

## Lidské biorytmy a jejich význam

Petr Kachlík\*

*Pedagogická fakulta, Masarykova Univerzita, Brno, Česká republika*

**Copyright:** © 2017 P. Kachlík. Toto je open access článek vydaný pod Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Východiska:** Biorytmy představují jeden ze základních atributů života. Nalézáme je na všech úrovních organizace živého systému, jsou geneticky podmíněny. V postmoderní informační společnosti je můžeme vystopovat v oblasti kosmického výzkumu, medicíny, pedagogiky, výrobních odvětví. **Cíle:** V článku je podána základní charakteristika biorytmů, jejich členění a vazby s důrazem na lidský organismus. Je uveden systém řízení biorytmů, projevy jejich poruchy, je poukázáno na využití biorytmů v lékařské a pedagogické praxi i na nový pohled na stárnutí. **Metodika:** Jedná se o přehledový článek, který vznikl na základě analyticko-syntetického přístupu s využitím tištěných a elektronických literárních zdrojů. **Výsledky:** Biorytmy se projevují jako cyklické, pravidelné střídání fyziologických dějů probíhajících v organismu a také jako pravidelné střídání intenzity těchto dějů. Živé systémy mají endogenní hodiny synchronizované střídáním světla a tmy. Biorytmy lze členit dle délky jejich periody na ultradiánní (kratší než 20 hodin), cirkadiánní (20–28 hodin) a infradiánní (delší než 28 hodin). Biorytmy jsou na vyšší úrovni reprezentovány řadou mozkových jader, žláz s vnitřní sekrecí, oční sítnicí i periferními orgánovými centry. Působí hierarchicky od buněk přes tkáně a orgány až po makroorganismus, jsou spjaté s řadou důležitých dějů v těle, přírodě i vesmíru. Jejich základní úlohou je umožnit existenci a adaptabilitu jakéhokoli živého systému. Vhodné načasování lékařských zákroků, vzdělávacího procesu, práce a relaxace rovněž souvisí s biorytmy. Znalost a respektování lidských biorytmů může pomoci harmonizovat denní cyklus, zefektivnit výkon v zaměstnání, využití volného času i odpočinek. **Závěry:** Na lidský život a zdraví má vliv celá řada faktorů, biorytmy jsou jedním z nich. Reálně můžeme poznatků o lidských biorytmech využít k efektivnější práci i odpočinku, naučit se vycítit a respektovat potřeby vlastního těla. Můžeme aktivně zasáhnout do svého životního stylu, pokusit se minimalizovat rizikové chování a posílit působení ochranných faktorů.

*Klíčová slova:* biorytmus, epifyza, chronobiologie, nemoc, učení, zdraví

### Úvod

Lidské tělo, obdobně jako ostatní živé systémy, je ovlivňováno různými pochody, které se odehrávají v jeho okolí. Tyto děje však neprobíhají se stále stejnou intenzitou, ale většina z nich se vyznačuje pravidelnou oscilací kolem určité hodnoty (Haus, 2007; Jež, 2010).

Jako příklady lze uvést pravidelné střídání dne a noci, přílivu a odlivu, lunární rytmy sledují měsíční periodu 28 dní, v ročních cyklech dochází k prodlužování a zkracování dne, Země se otáčí v pravidelném intervalu jednou za 24 hodin kolem své osy a jedenkrát za rok uzavře oběh kolem Slunce apod. (Honsová, 2008).

Aby byla existence živočichů a rostlin v proměnlivém prostředí vůbec možná, bylo třeba najít strategii, jak se na ně adaptovat. Jako výraz adaptace na pravidelně se opakující změny vnějšího prostředí se v průběhu druhového vývoje u většiny živočichů a rostlin, ale také u eukaryotních mikroorganismů, vyvinuly biorytmy. Termín „biorytmus“ vznikl složením ze dvou řeckých slov – bios (tj. život) a rhytmos (tj. pohyb, který se pravidelně opakuje) (Anwar & White, 1998; Scheving, Halberg, & Pauly, 1974).

Projevy biorytmů lze zaznamenat jednak jako cyklické, pravidelné střídání fyziologických dějů probíhajících v organismu, jednak jako pravidelné střídání intenzity těchto dějů. Projevy chování živočichů bývají sladěny s vnějšími faktory, které se ve vědě o chování živočichů označují jako časovače. Časovači mohou být různé veličiny a jejich změny, např. délka dne v rámci roku, změny teploty, relativní vlhkosti,

\* Korespondenční adresa: Petr Kachlík, Katedra speciální pedagogiky, Pedagogická fakulta, Masarykova Univerzita, Poříčí 7, 603 00 Brno, Česká republika. E-mail: kachlik@ped.muni.cz

tlaku. Odpovědí jedinců konkrétního živočišného druhu je např. línání, pelichání, svlékání pokožky, migrace (tahy ptáků), pohlavní aktivita a další (Boden & Kennaway, 2006; Mletzko & Mletzko, 1985).

Živé systémy mají tzv. endogenní (vnitřní) hodiny, které jsou synchronizovány 24hodinovým střídáním světla a tmy. Biorytmy jsou cyklické děje probíhající v organismu bez ohledu na letní nebo zimní čas – cyklus začíná dnem narození a opakuje se neustále dokola. Základní cyklus lidského těla je 25hodinový, je denně resynchronizován dnem o délce 24 hodin (Illnerová, 1994; Strunecká & Patočka, 2005).

## Metodika

Jedná se o přehledovou práci, jejímž hlavním cílem je nastínit vybrané informace o existenci, podstatě, významu a poruchách biorytmů. Upozornit na lidské vnitřní hodiny, jejich řízení, sepětí s endokrinním systémem a změnami v organismu včetně zdravotního stavu a stárnutí, připomenout využití poznatků o biorytmu v oblasti výchovy, vzdělávání, ve výrobní sféře i při relaxaci. Bylo využito analyticko-syntetického přístupu, tištěných a elektronických informačních zdrojů.

Podklady pro zpracování příspěvku byly vybírány na základě výsledků knihovni rešeršní služby. Rešerše byla zaměřena na lidské biorytmy a jejich využití v medicínské a pedagogické oblasti i v denní praxi. Byla zadána klíčová slova uvedená v abstraktu, časové rozpětí od 60. let 20. století do současnosti, akceptovány výstupy v českém, slovenském, anglickém a německém jazyce. Dalším pramenem informací se stala služba vyhledávání odborných publikací na Google Scholar, z níž byly získány odkazy především na elektronicky dostupné zdroje.

## Výsledky

### Druhy a vlastnosti biorytmů

Biorytmy můžeme vystopovat a sledovat na všech úrovních organizace živých systémů (Anwar & White, 1998):

- molekulární úroveň (oscilace množství DNA v buňce, termodynamická rovnováha);
- subcelulární úroveň (denní kolísání enzymatické aktivity v buňkách, cirkadiánní rytmus sekrece melatoninu – výsadní postavení, hlavní biologické hodiny);
- celulární úroveň (mitotická aktivita buněk a tkání, platí i pro jednobuněčné organismy);

- orgánová úroveň (pravidelné změny hematologických a biochemických parametrů během dne);
- úroveň makroorganismu (změny chování, aktivity, metabolismu během dne, roku).

K důležitým vlastnostem biorytmů zejména patří, že (Illnerová & Sumová, 2008):

- je nalezneme na všech úrovních organizace živé soustavy;
- v živém organismu cykluje (nebo osciluje) prakticky každý děj;
- jsou jedním ze základních atributů života.

Biorytmy lze členit podle různých hledisek, např. dle délky jejich periody na (Anwar & White, 1998; Mletzko & Mletzko, 1985; Zeman & Herichová, 2014):

- ultradiánní, perioda kratší než 20 hodin (v milisekundách nervová aktivita, v sekundách srdeční činnost, v minutách dýchání, v hodinách aktivita žláz), lunisolární přílivový rytmus řídící aktivitu pobřežních mořských živočichů (12,4 hodiny);
- cirkadiánní, perioda 20–28 hodin (pohybová aktivita, žlázy, spánek a bdění);
- infradiánní, perioda delší než 28 hodin (zejména rytmy na úrovni celého organismu – cirkulární ženský cyklus s periodou 4 týdny, cirkulární cyklus s periodou 10 až 14 měsíců), periodu v délce jednoho nebo více roků pak můžeme nalézt u biorytmů na úrovni organismu nebo celých populací, cirkaseptánní civilizační rytmus (týdenní) v souvislosti se sociálním a pracovním režimem, jedenáctileté cykly sluneční aktivity.

Biorytmy jsou velmi stabilní – regulují živý systém a bez větších změn zůstávají i tehdy, scházejí-li organismu delší dobu informace z vnějšího (a o vnějším) prostředí. Jde o určitý druh automatismu. Za příklad mohou posloužit krizové situace při živelních pohromách (zemětřesení, povodně, tsunami), kdy byli lidé zavaleni troskami a přežívali pod nimi díky prostorovým komorám, které se nezbořily. Byli stresováni, vyčerpaní, bez jídla, pili dešťovou vodu nebo vlastní moč. Nevěděli, zda je venku noc či den, přesto se u nich normálně uplatňovaly základní biorytmy (spánek a bdění) (Havelková, 2008).

Biorytmy jsou tak stabilní i proto, že jsou geneticky zakódovány v DNA organismu. Jejich studium je složité, doposud jsou geny řídící cirkadiánní rytmy dobře dokladovány např. u hmyzu, hlodavců a plísní. V poslední době jsou intenzivně zkoumány tzv. hodinové geny savců, vč. lidských. U člověka je sice již

přečtena genetická výbava, avšak její luštění je dlouhodobým procesem (Illnerová, 1996c; Zeman & Herichová, 2014).

### Lidské biorytmy

Lidské biorytmy lze rozdělit mimo výše uvedeného též podle cyklování funkcí organismu na (Honsová, 2008; Jež, 2010):

- fyzický cyklus, perioda 23 dnů, změny tělesné pohody a vitality;
- emoční cyklus, perioda 28 dnů, změny nálady, způsobu myšlení;
- intelektuální cyklus, perioda 33 dnů, změny intelektových schopností, rozhodování.

Každý z cyklů má dvě fáze – pozitivní a negativní – tedy stoupající (rychlé a jasné myšlení, kreativita, energie, dobrá nálada) a klesající (nedostatek vitality, náladovost, vyšší chybovost). Při přechodu z pozitivní do negativní fáze nastává tzv. kritický den. Existuje velké množství pomůcek, pomocí nichž lze sestavit osobní kondiciogram, tedy měsíční cyklus fyzické, emocionální a intelektuální aktivity. Výsledek je však třeba brát pouze informativně a s velkou rezervou, nepodřizovat mu svůj denní režim. Na cykly mají vliv změny zdravotního a fyzického stavu, stresová zátěž, psychická nepohoda, užívání léků a mnohé další faktory. Je možné si kondiciogram sestavit sofistikovaněji, to ovšem vyžaduje pokročilé a nákladné vybavení, detailní znalost režimu dne a životního stylu sledované osoby (Havelková, 2008; Honsová, 2008; Jež, 2010).

24hodinový cyklus je svázaný s rotací Země, reprezentují jej biologické hodiny jdoucí po celý život a působící na naši aktivitu v průběhu dne. Centrální biologické hodiny řídí všechny pravidelně se opakující děje v lidském organismu a vzájemně je synchronizují. Kromě nich existují další – periferní hodiny, které ovlivňují činnost útrobních orgánů, psychické funkce, tělesnou a duševní kondici člověka (Illnerová, 1996c).

Vnitřní tělesné orgány mají také svůj biorytmus, v daném časovém rozmezí (během dne) je vždy některý z orgánů aktivnější než ostatní – orientační přehled viz Tabulka 1 (Cornélissen, 2004; Mletzko & Mletzko, 1985).

Uvádíme podrobnější popis orgánové aktivity v rámci cyklu jednoho dne (od 5. hodiny ranní jednoho dne do 5. hodiny ranní druhého dne). Od 5. do 7. hodiny dosahuje vrcholu aktivita tlustého střeva, rovněž je vysoká úroveň imunity a dobrá krátkodobá paměť. Tato doba je vhodná k vyprázdnění a zopakování memorovaného učiva (slovička, vzorečky). Od 7. do 9. hodiny

Tabulka 1

*Orientační přehled zvýšené aktivity orgánů během dne (Cornélissen et al., 2004; Mletzko & Mletzko, 1985)*

Období dne	Aktivní orgány
1.–3. hodina	játra
3.–5. hodina	plice
5.–7. hodina	tlusté střevo
7.–9. hodina	žaludek
9.–11. hodina	slinivka
11.–13. hodina	srdce
13.–15. hodina	tenké střevo
15.–17. hodina	močový měchýř
17.–19. hodina	ledviny
19.–21. hodina	mozek
21.–23. hodina	pohlavní orgány
23.–1. hodina	žlučník

je na vrcholu aktivita imunity a žaludku, roste srdeční činnost a krevní tlak, psychická činnost a soustředění. Je vhodné se nasnídat. Od 9. do 11. hodiny pozorujeme nejvyšší úroveň denní výkonnosti a snadné zvládnutí vysoké fyzické i psychické zátěže. Aktivita slinivky a sleziny dosahuje maxima, zesiluje srdeční činnost. Jde o dobu vhodnou ke zvládnutí náročných pracovních úkolů, zkoušek, učení se novému, člověk vykazuje vysoký stupeň kreativity. Od 11. do 13. hodiny postupně přichází únava, končí údobí vysoké psychické a fyzické výkonnosti. Je to doba vhodná na oběd a relaxaci. Od 13. do 15. hodiny je na maximum aktivita tenkého střeva, nastupuje vyčerpání, potřeba spánku a pokles tělesné energie, současně má jedinec vysokou odolnost vůči bolesti. Tento interval je vhodný pro zažívání a k odpočinku, mezi 14. a 15. hodinou jsou dobře snášeny bolestivé lékařské zákroky. Od 15. do 17. hodiny zaznamenáváme vrchol aktivity močového měchýře a dobrou funkci termoregulace, zvýšenou intenzitu psychických funkcí a dlouhodobé paměti. Období je vhodné k domácí přípravě, dalšímu vzdělávání a saunování. Od 17. do 19. hodiny vrcholí aktivita ledvin a nadledvin, snadno zvládneme fyzickou zátěž a máme vyšší psychickou odolnost, je stimulována funkce plic a kosterního svalstva. Doba je vhodná pro volnočasové aktivity zejména sportovního charakteru. Mezi 19. a 21. hodinou narůstá činnost mozku (dlouhodobá paměť), ale snižuje se psychická svěžest, nastupuje relaxace trávicí soustavy. Jde o čas vhodný k lehké večeři a duševní práci. Od 21. do 23. hodiny poklesne krevní tlak, vrcholí aktivita pohlavní soustavy a některých partií endokrinního systému,

okolo 21. hodiny je vysoká aktivita mozku. Tělo se připravuje na spánek a regeneraci tkání, detoxikaci. Tato doba je vhodná pro sex, duševní práci, relaxaci a spánek. Mezi 23. až 1. hodinou narůstá aktivita žlučníku a imunitního systému, duševní schopnosti se nacházejí ve fázi nejsilnějšího útlumu. Jde o čas vhodný ke spánku a regeneraci organismu. Od 1. do 3. hodiny je nejvyšší aktivita jater, zpomalené dýchání a oběh. Tělo se nalézá ve fázi totální relaxace, má velmi nízké reakční schopnosti a odolnost vůči stresu. Tato doba je vhodná ke spánku a regeneraci organismu, jde o velmi rizikovou část dne pro pracující na noční směny. Od 3. do 5. hodiny je vysoká aktivita plic, nízký krevní tlak i tělesná aktivita. Období je vhodné ke spánku a regeneraci organismu, zároveň však velmi rizikové pro řízení dopravních prostředků (Berger, 1995; Cornélissen, 2004; Hildebrandt, 1976; Mletzko & Mletzko, 1985).

### Vznik a řízení biorytmů

#### *Suprachiasmatická jádra*

Za pravidelně změny v lidských (obecně savčích) fyzických a psychických projevech odpovídají dvě nervová jádra, jež jsou uložena v mozku blízko křížení zrakových nervů (tzv. suprachiasmatická jádra). Jádra obsahují několik tisíc buněk a generují rytmickou elektrickou aktivitu, která musí být vzájemně synchronizována. Klíčovým prvkem informací o stavu vnějšího prostředí je světlo zachycované oční sítnicí, transformované na elektrické a chemické podněty (cirkadiánní vidění), dále některé nervové přenašeče a spojení mezi jádry a sítnicí. Poškození suprachiasmatických jader má za následek ztrátu cirkadiánních rytmů a schopnosti organismu reagovat na změny zevního prostředí. Z výzkumů provedených v poslední době vyplývá, že i samotná savčí sítnice může být oscilátorem, tkání, v níž probíhají denní rytmické změny. Z jader jsou informace vedeny do epifýzy (šišinky) a podle okolností je v ní syntetizován melatonin či serotonin (Illnerová, 1994; Illnerová, 1996a; Illnerová & Sumová, 2008; Zeman & Herichová, 2014).

Rytmické chování buněk biologických hodin je dáno cyklickým spínáním a vypínáním jisté sady genů, která je označována jako geny hodinové. V posledních letech byla objevena řada savčích hodinových genů vč. lidských. Na myším modelu jsou studovány hodinové geny a prostřednictvím jimi kódovaných proteinů role při řízení cirkadiánních rytmů. Světlo dokáže složitý systém biologických hodin výrazně přestavit, změnit fázi jejich rytmu. Signály z centrálních hodin se do periferie dostávají pomocí spínání jiných genů, které jsou označovány jako tzv. hodinami řízené geny,

čímž je celý makroorganismus informován o svém stavu vzhledem k vnějšímu prostředí (Illnerová, 1994; Illnerová, 1996c; Zeman & Herichová, 2014).

Ve většině savčích periferních orgánů byly nalezeny jejich vlastní biologické hodiny, což bylo dokladováno rytmickou funkcí hodinových orgánových genů. Periferní hodiny vykazují vazby na hodiny centrální, jež je kontrolují a synchronizují, aby orgány fungovaly harmonicky v rámci celku. Na periferní biologické hodiny má mj. vliv doba příjmu potravy a některé hormony. Periferní orgánové hodiny umožňují orgánům připravovat se s předstihem na denní změny ve vnitřním i v zevním prostředí, zřejmě též dokáží ovlivňovat buněčné dělení, což může být velmi důležité v procesu vzniku a prevence onkologických chorob (Illnerová, 1996c; Illnerová & Sumová, 2008).

#### *Epifýza (šišinka)*

V centrálním nervovém systému člověka jsou uloženy – stejně tak jako u ostatních vyšších savců – tzv. biologické centrální hodiny. Jsou lokalizovány v malé endokrinní žláze zvané šišinka (též nadvěsek mozkový, epifýza, glandula pinealis) při zadní horní straně mezimozku. Nadvěsek vytváří hormon melatonin, který je chemicky podobný podkožnímu pigmentu melaninu a některým přenašečům nervového vzruchu (serotoninu, dopaminu) (Illnerová, 1996b; Illnerová & Sumová, 2008; Zeman & Herichová, 2014).

Cirkadiánní rytmus je řízen světelným podnětem, proto jeho dráha začíná dopadem fotonů na sítnici oka. Buňky epifýzy (pinealocyty) syntetizují z aminokyseliny tryptofanu ve tmě melatonin a na světle serotonin. Signál melatonin/serotonin dokáží svými receptory rozpoznat a dekodovat prakticky všechny buňky našeho těla. Tímto mechanismem nás epifýza pohotově přeladuje do stavu spánku či bdění (Haus, 2007; Illnerová & Sumová, 2008).

Jakmile poklesne proud fotonů dopadajících na sítnici, začne epifýza do 30 minut tvořit melatonin a v kvantech jej uvolňovat do krevního řečiště. O melatoninu se rovněž hovoří jako o hormonu tmy (ev. jako o nočním hormonu, hormonu spánku). Tím je dán důrazný pokyn řadě orgánů a tělesných funkcí k útlumu – k odpočinku, v mozku to znamená navození spánku. Světlo naopak množství vzruchů působících na epifýzu tlumí, syntéza melatoninu se zastaví (Haus, 2007; Illnerová & Sumová, 2008; Zeman & Herichová, 2014).

Epifýza vyrobený melatonin neskládá, jeho produkce je přísně závislá na cirkadiánním cyklu, tedy na střídání světla a tmy v průběhu cirkadiánního rytmu (Cromie, 1999; Illnerová & Sumová, 2008).

### Melatonin, jeho cyklus a biologické účinky

Syntéza melatoninu prudce roste po setmění (zhasnutí), tj. asi po 21. hodině. Nejvyšší koncentrace (pulsu, vrcholu) dosahuje melatonin kolem tzv. subjektivní (biologické) půlnoci, tj. cca kolem 3. hodiny ranní. V pozdějších ranních hodinách začíná jeho produkce rychle klesat, až se sníží na minimum, na němž je udržována po celou světelnou fázi dne. V případě, že se v noci probudíme a na delší dobu (půl hodiny a více) rozsvítíme, epifýza výrazně omezí tvorbu melatoninu, což je důvodem těžkého opětovného usínání (Illnerová, 1996b; Mletzko & Mletzko, 1985).

Synchronizace lidských biologických hodin s vnějšími rytmy je dána pravidelným střídáním světla a tmy, částečně fyzickou aktivitou, příp. biologicky účinnými látkami (melatoninem). Expozice umělému osvětlení večer a v první polovině subjektivní noci cirkadiánní rytmy zpožďuje, ve druhé půlce noci a zrána je předbíhá, během dne lidské biorytmy prakticky nenarušuje. Organismus se pravděpodobně lépe vyrovnává se zpožděním biologických rytmů než s jejich předbíráním. V létě je světlo dlouho do večera a opět brzy ráno, melatoninový puls je proto krátký a výrazný. V zimě je tomu naopak, puls je široký a méně výrazný. U člověka tato skutečnost zejména platí, je-li vystaven silnému slunečnímu světlu. Pobývá-li převážně v prostorách s umělým osvětlením, charakter melatoninového vrcholu se zásadně nemění (Drahoňovská & Příbáňová, 2004; Zeman & Herichová, 2014).

Mimo denního pravidelného kolísání koncentrace melatoninu se tedy mění i charakter (tvar) jeho vrcholu, doba nástupu a útlumu jeho produkce podle ročního období. V zimě je vrchol široký a dekomprimovaný, k vzestupu koncentrace dochází večer dříve a k jejímu poklesu ráno později. V létě je naopak vrchol úzký a komprimovaný, syntéza melatoninu se večer opožďuje a ráno předbíhá. Cirkadiánní rytmus melatoninu tak organismu slouží současně jako hodiny i jako kalendář a umožňuje mu připravit se na změny spojené s příslušnou částí dne či ročním obdobím (Illnerová, 1996a; Illnerová, 1996b; Strunecká & Patočka, 2005).

Hlavní účinky melatoninu (Drábková, 2013; Illnerová, 1996a; Illnerová, 1996b; Zeman & Herichová, 2014):

- v podvěsku mozkovém se chová jako dominantní hormon, povzbuzuje uvolňování mnoha dalších hormonů, které působí na periferní tkáň a žlázy s vnitřní sekrecí;
- v mozku tlumí aktivitu, navozuje spánek, regeneraci duševních i tělesných sil;

- v oběhovém systému snižuje pohotovost ke tvorbě krevních sraženin, chrání před cévními příhodami (mrtvicí, infarktem);
- posiluje schopnost bílých krvinek tvořit protilátky, čímž zvyšuje odolnost;
- na buňky působí jako antioxidant – chrání jejich membránové struktury a genetickou výbavu před poškozením volnými radikály (jedna z příčin oběhových a onkologických chorob).

Kromě osvětlení je produkce melatoninu závislá též na věku. Po dosažení dospělosti začíná pozvolna, později stále rychleji klesat. Počet buněk, které v nadvěsku syntetizují melatonin, se nevratně snižuje, jde o jakousi formu „opotrebení“. Tak je možné vysvětlit, proč senioři špatně spí a vyskytuje se u nich řada tělesných a psychických poruch jako důsledek dysharmonie v regulacích životních pochodů (Illnerová, 1996b; Mletzko & Mletzko, 1985).

Do produkce melatoninu mohou výrazně zasahovat i jiné vlivy, zejména některé metabolity, léky a elektromagnetické pole. K relativně běžně ordinovaným lékům ovlivňujícím melatoninový okruh řadíme zejména tzv. alfa a beta-blokátory (alfa a beta-lytika). Často se užívají k léčbě poruch srdce a cév (např. arytmie, hypertenze). I běžně dostupný Acylpyrin a léky obsahující ibuprofen (analgetika, antirevmatika, anti-pyretika) negativně působí na syntézu melatoninu, snižují jeho koncentraci. Pacienti při jejich užívání udávají řadu vedlejších účinků, které se vyskytují i u jinak zdravých lidí s deficitem melatoninu. Především jde o poruchy spánku, nálady, orientace, paměti, vidění a únavu. V některých státech jsou již dostupné preparáty s obsahem melatoninu, jimiž se farmaceutické firmy snaží popsané problémy minimalizovat (Drábková, 2013; Halberg, Kenner, & Fišer, 2002; Illnerová, 1996b; Mletzko & Mletzko, 1985; Šonka, 2008).

Se syntézou melatoninu má souvislost i výskyt a intenzita elektromagnetického pole (nepřímo úměrně – čím vyšší intenzita pole, tím nižší koncentrační vrchol melatoninu). Elektromagnetická pole jsou v dnešní době prakticky všudypřítomná (vysílání rozhlasu, televize, bezdrátový internet, mobilní sítě, elektrické přístroje a instalace). Jejich slabá intenzita činnost epifýzy vážněji nenarušuje, dlouhodobá expozice a vysoké hladiny však již mohou, proto je žádoucí omezování dlouhodobého pobytu v dosahu silných zdrojů elektromagnetického vlnění (vysílače, radary). Velmi diskutováno je působení mobilních telefonů a mikrovlnných trub, přesvědčivé důkazy o jejich škodlivosti však nejsou jednoznačné, nebo chybějí

(Halberg, Kenner, & Fišer, 2002; Mletzko & Mletzko, 1985; Ohso, 2007).

Šišinka dokáže ovlivňovat nejen biorytmy, ale též řadu dalších fyziologických funkcí. Někdy je nazývána „třetí oko“. Kromě melatoninu a serotoninu v ní bylo nalezeno mnoho jiných nervových přenašečů, např. dopamin, noradrenalin, kyselina glutamová, GABA aj. Vznik melatoninu, noradrenalinu a acetylcholinu v šišince je světlem tlumen, zatímco serotoninu, dopaminu a GABA podporován (Illnerová, 1996a; Illnerová, 1996b; Illnerová & Sumová, 2008; Zeman & Herichová, 2014).

### Změny a poruchy biorytmů

V rámci proměnlivosti biorytmů lze zaznamenat tzv. typ „skřivan“ a typ „sova“. „Skřivani“ jsou brzy ráno plně aktivní, podávají dobrý výkon, ale v časných večerních hodinách u nich již nastupuje útlum. „Sovy“ ráno vstávají později, jejich aktivita během dne postupně nabíhá, v pozdních večerních hodinách jsou schopné podávat dobrý výkon. Poruchy biorytmů se promítají do řady funkcí organismu (Drahoňovská & Příbáňová, 2004; Honsová, 2008).

K nejčastějším problémům řadíme (Bourne & Mills, 2006; Drábková, 2013; Halberg, Kenner, & Fišer, 2002):

- poruchy spánku (nespavost, nadměrnou spavost);
- pásmovou nemoc (jet lag syndrom) spojenou s cestováním a překonáváním časového rozdílu;
- přechod z letního na zimní čas a naopak;
- kolísání příznaků chorob během dne (alergická rýma je má silně vyjádřené ráno, průduškové astma v noci, revmatické bolesti se hlásí po probuzení, degenerativní změny kloubů a kostí ve druhé půlce dne, cévní příhody srdeční a mozkové se častěji vyskytují ráno a dopoledne);
- prokázanou souvislost mezi kolísáním krevního tlaku a výskytem cévních příhod (doporučená interpretace hodnot krevního tlaku – normální tlak ve spánku do 120/75 mm Hg, po probuzení do 135/85 mm Hg);
- infarkt myokardu, jímž jsou vysoce ohroženi lidé, u nichž ve spánku krevní tlak neklesá, trpící navíc diabetem, poruchami ledvin, nadledvin, vysokým stupněm hypertenze;
- častější výskyt cévních mozkových příhod, k němuž dochází u osob, jimž naopak ve spánku výrazně klesá krevní tlak.

### Chronoterapie

Lékaři využívají současných znalostí o biorytmech již delší dobu a zcela promyšleně. Biorytmy se podílejí na vzniku a průběhu řady chorob, jejich harmonizace příznivě ovlivňuje vývoj nemocí a zefektivňuje léčbu, udržuje dobrou úroveň zdraví. Chronoterapie je adjuvantním typem léčby, nenahrazuje klasické metody, ale může je významně potencovat. Při klasicky aplikované farmakoterapii se mění rychlost jejího působení a účinek na různé pacienty, u chronoterapie je situace obdobná (záleží na typu léčby, individuálním nastavení biorytmů, stádiu choroby, věku pacienta). Vhodné světelné působení rovněž dovoluje aktivaci léků a snižuje jejich žádoucí efekt na organismus (např. v onkologii, kožním a očním lékařství, v kardiologii). Léčba spánkem (somnoterapie) zlepšuje stav pacienta u vředové choroby trávicího traktu, hypertenze, průduškového astmatu, alergií obecně, neuróz, v chirurgii, u výhřezů meziobratlových disků a stavů po úrazech. Léčba světlem (fototerapie) navozuje psychickou a fyzickou pohodu, regeneraci, zlepšuje výkon, udržuje kondici. Harmonizuje vnitřní hodiny s venkovním prostředím, např. u stavů sezónních depresí, nespavosti u seniorů. Pro synchronizaci je důležité každodenní vystavení organismu intenzivnímu světlu a pravidelné vstávání v určitou dobu. U osob pracujících na noční směny byl pozorován častější výskyt nádorů prsu a prostaty (zřejmě daný nedostatkem melatoninu jako antioxidantu, již krátké rozsvícení během noci prokazatelně výrazně naruší jeho produkci, a to i na příští noc) (Bourne & Mills, 2006; Drábková, 2013; Halberg, Kenner, & Fišer, 2002; Illnerová, 1996a; Ohso, 2007; Šonka, 2008).

### Aplikace biorytmů ve výuce

#### *Křivka výkonnosti*

Mnohé, co je známo o biorytmech, můžeme s velkými výhodami aplikovat ve výuce. Na základě studia a výzkumů všech hlavních biologických rytmů byla sestavena denní křivka výkonnosti. Z ní vyplývá, že v nejhlubším útlumu se naše tělo nachází kolem 3. hodiny ráno (tzv. subjektivní či biologická půlnoc). Později se pozvolna zvyšuje produkce budivých působků a klesá tvorba melatoninu, čímž dochází k aktivizaci organismu. Cirkadiánní rytmus aktivity lidského těla je bifázický, typicky má tedy dva vrcholy výkonnosti (Haus, 2007; Illnerová & Sumová, 2008).

Aktivita organismu prudce narůstá po 6. hodině ranní, vrcholu dosahuje mezi 10.–12. hodinou. Po 13. hodině nastupuje útlum, který je nejhlubší kolem 14. hodiny, poté opět začíná aktivita stoupat. Maximum odpolední aktivity je pozorováno

mezi 15.–18. hodinou. Od asi 19. hodiny aktivita těla postupně klesá, organismus pozvolna přechází do spánku (nástup přibližně mezi 18.–22. hodinou) (Haus, 2007; Illnerová & Sumová, 2008).

Z pedagogického hlediska je nejvyšší vrchol výkonnosti situován do druhé a třetí vyučovací hodiny. Proto by měly být do rozvrhu v této době zařazeny náročné předměty, u nichž je vyžadováno soustředění a vysoká míra abstrakce, zejména matematika, fyzika, český jazyk, cizí jazyky. V první a čtvrté vyučovací hodině je výkonnost žáků průměrná, vhodná pro předměty středně obtížné, např. biologii, chemii, zeměpis, dějepis. Ke konci dopoledního vyučování je vhodné začlenit tělesnou, výtvarnou nebo hudební výchovu, které představují jistý stupeň relaxace. Odpolední výuka by měla začínat nejdříve v 15 hodin, netrvat déle než dvě hodiny. Domácí příprava mladších žáků by měla končit nejpozději v 19 hodin večer (Havelková, 2008; Chalupa, 1981; Lokšová & Lokša, 1999).

#### *Soustředěná pozornost, dělení vyučovací hodiny, přestávky*

Struktura konkrétní vyučovací hodiny vychází z délky tzv. soustředěné pozornosti. Mezi délkou doby soustředěné pozornosti a věkem žáka existuje přímý vztah, který je uveden v Tabulce 2 (Lokšová & Lokša, 1999; Pokorná, 2000).

Vyučovací hodinu lze rozdělit na 4 fáze – v první jsou žáci přivítáni a uvedeni do problému, vyřídí se administrativa, ve druhé se pozornost žáků obrací k novému učivu, nebo se věnuje opakování a zkoušení, ve třetí jsou shrnuty a připomenuty klíčové partie učiva, ve čtvrté je zadána domácí příprava a hodina je uzavřena. Nejdůležitější pro pedagogickou praxi je druhá fáze hodiny, kdy je žák nejvíce soustředěn. Tato fáze je nejvýhodnější pro výklad nové látky a její délka přímo závisí na věku žáka, viz Tabulka 2 (Lokšová & Lokša, 1999; Pokorná, 2000; Sarmány, 1993).

Tabulka 2

*Souvislost mezi délkou doby soustředěné pozornosti a věkem žáka (Lokšová & Lokša, 1999; Pokorná, 2000)*

Typ školy	Ročník	Délka soustředěné pozornosti
	1. ročník	asi 8 minut
	2.–3. ročník	10–15 minut
základní škola	4.–5. ročník	15–20 minut
	6.–7. ročník	20–25 minut
	8.–9. ročník	25–30 minut
střední škola		30–35 minut
vysoká škola		40–45 minut

Stejně tak, jako je pro efektivní školní práci důležitá vhodná skladba vyučovací hodiny, je pro regeneraci organismu nezbytná přestávka. V praxi se ukázalo, že po 45 minutách výuky je přestávka v délce 5 minut příliš krátká a nedostatečná, pozornost žáků v následujících hodinách velmi rychle klesá. Trvání přestávky v délce 10 minut není sice ideální, ale přesto výrazně zlepšuje situaci. Její první polovina je využita k obnově sil žáka, druhá k přeladění na následující činnost. Zejména na základní a střední škole pro pedagoga platí, že by měl mít své hodiny pečlivě připravené a naplánované, dodržovat časový rozvrh a jejich skladbu, začínat a končit práci ve třídě včas (Bednářová & Šmardová, 2010; Sarmány, 1993; Vágnerová & Valentová, 1992).

#### *Naučené (vnucené) biologické rytmy*

Denní biologické rytmy jsou nám vrozené, ale existují i jiné biologické rytmy, které jsou naučené, uměle navozené. Jde opět o adaptační odpověď organismu na měnící se podmínky. Za příklad poslouží týdenní biologické rytmy. Organismus si je vypěstoval v průběhu času, kdy se dlouhodobě a pravidelně střídaly fáze 5 dnů pracovních a 2 dnů relaxačních. Po naučení začne lidské tělo cyklovat, chová se rytmicky (Lokšová & Lokša, 1999; Sarmány, 1993).

Průběh týdenního cyklu můžeme popsat následovně (Lokšová & Lokša, 1999; Pokorná, 2000; Sarmány, 1993; Skočovský, 2004):

- Pondělí je den, kdy aktivita lidského těla postupně „nabíhá“; první dvě vyučovací hodiny jsou méně efektivní, proto je vhodné nezařazovat do nich těžší předměty, nové a složité učivo.
- Úterý je den s nejvyšší týdenní aktivitou, a to dopoledne i odpoledne. Pedagog jej může využít k výuce obtížných předmětů, k opakování a zkoušení.
- Středa je z hlediska aktivity den mírně nadprůměrný. Nedoporučuje se zařazování odpolední výuky, poněvadž ve čtvrtek úroveň aktivity žáků výrazně klesá.
- Čtvrtek je den průměrný, pokud žáky nepřetížíme ve středu.
- Pátek je oproti předpokladům charakteristický mírným nárůstem aktivity žáků. Jistě se uplatňuje i vliv psychiky a motivace v podobě nadcházejícího volného víkendu.
- Sobotu a neděli lze považovat za dny mimořádné. Pro přípravu žáků, ale i pedagogů na výuku příštího týdne je s výhodou možné využít sobotního dopoledne, lidská aktivita mírně stoupá, odpoledne však nastupuje útlum,

který pokračuje i po celou neděli. Domácí přípravu je proto vhodné realizovat v sobotu dopoledne, v neděli k večeru lze lehce zopakovat naučená fakta.

### Biorytmy a stárnutí

V poslední době byla uskutečněna řada zásadních výzkumů, které vědce i laickou veřejnost donutily k dramatické změně pohledu na biorytmy vázané na živé systémy. V 90. letech minulého století pracoval rusko-italský tým s geneticky stejnorodými skupinami myši. První skupina byla tvořena mladými jedinci, druhá naopak starými. Všechny myši byly uspány, byly jim otevřeny lebky a vzájemně vyměněny jejich epifýzy (mladé myšky získaly šišinky od starých, a naopak). S přihojením žláz nebyly spojené větší problémy, poněvadž myši populace byla geneticky identická. Po určité době bylo zaznamenáno, že skupina mladých myši začala chřadnout, rychle zestárla a dožila se jen dvou třetin průměrného „myšího“ věku. Skupina starých myši naopak velmi dobře prospívala a dožila se o polovinu delšího věku, než byl průměrný (Pierpaoli & Lesnikov, 1994; Pierpaoli & Regelson, 1994).

Ze studie vyplývá, že biorytmy nejsou jen pouhou reakcí organismu na nějaké změny, ale harmonizačním činitelem a udavatelem rytmu v celém živém systému. V případě, že se zhroutí, začne váznout a vypadávat vzájemná komunikace a synchronizace jednotlivých orgánů a orgánových soustav v těle. Tyto poznatky dovolují zcela nový pohled a chápání stárnutí. Nejde tedy jen o pouhé opotřebování a vyčerpání těla, hromadění metabolických zplodin a genetických chyb, ale jeho důležitou příčinou a součástí je selhávání biorytmů (Pierpaoli & Lesnikov, 1994; Pierpaoli & Regelson, 1994).

### Diskuze

Biorytmy jsou známy téměř tři století. Vědecký svět se jimi intenzivně zabývá přibližně od poloviny 20. století. Za tu dobu se odehrálo mnoho zásadních objevů v biologických, lékařských i společenských vědách, byla nalezena řada klíčových souvislostí biorytmů s lidským zdravím, kondicí, psychickou a fyzickou výkonností. Překvapivá jsou zjištění týkající se časových vztahů v organismu, vzájemné souhry jednotlivých orgánových soustav a procesu stárnutí. O živém systému není možné uvažovat jen jako o dobře seřazeném biologickém stroji, je třeba na něj pohlížet jako na složitou a dokonale organizovanou soustavu buněk, která se neustále proměňuje

a dynamicky reaguje na zevní i vnitřní podněty. Biorytmy zavádějí do anatomického vymezení a fyziologie procesů novou dimenzi – dimenzi časových vztahů uvnitř organismu. V této oblasti se skrývá mnoho výzev a příležitostí nejen k pochopení životních procesů v běžných podmínkách, ale též adaptability organismu a jeho reakcí na různé formy rizik. Porozumění procesu stárnutí může nabídnout nový rozměr životní cesty jako směřování k harmonii nejen v sociálních vztazích, ale též v oblasti vnitřní časové organizace.

### Závěry

Na lidský život a zdraví má vliv celá řada faktorů, biorytmy jsou jedním z nich. Nelze si tedy myslet, že harmonizací biorytmů a dodáváním melatoninu zmizí všechny naše neduhy. Reálně můžeme poznatků o lidských biorytmech využít k efektivnější práci i odpočinku, naučit se vycítit a respektovat potřeby vlastního těla. Můžeme aktivně zasáhnout do svého životního stylu, pokusit se minimalizovat rizikové chování a posílit působení ochranných faktorů. Zdraví je jednou z nejcennějších hodnot, která nám byla dána. Měli bychom se o ni dobře starat, chránit ji a rozvíjet. Zda si tento fakt uvědomíme, provedeme osobní „inventuru“ a přijmeme osobní zodpovědnost, je již na každém z nás.

### Poděkování

Autor příspěvku děkuje paní doc. MUDr. Marii Havelkové, CSc., která se zabývala významem biorytmů pro pedagogickou praxi, za její podněty, názory a podklady.

### Referenční seznam

- Anwar, Y. A., & White, W. B. (1998). Chronotherapeutics for cardiovascular disease. *Drugs*, 55, 631–643. doi:10.2165/00003495-199855050-00003.
- Bednářová, J., & Šmardová, V. (2010). *Školní zralost*. Brno: Computer Press.
- Berger, J. (1995). *Biorytmy: tajemství vlastní budoucnosti*. Praha: Paseka.
- Boden, M. J., & Kennaway, D. J. (2006). Circadian rhythms and reproduction. *Reproduction*, 132, 379–392.
- Bourne, R. S., & Mills, G. H. (2006). Melatonin: Possible implications for the postoperative and critically ill patient. *Intensive Care Med.*, 32, 371–379.
- Cornélissen, G. (2004). *Symposium chronobiology in medicine: Proceedings dedicated to the 85th anniversary of professor Franz Halberg*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů ve spolupráci s Masarykovou univerzitou.

- Cromie, W. J. (1999). *Human biological clock set back an hour*. Staženo z <http://www.news.harvard.edu/gazette/1999/07.15/bioclock24.html>
- Drábková, J. (2013). *Melatonin v perioperační a intenzivní medicíně*. Staženo z <http://www.pmfhk.cz/BATLS1/NOVINKY/8.htm>
- Drahoňovská, H., & Příbáňová, H. (2004). Světlo a osvětlení. In K. Provazník & L. Komárek (Eds.), *Manuál prevence v lékařské praxi – souborné vydání II: Faktory zevního prostředí, vliv na zdraví, prevence* (pp. 151–155). Praha: Fortuna.
- Halberg, F., Kenner, T., & Fišer, B. (Eds.). (2002). *Importance of chronobiology in diagnosing and therapy of internal diseases: Dedicated to the 60th anniversary of professor Jarmila Siegelová – proceedings*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Haus, E. (2007). Chronobiology in the endocrine system. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 59, 985–1014.
- Havelková, M. (2008). Biorytmy, jejich význam pro zdraví a jejich využití v pedagogickém procesu. In P. Kachlák & V. Mužík (Eds.), *KALOKAGATHIE XI. Fórum výchovy ke zdraví* (pp. 592–647). Brno: Masarykova univerzita.
- Hildebrandt, G. (1976). *Biologische Rhythmen und Arbeit: Bausteine zur Chronobiologie und Chronohygiene der Arbeitsgestaltung*. New York, NY: Springer-Verlag.
- Honsová, D. (2008). *Biočas a biorytmy*. Staženo z <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1080>
- Chalupa, B. (1981). *Pozornost a její úloha v psychické regulácii činnosti*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladatelstvo.
- Illnerová, H. (1994). Blížíme se k poznání podstaty biologických hodin? *Vesmír*, 73, 425–426.
- Illnerová, H. (1996a). Melatonin a jeho působení. *Vesmír*, 75, 266–269.
- Illnerová, H. (1996b). *Melatonin, jeho tvorba a působení*. Staženo z <http://chemicke-listy.cz/Bulletin/bulletin273/melaton.html>
- Illnerová, H. (1996c). Nález dalších biologických hodin u savců? *Vesmír*, 75, 405.
- Illnerová, H., & Sumová, A. (2008). Vnitřní časový systém. *Psychiatria pre prax*, 9, 230–233.
- Jež, P. (2010). *BIORYTMUS – znáte nebo neznáte?* Staženo z <http://www.faktorplus.cz/rs/zdrava-vyziva-a-doplanky-stravy/biorytmus-znate-nebo-neznate.html>
- Lokšová, I., & Lokša, J. (1999). *Pozornost, motivace, relaxace a tvořivost dětí ve škole*. Praha: Portál.
- Mletzko, H. G., & Mletzko, I. (1985). *Biorhythmik: Elementar-einführung in die Chronobiologie*. Wittenberg/Lutherstadt: A. Ziemsen.
- Ohso, S. (2007). Biological clock and chronopharmacology. *Nihon Shinkei Seishin Yakurigaku Zasshi*, 27(3), 95–102.
- Pierpaoli, W., & Lesnikov, V. A. (1994). The pineal aging clock. Evidence, models, mechanisms, interventions. The aging clock. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 719, 461–473.
- Pierpaoli, W., & Regelson, W. (1994). Pineal control of aging: Effect of melatonin and pineal grafting on aging mice. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 94, 787–791.
- Pokorná, V. (2000). *Rozvoj vnímání a poznávání*. Praha: Portál.
- Sarmány, I. (1993). Biorytmy v školské činnosti – příspěvek k školské ergonómii. *Československá psychologie*, 37, 481–490.
- Scheving, L. E., Halberg, F., & Pauly, J. E. (1974). *Chronobiology*. Stuttgart: Georg Thieme Publishers.
- Skočovský, K. D. (2004) Chronopsychologie: výzkum rytmicity v lidském chování a prožívání. *Československá psychologie*, 48, 69–83.
- Strunecká, A., & Patočka, J. (2005). O šišince, světle, serotoninu a depresi. *Psychiatrie*, 9(2), 113–118.
- Šonka, K. (2008). Úloha melatoninu u cirkadiálních poruch. *FarmiNews*, 2, 94–95.
- Vágnerová, M., & Valentová, L. (1992). *Psychický vývoj dítěte a jeho variabilita*. Praha: UK.
- Zeman, M., & Herichová, I. (2014). Chronofyziologie. In K. Javorka et al. (Eds.), *Lékařská fyziologie: učebnice pre lékařské fakulty* (pp. 663–679). Martin: Osveta.

## Human biorhythms and their importance

**Background:** Biorhythms are one of the fundamental attributes of life. Biorhythms are found at all levels of organization of a living system, they are genetically determined. In the postmodern information society they can be traced in the field of space research, medicine, education, and the production sectors. **Objective:** The article makes the basic characteristics of biorhythms, their classification and bonds with an emphasis on the human body. Management system biorhythms, manifestations of their disorders are listed and the use biorhythms in medical and educational practice and on a new view of aging are pointed out. **Methods:** This is a review article, which was based on the analytic-synthetic approach using printed and electronic literary sources. **Results:** Biorhythms are manifested as cyclical alternation of physiological processes occurring in the body, as well as the alternation of the intensity of these processes. Living systems possess endogenous clock synchronized alternating light and dark. Biorhythms can be divided according to the length of their period into ultradian (less than 20 hours), circadian (20–28 hours) and infradian (longer than 28 hours). Biorhythms are at a higher level represented by a series of brain nuclei, endocrine glands, retina and peripheral organ centers. It operates through a hierarchy of cells, tissues and organs to macroorganism, they are associated with a number of important processes in the body, nature and the universe. Their basic role is to enable the existence and adaptability of any living system. Appropriate timing of medical interventions, educational process, work and relaxation are also associated with biorhythms. Knowledge and respect of human biorhythms can help to harmonize day cycle, improve efficiency at work, use of leisure time and relaxation. **Conclusions:** Human life and health are influenced by a numbers of factors, biorhythms are one

of them. Realistically, we can use knowledge about human biorhythms for more effective work and rest, to learn to sense and respect the needs of the body. We can actively intervene in our own lifestyle, try to minimize behavioral risks and reinforce the operation of protective factors.

---

*Keywords:* biorhythms, the pineal gland, chronobiology, illness, learning, health