniejszyć zaburzenia snu i objawy zaburzeń rytmów okołodobowych w populacji. Ponadto ograniczenie niebieskiej części sztucznego światła w godzinach nocnych może chronić ludzi przed chorobami sercowo-naczyniowymi, zespołem metabolicznym czy obniżeniem odporności. Niestety niewielu ludzi stosuje takie formy ochrony przed światłem niebieskim. W naszym kwestionariuszu 22,2% podaje, że wiedzą o istnieniu filtrów światła niebieskiego w telefonach, więcej osób, ponieważ 77,8% słyszało o okularach posiadających filtr blokujący niebieskie światło. Niestety tylko 22,1% ankietowanych stosuje zabezpieczenia przed niebieskim światłem przed snem, ponieważ nie są świadomi, że ich smartfon oferuje taką funkcję oraz mimo że uważają, że narażenie na światło niebieskie pogarsza jakość snu oraz ma negatywny wpływ na wydajność, to nie wydaje im się to na tyle istotne, aby zakupić okulary ochronne.

Podsumowując, niebieskie światło ma wpływ na rytmy okołodobowe, jednak istnieje wiele niejasności na temat specyficznych skutków ekspozycji na światło niebieskie, więc zanim będzie można wyciągnąć ostateczne wnioski, które dodatkowo będą oparte na dowodach, należy wykonać więcej dobrze zaplanowanych badań.

**Disclosures:** No disclosures.

**Financial support:** No financial support was received.

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

## Bibliografia

- [1] Tosini G, Ferguson I, Tsubota K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Mol Vis*. 2016 Jan 24;22:61-72. PMID: 26900325; PMCID: PMC4734149.
- [2] Wahl S, Engelhardt M, Schaupp P, Lappe C, Ivanov IV. The inner clock-Blue light sets the human rhythm. *J Biophotonics*. 2019 Dec;12(12):e201900102. doi: 10.1002/jbio.201900102. Epub 2019 Sep 2. PMID: 31433569; PMCID: PMC7065627.
- [3] SCENIHR (Scientific Committee on Emerging, Newly Identified Health Risks) , Preliminary Report on Health Effects of Artificial Light, 2011.
- [4] Ivanov IV, Mappes T, Schaupp P, Lappe C, Wahl S. Ultraviolet radiation oxidative stress affects eye health. *J Biophotonics*. 2018 Jul;11(7):e201700377. doi: 10.1002/jbio.201700377. Epub 2018 Apr 24. PMID: 29603665.
- [5] <https://global.essilor.com/pl/blog/twoj-wzrok/prawdy-i-mity-dotyczace-niebieskiego-swiatla>
- [6] Killgore WDS, Vanuk JR, Shane BR, Weber M, Bajaj S. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial of blue wavelength light exposure on sleep and recovery of brain structure, function, and cognition following mild traumatic brain injury. *Neurobiol Dis*. 2020 Feb;134:104679. doi: 10.1016/j.nbd.2019.104679. Epub 2019 Nov 18. PMID: 31751607.
- [7] <https://www.brainmarket.pl/blog/na-pustyni-niebieskiej-rzeczywistosci---niebieskie-swiatlo-i-jego-wplyw-na-jakosc-snu/>
- [8] Alhola P, Polo-Kantola P. Sleep deprivation: Impact on cognitive performance. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2007;3(5):553-67. PMID: 19300585; PMCID: PMC2656292.
- [9] Prakaschandra DR, Naidoo DP. The association of cardiometabolic disorders with sleep duration: a cross-sectional study. *Afr Health Sci*. 2022 Dec;22(4):273-283. doi: 10.4314/ahs.v22i4.32. PMID: 37092078; PMCID: PMC10117479.
- [10] McNeil J, Doucet É, Chaput JP. Inadequate sleep as a contributor to obesity and type 2 diabetes. *Can J Diabetes*. 2013 Apr;37(2):103-8. doi: 10.1016/j.cjcd.2013.02.060. Epub 2013 Apr 23. PMID: 24070800.

- [11] Vgontzas AN, Papanicolaou DA, Bixler EO, Lotsikas A, Zachman K, Kales A, Prolo P, Wong ML, Licinio J, Gold PW, Hermida RC, Mastorakos G, Chrousos GP 1999 Circadian interleukin-6 secretion and quantity and depth of sleep. *J Clin Endocrinol Metab* 84:2603–2607
- [12] Vgontzas AN, Zoumakis E, Bixler EO, Lin HM, Follett H, Kales A, Chrousos GP. Adverse effects of modest sleep restriction on sleepiness, performance, and inflammatory cytokines. *J Clin Endocrinol Metab*. 2004 May;89(5):2119–26. doi: 10.1210/jc.2003-031562. PMID: 15126529.
- [13] Vgontzas AN, Bixler EO, Papanicolaou, DA, Chrousos, GP 2000 Chronic systemic inflammation in overweight and obese adults. *JAMA* 283:2235–2236
- [14] Irwin MR, Wang M, Ribeiro D, Cho HJ, Olmstead R, et al. (2008) Sleep loss activates cellular inflammatory signaling. *Biological Psychiatry* 64: 538–540. Published: June 18, 2008 DOI:<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.05.004>
- [15] Watson NF, Buchwald D, Delrow JJ, Altemeier WA, Vitiello MV, Pack AI, Bamshad M, Noonan C, Gharib SA. Transcriptional Signatures of Sleep Duration Discordance in Monozygotic Twins. *Sleep*. 2017 Jan 1;40(1):zsw019. doi: 10.1093/sleep/zsw019. PMID: 28364472; PMCID: PMC6084746.
- [16] Costa J.A., Figueiredo P., Nakamura F.Y., Rebelo A., Brito J. Monitoring Individual Sleep and Nocturnal Heart Rate Variability Indices: The Impact of Training and Match Schedule and Load in High-Level Female Soccer Players. *Front. Physiol.* 2021;12 doi: 10.3389/fphys.2021.678462.
- [17] Walsh N.P., Halson S.L., Sargent C., Roach G.D., Nédélec M., Gupta L., Leeder J., Fullagar H.H., Coutts A.J., Edwards B.J., et al. Sleep and the athlete: Narrative review and 2021 expert consensus recommendations. *Br. J. Sports Med.* 2021;55:356–368. doi: 10.1136/bjsports-2020-102025.
- [18] Silva A., Narciso F.V., Soalheiro I., Viegas F., Freitas L.S.N., Lima A., Leite B.A., Aleixo H.C., Duffield R., de Mello M.T. Poor Sleep Quality's Association with Soccer Injuries: Preliminary Data. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2020;15:671–676. doi: 10.1123/ijsp.2019-0185.
- [19] Souissi M., Abdelmalek S., Bou Dhiba D., Theodoros Nikolaidis P., Ben Awicha H., Chtourou H., Sahnoun Z. Morning caffeine ingestion increases cognitive function and short-term maximal performance in footballer players after partial sleep deprivation. *Biol. Rhythm Res.* 2015;46:617–629. doi: 10.1080/09291016.2015.1034975.
- [20] Fuller C, Lehman E, Hicks S, Novick MB. Bedtime Use of Technology and Associated Sleep Problems in Children. *Glob Pediatr Health.* 2017 Oct 27;4:2333794X17736972. doi: 10.1177/2333794X17736972. PMID: 29119131; PMCID: PMC5669315.
- [21] Kelly Y, Patalay P, Montgomery S, Sacker A. BMI development and early adolescent psychosocial well-being: UK Millennium Cohort Study. *Pediatrics.* 2016;138:e20160967.
- [22] Taheri S, Lin L, Austin D, Young T, Mignot E. Short sleep duration is associated with reduced leptin, elevated ghrelin, and increased body mass index. *PLoS Med.* 2004;1:e62.
- [23] Gregory AM, Sadeh A. Sleep, emotional, and behavioral difficulties in children and adolescents. *Sleep Med Rev.* 2012;16:129–136.
- [24] Van Cutsem J., Marcora S., De Pauw K., Bailey S., Meeusen R., Roelands B., et al. (2017). The effects of mental fatigue on physical performance: A systematic review. *Sports Med.* 47, 1569–1588. 10.1007/s40279-016-0672-0
- [25] Viola AU, James LM, Schlangen LJ, Dijk DJ. Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scand J Work Environ Health.* 2008 Aug;34(4):297–306. doi: 10.5271/sjweh.1268. Epub 2008 Sep 22. PMID: 18815716.
- [26] Silvani MI, Werder R, Perret C. The influence of blue light on sleep, performance and wellbeing in young adults: A systematic review. *Front Physiol.* 2022 Aug 16;13:943108. doi: 10.3389/fphys.2022.943108. PMID: 36051910; PMCID: PMC9424753.

- [27] Hamlin MJ, Deuchrass RW, Olsen PD, Choukri MA, Marshall HC, Lizamore CA, Leong C, Elliot CA. The Effect of Sleep Quality and Quantity on Athlete's Health and Perceived Training Quality. *Front Sports Act Living*. 2021 Sep 10;3:705650. doi: 10.3389/fspor.2021.705650. PMID: 34568820; PMCID: PMC8461238.
- [28] Fortier-Brochu E, Beaulieu-Bonneau S, Ivers H, Morin CM. Relations between sleep, fatigue, and health-related quality of life in individuals with insomnia. *J Psychosom Res*. 2010 Nov;69(5):475-83. doi: 10.1016/j.jpsychores.2010.05.005. Epub 2010 Jul 1. PMID: 20955867; PMCID: PMC2958173.
- [29] Burkhart K, Phelps JR. Amber lenses to block blue light and improve sleep: a randomized trial. *Chronobiol Int*. 2009 Dec;26(8):1602-12. doi: 10.3109/07420520903523719. PMID: 20030543.
- [30] van der Lely S, Frey S, Garbazza C, Wirz-Justice A, Jenni OG, Steiner R, Wolf S, Cajochen C, Bromundt V, Schmidt C. Blue blocker glasses as a countermeasure for alerting effects of evening light-emitting diode screen exposure in male teenagers. *J Adolesc Health*. 2015 Jan;56(1):113-9. doi: 10.1016/j.jadohealth.2014.08.002. Epub 2014 Oct 3. PMID: 25287985.
- [31] Dhakal A, Bobrin BD. Cognitive Deficits. 2023 Feb 14. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. PMID: 32644478.
- [32] Cajochen C, Frey S, Anders D, Späti J, Bues M, Pross A, Mager R, Wirz-Justice A, Stefani O. Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. *J Appl Physiol* (1985). 2011 May;110(5):1432-8. doi: 10.1152/jappphysiol.00165.2011. Epub 2011 Mar 17. PMID: 21415172.
- [33] Taillard J, Capelli A, Sagaspe P, Anund A, Akerstedt T, Philip P. In-car nocturnal blue light exposure improves motorway driving: a randomized controlled trial. *PLoS One*. 2012;7(10):e46750. doi: 10.1371/journal.pone.0046750. Epub 2012 Oct 19. PMID: 23094031; PMCID: PMC3477137.