

TOP TEAM

Projekty podpory olympijské přípravy 2017–2020



**BIORYTMY NEJEN
PRO SPORTOVCE**



NÁRODNÍ ÚSTAV DUŠEVNÍHO ZDRAVÍ A PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UK

Biorytmy nejen pro sportovce

aneb jak a proč se zachovat „SYNC“

Zdeňka Bendová a Kateřina Červená

„Probudila jsem se a pomalu otevřela oči. V místnosti bylo strašně moc světla. Moje oči si nemohly přivyknout, všechno bylo tak trochu oslnivě bílé. Můj žaludek se houpal a představa, že mám jít za chvíli na snídani, s ním cvičila ještě víc, ačkoliv hodiny na mobilu ukazovaly, že je již spíše čas k obědu. Byla mi trochu zima. Nechtělo se mi vstát, ale ani spát. Pomalu jsem si uvědomila, že jsem se včera v noci ocitla na jiném kontinentě. Jediná buňka mého těla nevěděla, která bije.“ Pocit, který asi mnoho z nás zažilo, se nazývá jet lag, česky také pásmová nemoc, která vzniká poruchou cirkadiánního systému při přeletech přes mnoho časových pásem.

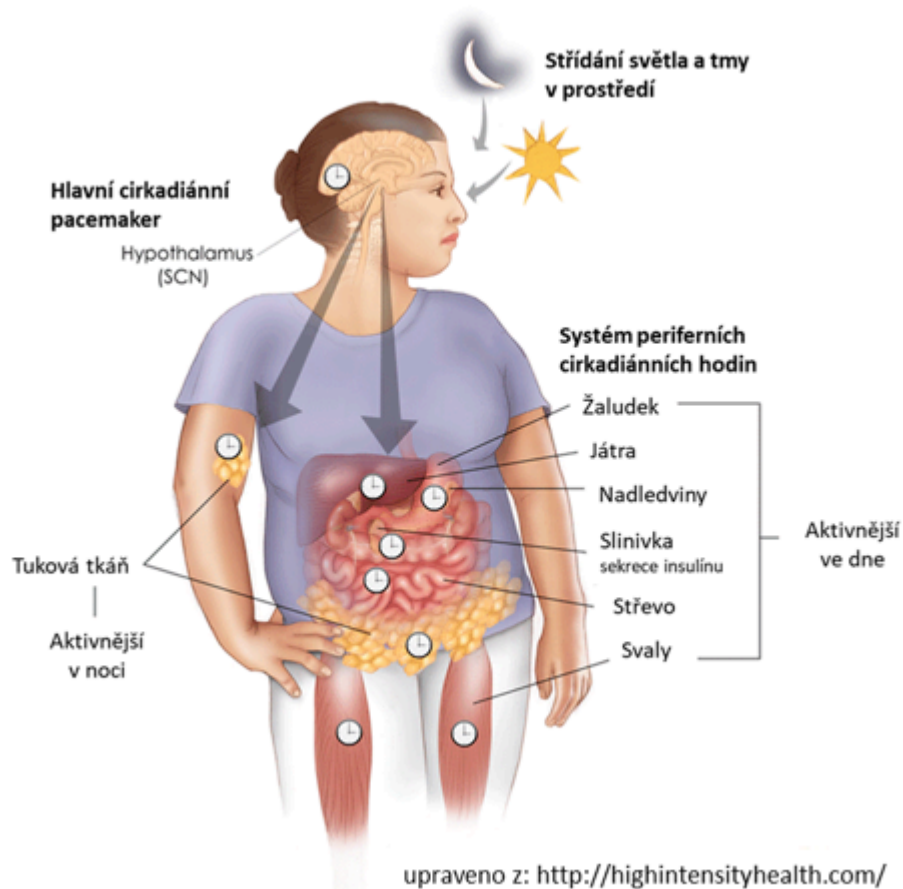
Pásmová nemoc není skutečná nemoc, je to syndrom časové disharmonie mezi tělesnými orgány, který zmizí, jakmile se organismu podaří nastolit ztracenou rovnováhu. Vážné nemoci, které vznikají při chronickém, opakovaném narušení časového programu organismu, jsou spojovány spíše s dlouhodobou prací ve směnných provozech, ale o nich bude v tomto pojednání řeč pouze okrajově.



“Nice to meet you. You must excuse me I’m still suffering from jet lag.”

1. Co je cirkadiální systém

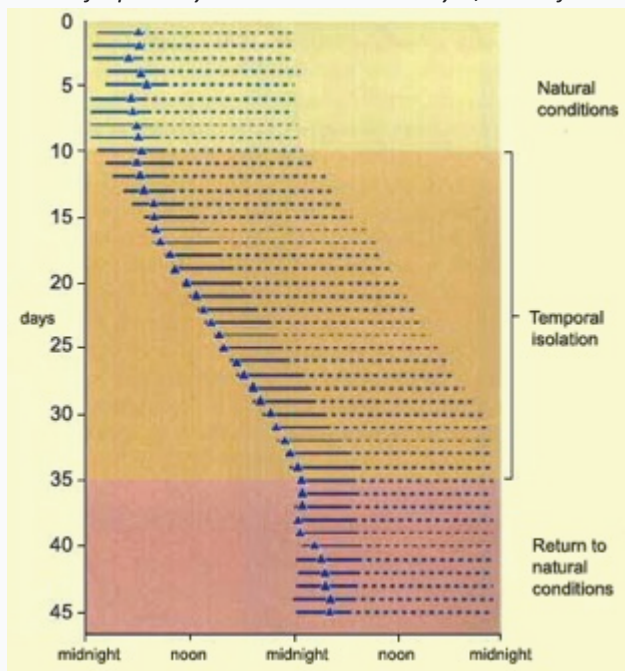
Časový program chování a fyziologie organismu je řízen rozsáhlou sítí tzv. biologických hodin distribuovaných ve všech tkáních a buňkách těla, které dohromady tvoří **cirkadiální systém**. Cirkadiální systém savců, tedy i člověka, má hierarchickou strukturu, na jejímž vrcholu je hlavní **cirkadiální pacemaker** uložený v suprachiasmatických jádrech hypotalamu (SCN). Pacemaker se mu říká proto, že podobně jako srdeční pacemaker generuje elektrické impulsy nezávisle na okolním prostředí. Na rozdíl od minutového srdečního pacemaku je ale generuje s periodou, která je cirkadiální, tedy „zhruba“ denní, tj. nemá periodu přesně 24 hodin. U většiny lidí je jejich vnitřní perioda trochu delší (BOX 1). Tato „cirka-diální“ perioda je ale přizpůsobována přesnému 24hodinovému dni střídáním světla a tmy během dne a noci a výsledná časová informace je potom předávána k jiným částem mozku a všem periferním orgánům těla, respektive k jejich periferním biologickým hodinám (obr. 1).



Obr. 1. Cirkadiální systém. Hlavní cirkadiální pacemaker v mozku funguje jako nepřesné hodiny a běží sám o sobě s periodou, která není přesně 24hodinová. K přesné 24hodinové periodě jednoho solárního dne musí být denně nastavován cyklem světla a tmy. O tomto přesném čase potom informuje všechny orgány a buňky celého těla. Na obrázku jsou pro názornost vyznačeny příklady pouze několika hlavních orgánů, jejichž funkce jsou hodinami regulovány.

BOX 1

Jeden ze zakladatelů chronobiologie, oboru, který se zabývá studiem časové organizace organismů, byl německý profesor Jürgen Aschoff. Ten začal v 60. letech studovat cirkadiální rytmy člověka v laboratorních podmínkách. Postavil bunkr, ve kterém nechal žít dobrovolníky několik týdnů v izolaci od okolního světla, zejména v izolaci od pravidelného střídání světla a tmy během dne a noci. Zjistil, že i v těchto podmínkách zůstávají zachované rytmy např. ve spánku a bdění nebo v tělesné teplotě, ale že se vzhledem k vnějšímu světu posunují v čase a každý den začínají o něco později. Vnitřní rytmy člověka mají tedy periodu trochu delší než 24 hodin a jejich cirkadiální hodiny se tedy každý den o pár minut zpozdí. Podobná vlastnost byla popsána u všech zkoumaných organismů, a říkáme, že cirkadiální rytmy v neperiodickém prostředí "volně běží" v čase s periodou τ (tau), která se mírně liší od vnější periody střídání světla a tmy T , která je rovná dvaceti čtyřem hodinám (obr. A).

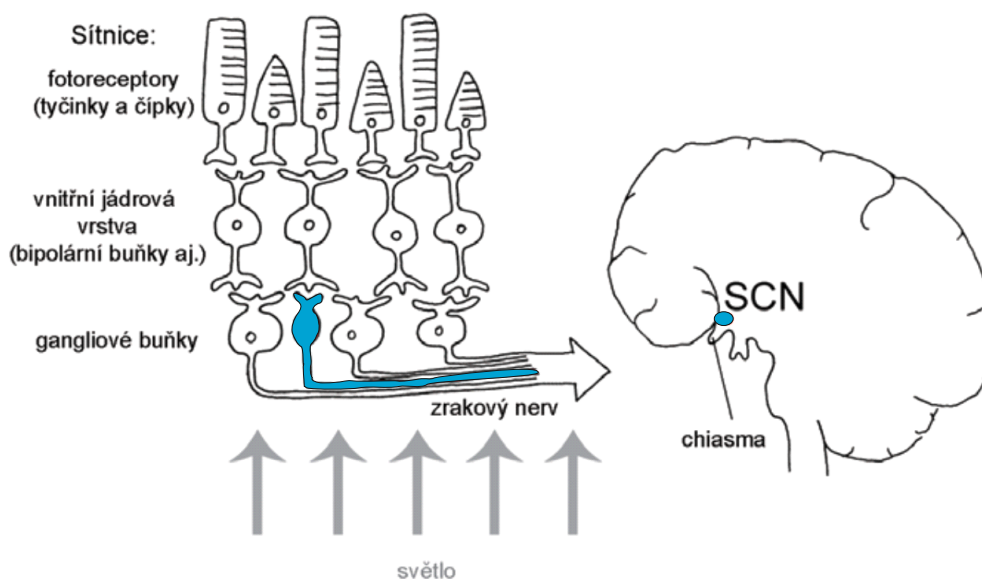


Obr. A. Diagram zobrazuje rytmus spánku (délka spánku je vyznačena plnou čarou), rytmus aktivity (délka denní aktivity je vyznačena přerušovanou čarou) a tělesné teploty (čas nejnižší teploty je vyznačen trojúhelníčky). Každá linka znázorňuje dva dny.

Prvních devět dnů byla pokusná osoba v prostředí, kde se periodicky střídala den a noc, tedy světlo a tma. Ze záznamu je zřejmé, že osoba uléhala ke spánku každý den mírně po půlnoci ale vcelku v pravidelnou dobu. Další 25 dní byla osoba v prostředí zcela izolovaném od jakýchkoliv známek **vnějšího času** a její biorytmy běžely pouze podle **vnitřního času** daného cirkadiálním pacemakerem. Z grafu je zřejmé, jak se perioda rytmu prodlužuje a spánek i aktivita začíná každý den o něco později. Po 25 dnech tak člověk může snadno přijít o den života. Po návratu do přirozených podmínek se zase rytmus rychle srovnal s 24 hodinovou periodou.

adaptováno z: Dement, 1976

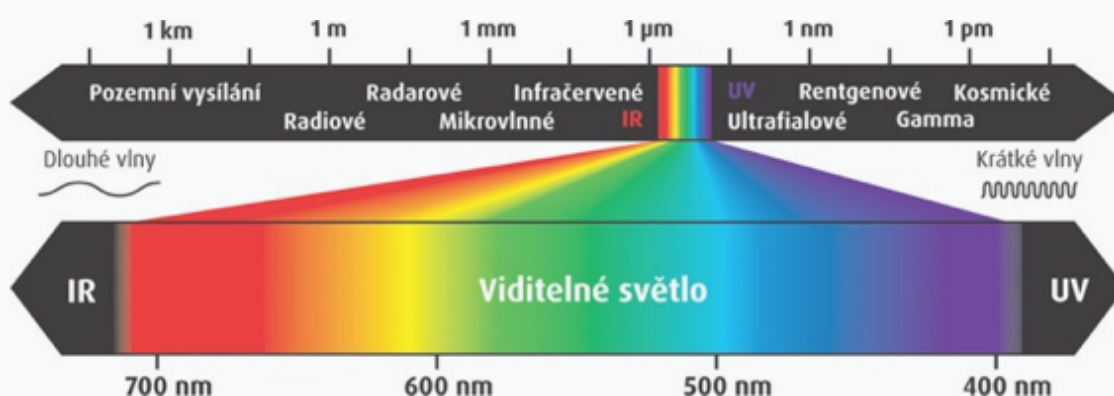
Informace o světle přicházejí do SCN odbočkou zrakové dráhy, tzv. retinohypotalamickým traktem přímo ze specializovaných buněk sítnice oka (obr. 2). Tyto buňky byly objeveny před necelými dvaceti lety a jejich široký průnik do mnoha oblastí mozku dnes vysvětluje pozitivní účinky modrého světla ve dne a negativní účinky modrého světla v noci na lidský organismus (BOX 2).



Obr. 2. Stavba sítnice oka s buňkami citlivými na modré světlo. Sítnice oka obsahuje kromě klasických fotoreceptorů, tyčinek a čípků také speciální gangliové buňky se světločivným fotopigmentem melanopsinem. Tento fotopigment je citlivý na světlo vlnové délky v modrém spektru. Výhodou takového uspořádání je, že světlo nemusí procházet celou vrstvou sítnice a vnímá tak lépe intenzitu denního světla. Výběžky těchto buněk tvoří část zrakového nervu, který vede zejména do SCN, ale i do dalších oblastí mozku zodpovědných za udržování bdělosti a aktivity. Vpravo je schematicky znázorněn příčný řez mozkem a SCN uložené nad křížením zrakových nervů, optickým chiasma.

BOX 2

Isaac Newton již v 17. století ukázal, že bílé sluneční světlo je možné rozložit skleněným hranolem do několika barev, a dokázal tak, že bílé světlo se skládá z různobarevného spektra.



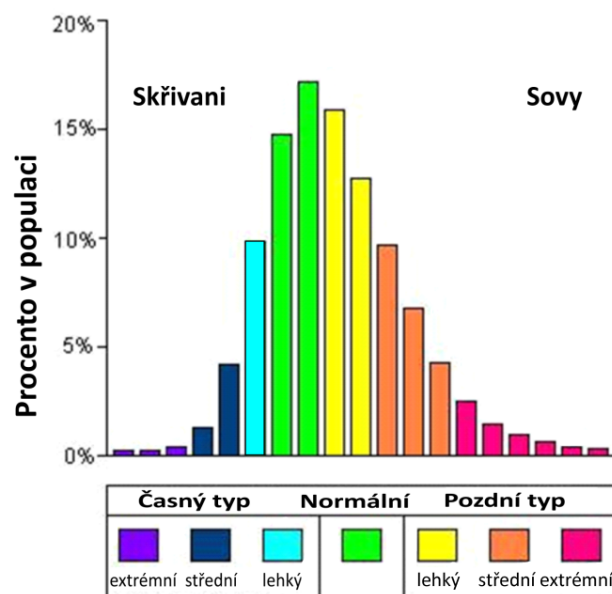
Viditelné světlo je lidským okem zachytitelná nepatrná část elektromagnetického spektra o vlnových délkách 380 až 750 nanometrů (nm). Částičky světla (fotony) v tomto rozmezí vlnových délek jsou zachytávány buňkami sítnice oka a jejich energie je převáděna na elektrický signál srozumitelný zrakovým centřům v mozku. Naše čípky jsou nejcitlivější ke světlu ve žlutém spektru kolem 555 nm. Naše tyčinky a také specializované gangliové buňky vnímají světlo mezi 450-480 nm, tedy modré světlo.

Pro pochopení cirkadiálních zákonitostí je třeba si uvědomit, že tento systém vznikl v průběhu milionů let **evoluce**. Již primitivní bakterie v prehistorických mořích měly hodiny, které dokázaly předvídat, jestli se blíží den, nebo noc, a mobilizovat nebo zklidňovat svůj metabolismus podle toho. Pravidelné otáčení Země kolem své osy a modrá složka světla, která je součástí slunečního spektra, jsou jedny z mála jistot, které evoluce ve svém průběhu měla, a přestože se nám to v moderní době zdá zvláštní, časová organizace podmiňuje celý náš život a zdraví.

Vnitřní časový systém a jeho adaptace s vnějším časem pomocí světla umožňovaly člověku předvídat příchozí události nebo změnu podmínek v jejich prostředí. Takové předvídání rizik a příležitostí limitovalo riziko setkání s predátory či nepřáteli, zvyšovalo šanci na setkání s partnerem a se zdroji potravy a zvyšovalo tak efektivitu vynaložené energie k přežití.

2. Chronotyp

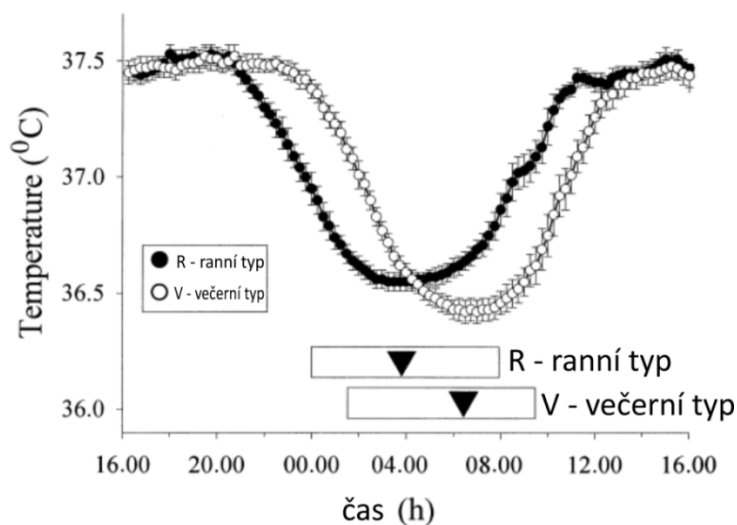
Pojmem „chronotyp“ označujeme člověka podle jeho časových preferencí. Někteří lidé mají přirozenou tendenci k vysoké aktivitě brzy zrána, to jsou tzv. skřivani, nebo jsou aktivní pozdě večer, a to jsou tzv. sovy. Chronotyp lze poměrně spolehlivě určit pomocí dotazníků (MEQ a MCTQ; viz kap. 8.1.1 a 8.1.2.), Studie napříč geografickými oblastmi zeměkoule se shodují na tom, že rozložení chronotypu v populaci člověka je téměř Gaussovské (obr. 3).



Obr. 3. Poměrné zastoupení různých typů chronotypu ve společnosti. Většinu společnosti tvoří normální nebo lehce večerní chronotyp. Extrémní **sovy** jsou lidé, kteří dokážou být plně aktivní třeba **ještě** ve čtyři hodiny ráno, zatímco extrémní **skřivani** se mohou budít s úsměvem a chutí do práce **už** ve čtyři hodiny ráno. Extrémní chronotypy se tedy spolehlivě míjejí v čase, kdy mají svojí fyzickou či psychickou aktivitu v maximu. Naštěstí jich není v populaci zase tak moc.

Proč je důležité vědět, jestli náhodou nejste extrémní sova nebo skřivan? Protože chronotyp je dán geneticky, základním nastavením našich vnitřních hodin (BOX 3). Příliš pomalé nebo příliš rychlé vnitřní hodiny lze sice také srovnat s vnějším časem, udržet takovou synchronizaci ale vyžaduje velkou kázeň v chování (viz kap. 7.1). S tím je třeba počítat, pokud nechceme plýtvat silami a chceme efektivně využívat svoji energii.

Časný chronotyp má délku vnitřní periody spíše rovnou nebo o maličko kratší než 24 hodin, zatímco sovy mohou mít svůj vnitřní čas až o hodinu delší, než je solární cyklus, podobně jako osoba z obrázku BOX 1A. Sovy mají tendenci chodit pozdě spát, protože jsou prostě večer čilé. Mají vysokou tělesnou teplotu (obr. 4; kap. 3.1.) a nízkou hladinu melatoninu (viz kap. 3.2.). Moderní doba jim nahrává a umožňuje prodlouženou délkou osvětlení jíst i pracovat dlouho do noci. Nemají-li volný režim a musejí-li ráno časně vstávat, vytváří si v průběhu týdne spánkový deficit, který potom kompenzují dlouhým spánkem ve volných dnech, a vzniká tzv. **sociální jet lag** (viz také kap. 7.1.). Ten má z dlouhodobého hlediska stejné negativní důsledky jako jet lag spojený s přesuny přes časová pásma, neboť prohlubuje nesoulad mezi vnitřním a vnějším časem. **Pro sovy je proto nezbytné najít rovnováhu mezi požadavky společnosti, ve které žijí, a vlastním nastavením doby maximální výkonnosti.** Ani **skřivani** nejsou úplně v pohodě – několik studií ukázalo, že lidé, kteří chodí spát brzy a vstávají brzy, jsou sice lépe srovnáni s moderním světem, ale **daleko hůře a déle se srovnávají se spánkovým deficitem.** Velice trpí, pokud musí pracovat na směny, a dlouho se vyrovnávají se spánkovou restrikcí např. při dlouhém cestování.

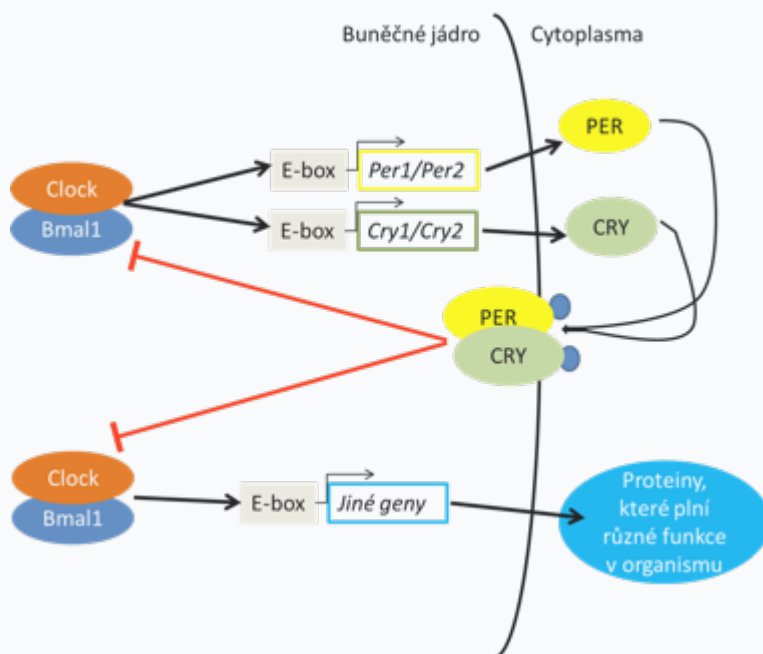


Obr. 4. Rozdíl mezi minimální tělesnou teplotou mezi ranními a večerními typy může být několik hodin. Graf znázorňuje data ze studie: Baehr EK, Reville W, Eastman CI. J Sleep Res. 2000 Jun;9(2):117-27, která pracovala se skupinou extrémních chronotypů v průměrném věku 25 let. Obdélníky pod křivkami vyznačují dobu spánku typickou pro obě skupiny. Graf ukazuje, že večerní chronotyp může mít teplotní minimum v době, kdy je již společností tlačen do plné aktivity. Jeho organismus však ještě není na žádnou aktivitu připraven.

Chronotyp se částečně mění s věkem. Malé děti bývají spíše skřivani, adolescenti spíše sovy. Ve středním věku se usazuje individuální chronotyp, který odpovídá **obrázku 3**. Ten trvá do seniorského věku, kdy se zase chronotyp posouvá spíše k časnějšímu. Tento posun je ale relativní vůči individuálnímu chronotypu; nestává se, že by se např. extrémní sova stala ke stáru časným chronotypem. Posune se maximálně o dvě kategorie směrem ke středu Gaussova rozložení.

BOX 3

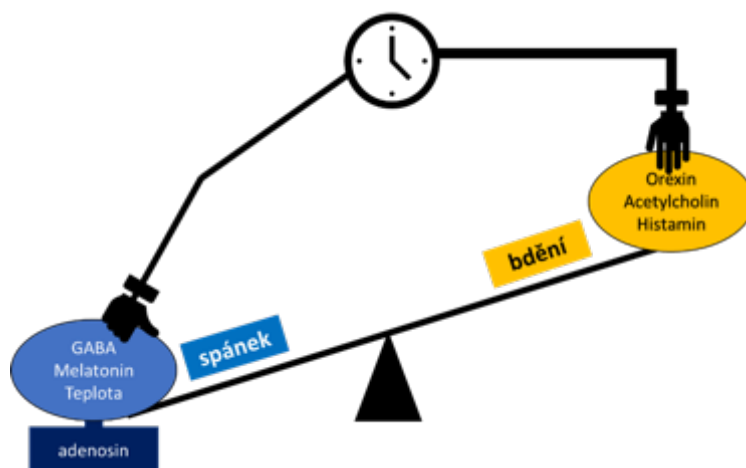
Co vlastně tvoří kolečka strojku vnitřních cirkadiálních hodin? Víme, že téměř všechny buňky v těle spouští expresi tzv. hodinových genů, které regulují tkáňově specifické funkce (obr. B.; za jejich objevení byla udělena letošní Nobelova cena za lékařství a fyziologii Jeffrey C. Hallovi, Michaelu Rosbashovi a Michaelu W. Youngovi). Dokonce, necháme-li kultivovat buňky lidské kůže, můžeme u nich naměřit takovou periodu spínání a vypínání genů, která odpovídá chronotypu dárce těchto buněk.



Obr. B. Molekulární mechanismus generování cirkadiálních rytmů. Proteinový dimer CLOCK/BMAL1 se váže ke specifické sekvenci E-box v promotoru genů Per a Cry a spouští jejich přepis. Stejnou sekvenci má ve svém promotoru i řada jiných genů důležitých např. pro buněčný cyklus, metabolismus a jiné důležité funkce buňky. Tyto funkční geny jsou tedy řízené stejným mechanismem jako hodinové geny Per a Cry. Komplex PER a CRY vstupuje večer do jádra a blokuje svoji vlastní transkripci.

3. Cirkadiální systém a regulace spánku a bdění

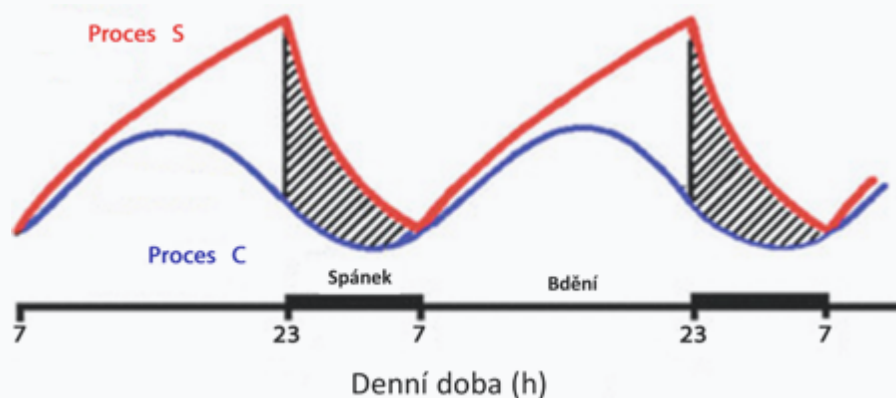
Dobře synchronizovaný zdravý člověk s normálním chronotypem se cítí ospalý každý den ve stejnou dobu a probouzí se spontánně bez budíku každý den ve stejnou dobu. Usínání je způsobováno dvěma faktory. Jednak metabolickou únavou mozku, která se zvyšuje s počtem hodin, které probdíme, a zejména pak regulací cirkadiálními hodinami v SCN. Probouzení je o něco více závislé na cirkadiálním systému, ale částečně také na kvalitě spánku. Cirkadiální systém navozuje spánek jednak tím, že tlumí mozková centra, jejichž aktivita způsobuje bdělost, a také reguluje tělesnou teplotu, hladinu melatoninu a kortizolu (**obr. 5**).



Obr. 5. Hlavní biologické hodiny v SCN regulují usínání i probouzení. Bdělost je navozovaná aktivitou mozkových center, která produkují aktivizující neurotransmitery, jako jsou orexin, acetylcholin a histamin. Spánek je navozen, když inhibiční neurotransmitter GABA potlačí aktivitu mozkových center důležitých pro udržení bdělosti a začne působit neurohormon melatonin. Snižující se tělesná teplota je důležitá pro kvalitu spánku. Přepínání mezi spánkem a bděním se často připodobňuje k dětské houpačce – buď jsme bdělí, nebo spíme, nic moc mezi tím u zdravého člověka dlouho netrvá. Centrální pacemaker v SCN působí jako síla, která houpačku překlápí. Adenosin, který se kumuluje během doby, kdy jsme vzhůru, funguje jako závaží na pomyslné houpačce, které napomáhá navodit spánek. Mimo jiné tuto funkci adenosinu částečně blokuje kofein. Během spánku adenosinové závaží ztrácí váhu a hodiny získávají šanci překloupit houpačku našeho vědomí do stavu bdělosti (BOX 4).

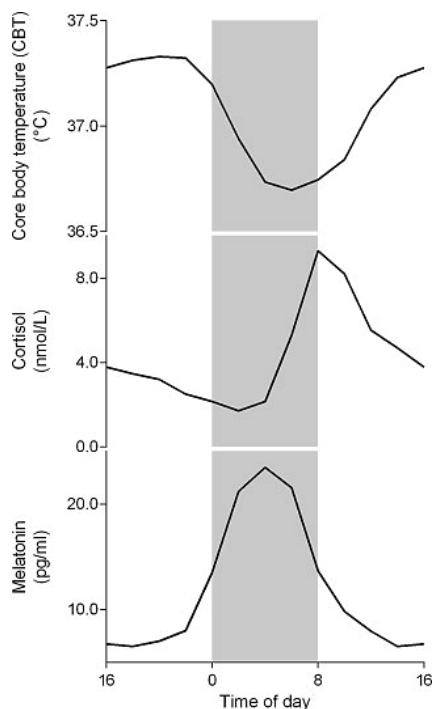
BOX 4

V roce 1982 navrhl Alexander Borbély „dvousložkový“ model regulace spánku, založeném na funkci tzv. homeostatu (proces S), který se zvyšuje s dobou kdy nespíme, a cirkadiánního pacemakeru (proces C), který předurčuje čas bdělosti a aktivity. Od okamžiku kdy se člověk probudí, křivka S stoupá. Cirkadiánní pacemaker informuje spánkové struktury o tom, že bdělost je v tuto chvíli fyziologicky žádoucí. Zvečera cirkadiánní regulace bdělosti klesá a v momentě, kdy jsou obě křivky od sebe dostatečně vzdáleny, organismus usíná nejlépe a nejzdravěji. Proces S ve spánku klesá, protože se vyplavují z mozku zplodiny metabolismu a cirkadiánní pacemaker se zvolna dostává do fáze, kdy začne tlumit spánková centra a probouzíme se. Kdybychom z našeho života odstranili všechny sociální faktory, které regulují náš spánek, např. budíky a večerní svícení, náš spánek by byl řízen přesně tímto modelem.



Z tohoto modelu se zdá, že homeostat a cirkadiánní systém mají v regulaci spánku stejnou úlohu. Nedávné studie ale odhalily, že hladiny enzymů, které katalyzují produkci adenosinu, homeostatické spánkové substance, která vzniká rozkladem ATP, hlavní „powerbanky“ každé buňky, jsou regulovány také cirkadiánním systémem. Biologické hodiny si tak pojišťují svoji nadvládu nad spánkovým procesem i těmito nepřímými cestami. Pokusy na laboratorních hlodavcích ukazují, že zničíme-li cirkadiánní pacemaker v SCN, fragmentujeme jejich spánek do kraťoučkových cyklů, které se objevují kdykoliv během 24 hodin. Podobné příklady známe i z humánní medicíny a dokládají význam SCN v komplexní regulaci rytmu spánku a bdění.

Pro kvalitní spánek je nezbytné, aby tělesná teplota klesala, melatonin stoupal a hladina kortizolu byla nízká (obr. 6).



Obr. 6. Základní tři cirkadiánní rytmy, které vedle regulace mozkových center definují tzv. biologickou noc.

Teplota tělesného jádra zvečera klesá, hladina melatoninu stoupá a produkce kortizolu je hodinami řízená na dobu těsně před probuzením. Kortizol pak napomáhá udržet bdělý stav.

3.1. Tělesná teplota

Většina lidí si neuvědomuje, že jejich tělesná teplota se mění v průběhu dne a její noční pokles je důležitý pro kvalitu spánku. Zvečera se snižuje produkce tepla a tělesná teplota zvolna klesá, což usnadňuje usínání a napomáhá tzv. SWS spánku (z angl. slow wave sleep; **BOX 5**), který je podstatný pro očistění mozku od zplodin metabolismu a umožňuje lepší duševní i fyzický výkon následující den. Několik hodin před probuzením tělesná teplota zase stoupá, mozek posílá signály do ostatních částí těla, aby produkovaly teplo a probudily se tak orgánové funkce. Rytmus tělesné teploty je řízen přímo cirkadiánním pacemakerem v SCN. Je tedy částečně závislý na chronotypu člověka, a hlavně na míře jeho synchronizace s vnějším časem. Je dobré, když délka spánku přesahuje přes bod nejnižší tělesné teploty, což zajišťuje dostatečný počet SWS cyklů, a tedy optimální fungování mozku druhý den (**viz kap. 6.1**).

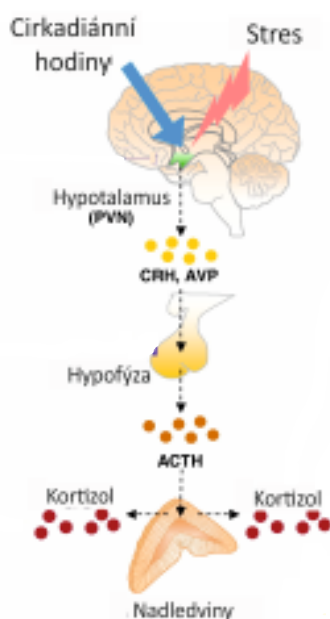
3.2. Melatonin

Neurohormon melatonin je asi nejpopulárnější faktor praktické chronobiologie. Přirozená syntéza melatoninu probíhá v pineální žláze mozku neboli epifýze a je zcela závislá na noční signalizaci z SCN. To způsobuje, že hladina melatoninu spolehlivě kopíruje délku noci a její změnu v průběhu roku. Melatonin podporuje spánek, ale má mnoho dalších pozitivních funkcí v těle. Působí velmi podpůrně např. na imunitní systém a působí jako velmi silný přirozený antioxidant. Je proto důležité starat se o jeho vysokou hladinu (**viz kap. 7.1**). Bohužel, světlo v noci syntézu melatoninu okamžitě potlačuje, což je považováno za jednu z hlavních příčin vzniku řady civilizačních chorob, jako jsou psychiatrická onemocnění včetně depresí a spánkových poruch, kardiovaskulární nemoci, obezita, diabetes a zejména celé řady forem karcinomů. Velmi účinné je zejména modré světlo, které je silně emitováno ze

všech elektronických zařízení, jako jsou televize, počítače, tablety a mobilní telefony (viz kap. 8.3.1.).

Kortizol

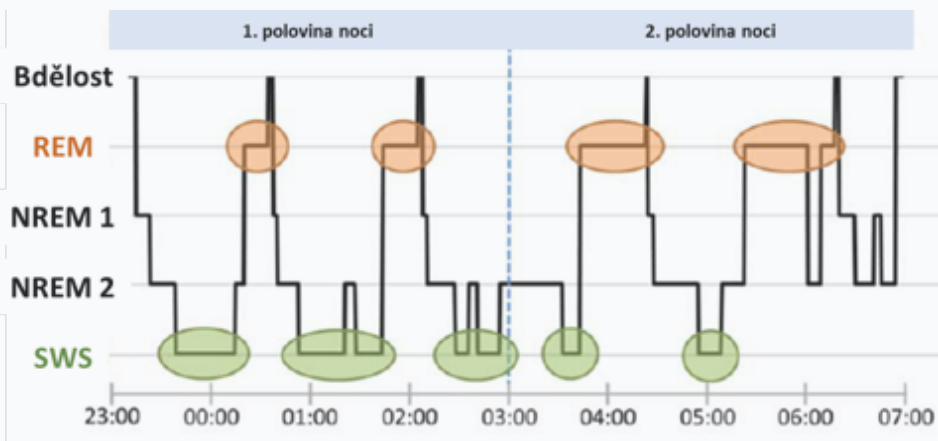
Vyprávění o steroidním hormonu kortizolu může tvořit jakýsi přechod mezi kapitolou o spánku a kapitolami o metabolismu a kardiovaskulárním systému. Kortizol zvyšuje srdeční výdej a krevní tlak, stimuluje tvorbu protizánětlivých cytokinů, ale hlavně podporuje glukoneogenezi, aby zajistil dostatek glukózy zejména pro mozek. Přesto, že kortizol v krvi vykazuje cirkadiánní rytmus s vysokou amplitudou, bývá často označován jako hormon stresu, neboť je zvyšován také po fyzické či psychické stresové zátěži nebo v závislosti na příjmu potravy (obr. 7).



Obr. 7. Produkce kortizolu kůrou nadledvinek je řízena rytmickou sekrecí adrenokortikotropního hormonu (ACTH) z hypofýzy, která je stimulována kortikoliberinem (CRH) a vasopresinem (AVP) z neuroendokrinních buněk paraventriculárního jádra hypotalamu (PVN). Aktivita těchto buněk je pod přímou kontrolou časových signálů z SCN, je ale citlivá i na stresové podněty. Celý řetězec událostí je navíc pojištěn cirkadiánní regulací citlivosti nadledvinek k ACTH, která je vedená sympatickou inervací.

BOX 5

Mozek je soubor miliard neuronů, které spolu komunikují prostřednictvím elektrických výbojů. Ty jsou měřitelné na povrchu hlavy elektroencefalogramem (EEG). Záznam EEG vypadá jinak pokud člověk bdí nebo spí a spánek samotný lze na základě EEG dobře charakterizovat. Stádia spánku se schematicky znázorňují různými variacemi tzv. hypnogramu (obr. C). Rozeznáváme hlavní dva typy spánku, NREM (z angl. non-rapid eye movement) a REM (z angl. rapid eye movement), které tvoří přibližně 90minutové cykly. V závislosti na délce spánku se objevuje 4-6 takových cyklů v průběhu noci. V REM spánku má mozek poměrně vysokou aktivitu, lidem se zdají barvitě sny a aby nevykonávali snové představy v realitě, je doprovázen tzv. atonií, tj. inhibicí kosterních svalů. REM spánek je nezbytný pro vývoj mozku dětí. V dospělosti pomáhá konsolidovat paměť. NREM spánek má tři stádia. První stádium představuje lehký povrchní spánek, ze kterého se lze lehce probudit. Ve druhé stádiu je spánek hlubší, ztrácí se v něm povědomí o okolním světě a utichá aktivita kosterních svalů. Třetí stádium představuje hluboký spánek, charakterizovaný pomalými vlnami delta (odtud se mu říká SWS, z angl. slow wave sleep). Z tohoto spánku je velmi těžké člověka probudit, a pokud se to podaří, cítí se velmi ospalý a dlouho trvá, než dospěje k plné bdělosti. SWS spánek je důležitý pro konsolidaci paměti, pro metabolickou očistu organismu a také se v něm např. vyplavují růstové hormony.



Obr. C. Hypnogram zdravého lidského spánku. Ukázkový hypnogram vyznačuje stádia spánku během 8 hodinového nočního spánku. Spánku v první polovině noci dominuje SWS stádium, zatímco pozdější stádia mají delší REM spánek. Středová linie označuje střed spánku, v tomto schématu je vyznačen ve 3:00 (adaptováno z: *Funct Neurol Rehabil Ergon* 2014;4(2-3):135-147 ISSN: 2156-941X).

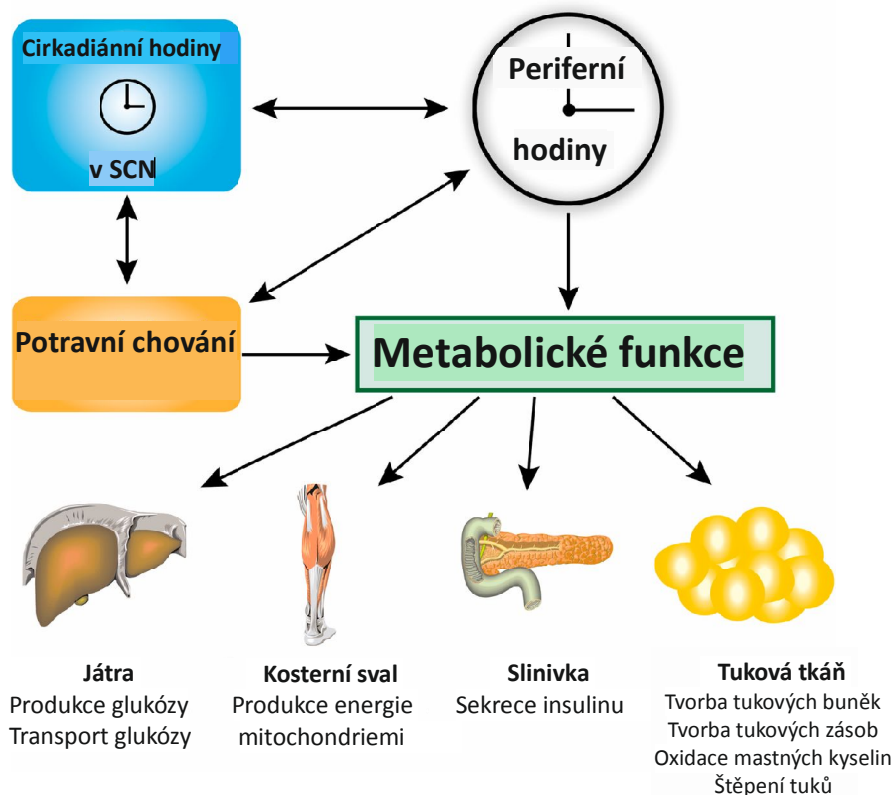
4. Cirkadiánní systém a metabolismus

Cirkadiánní pacemaker v SCN se často přirovnává k dirigentovi velkého orchestru složeného z periferních hodin. V ideálním případě dirigent synchronizuje orchestr s geofyzikálním časem, a přestože jednotlivé nástroje mají trochu odlišný part, dohromady jim to ladí. Periferní hodiny ale bohužel mají také vlastní vůli a v případě potřeby se mohou odpoutat od signálů z SCN a synchronizovat se k jiným časovačům z vnějšího prostředí, jako je přísun potravy, teplota nebo stres. V přírodním prostředí jsou tyto časovače také závislé na solárním cyklu; teplota prostředí v přírodě nestoupá za tmy v noci, ale ve dne za světla. Potravu naši předci nehledali v noci, ale ve dne. K tomu potřebovali patřičnou míru stresu a fyzické i duševní aktivity. To znamená, že v dobách,

kdy se evolucí vyvíjel náš cirkadiánní systém, nebyly jednotlivé časovače v žádném konfliktu, jako tomu bývá často dnes.

Není žádná nová informace, že člověk má jíst ve dne, ne v noci. Během aktivní fáze dne zajišťuje příjem potravy přísun energetických substrátů, kterými jsou karbohydráty, lipidy a aminokyseliny. Ty jsou buď ukládané, nebo ihned využité jako okamžitý zdroj energie. Zásobní zdroje energie, jako jsou glykogen a tuk, jsou v játrech metabolizované na glukózu. Glukóza je téměř univerzální palivo pro všechny buňky a její hladina v krvi stoupá krátce po požití potravy. Cirkadiánní systém zajišťuje její stabilní hladinu v krvi po celý 24hodinový den, tedy i v noci, což je nezbytné pro normální fyziologii. **Glukózová homeostáza** je důležitá hlavně pro mozek, protože ten spotřebovává 20 % veškeré glukózy a neumí si jí ani vyrobit ani uskladnit. Potřebuje ji i pro kvalitní spánek, protože to je také proces, při kterém jsou nervové buňky velmi aktivní. Cirkadiánní systém proto automaticky přepíná metabolismus tak, aby v noci využíval svoje uložené zásoby a měnil je na glukózu.

Existuje těsná asociace mezi molekulárním cirkadiánním mechanismem (viz BOX 3) a regulací glukózového a lipidového metabolismu, syntézy cholesterolu a žlučových kyselin. Expresí hodinových genů byla měřena v buňkách všech tkání a vykazovala rytmickou expresi a spolu s dalšími až 20 % všech genů. Mnoho těchto genů se účastní lipidového a cholesterolového metabolismu, glykolýzy nebo glukoneogeneze, oxidativní fosforylace, detoxifikace organismu a mnoha dalších funkcí (obr. 8).



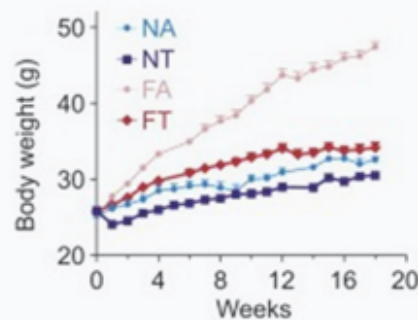
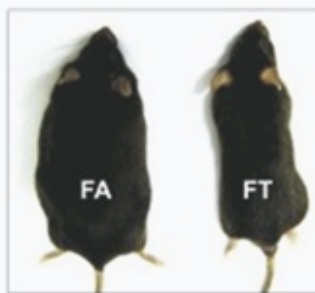
Obr. 8. Cirkadiánní hodiny v SCN synchronizované se solárním cyklem regulují periferní hodiny periodickým vylučováním hormonů nebo řízením

parasympatických a sympatických nervů. Periferní hodiny v jednotlivých tkáních pak regulují metabolické funkce. SCN také řídí potravní chování tak, aby bylo v souladu s nastavením metabolismu v jednotlivých orgánech. Pokud časování příjmu potravy neodpovídá signálům z SCN, dochází k závažnému narušení energetické rovnováhy a metabolickým potížím (BOX 6; podle Yoshino a Klein, 2013).

BOX 6

Chronovýživa

Čas příjmu potravy je dominantní faktor v určování fáze periferních cirkadiálních hodin. Pokusy na nočních hlodavcích ukázaly, že doba podávání potravy omezená pouze na fázi dne, tj. fázi, kdy zvířata normálně spí, do jednoho týdne kompletně změnila rytmus exprese hodinových genů v periferních tkáních, zatímco centrálním hodinám dominuje cyklus světla a tmy a potravními cykly je nedotčen. Důsledek takového stavu je zjevný na první pohled – zvířata tloustnou, a stoupá jim hladina glukózy v krvi, i když je potrava objemem i složením stejná jako u kontrolních zvířat krměných v noci (obr. D). Je zajímavé, že podobný důsledek má i příliš mnoho světla v noci, např. z pouličních reklam, lamp, které osvětlují ložnici, či z elektronických zařízení.



Obr. D. Obrázek vlevo ukazuje dvě myši krměné stejnou, vysokotukovou dietou (61 % tuku). Myš FA však byla krměna ad libitum a měla dávku krmiva k dispozici celý den, zatímco myš FT zkrmila stejný objem potravy jen v době noci, tedy ve své aktivní fázi. Vpravo jsou ukázány váhové přírůstky za 18 týdnů experimentu. Modré křivky ukazují váhové přírůstky myši krměných normální dietou s 13 % tuku, NA skupina byla krměna ad libitum, a NT skupina pouze v noci.

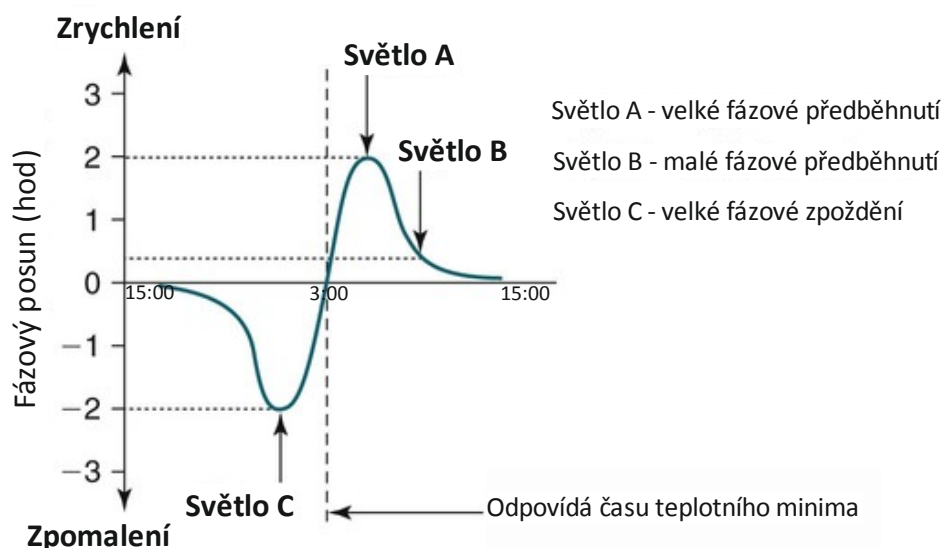
Ukazuje se, že rovnováha mezi objemem potravy a intervalem hladovění v době spánku jsou důležité faktory pro určení fáze hodin v periferních orgánech. Snídaně je v tomto ohledu neefektivnější jídlo, protože je konzumována po dlouhé době hladovění. Pozdní večeře, která zkrátí délku tohoto hladovění, překvapivě změní také fázi periferních hodin. Účinky jednotlivých výživových složek jsou také studované a ukazuje se, že kombinace karbohydrátů a proteinů k snídani je nezbytná pro ideální funkci periferních hodin, zatímco samotná glukóza nebo proteiny, či tuky takovou sílu nemají. Pokusy ukázaly, že pokud se myšim aplikuje glukóza kombinovaná s proteiny, jejich periferní hodiny se nastaví k době injekce, zatímco jednotlivé komponenty nezpůsobí nic. Zdá se, že snadno stravitelné škroby s vysokým glykemickým indexem jsou spolu s proteiny nejlepší snídaně pro fázové nastavení periferních hodin, čehož je možné využít pro zrychlení adaptace třeba k nové časové zóně. Játra se dokážou adaptovat na nový čas příjmu potravy cca za tři dny, zatímco ledvinám, srdci, slezině a plicím to trvá výrazně déle. Klidně až šestkrát déle.

6. Jak vzniká syndrom jet lag

Střídání světla a tmy během dne a noci má zásadní význam pro správné fungování cirkadiánního systému v souladu s geofyzikálním časem. **Cirkadiánní pacemaker ale umožňuje pouze malé a postupné změny** tak, aby zajistil přizpůsobení vnitřního času změnám délky noci v průběhu roku. **Střed noci** tak v letních i zimních měsících **definuje periodu spánku**, která je nutná pro růst organismu, upevnění paměťových stop, regeneraci orgánů a imunitního systému. Rozvoj moderní společnosti negativně zasáhl do cirkadiánního nastavení člověka i tvorů s ním žijících. Přelety přes časová pásma či vystavování se světlu dlouho do noci a s tím spojená redukce spánku způsobují zmatení cirkadiánního systému a celkovou desynchronizaci všech fyziologických procesů. Milióny let vytvářený cirkadiánní systém se nedokáže adaptovat na několik desetiletí trvající změny v chování člověka. Světlo uprostřed noci mylně vnímá jako signál dne a spouští biochemické procesy zajišťující denní aktivitu organismu, čímž ho postupně vyčerpává. V závislosti na tom, jak daleko letíte a také na čase odletu a směru letu, jet lag zahrnuje: únavu svalů, nespavost, bolest hlavy, časovou a někdy i prostorovou dezorientaci, poruchy nálad ve smyslu větší iritability nebo plačtivosti, zažívací potíže.

Přelet přes tři a více časových pásem odpojí vnitřní rytmy organismu od vnějšího střídání světla a tmy. Vnitřní rytmy všech orgánů dospějí ke vzájemné desynchronizaci, protože jednotlivé periferní hodiny mají různě dlouhou setrvačnost udržování vnitřního nastavení a různě dlouhou dobu adaptace ke změně.

Přiletíme-li do „nového“ vnějšího času, pacemaker v SCN je ihned ovlivňován novými světelnými podmínkami. Není to však tak jednoduché. **Náš vnitřní čas je rozdělen na dvě až tři fáze a podle toho, ve které se zrovna nacházíme, reaguje náš cirkadiánní pacemaker na světelné stimuly (obr. 9).**



Obr. 9. Fázově-responzní křivka odpovědi cirkadiánního pacemakeru na světlo. Pro pochopení fázově-responzní křivky je dobré si představit, že jsme celý den ve stálé tmě a náš cirkadiánní pacemaker „volně běží“ podle svého posledního nastavení (viz BOX 1). Je-li v takové situaci vystaven světlu na začátku noci, zpomaluje svůj běh,

říkáme, že světlo vyvolává fázové zpoždění. V době, kterou vnímá jako střed spánkové fáze, tj. zhruba okolo teplotního minima, které bývá u většiny lidí kolem třetí hodiny ráno, se reakce na světlo otáčí a světlo vyvolává zrychlení hodin, tedy tzv. fázové předběhnutí. Fázově-responzní křivka také ukazuje, kdy cirkadiánní hodiny nejméně reagují na světlo. Je to obvykle v době, kdy se přirozeně vyskytuje, tj. v průběhu dne. Abychom odlišili den v našich vnitřních hodinách od solárního dne, mluvíme o něm jako o **subjektivním dni** (a analogicky o **subjektivní noci**). Fázově-responzní křivka vyznačuje náš subjektivní den, který je v běžných podmínkách v souladu s vnějším, solárním dnem. Jiné je to ale **při přeletech přes časová pásma. Náš subjektivní den nastává reálně v jinou dobu než solární den**

Adaptující se cirkadiánní pacemaker v SCN se ihned snaží regulovat spánek a metabolismus, např. mobilizaci lipidů pro využití na energii ve spánku. Nevíme-li moc o našem cirkadiánním systému a je-li to společensky nutné, může se nám stát, že se ocitneme na večeři, která zapůsobí jako synchronizátor periferních hodin našich vnitřních orgánů ve špatnou chvíli. Zapůsobí proti snaze SCN a instruuje tukovou buňku, že není čas ke spánku, ale k aktivitě, a tuk nemá být spotřebován, ale uložen. Jídlo v nevhodný čas znamená, že periferní hodiny v játrech, tukové tkáni, pankreatu a svalech jsou ve zcela jiné cirkadiánní fázi, než je SCN, a molekulární hodiny jsou zmatené špatnou dobou vysoké glukózy v krvi, insulinu, kortizolu atp. a zažívají cirkadiánní kolaps. Tato vnitřní desynchronizace a chaos v cirkadiánní signalizaci mezi centrálními a periferními hodinami, nesprávně načasovaná zpětná vazba metabolismu k cirkadiánním hodinám zhoršuje symptomy syndromu jet lag.

Působení syndromu jet lag na výkon elitních sportovců bylo poprvé studováno v roce 1996 na olympijských hrách v Atlantě. Profesor Bjorn Lemmers měřil cirkadiánní rytmy u skupiny německých gymnastů před a během her. Tito mladí muži letěli z Frankfurtu do Atlanty a trpěli syndromem jet lag v různé míře až zhruba týden po příletu. Bjorn Lemmers monitoroval jejich krevní tlak, tělesnou teplotu, hladinu kortizolu ve slině a melatoninu a také měřil třeba sílu stisku. První den v Atlantě se rytmus kortizolu objevil o čtyři hodiny dříve, blíže k frankfurtskému času. Rytmus krevního tlaku se přizpůsobil až za několik dní, stejně tak ostatní parametry. Jedenáct dní po příletu do Atlanty ještě nebyl synchronizován s časovým pásmem rytmus tělesné teploty, a to ani u jednoho ze sportovců. Při dalším měření při přesunu na východ do japonské Ósaky trvala adaptace cirkadiánního systému dokonce ještě déle. **Lemmers své výzkumy uzavřel doporučením, že pokud mají být sportovci ve vrcholové formě, potřebují alespoň dva týdny na adaptaci k časovému posunu, který je šest hodin a více.** (Mj. podobné problémy se syndromem jet lag řeší i jezdecké sporty při adaptaci závodních koní). Američané změřili, že když spolu hrají fotbalové týmy z východního a západního pobřeží USA, v 64 % procentech zápasů vyhrává tým, který hraje ve své časové zóně.

6.1. Spánková deprivace a fyzická kondice

Do kapitoly o syndromu jet lag se docela hodí i několik poznámek ke spánkové deprivaci, která většinu dlouhých přeletů zákonitě provází a jejíž symptomy mohou být někdy se

syndromem jet lag zaměňovány. Úplná spánková deprivace překvapivě nemá velký vliv na silové výkonnostní sporty. Svalová síla a základní fyziologické parametry kardiovaskulární, metabolické nebo dechové zůstávají jednodenní spánkovou deprivací téměř nedotčeny. Jiné je to však u vytrvalostních sportů. Spánkový deficit ovlivňuje zejména mozek a s tím je spojená zejména snížená motivace překonávat diskomfort a výrazně zesílený pocit, že sportovní výkon stojí více vynaloženého úsilí. Spánková deprivace je následující noc nahrazena spánkem s větším počtem SWS stádii (viz BOX 5), která mají potenciál deficit nahradit. Pokud se snížený výkon objevuje ještě druhý a třetí den, nejde o důsledek spánkové deprivace, ale o dysregulaci cirkadiánních rytmů.

Jiná je situace s dlouhodobou částečnou spánkovou deprivací neboli s trvalým nedostatečným spánkem. Zkracování spánku zejména v ranních hodinách má negativní vliv na celkový výkon i výkon svalů. Obecně by se člověk měl probouzet nejdříve dvě hodiny po svém teplotním minimu, aby měly šanci proběhnout všechny spánkové cykly v plném rozsahu. K tomu je dobré přihlídnout zejména u špatně synchronizovaných „sov“, které mají teplotní minimum z podstaty později než časnější chronotyp (viz kap. 2). Vliv deprivace se může lišit vzhledem k denní době. Zatímco dopolední výkon může být méně ovlivněn, večerní výkon bude výrazněji slabší. Toto je pravděpodobně výsledkem nižší amplitudy cirkadiánních rytmů vlivem spánkové deprivace.

7. Praktické informace

Z předchozího vyprávění je patrné, že zachování správné funkce cirkadiánního systému je absolutně nezbytné pro udržení dobré fyzické i duševní kondice. Nejen co nejrychlejší re-synchronizace všech orgánových soustav s novým časem v nové destinaci, ale i udržení vysoké amplitudy rytmů v běžných podmínkách domácího tréninku šetří energetické ztráty a výrazně zlepšuje poměr vynaložené energie k výkonu. Vždyť i růst svalové hmoty má cirkadiánní rytmus a čím lépe jsou buňky svalů synchronizovány s hlavním pacemakerem v SCN, tím je jejich růst větší a rychlejší.

Naše snaha o co nejefektivnější využití vynaložené energie ke kvalitě výkonu vyvolává dvě základní otázky: **Jak udržet správnou synchronizaci všech cirkadiánních hodin v těle a jak co nejrychleji re-synchronizovat rytmy všech orgánů při přeletech přes časová pásma?**

7.1. Jak udržet synchronizaci orgánových funkcí organismu v běžných podmínkách

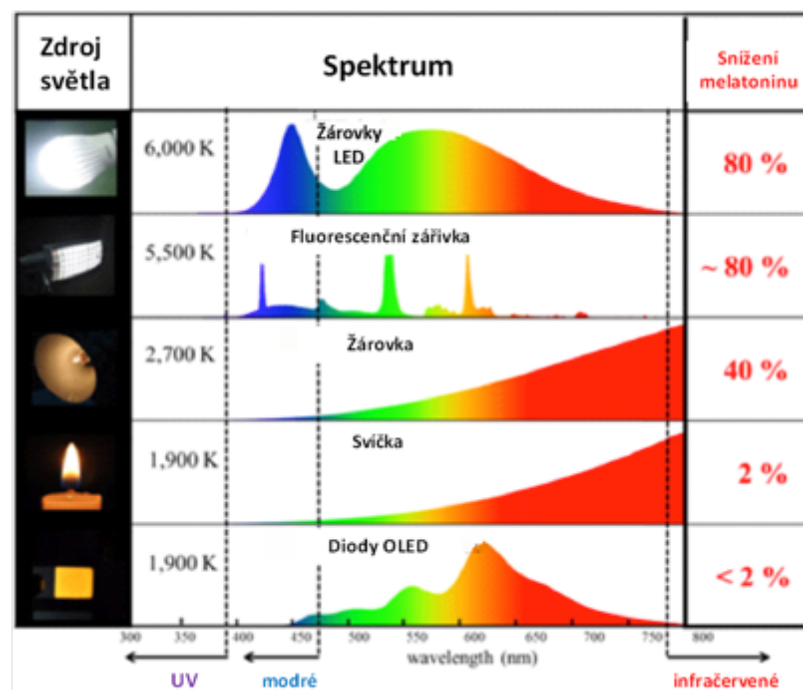
Existuje základní premisa, podle které lze snadno řídit naše chování tak, abychom zbytečně nenamáhali náš cirkadiánní systém: **světlo během dne má pozitivní účinky na naši vitalitu a fyziologické funkce, světlo v noci je silně biotoxické.**

Není možná snadné v dnešní době rozhodnout, kdy vlastně začíná noc. Kolem nás se nepřetržitě svítí a o přirozeném soumraku nemáme ani ponětí. Není možné myslet si, že dnešní člověk může regulovat svůj životní režim podle svítání a soumraku, ale jednu věc zachovat může, a tou je PRAVIDELNOST. Pro správnou funkci našich biologických hodin je potřeba striktně a bez výjimek dodržovat časový režim vstávání, usínání a příjmu potravy. To je důležité hlavně pro sovy, které mají přirozenou tendenci posouvat svoji aktivitu do noci a vytvářet si sociální jet lag. Ten zatěžuje organismus stejně jako jet lag skutečný

a organismus se zbytečně vysiluje každodenním pokusem o srovnání fází všech hodin v těle. Je výhodnější donutit se k spánku silnou vůlí. Tma a klid rozhodně pomůžou.

Obecná doporučení:

- 1) Rozhodněte se, v kterou hodinu budete chodit spát a v kolik vstávat a nevybočujte z tohoto zvyku ani ve volných dnech.
- 2) Dvě, maximálně jednu hodinu před spánkem vypněte všechny zdroje modrého světla, které potlačuje syntézu melatoninu a vytváří fázové posuny cirkadiálních rytmů. Takové světlo působí na mozek jako dvojité espresso. Zdroji nebezpečného světla jsou tablety, mobily, televize, notebooky. Nepodceňujte světelné znečištění! Blikající reklama před oknem, vánoční dekorace v oknech nebo silné LED pouliční osvětlení působí také velmi biotoxicky. Pokud vám nic jiného nezbyvá, instalujte si f.lux (viz kap. 8.3.3.2.) a nasadte si oranžové brýle (viz kap. 8.3.1.).
- 3) Nepoužívejte LED osvětlení ve večerních hodinách (obr. 10). Vyměňte si LEDky za žárovky, které nepřevyšují 2700K alespoň v některých lampách, které budete používat večer. Nebo si čtete při svíčkách, je to romantické :-).



Obr. 10. Emisní spektra některých zdrojů světla (podle: <http://spie.org>). LED žárovky a zářivky emitují biologicky účinné modré světlo ve velké míře. Toto světlo je vhodné na přisvěcování během dne, ale v noci způsobuje výrazný pokles melatoninu (červené hodnoty vpravo). Takovému světlu je dobré se večer vyhnout a nahradit jej alespoň klasickými žárovkami nebo některými moderními světly, které mají oranžové světlo podobné svíčce. Takové světlo stačí na čtení i dobrou zrakovou orientaci a zároveň má nízkou biotoxicitu.

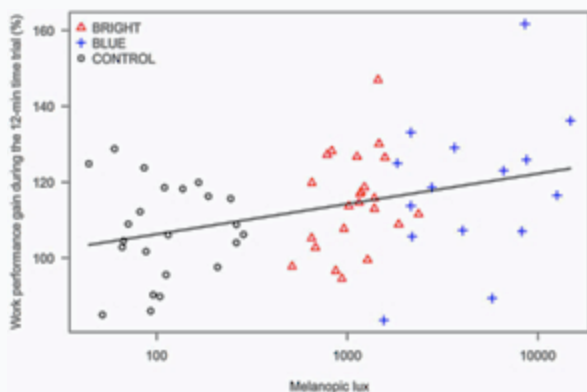


- 4) NIKDY! nekontrolujte mobil v noci, když se náhodně probudíte. Pokaždé, když se podíváte na mobil, signalizujete mozku, že je slunce nad obzorem a má se vstávat.
- 5) NIKDY! nejezte v noci. Zrušíte si synchronizaci metabolismu orgánů s hlavním pacemakerem v mozku, což se negativně projeví na vaší výkonnosti.
- 6) Spěte ve tmě. Při spánku by měla být taková tma, abyste si neviděli konec předpažené ruky. Pozor na kontrolky různých zařízení v hotelích, zejména modré. Ani zelené indikátory únikových východů nebo požárních hlásičů nejsou úplně nezávadné. Vždycky se je pokuste nějak zastínit, zvláště při delším pobytu v takovém pokoji. Noste případně masku přes oči. I oční víčka propouštějí modrou.
- 7) Ráno a v dopoledních hodinách se vystavte pokud možno co nejsilnějšímu světlu. Ideální je slunce. Pokud cítíte pokles energie na podzim nebo v zimě, naordinujte si světelnou lázeň ([viz kap. 8.3.2.](#); [BOX 7](#)).

BOX 7

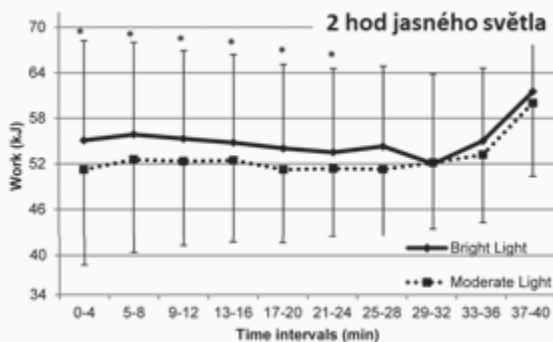
Silné světlo a výkonnost

Buňky sítnice oka, které převádějí modrou složku světla do signálů pro cirkadiální hodiny v SCN, vedou také do řady struktur mozku zodpovědných za naši aktivitu, motivaci a náladu, které dohromady podporují výkonnost. Řada sportovních soutěží se odehrává v době diktované televizními přenosy a mohou se odehrávat v době, kdy cirkadiální hodiny sportovců již signalizují začátek noci a výkonnost svalů i kardiovaskulárního systému upadá, motivační aspekty sportovního výkonu rovněž. Vliv jasného světla na lidskou fyziologii inspiroval skupinu vědců ve Švýcarsku, kteří provedli rozsáhlé experimenty s elitními švýcarskými a německými sportovci. Sportovce rozdělili do tří skupin a vystavili je buď běžně osvětlené místnosti přibližně 230 luxy bílého světla, nebo 1 hodině ostrého bílého světla nebo 1 hodině modrého světla, a to 17 hodin po střední době spánku (viz kap. 8.1.2.). To znamená navečer, v době, kdy by jim měla zvolna stoupat hladina melatoninu, a organismus by se měl připravovat ke spánku. Sportovce poté nechali šlapat 12 minut na ergometru a analyzovali výkon přizpůsobený k individuálnímu VO₂ max. Vliv jasného a modrého světla se jednoznačně projevil v poměru výkonnosti mezi první a poslední minutou a ukázal, že sportovci osvětlení jasným a modrým světlem měli stabilizovanější výkon, pokud museli sportovat později večer (obr. E).



Obr. E. Korelace mezi barvou a biologicky účinnou intenzitou světla a výkonnostním „ziskem“ (v %), který je definován jako poměr výkonu v první a poslední minutě fyzického testu. (Převzato z: Knaier R., et al., (2017) Prime Time Light Exposures Do Not Seem to Improve Maximal Physical Performance in Male Elite Athletes, but Enhance End-Spurt Performance. *Front Physiol.* 2017 May 1;8:264. doi: 10.3389/fphys.2017.00264)

V podobném experimentu stejné skupiny vědců se ukázalo, že 2 hodinová expozice jasnému světlu může zvýšit dokonce okamžitý výkon (obr. F).

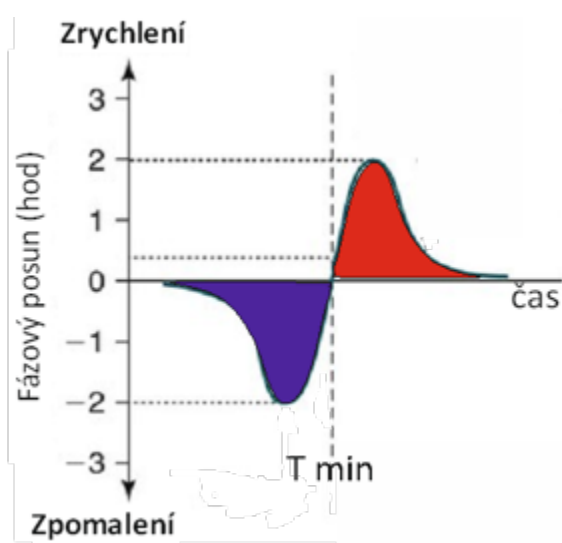


Obr. F. Výkon na ergometru měřený v krátkých intervalech u jedinců vystavených normálnímu osvětlení (přerušovaná čára) a u jedinců vystavených silnému světlu (plná čára). (Převzato z: Knaier R., et al., (2016) Dose–response relationship between light exposure and cycling performance. *Scand J Med Sci Sports* 26:794–801. doi:10.1111/sms.12535)

7.2. Jak urychlit synchronizaci k novému časovému pásmu

Většina lidí se cítí o něco lépe, pokud letí na západ, protože den se prodlužuje ve směru přirozeného „volného běhu“ jejich vnitřních biologických hodin (viz BOX 1). Jak při letu na západ, tak při letu na východ se ale obecně počítá se základní dobou aklimatizace v poměru **jeden den na každou hodinu časového posunu**. Naší snahou je tento čas o něco zkrátit nebo alespoň zmírnit symptomy syndromu jet lag. Základním nástrojem, jak toho docílit, je uvědomělá práce se světlem a tmou, kterým vystavujeme náš cirkadiánní pacemaker v SCN.

Klíčem k pochopení, jak využít světlo k adaptaci na vzdálené kraje, spočívá v pochopení fázově-responzní křivky (viz obr. 9). Tato modelová pomůcka je výsledkem celé řady studií za posledních dvacet let a je využívána celosvětově k manipulaci s lidskými biologickými hodinami. Zjednodušeně si lze představit, že světlo, které dopadá do červené plochy nad osou x, vede k fázovému předběhnutí a zrychluje hodiny. Světlo, které dopadá do plochy pod osou x, vede k fázovému zpoždění a zpomaluje hodiny (obr. 11). **To jediné, co musíme dosadit do této křivky, je T min, tedy bod, kdy se křivka převrací. Tento bod nastává v době teplotního minima.** Čas teplotního minima vyplývá z vnitřního nastavení hodin každého jednotlivce a jeho synchronizace s vnějším časem. Čím přesněji tento bod určíme pro každého sportovce, tím přesnější bude i „ladění“ jeho cirkadiánních hodin působením světla. Slouží nám k tomu řada metod, které se vzájemně doplňují a zpřesňují výstupy (viz kap. 8).



Obr. 11. Fázově-responzní křivka působení světla upravená podle obr. 9. Působí-li světlo dříve, než nastane T min, zpomaluje a zpožďuje hodiny, což potřebujeme, pokud letíme na západ. Letíme-li na východ, potřebujeme, aby světlo působilo až po T min, jinak se symptomy jet lag ještě prohloubí. POZOR! Orientujeme se podle našeho vnitřního času, který odpovídá času ve výchozí destinaci, ne času v cílovém místě.

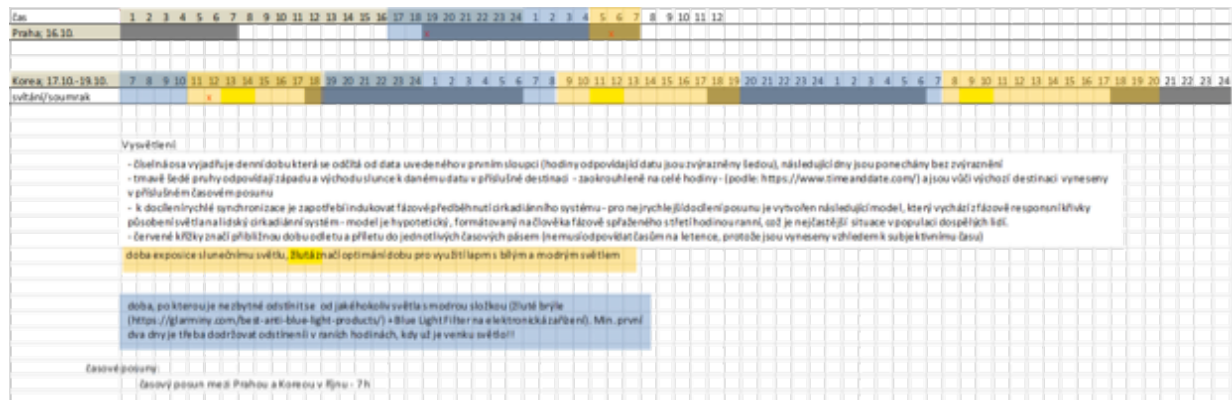
Letíme-li na východ, potřebujeme naše cirkadiánní hodiny zrychlit. Světlo tedy musí dopadat do červené části grafu. Pokud dopadne do fialové části, naše hodiny zpozdí, čímž ještě prohloubí jet lag a prodlouží dobu adaptace. Letíme-li na západ, je to přesně naopak, světlo musí dopadnout do fialové plochy a v žádném případě ne do plochy červené. Nemůžeme se úplně vyhnout působení světla v nevhodnou dobu, zejména pokud letíme v noci. Je ale možné odfiltrovat nejnebezpečnější, modrou složku světla oranžovými brýlemi (viz kap. 8.3.1.).

Je důležité uvědomit si neustálou dynamiku našich vnitřních hodin. Pokud jsme neprošli pre-adaptací doma, nastavení našich vnitřních hodin zhruba odpovídá domácímú času. Ale již druhý den po příletu, pokud dodržujeme „světelný rozvrh“, se naše hodiny mohou až o dvě

hodiny posunout směrem k času hostitelské země. A s tím se posune v reálném čase i bod T min a s tím celá křivka, a toto je třeba pro „světelný rozvrh“ na následující den zohlednit.

Z obrázku 9 a 11 je také patrné, že maximální fázové zpoždění či předběhnutí má své limity a obtížně se dostává za hranici dvou hodin v jednom cyklu (v případě fázového předběhnutí téměř nikdy). Ani když dodržíme všechna opatření, nelze proto počítat se „zázrakem“ a očekávat, že se naše hodiny srovnají s novým vnějším časem okamžitě.

Obr. 12 ukazuje příklad synchronizačního modelu založeného na fázově-responzní křivce pro přelet z Prahy do Koreje nebo do Japonska, které je ve stejné časové zóně.



Obr. 12. Ukázkový model adaptace k přeletům z Prahy do Koreje. Čísla na horní ose vyznačují jednotlivé hodiny v posledním dni před odletem v Praze a první tři dny po příletu do Koreje. Světle šedá barva zvýrazňuje přesné datum, které je vyznačeno v levém sloupci u názvu destinace a odpovídá datu odletu a příletu. Tmavě šedá barva zvýrazňuje dobu od západu do východu slunce v každé destinaci podle astronomického kalendáře (<https://www.timeanddate.com/sun/>) a vymezuje v podstatě subjektivní noc, kterou si vezeme v sobě z původní země, a cílovou noc, ke které se musí naše hodiny adaptovat. Modrá barva vyznačuje čas (rozmezí hodin), po kterou by se cestující osoba měla vyvarovat přímému světlu, alespoň s využitím filtrujících oranžových brýlí (viz kap. 8.3.1). Žlutá barva vyznačuje rozmezí hodin, kdy je naopak vhodné se vystavit slunečnímu světlu nebo alespoň světlu s vysokou intenzitou. Sytě žlutá vyznačuje rozmezí hodin, kdy světlo způsobuje maximální fázové předběhnutí a je dobré tuto jeho funkci podpořit zvýšenou intenzitou, např. energetizujícími lampami, brýlemi s obohacenou modrou složkou světla (viz kap. 8.3.2.). Červené křížky označují dobu odletu a příletu do cílové destinace.

Stejně jako časujeme působení světla, stejně tak musíme pracovat s časováním podávání potravy. Snídaně bohatá na karbohydráty může, dle několika studií, podpořit fázové předběhnutí, které potřebujeme, letíme-li na východ (viz BOX 6). V každém případě ale platí pravidlo nejíst v době noci. Při adaptaci na novou časovou zónu platí **nejíst v době subjektivní noci**. Subjektivní noc se během adaptace zvolna posouvá k astronomické noci a tím se může posouvat i příjem potravy v reálném čase.

Obecná doporučení:

- 1) Určete si teplotní minimum nebo alespoň střední dobu spánku (**viz kap. 8**) a podle toho si připravte časový plán **práce se světlem a tmou** podle univerzální fázově-responzní křivky (obr. 9 a 11). Jiný plán bude mít vyhraněný skřivan, jiný plán sova, o hodinu se může odchylovat i nevyhraněný chronotyp nebo člověk, který často přelétává přes časová pásma a není zcela synchronizován s časem ve výchozí destinaci.
- 2) **Předodletová adaptace.** Částečného předběhnutí nebo zpoždění vnitřních cirkadiánních hodin lze docílit ještě před odletem. Není vhodné plánovat větší posun než dvě hodiny, protože bude těžko udržitelný v domácím prostředí. Zhruba týden před odletem ulehňte o hodinu dříve než obvykle (v případě letu na východ) nebo o hodinu později než obvykle (v případě letu na západ). Není důležité okamžitě usnout, to se nemusí podařit, je ale nezbytné zůstat ve tmě. Ráno je nutné vstát o hodinu dříve než obvykle, resp. později. Je pravděpodobné, že třetí noc se již podaří usnout v posunutou hodinu, než je běžné. Při letu na východ se po probuzení vystavte silnému světlu. Při letu na západ se silnému světlu vystavte zvečera. Čtvrtou noc si opět posuňte spánek o jednu hodinu a celý proces zopakujte.
- 3) Je-li možné zvolit čas odletu, **leťte během dne.** Před odletem si nepřehřizujte hodinky – budou vám ukazovat váš vnitřní čas a napomůžou správně dodržovat plán práce se světlem. O vnějším čase vás budou informovat všude kolem.
- 4) V letadle i v letištním prostoru používejte **oranžové brýle** podle vašeho individuálního plánu.
- 5) Jednoduchá rada pro příjem potravy (ale i kalorických nápojů!) zní: **Nejezte, pokud** máte být ve tmě. Prakticky to znamená nejíst v době, kdy **nosíte oranžové brýle.**
- 6) Minimálně první dva dny v cílové destinaci si pečlivě hlídejte, abyste nebyli na světle, kdy nemáte, a neprohlubovali si tak vlastní jet lag.
- 7) Reakce cirkadiánních hodin na světlo je závislá na jeho intenzitě. Podle fázově-responzní křivky najdete několik hodin, kdy má světlo maximální účinek, a vystavte se světlu s modrou složkou. Ideálně plnému slunci. Pokud není, tak doplňkovým světelným zdrojům (**viz kap. 8.3.2**).

8. Doporučené nástroje využitelné pro stanovení chronotypu a hodnocení kvality spánku

Na začátku sestavování personalizované strategie (jak pro optimální adaptaci k přeletům časových pásem, tak pro zlepšení kvality spánku v podmínkách běžného tréninkového režimu v domácím prostředí), je počáteční metodou použití sebeposuzovacích dotazníků. Z nich získáme informace o spánkových návycích a dalších zvyklostech, které mohou spánek ovlivnit. Tyto návyky velmi často odrážejí vnitřní nastavení hodin, které je třeba respektovat při úpravě časových rozvrhů. Data získaná z dotazníků se dále zpřesňují a objektivizují srovnáváním s daty z nositelných senzorů (**viz kap. 8.2**).

8.1. Dotazníky pro určení chronotypu a kvality spánku

Tyto dotazníky jsou mezinárodně používaným, validovaným nástrojem využívaným ve výzkumu i v klinické praxi. Soubor dotazníků je sportovcům přístupný online a jeho vyplnění zabere pouze 20 až 30 minut. Přesto není nutné vyplnit celý soubor dotazníků najednou, po zadání unikátního kódu se lze k vyplňování vracet v průběhu několika dní. Dotazníky jsou anonymizované, identita vyplňujícího je pro osoby s přístupem do databáze dotazníků kompletně skryta. Pro účely diagnostiky sledovaných parametrů u sportovců je ale částečná identifikace nutná. K tomu slouží kód, který sportovci přidělí koordinátor z ČOV či jeho trenér, a sportovec tento kód na konci vyplňování dotazníkového souboru vyplní do prostoru pro poznámky. Je tedy možné dotazníky vyplnit anonymně s tím, že osoba s přístupem k výsledkům v databázi bude znát pouze kód sportovce, pod kterým jsou evidována i data z jeho nositelných senzorů, a identifikaci podle kódů zná pouze trenér. Pokud bude sportovec chtít, může automaticky obdržet výsledek chronotypu e-mailem, který zadá na konci dotazníku. V takovém případě bude znát osoba s přístupem k databázi výsledků nejen kód sportovce, ale také jeho e-mailovou adresu.

8.1.1. Dotazník ranních a večerních chronotypů (MEQ)

Historicky široce využívaný dotazník, který vyvinuli už roku 1976 švédští psychologové James A. Horne a Olov Östberg. Pečlivě sestavené otázky mají za cíl určit míru subjektivní preference k provádění náročných mentálních a fyzických úkonů ráno (ranní typ), nebo večer (večerní typ). Výsledkem je číselná hodnota na škále od výrazně ranního typu, přes mírně ranní typ, nevyhraněný, mírně večerní a výrazně večerní typ.

8.1.2. Mnichovský dotazník chronotypů (MCTQ)

Vyvinut prof. Røennebergem z Mnichova a používán od roku 2000. Zaměřuje se na detailnější informace o načasování aktivity a spánku, změně energie v průběhu dne, pohybové aktivitě a expozici světlu. Detailnější otázky jsou zaměřeny na pravidelnost pracovního režimu – např. zda je režim pevný nebo flexibilní. Také umožňuje přesně zvolit počet pracovních a volných dní v běžném týdenním rozvrhu. V dotazníku jsou i otázky na míru expozice dennímu světlu (způsob dopravy do zaměstnání – uzavřeným / otevřeným vozidlem / pěšky) a míru denní aktivity. Důležitým výstupem tohoto dotazníku je výpočet tzv. střední doby spánku v pracovní vs. volné dny. Střední doba spánku je doslova časový střed na ose tvořené časem usínání a časem probouzení. Řekněme například, že v tréninkové či pracovní dny (zkrátka dny, kdy máte kvůli povinnostem určenou pevnou hodinu ranního vstávání), chodíte běžně spát ve 23:00 a budíkem se budíte v 7:00. Vaše **střední doba spánku v pracovní dny** je tedy ve tři hodiny ráno. Pokud však během volných dní chodíte spát až o půlnoci a bez budíku vstáváte v 8:00, vaše **střední doba spánku ve volné dny** je ve 4:00 ráno. Rozdíl střední doby spánku ve volné a pracovní dny udává tzv. **sociální jet lag** (viz kap. 2).

8.1.3. Pittsburský index kvality spánku (PSQI)

Celkem 19 otázek rozdělených do 7 komponent je určeno k hodnocení subjektivní kvality spánku za poslední měsíc. Jednotlivé komponenty se týkají subjektivní kvality spánku,

spánkové latence, doby trvání spánku, spánkové efektivity, výskytu poruch spánku, užívání hypnotik a nadměrné denní spavosti. Vyšší skóre v některé z částí nebo v celém dotazníku může naznačovat klinicky významné spánkové potíže. Data z tohoto dotazníku jsou velmi užitečná pro optimalizaci adaptace a výkonnosti. Na základě výsledků PSQI mohou být poskytnuty konzultace zaměřené na zlepšení spánkové hygieny, které ve většině případů vedou ke zlepšení spánku. Ve vzácných případech je možné na základě výsledků tohoto dotazníku doporučit návštěvu specializované spánkové laboratoře.

8.1.4. Stupnice tíže únavy

Devět otázek zaměřených na hodnocení míry ovlivnění běžných každodenních činností pocitem únavy v posledních 30 dnech. Na otázky se odpovídá pomocí sedmibodové škály, čím vyšší skóre, tím vyšší tíže únavy. Na základě výsledku tohoto dotazníku, stejně jako u PSQI, mohou být ke zlepšení spánku poskytnuty konzultace nebo přímo doporučení k vyšetření spánkovým odborníkem.

8.1.5. Dotazník na posouzení sezónních vlivů (SPAQ)

V originále Seasonal Pattern Assessment Questionnaire. Tento dotazník mapuje vliv sezónních změn v prostředí na organismus. Otázky mají za cíl zjistit, zda dochází ke změnám délky spánku, sociální aktivity, nálady, hmotnosti, chutí k jídlu a celkové energie během jednotlivých měsíců v roce. Výsledkem je hodnota, která čím je vyšší, tím větší je vliv ročních změn na jednotlivé parametry. Extrémně vysoké hodnoty mohou ukazovat na výskyt tzv. sezónní afektivní poruchy (z angl. Seasonal Affective Disorder, SAD). U vrcholových sportovců vyšší sezónní změny spíše nepředpokládáme. I mírné symptomy sezónních změn se však v praxi daří zlepšovat pomocí světelné terapie ([viz kap. 8.3.2.](#)), která se podle nejnovějších výzkumů ukazuje jako mimořádně vhodná i pro zvyšování sportovního výkonu ([viz BOX 7](#)).

Vedle těchto dotazníků obsahuje on-line soubor také otázky týkající se životního stylu a spánkové hygieny, např. na spotřebu kávy, alkoholických nápojů, stravování a používání elektroniky vyzařující modré světlo před spaním. Tyto otázky slouží jako další důležitá vodítka při přípravě individualizovaného plánu aklimatizace a optimalizace kvality spánku.

8.2. Senzory

Jedním z prvních zástupců tzv. nositelné elektroniky byly v 80. letech minulého století hodinky firmy Casio s funkcí kalkulačky. Od té doby došlo k masovému celosvětovému rozšíření nejrůznějších drobných přístrojů, od jednoduchých krokoměrů přes sofistikovanější monitory fyzické aktivity, snímače srdečního tepu, saturace krve kyslíkem, tělesné teploty až po tzv. chytré hodinky (smart watch), které již často obsahují většinu zmiňovaných funkcí (viz obr. 13).



Obr. 13. Ilustrativní fotografie nositelné elektroniky. Zdroj: Heidi Forbes Öste, Flickr

Je nutno upozornit na **rozdíl mezi komerčními výrobky a senzory pohybu a fyziologických funkcí pro zdravotnické a vědecké použití**. Komerčně dostupné nositelné technologie jsou díky svému masovému rozšíření většinou o mnoho levnější než podobná nekomerční zařízení, a často snímají i více modalit najednou. Výstupní data však jsou výrobcem filtrována a zpracována do jednoduchých výstupů, uživatel sám tedy nezískává základní, tzv. hrubá data pro vlastní analýzu. Uživatel jako výstup získává hotové grafy, které jsou ukládány do propojených mobilních aplikací a které odráží výhradně úsudek výrobce, nikoliv zájem uživatele. Zdaleka také není zaručena kvalita vstupních dat do těchto analýz (přístroje často nerozpoznají např. sezení v klidu od spánku atp.). Tyto aplikace jsou dobré pro získání základního přehledu o několika sledovaných parametrech, pro odbornou analýzu, která předpokládá kreativní práci s hrubými daty, je nezbytné používat přístroje validované pro medicínské a vědecké využití. Pro analýzu chronotypu a kvality spánku je výhodné použití náramkového senzoru snímajícího pohyb a samostatného senzoru snímajícího tělesnou teplotu.

8.2.1. Náramkový senzor tělesné aktivity

Tento náramek, vzhledově připomínající hodinky (obr. 14), skrývá uvnitř velmi citlivý trojosý senzor pohybu. Protože je voděodolný (nikoli však vodotěsný), lze se v něm i sprchovat. Sundávat se tedy musí pouze před plaváním či potápěním, jinak by měl být nošen nepřetržitě jak během dne, tak během noci. Náramek se pomocí připojení bluetooth spáruje s aplikací

v mobilním telefonu nositele a data jsou pravidelně automaticky odesílána na zabezpečený webový portál, kde jsou v přísně anonymizované formě přístupná pro osoby zodpovědné za jejich analýzu.



Obr. 14. Zdroj: <https://mindpax.me/wordpress/index.php/our-solution/>

Po dobu nošení senzoru posílá mobilní aplikace uživateli každý den upozornění na vyplnění tzv. **spánkového deníku**. To je sada krátkých otázek na odhadovanou dobu usnutí, počet nočních probuzení, subjektivní kvalitu spánku, spontánní probuzení před budíkem a míru energie po probuzení. Tyto deníky je možné v aplikaci zpětně prohlížet, takže poskytují cennou zpětnou vazbu a uživatel může např. vysledovat souvislost mezi subjektivní kvalitou spánku a kvalitou výkonu přes den. Informace ze spánkových deníků nahrané z aplikace automaticky na portál slouží pro zpřesnění analýzy pohybových dat.

Data z náramkového senzoru mohou být zpracovaná do řady grafických výstupů. **Obr. 15** ukazuje poměr spánku bez pohybu, který může zhruba odpovídat pozdějším stádiím NREM spánku a lehkého spánku s náhodnými pohyby končetiny, odlišených pro volné a tréninkové dny. Narušení spánkového režimu, např. alkoholem před spaním, povede k většímu zastoupení „zeleného spánku“ zejména v druhé polovině noci. Abychom usnadnili případnou detekci časového intervalu, ve kterém se tento typ spánku objevuje, je rozložení obou typů vyznačeno ještě jako červená přerušovaná čára v průběhu noci v obrázku s celkovým záznamem o pohybu (**obr. 16**). Obecně platí, že ideální spánek by měl být každý den naprosto shodný. Jeho délka ani poměr modré a zelené části by se neměly radikálně odlišovat ve volných a tréninkových dnech.

Kvalita spánku

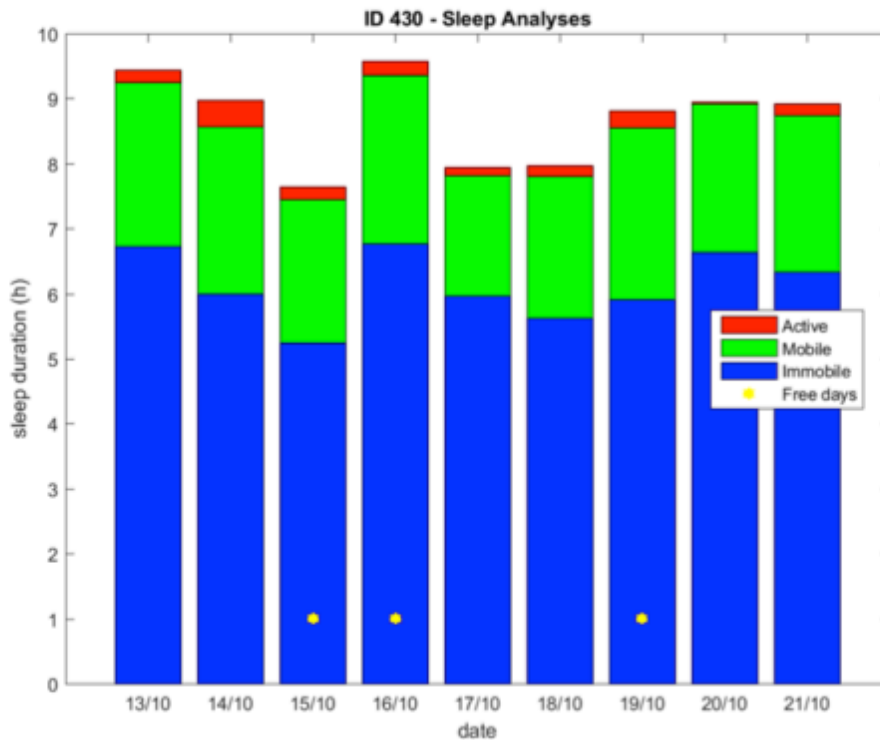
Kvalita spánku je zobrazena pro každý noční spánek, výška sloupce udává délku spánku, jednotlivé barvy udávají zastoupení jednotlivých typů:

Modrá - imobilní spánek (*součet minut*)

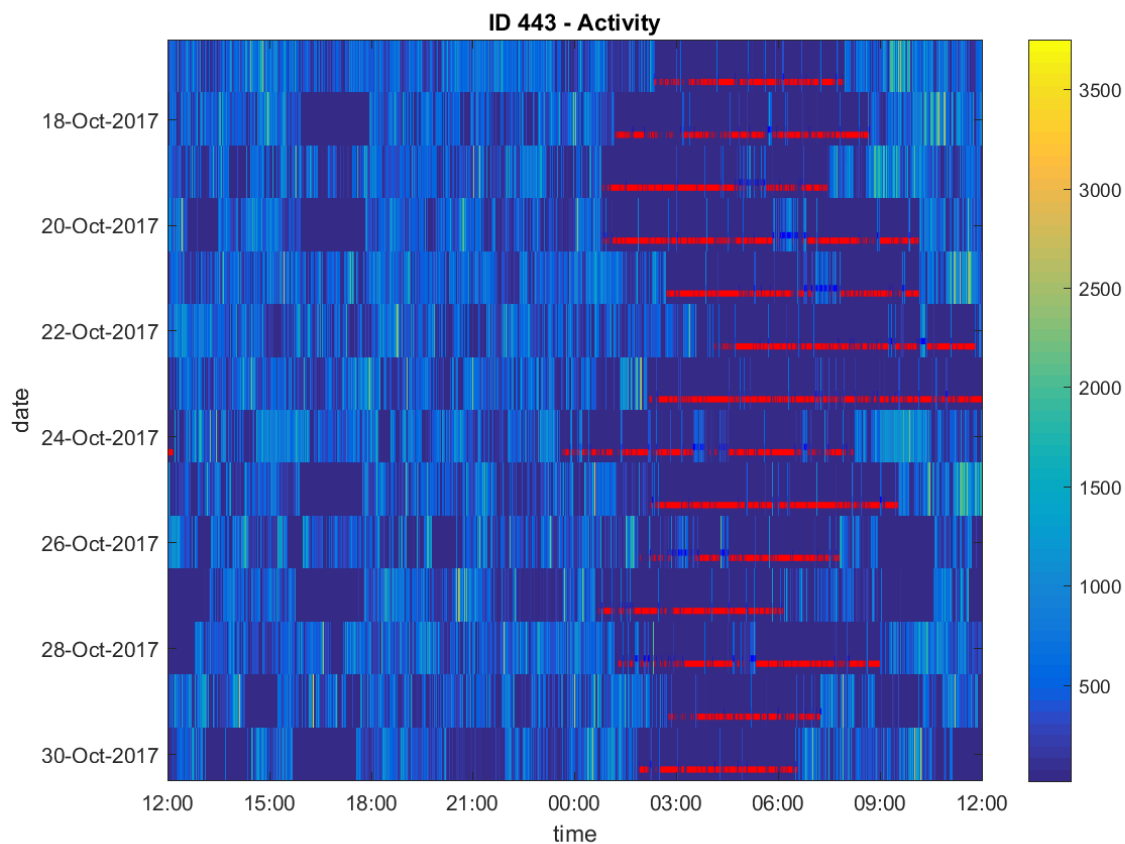
Zelená - spánek s mírným pohybem (*neklidný spánek*)

Červená - velmi neklidný spánek (*případně bdělost*)

Volné dny jsou vyznačeny žlutou hvězdičkou v oblasti 1 hodiny.



Obr. 15. Příklad zobrazení kvality spánku detekovaného náramkovým senzorem Mindpax. Jednotlivé sloupce ukazují celkovou dobu spánku a její členění mezi imobilní spánek, spánek s lehkým pohybem a polospánek nebo noční bdělost. Žluté tečky v dolní části modrých sloupců vyznačují volné dny. Z grafu je zřetelné, že v první volný den byl spánek o více než hodinu kratší než v tréninkové dny a druhý volný den byla délka spánku kompenzačně zase o něco delší. Spánek 17. 10. ukazuje menší poměr lehkého spánku než v jiných dnech. To si lze vysvětlit např. vyšší fyzickou únavou. Pro správnou interpretaci dat je nezbytné srovnání se spánkovým deníkem.



Obr. 16. Příklad analýzy pohybových dat detekovaných náramkovým senzorem Mindpax. Toto grafické vyjádření shrnuje míru aktivity v průběhu sledovaného období. Jednotlivé řádky obrázku odpovídají dnům (první den sledování nahoře), drobné sloupečky pak odpovídají minutám. Míra aktivity v daném okamžiku je vyjádřena barvou jejího obrazového bodu: vysoká aktivita žlutě, nízká tmavě modře. Spánek je typicky patrný jako tmavě modrá oblast s drobnými úseky nízké aktivity. Pokud signál obsahuje výpadky (např. při odložení náramku), projeví se jako tmavě modré oblasti bez aktivity. Dále jsou vyznačené imobilní minuty v průběhu spánku (červeně) a aktivní oblasti spánku (modře).

Náramek firmy Mindpax v sobě nemá senzor okolního světla. Některé náramky na trhu ho mají, problematické však může být snímání světelných podmínek např. v zimě, kdy bývá senzor na náramku často zakryt oděvem. Výhodnější je použití samostatného senzoru, který snímá světelné podmínky přímo v úrovni očí. Takovým senzorem například osadil tým vědců z Univerzity v Pasově prototyp inteligentních brýlí (viz kap. 8.2.3, obr. 18).

8.2.2. Senzor tělesné teploty

Tělesná teplota se v průběhu dne mění a její noční pokles je důležitý pro kvalitu spánku (viz kap. 3.1.). Před usnutím a během spánku klesá teplota tělesného jádra, a naopak se zahřívá tělesná periferie, tedy např. končetiny, kudy teplo odchází. Vidíme-li tedy v noci, v klidu, ve spánku, nárůst periferní teploty, vidíme tedy také pokles teploty vnitřní.

V současnosti je jediným validovaným a odborníky hojně používaným bezdrátovým snímačem tělesné teploty, který snímá s vysokou přesností (0,05 °C), Thermochron iButton DS1291H firmy Maxim Integrated. Vzhledově a velikostí tento senzor připomíná plochou baterii nebo knoflík. V této drobné kovové plechovce je skrytá baterie, samotný senzor teploty a systém umožňující zápis teplotních dat do paměti pod přesnými časovými značkami. Pokud Vám tato součástka (viz obr. 17) připomíná spíše přístupový čip, máte pravdu, patří totiž do velké skupiny různě zaměřených paměťových čipů od stejného výrobce.



Obr. 17. Senzor tělesné teploty Thermochron iButton DS1291H firmy Maxim Integrated.

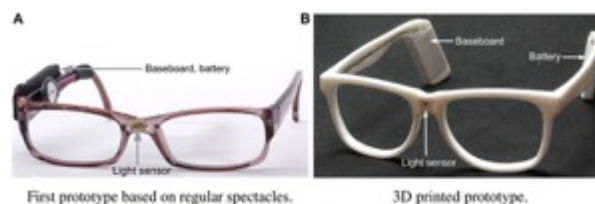
Převzato z:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.00635/full>

Změny periferní teploty měříme v oblasti zápěstí nad probíhající tepnou. Senzor je nejpraktičtější připevnit dovnitř bavlněného sportovního potítka, pomocí kterého na zápěstí dobře drží a dá se snadno sundávat. Z dat získaných z měření iButtonem nás nejvíce zajímá pozvolná změna tělesné teploty před ulehnutím, usnutím a během noci. Pro analýzu jsou důležité také teplotní hodnoty těsně před, při a po probuzení. Za tímto účelem je potřeba nosit senzor i přes den, abychom získali přehled o tělesné teplotě během aktivní fáze. Senzor se sundává jen před sprchováním nebo na trénink.

8.2.3. Senzor okolního osvětlení

Mnoho komerčně dostupných náramkových snímačů aktivity má v sobě zabudovaný i senzor okolního osvětlení. Kvůli přesnějším informacím o parametrech světla, kterému je jedinec vystaven přímo v úrovni očí, vstupní brány do cirkadiánního systému, je výhodnější použít takovéto senzory zabudované například v brýlích (obr. 18).



Obr. 18. Prototyp brýlí se zabudovaným senzorem okolního osvětlení vyvíjený skupinou vědců z Univerzity v Pasově.

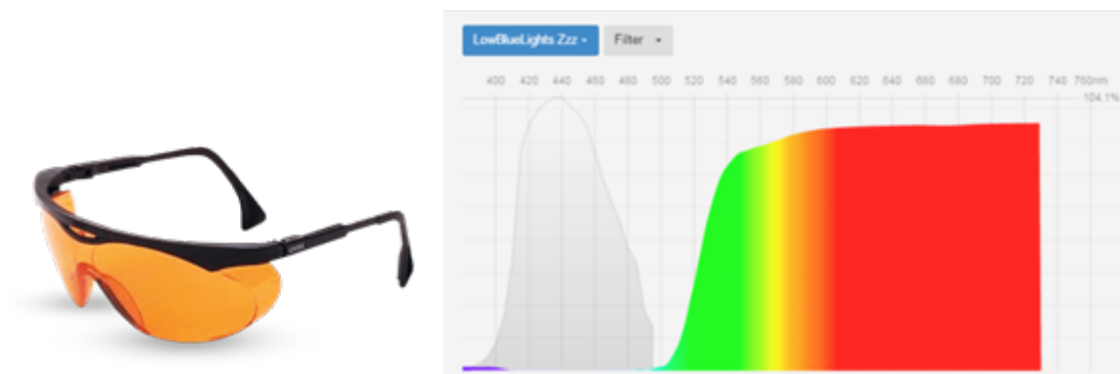
Převzato z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fict.2017.00008/full>

8.3. Doplnky a aplikace pro urychlení synchronizace a zlepšení kvality spánku

Urychlení synchronizace při přeletech přes časová pásma lze docílit řízeným vystavováním se a důsledným vyhýbáním se světlu během konkrétních časových intervalů (viz kap 7.2.). Tyto intervaly jsou spočítány na základě přesných dat o chronotypu, aktuální fázi cirkadiánního systému před odletem, čase odletu, trvání přeletu a časovém pásmu cílové destinace. Následující popsané doplňky a aplikace jsou velmi užitečnými nástroji jak pro urychlení synchronizace při cestování, tak pro zlepšení kvality spánku a amplitudy cirkadiánních rytmů v domácích podmínkách. POZOR! Tyto nástroje je ale potřeba důsledně používat přesně podle individuálního plánu. Jak už bylo několikrát řečeno, expozice, i třeba jen velmi krátká, intenzivnímu světlu v nesprávnou dobu může mít za následek prohloubení fázového posunu vnitřních hodin a zhoršení symptomů jet lag.

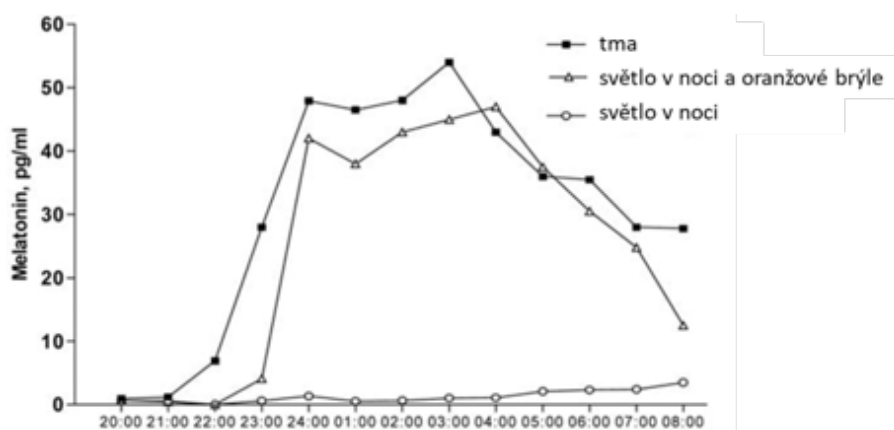
8.3.1. Oranžové brýle blokující modrou složku světelného spektra

Brýle s oranžovými skly (viz obr. 19), které účinně filtrují modrou složku světelného spektra dopadající na sítnici oka z různých typů umělého osvětlení, monitorů počítačů a displejů mobilních telefonů a další elektroniky.



Obr. 19. Brýle s oranžově zbarvenými skly blokující modré spektrum (viz obr. 10). (<https://glarminy.com/best-anti-blue-light-products/>).

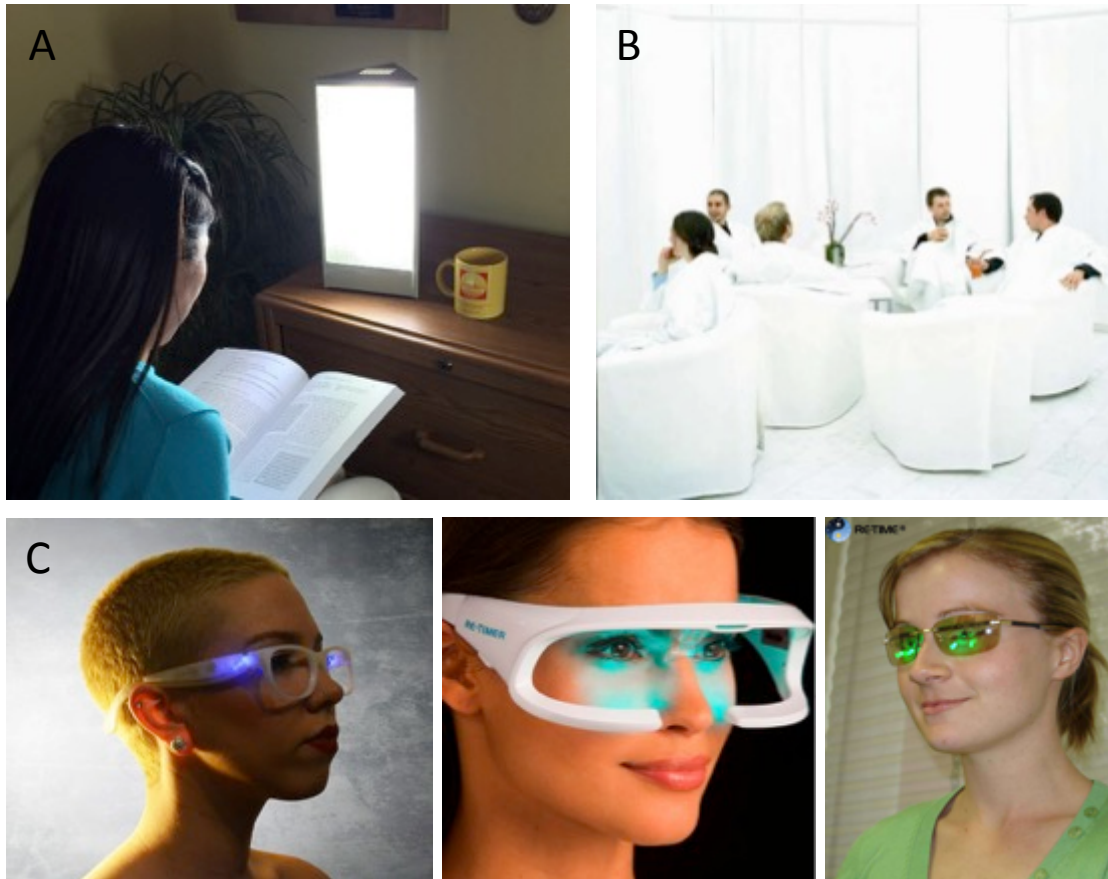
Nošením těchto brýlí je potřeba chránit svůj cirkadiánní systém před modrou složkou světla v konkrétních časových úsecích uvedených v individuálním aklimatizačním plánu. Tím se může zabránit poklesu hladiny spánkového hormonu melatoninu (viz obr. 20) a nežádoucím fázovým posunům vnitřních hodin. Je potřeba mít na paměti, že denní světlo dosahuje ve srovnání s umělým osvětlením a podsvícením displejů elektroniky řádově daleko vyšších intenzit a oranžové brýle tedy nezabrání veškerému neblahému vlivu denního světla na melatonin a fázovou stabilitu vnitřních hodin, pokud se budete s nasazenými brýlemi pohybovat venku na denním světle. V době předepsaného odstínění světlu je tedy lepší pobývat s nasazenými oranžovými brýlemi v interiéru. Pokud v předepsané době odstínění se světlu půjdete spát, po sundání oranžových brýlí okamžitě nasadte na zavřené oči tmavou masku na oči.



Obr. 20. Přirozená hladina melatoninu v noci (černé čtverečky) je významně potlačena 800 luxy bílého světla, což zhruba odpovídá plně osvětlené místnosti stropními zářivkami (prázdná kolečka). Pokud má pokusný subjekt na očích oranžové brýle, melatonin je potlačen pouze nepatrně. (Převzato z: Kayumov L., et al., (2005) Blocking Low-Wavelength Light Prevents Nocturnal Melatonin Suppression with No Adverse Effect on Performance during Simulated Shift Work, The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, Volume 90, Issue 5; 2755–2761, <https://doi.org/10.1210/jc.2004-2062>)

8.3.2. Zařízení pro světelnou terapii

Na trhu je k dispozici velké množství zdravotnický certifikovaných zařízení pro tzv. světelnou terapii. Světelná terapie se běžně využívá k léčbě různých forem sezónní afektivní poruchy. Projevem této poruchy jsou změny nálad a pokles energie v souvislosti s krátkými zimními dny bez dostatečného slunečního osvětlení. V poslední době se ale světelná terapie používá pro léčbu i jiných typů depresí a poruch spánku. Světelné boxy (viz obr. 21 A) vyzařují světlo o vysoké intenzitě s parametry velmi blízkými dennímu světlu. Pro úspěšnou terapii je potřeba strávit před světelným boxem alespoň 30 až 60 minut ve vzdálenosti 30 až 60 cm od zdroje. Nejnovější výzkumy ukazují i na pozitivní vliv řízené expozice intenzivnímu světlu na výkonnost elitních sportovců (viz kap.7; BOX 7). Kromě světelných boxů pro osobní použití je možné využívat přesně spočítané spektrum a intenzitu ve světelném pokoji (viz obr. 21 B.). Další velmi přenosnou a stylovou možností je expozice světlu vyzařovanému ze speciálních brýlí pro světelnou terapii (viz obr. 21 C).



Obr. 21. Zdroje světla pro chronoterapii. A) Typický stolní světelný box pro světelnou terapii. B) Ilustrativní obrázek světelné terapie pobytím ve speciální místnosti s přesně navrženým osvětlením. C) Různé typy brýlí pro světelnou terapii.

8.3.3 Užitečné mobilní aplikace

8.3.3.1. Sleep as Android

Mobilní aplikace platformy Android umožňující sledování spánku s možností nastavení tzv. chytrého buzení. K měření spánku se využívá poměrně přesný senzor pohybu, kterým jsou všechny dnešní chytré telefony vybavené. Pro detekci spánku je nutné mít telefon položený vedle sebe na matraci. Snímání spánkových dat je možné také prostřednictvím kompatibilních sporttesterů a chytrých hodinek připojených k aplikaci přes bluetooth. Při měření s těmito externími senzory je detekce spánkových fází přesnější a dále se zpřesňuje při použití hodinek se senzorem tepové frekvence (obr. 22). Pro detekci spánku stačí tedy nastavit požadovaný čas probuzení a časovou rezervu, kdy nejdříve před zadaným časem může budíček zazvonit. V základním nastavení je to rozmezí 30 minut. Aplikace vás na základě aktuálních pohybových dat probudí v době, kdy se budete nacházet ve fázi lehkého spánku. To zajistí, že se budete po probuzení cítit odpočatější, než kdyby vás budík vytrhl z hlubokého spánku. Mezi další užitečné funkce této aplikace patří nahrávání okolního zvuku při spánku s možností následného přehrávání, počítání spánkového deficitu a notifikace, že „je čas jít spát“ na základě předem uložené hodnoty ideální délky spánku a požadovaného času probuzení. Aplikace také dovede z dlouhodobě měřených dat analyzovat váš chronotyp pomocí analýzy střední doby spánku. Metodou strojového učení jsou automaticky detekovány tzv. „work-like days“, neboli pracovním dnům podobné dny, a „free-like days“, neboli volné dny. Porovnáním střední doby spánku ve „work-like days“ a „free-like days“ je aplikace schopna zhruba určit váš chronotyp. Majitelé telefonů s platformou iOS mohou využít alternativní aplikace s podobnými funkcemi, např. Sleep Cycle Alarm Clock.



Obr. 22. ukazuje vzorový záznam spánku v aplikaci Sleep as Android. V levém horním rohu je zaznamenaná doba trvání spánku v hodinách a pod ní je hodnota spánkového deficitu, tj. rozdílu trvání aktuálního spánku vůči nastavené ideální době spánku. Spánkový deficit může nabývat kladných i záporných hodnot. Horní zelený graf je tvořen hrubými daty z pohybového senzoru telefonu nebo jiného pohybového senzoru připojeného přes bluetooth. Obsahuje časovou osu od zapnutí sledování spánku až po jeho ukončení. Záznam spánku se ukončuje vypnutím budíku, ale je možné jej ukončit i v případě, že dojde k probuzení před zazvoněním budíku. Kruhová ikona se symbolem slunce před číslem 6 v pravé části záznamu označuje čas východu slunce pro okamžitou geografickou polohu uživatele. Další dvě kruhové ikony ke konci záznamu označují zvonění budíku, červená přerušovaná čára mezi těmito ikonami interval odložení zvonění budíku. Prostřední graf označuje orientačně vypočítaná spánková stadia. Sytě zelený pruh odpovídá úseku vysoké aktivity až bdělosti, světle zelené obdélníky lehký spánek, nižší tmavozelené obdélníky přibližně odhadnutý¹ úsek REM fáze, nejnižší tmavozelené úseky pak odpovídají hlubokému spánku. Spodní světle šedý graf označuje úseky, kdy mikrofon telefonu zaznamenal během spánku zvuky. V levém dolním rohu je vyjádřený poměr hlubokého spánku v procentech. Pod tímto poměrem je napsáno celkové trvání hlubokého spánku v hodinách a minutách a vedle menším číslem počet úseků hlubokého spánku. Ikona v pravém dolním rohu slouží pro vpisování poznámek a hvězdičky pro hodnocení kvality spánku.

¹ Určení REM spánku je pouze hrubý odhad a v žádném případě nedosahuje přesnosti vyšetření ve spánkové laboratoři, protože k určení REM fáze je zapotřebí snímání mozkové aktivity, pohybů očí a napětí svalstva.

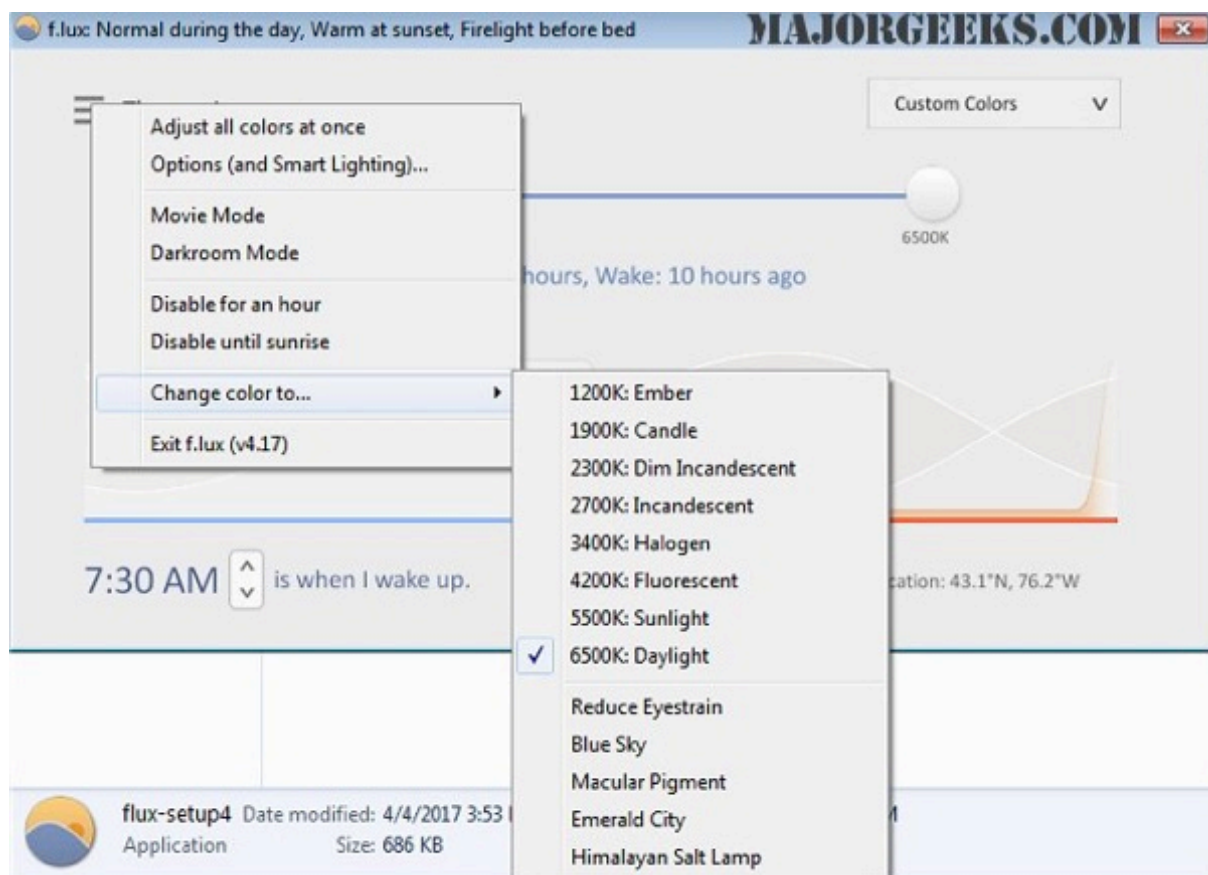
8.3.3.2. F.lux

Software, který funguje jako filtr modrého světla pro elektronická zařízení, jako jsou monitory počítačů, displeje telefonů, tabletů, čteček, chytrých hodinek a dalších. f.lux doporučujeme nainstalovat do všech vašich zařízení. Před instalací ale zkontrolujte, zda vaše zařízení funkci „filtr modrého světla“ nemá náhodou už v základní softwarové výbavě. To je případ některých novějších telefonů Samsung a iPhone. Program f.lux a další softwarové filtry modrého světla na základě přibližné geografické polohy zařízení automaticky přizpůsobují jas, intenzitu a světelné spektrum vyzařované z monitoru či displeje tak, aby po západu slunce v dané lokalitě zařízení nevyzařovalo modré světlo. Tento automatický filtr je možné kdykoli pozastavit a navrátit tak parametry monitoru či displeje do původního stavu. Jak je patrné z obr. 23, aktivní filtr modrého světla způsobí posun barevného vyzařování displeje do teplejších tónů, od žlutooranžové po červenou. Míru „zčervenání“ displeje je možné v nastavení programu regulovat. Vybírat lze z několika přednastavených režimů barevného spektrálního posunu neboli teploty chromatičnosti, viz obr. 24.



Obr. 23. Ilustrační fotografie znázorňující rozdíl v barevném vyzařování displeje s aktivním (vlevo) a neaktivním programem f.lux.

http://macnn.mnmcndn.com/article_images/1458186575-md-nightshiftmodecomparison_800x600.jpg



Obr. 24. Ukázkové dialogové okno nastavení programu f.lux ve verzi pro počítače.

Po kliknutí na oblast v levém horním rohu se otevře rozbalovací seznam s možnostmi nastavení a přizpůsobení programu. Kliknutím na Change color dojde k otevření výběru přednastavených teplot barevného záření monitoru. Na tomto obrázku je zvolená hodnota 6500K: Daylight. Číslo označuje tzv. teplotu chromatičnosti v jednotkách Kelvin a anglický popis světelný zdroj se srovnatelnou teplotou chromatičnosti. V tomto případě tedy monitor vyzařuje složky světelného spektra přítomné v denním světle (Daylight), tedy i modrou. V seznamu směrem nahoru vidíme snižující se hodnoty teploty chromatičnosti (a zvyšující se podíl teplých červených tónů v barevném podání monitoru) od 5500K odpovídajícím slunečnímu světlu, 4200K zářivce, 3400K halogenové žárovce, 2700K klasické žárovce, 2300K ztlumené klasické žárovce, 1900K světlu svíčky a 1200K barvě Ahojžhavých uhlíků (viz obr. 10). Barevné záření monitoru lze buď měnit aktuálně přímo výběrem z tohoto seznamu, nebo si po kliknutí na první nabídku levého rozbalovacího seznamu (Adjust all colors at once), nastavit rozdílnou teplotu chromatičnosti monitoru pro různá denní období. Během dne, západ slunce a čas těsně před spaním. Doporučená nastavení jsou 6500K nebo 5500K během dne, 3400K při západu slunce a 1900K nebo 1200K pro sledování monitoru (či displeje telefonu) v období těsně před spaním nebo v době předepsaného vyhýbání se světlu.

8.3.3.3 Fluxometer

Užitečný online nástroj pro praktické ověřování světelné intenzity a spektrálního složení různých světelných zdrojů včetně monitorů a displejů vybraných elektronických zařízení najdete stránkách <https://fluxometer.com>. Můžete vyhledávat v seznamu mnoha proměřených světelných zdrojů a zjistit přesné informace o vlivu konkrétního světelného zdroje na fázový posun lidských cirkadiánních hodin. Výbornou interaktivní funkcí je možnost přidávat ke zvolenému světlu různé typy proměřených filtrů (konkrétní značky brýlí blokujících modré spektrum a softwarový filtr f.lux) a sledovat, do jaké míry je daný filtr schopen eliminovat vliv světelného zdroje na fázový posun cirkadiánního systému (obr. 25).



Obr. 25. Zjednodušený obrázek z online nástroje fluxometer znázorňující světelné spektrum vyzařované displejem telefonu před a po použití filtru f-lux. V levém horním obrázku je znázorněno světelné spektrum vyzařované displejem telefonu iPhone 6, v levém dolním pak odpovídající poměr světelné intenzity v porovnání s intenzitou denního světla a výpočet fázového posunu cirkadiánního systému (v minutách) při vystavení se světlu o daných parametrech v době, kdy je cirkadiánní systém citlivý na vliv světla. Vpravo pak pro porovnání parametry displeje stejného telefonu při zapnutém filtru f.lux na hodnotu 1200K.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

