

# VLIV OSVĚTLENÍ NA AKTIVITU ČLOVĚKA

**Ing. arch. Lenka Maierová, prof. Ing. Karel Kabele, CSc.**

Katedra TZB, FSv ČVUT v Praze, Thákurova 7, 16629 Praha 6.

Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze,

Třinecká 1024, 273 43 Buštěhrad

e-mail: [lenka.maierova@fsv.cvut.cz](mailto:lenka.maierova@fsv.cvut.cz)

## 1. ÚVOD

Lidské oko je bránou nejen zraku, proměnlivost světla v prostředí zprostředkovává člověku také vnímání času. Při pobytu člověka v prostředí s dostatečnou intenzitou osvětlení se v oku aktivují světlocitlivé receptory. Informace o přítomnosti světla je odeslána do mozku, kde dojde k potlačení produkce hormonu melatoninu, organismus se uvede do stavu bdělosti. Díky tomuto tzv. nevizuálnímu vnímání světla mohou být vnitřní biologické hodiny organismu synchronizovány s pravidelným rytmem střídáním dne a noci ve vnějším světě.

Život na Zemi je výrazně rytmický. Nejvýraznějším rytmem v živém organismu je pravidelné střídání aktivity a regenerace, cirkadiánní rytmus spánku a bdění. Další rytmické procesy probíhají v celém těle, v jednotlivých orgánech i na buněčné úrovni. Hlavní cirkadiánní hodiny v mozku zajišťují, aby se různé procesy vzájemně doplňovaly a nepřekážely si.

Rytmus střídání světla a tmy je hlavní, ale ne jediný synchronizátor. Pokud není světelný impuls dostatečně silný a stabilní, uplatňují se další vlivy prostředí, jako jsou vlivy psychologické, teplota v prostředí, doba příjmu potravy atd. Jejich rozdílné fáze mohou ovlivnit jednotlivé procesy v těle a narušit celkovou koordinaci dějů v organismu, negativně ovlivnit mj. regulaci spánku, fyzickou, psychickou pohodu i zdraví.

## 2. AKTIGRAFIE

Vliv přítomnosti světla na aktivitu jedince lze sledovat pomocí techniky aktigrafie. Neinvazivní metoda sleduje pomocí záznamu tělesné aktivity cykly spánku a bdění, pravidelný vzor cirkadiánního rytmu. U člověka se většinou měří akcelerace zápěstí nedominantní paže, pro experimenty s hlodavci se využívá například běhací kolo (obrázek 1).



a/



b/

Obr. 1:

Aktigrafické monitory

a/ Actiwatch - zaznamenává akceleraci končetiny u člověka, Daqtix®, Oetzen-Süttorf, SRN.

b/ Aktivita v běhacím kole, užití zejména při laboratorních experimentech s hlodavci.

Je možné sledovat také vliv dalších faktorů vnějšího i vnitřního prostředí. Sensory doplněné o čidlo měření osvětlenosti bílým nebo i specifickým barevným světlem jsou využívány jako kontrolní měření u studií souvisejících s vlivem světla na organismus [1]. Dlouhodobý záznam graficky upravený do aktigramu (obrázek 2) zobrazuje denní rytmus, vnitřní periodu, tj. délku cirkadiánního dne jedince, citlivost na světlo dané intenzity a spektrálního složení. Laboratorní výzkumy s hlodavci v současnosti mj. zkoumají buněčnou podstatu celého systému nevizuálního vnímání světla, která je stále nejasná. Malé rozměry záznamového

modulu umožňují dlouhodobý monitoring člověka při běžných činnostech v jeho přirozeném prostředí mimo laboratorní podmínky.

Obr. 2:

Záznam denní aktivity myši v běhacím kole, upraveno dle[2].

Řádek aktigramu představuje 24 hodin, celkem zobrazeno 42 dní.

Černé stopy – jedinec je aktivní.

Bílé pozadí – prostor je osvětlen

Šedé pozadí - prostor není osvětlen.

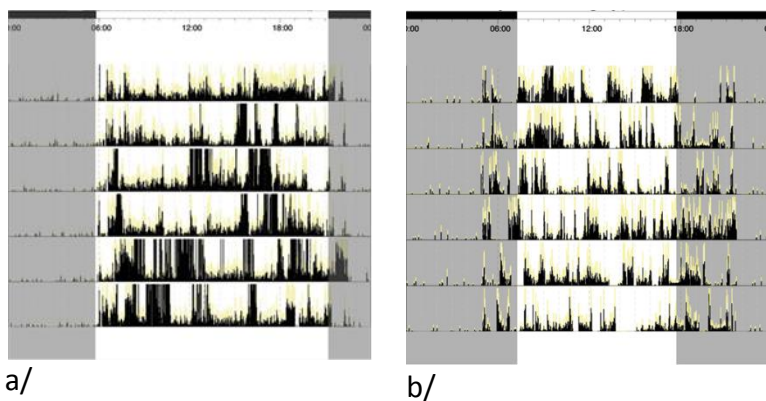
Protokol studie se skládal z 10 dní pravidelného střídání 12h světla/12h tmy, následovaných 16 dny konstantní tmy, 7 dny opět střídání 12h světla/12h tmy a následně opět konstantní tmy až do konce experimentu.

Pravidelné střídání světla a tmy synchronizuje denní rytmus se světlem, aktivita živočicha probíhá v době bez přítomnosti světla (myš je noční tvor), za přítomnosti světla je zvíře neaktivní. Pokud chybí světelný impuls z vnějšího prostředí, vnitřní den jedince se zkracuje, protože jeho vnitřní hodiny se oproti pozemskému času předchází (délka dne vypočtena na 23,8 h).



### 3. SVĚTELNÉ PROSTŘEDÍ V PŘÍRODĚ A V BUDOVÁCH

V přírodním prostředí člověk využíval dostupnost denního světla, jeho aktivita jím byla podmíněna. Dny trávil převážně v exteriéru s vysokou hladinou osvětlenosti, po západu slunce, kdy všude panovala tma, neboť umělé osvětlení bylo zpravidla nedostupné, se uchýlil k odpočinku. K synchronizaci vnitřního času v organismu s vnějším 24 hodinovým dnem na planetě docházelo zcela automaticky. Jeho chování se také výrazně proměňovalo v průběhu roku v souvislosti se změnou délky dne. (Obrázek 3a).



Obr. 3:

Vliv dostupnosti denního světla, N46°31', E6°38'.

Černá – záznam aktivity

Žlutá – záznam světelného čidla

Bílé pozadí – denní doba

Šedé pozadí - noční doba

a/ Aktivita v létě (květen) respektuje délku dne v přírodě

b/ Aktivita v zimě (únor) využívá umělého světla

V průběhu dvacátého století došlo k rozšíření elektrického osvětlení. To umožnilo přesunutí většiny aktivit do interiéru budov. Rozdíly mezi osvětleností během dne a noci podstatně zredukovaly. Dle platných stavebních předpisů nám v interiéru dostačuje pouhých 5 procent exteriérového světla [3]. V místnostech s nedostatečným přístupem denního světla, při horším počasí a po západu slunce, tj. v případě nedostatečné osvětlenosti je využíváno ve velké míře světlo umělé, v intenzitách dle prováděné zrakové činnosti [4]. Je relativně levné, dostupné po celých 24 hodin, trvale zajistí zvolenou intenzitu osvětlení, nepřináší riziko velkých tepelných zátěží od slunce a oslnění od oken. Pro stavební průmysl je využívání umělého osvětlení díky jeho ovladatelnosti výrazně jednodušším řešením. Je mu nezdánlivě dána přednost před systémy s proměnlivým světlem denním. Z doplňkového systému pro

období s nedostatkem denního světla se postupem času stal systém hlavní. Osvětlenost pod 1000lx je dostatečná pro zrakové činnosti, nezajišťuje však stimulaci nevizuálního systému a naše tělo zůstává v biologické tmě. Vymizel také vliv roční doby (Obrázek 3b). V extrémních případech se může stát, že vnitřní hodiny nejsou dostatečně synchronizovány a běží svým vlastním rytmem bez kontaktu s vnějším časem, tzv. freerunning.

K další změně našeho světelného prostředí došlo na konci dvacátého století. Objevil se nový světelný zdroj – obrazovka televize, monitor počítače, displeje přenosných elektronických zařízení. Místo běžného světla odraženého z povrchů a předmětů v místnosti je dnes oko vystaveno přímému světelnému záření, a to často bez ohledu na denní či noční dobu.

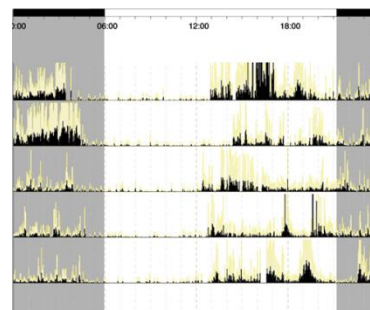
#### 4. ROZDÍLY MEZI JEDINCI

Vědecké studie chování pracovníků v kanceláři prokazují jednoznačnou preferenci pracovních míst u okna, v zóně s denním světlem, a pokud je toto dostupné, volbu i výrazně vyšší celkové intenzity osvětlení. Studie z roku 1997 [5] upozornila na zajímavý jev: Zatímco rozdíly světelných preferencí mezi 80% uživatel jsou nevýznamné, ve dvou případech se vyskytly extrémní odchylky. Begemann je označuje jako Mr Bright Light (pan Jasný) a Mr Dim Light (pan Šerý). Při rozhovoru po skončení experimentu potvrzují tito jedinci inklinaci k velmi vysokým/nízkým hladinám osvětlenosti, netypické rozložení časů vysoké produktivity, výrazný vliv světla během dne na kvalitu spánku v noci, atd. Pozdější výzkum [6] potvrdil tyto typické odlišnosti u tzv. extrémních chronotypů, jejichž výskyt v populaci se odhaduje v řádu procent.

Chronotyp odráží fázi a míru tělesných procesů (hormonální sekrece, tělesné teploty, příjmu potravy, spánku, ...) vzhledem k denní době. Součástí tohoto jevu, obecně označovaného jako „skřivani“ a „sovy“, ranní a večerní typy, je preference jedince k aktivitě v časných ranních nebo naopak pozdních večerních/nočních hodinách. Běžná variace chronotypů zahrnuje odchylku cyklu spánku/bdění až dvě hodiny oproti průměru. U těchto jedinců nebyly zjištěny významné rozdíly ve fázi vnitřních biologických hodin. Extrémní variace, tj. pokud je preferovaný čas usínání a probouzení se je odchýlen od zvyklé společenské normy o více než 2 hodiny, bývá často klasifikováno jako porucha cirkadiálního rytmu, z biologického hlediska se může jednat o zdravého jedince s posunutou synchronizací (Obrázek 4). Pravidelný rytmus denního světla dokáže do určité míry stabilizovat posun – jasné světlo po probuzení zkracuje periodu vnitřních hodin, přítomnost světla ve večerních hodinách naopak periodu prodlužuje.

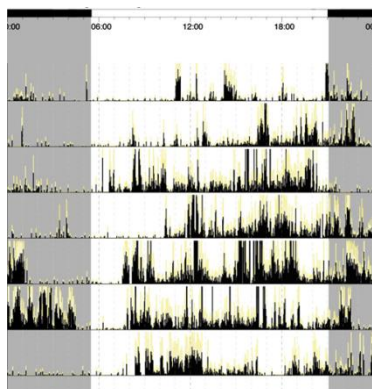
Obr. 4:

Aktigram jedince s extrémně pozdním chronotypem. Pokud je osobě umožněno být aktivní a odpočívat v jeho preferovaném čase, jeho výkonost se neliší od průměru, přestože probíhá v netypických denních (nočních) hodinách. Společenské vlivy nutí často (zejména pozdní chronotypy) k aktivitě mimo jejich vlastní biologický rytmus. Důsledkem může být snížená schopnost soustředění, zvýšená únava, poruchy spánkové regulace, negativní vliv na celkovou kvalitu života i zdraví.



Přestože konkrétní fungování není stále jednoznačně objasněno, věk jedince často ovlivňuje jeho chronotyp. Děti bývají ranní ptáčata, v dospívání se preference posouvá do extrémně pozdních hodin. S postupujícím věkem se aktivní fáze posouvá zpět do ranních hodin. Pokud se faktor vrozeného chronotypu a věku zkombinuje s nevhodným světelným prostředím,

může dojít k desynchronizaci vnitřních hodin. Vlivem působení dalších (např. společenských) faktorů může dojít k porušení koordinace jednotlivých procesů v těle (Obrázek 5), kdy je narušen pravidelný rytmus biologických procesů včetně cirkadiánní regulace spánku a bdění.



Obr. 5:

Aktigram jedince s extrémně pozdním chronotypem, s porušeným rytmem cirkadiánních hodin - Konkrétní záznam vysokoškolského studenta v letním zkouškovém období.

Možný důsledek kombinace pozdního chronotypu, z tlaku společnosti (ranní vstávání do školy) dlouhodobé spánkové deprivace a nedostatečné stimulace nevizuálního systému vnitřních cirkadiánních hodin (tj. nevhodného světelného prostředí). Krátkodobě bývá tento stav dočasný. V případě dlouhodobé zátěže se může stát chronickým, s možností celkové nápravy v řádu měsíců a let.

Zejména pro adolescenty je tedy důležitá světelná hygiena, zvláště omezení rušivého světla ve večerních hodinách. Studie z roku 2013 srovnává chování mladých jedinců v běžné společnosti s životem v přírodním prostředí bez přístupu k umělému osvětlení [7]. Po týdnu v přirozeném rytmu denního světla se všechny měřené hodnoty cirkadiánního rytmu posunuly průměrně o dvě hodiny směrem k normálu, čímž se adolescenti s extrémně pozdním chronotypem dostali do cirkadiánní fáze běžné v populaci.

## 5. ZÁVĚR

Absence výrazné změny denní / noční světelné intenzity v námi vytvořeném prostředí může ovlivnit schopnost vnitřních biologických hodin synchronizovat se s vnějším prostředím. Účinnou prevencí je respektování rytmu denního světla, pobyt v prostředí s dostatečnou intenzitou světla během dne a omezení rušivého světla v noci. Dodržení světelné hygieny je zejména důležité pro osoby s extrémním chronotypem, adolescenty a seniory.

## Literatura

- [1.] Jean-Louis, G., von Gizycki, H., Zizi, F., Spielman, A., Hauri, P., & Taub, H. *The actigraph data analysis software: I. A novel approach to scoring and interpreting sleep-wake activity*. Perceptual and Motor Skills, 85 (1997) 207–216.
- [2.] Zheng, B., Albrecht, U., Kasik, K., Sage, M., Lu, W., Vaishnav, S., Li, Q., Sun, ZS, Eichele, G., Bradley, A., Lee, C.C. *Nonredundant roles of the mPer1 and mPer2 genes in the mammalian circadian clock*. Cell, 105/5 (2001) 683–694.
- [3.] ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky (2007).
- [4.] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory (2012).
- [5.] Begemann, S.H.A., van den Beld, G.J., Tenner, A.D., *Daylight, artificial light and people in office environment, overview of visual and biological responses*. International Journal of Industrial Ergonomics 20 (1997) 231-239.
- [6.] Roenneberg, T., Daan, S., Mrosovsky, M. *The art of entrainment*. Journal of Biological Rhythms 18/3 (2003) 183-194.
- [7.] Wright, K.P., McHill, A.W., Birks, B.R., Griffin, B.R., Rusterholz, T., Chinoy, E. *Entrainment of the human circadian clock to the natural light-dark cycle*. Current Biology 23 (2013).

Prezentované výsledky vznikly ve spolupráci s LESO-PB, EPFL, Švýcarsko a za podpory projektu OP VaVpl č. CZ.1.05/2.1.00/03.0091 – Univerzitní centrum energeticky efektivních budov.