UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Vliv večerní expozice modrému světlu na kvalitu spánku

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:
doc. Mgr. Michal Šteffl, Ph.D.

Vypracovala:
Baumová Nikola

Praha, srpen 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce, ani její podstatná část, nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

Poděkování

Děkuji doc. Mgr. Michalovi Štefflovi za odborné vedení, věnovaný čas, cenné rady, které mi umožnily najít správný přístup k řešení problematiky úkolu, podporu při tvorbě bakalářské práce a za ochotu při poskytování odborné konzultace v průběhu psaní mé práce.

Abstrakt

Název: Vliv večerní expozice modrému světlu na kvalitu spánku

Cíl: Cílem práce je porovnat a zjistit vliv expozice modrému světlu ve večerních hodinách na kvalitu a parametry spánku pomocí výsledků získaných z dosavadních studií zabývajících se danou problematikou.

Metody: Práce byla vypracována na základě literární rešerše. Zdrojem informací byly odborné články a studie z internetové databáze PubMed a odborná literatura vztahující se k dané problematice.

Výsledky: Do přehledové studie bylo vybráno celkem 51 studií (46 randomizovaných a 5 průřezových studií). Zařazeno bylo celkem 4243 účastníků (850 do randomizovaných a 3393 do průřezových studií) ve věku od 16,5 do 70 let.

Závěry: Expozice modrému světlu ve večerních hodinách zhoršila kvalitu a parametry spánku. Při použití brýlí blokujících modré světlo byly tyto negativní vlivy eliminovány.

Klíčová slova: Modré světlo, spánek, brýle blokující modré světlo, melatonin

Abstract

Title: The effect of evening exposure to blue light on sleep quality

Objective: The main aim of this bachalar thesis is to compare and determine the effect of exposure to blue light in the evening on the quality and parameters of sleep using the results obtained from previous studies dealing with evening exposure to blue light on sleep quality.

Methods: The bachalar thesis was carried out as a systemastic review. The source of information were scientific articles and studies from the electronic database PubMed and scientific literature related to the issue.

Results: Exposure to blue light in the evening decreased the quality and parameters of sleep. These negative effects were eliminated by using blue light blocking glasses.

Keywords: Blue light, sleep, blue light blocking glasses, melatonin

Seznam použitých symbolů a zkratek

***** = statisticky významné

BB brýle = Blue light blocking glasses – brýle blokující modré světlo

BD = Bipolar disorder - bipolární porucha

CAR = Cortisol awakening response – zvýšení hladiny kortizolu po probuzení

CBT-I = Cognitive behavioral therapy for insomnia – kognitivně-behaviorální terapie nespavosti

CES-D = Center for Epidemiological Studies Depression – sebehodnotící stupnice příznaků deprese

DLMO = Dim light melatonin onset – nástup vyplavování melatoninu

EEG = elektroencefalografie

ESS = Epworth Sleepiness Scale – Epworthská stupnice ospalosti

ipRGC = Intrinsically photosensitive retinal ganglion cell - fotocitlivé gangliové buňky sítnice

ISQ = Insomnia Symptoms Questionnaire – dotazník příznaků nespavosti

KSS = Karolinska Sleepiness Scale - Karolinská stupnice ospalosti

LED = Light-emitting diode - elektroluminiscenční dioda

LSWM = List Sorting Working Memory – test hodnotící pracovní paměť

MADRS = Montgomery-Asberg Depression Rating Scale - Montgomery-Asbergova stupnice deprese

MEQ = Morningness-Eveningness Questionnaire – dotazník ranních a večerních typů

osa HPA = Hypothalamic-pituitary-adrenal axis - osa hypotalamus-hypofýza-nadledviny

PCPS = Pattern Comparison Processing Speed – test porovnávající rychlost zpracování vzorců

PIRS = Pittsburgh Insomnia Rating Scale – Pittsburská stupnice nespavosti

PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index - Pittsburský index kvality spánku

PVT = Psychomotor vigilance ask - test psychomotorické bdělosti

SCN = Suprachiasmatic nucleus - suprachiasmatické jádro

SWS = Slow wave sleep – spánek pomalých vln (fáze NREM 3 a 4)

VAS = Visual Analogue Scale - vizuální analogová stupnice

YMRS = Young Mania Rating Scale – stupnice příznaků mánie

Obsah

1 Úvod 9

2 Cíle práce 12

3 Metodika práce 13

4 Výsledky 15

Tabulka 1: Základní informace o zařazených studiích zabývajících se vlivem používání mobilních telefonů a elektronických zařízení na kvalitu spánku 16

Tabulka 2: Výsledky zařazených studií zabývajících se vlivem používání mobilních telefonů a elektronických zařízení na kvalitu spánku 19

Tabulka 3: Základní informace o zařazených studiích zabývajících se vlivem expozice modrému světlu na kvalitu spánku 23

Tabulka 4: Výsledky zařazených studií zabývajících se vlivem expozice modrému světlu na kvalitu spánku 29

Tabulka 5: Základní informace o zařazených studiích zabývajících se účinkem brýlí blokujících modré světlo při expozici modrému světlu na kvalitu spánku 36

Tabulka 6: Výsledky zařazených studií zabývajících se účinkem brýlí blokujících modré světlo při expozici modrému světlu na kvalitu spánku 41

Tabulka 7: Základní informace o zařazených průřezových studiích 47

Tabulka 8: Výsledky zařazených průřezových studií 49

Tabulka 9: Doplňující informace k zařazeným randomizovaným studiím 53

Tabulka 10: Doplňující informace k zařazeným průřezovým studiím 70

5 Diskuze 72

6 Závěr 77

7 Zdroje 79

1 Úvod

Spánku je v posledních letech věnováno více a více pozornosti. Je důležitý nejen pro fyzickou, ale i duševní pohodu. Bylo prokázáno, že spánek má vliv na mnoho biologických procesů v těle, jako je zánět, regulace glukózy, chuť k jídlu, pocit hladu a výdej energie, a také na psychologické procesy, jako je konsolidace paměti a pozornost (1, 2, 3, 4). Tato zjištění vysvětlují souvislost mezi nedostatečným spánkem a zvýšeným rizikem obezity, cukrovky, kardiovaskulárních onemocnění, depresí až i úmrtnosti (5).

Problémy se spánkem tedy stále více ovlivňují globální zdraví. Nedostatečný spánek je v dnešní společnosti téměř všudypřítomný a nevyhnutelný díky neustálému pokroku v technologii, jako je umělé osvětlení, televize, počítače, notebooky, internet, mobilní telefony, tablety a další zařízení, která přispívají k nižší kvalitě i kvantitě spánku (6, 7, 8).

Používání těchto elektronických zařízení ve večerních hodinách neustále stoupá, zejména u adolescentů (9, 10). Mobilní telefony, notebooky, tablety a elektronické knihy jsou vybaveny světelnými LED diodami, které vyzařují intenzivní světlo krátké vlnové délky (tj. modré světlo) se spektrálním vrcholem 460 nm (11, 12). Stále více se objevují důkazy o tom, že světlo s krátkou vlnovou délkou, ale i vysoce intenzivní jasné světlo ve večerních hodinách, může snížit subjektivní a objektivní úroveň ospalosti a zvýšit bdělost (13).

Bylo zkoumáno několik mechanismů, které vysvětlují, jak může používání elektronických zařízení ve večerních hodinách ovlivnit kvalitu spánku. První z nich je, že vystavování se jasnému světlu, zejména světlu krátkých vlnových délek (tj. modrému světlu 460-480 nm), jako je záření emitované televizními, počítačovými nebo mobilními LED obrazovkami, potlačuje sekreci melatoninu (14) a oddaluje nástup spánku (15). Vystavování se tomuto světlu může také změnit termoregulaci (zprostředkovanou potlačením melatoninu) a subjektivní pocity ospalosti a nálady (16, 17). A druhým mechanismem je zvýšení bdělosti nebo výkonu po večerní expozici modrému světlu díky zvýšenému kortikálnímu vzrušení. Ovlivněno je několik kognitivních funkcí, včetně pozornosti, pracovní a deklarativní paměti a výkonných funkcí (18, 19, 20). Dalším mechanismem, který zmínil Exelmans a Van den Bulck (21), je spánkový posun, který

označuje prodloužení času v posteli před pokusem o usnutí a tím kratší dobu spánku v důsledku používání elektronických zařízení před spaním (22).

Když světlo dopadne na sítnici, je absorbováno nejen klasickými fotoreceptorovými buňkami sítnice (tj. tyčinkami a čípky), ale také specifickými fotocitlivými gangliovými buňkami uvnitř sítnice (ipRGC), které obsahují fotopigment melanopsin (23, 24). Melanopsin je zvláště citlivý na světlo s krátkými vlnovými délkami mezi 446 nm a 480 nm, tedy na světlo vyzařované právě z LED obrazovek (např. mobilních telefonů, notebooků) (25). Informace o světle jsou dále přenášeny retinohypotalamickými drahami do našich „vnitřních hodin“ umístěných v suprachiasmatických jádrch (SCN) hypotalamu. Z SCN se poté promítají do epifýzy a hypofýzy. Hypofýza řídí a stimuluje sekreci stresového hormonu kortizolu (26). Sekrece kortizolu je řízena cirkadiánně. Ráno se koncentrace kortizolu prudce zvyšuje během 30-60 minut po probuzení (tj. reakce kortizolu na probuzení CAR), během dne klesá a nejnižší hodnoty dosahuje kolem půlnoci (27). CAR odráží aktivitu osy HPA (tj. osa hypotalamus-hypofýza-nadledviny) při přechodu ze spánku do bdělého stavu a je také ovlivněna cirkadiánně (28). Pokud jde o změny koncentrace kortizolu vyvolané světlem, expozice modrému světlu (1 500 lx) večer (23:00 až 00:00) neprokázala okamžitý dopad na sekreci kortrizolu (29), zatímco ranní (5:00 až 8:00) expozice jasnému světlu (2 000 až 4 500 lx) zvýšila sekreci kortizolu (30), z čehož lze vyvodit, že nejúčinnější nastartování cirkadiánního rytmu po probuzení je vystavení se rannímu jasnému světlu.

Dalším hormonem, který je řízen cirkadiánně, je melatonin. Je tvořen epifýzou a přiváděn do SCN (31). Melatonin je obecně známý jako „spánkový hormon“. Je ale také nejsilnějším antioxidantem v těle, bez něhož by nemohla probíhat autofagie, která nastává v noci ve všech buňkách v těle. Proto je spánek tak důležitý nejen pro naši regeneraci, ale také pro naši detoxikaci a obnovu buněk. Díky autofagii naše tělo stárne pomaleji. Pokud se jedná o citlivost na světlo, je melatonin silně ovlivňován večerní expozicí světlu o krátkých vlnových délkách. Například 2h expozice světlu 460 nm ve večerních hodinách (21:30 až 23:30) ve srovnání s 540 nm, nebo žádnému světlu, významně potlačilo sekreci melatoninu (32). Tomu lze předejít nošením brýlí blokujících modré světlo. Ukázalo se, že nošení těchto brýlí při současném sledování LED obrazovek, zabraňovalo potlačení melatoninu a narušování spánku (33).

Tato zjištění ukazují, že expozice světlu krátkých vlnových délek ve večerních hodinách může mít vliv na fyziologii spánku, zejména na množství spánku s pomalými

vlnami (tj. SWS), často označovaný jako hluboký spánek. Dvě studie skutečně uvedly snížení SWS během prvního spánkového cyklu po expozici modrému světlu ve večerních hodinách (21:30 až 23:30) (34, 35). Podobně další studie ukázala, že čtení z tabletu místo čtení z tištěné knihy po dobu 30 minut před spaním, snížilo množství SWS během prvního spánkového cyklu (36).

Negativní účinky na spánek vyvolané světelnou expozicí mohou navíc ovlivnit chování následující ráno. Výsledky z dřívějších studií ukazují zvýšenou ospalost ráno po probuzení (37, 38, 39, 40). Expozice světlu krátkých vlnových délek předchozí večer tedy snižuje bdělost následující ráno.

Proto je velmi důležité dbát na hygienu spánku, a to nejen v kontextu kognitivně-behaviorální terapie nespavosti (CBT-I), ale velký význam má také v oblasti veřejného zdraví. V nedávné studii Irish a kol. (41) uvedli, že konzumace kofeinu, alkoholu, cvičení, stres, hluk, časování spánku a spánek během dne jsou oblasti, které se během výuky hygieny spánku běžně používají. Bohužel ale „hygieně světla“ se nevěnuje téměř žádná pozornost. „Hygienou světla“ rozumíme soubor pravidel a doporučení ke zmírnění negativních dopadů expozice světlu krátkých vlnových délek z obrazovek ve večerních a nočních hodinách na kvalitu spánku. Bylo navrženo několik možností, jak tyto negativní dopady zmírnit až úplně eliminovat (42). Mnoho studií prokázalo, že brýle blokující modré světlo jsou velmi dobrým nástrojem schopným omezit negativní dopady večerní expozice na kvalitu spánku, cirkadiánní dysregulaci (43, 44, 45, 46, 47) a neuropsychické fungování (48). Další metodou je používání softwarových filtrů (např. F.lux®, Iris®, Twilight®) a systémových funkcí (Night Shift) snižující množství světla krátkých vlnových délek vyzařovaného z obrazovek elektronických zařízení (49). K upevnění cirkadiánního rytmu nám také pomůže vystavování se venkovnímu světlu co nejvíce během dne a nepoužívání modře obohacených modrých světelných zdrojů během večera, které vedou k jeho chronickému narušení a snížení celkové expozici umělému osvětlení, hlavně ve večerních a nočních hodinách. Vzhledem k více a více převládajícím problémům se spánkem a rozšířenému používání elektronických zařízení, by mohl větší důraz na „hygienu světla“ zlepšit špatnou kvalitu spánku a problémy se spánkem.

2 Cíle práce

Cílem této práce je porovnat a zjistit vliv expozice modrému světlu ve večerních hodinách na kvalitu a parametry spánku pomocí výsledků získaných z dosavadních studií zabývajících se danou problematikou.

Úkoly:

1. Prostřednictvím internetové databáze PubMed najít vhodné studie zabývající se problematikou vlivu expozice modrému světlu ve večerních hodinách na kvalitu a parametry spánku a vyselektovat vyhovující z nich.
2. Výsledky studií zpracovat do tabulky.
3. Z výsledků vyvodit závěr.

3 Metodika práce

Tato práce byla vypracována na základě literární rešerše. Zdrojem informací byly odborné články a studie z internetové databáze PubMed a odborná literatura vztahující se k problematice práce – spánek, cirkadiánní rytmus, melatonin, fáze spánku a biohacking.

Vhodné články a studie z internetové databáze PubMed byly hledány pomocí klíčových slov: ("blue light") AND ((((sleep) OR (insomnia)) OR (melatonin)) OR (REM)). Pomocí těchto slov jsem vyhledala 351 studií, ze kterých jsem vybrala 51 studií, které vyhovovaly zkoumané problematice.

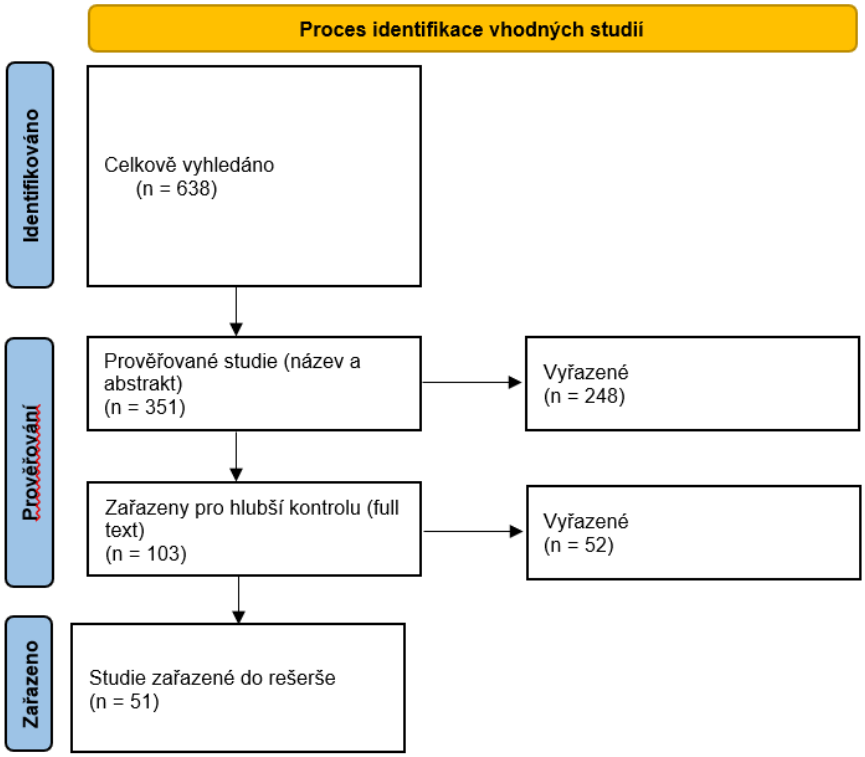
Kritéria pro zařazení:

- Cílem zkoumání vliv večerní expozice modrému světlu na kvalitu a parametry spánku.
- Zkoumání zdravých lidí nebo pacientů s BD.
- Detailní zpracování.
- Randomizovaná studie nebo průřezová studie.

Nezařazené články a studie měly většinou jiný cíl zkoumání, nebo se jednalo o přehledové studie či meta-analýzy, expozice nebo blokace modrého světla byly použity k léčbě jiných poruch a onemocnění nebo byla expozice prováděna ve dne.

Vybrané články a studie zabývající se danou problematikou jsem zpracovala do tabulek níže, kde je uvedena konkrétní oblast zkoumání, vliv, výsledek a parametry zkoumání. Veškeré použité zdroje, odborné články a studie jsou uvedeny na konci práce v kapitole Zdroje.

PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of databases and registers only



(101.)

4 Výsledky

V rámci této přehledové studie bylo zkoumáno celkem 51 studií (46 randomizovaných a 5 průřezových studií). Zařazeno bylo celkem 4243 účastníků (850 do randomizovaných a 3393 do průřezových studií) ve věku od 16,5 do 70 let. Vybíráni byli pouze zdraví účastníci nebo pacienti s bipolární poruchou či symptomy nespavosti. V rámci jednotlivých studií byli zkoumáni převážně muži i ženy dohromady, případně pouze muži, ženy samostatně nikoliv. Výsledky jednotlivých studií jsou uvedeny v tabulkách níže.

Do tabulky 1 a 2 byly zařazeny randomizované studie zabývající se vlivem používání mobilních telefonů a elektronických zařízení na kvalitu spánku. Jsou v nich uvedena veškerá potřebná kritéria (tabulka 1) a výsledky jednotlivých studií (tabulka 2).

Nejvíce zkoumanými efekty při používání mobilních telefonů a jiných elektronických zařízení před spaním v těchto studiích byly subjektivní kvalita spánku, subjektivní ospalost a ovlivnění hladiny melatoninu. Čtyři studie (Höhn 2021, Driller 2019, Heo 2017, Grønli 2016) prokázaly snížení subjektivní ospalosti při používání mobilních telefonů před spaním, další čtyři studie (Höhn 2021, Heo 2017, Wood 2013, Figueiro 2011) snížení hladiny melatoninu (o ~50 %) a dvě studie (Driller 2019, Driller 2019) prokázaly snížení subjektivní kvality spánku.

Höhn (2021) a Driller (2019) navíc uvedli snížení subjektivní bdělosti následující ráno a snížení motivace k fyzické aktivitě následující den (pouze Driller 2019).

Tabulka 1: Základní informace o zařazených studiích zabývajících se vlivem používání mobilních telefonů a elektronických zařízení na kvalitu spánku

Studie	Země	Soubor	Počet účastníků	Pohlaví	Průměrný věk (směrodatná odchylka)	Popis intervence	Činnost kontrolní skupiny	Randomizace	Délka intervence	Počet jednotek týdně
Höhn (2021)	Rakousko	zdraví	14	muži	21,2 (2,2)	Vliv používání mobilních telefonů během večera na kvalitu spánku a bdělost.	čtení knihy	náhodné rozdělení	13 dnů	3 dny
Driller (2019)	Nový Zéland	zdraví	13	muži i ženy	29 (5)	Změny parametrů spánku při použití filtru modrého světla „Night Shift“ na elektronických zařízeních.	čtení knihy	náhodné rozdělení	1 týden	každý den
Driller (2019)	Nový Zéland	zdraví	14	muži i ženy	28 (5)	Vliv večerní expozice modrému světlu na kvalitu spánku, únavu a fyzickou aktivitu následující den.	čtení knihy	náhodné rozdělení	21 dní	2 dny

Mortazavi (2018)	Írán	zdraví	43	muži i ženy	23,6 (8,8)	Vliv používání mobilních telefonů na nástup spánku.	žádný filtr modrého světla	náhodné rozdělení	21 dní	3 dny
Heo (2017)	Jižní Korea	zdraví	22	muži	31 (4,2)	Vliv používání mobilních telefonů před spaním na kvalitu spánku.	nepoužívání mobilního telefon	náhodné rozdělení	16 dní	3 dny
Grønli (2016)	Norsko	zdraví	16	muži i ženy	25,1 (2,9)	Vliv čtení na iPadu před spaním na kvalitu spánku.	čtení knihy	náhodné rozdělení	14 dní	3 dny
Wood (2013)	USA	zdraví	13	muži i ženy	18,9 (5,2)	Vliv nočního používání tabletů na vyplavování melatoninu.	oranžové BB brýle	náhodné rozdělení	24 dní	3 dny

Figueiro (2011)	USA	zdraví	21	muži i ženy	23,2 (4,1)	Vliv sledování monitoru počítače s brýlemi s LED diodami vyzařující modré světlo (470 nm) na vyplavování melatoninu.	oranžové BB brýle	náhodné rozdělení	24 dní	3 dny

Tabulka 2: Výsledky zařazených studií zabývajících se vlivem používání mobilních telefonů a elektronických zařízení na kvalitu spánku

Studie	Celkový efekt				
Höhn (2021)	Při čtení na mobilním telefonu došlo ke snížení subjektivní ospalosti ve večerních hodinách a snížení subjektivní bdělosti následující ráno*	Nárůst kortizolu během prvních 30 min po probuzení byl silnější po čtení na mobilním telefonu s filtrem oproti čtení bez filtru, nejvyšší po čtení knihy.	Večerní melatonin byl nejvyšší po čtení knihy, ale melatonin měřený hned po probuzení byl nejvyšší při čtení na mobilním telefonu bez filtru*	Účastníci strávili v noci v N3 fázi nejméně času při čtení na mobilním telefonu bez filtru*	Spánek byl po celou noc fragmentovanější při čtení na mobilním telefonu než při čtení knihy*
Driller (2019)	Čtení na iPadu bez Night Shiftu před spaním vedlo ke snížení hladiny leptinu (tím většímu pocitu hladu) a zhoršení kvality spánku*	Při použití funkce Night Shift byl malý rozdíl v kvalitě spánku, míře únavy a koncentraci leptinu oproti čtení knihy.	Noční používání iPadu bez Night Shiftu zhoršilo subjektivní kvalitu spánku.	Latence spánku byla nejnižší při čtení knihy*	Ihned po dočtení byla únava vyšší při čtení na iPadu s Night Shiftem než po dočtení na iPadu bez Night Shiftu.
Driller (2019)	Čtení na iPadu před spaním snížilo subjektivní kvalitu spánku*	Čtení na iPadu před spaním vedlo ke snížení účinnosti spánku, subjektivně vnímaného množství spánku a zvýšení únavy následující ráno*	Čtení na iPadu před spaním snížilo motivaci k fyzické aktivitě následující den*		

Mortazavi (2018)	Průměrná doba zpoždění nástupu spánku po večerním používání mobilního telefonu bez filtru byla 26 ± 2 minut*				
Heo (2017)	Používání mobilního telefonu před spaním snížilo subjektivní ospalost*	Používání mobilního telefonu před spaním snížilo hladinu melatoninu a zpozdilo DLMO*			
Grønli (2016)	Úrovně subjektivní ospalosti byla vyšší při čtení knihy oproti čtením z iPadu*	Po čtení na iPadu se snížil čas delta i theta vln během spánku a jejich nástup byl také o 30 min zpožděn*			
Wood (2013)	Při používání tabletu s LED diodami (460 nm) byla hladina melatoninu značně potlačena (po 1 h až o 48 % ± 4 %) *				

Figueiro (2011)	Hladina melatoninu byla po sledování monitoru počítače s brýlemi s LED diodami významně snížena*	Hladina melatoninu po sledování pouze monitoru počítače byla snížena oproti kontrolním podmínkám.			

Do tabulky 3 a 4 byly zařazeny randomizované studie zabývající se vlivem expozice modrému světlu na kvalitu spánku. Jsou v nich uvedena veškerá potřebná kritéria (tabulka 3) a výsledky jednotlivých studií (tabulka 4).

Nejvíce zkoumanými efekty po expozici modrému světlu před spaním v těchto studiích byly subjektivní ospalost, ovlivnění hladiny melatoninu a DLMO a ovlivnění kognitivních funkcí. Osm studií (Motamedzadeh 2017, Münch 2017, Moderie 2017, Kayba 2014, Chellappa 2013, Phipps-Nelson 2009, Figueiro 2007, Figueiro 2006) prokázalo snížení subjektivní ospalosti po expozici modrému světlu před spaním. Jedenáct studií (Nagare 2019, Motamedzadeh 2017, Münch 2017, Papamichael 2012, Figueiro 2010, Figueiro 2009, Phipps-Nelson 2009, Figueiro 2009, Figueiro 2008, Figueiro 2007, Figueiro 2005) prokázalo snížení hladiny melatoninu a šest studií (Moderie 2017, Figueiro 2014, Figueiro 2013, Revell 2012, Smith 2009, Figueiro 2006) zpoždění DLMO. Čtyři studie (Motamedzadeh 2017, Beaven 2013, Sahin 2013, Phipps-Nelson 2009) prokázaly zvýšení kognitivních funkcí před spaním. Další dvě studie (Figueiro 2014, Figueiro 2013) navíc uvedly zpoždění cirkadiánních fází spánku a jedna (Kayba 2014) také snížení subjektivní bdělosti následující ráno. Dvě z nich (Papamichael 2012, Figueiro 2010) dokazují, že tyto negativní efekty červené světlo, oproti tomu modrému, nemá.

Tabulka 3: Základní informace o zařazených studiích zabývajících se vlivem expozice modrému světlu na kvalitu spánku

Studie	Země	Soubor	Počet účastníků	Pohlaví	Průměrný věk (směrodatná odchylka)	Popis intervence	Činnost kontrolní skupiny	Randomizace	Délka intervence	Počet jednotek týdně
Nagare (2019)	USA	zdraví	24	muži i ženy	dospělí 36 (5,2)	Vliv délky expozice a spektra světla na potlačení melatoninu.	tlumené světlo (<5 lx)	náhodné rozdělení	3 týdny	3 dny
Motamedzadeh (2017)	Írán	pracovníci nočních směn	30	muži	30,2 (4,1)	Vliv modrého světla na kognitivní funkce a ospalost.	běžné osvětlení (3000 – 2500 K)	náhodné rozdělení	5 týdnů	1 týden
Münch (2017)	Německo	zdraví	18	muži i ženy	23,2 (3,3)	Vliv večerní expozice modrému světlu na subjektivní ospalost a vyplavování melatoninu.	tlumené osvětlení (<7 lx; 2 700 K)	náhodné rozdělení	16 dní	3 dny

Moderie (2017)	Kanada	zdraví	28	muži i ženy	intervence 21,3 (1,2); kontrola 22,1 (2,5)	Vliv expozice modrému světlu na subjektivní ospalost a vyplavování melatoninu.	tlumené osvětlení (<5 lx)	náhodné rozdělení	22 dní	2 dny
Figueiro (2014)	USA	zdraví	29	muži i ženy	intervence 70 (4,5); kontrola 69 (5)	Rozdíl mezi expozicí blikajícímu modrému (480 nm) a červenému (640 nm) světlu dodávanému v noci skrz zavřená víčka.	světelná maska - červené LED diody (640 nm)	náhodné rozdělení	2 měsíce	1 týden
Kayaba (2014)	Japonsko	zdraví	9	muži i ženy	42,3 (5,1)	Vliv expozice modrému světlu na subjektivní ospalost.	žádné osvětlení (tma)	náhodné rozdělení	2 týdny	1 týden
Beaven (2013)	Švédsko	zdraví	24	muži i ženy	24 (4)	Vliv expozice modrému světlu na kognitivní funkce.	bílé světlo	náhodné rozdělení	1 měsíc	4 dny

Figueiro (2013)	USA	zdraví	16	muži i ženy	40 (10,7)	Vliv modrého světla dodávaného skrz zavřená víčka na vyplavování melatoninu a cirkadiánní fáze spánku.	nepoužívání spánkové masky	náhodné rozdělení	6 týdnů	4 dny
Chellappa (2013)	Belgie	zdraví	30	muži i ženy	25,2 (3,1)	Vliv modrého světla na cirkadiánní fáze spánku.	žádné osvětlení (tma)	náhodné rozdělení	2 týdny	2 dny
Sahin (2013)	USA	zdraví	13	muži i ženy	muži 20,5; ženy 21	Vliv modrého světla na kognitivní funkce a ospalost.	tlumené světlo (<2 lx)	náhodné rozdělení	24 dní	3 dny
Revell (2012)	Anglie	zdraví	37	muži i ženy	25,8 (5,4)	Vliv expozice modrému světlu na vyplavování melatoninu.	slabé osvětlení (13 lx)	náhodné rozdělení	24 dní	3 dny

Papamichael (2012)	Anglie	zdraví	21	muži	22,8 (3,5)	Vliv expozice modrému a červenému monochromatickému světlu na vyplavování melatoninu.	žádné osvětlení (tma)	náhodné rozdělení	12 dní	3 dny
Figueiro (2010)	USA	zdraví	12	muži i ženy	35,6 (5)	Vliv expozice modrému a červenému monochromatickému světlu na vyplavování melatoninu.	žádné osvětlení (tma)	náhodné rozdělení	24 dní	3 dny
Figueiro (2009)	USA	zdraví	14	muži i ženy	33,5 (4,2)	Vliv expozice modrému a červenému monochromatickému světlu na ospalost, srdeční frekvenci a melatonin.	žádné osvětlení (tma)	náhodné rozdělení	2 týdny	2 dny
Phipps-Nelson (2009)	Austrálie	zdraví	8	muži i ženy	41,3 (3,2)	Vliv expozice modrému světlu na subjektivní ospalost a vyplavování melatoninu.	tlumené světlo (0,2 lx)	náhodné rozdělení	2 týdny	2 dny

Figueiro (2009)	USA	zdraví	11	muži i ženy	59 (10)	Vliv expozice modrému světlu na vyplavování melatoninu.	sledování filmu bez brýlí s LED diodami (470 nm)	náhodné rozdělení	2 měsíce	2 dny
Smith (2009)	USA	zdraví	13	muži i ženy	29,5 (8,4)	Vliv expozice modrému světlu na fázový posun DLMO.	žádné osvětlení (tma)	náhodné rozdělení	26 dní	4 dny
Figueiro (2008)	USA	zdraví	10	muži i ženy	37,9 (4,2)	Vliv expozice modrému a zelenému světlu na vyplavování melatoninu.	brýle bez LED diod	náhodné rozdělení	24 dní	3 dny
Figueiro (2007)	USA	zdraví	8	muži i ženy	muži 34,5; ženy 30	Vliv expozice modrému světlu na bdělost a vyplavování melatoninu.	žádné osvětlení (tma)	náhodné rozdělení	1 měsíc	2 dny

Münch (2006)	Švýcarsko	zdraví	8	muži	24,6 (3)	Vliv expozice modrému světlu na cirkadiánní fáze spánku.	žádné osvětlení (tma)	náhodné rozdělení	3 týdny	3 dny
Figueiro (2006)	USA	zdraví	11	ženy	37,6 (9)	Vliv expozice modrému světlu dodávanému skrz zavřená víčka na potlačení melatoninu a zpoždění cirkadiánních fází spánku.	nepoužívání spánkové masky	náhodné rozdělení	2 týdny	1 týden
Figueiro (2005)	USA	zdraví	4	muži	20,5 (2,3)	Vliv expozice modrému světlu na vyplavování melatoninu.	žádné osvětlení (0 lx)	náhodné rozdělení	27 dní	3 dny

Tabulka 4: Výsledky zařazených studií zabývajících se vlivem expozice modrému světlu na kvalitu spánku

Studie	**Celkový efekt**		
Nagare (2019)	Melatonin byl potlačen více po delší světelné expozici*	Potlačení melatoninu bylo významně větší po expozici světlu 470 lx (modré) než po 627 lx (červené)*	
Motamedzadeh (2017)	Expozice 17 000K osvětlení zlepšila pracovní paměť a pozornost*	Expozice 17 000K osvětlení značně potlačila melatonin*	Expozice 17 000K osvětlení snížila subjektivní ospalost*
Münch (2017)	Subjektivní ospalost v průběhu večera byla nejvyšší při vystavení pouze tlumenému světlu*	Melatonin byl ve večerních hodinách nejvíce potlačen po expozici modrému světlu*	

Moderie (2017)	Po expozici modrému světlu byl DLMO zpožděn o 2 h*	Po expozici modrému světlu pociťovali účastníci menší subjektivní ospalost před spaním*	
Figueiro (2014)	Expozice blikajícímu modrému světlu oddálila cirkadiánní fáze a časy začátku spánku*	Expozice blikajícímu modrému světlu zpozdila DLMO v průměru o 34 minut*	
Kayaba (2014)	Po vystavení modrému světlu se účastníci cítili večer méně ospalí*	Po vystavení modrému světlu se účastníci následující ráno cítili méně bdělí*	
Beaven (2013)	Expozice modrému světlu zlepšila přesnost a rychlost vizuální reakce*	Expozice modrému světlu zlepšila nejrychlejší reakční doby a psychomotorické funkce*	

Figueiro (2013)	Expozice blikajícímu modrému světlu oddálila DLMO*	Expozice blikajícímu modrému světlu zpozdila cirkadiánní fáze spánku*	
Chellappa (2013)	Expozice modrému světlu snížila dobu v NREM spánku*	Po expozici modrému světlu se zvýšila bdělost před spaním*	
Sahin (2013)	Expozice modrému světlu snížila subjektivní ospalost a dobu v NREM spánku*	Expozice modrému světlu zlepšila výkonnost v testu psychomotorické bdělosti*	
Revell (2012)	Po expozici modrému světlu se DLMO zpozdil v průměru o 1,5h*		

Papamichael (2012)	Hladina melatoninu se po expozici červenému světlu (627 nm) významně nelišila od kotrolních podmínek*	Hladina melatoninu byla po expozici modrému světlu (479 nm) významně snížena*	
Figueiro (2010)	Po expozici modrému světlu v noci byla hladina melatoninu významně nižší než po expozici červenému světlu nebo po setrvání ve tmě*		
Figueiro (2009)	Expozice modrému světlu vedla ke zvýšení beta a snížení alfa vln (= snížení ospalosti) *	Expozice červenému i modrému světlu vedly ke zvýšení srdeční frekvence*	Expozice modrému světlu vedla ke snížení hladiny melatoninu*
Phipps-Nelson (2009)	Expozice modrému světlu snížila aktivitu delta (1,0–4,5 Hz) a theta (4,5–8 Hz) vln a snížila dobu v NREM spánku*	Reakční doby v testu PVT byly při expozici modrému světlu významně rychlejší*	Subjektivní ospalost a hladina melatoninu byli po expozici modrému světlu významně sníženy*

Figueiro (2009)	Při sledování filmu s brýlemi s LED diodami (470 nm) bylo vyplavování melatoninu potlačeno rychleji*	Čím delší expozice modrému světlu, tím větší potlačení melatoninu*	Po expozici modrému světlu zůstal melatonin potlačen ještě cca 60 min po expozici*
Smith (2009)	Fázový posun DLMO po expozici modrému světlu (400-490 nm) byl 4,45 ± 2,02 h*		
Figueiro (2008)	Po expozici modrému (450 nm) a zelenému (525 nm) světlu byl melatonin potlačen o 55 % ± 7 %*		
Figueiro (2007)	Po expozici modrému světlu se zvýšila ostražitost a bdělost*	Po expozici modrému světlu se snížila hladina melatoninu (~52 %) *	

Münch (2006)	Po expozici modrému světlu se snížilo množství REM spánku o ~30 % a hluboký spánek se snížil o ~ 20 %*		
Figueiro (2006)	DLMO byl po expozici modrému světlu významně zpožděn (24 ± 5 min) *	Na konci intervence se účastníci cítili večer méně ospalí než na jejím začátku.	Na konci intervence byly časy usnutí o 16 min zpožděny*
Figueiro (2005)	Po expozici modrému světlu (470 nm) byl melatonin značně potlačen (~43 %) *		

Do tabulky 5 a 6 byly zařazeny randomizované studie zabývající se účinkem brýlí blokujících modré světlo při expozici modrému světlu na kvalitu spánku. Jsou v nich uvedena veškerá potřebná kritéria (tabulka 5) a výsledky jednotlivých studií (tabulka 6).

Nejvíce zkoumanými efekty používání BB brýlí při současné expozici modrému světlu před spaním v těchto studiích byly subjektivní kvalita spánku, subjektivní ospalost, účinnost spánku a celková doba spánku, ovlivnění hladiny melatoninu a nástupu spánku a DLMO. Tři studie (Esaki 2020, Schechter 2017, Burkhart 2009) prokázaly zlepšení subjektivní kvality spánku po nošení BB brýlí před spaním. Další čtyři studie (Ayaki 2016, Van der Lely 2014, Appleman 2013, Phelps 2008) zvýšení subjektivní ospalosti před spaním, pět studií (Henriksen 2020, Nagai 2019, Zimmerman 2019, Schechter 2017, Ayaki 2016) prokázalo zvýšení účinnosti spánku a celkové doby spánku. Čtyři studie (Nagai 2019, Ayaki 2016, Van der Lely 2014, Sasseville) ukázaly, že po nošení BB brýlí nebyla hladina melatoninu ovlivněna nebo byla dokonce i zvýšena. Tři studie (Zerbini 2018, Esaki 2016, Phelps 2008) potvrdily dřívější nástup spánku a DLMO.

Kromě toho bylo také ve dvou případech (Zimmerman 2019, Schechter 2017) po nošení BB brýlí sníženo skóre PIRS a ve třech studiích (Esaki 2020, Henriksen 2020, Phelps 2008) mohli pacienti s BD snížit až vyřadit léky na spánek. Dvě studie (Janků 2019, Nagai 2019) také prokázaly zvýšení celkového času spánku.

Tabulka 5: Základní informace o zařazených studiích zabývajících se účinkem brýlí blokujících modré světlo při expozici modrému světlu na kvalitu spánku

Studie	Země	Soubor	Počet účastníků	Pohlaví	Průměrný věk (směrodatná odchylka)	Popis intervence	Činnost kontrolní skupiny	Randomizace	Délka intervence	Počet jednotek týdně
Esaki (2020)	Japonsko	pacienti s BD	43	muži i ženy	intervence 44,1 (11,2); kontrola 41,1 (10,4)	Vliv BB brýlí na kvalitu spánku a chronotyp.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	3 týdny	každý den
Henriksen (2020)	Norsko	pacienti s BD	32	muži i ženy	intervence 43,9; kontrola 48,8	Vliv BB brýlí na parametry spánku.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	2 týdny	každý den
Janků (2019)	Česká republika	zdraví	30	muži i ženy	48,1 (16,2)	Vliv BB brýlí na subjektivní a objektivní parametry spánku.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	1 měsíc	každý den

Nagai (2019)	Japonsko	zdraví	6	muži i ženy	41,7 (6,8)	Vliv BB brýlí na kvalitu spánku.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	1 měsíc	každý den
Zimmerman (2019)	USA	pacienti s příznaky chronické nespavosti	14	muži i ženy	47,5 (9,4)	Vliv BB brýlí na kvalitu spánku.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	1 týden	každý den
Zerbini (2018)	Nizozemsko	zdraví	40	muži i ženy	23,7 (5,5)	Vliv BB brýlí na usínání a vyplavování melatoninu.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	1 měsíc	každý den
Shechter (2017)	USA	pacienti s příznaky chronické nespavosti	15	muži i ženy	46,6 (11,5)	Vliv BB brýlí na parametry spánku.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	1 týden	každý den

Shechter (2017)	USA	lidé se symptomy nespavosti	15	muži i ženy	46,6 (11,5)	Vliv BB brýlí na symptomy nespavosti.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	1 měsíc	1 týden
Esaki (2016)	Japonsko	pacienti s BD	9	muži i ženy	18,1 (3,2)	Vliv BB brýlí na kvalitu spánku a vyplavování melatoninu.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	1 měsíc	2 týdny
Ayaki (2016)	Japonsko	zdraví	12	muži i ženy	29 (5)	Vliv BB brýlí při večerním používání mobilních telefonů na kvalitu spánku.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	1 měsíc	každý den
Van der Lely (2014)	Švýcarsko	zdraví	13	muži	16,5 (0,7)	Vliv BB brýlí na subjektivní ospalost a vyplavování melatoninu.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	16 dní	4 dny

Appleman (2013)	USA	zdraví	12	muži i ženy	22,5 (3,9)	Ovlivnění cirkadiánních fází spánku pomocí světelné expozice a blokace modrého světla před spaním.	čiré brýle	podle chronotypu	12 dní	1 týden
Burkhart (2009)	USA	zdraví	20	muži i ženy	25,3 (3,1)	Vliv BB brýlí na subjektivní kvalitu spánku a náladu.	brýle blokující pouze ultrafialové záření	náhodné rozdělení	3 týdny	2 týdny
Burkhart (2009)	USA	zdraví	20	muži i ženy	45,3 (3,1)	Vliv BB brýlí na subjektivní kvalitu spánku.	oranžové brýle blokující pouze UV záření	náhodné rozdělení	1 měsíc	každý den
Phelps (2008)	USA	pacienti s BD	21	muži i ženy	45,3 (3,2)	Vliv BB brýlí při léčbě bipolární poruchy.	čiré (placebo) brýle	náhodné rozdělení	1 měsíc	každý den

Sasseville (2006)	Kanada	zdraví	14	muži i ženy	23,1 (1,2)	Vliv BB brýlí na vyplavování melatoninu při večerní expozici modrému světlu.	šedé brýle	náhodné rozdělení	24 dní	2 dny

Tabulka 6: Výsledky zařazených studií zabývajících se účinkem brýlí blokujících modré světlo při expozici modrému světlu na kvalitu spánku

Studie	**Celkový efekt**			
Esaki (2020)	Při použití BB brýlí se zlepšila subjektivní kvalita spánku*	Při použití BB brýlí mohli pacienti snížit dávky až vyřadit léky na spánek*	Při použití BB brýlí došlo k významnému posílení chronotypu*	
Henriksen (2020)	Při použití BB brýlí byla účinnost spánku (procento spánku během hlavního spánkového intervalu) vyšší*	Při použití BB brýlí stačila méně intenzivní farmakologická léčba podporující spánek.	Při použití BB brýlí byla nižší motorická aktivita během spánku*	Při použití BB brýlí byl menší čas bdělosti po nástupu spánku*
Janků (2019)	Nošení BB brýlí prodloužilo celkový čas spánku*	Nošení BB brýlí snížilo latenci spánku*		

Nagai (2019)	Nošení BB brýlí zlepšilo průměrné skóre PSQI v průměru o 2 stupně (z 5 na 3) *	Nošení BB brýlí zlepšilo průměrnou dobu spánku v průměru o 30 min i účinnost spánku o 5,5 %.	Nošení BB brýlí zvýšilo hladinu melatoninu v průměru o 0,5 ng/ml*	
Zimmerman (2019)	Nošení BB brýlí zlepšilo účinnost spánku, celkovou dobu spánku, bdělost po probuzení a fragmentaci spánku*	Nošení BB brýlí snížilo celkové skóre PIRS*	Nošení BB brýlí zlepšilo rychlost zpracování informací a pracovní paměť*	
Zerbini (2018)	Nošení BB brýlí před spánkem urychlilo nástup spánku o 36 ± 45 min*	Nošení BB brýlí před spánkem urychlilo DLMO o 32 ± 37 min*		
Shechter (2017)	Celkové skóre PIRS (skóre závažnosti symptomů nespavosti) bylo výrazně sníženo po nošení BB brýlí, což zahrnuje snížení úzkosti, zlepšení parametrů spánku a kvality života*			

Shechter (2017)	Nošení BB brýlí snížilo PIRS skóre*	Nošení BB brýlí zlepšilo subjektivní kvalitu spánku i celkovou dobu spánku*		
Esaki (2016)	Při použití BB brýlí usnuli účastníci v průměru o 132 min dříve a probudili se o 59 min dříve*	Při použití BB brýlí nastal DLMO v průměru o 78 min dříve*		
Ayaki (2016)	Účinnost spánku a latence spánku byly výrazně lepší po nošení BB brýlí*	Nošení BB brýlí snížilo fragmentaci spánku*	Hladina melatoninu byla vyšší po nošení BB brýlí*	Subjektivní ospalost byla vyšší po nošení BB brýlí.
Van der Lely (2014)	Při nošení BB brýlí se účastníci cítili před spaním více ospalí*	Při nošení BB brýlí byla hladina melatoninu před spánkem (90 min-5 min) významně vyšší*	Účastníci nepoužívající BB brýle dosáhli lepších výsledků v testu psychomotorické bdělosti před spaním*	

Appleman (2013)	Po nošení brýlí s LED diodami usínali účastníci s brzkým chronotypem později*	Po nošení BB brýlí se účastníci s pozdním chronotypem cítili večer více ospalí a ráno se budili dříve*		
Burkhart (2009)	Účastníci používající BB brýle pociťovali lepší subjektivní kvalitu spánku i náladu*			
Burkhart (2009)	Nošení BB brýlí zlepšilo subjektivní kvalitu spánku*	Nošení BB brýlí zlepšilo náladu*		
Phelps (2008)	Při použití BB brýlí měli pacienti normální DLMO*	Při použití BB brýlí se snížila latence spánku*	Při použití BB brýlí mohli pacienti snížit dávky až vyřadit léky na spánek*	Při použití BB brýlí se pacienti cítili večer více ospalí*

Sasseville (2006)	Při použití pouze šedých brýlí a současné expozici modrému světlu byl melatonin potlačen v průměru o 40 %*	Při použití oranžových BB brýlí a současné expozici modrému světlu byla hladina melatoninu stejná nebo dokonce až o 20% vyšší*		

Do tabulky 7 a 8 byly zařazeny pouze průřezové studie. Pro větší přehlednost jsou uvedeny zvlášť. Jsou v nich uvedena veškerá potřebná kritéria (tabulka 7) a výsledky jednotlivých studií (tabulka 8).

Hlavním cílem studií bylo zjistit, kolik času lidé tráví na svých mobilních zařízení před spánkem a jak to ovlivňuje kvalitu a parametry spánku. Každá studie byla pojata trochu jinak. Obecně lze ale z výsledků vyčíst, že používání mobilních zařízení před spánkem snížilo kvalitu spánku, zvýšilo latenci a fragmentaci spánku a snížilo hladinu melatoninu. Dvě studie (Šmotek 2020, Rafique 2020) se shodují, že udržování mobilního telefonu v blízkosti hlavy v průběhu spánku korelovalo s poruchami spánku, častějším buzením a problémy s usínáním.

Tabulka 7: Základní informace o zařazených průřezových studiích

Studie	Země	Soubor	Počet účastníků	Pohlaví	Průměrný věk (směrodatná odchylka)	Popis intervence
Krishnan (2020)	USA	zdraví	450	muži i ženy	muži 19,9 (1,2); ženy 20 (1,3)	Rozdíly ve kvalitě spánku při různé délce používání mobilních telefonů před spaním.
Šmotek (2020)	Česká republika	zdraví	696	muži i ženy	31,2 (11,4)	Vliv používání elektronických zařízení ve večerních a nočních hodinách na kvalitu spánku a bdělost.
Rafique (2020)	Saúdská Arábie	zdraví	1925	muži i ženy	19,9 (2,5)	Vliv používání elektronických zařízení ve večerních hodinách na subjektivní kvalitu spánku.

Jniene (2019)	Maroko	zdraví	294	muži i ženy	20,6 (1,8)	Zkoumání negativních dopadů používání mobilních telefonů před spaním.
Maren (2018)	Kanada	lidé s problémy se spánkem	28	muži i ženy	intervence 21,3 (1,2); kontrola 22,1 (2,5)	Rozdíly v subjektivně vnímané kvalitě spánku korelující s délkou expozice modrému světlu před spaním.

Tabulka 8: Výsledky zařazených průřezových studií

Studie	**Celkový efekt**				
Krishnan (2020)	Nejhorší skóre PSQI (≥ 5) měli účastníci ve skupině III (72 %) *	Latence spánku byla nejvyšší ve skupině III (z toho 26 % >60 minut) *.	Doba spánku byla méně než 5 hodin u 11 % subjektů ve skupině III oproti 3 % ve skupině I. Pouze 12 % subjektů ve skupině III mělo více než 7 hodin spánku oproti 20 % ve skupině I*	Účinnost spánku nižší než 65 % byla nejvíce u účastníků ve skupině III (20 %) *	
Šmotek (2020)	Delší expozice modrému světlu z obrazovek elektronických zařízení po 16 hodině korelovala s menší bdělostí a vyšší únavou po ránu a větší latencí spánku*	Účastníci, kteří používali filtr modrého světla, spali v průměru o 28 minut déle*	Účastníci, kteří se nevystavovali 90 min před spánkem modrému světlu, se ráno cítili bdělejší a méně unavení, měli vyšší skóre účinnosti spánku a budili se samovolně před budíkem*	Sociální jet lag, únava a denní dysfunkce byly větší ve skupině účastníků, kteří se 90 min před spaním vystavovali modrému světlu*	Účastníci, kteří v noci kontrolovali svá mobilní zařízení, se častěji v noci budili, měli potíže s usnutím a měli horší sny*
Rafique (2020)	Používání mobilních telefonů po vypnutí světel po dobu alespoň 30 minut (bez filtru modrého světla) korelovalo s denní spavostí, poruchami spánku a zvýšenou latencí spánku*	Používání mobilních telefonů více jak 8 hodin denně korelovalo s poruchami spánku a zkrácením délky skutečné doby spánku*	Udržování mobilního telefonu v blízkosti polštáře během spánku korelovalo s denní ospalostí, poruchami spánku a zvýšenou latencí spánku*		

Jniene (2019)	Studenti, kteří vnímali poruchy spánku oproti těm, kteří tyto poruchy nevnímali, používali své telefony i po vypnutí světel, během spánku je měli umístěné pod polštářem a v průběhu noci je kontrolovali*	Studenti, kteří vnímali poruchy spánku, používali své telefony bezprostředně před spánkem 2 h ± 23 min oproti studentům, kteří poruchy nevnímali a používali své telefony 1 h ± 19 min*	Studenti, kteří déle používali své telefony před spánkem, měli v průměru o hodinu kratší dobu spánku, vyšší denní dysfunkci a pociťovali větší únavu po probuzení*		
Maren (2018)	Účastníci, kteří pociťovali horší subjektivní kvalitu spánku, spali méně, probouzeli se později a měli pozdější DLMO. *	Účastníci, kteří pociťovali horší subjektivní kvalitu spánku, měli menší expozici bílému i modrému světlu během dne (hlavně ráno), ale větší expozici tomuto světlu v noci*	Účastníci, kteří nepociťovali problémy se spánkem, měli větší expozici bílému i modrému světlu během dne (hlavně ráno) a menší expozici tomuto světlu v noci*	Účastníci, kteří pociťovali horší subjektivní kvalitu spánku, používali déle elektronická zařízení 3 h před spánkem (~ 45 min) *	

V tabulce 9 jsou uvedeny doplňující informace k jednotlivým randomizovaným studiím – kritéria vyloučení, jak probíhala intervence, jakým způsobem byl daný vliv testován a požadavky intervence. Jednotlivé studie jsou seřazeny podle datumu od nejmladších po nejstarší.

Mezi nejčastější kritéria vyloučení ze studie patřilo: pracovníci na noční směny, psychiatrické nebo neurologické poruchy, nadměrná konzumace alkoholu a kofeinu, užívání drog, extrémní chronotyp, cestování mezi časovými pásmy 2-4 týdny před studií, užívání léků ovlivňujících spánek.

Každá intervence probíhala v závislosti na zkoumaném efektu. Pokud se jednalo o používání mobilních telefonů nebo jiných elektronických zařízení, měli účastníci před spánkem tato zařízení používat většinou přibližně po dobu 1-2 hodin. Při zkoumání vlivu expozice modrému světlu před spánkem, byli ve většině studií účastníci nejprve umístěni do tmavé místnosti (adaptace na tmu, odebrání vzorku slin/krve/moči – melatonin, provedení různých testů a úkolů – KSS, PVT atd.), poté následovala expozice uměle dodávanému modrému světlu po dobu 1-3 hodin, v průběhu expozice a bezprostředně po ní byli opět odebírány vzorky slin/krve/moči a byly prováděny různé testy, v každé studii ale jiný počet a načasování. Poté opět následovalo setrvání ve tmě a spánek.

V průběhu intervence nosili účastníci většinou aktigrafická zařízení na svém nedominantním zápěstí. Tato zařízení sledovala: čas začátku spánku, čas ukončení spánku, celkovou dobu spánku (doba strávená spánkem od začátku do konce spánku během hlavní fáze spánku), účinnost spánku (procento celkové doby spánku mezi dobou spánku a dobou růstu pro hlavní fázi spánku), probuzení po nástupu spánku (celková doba strávená vzhůru od začátku do konce spánku), latenci spánku (doba potřebná k usnutí po ulehnutí do postele), střed spánku (střední doba od začátku do konce spánku). Museli si také většinou vést spánkové deníky, které zahrnovaly: čas spánku, celkovou dobu v posteli bez ohledu na to, jestli spí nebo jen leží, dobu vstávání, dobu používání svých elektronických zařízení a popřípadě dobu, kdy nosili BB brýle. K zaznamenání theta a delta vln/frekvencí se využívalo EEG. Během spánku jsou theta a delta vlny/frekvence identifikátorem různých spánkových stadií. K posouzení hladiny melatoninu byly odebírány vzorky slin/krve/moči v průběhu intervence, které byly poté umístěny do zkumavky a centrifugovány po dobu 5 minut, následně zmrazeny při -20/-30 ° C (65). K posouzení míry ospalosti bylo využíváno KSS. MEQ sloužilo k určení ranních a večerních typů, tedy preferované doby spánku a denní doby, kdy se člověk cítí nejlépe

pro vykonávání náročných úkolů. K určování chronotypu před začátkem intervence byl využíván MCTQ. Dále byl často využíván PSQI k hodnocení kvality spánku a spánkových návyků za určité časové období. Celkové skóre PSQI hodnotí sedm složek: subjektivní kvalitu spánku, latenci spánku, dobu spánku, obvyklou účinnost spánku, poruchy spánku, užívání léků na spaní, denní dysfunkce.

Často byly také uváděny požadavky, které museli účastníci po přijetí do studie 1-2 týdny před testováním dodržovat. Mezi tyto požadavky často patřilo: žádná konzumace kofeinu ani alkoholu 6-12 hodin před testováním, pravidelný spánkový harmonogram, zdržet se nadměrné fyzické aktivity den před testováním, nechodit spát přes den v den testování.

Tabulka 9: Doplňující informace k zařazeným randomizovaným studiím

Studie	Kritéria vyloučení	Průběh intervence	Způsob testování	Požadavky intervence
Höhn (2021)	historie užívání drog, pracovníci na noční směny, nadměrná konzumace kofeinu (>3 šálky/den) a alkoholu (>3 alkoholické nápoje/týden), extrémní chronotyp, kuřáci, užívání léků	čtení 90 minut během večera: 1.) na mob. telefonu bez filtru modrého světla, 2.) s filtrem modrého světla, 3.) čtení knihy; při vyplňování dotazníků KSS nebo při opuštění laboratoře - nosit oranžové BB brýle; před čtením i po čtení večer a ráno proveden PVT test	PVT, KSS, vzorky melatoninu ze slin, aktigrafie (zápěstí nedominantní paže), spánkový deník	
Esaki (2020)	pracovníci na noční směny, zdravotní problémy, psychiatrická onemocnění, silná mánie, deprese	nošení oranžových BB brýlí od 20:00 do doby spánku	VAS, MEQ, spánkový deník, aktigrafie (zápěstí nedominantní paže), současný depresivní nebo manický stav - MADRS a YMRS	

Henriksen (2020)	přijati pouze pacienti s BD	18:00-8:00 nošení BB brýlí (před spaním sundat jen pokud bylo zhasnuto, pokud se ráno probudili před 8 - nasadit brýle)	KSS, aktigrafie (zápěstí nedominantní paže), MEQ	
Janků (2019)	užívání léků, zdravotní problémy, kuřáci, nadměrná konzumace kofeinu a alkoholu, užívání drog, psychiatrická onemocnění, cestování přes více jak 2 časová pásma měsíc před studií	nošení BB brýlí 90 min před spaním, dotazníková baterie	PSQI, aktigrafie (zápěstí), spánkový deník	
Nagai (2019)	nepravidený spánek, užívání léků na spánek, zdravotní problémy, vada očí, pracovníci na noční směny, cestování přes více jak 2 časová pásma půl roku před studií, psychiatrická onemocnění	nošení BB brýlí 2-3h před spaním	PSQI, CES-D, vzorky melatoninu z moči	

Zimmerman (2019)	žádné příznaky chronické nespavosti, spánková apnoe, pracovníci na noční směny, cestování mezi časovými pásmy 2 týdny před studií, psychiatrické poruchy, kuřáci, užívání betablokátorů, nadměrná kontumace kofeinu (>400 mg/den), soužití s novorozencem (<1 rok staré), užívání hypnotik/sedativ 2 týdny před studií	nošení BB brýlí 2h před spaním	ISQ, spánkový deník, aktigrafie (zápěstí nedominantní paže), PIRS, test PCPS, test LSWM	
Driller (2019)	poruchy spánku, chronické zdravotní nebo psychické problémy, užívání léků na spánek/na předpis, soužití s dětmi do 2 let, skóre PSQI >7	čtení buď na: 1.) el. zařízení bez Night Shiftu, 2.) el. zařízení s Night Shiftem, 3.) čtení knihy; čtení v sedě 30 cm od očí, po dobu 1h těsně před spánkem, v místnosti svítí pouze lampička	spánkový deník, aktigrafie, subjektivní hodnocení kvality spánku, PSQI	nejíst 3,5 hodiny před spánkem, pití vody do hodiny před spánkem (dobrá kvalita vzorků slin), v den testování žádná intenzivní aktivita, žádná konzumace alkoholu ani kofeinu po 12h odpoledne
Nagare (2019)	zdravotní problémy, psychiatrické onemocnění, užívání léků, kuřáci, nadměrná konzumace alkoholu a kofeinu, extrémní chronotyp	začátek 22:30, 30 min v tlumeném světle (<5 lx), poté 4h expozice jedné ze světelných podmínek: 1.) teplé světlo (2700 K), 2.) chladné světlo (5600 K)	vzorky melatoninu ze slin (před začátkem intervence, po 30minutové expozici tlumenému světlu, poté každou hodinu odebrány další 4 vzorky, v 3:00 poslední vzorek)	pravidelný spánkový harmonogram (23:00-7:30 ± 30 min), žádná konzumace kofeinu minimálně 12 h před testováním

Driller (2019)	poruchy spánku, užívání léků na spánek, chronické zdravotní nebo psychické problémy, soužití s dětmi do 2 let, skóre PSQI >7, nechopnost běžet bez problému 30 min bez zastavení a neschopnost cvičit alespoň 2x týdně	čtení 1h před spaním na iPadu bez filtru nebo čtení knihy - 30cm od očí, spát sami (bez partnerů), zdroj světla pouze stolní lampa (s 28W žárovkou)	dietní deník (jíst stejně všechny dny testování), spánkový deník, aktigrafie (zápěstí), KSS a ESS	v den testování žádná intenzivní aktivita, žádná konzumace alkoholu ani kofeinu po 12h odpoledne, večeřet 3,5h před spaním
Mortazavi (2018)	poruchy spánku, spánková apnoe, vada očí, chronické zdravotní nebo psychické problémy, užívání léků na spánek, soužití s dětmi do 2 let, skóre PSQI >7	1h před spaním sledovat dokument na mob. telefonu buď bez filtru (1. noc), s oranžovým filtrem (Night Shift - 2. noc) nebo s filtrem modrého světla (3. noc)	spánkový deník, vzorky melatoninu ze slin	pravidelný spánkový harmonogram (jít spát do 23:00) při teplotě cca 25 °C
Zerbini (2018)	užívání léků na spánek, nepravidelný pracovní rozvrh, pracovníci na noční směny, cestování přes více než 2 časová pásma měsíc před studií	nošení BB brýlí 2 hodiny před spaním, sundat až po zhasnutí světel	MCTQ, spánkový deník, aktigrafie (zápěstí nedominantní paže)	

Shechter (2017)	žádné příznaky chronické nespavosti, spánková apnoe, poruchy spánku, pracovníci na noční směny, cestování mezi časovými pásmy 2 týdny před studií, kuřáci, užívání betablokátorů, psychiatrické poruchy, soužití s novorozencem (<1 rok staré), nadměrná konzumace kofeinu (>400 mg/den), vada očí	nosit BB brýle 2h před spaním do doby zhasnutí světel, nasadit je vždy při večerním používání el. zařízení nebo při probuzení	PIRS, PSQ, spánkový deník, aktigrafie (zápěstí)	
Motamedzadeh (2017)	kuřáci, nadměrná konzumace kofeinu a alkoholu, užívání hypnotik, psychiatrická onemocnění, poruchy spánku, extrémní chronotyp	2 světelné podmínky: 1.) 17 000 K, 2.) 6500 K, expozice po dobu 1 h	KSS, vzorky melatoninu ze slin	
Münch (2017)	pracovníci na noční směny, psychiatrické a spánkové poruchy, cestování přes více jak 2 časová pásma 3 měsíce před studií, užívání léků, alkoholu, drog, extrémní chronotyp	1 h před obvyklým spánkem 30min expozice 1.) bílému tlumenému světlu (<7 lx; 2 700 K), 2.) jasně modrému světlu (6 500 K; 500 lx) nebo 3.) oranžovému světlu (1 500 K; 100 lx)	polysomnografie, vzorky melatoninu ze slin, PVT, KSS	

Moderie (2017)	psychiatrické a spánkové poruchy, skóre PSQI >7, užívání léků ovlivňujících spánek nebo sekreci melatoninu, citlivost na světlo, pracovníci na noční směny, cestování přes více jak 2 časová pásma měsíc před studií, nadměrná konzumace alkoholu a kofeinu, kuřáci	začátek 5 h před obvyklou dobou spánku: prvních 6 h v tlumeném světle (<5 lx), povoleny klidné aktivity, ale žádné vystavování modrému světlu (mobily, TV, PC atd.), expozice 90 min modrému světlu začala 1 h po TB (=bed time), KSS a odběr vzorků slin každých 30 min	MEQ, spánkový deník, aktigrafie (zápěstí), KSS, vzorky melatoninu ze slin	pravidelný spánkový harmonogram
Heo (2017)	psychiatrické poruchy, kognitivní nebo neurologické poruchy, užívání návykových látek, nadměrná konzumace alkoholu, chronická onemocnění, užívání psychoaktivních látek, poruchy spánku, extrémní chronotyp, pracovníci na noční směny, cestování přes více jak 2 časová pásma 90 dnů před studií	hraní her na mob. telefonu s normálním LED displejem 19:30-22:00 (150 min) ve slabě osvětlené místnosti (<3 lx), obrazovky cca 25 cm od očí, o týden později experiment opakován za stejných podmínek, ale s mob. telefonem s filtrem modrého světla (450 – 470nm)	vzorky melatoninu z krve, ESS, FSS, PSQI, CPT	pravidelný spánkový harmonogram
Shechter (2017)	spánková apnoe, poruchy spánku, pracovníci na noční směny, cestování mezi časovými pásmy 2 týdny před studií, kuřáci, užívání betablokátorů, psychiatrické poruchy, soužití s novorozencem (<1 rok staré), těhotenství, kojení, nadměrná konzumace kofeinu (>400 mg/den)	nošení BB brýlí 2 h před spaním	ISQ, spánkový deník, PSQI, aktigrafie (zápěstí nedominantní paže)	pravidelný spánkový harmonogram týden před intervencí a v průběhu intervence

Esaki (2016)	pracovníci na noční směny, psychiatrické nebo neurologické poruchy, nadměrná konzumace alkoholu a kofeinu, užívání drog, extrémní chronotyp	nošení BB brýlí od 21 h do usnutí, používání el. zařízení večer neomezeno	aktigrafie (zápěstí nedominantní paže), vzorky melatoninu ze slin	
Grønli (2016)	poruchy spánku, zdravotní problémy, psychiatrické poruchy, extrémní chronotyp, užívání léků ovlivňujících spánek, kuřáci	30 min před spánkem čtení buď na iPadu nebo čtení knihy ve vzdálenosti 20-30 cm od očí	polysomnografie, KSS, spánkový deník, MCTQ	pravidelný spánkový harmonogram, žádná konzumace alkoholu týden před studií, žádná konzumace kofeinu po 18 h v den testování
Ayaki (2016)	nepoužívání mobilního telefonu večer, zdravotní problémy, vada očí, pracovníci na noční směny, chronická onemocnění, užívání léků, psychiatrická onemocnění	21:00-22:00 v temné místnosti (<3 lx), poté 2 h ve stejné temné místnosti provádění úkolů na mob. telefonu s kontrolními brýlemi nebo s BB brýlemi	PSQI, KSS, aktigrafie, vzorky melatoninu z moči	během intervence nekonzumovat alkohol ani kofein, nekouřit

Van der Lely (2014)	konzumace nadměrného množství kofeinu (>400mg/den) a alkoholu (>3 alkoholické nápoje/týden), zdravotní problémy, psychiatrická onemocnění, vada očí	začátek 5,5h před spánkem: 2 h v tlumeném světle (<8 lx), poté 30 min adaptace na tmavé světlo, poté 3h sezení před obrazovkou počítače s LED osvětlením (světlo v místnosti vypnuto, jas obrazovky na max), přitom použití BB nebo placebo brýlí - během těchto 5,5h různé testy, stupnice, odebrány vzorky slin	spánkový deník, aktigrafie (zápěstí nedominantní paže), vzorky melatoninu ze slin, KSS, polysomnografie, PVT, EEG	pravidelný spánkový harmonogram, nechodit spát během dne 3 dny před testováním
Figueiro (2014)	užívaní léků, chronická onemocnění, poruchy spánku, kuřáci, pracovníci na noční směny	začátek 22 h, v temné místnosti s červeným LED osvětlením (640 nm), ve 23h nasazení spánkové masky s LED modrými diodami (480 nm), po 1h expozice sundání masky, během odebrány 2 vzorky krve (melatonin): 1.) v temné místnosti, 2.) po 1h používání masky	spánkový deník, MEQ, vzorky melatoninu z krve, aktigrafie	pravidelný spánkový harmonogram (23:00-7:00), nekonzumovat alkohol ani kofein 12 h před testováním
Kayaba (2014)	cestování mezi časovými pásmy měsíc před studií, užívání léků ovlivňujících spánek, poruchy spánku, chronická onemocnění, kuřáci, užívání drog, nadměrná konzumace alkoholu a kofeinu, pracovníci na noční směny	začátek 5,5h před spánkem, 2 h v temné místnosti (0 lx), po 2h adaptace na tmu expozice modrému světlu (465 nm) po dobu 2 h	PSQI, spánkový deník, aktigrafie, polysomnografie, EEG	pravidelný spánkový harmonogram, nekonzumovat alkohol ani kofein den před testováním, netrénovat den před testováním

Beaven (2013)	pracovníci na noční směny, cestování přes více než 2 časová pásma 2 měsíce před studií, kuřáci, nadměrná konzumace kofeinu a alkoholu, užívání léků	začátek 17 h: test PVT, KSS před expozicí, poté expozice 1 h modrému světlu (460 nm) - každých 15 minut KSS; po expozici opět test PVT	MCTQ, PVT, KSS, spánkový deník	
Figueiro (2013)	užívání léků, chronická onemocnění, vada očí, psychiatrická onemocnění, zdravotní problémy, citlivost na světlo, extrémní chronotyp	začátek 18:30 (celkem 30 h), maska se zapnula asi 1 h po usnutí a vypla se 1-1,5h před nejnižší tělesnou teplotou těla (světelné pulzy modrého a zeleného světla – 2 s zapnutý, 58s vypnutý, po dobu 60min), vzorek melatoninu odebrán těsně před expozicí světla a bezprostředně po něm	MCTQ, spánkový deník, aktigrafie, vzorky melatoninu ze slin a krve, EEG	pravidelný spánkový harmonogram (23:00-7:00), 12 h před testováním žádná konzumace alkoholu ani kofeinu
Chellappa (2013)	psychiatrická onemocnění, spánkové poruchy, extrémní chronotyp, kuřáci, užívání léků	začátek 18 h, konec 2. den v 8 h, 1,5h v tlumeném světle, 2 h v úplné tmě, 2h expozice světlu (6500 K nebo 2500 K nebo 3000 K), poté opět ve tmě - celkem 6 h	aktigrafie (zápěstí), polysomnografie, spánkový deník	1 týden před testováním omezená konzumace alkoholu a kofeinu, pravidelný spánkový harmonogram

Sahin (2013)	extrémní chronotyp, bipolární porucha, deprese, pracovníci na noční směny, cestování přes více jak 2 časová pásma 3 měsíce před studií, vada očí (barvoslepost)	začátek 18 h, v 18:30 v temné místnosti (<2 lx) po dobu 1 h, poté expozice modrému světlu (470 nm) po dobu 48 min, před každým osvětlením 12 min ve tmě, během každé hodiny 7x záznam EEG po dobu 2,5min (mezi záznamy 5,5min pauza), KSS hodnocena 4x (na začátku, 12 min, 36 min a na konci)	MCTQ, spánkový deník, elektroencefalogram (EEG), KSS	12 h před testováním žádná konzumace alkoholu ani kofeinu, noc před testováním jít spát ve 22-23 h a vstávat do 7:30 v den testování, nechodit spát přes den, dodržovat pravidelný spánkový harmonogram po celou dobu intervence
Appleman (2013)	užívání léků, extrémní chronotyp, zdravotní problémy, psychiatrická onemocnění, nadměrná konzumace alkoholu a kofeinu, kuřáci	čas spánku obou skupin posunut o 1,5h, účastníci s brzkým chronotypem – 2 h brýle s modrými LED diodami (476 nm) před spánkem a 3 h oranžové brýle (filtrace modrého světla - vše do 525 nm) ráno, zpožděný chronotyp - obráceně	dimimetr, vzorky melatoninu ze slin, KSS	pravidelný spánkový harmonogram
Wood (2013)	chronická onemocnění, užívání léků ovlivňujícícch spánek a melatonin, kuřáci, extrémní chronotyp	začátek 22:30, 30 min v temné místnosti (<1 lx) - odebrán vzorek slin, 23:00-1:00 používání tabletu (LED = 470 nm) nebo používání tabletu s BB brýlemi, vzorky slin odebrány po 1 h a po 2h používání tabletu	MCTQ, dimimetr, spánkový deník, vzorky melatoninu ze slin	pravidelný spánkový harmonogram (23:00-7:30), v den testování žádná konzumace alkoholu ani kofeinu

Revell (2012)	nadměrná konzumace kofeinu (>300mg/den) a alkoholu (>2 alkoholické nápoje/den), cestování přes více jak 2 časová pásma 1 měsíc před studií, extrémní chronotyp, pracovníci na noční směny, užívání drog, užívání leků na předpis	vystřídáno 6 fází tmy (1,5 h - spánek, odběry slin každých 30min) a 6 fází světla (35 lx), z toho modré světlo dodáváno ve třech 30min pulzech pouze 1x denně	vzorky melatoninu ze slin	pravidelný spánkový harmonogram
Papamichael (2012)	užívání drog, nadměrná konzumace alkoholu a kofeinu, užívání léků na předpis, závažná zdravotní a psychiatrická onemocnění, cestování přes více jak 2 časová pásma měsíc před studií, extrémní chronotyp, pracovníci na noční směny, vada očí	23:00-3:00, 2 osvětlení: 1.) modré světlo (479 nm), 2.) červené světlo (627 nm), vzorky krve (melatonin) - každých 15 min (od 30 min před až do 90 min po začátku světelné expozice), KSS každých 15 min (od 15 min před do 45 min po začátku expozice)	PSQI, aktigrafie (zápěstí), vzorky melatoninu z moči, KSS	3 dny před intervencí: žádná konzumace kofeinu ani alkoholu, žádné nadměrné cvičení, nevystavování se jasným světlům, žádné užívání protizánětlivých léků
Figueiro (2011)	užívaní leků, chronická onemocnění, poruchy spánku, kuřáci, extrémní chronotyp	2h sledování monitoru počítače buď s brýlemi s LED diodami (470 nm, 40 lx) nebo s BB brýlemi blokující modré světlo (veškeré záření do 525 nm), vzorky slin odebrány ve 23:00 před zahájením expozice a bezprostředně po expozici (v 01:00)	MCTQ, dimimetr, vzorky melatoninu ze slin	pravidelný spánkový harmonogram (23:00-7:30), v den experimentu se zdržet konzumace alkoholu a kofeinu

Figueiro (2010)	užívaní léků, chronická onemocnění, kuřáci, cestování přes více jak 3 časová pásma měsíc před studií, extrémní chronotyp	začátek 7:00, konec v 10:00 druhý den, 7 měření po 3 hodinách ve tmě, s výjimkou 1. základního měření - provedeno po 1 hodině ve tmě, subjekty přiřazeny k 1 ze 3 podmínek (červené - 625 nm, 40 lx; modré - 470 nm, 40 lx a tmavé osvětlení - <3 lx) - 2h expozice	MCTQ, spektroradiometr (= kontroluje světlo z diod), vzorky melatoninu ze slin	žádná konzumace kofeinu ani alkoholu 12 h před testováním, pravidelný spánkový harmonogram
Burkhart (2009)	užívání léků, extrémní chronotyp, zdravotní problémy, psychiatrická onemocnění, nadměrná konzumace alkoholu a kofeinu, kuřáci	nošení BB brýlí 3 h před spaním	spánkový deník, MCTQ, KSS	
Figueiro (2009)	závažná onemocnění, užívání léků, extrémní chronotyp, kuřáci, vada očí, nadměrná konzumace alkoholu a kofeinu	ve tmě (<1 lx) po dobu 60 minut, poté expozice 45 min: 1.) modré světlo (470 nm, 40 lx); 2.) červené světlo (630 nm, 40 lx) - na konci každé tmavé i světlé expozice odebrán vzorek slin (melatonin)	EEG, vzorky melatoninu ze slin, PVT, KSS, MCTQ	v den testování nekonzumovat alkohol ani kofein, nechodit spát během dne

Phipps-Nelson (2009)	závažná onemocnění, užívání léků ovlivňujících spánek, extrémní chronotyp, psychiatrická onemocnění	21:00-8:30: 4x expozice modrému světlu (470 nm, 40 lux) po dobu 2,5h, mezi expozicemi 30 min ve tmě (0,2 lx)	PVT, KSS, vzorky melatoninu ze slin, EEG	pravidelný spánkový harmonogram 14 dní před testováním
Figueiro (2009)	závažná zdravotní onemocnění, užívání melatoninu/antidepresiv/léků na spánek/betablokátorů, vada očí, extrémní chronotyp	začátek 22:30, ve 23:00 zhasnuta světla, v 00:00 začátek expozice sledování filmu na plátně vzdáleném 4 m v místnosti osvícené červenými LED diodami (630 nm, <5 lx), konec expozice v 1:30, odebráno 7 vzorků krve a slin (melatonin) po 15 min, 1. odběr v 23:50	MCTQ, vzorky melatoninu z krve a ze slin	pravidelný spánkový harmonogram, noc před testováním jít spát do 22 h, v den testování nekonzumovat kofein ani alkohol po 10h ráno, nechodit spát přes den
Smith (2009)	zdravotní problémy, psychiatrické a spánkové poruchy, vada očí (barvoslepost), kuřáci, nadměrná konzumace kofeinu (>300mg/den) a alkoholu (>2 alkoholické nápoje/den), užívání léků na předpis, cestování přes více jak 3 časová pásma měsíc před studií, užívání drog, pracovníci na noční směny	do laboratoře v době svého DLMO (zjištěno v kontrolní dny), 3 h po DLMO expozice modrému světlu (17 000 K, 400–490 nm) po dobu 2h, 40cm od očí, poté 8h spánku v temné místnosti	MCTQ, vzorky melatoninu ze slin, aktigrafie (zápěstí), spánkový deník	alespoň 10 min ranního světla 1-2 h po probuzení

Burkhart (2009)	pracovníci na noční směny, extrémní chronotyp, zdravotní problémy, psychiatrická onemocnění, kuřáci, užívání léků	nošení BB brýlí 3 h před spaním	spánkový deník, PSQI, MCTQ	
Phelps (2008)	kuřáci, cestování přes více jak 2 časová pásma měsíc před studií, užívání drog	nošení BB brýlí 2 h před spaním	MCTQ, vzorky melatoninu ze slin, KSS, aktigrafie	
Figueiro (2008)	spánkové poruchy, kuřáci, léky na předpis, cestování přes více jak 2 časová pásma měsíc před studií, extrémní chronotyp, užívání drog, pracovníci na noční směny	23:00-01:30, brýle vybaveny 4 diodami: modré světlo (450 nm) a zelené (525 nm), nejprve 45 min v temné místnosti (1. odběr krve - melatonin), poté expozice po dobu 45 min (2. odběr krve - melatonin)	MCTQ, vzorky melatoninu ze slin, aktigrafie (zápěstí), KSS	nekonzumovat kofein od 10h ráno v den testování, nechodit spát přes den

Figueiro (2007)	extrémní chronotyp, vada očí (barvoslepost), zdravotní problémy, nadměrná konzumace kofeinu a alkoholu	22:00-00:00, nejprve 30 min v temné místnosti (<2 lx), poté expozice modrému světlu (460 nm) po dobu 1 h, opět 30 min v temné místnosti (<2 lx)	MCTQ, EEG, PVT, vzorky melatoninu ze slin	nekonzumovat kofein od 10h ráno v den testování
Sasseville (2006)	zdravotní problémy, problémy se spánkem, užívání léků, pracovníci na noční směny, cestování přes více jak 2 časová pásma měsíc před studií	začátek 22 h, v tlumeném světle (<5 lux), 01:00-02:00 expozice světlu - šedé nebo oranžové BB brýle, 22:00-00:00 vzorky slin (melatonin) odebírány každou hodinu, poté do 03:00 každou půl hodinu	MCTQ, spánkový deník, aktigrafie (zápěstí nedominantní paže), vzorky melatoninu ze slin	48 h před testováním nekonzumovat kofein ani alkohol
Münch (2006)	kuřáci, zdravotní a psychiatrické problémy, problémy se spánkem, vada očí, extrémní chronotyp	začátek 6,5h před běžným časem spánku, 1,5h v tlumeném světle (2 lx), poté 2 h ve tmě (0 lx), poté expozice 2 h 1.) zelené světlo (550 nm), 2.) modré světlo (460 nm), poté ještě 1,75h v tlumeném světle (2 lx), světlo bylo vypnuto 1,25h po běžném času spánku	aktigrafie (zápěstí), polysomnografie, spánkový deník, KSS, EEG	týden před testováním omezit konzumaci kofeinu a alkoholu (5 alkoholických nápojů/týden, 1 káva/den), pravidelný spánkový harmonogram (±30 min)

Figueiro (2006)	spánková apnoe, kognitivní poruchy, užívání betablokátorů, chronická onemocnění	světelná maska: v pulzech trvajících 2 s, každých 30 s, zapnula se 1 h po usnutí, vypla se 1 h před dosažením nejnižší tělesné teploty těla (max doba osvětlení = 3 h)	PSQI, denimetr v masce, aktigrafie (zápěstí), spánkový deník, vzorky melatoninu ze slin	
Figueiro (2005)	kuřáci, extrémní chronotyp, psychiatrická onemocnění, problémy se spánkem, užívání léků ovlivňujících spánek	22:30-7:00, 22:30-00:00 v tlumeném světle (<3 lx), poté expozice modrému světlu (470 nm), od 00:30 odebírány 3 sady 3 vzorků krve (melatonin) každých 15 min, od 1:00 odebírány 4 sady 3 vzorků krve každých 15 min, od 2:00 v tlumeném světle a odebírány 3 sady 3 vzorků krve každých 15 min	vzorky melatoninu z krve	týden před testováním omezit konzumaci kofeinu a alkoholu, pravidelný spánkový harmonogram

V tabulce 10 jsou uvedeny doplňující informace k jednotlivým průřezovým studiím – kritéria vyloučení, jak probíhala intervence, jakým způsobem byl daný vliv testován a požadavky intervence. Jednotlivé studie jsou seřazeny podle datumu od nejmladších po nejstarší.

Mezi nejčastější kritéria vyloučení ze studie patřilo: psychiatrické nebo neurologické poruchy, užívání léků, nepoužívání mobilních telefonů a znalost dopadu modrého světla.

Intervence zde byla nahrazena online dotazníkem hodnotícím subjektivní kvalitu spánku. Hlavním společným způsobem testování byl PSQI k hodnocení kvality spánku a spánkových návyků za určité časové období. Požadavky intervence nebyly potřeba, jelikož probíhala většinou formou dotazníku.

Tabulka 10: Doplňující informace k zařazeným průřezovým studiím

Studie	Kritéria vyloučení	Průběh intervence	Způsob testování	Požadavky intervence
Krishnan (2020)	nepoužívání mobilního telefonu déle než jeden rok, léky ovlivňující spánek, psychiatrické, neurologické poruchy, poruchy spánku	dotazník: věk, pohlaví, výška, váha a BMI, značka telefonu, čas strávený na mobilním telefonu před spaním, režim mob. telefonu při spánku, držení těla při používání telefonu v noci, používání/nepoužívání nočního režimu nebo filtru modrého světla	PSQI, subjektivní hodnocení kvality spánku	
Šmotek (2020)	nepoužívání mobilního telefonu ve večerních nebo nočních hodinách, zdravotní problémy, psychiatrické, neurologické poruchy, užívání léků, pracovníci na noční směny	online dotazník: subjektivní hodnocení kvality spánku, načasování a charakter večerní a noční expozice elektronickým zařízením (TV, PC, tablety a telefony), používání různých filtrů blokujících světlo krátkých vlnových délek	PSQI, FSS, MEQ, MCTQ	

Rafique (2020)	nepoužívání mobilního telefonu, poruchy spánku, respirační problémy, chronická fyzická nebo duševní onemocnění ovlivňující spánek, užívání léků na předpis	online dotazník: subjektivní hodnocení kvality spánku, rizikové faktory spánku související s používáním mobilních telefonů	PSQI, MRSRF	
Jniene (2019)	znalost dopadu modrého světla na spánek, psychická a chronická onemocnění, akutní onemocnění v předchozím měsíci, osobní problém narušující spánek (např. rozchod, nehoda atd.), užívání léků na spánek	online dotazník: 1.) sociodemografické informace (pohlaví, věk, výška, hmotnost, dosažené vzdělání), 2.) údaje o používání el. zařízení před spaním, 3.) uvědomování si dopadu používání mob. telefonů před spaním, 4.) subjektivní hodnocení kvality spánku	online dotazník, PSQI	
Maren (2018)	extrémní chronotyp, kuřáci, chronické zdravotní problémy, depresivní příznaky, užívání léků ovlivňujících spánek, citlivost na světlo, vada očí	dotazník: subjektivní hodnocení kvality spánku, odebráno 12 vzorků slin v 30 min intervalech v tlumeném světle (<5 lx)	vzorky melatoninu ze slin, aktigrafie (zápěstí), spánkový deník, KSS	pravidelný spánkový harmonogram

5 Diskuze

Tato práce zkoumala dopad večerní expozice modrému světlu na kvalitu spánku a jeho ovlivnění. Všechny vybrané studie řešily problematiku modrého světla ve večerních hodinách. Některé se zabývaly modrým světlem vyzařovaným mobilními telefony, jiné uměle dodávaným modrým světlem přímo v rámci intervence v předem připravených podmínkách a další účinkem brýlí blokujících modré světlo při vystavování se světlu krátkých vlnových délek.

V posledních letech používání mobilních telefonů před spaním značně stoupá. Elektronická zařízení jsou vybavena LED diodami vyzařující modré světlo, které má negativní dopad na spánek (12). Bohužel většina lidí o těchto negativních vlivech nemá ponětí a v rámci spánkové hygieny se ta světelná uvádí pouze zřídka, přitom je to její nejdůležitější část.

Ze zařazených studií vyplývá, že používání mobilních telefonů před spaním snižuje subjektivní ospalost večer a subjektivní bdělost následující ráno, jak uvádí také Höhn (50). Dále bylo také sníženo vyplavování kortizolu po probuzení a množství času stráveného v N3 fázi, což může korelovat se sníženou bdělostí po probuzení. Kortizol je znám jako „stresový hormon“, pokud je jeho hladina až příliš vysoká, může to našemu tělu škodit. Kortizol se dále podílí na řízení imunitních funkcí a regulaci krevního tlaku (51). Vysoká hladina kortizolu dle studií způsobuje chronické zdravotní komplikace jako vysoký krevní tlak, diabetes II. stupně a osteoporózu (51), zvyšuje chuť k jídlu a zároveň signalizuje tělu, aby aktivovalo ukládání živin do tuků (51) (to je důvod, proč lidé pod stresem tak jednoduše přibírají na váze). Jako by toho nebylo málo, vysoká hladina kortizolu navíc narušuje denní cykly a spánkové vzorce, čímž způsobuje chronickou únavu (adrenální únava) (52), zvyšuje pravděpodobnost infekcí díky negativnímu vlivu na imunitní systém (52). Po probuzení je ale jeho přítomnost žádoucí. Díky němu se cítíme více ostražití a bdělí. Tento stres pro nás není škodlivý, naopak přiměje naše tělo fungovat ihned po probuzení. Pokud se jeho hladina po probuzení sníží kvůli večerní expozici modrému světlu, čemuž předchází posunutí začátku vyplavování melatoninu (DLMO), cítíme se po ránu více malátní a utlumení a chvíli nám trvá, než jsme schopni plně fungovat, jelikož je zpožděno i vyplavování kortizolu po probuzení (53). Stejně tak i množství času stráveného v N3 fázi během spánku ovlivňuje to, jak se cítíme následující ráno. N3 fáze definuje hluboký spánek, ten je známý jako spánek s pomalými vlnami

(SWS) a delta spánek kvůli typům mozkových vln produkovaných během této fáze spánkového cyklu (54). Během této fáze spánku dochází k opravě buněk těla, regeneraci svalů a mozku. Pokud je tohoto spánku málo, člověk se po probuzení bude cítit neodpočatý. Proto je pro nás hluboký spánek velmi důležitý a neměli bychom si jeho délku zkracovat používáním mobilních telefonů před spaním. Všechny studie, které uváděly tyto výsledky snížené ospalosti a bdělosti, kromě jedné (55), byly statisticky významné, z čehož můžeme usoudit, že tento negativní efekt je nevyhnutelný. Každý z nás je samozřejmě individuální a každý z nás má mírně odlišnou citlivost na světlo. Obecně lze ale říci, že modré světlo zvyšuje bdělost.

Toto vše souvisí také s dalším zkoumaným efektem, kterým je horší subjektivní kvalita spánku, jak uvádí Driller (57). Společně s Höhnem (50) zkoumali rozdíl mezi čtením knihy a čtením na iPadu před spaním. Po čtení na iPadu byl spánek značně fragmentovanější než po čtení knihy, což koreluje s horší subjektivní kvalitou spánku, jelikož se účastníci během noci více budili, což významně narušuje kvalitu spánku. Oba výsledky byly statisticky významné. Jak uvádí Mortazavi (56), latence spánku byla také zvýšena a účastníkům trvalo přibližně o půl hodiny déle, než usnuli.

Driller (57) také zkoumal ovlivnění dalšího hormonu modrým světlem ve večerních hodinách, tím je leptin. Po jedné hodině čtení na iPadu těsně před spaním došlo ke snížení hladiny leptinu a tím většímu pocitu hladu následující den (57). Leptin je nazýván „hormonem hladu“. Uvádí se, že již jedna noc zkráceného spánku snižuje hladinu leptinu a inzulinovou citlivost, což může vést k rozvoji obezity a zdravotních problémů. Dostatečný spánek je tedy potřebný nejen pro regeneraci a obnovu těla, ale hraje také zásadní roli při přeměně postavy a udržování zdraví.

Z mého pohledu ale nejvýznamnějším negativním dopadem používání elektronických zařízení a expozice modrému světlu před spaním je ovlivnění hladiny melatoninu. Melatonin je znám hlavně jako „hormon spánku“. To ale není vše, melatonin má také silné antioxidační účinky. Je tvořen ze serotoninu (58) v mezimozku, konkrétně v epitalamu, jehož součástí je epifýza. Epifýza je krom pinealocytů tvořena gliálními buňkami a kalcifikovaným materiálem, jehož množství se s věkem zvyšuje a tím klesá vlastní produkce melatoninu (59). Dle nejnovějších studií však melatonin produkují i všechny buňky našeho těla. Melatonin produkovaný buňkami mimo epifýzu se však nedostává do krevního řečiště a důvod vlastní buněčné produkce melatoninu nebyl doteď zcela objasněn (60). Snížená hladina melatoninu souvisí s problémy s usínáním a špatnou

kvalitou spánku. Avšak i lidé, kteří usnou, protože jsou jednoduše po celém dni unavení mohou mít posunuty cirkadiánní hodiny a tím mohou mít cyklus vyplavování melatoninu utlumen, takže to nejsou schopni objektivně zhodnotit. A přitom se okrádají o pro zdraví a spánek velmi prospěšný hormon. Ze zkoumaných studií tedy vyplývá, že používání elektronických zařízení a vystavování se modrému světlu před spaním významně snižuje hladinu melatoninu a zpožďuje začátek vyplavování melatoninu. Podle Wooda (61) a Figueira (62, 63, 64) expozice světlu krátkých vlnových délek snížila melatonin přibližně o 50 %. Höhn (50) navíc uvádí, že byla hladina melatoninu po probuzení stále zvýšena, což pravděpodobně zapříčinilo zpožděné vyplavování melatoninu, který nestihl do probuzení opět klesnout. Toto má za následek malátnost a sníženou bdělost po ránu. Dále bylo zjištěno, že naopak červené světlo dlouhých vlnových délek sekreci melatoninu nijak významně neovlivňuje, jak uvádí Nagare (65), Papamichael (66) a Figueiro (67). Z toho vyplývá, že gangliové buňky našeho oka, přesněji fotopigment melanopsin, jsou nejvíce citlivé na světlo krátkých vlnových délek modré barvy a nejméně na světlo dlouhých vlnových délek červené barvy. Proto nejvhodnějším osvětlení ve večerních hodinách jsou teplé halogenové žárovky vyzařující tmavě oranžové až červené světlo, naopak nejméně vhodným osvětlením jsou studené LED diody vyzařující jasné bílé světlo. Množství světla by s blížící se dobou spánku mělo také ubývat. Ze stropního osvětlení by se mělo postupně přecházet ke stolním lampičkách umístěným nejlépe pod úrovní očí. Dále bylo potvrzeno, že čím delší a jasnější expozice modrému světlu, tím větší potlačení melatoninu (65, 68, 69).

Používání elektronických zařízení a expozice modrému světlu před spaním zpozdila také DLMO, který za běžných podmínek začíná okolo 21 hodiny a hladina melatoninu je nejvyšší kolem 2 až 3 hodiny ranní. Výsledky studií se v době posunutí DLMO značně liší. Figueiro (70, 71) uvádí zpoždění v průměru o půl hodiny, oproti tomu Smith (72) až o 4 a tři čtvrtě hodiny, což je značný časový rozptyl. Nejvíce relevantní výsledek mi přijde podle Revella (73), který uvádí zpoždění DLMO v průměru o 1,5h. I přestože se výsledky liší, všechny jsou statisticky významné, a proto je možné brát tento efekt jako zásadní. Jak bylo zmíněno již výše, expozice modrému světlu snižuje subjektivní bdělost po probuzení, což může souviset se zmiňovaným oddálením začátku vyplavování melatoninu.

Dále byl zkoumán vliv modrého světla na kognitivní funkce. Bylo zjištěno, že expozice modrému světlu vedla ke zvýšení psychomotorické bdělosti, reakční rychlosti a

zlepšení pracovní paměti. Tato práce se zabývá primárně spánkem, tudíž tyto vlivy jsou považovány za negativní vzhledem k tomuto tématu. Pokud se ale na tyto vlastnosti modrého světla vzhledem ke kognitivním funkcím podíváme v jiný čas, tedy za denního světla, jsou pro nás naopak velmi výhodné. Nejvíce z nich budeme těžit, pokud se budeme vystavovat přirozenému dennímu světlu. Lze toho využít jak pro pracovní produktivitu, tak pro rychlejší a snadnější učení, přemýšlení, bdělost a ostražitost při práci, a dokonce i pro lepší sportovní výkony, jak uvádí Knaier ve své studii (74). Dostatečné vystavování se dennímu světlu je také velmi důležité pro adekvátní vyplavování večerního melatoninu. Jak je vidět, vše je propojené se vším a pokud se jedná o spánek, nelze se zabývat pouze časem stráveným v posteli, ale připravit tělo na kvalitní spánek již v průběhu dne, jak dostatečným časem stráveným na denním světle, adekvátní tělesnou aktivitou, správným načasováním jídla, tak i správnou světelnou hygienou zpravidla 90 minut před spaním a v neposlední řadě nastavením místnosti, ve které spíme. Na toto téma by se ale dala napsat samostatná práce.

Jedním ze způsobů, jak snížit negativní dopad modrého světla, je používání brýlí blokujících modré světlo, či filtrů na svých elektronických zařízení fungujících na stejném principu. Studie zabývající se touto problematikou, které jsou zahrnuty do této práce, ukazují, že při použití brýlí blokujících modré světlo, se subjektivní kvalita spánku významně zlepšila. Toto zjištění ukazuje, že takto lze úspěšně eliminovat negativní dopad modré světla před spaním a kvalitu spánku i dokonce zlepšit, což potvrzuje Sasseville ve své studii (75). Toto tvrzení potvrzují i další výsledky z vybraných studií. Nošení brýlí blokujících modré světlo zlepšilo celkový čas spánku, latenci spánku, fragmentaci spánku i ospalost před spaním a bdělost po probuzení. Jednoduše lze říci, že úplný opak toho, co bylo uvedeno výše jako negativní vlivy expozice modrému světlu. Účastníci usínali v průměru o 30-45 minut dříve (76) a celkový čas spánku se prodloužil v průměru o 30 minut (77). Použití brýlí blokujících modré světlo také zvýšilo hladinu melatoninu a urychlilo DLMO. Tady se opět časové údaje rozchází. Zerbini (76) uvádí urychlení přibližně o 30 minut, Esaki (78) až o 78 minut. Oba výsledky jsou ale statisticky významné. Hlubší zkoumání by ukázalo přesnější časové údaje.

V rámci tohoto zkoumání jsem zařadila také pacienty s bipolární poruchou, u kterých byly v rámci léčby použity také brýle blokující modré světlo. Nejedna studie prokázala, že po použití těchto brýlí mohli pacienti snížit dávky léků na spánek až je úplně vyřadit. Všechny tyto výsledky byly statisticky významné. Dále bylo sníženo skóre PIRS.

Jedná se o stupnici, která hodnotí noční/denní symptomy úzkosti, parametry spánku a kvalitu života. Esaki (78) ve své studii také uvádí, že při použití brýlí blokujících modré světlo usnuli pacienti s bipolární poruchou v průměru o 132 minut dříve a probudili se o 59 minut dříve, čímž došlo ke zlepšení a upevnění jejich chronotypu. Z toho lze tedy usoudit, že tyto brýle jsou významnou součástí léčby při problémech se spánkem. Spousta pacientů také uváděla, že brýle používali i nadále po ukončení léčby.

6 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo zjistit, jak velký dopad má vystavování se modrému světlu ve večerních hodinách na kvalitu a parametry spánku. Zařazeny byly pouze randomizované a průřezové studie, které se zabývaly touto problematikou. Randomizované studie byly dále rozděleny podle cíle zkoumání do 3 skupin – používání mobilních telefonů a elektronických zařízení ve večerních hodinách, expozice modrému světlu v předem připravených podmínkách a vliv používání brýlí blokujících modré světlo při eliminaci negativních dopadů modrého světla ve večerních hodinách.

Vybrané studie potvrzují negativní vlivy expozice modrému světlu ve večerních hodinách na kvalitu a parametry spánku. Výsledky ukazují snížení hladiny melatoninu přibližně o 50 % a zpoždění DLMO po večerní expozici modrému světlu. Dále došlo ke snížení subjektivní kvality spánku, ospalosti před spaním a bdělosti následující ráno. Objektivní kvalita spánku byla také negativně ovlivněna. Po expozici světlu krátkých vlnových délek se účastníci během noci více budili, trvalo jim déle, než usnuli, celková doba spánku byla snížena a některé studie prokazují i zhoršení nálady. Došlo také k ovlivnění dalších hormonů, kortizolu a leptinu, což může vést k rozvoji zdravotních problémům a obezity. Již jedna noc zkráceného spánku může narušit hormonální rovnováhu.

Tyto negativní vlivy lze eliminovat nošením brýlí blokujících modré světlo, jak bylo prokázáno ve vybraných studií. Při nošení těchto brýlí se účastníci před spaním cítili více ospalí, ráno naopak více bdělí, budili se samovolně před budíkem a cítili se po probuzení více odpočatí. Melatonin nebyl při nošení těchto brýlí nijak ovlivněn i při večerním používání elektronických zařízení či jakémukoliv jinému vystavování světlu krátkých vlnových délek. Oproti tomu bylo zjištěno, že červené světlo tyto negativní vlivy nemá.

Použití brýlí blokujících modré světlo při léčbě bipolární poruchy mělo také pozitivní výsledky. Pacienti mohli snížit, až v některých případech vyřadit, léky na spánek, došlo k upevnění jejich chronotypu a upevnění časů spánku a buzení. Po ukončení léčby řada pacientů uváděla, že chtějí brýle používat i nadále.

Brýle blokující modré světlo nejsou jedinou možností, jak eliminovat negativní vlivy expozice modrému světlu. Žijeme v moderní době, kdy je téměř nemožné se tomuto světlu vyhnout. Správná světelná hygiena je základem kvalitního spánku. Dnes ale

existují i různé aplikace, které filtrují modré světlo z našich elektronických zařízení (např. F.lux®, Iris®, Twilight®), dokonce i speciální žárovky, které přepínají různá spektra světla podle denní doby (např. Vitae, MitoLight). Díky těmto možnostem se lze i v dnešní moderní době vyhnout tomuto světlu a dopřát si tak kvalitní spánek.

7 Zdroje

1.) Scullin MK, Bliwise DL. Sleep, cognition, and normal aging: integrating a half century of multidisciplinary research. Perspect Psychol Sci. 2015;10(1):97-137. doi: 10.1177/1745691614556680.

2.) Patel SR, Zhu X, Storfer-Isser A, Mehra R, Jenny NS, Tracy R, Redline S. Sleep duration and biomarkers of inflammation. Sleep. 2009;32(2):200-4. doi: 10.1093/sleep/32.2.200.

3.) Rasch B, Born J. About sleep's role in memory. Physiol Rev. 2013;93(2):681-766. doi: 10.1152/physrev.00032.2012.

4.) Sharma S, Kavuru M. Sleep and metabolism: an overview. Int J Endocrinol. 2010;2010:270832. doi: 10.1155/2010/270832.

5.) Matricciani L, Bin YS, Lallukka T, Kronholm E, Dumuid D, Paquet C, Olds T. Past, present, and future: trends in sleep duration and implications for public health. Sleep Health. 2017;3(5):317-323. doi: 10.1016/j.sleh.2017.07.006.

6.) Nathan N, Zeitzer J. A survey study of the association between mobile phone use and daytime sleepiness in California high school students. BMC Public Health. 2013;13:840. doi: 10.1186/1471-2458-13-840.

7.) Bowler J, Bourke P. Facebook use and sleep quality: Light interacts with socially induced alertness. Br J Psychol. 2019;110(3):519-529. doi: 10.1111/bjop.12351.

8.) Exelmans L, Van den Bulck J. Bedtime mobile phone use and sleep in adults. Soc Sci Med. 2016;148:93-101. doi: 10.1016/j.socscimed.2015.11.037.

9.) Moreno MA, Binger K, Zhao Q, Eickhoff J. Measuring Interests Not Minutes: Development and Validation of the Adolescents' Digital Technology Interactions and Importance Scale (ADTI). J Med Internet Res. 2020;22(2):e16736. doi: 10.2196/16736.

10.) Lemola S, Perkinson-Gloor N, Brand S, Dewald-Kaufmann JF, Grob A. Adolescents' electronic media use at night, sleep disturbance, and depressive symptoms in the smartphone age. J Youth Adolesc. 2015;44(2):405-18. doi: 10.1007/s10964-014-0176-x.

11.) 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;110(5):1432-8. doi: 10.1152/japplphysiol.00165.2011

12.) Münch M, Kobialka S, Steiner R, Oelhafen P, Wirz-Justice A, Cajochen C. Wavelength-dependent effects of evening light exposure on sleep architecture and sleep EEG power density in men. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol;290(5):R1421-8. doi: 10.1152/ajpregu.00478.2005.

13.) Vandewalle G, Maquet P, Dijk DJ. Light as a modulator of cognitive brain function. Trends Cogn Sci. 2009;13(10):429-38. doi: 10.1016/j.tics.2009.07.004.

14.) Brainard GC, Hanifin JP, Warfield B, Stone MK, James ME, Ayers M, Kubey A, Byrne B, Rollag M. Short-wavelength enrichment of polychromatic light enhances human melatonin suppression potency. J Pineal Res. 2015;58(3):352-61. doi: 10.1111/jpi.12221.

15.) Cho JR, Joo EY, Koo DL, Hong SB. Let there be no light: the effect of bedside light on sleep quality and background electroencephalographic rhythms. Sleep Med. 2013;14(12):1422-5. doi: 10.1016/j.sleep.2013.09.007.

16.) Higuchi S, Motohashi Y, Liu Y, Ahara M, Kaneko Y. Effects of VDT tasks with a bright display at night on melatonin, core temperature, heart rate, and sleepiness. J Appl Physiol (1985). 2003;94(5):1773-6. doi: 10.1152/japplphysiol.00616.2002.

17.) Sroykham W, Wongsawat Y. Effects of LED-backlit computer screen and emotional selfregulation on human melatonin production. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. 2013;2013:1704-7. doi: 10.1109/EMBC.2013.6609847.

18.) S Rahman SA, Flynn-Evans EE, Aeschbach D, Brainard GC, Czeisler CA, Lockley SW. Diurnal spectral sensitivity of the acute alerting effects of light. Sleep. 2014 Feb 1;37(2):271-81. doi: 10.5665/sleep.3396.

19.) Rahman SA, Kayumov L, Tchmoutina EA, Shapiro CM. Clinical efficacy of dim light melatonin onset testing in diagnosing delayed sleep phase syndrome. Sleep Med. 2009;10(5):549-55. doi: 10.1016/j.sleep.2008.03.020.

20.) Rodríguez-Morilla B, Madrid JA, Molina E, Correa A. Blue-Enriched White Light Enhances Physiological Arousal But Not Behavioral Performance during Simulated Driving at Early Night. Front Psychol. 2017;8:997. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00997.

21.) Exelmans L, Van den Bulck J. Bedtime mobile phone use and sleep in adults. Soc Sci Med. 2016;148:93-101. doi: 10.1016/j.socscimed.2015.11.037.

22.) Woods HC, Scott H. #Sleepyteens: Social media use in adolescence is associated with poor sleep quality, anxiety, depression and low self-esteem. J Adolesc. 2016;51:41-9. doi: 10.1016/j.adolescence.2016.05.008.

23.) Tosini G, Ferguson I, Tsubota K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. Mol Vis. 2016;22:61-72.

24.) Bailes HJ, Lucas RJ. Melanopsin and inner retinal photoreception. Cell Mol Life Sci. 2010;67(1):99-111. doi: 10.1007/s00018-009-0155-7.

25.) Hannibal J, Christiansen AT, Heegaard S, Fahrenkrug J, Kiilgaard JF. Melanopsin expressing human retinal ganglion cells: Subtypes, distribution, and intraretinal connectivity. J Comp Neurol. 2017;525(8):1934-1961. doi: 10.1002/cne.24181.

26.) Hellhammer DH, Wüst S, Kudielka BM. Salivary cortisol as a biomarker in stress research. Psychoneuroendocrinology. 2009;34(2):163-171. doi: 10.1016/j.psyneuen.2008.10.026.

27.) Pruessner JC, Wolf OT, Hellhammer DH, Buske-Kirschbaum A, von Auer K, Jobst S, Kaspers F, Kirschbaum C. Free cortisol levels after awakening: a reliable biological marker for the assessment of adrenocortical activity. Life Sci. 1997;61(26):2539-49. doi: 10.1016/s0024-3205(97)01008-4.

28.) Wilhelm I, Born J, Kudielka BM, Schlotz W, Wüst S. Is the cortisol awakening rise a response to awakening? Psychoneuroendocrinology. 2007;32(4):358-66. doi: 10.1016/j.psyneuen.2007.01.008.

29.) Schmidt C, Xhrouet M, Hamacher M, Delloye E, LeGoff C, Cavalier E, Collette F, Vandewalle G. Light exposure via a head-mounted device suppresses melatonin and improves vigilant attention without affecting cortisol and comfort. Psych J. 2018;7(4):163-175. doi: 10.1002/pchj.215.

30.) Leproult R, Colecchia EF, L'Hermite-Balériaux M, Van Cauter E. Transition from dim to bright light in the morning induces an immediate elevation of cortisol levels. J Clin Endocrinol Metab. 2001;86(1):151-7. doi: 10.1210/jcem.86.1.7102.

31.) Cajochen C, Kräuchi K, Wirz-Justice A. Role of melatonin in the regulation of human circadian rhythms and sleep. J Neuroendocrinol. 2003;15(4):432-7. doi: 10.1046/j.1365-2826.2003.00989.

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;110(5):1432-8. doi: 10.1152/japplphysiol.00165.2011.

33.) 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;56(1):113-9. doi: 10.1016/j.jadohealth.2014.08.002.

34.) Münch M, Nowozin C, Regente J, Bes F, De Zeeuw J, Hädel S, Wahnschaffe A, Kunz D. Blue-Enriched Morning Light as a Countermeasure to Light at the Wrong Time: Effects on Cognition, Sleepiness, Sleep, and Circadian Phase. Neuropsychobiology. 2016;74(4):207-218. doi: 10.1159/000477093.

35.) Chellappa SL, Steiner R, Oelhafen P, Lang D, Götz T, Krebs J, Cajochen C. Acute exposure to evening blue-enriched light impacts on human sleep. J Sleep Res. 2013;22(5):573-80. doi: 10.1111/jsr.12050.

36.) Grønli J, Byrkjedal IK, Bjorvatn B, Nødtvedt Ø, Hamre B, Pallesen S. Reading from an iPad or from a book in bed: the impact on human sleep. A randomized controlled crossover trial. Sleep Med. 2016;21:86-92. doi: 10.1016/j.sleep.2016.02.006.

37.) Chinoy ED, Duffy JF, Czeisler CA. Unrestricted evening use of light-emitting tablet computers delays self-selected bedtime and disrupts circadian timing and alertness. Physiol Rep. 2018;6(10):e13692. doi: 10.14814/phy2.13692.

38.) Chang AM, Aeschbach D, Duffy JF, Czeisler CA. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. Proc Natl Acad Sci U S A. 2015;112(4):1232-7. doi: 10.1073/pnas.1418490112.

39.) Carter B, Rees P, Hale L, Bhattacharjee D, Paradkar MS. Association Between Portable Screen-Based Media Device Access or Use and Sleep Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis. JAMA Pediatr. 2016;170(12):1202-1208. doi: 10.1001/jamapediatrics.2016.2341.

40.) Green A, Cohen-Zion M, Haim A, Dagan Y. Evening light exposure to computer screens disrupts human sleep, biological rhythms, and attention abilities. Chronobiol Int. 2017;34(7):855-865. doi: 10.1080/07420528.2017.1324878.

41.) Irish LA, Kline CE, Gunn HE, Buysse DJ, Hall MH. The role of sleep hygiene in promoting public health: A review of empirical evidence. Sleep Med Rev. 2015;22:23-36. doi: 10.1016/j.smrv.2014.10.001.

42.) Perez Algorta G, Van Meter A, Dubicka B, Jones S, Youngstrom E, Lobban F. Blue blocking glasses worn at night in first year higher education students with sleep complaints: a feasibility study. Pilot Feasibility Stud. 2018;4:166. doi: 10.1186/s40814-018-0360-y.

43.) Burkhart K, Phelps JR. Amber lenses to block blue light and improve sleep: a randomized trial. Chronobiol Int. 2009;26(8):1602-12. doi: 10.3109/07420520903523719.

44.) 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. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. 2010;34(7):1236-42. doi: 10.1016/j.pnpbp.2010.06.027.

45.) Rahman SA, St Hilaire MA, Lockley SW. The effects of spectral tuning of evening ambient light on melatonin suppression, alertness and sleep. Physiol Behav. 2017;177:221-229. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.05.002.

46.) Ayaki M, Hattori A, Maruyama Y, Nakano M, Yoshimura M, Kitazawa M, Negishi K, Tsubota K. Protective effect of blue-light shield eyewear for adults against light pollution from self-luminous devices used at night. Chronobiol Int. 2016;33(1):134-9. doi: 10.3109/07420528.2015.1119158.

47.) Heo JY, Kim K, Fava M, Mischoulon D, Papakostas GI, Kim MJ, Kim DJ, Chang KJ, Oh Y, Yu BH, Jeon HJ. Effects of smartphone use with and without blue light at night in healthy adults: A randomized, double-blind, cross-over, placebo-controlled comparison. J Psychiatr Res. 2017;87:61-70. doi: 10.1016/j.jpsychires.2016.12.010.

48.) Zimmerman ME, Kim MB, Hale C, Westwood AJ, Brickman AM, Shechter A. Neuropsychological Function Response to Nocturnal Blue Light Blockage in Individuals With Symptoms of Insomnia: A Pilot Randomized Controlled Study. J Int Neuropsychol Soc. 2019;25(7):668-677. doi: 10.1017/S1355617719000055.

49.) Heath M, Sutherland C, Bartel K, Gradisar M, Williamson P, Lovato N, Micic G. Does one hour of bright or short-wavelength filtered tablet screenlight have a meaningful effect on adolescents' pre-bedtime alertness, sleep, and daytime functioning? Chronobiol Int. 2014;31(4):496-505. doi: 10.3109/07420528.2013.872121.

50.) Höhn C, Schmid SR, Plamberger CP, Bothe K, Angerer M, Gruber G, Pletzer B, Hoedlmoser K. Preliminary Results: The Impact of Smartphone Use and Short-Wavelength Light during the Evening on Circadian Rhythm, Sleep and Alertness. Clocks Sleep. 2021;3(1):66-86. doi: 10.3390/clockssleep3010005.

51.) Claustrat B, Leston J. Melatonin: Physiological effects in humans. Neurochirurgie. 2015;61(2-3):77-84. doi: 10.1016/j.neuchi.2015.03.002.

52.) Pistollato F, Sumalla Cano S, Elio I, Masias Vergara M, Giampieri F, Battino M. Associations between Sleep, Cortisol Regulation, and Diet: Possible Implications for the Risk of Alzheimer Disease. Adv Nutr. 2016;7(4):679-89. doi: 10.3945/an.115.011775.

53.) Federenko I, Wüst S, Hellhammer DH, Dechoux R, Kumsta R, Kirschbaum C. Free cortisol awakening responses are influenced by awakening time. Psychoneuroendocrinology. 2004;29(2):174-84. doi: 10.1016/s0306-4530(03)00021-0.

54.) Hirshkowitz M, Whiton K, Albert SM, Alessi C, Bruni O, DonCarlos L, Hazen N, Herman J, Katz ES, Kheirandish-Gozal L, Neubauer DN, O'Donnell AE, Ohayon M, Peever J, Rawding R, Sachdeva RC, Setters B, Vitiello MV, Ware JC, Adams Hillard PJ. National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. Sleep Health. 2015;1(1):40-43. doi: 10.1016/j.sleh.2014.12.010.

55.) Driller M, Uiga L. The influence of night-time electronic device use on subsequent sleep and propensity to be physically active the following day. Chronobiol Int. 2019;36(5):717-724. doi: 10.1080/07420528.2019.1588287.

56.) Mortazavi SAR, Parhoodeh S, Hosseini MA, Arabi H, Malakooti H, Nematollahi S, Mortazavi G, Darvish L, Mortazavi SMJ. Blocking Short-Wavelength Component of the Visible Light Emitted by Smartphones' Screens Improves Human Sleep Quality. J Biomed Phys Eng. 2018;8(4):375-380.

57.) Driller MW, Jacobson G, Uiga L. Hunger hormone and sleep responses to the built-in blue-light filter on an electronic device: a pilot study. Sleep Sci. 2019;12(3):171-177. doi: 10.5935/1984-0063.20190074.

58.) Masters A, Pandi-Perumal SR, Seixas A, Girardin JL, McFarlane SI. Melatonin, the Hormone of Darkness: From Sleep Promotion to Ebola Treatment. Brain Disord Ther. 2014;4(1):1000151. doi: 10.4172/2168-975X.1000151.

59.) Rocha CS, Rato L, Martins AD, Alves MG, Oliveira PF. Melatonin and male reproductive health: relevance of darkness and antioxidant properties. Curr Mol Med. 2015;15(4):299-311. doi: 10.2174/1566524015666150505155530.

60.) Brainard GC, Lewy AJ, Menaker M, Fredrickson RH, Miller LS, Weleber RG, Cassone V, Hudson D. Dose-response relationship between light irradiance and the suppression of plasma melatonin in human volunteers. Brain Res. 1988;454(1-2):212-8. doi: 10.1016/0006-8993(88)90820-7.

61.) Wood B, Rea MS, Plitnick B, Figueiro MG. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. Appl Ergon. 2013;44(2):237-40. doi: 10.1016/j.apergo.2012.07.008.

62.) Figueiro MG, Bierman A, Rea MS. Retinal mechanisms determine the subadditive response to polychromatic light by the human circadian system. Neurosci Lett. 2008;438(2):242-5. doi: 10.1016/j.neulet.2008.04.055.

63.) Figueiro MG, Bullough JD, Bierman A, Fay CR, Rea MS. On light as an alerting stimulus at night. Acta Neurobiol Exp (Wars). 2007;67(2):171-8.

64.) Figueiro MG, Bullough JD, Parsons RH, Rea MS. Preliminary evidence for a change in spectral sensitivity of the circadian system at night. J Circadian Rhythms. 2005; 3:14. doi: 10.1186/1740-3391-3-14.

65.) Nagare R, Plitnick B, Figueiro MG. Effect of exposure duration and light spectra on nighttime melatonin suppression in adolescents and adults. Light Res Technol. 2019;51(4):530-543. doi: 10.1177/1477153518763003.

66.) Papamichael C, Skene DJ, Revell VL. Human nonvisual responses to simultaneous presentation of blue and red monochromatic light. J Biol Rhythms. 2012;27(1):70-8. doi: 10.1177/0748730411431447.

67.) Figueiro MG, Rea MS. The effects of red and blue lights on circadian variations in cortisol, alpha amylase, and melatonin. Int J Endocrinol. 2010; 829351. doi: 10.1155/2010/829351. Epub 2010 Jun 24.

68.) Motamedzadeh M, Golmohammadi R, Kazemi R, Heidarimoghadam R. The effect of blue-enriched white light on cognitive performances and sleepiness of night-shift workers: A field study. Physiol Behav. 2017;177:208-214. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.05.008.

69.) Figueiro MG, Bierman A, Plitnick B, Rea MS. Preliminary evidence that both blue and red light can induce alertness at night. BMC Neurosci. 2009;10:105. doi: 10.1186/1471-2202-10-105.

70.) Figueiro MG, Plitnick B, Rea MS. Pulsing blue light through closed eyelids: effects on acute melatonin suppression and phase shifting of dim light melatonin onset. Nat Sci Sleep. 2014;6:149-56. doi: 10.2147/NSS.S73856.

71.) Figueiro MG, Rea MS, Bullough JD. Circadian effectiveness of two polychromatic lights in suppressing human nocturnal melatonin. Neurosci Lett. 2006;406(3):293-7. doi: 10.1016/j.neulet.2006.07.069.

72.) Smith MR, Eastman CI. Phase delaying the human circadian clock with blue-enriched polychromatic light. Chronobiol Int. 2009;26(4):709-25. doi:10.1080/07420520902927742.

73.) Revell VL, Molina TA, Eastman CI. Human phase response curve to intermittent blue light using a commercially available device. J Physiol. 2012 Oct 1;590(19):4859-68. doi: 10.1113/jphysiol.2012.235416.

74.) Knaier R, Schäfer J, Rossmeissl A, Klenk C, Hanssen H, Höchsmann C, Cajochen C, Schmidt-Trucksäss A. Effects of bright and blue light on acoustic reaction time and maximum handgrip strength in male athletes: a randomized controlled trial. Eur J Appl Physiol. 2017;117(8):1689-1696. doi: 10.1007/s00421-017-3659-0.

75.) Sasseville A, Paquet N, Sévigny J, Hébert M. Blue blocker glasses impede the capacity of bright light to suppress melatonin production. J Pineal Res. 2006 Aug;41(1):73-8. doi: 10.1111/j.1600-079X.2006.00332.x.

76.) Zerbini G, Kantermann T, Merrow M. Strategies to decrease social jetlag: Reducing evening blue light advances sleep and melatonin. Eur J Neurosci. 2020;51(12):2355-2366. doi: 10.1111/ejn.14293.

77.) Nagai N, Ayaki M, Yanagawa T, Hattori A, Negishi K, Mori T, Nakamura TJ, Tsubota K. Suppression of Blue Light at Night Ameliorates Metabolic Abnormalities by Controlling Circadian Rhythms. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2019;60(12):3786-3793. doi: 10.1167/iovs.19-27195.

78.) Esaki Y, Kitajima T, Ito Y, Koike S, Nakao Y, Tsuchiya A, Hirose M, Iwata N. Wearing blue light-blocking glasses in the evening advances circadian rhythms in the patients with delayed sleep phase disorder: An open-label trial. Chronobiol Int. 2016;33(8):1037-44. doi: 10.1080/07420528.2016.1194289.

79.) Esaki Y, Takeuchi I, Tsuboi S, Fujita K, Iwata N, Kitajima T. A double-blind, randomized, placebo-controlled trial of adjunctive blue-blocking glasses for the treatment of sleep and circadian rhythm in patients with bipolar disorder. Bipolar Disord. 2020;22(7):739-748. doi: 10.1111/bdi.12912.

80.) Henriksen TEG, Grønli J, Assmus J, Fasmer OB, Schoeyen H, Leskauskaite I, Bjorke-Bertheussen J, Ytrehus K, Lund A. Blue-blocking glasses as additive treatment for mania: Effects on actigraphy-derived sleep parameters. J Sleep Res. 2020;29(5):e12984. doi: 10.1111/jsr.12984.

81.) Krishnan B, Sanjeev RK, Latti RG. Quality of Sleep Among Bedtime Smartphone Users. Int J Prev Med. 2020;11:114. doi: 10.4103/ijpvm.IJPVM_266_19.

82.) Šmotek M, Fárková E, Manková D, Kopřivová J. Evening and night exposure to screens of media devices and its association with subjectively perceived sleep: Should "light hygiene" be given more attention? Sleep Health. 2020;6(4):498-505. doi: 10.1016/j.sleh.2019.11.007.

83.) Rafique N, Al-Asoom LI, Alsunni AA, Saudagar FN, Almulhim L, Alkaltham G. Effects of Mobile Use on Subjective Sleep Quality. Nat Sci Sleep. 2020;12:357-364. doi: 10.2147/NSS.S253375.

84.) Zerbini G, Kantermann T, Merrow M. Strategies to decrease social jetlag: Reducing evening blue light advances sleep and melatonin. Eur J Neurosci. 2020;51(12):2355-2366. doi: 10.1111/ejn.14293.

85.) Janků K, Šmotek M, Fárková E, Kopřivová J. Block the light and sleep well: Evening blue light filtration as a part of cognitive behavioral therapy for insomnia. Chronobiol Int. 2020;37(2):248-259. doi: 10.1080/07420528.2019.1692859.

86.) Jniene A, Errguig L, El Hangouche AJ, Rkain H, Aboudrar S, El Ftouh M, Dakka T. Perception of Sleep Disturbances due to Bedtime Use of Blue Light-Emitting Devices and Its Impact on Habits and Sleep Quality among Young Medical Students. Biomed Res Int. 2019;2019:7012350. doi: 10.1155/2019/7012350.

87.) Smilowska K, van Wamelen DJ, Schoutens AMC, Meinders MJ, Bloem BR. Blue Light Therapy Glasses in Parkinson's Disease: Patients' Experience. Parkinsons Dis. 2019 Jun 18;2019:1906271. doi: 10.1155/2019/1906271.

88.) Van der Maren S, Moderie C, Duclos C, Paquet J, Daneault V, Dumont M. Daily Profiles of Light Exposure and Evening Use of Light-emitting Devices in Young Adults Complaining of a Delayed Sleep Schedule. J Biol Rhythms. 2018;33(2):192-202. doi: 10.1177/0748730418757007.

89.) Shechter A, Kim EW, St-Onge MP, Westwood AJ. Blocking nocturnal blue light for insomnia: A randomized controlled trial. J Psychiatr Res. 2018;96:196-202. doi: 10.1016/j.jpsychires.2017.10.015.

90.) Moderie C, Van der Maren S, Dumont M. Circadian phase, dynamics of subjective sleepiness and sensitivity to blue light in young adults complaining of a delayed sleep schedule. Sleep Med. 2017;34:148-155. doi: 10.1016/j.sleep.2017.03.021.

91.) Figueiro MG. Individually tailored light intervention through closed eyelids to promote circadian alignment and sleep health. Sleep Health. 2015;1(1):75-82. doi: 10.1016/j.sleh.2014.12.009.

92.) Kayaba M, Iwayama K, Ogata H, Seya Y, Kiyono K, Satoh M, Tokuyama K. The effect of nocturnal blue light exposure from light-emitting diodes on wakefulness and energy metabolism the following morning. Environ Health Prev Med. 2014;19(5):354-61. doi: 10.1007/s12199-014-0402-x.

93.) Beaven CM, Ekström J. A comparison of blue light and caffeine effects on cognitive function and alertness in humans. PLoS One. 2013;8(10):e76707. doi: 10.1371/journal.pone.0076707.

94.) Figueiro MG, Bierman A, Rea MS. A train of blue light pulses delivered through closed eyelids suppresses melatonin and phase shifts the human circadian system. Nat Sci Sleep. 2013;5:133-41. doi: 10.2147/NSS.S52203.

95.) Sahin L, Figueiro MG. Alerting effects of short-wavelength (blue) and long-wavelength (red) lights in the afternoon. Physiol Behav. 2013;116-117:1-7. doi: 10.1016/j.physbeh.2013.03.014.

96.) Appleman K, Figueiro MG, Rea MS. Controlling light-dark exposure patterns rather than sleep schedules determines circadian phase. Sleep Med. 2013;14(5):456-61. doi: 10.1016/j.sleep.2012.12.011.

97.) Figueiro MG, Wood B, Plitnick B, Rea MS. The impact of light from computer monitors on melatonin levels in college students. Neuro Endocrinol Lett. 2011;32(2):158-63.

98.) 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. Sci Transl Med. 2010;2(31):31ra33. doi: 10.1126/scitranslmed.3000741.

99.) Phipps-Nelson J, Redman JR, Schlangen LJ, Rajaratnam SM. Blue light exposure reduces objective measures of sleepiness during prolonged nighttime performance testing. Chronobiol Int. 2009;26(5):891-912. doi: 10.1080/07420520903044364.

100.) Phelps J. Dark therapy for bipolar disorder using amber lenses for blue light blockade. Med Hypotheses. 2008;70(2):224-9. doi: 10.1016/j.mehy.2007.05.026.

Obrázky:

101.) Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71