

# Nevizuální účinky světla

## Svítime nejen proto, abychom viděli

Ing. Antonín Fuksa

**Světlo nám umožňuje vidět, ale tím jeho působení zdaleka nekončí. Už ve své habilitační práci v roce 1948 Dr. Hollwich, známý německý oční lékař a autor učebnic oftalmologie, rozlišuje zrakovou a energetickou (nevizuální) přenosovou trasu světla.<sup>[1]</sup>**

Vizuální účinky světla jsou všeobecně známé, rozlišujeme tři druhy čípků pro barevné denní vidění: modré (S) – barvivo cyanolab, zelené (M) – chlorolab, červené (L) – erytrolab a tyčinky pro nebarevné vidění v noci (R) – rodopsin. Pohlcením fotonu v barvivo dochází k biochemické reakci, při níž vzniká elektrický náboj, který se zpracuje na vzruch, jenž se přenáší do nervové soustavy. Vlnové délky a spektrální účinnosti viz [graf 2](#).

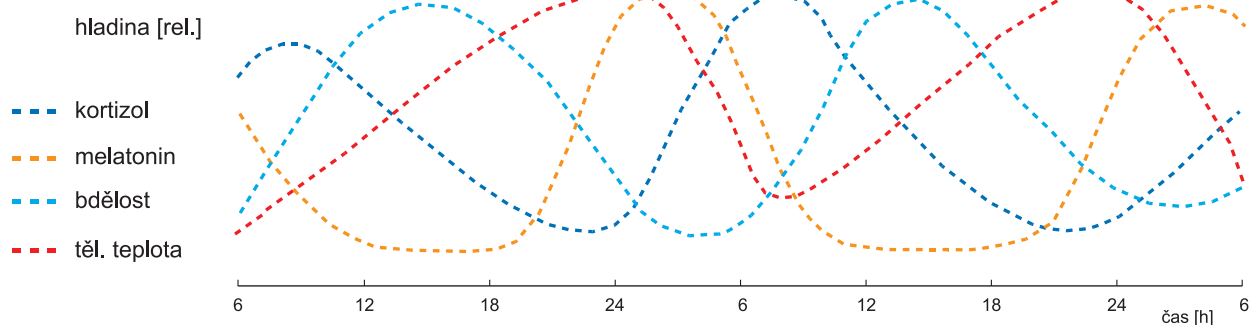
Hypotéza o dalším fotoreceptoru na sítnici pochází z roku 1923, kdy se jeho přítomnost vysvětlovala fotoreakce zornic u myší, které neměly funkční tyčinky ani čípky. Světlocitlivé gangliové buňky (iPRGC) na sítnici myši však byly objeveny až v roce 1991. Jedná se o neurony, které jsou vybaveny melanopsinem, dalším typem očního barviva se specifickou spektrální citlivostí (křivka C na [grafu 2](#)) s maximem v oblasti modré barvy: 450–482 nm. V roce 2007 je tým profesora Russella G. Fostera objevil na sítnici člověka. O rok později byl prof. Foster zvolen za člena Královské společnosti.

### Funkce světlocitlivých gangliových buněk sítnice:

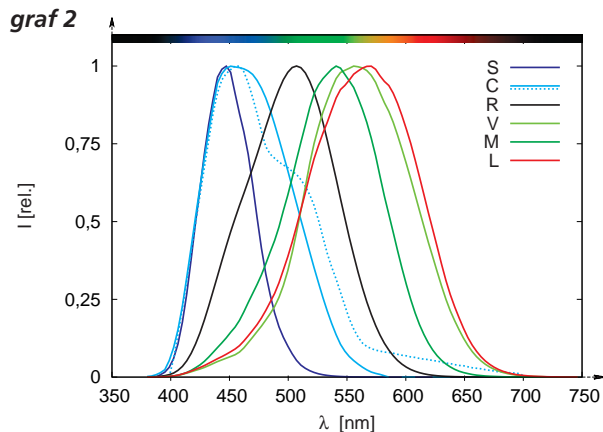
- synchronizace centrálních biologických hodin
- řízení hladiny melatoninu v krvi
- fotoreakce zornic
- možná přispívají ke zrakovému vjemu

Centrální biologické hodiny se nacházejí v mezimozku, konkrétně v hypothalamu nad křížením zrakových nervů (suprachiasmatická jádra, SCN). Jedná se o shluk asi dvaceti tisíc neuronů, které tvoří centrální biologické hodiny savců. U mladého člověka je jejich volná perioda (tj. bez synchronizace) o něco více než 24 hodin. Jejich rytmus se označuje jako přibližně denní, tedy z lat. circa dies, cirka-diánní. S věkem se tento cyklus zkracuje (s velkými individuálními rozdíly). Jejich tlukot se projevuje zapínáním a vypínáním určitých genů. Podle těchto centrálních hodin se synchronizují buněčné hodiny jednotlivých orgánů v těle na své denní cykly. K synchronizaci centrálních hodin, tedy nastavení počátku subjektivního dne, dochází zejména působením ranního světla, ale vliv má i příjem potravy nebo společenský kontakt. Jedná se tedy nejen o biologickou, ale i sociální synchronizaci.

**graf 1**



Graf 1: vývoj hladin hormonů, bdělosti a tělesné teploty během dvou dnů<sup>[3]</sup>



S – „modré“ čípky  
 C – světlocitlivé gangliové buňky  
 (dvě varianty průběhu)  
 R – tyčinky – noční (skotopické) vidění  
 V – denní (fotopické) vidění  
 M – „zelené“ čípky  
 L – „červené čípky“

Graf 2: poměrné spektrální účinnosti (citlivosti) jednotlivých světlocitlivých buněk

Časovým řádem a cykly v živé říši se zabývá chronobiologie, věda, kterou v padesátých letech 20. století spoluzaložil prof. Franz Halberg (1919–2013), americký vědec rumunského původu. Z českých chronobiologů je nejznámější prof. Helena Illnerová, která se svým týmem jako první na světě zjistila, že tvorba melatoninu v šišince mozkové je řízena biologickými hodinami v mozku.

Při nedostatečném ranním světelném stimulu se subjektivní den opožďuje a ranní malátnost se posouvá do dopoledních hodin a doprovází ji pokles výkonnosti a ostražitosti. Jasně ranní světlo, nejlépe sluneční při procházce v přírodě, ale i umělé (v zimě, při zatažené obloze) pomáhá člověku vykročit do nového dne v aktivní a bdělé kondici. Velký význam má jasné světlo při léčení depresí, a to nejen těch sezónních (SAD), ale i nesezónních. Podle výzkumu<sup>[2]</sup> je působení světla plně srovnatelné s účinkem antidepressiv. Podle výzkumů<sup>[3]</sup> lze na mnoha pracovištích zvýšit produktivitu práce, snížit chybovost, nehodovost a podíl pracovních neschopností zvýšením intenzity osvětlení.

Pracovníci se střídáním směn mají tento cirkadiánní rytmus zpravidla narušený. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) zařadila práci na směny s narušením cirkadiánního rytmu do skupiny 2A, tedy pravděpodobně karcinogenní pro člověka. Význam pravidelnosti spánkových cyklů a střídání intenzit osvětlení pravděpodobně stále není v naší společnosti úplně doceněn.

Světlo také působí prostřednictvím retinohypothalamického traktu (RHT) na hladinu melatoninu v krvi. Jedná se o jakousi horkou linku zrakového nervu, nezávislou na zrakovém vjemu. Melatonin je hormonem spánku, pomáhá při každodenní regeneraci těla, vychytává volné radikály a dokonce působí proti zvrhávajícím se buňkám. Večer (při slabém osvětlení) jeho hladina narůstá, kulminuje po půlnoci a do rána postupně klesá, viz graf 1. Při dostatku světla je jeho hladina minimální a svou roli si vymění s kortizolem, hormonem aktivity a stresu. Střídání těchto dvou hormonů odpovídá individuálnímu biologickému dni a noci. Přes den je tedy vhodné mít světla dostatek (vzpomeňme na předky pracující převážně venku) a v noci mít naopak kvalitní tmou bez rušivého světla.

Tabulka 1

Zdroj	Teplota chromatičnosti $T_c$ [K]	Všeobecný index podání barev $R_a$ [-]	Index cirkadiánního účinku $A_c$ [-]	Splňuje požadavky normy <sup>[5]</sup>
Žárovka	2800	100	36	–
Zářivka 840 Osram, Philips	4000	> 80	55	✗
Zářivka 865 Osram, Philips	6500	> 80	80	✗
Zářivka 965 Osram, Philips	6500	> 91	95–105	✓
Zářivka NASLI	6500	> 93	95–105	✓
Denní světlo D65	6500	100	<b>100</b>	✓
Červená LED 630 nm			0,4	
Zelená LED 520 nm			52	
Modrá LED 450 nm			875	



Běžné osvětlení, 840, T <sub>c</sub> 4000 K, R <sub>a</sub> 80	
Tón podobný rannímu nebo měsíčnímu světlu	–
Některé odstíny nelze rozlišit	✘
A <sub>c</sub> jen 55, nízký podíl aktivační složky	✘
Pro nízké R <sub>a</sub> nevyhovuje normě <sup>[5]</sup>	✘



Plnospektrální osvětlení, NASLI, T <sub>c</sub> 6500 K, R <sub>a</sub> 93	
Tón podobný polednímu světlu	✓
Výborné podání barev	✓
A <sub>c</sub> ≈ 100 jako denní světlo	✓
Vyhovuje normě	✓

Z rozdílnosti křivek  $V(\lambda)$  a  $C(\lambda)$  grafu 2 je zřejmé, že různé zdroje světla mohou mít při stejné intenzitě odlišný podíl cirkadiánní (modré) aktivační složky. Pro srovnání světel bylo navrženo několik veličin, které mají různá úskalí. Proto autor navrhl veličinu  $A_c$ ,<sup>[4]</sup> která umožňuje srovnávat světla nejen mezi sebou, ale zároveň s denním světlem. Definice  $A_c$  rovněž počítá s budoucí aktualizací průběhu  $C(\lambda)$ . Veličina  $A_c$  srovnává dané světlo s denním světlem D65 z hlediska cirkadiánního účinku.

Světlo žárovky nám tedy podle tabulky 1 poskytuje pouze přibližně třetinu aktivující složky oproti dennímu světlu při stejné osvětlenosti. Žárovky a další zdroje teplého světla jsou vhodné pro svícení ve večerních hodinách, protože nebrání nástupu melatoninu. Teplé světlo je (podle Kruithofova diagramu) příjemné právě při nízkých osvětlenostech.

Pro osvětlení pracoviště je naopak vysoký podíl aktivující složky ( $A_c \rightarrow 100$ ) výhodou. Zde je však markantní rozdíl mezi různými zdroji. Žárovky s neutrálním bílým tónem (značí se 840, Cool White) poskytují při stejné osvětlenosti jen asi 55 % aktivujícího světla ve srovnání s chladným denním světlem. Lépe jsou na tom žárovky s odstínem chladná denní bílá (značí se 865, Daylight), kde je podíl aktivující složky blízký dennímu světlu. Ani jedna z uvedených variant však nevyhovuje normě<sup>[5]</sup> pro osvětlení stomatologických provozů.

V ordinacích a dalších určených prostorách ve zdravotnictví se (bohužel často) setkáváme se zářivkami s  $R_a \approx 80$  (840/865). Norma<sup>[5]</sup> přitom pro ordinace předepisuje světlené zdroje s  $R_a > 90$ . Takové zářivky se značí např. 965

nebo plnospektrální. Podání barev, zejména syté červené a žluté je totiž pro diagnostiku zásadní. Na denním světle nebo ve světle zdrojů s  $R_a > 90$  lze například u pacienta bezpečně rozpoznat cyanózu nebo žloutenku, přičemž ve světle zářivek s  $R_a \approx 80$  je to prakticky nemožné, neboť příslušné vlnové délky (určité odstíny žluté a červené) v jejich spektru v podstatě chybí.

Oko je vybaveno funkcí automatického vyvážení bílé – podobně jako digitální fotoaparát. Tato funkce nám zajišťuje barevně přirozený vjem za různých světelných (chromatických) podmínek, ale pod jejím vlivem se přizpůsobíme i méně vhodnému světlu, které nám po chvíli připadá přijatelné. Světlo v ordinaci jednoduše přezkoušíte tak, že se na ně adaptujete (aspoň 10 minut, co nejlépe začloňte světlo z vnějšku) a pak se podívejte z okna na denní světlo. Pokud Vám připadá příliš modré, nejspíš používáte světlené zdroje s nízkou teplotou chromatičnosti a tedy nízkým  $A_c$ . V ideálním případě nezpozorujete žádný rozdíl. Je třeba dát na první dojem, kdy je rozdíl nejmarkantnější.

Světlo a tma jsou polaritami, které tu byly dávno před námi a které máme doslova zakódované ve svých genech. Nedostatečným nebo nevhodným světlem během dne a rušivým světlem v noci tyto polarity narušujeme. Jaká míra narušení je ještě přijatelná a jaká už vadí, to je předmětem výzkumu i debat, do kterých jistě budou vstupovat ekonomické faktory. Přitom stačí málo, například posílit osvětlení na pracovišti nebo zlepšit zastínění v ložnici a můžeme mít tyto polarity opět na své straně.

Literaturu naleznete na [www.stomateam.cz](http://www.stomateam.cz)

