



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

Pedagogická fakulta

Katedra výchovy ke zdraví

Bakalářská práce

# **Efekt cirkadiánního rytmu na zdraví člověka**

Vypracoval: Andrej Teska

Vedoucí práce: PhDr. Zuzana Kornatovská, Ph.D., DiS.

České Budějovice, 2022



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**University of South Bohemia in České Budějovice**

Faculty of Education

Department of Health Education

Bachelor thesis

# **The effect of circadian rhythm on human health**

Author: Andrej Teska

Supervisor: PhDr. Zuzana Kornatovská, Ph.D., DiS.

České Budějovice, 2022

## **Bibliografická identifikace:**

**Název bakalářské práce:** Efekt cirkadiánního rytmu na zdraví člověka

**Jméno a příjmení autora:** Andrej Teska

**Studijní obor:** Výchova ke zdraví

**Pracoviště:** Katedra výchovy ke zdraví, Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

**Vedoucí bakalářské práce:** PhDr. Zuzana Kornatovská, Ph.D., DiS.

**Rok obhajoby:** 2022

### **Anotace:**

Cílem této bakalářské práce bylo shrnout dosavadní poznatky o cirkadiánním rytmu, spánku, úloze a důležitosti melatoninu v lidském těle, příčiny a důsledky nabeurčování cirkadiánního rytmu a možnosti jeho posílení pro co nejlepší zdraví a vitalitu. Práce je koncipována jako literární rešerše a vychází převážně ze zahraničních studií tohoto oboru, nicméně spousta informací je doplněných od českých autorů. Zdraví je v 21. století naprosto komplexní hodnotou, na kterou by se mělo také komplexně nahlížet. Zkoumat by se měly veškeré možné aspekty nabeurčování zdraví, které jsou mnohdy přehlíženy. Témata rozvíjená v této práci se zaměřují na rostoucí uvědomění, že ignorujeme cirkadiánní a spánkový systém na vlastní nebezpečí. Právě narušování cirkadiánního rytmu přináší v dnešní době, dle mnoha studií, zdravotní neduhy. Velký počet studií totiž potvrzuje, že za řadou nemocí, které se projevují v moderním světě stojí právě rozpad cirkadiánního rytmu. Tato práce shrnuje jak mechanismy fungování cirkadiánního rytmu, tak jeho největší narušitele a potencionální rizikové faktory spojené s různými druhy nemocí. Přináší nové náhledy na to, jak pečovat o své zdraví komplexně, tak aby bylo pro nás co nejvíce udržitelné.

**Klíčová slova:** cirkadiánní rytmus, světlo, spánek, melatonin, zdraví

## **Bibliographical identification:**

**Title of the bachelor thesis:** The effect of circadian rhythm on human health

**Author's first name and surname:** Andrej Teska

**Field of study:** Health Education

**Department:** Department of Health Education, Faculty of Education, University of South Bohemia in České Budějovice

**Supervisor:** PhDr. Zuzana Kornatovská, PhD.

**The year of presentation:** 2022

### **Abstract:**

The aim of this bachelor thesis was to summarize the existing knowledge about circadian rhythm, sleep, the role and importance of melatonin in the human body, the causes and consequences of circadian rhythm disruption and the possibilities of its strengthening for the best health and vitality. The thesis is designed as a literature search and is based mainly on foreign studies in this field, however, a lot of information is supplemented by Czech authors. Health in the 21st century is an absolutely complex value, which should also be looked at comprehensively. All possible aspects of the erosion of health, which are often overlooked, should be examined. The themes developed in this paper focus on the growing awareness that we ignore the circadian and sleep systems at our peril. It is the disruption of the circadian rhythm that, according to many studies, brings about health ailments in our time. Indeed, a large number of studies confirm that it is the breakdown of circadian rhythms that is behind many of the diseases that manifest in the modern world. This paper summarizes both the mechanisms of circadian rhythm functioning and its major disruptors and potential risk factors associated with various types of diseases. It provides new insights into how to care for our health in a holistic way that is as sustainable as possible.

**Keywords:** circadian rhythm, light, sleep, melatonin, health

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 7.7. 2022

Andrej Teska

**Poděkování:**

Touto formou děkuji paní PhDr. Zuzaně Kornatovské, Ph.D., Dis., za odborné vedení, trpělivost a ochotu se mnou na této práci spolupracovat. Také bych chtěl poděkovat panu doc. PaedDr. Vladislavovi Kukačkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky k mé práci. Své rodině a přátelům děkuji za projevenou trpělivost a podporu.

# Obsah

1	Úvod.....	6
2	Biorytmy a zdraví.....	7
	2.1 Cirkadiánní rytmus.....	8
	2.1.1 Stručná historie výzkumů cirkadiánních rytmů.....	8
	2.1.2 Cirkadiánní rytmy v organismu člověka.....	9
	2.2 Biologické hodiny.....	11
	2.2.1 Neurotransmitery.....	14
3	Melatonin.....	16
	3.1 Syntéza melatoninu.....	17
	3.2 Systém produkce melatoninu.....	18
	3.3 Funkce melatoninu.....	19
	3.4 Suplementace melatoninu.....	22
	3.5 Vliv melatoninu na kvalitu spánku.....	24
4	Význam spánku.....	26
	4.1 Vliv světla na spánek a cirkadiánní rytmus.....	28
	4.1.1 Vliv modrého světla na spánek a melatonin.....	30
	4.1.2 Světelná hygiena.....	32
	4.1.3 Spánková hygiena.....	34
5	Chronotyp člověka.....	37
6	Poruchy cirkadiánního rytmu.....	42

6.1 Vybrané nemoci spojené s naboráváním cirkadiálního rytmu.....	45
6.1.1 Kardiovaskulární onemocnění a diabetes mellitus.....	46
6.1.2 Nádorová onemocnění.....	47
7 Diskuse.....	50
8 Závěr.....	54
Seznam použitých zdrojů.....	55
Seznam obrázků.....	68



## **Motto**

*„Zdraví je rytmus a synchronizace.*

*Ale záleží na tom, jaký ten rytmus je.“*

*Satchin Panda (2020)*

# 1 Úvod

V dnešní době plné informací, již většina populace ví, co a jak má člověk dělat pro podporu svého zdraví. Ze sdělovacích prostředků víme, že je pro naše tělo důležitý pravidelný pohyb a pestrá zdravá strava. Ovšem kdo z nás se již setkal s pojmy jako světelná hygiena či cirkadiánní rytmus? Světlo a biorytmy jsou z hlediska zdraví člověka zkoumány až v posledních několika letech a původně vycházejí z východní medicíny. Teprve v roce 2017 byla udělena Nobelova cena za výzkum vnitřních biologických hodin, který dopomohl pochopit cirkadiánní rytmus. I proto mě osobně toto téma začalo více zajímat, jelikož se o něm do té doby moc nemluvalo a ani nevědělo. Odborníci se přitom shodují, že je stejně, ne-li více důležité jako zmiňovaný pohyb a vyvážená strava. Nicméně v důsledku spolu všechno toto dohromady souvisí a tvoří celkový obraz našeho zdraví a vitality.

Kvůli technologiím si člověk uměle prodlužuje den a zkracuje tím spánek, který, jak bylo mnohokrát prokázáno, má blahodárné účinky na naše zdraví. Nejen tímto je nabouráván náš cirkadiánní rytmus, který hraje hlavní roli ve správném fungování organismu. Přestali jsme respektovat naše vnitřní hodiny, na které je tělo po staletí nastaveno, a ztrácíme tím rovnováhu, která je klíčem k udržitelnosti zdraví. Kvůli náročné a stresující práci vyžadujeme po našem těle stále náročnější výkon, ale dostatečnou regeneraci a prostor pro opravu už mu nedopřáváme. Právě lidé, kteří pracují na směny a vykonávají svou práci v noci, kdy je tělo nastavené na regeneraci, mají nejvíce narušený cirkadiánní rytmus a v jeho důsledku také spánek, což může vést k celé řadě nejen civilizačních onemocnění.

Cílem této práce je přiblížit důležitost správného fungování biologických hodin a cirkadiánního rytmu a zároveň vytvořit ucelený přehled o jejich poznacích. Upozornit na jejich zásadní vliv na zdraví člověka. Dále také seznámit s problémy, které souvisí s jejich nabouráváním. Poukázat na individualitu každého jedince a představit různé chronotypy člověka společně s jejich preferencemi. Nahlédnout na spojitost mezi vznikem onemocnění v důsledku nabourávání cirkadiánního rytmu a spánkového režimu. V poslední řadě práce stanovuje doporučení pro posílení cirkadiánního rytmu a zlepšení našeho zdraví ve spojitosti se správnými světelnými a spánkovými návyky.

## 2 Biorytmy a zdraví

Biologické rytmy (zkráceně biorytmy) jsou pravidelné rytmy s opakující se denní, měsíční či roční periodou (Novotný, Hruška, 2015). Podle Plhákové (2013) patří biorytmy k základním vlastnostem každé živé hmoty. Biorytmy autorka popisuje jako podléhání cyklickým změnám v čase. Tyto rytmy se týkají organismu jako celku, avšak probíhají i na buněčné a tkáňové úrovni. Známe periody, které jsou kratší, než jedna minuta jako je například srdeční tep, ovšem existují i periody delší než rok. Typickým příkladem takto dlouhé periody jsou hibernační cykly bakterií. Mezi cykly s delší periodou můžeme zařadit i zimní spánek u některých druhů živočichů. Věda zabývající se biologickými rytmy se nazývá chronobiologie (Novotný, Hruška, 2015). Dle Bergera (1995) se chronobiologie zabývá veškerými změnami v organismech v průběhu času.

Novotný a Hruška (2015) rozdělují biorytmy na endogenní a exogenní. Endogenní biorytmy jsou takové, které si organismus vytváří ve svém vnitřním prostředí, nezávisle na prostředí vnějším, přičemž vnější prostředí může tyto rytmy pouze synchronizovat. Exogenní rytmy jsou naopak na těchto informacích z vnějšího prostředí závislé. Například pokud ve vnějším prostředí nějaký rytmus vymizí, v organismu může dojít ke ztrátě některého rytmu (například při nepřetržitém vystavení organismu světlu vymizí rytmus tvorby melatoninu, který je závislý na střídání světla a tmy).

Berger (1995) a Plháková (2013) dělí biorytmy dle délky jejich periody na:

- Ultradiánní rytmy – které mají periodu kratší než 24 hodin.
- Cirkadiánní rytmy – perioda těchto rytmů se pohybuje kolem 24 hodin.
- Infradiánní rytmy – s periodou delší než 24 hodin. U člověka se do této kategorie řadí menstruační cykly.
- Cirkanuální rytmy – zvláštní typ biorytmů, které mají přibližně roční periodu. Takovými rytmům podléhají některá chování živočichů jako je například zimní spánek neboli hibernace.

Vojáček (2020) tvrdí, že synchronizace životního stylu s biologickými rytmy je pro naše zdraví zcela zásadní. Člověk, který je s přírodou silně spjatý, by měl přirozené biorytmy přijmout za tělu vlastní a přizpůsobit se jim i mimo jiné pravidelným spánkem

a dobou vstávání, pestrou sezónní stravou a pravidelnými pústy, či správným pohybem.

## **2.1 Cirkadiánní rytmus**

Cirkadiánní rytmus je jeden ze základních biorytmů nejen člověka. Tento termín pramení z latinských výrazů *circa* (přibližně) a *dia* (den) (Mann, 2021). Z toho vyplývá, že délka cyklu tohoto rytmu je zhruba 24 hodin. Typickým příkladem takového rytmu je u člověka pravidelné střídání spánku a bdění, kolísání tělesné teploty s tím spojené, a také tvorba některých hormonů (Plháková, 2013).

### **2.1.1 Stručná historie výzkumu cirkadiánních rytmů**

Jako první se vědělo o vnitřních hodinách rostlin, které se chovaly podle určitých rytmů, jinak přes den a jinak přes noc. Ve dne většina rostlin své listy zvedá, aby byla blíže slunečnímu záření a zachytila tak více energie. V noci své listy naopak svěsí, aby nedošlo k energetickým ztrátám a chránila se tak před chladem. Podobně kvetou nějaké rostliny ve dne, jiné zas jen v noci, záleží, jestli je jejich opylování závislé na jiných živočišcích či jen pouze na povětrnostních podmínkách. Nicméně, tyto rytmy rostlina dodržovala i ve sklepech, bez přístupu světla. Nejen lidé a zvířata, ale i rostliny mají tedy vlastní hodinový systém, který funguje nezávisle na slunci, světle a vnějších faktorech (Frej, 2013).

Dříve byl zastáván názor, že člověk jakožto vyvinutější tvor musí být kromě Slunce a Měsíce řízen a ovládán spíše vnějšími faktory a prostředím. Tento mýtus byl vyvrácen až v padesátých letech minulého století při pokusech, kdy se lidé chodili dobrovolně schovat do jeskyň a s sebou měli pouze dostatek jídla, pití, knih a svíček. Pomocí primitivního telefonu, se kterým byl dobrovolník propojen pouze s jedním dalším členem výzkumu, hlásil pravidelně dobu, kdy šel spát a posléze dobu probuzení. Prokázalo se, že cyklus bdění a spánku probíhal naprosto přesně a předvídatelně i po několik týdnů zde strávených. Potvrdilo se, že tento cyklus nemohl být řízen z vnějška, nýbrž jedině vnitřními hodinami (Frej, 2013).

Plháková (2013) píše, že první výsledky výzkumů, které se zaměřovaly na bádání ohledně délky periody lidských cirkadiánních rytmů, se značně různily. Mezi první badatele v tomto směru patřil například Nathaniel Kleitman, který uvedl cirkadiánní periodu organismu člověka až na 28 hodin. Další významný fyziolog Jürgen Aschoff

nechal postavit podzemní bunkr na zkoumání lidských cirkadiálních rytmů. Těchto zhruba 400 experimentů se zúčastnilo 447 dobrovolníků. Dobrovolníci, kteří se těchto pokusů účastnili neměli k dispozici žádné časové ani informační údaje a o vnějším světě. Byly zkrátka zcela odříznutí od vnějšího světa bez veškerých věcí jako telefonů, rádií, hodin. Také žili v místnostech bez oken. Dobu jídla i spánku si určovali sami, ovšem měli možnost si rozsvěcovat a zhasínat světlo dle libosti. U těchto osob se režim spánku a bdění ustálil na periodu o 25 hodinách. K podobným závěrům dospěly již zmíněné experimenty s pobytem v jeskyních, kterých proběhlo mnoho. K takovým nejznámějším patří pokus, který uskutečnil francouzský vědec Michel Siffre. Tento dobrodruh žil šest měsíců bez jakýchkoliv časových údajů v jeskyni. Tato jeskyně byla ale rovněž osvětlená a dotyčný byl v telefonickém spojení s okolím. Jeho subjektivní den (cirkadiální perioda) se prodloužil na 26 hodin. Právě díky možnostem umělého osvětlení při těchto pokusech nedošlo k jasnému stanovením, které by se shodovali (Plháková 2013).

Czeisler et al. (1999) tvrdí že tato dřívější pozorování byla založena na experimentech u lidí, kteří byli vystaveni úrovním světla dostatečných ke zkreslení odhadu. V jejich vlastním velkém výzkumu zkoumali cirkadiální periodu napříč všemi věkovými kategoriemi, ovšem za přísných světelných podmínek. Došli k výsledkům, že za těchto okolností trvá jedna perioda lidského cirkadiálního rytmu průměrně 24 hodin a 18 minut. Největší projev tohoto rytmu zjistili v pravidelných výkyvech sekrece hormonů melatoninu a kortizolu, ale i v kolísání tělesné teploty nehledě na věku zkoumaných osob.

Tento fakt potvrzuje Frej (2013) který tvrdí, že cirkadiální rytmus netrvá přesně 24 hodin. Přesněji řečeno, průměrná délka cirkadiálního rytmu je 24,1 až 24,2 hodin. Zhruba 25 % lidí má rytmus o něco kratší než 24 hodin. Doba východu slunce od jednoho do druhého není totiž na většině míst na zemi přesně 24 hodin.

### **2.1.2 Cirkadiální rytmy v organismu člověka**

Dle Pandy (2020) spousty našich tělesných funkcí vrcholí či naopak klesají v určitých denních nebo nočních časech. Berger (1995) píše, že významné kolísání můžeme pozorovat také v počtu bílých krvinek. Nejvyšší počet bílých krvinek je v době před usnutím, a nejnižší ráno. Rytmus ve zvyšování a snižování počtu bílých krvinek je

tedy také cirkadiánní a vzniká o něco déle než cirkadiánní rytmy různých hormonů. Takové rytmy jsou pravděpodobně regulovány našimi vnitřními hodinami. Tyto naše vnitřní hodiny připravují tělo na probuzení, ještě dříve, než samotné probuzení přijde.

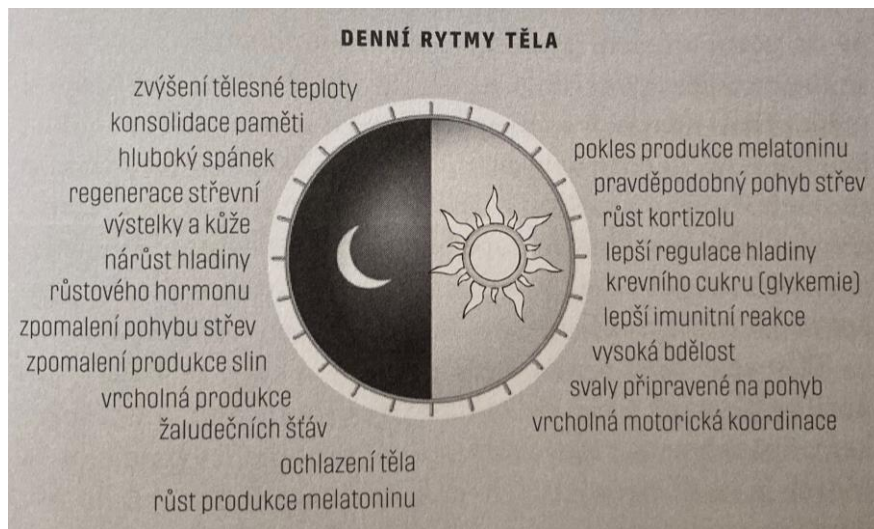
Po ránu začnou snižovat produkci spánkového hormonu, který se nazývá melatonin. Zrychlí se nám nepatrně dech, stejně jako se zvýší tep. Ještě, než se zcela probudíme, se zvýší i naše tělesná teplota. Pár minut poté, co otevřeme oči, začnou nadledviny produkovat stresový hormon kortizol. Slinivka uvolňuje inzulin na trávení prvního jídla dne (Panda, 2020).

Během dopoledne je náš mozek připraven na učení a řešení problému. Odpoledne bychom se měli cítit plní energie a dobré nálady díky dobře odvedené práci během dopoledne. Pokud jsme se v noci dobře nevyspali, může u nás převládat pocit nespokojenosti či pocit mrhání časem. V odpoledních hodinách také stoupá svalový tonus, tudíž se zde hodí zařazení nějaké pohybové či sportovní aktivity (Panda, 2020).

Se západem slunce a příchodem večera přirozeně stoupá produkce melatoninu. Naše tělesná teplota naopak klesá. Organismus se tak připravuje ke spánku. Projevem dobrého zdraví večer by mělo být postupné zklidňování, pocit únavy, a nakonec usnutí bez většího problému. Proces spánku je pro náš organismus totiž klíčový. Během spánku dochází k celé řadě opravných procesů. Mozek je během spánku velmi aktivní a produkuje spoustu hormonů. Mezi nimi i například lidský růstový hormon. Nedostatek spánku snižuje jeho hladinu, což má zásadní vliv u dětí, jelikož může zbrzdit jejich růst. V mozku dochází také k procesu zvanému neurogeneze, díky kterému vznikají nové mozkové buňky a dochází k jeho celkové detoxifikaci. Proto bychom se po kvalitním spánku měli ráno cítit odpočatí a plní energie na začátek nového dne. Obrázek 1 zobrazuje rytmy těla v průběhu dne (Panda 2020).

Podle Vojáčka (2021) cirkadiánní rytmus propojuje všechny jím uvedené pilíře zdraví jako jsou psychosomatika, spánek, strava a pitný režim, pohyb, dýchání a světlo. Fungování a regulace tohoto rytmu dokazuje, jak moc je člověk spojen s přírodou. U žen je tato pravidelnost zásadní například u menstruačního cyklu a ovulaci. Kdyby jej pravidelně neměla, nemohl by vzniknout nový život. Pokud bychom nedokázali spát a tím pádem by se naše buňky cyklicky neobměňovaly, zemřeli bychom. Rytmicita souvisí i s pravidelným cyklickým nádechem a výdechem. Pokud se přestaneme takto

okysličovat naše srdce ztratí rytmus a přestane fungovat. Zkrátka vše v těle funguje a pulzuje v dynamických cyklech a rytmech.



Obr. 1: Denní rytmy těla (Panda 2020)

Zajímavý je vývin cirkadiánního rytmu u novorozenců. Vyvíjí se totiž už v průběhu několika prvních měsíců. Jejich spánkový režim bývá v prvních dnech až týdnech života nepravidelný. Cirkadiánní rytmus u novorozenců se vyvíjí tak, jak prožívají změny ve svém těle a tak, jak se jejich tělo přizpůsobuje okolí. Děti začínají produkovat melatonin ve věku zhruba tří měsíců. Hormon kortizol se pak vyvíjí od dvou do devíti měsíců (Kassin, 2007). Berger (1995) tvrdí, že některé biorytmy jsou zjistitelné už u plodu. Některé z nich jsou cirkadiánní, jako například rytmus vyplavování melatoninu. Autor připisuje tento rytmus jako důsledek matčina organismu. Při předčasném narození dítěte je tento rytmus přítomen, ovšem záhy z organismu vymizí v důsledku toho, že jej matčin organismus již nemůže vyvolávat, a objeví se znovu až později. Tehdy už je to vlastní cirkadiánní rytmus novorozence. Cirkadiánní rytmus aktivity myokardu plodu je přítomen nejméně od 22. týdne těhotenství a cirkadiánní rytmus tělesné teploty je přítomen krátce po narození dítěte.

## 2.2 Biologické hodiny

Podle Plhákové (2013) jsou právě biologické neboli vnitřní hodiny přímo zodpovědné za řízení našich cirkadiánních rytmů.

Jak je již zmíněno, tyto biologické hodiny dokážou fungovat nezávisle na slunci a vnějších podmínkách. Vnější faktory jako sluneční svit mají ovšem důležitou roli

v harmonizaci a synchronizaci těchto rytmů. Biologické hodiny řídí nejen u lidí, ale i u zvířat a rostlin spánek, chování a stravování. A sdělují nám to i tehdy, kdy nemáme přístup ke světlu. U zvířat mají biologické hodiny uplatnění i v otázce přežití a ve vztahu dravec–kořist. Například naprogramování ptáků na to, kdy se mají vydat na lov. Množství a čas potravy jsou také předurčeny biologickými hodinami. Stejně jako doba páření, migrace či hibernace. Většina těchto organismů reaguje na pravidelné změny v cyklických rytmech s předstihem. Kdyby reagovaly na tyto změny až posléze, mohlo by to pro ně znamenat již životohrožující zpoždění. Biologické hodiny tedy zvyšují šanci na přežití a řídí metabolické procesy i v neměnném prostředí (Frej, 2013).

V dnešní době, která se rozvíjí tak rychle, především v oblasti techniky a počítačů, máme stále menší respekt k vnitřním hodinám a k tomu, jak je náš organismus naprogramován fungovat. Dříve byli lidé zvyklí fungovat v souladu s biologickými hodinami a přírodou. Některé domorodé kmeny v Africe nebo Americe tak žijí stále. Moderní civilizace se řídí spíše časem, který si uměle nastavila na svých hodinách a hodinkách. Tento čas bývá ovšem někdy neúprosný. Jak uvádí Frej (2013, s 12), *„Náš život ovlivňují tři druhy hodin: sluneční (poskytující světlo a teplo), společenské (pracovní doba, škola) a biologické, geneticky dané.“*

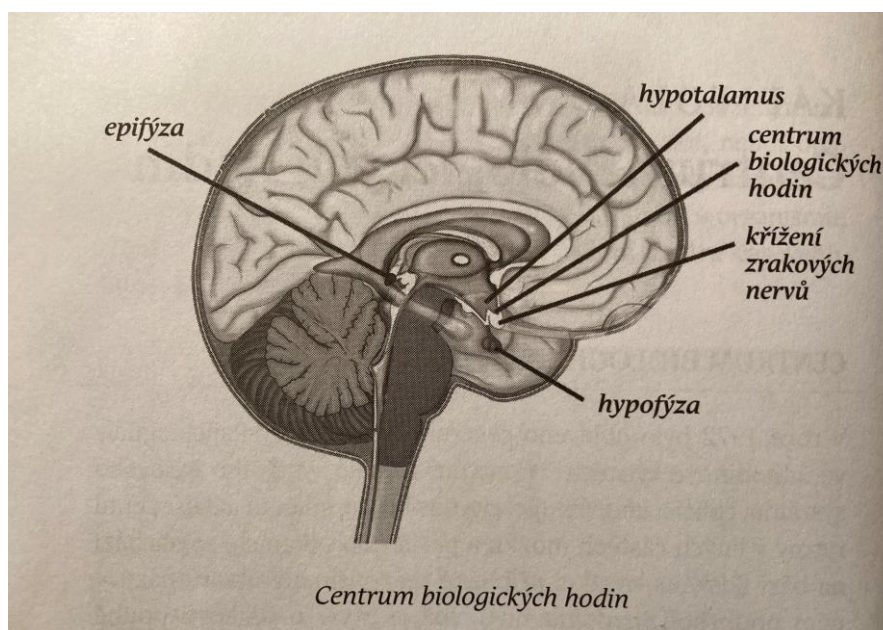
Zdali se zeptáme, jestli existuje nějaké přesně dané místo v našem organismu, kde by se nacházelo centrum oněch biologických hodin, musíme jasně odpovědět ano. Podařilo se ho najít v roce 1972. Centrum, které vysílá signály s pravidelnou 24hodinovou rytmicitou. Nachází se v hypothalamu (podhrbolí) nad zkřížením zrakových nervů, viz obrázek 2. Jedná se o seskupení, pouhých 20 000 buněk s vlastní aktivitou, do dvou velmi malých shluků. Pro představu celkový počet mozkových buněk je 50-100 miliard. Proto bylo pro vědce tolik složité je najít. Protože se nacházejí nad zkřížením zrakových nervů, pojmenovali je vědci suprachiasmatická jádra (SCJ). Supra lze v latině přeložit jako nahoře, chiasmatic představuje seskupení nervových vláken, která zpracovávají hlavně informace o světle a dalších zevních faktorech. Umístění SCJ na stranách třetí mozkové komory, komunikace a stavba řídicího centra, tvorba různých hormonů a transmitterů je podobná jiným savcům (Ilnerová, 2013, online).

Rytmus 24 hodin, ovlivnění světlem, vyplavování melatoninu a metabolismus biologických hodin jsou analogické jako u savců. Z anatomického hlediska se SCJ dělí na zadní skořápku a přední kůru. Kůra leží blíže křížení optických nervů a reaguje na



světlo. Skořápka, která je kolem kůry obsahuje neurony s vlastní rytmicitou, produkující různé látky jako arginin vasopresin, též přijímá signály z jiných částí mozku (Frej, 2013).

Byl tedy objeven fakt, že něco s takovou důležitostí jako je vnitřní časový spínač, tedy zdroj, který řídí naše vnitřní hodiny, má velikost zrnka rýže. Hypothalamus řídí další žlázy skrze hypofýzu (podvěšek mozkový) prostřednictvím nervových impulzů a hormonů, které mají vliv na spánek a bdění, krevní tlak, srdeční frekvenci, hormonální systém, tělesnou teplotu, pocit hladu a žízně. Když dojde k poškození hypothalamu, projeví se to v poruchách regulace tělesné teploty a cyklů spánku a bdění (Ilnerová, 2013, online).



Obr. 2: Centrum biologických hodin (Frej, 2013)

Při pokusech v polovině 70. let, prováděných na zvířatech, se prokázalo, že při poškození SCJ dojde k narušení chování. Zvíře s narušenou či poškozenou stavbou SCJ stále jedlo, spalo, bdělo, ačkoliv nebylo tomu tak v pravidelných rytmech a intervalech, nýbrž chaoticky. Také těchto zvířat při pozorování ve volné přírodě přežilo výrazně méně než jedinců s nepoškozeným centrem biologických hodin. U lidí se ale tyto pokusy neprováděly, ovšem zkoumali se jedinci s poškozeným SCJ po úrazech nebo nádorech. I jejich rytmus byl nepravidelný a chaotický. V dalších pokusech se dokázalo, že centrum časového systému má svůj 24hodinový rytmus, tedy není na ničem jiném

závislé. Naopak SCJ jsou skutečně hlavním centrem biologických hodin a posílají vzruchy o 24hodinovém rytmu do ostatních částí mozku. Největší rozdíl mezi strukturami mozku byl ve spotřebě krevního cukru. Glukóza se nejvíce koncentrovala v centru přes den, kdy bylo centrum aktivní, tedy když pracovalo. V noci byl krevní cukr na výrazně nižší koncentraci. Tento rozdíl v jeho metabolismu se nejvíce odlišoval od ostatních struktur mozku (Frej, 2013).

### **2.2.1 Neurotransmitery**

Chemické látky neurotransmitery neboli neuropřenašeče, jak se jim říká podle jejich hlavní schopnosti, jsou látky v nervovém systému. Jejich hlavním úkolem je přenášet informace z neuronu tak, že se dostanou skrze synaptickou štěrbinu na jiný neuron. Receptory jsou pak zvláštní nervové buňky, které neurotransmitery přijímají (Kassin, 2007).

Stejně jako ostatní neurony, taktéž neurony v SCJ vydávají signály. Právě za synchronizaci pomocí komunikace buněk zodpovídají neurotransmitery. Centrum časového systému předává dál signály do všech buněk v těle (Frej, 2013).

Hlavní neurotransmitery (Kassin, 2007):

- Acetylcholin – Jeho funkcí je propojovat neurony a svaly, podporuje proces učení a paměť. Mozku také předává informace o světle.
- Dopamin – Shromažďuje se v mozku, jeho nedostatek způsobuje Parkinsonovu chorobu, jeho nadbytek může vyvolávat příznaky schizofrenie.
- Endorfiny – Nacházejí se v CNS a působí jako opiáty tlumící bolest, nazývají se též hormony štěstí, jelikož způsobují dobrou náladu a pocit štěstí.
- Serotonin – Funguje jako prekurzor pro výrobu melatoninu, který navozuje spánek. Jeho nedostatek může zapříčinit deprese.
- GABA (gama-aminomáselná kyselina) – Je to hlavní inhibiční neurotransmiter nervového systému.

Neurotransmitery se přímo podílejí na fungování biologických hodin. Například při přijímání informací přenášených světlem a dalšími způsoby, ale i při interakci a přenosu informací do celého těla. Z pohledu biologických hodin se na funkci nejvíce

účastní acetylcholin, glutamát, neuropeptid Y (NPY), serotonin, vasoaktivní intestinální peptid (VIP), nebo arginin vasopresin (AVP). Jako první objevený a též jako první neurotransmitter související s biologickými hodinami se považuje acetylcholin. Jeho hlavní rolí, jak je již zmíněno, je zřejmě podílení na předávání informací o světle mozku (Frej, 2013).

Mezi hlavní neurotransmitery přenášející světlo ze zraku do mozku patří glutamát a polypeptid (PACAP). Za kontrolu příjmu potravy a tekutin odpovídá arginin vasopresin (AVP). Zcela nepostradatelná je kyselina gama-aminomáselná (GABA), která se nachází v nervových buňkách centra biologických hodin. Tato kyselina má nabuzující účinek přes den, a naopak tlumící účinek v noci (Kassin, 2007).

Řídící centrum má obrovskou a různorodou škálu neurotransmiterů, přes které vydává koordinované signály. Tyto signály pak směřují do různých částí mozku a do orgánů jako jsou játra, ledviny, štítná žláza, srdce či slinné žlázy. Frej (2013) tvrdí, že buňky, tkáně a orgány mají své vlastní biologické hodiny. Tyto lokální biologické hodiny pak dokážou reagovat na okamžité změny lépe než řídící centrum v hypothalamu, které má úlohu především v koordinaci činnosti orgánů.

### 3 Melatonin

Melatonin je hormon, který je též přezdíván jako spánkový hormon. Spánek je ovšem pouze jednou z funkcí, se kterou tento hormon souvisí. Přesněji by se ho tedy dalo nazvat jako hormon tmy. Právě tmou je jeho sekrece v organismu podmíněna.

Poprvé popsal vliv melatoninu na spánek v roce 1958 Aaron Lerner, který po požití 100 mg melatoninu popsal ospalost (Frej, 2013). Melatonin se začíná vyplavovat výhradně v noci kolem 21. hodiny a jeho vrchol pak nastává kolem 2-4. hodiny ránní, poté jeho koncentrace upadá. S blížícím úsvitem se začíná snižovat klesne na hladinu, která je v ranních hodinách a dopoledne nezjistitelná (Walker, 2021). U někoho může koncentrace tohoto hormonu z nejvyšší koncentrace noční na nejnižší koncentraci denní sestoupit okolo 5. hodiny ránní, u jiného až o 9. hodině ránní. Toto naznačuje, že u různých osob končí subjektivní noc rozdílně (Ilnerová, 1996, online).

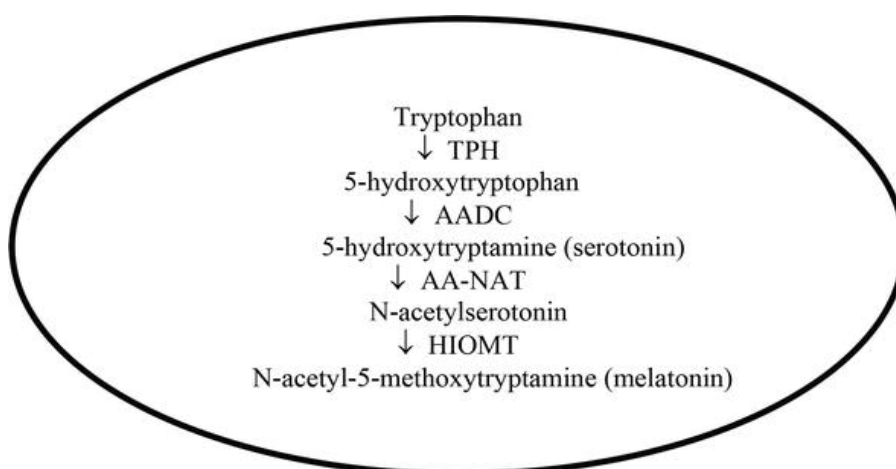
Frej (2013) považuje melatonin za nejdůležitější látku, která informuje organismus o denním čase a ročním období. Tato látka je zcela klíčová pro fungování cirkadiálního rytmu. Naše suprachiasmatická jádra (SCJ) vysílají pravidelnou informaci do mozku, která ohlašuje den a noc právě pomocí melatoninu (Walker 2021). Podle Freje (2013) je melatonin „rukou biologických hodin“. Ilnerová (1996, online) i Novotný s Hruškou (2015) tvrdí, že melatonin synchronizuje činnost suprachiasmatických jader. V našem mozku a tkáních se nacházejí receptory pro melatonin, který přes ně seřizuje biologické hodiny. Tyto receptory, označované jako MT1 a MT2, jsou na melatonin citlivé pouze navečer, v noci a poté za svítání (Ilnerová, Sumová, 2008, online).

Přestože se melatonin vylučuje v noci, není to jen spánkový hormon. U některých nočních zvířat se vylučuje v noci, ale přesto spánek nenavozuje narozdíl jako u člověka (Frej, 2013). Důležitým objevem bylo také to, že se melatonin nenachází pouze u člověka ani dalších živočichů. Tento hormon produkují také rostliny (Arnao, Hernández-Ruiz, 2018) či bakterie (Jiao et al., 2016). Podle Li et al. (2018) melatonin produkují i bakterie lidského střevního mikrobiomu, který má na naše zdraví a fungování cirkadiálních rytmů značný vliv, a kromě trávicích a metabolických funkcí reguluje také spánek. Melatonin je molekula, která je součástí evoluce a na planetě Zemi existuje již 3,2 – 3,5 miliardy let. První bakterie jej zřejmě používaly jako obranu proti sluneční radiaci (Manchester et al., 2015).

### 3.1 Syntéza melatoninu

U lidí je tento hormon produkován v mezimozku v části zvané epifýza neboli šišinka. Podle Chun-Qui Chen et al. (2011) melatonin nevzniká pouze v šišince, ale také zejména ve střevech, kde ho vzniká dokonce o 400 % více než v epifýze. Další studie zjistila, že syntéza melatoninu probíhá i v oku, konkrétně v sítnici mnoha savců včetně člověka (Lundmark et al., 2006). Acuña-Castroviejo et al. (2014) tvrdí, že se enzymy syntetizující melatonin vyskytují skoro ve všech tkáních a orgánech zahrnující sítnici, čočku, pokožku, gastrointestinální trakt, ledviny, játra, brzlík, štítnou žlázu, slezinu a další. Dále je melatonin přítomen v mnoha tělních tekutinách včetně slin, žluči, mozkomíšního moku, plodové vody i mateřského mléka. Přičemž je v několika z těchto tekutin koncentrace melatoninu dokonce vyšší než v krvi.

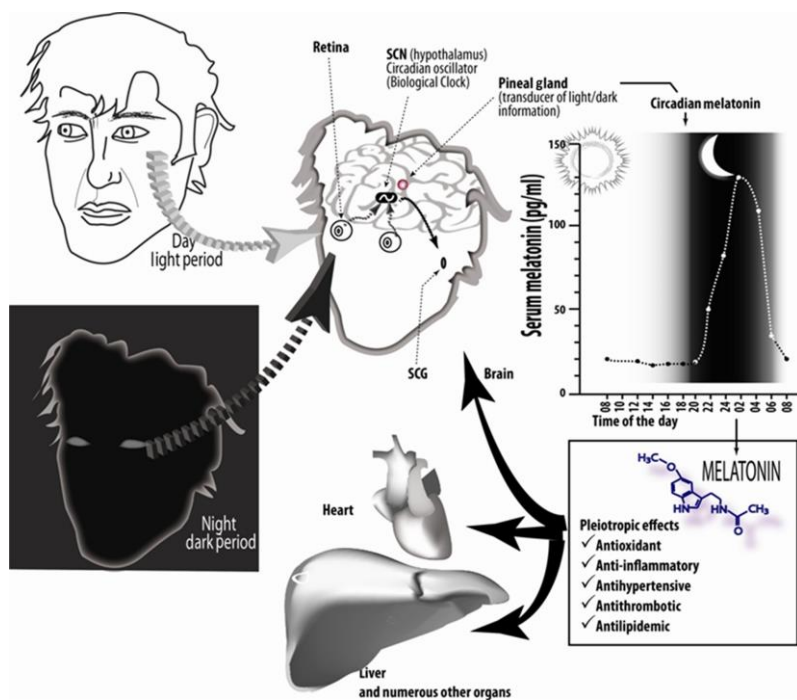
Pro tvorbu melatoninu je potřebná esenciální aminokyselina tryptofan, která je dalšími reakcemi přeměněna na serotonin, který se též vyskytuje v šišince a funguje již jako přímý prekurzor melatoninu. Samotná přeměna serotoninu v melatonin pak potřebuje enzym NAT (serotonin-N-acetyltransferáza) a enzym HIOMT (hydroxyindol-O-metyltransferáza). Oba tyto enzymy se nacházejí rovněž v šišince (Hacışevki, Baba, 2018). Z epifýzy je hormon vylučován do krevního řečiště. Je lehce rozpustný v tucích i ve vodě a tím pádem lehce prochází skrze buněčné membrány a může působit rovnou v cytoplazmě (Claustrat, Leston, 2015). Melatonin se odbourává v játrech a malá část jej oxiduje v mozku. Inhibitorem tvorby melatoninu je světlo, především světlo obsahující modrou a zelenou spektrální složku (Zisapel, 2018).



Obr. 3: Syntéza melatoninu (Hacışevki, Baba, 2018)

### 3.2 Systém produkce melatoninu

Jelikož je melatonin fotoperiodický hormon, vykazuje cirkadiánní kolísání. Znamená to tedy že jeho produkce je závislá na střídání dne a noci. Respektive na střídání světla a tmy. V průběhu dne dostávají naše biologické hodiny (suprachiasmatická jádra) nervové signály od vysoce specializovaných světlocitlivých gangliových buněk s vnitřní sekrecí, které se nacházejí na vnitřní vrstvě sítnice oka, že je den. Tyto signály prochází sítnico – hypothalamovou dráhou v očních nervech a jsou vedeny do hypothalamu, kde suprachiasmatická jádra potlačují produkci melatoninu epifýzou. Když nastane noc, a naše oko nepřijímá informaci o světle ve formě modré spektrální barvy (chceme-li krátké vlnové délky) skrze sítnici, suprachiasmatická jádra v hypothalamu kontaktují epifýzu přes centrální a periferní sympatické nervy, aby zahájila výrobu melatoninu (Reiter et al., 2016).



Obr. 1: Schéma produkce melatoninu v závislosti na denní periodě (Reiter et al., 2016)

Gangliové buňky tuto informaci o střídání dne a noci (světla a tmy) zprostředkovávají díky svému fotonpigmentu melanopsinu. Melanopsin je fotosenzitivní proteinové vlákno, jenž je citlivé zejména na modrou spektrální složku (krátkou vlnovou délku) viditelného světla. Pokud je melanopsin aktivován touto krátkou

vlnovou délkou světla, potlačuje se produkce melatoninu. Toto působení je řízeno světlem, a ovlivňuje několik funkcí včetně regulace nitroočního tlaku. Vztah mezi melanopsinem a melatoninem je klíčový také pro udržení zdravé oční homeostázy (Alkozi, 2019).

Pokud není produkce melatoninu ve večerních hodinách blokována škodlivým modrým světlem (viz. kapitola 4.1.1), začíná se melatonin vyplavovat kolem 21. hodiny. Pocit spánku by pak měl přicházet zhruba po dvou hodinách od začátku produkce melatoninu. Na obrázku č. 4 můžeme vidět, že k vrcholu hladiny melatoninu dochází kolem 2. hodiny ranní, která koreluje s nejnižší tělesnou teplotou. Vrchol hladiny melatoninu se však může lišit v závislosti na typu člověka (Frej, 2013).

Noční vzestup v syntéze a uvolňování melatoninu z šišinky řídí cirkadiální rytmus melatoninu v krvi a mozkomíšním moku. Podle Reitera et al. (2016) je to však rytmus melatoninu v mozkomíšním moku, který reguluje aktivitu suprachiasmatických jader spíše než melatoninový cyklus v krvi. Melatonin uvolněný do krve pak vstupuje do každé buňky v našem organismu, kde pravděpodobně ovlivňuje i cirkadiální geny. Tento melatonin má navíc četné funkce v mnoha orgánech, kde chrání buňky před patologickými změnami. Kromě těchto funkcí melatoninu produkovaného šišinkou, existuje melatonin, který si produkují sami buňky. Tento melatonin má podobné příznivé účinky v buňkách, kde je syntetizován, a v sousedních buňkách na které má parakrinní účinky (více v kapitole 3.3).

### **3.3 Funkce melatoninu**

Lidé si často myslí, že se melatonin přímo účastní samotného spánku, nebo jej řídí. Tak to ale ve skutečnosti není. Melatonin pouze reguluje načasování spánku v důsledku jeho vyplavování do našeho těla s příchodem tmy. Melatonin si můžeme představit jako určitý startér, který rozhoduje o tom, kdy spánek začne ale na jeho průběhu už se nepodílí (Walker, 2021). Frej (2013) společně s Ilnarovou (1996, online) tvrdí, že melatonin definuje naši subjektivní noc.

Existuje ještě jeden systém, který je nezávislý na tvorbě melatoninu ale přesto s ním funguje v harmonii. Sekrece melatoninu je jeden ze dvou faktorů ovlivňující bdělost a spánek. Tím druhým je homeostatický tlak na spánek. Ten nastává, jestliže se v našem mozku začne hromadit látka zvaná adenosin. Čím déle bdíme, tím více se

koncentrace této látky zvyšuje. Navýšení adenosinu v mozku má za následek pocit ospalosti a potřebu spánku. Proto se běžně stává, že člověk dokáže usnout během dne, i přesto, že je jeho hladina melatoninu nízká. Rozdíl ovšem nastává v samotném průběhu spánku. Tím, že naše suprachiasmatická jádra nenařídí subjektivní noc, nebudou v průběhu tohoto spánku probíhat stejné opravné procesy v organismu, jako probíhají v noci za tmy. Právě tyto jsou pro zdraví a fungování našeho těla zcela zásadní. Adenosin ve vysoké koncentraci používá dva efekty. Potlačuje intenzitu oblastí mozku podporujících bdělost, a naopak zesiluje oblasti vyvolávající spánek. U většiny jedinců nastává neodolatelná touha jít spát, která souvisí s vysokou koncentrací adenosinu po dvanácti až šestnácti hodinách bdělosti. Spánkový signál od adenosinu jde potlačit pomocí kofeinu (Walker, 2021).

Tím, že melatonin informuje o vnitřním čase biologických hodin, synchronizuje naše biologické hodiny a signalizuje subjektivní noc pomocí které navozuje a začíná spánek není jediná funkce kterou tento hormon v organismu plní. Zde je výčet dalších, klíčových funkcí, které hormon tmy v našem organismu zastává:

- Antioxidační účinky – melatonin dokáže ničit volné radikály jako jsou RNS, ROS, superoxidové anionty, peroxidy vodíku nebo hydroxylové radikály a chrání buňky před radiací, UV zářením ale také před toxiny, viry, a bakteriemi (Tordjman et al., 2017). Podle Reitera et al. (2016) působí melatonin rovněž jako silný antioxidant. Přičemž tohoto dosahuje dvěma cestami. Jednak působí na volné radikály přímo, a to detoxifikací reaktivních forem dusíku a kyslíku. Druhá stimuluje antioxidační enzymy a potlačuje činnost enzymů podporujících oxidaci. Melatonin je nejsilnějším známým antioxidantem, Ilnerová (1996, online) tvrdí, že je melatonin daleko účinnějším čističem peroxylových radikálů než dobře známý antioxidant vitamin E.
- Podílí se na vytváření nových mitochondrií – mitochondrie vytvářejí ze serotoninu svůj vlastní melatonin. Tento melatonin sice neputuje do krve, ale má ochrannou funkci. Proto jej vytvářejí všechny buňky našeho těla a také ho rovnou spotřebovávají. Používají melatonin ke své regeneraci a recyklaci. Mitochondrie jsou velmi důležité orgány v eukaryotických buňkách. Jejich hlavní funkcí je buněčné dýchání a



tvorba adenosintrifosfátu (ATP), který slouží jako buněčné “palivo“ a je zcela zásadní pro funkci všech buněk (Tan et al., 2016). Melatonin také aktivuje a reguluje proces autofagie, což je proces, při kterém dochází k rozkládání vnitrobuněčné makromolekulární struktury či celé organely. Tento proces je rovněž velice důležitý k zachování homeostázy uvnitř buňky (Sagrillo-Fagundes, 2019).

- Melatonin pomáhá regulovat hladinu nejen kortizolu – jak je známo, tak kortizol vyvolává stres a má celkově katabolický účinek na organismus. Dle studií může vysoká hladina kortizolu v organismu způsobit osteoporózu, vysoký krevní tlak, diabetes druhého stupně a další zdravotní potíže (Claustrat, Leston, 2015). Pistollato et al. (2016) píše, že vysoká hladina kortizolu narušuje spánek, čímž negativně ovlivňuje cirkadiální rytmus. Kortizol má také negativní vliv na náš imunitní systém a zvyšuje riziko různých infekčních onemocnění. Melatonin tedy dokáže regulovat další hormony v těle. Při vývoji organismu u plodu ovlivňuje melatonin vyplavování nejen kortizolu ale i tyroxinu – hlavního hormonu štítné žlázy. V neposlední řadě ovlivňuje také metabolismus krevního cukru (Frej, 2013).
- Antivirotický a antibiotický efekt melatoninu – melatonin podporuje naši tzv. druhou obrannou linii která se nazývá vrozená imunita. Činí tím tak, že stimuluje produkci NK buněk (natural killer cells). Tyto buňky jsou typem lymfocytů a hrají hlavní roli v imunitní odpovědi proti virům a bakteriím. Dokážou také rozpoznat nádorové buňky (Srinivasan et al., 2005). Úspěšně byl melatonin také testován proti viru Eboly, kdy přímo omezoval zánětlivost a oxidativní stres infikovaných buněk. Melatonin měl také pozitivní vliv na propustnost cév, jež je v důsledku nákazy a ischemie omezena (Tan et al., 2014). V nedávné studii bylo dokonce zjištěno, že melatonin pomáhá v boji s onemocněním COVID–19, melatonin totiž cílí na určitý vstupní receptor, přes který proniká koronavirus do buňky (Zhou et al., 2020). V další studii z roku 2020 autoři připouští možné terapeutické využití melatoninu jakožto snížení negativních projevů spojených s nemocí COVID-19. Dále podle nich

dokáže melatonin výrazně snižovat pravděpodobnost vzniku cytokinových bouří, které mohou nastat právě po nákaze virem a mohou být smrtící (Zhang et al., 2020). Wichniak et al. (2021) ve své studii uvádí přínos v podávání melatoninu během zhoršení kvality spánku u osob nakažených koronavirem. Naznačují, že melatonin má být doporučenou léčbou poruch spánku souvisejících s onemocněním COVID-19. Mimo jiné také potvrzují, že melatonin může snížit riziko vstupu tohoto viru do buněk a snížit nekontrolovaný hyper-zánět i poškození plic, omezit poškození tkání a multiorgánové selhání v důsledku působení volných radikálů. Důležitým zjištěním této studie je také to, že melatonin může zvýšit účinnost očkování proti COVID-19.

- Celkově podporuje imunitu – už tím, že ovlivňuje autofagii, která se v imunitním systému podílí na boji proti patogenům, podporuje imunitu organismu. Dále také aktivuje apoptózu (programovanou buněčnou smrt), která má pozitivní význam a je potřebná k recyklaci poškozených buněk (Sagrillo-Fagundes et al., 2019). Melatonin také výrazně snižuje zánětlivost v těle (Reiter et al., 2000). Ilnarová (1996, online) tvrdí, že na pokusech u myší, jejichž imunita byla snížena vyvolávaným stresem a podáváním kortikoidů, které jsou pro-zánětlivé, podávání melatoninu zvýšilo tvorbu protilátek v buňkách sleziny. Myším se sníženou imunitou tak melatonin pomohl k regeneraci lymfoidních orgánů jako je brzlík. Imunitu melatonin podporuje obzvláště za jejího sníženého stavu.

### **3.4 Suplementace melatoninu**

Melatonin je volně prodejný v lékárnách či internetových obchodech jako doplněk stravy. Lze jej tedy suplementovat v doporučených dávkách. Starší lidé si vytvářejí méně melatoninu a celkově jeho produkce se stářím klesá. Karasek (2004) píše, že má melatonin blahodárné účinky na spánek a funguje jako silný lapač volných radikálů, jehož nedostatek může mít za následek sníženou antioxidační ochranu u starších osob, což podle něj může mít význam pro stárnutí jako takové, ale může také přispívat k výskytu některých onemocnění souvisejících s věkem. Suplementace

melatoninu pak může být u těchto starších osob a u osob, které mají potíže s usínáním či nespavostí vhodná.

Jeho účinky nastávají v dávce 0,3 – 0,5 miligramu, a to především tím, že navozuje ospalost a únavu. Oproti jiným hypnotikům má melatonin výhodu v tom, že nezvyšuje ranní spavost (Ilnerová, 1996, online). Podle Freje (2013) je doporučená dávka 0,5 – 3 miligramy melatoninu, v závislosti na individualitě jedince a době, kdy je melatonin podáván. Nástup jeho účinku pak nastává po 30 až 120 minutách. Melatonin suplementují i pracovníci, kteří pracují na noční směny a chtějí se vyspat přes den, anebo nemohou po předchozí noční směně následnou noc usnout. Suplementace melatoninu se také využívá na upravení spánku a přizpůsobení se při cestování do zemí s odlišnými časovými pásmy. Toto potvrzuje Ilnerová (1996, online), podle ní lze podáváním melatoninu „*předběhnout biologické hodiny*“ a to jak u zvířat, tak u člověka.

Celkově se doporučuje suplementovat melatonin spíše přírodně z přirozených zdrojů, nežli synteticky v tabletách či prášku. Syntetická forma melatoninu totiž dle některých studií může snížit či posunout jeho přirozenou tvorbu (Matsumoto et al., 2007). Další nevýhodou u suplementace syntetického melatoninu mohou být krátkodobé nežádoucí účinky. V další studii (Andersen et al., 2016) byly popsány vedlejší efekty jako nevolnost, závratě či nervozita. Frej (2013) pak k dalším možným nežádoucím účinkům přidává bolesti hlavy. Podle obou zmíněných autorů je syntetická suplementace melatoninu nevhodná pro děti, dospívající a těhotné ženy.

Jedním z mnoha přírodních zdrojů melatoninu je višně obecná. Tento plod byl součástí vědecké studie, při které 20 dobrovolníků konzumovalo po dobu 7 dní buďto džus z koncentrátu višně obecné nebo placebo. Výsledkem bylo zvýšení hladiny melatoninu u osob, které konzumovali višňový džus. U zbylých osob nedošlo k žádným změnám. Zvýšená hladina melatoninu u první skupiny souvisela také s vyšším časem čistého spánku, časem stráveným v posteli, i lepší kvalitou spánku. Tento druh suplementace přírodní formou melatoninu navíc neprokázal žádné vedlejší účinky či narušení vlastní produkce melatoninu (Howatson et al., 2011). Jiná studie (Pigeon et al., 2010), která probíhala se seniory trpící nespavostí potvrdila pozitivní vliv konzumace višňového koncentrátu na hladinu melatoninu.

Mezi další zdroje naturálního melatoninu patří také například rajčata, banány, semena Pískavice a hořčičná semínka. Nejvíce melatoninu však obsahují mandle, maliny a goji (Greger 2014, online). Další možností, jak naturálně podpořit tvorbu melatoninu je konzumace potravin obsahujících aminokyselinu tryptofan, ze které se melatonin v těle přímo vyrábí. Jedná se o esenciální aminokyselinu, kterou si tělo nedokáže vyrábět samo, a tudíž je potřeba přijímat tuto látku ze stravy. Potraviny bohaté na tryptofan jsou: cizrna, sója, drůbeží maso, tofu, burské oříšky, sýr Cottage, dýňová semínka a další (Douillard 2020, online).

Zásadní role melatoninu se ukázala ve studii z roku 2019, kdy studie in vivo a in vitro ukázaly, že suplementace melatoninu je vhodným terapeutickým přístupem pro rakovinu pankreatu. Melatonin může být účinným induktorem apoptózy v rakovinných buňkách prostřednictvím regulace velkého počtu molekulárních drah včetně oxidačního stresu, proteinů tepelného šoku a vaskulárního endoteliálního růstového faktoru (Tamtaji et al., 2019).

Li et al. (2017) píšou, že epidemiologické studie ukázaly možnou onkostatickou vlastnost melatoninu na různé typy nádorů. Kromě toho experimentální studie prokázaly, že melatonin by mohl inhibovat růst některých lidských nádorových buněk. Základní mechanismy zahrnují antioxidační aktivitu, modulaci melatoninových receptorů MT1 a MT2, stimulaci apoptózy, regulaci signalizace pro přežití a nádorového metabolismu, inhibici angiogeneze, metastáz a indukci epigenetických změn. Melatonin by také mohl být využit jako adjuvans při léčbě rakoviny, a to posílením terapeutických účinků a snížením vedlejších účinků chemoterapie nebo ozařování. V poslední řadě autoři doporučují využití melatoninu v prevenci a léčbě několika druhů rakoviny jako je rakovina prsu, prostaty, žaludku a kolorektální rakovina.

### **3.5 Vliv melatoninu na kvalitu spánku**

I přesto, že se na samotném spánku melatonin přímo nepodílí, dokáže zlepšit jeho kvalitu. Podle Freje (2013) kvalita spánku přímo souvisí s časem, kdy se chystáme jít spát, a tudíž s vyplavováním melatoninu. Tato doba vyplavování melatoninu je závislá na délce noci, která je ovšem individuální. Spánek je nejvydatnější v době, kdy k vyplavování melatoninu dochází. Z toho vyplývá, že kvalita spánku je tedy nejnižší

v poledních hodinách. Melatonin funguje i jako lehké hypnotikum (Ilnerová, 1996; Frej, 2013). Na rozdíl od jiných hypnotik, melatonin nezpůsobuje zvýšenou ranní spavost. Ilnerová (1996) píše, že vyšší hladina melatoninu snižuje dobu usínání a zejména má vliv na nepřerušovanost spánku.

Studie u dvou skupin osob s rakovinou trpících insomnií ukázala, že u skupiny, které byl podáván melatonin dvě hodiny před spaním v dávce 3 miligramy pomohla tato suplementace ke zkrácení doby usínání a zlepšení kvality spánku (Kurdi, Muthukalai 2016).

Mann (2021) zdůrazňuje důležitost kvality spánku, podle autorky může kvalitnější spánek snížit dobu, která je potřebná k efektivnímu odpočinku. Kvalitní kratší spánek je podle ní prospěšnější než spánek příliš dlouhý a nekvalitní.

## 4 Význam spánku

Na otázku, proč vlastně spíme, neexistuje jedna univerzální odpověď. I po mnoha letech výzkumu v oblasti spánku zůstává tato otázka ne zcela zodpovězena. Díky pokusům na kočkách a psech víme, že 15 dnů nepřetržitého bdění pro ně bylo smrtící. U lidí bývá při nedostatečném spánku nejdříve narušena psychická výkonnost, přemýšlení a soustředění. Na fyzické výkonnosti se nedostatek spánku projeví o něco méně a později. Jisté je, že během spánku dochází k mnoha regeneračním a opravným procesům v našem organismu. Dochází jak k regeneraci orgánových soustav, tak zejména k regeneraci nervového systému, kde spánek umožňuje opravy mozkových buněk a konsolidaci kognitivních funkcí. Zásadní vliv má také spánek na proces učení, soustředění se a přemýšlení (Mann, 2021). Během spánku se doplňuje i řada neurotransmiterů, což pomáhá psychické regeneraci. Dále pak ve spánku převládají anabolické procesy, oproti bdělému stavu, kdy probíhají převážně procesy katabolické. Právě anabolické účinky během hlubokého spánku podporují také hojení ran a boj organismu s různými nemocí. Dobrý spánek poznáme, když se ráno vzbudíme a cítíme se plní svěžesti s příjemným pocitem začít nový den (Plháková, 2013).

Autoři se shodují na více teoriích o významu spánku. Podle Nevšimalové a Šoňky (1997) existuje 5 okruhů teorií, které význam spánku vysvětlují:

- *Konzervace energie*
- *Restaurace tkání*
- *Usnadnění mnestických procesů*
- *Prověření regenerace v REM spánku*
- *Ontogenetické teorie*

Mann (2021) shrnuje tři hlavní teorie o významu spánku, a to teorii regenerace, teorii o konsolidaci informací a teorii evoluční. Podle regenerační teorie pomáhá spánek udržet naše fyziologické a psychologické funkce. Během spánku se naše buňky dokážou například rychleji dělit. I syntéza bílkovin je ve spánku rychlejší. Novorozenci spí oproti dospělému jedinci o několik hodin déle, v průměru je to 16 hodin denně. Tento dlouhý spánek souvisí s jejich velmi rychlým vývinem v tomto období. Z anabolických hormonů je během noci uvolňován hlavně růstový hormon (STH), který má prokazatelné anabolické účinky u dětí a dospívajících. Jeho nedostatek pak vede

k poruchám růstu. Tuto teorii také podporuje fakt, že při spánku stoupá produkce buněčné energie ve formě ATP (Nevšímalová, Šoňka, 1997).

Evoluční teorie nám říká, že se spánek vyvíjel jako prostředek pro zachování energie. Zde je rozdíl v délce spánku u zvířat, která jsou více ohrožena predátory. Spánek by pro ně mohl znamenat nebezpečí, a proto spí méně než některá neohrožená zvířata jako například lvi (Mann, 2021). Plháková (2013) píše, že spánkové vzorce jsou přizpůsobeny životním prostředím jednotlivých živočišných druhů a chrání je před nebezpečím. Příkladem úchovy energie v průběhu spánku je hibernace neboli zimní spánek u zvířat. U novorozenců a kojenců dochází také k šetření energie, neboť nemají v prvních šesti měsících zcela vyvinutou schopnost termoregulace.

Teorie konsolidace pak vidí přínos spánku v tom, že si během něj zpracováváme všechny informace z bdělého stavu, dále se z těchto informací můžeme učit a připravit se na další den. Nedostatek spánku má na naši paměť škodlivé dopady (Mann, 2021). Plháková (2013) souhlasí s pozitivními účinky spánku na zapamatování si důležitých informací. Tyto účinky pak potvrzují výzkumy o konsolidaci pamětních stop. Tento proces totiž přeměňuje dočasné obsahy krátkodobé paměti do podoby trvalých dlouhodobých pamětních záznamů.

Walker (2021) píše, že je během spánku odstraňován již zmíněný adenosin. Ten se hromadí v mozku za bdělého stavu a vyvolává tlak na spánek. Podle autora je minimální, potřebná doba spánku u dospělého člověka 8 hodin. Tak dlouho totiž trvá, než se adenosin z mozku zcela odstraní. Méně než 8 hodin spánku denně může znamenat jen částečné odstranění adenosinu a ten poté vyvolává ospalost v průběhu následujícího dne. Tento fakt autor nazývá „*nesplacený spánkový dluh*“. Tento „dluh“ se pak přenáší ze dne na den, až se může projevit chronickým stádiem spánkové deprivace, která může vést k mnoha psychickým i fyzickým zdravotním problémům.

Lazarus et al. (2019) potvrzuje roli adenosinu v regulaci spánku a bdění. Adenosin podle nich výrazně podporuje spánek prostřednictvím receptorů A1 a A2A.

V roce 2015 byl v rámci National sleep foundation svolán konsensus mnoha odborníků za účelem vytvořit vědecky podložená, praktická doporučení pro denní dobu spánku po celou dobu života. Bylo vytvořeno spánkové doporučení pro několik věkových skupin. Dětem školního věku se doporučuje spát 9-11 hodin, teenagerům 8-

10 hodin. Pro mladé dospělé a dospělé se doporučuje 7 až 9 hodin spánku a pro starší dospělé 7-8 hodin spánku denně (Hirshkowitz et al., 2015).

Podle Pandy (2020) ti lidé, kteří spí dlouhodobě příliš málo, mají velkou pravděpodobnost toho, že se dožijí nižšího věku než ti, kteří dodržují každou noc sedm hodin spánku. Rovněž se podle něj dožívají nižšího věku také osoby, které spí pravidelně deset až jedenáct hodin.

Walker (2021) píše, že spánek je základ pro zdraví. Spánku dává ještě vyšší hodnotu než stravě a cvičení. Zmíněné dvě hodnoty na spánku stojí, jelikož by bez něj ztratily účinek. Autor také tvrdí, že čím méně spánku máme, tím máme kratší život.

#### **4.1 Vliv světla na spánek a cirkadiánní rytmus**

Podle Freje (2013) představuje světlo hlavní faktor (s dalšími důležitými jako je jídlo a pohyb), který reguluje biologické hodiny v mozku a synchronizuje jejich činnost s vnějším časem. Tato činnost je také řízena systémem zpětných vazeb. Berger (1995) tvrdí, že přítomnost světelného režimu je velmi důležitá pro novorozence, jelikož u nich umožňuje dřívější synchronizaci rytmů chování a hladin hormonů s vnějším prostředím. Přítomnost světelné periody se dle něj řadí mezi zásadní faktory, ovlivňující rychlost vývinu novorozence.

Lux je fyzikální jednotka, která nám udává kolik světla dopadá na oko. Denní světlo má něco mezi tisíci luxy při zataženém počasí a dvě stě tisíci luxy při jasném počasí. Ve vnitřním prostředí bez oken se tento údaj pohybuje mezi osmdesáti až sto luxy. V bytovém stropním osvětlení to může být jen padesát luxů. V dnešní době tráví průměrný člověk více než 87 % svého času ve vnitřních prostorách a průměrně jen dvě a půl hodiny venku, přičemž polovina tohoto času je většinou po západu slunce. Interiérové světelné podmínky nám mohou narušovat cirkadiánní rytmus i zhoršovat náladu (Panda, 2020).

Vojáček (2021) píše, že se oko a zrakový systém vyvíjel evolučně několik milionů let. Všechny organismy se přizpůsobily střídání dne a noci – světla a tmy. Takto se vyvíjel i cirkadiánní rytmus. Kulovité oko je ve své podobě a stavbě již 350 milionů let v neměnném stavu. Na sítnici oka se nacházejí dvě vrstvy receptorů – tyčinky (intenzita světla) a čípky (barva světla). V roce 2002 byly ovšem na sítnici nově objeveny gangliové buňky obsahující ftopigment melanopsin. Melanopsin se také podílí na



přenosu informací o světle do mozku, dále ale také ovlivňuje jiné fyziologické funkce v organismu. Právě gangliové buňky mají hlavní vliv na řízení cirkadiánního rytmu (Frej, 2013).

Světlo ze slunce bylo po miliony let hlavním a jediným světlem, se kterým se naši předci setkávali a na kterém se vyvíjel cirkadiánní rytmus. Slunce udávalo, kdy byl člověk aktivní a naopak kdy byla vhodná doba ke spánku. Spektrum slunečního světla se v průběhu dne ovšem liší. Ráno, když slunce vychází a poté těsně předtím, než zapadá obsahuje sluneční světlo nejméně krátkých (tzn. modrých a zelených) vlnových délek a převládá červená a žlutá spektrální složka. Je to zapříčiněno tím, že právě v tomto čase procházejí fotony ze slunce delší dráhu atmosféry než je tomu například v poledne. Tento fakt se nazývá Rayleighův rozptyl. Naopak v době mezi východem a západem obsahuje slunce nejvíce modrých a azurových složek, což přináší organismům informaci o tom, že je den. Všechny organismy se na tento pravidelný rytmus složení světla přizpůsobily a braly jej jako indikátor denní doby. V noci už pak svítily jen hvězdy a párkrát do roka i měsíc, jehož úplněk vyzařuje pouze čtvrt luxu (Vojáček, 2021).

Jako první zdroj umělého světla si člověk osvojil oheň. Plameny ohně však vyzařují pouze červené, oranžové a žluté barvy (dlouhé vlnové délky) světelného spektra stejně jako slunce těsně před západem, a tudíž v noci nenarušuje cirkadiánní rytmus a spánek. S čím už evoluce pravděpodobně nepočítala byl vynález žárovky Thomasem Alva Edisonem v roce 1879 a následnou elektrifikací měst. Původní wolframová žárovka nepředstavovala z hlediska narušování cirkadiánního rytmu takový problém, jelikož vyzařovala jen slabé azurové a modré délky a tím pádem se její spektrum podobalo ohni a slunci před západem. Problém způsobily až světelné zdroje nové technologie známé pod zkratkou LED, které se začaly na trhu objevovat po roce 2000. Tento typ žárovek už má zcela jiné spektrální složení než původní wolframová žárovka. Je důležité si uvědomit, že každé bílé světlo obsahuje modrou spektrální složku a nezáleží přitom na tom, jestli je světlo teple bílé či studeně bílé. LED žárovky s teplotou chromatičnosti do 2700 K vyzařují obecně "teplejší" světlo. Čím více kelvinů žárovka má, tím je světlo "studenější" a blíží se modré barvě (viz obrázek 5). Po zhruba stejném roce jako přišly na trh LED žárovky, začali výrobci vyrábět i barevné displeje na mobilech a dalších zařízeních, které dnes takřka všechny obsahují modrou vlnovou délku (Vojáček, 2021).

### 4.1.1 Vliv modrého světla na spánek a melatonin

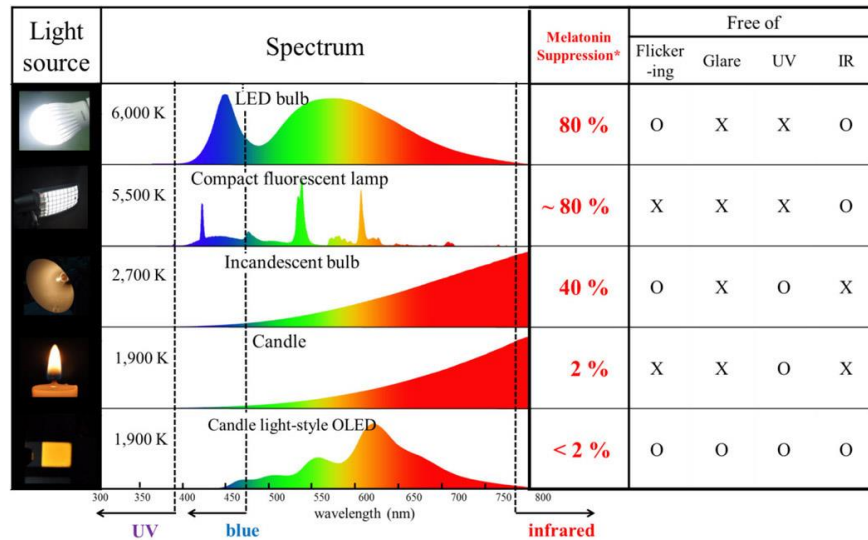
Podle Reitera et al. (2007) se vystavování světlu během noci stává po celém světě běžnější, zejména v oblastech, kde se běžně používá elektřina. Také dostupnost umělého světla umožnila lidem pracovat nebo se rekreovat po celý 24hodinový den. Po celá léta se předpokládalo, že znečištění denního období tmy světlem je z hlediska fyziologie člověka bezvýznamné. Tento předpoklad se však ukázal jako mylný. Světlo v noci má dva hlavní fyziologické účinky, tj. narušuje cirkadiální rytmy a potlačuje produkci melatoninu epifýzou. Navíc jsou obě tyto změny závislé na intenzitě světla a vlnové délce. Podle Reitera je negativním důsledkem noční inhibice melatoninu iniciace a růst rakoviny.

Brainard et al., (2001) určil ve svém pokusu s dobrovolníky, kteří byli osvětlováni mezi 2-3 hodinou ranní různými typy ozáření s vlnovými délkami od 420 do 600nm, ty vlnové délky, které mají za následek největší snížení hladiny melatoninu. Tyto délky stanovil v rozmezí 446 - 477nm, tedy modrá barva. Škodlivé se modré světlo s krátkou vlnovou délkou stává právě večer nebo v noci, když se chystáme jít spát. Jak už víme, melatonin se vyplavuje v našem organismu jen tehdy, je-li tma. Začíná se ale vyplavovat už ve večerních hodinách se západem slunce, pokud do našeho oka nepřichází žádné krátké (modré) vlnové délky.

Tento systém je zajištěn přes speciální fotoreceptor melanopsin (viz kapitola 3.1), který je citlivý právě na světlo o krátké vlnové délce. Jestliže toto světlo do našeho oka přichází, znamená to pro mozek jedinou informaci – je den. Tím pádem je potlačena i produkce melatoninu, která by již normálně nastala a začala organismus připravovat na spánek (Reiter et al., 2016).

Výzkum z roku 2011 ukázal že osvětlování zdravých lidí krátkovlnným světlem ze světelných diod (LED) mezi 2–3 hodinou ranní způsobuje snížení hladiny plazmatického melatoninu. Vzorky krve byly odebrány osobám před a po expozici tomuto světlu a kvantifikovány na melatonin. Výsledky také naznačují, že potlačení melatoninu může být vyšší u úzkého pásma modrého světla LED než u bílého fluorescenčního světla (4000 K). Podle autorů může být takovéto narušení cirkadiálního rytmu a ztráta spánku rizikový faktor pro astronauty, pozemní kontroly NASA i pro civilisty. Tyto poruchy mohou mít za následek zhoršenou bdělost a sníženou

výkonnost (West et al., 2011). Tím bylo potvrzeno Brainardovo zjištění z roku 2001 o potlačení hladiny melatoninu krátkovlnným světlem (446 -477nm), jehož barva se jeví jako modrá.



Obr. 5: Rozdílné zdroje světla, jejich světelné spektrum a vliv na noční produkci melatoninu (Jwo-Huei Jou, Chun-Yu Hsieh, 2013, online)

Hsieh a Jou (2013, online) uvádějí, že používání modrého světla, které je intenzivnější než 250 luxů (displeje mobilních telefonů, počítačů, televizorů a LED svítidel), má v době před spánkem efekt snížení tvorby melatoninu o 40–80 % v závislosti na zdroji a intenzitě světla, přičemž bílé světlo s vysokou barevnou teplotou se silným modrým vyzařováním (5000–6000 K) může drasticky potlačit tvorbu melatoninu. Časté vystavování se modrému světlu v noci a odpovídající snížení hladiny melatoninu je pak podle autorů spojené se zvýšeným rizikem rakoviny prsu, kolorektálního karcinomu a rakoviny prostaty.

Podle Harvard Health Publications (2020, online) může dokonce i slabé světlo o intenzitě osmi luxů narušit cirkadiánní rytmus. Taková intenzita odpovídá zhruba dvojnásobku jasů noční bodové lampičky a většina stolních lamp tuto hodnotu překračuje. Světlo v noci je jedním z důvodů, proč tolik lidí nemá dostatek spánku.

V další studii (Kozaki et al., 2008) bylo vystaveno 12 zdravých mužů různým světelným podmínkám – 2300 K, 3000 K, 5000 K a šeru po dobu 1,5 hodiny o půlnoci. Intenzita světla byla udržována na 200 luxech. Melatonin byl zkoumán ze vzorků slin před a po vystavení světlu. Světlo s teplotou chromatičnosti 5000 K akutně potlačilo

sekreci melatoninu. Podle poznatků nemělo mírnější světlo (2300 K) žádný vliv na sekreci melatoninu, zatímco světlo o 3000 K tuto sekreci měřitelně potlačilo.

Důležité zjištění provedli autoři (Lee et al., 2018), kteří zkoumali efekt a rozdíly nočního LED osvětlení na dvacetidvou dětech a na jejich dvaceti rodičích. Došli k závěru, že potlačení melatoninu u dětí bylo větší než u dospělých při teplotě osvětlení 3000 K i 6200 K. U dětí má modře obohacené LED osvětlení větší vliv na potlačení melatoninu a brání nárůstu ospalosti během noci. Světlo s nízkou barevnou teplotou se doporučuje v noci, zejména pro dětský spánek a cirkadiánní rytmus.

Podle Harvard Health Publications (2020, online) noční působení světla na náš organismus neprospívá našemu zdraví, obzvláště pokud je toto světlo modré, vyzařované úspornými žárovkami a elektrickými spotřebiči. Tento problém označují jako celosvětový, jelikož lidé ve všech vyspělých částech světa používají ve večerních hodinách umělé světlo. Právě modré noční osvětlení nejvíce rozhazuje náš cirkadiánní rytmus a spánek s ním spojený. Takovéto rozhození cirkadiánního rytmu podle autorů přispívá ke vzniku rakoviny, srdečních onemocnění, obezity i diabetu.

#### **4.1.2 Světelná hygiena**

Mullerová a kol. (2014) definují hygienu jako jeden ze základních preventivních lékařských vědních oborů, který se zabývá vlivem životních a pracovních podmínek na zdraví člověka. Hygienu tak můžeme chápat jako souhrn určitých preventivních zásad či doporučení které působí k podpoře a ochraně jak veřejného, tak subjektivního zdraví.

Světelná hygiena se pak řídí těmito zásadami a doporučuje, jak používat světlo zejména ve večerních hodinách s prospěchem ke zdravému cirkadiánnímu rytmu.

Správná světelná hygiena sestává ze dvou zásad. Ve dne bychom se měli co nejvíce pohybovat venku na slunci a večer už se připravovat na spánek tím, že vypneme nebo omezíme veškeré zdroje umělého světla obsahující krátké tedy modré vlnové délky.

Podle Harvard Health Publications (2020, online) jsou azurové a modré vlnové délky užitečné zejména přes den, jelikož udržují náš mozek v pozoru, zlepšují kognitivní funkce a působí pozitivně na naši náladu. Jako rušivé se ovšem jeví v noci, kdy má docházet k útlumu celého organismu. Vojáček (2021) také tvrdí, že v rámci správné světelné hygieny bychom se měli přes den co nejvíce pohybovat na slunci. Každé ráno

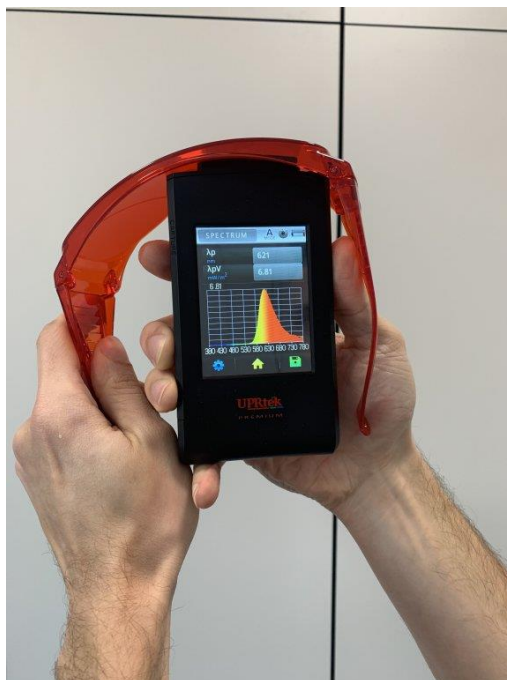
bychom se měli, co nejdříve po probuzení, vystavit slunečnímu světlu. A pokud vstáváme ještě před východem slunce, měli bychom v koupelně u zrcadla použít bílé plnospektrální světlo, které bychom na sebe měli nechat působit alespoň po dobu pěti minut. Při pracovním pobytu uvnitř budovy bychom si měli vybírat místo, pokud možno, co nejbližší oknu.

Právě přes den má světlo na náš organismus příznivý vliv, jelikož světlo bohaté na modrou spektrální složku zlepšuje subjektivní pozornost, kognitivní funkce a s tím spojený pracovní výkon. Ve své studii (Viola et al., 2008) autoři zkoumali na 94 zaměstnancích efekt vystavení se bílému světlu bohatému na modrou vlnovou délku v denních pracovních hodinách v kancelářském prostředí. Výzkum probíhal 4 týdny a porovnával existující bílé osvětlení (4000 K), s osvětlením, které obsahovalo světlo bohaté na modrou vlnovou délku (17000 K). Subjektivně se posuzoval stav bdělosti, nálady, výkonnosti, ale také bolesti hlavy, únavy očí a kvality spánku. U všech dotazovaných došlo díky modrému obohacenému světlu ke zlepšení subjektivní bdělosti, pozitivní nálady, výkonu, koncentrace a večerní únavy. Snížila se denní ospalost a zlepšila se kvalita subjektivního nočního spánku. Studie došla k závěru, že vystavení bílému světlu bohatému na modrou vlnovou délku v průběhu denních pracovních hodin zlepšuje subjektivní bdělost, výkon a snižuje pocit večerní únavy.

Večer už je vhodné používat pouze světlo, které je oku v těchto hodinách přirozené (to, které obsahuje pouze dlouhé vlnové délky jako zapadající slunce). Mezi takové patří například svíčky či speciální OLED žárovky. Docílit tohoto lze také díky pomůckám jako jsou speciální červené brýle filtrující modré světlo (viz obrázek 6), červené lepící fólie, nebo softwarový filtr Night shift, který se nachází pouze u mobilních telefonů značky Apple (Vojáček, 2021). Podle Medřického (online) bychom se měli vyhýbat modrému světlu 90 minut před tím, než jdeme spát, respektive 9,5 hodiny před tím, než chceme vstávat. Z toho vyplývá, že kromě 8hodinového spánku bychom měli strávit 1,5 hodiny přípravou na něj, tedy mj. vyhnout se modrému světlu, které narušuje náš spánek.

Crowley a Estman (2017) píšou, že obzvláště citliví na světlo a narušení cirkadiánních rytmů jsou teenageri, jelikož bývají večer dlouho vzhůru u světla, odsouvá se jim produkce melatoninu, a tím i spánek.

Řešením tohoto by mělo být vytvoření optimálního prostředí které je přívětivé pro spánek ale i pro večerní přípravy do školy. Ke školním povinnostem pomůže stůl vybavený bodovým osvětlením s nízkou barevnou teplotou (menší než 3000 K), či lampou, která osvětluje pouze pracovní desku, nikoliv jejich oči (Panda, 2020).



Obr. 6: Červené brýle filtrující modré vlnové délky (online)

### 4.1.3 Spánková hygiena

Spánkovou hygienou rozumíme řadu postupů a doporučení, které mají zlepšit spánek tak, aby byl co nejkvalitnější. K docílení zdravého spánku je potřeba si vytvořit správné a udržitelné návyky (Borzová a kol., 2009).

Mann (2021) i Walker (2021) doporučují dodržovat tyto body ke kvalitnímu spánku:

- Od pozdního odpoledne nepít kávu, colu, zelené čaje nebo různé energetické nápoje. Působí totiž povzbudivě a mohou narušovat spánek.
- Vynechat večer těžká jídla, poslední pokrm zařadit 3-4 hodiny před ulehnutím.
- Lehká procházka po večeři může zlepšit spánek, naopak cvičení 2-3 hodiny před spaním může náš spánek narušit.

- Nepít večer alkohol a nekouřit před spaním. Alkohol může spánek nabourat a nikotin organismus povzbuzuje.
- Postel a ložnice by měla sloužit pouze ke spánku a pohlavnímu životu, neměla by obsahovat televizi. Důležité je také udržovat v této místnosti vhodnou teplotu-nejlépe 18-20 °C a minimalizovat hluk a světlo. Spát by se mělo v úplné tmě.
- Vyhnout se modrému světlu, které může potlačit produkci melatoninu alespoň 1,5 hodiny před uložením do postele.
- Dodržovat pravidelný spánek, chodit spát a vstávat by se mělo ve stejnou dobu každý den i o víkendu.
- Nechodit si zdřímnout po třetí hodině odpoledne. Menší šlofik může pomoci vykompenzovat ztracený spánek, ale pozdě odpoledne spíše způsobí problémy s následným usínáním večer.

Děti ve věku od tří do dvanácti let potřebují 9-13 hodin spánku (čím jsou starší, tím méně). Ovšem tato věková kategorie bývá tou, která v porovnání s ostatními trpí největším nedostatkem spánku. Tato věková kategorie potřebuje opakovaně upozorňovat, že se blíží čas ke spánku. Rodiče by neměli dětem dovolovat, aby měli ve svém pokoji obrazovky či jiná elektronická zařízení. Podle vědců způsobuje u dětí časté sledování televize před spaním problémy s usínáním, pozdější usínání, úzkost a kratší dobu spánku (Mann, 2021).

Parent, Sanders a Forehand (2016) zkoumali vliv displejů na spánek na šesti letech dětech ve věku od 3 do 17 let. Autoři došli k závěru, že nehledě na vývojovou fázi dítěte s delší dobou strávenou u displejů, narůstá i pravděpodobnost problémů se spánkem a chováním.

Podle autorek výzkumu Helm a Spencer (2019) vykazovaly děti, které více sledovaly televizi a měly televizi v ložnici, výrazně kratší dobu spánku a horší spánek, ale také výrazně déle dřímaly ve dne. Nicméně celkový 24hodinový spánek byl kratší u těch, kteří více sledovali televizi a měli v ložnici televizory, ve srovnání s těmi, kteří v ložnicích televizory neměli nebo se na televizi nedívali často. Děti, které měly ve svých ložnicích televizory, sledovaly televizi později v noci, sledovaly více televizních programů pro dospělé, podléhaly spíše negativním vlivům než děti bez televizorů ve svých ložnicích.

Teenageři jsou zřejmě věkovou skupinou, kterou je ke správným spánkovým návykům nejtěžší přemluvit. Omezení času stráveného u obrazovek je zde velmi důležité, ale může být velice těžké tyto pravidla vynutit. Rodiče by se měli snažit dětem vysvětlit, proč je důležité být alespoň hodinu před spaním bez obrazovek. Teenageři mívají většinou také obavy, úzkosti a starosti kvůli kterým nemohou spát. Rodiče by je měli v tomto povzbudit, aby se nebáli o problémech mluvit. Každopádně by neměli vyvolávat složité diskuse těsně před uložením do postele. Děti v tomto věku bývají často zaneprázdněny školními povinnostmi, volnočasovými aktivitami, kamarády, brigádami, a proto nechtějí čas trávit spánkem (Mann, 2021).

U starších osob se objevuje spánková latence, tedy větší obtížnost usnout. Dochází i k častějšímu buzení v důsledku užívání léků nebo fyzických problémů. Také zde hraje roli fakt, že část mozku odpovědná za cyklus usínání a probouzení degeneruje. Navíc u starších lidí zřejmě dochází ke změně cirkadiálních rytmů což u některých způsobuje, že se večer cítí dříve unavení a poté dříve vstávají. Faktorů, které mohou u starších osob souviset s problémy se spánkem je více. Mezi nejčastější problémy patří spánková apnoe, chrápání, syndrom neklidných nohou, hormonální změny a různé typy bolestí. S přibývajícím věkem se také může snížit produkce melatoninu. Starší lidé rovněž většinou nemají životní styl, který by přispíval k dobrému spánku. Měli by přes den trávit více času na slunci a zařadit přiměřené cvičení. Dále je podstatné zkrátit odpolední "šlofiky" a posunout je na dřívější hodinu (Mann, 2021).



## 5 Chronotyp člověka

Frej (2013) píše, že vztah mezi vnitřními hodinami a vnějším prostředím se u každého z nás odlišuje. Každý jedinec se přizpůsobuje vnějším vlivům různě. Chronotyp se netýká pouze doby, kdy jdeme spát a kdy vstáváme, je charakterizován také průběhem tělesné teploty, vylučováním hormonů či rozdílem v činnosti zaživačích ústrojí. Tyto individuální odlišnosti v chování a reakcích vytvářejí daný chronotyp člověka. Chronotyp je velmi významným faktorem, který ovlivňuje náš časový systém a ve východní medicíně se jeho znalost využívá k léčbě a prevenci onemocnění.

Breus (2017) píše, že každý člověk má v sobě biologické hodiny, které jsou geneticky dané a nedají se nastavit. Zatímco někomu vyhovuje vstávat brzo ráno, u někoho jiného nastává vrchol aktivity až večer či pozdě odpoledne.

Dle Skočovského (2007) se každý jedinec liší v tom, kdy nejrady chodí spát, kdy vstává a kdy zažívá vrchol své výkonnosti. Rozděluje společnost na ranní a večerní typy, které nazývá rovněž jako diurnální preference neboli chronotyp. Chronotyp lze podle něj považovat za kontinuum, kdy ranní a večerní typy jsou dva extrémy. Příslušnost k daným chronotypům je podle něj stabilní behaviorální charakteristika, která je podmíněna genetickými faktory, ale je však formována prostředím a mění se s věkem. Stanovení chronotypu má přínos v psychologii práce a v experimentálním výzkumu, jenž má sledovat denní kolísání proměnné hodnoty. Nejčastěji se provádí pomocí dotazníku. Caci et al., (2005) píšou, že existují národní rozdíly ve faktoriální struktuře a tudíž platí, že pro různé kultury, věkové kategorie i pohlaví platí jiná kritéria.

Podle Freje (2013) se dá chronotyp určit i podle fyziologických funkcí. Měří se například hladina melatoninu, tělesná teplota či hladina kortizolu. Existuje také určení podle střední doby spánku, tedy doba mezi usínáním a probuzením.

Jankowski (2015) i Kato et al. (2019) konstatují, že s narůstajícím věkem se posouvá chronotyp k rannímu typu. Zatímco večerní typ je nejvyšší u studentů ve věku 16–18 let. Frej (2013) píše, že děti bývají spíše ranní typy, ale postupně se s dospíváním posouvají k večernímu typu. Ve večerním typu převažují po celý život muži. Rozdíly končí kolem 50. roku s menopauzou u žen a po 60. roce se posouváme k rannímu typu, který může být výraznější než v dětství.

Frej (2013) i Plháková (2013) rozdělují společnost na dvě extrémní skupiny – skřivany a sovy, přičemž se podle něj většina lidí pohybuje někde uprostřed mezi těmito vyhraněnými typy. Vyhraněnost až extrémy brání lidem v začlenění do společnosti a může vést k poruchám spánku spojeného s cirkadiánními rytmy. Rozdílnou charakteristiku obou typů můžeme vidět na obrázku č.7.

Charakteristika	Skřivani	Sovy
Nejbystřejší	kolem poledne	kolem 18. hodiny
Nejvýkonnější	dopoledne	pozdě dopoledne i odpoledne
Nejaktivnější	ráno a kolem 14:30	k večeru, kolem 17:30
Nejpříznivější nálada	9–16 h	postupně se zvyšující na večer a večer
Věk	starší lidé	studenti a mládež
Čas spánku	chodí spát o 2 hodiny dříve než sovy, usínají rychleji	nepravidelný, chodí spát výrazně později, zejm. o víkendech
Vstávání	vzbudí se v žádaný čas	vstávají ve stejný čas jako skřivani v pracovní dny, ale o 1–2 hodiny později v době volna
Budík	nepotřebují	nutný
Kvalita spánku	hlubší, svěží ráno, nejčastěji 3 hod. – po nejnižší tělesné teplotě	méně spí, ospalejší ráno, vstávají nejčastěji 2,5 hod. po nejnižší tělesné teplotě
Odpolední spánek	zřídka	častěji, někdy i delší spánek
Oblíbený pohyb	ráno	večer
Nálada	postupně klesá v průběhu dne	zlepšuje se v průběhu dne

Obr. 7: Rozdílná charakteristika skřivanů a sov (Frej, 2013)

Frej (2013) píše, že nejnižší tělesná teplota nastává ráno dříve u skřivanů než u sov. Sovy mají nejnižší tělesnou teplotu kolem 6. hodiny ranní, zatímco skřivani už kolem 4. hodiny. Střední typy se pak nacházejí přesně mezi, tedy mají nejnižší tělesnou teplotu kolem 5. hodiny ráno. Tento fakt vysvětluje, proč mají skřivani ráno mnohem více energie než sovy. Vrchol teploty se naopak u skřivanů projevuje dříve, zhruba kolem 18-19:30. U sov nastává tento vrchol později, okolo osmé a deváté hodiny

večerní. Vysoká teplota povzbuzuje aktivitu, tudíž sovy dokážou být aktivní i v pozdních večerních hodinách. Stejně jako tělesná teplota, také melatonin dosahuje vrcholu dříve u skřivanů než u sov, ale tím pádem ráno rychleji klesá. Randler a Schall (2010) zjistili, že u ranního typu stoupá ráno více kortizol a adrenalin. Nejbystřejší a v dobré náladě jsou skřivani dopoledne, zatímco se sovy teprve probouzejí. Dostatečnou energii cítí skřivani ještě v poledne a poté ještě zhruba do 16. hodiny. Sovy mají největší výkonnost odpoledne a po celý večer.

Smith et al. (2002) zkoumali univerzitní studenty ze šesti různých zemí (USA, Velká Británie, Nizozemsko, Kolumbie, Španělsko a Indie), a došli k závěru, že jedinci pocházející z jižních krajů tíhnou spíše k ranním typům než studenti z oblastí s chladným podnebím.

Další výzkum (Giampietro, Cavallera, 2007) zkoumal vztah mezi ranním a večerním typem vzhledem ke kreativním funkcím a výkonnosti, a mimo to i prospěch žáků ve školách. Vzhledem ke koncentraci školní výuky do dopoledních hodin došli autoři k závěru, že žáci s pozdním odpoledním optimem pro výkonnost mívají ve škole více potíží i horší známky než skřivani.

Razavi et al. (2019) ve svém výzkumu se zdravotními sestrami pracujícími ve směnném provozu zaznamenali, že melatoninové rytmy večerních chronotypů měly pozdější vrchol ve srovnání s ranními typy. Podle nich jsou tedy rytmy melatoninu závislé jak na typu práce, tak na chronotypu daného člověka.

Wittmann et al. (2006) upozornili na to, že u pracujících dospělých vyhovuje normální pracovní doba nejlépe lidem s ranním chronotypem, zatímco večerním typům vyhovovat nemusí. Opožděný začátek spánku v kombinaci s vynuceným dřívějším vstáváním vede u jedinců s večerním chronotypem k vytvoření spánkového dluhu (viz Walker, 2021), který musí kompenzovat prodlouženým spánkem a víkendem. Může u nich vzniknout tzv. sociální pásmová nemoc (sociální jetlag), což jsou negativní psychické a fyzické problémy v důsledku odchylky mezi sociálními a biologickými časovými rozvrhy.

Dále bylo také zjištěno, že sovy mají ve srovnání se skřivany nižší úroveň celkové životní spokojenosti a ve větší míře konzumují alkohol. Nejmarkantnější korelace existuje mezi chronotypem a kouřením, která je výrazně vyšší u pozdních chronotypů všech věkových kategorií kromě důchodců. Autoři doporučují, aby

pracovní a školní rozvrhy byly přizpůsobeny chronotypu kdykoliv je to možné. (Wittmann et al., 2006; Frej, 2013).

Dle Breuse (2017) rozdělení na ranní a večerní typ zcela neodpovídá a dělí jedince podle chronotypu následovně:

- Delfíni – lidé kteří nikdy nespí zcela úplně, a tudíž je to skupina, která nejčastěji trpí insomnií nebo jinými poruchami spánku. Vrchol aktivity mívají pozdě večer a v noci. Jsou také velmi inteligentní, neurotičtí a mají sklony k perfekcionismu. V populaci jich je kolem 10 %.
- Lvi – do této kategorie spadají brzké ranní typy se střední potřebou spánku. Jsou cílevědomí a motivovaní. Nejproduktivnější jsou ráno, odpoledne jsou často unavení, a tudíž mají sklony usínat.
- Medvědi – tato skupina je nejaktivnější za denního světla. Budí se se svítáním a chodí spát za soumraku. Jejich potřeba spánku je vysoká, potřebují ke svému výkonu minimálně osm hodin spánku. Nejaktivnější jsou dopoledne a brzy odpoledne. K tomuto chronotypu patří podle autora 50 % populace. Většina firem a institucí má přizpůsobenou pracovní dobu tomuto typu.
- Vlci – tato skupina zahrnuje kreativní extraverty se střední potřebou spánku. Tito lidé bývají emocionální a náladoví. Ráno mají problém vstát před devátou hodinou ranní, zatímco o půlnoci mívají dostatek energie. Jejich vrchol produktivity nastává právě odpoledne až na večer. Je jich zhruba 15–20 % podobně jako lvů.

Chronotypy jsou dány biologicky proto se s nimi podle autora nevyplácí bojovat. Daleko přínosnější varianta je se s nimi sladit a využít je ke zvýšení produktivity, koncentraci i relaxu. Správné načasování může pomoci při hubnutí či zlepšení kvality spánku.

Plháková (2013) píše, že zjišťování individuálních chronotypů může být užitečné nejen při diagnóze a léčbě poruch cirkadiálního rytmu, ale také jako schopnost se přizpůsobit individuálním pracovním či školním podmínkám, zejména práci na směny. Sladění pracovního či školního rytmu s individuálními potřebami, a hlavně spánkovým rytmem, který danému jedinci vyhovuje, může vést ke zlepšení jeho duševní i fyzické pohody a výkonnosti.

Bauducco, Richardson, Gradisar (2020) ukazují na souvislost mezi náladou a chronotypem a identifikují večer jako potenciální riziko vzniku depresí u večerního typu. Kim a Lee (2021) ve své studii se 472 pacienty s poruchami nálad, píšou, že účastníci, kteří byli podle ECS (Evening Chronotype Scale) více orientovaní na večer, spali a probouzeli se později, usínání jim trvalo déle, vykazovali depresivnější a hypomanické symptomy a nižší kvalitu života spojenou s vyšší impulzivitu. Bylo prokázáno, že narušení cirkadiálního rytmu ovlivňuje regulaci symptomů nálady u pacientů s poruchami nálady, a tudíž posouzení cirkadiálních preferencí může být v klinických podmínkách zásadní.

## 6 Poruchy cirkadiánního rytmu

Různé změny, nejčastěji časové posuny při cestování nebo právě práce na noční směny, narušují pravidelný rytmus těla. Náš organismus se poté musí s touto změnou vypořádat v řádech několika dnů až týdnů (Frej, 2013). Berger (1995) tvrdí že například cirkadiánní rytmus krevního tlaku je u osob pracujících v noci posunut a v mnoha případech zcela obrácen.

Plháková (2013) píše, že k narušení pravidelného cyklu spánku a bdění vede nesoulad mezi přirozenou tělesnou rytmicitou a uspořádáním pracovních či školních aktivit, a dále také působení světelných podnětů v době před spánkem. Poruchy cirkadiánního rytmu jsou charakteristické těmito příznaky: cyklus spánek-bdění je ve srovnání s přirozeným a žádoucím rytmem desynchronizován, daný jedinec trpí během hlavní spánkové fáze insomnií (nеспavostí) a v období bdění hypersomnií (zvýšenou spavostí). Nedostatečná kvalita a kvantita spánku způsobují u postižené osoby značnou tíseň a narušují její sociální nebo pracovní fungování.

Hlavní příčiny nabourávání cirkadiánního rytmu podle Pandy (2020) jsou:

- Modré světlo ve večerních hodinách
- Nepravidelnost spánkového rytmu
- Nadměrná konzumace kofeinu ve večerních hodinách
- Konzumace alkoholu
- Nepravidelnost a nekvalita stravy
- Práce ve směnném provozu (hlavně práce přes noc)

Burke et al. (2015) ve své dvojité zaslepené, placebem kontrolované 49denní studii zjistili, že konzumace dávky kofeinu ekvivalentní dávce dvojitého espressa tři hodiny před spaním vyvolala u lidí 40minutové zpoždění fáze cirkadiánního rytmu melatoninu. Tato velikost zpoždění byla téměř poloviční ve srovnání s velikostí fázového zpoždění vyvolané expozicí třem hodinám večerního jasného světla (3000 luxů).

Dle Plhákové (2013) i Nevšimalové a Šoňky (1997) se řadí hlavně důsledky práce ve směnném provozu, pásmová nemoc a syndromy předsunuté nebo zpožděné fáze spánku k poruchám cirkadiánního rytmu.

Foster (2020) píše, že ačkoliv některé zdravotní neduhy spojené s narušením spánku lze přinejmenším v krátkodobém horizontu snížit, vždy budou existovat významné negativní důsledky spojené s prací na směny a ztrátou spánku.

Dle Kassin (2007) jsou lidé od přírody denní tvorové, a tudíž nám nejvíce vyhovuje práce od 9 do 17 hodin. Někteří lidé se zaměstnáním jako jsou lékaři a sestry, policisté, hasiči, operátoři, hlídači a řidiči kamionů musí pracovat do pozdních hodin. Lidé, kteří si noční zaměstnání vybrali, jsou zpravidla chronotypem sovy a zvládají tuto práci lépe než ti, kteří pracují v noci kvůli střídajícím se směnám. Plháková (2013) tvrdí, že důsledky práce ve směnném provozu na cirkadiánní rytmus jsou nepříznivé, i když ji někteří jedinci snášejí dobře. Podle autorky způsobuje práce ve směnném provozu značné problémy zejména osobám s vyšší potřebou každodenního spánku a ranním typům. Potvrzuje, že skřivani snášejí noční směny hůře než lidé s večerním chronotypem. Dále také schopnost přizpůsobit se nočním směnám klesá s rostoucím věkem. Věková hranice pro tuto schopnost končí okolo 50. roku života. Lidé se obtížně přizpůsobují zejména dennímu spánku po noční směně, zatímco zpětný přechod na večerní spánek zvládají o něco lépe. Kassin (2007) i Plháková (2013) se shodují, že lidé lépe snášejí rychlejší střídání směn (je snazší si přivyknout změnám při tří denních cyklech směn než při jednotýdenních). Navíc lidé po noční směně nepotřebují jen jeden, ale alespoň dva dny na to, aby si zcela odpočinuli.

Podle Pandy (2020) většina z nás pracuje na směny, jelikož jsou situace, kdy musíme se svými vnitřními hodinami bojovat, odkládat spánek a chodit spát až po půlnoci. V životě nastávají období narušení spánku, a to kvůli nejrůznějším aktivitám a povinnostem, která mohou u osob přetrvávat. Organismus se s tímto vyrovnává stejně jako s noční prací. Tento jev autor nazývá „*společenský jet lag*“.

Například Roenneberg (2007) zkoumal 55 tisíc lidí v Evropě a Spojených státech pomocí MCTQ (Munich ChronoType Questionnaire), a zjistil, že velká většina dotazovaných chodí spát až po půlnoci, a budí se po nedostatečně dlouhé době spánku.

Směnný provoz také škodí našemu mozku dělat racionální rozhodnutí. Dle Pandy (2020) může pouhá jedna noční směna negativně ovlivnit kognitivní myšlení na celý týden. Velmi nepravidelný a nevyzpytatelný spánek mají kojící ženy. Jejich spánkový vzorec se velmi podobá tomu, který mají hasiči. Také oni mohou během noci



očekávat několik probuzení, stejně jako matky, které vstávají ke svému dítěti několikrát za noc. Další problém vidí autor v množství jídla spořádaného během noční směny. V čase, kdy by náš trávicí trakt měl odpočívat a regenerovat, musí zpracovávat často nezdravé a kaloriemi nabitě jídlo.

Ganesan et al. (2019) zkoumali vztah mezi výkonností a prací na noční směny u 52 pracovníků intenzivní péče. Došli k závěru, že ostražitost a výkonnost zůstávají nejvíce narušeny během nočních směn vzhledem k nedostatečné cirkadiánní adaptaci na noční práci. A přestože se zdravotničtí pracovníci vnímají jako méně bdělí na první noční směně ve srovnání s následujícími nočními směny, objektivní výkon je stejně narušen i v dalších nocích.

Zajímavý poznatek učinili výzkumníci Li et al. (2014), kteří srovnávali děti rodičů pracujících na směny a děti, jejichž rodiče pracují v klasickém režimu s pevnou pracovní dobou. Došli k závěru, že děti rodičů pracujících na směny mají ve srovnání s dětmi rodičů s pevnou pracovní dobou větší kognitivní a behaviorální problémy a vyskytuje se u nich také vyšší procento obezity.

Razavi et al. (2019) ve své studii zkoumali 130 aktivních sester s rotujícími směny a 46 pracovníků s denními směny. Porovnávali u nich hladiny melatoninu, které zkoumali odebráním moči. Došli k výsledkům, že pracovníci s rotujícími směny na nočních směnách byli vystaveni světlu a v důsledku toho měli nižší hladiny melatoninu během noci než pracovníci s denními směny.

Dalším narušitelem cirkadiánního rytmu je pásmová nemoc (jet lag), která přichází při rychlém cestování letadlem mezi časovými pásmy. Projevuje se poruchami usínání a zhoršenou kvalitou spánku. Tato porucha nastává v důsledku rozporu mezi vnitřními hodinami, které odpovídají výchozímu časovému pásmu, a vnějšími synchronizátory nového časového pásma (režim pracovních aktivit, doba jídla, intenzita světla). Během jet lagu ve vzdáleném časovém pásmu se přes den cítíme ospalí, unavení, jelikož si naše vnitřní hodiny stále myslí, že je noc. V noci naopak nedokážeme usnout nebo nevydržíme spát potřebný počet hodin. Proces přizpůsobování se novým podmínkám je velice pomalý. Za každý den v novém časovém pásmu může suprachiasmatické jádro posunout čas pouze o hodinu. Cestováním na východ se člověk přizpůsobuje hůře než cestováním na západ. Jelikož je náš cirkadiánní rytmus přirozeně delší jak 24 hodin, je pro nás přirozenější den spíše uměle natahovat nežli jej



zkracovat. Tím pádem se snáz vyrovnáme s cestováním na západ, při kterém musíme zůstat déle vzhůru než s cestováním na východ, při kterém musíme jít spát dříve a den uměle zkracovat (Plháková, 2013; Walker, 2021).

Walker (2021) píše, že pásmová nemoc v obou případech způsobuje pro mozek, buňky a orgány velkou biologickou zátěž, která nezůstává bez následků. U členů posádek, kteří často létají a nemají dostatečnou dobu pro rekonvalescenci, se části jejich mozku spojené s učením a pamětí zmenšily, což poukazuje na fakt, že biologická zátěž ve formě cestování skrz časová pásma ničí mozkové buňky. Zkoumaní členové posádek byli výrazně zapomnětlivější než jejich vrstevníci, kteří přes časová pásma nelétali.

Existují také fázové poruchy cirkadiálního rytmu, které nazýváme předsunutá nebo zpožděná fáze spánku. Při zpožděné fázi spánku je časový posun spánku oproti normálnímu zvyklostem nejméně o 2 hodiny, často však i o 4 hodiny a více. K charakteristickým znakům tohoto syndromu patří nemožnost usnout v chtěnou a očekávanou dobu, ale přibližně vždy ve stejnou dobu, nejčastěji mezi 2. a 6. hodinou ránní. Za vhodných podmínek pak jedinec pokračuje ve spánku dopoledne a někdy i odpoledne. Tyto typy lidí mívají často problémy s pozdními příchody do práce a zaměstnání. Zejména je tato porucha typická pro lidi s večerním chronotypem, tzv. sovy. O předsunuté fázi spánku mluvíme, bývá-li jedinec pozdě odpoledne a večer velmi ospalý. Je to přesný opak předchozí poruchy. Jedinci usínají často mezi 18. a 21. hodinou, přičemž se mezi 2. a 5. hodinou ránní budí. K této poruše mají vždy blíže lidé s ranním chronotypem (Plháková, 2013; Nevšímalová a Šoňka, 1996).

## **6.1 Vybrané nemoci spojené s naboráváním cirkadiálního rytmu**

Panda (2020) píše, že opakované narušování cirkadiálního rytmu může způsobit nepříznivé zdravotní následky, jelikož všechna ústrojí v organismu začnou fungovat chybně. Toto má za následek oslabení imunitního systému natolik, že patogeny, se kterými by se naše tělo za normálních okolností vypořádalo bez problému, mohou působit žaludeční nevolnosti, nebo vyvolat symptomy podobné chřipce. Pracovníci na směny mají závažnější zdravotní problémy než lidé s běžnou

pracovní dobou. Trápí je zejména potíže s trávicím ústrojím, obezita, diabetes a kardiovaskulární onemocnění.

Podle Muto et al. (2016) spánková deprivace, ke které dochází v důsledku práce na směny, jet lagu, poruch spánku a stárnutí, vede ke zhoršení mnoha aspektů zdraví.

### **6.1.1 Kardiovaskulární onemocnění a diabetes mellitus**

Chellappa et al. (2021) tvrdí, že práce na noční směny zvyšuje riziko cukrovky. Podle autorů nesoulad mezi vnitřními hodinami a denním chováním zhoršuje glukózovou toleranci u pracovníků pracujících v noci.

Hudec a kol. (2020) konstatují, že nepravidelný cirkadiánní rytmus a nízká kvalita spánku zvyšují riziko rozvoje nemoci diabetes mellitus 2. typu a dalších metabolických poruch.

Stejně tak Buxton et al. (2021) ve své studii spojují narušení cirkadiánního rytmu a krátké trvání spánku s vyšším rizikem metabolického syndromu a diabetu. Zkoumané dospělé osoby strávily víc jak pět týdnů v kontrolovaných podmínkách, ve kterých zažily tři týdny omezení spánku v kombinaci s cirkadiánním narušením a následovalo devět dnů zotavovacího spánku. Vystavení dlouhodobému omezení spánku se současným narušením cirkadiánního rytmu, s měřením prováděným ve stejné cirkadiánní fázi, snížilo klidovou rychlost metabolismu účastníků a zvýšilo koncentrace glukózy v plazmě po jídle, což je účinek vyplývající z nedostatečné sekrece inzulínu slinivkou. Autoři výzkumu došli k závěru, že u lidí prodloužené omezení spánku se současným narušením cirkadiánního rytmu mění metabolismus a zvyšuje riziko obezity i cukrovky.

Nedostatek spánku vede nejen ke zvýšení celkového příjmu kalorií, ale mění preference jídla ve prospěch chutných potravin a jídel s vysokým obsahem sacharidů. Svou roli může hrát i pokles leptinu a zvýšení hladiny ghrelinu způsobené nedostatkem spánku. Narušení cirkadiánního rytmu tudíž přispívá ke vzniku obezity (Rácz et al., 2018).

Karlsson, Knutsson a Lindahl (2001) měli ve své studii za cíl prozkoumat, jak se metabolické rizikové faktory kardiovaskulárních onemocnění liší mezi pracovníky na směny a denními pracovníky v definované populaci. Zkoumali 27 485 pracovníků skrze dotazníky a odběry krve. Obezita byla více rozšířena u pracujících na směny ve všech

věkových skupinách žen, ale pouze ve dvou ze čtyř věkových skupin u mužů. Zvýšení triglyceridů (>1,7 mmol/l) bylo častější u dvou věkových skupin žen pracujících na směny, nikoli však u mužů. Výzkumníci došli k závěru, že obezita, vysoké triglyceridy a nízké koncentrace HDL cholesterolu se shlukují častěji u pracovníků na noční směny než u pracovníků na denní směny, což může naznačovat souvislost mezi prací na směny a metabolickým syndromem.

Brown et al. (2009) došli ve své studii k závěru, že ženy mají zvýšené riziko cévní mozkové příhody po delším střídání práce v nočních směnách. Hublin et al. (2010) ovšem ve svém výzkumu nenašli výsledky podporující souvislost mezi prací na směny a kardiovaskulární morbiditou.

Dle Pandy (2020) je právě kardiovaskulární onemocnění hlavní příčinou úmrtí a pracovní neschopnosti u mnoha hasičů. Kardiovaskulární onemocnění se spojuje s narušením cirkadiálního rytmu. Soteriades et al. (2005) zkoumali rozložení BMI a jeho souvislost s hlavními rizikovými faktory kardiovaskulárních onemocnění u hasičů z Massachusetts, kteří podstoupili základní a roční lékařské prohlídky prostřednictvím celostátního programu lékařského dohledu po dobu 5 let sledování. Hodnotili také změnu hmotnosti hasičů v čase. Došli k závěru, že průměrný BMI u 332 hasičů se zvýšil z 29 na začátku na 30 při kontrolním vyšetření a prevalence obezity se zvýšila z 35 % na 40 %. Podíl hasičů s extrémní obezitou se navíc při sledování zvýšil 4krát. U obézních hasičů byla při sledování vyšší pravděpodobnost hypertenze a nízkého lipoproteinu-cholesterolu s vysokou hustotou. Hasiči s extrémní obezitou měli v průměru 2,1 KVO rizikových faktorů (bez obezity) na rozdíl od 1,5 KVO rizikových faktorů u hasičů s normální hmotností.

### **6.1.2 Nádorová onemocnění**

Podle některých studií může práce na směny zvyšovat riziko určitých druhů rakoviny. V roce 2007 ji dokonce WHO (Světová zdravotnická organizace) označila za potencionální karcinogen. Rakovina má různé příčiny, ale některé z nich mají cirkadiální povahu (Panda, 2020).

Například Davis, Mirick a Stevens (2001) ve své studii píšou, jak může noční vystavení světlu zvýšit riziko rakoviny prsu potlačením normální noční produkce melatoninu. Jejich studie zkoumala, zda je taková expozice skutečně spojena s rizikem

rakoviny prsu u žen a došli k závěru, že riziko rakoviny prsu se zvýšilo u subjektů, které často nespaly během noci, kdy jsou hladiny melatoninu typicky nejvyšší.

Schernhammer et al. (2001) rovněž zkoumali vztah mezi rakovinou prsu a prací na rotujících nočních směnách během 10 let u 78 562 žen z Nurses' Health Study. V roce 1988 byly zjištěny informace o celkovém počtu let, kdy ženy pracovaly ve střídavých nočních směnách s minimálně třemi nocemi v měsíci. Během dalších deseti let pak výzkumníci zdokumentovali 2441 případů žen s rakovinou prsu. Díky statistickým testům autoři vypočítali mírné zvýšení rizika rakoviny prsu u žen, které pracovaly 1-14 nebo 15-29 let na rotujících nočních směnách. Riziko bylo dále zvětšeno u žen, které pracovaly více jak 30 let na nočních směnách. Došlo se tedy k závěru, že ženy, které pracují na střídavých nočních směnách s minimálně třemi nocemi za měsíc, mají mírně zvýšené riziko rakoviny prsu po delším střídání nočních směn.

V roce 2005 proběhla velká meta-analýza která zkoumala studie od roku 1960 do roku 2005 a hledala souvislost mezi povoláními, která zahrnují práci na noční směny a rizikem rakoviny prsu. Na základě 13 studií, včetně sedmi studií palubních průvodčích aerolinek a šesti studií ostatních pracovníků na noční směny, byl souhrnný odhad s podobným významným zvýšením rizika rakoviny prsu mezi palubními průvodčími u leteckých společností. Tato metaanalýza dospěla k závěru, že studie o práci na noční směny a riziku rakoviny prsu společně ukazují zvýšené riziko rakoviny prsu u žen (Megdal et al., 2005).

Další meta-analýza proběhla v roce 2017, která vyhodnotila, že zejména po 20 letech nočních směn nebo po kratších obdobích s mnoha po sobě jdoucími směnami hrozí zvýšené riziko rakoviny prsu u žen (Hansen, 2017).

V nedávné studii Bustamante-Montes et al. (2019) se posuzovala souvislost mezi noční směnou a rakovinou prsu u mexických žen. Autoři došli k výsledkům, že ženy, které pracovaly v noci, měly vyšší pravděpodobnost vzniku rakoviny prsu ve srovnání s ženami, které v noci nepracovaly.

Gehlert a Clanton (2020) píšou, že ačkoliv nebyla prokázána přímá souvislost mezi prací na směny a rizikem rakoviny prsu, stále více důkazů naznačuje, že práce na směny přispívá k riziku rakoviny prsu. Tyto důkazy pocházejí ze studií, které využívají různé metody, z epidemiologických studií jako je Nurse's Health Study I a II, studií na myších a studií životního prostředí, které se sbíhají, aby prokázaly potřebu další práce v

této oblasti. Stejně tak je zapotřebí dalších studií o tom, jak může stres způsobený prací na noční směny dále přispívat k riziku rakoviny prsu.

Studie se zabývaly nejen souvislostmi mezi prací na směny a rakovinou prsu u žen. V jedné studii (Schernhammer et al., 2003) zkoumali autoři noční práci a její vliv na kolorektální rakovinu. Zkoumali vztah mezi střídavými nočními směny a rizikem kolorektálního karcinomu mezi ženami účastnicemi se studie Nurses' Health Study. Zdokumentovali 602 případů rakoviny tlustého střeva a konečníku mezi 78 586 ženami, které byly sledovány v letech 1988 až 1998. Ve srovnání se ženami, které nikdy nepracovaly na noční směny, měly ženy, které pracovaly 1-14 let nebo 15 let a více na střídavé noční směny, mnohorozměrná relativní rizika kolorektálního karcinomu.

Viswanathan et al. (2007) spojují noční směny s rakovinou endometria. Ve své studii píšou, že ze 121 701 žen zařazených do prospektivní kohortové studie poskytlo 53 487 žen údaje o střídání nočních směn a celkem 515 jich během šestnácti let onemocnělo invazivním karcinomem endometria potvrzeným v lékařských záznamech. Navíc se u obézních žen pracujících na střídavých nočních směnách riziko karcinomu zdvojnásobilo ve srovnání s obézními ženami, které na noční směny nepracovaly. Autoři došli k závěru, že ženy pracující dlouhodobě na střídavé noční směny mají významně zvýšené riziko vzniku karcinomu endometria, zejména pokud jsou obézní. Předpokládají, že toto zvýšené riziko lze přičíst vlivu snížené hladiny melatoninu na hormonální a metabolické faktory.

Rivera-Izquierdo et al. (2020) pro změnu zkoumali souvislost mezi prací na směny a výskytem rakoviny prostaty. Jejich metaanalýza zahrnovala osmnáct studií, ale ovšem nenašla žádnou souvislost mezi prací na noční směny a rakovinou prostaty. Došli k závěru, že souvislost mezi prací na směny a rakovinou prostaty nelze s dostupnými současnými údaji potvrdit. Podle autorů jsou potřebné budoucí studie, které by hodnotily objektivnější proměnné expozice.

## 7 Diskuse

Tato práce se zabývá cirkadiánním rytmem a jeho vlivem na zdraví člověka, úlohou melatoninu v organismu, chronotypem, významem spánku a správnou spánkovou i světelnou hygienou. Ukazuje nejčastější formy poruch cirkadiánního rytmu a přibližuje souvislost mezi narušováním cirkadiánního rytmu a vznikem některých nemocí.

Jako první zjistili délku jedné periody cirkadiánního rytmu Czeisler et al. (1999), kterou stanovili na 24 hodin a 18 minut. Z tohoto faktu poté vycházela většina dalších vědců. Zcela zásadní pro fungování cirkadiánního rytmu jsou suprachiasmatická jádra, která se nacházejí v mozku nad zkřížením zrakových nervů a která řídí cirkadiánní rytmy (Ilnerová, 1996, online; Frej, 2013).

Cirkadiánní rytmy jsou řízeny pomocí suprachiasmatických jader i pomocí hormonu melatoninu, který jejich činnost synchronizuje. Jak je známo z dostupných zdrojů, melatonin není pouze hormon spánku, který nás na spánek připravuje, ale má v našem organismu mnohočetné funkce. Především jeho pozitivní vliv na imunitu, antibiotický a antivirotický efekt se staly předmětem mnoha výzkumů. Podle nejnovějších studií se tento hormon uplatnil v boji s onemocněním COVID-19, Ebolou, či dokonce s rakovinou (Srinivasan et al., 2005; Tan et al., 2014; Zhou et al., 2020; Zhang et al., 2020; Wichniak et al., 2021; Tamtaji et al., 2019)

Určitě není na místě tvrdit, že melatonin sám o sobě dokáže vyléčit člověka s rakovinou, nebo pacienta nakaženého virem jako jsou koronavirus či Ebola, nicméně několik studií prokázalo jeho schopnost s těmito nemocemi bojovat. Je to látka, která dokáže dost efektivně tělu přispívat a zvyšovat naši imunitní odpověď při nejrůznějších infekcích. Určitým způsobem funguje melatonin i jako prevence proti některým onemocněním a jeho správná a dostatečná produkce by měla být pro každého, kdo si váží svého zdraví, prioritou. Mnozí vědci jej na základě výzkumů (Reiter et al., 2016; Hacışevki, Baba, 2018; Tamtaji et al., 2019; Tordjman et al., 2017) považují za nejsilnější antioxidant, jež si tělo produkuje samo, což je samo o sobě minimálně obdivuhodné.

Pokud budeme uvádět charakteristické znaky společnosti 21. století, jedním z nich bude používání umělého světla ve večerních hodinách. Ať už je to kvůli práci ve

směnném provozu, práci na počítači či kvůli zábavě sledováním televize nebo mobilního telefonu, nevědomě si tak ukrajujeme z kvality následného spánku a narušujeme si tím náš cirkadiánní rytmus. Breinardův pokus z roku 2001 určil krátké (tj. modré) vlnové délky jako ty, které mají za následek největší potlačení hladiny melatoninu. Systém vyplavování melatoninu je totiž zajištěn retino-hypotalamovou drahou, tudíž, pokud je den a do našeho oka přicházejí, především ze slunce, modré vlnové délky, sekrece melatoninu je potlačena. Vyplavovat se melatonin začíná až v noci, teprve pokud je tma a do našeho oka tyto vlnové délky nepronikají. Problém je ovšem v tom, že moderní civilizace si kvůli elektrifikaci uměle prodlužuje den za pomoci světelných technologií. Ať už modré světlo přichází do našeho oka z displejů obrazovek či LED žárovek, může podle výzkumů (West et al., 2011; Hsieh a Jou, 2013, online; Kozaki et al., 2008; Lee et al., 2018) snižovat, ba dokonce úplně potlačit jinak přirozené hladiny melatoninu a tím nabourat náš cirkadiánní rytmus.

Aby k tomuto negativnímu jevu nedocházelo, je zapotřebí dodržovat pravidla světelné hygieny, a to alespoň 90 minut před spánkem. Úplně nejlepší způsob, jak se večer vyvarovat modrému světlu je zcela odstranit jeho zdroje a svítit pouze přirozenými zdroji jako je například svíčka, která obsahuje pouze dlouhé (tj. červené) vlnové délky a nenarušuje náš cirkadiánní rytmus. Chápu, že pro většinu lidí je toto nemožné kvůli celé řadě důvodů. Ovšem jsou tu i jiné “vychytávky” moderní doby. Doporučit bych mohl například softwarový filtr červeného světla, který se dá instalovat jak na počítač, tak na mobilní telefon. Jen pozor, při jeho výběru. Některé tyto softwarové filtry slibují blokaci modrého světla, ale v realitě tomu tak není. Zaručený efekt přinese například filtr Night shift, na který má patent společnost Apple. Praktickým a snadným řešením jsou pak brýle filtrující modré světlo (viz obrázek 6), které sám používám každý večer, než jdu spát a mám s nimi pozitivní zkušenost. Co se týká spánku, subjektivně pozoruji velké zlepšení hlavně v kvalitě spánku a pocitu následující den po probuzení. Ruku v ruce světelné hygieně jde i hygiena spánková, která spočívá hlavně v dodržování zásad pro správný a kvalitní spánek. Mimo omezení modrého světla ve večerních hodinách je potřeba dodržovat i spánkovou pravidelnost, vhodnou teplotu a tmu v ložnici, omezení veškerého hluku, či vynechání konzumace látek, které mohou nabourat náš spánek, několik hodin před ním.

Právě nedostatečný spánek v kombinaci se světlem v nočních hodinách vede k poruchám cirkadiánního rytmu, se kterými se nejčastěji setkáváme u osob, pracujících ve směnném nočním provozu. K těmto poruchám dochází i při cestování mezi časovými pásmy, a tato porucha se nazývá pásmová nemoc neboli jet lag. Ovšem s jet lagem se setkáváme spíše nárazově při cestování do zahraničí ať už na dovolenou nebo za pracovními povinnostmi.

U pracujících na noční směny se tyto poruchy objevují dlouhodobě, a proto jsou předmětem mnoha studií zkoumající vliv této práce na vznik některých civilizačních onemocnění. Například studie z roku 2021 tvrdí, že práce na noční směny zvyšuje riziko cukrovky a že nesoulad mezi vnitřními hodinami a denním chováním zhoršuje glukózovou toleranci (Chellappa et al., 2021). Toto potvrzuje další studie (Buxton et al., 2021), která spojuje narušení cirkadiánního rytmu a krátké trvání spánku s vyšším rizikem metabolického syndromu a diabetu. Hudec a kolegové (2020) konstatují, že nepravidelný cirkadiánní rytmus a nízká kvalita spánku zvyšují riziko rozvoje diabetes melitus 2. typu a dalších metabolických poruch. Dále se v této práci objevily dvě studie, které spojují práci na noční směny se zvýšeným rizikem vzniku kolorektální rakoviny (Schernhammer et al., 2003) a rakoviny endometria (Viswanathan et al., 2007).

Zejména hojně zkoumanou nemocí se stala rakovina prsu u žen, pracujících na noční směny. Do této práce jsem zahrnul 3 studie (Davis, Mirick, Stevens, 2001; Schernhammer et al., 2001; Bustamante-Montes et al., 2019) a 3 meta-analýzy (Megdal et al., 2005; Hansen, 2017; Gehlert a Clanton 2020), přičemž všechny 3 studie dospěly k závěru, že práce na noční směny zvyšuje riziko rakoviny prsu u žen.

Meta-analýza (Megdal et al., 2005) zkoumala 13 studií v letech 1960 až 2005 a rovněž vyvodila, že všechny studie o práci na noční směny a riziku rakoviny prsu společně ukazují zvýšené riziko rakoviny prsu u žen. Meta-analýza z roku 2017 sledovala novější studie od roku 2007 zabývající se touto problematikou. Kritizovala sice starší kohortové studie za chybějící informace ohledně rozložení nočních směn, nicméně našla dostatek důkazů, které celkově ukazují směrem ke zvýšenému riziku rakoviny prsu, zejména po více než 20 letech nočních směn. Celkově existuje tendence ke zvýšenému riziku rakoviny prsu buď po více než 20 letech nočních směn, nebo po kratších obdobích s mnoha po sobě jdoucími směny. Ke zlepšení epidemiologických důkazů je zapotřebí dalšího epidemiologického výzkumu s využitím standardizovaných



definice ukazatelů noční práce a podtypů rakoviny prsu i jiných druhů rakoviny v kombinaci se zvířecími pokusy noční práce. Rovněž jsou zapotřebí preventivní intervence založené na důkazech (Hansen, 2017).

Zřejmě nejnovější meta-analýza (Gehlert a Clanton, 2020) zabývající se rakovinou prsu u žen pracujících na noční směny vyvodila dvojsečné stanovisko. Podle autorů nebyla prokázána přímá souvislost mezi prací na směny a rizikem rakoviny prsu, nicméně konstatují, že existuje stále více důkazů, které spojují směnnou práci a zvýšené riziko rakoviny prsu. Další studie jsou podle autorů žádané.

Nejen z tohoto postoje si lze vyvodit, že mnoho autorů studií a vědců ví o zmíněných rizicích, ale možná kvůli počtu lidí pracujících ve směnném provozu a jejich důležitosti pro společnost, nechtějí prezentovat jasná stanoviska a závěry, která by mohla tyto jedince přimět změnit práci, a proto požadují neustále nové výzkumy a studie této problematiky.

Na základě všech předložených studií musím podotknout, že já sám vidím spojitost mezi rozvojem nočního umělého osvětlení, nedostatečným spánkem a vznikem civilizačních onemocnění. Stále více lidí si blokuje svou přirozenou sekreci melatoninu, který se ukázal jako klíčový pro boj s patogeny i rakovinnými buňkami. Rakovinné buňky jsou vlastně poškozené buňky, které se nekontrolovatelně dělí, ale s normálně fungujícím imunitním systémem jsou i díky melatoninu a procesu apoptózy včas zachyceny a neutralizovány. Nabourávání cirkadiánního rytmu a spánku oslabuje náš imunitní systém natolik, že může rakovinné buňky přehlédnout a ty se poté mohou dále dělit. Rakovina vzniká vždy dlouhodobě v řádu několika let. Právě dlouhodobý rozpad cirkadiánního rytmu a oslabení imunitního systému mohou k rozvoji rakoviny dle mého přispět. V dnešní době se rakovina objevuje již u všech věkových kategorií, stejně jako všechny věkové kategorie narušují svůj cirkadiánní rytmus, i přes to, že mladší věkové kategorie snášejí tyto poruchy o něco lépe nežli starší jedinci. Rozmach nejen rakoviny, ale i dalších civilizačních onemocnění dle mého koreluje s nadužíváním modrého světla v dobách, kdy by se naše tělo mělo připravovat na spánek a regenerační procesy s ním spojené. Existuje již mnoha studií, které toto tvrzení potvrzují, stejně jako popisují zásadní vliv melatoninu na náš imunitní systém. Je tedy jen na nás, jak s těmito informacemi naložíme. Zdraví je totiž zodpovědnost, která byla svěřena většině z nás, a záleží jen na nás, jak k ní budeme přistupovat.

## 8 Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit ucelený přehled o důležitosti a vlivu cirkadiánního rytmu na naše zdraví, což bylo vzhledem k množství předložených informací podložených studii dokázáno. Jelikož jsem nenacházel dostatek aktuálních informací o tomto tématu od českých autorů, bylo mi motivací zpracovat tento přehled v českém jazyce s použitím zahraniční literatury a zahraničních studií. Během psaní této práce jsem došel k závěru, že znalost cirkadiánního rytmu, jeho správné fungování a posilování je zásadní pro dobré zdraví a udržování imunitního systému v dobré kondici.

I přes veškeré informace o cirkadiánním rytmu, které v dnešní době máme, existuje spousta jedinců, kteří žijí v rozporu se svými biologickými hodinami. Ať už to dělají nevědomky, nebo pracují na nočních směnách kvůli bezpečí a zdraví nás ostatních, za což jim náleží velká úcta, oslabují si svůj imunitní systém a hazardují se svým zdravím. S ohledem na to je třeba, aby se společnost tímto problémem zabývala více a rozhodla, kdy jsou důsledky narušení spánku na pracovišti oprávněné, a kdy jsou naopak naprosto zbytečné.

Na základě předložených studií víme, že dlouhodobé narušování cirkadiánního rytmu prací na směny koreluje jak se sníženým vyplavováním melatoninu, tak s výskytem mnoha onemocnění jako jsou cukrovka, obezita, rakovina a kardiovaskulární nemoci.

Touto prací bych chtěl apelovat na širokou veřejnost, aby dodržovala správné návyky světelné a spánkové hygieny, jež se ukázaly zásadní pro zdravý cirkadiánní rytmus. Většina populace si v dnešní době myslí, že nejsme jako druh omezení požadavky kladenými naší genetikou a že si můžeme dělat co chceme v jakoukoliv dobu. Opak je ovšem pravdou a ve skutečnosti je každý aspekt naší fyziologie a chování omezován 24hodinovým rytmem, který je evolučně zachován.

V poslední řadě bych byl rád, kdyby tato práce sloužila všem, kteří se o danou problematiku zajímají a chtěli by prohloubit své znalosti.

## Seznam použitých zdrojů

Acuña-Castroviejo, D., Escames, G., Venegas, C., Díaz-Casado, M. E., Lima-Cabello, E., López, L. C., Rosales-Corral, S., Tan, D. X., & Reiter, R. J. (2014). Extrapineal melatonin: sources, regulation, and potential functions. *Cellular and molecular life sciences : CMLS*, 71(16), 2997–3025. <https://doi.org/10.1007/s00018-014-1579-2>

Alkozi, H.A. (2019). Melatonin and melanopsin in the eye: friends or foes? *Anales De La Real Academia Nacional De Farmacia*, 85, 49-59.

Andersen, L. P., Gögenur, I., Rosenberg, J., & Reiter, R. J. (2016). The Safety of Melatonin in Humans. *Clinical drug investigation*, 36(3), 169–175. <https://doi.org/10.1007/s40261-015-0368-5>

Arnao, M. B., & Hernández-Ruiz, J. (2018). Melatonin and its relationship to plant hormones. *Annals of botany*, 121(2), 195–207. <https://doi.org/10.1093/aob/mcx114>

B. Claustrat, J. Leston, Melatonin: Physiological effects in humans, Volume 4702, Issue 2, 04/2015, Pages 57-236, ISSN 0028-3770, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuchi.2015.03.002>

Bauducco, S., Richardson, C., & Gradisar, M. (2020). Chronotype, circadian rhythms and mood. *Current opinion in psychology*, 34, 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.09.002>

BERGER, Josef. *Biorytmy: tajemství vlastní budoucnosti*. Praha: Paseka, 1995. ISBN 80-7185-019-5.

Blue light has a dark side: What is blue light? The effect blue light has on your sleep and more. *Harvard Health Publishing* [online]. Cambridge (Massachusetts): Harvard Medical School, 2020, July 7, 2020 [cit. 2022-07-02]. Dostupné z: <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/blue-light-has-a-dark-side>

BORZOVÁ, Claudia. *Nespavost a jiné poruchy spánku: pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2978-7.

Brainard, G. C., Hanifin, J. P., Greeson, J. M., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E., & Rollag, M. D. (2001). Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 21(16), 6405–6412. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.21-16-06405.2001>

BREUS, Michael. *Síla správného okamžiku: poznejte svůj chronotyp a zároveň i nejhodnější čas na jídlo, cvičení, sex či rozhovor o zvýšení platu*. Přeložil Radka VAŇKOVÁ. V Brně: BizBooks, 2017. ISBN 978-80-265-0653-9.

Brown, D. L., Feskanich, D., Sánchez, B. N., Rexrode, K. M., Schernhammer, E. S., & Lisabeth, L. D. (2009). Rotating night shift work and the risk of ischemic stroke. *American journal of epidemiology*, 169(11), 1370–1377. <https://doi.org/10.1093/aje/kwp056>

Burke, T. M., Markwald, R. R., McHill, A. W., Chinoy, E. D., Snider, J. A., Bessman, S. C., Jung, C. M., O'Neill, J. S., & Wright, K. P., Jr (2015). Effects of caffeine on the human circadian clock in vivo and in vitro. *Science translational medicine*, 7(305), 305ra146. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aac5125>

Bustamante-Montes, L. P., Flores-Meza, B., Hernández-Valero, M. A., Cárdenas-López, A., Dolores-Velázquez, R., Borja-Bustamante, P., & Borja-Aburto, V. H. (2019). Night Shift Work and Risk of Breast Cancer in Women. *Archives of medical research*, 50(6), 393–399. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2019.10.008>

Buxton, O. M., Cain, S. W., O'Connor, S. P., Porter, J. H., Duffy, J. F., Wang, W., Czeisler, C. A., & Shea, S. A. (2012). Adverse metabolic consequences in humans of prolonged sleep restriction combined with circadian disruption. *Science translational medicine*, 4(129), 129ra43. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3003200>

Caci, H., Adan, A., Bohle, P., Natale, V., Pornpitakpan, C., & Tilley, A. (2005). Transcultural properties of the composite scale of morningness: the relevance of the "morning affect" factor. *Chronobiology international*, 22(3), 523–540. <https://doi.org/10.1081/CBI-200062401>

Crowley, S. J., & Eastman, C. I. (2017). Human Adolescent Phase Response Curves to Bright White Light. *Journal of biological rhythms*, 32(4), 334–344. <https://doi.org/10.1177/0748730417713423>

Czeisler, C. A., Duffy, J. F., Shanahan, T. L., Brown, E. N., Mitchell, J. F., Rimmer, D. W., Ronda, J. M., Silva, E. J., Allan, J. S., Emens, J. S., Dijk, D. J., & Kronauer, R. E. (1999). Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science (New York, N.Y.)*, 284(5423), 2177–2181. <https://doi.org/10.1126/science.284.5423.2177>

Davis, S., Mirick, D. K., & Stevens, R. G. (2001). Night shift work, light at night, and risk of breast cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 93(20), 1557–1562. <https://doi.org/10.1093/jnci/93.20.1557>

DOUILLARD, John. 10 Ways to Increase Melatonin Naturally for Better Sleep. *NutritionFacts* [online]. 2020, October, 17 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://lifespa.com/health-topics/sleep/10-ways-boost-melatonin-naturally/>

Foster R. G. (2020). Sleep, circadian rhythms and health. *Interface focus*, 10(3), 20190098. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2019.0098>

Francesca Pistollato, Sandra Sumalla Cano, Iñaki Elio, Manuel Masias Vergara, Francesca Giampieri, Maurizio Battino, Associations between Sleep, Cortisol Regulation, and Diet: Possible Implications for the Risk of Alzheimer Disease, *Advances in Nutrition*, Volume 7, Issue 4, July 2016, Pages 679–689, <https://doi.org/10.3945/an.115.011775>

FREJ, David. *Biologické hodiny: tajemství metabolismu, dlouhověkosti a zdraví*. Praha: Eminent, 2013. ISBN 978-80-7281-467-1.

Ganesan, S., Magee, M., Stone, J. E., Mulhall, M. D., Collins, A., Howard, M. E., Lockley, S. W., Rajaratnam, S., & Sletten, T. L. (2019). The Impact of Shift Work on Sleep, Alertness and Performance in Healthcare Workers. *Scientific reports*, 9(1), 4635. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40914-x>

Gehlert, S., Clanton, M., & On Behalf Of The Shift Work And Breast Cancer Strategic Advisory Group (2020). Shift Work and Breast Cancer. *International journal of environmental research and public health*, 17(24), 9544. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249544>

Giampietro, M., & Cavallera, G. M. (2007). Morning and evening types and creative thinking. *Personality and Individual Differences*, 42(3), 453–463. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2006.06.027>

GREGER, Michael. Foods with Natural Melatonin. *NutritionFacts* [online]. 2014, April, 3 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: [https://nutritionfacts.org/2014/04/03/foods-with-natural-melatonin/?fbclid=IwAR0vvoKZUxfB3\\_VgiZ-puDxZJ6UldM1t2IA1cYXO9Mr4xP-spNA8siMIXmQ](https://nutritionfacts.org/2014/04/03/foods-with-natural-melatonin/?fbclid=IwAR0vvoKZUxfB3_VgiZ-puDxZJ6UldM1t2IA1cYXO9Mr4xP-spNA8siMIXmQ)

Hacısevki, A., & Baba, B. (2018). An Overview of Melatonin as an Antioxidant Molecule: A Biochemical Approach. In C. M. Drăgoi, & A. C. Nicolae (Eds.), *Melatonin - Molecular Biology, Clinical and Pharmaceutical Approaches*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79421>

Hansen J. (2017). Night Shift Work and Risk of Breast Cancer. *Current environmental health reports*, 4(3), 325–339. <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0155-y>

Helm, A. F., & Spencer, R. (2019). Television use and its effects on sleep in early childhood. *Sleep health*, 5(3), 241–247. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2019.02.009>

Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., Hazen, N., Herman, J., Adams Hillard, P. J., Katz, E. S., Kheirandish-Gozal, L., Neubauer, D. N., O'Donnell, A. E., Ohayon, M., Peever, J., Rawding, R., Sachdeva, R. C., Setters, B., Vitiello, M. V., & Ware, J. C. (2015). National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations: final report. *Sleep health*, 1(4), 233–243. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2015.10.004>

Howatson, G., Bell, P. G., Tallent, J., Middleton, B., McHugh, M. P., & Ellis, J. (2012). Effect of tart cherry juice (*Prunus cerasus*) on melatonin levels and enhanced sleep quality. *European journal of nutrition*, 51(8), 909–916. <https://doi.org/10.1007/s00394-011-0263-7>

Hudec, M., Dankova, P., Solc, R., Bettazova, N., & Cerna, M. (2020). Epigenetic Regulation of Circadian Rhythm and Its Possible Role in Diabetes Mellitus. *International journal of molecular sciences*, 21(8), 3005. <https://doi.org/10.3390/ijms21083005>

Chellappa, S. L., Qian, J., Vujovic, N., Morris, C. J., Nedeltcheva, A., Nguyen, H., Rahman, N., Heng, S. W., Kelly, L., Kerlin-Monteiro, K., Srivastav, S., Wang, W., Aeschbach, D., Czeisler, C. A., Shea, S. A., Adler, G. K., Garaulet, M., & Scheer, F. (2021). Daytime eating prevents internal circadian misalignment and glucose intolerance in night work. *Science advances*, 7(49), eabg9910. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg9910>

Chen, C. Q., Fichna, J., Bashashati, M., Li, Y. Y., & Storr, M. (2011). Distribution, function and physiological role of melatonin in the lower gut. *World journal of gastroenterology*, 17(34), 3888–3898. <https://doi.org/10.3748/wjg.v17.i34.3888>

ILNEROVÁ, Helena a Alena SUMOVÁ. *Psychiatrie pro praxi: Vnitřní časový systém* [online]. 2008. Praha: Fyziologický ústav AV ČR, 2008 [cit. 2022-06-18]. ISSN 1803-5272. Dostupné z: <https://www.psychiatriepropraxi.cz/pdfs/psy/2008/05/06.pdf>

ILNEROVÁ, Helena. *Hyde park civilizace*. TV, ČT24, 2013. Dostupné také z: <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10441294653-hyde-park-civilizace/213411058091116/>

ILNEROVÁ, Helena. *Vesmír: Melatonin a jeho působení* [online]. 75. Praha: Lidové nakladatelství, 1996 [cit. 2022-06-18]. ISSN 1214-4029. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1996/cislo-5/melatonin-jeho-pusobeni.html>

Jankowski K. S. (2015). Composite Scale of Morningness: psychometric properties, validity with Munich ChronoType Questionnaire and age/sex differences in Poland. *European psychiatry : the journal of the Association of European Psychiatrists*, 30(1), 166–171. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2014.01.004>

Jiao, J., Ma, Y., Chen, S., Liu, C., Song, Y., Qin, Y., Yuan, C., & Liu, Y. (2016). Melatonin-Producing Endophytic Bacteria from Grapevine Roots Promote the Abiotic Stress-Induced Production of Endogenous Melatonin in Their Hosts. *Frontiers in plant science*, 7, 1387. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01387>

JOU, Jwo-Huei a Chun-Yu HSIEH. Candlelight-style organic LEDs: a safe lighting source after dusk: A candlelight-style organic LED is designed as a low color temperature lighting source. *Spie* [online]. Hsin-Chu, Taiwan: National Tsing Hua University, 2013, 19 August 2013 [cit. 2022-06-09]. Dostupné z: <https://spie.org/news/5070-candlelight-style-organic-leds-a-safe-lighting-source-after-dusk?SSO=1>

Karasek M. (2004). Melatonin, human aging, and age-related diseases. *Experimental gerontology*, 39(11-12), 1723–1729. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2004.04.012>

Karlsson, B., Knutsson, A., & Lindahl, B. (2001). Is there an association between shift work and having a metabolic syndrome? Results from a population based study of 27,485 people. *Occupational and environmental medicine*, 58(11), 747–752. <https://doi.org/10.1136/oem.58.11.747>



KASSIN, Saul M. *Psychologie*. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1716-3.

Kato, Y., Urbán, R., Saito, S., Yoshida, K., Kurokawa, M., & Rigó, A. (2019). Psychometric properties of a Japanese version of Composite Scale of Morningness. *Heliyon*, 5(1), e01092. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e01092>

Kim, S., & Lee, H. J. (2021). Validation of the 6-item Evening Chronotype Scale (ECS): a modified version of Composite Scale Morningness. *Chronobiology international*, 38(11), 1640–1649. <https://doi.org/10.1080/07420528.2021.1938596>

Kozaki, T., Koga, S., Toda, N., Noguchi, H., & Yasukouchi, A. (2008). Effects of short wavelength control in polychromatic light sources on nocturnal melatonin secretion. *Neuroscience letters*, 439(3), 256–259. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.05.035>

Kurdi, M. S., & Muthukalai, S. P. (2016). The Efficacy of Oral Melatonin in Improving Sleep in Cancer Patients with Insomnia: A Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Study. *Indian journal of palliative care*, 22(3), 295–300. <https://doi.org/10.4103/0973-1075.185039>

Lazarus, M., Chen, J. F., Huang, Z. L., Urade, Y., & Fredholm, B. B. (2019). Adenosine and Sleep. *Handbook of experimental pharmacology*, 253, 359–381. [https://doi.org/10.1007/164\\_2017\\_36](https://doi.org/10.1007/164_2017_36)

Lee, S. I., Matsumori, K., Nishimura, K., Nishimura, Y., Ikeda, Y., Eto, T., & Higuchi, S. (2018). Melatonin suppression and sleepiness in children exposed to blue-enriched white LED lighting at night. *Physiological reports*, 6(24), e13942. <https://doi.org/10.14814/phy2.13942>

Li, J., Johnson, S. E., Han, W. J., Andrews, S., Kendall, G., Strazdins, L., & Dockery, A. (2014). Parents' nonstandard work schedules and child well-being: a critical review of the literature. *The journal of primary prevention*, 35(1), 53–73.

<https://doi.org/10.1007/s10935-013-0318-z>

Li, Y., Hao, Y., Fan, F., & Zhang, B. (2018). The Role of Microbiome in Insomnia, Circadian Disturbance and Depression. *Frontiers in psychiatry*, 9, 669.

<https://doi.org/10.3389/fpsy.2018.00669>

Li, Y., Li, S., Zhou, Y., Meng, X., Zhang, J. J., Xu, D. P., & Li, H. B. (2017). Melatonin for the prevention and treatment of cancer. *Oncotarget*, 8(24), 39896–39921.

<https://doi.org/10.18632/oncotarget.16379>

Lundmark, P. O., Pandi-Perumal, S. R., Srinivasan, V., & Cardinali, D. P. (2006). Role of melatonin in the eye and ocular dysfunctions. *Visual neuroscience*, 23(6), 853–862.

<https://doi.org/10.1017/S0952523806230189>

Manchester, L. C., Coto-Montes, A., Boga, J. A., Andersen, L. P., Zhou, Z., Galano, A., Vriend, J., Tan, D. X., & Reiter, R. J. (2015). Melatonin: an ancient molecule that makes oxygen metabolically tolerable. *Journal of pineal research*, 59(4), 403–419.

<https://doi.org/10.1111/jpi.12267>

MANN, Sandi. *Spánek pro každého*. Přeložil František KRÁLÍK. Brno: Extra Publishing, 2021. Jak na to (Extra Publishing). ISBN 978-80-7525-416-0.

Matsumoto, M., Sack, R. L., Blood, M. L., & Lewy, A. J. (1997). The amplitude of endogenous melatonin production is not affected by melatonin treatment in humans. *Journal of pineal research*, 22(1), 42–44. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079x.1997.tb00301.x>

MEDŘICKÝ, Hynek. *Světelná hygiena* [online]. [cit. 2022-07-02]. Dostupné z:

<http://svetelnahygiena.cz/>

Megdal, S. P., Kroenke, C. H., Laden, F., Pukkala, E., & Schernhammer, E. S. (2005). Night work and breast cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *European journal of cancer (Oxford, England : 1990)*, 41(13), 2023–2032.

<https://doi.org/10.1016/j.ejca.2005.05.010>

MÜLLEROVÁ, Dana a Anna AUJEZDSKÁ. *Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví*. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2510-2.

Muto, V., Jaspar, M., Meyer, C., Kussé, C., Chellappa, S. L., Degueldre, C., Balteau, E., Shaffii-Le Bourdieu, A., Luxen, A., Middleton, B., Archer, S. N., Phillips, C., Collette, F., Vandewalle, G., Dijk, D. J., & Maquet, P. (2016). Local modulation of human brain responses by circadian rhythmicity and sleep debt. *Science (New York, N.Y.)*, 353(6300), 687–690. <https://doi.org/10.1126/science.aad2993>

NEVŠÍMALOVÁ, Soňa a Karel ŠONKA. *Poruchy spánku a bdění*. Praha: Maxdorf, 1997. ISBN 80-85800-37-3.

NOVOTNÝ, Ivan a Michal HRUŠKA. *Biologie člověka*. 5., rozšířené a upravené vydání. Praha: Fortuna, 2015. ISBN 978-80-7373-128-1.

PANDA, Satchin. *Cirkadiánní kód: využijte přirozený rytmus svého těla pro zdraví, výkon a zhubnutí*. Přeložil Bianca BELLOVÁ. V Brně: Jan Melvil Publishing, 2020. Fit & food. ISBN 978-80-7555-117-7.

Parent, J., Sanders, W., & Forehand, R. (2016). Youth Screen Time and Behavioral Health Problems: The Role of Sleep Duration and Disturbances. *Journal of developmental and behavioral pediatrics : JDBP*, 37(4), 277–284. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000272>

Pigeon, W. R., Carr, M., Gorman, C., & Perlis, M. L. (2010). Effects of a tart cherry juice beverage on the sleep of older adults with insomnia: a pilot study. *Journal of medicinal food*, 13(3), 579–583. <https://doi.org/10.1089/jmf.2009.0096>

PLHÁKOVÁ, Alena. *Spánek a snění: vědecké poznatky a jejich psychoterapeutické využití*. Praha: Portál, 2013. ISBN 978-80-262-0365-0.

Randler, C., & Schaal, S. (2010). Morningness-eveningness, habitual sleep-wake variables and cortisol level. *Biological psychology*, 85(1), 14–18. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.04.006>

Razavi, P., Devore, E. E., Bajaj, A., Lockley, S. W., Figueiro, M. G., Ricchiuti, V., Gauderman, W. J., Hankinson, S. E., Willett, W. C., & Schernhammer, E. S. (2019). Shift Work, Chronotype, and Melatonin Rhythm in Nurses. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention : a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 28(7), 1177–1186. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-18-1018>

Reiter, R. J., Calvo, J. R., Karbownik, M., Qi, W., & Tan, D. X. (2000). Melatonin and its relation to the immune system and inflammation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 917, 376–386. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb05402.x>

Reiter, R. J., Mayo, J. C., Tan, D. X., Sainz, R. M., Alatorre-Jimenez, M., & Qin, L. (2016). Melatonin as an antioxidant: under promises but over delivers. *Journal of pineal research*, 61(3), 253–278. <https://doi.org/10.1111/jpi.12360>

Reiter, R. J., Tan, D. X., Korkmaz, A., Erren, T. C., Piekarski, C., Tamura, H., & Manchester, L. C. (2007). Light at night, chronodisruption, melatonin suppression, and cancer risk: a review. *Critical reviews in oncogenesis*, 13(4), 303–328. <https://doi.org/10.1615/critrevoncog.v13.i4.30>

Rivera-Izquierdo, M., Martínez-Ruiz, V., Castillo-Ruiz, E. M., Manzaneda-Navío, M., Pérez-Gómez, B., & Jiménez-Moleón, J. J. (2020). Shift Work and Prostate Cancer: An

Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 17(4), 1345. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041345>

Roenneberg, T., Kuehne, T., Juda, M., Kantermann, T., Allebrandt, K., Gordijn, M., & Merrow, M. (2007). Epidemiology of the human circadian clock. *Sleep medicine reviews*, 11(6), 429–438. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2007.07.005>

Sagrillo-Fagundes, L., Bienvenue-Pariseault, J., & Vaillancourt, C. (2019). Melatonin: The smart molecule that differentially modulates autophagy in tumor and normal placental cells. *PLoS one*, 14(1), e0202458. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202458>

Schernhammer, E. S., Laden, F., Speizer, F. E., Willett, W. C., Hunter, D. J., Kawachi, I., & Colditz, G. A. (2001). Rotating night shifts and risk of breast cancer in women participating in the nurses' health study. *Journal of the National Cancer Institute*, 93(20), 1563–1568. <https://doi.org/10.1093/jnci/93.20.1563>

Schernhammer, E. S., Laden, F., Speizer, F. E., Willett, W. C., Hunter, D. J., Kawachi, I., Fuchs, C. S., & Colditz, G. A. (2003). Night-shift work and risk of colorectal cancer in the nurses' health study. *Journal of the National Cancer Institute*, 95(11), 825–828. <https://doi.org/10.1093/jnci/95.11.825>

SKOČOVSKÝ, Karel. *Psychometrické vlastnosti české verze Kompozitní škály ranních a večerních typů* [online]. Praha: Filozofická fakulta, Masarykova univerzita, 2007 [cit. 2022-06-27]. ISBN 978-80-210-4983-1. ISSN 1211-3522. Dostupné z: <https://digilib.phil.muni.cz/handle/11222.digilib/114287>

Smith, Carlla & Folkard, Simon & Schmieder, Robert & Parra, Luis & Spelten, Evelien & Almira, Helena & Sen, R.N & Sahu, Subhashis & Perez, Lisa & Tisak, John. (2002). Investigation of morning-evening orientation in six countries using the preferences scale. *Personality and Individual Differences*. 32. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(01\)00098-8](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(01)00098-8)

Soteriades, E. S., Hauser, R., Kawachi, I., Liarakapis, D., Christiani, D. C., & Kales, S. N. (2005). Obesity and cardiovascular disease risk factors in firefighters: a prospective cohort study. *Obesity research*, *13*(10), 1756–1763.

<https://doi.org/10.1038/oby.2005.214>

Srinivasan, V., Maestroni, G. J., Cardinali, D. P., Esquifino, A. I., Perumal, S. R., & Miller, S. C. (2005). Melatonin, immune function and aging. *Immunity & ageing : I & A*, *2*, 17.

<https://doi.org/10.1186/1742-4933-2-17>

Tamtaji, O. R., Mirhosseini, N., Reiter, R. J., Behnamfar, M., & Asemi, Z. (2019). Melatonin and pancreatic cancer: Current knowledge and future perspectives. *Journal of cellular physiology*, *234*(5), 5372–5378. <https://doi.org/10.1002/jcp.27372>

Tan, D. X., Korkmaz, A., Reiter, R. J., & Manchester, L. C. (2014). Ebola virus disease: potential use of melatonin as a treatment. *Journal of pineal research*, *57*(4), 381–384.

<https://doi.org/10.1111/jpi.12186>

Tan, D. X., Manchester, L. C., Qin, L., & Reiter, R. J. (2016). Melatonin: A Mitochondrial Targeting Molecule Involving Mitochondrial Protection and Dynamics. *International journal of molecular sciences*, *17*(12), 2124. <https://doi.org/10.3390/ijms17122124>

Tordjman, S., Chokron, S., Delorme, R., Charrier, A., Bellissant, E., Jaafari, N., & Fougrou, C. (2017). Melatonin: Pharmacology, Functions and Therapeutic Benefits. *Current neuropharmacology*, *15*(3), 434-443.

<https://doi.org/10.2174/1570159X14666161228122115>

Viola, A. U., James, L. M., Schlangen, L. J., & Dijk, D. J. (2008). Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scandinavian journal of work, environment & health*, *34*(4), 297–306.

<https://doi.org/10.5271/sjweh.1268>

Viswanathan, A. N., Hankinson, S. E., & Schernhammer, E. S. (2007). Night shift work and the risk of endometrial cancer. *Cancer research*, 67(21), 10618–10622.

<https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-07-2485>

VOJÁČEK, Jan. *Rozhodni se být zdrav.* V Brně: CPress, 2021. ISBN 978-80-264-3784-0.

VOJÁČEK, Jan. *Umění být zdrav.* V Brně: CPress, 2020. ISBN 978-80-264-3031-5.

WALKER, Matthew P. *Proč spíme: odhalte sílu spánku a snění.* Přeložil Filip DRLÍK. V Brně: Jan Melvil Publishing, 2018. Pod povrchem. ISBN 978-80-7555-050-7.

West, K. E., Jablonski, M. R., Warfield, B., Cecil, K. S., James, M., Ayers, M. A., Maida, J., Bowen, C., Sliney, D. H., Rollag, M. D., Hanifin, J. P., & Brainard, G. C. (2011). Blue light from light-emitting diodes elicits a dose-dependent suppression of melatonin in humans. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 110(3), 619–626.

<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01413.2009>

Wichniak, A., Kania, A., Siemiński, M., & Cubala, W. J. (2021). Melatonin as a Potential Adjuvant Treatment for COVID-19 beyond Sleep Disorders. *International journal of molecular sciences*, 22(16), 8623. <https://doi.org/10.3390/ijms22168623>

Wittmann, M., Dinich, J., Merrow, M., & Roenneberg, T. (2006). Social jetlag: misalignment of biological and social time. *Chronobiology international*, 23(1-2), 497–509. <https://doi.org/10.1080/07420520500545979>

Zhang, R., Wang, X., Ni, L., Di, X., Ma, B., Niu, S., Liu, C., & Reiter, R. J. (2020). COVID-19: Melatonin as a potential adjuvant treatment. *Life sciences*, 250, 117583. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117583>

Zhou, Y., Hou, Y., Shen, J., Huang, Y., Martin, W., & Cheng, F. (2020). Network-based drug repurposing for novel coronavirus 2019-nCoV/SARS-CoV-2. *Cell discovery*, 6, 14. <https://doi.org/10.1038/s41421-020-0153-3>

Zisapel N. (2018). New perspectives on the role of melatonin in human sleep, circadian rhythms and their regulation. *British journal of pharmacology*, 175(16), 3190–3199. <https://doi.org/10.1111/bph.14116>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Denní rytmy těla (Panda, 2020).....	11
Obrázek 2: Centrum biologických hodin (Frej, 2013).....	13
Obrázek 3: Syntéza melatoninu (Hacışevki, Baba, 2018).....	17
Obrázek 4: Schéma produkce melatoninu v závislosti na denní periodě (Reiter et al., 2016).....	18
Obrázek 5: Rozdílné zdroje světla, jejich světelné spektrum a vliv na noční produkci melatoninu (Jwo-Huei Jou, Chun-Yu Hsieh, 2013, online).....	31
Obrázek 6: Červené brýle filtrující modré vlnové délky (zdroj: online).....	34
Obrázek 7: Rozdílná charakteristika skřivanů a sov (Frej, 2013).....	38