

6. VLIV EXTRÉMních ZMĚN NA BIORYTMY (různá zeměpisná pásma, dlouhodobá izolace, kosmické lety)

Cestování v dřívějších dobách (např. v relativně pomalých kočárech) neznamenalozdaleka takové narušení biorytmů, jako cestování současné. Nadzvukovými letadly se člověk dostane za několik hodin do zcela jiných zeměpisných pásem. To je pochopitelně spojeno s tím, že v novém místě existují odlišné rytmicity externích faktorů a vnitřní biologické hodiny se s touto vnější rytmitou dostanou do rozporu. Z toho vyplývá řada poruch a trvá určitou dobu, než se člověk dostane opět do souladu s externími rytmy a to posunem fázování své rytmicity.

Do značné míry extrémní podmínky s sebou přinášel i pobyt v arktických či antarktických oblastech, mj. proto, že se lidský organismus musí přizpůsobit dlouhotrvajícímu polárnímu dni a stejnou dobu trvající polární noci. To se pochopitelně netýká pouze člověka, ale ve stejné míře i živočichů v těchto podmínkách žijících.

Ještě větší zásah do biorytmů (a pochopitelně i do dalších funkcí organismu) přináší kosmické lety, při kterých v podmínkách vesmírné lodě chybí působení z vnějšku přicházejících rytmických změn. To znamená veliký nápor na zafixované nejrůznější biorytmy a vytváří proto nutnost vytvořit takové podmínky v kabině, aby byl např. zachován 24ti hodinový rytmus bdění x spánku, aktivity, příjmu potravy a pod. Zmiňovali jsme se již o tom, že u člověka mohou tzv. sociální signály být silnějšími synchronizátory jeho biorytmů než vlivy světla. Proto se problémem stává i izolace kosmonautů od širšího kolektivu lidí, se kterým byli od té doby ve stálém styku.

Tentýž problém přinášel např. i dlouhodobý pobyt lidí na ponorkách (ponorková nemoc!) či v jiném obdobném způsobu déletrvající izolace. To, co všechny tyto různé extrémní podmínky spojuje, je tedy jejich vliv na biorytmy a proto bylo také jejich působení z různých hledisek chronobiology studováno. Bylo zapotřebí řešit celou řadu zcela praktických problémů spjatých s tím, že se jednak rozšířila možnost člověka dostávat se do takových dříve nepřístupných podmínek, jednak se zrychlily jeho technické prostředky, kterými se to děje. Proto bylo v posledních desetiletích nashromážděno mnoho nových poznatků, důležitých nejen pro zachování biorytmů, ale také životaschopnosti a pracovní výkonnosti za těchto extrémních podmínek.

6.1. Vliv geografických podmínek a jejich rychlých změn na biorytmy

6.1.1. Vliv polárních podmínek na biorytmy

Když uvádí SOLLBERGER (1965) příklady, kdy chybí normální 24ti hodinová rytmicita, na prvním místě se ocitly podmínky polárních krajín. Je to proto, že v těchto podmínkách je 2x do roka velmi oslaben synchronizující vliv světla skutečností, že období světla je v létě velmi dlouhé, zatím co v zimě naopak krátké. Proto byly prováděny studie s cílem zjistit, zda endogenní rytmy - např. pohybové aktivity - se změněným podmínkám přizpůsobí, či zda dojde k desynchronizaci biorytmů.

FIGALA (1980) uvádí některé zajímavé výsledky těchto sledování. Mnoho živočišných druhů (savci, ptáci, ryby, hmyz) mělo své biorytmy plně synchronizovány po celý rok. Mimo jiné se u nich extrémně prodloužilo období aktivity buď ve dne či v noci podle typu převahy aktivity v denním či naopak nočním období. U řady živočichů však došlo k desynchronizaci biorytmů, jako např. u myšice *Apodemus flavicollis*, u ryb střevle *Phoxinus phoxinus* či vranky *Cottus poecilopus*. U některých savců a ryb bylo zjištěno, že u nich dochází k obrácení aktivity během ročního cyklu o 180°, tj. že kolem jarní rovnodennosti mění svůj denní rytmus aktivity na noční a kolem podzimní zase nazpátek na denní.

Zatím všechny druhy zkoumaných denních ptáků jsou v polárních krajinách plně synchronizovány, předpokládá se, že se na tom podílí i spektrální změny světla (endokrinní systém je přece velmi citlivý na vlnovou délku!). Je tedy jasné, že extrémní podmínky polárních oblastí mohou průběh biorytmů dosti výrazně modifikovat. O mechanismu těchto změn však doposud toho příliš

nevíme.

6.1.2. Vliv zeměpisné polohy (šířky) na biorytmy

Problémy s rychlými cestami letadlem začaly být pozorovány až začátkem šedesátých let, kdy rychlost letadel překročila rychlost zvuku. WARD (1980) uvádí, že první potíže začaly být pozorovány u cestujících, kteří podnikali cesty mezi Kodaní a New Yorkem, resp. z Kodaně přes Anchorage do Tokia prostřednictvím skandinávských aerolinií SAS. Tyto potíže popsal BRYANT (1963) a to pod názvem: "Co dělá cesta tryskovým letadlem vašim metabolickým hodinám". Brzy bylo jasné, že nejde o rychlost letu, ale že jde o jiný problém. Vysvětlení přišlo i od samotných pilotů tryskových letadel - zatím co cesty směrem východo-západním snášejí obtížně, lety směrem severo-j jižním - na stejnou vzdálenost a stejnou rychlostí - neměly žádné nepříznivé účinky.

Na podstatu problému poukázal již samotný BRYANT (1963), který upozornil na to, že lety křižující mnoho poledníků vychylují biologické hodiny z fáze s prostředím, zatím co lety ve směru poledníků nikoliv. Nejlépe to dokumentuje obr. č. 62.

STRUGHOLD (1965) ve svém článku věnovaném problematice biologických hodin v letectví a kosmonautice vychází z toho, že poruchy u těch, kteří cestují tryskovými letadly přes více poledníků vyplývají z narušení jednoho ze základních biorytmů - cyklu spánků x bdění. Podle něj se tento rytmus upevnil jako životně nezbytná funkce u všech organismů včetně člověka v důsledku dlouhodobě ve fylogeneze působících 24ti hodinových externích rytmů, zejména světelných. Proto rychlá změna fázování vede u člověka k vážným neurotickým poruchám, pravděpodobně v důsledku stresové reakce.

STRUGHOLD (1965) dává několik rad, jak se většímu narušení svých biologických hodin vyhnout. Předně doporučuje, aby do cílového místa cestující letěl s předstihem několika dnů a v těchto dnech by měl odpočívat a tak nechat přizpůsobování volný průběh. Tento způsob se užívá např. v případě sportovců, kteří třeba do místa olympijských her letí až s týdenním předstihem. Další radou je přizpůsobovat se změněnému rytmu už předem - postupně posunovat svůj cyklus spánku a bdění podmínkám v cílovém místě. Tomu může napomoci i třetí způsob, tj. mírná medicína ve správnou dobu v průběhu dne.

ASCHOFF (1965) na základě svých pozorování s izolovanými lidmi za různých světelných podmínek došel k názoru, že řešením by mohlo být umělá expozice krátkým cyklům světlo x tma. Ve svých dalších pokusech - na pěnkavách - ASCHOFF (1969) zjistil, že doba přizpůsobení se změně časového cyklu o 6 hodin, což odpovídá posunu o 6 časových pásem, je 3-6 dnů. Bohužel tento problém, zdánlivě méně důležitý než problémy spjaté s kosmickými lety, nebyl dále podrobněji rozpracován. Vyžaduje přitom nesporně řešení, protože předpoklad WARDA (1980), že se rychlost letů zvýší natolik, že tentýž den se člověk dostane na místo určení a zase nazpátek, je přece jenom ještě vzdálen dost od reality.

6.2. Vliv podmínek ve vesmíru na biorytmy

Otázka, jak bude člověk reagovat na nové cizí prostředí ve vesmíru, ve kterém budou chybět dosavadní synchronizátory a začnou se uplatňovat nové, se v současné době stává velmi aktuální. Uskutečňuje se řada vesmírných letů, ještě větší množství pokusů probíhá v simulovaných experimentálních podmínkách. Tyto pokusy, prováděné v izolovaných komorách, které jsou od vnějších podmínek dle možnosti zcela odděleny, v podstatě navazují na klasické pokusy KLEITMANA a RICHARDSONA z r. 1938 (viz GOLDSMITH a CLAIBORNE 1966) v Mamutí jeskyni. V takovýchto izolovaných komorách mohou pochopitelně také být aplikovány nové umělé podmínky, jejichž vliv je pak sledován.

Jedno ze zjištění dosažených v experimentálních podmínkách je, že mezi jedinci existuje velká variabilita snášenlivosti nových a extrémních podmínek. Tyto rozdíly jsou dány mj. psychickými vlastnostmi, fyzickou odolností, věkem (u starších osob klesá) a pod. Vyhledávání lidí, kteří jsou ve zvýšené míře senzitivní na změnu externích rytmů a na synchronizaci vlastních biorytmů s touto změnou je velmi důležité při výběru osob, které mají být vyslány na vesmírné lety - proto jsou

kandidáti těchto letů v tomto směru přísně testováni.

Těmito otázkami se zabývali zejména HALBERG a KLEITMAN. Od HALBERGA také pochází stanovení určitého poměru, tzv. Halbergova cirkadiánního kvocientu, který je dobrým ukazatelem schopnosti své rytmy v případě potřeby relativně snadněji měnit. Některé problémy, které se vyskytují v souvislosti s lety do vesmíru, se vyskytují i v jiných extrémních podmínkách, rovněž spojených s chyběním přirozených externích rytmů. Jde např. o dlouhodobý pobyt pod vodou u posádek ponorek (zejména moderních - atomových) - i zde je nutno uměle udržovat chybějící rytmicitu externích vlivů.

6.2.1. Výsledky přípravných experimentů pro lety člověka do vesmíru

Dříve, než do vesmíru vzlétli lidé, bylo třeba udělat řadu pokusů na Zemi. Sledován byl např. vliv změněného rytmu, chybění vlivů vnějšího prostředí, izolace buď jednotlivce samotného či menší skupinky, vliv beztlíže či změněné gravitace. Tyto pokusy bylo možné dělat i na Zemi, v laboratorních podmínkách, před vlastními vesmírnými lety a vystavení změněným podmínkám je také jednou z důležitých částí výcviku kosmonautů, kteří se na lety do vesmíru připravují.

Druhou cestou bylo vysílání různých druhů zvířat předtím, než do družice nasedl člověk. Nejvíce zajímavé z tohoto hlediska bylo zkoumání vlivu vesmírných podmínek na primátech, tedy živočišných druhů velmi blízkých člověku. Sledování byli jednak např. makak, tedy druh vzdálenější, jednak např. šimpanz, tedy jeden z druhů, který je člověku nejbližší. Metodickými přístupy byly buď laboratorní podmínky na Zemi, kde byly navozeny umělé rytmy lišící se délkou světelné a tmavé fáze, případně dalšími podmínkami, nebo sledování přímo ve vesmírných podmínkách.

V literatuře jsou popisovány výsledky některých takových pokusů, např. tzv. Biosatelitů. U různých živočišných druhů byly sledovány rytmy aktivity (spánek x bdění), dále tělesné teploty, srdečního tepu či tlaku krevního. Výsledky ukázaly, že tep a tělesná teplota má prodlouženou dobu trvání oproti 24ti hodinové, a to cca 25ti hodinovou. Rytmicitu 24ti hodinovou měl zachován nproti tomu krevní tlak a také rytmicita bdění x spánek, i když třeba za určitých podmínek může dojít pouze k určitému posunu fáze cyklu bez změny celkové délky cyklu.

V jiném pokusu se šimpanzy byl zvolen umělý rytmus, kdy při úplné izolaci bylo užito schematu střídání 10 dnů LD 12:12, pak L 24, pak zase LD 12:12. Za podmínek stálého světla se poněkud prodloužila doba cyklu spánek x bdění a to na 24,8 hodin, obdobně bylo zjištěno u rytmu vylučování moči a u dalších metabolických ukazatelů.

U člověka za laboratorních podmínek byl sledován vliv změněných rytmů světla a tmy, např. LD 16:8 a zároveň podmínek sníženého pohybu (hypokinese) - část pokusných osob necvičila a druhá pravidelně dózovaně cvičila. Výsledky ukazují následující obrázky č. 63 až 66. První z nich, obr. č. 63, ukazuje stav v době, kdy obě skupiny měly zcela stejné podmínky. Je vidět, že všechny 3 sledované hormony : - černé body a plná čára kortizol - bílé body a plná čára T₃ - čtverečky a plná čára T₄ i tělesná teplota, trojúhelníčky a přerušovaná čára - ukazují jasnou rytmicitu. Všechny 3 hormony mají přitom vrchol kolem 7.30 hod., thyroxin navíc ještě jednou odpoledne kolem 15.30 hod. Pokud jde o tělesnou teplotu, je její maximum kolem 19.30 hod.

Na dalším obrázku - č. 64 - je uvedena denní rytmicita srdečního tepu a tělesné teploty jednak před, dále v průběhu a konečně po odlišné pohybové aktivitě. Stejně jako na minulém obrázku je období tmy (od 23.30 do 7.30 hod.) označena šedým polem. Z obrázku je vidět, že maximum pokud jde o srdeční tep je kolem 19.30 hod., se stoupáním od začátku světlé části dne počínaje. V období, kdy se opět podmínky obou skupin neliší, stoupá výrazně srdeční tep až do začátku tmavého období kolem 23.30 hod.

Tělesná teplota - pravá část obrázku - takové výrazné změny nemá. Co je však možné pozorovat, je pokles tělesné teploty v důsledku omezení pohybu, který se ani po převedení do normálních podmínek nevrátí až na výchozí úroveň.

Na dalším obrázku (č. 65) vidíme, jak vypadá denní rytmicita vylučování kortizolu u 4 osob cvičících a 4 necvičících - v levé části po různé době hypokineze a před (dole) a po (nahore) hypokinetickým období, v pravé části jsou pak výsledky sumovány. Z obrázku je vidět, že hypokineze nemá

tak velký vliv na circadiánní rytmicitu vylučování kortizolu. Na posledním obrázku serie, č. 66, je vidět, že větší změny je možno pozorovat u obou hormonů štítné žlázy, tj. T₄ (vlevo) a T₃ (vpravo). Tyto hormony ukazují změněnou rytmicitu v období hypokineze a návrat k původní úrovni v následujícím srovnávacím období. Mění se však pouze rozkmit rytmu, jeho délka však zůstává zachována.

6.2.2. Problematika vlastních vesmírných letů z hlediska biorytmů a jejich poruch

Vesmírné lety znamenají přenos do podmínek zcela odlišných od pozemských, mj. i z hlediska rytmických dějů. Především jde o zachování rytmu bdění x spánek i za zcela změněných podmínek vnějších, než jaké za pozemských podmínek ovlivňují rytmus naší aktivity a spánku. Již tak zvané orbitální lety v blízkosti Země znamenaly z tohoto hlediska změnu normálního cyklu den - noc za rychle se střídající období sluneční světlo a tmavý zemský povrch. Tyto oblety - orbitální lety kolem Země - trvaly od 90 do 130 minut, tj. cca 1/10 pozemského cyklu, přičemž přibližně 30% z doby obletu znamenalo tmu, či lépe řečeno šero. To je tedy jedna podstatná změna světelných podmínek pro kosmonauty, jsou zde ale i další, např. změna měsíčního světla a vliv světla Země.

Chybí tedy dosavadní cyklus světla a tmy, navíc se zde objevuje i další faktor, ztráta působení gravitace. Pokud jde o cyklus bdění x spánek, neznámá stav beztlíže nějaký faktor, který by spánek rušil, znamená totiž stimulaci parasympatiku, stejně jako k ní dochází právě ve spánku. Proto z důvodu stavu beztlíže neměli sovětsí ani američtí kosmonauti potíže se spánkem. Beztlíže naopak přispívala k tomu, aby se spánek projevil, problémem ale bylo, aby se vžitý rytmus spánku u kosmonautů udržel i za odlišných externích podmínek vesmírných letů. To se podařilo vytvořením umělých podmínek v družici tak, aby se co nejvíce blížily pozemským podmínkám.

Chybění gravitace, zejména při dlouhodobějších letech, však přináší jiný problém a to je postupující atrofie svalstva. Do určité míry tomu lze zabránit zařazením vydatného cvičení do denního programu kosmonautů.

Zpočátku letěl ve vesmírné lodi jen jeden kosmonaut, pak se postupně jejich počet zvyšoval a potřebné proto bylo synchronizovat u nich společně spánek a období aktivity. Tak se potvrdilo, že rytmus spánku je dědičně hluboce zakořeněný a přetrvává i za podmínek, které jsou značně změněny. Kosmonauti mohou přitom přesto přibližně 24ti denní rytmus aktivity a spánku na pokyny z řídicího střediska zachovávat.

Je nesporné, že k dalšímu pokroku letů do vesmíru dochází s rozvojem tzv. vesmírných stanic, tak jsme toho svědky, se všemi počátečními obtížemi, v současné době, existuje mezinárodní stanice vzniklá připojováním dalších dílů k základnímu modulu. Rekordman v době existence - ruská stanice MIR - již skutečně definitivně skončil, právě s dohotovením první části mezinárodní vesmírné stanice.

Vlastní vesmírný let nabízí z hlediska zachování resp. ovlivnění rytmicity různé otázky, např.:

- do jaké míry jsou spojeny se schopností vyrovnat se s vesmírným letem problémy zachování 24ti hod. rytmů
- zda mají nějaký význam (a pokud ano, tak jaký) změněné jemné synchronizátory (např. magnetické pole, gravitace či záření).

Při jednom z programů Apolla (Apollo 15), byly i tyto otázky studovány. Na dalších obrázcích (č. 67 až 69) je uvedeno, jaké byly pozorovány rytmy pokud jde o dýchání a srdeční tep u tří kosmonautů. Na ose y je délka pozorovaných rytmů v hodinách, na ose x pak amplituda v porovnání se standardní odchylkou. I když u všech tří kosmonautů je možno pozorovat značnou variabilitu pokud jde o tepovou či dýchací frekvenci, tak pouze v případě dýchací frekvence u kosmonauta 1 a tepové frekvence u kosmonauta 3 jsou rozdíly skutečně vysoce statisticky významné.

Jiné podmínky znamenala cesta na Měsíc - zde vstoupily do hry další faktory, mj. nutnost dodržet nezávislost na cyklu 27 denního oběhu Měsíce, na změně osvětlení ze Země (proti Měsíci je Země "v úplňku" 75x jasnější než Měsíc z pohledu ze Země!). Východ a západ Slunce na Měsíci nepředstavuje takový důležitý časovač jako na Zemi. Spánek na Měsíci může být lepší než na Zemi, vzhledem k nižší gravitaci.

Dalším cílem lidských posádek budou cesty směrem k planetám a první na řadě bude zřejmě Mars. Již se zde objevil první průzkumník, tj. malý robot, který podává informace přímo z povrchu Marsu. Na této planetě, resp. při obletech kolem ní, bude zapotřebí počítat s tím, že je zde stálé sluneční světlo, tedy konstantní světelné podmínky. Cesta k Marsu vyžaduje více než 1/2 roku, tj. asi 7 měsíců, což je již dost dlouhá doba z hlediska pobytu ve vesmíru, i když takovou dobu i delší již také kosmonauti ve vesmíru strávili. Cesta člověka na Mars se dá očekávat začátkem tohoto tisíciletí. Konstantní světelné podmínky přitom budou působit proti zděděnému návyku na střídání světla a tmy v pozemských podmínkách.

Dalším problémem bude stav beztlíže, který má právě při dlouhodobých letech za následek dekalifikaci kostí. Bude proto nutné zařadit vyrovnávací cvičení, které bude znamenat dobrý základ i pro potřebný pravidelný spánek (již se takovéto cvičení do programu kosmonautů i na kratších letech zařadilo). Na samotném Marsu je cyklus den - noc asi jenom o 37 minut delší, než je na Zemi. Intenzita slunečních paprsků by byla na Marsu asi 1/3 ve srovnání s podmínkami na Zemi. Jde tedy o poměrně srovnatelné podmínky se Zemí.

Ostatní planety naší sluneční soustavy mají podmínky, pokud jde o cykly, značně odlišné. Merkur obíhá kolem Slunce cca 58,5 dne, rotace kolem vlastní osy je značně pomalejší než na Zemi. Vzdálenější planety se kolem své osy pohybují cca 10-14 hodin, doba oběhu kolem Slunce je úměrná jejich vzdálenosti od Slunce. Je přitom třeba počítat s uplatněním vztahu rychlosti a času, v mezihvězdném prostoru se bude pohybovat vesmírná loď rychlostí 40 km/sek. i více, což se projeví v tom, že reálně uplyne kratší doba.

Fyziologické rytmy tím budou pochopitelně také ovlivněny, resp. bude zapotřebí zajistit jejich upevnování i za těchto změněných podmínek. Pro současnou dobu, tj. začátek třetího tisíciletí, je reálná cesta k Marsu, zatímco delší cesty k ostatním planetám a tím spíše mimo naši sluneční soustavu, jsou spíše v oblasti science-fiction. Přesto i takovéto cesty jsou již nyní uvažovány jako možné a uvažují se i podmínky, za kterých by se cesta trvající několik let mohla uskutečnit.

Reálně se pro tyto lety zvažuje i možnost hibernace, tj. uvedení do ztrnulého stavu podchlazením, s probuzením až v období těsně před dosažením cíle. Pochopitelně jsme zatím daleko od doby, kdy by bylo možné člověka ochladit, delší období (případně řadu let) jej nechat takto hibernovat a pak jej bez problému z této hibernace probudit. Cesta je to pochopitelně lákavá, jde o problém, který v každém případě stojí za to sledovat.

Jako určité zpestření při probírání vlivu kosmických letů na různé biorytmy u lidských i zvířecích kosmonautů je třeba si říci o pytloušovi, malé pouštní myši (*Perognatus longimembris*), jak ho popisuje WARD (1980). LINDBERG tento druh sledoval ze zcela jiného důvodu, zjišťoval účinek radioaktivního spadu na místní zvířenu na jedné pouštní raketové základně. Měl za úkol tato zvířata odchytávat a posílat je pak do laboratoře ke sledování účinku na chromozomy. Nebylo nutné, aby odchycená zvířata zůstala živá, tak je LINDBERG házel do plastických sáčků a ty ukládal do beden se suchým ledem, kde zvířata okamžitě zmrzla. Když jednou LINDBERG přinesl bednu se suchým ledem se zcela zmrzlými plastickými sáčky, nechtěl za chvíli věřit svým očím. Některé plastické pytlíky začaly totiž poskakovat po laboratoři!

Když se LINDBERG podíval dovnitř sáčku, byl tam živý a čilý pytlouš. Toto zvířátko dokáže při ochlazení znehybnit a v tomto stavu se dá zmrazit na kámen. Takovéto ochlazení nejen přežije, ale když se nechá trochu roztát, probudí se ze ztrnulosti a je okamžitě aktivní a čilý. Tím se stal pytlouš ideálním zvířetem pro sledování účinku kosmických letů na rytmické děje. Tento drobný hlodavec - váží pouze kolem 10 g - má také jasně vyjádřené denní rytmy a to rytmus aktivity a ještě lépe měřitelný rytmus tělesné teploty. Přitom v chladu ztrne a jeho požadavky na O₂ jsou ještě menší než normálně (bez jakéhokoliv poškození může být např. na dlouhou dobu zaletován v konzervě!). Proto by byl tak vhodným modelem pro dlouhé cesty v kosmické lodi.

LINDBERG se stal vedoucím laboratoře bioastronautiky v Kalifornii a začal tento svůj náhodně

objevený model studovat (LINDBERG a sp. 1965, 67, 69). Vyvinul telemetrické zařízení schopné předávat zprávy o aktivitě a tělesné teplotě pytlouše (vzhledem k malým rozměrům tohoto zvířátka musilo být nesmírně malé!). LINDBERG se spojil se světovou kapacitou v oblasti studia rytmických dějů, kterého jsme si opakovaně citovali - s PITTENDRIGHEM. Spolu též vyvinuli komplexní jednotku, kde by zvíře po dobu letu mohlo být umístěno a kde by byly přístroje, které by ho sledovaly. Celá tato jednotka nevážila více než 11 kg. Její schéma je vidět na obr. č. 70.

Jaká je naděje, že tato jednotka a její obyvatel přispějí k objasnění důležitých problémů vlivu kosmických letů? NASA při plánování své budoucí práce se chce věnovat i výzkumu biologických rytmů, tj. sledování izolace člověka od řady běžných podnětů na biorytmy. Takovéto pokusy by zároveň mohly přinést i základní informace o mechanismech biorytmů. Biologické hodiny, dané zejm. circadiánní rytmiticitou, budou při letech do vesmíru hrát významnou roli, rytmicita bude hrát roli v fyziologických pokusech konaných na družicích.

A k čemu by byl vhodný pytlouš, se svou výjimečnou schopností upadnout do ztrnulosti při zmrazení a při rozmrazování opět opakovaně ožít? Z hlediska studia biologických hodin je důležitá otázka, jak se tyto hodiny budou chovat, až budou vzdáleny vlivům všech geofyzikálních sil Země.

Problém pronikání do vzdálenějších částí naší soustavy není přece spjat jen s otázkou rychlosti vesmírných lodí, ale i s tím, jak na tuto dlouhodobou cestu budou reagovat lidé a jejich rytmické děje. Znalost těchto reakcí by pochopitelně měla být napřed získána v pokusech na zvířecích modelech. Velmi významný by v tomto směru mohl být let kolem Slunce, kdy by vliv geofyzikálních účinků Země byl už zanedbatelný. Právě pro lety takového druhu by byl velice vhodným experimentálním modelem pytlouš. Kdy se tak stane - těžko říci, i v USA kosmický program musil doznat značných úspor, snad se ale někdy začátkem tohoto tisíciletí i malý kosmonaut - pytlouš - dočká.

Bylo by možné ještě uvádět řadu nálezů o vlivu vesmírných letů, literatura o tomto tématu se však stává již dost enormní a nemůžeme proto uvádět všechny příklady. To se již vymyká rozsahu našich skript a vyžadovalo by si skripta jiná, speciálně věnovaná této problematice.

7. BIOLOGICKÉ RYTMY A PSYCHICKÁ VÝKONNOST

Hledání rytmicity se nevyhnulo ani oblasti duševní činnosti. Šlo nejen o teoretický výzkum, ale o řešení otázek veskrze praktických, které mají dopad na pracovní výkonnost a tím i na pracovní produktivitu v důležitých oblastech společnosti. První otázkou bylo, zda je vůbec možné nějaké rytmy v psychické výkonnosti pozorovat, resp. zda lze tyto rytmy nějak ovlivnit. Bylo by také možné formulovat problém tak, zda rytmy psychické výkonnosti jsou odrazem nějaké jiné fyziologické rytmicity, např. úrovně metabolismu.

Speciální oblastí výzkumu byl výzkum mozkových proudů, ať již v průběhu činnosti nebo při spánku, tj. v obou základních částech jednoho ze základních rytmů - střídání aktivity a spánku.

7.1. Rytmicita psychické výkonnosti a její ovlivnění různými faktory

Ve 24-ti hodinovém časovém intervalu můžeme zaznamenat dvě základní období: - spánek, trvajícím v průměru mezi 7-8 hodinami (s možností dosti značných diferencí mezi jednotlivci!) - aktivní fázi, zahrnující jak vlastní pracovní činnost, tak i činnosti mimopracovní. Z tohoto základního dělení na dvě odlišná období vyplývá u člověka i hlavní 24-hodinová rytmicita nejrůznějších ukazatelů, od srdečního tepu, dýchání, tlaku a teploty těla až po krevní hladiny metabolitů, hormonů a pod. (COLQUHOUN 1971). Maximum v těchto rytmických změnách můžeme pozorovat převážně v denním (pracovním) období a minimum v období spánku. Mezi těmito limity se hodnota daného parametru kontinuálně mění.

Jako příklad si můžeme uvést křivku změn tělesné teploty, jak ji uvádí COLQUHOUN (1971) - viz obr. 71. Je zajímavé, že zatímco k poklesu od období maxima dojde zhruba za 9 hodin (mezi 20-tou hodinou večer do 5-té hodiny ráno), vzestup trvá téměř dvakrát tak dlouho. Je ovšem nutno říci, že mezi 10-tou až 20-tou hodinou stoupá teplota těla pozvolna, zatímco v relativně krátkém období od 7-mé do 10-té hodiny naopak rychle.

Ke sledování byla užita skupina 70 mladých mužů, která měla denní rozvržení vršení činností obdobné, jako u většiny zaměstnanců, tj. vstávali v 6.30 hod. a pracovali v období od 8.00 do 16.30 hod. Znamená to, že v průběhu prvních hodin pracovní činnosti dochází k největšímu růstu teploty těla, která pak pomalu stoupá až do konce směny, aniž by však dosáhla svého denního maxima. Dá se předpokládat, že obdobně jako tělesná teplota se vyznačuje rytmickými změnami i funkce mozku, včetně mentální výkonnosti.

Aby se tento předpoklad vyvrátil nebo potvrdil, byla za definovaných a kontrolovaných podmínek udělána řada studií. Sledována byla výkonnost jednak v průběhu dne v tzv. ranní směně, tj. od 6-14 hodin, jednak v odpolední, tj. od 14-22 hod. V dalších studiích byla pak sledována výkonnost i v průběhu nočního období, tj. mezi 22.00 hod. večer do 6.00 hod. ráno. Již delší dobu je známo, že člověk nemá stejnou výkonnost v celém průběhu pracovní směny, jak shrnul KLEITMAN (1963).

Je ovšem nutné si uvědomit, že lidé se mohou v závislosti na fázování své 24ti hodinové rytmicity lišit v obdobích své maximální a minimální výkonnosti. U některých lidí můžeme pozorovat fázový posun směrem k maximální výkonnosti v pozdní odpoledne a večer (lidé "sovy") na rozdíl od těch, kteří jsou nejvýkonnější ráno a dopoledne (lidé "kohouti").

V přehledové práci již z třicátých let FREEMAN a HOVLAND (1934) shromáždili data nasvědčující denním variacím výkonnosti nejen smyslové a motorické, ale i mentální. Ve všech uvedených oblastech zaznamenali rytmické změny v průběhu sledovaného období. I když autoři nenašli nějaké jednotné schéma změn (popsali naopak 4 základní typy), KLEITMAN ve svých vlastních pozorováních zaznamenal jasnou převahu jednoho z typů. Šlo o rytmicitu vyznačující se ranním vzestupem s maximem brzy odpoledne, a poklesem v odpoledních hodinách. Naproti tomu COLQUHOUN (1971) zaznamenal u většiny parametrů maximum spíše večer a to při ranním typu směny - při odpoledním však byla výkonnost naopak večer nejnižší.

Přes tento časový posun ve výsledcích, shodují se KLEITMAN i COLQUHOUN v tom, že existu-

je základní 24-ti hodinová rytmicita výkonnosti, kterou je možné porovnávat s rytmicitou tělesné teploty. Shoda křivek tělesné teploty a mentální výkonnosti vedla k úvahám, zda mezi oběma jevy existuje příčinná souvislost. KLEITMAN (1963) předpokládá, že nejpravděpodobněji je rychlost procesů myšlení závislá na celkové úrovni metabolických procesů, jejichž výslednicí je i tělesná teplota. Výsledky pozorování COLQUHOUNA (1971) s touto představou v zásadě souhlasí, přinášejí však i doklady o tom, že tento vztah není tak jednoduchý.

Jedním z problémů, kde není možné vysledovat přímou návaznost mezi tělesnou teplotou a výkonností je tzv. poobědový fenomén, kdy je možné pozorovat pokles výkonnosti, aniž by docházelo k poklesu tělesné teploty. Je zajímavé, že přitom nezáleží ani tak na skutečné době příjmu jídla v daný den, ale spíše na převažující jeho době v dlouhodobém období. V každém případě je ale možné pozorovat určitý pokles psychické výkonnosti po jídle, za 1-2 hodiny po jeho příjmu, což je zřejmě dáno dočasným přesunem krve z mozku směrem k zažívacímu traktu. Tento přesun nemusí být pochopitelně spjat s poklesem celkové tělesné teploty, protože menší prokrvení v mozku je vyrovnáno větším prokrvením a tím také oteplením v oblasti gastrointestinálního traktu.

KLEITMAN (1963) dává v úvahu rovněž další možnost, že poobědový pokles může být pozůstatkem starší rytmicity odpočinek x aktivita, o trvání 80-90 minut. Tato původní rytmicita se projevuje v období spánku a je pozorovatelná v tzv. REM EEG vlnách při snění a KLEITMAN předpokládá, že se může projevat i v období aktivní činnosti v průběhu dne.

Pokud předpokládáme, že křivka mentální výkonnosti odráží část cyklu období bez spánku, pak bylo zajímavé zjistit, jak se projevívá spánková deprivace. V pokusech MURRAYE a sp. (1958) byl popsán důsledek 96 hodinové spánkové deprivace pokud jde o rytmus tělesné teploty a subjektivní cyklus období "nespánku". LOVELAND a WILLIAMS (1963) ukázali, že v průběhu 3 dnů spánkové deprivace setrvává úzká návaznost tělesné teploty a mentální výkonnosti. Celková úroveň výkonnosti v průběhu spánkové deprivace poklesá, stejně jako tělesná teplota. Účinek doby dne na výkonnost se u deprivovaných osob zdála být vyšší než u kontrolních osob s normálním podílem spánku v průběhu 24-ti hodinového cyklu.

Obdobné jsou v tomto směru i výsledky FIORICA a sp. (1968) a DRUCKERA a sp. (1969).

Zajímavý problém představují z hlediska rytmicity mentální výkonnosti ti pracovníci, kteří jsou opakovaně nuceni pracovat v nočních hodinách - proti dřívější době jejich počet výrazně vzrostl. Zejména v takových oblastech, kde je potřebná 24-ti hodinová koncentrovaná pozornost, je výkon práce v noci velmi náročný. Je otázka, zda za těchto nočních podmínek mohou tito pracovníci být stejně výkonní jako v období denním. Je pochopitelné, že výzkum v této oblasti je často financován armádou, kde takové požadavky jsou na některé kategorie pracovníků kladeny spíše než v civilním sektoru.

Když bychom se vrátili k problému výkonnosti v noci ve srovnání s obdobím ranním (8-16 hod.) či odpoledním (16-23 hod.), můžeme vyjít z práce BROWNA (1949) - viz obr. č. 72. Z obrázku je patrné, že největší množství chyb dělají pracovníci v nočním období (mezi 2-4 hod. ráno), zatímco nejméně v období 16-18 hod. odpoledne. Obecně ale v období cca od 10 hod. do 22 hod. je úroveň chyb podstatně nižší než v období od 22 hod. večer až 10 hod. dopoledne.

Když porovnáme nalezenou křivku odrážející mentální výkonnost s křivkou na obr. č. 71, která zachycuje tělesnou teplotu, vidíme shodný časový průběh obou křivek. Podobné závěry vyplývají i ze studií dělaných jinými autory, jako např. MENZELEM (1962), ULICHEM (1964), MAREM a WOTKEREM (1968). Zajímavý je nálezn GAVRILESCA a sp. (1967), kteří pozorovali postupné zlepšování ukazatelů mentální výkonnosti v průběhu týdne s nočními směnami; vysvětlují to rychlejší adaptací VNČ, ve srovnání s vegetativním nervstvem.

Prakticky důležitá jsou i sledování, ve kterých byly užity osoby, které rychle "přeskočily" několik časových pásem směrem západovýchodním či opačným. Jak ukázaly např. studie HAUTYHO a ADAMSE (1965) či KLIMA a sp. (1970), je zapotřebí 3-5 dnů k tomu, aby se projevila adaptace na nové podmínky nejen u fyziologických rytmů, ale i u rytmů mentální výkonnosti. Totéž platí pro osoby žijící dočasně v Arktidě (LOBBAN 1965). Bohužel, v žádné z výše uvedených studií dělaných

přímo na pracovištích nebyla v jednom sledování současně zjišťována mentální výkonnost a tělesná teplota - vždy byla sledována velikost pouze jednoho z obou parametrů. Proto bylo toto porovnání uděláno za laboratorních podmínek v několika studiích. První z nich byla studie KLEITMANA a JACKSONA (1950), další studie CHILESE a sp. (1968) a pod. Nálezy z těchto studií nedaly jednoznačné závěry o vztahu obou veličin a poukázaly naopak na možný význam dalších vlivů, např. motivace či celkové spánkové deprivace.

Upozornily i na význam stressu vyplývajícího ze skutečnosti, že jsou kladeny větší požadavky na mentální výkonnost, než v daném období dne bylo dosud požadováno. V souvislosti s těmito pokusy, ve kterých v podstatě šlo o studium případných změn fázování, se začalo poukazovat i na rozdíly ve fázování rytmicit, dané přímo typově - KLEITMAN (1963) byl mezi prvními, kteří upozornili na existenci jedinců "ranních" a jedinců "večerních".

Další sledování takových zásadně odlišných typů osob ukázalo u nich difference v různých fyziologických i mentálních rytmicitách a dokonce i pokud jde o charakteristiku osobnosti. COLQUHOUN a sp. (1968, 1971) se podrobně věnovali otázce vzájemného vztahu mentální výkonnosti a tělesné teploty.

Prokázali za podmínek dlouhodobého sledování, že mezi oběma parametry existuje vzájemný vztah (viz obr. č. 73). Zároveň ovšem prokázali, že se postupně mění charakter křivky tělesné teploty v průběhu cyklu (viz obr. č. 74).

Z obrázků je jasné patrné, že se s postupem doby v průběhu sledování při 8 hod. práci v nočním období stále vyrovnává původní pokles v tělesné teplotě. Zajímavé je, že totéž platí i pro ranní směnu - s prodloužením doby práce (6-tý a 12-tý den) se tělesná teplota v průběhu ranního období zvyšuje - viz obr. č. 75). Zároveň se mění i některé parametry mentální výkonnosti. Jak ukazuje další obr. č. 76, platí obdobné změny i při užití 12-ti hodinové práce - opět můžeme vidět zvyšování tělesné teploty po 6 a 12 dnu sledování.

Je jasné, že mentální výkonnost projevující se v řadě testů, se mění v průběhu 24-ti hodinového období. Pro další výzkum však zůstává nedořešena řada otázek, souvisejících s tím, do jaké míry na 24-ti hodinovou křivku mentální výkonnosti působí některé další faktory (COLQUHOUN 1971). Na příklad jde o to, jak se uplatňuje délka a kvalita předchozího spánku, nebo zdravotní stav jedince či přítomnost stimulujičích či naopak potlačujících farmak (fyzické faktory). Výrazně se však může uplatňovat i stupeň inteligence, úroveň motivace a struktura osobnosti (psychické faktory).

Jsou však ale i další faktory, které se mohou uplatňovat, jako ku příkladu teplota prostředí, jeho hluchnost, podávaná strava (jak pokud jde o množství a složení, tak časové rozložení jejího příjmu), rozdělení a délka přestávek v práci, sezóna roku a pod. Není rovněž doposud jasné, do jaké míry se uplatňuje rozdíl mezi pohlavími a vliv věku.

Stále zbývají k dořešení i otázky spjaté s rytmicitou vyšších úrovní VNČ, s rytmy poznávacích procesů, paměti a pod. Celou škálu problematiky vlivu měnící se směnovosti je třeba řešit proto, že počet lidí, u kterých jsou směny normální součástí pracovní činnosti, stále narůstá. Největší problém přitom představuje narušení normálního rytmu spánku při nočních směnách. Na noční směnovost si lidé navykají pomalu a postupně, existují však jedinci, jimž to dělá menší obtíže.

Hlubší studium tohoto rozdílu mezi lidmi povede nejen k lepšímu pochopení rozdílu časovače ("Zeitgeber") a jeho úlohy při kontrole rytmicity, ale i k lepšímu výběru osob vhodných pro zastávání náročných činností v nočních směnách. Je pravděpodobné, že primárně vhodných osob je příliš málo, větší však může být počet osob schopných se na 5-ti denní (případně delší) období nočních směn "natrénovat". Hlavním problémem při nočních směnách je počáteční narušení až deprivace spánku - je známo, že nepříznivě působí nejen chybějící spánek při první noční směně, ale i kratší a přerušovaný spánek v denním období v dalších dnech cyklu nočních směn (TUNE 1968).

Bylo by vhodné vyzkoušet i účinnost různých farmak pro nástup i zkvalitnění tohoto denního spánku.

Málo pozornosti bylo také doposud věnováno otázce "readaptace" na normální rytmus spánku po přechodu z nočních směn. Obvykle se předpokládá, že 48-ti hodinový interval je zcela dostatečný k tomu, aby se rytmicita dostala do "normálních kolejí". Nemusí to být u všech jedinců pravda a tím hůře se musí projevit zkracování tohoto 2 denního intervalu či dokonce jeho úplné chybění, jak se někdy v zájmu rychlejší rotace směn děje. Většinu nadhozených problémů je třeba napřed řešit v laboratorních studiích, jejich výsledky je však třeba stále ověřovat v reálných pracovních podmínkách (to je pochopitelně obtížnější, ale je hlavním cílem dosažení určitých pracovních výsledků).

Jedním z hlavních cílů laboratorního výzkumu je připravit takovou paletu testů, aby mentální výkonnost byla skutečně zachycena co možná odpovídajícím způsobem. Tyto testy musí být rychlé a jednoduché a přitom senzitivní, schopné zachytit i jemnější rozdíly v rytmicitě v průběhu 24-ti hodin (ale případně i v kratším bazálnějším období cca 90 minut -viz str.). Sada takových testů musí vyhovovat i "polním" podmínkám výzkumu přímo na zkoumaných pracovištích. I když některé nálezy (např. poobědový fenomén, určité odlišnosti změn při poruše cyklu spánku a pod.) nejsou zcela v soulase s představou o přímém příčinném vztahu tělesné teploty a mentální výkonnosti, určitý vztah mezi rytmicitami obou dějů zcela jistě existuje.

Je však třeba upřímně říci, že přímý test závislosti mentální výkonnosti na rytmicitě tělesné teploty dosud chybí. Bylo by zajímavé sledovat současně zjišťovanou mentální výkonnost za podmínek změněné periodicity tělesné teploty, např. různými farmaky, hormony a pod. Pokud by se prokázalo, že podobná závislost neplatí např. pro případ "vegetativních" procesů, bylo by možné udělat dva závěry. Předně ten, že některé speciálnější rytmické parametry jsou nezávislé a to vázaně na strukturu mozku. Druhým závěrem by mohlo být, že jde o naučené časové závislosti (časově podmíněné reflexy), jak předpokládá COLQUHOUN (1971).

7.2. Vztah mentální výkonnosti a introverse resp. extraverse

Na vztah výkonnosti a intra- resp. extraverse upozornila poprvé studie COLQUHOUNA a CORCORANA (1964) - bohužel nebyla vůbec sledována tělesná teplota. BLAKE (1967) se této otázce věnoval podrobněji a zjistil, že tělesná teplota introvertů narůstá rychleji ráno a začíná poklesat dříve večer, než u skupiny extravertů.

Pokud vycházíme z již dříve zjištěného vztahu mezi tělesnou teplotou a výkonností, pak je možné říci, že introvertní jedinci mají fázování tělesné teploty i i mentální výkonnosti posunuty do dřívějšího období v průběhu 24-ti hodin. Toto bylo také přímo potvrzeno v dalším BLAKOVĚ studii.

7.3. Rytmicita vnímání a reakce - úloha mozku

V této oblasti výzkumu byla udělána řada výzkumů na rozhraní fyziologie a psychologie, výchozím bodem výzkumu většinou bylo zkoumání elektrické aktivity mozku za různých situací. O rytmických změnách v elektrické aktivitě mozku je již hodně známo; pravděpodobně nejvíce víme, co je alfa rytmus. Tento rytmus byl korelován se řadou parametrů, např. s psychomotorickou schopností či inteligencí. Méně je známo o možných vztazích alfa rytmů a časových aspektů percepční a motorické výkonnosti.

Alfa rytmus je nejlépe patrný, když vyšetřovaná osoba má zavřené oči a přitom nepřemýšlí o nějaké zvláštní věci. Tento rytmus je totiž výrazně potlačován mentální aktivitou, např. výpočty a pod. Z hlediska výzkumu významu alfa rytmu je možno odlišit dva směry: - jeden se zabývá touto otázkou z hlediska teorie vnímání (tato oblast je mimo okruh daný zaměřením skript - přehled viz např. HARTER 1967) - druhý se zabývá vztahem alfa rytmu k chování, aniž by si kladl za cíl ověřování výše zmíněné teorie.

Vzhledem k tomu, že alfa rytmus se vyznačuje zřetelnou periodicitou, není překvapivé, že bývá považován za určité "psychologické hodiny" (AANFORD, 1971 - v CALQUHOUN 1971). Proto

také bývá testována jak frekvence tak fáze této rytmicity. Alfa rytmus má frekvenci přibližně 10 Hz, jednotlivé osoby se však poněkud mohou lišit; někteří lidé mohou při rychlejším alfa rytmu za stejnou časovou jednotku provést větší množství úkolů (projeví se např. v reakční době - RT - či v jednoduchých opakovaných motorických úkonech - např. klepání). Tato skutečnost byla experimentálně potvrzena např. pokusy MUNDY - CASTLE a SUGARMANA (1960), ze kterých vyplynulo, že alfa rytmus dobře odráží percepční a motorickou rychlost v mozku.

MUNDY-CASTLE (1962) však ukázal, že např. vztah mezi úrovní t'ukání a alfa rytmem chybí u starších lidí. Naproti tomu SURWILLO (1963) uvádí, že reakční čas koreluje s věkem (osoby 28-99 let), vztah reakčního času a alfa rytmu však zůstává v celém věkovém rozmezí zachován (starší jedinci mají tendenci k pomalejšímu alfa rytmu!). V dalších pokusech (SURWILLO 1964) tento autor prokázal, že komplexní chování (testované výběrem na základě zvukového signálu) je možno vztáhnout k alfa rytmu. Nebyla přitom zjištěna přesná závislost v délce alfa rytmu na stáří, spíše bylo možné označit osoby s rychlejší a pomalejší alfa frekvencí (kalendářní a biologické stáří!). Tyto výsledky vidíme na obr. č. 77.

Někteří autoři předpokládali, že alfa rytmus může představovat vnitřní hodiny, pomocí nichž mohou být měřeny kratší intervaly času. Ukázalo se však, že jak alfa rytmus tak určování časových intervalů mohou být ovlivněny řadou faktorů, jako jsou stav štítné žlázy, teplotní podmínky, úroveň bazálního metabolismu a pod.

Další studie byly věnovány otázce vztahu fáze alfa rytmicity k psychologickým parametrům, např. k měření reakčního času. Pokud vycházíme z předpokladu, že alfa rytmus představuje změnu excitability kůry mozkové, dají se očekávat určité změny v reakční době v různých fázích tohoto rytmu. Kupodivu však starší práce (WALSH 1952) žádný takový vztah neobjevily, studie novější tento vztah sice prokázaly, ale vliv fáze je poměrně malý (DUSTMAN a BECK 1965).

Závislost na fázi alfa rytmu byla prokázána rovněž pokud jde o začátek určité reakce (mžiknutí oka) – to pozorovali např. GAARDER a sp. (1966). Přes řadu provedených studií stále zůstává v problematice alfa rytmu mnoho nejasného, případné nalezené závislosti potřebují ještě prověřit a rozšířit paletu jak metodickou tak sledovat různé podněty (nikoliv pouze vizuální, jak se převážně doposud děje). Lépe se prozatím z tohoto hlediska jeví průkaz vztahu vlastní časové periody (např. vzhledem k reakční době) než k její fázi.

7.4. Spánek jako biorytmus

Změny v průběhu spánku je možné zaznamenat na EEG, což je možné považovat za nejlepší metodu, pomocí které můžeme porovnávat i různé živočišné druhy. Tato metoda byla poprvé použita BERGEREM (1929). Záslouhou výzkumu řady autorů (přehled viz WEBB 1971) se postupně rozšířily naše znalosti o různých stádiích spánku, charakterizovaných na EEG různými vlnami - viz obr. č. 78.

Jde o :

- stádium přechodné (usínání a probouzení)
- 4 stadia spánku beze snů
- spánek se sny - REM

Tato stadia jsou charakterizována následujícím způsobem:

- přechodné stádium: alfa aktivita (8-12 Hz) a smíšená nízko- voltážní frekvence EEG (některé osoby v tomto stadiu nemají alfa rytmy)
- stádium I -relativně nízká voltáž (maximum aktivity 2-7 Hz)
- stádium II - vlnové výkyvy až 12-14 Hz, příp. negativní vlny ihned následované pozitivními
- stádium III - 20-50% relativně vysokovoltážové vlny 2 Hz či méně
- stádium IV - více než 50% relativně vysokovoltážových vln 2 Hz či méně
- REM stádium připomíná stádium přechodné a je spojeno s rychlými pohyby očí (rapid eye movements), je zaznamenáván i snížený elektromyogram (EMG)

Jako normální spánek je charakterizován monofázický spánek, lokalizovaný v nočním období o délce cca 7,5 hodin. Následující obr. č. 79 ukazuje výsledky sledování spánku u pokusné osoby tři po sobě jdoucí noci. Z tohoto obrázku je patrné, že v průběhu noci se mnohokrát vystřídají spánková stadia (průměrně u mladších osob až 32x!).

WEBB (1971) uvádí zajímavé porovnání údajů ze dvou laboratoří pokud jde o zastoupení jednotlivých fází spánku - viz obr. 80. Výsledky ze dvou laboratoří se až nápadně shodují. Zajímavé rovněž je, že REM fáze je prakticky neovlivněna předchozími stresy, včetně izolace. S věkem v širokém rozmezí od cca 2 do 70 let se poněkud mění zastoupení jednotlivých fází spánku a to poklesem stadia 4 a REM a naopak vzestupem 0 - 1 - 2 stadia - viz obr. č. 81.

8. ZÁVĚRY

Problematika biorytmů a jejich závislosti na rytmech vnějších faktorů je velice složitá a je proto obtížné shrnout její hlavní závěry do několika stručných odstavců. Celá tato problematika probíhá také určitým vývojem, tak jak se rozšiřovaly naše znalosti a také možnosti pozorování. Dá se stručně říci, že rytmické děje ve vnějším prostředí vyvolávají v organismu odezvu, která se rovněž projevuje jako děje rytmické. Kolísání hodnot různých ukazatelů látkové přeměny a funkcí v organismu má pravidelný rytmus, kdy za určitou časovou jednotku se uskuteční jeden cyklus, při kterém se hodnoty pohybují od nejnižší hodnoty k nejvyšší a opět k výchozí úrovni. Že existuje nějaký vzájemný vztah mezi rytmicitami vnějších podmínek a rytmicitami jevů v organismu je tedy jasné.

Není však jasné, zda toto působení je přímé, zda o vztahu je možné hovořit pokud jde o fylogenezi nebo také v ontogenezi a také nejsou příliš jasné mechanismy, kterými by se vliv externích podmínek uplatňoval. Začátek podrobnějšího pozorování těchto rytmických dějů v organismu můžeme hledat (i když nebudeme počítat některá nepochybná pozorování našich předků v pravěku) již před velmi dlouhou dobou. Již před naším letopočtem popsali ve starém Římě někteří autoři třeba změny velikosti ovárií ježovek na fázi měsíčního cyklu.

Za začátek skutečně vědeckého pozorování jsou považovány studie z 18.- tého století, zejména práce De MARAINA. Ten totiž analyzoval dlouho známý jev, že se některé rostliny otáčejí svými listy za Sluncem a zjistil přitom, že tyto pohyby pokračují i v naprosté tmě. Z jeho pozorování se odvíjela dlouhá řada dalších studií, které znalosti o faktorech ovlivňujících pohyby listů dále a dále rozšiřovaly. Zejména práce cca od dvacátých let tohoto století, s nesrovnatelně většími možnostmi metodickými daly základ novému oboru - chronobiologii.

To se již také ukázalo, že rytmických dějů v organismu existuje mnoho, že se týkají všemožných pochodů a že je možné je pozorovat u všech živých organismů od nejjednodušších počínaje a člověkem konče. Vznikla pochopitelně otázka vzájemných vztahů rytmických změn vnějšího prostředí - rytmů externích - a rytmů probíhajících v živém organismu, tj. biorytmů.

V prostředí kolem nás se různé podmínky neustále mění, při čemž podstatná část těchto změn probíhá rytmicky. Týká se to základních podmínek pro náš život, jako je světlo, teplota, atmosférické podmínky i změny další. Podkladem těchto změn ve vnějším prostředí jsou právě vlivy, které můžeme nazvat kosmickými - tj. otáčení Země kolem vlastní osy, oběhy Slunce, změny vyplývající z pohybu Měsíce kolem Země a pod. Tyto vlivy se projevují změnami v intervalu cca 24-ti hodinovém (interval jedné otočky Země kolem vlastní osy), cca 28-ti denním (interval vyplývající z pohybu Měsíce kolem Země) či cca ročním (interval jednoho pohybu Slunce vzhledem ke hvězdám).

Tyto hlavní změny se navzájem kombinují a odrážejí se v řadě vnějších podmínek, jako je právě světlo, teplota a pod. Uvedené časové intervaly jsou pochopitelně pouze některými z možných rytmických změn vnějšího prostředí - těchto změn je daleko více a jejich rozsah je daleko větší, než je uvedeno.

Tak např. v důsledku působení Měsíce na hladinu moře se dvakrát denně projevují přílivové a odlivové vlny, které jsou velice důležitým časovačem pro živočichy pobřežní zóny. Obdobně existují intervaly, které jsou odvozeny od měsíčních fází, sezón roku a pod. Část rytmických změn se vzhledem k časovému intervalu, ve kterém probíhají, ani uplatnit nemůže, protože např. na změny probíhající ve zlomcích sekund a naopak v intervalech trvajících desítky až desítky tisíc let ani organismus nijak reagovat nemůže.

Uplatňují se proto zejména ty změny, které leží uprostřed mezi oběma krajními mezemi, jako jsou právě uvedené hlavní rytmické externí změny. Podle intenzity, se kterou externí změny na organismus působí, resp. je synchronizují (proto synchronizátory!) je dělíme na tři základní skupiny :

- dominantní (např. světlo, teplota, potrava, vliv společenství či zvukové podněty)
- slabé (atmosférické podmínky)
- jemné (gravitace, elektromagnetické síly, kosmické záření)

Původně se předpokládalo, že slabé a jemné externí vlivy se mohou uplatňovat pouze v případě, že nemohou působit (nebo jsou na setrvalé úrovni) dominantní externí vlivy. Ukázalo se však, že to zdaleka tak jednoduché není, protože slabé i jemné vlivy mohou ovlivňovat výrazným způsobem působení vlivů dominantních, uplatňují se však i samy o sobě (buněčná úroveň?).

Ze všech externích rytmicit se zřejmě nejvýraznějším způsobem uplatňuje rytmicita světla, ať již svými změnami v průběhu dne, sezony roku či v kombinaci obou těchto faktorů. Prakticky stejně důležitá je ale teplota, která může vliv světla nahradit. Řídké nejsou také případy toho, že různé děje v organismu jsou ovlivňovány různými vlivy - jeden je ovlivněn světlem, druhý pak teplotou. Nejsou vyloučeny ani případy, že jeden děj je ovlivňován světlem ale jeho začátkem, zatímco druhý opět světlem, ale jeho zhasnutím. V obou případech se předpokládá existence dvou oscilátorů, na které pak mohou působit různé vlivy.

Názory na to, jakým způsobem se uplatňuje vliv externích rytmů na rytmicitu různých biologických jevů a pochodů se postupně měnily. Dlouhou dobu se předpokládalo, že biorytmy jsou přímo závislé na rytmech externích. Pak, jak se postupně prokazovala relativní stabilita biorytmů a to i v podmínkách, kdy externí rytmy se nemohou uplatňovat (jsou udržovány na konstantní úrovni a pod.), přešlo se k opačnému extrému - předpokládalo se naopak, že biorytmy možná v průběhu fylogeneze nějak ovlivňovány byly, nyní již jsou ale stabilní a externími rytmy neovlivnitelné.

V současné době většina badatelů předpokládá, že většina biorytmů je skutečně spíše endogenních, tj. že se projevují i při změnách či naopak stabilních externích rytmicitách. Pouze u části biorytmů je možné pozorovat přímou závislost na externích rytmech, v tom případě by se dalo hovořit o rytmech exogenních. Prakticky pouze skupina BROWNA stále předpokládá, že na řízení biorytmů se vnější podmínky neustále výrazně podílí. Vzhledem k tomu, že se většinou nepodařilo prokázat nějaký vliv externích faktorů známých, předpokládá BROWN se svými spolupracovníky nějaký dosud neznámý faktor - faktor X.

I BROWN sám je si však vědom, že se tímto faktorem X nedá vysvětlit většina pozorovaných biorytmů, v každém případě je však správné, že se tímto způsobem upozorňuje na možný význam i jiných vlivů prostředí.

Biorytmy se nesporně uplatňují jako "biologické hodiny", které umožňují nejen orientovat se v místním čase (resp. čase universálním!), ale určovat i délku určitého časového období, týkajícího se např. délky osvětlení. Tato BÜNNINGOVA představa z poloviny třicátých let minulého století se zprvu zdála absurdní a proto byla převážnou částí vědců odmítána. Koncem čtyřicátých let však význam biorytmů pro orientaci nejen v čase, ale i v prostoru ukázaly nálezy řady vědců, v čele s klasiky von FRISCHEM a KRAMEREM. V této oblasti již mnohé víme, obrovská suma otázek však stále čeká na zodpovězení.

Vnější podmínky se jistě určitým způsobem při regulaci biorytmů uplatňují - je pouze otázka, zda je skutečně synchronizují (proto se vnější podmínky nazývají často synchronizátory) či zda je pouze určitým způsobem modifikují, mění např. fáze rytmu, délku cyklu mění pouze v určitém rozmezí a pod. Z této otázky vyplývají otázky další, první z nich se týká mechanismu, kterým jsou biorytmy udržovány a z toho vyplývá podotázka, jak se při tom mohou uplatnit vnější podmínky.

Na tuto otázku odpovídá nejlépe teorie oscilátorů v organismu, které jsou v organismu jako součást regulačních mechanismů se zpětnou vazbou. První část těchto mechanismů může zachycovat změny vnějších podmínek a reagovat na tyto změny svou eferentní částí. Dobře si to můžeme představit např. u mechanismů se zapojením nervové soustavy, např. u retino - hypotalamické osy. Ta se nesporně účastní regulace různých sexuálních cyklů u vyšších obratlovců. Předpokládá se významná úloha tzv. pineální žlázy, která je považována u ptáků a savců za centrum cirkadiánní rytmicity a je v tomto směru nadřizována ostatním oscilátorům, při čemž tento svůj vliv vykonává prostřednictvím svého hormonu - melatoninu.

Uvedené mechanismy, ať již retino - hypotalamický či pineální žláza, však představují nejvyšší formu regulace, rytmicitu však nacházíme i u nejjednodušších organismů. Je tedy nutné předpo-

kládat, že řízení rytmicity je na nižší úrovni, společné všem živým organismům, od nejjednodušších až třeba po člověka. Zde přichází vysvětlení, že samotný základ řízení rytmicity je na úrovni buněčné resp. subbuněčné, tedy na příklad na úrovni buněčné membrány a vyšší formy regulace znamenají pouze zdokonalení regulace o další etáž resp. etáže.

Otázkou ovšem stále zůstává, zda tyto mechanismy jsou řízeny zvnějšku či zda regulace je přímo v organismu a vnější faktory se mohou uplatňovat pouze jako jeden z faktorů rytmické pochody modifikujících. Pro první představu, tj. řízení zvnějšku, mnoho přímých dokladů neexistuje – hovořili jsme již o skupině prof. BROWNA. Většina dokladů spíše hovoří o vnitřním charakteru mechanismů řídících rytmicitu různých pochodů v organismu. Tomu nasvědčují i výsledky pokusů von FRISCHE či KRAMERA a řada dalších sledování. Většina nálezů tedy se zdá nasvědčovat endogennímu charakteru rytmických dějů. Tomu nasvědčují i takové nálezy, které svědčí pro dědičnost rytmických změn, projevující se tím, že se určité biorytmy dostávají u potomstva, žijící v odlišných podmínkách a pod.

Existuje ovšem hypotéza, která se jeví dost pravděpodobná, že neexistuje zásadní rozdíl mezi endogenními a exogenními biorytmy. Biorytmy by se lišily pouze svojí stabilitou proti měnícím se podmínkám - na jedné straně by tedy byly velice stabilní biorytmy, prakticky se neměnicí a na druhé naopak biorytmy značně plastické. Mezi těmito extrémy by ležela plynulá škála biorytmů.

Tato hypotéza je do značné míry v souladu s dvěma protikladnými požadavky na organismus v zájmu jeho přežití - na jedné straně zachovávat si v určitém rozsahu vnitřní prostředí neměnné, na druhé pak přizpůsobovat se měnícím se podmínkám prostředí.

Studium biorytmů není však pouze zajímavou otázkou základního výzkumu, tedy otázkou ve své podstatě pouze akademickou. Dobrá znalost biorytmů je předpokladem veskrze praktických činností - např. jde o otázku výnosu důležitých rostlin, boje proti hmyzím škůdcům, zajištění vhodného rozsahu rybolovu a pod.

Pokud jde o člověka, znalosti z chronobiologie přispívají k diagnostice a léčbě různých nemocnění, správnému dávkování léčiv, v otázkách pracovní výkonnosti atd. Řada sledování patřících na rozhraní fyziologie, hygieny práce a psychologie, že se rytmicity uplatňuje i v oblasti mentální výkonnosti resp. vyšší nervové činnosti.

Zajímavé studie provedené zejména KLEITMANEM, BLAKEM a COLQUHOUNEM přitom prokazují řadu zajímavých skutečností. Tak např. byl zjištěn rozdíl v mentální výkonnosti v různých částech 24-ti hodinového cyklu, což se týká různých směn (ranní, odpolední a noční). Stejně tak byla prokázána existence dvou základních lidských typů podle maxima výkonnosti buď v průběhu dne či naopak večer až v noci.

Zajímavé jsou i detailní studie spánku (resp. jeho deprivace), které rovněž prokazují výraznou úlohu rytmicity důležitých pochodů v psychické oblasti. Celkově je tedy možné říci, že i v oblasti mentální výkonnosti a činnosti hrají zřejmě biorytmy důležitou úlohu.

Důležitost znalostí biorytmů má velký praktický význam také při adaptaci na změněné podmínky ať již dané rychlou změnou zeměpisné polohy (cestování a následný pobyt) nebo tak zásadní změnou, jako nesporně jsou kosmické lety. Vzhledem k pesimistickým prognózám některých ekologů, pokud jde o dlouhodobé podmínky pro život na naší Zemi, představují kosmické lety, které jsou prozatím pokládány za určitý luxus a jsou proto omezovány nejen v Rusku ale i v USA, možná jedinou únikovou cestu na jiné vhodné planety.

Je to možná extrémní příklad významu znalostí biorytmů, ale i v tomto případě - při kosmických letech - je rozšíření našich znalostí o biorytmech více než oprávněné. Ze všech těchto důvodů je proto další studium biorytmů a jejich vztahů s rytmicitou externích rytmů nezbytný a bude mít, přes obrovské pokroky, kterých bylo zejména v posledních desetiletích dosaženo, i nadále své zdůvodnění.

Literatura: Aschoff, J. et al. : Circadian Clocks, Amsterdam, 1965- Berger, J. : Biorytmy, Paseka, 1995 Colquhoun, W. et al. : Biological Rhythms and Human Performance - Acad.Press, London + N.York, 1971 - Illnerová, H. : J.Clin.Endocr.Metab. 77,838, 1993 - Petrásek, R. : Fyziologie rytmických změn, PřF MU Brno, 2001