

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie a matematika se zaměřením na vzdělávání



Michaela Kasalová

Cirkadiánní preference se zaměřením na děti žákovského věku
Circadian preferences with emphasis on school-age children

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce/Školitel: PhDr. Denisa Janečková, Ph.D.

Praha, 2016

Poděkování:

Tímto bych ráda poděkovala PhDr. Denise Janečkové, Ph.D. za pomoc a cenné rady při vypracovávání této bakalářské práce.

Prohlášení:

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

V Praze, 13. 05. 2016

Podpis

Abstrakt:

Chronobiologie (název je odvozen z řeckého slova chronos = čas) je vědní obor zabývající se biologickými rytmy, které podléhají určitým cyklům s různou délkou periody. Za nejdůležitější rytmy pro člověka lze považovat tzv. cirkadiánní, jejichž perioda je přibližně 24 hodin. Tyto rytmy ovlivňují individuální načasování fyziologických, biochemických a psychologických proměnných, které odborně nazýváme chronotypy. Bakalářská práce si klade za cíl zmapovat chronotypy z historického pohledu, nastíní jednotlivé typy a jejich specifika, biologickou podstatu a souvislost s cirkadiánními rytmy a spánkovým režimem. Rozdíly mezi chronotypy nejsou pouze u jednotlivých osob, ale liší se i s věkem, proto se zaměříme na děti školního věku. Žáci jsou dnešním školním systémem tlačeni k určitému rytmu, který nemusí ladit s jejich přirozeným vnitřním biorytmem, a to může ovlivňovat jejich prospěch i další studijní možnosti.

Klíčová slova: chronobiologie, chronotyp, cirkadiánní rytmy, spánek

Abstract:

Chronobiology (name comes from a Greek word chronos = time) is a scientific field engaged in biological rhythms that have a specific cycle with a different length of period. The most important rhythms for a human body are circadian rhythms with a period approximately 24 hours. These rhythms influence individual timing of physiological, biochemical and psychological variables technically called chronotypes. Objectives of this bachelor's work are to map the chronotypes from a historical view and to outline individual types, their specifications, their biological principle and their connection with the circadian rhythms and a sleeping cycle. Differences between chronotypes are not only among individual persons but they are changing during specific ages, therefore I focus on school-age children. Today's school system forces pupils to a certain rhythm, not necessarily well functioning with their internal natural biorhythm, and can influence results as well as study options.

Key words: chronobiology, chronotype, circadian rhythm, sleep

Obsah

1	ÚVOD	1
2	CHRONOBIOLOGIE	2
2.1	BIORYTMY	2
2.2	CIRKADIÁNNÍ RYTMY	4
2.2.1	Melatonin	5
2.2.2	Kortizol, růstový hormon	7
2.3	SPÁNEK A BDĚNÍ.....	8
3	CIRKADIÁNNÍ PREFERENCE	12
3.1	HISTORICKÉ MEZNÍKY	12
3.2	CIRKADIÁNNÍ PREFERENCE.....	15
3.3	METODY MĚŘENÍ.....	15
3.4	CHRONOTYP V ZÁVISLOSTI NA VĚKU.....	19
3.5	RANNÍ CHRONOTYP	20
3.6	VEČERNÍ CHRONOTYP	22
4	VLIV CIRKADIÁNNÍ PREFERENCE NA VZDĚLÁVÁNÍ	24
4.1	ZAVEDENÍ POVINNÉ ŠKOLNÍ DOCHÁZKY	24
4.2	ZAČÁTEK VYUČOVÁNÍ.....	25
4.3	CHRONOTYP VS. VZDĚLÁVÁNÍ.....	26
5	ZÁVĚR	30
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	31
	SEZNAM LITERATURY	33

1 Úvod

Čas můžeme vnímat ve dvou rovinách: lineárně a cyklicky. Lineární pojetí času plyne jedním směrem a můžeme ho sledovat například na ontogenezi. Cyklické změny se naopak neustále opakují. Vždy projdou výchozí polohou, mají svojí periodu, frekvenci a amplitudu. Cyklické rytmy se vyskytují i u nás, mluvíme o tzv. biorytmech. Základní dělení je podle délky periody (infradiánní, cirkadiánní, ultradiánní). Tato práce se zabývá cirkadiánními rytmy, které se opakují s přibližně 24hodinovou periodou.

U každého jedince však můžeme nalézt rozdíly v charakteristice rytmu. I když mají rytmy určitou délku periody, jsou do jisté míry individuální záležitostí. Všem je známý a dobře znatelný rytmus spánku a bdění. Dochází ke střídání aktivního vědomého stavu a odpočinkové regenerační fáze se sníženou schopností reagovat na podněty. Právě dle charakteristiky tohoto rytmu se vyčlenily dva extrémní typy: jedinci, kteří chodí spát brzy ve večerních hodinách a vstávají brzy ráno, anebo ti, kteří uléhají pozdě v noci a vstávají dopoledne. Tíhnutí k danému typu nazýváme cirkadiánní preferencí nebo chronotypem. Preference se zjišťují především přes dotazníkové šetření pomocí otázek zaměřených na spánkové návyky. Večerní a ranní preference nevykazují rozdíly pouze v načasování cyklu spánku a bdění, ale i u dalších rytmů dochází ke změně nebo posunu fáze, např. u hladiny melatoninu, teploty, fyzické aktivity apod.

Výzkumy prokázaly souvislost chronotypu se školním prospěchem. Vyučování je směřováno převážně do dopoledních hodin a začíná většinou mezi sedmou a devátou hodinou. Toto rozvrhnutí ale není vhodné pro večerní typy. V prvních hodinách nemají nastavený biorytmus pro přijímání informací a učení se. Proto se ukázalo, že jejich výsledky jsou v porovnání s ranními typy horší. Večerní preference se považuje za rizikový faktor, hlavně u mladých dospívajících typů. Navíc chronotyp se během věku jedince mění a v dospívání dochází k největšímu posunu fáze do večerních hodin. Sociálním tlakem jsou však dospívající nuceni ke stylu života, který jim nevyhovuje.

V této práci je poukázáno na důležitost chronobiologického aspektu v životě člověka a rozdělení dle cirkadiánní preference. Konec práce je směřován k žákům základní školy ve věku mezi 6 až 16 lety. Právě u nich můžeme sledovat velký vliv chronotypu na celkovou osobu, změnu v chování, učení, stravovací návyky, náladu, kvalitu života a další hlediska. Nastíníme možná rizika a řešení pro lepší přizpůsobení vlastním rytmům.

2 Chronobiologie

V přírodě můžeme nalézt mnoho dějů, které se periodicky opakují. Od počátku byl vznik života na Zemi ovlivňován rytmickými změnami způsobenými pohybem blízkých vesmírných těles, zejména pohybem Slunce a Měsíce. Tyto vlivy periodicky ovlivňují naši Zemi od počátku a nazýváme je vnější. Kromě nich vznikaly postupně také oscilátory, které se rytmicky opakují bez vnějších synchronizátorů, tzv. biorytmy (Figala, 1991). Věda, zabývající se biologickými rytmy, které se cyklicky opakují s určitou délkou periody, se nazývá chronobiologie. Lze ji zkoumat u všech živých organismů, ale v této práci se zaměříme převážně na člověka. Název je odvozen z řeckých slov *chronos* = čas, *bios* = život, *logos* = věda. Základy oboru položil americký profesor Franz Halberg v roce 1948, který se věnoval zákonitostem kolísání krevního tlaku (Homolka et al., 2010). Později, roku 1960, na Symposiu o kvantitativní biologii v Cold Spring Harbor C. S. Pittendrigh a J. Aschoff formulovali základní koncept chronobiologie (Berger, 1995).

2.1 Biorytmy

Biologické rytmy, cyklické změny biologické funkce, lze rozdělit podle délky periody (hodnoty uvedené v závorkách jsou přibližné). Na základě změn postavení Měsíce, Země a Slunce rozdělil Halberg (Halberg et al., 1959) délky period na cykly odrážející den a noc = cirkadiánní (24 hod), měsíční = cirkalunární (29 dní), přílivové = cirkatidální (12,4 a 24,8 hod), sezónní = cirkanuální (rok), vyjadřující dobu mezi následnými nízkými hladinami vod (skočné dmutí) = cirkasyzygické (14,7 dnů). Tyto cykly jsou řízeny i vnějším prostředím. Základní a nejvíce používané dělení je dělení do tří kategorií (Homolka et al., 2010):

1. ultradiánní s periodou kratší než 24 hodin,
2. cirkadiánní s periodou přibližně 24 hodin,
3. infradiánní s periodou delší než 24 hodin.

Toto základní dělení bývá navíc doplněné o další rytmy, konkrétně se jedná o cirkasemiseptánní (3,5 dne), cirkaseptánní (7 dnů), cirkavigintánní (21 dnů), cirkatrigintánní (30 dnů), cirkasemianuuální (6 měsíců), cirkannuální (1 rok) a solární cyklus (10,5 roku).

V našem těle probíhají cykly s různou délkou periody (tab. 1).

Infradiánní (>1 den)	Cirkadiánní (1 den)	Ultradiánní (<1 den)
Hladiny hormonů řídící menstruační cyklus	Bdění a spánek	Dechová frekvence
Morfologie děložní sliznice	Tělesná teplota	Aktivita enzymů
Emoční stav (zvýšený stav deprese na přechodu zimy a jara)	Hladina kortizolu	Srdeční frekvence
	Pohybová aktivita	
	Sexuální aktivita	

Tabulka 1: Biologické rytmy (Myslivoček a kolektiv, 2009, s. 140)

Biorytmy pozorujeme od molekulární úrovně, přes buňky, orgány, celý mnohobuněčný organismus až po populace. Podle schopnosti zachovat periodicitu při změně vnějších podmínek je dělíme na endogenní a exogenní (externí). Exogenní rytmy neustále potřebují vnější synchronizátor k udržení stále periodicity a endogenní rytmy mají vlastní pacemaker, který je v organismu a udržuje rytmy i v neperiodickém prostředí. Synchronizátory dělíme na silné (teplo, světlo, příjem potravy), slabé (tlak, vlhkost) a jemné (magnetické pole, gravitace) (Homolka et al., 2010). Jejich vlivem může dojít k fázové synchronizaci, která zapříčiní fázový posun nebo frekvenční synchronizaci (změna frekvence). V mnoha případech došlo ke genetické fixaci externího vlivu a aktuální změny se neprojeví vůbec či nepatrně. Můžeme říci, že i endogenní rytmy mohou být ovlivněny vnějšími podmínkami, které rytmy seřizují. Jedná se o tzv. *Zeitgeber* (vnější časovač). Nejzřetelnějším příkladem je střídání dne a noci s rytmy podléhajícími cirkadiánnímu cyklu (*circa* = asi, *dies* = den) a sezónní změny s cirkannuálními rytmy (*annus* = rok) (Homolka et al., 2010).

Studium biorytmů má velké uplatnění v terapii a farmakologii, odvozujeme chronoterapii a chronofarmakologii. Zohlednění individuálních rozdílů biorytmů je klíčové pro chronoterapii, která se věnuje zvýšení účinku léčby. Bere v úvahu i věk pacienta, stadium nemoci a individuální rozdíly mezi nemocnými. Chronofarmakologie se zabývá načasováním podání léku na základně cirkadiánních změn. Určuje, kdy bude mít lék největší léčebný účinek a nejnižší nežádoucí účinky (Berger, 1995). Například podání léku (COER – obsahující látku verapamil) na vysoký krevní tlak je v závislosti na rychlosti vstřebávání a distribuci nejlepší před spaním a jeho pomalé uvolnění zajišťuje největší koncentraci v plazmě po probuzení mezi 6. až 10. hodinou ranní. V této době bylo zjištěno největší riziko infarktu myokardu (Homolka et al., 2010).

2.2 Cirkadiánní rytmy

Termín cirkadiánní zavedl Franz Halberg a značí rytmy, které mají periodu přibližně 24 hodin (Halberg et al., 1959). U člověka převládá denní aktivita, jeho rytmy jsou nastaveny tak, aby ji zvládal psychicky i fyzicky. Během střídání dne a noci se procesy mění a účinně přizpůsobují svalovou aktivitu, náladu, vědomí, duševní výkonnost, srdeční rytmus a frekvenci, dýchání, sekreci melatoninu, kortizolu či hladinu lymfocytů (Berger, 1995).

Cirkadiánní rytmy přetrvávají i v neperiodickém prostředí, ale jejich perioda se změní a nastane tzv. volnoběh rytmu. U člověka je potom perioda většinou delší než 24 hodin (Lockley a Uchiyama, 2013). K těmto výsledkům vedly výzkumy Aschoffa a Wevera, kteří pozorovali změny rytmu u lidí izolovaných v bunkrech. Bunkry byly zvukotěsné, aby pokusné osoby nemohly být ovlivněny z vnějšího prostředí. Uvnitř nebyly žádné ukazatele času, světelné podmínky byly regulovatelné. Díky eliminaci těchto vlivů se ukázala perioda přibližně 25 hodin (Aschoff a Wever, 1962).

Cirkadiánní rytmy mají vlastní pacemaker neboli biologické hodiny. Centrum biologických hodin se nachází v předním hypotalamu v 3. mozkové komoře nad křížením optických nervů (*chiasma opticum*). Také podle tohoto umístění nazýváme pacemaker suprachiasmatické jádro (*suprachiasmatic nuclei*, SCN). Savci ho mají složené ze dvou jader, z nichž každé obsahuje 10 000 nervových buněk (Hofman et al., 1988; Abrahamson a Moore, 2001). Tato výhodná poloha umožňuje jednoduše přijímat podněty z retiny i z celého mozku¹.

Přímé informace o světle vede monosynaptickou cestou retinohypotalamický trakt, který vychází z gangliových buněk retiny obsahující fotopigment melanopsin. Hlavním mediátorem je glutamát. Nepřímou cestou je genikulohypotalamický trakt, který spojuje světelné a ostatní signály v mozku. Hlavním mediátorem je neuropeptid Y (NPY). Posledním vstupem do SCN je dráha z raphe nucleus informující o behaviorálním stavu organismu a mediátorem je serotonin (Moga a Moore, 1997). Jednotlivé neurony generují vlastní rytmicitu s určitou periodou, hovoříme o individuálních oscilátorech. Celkový rytmus je ale synchronizován a můžeme naměřit jednotnou periodu celého jádra, které ovlivňuje cyklus spánku a bdění, fyziologické i endokrinní funkce (Welsh et al., 1995).

SCN je rozděleno na ventrolaterální (jádro, core) a dorzolaterální (shell, obal) část. Ventrolaterální část přiléhá k optickým nervům a končí zde informace z retiny. Obsahuje

¹ U savců byl zatím objeven pouze jeden hlavní cirkadiánní pacemaker, který je ovlivňován světlem, ale u některých ryb a ptáků může hrát roli hlavního oscilátoru i retina nebo epifyza (Surbhi a Kumar, 2015).

neurony s neuropeptidy vazoaktivní intestinální peptid (VIP) a gastrin releasing peptid (GRP). Dorzolaterální část přijímá nepřímé informace o světle z hypotalamu a limbického systému, neuropeptidem je zde arginovazpresin (AVP). Komunikace mezi částmi je určena VIP neurotransmitery a GABA synchronizuje obě jádra (Moore et al., 2002). Výstupy z SCN vedou především z obalu do paraventriculárního jádra talamu, paraventriculárního jádra hypotalamu, epifýzy a corpus geniculátum laterale. SCN ovlivňuje endokrinní funkce, termoregulaci, chování, kognitivní funkce, limbický systém, autonomní regulace (Moore et al., 2002; Mysliveček a kolektiv, 2009).

Oscilace v buňkách je výsledek spínání a vypínání určité sekvence genů, tzv. „*clock genes*“ (geny biologických hodin). Mezi hlavní lidské hodinové geny patří *Per1*, *Per2*, *Per3*, *Cry1*, *Cry2*, *Clock*, *Bmal1*, *CK1 epsilon*, *Rev-erb alfa*. Se svými peptidy tvoří zpětnovazebným mechanismem oscilaci, kde kryptochromy a period isomery tvoří negativní vazby, zatímco *Clock* a *Bmal1* pozitivní (Nevšimalová et al., 2007). Základním principem je transkripčně-translační zpětnovazebná smyčka. Stručně můžeme cyklus popsat takto: ráno vzniká transkripce mRNA, během dne dochází k translaci na proteiny a přesun do cytoplazmy, kde se tvoří heterodiméry, v podvečer se váže heterodimér v jádře a inhibuje přepis, v noci dochází k rozkladu mRNA, nad ránem k degradaci proteinového komplexu, který inhiboval transkripci, a celý cyklus se opakuje (Ye et al., 2011). Experimentálně bylo zjištěno, že nepřítomnost *Bmal1* má za následek vyrušení periodicity. Vyrušení ostatních jednotlivých genů nemá účinek na úplnou desynchronizaci rytmu. Hodiny jsou neperiodické, pokud se vyruší zároveň *Per1* a *Per2* nebo *Cry1* i *Cry2* (Jin et al., 1999).

Velkou úlohu hrají i periferní oscilátory. Najdeme je na buněčné (fibroblasty) i orgánové (játra, plíce, srdce) úrovni. Z SCN jsou synchronizovány neurálními spoji, tělesnou teplotou, režimem příjmu potravy, hladinou hormonů atd. (Damiola et al., 2000).

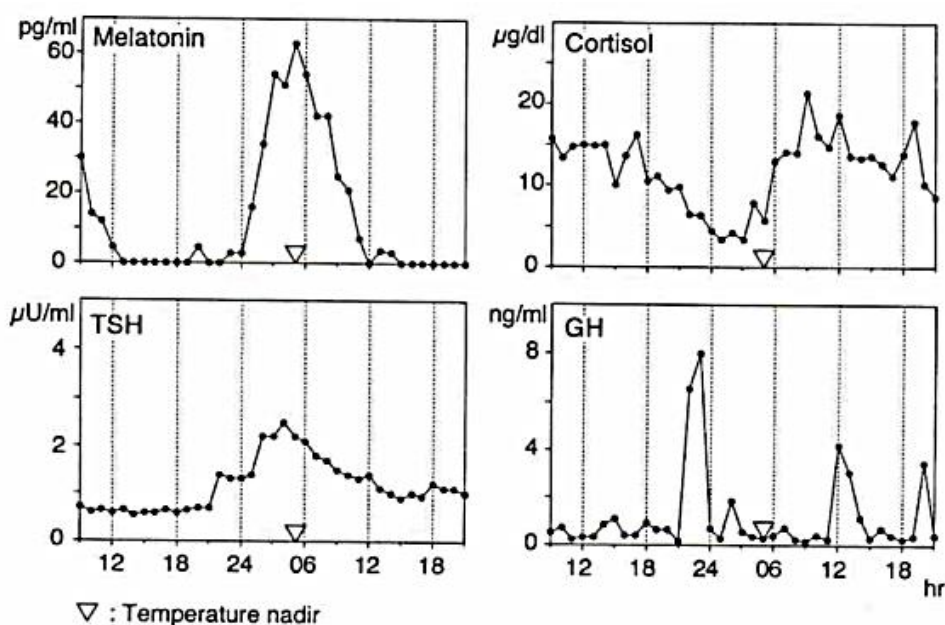
2.2.1 Melatonin

Uvolňování melatoninu (spolu s celou řadou dalších hormonů, např. kortizolem, pohlavními hormony, gonadotropinem atd.) podléhá cirkadiálním rytmům. Díky melatoninovým receptorům na SCN jeho hladina během dne a noci kolísá, nicméně má také schopnost zpětnovazebně ovlivňovat mechanismus biologických hodin.

Melatonin (N-acetyl-5-methoxytryptamin) se tvoří v epifýze (šišince) přeměnou serotoninu. U všech organismů je melatonin uvolňován za tmy (i u nočních živočichů), proto bývá nazýván jako noční hormon či hormon tmy. Podává informaci o střídání dne a noci a zároveň i o její délce, která určuje roční období. Hladina je nejvyšší během biologické noci a nízká během biologického dne (obr. 1). Vlivem světla můžeme s tvorbou melatoninu

manipulovat. Melatonin je potlačen už při pokojovém osvětlení intenzity 200 až 300 lux, minimální potlačení je pod 80 lux (lampička na čtení vyzařuje okolo 50 lux) (Zeitzer et al., 2000). Je hned metabolizován v játrech a vylučován v moči. Noční hladina melatoninu u dospělých dosahuje okolo 40–60 pg/ml. Od narození množství klesá, vrchol je mezi 1. a 3. rokem 250 pg/ml a postupně hodnota klesá až na 25 pg/ml (Waldhauser a Dietzel, 1985). Stimulace světlem na začátku subjektivní noci zpozdí fázi a melatonin bude syntetizován později. Stimulací v druhé polovině noci se oscilátor předbíhá a syntéza nastane dříve než v normálním případě. Podobný účinek má i podání léku obsahující melatonin. Buď způsobuje zpoždění (podání v ranních hodinách), nebo předsunutí (podání ve večerních hodinách) fáze cirkadiálního rytmu. Skrze změnu cirkadiální rytmicity má velký vliv na cyklus spánku a bdění (Lewy et al., 1998).

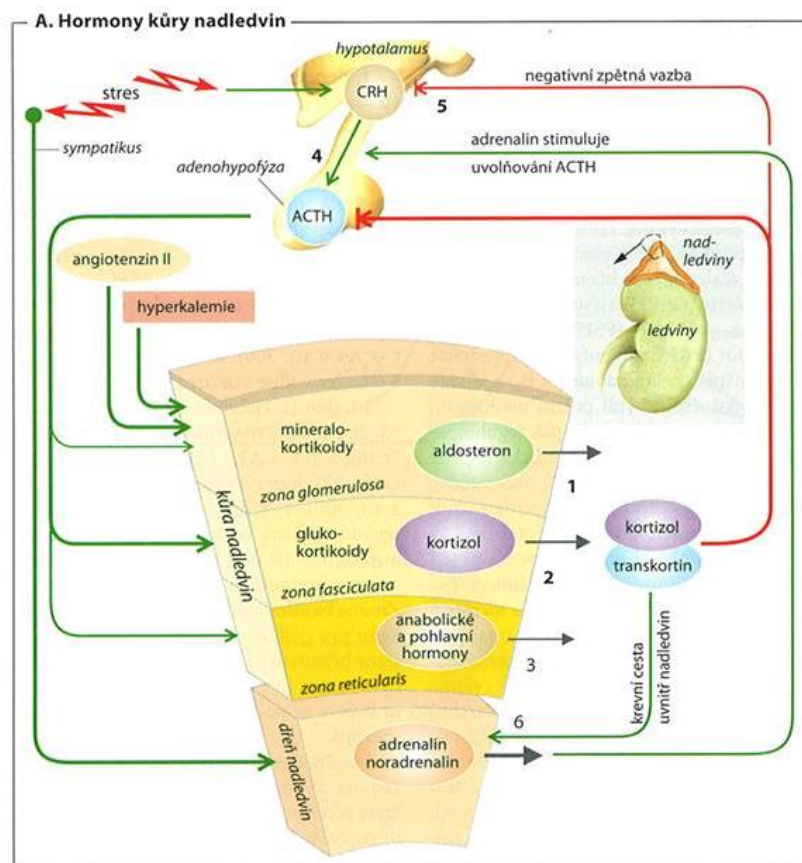
Desynchronizace rytmů nastane velmi často při transkontinentálních letech, kdy dochází k časovému posunu, tzv. jet-lag. Nejrychleji se změně přizpůsobují centrální hodiny v SCN, které dostávají vnější informace o světle. Často jsou ale desynchronizovány s periferními rytmy, což má za následek zhoršení kvality spánku, únavu, špatné zažívání, zhoršení pozornosti a další problémy. Při přeletu na východ, kdy se fáze musí předběhnout, se rytmy přizpůsobují hůře než při letu na západ, kdy se hodiny zpožďují. Na tento jev reagují i letecké společnosti, které upravují čas letu podle časového posunu. Na východ jsou lety konány zpravidla večer, aby nedocházelo k velké spánkové deprivaci. Lepší aklimatizaci na nové časové podmínky umožňuje i vhodně načasované podání léku obsahujícího melatonin (Atkinson, 2013).



Obrázek 1: Úvolňování melatoninu, kortizolu, tyreotropního hormonu, růstového hormonu (Uchiyama et al., 2015)

2.2.2 Kortizol, růstový hormon

Kortizol je produkován střední vrstvou kůry nadledvin (*zona fasciculata*). Řadíme ho mezi glukokortikoidy a jeho prekurzorem je cholesterol. Ovlivňuje celou řadu funkcí, např. metabolismus sacharidů a proteinů přes koncentraci glukózy v krvi, sílu srdeční kontrakce přes působení na katecholaminy, protizánětlivé účinky atd. Regulace je řízena přes hypotalamo-hypofyzární osu. ACTH (adrenokortikotropní hormon) stimuluje tvorbu kortizolu, a ten na něj působí negativní zpětnou vazbou. SCN řídí produkci přes paraventriculární jádro hypotalamu a uvolnění hormonu CRH (kortikotropin uvolňující hormon), který ovlivňuje sekreci ACTH. Z paraventriculárního jádra hypotalamu vedou presymptická a preparasympatická nervová vlákna ovlivňující autonomní nervový systém. Sympatikus aktivuje uvolňování adrenalinu, který stimuluje sekreci ACTH (Buijs et al., 2003). Základní schéma je vidět na obrázku 2 (Silbernagl a Despopoulos, 2003). Kortizol podléhá cirkadiánním rytům s maximem v ranních hodinách a minimem v první části noci (obr. 1).



Obrázek 2: Regulace uvolnění kortizolu (Silbernagl a Despopoulos, 2003, s. 297)

Růstový hormon (*growth hormone*) má na rozdíl od kortizolu nebo melatoninu několik vrcholů během dne, ale největší množství je uvolňováno na začátku noci (obr. 1). Bylo zaznamenáno, že v nočních hodinách se mění jeho hladina i podle fáze spánku. Pulzuje přibližně každé 2 hodiny a tyto pulsy korelují s cyklickým výskytem pomalých spánkových vln (SWS – *slow wave sleep*) (Van Cauter a Copinschi, 2000).

Ve stáří dochází ke snížení noční sekrece melatoninu i růstového hormonu. Naopak hladina kortizolu se zvýší a maximum se posune do nočních hodin. Tyto výkyvy často způsobují poruchy spánku. Vědci zjistili, že u osob s poruchou spavosti, kterým bylo v nočních hodinách podáváno chronobiotikum obsahující melatonin, se posunul nástup melatoninu. Rovněž se u nich posunula sekrece kortizolu, konkrétně do ranních hodin. Toto posunutí může vysvětlit zlepšení spánku u starších osob (Zisapel et al., 2005; Magri et al., 1997).

2.3 Spánek a bdění

Nejzřetelnější rytmus, který podléhá cirkadiánní periodě, je jistě střídání spánku a bdění. V mnohém umění, filozofii i kultuře hraje spánek významnou roli. Dodnes slýcháme „spánek je nejlepší lék“ nebo „ráno moudřejší večera“. Spánek patří mezi základní potřeby člověka a dochází během něj k celkové regeneraci organismu. Výzkum v této oblasti se rozvinul ve 30. letech 20. století, kdy Hans Berger zaregistroval mozkovou elektrickou aktivitu a položil základy elektroencefalografie (EEG). Dnes se registrace spánku provádí pomocí polysomnografie (PSG). Současně se zaznamenává elektrická aktivita mozku (EEG), pohyby očí (elektrookulogram – EOG), svalový tonus (elektromyogram – EMG), srdeční aktivita a frekvence dýchání (Nevšimalová a Šonka, 2007).

Spánek lze definovat různými způsoby, například behaviorálně: „*jako stav klidu s minimální pohybovou aktivitou, s omezením vnímání okolního prostředí a mentální činnosti mozku zcela odlišnou od bdělého stavu, přicházející v závislosti na cirkadiánním rytmu*“ (Lukáš et al., 2014, s. 553). Má svoji strukturu, v níž se střídají fáze REM (*rapid eye movement* – rychlé oční pohyby) a NREM (non-REM, *non-rapid eye movement* – pomalé oční pohyby). Základní kritéria pro charakterizování spánku vydali Rechtschaffen a Kales v roce 1968 podle zasedání APSS (Association for the Psychophysiological Study of Sleep) (Rechtschaffen a Kales, 1968).

Cyklus spánku a bdění je rozdělen do tří částí: bdění, NREM a REM. Fáze NREM bývá tradičně rozdělena na stadia 1–4² (Nevšimalová a Šonka, 2007).

- **Bdělost:** Zahrnuje veškeré vědomé momenty organismu a zabírá okolo dvou třetin života. Můžeme ji rozdělit na nerelaxovanou a relaxovanou bdělost (Nevšimalová a Šonka, 2007):
 - o **Nerelaxovanou bdělost** charakterizuje vysoká svalová aktivita, otevřené oči s rychlými sledovacími pohyby, krátký reakční čas, schopnost komunikace. Mozek má elektrickou aktivitu desynchronizovanou, vlny v pásmu beta (18 Hz a více) s nízkou amplitudou.
 - o **Relaxovaná bdělost** střídá aktivní fázi bdělosti. Během této fáze jsou pohyby očí pomalé (zavřené), svalová aktivita kontinuální, reakční doba se prodlužuje. Elektrická aktivita je především v pásmu alfa vln (8–13 Hz) s vyšší amplitudou.
- **NREM:** Dýchání i pulz jsou pravidelné a pomalé. Elektrická aktivita mozku se zpomaluje a amplituda zvyšuje. Dospělý člověk upadá nejprve do tohoto stadia, které představuje až 80 % celkové délky spánku. Je rozděleno na 4 stadia (Nevšimalová a Šonka, 2007):
 - o **NREM 1:** Nastává v přechodu mezi bdělostí a spánkem; usínání. Je charakterizováno pomalými spojitými pohyby očních bulbů, kontinuální svalovou aktivitou nízké intenzity, časté jsou vlny theta (2–7 Hz) nízké amplitudy. Člověk stále reaguje na oslovení.
 - o **NREM 2:** Pro stadium lehkého spánku jsou typické nepohyblivé oční bulby a nižší intenzita kontinuální tonické svalové aktivity než v NREM 1. V EEG převládají vlny theta (4–7 Hz) nízké a střední amplitudy a aktivita je doplněna spánkovými vřeteny a K-komplexy. Spánková vřetena jsou skupiny vln shodné frekvence (12–14 Hz, až 8x za minutu) trvající déle než 0,5 s a mají většinou nízkou amplitudu. K-komplex začíná negativní vysokou pomalou vlnou, následovanou pozitivní vlnou s menší amplitudou. Jde o dvoufázovou pomalou vlnu delší než 0,5 s.
 - o **NREM 3:** Oční bulby se nepohybují a na svodech EOG registrujeme EEG. Svalový tonus je ještě nižší intenzity než ve fázi NREM 2. Nastává hluboký spánek s pomalými vlnami delta (do 2 Hz) s minimální amplitudou 75 μ V.

² V roce 2007 došlo k přepracování základního dělení a fáze NREM se rozdělila na tři stadia N1, N2, N3 (původní stadia 3 a 4 byly sloučeny do N3). N3 fáze je označována jako SWS (*slow wave sleep* – pomalovlnný spánek) (Iber et al., 2007).

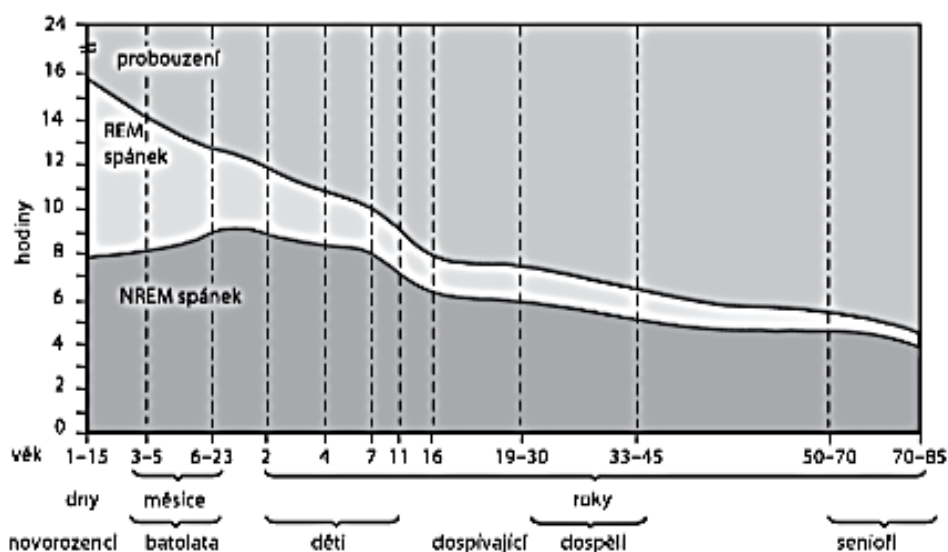
Pomalé vlny tvoří 20–50 % trvání epochy. Vyskytují se zde spánková vřetena a K-komplexy.

- **NREM 4:** Obličej je bez výrazu, víčka jsou zavřená a oči nehybné. Svalový tonus je kontinuální nízké intenzity. Pomalé vlny delta (do 2 Hz) trvají více než 50 % epochy, mají amplitudu větší než 75 μV a spánková vřetena nebo K-komplexy se zde vyskytují jen výjimečně a špatně se dají odlišit.
- **REM:** Tato fáze je někdy též nazývána jako paradoxní spánek a následuje po NREM fázi. Paradoxním spánkem byla pojmenována podle kontrastu mezi uvolněným spícím jedincem a EEG záznamem výrazné aktivity s rychlými vlnami. Zabírá okolo 20 % spánku. Je charakterizována rychlými nepravidelnými pohyby očí všemi směry, nulovou kontinuální aktivitou svalů, ochrnutím (paralýzou). Mohou se objevit krátké záškuby, obličej s výrazem. Dýchání je zrychlené a nepravidelné, pulz zrychlený. EEG vykazuje nízkovoltážní desynchronizovanou aktivitu (podobně jako bdění), přítomnost theta a alfa vln. Typické jsou pilovité vlny vyskytující se v krátkých skupinách (frekvence 2–4 Hz) (Nevšimalová a Šonka, 2007).

Elektrická aktivita je odrazem mentální činnosti, jež odpovídá snu. Probudíme-li člověka v této fázi, dokáže nám děj snu velice přesně převyprávět. Ke spontánnímu probuzení dochází často na konci REM fáze a sny, které si zapamatujeme, jsou většinou z této poslední fáze (Thirion a Challamel, 2013).

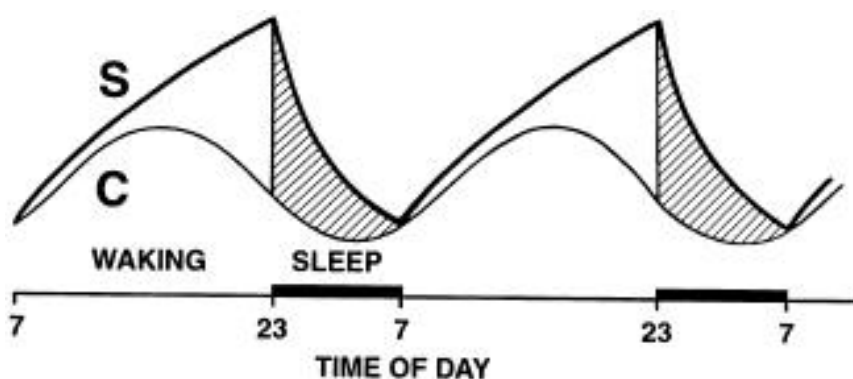
Výsledkem záznamu EEG je tzv. hypnogram. Jedná se o graf, který zobrazuje sled spánkových stadií, jejich délku a periodicitu. V opakujících cyklech se prohlubuje NREM a následně REM spánek (NREM/REM cyklus). Za noc většinou proběhnou čtyři cykly s periodou 90–110 minut. V první části noci převládá SWS spánek a REM fáze je velmi krátká. Postupně pomalovlnného, hlubokého spánku ubývá a prodlužuje se REM fáze. Během konce spánku dochází často ke krátkým probuzením, která si nemusíme ani uvědomovat (Nevšimalová a Šonka, 2007).

Potřebná délka spánku je individuální, primárně geneticky daná. Pokud někomu stačí spánek kratší, obvykle rychle nastane hluboký spánek. Potřeba spánku se mění v závislosti na věku a vlivem vnitřních změn (obr. 3). „*Čím jsme starší, tím je spánek kratší a lehčí, tím častěji a na delší dobu se v noci probouzíme, tím rychleji se uskutečňuje přechod z jednoho stadia spánku do druhého, tím nepravidelnější jsou spánkové cykly. Subjektivně vnímaná nespavost je dána nedostatkem hlubokého spánku delta a častým probouzením.*“ (Borzová, 2009, s. 13)



Obrázek 3: Vývoj spánku v průběhu života člověka (Borzová, 2009, s. 14)

Z výzkumů vyplývá, že řízení cyklu spánku a bdění je založeno na dvou vzájemně nezávislých procesech C a S (obr. 4). Borbély uvádí, že proces S (homeostatický spánek) je závislý na základní potřebě dostatku spánku. Potřeba spánku se během dne zvyšuje a v průběhu noci snižuje. Proces C závisí na cirkadiánním řízení, které je největší na konci biologické noci a nejnižší na konci biologického dne. Propojením těchto dvou řízení vzniká upevnění odlišení fáze spánku a bdění. Kombinace obou procesů kontroluje délku spánku, spánkové tendence a bdělost. Proces S určuje hodinu usínání a proces C v závislosti na cirkadiánním rytmu určuje délku trvání spánku. Je zde nepřímá úměra – čím vyšší je amplituda rytmu v době usínání, tím kratší bude spánek (Borbély a Wirz-Justice, 1982).



Obrázek 4: Borbélyho model řízení spánku (Borbély a Achermann, 1999)

3 Cirkadiánní preference

I když téměř všechno kolem nás podléhá určitým rytmům, stejné jevy nejsou vždy načasovány na stejnou dobu. Ani cirkadiánní rytmy nejsou u všech lidí ve stejné fázi. Dobře je to viditelné na cyklu spánku a bdění. Někdo rád vstává ráno před úsvitem, aby si například stihl zaběhat, jiní vstávají až po zazvonění budíku a bez snídaně se vydávají do práce a někteří si ani nevšimnou, že jim budík zazvoní, a prospí celé dopoledne. Okolí vnímá pozdní spáče jako líné a těžko můžeme vysvětlit, že i kdyby spáče vstal dříve, nebude tak aktivní jako ranní ptáče. Individuální načasování projevů cirkadiánních rytmů nazýváme cirkadiánní preference. Též se setkáme s označením diurnální preference, chronotypy, chronotypologie, cirkadiánní nebo diurnální typologie. V následující kapitole popíšeme z historického hlediska výzkum biorytmů, který položil základy pro výzkum v oblasti cirkadiánní preference.

3.1 Historické mezníky

Biorytmům podléhají organismy už od pradávna, ale trvalo dlouho, než se těmito biologickým jevům začala věnovat pozornost i na vědecké úrovni. Přestože první písemné zmínky o pozorování periodicky se opakujících dějů lze nalézt již v době antických filozofů³, konkrétně o biorytmech se dočteme až ve spisech z roku 1729 (Homolka et al., 2010).

V tomto roce provedl francouzský astronom Jean Jacques d'Ortoús de Mairan první vědeckou studii. Zjistil, že u rostliny citlivé na světlo dochází k pravidelným změnám polohy listu dle přítomnosti světla. Pozorování zopakoval v temné místnosti a tím dokázal, že spánkové pohyby rostliny nejsou pouze pasivní odpovědí na přítomnost či nepřítomnost světla. Tyto výsledky nezveřejnil osobně, ale jeho kolega Marchant je přednesl na pařížské akademii a vyslovil domněnku, že pravidelné změny nastávají i u lidí (Berger, 1995). Na výsledky de Mairana navázal Henri-Louis Duhamel o 30 let později. Zopakoval pokus v naprosté světelné izolaci a sledoval vliv teploty na pohyby rostlin. Roku 1758 zveřejnil výsledky, které potvrzovaly závěry předchozích studií. Pohyby citlivé rostliny nejsou závislé na světelných ani tepelných podmínkách (Ward, 1980).

Studiem se dále zabýval profesor de Candolle, který dokázal, že ani vlhkost není hlavní příčinou pohybu, a pokud vystavil rostliny neustálému světlu, denní cykly se zkrátily přibližně na 22 hodin. V roce 1832 přišel s myšlenkou otočení světelných podmínek tak, že osvětloval rostliny v noci. Zpočátku došlo u rostlin k desynchronizaci, postupně se však

³ Řecký filozof Aristoteles (4. st. př. n. l.) pozoroval periodické změny velikosti pohlavních orgánů u mořských ježovek. Římský řečník Cicero (1. st. př. n. l.) se soustředil na změny spojené s fází Měsíce, konkrétně na počet ústřic a jiných měkkýšů (Homolka et al., 2010).

přizpůsobily novému režimu a de Candolle prokázal, že spánkové pohyby nejsou důsledkem paměti (Ward, 1980).

Charles Darwin se synem Francisem zjistili důvod, proč rostlina spí. Dokázali, že listy ve vodorovné poloze trpí chladem daleko více, než listy ve vertikální pozici. Společně vydali roku 1880 knihu Schopnost pohybu rostlin. V Darwinově směru pokračovala Anthonia Kleinhoonteová a na fazolu zkoumala dědičnost spánkového rytmu. Byla přesvědčená o endogenní povaze rytmů (Ward, 1980; Daan, 2010).

Ani zoologové nebyli ve výzkumu biologických rytmů pozadu. Curt Richter roku 1922 publikoval pozorování pohybové aktivity krys. Zjistil přetrvání periodicity v konstantních podmínkách s periodou kratší než 24 hodin (Ward, 1980). Forsgren roku 1928 zveřejnil kolísání obsahu glykogenu v játrech a žluči králíků a Kleitman publikoval roku 1932 pozorování biorytmů tělesné teploty (Berger, 1995). Karl von Frische společně s Ingeborg Belingovou pozorovali orientaci včel za letu a jejich časový smysl. Pozorovali včely za konstantního světla, teploty, vlhkosti, náboje ovzduší, eliminovali dokonce kosmické paprsky (pokusy v solné jeskyni). Včely vycvičili za jakýkoliv podmínek na 24hodinový rytmus, ale při 19hodinovém se setkali s neúspěchem. Což bylo silným argumentem pro to, že existuje neznámá regulace s 24hodinovým rytmem (Ward, 1980). Velký pokrok udělal až Erwin Bünning v roce 1936. Bünning se svými kolegy hledal „faktor X“, který je zodpovědný za rytmus v nepřítomnosti světla a tmy. Využil organismus *Drosophila*, který má nastavený přesný čas líhnutí dospělých stadií. Opět pozoroval líhnutí za normálních světelných podmínek a za konstantního světla. Dospělý jedinci se líhli vždy ve stejnou dobu, na základě čehož odvodil, že při líhnutí musí jít nutně o endogenní řízení (Ward, 1980).

Ve Švédsku v roce 1937 založila skupina sedmi vědců mezinárodní společnost pro biorytmy. Diskuze a výzkumy na toto téma se velice rozrostly po druhé světové válce. Nové studie značily velký význam biorytmů i pro praktický život a farmakologii, byl založen nový biologický obor chronobiologie (Berger, 1995).

V roce 1960 se konalo v Cold Spring Harbor sympozium, které se věnovalo i biorytmům. Mezi hlavní přednášející patřil Colin S. Pittendrigh, který je považován za „otce biologických hodin“. Popsal cirkadiánní hodiny u *Drosophily* a jejich synchronizaci střídáním světla a tmy. Společně s Jürgenem Aschoffem formulovali a publikovali základní koncept synchronizace hodin (Ward, 1980).

Aschoff se zabýval především výzkumem rytmů u člověka. Napsal: *„Zřejmě není v těle jediného orgánu a jediné funkce, které by nevykazovaly denní rytmicitu. Obvykle nalézáme výskyt maxima v jedné době dne a výskyt minimální hodnoty v jiné, ať měříme hodinu*

za hodinou počet dělicích se buněk v jakékoliv tkáni, či objem vylučované moči, reakci na lék nebo přesnost a rychlost řešení početních úloh.“ (Aschoff, 1965, s. 1427).

Pozorování lidí izolovaných v jeskyních už studoval Nathaniel Kleitman, který se věnoval problematice spánku a snažil se přenastavit rytmus na 19 hodin aktivity a 9 hodin spánku. Aschoff a Wever se zabývali těmito pokusy a snažili se více eliminovat okolní vlivy. Řídili velmi specializované pracoviště u Mnichova, tzv. Tier Bunker. V bunkru žily pokusné osoby až měsíc v naprosté izolaci, ale jinak běžným životem. Světlo se rozsvěcovalo, když vstávaly a zhasínalo, když uléhaly. Ovšem intenzita světla byla regulována zvenku. Aschoff s Weverem zjistili, že spontánní perioda je ve většině případů delší než 24 hodin; perioda je pod tlumeným světlem prodlužována a pod jasným světlem zkracována; jeden ze subjektů se pokusil vědomě prodloužit periodu a podařilo se mu to; jeden subjekt vykazoval desynchronizaci funkcí. Desynchronizace vedla Aschoffa k otázce problému cestování tryskovými letadly. Provedl několik pokusů na pěnkavách a pak na lidech v bunkru. Rytmus aktivity se po simulovaném letu uspořádal vždy rychle, ale rytmu tělesné teploty to trvalo podstatně déle. Dal do spojitosti problému i s délkou přirozené periody (Ward, 1980). Další známé pokusy v izolaci (v jeskyních) provedl Michel Siffre. Situace mu připomínala prostředí astronautů, kteří žijí v izolaci ve vesmíru. Jeho výsledky a pokusy podpořila NASA (Strogatz, 1986).

Od Symposia se udála celá řada výzkumů, která chronobiologii posunula mnohem dál. V 70. – 80. letech minulého století se podařilo potvrdit genetický základ a určit hodinové geny. Konec století přinesl princip transkripčně-translační zpětnovazebné smyčky (Daan, 2010). Nyní jsou velká specializovaná pracoviště, která se vědní disciplínou zabývají, po celém světě, např. Halberg Chronobiology Center na Univerzitě Minnesota v Minneapolis nebo Hermann Chronobiology Center na Univerzitě Texas. Světově známá je také česká vědkyně Helena Illenrová, která se soustředí na problematiku cirkadiánního rytmu krysí pineální N-acetyltransferázy a melatoninu (Homolka et al., 2010).

První publikované práce zabývající se cirkadiánní preferencí se objevily na začátku 20. století. V roce 1900 rozdělil O'Shea jedince na ranní a večerní typy. Konkrétní typy byly přesněji určeny o 30 let později v práci Freemana a Kleitmana. Kleitman rozpoznal i prostřední (*Intermediate*) typ, kterému ale nevěnoval pozornost. Öquist roku 1970 přišel s dotazníkem psaným ve švédštině, kterým rozlišil dvě extrémní skupiny. Na něj dále výzkumně navázal Östberg a Horne (Horne a Östberg, 1976).

3.2 Cirkadiánní preference

Lidé vykazují rozdíly v chování a fyziologii spojenou s 24hodinovým dnem. Největší rozdíl vidíme na cyklu spánku a bdění, ale objevují se také rozdíly v kolísání teploty, melatoninu, kortizolu a jiných hormonů či rozdíly v aktivitě, životním stylu, kognitivním myšlení a kreativitě. Individuální nastavení se mění i v závislosti na věku. Tyto rozdíly jsou nazývány cirkadiánní preference a dle synchronizace biologických rytmů s vnějšími časovači dělíme osoby na 3 základní chronotypy: ranní, večerní a nevyhraněný (neutrální). J. A. Horne a O. Östberg jako první vydali ucelenou koncepci založenou na dotazníkovém šetření ranních a večerních typů (Morningness-Eveningness Questionnaire, MEQ). V práci zavedli ještě podrobnější dělení na výrazně ranní, spíše ranní, nevyhraněný, spíše večerní a výrazně večerní (Horne a Östberg, 1976). Většina autorů se však tohoto podrobného rozdělení nedrží, proto se i v této práci přikláníme k základnímu rozdělení.

Na základě genetických studií byla zjištěna spojitost s vrozenými mechanismy. „*Toh a spol. prokázali, že bodová mutace v genu Per2 a následná změna ve fosforylaci proteinového produktu tohoto genu může způsobovat zkrácení periody volně běžícího cirkadiánního rytmu na méně než 24 hodin a vyvolat předsunutí spánkové fáze.*“ (Nevšimalová et al., 2007, s. 194). Spojitost s diurnální preferencí byla zaznamenána v polymorfismu genu *Per3*. Kratší alela genu *Per3* byla s větší frekvencí prokázána u večerních typů a delší alela s převahou u ranních typů (Jones et al., 2007).

Je těžké odlišit endogenní cirkadiánní vliv oscilátoru od běžného způsobu života jedince. Oddělením těchto maskovacích vlivů v laboratoři byla prokázána endogenní povaha. Mezi ranními a večerními typy byl rozdíl 2 hodiny ve fázi tělesné teploty a 4 hodiny v subjektivní bdělosti (Kerkhof a Van Dongen, 1996). I když je rytmicita daná genetickou složkou a má endogenní podstatu, je třeba zmínit, že velký vliv mají *Zeitgebers* (časovači), např. světlo. Zjistilo se, že chronotyp je časnější o 4 min s každým stupněm zeměpisné délky od východu na západ (odpovídá to východu slunce). Ve střední Evropě je průměrný střed mezi probuzením a usnutím v pracovní a volné dny (MSF_{sc}) okolo 4. hodiny ranní. Jedinci s MSF_{sc} okolo 3:00 jsou už považováni za vzácné ranní chronotypy a okolo 5:00 za večerní chronotypy. Pokud ale uděláme stejné měření v Indii, kde je průměrné MSF_{sc} ve 3:00, tyto jedinci by u nás byli považováni za ranní typy (Roenneberg, 2012).

3.3 Metody měření

U lidí lze fáze rytmu dobře rozpoznat z měření melatoninu nebo tělesné teploty. Tyto metody jsou spolehlivé a přesné, ale vzhledem k velkému množství testovaných subjektů jsou

nepraktické. Proto se využívá sebesposuzujících dotazníků, které obsahují otázky převážně na určení cyklu spánku a bdění. Tyto dotazníky vznikají od druhé poloviny 20. století a jsou překládány do světových jazyků a následně standardizovány pro jednotlivé konkrétní účely. Následující tabulka (tab. 2) shrnuje nejznámější dotazníky a škály, které se využívají. Některé jsou dále více popsány a konkretizovány.

Rok	Název dotazníku/škály	Zkratka	Autor
1976	Dotazník ranních a večerních typů (<i>The Morningness-Eveningness Questionnaire</i>)	MEQ	Horne, Östberg
1979	Dotazník cirkadiálních typů (<i>The Circadian Type Questionnaire</i>)	CTQ	Folkard, Monk, Lobuan
1980	Škála diurnální typologie (<i>The Diurnal-type Scale</i>)	DTS	Torvall, Åkerstedt
1987	Inventář cirkadiálních typů (<i>The Circadian Type Inventory</i>)	CTI	Folkard a další
1989	Složená škála ranních typů (<i>The Composite Scale of Morningness</i>)	CSM	Smith, Reilly, Midkiff
2002	Škála preferencí (<i>The Preferences Scale</i>)	PS	Smith a další
2003	Mnichovský dotazník chronotypů (<i>The Munich Chronotype Questionnaire</i>)	MCTQ	Roenneberg, Wirz-Justice, Mellow

Tabulka 2: Přehled dotazníků a škál pro určování cirkadiální preference

První dotazník k určení chronotypu sestavili J. A. Horne a O. Östberg v roce 1976. Östberg využil dotazník, jehož autorem je O'Shea, k porovnání cirkadiálních rytmů s rytmem příjmu potravy a bazální teploty. Objevil souvislost mezi rytmy a chronotypy. Dotazník přepracoval a rozšířil a ve spolupráci s Hornem jej převedl do anglického jazyka (Horne a Östberg, 1976). Tento dotazník je přeložen do češtiny s názvem **Dotazník ranních a večerních typů** (Morningness-Eveningness Questionnaire, MEQ). Dotazník obsahuje 19 otázek, za které lze získat maximálně 86 bodů. Podle počtu bodů jsou respondenti rozděleni na 5 typů: 86–70 výrazně ranní, 69–59 spíše ranní, 58–42 nevyhraněný, 41–31 spíše večerní, 30–16 výrazně večerní typ. Styl otázek není jednotný, převládají otázky s možností výběru ze 4 odpovědí. Dalším typem je využití označení úseku na časové ose (Horne a Östberg, 1976). Příklad otázek:

- *Vezmete-li v úvahu pouze to, při jakém denním rytmu se cítíte nejlépe, v kolik hodin byste vstávali, pokud byste si mohli zcela svobodně naplánovat svůj den? (vyznačení na číselné ose)*
- *Jak čilý/á se cítíte během první půl hodiny po ranním probuzení? (možnost jedné odpovědi)*

Vůbec ne

Spíše ne

Dostí čilý/á

Velmi čilý/á

- *Předpokládejte, že si můžete vybrat pracovní dobu. Déle předpokládejte, že pracujete 5 hodin denně (včetně přestávek), Vaše práce je zajímavá a placená podle výsledků. Kterých pět po sobě jdoucích hodin byste si vybral/a? (vyznačení na číselné ose)*

K ověření validity bylo využito kolísání orální tělesné teploty. Výsledky ukázaly, že ranní typy mají teplotu vyšší než večerní a hodnoty maxima je dosaženo o jednu hodinu dříve, v 19:32. Teplota u nevyhraněných typů dosáhla maxima v 20:25. Rozdíl byl i v čase uléhání do postele. Ranní typy chodí spát o 99 minut dříve než večerní a jejich čas vstávání je posunutý o 114 minut (Horne a Östberg, 1976). O český překlad se zasloužili Vávrová, Kráčmarová, Plháková⁴.

Mnichovský dotazník chronotypu (The Munich Chronotype Questionnaire, MCTQ) sestavil s týmem spolupracovníků Till Roenneberg v roce 2003. Dotazník vychází z rozdílu mezi fází cirkadiálního rytmu a časovače. Ve všech otázkách je odděleno období pracovních a volných dnů. Tento dotazník byl validován s vysokým korelačním koeficientem podle hladiny melatoninu a aktimetrie. Dává do souvislosti genetické dispozice, spánkový deficit během pracovního týdne a vystavení se slunečnímu světlu. Delší pobyt na slunečním světle způsobuje větší tendenci k usnutí. Dotazník je rozdělen na dvě části. V první části se ve většině vypisuje časový údaj do věty a otázky jsou rozděleny na pracovní a volné dny. Najdeme zde i typ otázek na určení správnosti tvrzení. V druhé části respondenti posuzují sebe i svoji rodinu na bodové škále 0–6, kde 0 symbolizuje extrémně časný typ a 6 extrémně pozdní typ⁵ (Roenneberg et al., 2003).

Příklady otázek (verze 2015):

- *Probouzím se v.....hodin. (doplnění časového údaje)*
- *V pracovních dnech používám budík. (výběr odpovědi) ANO NE*
- *Piji.....sklenic piva (0,33) (za den/týden/měsíc) (doplnění časového údaje)*
- *V průměru strávím venku na denním světle (bez střechy nad hlavou) následující dobu: (doplnění časového údaje)*

V pracovních dnech:hodin.....minut

Ve volných dnech:hodin.....minut

Dotazník byl podán 500 respondentům různé věkové kategorie v Německu a ve Švýcarsku. Jako referenční bod pro výzkum chronotypu byl určen střed mezi usnutím a probuzením,

⁴ Na standardizaci a úpravě se podílí výzkumná skupina v NUDZ pod vedením D. Janečkové (Janečková, D., NUDZ, Klecany, osobní sdělení 29. 4. 2016).

⁵ Dotazník byl přepracován v roce 2015. Je nově rozdělen na 5 částí: pracovní dny, volné dny, údaje o práci, pobyt venku, povzbuzující látky (Janečková, D., NUDZ, Klecany, osobní sdělení 29. 4. 2016).

tzv. *midpoint of sleep* (MSF). V pracovní dny je střed spánku v 3:10 a ve volných dnech posunutý o necelé dvě hodiny na 5:02. Tento velký rozdíl je zapříčiněn sociálními hodinami, tedy společenským tlakem. Proto je spánková struktura našeho každodenního života ovlivňována interakcí tří složek: biologickými, sociálními a slunečními hodinami (Roenneberg et al., 2003).

Tyto dva nejčastěji používané dotazníky byly dány 2481 respondentům v Nizozemsku. MEQ má vysoký korelační koeficient s MSF ve volné dny z MCTQ. Určení chronotypu je tedy podle obou dotazníků velmi shodné. MCTQ navíc podává informace o spánkovém chování pod přirozenými podmínkami (Zavada et al., 2005). MEQ je lepší použít, pokud studujeme psychologické rozdíly, a MCTQ by měl být využit, jestliže má chronotyp reprezentovat cirkadiánní charakter (Roenneberg, 2015).

Carlla Smith, Christopher Reilly a Karen Midkiff vypracovali dotazník **Složená škála ranních a večerních typů** (The Composite Scale of Morningness, CSM) v roce 1989. Byl sestaven tak, aby jej bylo možné využít k určení typu lidí, kterým nedělá problém práce v nočním nebo směnném provozu. Využili 9 otázek z dotazníků MEQ a 4 otázky z DTS (Škála diurnální typologie, Torvall a Åkerstedt, 1980). Dosáhnout lze až 55 bodů, přičemž 44 a více značí ranní typ, 43–23 nevyhraněný typ, 22 a méně večerní typ (Smith et al., 1989).

V důsledku vyrovnání nedostatků CSM byla sestavena nová verze **Škála preferencí** (The Preferences Scale, PS). Tento dotazník publikovala C. Smith v roce 2002. Formát a různý počet odpovědí ve výběru mohly zvyšovat chybovost v CSM. V PS je využito porovnání načasování činnosti vůči ostatním lidem. Zároveň jsou zde zohledněny populační rozdíly, a proto je výzkum proveden ve více zemích Evropy, Ameriky a Asie. Celkem obsahuje 12 jednoduchých otázek, na které se odpovídá na číselné škále 1–5. Hodnota 1 znamená, že činnost respondent vykonává mnohem později než většina lidí, a hodnota 5 značí vykonávání činnosti mnohem dříve než u většiny lidí. Výsledné rozmezí je 12 bodů (výrazně večerní typ) až 60 bodů (výrazně ranní typ) (Smith et al., 2002).

Příklad otázek:

- *Kdy byste preferoval/a vstávat?*

1 2 3 4 5

- *Kdy byste preferoval/a začínat svoje zaměstnání každý den?*

1 2 3 4 5

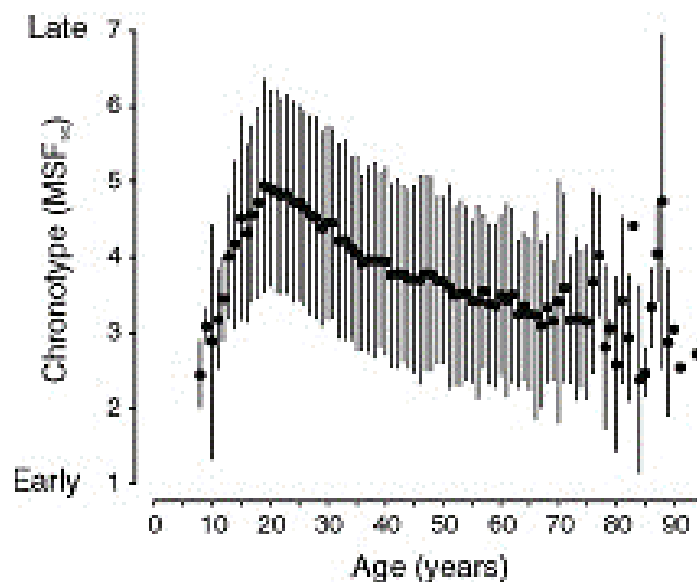
- *Kdy byste preferoval/a konat namáhavé fyzické cvičení?*

1 2 3 4 5

V roce 1987 vydal Simon Folkard **Inventář cirkadiálních typů** (The Circadian Type Inventory, CTI). Tento sebehodnotící dotazník vychází z Dotazníku cirkadiálních typů (CTQ), který vydal Simon Folkard v roce 1979. CTI obsahuje dvě hodnotící škály a každá obsahuje 15 otázek. Jsou sledovány dva faktory. FR (flexibility/rigidity) faktor obsahuje položky na flexibilitu a rigiditu spánkových návyků, je to ukazatel spánkové stability. Druhý faktor LV (languid/vigorous) značí rozpětí amplitudy rytmu. V roce 2004 došlo k přepracování dotazníku a posouzení jeho spolehlivosti. Nyní se používá 11položkový dotazník, který je z psychometrického hlediska lepší. Obsahuje 5 otázek na FR faktor a 6 na LV faktor (Di Milia et al., 2004).

3.4 Chronotyp v závislosti na věku

Chronotyp není po celý život jedince stálý, ale během života dochází k posunu fáze spánku. Od narození, kdy se nám ustálí cyklus spánku a bdění, se tato fáze postupně prodlužuje a tíhneme k večerním typům. Naopak se zvyšujícím se stářím se preference změní na ranní typ (obr. 5). Z výzkumů vyplývá, že s rostoucím věkem se zkracuje doba spánku, osoby dříve uléhají a dříve se probouzejí, spánek není tak hluboký (nižší procento SWS). Dále je snížena REM aktivita a prodloužená fáze NREM1 (Carrier et al., 1997).



Obrázek 5: Změny chronotypu v závislosti na věku (Roenneberg et al., 2004)

Přechod k večerní preferenci je nejvíce patrný mezi 12. – 15. rokem, který je spojován s pubertálním vývojem a zvýšenou sekrecí pohlavních hormonů. Změna na večerní preferenci je ukazatelem konce dospívání (Randler, 2011). Obecně mají ženy dřívější nástup pozdního typu než muži. Ženy dosahují maxima pozdního typu kolem 19. roku života a muži ve 21 letech.

Pohlavní rozdíly mizí zhruba kolem padesáti let (Roenneberg et al., 2004). U žen je navíc přechod na ranní preferenci více patrný ve spojení s nástupem menopauzy (dojde ke snížení pohlavních hormonů) než ve spojitosti s věkovou hranicí (Randler a Bausback, 2010). Ze studie Ch. Randlera a V. Bausbacka (2010) vyplývá spojitost ranní preference u žen s přítomností partnera.

Souvislost celoživotní preference chronotypu s pohlavím nebyla jednoznačně prokázána, v některých studiích se objevila zvýšená pravděpodobnost ranních typů u žen (Roenneberg et al., 2004; Randler, 2011; Tonetti et al., 2011) a jinde nebyla prokázána žádná souvislost (Zimmermann, 2011; Plháková et al., 2013). Dle výskytu genu *Per3* je kratší nebo delší alela stejně pravděpodobně zastoupena v obou pohlavích (Jones et al., 2007).

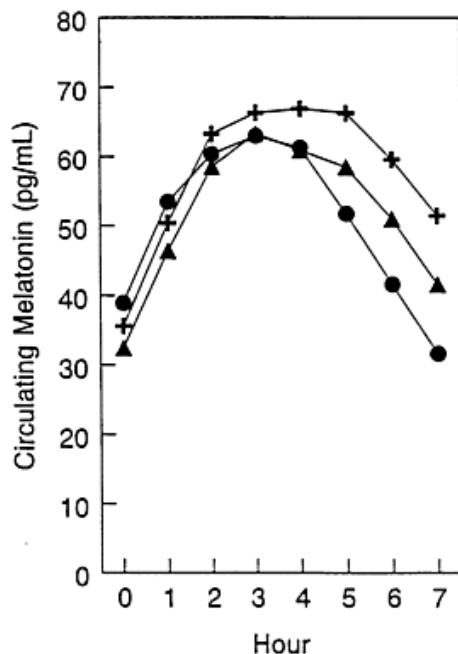
Spekulace o načasování chronotypu v závislosti na datu narození jsou velmi časté. Z některých výzkumů vyplývá, že děti narozené v ročním období podzim – zima jsou spíše ranní typy. Bylo to pozorováno jak u dospělých, tak adolescentů (Tonetti et al., 2011). Tento aspekt nemůžeme naprosto zobecnit, jelikož ve výzkumech často dochází k nepřesnému určení ročního období, nebere se v úvahu změna zeměpisné polohy a věkové rozložení sledované skupiny. V německém výzkumu, který místo data narození použil fakta o délce fotoperiody ve dne narození u 3 000 adolescentů, je patrná spojitost. Narození v průběhu zvyšující se fotoperiody (únor – duben) mají znatelně pozdější bod MSF_{sc} než ti, kteří se narodili v době klesající fotoperiody (srpen – říjen). Spojitost s dlouhou nebo krátkou fotoperiodou nebyla s chronotypem nalezena. Účinek fotoperiody mohl být maskován např. pubertálním vývojem (Vollmer et al., 2012).

3.5 Ranní chronotyp

Ranní ptáče, skřivan, časný chronotyp, to všechno jsou synonyma pro ranní cirkadiánní preferenci. V populaci kopíruje rozdělení chronotypu Gaussovu křivku. Nejvíce je nevyhraněného typu a po stranách ranní a večerní typ. Skřivani mají předsunutou fázi spánku, což znamená, že usínají v brzkých večerních hodinách a probouzí se brzo ráno (Sateia, 2014). Můžeme se ptát, zda platí rčení: „Ranní ptáče, dál doskáče.“. Ptáčata dosahují svého tělesného i psychického maxima brzo v dopoledních hodinách. Jsou tedy schopná dopoledne dělat náročnější úkoly, řešit analyticky problémy.

Skřivani dosahují teplotního maxima o dvě hodiny dříve a mají nižší amplitudu kolísání teploty. Doba mezi minimální teplotou a probuzením je delší (3 hod.) než u večerních typů (2 hod.) Tento rozdíl značí, že ptáčata se probouzejí v pozdější fázi cirkadiánního rytmu (Duffy et al., 1999). Hladina kortizolu je po probuzení vyšší a díky tomu jsou ptáčata

po ránu aktivnější (Bailey a Heitkemper, 2001). Naopak je u nich časnější večerní sekrece melatoninu, která způsobuje dřívější tendenci ke spánku. Cirkadiánní preference silně souvisí s akrofází melatoninu. Naopak vztah s amplitudou nebyl zaznamenán. Křivka melatoninu (obr. 6) je u ranních typů strmější, po dosažení maxima koncentrace rychleji klesá (Duffy et al., 1999; Gibertini et al., 1999).



Obrázek 6: Hladina melatoninu v noci (kolečko = ranní typ, křížek = večerní typ, trojúhelník = nevyhraněný typ) (Gibertini et al., 1999)

Ptáčata jsou více sportovně založená, celkově jsou fyzicky zdravější a mají pozitivnější sebehodnocení. Z výzkumu Kauderera vyplývá, že ranní typy adolescentů mají obecně zdravější životní styl. Méně sledují televizi, věnují se sportu, více čtou. Na rozdíl od večerních typů tráví méně volného času se svými kamarády (Kauderer a Randler, 2012). Studie osobnostní charakteristiky skřivanů ukazují, že mají větší tendenci být introvertní, svědomití, vytrvalí, příjemní a emocionálně stabilní (Muro et al., 2009; Adan et al., 2010). Podle sebehodnotících dotazníků kvality života jsou více spokojeni než večerní typy (Jankowski, 2012).

Zjišťování cirkadiánní preference je možné použít při výběru kandidátů do směnného provozu. Předěšlo by se tak úrazům na pracovišti způsobeným únavou, nepozorností, delší reakční dobou. Ranním typům přesně nastavený režim ztěžuje práci na směnný provoz a vyrovnání se střídáním směn je pro ně mnohem obtížnější než pro nevyhraněný či noční typ (Seo et al., 2000). Raději pracují v normální pracovní době, která začíná mezi 6. – 8. hodinou.

Kognitivní funkce se v průběhu dne mění. Vrchol nastává v největší míře bdělosti. U skřivanů je tato doba v dopoledních hodinách a u pozdních typů v odpoledních.

Tento jev se nazývá synchronní efekt (*effect of synchrony*). Na výkonnost působí i další okolnosti (motivace, zkušenost, typ kognitivních procesů, psychický stav jedince), které nejsou spojené s cirkadiánní preferencí. Výzkumy však ukázaly, že preference má vliv na vybavování informací z dlouhodobé paměti (Fabbri et al., 2012). Většina ranních typů je spojena s levostranným stylem myšlení. Využívají analytický a sekvenční způsob uvažování. Reprezentují se spíše verbální stránkou (Fabbri et al., 2007). Skřivani přijímají informace z okolí na základně pragmatických dat a přímé zkušenosti. Ve svých reakcích zvažují společenské normy a pravidla. Tato charakteristika byla určena podle Cloningerovy teorie temperamentu a charakteru na základě negativní korelace s hledáním novosti a pozitivní korelace s vytrvalostí (Randler a Saliger, 2011). Vollmer a Randler (2012) se zaměřili na osobní hodnoty dospívajících s různou cirkadiánní preferencí. Ranní typy upřednostňovaly sociální hodnoty (konzervativní, transcendentní) na rozdíl od večerních typů upřednostňujících osobní hodnoty (otevřenost, sebezdokonalování).

3.6 Večerní chronotyp

Večerní chronotypy, nebo-li tzv. sovy, mají zpožděnou fázi spánku. Jejich nastavení biologických hodin je posunuté. Když už skřivani uléhají ke spánku, sovy mají největší aktivitu. Chodí spát pozdě v noci, někdy až brzy ráno, a probouzí se v dopoledních hodinách. Jejich pozdní vstávání posunuje i výkonnostní křivku s maximem do pozdního odpoledne. Často se u těchto typů objevují poruchy spánku. Hlavním důvodem je nepravidelný spánkový režim. Nedostatkem spánku během pracovního týdne se neustále zvětšuje spánkový dluh, který dohánějí až o víkendu (Taillard et al., 1999). K tomuto typu více inklinují mladí a teenageři (více popsáno v kapitole Chronotyp v závislosti na věku) (Roenneberg et al., 2004).

Teplota sov dosahuje svého maxima o dvě hodiny později než u ranních ptáčat. Celková křivka teploty je posunuta o 0,2°C níže (Duffy et al., 1999). Sekrece melatoninu a kortizolu je u jedinců s večerní preferencí nižší a pozdější (Randler a Schaal, 2010).

Večerní typy nemají problém se vyrovnat s prací ve směnném provozu. Nebývají ospalí, unavení a během spánku po noční službě se probouzí méně než ranní typ (Khaleque, 1999). Tlakem společenského života (pracovní směny, začátek školy) často dochází k desynchronizaci sociálních a biologických hodin. Tento jev nazýváme sociální jet-lag. Důsledkem jsou časté poruchy spánku, poruchy příjmu potravy, psychické problémy apod. (Wittmann et al., 2006).

Díky svému posunutému režimu se stravují v odlišných intervalech, než je obvyklé. Po probuzení obvykle nesnídají, a protože uléhají ke spánku pozdě, večeří v noci. S fázovou změnou spánku byla zjištěna souvislost se sklonem k obezitě. Stravovací

návyky však nejsou jediným důvodem k poruchám trávicího traktu. Mimo jiné je s tím spojený i společenský život, sklon k větší pasivitě a pohodlnosti, pracovní doba a nepravidelný spánkový režim (Meule et al., 2012; Ogbagaber et al., 2012; Garaulet a Madrid, 2010). Se sovami je často spojované užívání psychoaktivních látek (kofein, alkohol a nikotin). V mnoha světových studiích je tato pozitivní korelace potvrzena (Wittmann et al., 2006; Tavernier a Willoughby, 2013; Díaz-Morales et al., 2014). Častěji experimentují s alkoholem a nelegálními drogami (konopí, extáze). Užívání těchto látek je spojováno právě s přizpůsobením se společenským podmínkám. Stimulanty posilují bdělost a denní aktivitu v době, kdy je přirozenými cirkadiálními rytmy potlačena. Zpočátku jsou účinky velice znatelné, a proto často dochází k vybudování závislosti (Prat a Adan, 2011).

Dospívající tráví více času s kamarády, ale zároveň vysedávají častěji za obrazovkami počítače či televize. Sovy mají větší tendenci žít usedavým, nezdravým životním stylem (Kauderer a Randler, 2012). Osoby večerního typu vykazují větší spojitost s emocemi, novostí a nerozhodností. Informace z vnějšího prostředí zpracovávají na základě emocionálních a subjektivních parametrů. Bývají velmi kreativní a hledají nové způsoby řešení. V sociálním kontaktu zpravidla postrádají sebevědomí (Caci et al., 2004). Z dotazníků hodnotících kvalitu života vyčteme větší nespokojenost a nízké sebevědomí na rozdíl od cílevědomých ptáčat (Jankowski, 2012). Z Cloningerovy teorie vyplývá pozitivní korelace s hledáním novosti, ale negativní korelace s vytrvalostí a spoluprací. Charakter sov je spojován s dimenzí sebepřesahu (*self-transcendence*) (Randler a Saliger, 2011). Pozdní typy se sklonem k extravaganci a neurotismu častěji riskují a jsou více impulsivní a vyhledávají dobrodružství (Randler, 2008).

Styl myšlení se váže více s pravou mozkovou hemisférou. Zpracovávají informace intuitivním, holistickým, celostním způsobem. Využívají neverbální komunikaci. Častěji projevují svoje emoce a postoje (Fabbri et al., 2007). Dominance pravé a levé hemisféry se mění v průběhu dne. Ukázalo se, že levá hemisféra má největší výkonnostní vliv v 12:00 na prostorové stimuly a pravá hemisféra dominuje v 19:47 na verbální podněty. Toto může být významný faktor pro vysvětlení sklonů k různým stranám myšlení (Iskra-Golec, 2006). Synchronní efekt řešení kognitivních úkolů odpoledne a ve večerních hodinách se nevztahuje na kreativní úkoly, které lépe řeší v neoptimální době (Fabbri et al., 2012; Roeser et al., 2015). Giampietro a Cavallera (2007) publikovali výsledky, které ukazují spojení večerních typů s kreativním a tvořivým myšlením. Mají tendenci mít více nápadů, hypotéz a řešení, což jim umožňuje snadněji měnit svoji koncepční strategii. Studie jasně ukazuje sklony k originalitě, která se vyznačuje tendencí podávat neobvyklou odpověď.

4 Vliv cirkadiánní preference na vzdělávání

Z předchozích kapitol můžeme usoudit, že fyziologie člověka je nastavována přes biologické hodiny, které člověka výrazně ovlivňují i ve vztahu ke společnosti. Mezi extrémními chronotypy jsou vidět značné rozdíly, které jsou v opačné či posunuté fázi. Nastavením společenských podmínek jsme všichni tlačeni ke stejnému dennímu režimu. Otvírací doba obchodů, ordinační doby lékařů, začátek pracovní doby v ranních hodinách, jízdní řád veřejné dopravy a školní vyučování jsou nastaveny převážně do dopoledních hodin a na odpoledne a večer zbývá čas na relaxaci a přípravu na další den. Právě vyučování na školách je věnována tato kapitola. Podíváme se na počátky zavedení povinné školní docházky v dopoledních hodinách, stanovení začátku vyučování vyhláškou a na výzkumy zkoumající vliv chronotypu na vzdělávání.

4.1 Zavedení povinné školní docházky

Na našem území bylo vyučování od počátku soustředěno do klášterů a far. Porozumění Písmu svatému a šíření evangelia se neobešlo bez znalostí svobodných umění (gramatika, logika, přírodní vědy a rétorika). Do 12. století byly ve světě školy určené hlavně pro vzdělávání kleriků a noviců směřujících do kněžského povolání. Významné rodiny si pak zvaly soukromé perceptory. Doba klášterních a katedrálních škol končí v době vzniku univerzit. Postupně se diverzifikuje vzdělávání a posluchačstvo (Riché a Verger, 2011).

Francouzský scholastik Marbod z Rennes (12. stol.) popisuje rozvrh dne ve své básni: *„Vstává se velice časně, pak čtyři hodiny probíhá lectio⁶. Po obědě přichází odpočinek a hry. Následuje cvičení, jehož výsledky se zapisují na tabulky. Nakonec další lectio až do večere.“* (Riché a Verger, 2011, s. 99).

Jan Amos Komenský (1592-1670), biskup, spisovatel a pedagog, je jednou z nejznámějších postav z oblasti pedagogické teorie. Komenský rozvrhl vzdělávání po celý lidský život. Zastával myšlenku, že člověk sice nabývá vzdělání zejména v mládí ve škole, ale neměl by zapomínat, že celý život je školou. Vypracoval systém vyučovacích hodin ve třídách na každou hodinu, den, měsíc a školní rok (Kasper a Kasperová, 2008).

V roce 1774 došlo k velké školské reformě. Marie Terezie vyhlásila platnost školského řádu (Všeobecný školský řád pro německé normální, hlavní a triviální školy ve všech císařských dědičných zemích), který vypracoval Johann Ignác Felbiger. Řád předepisoval povinnost navštěvovat školu dětem od 6 do 12 let, kterým nebylo možno z finančních důvodů zajistit

⁶ Lectio = přednášky, především výklad biblických textů

domáciho učitele. Marie Terezie prohlašuje školu za věc státu, nikoli církve. Organizace školního roku podléhala zemědělskému životu na venkově nebo se řídila chodem městského života. V zimě se vyučovalo od 8 do 11 hodin a v létě od 7 do 10 hodin a poté od 14 do 16 hodin (Kasper a Kasperová, 2008).

Poslední třetina 19. století je zlomovým obdobím pro utváření českého školství. Hasnerův zákon z roku 1869 zavádí osmiletou školní povinnost a zřízení osmiletých obecných a měšťanských škol. Výuka se uskutečňovala převážně v dopoledních hodinách. Tento systém přetrval až do doby meziválečné. Ucelený školský systém, jak jej známe nyní, je ukotven ve školském zákoně (562/2004 Sb.) z roku 2004 (Kasper a Kasperová, 2008).

4.2 Začátek vyučování

Zahájení výuky je směřováno do ranních hodin. Na základě studií se ukázalo, že při posunutí výuky do pozdějších dopoledních hodin dochází k zlepšení výsledků, s největší změnou u podprůměrných žáků. Výsledky se zlepšily nejméně o 2 percentilové body (Finley, 2012). Začátek vyučování si může každá škola do jisté míry zvolit. Tuto možnost využívá minimum škol a spíše se přiklání k tradičnímu zahájení výuky kolem 8. hodiny ranní. Ve vyhlášce je však stanoveno rozmezí denní doby.

Dle vyhlášky 256/2012 Sb. v §1 je stanovena organizace výuky takto⁷:

- odst. 1 Vyučování začíná zpravidla v 8 hodin, nesmí však začínat dříve než v 7 hodin. Vyučování musí být ukončeno nejpozději do 17 hodin.*
- odst. 3 Žáci mohou mít v dopoledním vyučování nejvýše 6 vyučovacích hodin a v odpoledním vyučování nejvýše 6 vyučovacích hodin. Konkrétní počet vyučovacích hodin stanoví škola s přihlédnutím k charakteru vzdělávací činnosti a k základním fyziologickým potřebám žáků.*
- odst. 5 Přestávky mezi vyučovacími hodinami jsou nejméně desetiminutové. Během dopoledního vyučování, zpravidla po druhé vyučovací hodině, se zařazuje alespoň jedna přestávka v délce nejméně 15 minut. Přestávka mezi dopoledním a odpoledním vyučováním trvá nejméně 50 minut. V případech hodných zvláštního zřetele lze zkrátit některé desetiminutové přestávky na nejméně 5 minut a přestávku mezi dopoledním a odpoledním vyučováním na nejméně 30 minut. Při zkracování přestávek ředitel školy přihlédne k základním fyziologickým potřebám žáků.*

⁷ Vyhláška 48/2005 Sb. (O základním vzdělávání a některých dalších náležitostech plnění povinné školní docházky) byla novelizována v roce 2012 (vyhláška 256/2012 Sb.).

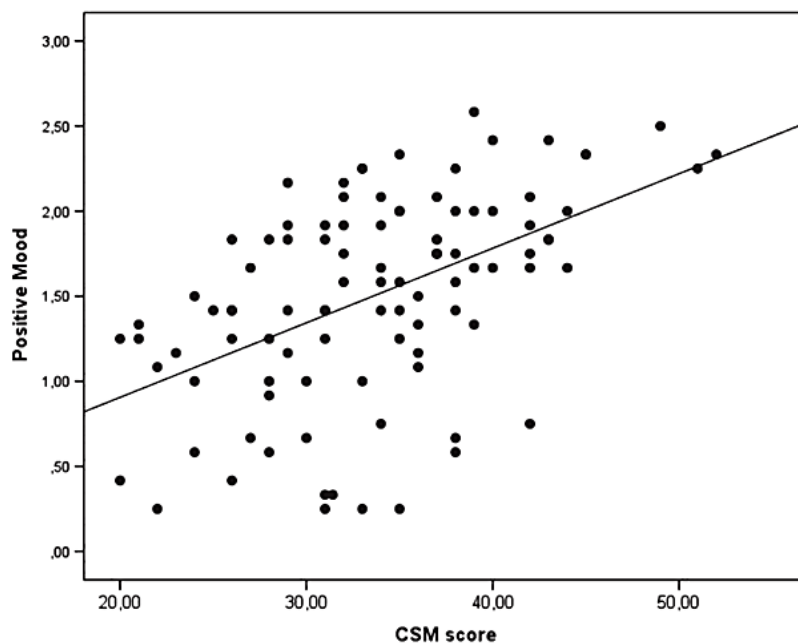
4.3 Chronotyp vs. vzdělávání

Cirkadiánní preference není během života jedince stálá. Mění se v závislosti na věku, a to ve dvou fázích. Během dospívání se fáze prodlužuje a tíhneme k večerním typům. Po ukončení dospívání se stáváme více a více ranními typy. Tento posun v chronotypu je spojován s biologickými hormonálními změnami a nastává mezi 12. – 15. rokem (Randler, 2011). Sociální faktory jsou vyloučeny hned z několika důvodů: pozdější usínání je dřívější u dívek než u chlapců a shoduje se s dřívějším pubertálním vývojem; posun je pozorován v různých zemích a kulturách; změny nastávají i v laboratorních studiích; posun nastává při udržování konstantních sociálních podmínek (stejná škola, podobné sociální vlivy); jiné savčí druhy vykazují podobnou změnu, výzkumy ukázaly vliv pohlavních hormonů na chronotyp (Hagenauer et al., 2009).

Pokud žáci tíhnou k večerní preferenci a škola začíná v brzkých ranních hodinách, může dojít k časovému rozladění. Mají tedy vyšší náchylnost k sociálnímu jet-legu. Desynchronizace biologických a sociálních hodin vede ke spánkovým deprivacím, které jsou jedním z důvodů horších studijních výkonů (Wittmann et al., 2006). Obecně se ukázalo, že dospívající večerního chronotypu mají horší školní výsledky (Tonetti et al., 2015). Na úspěšnost má vliv i několik dalších faktorů: inteligence, svědomitost a motivace. Studie spojující tyto faktory s cirkadiánní preferencí nebyla zatím provedena (Arbabi et al., 2015). Se sovami je spojována vyšší inteligence, což může být v rozporu s horším studijním prospěchem. Tato kontraproduktivní zjištění mohou ukázat velký vliv sociálního jet-legu a spánkové deprivace, které studenty ve škole znevýhodňují (Preckel et al., 2011). Beşoluk (2011) provedl výzkum na vysokoškolských studentech. Jedna část studentů měla vyučování situované do ranních hodin (8:00 – 14:50) a druhá do odpoledních (15:00 – 21:50). Závěrečný test byl psán dopoledne (9:45). Úspěšnost ranních typů byla znatelně vyšší, ukázalo se, že načasování testu má dopad na výsledky. Tonetti s kolektivem (2015) porovnal několik studií zabývajících se studijními výsledky a cirkadiánní preferencí. Použil studie provedené na žácích (13–18 let, 15 studií) a univerzitních studentech (19–26let, 16 studií) od roku 1989 do roku 2014. V porovnání s univerzitními studenty dosahovali žáci nižších studijních výsledků. Vysvětlením může být větší variabilita a možnost přizpůsobit si do optimální doby rozvrh na univerzitě. Žáci mají pevně danou dobu vyučování, a proto se mohou setkávat s většími obtížemi. Dalším důvodem může být rozdíl v souboru vzorků. Zatímco u žáků je symetrické rozvrstvení podle kognitivních schopností, u studentů na univerzitě je předpoklad vyšší inteligence. Sebehodnocení u večerních typů je většinou negativnější než objektivní hodnocení.

Zlepšení výsledků bychom mohli docílit motivací a zvýšením sebevědomí (Escribano a Díaz-Morales, 2016). Rozdíl mezi úspěchem dívek a chlapců není spojený s cirkadiánní preferencí (Tonetti et al., 2015).

V popisu jednotlivých chronotypů byl zmíněn rozdíl v charakteru osobnosti (viz. kapitoly Ranní chronotyp, Večerní chronotyp). Randler (2014) se zaměřil na citové rozpoložení během první vyučovací hodiny (začátek v 8:00). Na obrázku 7 je vidět závislost nálady na chronotypu žáků (10–17 let). Večerní typy dosahují nižších hodnot pozitivní nálady než ranní typy. Skřivani byli spojeni s relaxací, dobrou náladou, nabuzením a negativním vztahem ke špatné náladě a hněvu. Nebyl zaznamenán vztah mezi výsledky dotazníku CSM a podrážděním, agresivitou, úzkostí a depresemi. Ranní typy během dne dosahují oproti sovám vyšších hodnot v energičnosti, ostražitosti a nižší únavy (Hasler et al., 2010). Pozitivní přístup kolísá během dne u obou chronotypů (Díaz-Morales et al., 2015).



Obrázek 7: Závislost CSM hodnoty (vyšší skóre = ranní preference) a pozitivní nálady (vyšší skóre = velmi pozitivní) u dospívajících během první vyučovací hodiny v 8:00 (Randler et al., 2014)

Podle studie Takeuchiho (2001) mohou hrát roli časovačů přírodní podmínky (světlo, teplo), sociální prostředí (škola, rodina), fyziologické (stravovací návyky) a psychologické podmínky (péče rodičů). Se změnou cirkadiánní preference dětí dochází k častějším problémům v rodině a zhoršenému chování. Posun do večerních hodin bývá u dospívajících označován za riskantní faktor. Agresivita, deprese, hyperaktivita, sociální problémy, sebevražedné sklony, poruchy pozornosti a další méně pozitivní vlastnosti vedou k problematické socializaci. Častější frekvence konfliktů v rodinách a větší funkční samostatnost jsou prediktorem večerního nastavení dítěte. Dokonce mají větší vliv

na chronotyp než věk a pubertální vývoj (Díaz-Morales et al., 2014). Rodina hraje důležitý faktor v nastavení cyklu spánku a bdění. Děti mají rytmus od malička ovlivňován rodiči. Pozitivnější atmosféra v rodině byla zaznamenána při delším spánku. Ten je spojen s přísnějšími rodičovskými pravidly, k nimž patří např. brzké uléhání (Lemola et al., 2012). Rodičovskou kontrolou dospívajících dětí a kladením důrazu na dostatečný spánek se může částečně předejít vzniku zdravotních problémů (Gangwisch et al., 2010). Vliv rodičů na čas spánku je větší v příměstských částech a na vesnicích než ve městě. Ukázalo se, že ve spojitosti s tímto jevem jsou ve městě častější večerní typy než na vesnicích. Rozdíl je dán i zvyklostmi, sociálním nastavením (doprava za prací, práce v zemědělství) (Takeuchi et al., 2001). Sovy častěji inklinují k alkoholu, kouření a pití kávy v dospívání i v dospělém věku. Konzumace psychoaktivních látek vede k nižší svědomitosti, sníženému pracovnímu výkonu a zvýšenému vyhýbání se úkolům (Preckel et al., 2013).

Odchod do školy bez snídaně a nepravidelný stravovací režim vede k obezitě, cukrovce a dalším zdravotním problémům. U obézních lidí došlo ke statisticky významnému posunu fáze spánku a aktivity (Gallant et al., 2013). Během dne mají večerní typy větší časovou prodlevu mezi jídly než skřivani. Skřivani mají také větší pocit viny za chutě. Vynechání snídaně je jeden z důsledků sociálního jet-lagu, ale diskutuje se i o vlivu peptidů regulujících chuť k jídlu, které vykazují denní rytmus. V souvislosti s tím by načasování jídla sovy mohlo být ovlivněno biochemickými rytmy (Meule et al., 2012). Porovnáním dospívajících dívek tíhnoucích k večerní preferenci a dívek s ranní preferencí se ukázala vysoká korelace s poruchami příjmu potravy. Větší nespokojenost se svojí váhou a tendence hubnout byla prokázána o víkendu, kdy měla většina dívek vstávání přizpůsobené svému rytmu. Naopak v týdnu mělo větší procento děvčat čas vstávání řízený rodiči a dosahovaly nižších hodnot. Spojitost vstávání s bulimií se však neprokázala. Souvislost mezi cirkadiánní preferencí a poruchami příjmu potravy se více objevuje v období dospívání (Schmidt a Randler, 2010).

Kromě jiného je s nedostatkem spánku také spojována hyperkinetická porucha (ADHD). Projevuje se nepozorností, impulzivitou a hyperaktivitou. Z tohoto důvodu jsou většinou definovány tři podtypy: převážně nepozorný, převážně hyperaktivní – impulzivní a kombinace obou typů (Caci et al., 2009). ADHD se projevuje častěji u lidí s večerní preferencí. Dochází k poruchám funkcí, které jsou řízeny SCN (abnormální časové signály pro kognitivní, neuroendokrinní, spánkové změny). Že SCN může modulovat pozornost, se zjistilo na základě pacientů s lézí ve středním hypotalamu, které jádro zničily (Sylvester et al., 2002). U dětí dochází k poruchám rytmu kvůli nespavosti, desynchronizaci cirkadiánního rytmu (Caci et al., 2009).

Odborní pracovníci navrhnou hned několik řešení ke zlepšení podmínek pro žáky s večerním chronotypem. Mezi velmi diskutované patří posunutí začátku školního vyučování do pozdějších hodin. Na skřivany tento posun nebude mít velký vliv a sovám to pomůže. Avšak přeorganizování školní výuky by vedlo ke změně celého sociálního života. Mnoho rodičů odvádí děti do školy tak, aby mohli jít včas do práce, využívají ranní školní družiny, školy se přizpůsobují dopravním podnikům a jízdním řádům kvůli dopravě dětí z příměstských oblastí (Tonetti et al., 2015). Wahistrom (2002) provedl čtyřletou studii o dopadu měnění se začátku vyučování od 7:20 do 8:40 hod. na 7 školách. Studenti získali o hodinu delší spánek v týdnu a zlepšila se denní ospalost a docházka. Studijní výsledky se též zlepšily, ale změna nebyla signifikantní. Alternativou k posunutí začátku školy by mohla být úprava rozvrhu a posloupnosti vyučovacích metod (nezařazovat obtížné předměty hned na začátek vyučování) (Klein, 2004).

Přechod do letního času dělá sovám větší problém než skřivanům. Doporučení pro učitele by mělo být, aby nedávali v této době testy a počkali, až si žáci zvyknou na nový režim dne (Schneider a Randler, 2009). Zároveň ve spojitosti s větším kreativním myšlením večerních typů je možnost využívat metody více zaměřené na pravostranné myšlení. Sovy tento styl využívají více než jiní a ve školách jim je dáván malý prostor. Mohou být využity například některé tyto metody: „1) zajistit rovnováhu mezi konkrétními daty (reálná data a hypotetické experimenty a jejich výsledky) a abstraktními pojmy (teoretické a intuitivní informace); 2) zadávat úkoly k procvičení základních metod, které byly vyučovány ve škole, ale také úlohy s otevřeným závěrem, které vyžadují analýzu a syntézu; 3) používat obrázky, grafy a filmy po ústní části hodiny; 4) ocenit kreativní řešení a návrhy, přestože jsou chybné a mluvit se studenty o různých učebních stylech s cílem zlepšit jejich studijní výsledky“ (Díaz-Morales a Escribano, 2013, s. 1237–1238).

U středoškolských a vysokoškolských žáků dochází často k velkému úbytku studentů po prvním ročníku. K nedokončení prvního ročníku může vést neznalost vlastní cirkadiánní preference. V prvním ročníku se doporučuje provést test na určení chronotypu, aby si student mohl sestavit rozvrh dle vlastních potřeb (Kirby a Kirby, 2006).

K lepším výsledkům vede i dobrý učitel. Sovy díky nižšímu sebevědomí potřebují větší podporu od učitele a motivační prvky (Escribano a Díaz-Morales, 2016). Jako další faktor pro zvýšení aktivity a výsledků žáků jsou světelné předpoklady. S větším přísunem denního světla byly prokázány lepší studijní průměry. Proto by se při rekonstrukci a stavění nových škol měl tento aspekt brát v úvahu (Heschong et al., 2002).

5 Závěr

Význam chronobiologie je zkoumán od druhé poloviny 20. století. Vědecké studie a výzkumy ukazují důležitost časového měřítka v životě organismů. Pod vlivem periodicky se měnících podmínek prostředí si organismy si vytvořily vlastní endogenní řízení, které do jisté míry kopíruje změny vnější. Hlavní centrum řízení biologických hodin je v suprachiasmatickém jádře. SCN přijímá informace z vnějšího prostředí i z dalších mozkových částí. Při exogenním působení je ovlivňována jeho oscilace a změna periody. Bez vnějšího působení generují hodiny vlastní oscilaci. Cirkadiánní rytmy mají délku periody bez synchronizace delší než 24 hodin. S periodou trvající přibližně jeden den kolísá hladina některých hormonů nebo se střídá cyklus spánku a bdění.

Ve střídání fáze spánku a bdění jsou individuální rozdíly, díky kterým se určuje cirkadiánní preference. U lidí s ranní preferencí dochází ke zkrácení periody a tím i k dřívějšímu usínání a včasnému rannímu probouzení, hladina melatoninu stoupá v časných večerních hodinách, teplota dosahuje maximálních hodnot během dopoledne atd. S těmito osobami je spojována větší fyzická aktivita, pozitivnější myšlení, jsou výkonnější v dopoledních hodinách, převažuje u nich levostranné myšlení, vedou zdravý životní styl, využívají spíše analytický způsob uvažování a ve svých reakcích zvažují společenské normy a zásady. U večerních typů naopak dochází k prodlužování periody a tíhnutí k večernímu životu. Znatelné je to na uléhání ke spánku, které mají posunuté do pozdních nočních hodin. Mají tendenci reagovat více emocionálně a spontánně, maximum výkonnostní křivky mají posunuto do pozdního odpoledne a vzrůst hladiny melatoninu je o dvě hodiny pozdější než u ranních typů. S věkem se cirkadiánní preference mění, během dospívání dochází k prodlužování fáze a naopak se stárím se fáze zase zkracuje. U dětí dochází k většímu tíhnutí k večernímu typu a s tím je spojené i rizikové chování.

Žáci s večerním chronotypem jsou ve škole znevýhodněni. Vyučování u nás začíná zpravidla kolem osmé hodiny, která pro ně není ideální. Navíc musí vstávat mnohem dříve, aby do školy došli. Zjistilo se, že právě díky spánkovému deficitu a desynchronizaci rytmů mají tito žáci horší studijní výsledky. S rozladěním rytmu je spojováno i mnoho nemocí, spánkových poruch a užívání psychoaktivních látek, které sověm pomáhají přizpůsobit se dennímu rytmu. Politické složky by měly tyto aspekty brát v úvahu a popřemýšlet nad změnou začátku vyučování, které je navázáno na další sociální oblasti. Jednotlivé školy by mohly přizpůsobit posloupnost vyučovacích hodin dle potřeb žáků, učitelé by mohli využívat více motivačních a kreativních činností.

Seznam použitých zkratek

ACTH	adrenokortikotropní hormon
ADHD	hyperkinetická porucha
AVP	argininvazopresin
BMAL1	hodinový gen
CK1-epsilon	hodinový gen – kasein kináza 1 epsilon
CLOCK	hodinový gen
CRH	kortikotropin uvolňující hormon
CRY1, 2	hodinový gen
CSM	Složená škála ranních a večerních typů <i>(The composite Scale of Morningness)</i>
CTI	Inventář cirkadiálních typů <i>(The Circadian Type Inventory)</i>
CTQ	Dotazník cirkadiálních typů <i>(The Circadian Type Questionnaire)</i>
DTS	Škála diurnální typologie <i>(The Diurnal-type Scale)</i>
EEG	elektroencefalografie
EMG	elektromyogram
EOG	elektrookulogram
GABA	kyselina gama-máselná
GH	růstový hormon
GRP	gastrin releasing peptid
MCTQ	Mnichovský dotazník chronotypu <i>(The Munich Chronotype Questionnaire)</i>
MEQ	Dotazník ranních a večerních typů <i>(The Morningness-Eveningness Questionnaire)</i>
MSF	střed mezi usnutím a probuzením <i>(midpoint of sleep)</i>
MSF _{sc}	průměr mezi usnutím a probuzením ve volných a pracovních dnech
NASA	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
NPY	neuropeptid Y
NREM	stádium spánku s pomalými očními pohyby
PER1, 2, 3	hodinové geny
PS	Škála preferencí <i>(The Preferences Scale)</i>
PSG	polysomnografie
REM	stádium spánku s rychlými očními pohyby

REV-ERB-alfa	hodinový gen
SCN	suprachiasmatická jádra
SWS	pomalovlnný spánek (<i>slow wave sleep</i>)
TSH	tyreotropin
VIP	vazoaktivní intestinální peptid

Seznam literatury

- ABRAHAMSON a MOORE, 2001. Suprachiasmatic nucleus in the mouse: Retinal innervation, intrinsic organization and efferent projections. *Brain Research* [online]. roč. 916, č. 1-2, s. 172-191 [vid. 13. 3. 2016]. ISSN 00068993. Dostupné z: doi: 10.1016/S0006-8993(01)02890-6
- ADAN, LACHICA, CACI a NATALE, 2010. Circadian Typology and Temperament and Character Personality Dimensions. *Chronobiology International* [online]. roč. 27, č. 1, s. 181-193 [vid. 22. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.3109/07420520903398559
- ARBABI, VOLLMER, DÖRFLER a RANDLER, 2015. The influence of chronotype and intelligence on academic achievement in primary school is mediated by conscientiousness, midpoint of sleep and motivation. *Chronobiology International* [online]. roč. 32, č. 3, s. 349-357 [vid. 3. 5. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.3109/07420528.2014.980508
- ASCHOFF, 1965. Circadian Rhythms in Man: A self-sustained oscillator with an inherent frequency underlies human 24-hour periodicity. *Science* [online]. roč. 148, č. 3676, s. 1427-1432 [vid. 22. 4. 2016]. ISSN 0036-8075. Dostupné z: doi: 10.1126/science.148.3676.1427
- ASCHOFF a WEVER, 1962. Spontanperiodik des Menschen bei Ausschluß aller Zeitgeber. *Naturwissenschaften* [online]. roč. 49, č. 15, s. 337-342 [vid. 24. 4. 2016]. ISSN 0028-1042. Dostupné z: doi: 10.1007/BF01185109
- ATKINSON, 2013. Jet Lag Type. In: *Encyclopedia of Sleep* [online]. B.m.: Elsevier, s. 41-43 [vid. 18. 3. 2016]. ISBN 9780123786111. Dostupné z: doi: 10.1016/B978-0-12-378610-4.00272-2
- BAILEY a HEITKEMPER, 2001. Circadian rhythmicity of cortisol and body temperature: morningness-eveningness effects. *Chronobiology international* [online]. roč. 18, č. 2, s. 249-261 [vid. 21. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.1081/CBI-100103189
- BERGER, 1995. *Biorytmy*. 1. vyd. Praha: Paseka. ISBN 80-7185-019-5.
- BEŞOLUK, ÖNDER a DEVECI, 2011. Morningness-Eveningness Preferences and Academic Achievement of University Students. *Chronobiology International* [online]. roč. 28, č. 2, s. 118-125 [vid. 28. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.3109/07420528.2010.540729
- BORBÉLY a ACHERMANN, 1999. Sleep Homeostasis and Models of Sleep Regulation. *Journal of Biological Rhythms* [online]. roč. 14, č. 6, s. 559-570 [vid. 31. 3. 2016]. ISSN 0748-7304. Dostupné z: doi: 10.1177/074873099129000894
- BORBÉLY a WIRZ-JUSTICE, 1982. Sleep, sleep deprivation and depression. A hypothesis derived from a model of sleep regulation. *Human neurobiology* [online]. roč. 1, č. 3, s. 205-210 [vid. 31. 3. 2016]. ISSN 0721-9075. Dostupné z: doi: 0721-9075/82/0001/0205/01.02
- BORZOVÁ, 2009. *Nespavost a jiné poruchy spánku: pro nelékařské zdravotnické obory*. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2978-7.
- BUIJS, VAN EDEN, GONCHARUK a KALSBECK, 2003. The biological clock tunes the organs of the body: Timing by hormones and the autonomic nervous system. *Journal of Endocrinology* [online]. roč. 177, č. 1, s. 17-26 [vid. 18. 3. 2016]. ISSN 00220795. Dostupné z: doi: 10.1677/joe.0.1770017

- CACI, BOUCHEZ a BAYLE, 2009. Inattentive Symptoms of ADHD Are Related to Evening Orientation. *Journal of Attention Disorders* [online]. roč. 13, č. 1, s. 36–41 [vid. 3. 5. 2016]. ISSN 1087-0547. Dostupné z: doi: 10.1177/1087054708320439
- CACI, ROBERT a BOYER, 2004. Novelty seekers and impulsive subjects are low in morningness. *European Psychiatry* [online]. roč. 19, č. 2, s. 79–84 [vid. 24. 4. 2016]. ISSN 09249338. Dostupné z: doi: 10.1016/j.eurpsy.2003.09.007
- CARRIER, MONK, BUYASSE a KUPFER, 1997. Sleep and morningness-eveningness in the „middle" years of life (20-59 y). *Journal of sleep research* [online]. roč. 6, č. 4, s. 230–237 [vid. 20. 4. 2016]. ISSN 0962-1105. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1365-2869.1997.00230.x
- DAAN, 2010. A History of Chronobiological Concepts. In: *The Circadian Clock*. New York, NY: Springer New York, s. 1–35. Dostupné z: doi: 10.1007/978-1-4419-1262-6_1
- DAMIOLA, LE MINLI, PREITNER, KORNMANN, FLEURY-OLELA a SCHIBLER, 2000. Restricted feeding uncouples circadian oscillators in peripheral tissues from the central pacemaker in the suprachiasmatic nucleus. *Genes and Development* [online]. roč. 14, č. 23, s. 2950–2961 [vid. 29. 2. 2016]. ISSN 08909369. Dostupné z: doi: 10.1101/gad.183500
- DI MILIA, SMITH a FOLKARD, 2004. Refining the psychometric properties of the circadian type inventory. *Personality and Individual Differences* [online]. roč. 36, č. 8, s. 1953–1964 [vid. 15. 4. 2016]. ISSN 01918869. Dostupné z: doi: 10.1016/j.paid.2003.08.003
- DÍAZ-MORALES a ESCRIBANO, 2013. Circadian preference and thinking styles: implications for school achievement. *Chronobiology international* [online]. roč. 30, č. 10, s. 1231–1239 [vid. 12. 4. 2016]. ISSN 1525-6073. Dostupné z: doi: 10.3109/07420528.2013.813854
- DÍAZ-MORALES, ESCRIBANO a JANKOWSKI, 2015. Chronotype and time-of-day effects on mood during school day. *Chronobiology International* [online]. roč. 32, č. 1, s. 37–42 [vid. 28. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.3109/07420528.2014.949736
- DÍAZ-MORALES, ESCRIBANO, JANKOWSKI, VOLLMER a RANDLER, 2014. Evening adolescents: The role of family relationships and pubertal development. *Journal of Adolescence* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, roč. 37, č. 4, s. 425–432 [vid. 16. 2. 2016]. ISSN 10959254. Dostupné z: doi: 10.1016/j.adolescence.2014.03.001
- DUFFY, DIJK, HALL a CZEISLER, 1999. Relationship of endogenous circadian melatonin and temperature rhythms to self-reported preference for morning or evening activity in young and older people. *Journal of investigative medicine* [online]. roč. 47, č. 3, s. 141–50 [vid. 14. 4. 2016]. ISSN 1081-5589. Dostupné z: doi: 10198570
- ESCRIBANO a DÍAZ-MORALES, 2016. Are achievement goals different among morning and evening-type adolescents? *Personality and Individual Differences* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, roč. 88, s. 57–61 [21. 4. 2016]. ISSN 01918869. Dostupné z: doi: 10.1016/j.paid.2015.08.032
- FABBRI, ANTONIETTI, GIORGETTI, TONETTI a NATALE, 2007. Circadian typology and style of thinking differences. *Learning and Individual Differences* [online]. roč. 17, č. 2, s. 175-180 [vid. 21. 4. 2016]. ISSN 10416080. Dostupné z: doi: 10.1016/j.lindif.2007.05.002
- FABBRI, MENCARELLI, ADAN a NATALE, 2012. Time-of-day and circadian typology on memory retrieval. *Biological Rhythm Research* [online]. roč. 44, č. April 2015, s. 1–18 [vid. 24. 4. 2016]. ISSN 0929-1016. Dostupné z: doi: 10.1080/09291016.2012.656244
- FIGALA, 1991. *Základy chronobiologie se zřetelem na ekologické podmínky - část obecná*. 1. vyd. Praha: Editpress. ISBN 80-213-0085-X.

FINLEY, 2012. Do schools begin too early? *Education next*. roč. 12, č. 3, s. 52–57. ISSN 1539-9664.

GALLANT, MATHIEU, LUNDGREN, ALLISON, TREMBLAY, O'LOUGHLIN a DRAPEAU, 2013. Daily Physical Activity Patterns of Children with Delayed Eating Behaviors. *Journal of Biological Rhythms* [online]. roč. 28, č. 5, s. 332–338 [vid. 21. 2. 2016]. ISSN 0748-7304. Dostupné z: doi: 10.1177/0748730413499857

GANGWISCH, MALASPINA, BABISS, OPLER, POSNER, SHEN, TURNER, ZAMMIT a GINSBERG, 2010. Short sleep duration as a risk factor for hypercholesterolemia: analyses of the National Longitudinal Study of Adolescent Health. *Sleep* [online]. roč. 33, č. 7, s. 956-961 [vid. 4. 5. 2016]. ISSN 0161-8105. Dostupné z: doi: 10.1161/01.HYP.0000217362.34748.e0

GARAULET a MADRID, 2010. Chronobiological aspects of nutrition, metabolic syndrome and obesity. *Advanced Drug Delivery Reviews* [online]. B.m.: Elsevier B.V., roč. 62, č. 9-10, s. 967–978 [vid. 25. 4. 2016]. ISSN 0169409X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.addr.2010.05.005

GIAMPIETRO a CAVALLERA, 2007. Morning and evening types and creative thinking. *Personality and Individual Differences* [online]. roč. 42, č. 3, s. 453–463 [vid. 26. 4. 2016]. ISSN 01918869. Dostupné z: doi: 10.1016/j.paid.2006.06.027

GIBERTINI, GRAHAM a COOK, 1999. Self-report of circadian type reflects the phase of the melatonin rhythm. *Biological Psychology* [online]. roč. 50, č. 1, s. 19–33 [vid. 22. 2. 2016]. ISSN 03010511. Dostupné z: doi: 10.1016/S0301-0511(98)00049-0

HAGENAUER, PERRYMAN, LEE a CARSKADON, 2009. Adolescent Changes in the Homeostatic and Circadian Regulation of Sleep. *Developmental Neuroscience* [online]. roč. 31, č. 4, s. 276–284 [vid. 3. 5. 2016]. ISSN 1421-9859. Dostupné z: doi: 10.1159/000216538

HALBERG, HALBERG, BARNUM a BITTNER, 1959. Physiologic 24-hour periodicity in human beings and mice, the lighting regimen and daily routine. In: *Photoperiodism and related phenom in plants and animals* [online]. American A. B.m.: Washington, s. 803-878 [vid. 17. 2. 2016]. ISBN 9788578110796. Dostupné z: doi: 10.1017/CBO9781107415324.004

HASLER, ALLEN, SBARRA, BOOTZIN a BERNERT, 2010. Morningness-eveningness and depression: Preliminary evidence for the role of the behavioral activation system and positive affect. *Psychiatry Research* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, roč. 176, č. 2-3, s. 166–173 [vid. 30. 4. 2016]. ISSN 01651781. Dostupné z: doi: 10.1016/j.psychres.2009.06.006

HESCHONG, WRIGHT a OKURA, 2002. Daylighting impacts on human performance in school. *Journal of the Illuminating Engineering Society*. [online]. roč. 4480, č. October, s. 101-114 [vid. 5. 5. 2016]. ISSN 0099-4480. Dostupné z: doi: 10.1080/00994480.2002.10748396

HOFMAN, FLIERS, GOUDSMIT a SWAAB, 1988. Morphometric analysis of the suprachiasmatic and paraventricular nuclei in the human brain: sex differences and age-dependent changes. *Journal of anatomy*. [online]. roč. 160, s. 127–143 [vid. 25. 2. 2016]. ISSN 0021-8782. Dostupné z: PMID: 3253251

HOMOLKA, KOLLÁR, PINKOVÁ, ŘIHÁČEK, SCHWARZ a SIEGELOVÁ, 2010. *Monitorování krevního tlaku v klinické praxi a biologické rytmy*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s. ISBN 978-80-247-2896-4.

HORNE a ÖSTBERG, 1976. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International journal of chronobiology* [online]. roč. 4, č. 2, s. 97–110 [vid. 14. 4. 2016]. ISSN 0300-9998.

IBER, ANCOLI-ISRAEL, CHESSON a QUAN, 2007. *The AASM manual for the scoring of sleep and associated events: rules, terminology, and technical specifications*. 1. vyd. Westchester: Illinois: American Academy of Sleep Medicine.

ISKRA-GOLEC, 2006. Ultradian and Asymmetric Rhythms of Hemispheric Processing Speed. *Chronobiology International* [online]. roč. 23, č. 6, s. 1229–1239 [vid. 26. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.1080/07420520601077922

JANKOWSKI, 2012. Morningness/eveningness and satisfaction with life in a Polish sample. *Chronobiology international* [online]. roč. 29, č. 6, s. 780–5 [vid. 22. 4. 2016]. ISSN 1525-6073. Dostupné z: doi: 10.3109/07420528.2012.685671

JIN, SHEARMAN, WEAVER, ZYLKA, DE VRIES a REPERT, 1999. A molecular mechanism regulating rhythmic output from the suprachiasmatic circadian clock. *Cell* [online]. roč. 96, č. 1, s. 57–68 [vid. 4. 3. 2016]. ISSN 00928674. Dostupné z: doi: 10.1016/S0092-8674(00)80959-9

JONES, ELLIS, VON SCHANTZ, SKENE, DIJK a ARCHER, 2007. Age-related change in the association between a polymorphism in the PER3 gene and preferred timing of sleep and waking activities. *Journal of Sleep Research* [online]. roč. 16, č. 1, s. 12–16 [vid. 13. 4. 2016]. ISSN 09621105. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1365-2869.2007.00561.x

KASPER a KASPEROVÁ, 2008. *Dějiny pedagogiky*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s. ISBN 978-80-247-2429-4.

KAUDERER a RANDLER, 2012. Differences in time use among chronotypes in adolescents. *Biological Rhythm Research* [online]. roč. 44, č. April 2015, s. 1–8 [vid. 22. 4. 2016]. ISSN 0929-1016. Dostupné z: doi: 10.1080/09291016.2012.721687

KERKHOF a VAN DONGEN, 1996. Morning-type and evening-type individuals differ in the phase position of their endogenous circadian oscillator. *Neuroscience Letters* [online]. roč. 218, č. 3, s. 153–156 [vid. 14. 4. 2016]. ISSN 03043940. Dostupné z: doi: 10.1016/S0304-3940(96)13140-2

KHALEQUE, 1999. Sleep deficiency and quality of life of shift workers. *Social Indicators Research* [online]. roč. 46, č. 2, s. 181–189 [vid. 22. 4. 2016]. ISSN 03038300. Dostupné z: doi: 10.1023/A:1006971209513

KIRBY a KIRBY, 2006. Improving task performance: The relationship between morningness and proactive thinking. *Journal of Applied Social Psychology* [online]. roč. 36, č. 11, s. 2715–2729 [vid. 28. 4. 2016]. ISSN 00219029. Dostupné z: doi: 10.1111/j.0021-9029.2006.00124.x

KLEIN, 2004. Planning middle school schedules for improved attention and achievement. *Scandinavian Journal of Educational Research* [online]. roč. 48, č. 4, s. 441–450 [vid. 5. 5. 2016]. ISSN 0031-3831. Dostupné z: doi: 10.1080/0031383042000245825

LEMOLA, SCHWARZ a SIFFERT, 2012. Interparental conflict and early adolescents' aggression: Is irregular sleep a vulnerability factor? *Journal of Adolescence* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, roč. 35, č. 1, s. 97–105 [vid. 4. 5. 2016]. ISSN 01401971. Dostupné z: doi: 10.1016/j.adolescence.2011.06.001

LEWY, BAUER, AHMED, THOMAS, CUTLER, SINGER, MOFFIT a SACK, 1998. The human phase response curve (PRC) to melatonin is about 12 hours out of phase with the PRC to light. *Chronobiology international* [online]. roč. 15, č. 1, s. 71–83 [vid. 29. 3. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.3109/07420529808998671

- LOCKLEY a UCHIYAMA, 2013. Non-24-h Sleep–Wake Disorder (Free-running Type, Nonentrained Type, Hypernychthemeral Syndrome) in Sighted and Blind Patients. In: *Encyclopedia of Sleep* [online]. B.m.: Elsevier, s. 34–40 [vid. 20. 2. 2016]. ISBN 9780123786111. Dostupné z: doi: 10.1016/B978-0-12-378610-4.00271-0
- LUKÁŠ, ŽÁK a A KOLEKTIV, 2014. *Chorobné znaky a příznaky: Diferenciální diagnostika*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s. ISBN 978-80-247-5067-5.
- MAGRI, LOCATELLI, BALZA, MOLLA, CUZZONI, FIORAVANTI, SOLERTE a FERRARI, 1997. Changes in Endocrine Circadian Rhythms as Markers of Physiological and Pathological Brain Aging. *Chronobiology International* [online]. roč. 14, č. 4, s. 385–396 [vid. 24. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.3109/07420529709001459
- MEULE, ROESER, RANDLER a KÜBLER, 2012. Skipping breakfast: Morningness-eveningness preference is differentially related to state and trait food cravings. *Eating and Weight Disorders* [online]. roč. 17, č. 4, s. 304–308 [vid. 25. 4. 2016]. ISSN 11244909. Dostupné z: doi: 10.3275/8723
- MOGA a MOORE, 1997. Organization of neural inputs to the suprachiasmatic nucleus in the rat. *Journal of Comparative Neurology*. roč. 389, č. 3, s. 508–534. ISSN 00219967.
- MOORE, SPEH a LEAK, 2002. Suprachiasmatic nucleus organization. *Cell and Tissue Research* [online]. roč. 309, č. 1, s. 89–98 [vid. 22. 2. 2016]. ISSN 0302766X. Dostupné z: doi: 10.1007/s00441-002-0575-2
- MURO, GOMÀ-I-FREIXANET a ADAN, 2009. Morningness-eveningness, sex, and the Alternative Five Factor Model of personality. *Chronobiology international* [online]. roč. 26, č. 6, s. 1235–48 [vid. 22. 2. 2016]. ISSN 1525-6073. Dostupné z: doi: 10.3109/07420520903240491
- MYSLIVEČEK a KOLEKTIV, 2009. *Základy neurovědy*. 2. vydání. Praha: TRITON. ISBN 978-80-7387-088-1.
- NEVŠÍMALOVÁ, ILLNEROVÁ a ŠONKA, 2007. Poruchy cirkadiánního rytmu. In: *Poruchy spánku a bdění*. 2. vyd. Praha: Galén, s. 191–208. ISBN 978-80-7262-500-0.
- NEVŠÍMALOVÁ a ŠONKA, 2007. *Poruchy spánku a bdění*. 2. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-500-0.
- OGBAGABER, ALBERT, LEWIN a IANNOTTI, 2012. Summer activity patterns among teenage girls: harmonic shape invariant modeling to estimate circadian cycles. *Journal of circadian rhythms* [online]. B.m.: Ubiquity Press, roč. 10, č. 1, s. 2 [vid. 18. 2. 2016]. ISSN 1740-3391. Dostupné z: doi: 10.1186/1740-3391-10-2
- PLHÁKOVÁ, DOSTÁL a JANEČKOVÁ, 2013. Cirkadiánní preference ve vztahu k depresivitě, subjektivní kvalitě spánku a Cloningerovým dimenzím osobnosti. *Ceska a Slovenska Psychiatrie*. roč. 109, č. 3, s. 107–114. ISSN 12120383.
- PRAT a ADAN, 2011. Influence of circadian typology on drug consumption, hazardous alcohol use, and hangover symptoms. *Chronobiology International* [online]. roč. 28, č. 3, s. 248–257 [vid. 25. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.3109/07420528.2011.553018
- PRECKEL, LIPNEVICH, BOEHME, BRANDNER, GEORGI, KÖNEN, MURSIN a ROBERTS, 2013. Morningness-eveningness and educational outcomes: The lark has an advantage over the owl at high school. *British Journal of Educational Psychology* [online]. roč. 83, č. 1, s. 114–134 [vid. 28. 2. 2016]. ISSN 00070998. Dostupné z: doi: 10.1111/j.2044-8279.2011.02059.x

- PRECKEL, LIPNEVICH, SCHNEIDER a ROBERTS, 2011. Chronotype, cognitive abilities, and academic achievement: A meta-analytic investigation. *Learning and Individual Differences* [online]. B.m.: Elsevier Inc., roč. 21, č. 5, s. 483–492 [vid. 28. 2. 2016]. ISSN 10416080. Dostupné z: doi: 10.1016/j.lindif.2011.07.003
- RANDLER, 2008. Morningness-eveningness, sleep-wake variables and big five personality factors. *Personality and Individual Differences* [online]. roč. 45, č. 2, s. 191–196 [vid. 12. 4. 2016]. ISSN 01918869. Dostupné z: doi: 10.1016/j.paid.2008.03.007
- RANDLER, 2011. Age and gender differences in morningness-eveningness during adolescence. *The Journal of genetic psychology* [online]. roč. 172, č. 3, s. 302–308 [vid. 20. 4. 2016]. ISSN 0022-1325. Dostupné z: doi: 10.1080/00221325.2010.535225
- RANDLER a BAUSBACK, 2010. Morningness-eveningness in women around the transition through menopause and its relationship with climacteric complaints. *Biological Rhythm Research* [online]. roč. 41, č. 6, s. 415–431 [vid. 20. 4. 2016]. ISSN 0929-1016. Dostupné z: doi: 10.1080/09291010903407631
- RANDLER, RAHAFAR, ARBABI a BRETSCHEIDER, 2014. Affective State of School Pupils During Their First Lesson of the Day — Effect of Morningness – Eveningness. *Mind, Brain, and Education* [online]. roč. 8, č. 4, s. 214–219 [vid. 28. 4. 2016]. ISSN 17512271. Dostupné z: doi: 10.1111/mbe.12060
- RANDLER a SALIGER, 2011. Relationship between morningness-eveningness and temperament and character dimensions in adolescents. *Personality and Individual Differences* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, roč. 50, č. 2, s. 148–152 [vid. 24. 4. 2016]. ISSN 01918869. Dostupné z: doi: 10.1016/j.paid.2010.09.016
- RANDLER a SCHAAL, 2010. Morningness-eveningness, habitual sleep-wake variables and cortisol level. *Biological Psychology* [online]. B.m.: Elsevier B.V., roč. 85, č. 1, s. 14–18 [vid. 22. 4. 2016]. ISSN 03010511. Dostupné z: doi: 10.1016/j.biopsycho.2010.04.006
- RECHTSCHAFFEN a KALES, 1968. *A Manual of Standardized Terminology Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects* [online]. Washington, D.C.: BIS/BRS [vid. 21. 3. 2016]. ISSN 00134694.
- RICHE a VERGER, 2011. *Učitelé a žáci ve středověku*. Praha: Vyšehrad, spol. s. r. o. ISBN 978-80-7429-028-2.
- ROENNEBERG, 2012. What is chronotype?. *Sleep and Biological Rhythms*. roč. 10, č. 2, s. 75-76. ISSN 14469235. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1479-8425.2012.00541.x
- ROENNEBERG, 2015. Having Trouble Typing? What on Earth Is Chronotype? *Journal of Biological Rhythms*. roč. 30, č. 6, s. 487–491. ISSN 0748-7304. Dostupné z: doi: 10.1177/0748730415603835
- ROENNEBERG, KUEHNLE, PRAMSTALLER, RICKEN, HAVEL, GUTH a MERROW, 2004. A marker for the end of adolescence. *Current Biology* [online]. roč. 14, č. 24, s. 1038-1039 [vid. 21. 4. 2016]. ISSN 09609822. Dostupné z: doi: 10.1016/j.cub.2004.11.039
- ROENNEBERG, WIRZ-JUSTICE a MERROW, 2003. Life between Clocks: Daily Temporal Patterns of Human Chronotypes. *J Biol Rhythms* [online]. roč. 18, č. 1, s. 80–90 [vid. 14. 4. 2016]. ISSN 00000000. Dostupné z: doi: 10.1177/0748730402239679
- ROESER, RIEPL, RANDLER a KÜBLER, 2015. Effects of Chronotype and Synchrony/Asynchrony on Creativity. *Journal of Individual Differences* [online]. roč. 36, č. 3, s. 131–137 [vid. 14. 11. 2015]. ISSN 1614-0001. Dostupné z: doi: 10.1027/1614-0001/a000163

- SATEIA, 2014. International Classification of Sleep Disorders-Third Edition. *Chest* [online]. roč. 146, č. 5, s. 1387–1394 [vid. 10. 5. 2016]. ISSN 00123692. Dostupné z: doi: 10.1378/chest.14-0970
- SEO, MATSUMOTO, PARK, SHINKODA a NOH, 2000. The Relationship between Sleep and Shift System, Age and Chronotype in Shift Workers. *Biological Rhythm Research* [online]. roč. 31, č. 5, s. 559–579 [vid. 22. 4. 2016]. ISSN 0929-1016. Dostupné z: doi: 10.1076/brhm.31.5.559.5655
- SCHMIDT a RANDLER, 2010. Morningness-Eveningness and Eating Disorders in a Sample of Adolescent Girls. *Journal of Individual Differences* [online]. roč. 31, č. 1, s. 38–45 [vid. 5. 5. 2016]. ISSN 1614-0001. Dostupné z: doi: 10.1027/1614-0001/a000005
- SCHNEIDER a RANDLER, 2009. Daytime sleepiness during transition into daylight saving time in adolescents: Are owls higher at risk? *Sleep Medicine* [online]. B.m.: Elsevier B.V., roč. 10, č. 9, s. 1047–1050 [vid. 28. 4. 2016]. ISSN 13899457. Dostupné z: doi: 10.1016/j.sleep.2008.08.009
- SILBERNAGL a DESPOPOULOS, 2003. *Atlas fyziologie člověka*. 3. vyd. české. Praha: Grada. ISBN 80-247-0630-X.
- SMITH, FOLKARD, SCHMIEDER, PARRA, SPELTEN, ALMIRAL, SEN, SAHU, PEREZ a TISAK, 2002. Investigation of morning-evening orientation in six countries using the preferences scale. *Personality and Individual Differences* [online]. roč. 32, č. 6, s. 949–968 [vid. 15. 4. 2016]. ISSN 01918869. Dostupné z: doi: 10.1016/S0191-8869(01)00098-8
- SMITH, REILLY a MIDKIFF, 1989. Evaluation of three circadian rhythm questionnaires with suggestions for an improved measure of morningness. *The Journal of applied psychology* [online]. roč. 74, č. 5, s. 728–738 [vid. 15. 4. 2016]. ISSN 0021-9010. Dostupné z: doi: 10.1037/0021-9010.74.5.728
- STROGATZ, 1986. *The Mathematical Structure of the Human Sleep-Wake Cycle*. New York: Springer-Verlag. ISBN 978-3-642-46589-5.
- SURBHI a KUMAR, 2015. Avian photoreceptors and their role in the regulation of daily and seasonal physiology. *General and Comparative Endocrinology* [online]. B.m.: Elsevier Inc., roč. 220, s. 13–22 [vid. 27. 2. 2016]. ISSN 10956840. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ygcen.2014.06.001
- SYLVESTER, KROUT a LOEWY, 2002. Suprachiasmatic nucleus projection to the medial prefrontal cortex: A viral transneuronal tracing study. *Neuroscience* [online]. roč. 114, č. 4, s. 1071–1080 [vid. 3. 5. 2016]. ISSN 03064522. Dostupné z: doi: 10.1016/S0306-4522(02)00361-5
- TAILLARD, PHILIP a BIOULAC, 1999. Morningness/eveningness and the need for sleep. *Journal of sleep research* [online]. roč. 8, č. 4, s. 291–295 [vid. 20. 4. 2016]. ISSN 0962-1105. Dostupné z: doi: 10.1046/j.1365-2869.1999.00176.x
- TAKEUCHI, INOUE, WATANABE, YAMASHITA, HAMADA, KADOTA a HARADA, 2001. Parental Enforcement of Bedtime During Childhood Modulates Preference of Japanese Junior High School Students for Eveningness Chronotype. *Chronobiology International* [online]. roč. 18, č. 5, s. 823–829 [vid. 4. 5. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.1081/CBI-100107517

- TAVERNIER a WILLOUGHBY, 2013. Are all evening-types doomed? Latent class analyses of perceived morningness-eveningness, sleep and psychosocial functioning among emerging adults. *Chronobiology international* [online]. roč. 31, č. 2, s. 1–11 [vid. 20. 2. 2016]. ISSN 1525-6073. Dostupné z: doi: 10.3109/07420528.2013.843541
- THIRION a CHALLAMEL, 2013. *Spánek, sen a dítě*. 1. vyd. Praha: Argo. ISBN 978-80-257-0860-6.
- TONETTI, FABBRI, MARTONI a NATALE, 2011. Season of birth and sleep-timing preferences in adolescents. *Chronobiology international* [online]. roč. 28, č. 6, s. 536–540 [vid. 21. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.3109/07420528.2011.590261
- TONETTI, NATALE a RANDLER, 2015. Association between circadian preference and academic achievement: A systematic review and meta-analysis. *Chronobiology International* [online]. roč. 32, č. 6, s. 1–10 [vid. 28. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.3109/07420528.2015.1049271
- VAN CAUTER a COPINSCHI, 2000. Interrelationships between growthhormone and sleep. *Growth Hormone & IGF Research* [online]. roč. 10, s. S57–S62 [vid. 18. 3. 2016]. ISSN 10966374. Dostupné z: doi: 10.1016/S1096-6374(00)80011-8
- VOLLMER a RANDLER, 2012. Circadian preferences and personality values: Morning types prefer social values, evening types prefer individual values. *Personality and Individual Differences* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, roč. 52, č. 6, s. 738–743 [vid. 24. 4. 2016]. ISSN 01918869. Dostupné z: doi: 10.1016/j.paid.2012.01.001
- VOLLMER, RANDLER a DI MILIA, 2012. Further evidence for the influence of photoperiod at birth on chronotype in a sample of German adolescents. *Chronobiology international* [online]. roč. 29, č. 10, s. 1345–1351 [vid. 21. 4. 2016]. ISSN 1525-6073. Dostupné z: doi: 10.3109/07420528.2012.728656
- Vyhláška č. 256/2012 Sb. ze dne 29. června 2012, O základním vzdělávání a některých dalších náležitostech plnění povinné školní docházky. *Sbírka zákonů*. ISSN 1211-1244
- WAHISTROM, 2002. Changing Times: Findings From the First Longitudinal Study of Later High School Start Times. *NASSP Bulletin* [online]. roč. 86, č. 633, s. 3–21 [vid. 5. 5. 2016]. ISSN 0192-6365. Dostupné z: doi: 10.1177/019263650208663302
- WALDHAUSER a DIETZEL, 1985. Daily and Annual Rhythms in Human Melatonin Secretion: Role in Puberty Control. *Annals of New York Academy of Sciences* [online]. roč. 453, č. 1, s. 205–214 [vid. 24. 3. 2016]. ISSN 0077-8923.
- WARD, 1980. *Živé hodiny*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta. ISBN 23-083-80.
- WELSH, LOGOTHETIS, MEISTER a REPERT, 1995. Individual neurons dissociated from rat suprachiasmatic nucleus express independently phased circadian firing rhythms. *Neuron* [online]. roč. 14, č. 4, s. 697–706 [vid. 25. 2. 2016]. ISSN 08966273. Dostupné z: doi: 10.1016/0896-6273(95)90214-7g
- WITTMANN, DINICH, MERROW a ROENNEBERG, 2006. Social jetlag: misalignment of biological and social time. *Chronobiology international* [online]. roč. 23, č. 1-2, s. 497–509 [vid. 22. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.1080/07420520500545979
- YE, SELBY, OZTURK, ANNAYEV a SANCAR, 2011. Biochemical analysis of the canonical model for the mammalian circadian clock. *Journal of Biological Chemistry* [online]. roč. 286, č. 29, s. 25891–25902 [vid. 4. 3. 2016]. ISSN 00219258. Dostupné z: doi: 10.1074/jbc.M111.254680

ZAVADA, GORDIJN, BEERSMA, DAAN a ROENNEBERG, 2005. Comparison of the Munich Chronotype Questionnaire with the Horne-Ostberg's Morningness-Eveningness Score. *Chronobiology international* [online]. roč. 22, č. 2, s. 267–278 [vid. 14. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.1081/CBI-200053536

ZEITZER, DIJK, KRONAUER, BROWN a CZEISLER, 2000. Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression. *Journal of physiology* [online]. roč. 526, č. 3, s. 695–702 [vid. 24. 3. 2016]. ISSN 0022-3751. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1469-7793.2000.00695.x

ZIMMERMANN, 2011. Chronotype and the Transition to College Life. *Chronobiology International* [online]. roč. 28, č. 10, s. 904–910 [vid. 21. 4. 2016]. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi: 10.3109/07420528.2011.618959

ZISAPEL, TARRASCH a LAUDON, 2005. The relationship between melatonin and cortisol rhythms: Clinical implications of melatonin therapy. *Drug Development Research* [online]. roč. 65, č. 3, s. 119–125 [vid. 24. 4. 2016]. ISSN 02724391. Dostupné z: doi: 10.1002/ddr.20014