

Fototerapie plnospektrálním světlem pro podporu psychického zdraví

metodika certifikovaná Ministerstvem zdravotnictví

Předkladatel: Národní ústav duševního zdraví

Místo zpracování: Klecany

Datum: 10. 1. 2024, revize 19. 9. 2025

Autorský tým:

PhDr. Jana Kopřivová, Ph.D.

Ing. arch. Lenka Maierová, Ph.D.

Mgr. Kateřina Červená, Ph.D.

doc. RNDr. Zdeňka Bendová, Ph.D.

Kontakt:

jana.koprivova@nudz.cz

tel.: 283 088 474

Oponenti:

doc. MUDr. Martin Anders, Ph.D.

Psychiatrická klinika 1. LF UK a VFN v Praze

Ke Karlovu 11, Praha 2

Mgr. Tatiana Malatincová, Ph.D.

Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

Ústav lékařské psychologie a etiky

Kamenice 5, Brno

Financování: Certifikovaná metodika vznikla v rámci činnosti Národního ústavu duševního zdraví, příspěvkové organizace Ministerstva zdravotnictví, za finanční podpory projektu TA ČR FW02020025, který byl řešen ve spolupráci s Univerzitním centrem energeticky efektivních budov ČVUT (spolupříjemce) a firmou Spectrasol s.r.o. (hlavní příjemce).

Abstrakt:

Předmětem navrhované metodiky je popis zásad a způsobu využití pomůcek pro chronobiologickou fototerapii v oblasti psychiatrie a podpory psychického zdraví. Metodika navazuje na stávající doporučení platná v České republice i v zahraničí a rozšiřuje je o poznatky o neobrazovém vnímání světla a možnosti nových LED technologií. Metodika se mj. zaměřuje na popis způsobu stanovení biologické účinnosti konkrétních fototerapeutických pomůcek dle recentního mezinárodního standardu CIE S 026/E:2018 [1]. Biologická účinnost vyjádřená jako melanopický ekvivalent denního světla (melanopic daylight equivalent, mEDI) se v současné době dostává do popředí zájmu mezinárodní odborné komunity, neboť moderní LED technologie umožňuje vytvářet na pohled bílé fototerapeutické světlo různého spektrálního složení, a tím pádem také různé biologické účinnosti. Navrhovaná metodika tuto skutečnost reflektuje v doporučených postupech, v nichž dále zmiňuje způsob využití velkoplošných a přenosných fototerapeutických pomůcek. Jejich přednosti a nevýhody popisuje jak obecně, tak i na příkladu fototerapeutických pomůcek, které jsme společně s partnery vyvinuli a otestovali v rámci vlastního výzkumu (TA ČR FW02020025) v Národním ústavu duševního zdraví.

Obsah

Východiska	1
Historie chronobiologické fototerapie a její indikace	1
Mechanismus účinku chronobiologické fototerapie.....	1
Chronobiologická fototerapie v současném zdravotnictví	2
Cíle metodiky	3
Fototerapeutická svítidla a jejich biologická účinnost	3
První fototerapeutická svítidla pro laboratorní použití.....	5
Tradiční fototerapeutická svítidla	5
LED terapeutická svítidla.....	7
Současná pokročilá LED technologie.....	9
Technické vybavení použité v této metodice	10
Světelná sauna	10
Světelný kufr.....	12
Srovnání melanopické účinnosti fototerapeutických pomůcek	12
Postup určení cílových hodnot pro fototerapeutické intervence.....	14
Význam prostorového řešení a velikosti svítivé plochy	15
Stabilní velkoplošné světelné zdroje	15
Přenosné světelné zdroje.....	15
Zajištění zrakového komfortu pomocí prostorového řešení	15
Shrnutí.....	16
Doporučené postupy.....	17
Obecné principy práce s fototerapeutickými pomůckami	17
Metodika práce se Světelnou saunou	20
Metodika práce se Světelným kufrem	21
Další doporučení, možné nežádoucí účinky a kontraindikace.....	22
Rizika spojená s nedodržením metodiky	23
Příklady aplikačního využití metodiky.....	23
Využití Světelné sauny v lůžkových zařízeních a zařízeních denní docházky.....	24
Jednorázové či občasné využití Světelné sauny stabilizovanými pacienty s psychotickými poruchami	24
Pravidelné využívání Světelné sauny hospitalizovanými pacienty s úzkostnými poruchami.....	25
Využití Světelného kufru v domácím prostředí	26
Předpokládání uživatelé metodiky v praxi	27
Shrnutí a závěr.....	28
Seznam použité literatury.....	29

Východiska

Střídání světla a tmy, vysoká intenzita denního světla a proměny jeho spektrálního složení provázejí organismy na Zemi od počátku vzniku života před 4 - 4,5 miliardami let. Světlo se proto stalo vysoce významným signálem z vnějšího prostředí, který ovlivňuje fyziologické procesy všech organismů, a samozřejmě také člověka. Kromě toho, že prostřednictvím tyčinek a čípků v sítnici umožňuje obrazové vidění, je nejvýznamnějším synchronizátorem biologických hodin a také přímo ovlivňuje oblasti mozku regulující náladu, kognitivní funkce i spánek. Toto tzv. neobrazové "vidění" je zprostředkováno třetím typem fotoreceptorů v sítnici, tzv. vnitřně fotosenzitivními retinálními gangliovými buňkami (intrinsically photosensitive retinal ganglion cells, ipRGC) [2].

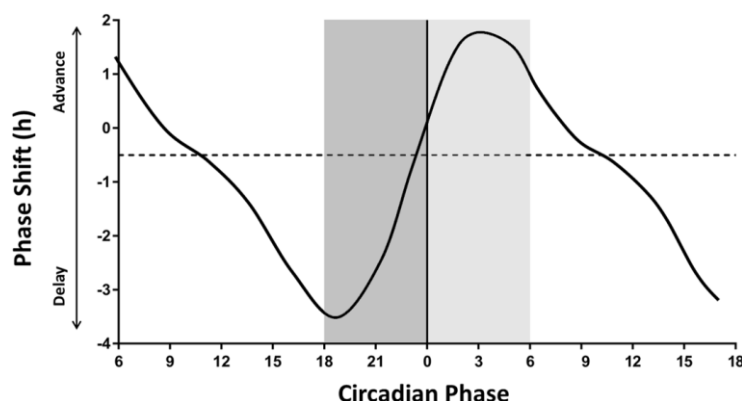
Historie chronobiologické fototerapie a její indikace

Přestože zmínky o tom, že světlo v léčbě duševně nemocných prospívá, jsou známy již ze starověku, fototerapie (chronobiologická fototerapie, terapie jasným světlem, BLT, z angl. "bright light therapy") se jako vědecká a léčebná metoda začala používat v 80. letech 20. století u sezónní afektivní poruchy (SAD) [3, 4]. Dnes je u této diagnózy považována za léčebnou metodu první volby [5] a meta-analýzy potvrzují její účinnost i u nesezónní deprese, přičemž velikost účinku je srovnatelná s velikostí účinku antidepresiv [6, 7]. Léčbu světlem je také možné kombinovat s další psychologickou nebo farmakologickou léčbou [8]. Na rozdíl od konvenčně používané farmakoterapie přináší fototerapie signifikantní zlepšení v řádu dnů [5, 9], a může proto pomoci překlenout dlouhou latenci nástupu účinku antidepresiv. Kromě léčby deprese, je fototerapie také považována za efektivní metodu léčby poruch cirkadiánního rytmu spánku a bdění [10] a úspěšně byla aplikována u řady dalších diagnóz - bipolární deprese [11], premenstruační dysforické poruchy [12], perinatální deprese [13, 14], hraniční poruchy osobnosti s komorbidní depresí [9], Parkinsonovy choroby [15], Alzheimerovy choroby [16] aj.

Mechanismus účinku chronobiologické fototerapie

Mechanismus působení chronobiologické fototerapie je zprostředkován cestou ipRGC. Tyto buňky tvoří část zrakového nervu a jejich výběžky ovlivňují celou řadu oblastí mozku. Dominantní část vede do oblasti hypotalamu, která řídí cirkadiánní rytmy (suprachiasmatická jádra, SCN). Další odbočky vedou do oblastí mozku regulujících spánek (ventrolaterální preoptická jádra), kognici i náladu (amygdala, perihabenula) [2]. IpRGC buňky sice dostávají signály z tyčinek a čípků, obsahují ale také vlastní fotopigment melanopsin, jehož citlivost je vyladěna na světlo o krátkých vlnových délkách s vrcholem citlivosti kolem 480 nm (modrá část spektra) [17]. Toto uspořádání zajišťuje, že světlo v modrém spektru i při velice nízké intenzitě vyvolá vyšší odezvu v cílových strukturách než světlo absorbované tyčinkami a čípkami.

Vliv světla na aktivitu cirkadiánních hodin (SCN) je tzv. "vrátkován". To znamená, že světlo má jinou účinnost ráno, jinou ve dne a jinou večer. Směr a velikost fázových posunů jako funkce času působení světla se vyjadřuje fázově responzní křivkou (obr. 1).



Obr. 1: Fázově responzní křivka ukazuje, že velikost a směr posunu cirkadiánního rytmu závisí na načasování světelného pulzu. Kladné hodnoty na ose y naznačují fázové předběhnutí a záporné hodnoty naznačují fázové zpoždění. Nula na ose x představuje dobu minimální tělesné teploty, která u člověka nastává v průměru mezi 3. a 4. hodinou ranní. Tmavě šedý pruh označuje "zónu zpoždění", která zahrnuje cirkadiánní čas, při kterém světlo vyvolá maximální prodloužení cirkadiánní periody. Světle šedý pruh představuje "zónu předběhnutí" a zahrnuje čas, při kterém světlo vyvolá maximální zkrácení cirkadiánní periody [18].

Cirkadiánní hodiny člověka běží s geneticky podmíněnou periodou, která je typicky o něco delší než je 24h délka solárního cyklu, podle kterého se nastavuje sociální, konvenční čas. U zdravých jedinců stačí expozice dennímu světlu v průběhu dne k tomu, aby se tento vnitřní čas synchronizoval pomocí fázových posunů se solárním cyklem, a upravila se tak délka jeho endogenní periody. Narušená synchronizace mezi hlavním pacemakerem v SCN a periferními hodinami v jiných strukturách mozku a periferních orgánech či málo účinná světelná synchronizace bývají průvodními jevy mnoha psychiatrických i jiných onemocnění, a mohou být primární příčinou vzniku některých poruch. V těchto případech funguje fototerapie jako zesílený synchronizační signál, který upravuje fázi, periodu i amplitudu cirkadiánních rytmů, a v důsledku zlepšuje symptomy a urychluje léčbu, zejména psychiatrických onemocnění [19]. U osob s narušeným cirkadiánním systémem je fázově responzní křivka užitečný nástroj, který pomůže najít optimální čas pro fototerapii tak, aby bylo docíleno maximálního očekávaného efektu. Vzhledem k tomu, že pro člověka je ranní světlo zásadní pro úpravu vnitřní, dlouhé periody, bývají ranní hodiny i pro aplikaci světelné intervence první volbou.

Kromě synchronizačního působení fototerapie na cirkadiánní systém je pravděpodobným účinkem světla také přímý vliv na další struktury mozku regulující náladu. Buňky ipRGC projikují mj. do perihabenulárního jádra, propojeného s laterální habenulou, jejíž neuronální aktivita je výrazně změněna u pacientů s depresí i jinými formami psychiatrických onemocnění [20]. Světlo také prostřednictvím ipRGC a jejich nepřímého působení na příslušné neurony v mozkovém kmeni (cestou laterální habenuly a dorzomediálního jádra hypotalamu) bezprostředně ovlivňuje serotonergní, dopaminerní a noradrenergní neurotransmisi [21].

Chronobiologická fototerapie v současném zdravotnictví

Podrobný manuál pro fototerapii v klinické praxi, který se stal mezinárodním zlatým standardem, byl napsán švýcarskými psychiatry, spoluzakladateli oboru, a dočkal se již druhého vydání [9]. V České

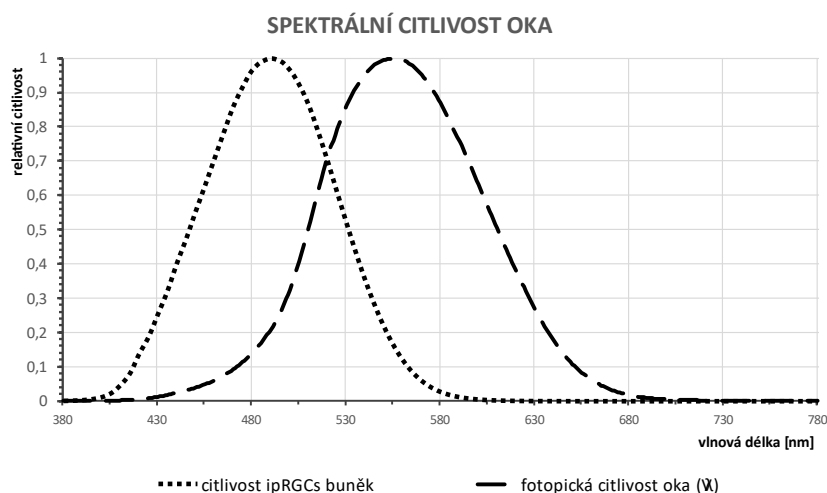
republiky je v souladu se zmíněným manuálem fototerapie definována v aktuálně platném Seznamu zdravotních výkonů v rámci chronobiologické léčby (Registrační list 35115 - Chronobiologická léčba [22]) a dále v Doporučených postupech psychiatrické péče IV. vydaných Psychiatrickou společností ČLS JEP (kapitola Biologická léčba – fototerapie [23]), přičemž je pojímána jako prostředek k léčbě či augmentační léčbě depresivní epizody [23]. Fototerapeutické světlo je ve všech dokumentech definováno jako širokospektré či plnospektrální bílé světlo s vysokou intenzitou určenou fotopickými luxy (2500 - 10000 lx dle švýcarského manuálu a Seznamu zdravotních výkonů a 5000 - 10000 lx dle Doporučených postupů). Pro fototerapii se však v praxi využívají různé světelné zdroje, které navzdory stejné intenzitě, mohou mít odlišné spektrální složení. Vzhledem k tomu, že ipRGC, které účinek fototerapie zprostředkovávají, jsou nejcitlivější v oblasti kolem 480 nm, hraje spektrum světla z hlediska účinku fototerapie zásadní roli a mělo by rovněž být kvantifikováno.

Cíle metodiky

Jedním z cílů této metodiky je popsat postup stanovení biologické účinnosti světla dle recentního mezinárodního standardu CIE S 026/E:2018 [1] a na příkladu konkrétních fototerapeutických pomůcek ukázat, jak s výpočtem v praxi pracovat. Dalším cílem je popsat konkrétní postupy aplikačního využití velkoplošných a přenosných fototerapeutických pomůcek, a to jak obecně, tak zejména na příkladu pomůcek, které jsme společně s partnery vyvinuli a otestovali v rámci vlastního výzkumu (TA ČR FW02020025) v Národním ústavu duševního zdraví.

Fototerapeutická svítidla a jejich biologická účinnost

V metodických pokynech stávajících fototerapeutických svítidel je pro dosažení účinnosti terapie určen světlený výkon, kterého je třeba dosáhnout. Světlený výkon je zpravidla udáván ve fotometrických jednotkách - luxech, tj. jednotkách popisujících světlo z hlediska jeho působení na zrakový aparát. Standardní měření intenzity světla však vychází z citlivosti čípků – světločivných buněk v oku, které zajišťují barevné vidění a mají nejvyšší citlivost na světlo o vlnové délce kolem 555 nm (viz obr. 2). Pásmo jejich citlivosti jen okrajově zasahuje do oblasti kolem 480 nm, na kterou jsou citlivé ipRGCs buňky a která je tedy významná pro dosažení fototerapeutického účinku. Rozvoj v oblasti světelné techniky a nově dostupné světelné zdroje přinesly velkou variabilitu v kvalitativních parametrech světelných zdrojů. Světlo, které se lidskému zraku jeví jako bílé, může mít velmi různé spektrální složení, a tudíž i různý biologický účinek. Proto je důležité specifikovat parametry světla používaného při fototerapii nejen z hlediska intenzity, ale také z hlediska spektrálního složení.



Obr. 2: Spektrální citlivost oka průměrného pozorovatele (CIE S 026, <https://bit.ly/2T9QLTL> [1]).

Způsob určení biologické účinnosti světelného záření byl definován na základě konsenzu mezioborové skupiny mezinárodních expertů a v roce 2015 přejat do Standardu DIN/TS 5031-100 (Melanopické účinky světla dopadajícího do oka člověka) [24, 25], který zavedl zcela nový metrologický systém, nové veličiny, značky a účinná spektra. Zavedl rovněž novou terminologii používající názvy aktivních opsinů v každém fotoreceptorovém systému (obecně α -opické veličiny) jako analogii k fotometrickým veličinám.

V novém metrologickém systému byl zaveden přívlastek „melanopický“ a vznikly nové parametry:

- Melanopická účinnost světelného záření (**mELR**, melanopic Efficacy of Luminous Radiation), udávaná ve $\text{W}\cdot\text{lm}^{-1}$
- Poměr melanopické účinnosti vůči účinnosti denního světla D65 (**mDER**, melanopic Daylight Efficacy Ratio);
- Melanopický ekvivalent denního světla (**mEDI**, melanopic Equivalent Daylight (D65) Illuminance,) udávaný v luxech

Terminologie byla převzata Mezinárodní agenturou pro osvětlování (International Commission on Illumination, CIE), která v roce 2018 publikovala pravidla pro standardizaci praktických výpočtů [1]. Součástí této publikace je na stránkách CIE veřejně dostupný výpočtový program CIE S 026 Toolbox (<https://bit.ly/2T9QLTL>) pro přepočet radiometrických hodnot světelného záření dle citlivosti 5 typů fotoreceptorů v lidském oku, tedy i pro ipRGC buňky.

Pro praktické použití je důležitým ukazatelem tzv. melanopický ekvivalent denního světla (mEDI), který je nejpřesnějším prediktorem neobrazových (biologických) účinků světla v organismu člověka [26]. Tento parametr vyjadřuje, kolik luxů standardizovaného denního světla s teplotou chromatičnosti 6500 K (D65) by bylo potřeba, aby bylo dosaženo stejné melanopické účinnosti jako u

posuzovaného světelného zdroje. Díky tomu lze porovnávat jednotlivé světelné zdroje nejen vůči sobě navzájem, ale také vůči známému přirozenému vnějšímu prostředí.

První fototerapeutická svítidla pro laboratorní použití

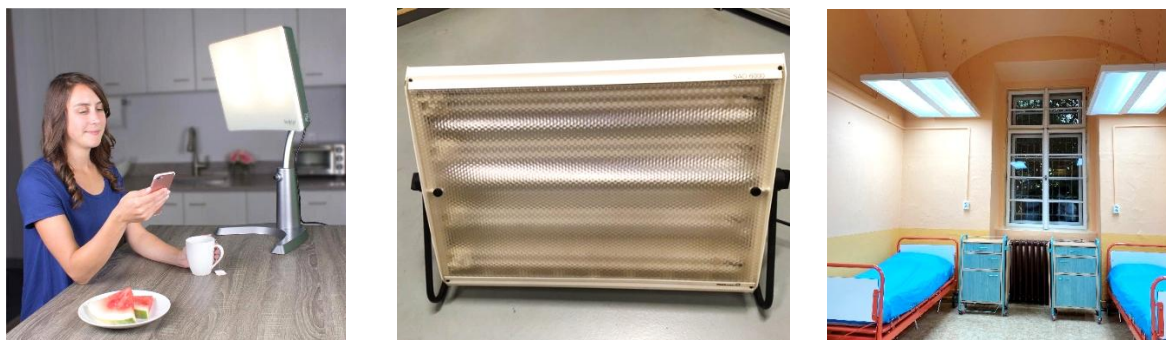
V počátcích terapie jasným světlem v 80. letech 20. století se používalo zářivkové osvětlení. Pozitivní efekt světla se při využití zářivky projevoval významněji než při použití klasické žárovky, v té době jediného dalšího dostupného světelného zdroje. Na rozdíl od klasické žárovky, zářivkové osvětlení umožňovalo sestavit tzv. plnospektrální zdroj světla (viz obr. 3). Toho bylo v laboratořích dosahováno skládáním řady světelných zdrojů různých barev tak, aby po překrytí difuzérem vzniklo bílé světlo. Přesná příčina vyšší účinnosti zářivkového zdroje nebyla tehdy známá, bylo však zřejmé, že kvalita (barva) světla hraje roli. Přesto se účinnost terapie se řídila výhradně (fotopickým) světelným výkonem, tj. množstvím světla dopadajícím do oka pacienta.



Obr. 3: Fototerapeutické svítidlo v univerzitní laboratoři, Groningen, Nizozemí. Různobarevné světelné zdroje jsou seskupeny do jednoho svítidla (vlevo), po překrytí difuzérem vytváří bílé světlo s plnospektrální charakteristikou (vpravo). Foto archiv autorů.

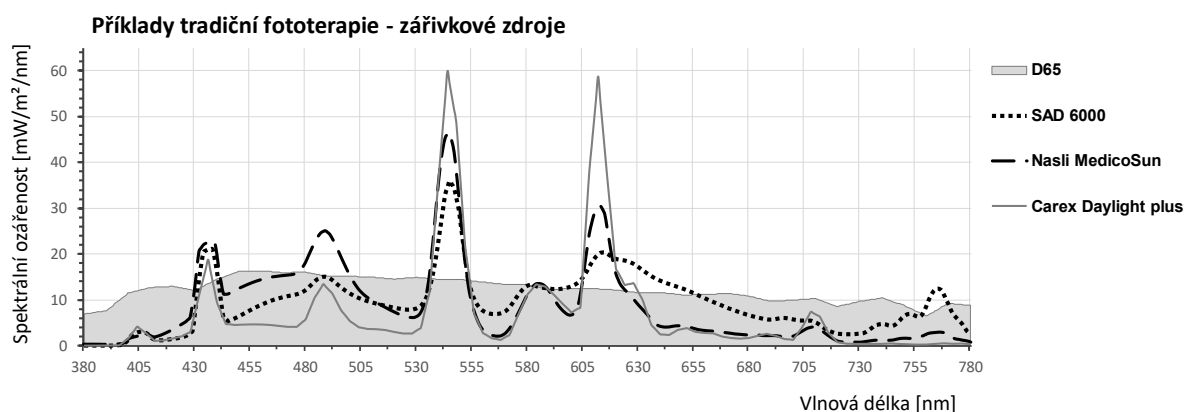
Tradiční fototerapeutická svítidla

Snaha o rozšíření fototerapie mimo vědecké laboratoře přinesla vznik přenosných fototerapeutických boxů a deskových svítidel pro zavěšení. Příkladem jsou terapeutická stolní lampa Carex Daylight plus, výrobce Compass Health Brands Corp., USA, přenosné svítidlo SAD 6000 výrobce Waldmann Medizintechnik, SRN (1997), závěsné svítidlo MedicoSun výrobce Nasli, ČR, viz obr. 4.



Obr. 4: Přenosná terapeutická lampa Carex Daylight plus, USA (vlevo); přenosné fototerapeutické svítidlo SAD 6000, Waldmann Medizintechnik, Německo (uprostřed); instalace svítidel nad lůžky pacientů – MedicoSun, Nasli, ČR (vpravo).

Tradiční fototerapeutické jednotky využívají běžnou technologii třípásmové zářivky se spektrem třídy CIE Fluorescent Illuminant F3.11 (např. Carex Daylight plus). Charakteristickým rysem spektra zářivkového světelného zdroje je nerovnoměrné zastoupení vlnových délek, kdy energie vyzařování v některých oblastech spektra přesahuje mnohonásobně okolní oblasti a na křivce spektrálního grafu vznikají významné vrcholy, viz obr. 5. Tato technologie nedovoluje vytvořit světlo s vyváženým zastoupením vlnových délek, jako je to v přirozeném světle, viz model denního světla D65 v obr. 5. Index podání barev u těchto zdrojů zpravidla dosahuje R_a 80, tj. 80 % barevných vzorků je v tomto světle viděno správně. Pro dosažení vyššího indexu podání barev R_a (vyšší R_a je chápán jako identifikátor kvality pro dosažení plnospektrálního světla) byl v 90. letech minulého století luminofor třípásmové zářivky obohacen prvkem terbiem Tb^{3+} s vrcholem spektrálního výkonu okolo 488 nm. O terbiem obohacené zdroje dosahují díky vyššímu zastoupení krátkých vlnových délek také vyšší melanopické účinnosti (výpočet dle metodiky CIE S 026 [1]), viz spektrum zdroje SAD 6000 na obrázku 5. Přístroje založené na bázi zářivky jsou i dnes běžně používány ve fototerapii a jsou k dostání na trhu, například výrobek Denní světlo Beurer TL 90 (zdravotnický prostředek notifikovaný od r. 2015). Nejvyšší kvalitu spektra nabízí poslední generace zářivkových zdrojů (zdroj používaný v MedicoSun od společnosti Nasli, ČR). Jejich světlo dosahuje indexu podání barev $R_a > 91$ a melanopická účinnost spektra mírně přesahuje účinnost denního světla D65.



Obr. 5: Srovnání spektrálního složení zdrojů s etalonem denního světla D65.

Udávaný světelný výkon svítidla SAD 6000 dosahuje ve vzdálenosti 50 cm od jednotky 6000 lx. Tato hodnota byla naměřena kalibrovaným spektrometrem MK350S Premium (UPRtek) dle manuálu výrobce [27]. Svítidla Nasli nad lůžky pacientů zajišťují osvětlenost cca 3500 lx na úrovni hlavy ležícího pacienta [28]. Carex Daylight deklaruje 10000 lx ve vzdálenosti 30 cm [29].

Pokyny výrobce doporučují délku fototerapie v závislosti na umístění svítidla (vzdálenosti od oka pacienta) a jeho světelném výkonu. Například při osvětlenosti 10000 lx doporučuje Nasli délku terapie 30 minut, při osvětlenosti 5000 lx 1 hodinu apod. [30].

Nevýhodou všech zářivkových zdrojů je vyzařování UV záření, které je nutné blokovat. Další charakteristickou vlastností zářivek je viditelné či okem neviditelné poblikávání světla, tzv. flicker. Vzhledem k vysoké intenzitě světelného záření je nutné u fototerapeutických jednotek obě tyto rizikové vlastnosti kontrolovat a zamezit jejich působení na pacienta.

LED terapeutická svítidla

Posun ve světelné technice nastal objevením LED bílých světelných zdrojů na principu galium-nitride, GaN LED. Technologie se komerčně rozšířila po roce 2000 a v roce 2014 za ni získali autoři Nobelovu cenu. Tyto LED zdroje emitují velké množství světelné energie v oblasti 465 nm a tato energie je pomocí luminoforu přenášena do delších vlnových délek. Vzhledem k vysoké energetické účinnosti a možnosti řízení světelného výkonu vytlačují LED zdroje postupně zářivky nejen z běžného užití, ale i ve využití pro fototerapii. Oproti zářivkovému světlu není u LED zdrojů produkováno oku škodlivé UV záření.

Nevýhodou GaN LED technologie je spektrální propad v azurové oblasti kolem 480 nm, což je z hlediska současných poznatků o neobrazovém vnímání světla velmi citlivé pásmo. V zahraničí ve fototerapii existují i zařízení, která se zaměřují právě na tento region. Jedná se zejména o barevné monochromatické LED zdroje. Některé studie naznačují účinnost monochromatických LED zdrojů srovnatelnou s plnospektrálním světlem o významně vyšší osvětlenosti [31]. Ve vědeckých studiích byl však také reportován negativní vliv na zrakový komfort [32].

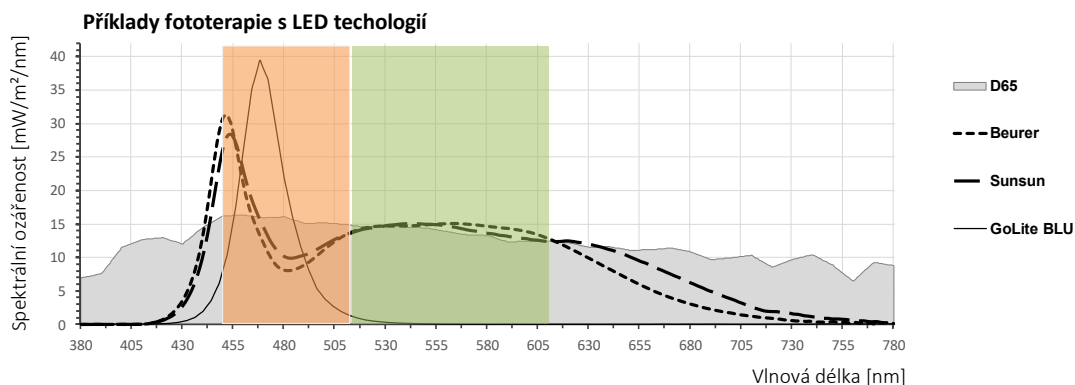
Z výrobků momentálně uvedených v národním Registru zdravotnických prostředků ČR [33] jako zdroj s denním světlem pro fototerapii při chronobiologické léčbě jsou dva výrobky založeny na technologii LED. Jedná se o lampu s denním světlem na podporu přirozeného biorytmu Beurer TL 30 a Beurer TL 50. Fototerapeutická svítidla založená na LED zdrojích nabízí i společnost Nasli, tradiční český dodavatel zdravotních svítidel. Na zahraničním trhu lze najít i výrobky na bázi monochromatické LED, například Philips GoLite BLU, viz obr. 6.



Obr. 6: Fototerapeutické svítidlo Beurer TL30 výrobce Globalcare Medical Technology Co., Ltd, Čínská lidová republika (vlevo); svítidlo Sunsun výrobce Nasli, ČR (uprostřed); monochromatický zdroj GoLite BLU výrobce Philips, Čínská lidová republika (vpravo).

Pokyny výrobce v návodu k použití zařízení Beurer TL30 uvádí světelný výkon 10000 lx ve vzdálenosti 10 cm od svítidla a pro zajištění účinnosti fototerapie doporučují jeho umístění 10 až 20 cm od tváře. Jas plochy přístroje přesahuje tisíce cd/m^2 . Výrobce doporučuje občasný, ale pravidelný pohled přímo do svítidla. Při aplikaci ze vzdálenosti 20 cm výrobce doporučuje délku trvání 2 hodiny, viz návod k použití v Registru zdravotnických prostředků [34].

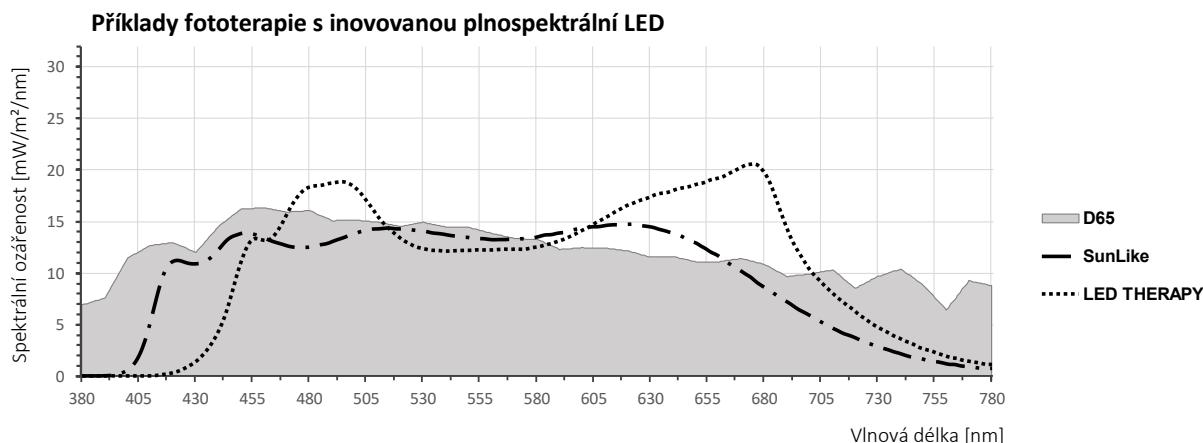
U svítidla GoLite BLU výrobce v návodu k použití doporučuje terapii v délce 15 - 45 minut [35]. Svítidlo však nelze využívat k fototerapii dle Seznamu zdravotních výkonů MZ ČR [22], protože nesplňuje požadavek na bílé plnospektrální světlo. Právě na tomto extrémním případě lze dobře ilustrovat, proč je důležité při posuzování účinnosti zohlednit nejen intenzitu světla, ale i jeho spektrální složení. GoLite BLU totiž vyzařuje světlo pouze v úzkém spektrálním pásmu – v modrých a azurových barvách, cca 450 – 500 nm. Obrázek 7 ukazuje srovnání spektra tohoto zdroje se spektrem běžných bílých LED zdrojů. Odlišné rozložení energie ve spektru způsobuje, že při stejném výpočtovém melanopickém výkonu – tedy při srovnatelném biologickém účinku – dosahuje bílé LED svítidlo Beurer nebo Sunsun fotopické intenzity 1000 lx, zatímco fotopický výkon monochromatického svítidla GoLite BLU činí pouze 94 lx. Pokud bychom tedy účinnost světla posuzovali pouze podle fotopické osvětlenosti, musel by být světelný výkon GoLite BLU navýšen přibližně stonásobně, aby se přiblížil intenzitě 10000 lx, která je běžně používána v klinické fototerapii.



Obr. 7: Příklad spektra fototerapeutických svítidel založených na technologii LED. Oranžový pruh vyznačuje melanopicky nejúčinnější část spektra. Zelený pruh označuje oblast maximální fotopické citlivosti (obrazové vidění). Výpočtový melanopický výkon všech zdrojů je však porovnatelný, fotopický světelný výkon bílé LED v Beurer a Sunsun dosahuje 1000 lx, fotopický výkon monochromatického svítidla GoLite je 94 lx.

Současná pokročilá LED technologie

Problematiku vyváženého spektra, které by imitovalo přirozené denní světlo, posunul technologický vývoj LED zdrojů v posledních letech. Záměr doplnit propad energie v azurové oblasti deklarovala v roce 2014 firma Nichia Chemicals (Japonsko) v produktu Vitasolis. Do komerční roviny se technologie dostala v roce 2018, kdy společnost Seoul Semiconductor (Jižní Korea) představila světelný zdroj SunLike, který maximum světelné energie ve spektru posunul ze 450 nm do kratších vlnových délek, a tím bylo dosaženo rovnoměrného spektra v celé oblasti 450 – 630 nm. Ve spektru SunLike jsou však v důsledku použité technologie významně zastoupeny i vlnové délky kratší než 450 nm. Za normálních podmínek to není za závadu, nicméně při vysokých intenzitách, které se využívají při fototerapii, bylo identifikováno riziko poškození očního pozadí, tzv. Blue Light Hazard [36]. Tento rizikový parametr je odstraněn v technologii společnosti Spectrasol (ČR), která dosahuje vysokého zastoupení krátkých vlnových délek v oblasti 450 – 500 nm, ale současně omezené energie ve spektru pod 450 nm. Patentovaná technologie navíc umožňuje drobné úpravy spektra dle specifického účelu výroby, pro fototerapeutické účely například vytvoření spektra LED Therapy (Spectrasol, ČR), ve kterém došlo k posílení zastoupení vlnových délek v oblasti 460 - 520 nm s cílem posílení účinnosti terapie. Spektra obou zdrojů viz obr. 8.



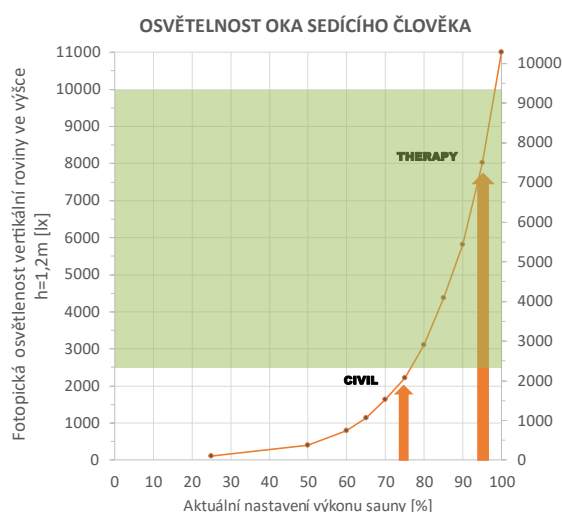
Obr. 8: Příklad fototerapeutických svítidel založených na plnospektrální LED.

Rozložení spektra u plnospektrálních LED zdrojů se liší od tradičních zářivkových zdrojů i od běžné LED. Účinnost terapie je tímto rozložením ovlivněna, což je třeba zohlednit při sestavování doporučení – délky terapie a požadované osvětlenosti. Světelné zdroje SunLike byly testovány ve švýcarské laboratoři, kde byl po tříhodinové expozici u zdravé populace zjištěn pozitivní efekt na náladu v ranních a večerních hodinách [37]. Zdroje LED Therapy (Spectrasol) byly využity pro testování na zdravé a klinické populaci v Národním ústavu duševního zdraví v rámci projektu TA ČR FW02020025, výsledky byly použity pro sestavení této metodiky.

Technické vybavení použité v této metodice

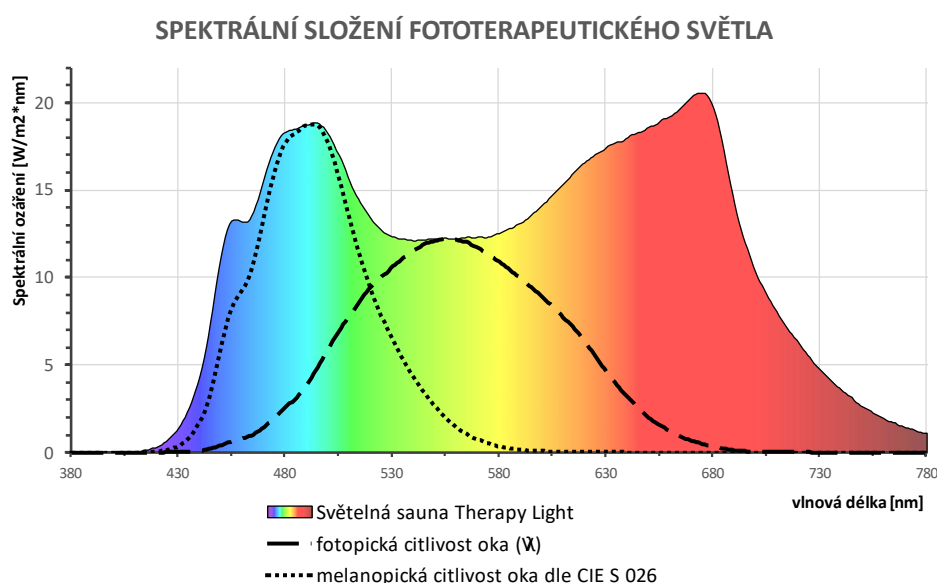
Světelná sauna

Velkoplošným zdrojem, se kterým pracujeme v této metodice, je tzv. Světelná sauna. Světelná sauna je interiérová instalace – pavilon krychlového tvaru o straně 2,5 metru. Uvnitř prostoru je vytvořeno sezení až pro 6 osob. Pavilon sauny má dvě protilehlé strany plné a dvě otevřené, vybavené závěsy podporujícími rovnoměrnou distribuci světla v interiéru. Strop a polovina jedné boční stěny jsou osazeny světelnými LED zdroji s difuzorem tak, aby celá plocha působila jako světelný zdroj s vyrovnaným jasnem. Ostatní vnitřní i vnější povrchy stěn jsou čalouněny měkkou světlou látkou, na podlaze je koberec (obr. 9). Prostor sauny je automaticky větrán. Díky velké vyzařovací ploše má světlo v prostoru příjemný rozptýlený charakter. Jeho náhradní teplota chromatičnosti je 4500 K a index podání barev vyšší než 80 ($R_a > 80$). Výkon světelného zdroje lze plynule regulovat. Při 100 % výkonu umožňuje zařízení vytvořit na rohovce oka průměrnou (fotopickou) osvětlenost až 11000 lx, což představuje melanopickou ekvivalentní osvětlenost denního světla > 10300 lx. V aktuálním nastavení se využívají dva režimy: terapeutické nastavení, které může spustit pouze poučená osoba (osvětlenost 8000 lx, mEDI 7500 lx) a tzv. civilní režim (osvětlenost 2300 lx, mEDI 2100 lx), který je k dispozici i bez spuštění zodpovědným personálem. Jas světlo emitující plochy dosahuje hodnot srovnatelných s přírodním prostředím, v terapeutickém režimu lze porovnat s jasnem modré letní oblohy, v civilním režimu s jasnem zatažené oblohy (obr. 9). Vyvážené prostorové rozložení světla zajišťuje srovnatelnou osvětlenost oka i při pohledu do různých směrů (obr. 8 a 9).



Obr. 9: Světelná sauna v provozu (vlevo). Graf vpravo ukazuje, jaké fotopické osvětlenosti lze uvnitř Světelné sauny dosáhnout (osa y) v závislosti na nastavení výkonu zařízení (osa x). Šípkami jsou označeny hraniční hodnoty pro civilní (75 % výkonu) a terapeutický (95 % výkonu) mód zařízení, dle výrobce. Zeleně jsou vyznačeny meze pro fototerapeutické intervence dle stávajících doporučení [22].

Technologie Světelné sauny je vytvořena na bázi unikátní LED technologie s vyváženým barevným spektrem, srovnatelným s přirozeným denním světlem (patent č. 308363). Toto spektrální složení s plnohodnotným zastoupením spektrálního pásma 460 – 520 nm v kombinaci s unikátním řešením prostorové distribuce světla (velkoplošné, vícestranné osvětlení) a vysokou intenzitou osvětlení, je zárukou vysoké účinnosti na ipRGC receptory v sítnici, resp. systémy neobrazového vnímání světla.



Obr. 10: Spektrální charakteristika světla fototerapeutického zařízení Světelná sauna

Světelný kufr

Přenosným fototerapeutickým svítidlem, se kterým pracujeme v této metodice, je tzv. Světelný kufr. Světelný kufr je zařízení velikosti palubního zavazadla (65 x 32 x 16 cm). Jedná se o kovový box ve tvaru kufru, který se skládá ze dvou stejných polovin vyplněných světelnou technikou. Ta je překrytá pevným plošným difuzorem. Po otevření kufru tak jeho dvě poloviny vytváří světelnou plochu o celkové velikosti cca 50 x 50 cm (2500 cm²). Celé zařízení je možné stabilně postavit na stůl tak, aby světelná plocha byla v úrovni očí sedícího člověka (Obr. 11).



Obr. 11: Modelová situace doporučeného používání (ilustrace z návodu pro použití Světelného kufru) vlevo, Světelný kufr při fototerapii (vpravo).

Světelný výkon Světelného kufru je nastaven tak, aby ve vzdálenosti 50 cm vytvářel osvětlenost 3000 lx (mEDI 2800 lx). Toto nastavení je výrobcem doporučováno [39]. Přiblížením lze dosáhnout vyšší osvětlenosti. Ve vzdálenosti 30 cm přesahuje osvětlenost 8000 lx (mEDI 7600 lx), naopak ve vzdálenosti 1 m od zařízení dosahuje osvětlenosti pouze 730 lx (mEDI 700 lx). Technologie Světelného kufru je vytvořena (obdobně jako u Světlené sauny) na bázi unikátní LED technologie (patent č. 308363) s vyváženým barevným spektrem, náhradní teplotou chromatičnosti 4500 K (neutrální bílá) a indexem podání barev $R_a > 80$ (Obr. 10). Toto spektrální složení je díky plnohodnotnému zastoupení spektrálního pásma 460 – 520 nm vysoce účinné na ipRGC, které zprostředkovávají neobrazovou odpověď na světlo.

Srovnání melanopické účinnosti fototerapeutických pomůcek

Pro určení biologické účinnosti světla se využívá výpočet tzv. alfa-opických parametrů dle metodiky CIE S 026 (<https://bit.ly/2T9QLTL> [1]). Tyto veličiny popisují, jak silně daný světelný zdroj stimuluje různé typy světločivných buněk v oku – včetně ipRGCs, které obsahují fotoropigment melanopsin a zprostředkovávají neobrazové účinky světla. Praktický význam těchto výpočtů pro určení účinnosti fototerapeutického zdroje je ilustrován v tabulce 1. Pro porovnání účinnosti jsou zde uvedeny hodnoty, které ukazují míru stimulace jednotlivých fotoreceptorových systémů v oku prostřednictvím výše popsanych fototerapeutických zařízení. V prvním sloupci jsou uvedeny výpočtové parametry

denního světla D65 – modelové oblohy s teplotou chromatičnosti 6500 K.

Tabulka 1: α -opické parametry fototerapeutických zařízení v nastavení dle doporučení výrobce

	D65 - denní světlo	Carex Daylight	SAD 6000	Medico Sun	Beurer TL30	SunSun	GoLite BLU	Therapy LED	Sunlike
Fotopická osvětlenost oka, Ev [lx]					1000				
Náhradní teplota chromatičnosti CCT [K]	6500	3700	4380	6570	6200	6000	-	4600	5000
Index podání barev Ra [-]	99	85	85	94	86	92	-	80	97
Intenzita záření I _e [W.m ⁻²]	4,88	2,82	3,81	3,52	3,24	3,50	12,21	4,30	3,88
α-opická intenzita záření (α-opic irradiance, W.m⁻²)									
<i>E_α = f spectral irradiance * α-opic action spectrum * dλ</i>									
<i>S-cone-opic</i>	0,8173	0,3367	0,5109	0,7635	0,7721	0,7358	6,9812	0,4952	0,6751
<i>M-cone-opic</i>	1,4558	1,2471	1,3345	1,4730	1,4160	1,4201	3,6112	1,3872	1,3866
<i>L-cone-opic</i>	1,6289	1,6120	1,6288	1,6236	1,6126	1,6179	2,1564	1,6574	1,6364
<i>Rhodopic</i>	1,4497	0,8897	1,1521	1,4778	1,3143	1,3457	8,3151	1,3582	1,2990
Melanopic	1,3262	0,6807	0,9895	1,3489	1,1677	1,2065	9,9935	1,2390	1,1597

Tabulka 1 ilustruje rozdíl v melanopické účinnosti záření u jednotlivých zařízení. K účinnosti denního světla se nejvíce blíží zdroje se spektrem vyvinutým speciálně pro dosažení vysoké melanopické účinnosti (E_{mel}). Jedná se o spektrum posílené v oblasti krátkých vlnových délek Medico Sun s $E_{mel} = 1,3489 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, které je téměř srovnatelné s účinností denního světla, dále zdroje Sunsun s $E_{mel} = 1,2065 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ a spektrum Therapy LED s $E_{mel} = 1,2390 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, které jsou dennímu světlu velmi blízké. Tabulka 1 také ukazuje parametry monochromatického spektra GoLite BLU. Pro dosažení fotopické účinnosti srovnatelné s ostatními zdroji je v tomto spektru třeba vydat významně více energie. Hodnoty melanopické intenzity světelného záření jsou pak násobně vyšší, při fotopické osvětlenosti 1000 lx dosahují $E_{mel} = 9,9935 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, oproti $1,3262 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ u denního světla D65.

V tabulce 2 jsou vyjádřeny odvozené parametry melanopické účinnosti fototerapeutických zařízení (mELR, mDER a mEDI) pro konstantní fotopickou osvětlenost 1000 lx.

Tabulka 2: Odvozené parametry melanopické účinnosti fototerapeutických zařízení pro osvětlenost 1000 lx.

	D65 - denní světlo	Carex Daylight	SAD 6000	Medico Sun	Beurer TL30	Sunsun	GoLite BLU	Therapy LED	Sunlike
mELR: melanopická účinnost světelného záření (mW.lm⁻¹); $K_{\alpha,\nu} = mELR = \text{melanopic irradiance} / \text{illuminance}$									
Melanopic ELR	1,326	0,681	0,989	1,349	1,168	1,207	9,994	1,239	1,160
mDER: Poměrná melanopická účinnost (vůči účinnosti denního světla D65), bez jednotek; $\gamma_{\alpha,\nu}^{D65} = mDER = mELR / mELR \text{ for daylight (D65)}$									
Melanopic DER	1,000	0,513	0,746	1,017	0,880	0,910	7,535	0,934	0,874
mEDI: melanopický ekvivalent denního světla D65 (lx); $E_{\alpha,\nu}^{D65} = mEDI = \text{melanopic irradiance} / mELR \text{ for daylight (D65)}$									
Melanopic EDI	1000	513	746	1017	880	910	7535	934	874
(Fotopická) osvětlenost potřebná k dosažení mEDI									
2500 lx	2500	4870	3350	2460	2840	2750	330	2680	2860
10000 lx	10000	19500	13400	9800	11400	11000	1300	10700	11400

* Melanopická účinnost světelného záření **mELR** vymezuje, jaký je pro dané světelné spektrum poměr mezi (fotopickou) osvětleností a melanopicky účinnou energií. Tento poměr je výhodné využít, pokud známe fotopickou osvětlenost v daném místě.

** Poměrná melanopická účinnost (vyjádřeno vůči účinnosti denního světla D65) **mDER** udává, kolikrát je daný zdroj melanopicky účinnější než denní světlo (spektrální model D65). mDER se tedy nemění, pokud se změní světelný výkon zdroje nebo vzdálenost od něj a lze jej využít právě pro návrh těchto parametrů – např. pro stanovení vhodné vzdálenosti od svítidla, pokud chceme dosáhnout ekvivalentu požadovaných 10000 lx pro denní světlo.

*** Z hlediska využití v praxi je nejvíce používaný koeficient **mEDI**, který udává osvětlenost denním světlem (lx), které by dosáhlo stejné melanopické účinnosti jako daný světelný zdroj. Do parametru je promítnuto množství světla i jeho spektrum, udává tedy účinnost světla v daném místě a při daném světelném výkonu zdroje. Pro veřejnost mimo technické obory je vhodným parametrem, protože je vyjadřován v luxech, jednotkách, které jsou v metodikách dobře zavedeny a dlouhodobě používány.

**** Současné doporučení, která se pro fototerapii využívají, stanoví rozsah osvětlenosti (fotopické) mezi 2500 a 10000 lx. Poslední část tabulky 2 udává, jak vysokou fotopickou osvětlenost musíme v daném světelném zdroji použít, abychom dosáhli ekvivalentu 2500 lx a 10000 lx v denním světle.

Postup určení cílových hodnot pro fototerapeutické intervence

Aby bylo možné stanovit, jaké hodnoty melanopického ekvivalentu denního světla (mEDI) odpovídají světelným zdrojům, které byly používány v době vzniku fototerapie a na jejichž základě byla formulována terapeutická doporučení, byla provedena rešerše odborné literatury zaměřená na parametry fototerapeutických zařízení v publikovaných vědeckých studiích. Cílem bylo zjistit vlastnosti typické fototerapeutické jednotky. Jako nejvíce rozšířená technologie v době, kdy vznikaly standardy, se ukázala zářivková svítidla s účinností blízkou svítidlu SAD 6000, které bylo zvoleno jako etalon pro přepočítání doporučených limitů fotopické účinnosti na nově zaváděné mEDI.

Pomocí tohoto etalonu byly doporučované hodnoty fotopické osvětlenosti pro fototerapii (2500 lx až 10000 lx) přepočteny postupem dle CIE toolbox S 026 [1] na melanopický ekvivalent denního světla (mEDI [lx]). Na základě tohoto přepočtu vznikl limit pro nejnižší a nejvyšší melanopický ekvivalent denního světla pro fototerapii (mEDI 1800 lx, resp. 7500 lx, po zaokrouhlení).

Tabulka 3 uvádí hodnoty (fotopické) osvětlenosti, kterých je třeba dosáhnout u výše popisovaných fototerapeutických svítidel v závislosti na jejich poměrné melanopické účinnosti (mDER), aby se účinnost světla pohybovala mezi doporučenými limity mEDI 1800 – 7500 lx.

Tabulka 3: Výpočtové hodnoty (fotopické) osvětlenosti E_v pro dosažení mEDI dle doporučení metodiky – příklady

Typ svítidla	SAD 6000 (etalon)	Carex Daylight	Medico Sun	Beurer TL30	Sunsun	Therapy LED	GoLite BLU
mDER svítidla	0,746	0,513	1,017	0,900	0,910	0,993	7,535
Ev 10000 lx (mEDI)	10000 (7500)	14500 (7400)	7340 (7470)	8290 (7460)	8200 (7460)	7510 (7460)	990 (7460)
Ev 2500 lx (mEDI)	2500 (1870)	3630 (1860)	1830 (1860)	2070 (1860)	2050 (1860)	1880 (1870)	250 (1880)

E_v – osvětlenost místa aplikace, měřená na vertikální rovině, ve výšce oka pacienta, ve směru pohledu na fototerapeutické zařízení.

Význam prostorového řešení a velikosti svítivé plochy

Stabilní velkoplošné světelné zdroje

Výhodou stabilních velkoplošných světelných zdrojů pro fototerapii je světlo dopadající do oka z velké části zorného pole, ideálně z několika směrů. Toto prostorové rozložení světla je blíže přirozeným světelným podmínkám ve vnějším prostředí, kde světlo do oka dopadá z mnoha úhlů, neoslňuje a není vnímáno jako příliš intenzivní.

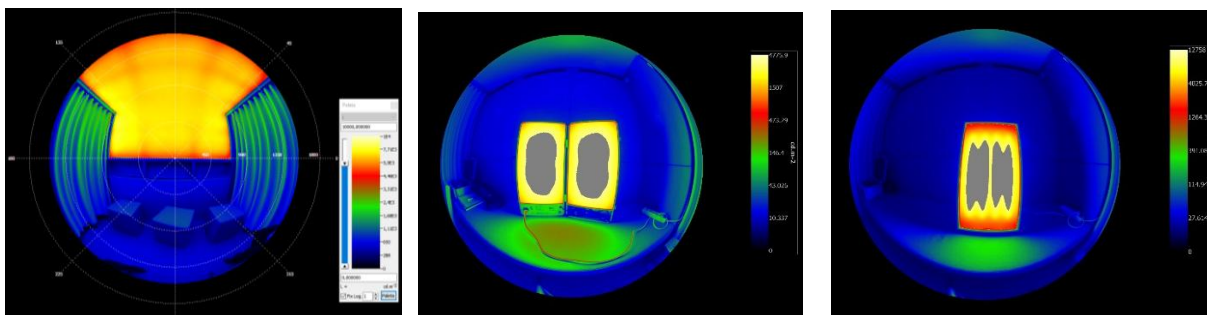
Světlo dopadající do oka z horního poloprostoru a ze širokého pole, obdobně jako v přírodním prostředí pod oblohou vyzařující denní světlo, se ukazuje jako účinné pro dosažení významných neobrazových efektů [40, 41]. Obdobného prostorového rozložení není možné dosáhnout s přenosnými zařízeními, která jsou limitována velikostí.

Přenosné světelné zdroje

Výhodou přenosných světelných zdrojů je jejich mobilita a využitelnost v domácím prostředí. Nevýhodou je menší plocha světelného zdroje a potenciálně nižší zrakový komfort. Malé fototerapeutické jednotky limitují možnost volného pohybu, například změny polohy hlavy během fototerapie. Intenzita světla se vzdáleností od zdroje rychle klesá, u zdrojů s malou svítivou plochou mohou i drobné pohyby znamenat riziko snížení účinnosti fototerapie. Doporučená velikost svítivé plochy je nejméně 1000 cm² [32]. Na trhu existuje více druhů přenosných fototerapeutických svítidel a detaily jejich použití se mohou mírně lišit (např. v závislosti na spektrálním složení emitovaného světla či velikosti svítivé plochy). Extrémně malá fototerapeutická svítidla (např. Beurer TL 30 s velikostí cca 350 cm², viz obr. 6) potřebují k dosažení účinnosti nepřekročit vzdálenost 20 cm (pro dosažení intenzity 10000 lx pouze 10 cm) mezi okem a svítivou plochou. Současně je v návodu k použití požadován pravidelný (každou minutu) pohled směřovaný přímo na svítivou plochu. Při dodržení těchto doporučení dochází nevyhnutelně k oslnění pacienta.

Zajištění zrakového komfortu pomocí prostorového řešení

Zajištění zrakového komfortu při fototerapii se odvíjí od velikosti svítivé plochy, jejího umístění v zorném poli a jasových poměrů, které vytváří. Přiměřeně velká svítivá plocha vyzařující neoslňující světlo přirozené barvy je prostředkem k dobrému přijetí fototerapie pacientem a k jejímu dlouhodobému používání. Obrázek 12 nabízí srovnání prostorového rozložení světla u dvou zařízení používaných v této metodice (Světelná sauna a Světelný kufr) a jednoho dalšího svítidla, určeného k postavení na stůl před pacienta. Zatímco velkoplošný světelný zdroj Světelné sauny vyzařuje světlo z cca 40 % plochy zorného pole, svítivá plocha přenosných světelných zdrojů je výrazně nižší. Přenosný Světelný kufr emituje světlo z maximálně 20 % zorného pole a běžný fototerapeutický box zabírá méně než 10 % zorného pole.



Obr. 12: Srovnání prostorové distribuce světla u velkoplošných (Světelná sauna, vlevo) a mobilních (Světelný kufr uprostřed, běžný světelný box vpravo) fototerapeutických jednotek. Měření je prováděno jasovým analyzátozem s objektivem rybí oko umístěným ve výrobce doporučené pozici, zaznamenává poloprostor (prostorový úhel 179°) před okem pacienta. (Barevné měřítko se u jednotlivých měření liší.)

Důsledky různé velikosti svítivé plochy se projevují v plošném jasu, kterého je třeba na ploše dosáhnout. Světelná sauna (obr. 12 vlevo) v terapeutickém režimu potřebuje k dosažení melanopického ekvivalentu denní osvětlenosti mEDI 7500 lx (fotopické osvětlenosti 8000 lx) průměrný jas 6700 cd/m², s maximálním bodovým jasnem méně než 8300 cd/m² (jas modré letní oblohy). Světelný kufr (obr. 12 uprostřed) s velikostí svítivé plochy cca 2500 cm² a průměrným jasnem 3600 cd/m² (maximální bodový jas 4700 cd/m²) dosáhne ve vzdálenosti 50 cm osvětlenosti oka mEDI 2750 lx a fotopické osvětlenosti 3000 lx. Pro stejnou vzdálenost při dosahovaném mEDI 4100 lx (fotopická osvětlenost 4500 lx), byl u druhého testovaného fototerapeutického boxu (obr. 12 vpravo) se svítivou plochou cca 1750 cm² změřen průměrný jas 7400 cd/m², ale maxima bodového jasu díky značné nerovnoměrnosti jasu na ploše dosahovala až 12700 cd/m². Takto vysoký jas a vysoké nerovnoměrnosti v zorném poli mohou způsobovat oslnění, nepříjemné pocity během terapie, ústící až v její odmítnutí pacientem.

Pro zajištění světleného komfortu se ve světelné technické praxi používá maximální hodnota pro jas na ploše světlo emitujících zdrojů 10000 cd/m². Jas běžného počítačového displeje je 300 – 500 cd/m², u nejmodernějších mobilních telefonů se bodový jas pohybuje do 2000 cd/m². Jas zatažené oblohy se v přirozených podmínkách pohybuje kolem 4000 cd/m², slunečná modrá obloha dosahuje cca 8000 cd/m².

Shrnutí

Od roku 2010 do světelné techniky významně zasahuje LED technologie s narůstajícím světelným výkonem zdroje o velmi malé ploše. V posledních letech i nové plnospektrální LED se svými specifickými spektrálními vlastnostmi, které přibližují kvalitu světelného prostředí vnějšímu přírodnímu prostředí. Tato změna přispívá k přirozenějšímu působení fototerapeutického světla, a tím i k lepšímu přijetí terapie pacienty. Zmenšování svítivé plochy, které umožňují výkonné světelné zdroje, jde však proti požadavku na zrakový komfort. Vhodnou velikostí svítivé plochy s rovnoměrně rozloženým, přiměřeným jasnem lze dosáhnout významné osvětlenosti oka, aniž by se navyšovalo riziko oslnění nebo iritace očí, které mohou být příčinou odmítnutí fototerapie ze strany pacienta.

Doporučené postupy

Obecné principy práce s fototerapeutickými pomůckami

Fototerapie v psychiatrii využívá lampy nebo světelné boxy vyzařující světlo, které je definováno jako širokospektré [10] či plnospektrální [22] a které dosahuje násobně vyšší intenzity než běžné světlo v interiéru. Hlavními požadavky na fototerapii jsou zraková a dermatologická bezpečnost, klinická účinnost a zrakový komfort [10, 32].

Bezpečnost fototerapie

Z důvodu bezpečnosti nejsou nejnižší, tj. ultrafialové vlnové délky ve spektru fototerapeutických zařízení zastoupeny, případně musí být účinně filtrovány krytem svítidla. Rovněž zastoupení krátkých vlnových délek (do 450 nm) by mělo být minimalizováno s ohledem na s nimi spojené riziko poškození sítnice [10, 36].

Zrakový komfort

Zrakový komfort při fototerapii je důležitým parametrem, který ovlivňuje spolupráci pacientů a jejich adherenci k léčbě. Monochromatické modré světlo nebo o modrou složku obohacené světelné zdroje s teplotou chromatičnosti nad 5000 K se v praxi neosvědčily z důvodu nepříjemného oslňování [28]. Zrakový komfort je ovlivněn také velikostí svítivé plochy, úhlem dopadajícího světla, indexem podání barev, světelným kontrastem v prostředí, nestabilitou světelného toku (blikáním, tzv. flickerem), cirkadiánním rytmem [42] a pravděpodobně i sezónní citlivostí fotoreceptorů a celého zrakového systému [43]. Světelný zdroj by měl být umístěn tak, aby převažující osvětlení dopadalo shora (cca dvě třetiny světelného zdroje má být nad úrovní očí). Zrakový komfort během fototerapie je vyšší, pokud je prováděna v osvětlené místnosti, nikoli ve tmě. Fototerapie jasným světlem v temném prostředí by působila nepříjemné oslnění.

Klinická účinnost terapie

Z hlediska dávkování a klinické účinnosti je při fototerapii třeba pracovat s několika proměnnými – intenzitou světla a jeho spektrálním složením, délkou světelné expozice a načasováním světelné expozice.

Obecné zásady

- Intenzita světla je vztahována k bodu v místě aplikace, tj. ke svislé rovině před okem pacienta. U zařízení s malou svítivou plochou je malý i prostor, kde je dosahována vysoká osvětlenost, a při pohybu hlavy se expozice světlu rychle snižuje. Proto je u těchto zařízení třeba důsledně dbát na správnou pozici pacienta.
- Spektrální složení vyzařovaného světla je důležité pro zajištění účinnosti fototerapie. Zejména se jedná o zastoupení modrých, azurových a zelených vlnových délek, které významně vyvolávají reakci ipRGCs buněk. Fototerapeutické pomůcky emitující stejně intenzivní světlo

různého spektrálního složení tak mohou mít odlišnou biologickou, resp. klinickou účinnost. Pro vhodné nastavení parametrů terapie je třeba znát a vzít v potaz tzv. melanopickou účinnost (tj. účinnost světelného spektra na ipRGC receptory) fototerapeutického světelného zdroje (viz výše).

- Délku terapie a intenzitu světla je třeba posuzovat ve vzájemné interakci. Řada odborných materiálů (návody k použití jednotek) pracuje se závislostí mezi luxy a dobou trvání terapie [10, 23]. Například účinek 30 minut expozice při 10000 lx je blízký účinku 60 minut při 5000 lx nebo 120 minut při 2500 lx. Preferována však jsou nastavení, kdy je dosaženo expozice alespoň 7000 lx [44].
- Čas terapie: Ranní fototerapie vykazuje nejvyšší klinický efekt, ačkoli antidepressivní účinek byl prokázán i při večerní aplikaci fototerapie [45]. S ohledem na proměnlivou citlivost cirkadiálního systému na světlo v průběhu dne a noci, která je popsána fázově responzní křivkou (viz obr. 1), může pozdně odpolední a večerní fototerapie zpožďovat biologické hodiny a působit potíže s usínáním.
- Činnost během expozice světlu: Během fototerapie je třeba, aby pacient měl otevřené oči. Může se přitom věnovat různým činnostem – čtení, konverzace, používání elektroniky, konzumace občerstvení apod. Do zdroje světla není nutné přímo hledět [10]. Pokud výrobce konkrétní fototerapeutické pomůcky výslovně doporučuje přímý pohled, je vhodné jeho pokyny respektovat, přestože z hlediska současných poznatků nemusí být takové doporučení nezbytné.

Individuální nastavení

- Posouzení chronotypu: Načasování fototerapie dle konvenčního času je vždy orientační, pro přesnější nastavení je třeba vzít v úvahu vnitřní čas konkrétního jedince, což je důležité zejm. u osob s extrémními chronotypy, jejichž vnitřní biologický čas se může značně lišit od času konvenčního. Individuální nastavení cirkadiálního systému lze přesně určit pomocí stoupajících hladin melatoninu v podmínkách konstantního tlumeného osvětlení (dim light melatonin onset, DLMO), ale pro praxi je dostatečnou aproximací skór v dotazníku chronotypů MEQ (Dotazník ranních a večerních typů) [46], dle kterého byla stanovena doporučení pro začátek fototerapie [5].
- Odezva pacienta: Intenzitu i délku svícení je možné dle individuálních reakcí upravovat. Pokud pacient na léčbu neodpoví do jednoho [23] či dvou [32] týdnů, je možné délku expozice prodloužit o 15 min každých několik dní (zpravidla do celkové délky 60 min), přičemž je třeba monitorovat případný výskyt nežádoucích účinků (viz níže).
- Vliv ročního období a individuální světlené historie: V zimním období se snižuje množství světla v našem prostředí. Pacienti mohou na jasné světlo v terapii reagovat citlivěji než v období letním [47]. Pro nově započatou terapii je vhodné nastavit nižší dávkování (kratší čas terapie, případně větší vzdálenost od zdroje světla) a postupně jej navyšovat. Naopak pacienti, kteří se

v předchozích dnech pohybovali venku na denním světle, například po návratu z dovolené, mohou na fototerapii reagovat méně citlivě a je možné nastavit vyšší výkon či prodloužit délku denní terapeutické intervence.

Doporučené postupy zjištění biologické účinnosti fototerapeutického svítidla

Jak již bylo zmíněno, v praxi nejlépe aplikovatelným novým mezinárodně zavedeným standardem pro posuzování biologické (melanopické) účinnosti světla [1, 48] se stal melanopický ekvivalent denního světla (D65), mEDI. Tento parametr udává, kolik luxů standardizovaného denního světla (D65) by bylo potřeba, aby bylo dosaženo stejné melanopické účinnosti jako u posuzovaného světelného zdroje (viz výše). Do parametru je promítnuto množství světla i jeho spektrum. Je vyjadřován v luxech, tedy v jednotkách, které jsou v metodikách dobře zavedeny a dlouhodobě používány.

Parametr mEDI se odvíjí od poměrné melanopické účinnosti světelného zdroje mDER, tj. charakteristiky světelného zdroje, kterou současné požadavky odborné komunity [17, 49] doporučují u světelných zdrojů uvádět v technické dokumentaci výrobku. Přepočtem na základě melanopické účinnosti, viz předchozí analýza, byl ustanoven rozsah doporučených terapeutických hodnot **mEDI 1800 – 7500 lx**. Hodnotám mEDI na vyšší hranici tohoto rozsahu odpovídá kratší čas terapie (30 minut). Při mEDI u spodní hranice se čas poměrně prodlužuje až do 120 minut.

Pro **stanovení mEDI** lze zvolit několik postupů:

- Parametr mEDI lze získat v technické dokumentaci, v návodu k použití zpracovaném výrobcem přístroje. Pokud je mEDI stanoven výrobcem / dodavatelem zařízení, je vázán na přesně určené místo (vzdálenost od zařízení), které je třeba při terapii respektovat.
- Parametr mEDI pro libovolné místo lze určit přepočtem z (fotopické) osvětlenosti v daném místě, s využitím mDER (poměrné melanopické účinnosti zařízení), uvedené výrobcem v technické dokumentaci. mDER je nezávislá na umístění, závisí pouze na spektrálním složení světla daného světelného zdroje.

$$\mathbf{mEDI = mDER * E_v \quad [lx]}$$

kde:

mDER poměrná melanopická účinnost zařízení – technický údaj od výrobce svítidla

E_v (fotopická) osvětlenost vertikální roviny [lx] měřená v místě oka pacienta a ve směru pohledu na fototerapeutickou jednotku. Měření lze provádět běžným luxmetrem. Měření se provádí bez přítomnosti denního světla.

- Měření spektrálního složení světla vlastním spektrometrem a výpočtem dle standardu CIE toolbox S 026 [1]. Výpočet lze provádět ve veřejně dostupném výpočtovém programu ve formátu Excel. K postupu je zpracován podrobný návod, ke stažení viz [50].
- V případě, že nelze melanopické parametry fototerapeutického zařízení určit, je možné využít doporučení (vzdálenost od jednotky, délku terapie, nastavení světelného výkonu) výrobce daného zařízení. Jen obtížně lze však zohlednit individuální potřeby pacienta, reportovat efekty

terapie pro odborné zprávy a podobně. Při terapii není snadné přecházet mezi několika druhy fototerapeutických zařízení, protože účinnost těchto zařízení nelze vzájemně porovnat.

Metodika práce se Světelnou saunou

Intenzita světla a vzdálenost pacienta od světelného zdroje: Intenzita světla ve Světelné sauně je nastavitelná (viz obr. 9) a na oku pacienta sedícího na lavici může dosahovat až 11000 lx (při maximálním nastavení výkonu, ideální pozici v prostoru a zatažených závěsech). Vzhledem k velké svítivé ploše a rovnoměrné distribuci světla dosahuje intenzita světla v prostoru celého zařízení srovnatelných hodnot, což umožňuje pacientovi volně se pohybovat, aniž by hrozilo riziko snížení účinnosti terapie v důsledku nižší expozice světlu.

Délka expozice: Délka expozice závisí na zvolené intenzitě světla. Pro léčbu deprese, pro niž je fototerapie etablovaná, doporučují mezinárodní standardy i české normy délku expozice 30 min při intenzitě světla na oku 10000 lx [10, 23]. Jak ovšem vyplývá z tabulky přepočtu na melanopickou účinnost (tab. 2), melanopický ekvivalent denního světla (mEDI) se u srovnávaných fototerapeutických pomůcek při fotopické osvětlenosti 10000 lx pohybuje v rozmezí 5130 do 9340 lx, přičemž fluorescenční fototerapeutické světelné zdroje, s nimiž byla realizována většina studií efektivity fototerapie, dosahují nižší biologické účinnosti. To znamená, že pro dosažení stejného léčebného efektu lze ve Světelné sauně zvolit nižší intenzitu světla, což představuje vyšší zrakový komfort pro pacienta. Stále však zůstává prostor pro navýšení světelného výkonu, např. u neresponzivních pacientů.

V našich experimentech jsme u zdravých dobrovolníků testovali vizuální komfort při nejvyšší možné intenzitě světla ve Světelné sauně (11000 lx, mEDI 10300 lx). Světlo bylo vnímáno jako příjemné a oslnění přijatelné či dobře přijatelné, přičemž zrakový komfort se v průběhu deseti sezení nesnižoval, naopak byl s postupujícími sezeními hodnocen jako vyšší (viz příloha Klíčové výstupy z originálních studií). Žádný z probandů nereportoval podráždění očí. Tato data indikují, že zařízení ani při maximální svítivosti a opakované každodenní třicetiminutové expozici nezpůsobuje vizuální diskomfort, což je jeden z nejčastěji zmiňovaných nežádoucích účinků fototerapie [10, 32]. Na druhou stranu je třeba zmínit, že při těchto vysokých intenzitách jsme v aktigrafických záznamech u sledované skupiny zaznamenali vyšší index fragmentace spánku v průběhu fototerapie, přičemž u jiné kohorty vystavené po stejnou dobu (30 minut denně, 2 týdny) nižší intenzitě světla (cca 2300 lx, mEDI 2100 lx) se index fragmentace spánku během fototerapie neměnil (viz příloha Klíčové výstupy z originálních studií). Třicetiminutová fototerapie s využitím nižší intenzity světla (2300 lx, mEDI 2100 lx) však prokazatelně již měla pozitivní účinek na náladu a stabilizaci cirkadiálního rytmu (viz příloha Klíčové výstupy z originálních studií). Pro standardní třicetiminutovou fototerapii proto v praxi doporučujeme volit nižší intenzitu (do 8000 lx, mEDI 7500 lx).

Načasování expozice: V našich experimentech jsme se Světelnou saunou pracovali nikoli jako s nástrojem pro léčbu deprese, ale jako s doplňkovou intervencí v rámci různých terapeutických

programů, přičemž načasování fototerapie bylo těmito programům přizpůsobeno. Vycházeli jsme ze skutečnosti, že světlo, které je významným environmentálním signálem, dosahuje v budovách nedostatečné intenzity a testovali jsme, zda pacienti budou z expozice intenzivnímu světlu ve Světelné sauně profitovat. Z obecného hlediska není chybou využívat jasné světlo kdykoli během dne, pokud to není v pozdních odpoledních hodinách a večer, kdy může následně dojít k potížím s usínáním v obvyklou hodinu (viz výše). Vzhledem k proměnlivé odpovědi cirkadiálního systému na světlo během dne nedoporučujeme využívat Světelnou saunu v odpoledních a večerních hodinách (obecně cca po 15. h, viz obr. 1), pokud není cílem dosáhnout fázového zpoždění cirkadiálního rytmu.

Činnost během expozice světlu: Během pobytu ve Světelné sauně je možné věnovat se různým sedavým činnostem jako např. konverzace, čtení knihy, práce s elektronikou apod. Oči mají být otevřené, ale není nutné hledět přímo do světelného zdroje [10].

Metodika práce se Světelným kufrem

Světelný kufr má stejné spektrum jako Světelná sauna. Proto ho lze považovat za její mobilní analogii, přičemž je ovšem třeba vzít v úvahu specifika fototerapie v domácím prostředí. Tato část metodiky popisuje způsob využívání domácí fototerapeutické pomůcky a taktéž monitorování spolupráce pacienta během terapie díky online přenosu dat.

Intenzita světla a vzdálenost pacienta od světelného zdroje: Světelný kufr patří k zařízením, která mají poměrně velkou svítivou plochu, ačkoli jsou přenosná. To znamená, že v blízkosti svítidla se nachází relativně velká oblast, kde světlo svítí dostatečně intenzivně. Riziko, že drobné pohyby hlavy pacienta povedou ke snížení účinnosti fototerapie v důsledku snížení intenzity světla dopadajícího na oko (intenzita světla se vzdáleností od zdroje klesá exponenciálně), je zde výrazně nižší než u svítidel malé velikosti. Při použití Světelného kufru je pacient instruován, aby seděl ve vzdálenosti cca 50 cm od zdroje (délka natažené paže, viz obr. 11). V této vzdálenosti dosahuje intenzita světla na oku pacienta cca 3000 lx. Tato hodnota odpovídá melanopickému ekvivalentu denního světla 2800 lx.

Činnost během expozice světlu: Během fototerapie je třeba, aby pacient pobýval v blízkosti Světelného kufru (viz obr. 11) a měl přitom otevřené oči. Může se věnovat různým sedavým činnostem - čtení, konverzace, používání elektroniky, konzumace občerstvení apod. Do zdroje světla není nutné přímo hledět, ani se přímému pohledu do zdroje není třeba vyhýbat či se ho obávat.

Délka a načasování expozice: Doporučení jsou obdobná jako při práci se Světelnou saunou. Naše zkušenost s aplikací fototerapie u pracujících jedinců však ukazuje, že v praxi je nejvýznamnějším parametrem pro načasování fototerapie obvyklý čas vstávání v pracovní dny a že navíc je třeba dbát, aby požadavek pravidelné ranní fototerapie i během víkendů nevedl k akumulaci spánkového dluhu. Vzhledem k tomu, že udržení stability cirkadiálního rytmu je především závislé na množství světelné

expozice během dne [51], jeví se jako vhodné optimalizovat individuální nastavení časového okna pro fototerapii tak, aby se minimalizoval rozdíl mezi pracovními a volnými dny. Délku fototerapie je možné v případě potřeby navyšovat.

Vzhledem ke specifikům fototerapie v domácím prostředí, je vhodné využívat systém monitorování compliance a možnost nastavení času svícení.

Monitorování compliance: Světelný kufr je vybavený tlačítkem pro kontrolu přítomnosti pacienta v blízkosti zařízení během fototerapie. Dle nastavitelného algoritmu dojde během fototerapie několikrát (např. každých 5 - 12 minut) k poklesu intenzity emitovaného světla a od pacienta je vyžadováno stisknutí tlačítka, po kterém se intenzita světla plně obnoví. V opačném případě se přístroj vypne. Data o tom, kdy bylo zařízení v provozu, a data o tom, zda pacient reagoval stisknutím tlačítka na změnu intenzity světla, se bezdrátově odesílají na vzdálené úložiště, kde lékař či jiný odborník může adherenci pacienta k léčbě kdykoli ověřit (obr. 13).



Obr. 13: Příklad záznamu monitorování spolupráce pacienta. Žluté body označují čas, kdy byla ukončena 30-minutová fototerapie. V den 4 a 12 fototerapie neproběhla.

Nastavení času svícení: Vzhledem k tomu, že se jedná o zařízení určené pro domácí použití, je vhodné nastavit časové okno, kdy ho lze rozsvítit. To proto, aby nedocházelo ke svícení mimo doporučenou dobu, a tím k nežádoucímu efektu. Lékař či jiný odborník má možnost před předáním svítidla pacientovi nastavit časové okno začátku a konce svícení, jeho intenzitu a také celkovou délku fototerapie.

Další doporučení, možné nežádoucí účinky a kontraindikace

Mezi nejčastěji zmiňované vedlejší účinky fototerapie obecně patří podráždění či únava očí. Dále se může objevit nauzea, závratě, bolesti hlavy a nespavost po pozdně večerním světle či předčasné probouzení po ranní fototerapii [10]. V jedné z našich výše zmíněných studií jsme z dlouhodobých záznamů pohybové aktivity zjistili zvýšenou fragmentaci spánku během dvoutýdenní expozice světlu, která, ačkoli nebyla subjektivně zaznamenána, indikuje, že příliš intenzivní fototerapie může kvalitu spánku ovlivnit. Nežádoucí účinky obvykle odezní během několika dní po snížení intenzity světla či úpravě délky fototerapie [10]. U pacientů s bipolární afektivní poruchou je v literatuře diskutováno riziko přesmyknutí do mánie, avšak randomizované kontrolované studie a meta-analýzy

tyto obavy nepotvrzují [52-54]. Recentní review [32] uvádí, že riziko přesmyknutí do mánie se neočekává u pacientů na lithiu či jiné profylaktické medikaci. Obecně je třeba dbát zvýšené opatrnosti při fototerapii u pacientů s některými onemocněními očí či kůže nebo pacientů užívajících fotosenzitizující medikaci [10].

Rizika spojená s nedodržením metodiky

Při fototerapii aplikované v nevhodnou denní dobu (tj. později odpoledne, večer a v noci) hrozí riziko narušení spánku a nevhodného posunu cirkadiánního rytmu. Při příliš vysoké dávce světla (tj. při příliš vysoké intenzitě světla nebo při příliš dlouhé délce světelné expozice) se mohou objevit nežádoucí účinky popsané výše, včetně námi popsané zvýšené fragmentace spánku. Je třeba zdůraznit, že dávkou světla se rozumí velikost melanopického účinku světla, resp. jeho působení na ipRGC a systémy neobrazového vnímání světla. Z toho důvodu pro nastavení optimální intenzity a délky fototerapie doporučujeme využívat popsaného přepočtu fotopické intenzity na melanopický ekvivalent denní osvětlenosti (mEDI). V opačném případě hrozí riziko, že zvolená melanopická účinnost světla bude nižší nebo vyšší než by odpovídalo hodnotám melanopické účinnosti svítidel, na kterých byly realizovány studie efektivity a dle kterých byly formulovány stávající doporučené postupy pro fototerapii [10, 23]. Upozorňujeme rovněž na sezónní změny citlivosti fotoreceptorů a celého zrakového systému [43], které mohou ovlivňovat nejen klinickou odpověď, ale také případný výskyt nežádoucích účinků fototerapie. Za citlivé považujeme zejm. období konce března a začátku dubna, kdy se výrazně prodlužují dny a současně dochází ke změně času.

Příklady aplikačního využití metodiky

Následující studie jsou příklady aplikačního využití fototerapeutických pomůcek v psychiatrii mimo tradiční oblast léčby deprese či poruchy cirkadiánního rytmu. Fototerapeutické pomůcky jsou zde pojmány jako doplňková intervence v rámci etablovaných terapeutických programů pro hospitalizované pacienty a pro pacienty docházející do denního stacionáře či jako podpůrná intervence pro jedince se zvýšenou sezónní citlivostí. Racionále tohoto přístupu vychází ze skutečnosti, že světlo je významným biologickým signálem ovlivňujícím fyziologické funkce, tělesné i duševní zdraví a že v interiérech, kde psychiatrickí pacienti tráví většinu či veškerou denní dobu, je nedostatečné. Volba konkrétních patientských skupin, u kterých jsme fototerapeutické pomůcky v tomto smyslu využívali, vycházela mj. ze zájmu a možností pacientů a lékařů v Národním ústavu duševního zdraví v době řešení projektu. Výčet možného aplikačního využití fototerapeutických pomůcek v oboru psychiatrie tedy zdaleka není vyčerpávající.

Využití Světelné sauny v lůžkových zařízeních a zařízeních denní docházky

Jednorázové či občasné využití Světelné sauny stabilizovanými pacienty s psychotickými poruchami

V Národním ústavu duševního zdraví jsme testovali, zda dopolední expozice světlu ve Světelné sauně bude mít významný vliv na spavost a náladu pacientů, kteří zde docházejí do Denního stacionáře 3. Tento stacionář je určen především pacientům v rekonvalescenci obvykle po první, ale i následné psychotické epizodě. Jeho cílem je poskytovat návaznou ambulantní péči umožňující zkrácení doby hospitalizace a pomáhat pacientům vrátit se po psychotické epizodě do každodenního života. Jednou z výzev terapie je pomáhat pacientům zvládat negativní příznaky jako apatie, nedostatek motivace, emoční oploštělost apod., s nimiž souvisejí i potíže v každodenním životě jako např. plnění povinností či schopnost pravidelné docházky, které jsou v konečném důsledku klíčové pro úspěšný návrat do každodenního života. V rámci stacionáře je nácvik zvládnání těchto úkonů jedním ze stěžejních cílů terapie, avšak jeho dosahování není snadné ani vždy úspěšné. Možnost docházky do velkoplošného světelného boxu se nám proto jevila jako potenciálně zajímavá doplňková aktivita v rámci rehabilitace pacientů po atace psychotického onemocnění.

Metodický postup

Intenzita světla a vzdálenost pacienta od světelného zdroje: Pacienti seděli na lavici Světelné sauny a světlo k jejich očím dopadalo shora a zepředu. Výkon Světelné sauny byl nastaven na 75 %, tj. na oku pacientů dosahovala intenzita světla cca 2300 lx, což s ohledem na spektrum světla tohoto zařízení odpovídalo melanopickému ekvivalentu denního světla 2100 lx.

Činnost během expozice světlu: Během pobytu ve Světelné sauně pacienti seděli na lavici a měli otevřené oči. Někteří seděli v klidu, jiní se věnovali sedavým činnostem jako např. čtení, práce s elektronikou, případně konverzace.

Délka expozice: Expozice trvala 30 minut.

Načasování expozice: Pacienti do Světelné sauny docházeli dle možností mezi 10. a 12. hodinou dopoledne.

Frekvence expozic: Někteří pacienti přišli do Světelné sauny pouze jednou, jiní opakovaně, ne však častěji než jednou týdně.

Výsledky

Výsledky ukázaly, že expozice světlu ve Světelné sauně bezprostředně ovlivnila náladu, konkrétně snížila negativní afekt hodnocený dle škály PANAS (Škála pozitivního a negativního afektu, [55]). Pozitivní afekt dle PANAS a spavost dle Stanfordské škály spavosti [56] nebyly intervencí ovlivněny. Snížení negativního afektu na škále PANAS bezprostředně po fototerapii jsme prokázali rovněž u zdravých kontrol, u kterých jsme současně našli i změny elektrické aktivity mozku v oblastech

podílejících se na regulaci nálady, což ukazuje, že bezprostřední efekt světelné expozice lze prokázat i na fyziologické úrovni (viz příloha Klíčové výstupy z originálních studií).

Uvedeného efektu (snížení negativního afektu dle škály PANAS) bylo dosaženo při popsaném nastavení, tedy při relativně nízké intenzitě světla a 30 minutové expozici. Zpětná vazba od ošetřujícího personálu byla pozitivní – pacienti do Světelné sauny docházeli rádi, často kvůli ní přicházeli do stacionáře dříve, někteří dle sdělení ošetřujícího personálu byli aktivnější a hovornější, což je v souladu s cíli rehabilitace. Dle terapeutických cílů a uvážení lékaře je možné parametry fototerapie měnit, dle postupů uvedených výše a při současném monitorování případných nežádoucích účinků.

Závěr

Naše testování prokázalo, že využití Světelné sauny pacienty v rekonvalescenci po psychotické epizodě, kteří docházejí do denního stacionáře, je proveditelné, je dobře snášeno a kladně hodnoceno jak ošetřujícím personálem, tak pacienty, u kterých světelná expozice bezprostředně snižuje negativní afekt.

Pravidelné využívání Světelné sauny hospitalizovanými pacienty s úzkostnými poruchami

Hospitalizovaní pacienti tráví čas v budovách, kam obecně dopadá velmi málo denního světla. Světelný synchronizační signál pro biologické hodiny, který je významný zejména ráno, je velmi slabý. Intenzita světla v budovách se pohybuje v řádu nízkých stovek luxů, což je méně než kolik poskytuje slunce při východu (cca 1000 lx). Z tohoto pohledu se jeví každodenní ranní pobyt ve Světelné sauně jako vhodná metoda pro podporu synchronizace cirkadiánních rytmů u hospitalizovaných pacientů. V naší studii jsme hodnotili vliv pravidelné návštěvy Světelné sauny na cirkadiánní rytmus, spánek a náladu pacientů hospitalizovaných na odd. 1 v Národním ústavu duševního zdraví, které je určeno pro pacienty s úzkostnými poruchami.

Metodický postup

Intenzita světla a vzdálenost pacienta od světelného zdroje: Pacienti seděli na lavici Světelné sauny a světlo k jejich očím dopadalo shora a zepředu. Výkon Světelné sauny byl nastaven na 75 %, tj. na oku pacienta dosahovala intenzita světla cca 2300 lx, tj. 2100 lx po přepočtu na mEDI.

Činnost během expozice světlu: Během pobytu ve Světelné sauně pacienti měli otevřené oči. Někteří seděli v klidu, jiní se věnovali sedavým činnostem jako např. čtení, práce s elektronikou, případně konverzace.

Délka expozice: Expozice trvala 30 minut.

Načasování expozice: Pacienti do Světelné sauny docházeli v době od 7:15 do 7:45 h ráno.

Frekvence expozic: Expozice světlu ve Světelné sauně probíhala po dobu dvou týdnů každý všední den (10 sezení).

Výsledky

Výsledky ukázaly, že pravidelná dvoutýdenní expozice plnospektrálnímu světlu ve Světelné sauně o intenzitě cca 2300 lx podpořila stabilitu cirkadiánního rytmu. Zatímco mezidenní stabilita cirkadiánního rytmu pohybové aktivity se u kontrolní skupiny v průběhu hospitalizace snížila (pravděpodobně v důsledku omezené expozice dennímu světlu), mezidenní stabilita cirkadiánního rytmu pacientů, kteří byli pravidelně v ranních hodinách vystavováni plnospektrálnímu světlu, se během hospitalizace nezměnila (viz příloha Klíčové výstupy z originálních studií). Na rozdíl od vysoké intenzity světla v experimentu se zdravými dobrovolníky, která rovněž podpořila cirkadiánní rytmus (zvýšila mezidenní stabilitu rytmu pohybové aktivity a amplitudu rytmu hladin melatoninu), nižší intenzita světla aplikovaná v případě pacientů nevedla k fragmentaci spánku (viz příloha Klíčové výstupy z originálních studií).

Závěr

Z našich měření vyplývá, že pravidelné využívání Světelné sauny či jiného obdobného zařízení emitujícího světlo o intenzitě cca 2300 lx (s obdobně vysokým mEDI) je vhodnou doplňkovou intervencí pro hospitalizované pacienty, kteří mají omezenou možnost expozice přirozenému dennímu světlu.

Využití Světelného kufru v domácím prostředí

Pro aplikační využití Světelného kufru platí stejná pravidla jako pro fototerapii obecně. Touto pomůckou lze také navázat na předchozí fototerapii ve Světelné sauně během hospitalizace. Jedná se však o pomůcku určenou také k domácímu použití, kde je třeba spoléhat na spolupráci pacienta, přičemž systém monitorování této spolupráce může být přínosný.

Cílem této studie bylo ověřit proveditelnost fototerapie v domácích podmínkách při současném monitorování spolupráce pomocí online přenosu dat a zhodnotit, zda dvoutýdenní domácí fototerapie povede ke změnám spánku a cirkadiánního rytmu či ke změně subjektivního hodnocení nálady. Populací, kterou jsme zvolili pro testování Světelného kufru, byli zdraví jedinci se zvýšenou citlivostí na sezónní změny. Pro tyto osoby je typické zhoršení nálady v podzimních a zimních měsících, které však nedosahuje klinické závažnosti.

Metodický postup

Intenzita světla a vzdálenost pacienta od světelného zdroje: Účastníci seděli ve vzdálenosti cca 50 cm od světelného zdroje (délka natažené paže). Na oku participanta při tomto uspořádání dosahovala intenzita světla cca 3000 lx (2800 lx po přepočtu na mEDI).

Činnost během expozice světlu: Během expozice světlu participant seděli a měli otevřené oči. Někteří seděli v klidu, jiní se věnovali sedavým činnostem jako např. čtení, práce s elektronikou, snídání.

Délka expozice: Expozice trvala 30 minut.

Načasování expozice: Světelná expozice byla nastavena individuálně. Pro nastavení času fototerapie

bylo bráno v úvahu několik faktorů. Zohledňován byl chronotyp jedince, ale také čas vstávání během pracovních dní a běžná ranní rutina před cestou do práce. Protože se jednalo o pracující jedince, nebylo možné dodržet existující doporučené nastavení přesného času svícení na základě konkrétního rozmezí chronotypu [4] a v praxi byl nejsilnějším určujícím parametrem načasování fototerapie průměrný obvyklý čas vstávání v pracovní dny. Pro dodržení pravidelnosti načasování světelné stimulace, byli probandi instruováni fototerapii vynechat, pokud by ji výjimečně museli absolvovat o více než 30 minut dříve než obvykle. Na základě následné zpětné vazby od participantů, kteří reportovali akumulaci spánkového dluhu, který byli zvyklí během víkendů dospávat, ovšem v důsledku požadavku na ranní fototerapii tak nečinili, však doporučujeme nastavení časového okna pro fototerapii do pozdějších ranních hodin, aby se minimalizoval rozdíl mezi pracovními a volnými dny.

Frekvence expozic: Expozice světlu Světelného kufru probíhala po dobu dvou týdnů každý den (14 sezení).

Výsledky

Dvoutýdenní fototerapie pomocí Světelného kufru vedla u osob se zvýšenou sezónní citlivostí ke snížení subjektivně prožívaných depresivních příznaků. Analýza dat ze spánkových deníků ukázala, že během fototerapie usínali probandi rychleji, tj. subjektivní spánková latence se významně snížila během fototerapie a během následujícího období po ukončení fototerapie se spánková latence neprodloužila, zůstala na stejné úrovni. Analýzy aktigrafických záznamů ukázaly, že účastníci studie měli během fototerapie časnější akrofázi než během monitorovacího období na začátku studie. Měli také mírně, byť nesignifikantně, posunutou střední dobu spánku. Tyto dva časové body, vrchol rytmu aktivity a střední doba spánku ukazují na délku cirkadiánního rytmu a fázové vztahy mezi spánkovým rytmem a aktivitou, což prokázala i korelační analýza mezi oběma parametry (viz příloha Klíčové výstupy z originálních studií).

Závěr

Domácí fototerapie s předem nastaveným časovým oknem, definovanou intenzitou a délkou a průběžným monitorováním spolupráce pacienta je proveditelná. U osob se zvýšenou citlivostí k sezónním změnám vedla ke zlepšení nálady, zkrácení spánkové latence a k posunu (předběhnutí) fáze cirkadiánního rytmu pohybové aktivity.

Předpokládání uživatelé metodiky v praxi

V rámci lůžkové či ambulantní psychiatrické péče je tato metodika určena psychiatrům a klinickým psychologům, pod supervizí psychiatra či klinického psychologa také psychologům ve zdravotnictví, střednímu zdravotnickému personálu a nezdravotnickému personálu ve zdravotnictví. Mimo oblast psychiatrické péče ji mohou využívat též lékaři dalších odborností, rehabilitační terapeuti, psychoterapeuti, nezdravotničtí pracovníci jako chronobiologové, psychologové na pracovištích a další odborníci.

Shrnutí a závěr

Stávající doporučené postupy pro fototerapeutickou praxi [9, 23] byly formulovány na základě poznatků studií využívajících zdroje se zářivkovou technologií v době, kdy jiné zdroje nebyly k dispozici a kdy poznání v oblasti neobrazových účinků světla bylo omezené. Díky rozvoji LED technologie jsou však nyní vedle sebe na trhu fototerapeutické přístroje, které při stejné fotopické osvětlenosti (dle stávajících doporučení klíčového parametru pro nastavení fototerapie) vykazují i násobně odlišný efekt na ipRGC, které zprostředkovávají účinek fototerapie. Pomocí nově zavedených světelně technických veličin, zejm. pomocí melanopického ekvivalentu denního světla (mEDI) je však možné biologickou účinnost různě technologicky koncipovaných fototerapeutických zařízení porovnat. Tato metodika dokládá, že stávající hodnoty fotopické osvětlenosti doporučené pro fototerapii (2500 – 10000 lx) odpovídají mEDI 1800 – 7500 lx. Současně, na příkladu originálních studií, demonstruje, že i světlo, jehož intenzita je nižší než 2500 lx (konkrétně 2300 lx, mEDI 2100 lx) způsobuje změny afektivního prožívání i cirkadiánního rytmu. Dokládá také, že nižší intenzita světla (zejm. při vysoké hodnotě mEDI) může být v některých případech vhodnější volbou. V našich experimentech jsme zaznamenali zvýšení mezidenní stability cirkadiánního rytmu při nižší (2300 lx, mEDI 2100 lx) i vyšší (11000 lx, mEDI 10300 lx) intenzitě světla, ale při vyšší zvolené intenzitě světla se během fototerapie zvýšila fragmentace spánku. Uvedené příklady aplikačního využití fototerapeutických pomůcek dokumentují využitelnost fototerapeutických pomůcek jako doplňkové intervence vedle standardní psychiatrické léčby a dokládají účinek zvolených postupů na podporu cirkadiánních rytmů hospitalizovaných pacientů s úzkostnými poruchami, na pozitivní afektivní změny u pacientů s psychotickými onemocněními a na snížení subjektivně prožívaných depresivních příznaků u zdravých osob se zvýšenou citlivostí na sezónní změny. Postupy popsané v této metodice mohou být analogicky aplikovány i v nepsychiatrických zařízeních, a to včetně široké oblasti zdravotnictví a sociálních služeb. Všude tam, kde pacienti či klienti tráví mnoho času v budovách a nemohou pobývat na denním světle, které je mimořádně významným biologickým signálem působícím na cirkadiánní rytmy, náladu i spánek.

Seznam použité literatury

1. International Commission on Illumination, *International Standard: CIE System for Metrology of Optical Radiation for iPRGC-Influenced Responses to Light*. 2018. **CIE S 026/E:2018**.
2. LeGates, T.A., D.C. Fernandez, and S. Hattar, *Light as a central modulator of circadian rhythms, sleep and affect*. Nat Rev Neurosci, 2014. **15**(7): p. 443-54.
3. Lam, R.W., D.F. Kripke, and J.C. Gillin, *Phototherapy for depressive disorders: a review*. Can J Psychiatry, 1989. **34**(2): p. 140-7.
4. Rosenthal, N.E., et al., *Seasonal affective disorder. A description of the syndrome and preliminary findings with light therapy*. Arch Gen Psychiatry, 1984. **41**(1): p. 72-80.
5. Terman, M. and J.S. Terman, *Light therapy for seasonal and nonseasonal depression: efficacy, protocol, safety, and side effects*. CNS Spectr, 2005. **10**(8): p. 647-63; quiz 672.
6. Al-Karawi, D. and L. Jubair, *Bright light therapy for nonseasonal depression: Meta-analysis of clinical trials*. J Affect Disord, 2016. **198**: p. 64-71.
7. Golden, R.N., et al., *The efficacy of light therapy in the treatment of mood disorders: a review and meta-analysis of the evidence*. Am J Psychiatry, 2005. **162**(4): p. 656-62.
8. Kripke, D.F., *Light treatment for nonseasonal depression: speed, efficacy, and combined treatment*. J Affect Disord, 1998. **49**(2): p. 109-17.
9. Prasko, J., et al., *Augmentation of antidepressants with bright light therapy in patients with comorbid depression and borderline personality disorder*. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub, 2010. **154**(4): p. 355-61.
10. Wirz-Justice, A., F. Benedetti, and T. Terman, *Chronotherapeutics for Affective Disorders: A Clinician's Manual for Light and Wake Therapy*, 2nd, revised edition. 2nd ed. 2013: S. Karger; 2nd edition. 220.
11. Cuomo, A., et al., *Effectiveness of light therapy as adjunctive treatment in bipolar depression: A pilot study*. J Affect Disord, 2023. **321**: p. 102-107.
12. Parry, B.L., et al., *A 1-week sleep and light intervention improves mood in premenstrual dysphoric disorder in association with shifting melatonin offset time earlier*. Arch Womens Ment Health, 2023. **26**(1): p. 29-37.
13. Donmez, M., et al., *Efficacy of bright light therapy in perinatal depression: A randomized, double-blind, placebo-controlled study*. J Psychiatr Res, 2022. **149**: p. 315-322.
14. Garbaza, C., et al., *Sustained remission from perinatal depression after bright light therapy: A pilot randomised, placebo-controlled trial*. Acta Psychiatr Scand, 2022. **146**(4): p. 350-356.
15. Smilowska, K., D.J. van Wamelen, and B.R. Bloem, *The multimodal effect of circadian interventions in Parkinson's disease: A narrative review*. Parkinsonism Relat Disord, 2023. **110**: p. 105309.
16. Zang, L., et al., *The effect of light therapy on sleep disorders and psychobehavioral symptoms in patients with Alzheimer's disease: A meta-analysis*. PLoS One, 2023. **18**(12): p. e0293977.
17. Lucas, R.J., et al., *Measuring and using light in the melanopsin age*. Trends Neurosci, 2014. **37**(1): p. 1-9.
18. Murray, J.M., et al., *Light-based methods for predicting circadian phase in delayed sleep-wake phase disorder*. Sci Rep, 2021. **11**(1): p. 10878.
19. Fishbein, A.B., K.L. Knutson, and P.C. Zee, *Circadian disruption and human health*. J Clin Invest, 2021. **131**(19).
20. Young, C.J., D. Lyons, and H.D. Piggins, *Circadian Influences on the Habenula and Their Potential Contribution to Neuropsychiatric Disorders*. Front Behav Neurosci, 2021. **15**: p. 815700.
21. Chen, Y., T. Chen, and X. Cai, *Light-sensitive circuits related to emotional processing underlie the antidepressant neural targets of light therapy*. Behav Brain Res, 2021. **396**: p. 112862.
22. Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, *Seznam zdravotních výkonů 2.0.193.6*. Available from: <https://szv.mzcr.cz/Vykon/Detail/35115>.
23. Doubek, P., *Biologická léčba - fototerapie (léčba jasným světlem)*, in *Psychiatrie: Doporučené postupy psychiatrické péče IV.*, J. Raboch, Editor. 2014, Psychiatrická společnost ČLS JEP. p. 190 - 192.
24. German Institute for Standardisation, *Optical radiation physics and illuminating engineering - Part 100: Melanopic effects of ocular light on human beings - Quantities, symbols and action spectra*. 2015. **DIN V 5031-100. (08/2015)**: p. 33.
25. German Institute for Standardisation, *Optical radiation physics and illuminating engineering - Part 100: Melanopic effects of ocular light on human beings - Quantities, symbols and action spectra*. 2021. **DIN/TS 5031-100:2021-11**: p. 46.
26. Giménez, M.C., et al., *Predicting melatonin suppression by light in humans: Unifying photoreceptor-based equivalent daylight illuminances, spectral composition, timing and duration of light exposure*. J Pineal Res, 2022. **72**(2): p. e12786.
27. UPRtek. *MK350S Premium Spectrometer: User Manual*. V2.0; 2019-04-22. Available from: <https://tdelektronik.com/uploads/dokumanlar/mk350s-premium-spectrometer-user-manual.pdf>
28. Carex Health Brands. *Day-Light Lamp (Model DL93011): User Guide*. 2014. Available from: <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/A1hrOspwdXS.pdf>
29. NASLI. *Chronobiologická fototerapie v geriatrii*. 2016. Available from: <https://www.nasli.cz/wp-content/uploads/2019/10/Fototerapie-brozura-ChBFT-v-geriatrii-062016.pdf>
30. NASLI. *Fototerapeutické osvětlení – díl první*. 2016. Available from: <https://www.nasli.cz/fototerapeuticke>

- osvetleni-dil-prvni/
31. Anderson, J.L., et al., *Lux vs. wavelength in light treatment of Seasonal Affective Disorder*. Acta Psychiatr Scand, 2009. **120**(3): p. 203-12.
 32. Wirz-Justice, A. and A.M. Terman, *CME: Light Therapy: Why, What, for Whom, How, and When (And a Postscript about Darkness)*. Praxis (Bern 1994), 2022. **110**(2): p. 56-62.
 33. Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, *Registr zdravotnických prostředků*. Available from: https://eregotp.ksrzis.cz/?orig_url=https%3A%2F%2Fereg%2Eksrzis%2Ec%2FSecurecertrunkPortalHomePage%2F&node=2.
 34. Beurer GmbH. *TL 30 – Návod k použití*. Registr zdravotnických prostředků (RZPRO), evidenční číslo 00055191. Available from: <https://eregpublicsecure.ksrzis.cz/Registr/RZPRO/ZdravotnickýProstředek/Detail/61173>.
 35. Philips. *goLITE BLU energy light (HF3332/HF3331): User manual*. [PDF]. Available from: <https://www.documents.philips.com/assets/20211005/3be7a3475124419fa3fdadb800d78baf.pdf>.
 36. International Commission on Illumination, *CIE position statement on the blue light hazard*. Color Research & Application, 2019. **44**(4): p. 672-673.
 37. Cajochen, C., et al., *Effect of daylight LED on visual comfort, melatonin, mood, waking performance and sleep*. Lighting Research & Technology, 2019. **51**(7): p. 1044-1062.
 38. Spectrasol s.r.o. *Fototerapeutický pavilon*. Available from: <https://www.spectrasol.cz/produkt/fototerapeuticky-pavilon/>
 39. Spectrasol s.r.o. *Technický list: Fototerapeutický kufr*. 05/2024. Available from: <https://www.spectrasol.cz/wp-content/uploads/2024/09/Technicky-list-fototerapeuticky-kufr.pdf>
 40. Glickman, G., et al., *Inferior retinal light exposure is more effective than superior retinal exposure in suppressing melatonin in humans*. J Biol Rhythms, 2003. **18**(1): p. 71-9.
 41. Lasko, T.A., D.F. Kripke, and J.A. Elliot, *Melatonin suppression by illumination of upper and lower visual fields*. J Biol Rhythms, 1999. **14**(2): p. 122-5.
 42. Andrade, M.J.O., et al., *Daily variation of visual sensitivity to luminance contrast: Effects of time of measurement and circadian typology*. Chronobiol Int, 2018. **35**(7): p. 996-1007.
 43. Krüger, E., *Seasonal Effects of Daylight Conditions on Occupant Perception and Skin Temperature*. Frontiers in Sustainable Cities, 2022. **4**.
 44. Yale School of Medicine, *How Should I Obtain a Light Box?* Available from: https://medicine.yale.edu/psychiatry/research/programs/clinical_people/winter/obtain/.
 45. Terman, M., et al., *Light therapy for seasonal affective disorder. A review of efficacy*. Neuropsychopharmacology, 1989. **2**(1): p. 1-22.
 46. Horne, J.A. and O. Ostberg, *A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms*. Int J Chronobiol, 1976. **4**(2): p. 97-110.
 47. Thompson, C., Stinson, D., Smith, A., *Seasonal affective disorder and season-dependent abnormalities of melatonin suppression by light*. Lancet, 1990. **336**(8717): p. 703-706.
 48. Price, L. *CIE Technical Note*. in *Second International Workshop on Circadian and Neurophysiological Photoreception*. 2023. International Commission on Illumination.
 49. Spitschan, M., et al., *How to Report Light Exposure in Human Chronobiology and Sleep Research Experiments*. Clocks Sleep, 2019. **1**(3): p. 280-289.
 50. International Commission on Illumination, *User Guide to the alpha-opic Toolbox for implementing CIE S 026*. 2020; Available from: <https://files.cie.co.at/CIE%20S%20026%20alpha-opic%20Toolbox%20User%20Guide.pdf>.
 51. Skeldon, A.C., et al., *Extracting Circadian and Sleep Parameters from Longitudinal Data in Schizophrenia for the Design of Pragmatic Light Interventions*. Schizophr Bull, 2022. **48**(2): p. 447-456.
 52. Zhou, T.H., et al., *Clinical efficacy, onset time and safety of bright light therapy in acute bipolar depression as an adjunctive therapy: A randomized controlled trial*. J Affect Disord, 2018. **227**: p. 90-96.
 53. Takeshima, M., et al., *Efficacy and safety of bright light therapy for manic and depressive symptoms in patients with bipolar disorder: A systematic review and meta-analysis*. Psychiatry Clin Neurosci, 2020. **74**(4): p. 247-256.
 54. Sit, D.K., et al., *Adjunctive Bright Light Therapy for Bipolar Depression: A Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Trial*. Am J Psychiatry, 2018. **175**(2): p. 131-139.
 55. Watson, D., L.A. Clark, and A. Tellegen, *Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales*. J Pers Soc Psychol, 1988. **54**(6): p. 1063-70.
 56. Hoddes, E., W.C. Dement, and V. Zarcone, *Stanford Sleepiness Scale (SSS)*. Psychophysiology, 1972. **9**(150).