

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/299978974>

# Chronobiológia od teórie k športovej praxi

Book · January 2013

CITATIONS

0

READS

148

10 authors, including:



**Ľudmila Jančoková**

Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici

29 PUBLICATIONS 9 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Pavel Homolka**

St. Ann's University Hospital Brno

68 PUBLICATIONS 493 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Jaroslav Vetvicka**

Military University Hospital Prague

8 PUBLICATIONS 15 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Martin Homolka**

St. Ann's University Hospital Brno

18 PUBLICATIONS 81 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Medical Services for Czech Olympic Team in Olympic Games from 2000 till 2010 [View project](#)



Center of Active Ageing [View project](#)



Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici  
Fakulta humanitných vied  
Katedra telesnej výchovy a športu  
Banská Bystrica

# **CHRONOBIOLÓGIA**

## **od teórie k športovej praxi**

**Ľudmila Jančoková a kolektív**



**BANSKÁ BYSTRICA**  
**2013**

**Vedúca autorského kolektívu:**

**Ľudmila Jančoková** – Fakulta humanitných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, Slovenská republika

**Autorský kolektív:**

**Hadhom Alabed** - Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tripoli University, Tripoli, Libya

**Jim Waterhouse** - Research Institute for Sport and Exercise Sciences, Liverpool John Moores University, Liverpool, UK

**Pavel Homolka** - Klinika tělovýchovného lékařství a rehabilitace, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně a Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Brno, Česká republika  
Mezinárodní centrum klinického výzkumu, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, Brno, Česká republika

**Jaroslav Větvička** - Centrum zdravotního zabezpečení sportovní reprezentace, areál Ústřední vojenské nemocnice Praha, Česká republika

**Petr Dobšák** - Klinika tělovýchovného lékařství a rehabilitace, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně a Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Mezinárodní centrum klinického výzkumu, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, Brno, Česká republika

**Martin Homolka** - Mezinárodní centrum klinického výzkumu, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, Brno, Česká republika

**Milan Sedliak** – Fakulta telesnej výchovy a športu Univerzity Komenského v Bratislave, Slovenská republika

**Pavol Pivovarniček** - Fakulta humanitných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, Slovenská republika

**Dominika Vančová** - Fakulta humanitných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, Slovenská republika

**Recenzenti:**

prof. Ing. Václav Bunc, PhD.

doc. MUDr. Janka Lipková, PhD.

doc. MUDr. Sylvia Vajcziková, PhD.

prof. RNDr. Michal Zeman, DrSc.

**Zostavovatelia:**

Ľudmila Jančoková

Elena Bendíková

Pavol Pivovarniček

Publikácia vychádza s finančnou podporou *VEGA 1/0757/12 Reaktívne a adaptačné ukazovatele zmien pohybových a psychických schopností športovcov v nadväznosti na biorytmy s rôznou dĺžkou periódy.*

ISBN 978-80-557-0634-4

## **Predslov**

Príroda a jej zákonitosti patria ku kľúčovým princípom existencie Vesmíru a každého z nás. Vyjadrujú neustále zmeny v našej Slnecnej sústave v rôznych formách a podobách. Všetko, čo zmenám a zmeneným životným podmienkam sa nedokáže prispôbiť a adaptovať, zahynie. Človek, príroda a ich rytmické prejavy tvoria triádu dynamických komponentov, podieľajúcich sa na kvalitatívnej a kvantitatívnej (de)synchronizácii nášho sveta a bytia. Ich sila a prítomnosť sú nezvratné na základe vedeckých tvrdení, ktorých prvopočiatky siahajú do epochy 17. storočia, potvrdzujúc tak základy teórie o biorytmoch aj v súčasnosti.

Rytmicita a rytmy ako súčasť vedného odboru chronobiológia predstavujú paletu kontrastov. Zatiaľ čo u človeka tvoria kolorit fyzického, intelektuálneho, emocionálneho, intuitívneho, estetického a spirituálneho. V prírode sú známe ako deň a noc, príliv a odliv, striedanie ročných období, či dni v týždni a mesiacov v roku. Predstavujú nezvratnú energiu, ktorú môžeme prirovnať k sile nášho vnútorného mora alebo hodinám, ktorých tikot s nami vzniká a zaniká v tomto uzavretom kruhu kladných a záporných sínusoid. Chronobiológia, biorytmy a zdravie sú v súčasnosti časované a pertraktované na viacerých úrovniach spoločenského života, nevynímajúc ani oblasť medicíny a športu, čoho dôkazom je aj predkladaná monografia s názvom „Chronobiológia od teórie k športovej praxi“. Kolektív popredných autorov ponúka bohatú paletu domácich a zahraničných teoretických poznatkov a východísk, ktoré sú rozšírené o experimentálne overovanie vplyvu biorytmov na telesnú, pohybovú a psychickú úroveň človeka. Zároveň dopĺňujú a poukazujú na chronobiologické prístupy, aplikácie a metódy zisťovania vplyvu biorytmov na športovú výkonnosť a ich využitie v praxi, či myšlienkové a praktické platformy využitia biorytmov vo vzťahu k prevencii, zdraviu človeka - športovca a jeho športovej dlhovekosti.

Monografia je určená širokému okruhu odborníkov predovšetkým z oblasti športu, ktorá poskytuje rozšírenie prezieravého uvedomenia si dôležitosti chronobiologických prístupov a zručností nielen v teórii, ale predovšetkým v športovej praxi, čím sa podporí športová výkonnosť vyúsťujúca do športovej dlhovekosti športovcov.

Úprimné poďakovanie patrí všetkým zahraničným a domácim autorom, ktorí participovali na zrode monografie a prispeli tak k rozšíreniu poznania a možnostiam uplatnenia chronobiológie v športovej praxi.

Ludmila Jančoková

## Obsah

<b>Úvod</b>	<b>9</b>
<b>1 Chronobiológia</b>	<b>11</b>
<i>Eudmila Jančoková</i>	
1.1 Historické východiská a súčasnosť vedného odboru chronobiológia	11
1.2 Biologické rytmy	34
1.2.1 Základné pojmy	36
1.2.2 Klasifikácia biologických rytmov	46
<b>2 Biologické rytmy a nervovo-svalová výkonnosť človeka</b>	<b>60</b>
<i>Milan Sedliak</i>	
2.1 Diurnálne kolísanie svalovej sily a výkonu	61
2.2 Mechanizmy diurnálneho rytmu svalovej sily	63
2.3 Telesná teplota a diurnálny rytmus svalovej sily a výkonu	71
2.4 Cirkadiánnny rytmus maximálnej svalovej sily a výkonu – lokálny verzus periférny pôvod	74
<b>3 Tréningová adaptácia na zaťaženie v rôznych fázach dňa</b>	<b>87</b>
<i>Milan Sedliak</i>	
3.1 Adaptácia na časovo-špecifický silový tréning – maximálna svalová sila a výkon	88
3.2 Adaptácia na časovo-špecifický silový tréning – svalová hypertrofia	94
3.3 Silový tréning ako „zeitgeber“	106
3.4 Závěry a praktické odporúčania	108
<b>4 Ramadán a športový výkon</b>	<b>118</b>
<i>Hanhom Alabed a Jim Waterhouse</i>	
4.1 Zmeny pozorované počas štyroch týždňov trvania ramadánu	118
4.1.1 Energetická rovnováha	118
4.1.2 Vplyv ramadánu na zdravie	120
4.1.3 Dôsledky ramadánu pre šport a výkonnosť	120
4.2 Dôvody zmien v športovej výkonnosti počas ramadánu	121
4.2.1 Spánkový deficit	121
4.2.2 Pôst	122

4.2.3	Všeobecné závery	123
4.3	Zmeny v priebehu dňa počas ramadánu	123
4.3.1	Prirodzené rytmické zmeny pozorovateľné v priebehu dňa	123
4.3.1.1	Biologické hodiny a synchronizátory biologických rytmov	123
4.3.1.2	Endogénne a exogénne zložky meraného rytmu	124
4.3.2	Rytmické zmeny pri meraní výkonu	126
4.3.2.1	Fyzická výkonnosť	126
4.3.2.2	Mentálna výkonnosť pri „jednoduchých“ a „zložitých“ úlohách	127
4.4	Zmeny v denných rytmoch počas ramadánu	130
4.4.1	Hormóny a spánkový cyklus	130
4.4.2	Gastrointestinálna činnosť a metabolizmus prijatej potravy	130
4.4.3	Možné príčiny zmien v rytmoch	132
4.4.4	Dôsledky ramadánu pre športovcov	133
4.5	Laboratórna štúdia zmien, ktoré nastávajú počas jedného dňa pôstu	133
4.5.1	Zmeny v priebehu jednodňového pôstu	133
4.6	Metódy	135
4.6.1	Účastníci výskumu a metodika	135
4.6.2	Vykonané merania	136
4.6.3	Štatistická analýza	138
4.7	Výsledky	139
4.7.1	Dotazníky	139
4.7.1.1	Príjem tekutín	139
4.7.1.2	Príjem potravy	140
4.7.1.3	Fyzické, mentálne a spoločenské aktivity	140
4.7.1.4	Únava	141
4.7.2	Osmolalita moču	141
4.7.3	Meranie výkonu	142
4.7.4	Korelácie medzi premennými	144
4.8	Diskusia	145
4.8.1	Všeobecné závery a implikácie pre štúdie ramadánu	149



4.9	Implikácie pre tréning počas ramadánu	150
4.9.1	Čas tréningu	150
4.9.1.1	Za bežných okolností	150
4.9.2	Obdobie ramadánu	151
4.10	Všeobecné závery	153
<b>5</b>	<b>Desynchronizace cirkadiálních rytmů u sportovců: syndrom jet – lag</b>	<b>158</b>
	<i>Pavel Homolka a kolektív</i>	
5.1	Cestovní únava	158
5.2	Syndrom jet-lag	160
5.3	Obecná doporučení pro urychlené zvládnutí symptomů jet-lag	162
5.4	Zkušenosti s překonáváním časových pásem u českých olympijských výprav	164
5.5	Medikamentózní ovlivnění biorytmů	167
5.5.1	Melatonin	167
5.5.2	Hypnotika	168
<b>6</b>	<b>Chronotyp a psychické charakteristiky</b>	<b>172</b>
	<i>Dominika Vančová a Pavol Pivovarniček</i>	
6.1	Cirkadiánne vymedzenie chronotypu	172
6.2	Časová variabilita práce a spánku a dôsledky cirkadiánnej desynchronizácie	174
6.3	Vzťah chronotypu k temperamentu a osobnosti človeka	181
6.4	Zhrnutie problematiky chronotypu človeka vo vzťahu k psychickým rytmom	188
	<b>Doslov</b>	<b>198</b>

## Úvod

Výrazom spôsobu existencie človeka a súčasne aj nositeľom komunikácie so sebou samým a prostredím je pohyb ako základný prejav živej hmoty, ktorý počas tisícročí bol určovaný dominanciou biologických determinantov. Pohyb sa stal súčasťou prípravy človeka na život a jeho prežitie. Svedčí o tom aj historická časová os, názory a teoretické východiská chronobiológie vo vzťahu k pohybu a zdraviu človeka, prejavujúce sa v kontexte efektivity a dôležitosti rytmicity, ktorá sa prejavuje v cyklických kvalitatívnych a kvantitatívnych premenách. Pokiaľ chceme dosiahnuť ideálny výkon a ideálnu odpoveď celého organizmu, je vhodné rešpektovať zákonitosti dané touto rytmickosťou. Pohybová aktivita, duševná sviežosť a intelektuálna zdatnosť každého z nás kolíše práve medzi vrcholmi a útlmami sinusoíd každodenných, mesačných, ročných a viacročných rytmov. Nerešpektovanie týchto rytmov preukázateľne vedie k rôznym funkčným a štrukturálnym poruchám zdravia človeka (depresie, rýchlejšie starnutie buniek, zvýšené riziko srdcovo-cievnych ochorení atď.), ako aj k zníženiu fyzickej a psychickej výkonnosti. Rytmus napriek tomu, že sú nezávislé od našej vôle, v určitých spojitostiach sú ovplyvniteľné, čím si vytvárajú cestu k prirodzenej obnove biorytmov človeka a predstavujú tak jeden z primárnych elementov našej dlhovekej existencie a zdravia.

Predkladaná monografia je koncipovaná do šiestich primárnych kapitol, ktorá v expozícii oboznamuje percipienta so všeobecnými poznatkami z chronobiológie a biologických rytmoch a zároveň podáva obraz o kľúčových východiskách pre ich možné uplatnenie v športovej praxi. Súčasne je zovšeobecnením problematiky denných, viacdenných, ročných a viacročných rytmov vyúsťujúce v asociáciu k športovej výkonnosti a ich aplikovateľnosti v praxi. Vizualizačný a aktivizačný aspekt biorytmov vo svojom voľnom pokračovaní ponúka benefity vplyvu času na nervovo-svalový výkon človeka a adaptáciu na časovo-špecifický tréning. Ramadán

a jeho vplyv na športovú výkonnosť s možnosťou synchronizácie cirkadiánnych rytmov za sťažených podmienok, ktoré popierajú a vyvracajú niektoré názory ľudstva preukázateľné v súvislosti s heliogeofyzikálnymi javmi prírody a metabolizmom človeka, určenými pohybmi Slnka a Zeme. Završením sú poznania z oblasti desynchronizácie cirkadiánnych rytmov u športovcov - syndróm „jet lag“, ako aj analýzy štúdií z oblasti vzájomných vzťahov chronotypu a psychických charakteristík človeka, ktoré ovplyvňujú spánkový cyklus, ale aj behaviorálnu stránku persóny.

## 1 Chronobiológia

*Ludmila Jančoková*

### 1.1 Historické východiská a súčasnosť vedného odboru chronobiológia

**Chronobiológia** - „*Chronos*“ (grécky čas), „*biológia*“ (*bios* – život, *logos* – veda) je vedný odbor, ktorý objektívne skúma a kvantifikuje mechanizmy biologickej časovej štruktúry vrátane dôležitých rytmických prejavov života, počnúc molekulárnou úrovňou, cez jednobunkové organizmy, až po komplexný organizmus (ľudskej bytosti). Analyzuje cyklicky sa opakujúce zmeny biochemických, fyziologických a behaviorálnych ukazovateľov, ktoré sa nazývajú **biologické rytmy**.

Vplyvom existencie pravidelne sa opakujúcich rytmov prostredia sa naša civilizácia vyvíjala stá milióny rokov. Vývoj života na Zemi bol odpradávaň poznamenaný cyklickými interakciami medzi Slnkom, Zemou a Mesiacom. Existenciu rytmických zmien v živých organizmoch je preto potrebné vnímať ako adaptáciu na planetárne usporiadanie, ktorých základná biologická periodicitá bola uložená a uchovaná v genómoch všetkých organizmov (Halberg, 2006; Homolka et al., 2010).

Už naši pravekí predkovia pre zachovanie svojej existencie sledovali planetárne cykly, ktoré sa menili v priebehu dňa, mesiacov i ročných období. Vtedajšie analogické pozorovania periodicity vyplývali z potrieb chovateľa, lovca alebo pestovateľa.

Človek vnímal a počítal svoju existenciu cez oblohu od jedného východu slnka k druhému, od posledného novu k druhému. Uvedomovanie si „*času*“ odlíšilo človeka od všetkých ostatných živých bytostí. Jedine človek tak získal schopnosť vnímať čas ako kontinuum minulosti, prítomnosti a budúcnosti, čím nadobudol vedomie, že jeho dni sú časovo vymedzené.

V začiatkoch civilizačného procesu nastalo *reálne pozorovanie*, doložené aj písomne a publikované už pred naším letopočtom. Prvá písomná správa o rytmických prejavoch života najmä u rastlín pochádza od *Androthéniusa* z 3. storočia pred naším letopočtom (Pittendrigh, 1960; Reinberg a Smolensky, 1983; Pittendrigh a Harold, 1993; Arendt, 1998; 2006).

Vedecký záujem o rytmické javy v priebehu storočí narastal, ale uznanie chronobiológie ako samostatnej vednej disciplíny bolo veľmi zdĺhavé aj napriek tomu, že v procese jej formovania bolo zaznamenaných niekoľko významných objavov, ktoré jednoznačne prispeli k jej dnešnému chápaniu.

Neprekvapí nás preto skutočnosť, že určitý rad bioperiodických javov bol známy už starogréckym a starorímskym vedcom. *Aristotelesova* fyzika bola jednou z historicky a kultúrne najvplyvnejších elementov kultúrneho výkonu v danom období. Až do 16. storočia platil Aristotelov systém ako dostatočne isté poznanie prírody, kde svet tvoria dve sféry – supralunárna a sublunárna. Kým supralunárnu sféru tvorí ríša večného poriadku a dokonalých zákonitostí, sublunárna ríša podlieha stálemu striedaniu vzniku a zániku. Empirický základ pre pochopenie týchto zmien Aristoteles hľadal a našiel v bezprostrednom pozorovaní periodických časových zmien anatomických štruktúr morských živočíchov počas splnu (Jančoková, 2000; Homolka et al., 2010; Jančoková et al., 2011; Wikipedia, 2013).

Rovnako *Cicero* popísal zmeny výskytu ustríc a iných mäkkýšov podľa fáz Mesiaca. *Plinius* tieto pozorovania potvrdil. V jeho prírodopisnej encyklopédii nesúcej názov „*Historia naturalis*“ sa zaoberal popisom osobitostí prílivu a odlivu. Na rytmicitu a jej závislosť od javov prebiehajúcich vo vonkajšom prostredí upozornili aj v období stredoveku *Bacon*, *Kepler*, ale aj mnoho ďalších vedcov (Aschoff, 1960; 1974; Agadžaňan, 1976; Agadžaňan et al., 1997, 2004).

Prvé poznatky o denných a sezónnych kolísaniach fyziologických a patologických funkcií u človeka pochádzajú z 2. storočia. Nachádzajú sa v správach **Soranusa** z Efezu, ktorý praktizoval lekársku prax v Alexandrii a neskôr v Ríme. Jeho získané poznatky a poznámky doplnil **Caelius Aurelianus** a v 5. storočí bol jedným z prvých, ktorý vo svojej knihe „*De Morbis Acutis & Chronicis*“ (Akútne a chronické ochorenia) konštatoval: „...že astma je veľké zaťaženie pre organizmus, charakteristické ťažkým dychom a sipotom, muži týmto ochorením trpia častejšie ako ženy, starší viac ako mladí, v zime a v noci viac ako na jar alebo počas dňa“ (Aureliánus, 1722, s. 429 in Lemmer, 2009).

Po dlhé storočia sa verilo, že rytmické deje v živom organizme predstavujú simultánne efekty cyklických zmien v prostredí (napr. zmena svetla na tmu, zmena tepla na chlad v priebehu obdobia 24 hodín alebo roka). Prvé vedecké experimenty siahajúce do 18. storočia však ukázali opak a to zistením, že rytmicita je podmienená endogénne (vnútorne). Cesta k tomuto prevratnému objavu viedla cez rastlinnú ríšu. Prvý vedecky známy experiment v oblasti biologických rytmov uskutočnil francúzsky astronóm **Jean Jacques d'Ortoús de Mairan** v roku 1729. Ten svojím jednoduchým experimentom, pri ktorom umiestnil rastlinu *Mimosy* do tmy, kde pozoroval jej pohyby listov ako sa otvárajú a zatvárajú bez ohľadu na zmenu intenzity svetla. Nevedomky tak urobil objav o endogénnosti rytmov (Romanov, 1980; Reinberg a Smolensky, 1983; Foster a Kreitzman, 2005, 2011; Daan, 2010). De Mairan prišiel k záveru, že heliotropné rastliny majú vnútorné hodiny. Jeho pozorovania by boli ostali bez povšimnutia, keby jeho kolega **Marchant** nebol zverejnil zistené poznatky. Výsledky týchto pozorovaní boli prednesené v parížskej Kráľovskej akadémii vied. Nepredniesol ich však De Mairan, ale Marchant, ktorý bol členom uvedenej akadémie, ktorý vo svojej explikácii vyslovil domnienku, že pravidelné zmeny existujú aj u ľudí (Berger, 1980, 1995; Wikipédia, 2011). S ďalšími dôkazmi prichádzali postupne aj ďalší výskumníci. O 30 rokov neskôr v roku 1758 francúzsky prírodovedec **Duhamel du Monceau**

overil pozorovania de Mairana. Domnieval sa, že rastlina Mimosa otváranie a zatváranie svojich listov riadi podľa vonkajšej teploty. Vytvoril preto experimentálne prostredie s konštantnými teplotnými podmienkami. Aj v týchto podmienkach rastlina vykazovala stále rovnaký pohyb listov. Vo svojich prácach podobné pozorovania popisujú aj *Georg Christoph Lichtenberg*, *Carl von Linné* a *Charles Darwin* (Pittendrigh, 1960; Pittendrigh a Harold, 1993; Homolka et al., 2010). Práve švédsky systematik *Carl von Linné* poukázal na skutočnosť, že rôzne kvetiny otvárajú a naopak zatvárajú svoje kvety v úplne rovnakom čase. Preto v roku 1751 využil uvedené poznatky k zostrojeniu „*kvetinových hodín*“, ktoré dokázali pomerne presne určovať čas v priebehu dňa (obrázok 1.1).



Obrázok 1.1 Kvetinové hodiny  
(upravené podľa Záborská, 2013)

Švajčiarsky biológ *Auguste Pyramus de Candolle* sa stal prvým vedcom, ktorý takmer po 100 rokoch, v roku 1832, podal prvé podložené vysvetlenie o tom, ako pôsobia niektoré faktory externého prostredia na rastliny. Zistil, že rytmicita pohybu listov u rastlín nebola 24 hodinová (22-23 hodín), ale že variovala od rastliny k rastline, čoho dôkazom boli aj Linného kvetinové hodiny. Tieto individuálne variácie boli ďalším dôkazom endogénnej podmienenosti rytmov. V prípade, že by boli riadené externe, rytmicita by bola u všetkých organizmov rovnako dlhá. Dokázal tak, že biologický rytmus možno preorientovať, čím objavil inverziu. Medzi ďalších vedcov, ktorí prispeli k poznaniu endogénneho pôvodu cirkadiánnych rytmov bol aj

nemecký botanik a rastlinný fyziológ *Wilhelm Pfeffer* (1875). Na potvrdenie svojej hypotézy, že cirkadiánne rytmy perzistujú v úplnej a konštantnej tme použil rad špeciálne vyrobených zariadení, ktoré mu umožňovali kontinuálne mechanické zaznamenávanie zmien pohybu listov u rastlín. Pfefferove poznatky a zistenia však boli plne akceptované a ocenené až v roku 1950. Boli to najmä botanici, ktorí si pozorne všímali a jednoduchými experimentmi overovali cyklické pohyby u rastlín (Dann, 2010; Ibarra, 2010).

Postupne sa pozornosť výskumníkov zamerala aj na živočíchy. *Ingeborg Belingová* v roku 1929 vykonala významný objav, o „časovej pamäti“, keď učila včely, aby sa v určitú dennú dobu približovali k zdroju potravy. Toto poznanie, ako Belingová rýchlo zistila, nebolo určované svetelným cyklom, lebo včely sa správali rovnako aj za podmienok konštantnej tmy, teploty, či vlhkosti. *Karl von Frisch* následne zistil, akým spôsobom sa včely dorozumievajú a ako si včely odovzdávajú informácie o lokalizácii zdrojov potravy. Jedná sa o špecifický pohyb tzv. „tanec-om“. Uvedeným pohybom si odovzdávajú informácie o smere a vzdialenosti potravy, kde ako usmernenie im slúži buď slnečný azimut, alebo orientačný uhol. Karl von Frisch tiež spozoroval, že informácie o polohe potravy pomocou uhlu Slnka sú schopné sprostredkovať i včely, ktoré pri objavení potravy Slnko nevideli. Karl von Frisch z uvedených zistení vyvodil úsudok, že včely majú vnútorne zabudovaný slnečný kompas, vďaka ktorému sú schopné predvídať o koľko sa za určitý časový interval zmení slnečný azimut. Vedci inšpirovaní týmito objavmi začali považovať biologické rytmy za vnútorné hodiny (Mlezko a Mlezko, 1985; Dann, 2010; Vávrová, 2013).

Tézu o existencii biologických hodín v organizme schopných rozlišovať časové jednotky a podľa nich organizovať základné životné funkcie, vyslovil aj botanik *Erwin Bünning* (1936).



Prvé výskumy súvisiace s periodicitami u ľudí nachádzame najmä v súvislosti s ochorením. **Franz Halberg** vo svojich prácach a spomienkach konštatuje, že jeho prvé stretnutie s časovaním choroby súviselo s cirkaseptánovou periodicitou, ktorá bola známa už aj **Hipokratovi** v Grécku, **Galenovi** v Ríme a **Avicenovi** v Perzii. Tí na základe svojich praktických skúseností tvrdili, že väčšina ochorení trvala 7 dní (Halberg, 2006).

Franz Halberg na základe vykonaných výskumov zistil, že ochorenie sa prejavuje cirkaseptánovou periodicitou a to ešte pred začiatkom používania liekov sulfonamidov a penicilínu (Halberg et al., 1965, 1974; Hildebrandt et al., 1992; Cornélissen a Halberg, 1994; Halberg et al., 2003, 2012).

V roku 1614 **Sanctorius**, taliansky lekár a fyziológ z Padova publikoval výsledky svojich dlhodobých výskumov v práci „*De medicina STATIC aphorismi*“. Ako lekár sa zamerával aj na vývoj a zdokonaľovanie prístrojov a zariadení, ktorými mohol kvantifikovať prejavy jednotlivých funkcií ľudského organizmu. Procesy metabolizmu zisťoval počas 30 rokov tým, že sa vážil, čím sledoval odchýlky v telesnej hmotnosti vlastného tela počas dňa a pri rôznych metabolických procesoch (trávenie, spánok alebo prísun potravy). Zároveň vážil všetky prijaté potraviny a vylúčené exkrementy. Sanctorius vo svojich výskumoch zistil, že jeho telesná hmotnosť kolísala v mesačnom rytme, ktorý bol podobný 30 dennému cyklu. Pri realizácii svojich pozorovaní a meraní použil špeciálne skonštruované zariadenia, vrátane váženia, keď skonštruoval obrovskú váhu so stoličkou (obrázok 1.2), teplomer (v roku 1612), vlhkomer, trokar (pre odstránenie prebytočnej vody z brucha a hrudníka), katéter pre odstránenie obličkových kameňov. Zrejme ako prvý v roku 1602 vynášiel prístrojové zariadenie pre kvantifikáciu srdcovej frekvencie, ktoré nazval pulzometer.

Pozornosť si zasluhuje aj jeho zdokumentovanie psychických zmien, ktoré sú odkazom *Ecclesiastes*: „Za všetkým je doba...“ (Reinberg a Smolensky,

1983; Halberg et al., 1986; Lemer, 2009). Sanctorius za svoje priekopnícke a detailné štúdie si vyslúžil titul zakladateľa „bazálneho metabolizmu“ (Eknoyan, 1999).



Obrázok 1.2 Sanctorius na váhe (ea.wikipedia.org.)

Postupne, ale ojedinele, sa začali objavovať prvé pozorovania a zaznamenávať aj zmeny ďalších fyziologických funkcií človeka. Medzi prvými pozorovaniami bola telesná teplota. V roku 1782 nemecký lekár *Christoph Friedrich Elsner* vo svojej knihe popísal priebeh telesnej teploty počas dňa v súvislosti s pravidelnými zmenami prostredia, spánku a bdenia, ale aj stravovania. V roku 1806 *Paul Joseph Barthez* pozoroval kolísanie telesnej teploty počas dňa a noci, kde zistil, že počas spánku je telesná teplota nižšia ako po prebudení. Zmeny denného rytmu telesnej teploty človeka popísal v roku 1845 aj *John Davy*. V roku 1868 *Karl Reinhold*

*Augusta Wunderlich* detailne popísal pozorovania priebehu 24 hodinového rytmu telesnej teploty počas dňa a noci, v zdraví a v chorobe. V roku 1887 taliansky fyziológ *Angelo Mosso* predpokladal existenciu oscilovania telesnej teploty, v zmysle jej súčasného chápania ako endogénneho rytmu s vlastnosťami ako je: stabilita a plasticita.

Všeobecné popisy, rovnako ako aj podrobné merania ďalších biologických rytmov človeka môžeme nájsť v mnohých starovekých textoch. Prvá významná správa zverejnená pred viac ako 200 rokmi pochádza od nemeckého lekára *Christophena Wilhelma Hufelanda*. Vo svojej knihe „*Die Kunst das menschliche Leben zu verlängern*“ z roku 1797 (*Umenie predĺženia ľudského života*) uvádza: „...pravidelná 24 hodinová rotácia našej planéty sa vpečatila všetkým obyvateľom na zemi..., a s tým sú spojené aj ochorenia“. Táto 24-hodinová perióda sa pravidelne opakuje a určuje obdivuhodné časovanie všetkých našich telesných funkcií. Uvedenú periódu možno nazvať „*chronobiologickou jednotkou prírody*“ (Mikeska a Petrásek, 1973; Mleztko a Mleztko, 1985; Lemmer, 2009). Aschoff (1991, 1998) skonštatoval, že *Christophena Wilhelma Hufelanda* na základe jeho teórií a prezentovaných myšlienok možno považovať za „patróna“ moderných chronobiológov.

Strategickú publikáciu o význame chronobiológie a výskumoch biologických rytmov človeka predstavuje dizertačná práca *Julien-Josepha Vireya* z roku 1814 (Reinberg et al., 2001; Lemmer, 2009; Ibarra, 2010). Vireya vo svojej dizertačnej práci predstavil históriu ľudského života a výskum denne sa opakujúcich fyziologických funkcií, ktoré sú prejavom zdravia a choroby. Popísal nielen ich rytmické zmeny vrátane účinku dávkovania liekov, ale pozornosť venoval aj ich základným mechanizmom. Vireya sa zmienil aj o *Thomasovi Sydenhamovi*, ktorý bol v tom čase uznávaný ako jeden zo zakladateľov klinickej medicíny a epidemiológie. Sydenham odporúčal podávanie liekov vo večerných hodinách pre ich optimálny účinok. Vireya naznačil, že „biologické hodiny u človeka

vznikajú vplyvom pohybu Slnka“. Preto je považovaný za prvého chronofarmakológa, ktorého vyjadrenie znie: „... jednotlivé lieky nie sú rovnako účinné v rôznych hodinách v priebehu dňa“ (Reinberg, Lewy a Smolensky, 2001).

*Jean Arnaud Murat*, francúzsky lekár v roku 1806 popísal periodické javy vo fyziológii na základe tézy Vireya. Jeho pozorovania vychádzali z konštantného a periodického pohybu Zeme okolo svojej osi, čo predstavuje perióda cca 24 hodín a rotácie okolo Slnka s periódou 365 dní, 5 hodín a 49 minút. Jean Arnaud Murat vychádzal zo zistení fenoménu periodicity fyziologických funkcií, ktoré sa najlepšie zhodujú s konštantnou postupnosťou dňa a noci, čo je alternácia spánku a bdenia. Jean Arnaud Murat na základe vykonaných pozorovaní nezistil korelácie medzi menštruačným cyklom a lunárnym cyklom. Potrebné je v tejto súvislosti poukázať aj na ďalšie skutočnosti týkajúce sa fyziologických funkcií človeka, ktoré neostali tiež bez povšimnutia.

Medzi fyziologické funkcie, ktoré nie sú konštantné počas 24 hodín sa zaraďuje aj srdcová frekvencia (pulzová frekvencia). Prvé poznatky o kolísaní srdcovej frekvencie počas dňa a noci sú známe už zo začiatku 17. storočia. Zachované písomné správy sú od Struthiusa z roku 1602, Sanctoriusa z roku 1631, Targiriho z roku 1698. Zaznamenaný a popísaný bol aj rýchly nárast srdcovej frekvencie po prebudení (Lemmer, 2006, 2009).

V 18. - 19. storočí a na začiatku 20. storočia, všeobecné pozorovania a podrobné údaje o denných variáciách srdcovej frekvencie popísali viacerí bádatelia: Bordenave v roku 1787; Zimmermann, 1793; Reil, 1796; Falconer a Hufeland v roku 1797; v roku 1801 Autenrieth; Barthez a Wilhelm v roku 1806; Knox, 1815; Grützman, 1831; Howell, 1897; Hill 1898; v roku 1990 Hensen a Jellinek; Weysse a Lutz, 1915 (Lemer, 2009).

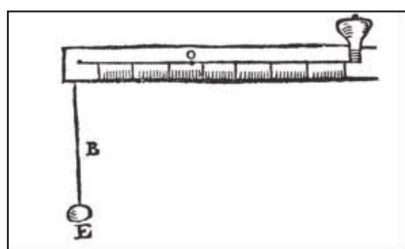
*Joseph Struthius*, poľský lekár, bol pravdepodobne prvý, kto sa pokúsil zosynchronizovať rôzne frekvencie a kvalitu podnetov prostredníctvom hudby. Joseph Struthius konštatoval, že zmeny srdcovej frekvencie sa líšia u mužov a žien, počas spánku a bdenia, v zdraví a v chorobe i počas jednotlivých ročných období. Joseph Struthius je jedným z prvých vedcov, ktorý upozornil, že srdcová frekvencia je regulovaná vnútornými a vonkajšími faktormi. Uvedomoval si aj to, že srdcová frekvencia môže byť ovplyvnená starnutím. O niekoľko rokov neskôr boli uvedené fakty potvrdené už spomínanými autormi.

V roku 1767 *Le Cat* vo svojej knihe potvrdil vplyv hudby na ľudskú psychiku. Upozornil na skutočnosť, že sila hudby hýbe psychikou človeka a prostredníctvom jeho vlastných mechanizmov ovplyvňuje zdravie. Lahko sa tak pochopí veľké puto, ktoré je medzi dvoma časťami človeka telom a dušou. Poukázal aj na zvýšenie srdcovej frekvencie a krvného tlaku, pri pohľade na lekára, ktorý nazval ako „biely efekt“. Uvedená skutočnosť ale nebola nová, lebo pred viac ako 300 rokmi *Targiri* vo svojej knihe, „*Medicina Compendaria*“, uviedol, že podnet pre zvýšenie srdcovej frekvencie a krvného tlaku môže byť vyvolaný nielen vnútornými, ale aj vonkajšími faktormi a to napr. aj samotnou prítomnosťou lekára. Targiri zároveň upozornil, že aj pohyb samotný môže niekoľko násobne zvýšiť srdcovú frekvenciu (Targiri, 1698, in Lemmer, 2009).

Podobné pozorovania boli popísané *Johannom Casparom Hellwigom* (pseudonym: Valentin Kräutermann), ktorý poukázal na dôležitosť prístupu lekára k pacientovi. K podobným záverom o viacnásobnom opakovanom meraní srdcovej frekvencie a prítomnosti lekára, ktorý nazval „pulz“ doktor dospel aj *Théophil de Bordeu* v roku 1756.

V tej dobe však bolo ťažké presne zmerať srdcovú frekvenciu, pretože žiadne hodinky s presnosťou na minútu neboli dostupné. Bol to práve Sanctorius, ktorý si bol vedomý tohto problému, a preto vynašiel prvé

prístrojové zariadenie na meranie pulzovej frekvencie, ktoré nazval pulzometer - merač pulzu. Zároveň podotkol, že pomocou pulzometra, možno sledovať, kedy a ako sa mení pulzová frekvencia, kde práve zmena v dĺžke kyvadla na pulzometri by mohla neskôr slúžiť pre jej porovnanie (obrázok 1.3).



Obrázok 1.3 Zariadenie na meranie pulzovej frekvencie (upravené podľa Lenner, 2009)

Nasledujúce roky priniesli nemálo písomných správ pre rytmy srdcovej frekvencie ako u zdravých, tak aj u chorých ľudí.

V roku 1776 *Carlo Gandini* dal veľmi presné odporúčania, ako správne merať pulzovú frekvenciu a to prstami na artérii (obrázok 1.4)



Obrázok 1.4 Meranie pulzovej frekvencie (upravené podľa Lenner, 2009)

Boli to aj ďalší vedci ako francúz *Par M. Bordenave* v roku 1787, ktorý popísal pulzovú frekvenciu medzi bdením a spánkom. Podobne aj švajčiarsky lekár *Johann Georg Zimmermann* v roku 1793 vo svojej knihe uviedol, že pulzová frekvencia človeka závisí od dennej doby, nálady, veku

a pohlavia. Ďalej si všimol, že pulzová frekvencia sa zvyšuje pri horúčke a odporučil, že sa najlepšie meria pomocou druhej ruky.

Z uvedeného je zrejmé, že rozdiel v pulzovej frekvencii v priebehu dňa a noci bol jedným z významných pozorovaní tej doby. Profesor *Johann Christian Reil* na univerzite v Halle v roku 1796 sa zmienil o tom, že pulzová frekvencia sa zvyšuje k večeru, čo ale nie je priamy účinok niektorých podnetov, ale v dôsledku nárastu citlivosti organizmu v rámci dňa (od rána do večera).

Popis rytmu srdcovej frekvencie bol zavedený aj do učebnice fyziológie v roku 1801. *Johann Heinrich Ferdinand von Autenrieth*, učiteľ anatómie, fyziológie a farmakológie na univerzite Tübingene v Nemecku (v roku 1801) predložil presné údaje o srdcovej frekvencii v závislosti na čase počas dňa. Poukázal, že v dospelosti je srdcová frekvencia ráno 65 až 70 úderov, večer 75-80 úderov za minútu. Navyše Vireya vo svojej práci napísal, že srdcová frekvencia je najnižšia o 2-3 hodine v noci.

Zaujímavosťou je, že *Gottlieb Wilhelm Tobias* evanjelický kňaz a člen združenia lekárov a prírodovedcov v Berlíne a Halle vo svojej knihe napísal, že srdcová frekvencia je závislá od frekvencie dýchania, ktorá sa líši medzi vdychom a výdychom. Francúzsky encyklopedista *Paul-Joseph Barthez* v roku 1806 poukázal aj na denné rozdiely vo vazodilatácii. Vo svojej knihe sa zmienil o výraznejšej dilatácii malých ciev večer a v noci. Relatívna dilatácia, ku ktorej dochádza počas spánku v cievach je výraznejšia vo vénach ako v artériách.

Zistenia, názory a pohľad vtedajších pozorovaní sa premietol aj do vývoja zariadení pre monitorovanie srdcového rytmu. Srdcová frekvencia sa zahrnula do diagnostických postupov a bola zdokumentovaná nočná dilatácia ciev (Lemmer a Portaluppi 1997; Lemmer, 2006; Portaluppi a Hermida, 2007).

Už v roku 1845 **Bergman** zastával názor, že rytmicita má svoj pôvod a príčiny vo vlastnom organizme (Mletzko a Mletzko, 1985). V tom istom roku prvýkrát poukázal na existenciu dvoch rytmov: cirkadiálneho a cirkaanuálneho aj **John Davy**. John Davy na základe tzv. autorytmometrie (vlastné meranie rytmov) zistil, že bioperiodicity neboli v žiadnej súvislosti s pohybovou aktivitou (napr. jazda na koni, beh, atď., ale ani s teplotou prostredia), ktoré porovnával v konkrétnych situáciách s vlastnou telesnou teplotou. Aj v nasledujúcich desaťročiach pribúdali poznatky o rytmických procesoch v ľudskom organizme. **Angelo Mosso** v roku 1892 a **John A. Bergström** v roku 1894 upriamili svoju pozornosť na sledovanie oscilácií fyzickej a psychickej výkonnosti človeka počas dňa. **Ernst Graffenberg**, v roku 1893, sledoval vplyv svetla a tmy na počet erytrocytov v krvi.

Významnú úlohu v chronobiológii v tom období zohralo učenie **Claude Bernanda** z roku 1845 (Poupa, 1961; Schreiber, 2005; Marduel, 2006). Claude Bernard sa pokladá nielen za zakladateľa modernej fyziológie, ale aj za autora teórie „**vnútorné prostredie**“ (*milieu intérieur*). V tom čase vynikol najmä svojím chápaním stáleho vnútorného prostredia, ale aj odhalením princípu „homeostázy“. Túto koncepciu ďalej rozpracoval **Walter Bradford Cannon**, ktorý v roku 1920 prvýkrát použil pojem „homeostáza“ (Arendt, 2006; Den, 2013).

V 17. a 18. storočí nemala ešte metóda experimentu kvalitne štruktúrovanú teoretickú podstatu. Vtedajší fyziológovia sa snažili experimentálne si potvrdzovať svoje domnienky (hypotézy). Ťažko však svoje skúsenosti prepájali a zasádzovali do nejakého zmysluplného systému. Až na základe Bernardovej teórie o fyzikálno-chemickej stálosti vnútorného prostredia organizmov bolo možné dať pokusom jasný poriadok. Jednotlivé fyzikálno-chemické parametre bolo možné merať, zistiť ich variabilitu, či konštantnosť skúmať za rozdielnych okolností. Jednotlivé pokusy medzi sebou získavali súvislosti i jednotné zastrešenie. Homeostáza je



v súčasnosti považovaná za jeden zo základných pagín života, ktorá má svoje biologické hodiny.

19. storočie zaznamenalo veľké pokroky v prírodných vedách, čo znamenalo nielen zvýšenie záujmu o pozorovanie rôznych javov v prírode, vrátane rytmických zmien, ale obohatilo aj metodologické a diagnostické možnosti (napr. o presný teplomer). Uvedené skutočnosti umožnili sledovať zmeny aktivity a rozmnožovania (vrátane mnohých s týmto spojenými javmi, ako napr. zmena farby, ale i telesnej teploty).

V 20. storočí sa už začali objavovať práce, ktoré upozorňovali na pomerne veľké spektrum oscilácií v živočíšnom i ľudskom organizme. Objavovali sa prvé vedecké práce, ktoré sa snažili experimentálne potvrdiť a ovplyvniť chod biologických hodín. Tých čo pochybovali bolo viac. Stále viac prírodovedcov však videlo a uistovalo sa, že biologické rytmy sú práve jednou z najdôležitejších vlastností biologických systémov a výraznou črtou ich neopakovateľnosti.

Začiatok plodných dvadsiatych rokov minulého storočia priniesol prelom vo výskume rytmických procesov. V tomto období sa objavujú štúdie amerických fyziológov *Wightmana Wellsa* **Garnera** a *Harryho Ardella Allarda* o fotoperiodizme (termín doteraz používaný). V rokoch 1923-1928 zverejnil *Nathaniel Kleitman* svoje pozorovania o biorytmoch telesnej teploty. Veľmi zaujímavé bolo aj zistenie **Johnsona** z roku 1926 o tom, že denný rytmus aktivity nie je presne 24 hodín. Švédsky lekár *Eric Forsgen* (1928) prvýkrát popísal 24 hodinovú periodicitu niektorých metabolických parametrov (napr. pečňového glykogénu, vylučovanie žľče). *Jacob Mölleström* v roku 1929 dokázal denný rytmus v rýchlosti poklesu krvi. Od tohto času sa bádanie palety najrôznejších nervových, metabolických, endokrinných parametrov a ďalších biologicky dôležitých látok rozrástla, najmä v závislosti na 24 hodinovom rytme. V roku 1936 to bol *Erwin Bünning*, ktorý ako prvý upozornil, že fotoperiodické meranie času môže

byť založené na vrodenných denných rytmoch vnímania svetla. V roku 1938 výskumníci Nathaniel Kleitman a Bruce Richardson strávili 32 dní v jaskyni Mammoth v Kentucky sledovaním svojich fyziologických funkcií. Nathaniel Kleitman je považovaný za otca rekognoskácie spánku, ktorý v roku 1939 vydal knihu s názvom „*Spánok a bdenie*“. So svojím žiakom *Eugenom Aserinským* popísal fázu spánku REM (Rapid eyes movement), ktorá je charakterizovaná rýchlymi pohybmi očí. Spolu s ďalším žiakom *Williamom Dementom* zistili súvislosť medzi spánkom REM a snívaním (Aserinsky a Kleitman, 1953; Dement a Kleitman, 1957; Dement, 2001).

Práce *Ericha von Holsta* z roku 1937 a 1939 dávajú hlboko nahliadnúť do vzájomného pôsobenia rôznych rytmov v organizme, kde v súčasnosti prevláda veľký záujem o tieto vzájomné vzťahy. Bola to pravdepodobne cesta, ktorá umožnila preniknúť k pochopeniu podstaty „*biologických hodín*“ (Chandrashekar, 1998).

Myšlienku, že v organizme pôsobia „vnútorné hodiny“ vyjadril vo svojej práci *Hudson Hoagland* v roku 1935, keď postuloval chemický charakter merania času a predpokladal, že fyziologický čas závisí od rýchlosti určitých chemických procesov. Mechanizmami biologických rytmov sa v roku 1938 a 1940 zaoberal *Hans Albrecht Bethe*, ktorý rytmicitu považoval za základnú vlastnosť živej hmoty (Lee a Brown, 2007).

Vedecky zdôvodnená myšlienka o koncepte biosféry pripadá veľkému vedcovi *Vladimírovi Ivanovičovi Vernadskému*. V knihe „*Biosféra*“, ktorá bola prvýkrát publikovaná v roku 1926 Vernadskij elegantne, na princípe empirického zovšeobecnenia predpokladal, že Zem je samo udržiavaný systém. Predpokladal, že život bol a je transformujúcou geologickou silou na našej planéte (Vernadskij, 1997). *Nikolaj Jevgenevič Vvedenskij* (1953) zasa poukázal na problém faktora času so zreteľom na fyziologické funkcie jednotlivých tkanív a orgánov.

*Gregory Pincus* v roku 1943 zistil kolísanie vo vylučovaní 17-ketosteroidov. Zákonitosti dlhodobého kolísania tlaku krvi ako jeden z prvých pochopil americký profesor *Franz Halberg*, ktorý v roku 1948 položil základy pre vedný odbor chronobiológia (Halberg, 1969). Dokázal, že všetky biologické hodnoty sa pohybujú v cykloch [cca v 12 hodinových (ultradiánnych), 24 hodinových (cirkadiánnych), 7 dňových (cirkaseptánnych – infradiánnych – cirkaanuálnych), a dlhších]. Uvedené rytmy vznikali už v priebehu evolúcie, s ktorými možno manipulovať zmenou fázy rytmu exogénneho prostredia. Postupne ich genetická determinovanosť bola dokázaná i na molekulárnej úrovni (Pennisi, 1997). Na problém chronómu vo fyziológii prvýkrát upozornil *Alexej Atexejevič Uchtomskij* v roku 1936, keď poukázal na individuálne chápanie fyziologického času (chronotypu). Na jeho dôležitosť poukázal v súvislosti s analýzami časových mechanizmov a zákonitosťami individuálneho vývoja človeka. V neskoršom období Halberg zaviedol pojem „**chronóm**“ (od *chronos* - čas a *monos* - pravidlo) pre systém riadiaci oscilácie biologických premenných v organizme. Mapovanie chronómu môže podobne ako mapovanie genómu nielen rozšíriť naše poznatky, ale pomôcť aj prakticky. Veľmi často pred tým, než sa vplyvom ochorenia zmení priemerná hodnota biologickej veličiny, zmení sa aj jej cyklické správanie (Kuhlman et al., 2007; Singh, 2009).

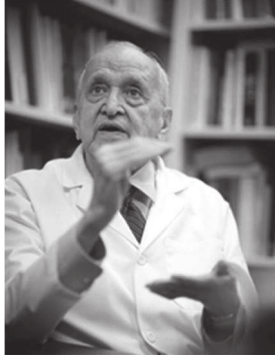
Vychádzajúc z uvedených poznatkov, najmä pre medicínu zaujímavých informácií bola v roku 1937 v Roneby vo Švédsku siedmimi vedcami založená „*Medzinárodná spoločnosť pre štúdium biologických rytmov*“, ktorá sa v roku 1971 na zasadnutí v Little Rocku, Arkansas, premenovala na „*Medzinárodnú spoločnosť pre chronobiológiu*“ (ISC) (Pauly a Scheving, 1987). Po druhej svetovej vojne sa v roku 1949 uskutočnila 3. medzinárodná konferencia v Hamburgu a 4. konferencia v roku 1953 vo švajčiarskom Bazileji, ktorej sa zúčastnilo viacero známych a významných chronobiológov 20. a 21. storočia (Holmgren et al., 1953; Menzel et al., 1955; Lemmer, 2009).

Medzi účastníkmi bol *Jürgen Aschoff* (1913-1998), ktorý je považovaný za jedného zo zakladateľov modernej chronobiológie. Bol riaditeľom Ústavu Maxa Plancka pre fyziológiu správania v Andechs (Nemecko). Najznámejšie sú jeho experimenty, ktoré realizoval v izolácii s dobrovoľníkmi, ktorí boli kontinuálne pozorovaní v konštantných podmienkach prostredia (obrázok 1.5). Skupiny učiteľov a študentov Mníchovskej univerzity tu strávili niekoľko týždňové periódy, počas ktorých zaznamenávali s typickou nemeckou pedantnosťou viaceré fyziologické premenné (najmä bazálna teplota, cykly spánku a bdenia, kvantita a chemické zloženia moču a pod.) (Aschoff, 1990).



Obrázok 1.5 Interiér „bunkra“ v Andechs, v ktorom dobrovoľníci strávili v izolácii niekoľko týždňové periódy, počas ktorých sa zaznamenávali rytmické zmeny ich správania a vybraných fyziologických parametrov (podľa Zeman, 2006a)

Konferencie sa v tom období zúčastnil aj *Franz Halberg* (1919-2013) označovaný za otca modernej chronobiológie, s prívlastkom „Pán času“ (obrázok 1.6).



Jeho prínos na poli chronobiológie sa bude spomínať v súvislosti s jeho významnými celoživotnými dielami. Zhromaždil monumentálne množstvo informácií sám, ale aj s neustále rozširujúcou sa sieťou spolupracovníkov po celom svete. Vytvoril inferenčné štatistické metódy pre analýzu a interpretáciu biologických rytmov. Založil prvé chronobiologické laboratórium na Univerzite v Minnesote.

Obrázok 1.6 Franz Halberg (podľa Cornélissen et al., 2013)

Do vedeckého jazyka zaviedol v roku 1959 pojem *cirka* (približne, asi), bol spoluautorom prvého chronobiologického slovníka v roku 1977. V roku 1997 bol spoluzakladateľom celosvetového projektu BIOCOS zameraného na štúdium biologických systémov (BIO) v ich priestore (COS - kozmos).

Išlo o medzinárodný projekt zhromažďujúci celosvetovo referenčné hodnoty najmä tlaku krvi a srdcovej frekvencie, vyjadrené ako funkcie času, pohlavia a veku z dôvodu identifikácie odchýlok fyziologického rozmedzia tak, aby včasná profylaktická intervencia mohla redukovať výskyt následkov a pritom slúžiť primárnemu transdisciplinárnemu výskumu (Halberg et al., 1998; Cornélissen et al., 2013a,b,c,d). V roku 2006 prezentoval grafický atribút, ktorý je celosvetovo vo vedeckej literatúre používaný za „logo“ pre chronobiológiu ako transdisciplinárnu vedu (obrázok 1.7).



Obrázok 1.7 Logo samotnej chronobiológie (a), ale aj ako transdisciplinárnej vedy (b) (podľa Halberg, 2011)

K ďalším významným predstaviteľom, ktorí svojou výskumnou prácou obohatili paletu chronobiológie a k zúčastneným na konferenciách patrili predovšetkým lekári ako *Arthur Theodore Jores*, ktorý vykonával dôležité výskumy a sledovania v oblasti rytmických prejavov funkcie obličiek, vnímania bolesti a v ďalších oblastiach liečebnej chronobiológie. *Werner Menzel* (1908-1998) vykonal rad významných výskumov na poli klinickej chronobiológie. Medzi zúčastnenými bol aj *Günther Hildebrandt* (1924-1999) z univerzity v Giessene, ktorého hlavným vedeckým záujmom bolo zavedenie chronobiológie do medicíny. Skúmal rôzne oblasti chronobiológie vrátane kúpeľníctva (balneológie), vnímania bolesti, pľúcnych a srdcových funkcií.

V poradí ďalšej konferencie sa v roku 1955 zúčastnil aj botanik *Erwin Bünning* z Univerzity of Tübingen, ktorý sa tiež považuje za jedného z otcov a zakladateľov chronobiológie, ktorý spolu s Jürgenom Aschoffom sú spájaní s vytvorením hypotézy o vnútorných hodinách (Bünning, 1935, 1936, 1963; Aschoff, 1990).

Otázka endogénnosti (t.j. vnútorného generovania rytmov v organizme) sa zdá byť dnes už samozrejmosťou, ale vášnivé diskusie a argumenty za a proti trvali viac ako dve storočia, ktoré sa ukončili až v polovici 20.

storočia. V roku **1960** sa uskutočnil 1. kongres v Cold Spring Harbor na Floride, kde boli položené základy vedného odboru chronobiológie. Vedecké a odborné práce, ktoré tam odzneli, slúžili ako vzor pre nastolenie a riešenie najaktuálnejších problémov v chronobiológii (Aschoff, 1960; Pittendrigh, 1960), o ktoré sa opierajú aj súčasné vedecké objavy v rôznych oblastiach života človeka, prechádzajúc cez pochopenie regulačných mechanizmov hodinových génov (Dardente a Cermakian, 2007; Menaker, 2007; Brunner et al., 2008; Hastings et al., 2008; Roenneberg a Mellow, 2005; Roenneberg et al., 2008; Takahashi et al., 2008) vyúsťujúc do aplikovanej oblasti praxe. V súčasnosti sa tieto kongresy a medzinárodné sympóziá usporadúvajú pravidelne. Ich obsahom sú rôzne témy vzhľadom na širokospektrálne realizované výskumy v chronobiológii, s intenciou výmeny poznatkov a empírií.

Podstatným problémom však naďalej zostáva riešenie vzájomného vzťahu človeka a prostredia. Ako každý živý organizmus aj človek je súčasťou biosféry, ktorej funkčnosť a kvalita je daná väzbami na vonkajšie prostredie. Závislosť živého organizmu od vonkajších podmienok sa dokumentuje schopnosťou adaptácie. Nedostatočná adaptačná schopnosť vylučuje trvalejšiu existenciu. Naopak adekvátne adaptácia je nutnou podmienkou evolúcie každého druhu. Práve pre riešenie mechanizmu kozmického vplyvu na biosystémy vznikol 30. júna 1997 v Moskve za účasti výskumníkov z USA, Európy, Ruska, Číny, Japonska a Indie medzinárodný projekt BIOCOS (BIOSphere and the COSmos). Súčasťou projektu BIOCOS sú významní chronobiológovia aj zo Slovenska a Čiech.

V tejto súvislosti je potrebné podotknúť, že ruský biofyzik svetového významu *Alexander Leonidovič Čiževskij*, zakladateľ heliobiológie, v 30. až 50. rokoch 20. storočia bol pravdepodobne medzi prvými, ktorý zistil isté prejavy slnečnej aktivity v biosfére, ktoré sa periodicky opakujú. *Alexander Leonidovič Čiževskij* (1976, 1979) na základe obrovského faktografického materiálu dokázal, že biologické rytmy človeka, teda aj

sociálne rytmy ľudstva závisia od rytmickej činnosti Slnka. Odvodil zákonitosti, ktorými sa riadia napríklad epidémie rôznych chorôb (Jagodinskij, 1987).

*Chronobiológia* ako vedná disciplína sa postupne časom rozrástla a napreduje, čím predstavuje transdisciplinárnu vedu zahrňujúcu oblasti, z ktorej každú je možné samostatne skúmať (Rapoport et al., 2012):

**Chronofyziológia** skúma časové prejavy fyziologických procesov. Hodnotí cyklické interakcie nervových, endokrinných, metabolických a iných charakteristík organizmu, ktoré podliehajú časovým zmenám, ako aj ich interakcie s prostredím (Scheving, Halberg a Pauly, 1974).

**Chronopatológia** skúma časovú premenlivosť rôznych biologických charakteristík, ktoré určujú chorobné stavy alebo sú ich dôsledkom (psychózy, rakovina, endokrinopatie, atď.) (Scheving, Halberg a Pauly, 1974; Švorc et al., 2008).

**Chronofarmakológia** skúma:

- a) závislosť účinku liekov na čase,
- b) vplyv liekov na časovú štruktúru organizmu resp. jeho časti.

Zahŕňa:

*Chronotoxikológiu*, ktorá skúma neželateľné alebo škodlivé účinky chemických a fyzikálnych činiteľov ako sú: jedy, produkty znečisťovania prostredia a predávkovanie liekmi v závislosti na čase a ich vplyv na časové charakteristiky organizmu (Lemmer a Portaluppi, 1997; Reinberg, Lewy a Smolensky, 2001).

*Chronoterapiu*, ktorá sa snaží liečiť (alebo predísť) ochoreniam, ktoré majú vzťah k časovým charakteristikám (napr. terapia kortikosteroidmi v dávkach simulujúcich adrenokortikálny cyklus v prípade Addisonovej



choroby) (Haus et al., 1973; Ahlers, 1984; Mehling a Fluhr, 2006; Švorc et al., 2008).

**Chronohygiena** zameriavajúca na otázky fyzickej a psychickej výkonnosti človeka. Jej doménou sú zmeny pozorované vplyvom rôznych faktorov, od transmeridiálnych preletov až po vplyv práce na zmeny. S určitou opatnosťou môžeme hovoriť o ďalších oblastiach ako napr. o *chronogenetike*, ktorá analyzuje časovú nadväznosť v tejto oblasti alebo o *chronogerontológii* analyzujúcej časovanie v procese starnutia (Zaguskin, 2010).

**Chronopsychológia** skúmajúca mechanizmy a funkcie rytmicity v psychologických premenných ako sú pamäť, vnímanie a emočné procesy (Skočovský, 2004).

Dynamizujúca sila chronobiológie neobišla ani oblasť „Vied o športe“ (Atkinson, Drust, Edwards, Postolache, Reilly, Šapošnikova, Waterhous a ďalší), v rámci ktorej sa formuje tzv. **športová chronobiológia**, skúmajúca časové periódy pre efektívny rozvoj pohybových predpokladov, zručností a im zodpovedajúce biochemické, fyziologické a psychické funkcie. Jej hlavným cieľom je sledovanie periodizácie v športovej príprave a v tréningovom procese (tréningové jednotky, mikrocykly, mezocykly, ročné a viacročné cykly), so zameraním na adaptačné mechanizmy, časovanie športovej výkonnosti, športovej formy, ale aj odstraňovania vplyvu desynchronizačných faktorov (napr. transmeridiálne prelety, tréningy v rôznych nadmorských výškach, atď.) (Komarov a Rapoport, 2000; Postolache, 2005; Šapošnikova a Tajmazov, 2005; Michael, 2011). Na Slovensku sa významu uplatnenia biorytmov v športe venovali napr. *Valšík, Marcinková, Bartošik, Štulrajter resp. venujú Lipková, Sedliak, Jančoková, Paugschová, Pivovarniček, Kalinková*, a ďalší.

Na Slovensku k priekopníkom a svetovo uznávaným odborníkom v oblasti výskumu biologických rytmov človeka najmä v medicíne patrí akademik Ladislav **Dérer**. Význam jeho diela v roku 2010 ocenil aj prof. F. Halberg, ktorý vyzdvihol odkaz Déreera v troch zložkách:

- v objavení cirkaseptánných rytmov v počte leukocytov v krvi u pacientov s chronickou leukémiou,
- vo využití inferenčnej štatistiky,
- v hľadaní kozmických súvislostí s ochorením.

Jeho klinické intuície a odvážne extrapolácie sú zdieľané jeho žiakom a pokračovateľom profesorom *Miroslavom Mikuleckým* (chronobiológ, resp. chronokosmobiológ). Jeho zameraním je štúdium biologických rytmov a ich súvislosť s astronomickými a geofyzikálnymi cyklami. Medzinárodne významné výsledky v oblasti chronobiológie, endokrinológie a vývinovej biológie zaznamenal profesor *Michal Zeman* so svojimi spolupracovníkmi (Zeman et al., 2013). Niektoré vybrané metabolické parametre skúmal Ahlers (1984). Svetovo uznávanou autoritou je profesorka *Helena Illnerová*, ktorej zásluhou sa česká chronobiologická škola stala vo svetovej vede zavedeným pojmom. Vo výskume jej patrí niekoľko svetových prvenstiev. Vo svojej vedeckej činnosti sa zaoberá časovým programom cicavcov vrátane človeka, to znamená riadením a molekulárnymi mechanizmami denných a sezónnych rytmov a ich synchronizáciou s vonkajším dňom.

Problematike rytmických zmien tlaku krvi a ďalších biologických parametrov v nadväznosti na projekt BIOCOS sa v súčasnosti najviac venuje tím lekárov z Kliniky funkčnej diagnostiky a rehabilitácie Fakultnej nemocnice v Brne pod vedením profesorky *Jarmily Siegelovej*, profesora *Zdeňka Plachetu* a profesora *Petra Dobšáka*. Významné práce na poli chronobiológie publikoval aj brnenský fyziológ profesor *Bohumil Fišer* (Homolka et al., 2010).

Historická časová os vedného odboru chronobiológia, ako aj teoretické východiská chronobiologickej metodológie v súčasnosti vytvárajú nepostrádateľný aspekt obnovy a poznania latentných prirodzených biologických biorytmov, ktoré sú jedným z primárnych elementov retrospektívneho pohľadu na filozofický zreteľ „cykličnosti času“, vznik a vývoj uvedeného vedného odboru, podané vedcami cez adekvátne štatistické analýzy časových radov hypotéz, ale aj cestu k exaktnej niveau chronobiológie.

## 1.2 Biologické rytmy

Vychádzajúc z histórie vzniku a vývoja chronobiológie sa jej základným východiskom stala idea rytmicity. Poznatky nadobudnuté a nazhromaždené od najstarších čias po súčasnosť umožňujú tvrdiť, že rytmicita je nevyhnutnou vlastnosťou živých systémov, ktorá tvorí základ usporiadania života na Zemi. Počas evolúcie aj tie najjednoduchšie formy života vznikali za relatívne stálych, ale periodicky kolísavých podmienok vonkajšieho prostredia. Postupne narastajúca diferenciacia životných foriem za daných, ale rytmicky premenlivých faktorov prostredia, tak dostala okrem priestorového aj časový rozmer.

Kategória čas však vystupuje v dvojakej podobe: ako **čas chronologický** (astronomický, kalendárny) a **čas biologický** (fyziologický). Medzi obidvomi projekciami času sú významné rozdiely. Chronologický čas je v princípe lineárny, plynúci rovnomerne, ktorý je bez začiatku a konca (plynie od minulosti, cez moment prítomnosti do budúcnosti). Čas biologický ako jeden z rozmerov existencie živej hmoty je funkciou nelineárnou. Na rozdiel od astronomického času má biologický čas začiatok a koniec presne definovaný splynutím dvoch gamét a zánikom (smrťou) organizmu. Má značnú variačnú šírku ako druhovú, tak aj individuálnu a nakoniec aj pre rôzne štruktúry toho istého organizmu. Je iný pre biologické individuum, iný pre druh, iný pre populáciu a iný pre

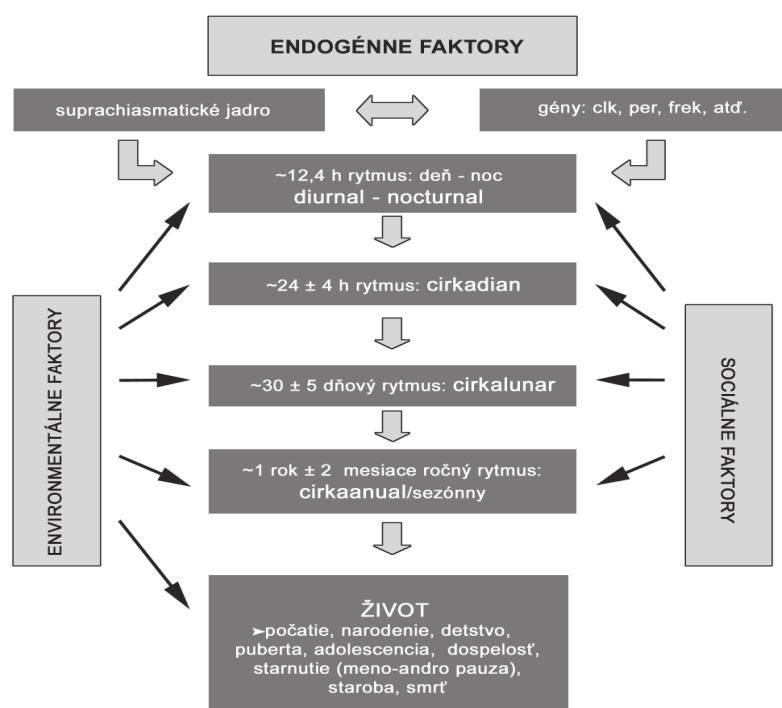
celú biosféru (Reinberg a Smolensky, 1983; Sedláček, 1999; Trojan et al., 2003).

Rytmické správanie je vlastné subbunkovým štruktúram, organizmom, populáciám i spoločenstvám. Každé periodické kolísanie vonkajších podmienok vyvoláva odstupňované zmeny v intenzite metabolizmu, v prejavoch a správaní sa organizmov. Z daného vyplýva, že akákoľvek zmena faktorov vonkajšieho prostredia narúša činnosť celého organizmu (Pittendrigh, 1960; Čiževskij, 1979; Romanov, 1980; Agadžaňan a Gubin, 2004; Arendt, 2006). Práve biologická rytmicita sa stala koordinovaným prejavom rytmov prostredia s rytmiami fyziologickými, čo umožňuje živým systémom, aj ľudskému organizmu predvídať a pripraviť sa na nastávajúce životné situácie. Biorytmicita je súčasťou dynamickej organizácie, ktorá prispieva k celkovej stálosti a výkonnosti organizmu (Achoff a Wever, 1962; Aschoff, 1990). Rytmické zmeny v činnosti organizmu sú riadené endogénnymi (vnútornými) faktormi (genetický základ) a časovým impulzom (tzv. synchronizátor), ktorý môže byť daný niektorým externým (vonkajším) faktorom prostredia (obrázok 1.8).

**Exogénne faktory** okrem úlohy časovača nástupu a ukončenia aktivity môžu do určitej miery meniť intenzitu a dĺžku aktivity, prípadne jej frekvenciu v rámci endogénne riadeného cyklu (environmentálne, sociálne faktory).

Životné, rytmicky sa opakujúce prejavy organizmov sú prejavom a vyjadrením určitej aktivity, ku ktorým bezo sporu patrí: metabolizmus (anabolizmus-katabolizmus), exkrécie, sekrécie, zvukové prejavy, príjem potravy, forma pohybu a rozmnožovania, činnosť srdca, respirácia, psychická a fyzická výkonnosť. V uvedených aktivitách dochádza k rytmickému striedaniu zvýšenej aktivity a relatívneho pokoja, kde sa nachádzajú obe fázy: pozitívna a negatívna – biologicky aktívne. Rytmická

činnosť je pre organizmus výhodná, a v niektorých prípadoch dokonca nevyhnutná pre fyziologický priebeh funkcií.



Obrázok 1.8 Schéma biologického rytmu (upravené podľa Mehling a Fluhr, 2006)

### 1.2.1 Základné pojmy

Chronobiológia, tak ako ostatné vedné disciplíny má svoju nomenklatúru, ktorá sa postupne s novými poznatkami a prístupmi rozširuje a dopĺňa. Mnohé zo zavedených pojmov v danej oblasti nie sú ešte dostatočne známe viacerým vedeckým pracovníkom ako aj telovýchovným odborníkom, ktorí môžu mať prospech z aplikácie chronobiologických prístupov v športovej praxi. Uvedieme preto niektoré základné pojmy používané

v chronobiologických prácach odborného a vedeckého charakteru, vychádzajúc pritom z autorov: Halberg et al. (1977, 2004, 2006), Zeman (2006), Levi (2006), Švorc et al. (2008), Reilly a Waterhouse (2009), Homolka et al. (2010), Glossary (2013).

Dôležitou podmienkou existencie biologických systémov je **rytmicita**. Zmena rytmicity biologických procesov v odpovedi na vonkajšie prostredie má adaptačný význam. Zjavne je jedným z konkrétnych prejavov adaptácie organizmu (Agadžaňan, 1976; Romanov, 1980; Komarov a Rapoport, 2000).

**Biologická časová štruktúra** systémov predstavuje súbor navzájom prepojených a časovo závislých biologických zmien a vzťahov, akými sú rast, vývin a starnutie, ktoré spadajú pod rytmické procesy s rôznymi frekvenciami. Biologická časová štruktúra sa môže vzťahovať na akúkoľvek biologickú jednotku, počínajúc bunkou a končiac populáciou. Je hierarchicky usporiadaná. Na vrchole je samo udržiavaný oscilátor, schopný generovať autonómne oscilácie a tieto sa systémom navzájom podriadených oscilátorov manifestujú rytmickými zmenami biochemických, fyziologických a behaviorálnych procesov. Na úrovni organizmov sa biologická časová štruktúra skladá zo suprachiasmatických jadier hypotalamu, ako nadradeného oscilátora, epifýzy ako podriadeného oscilátora a výstupov v podobe biologických rytmov (de Haro a Panda, 2006).

**Rytmus** (*rhythm*) je pravidelné kolísanie hodnôt sledovaného javu, ktorý sa vyznačuje periodickým opakovaním, kde rytmický dej je možné znázorniť ako sinusoidnú vlnu.

**Biologický rytmus** (*Biological rhythm - biorhythm*) je každý oscilujúci dej v živom systéme, ktorý sa po určitom čase opakuje a vracia sa približne na východiskovú úroveň. V tejto charakteristike je potrebné vyzdvihnúť

návratnosť iba na približne rovnakú úroveň, čím sa takáto oscilujúca funkcia líši od fyzikálnych rytmov, ktoré sa vracajú po uplynutí jednej periódy presne na východiskovú úroveň. Pri fyzikálnych rytmoch sa dajú všetky ukazovatele presne definovať, kým parametre biologických rytmov sú určené štatistickými metódami, ktorých základom je frekvenčná analýza. Biologické rytmy sú nevyhnutnou súčasťou homeostázy: „*všetko je rytmické pokiaľ sa nepreukáže opak*“ (Aschoff, 1960; Sollberger, 1965; Halberg, 1969; Ahlers, 1984; Štulrajter, 1995; Sedláček, 1999; Arendt, 2006; Zeman, 2006 a ďalší).

Ak vieme dokázať pôvod biologických rytmov vo vnútri danej biologickej jednotky, hovoríme o rytmoch **endogénnych** (*endogenous rhythm*). Vznikajú teda vo vnútri organizmu ako dôsledok aktivity endogénneho oscilátora - pacemakera. Podmienkami prostredia sú synchronizované k dominantnej, rytmicky sa meniacej premennej prostredia tzv. synchronizátora (zeitgeber). V konštantných podmienkach nevymiznú, ale voľne prebiehajú. To znamená, že v konštantných podmienkach prostredia endogénne rytmy pretrvávajú, pričom ich perióda sa odchyľuje od periódy environmentálneho cyklu, ktorý daný biologický proces pôvodne synchronizoval. Ak je endogénna perióda rytmu, označovaná ako **tau**, kratšia ako 24 hodín, hovoríme o fázovom zrýchlení, ak je naopak dlhšia, hovoríme o fázovom oneskorení rytmu.

Ak rytmus závisí od rytmických vstupov z vonkajšieho prostredia hovoríme o rytmoch **exogénnych** (*exogenous rhythm*). Vznikajú ako priama reakcia na zmeny prostredia po zániku periodických zmien, ktoré ich vyvolali, rytmy doznievajú. Exogénne rytmy sú typické napríklad pre zmeny aktivity enzýmov spojených s procesom trávenia.

Zatiaľ čo endogénne rytmy sú nevyhnutné pre život, exogénne rytmy urýchľujú adaptačné procesy. Medzi oboma kategóriami rytmov neexistuje

zreteľná hranica, pretože v organizme sa uplatňujú interakcie medzi rôznymi biologickými rytmami.

Medzi základné premenné, ktorými charakterizujeme biologický rytmus patria: **perióda**, **amplitúda**, **frekvencia** a **fáza** (obrázok 1.9), kde z uvedených premenných môže byť každá vyjadrená numerickými jednotkami, čo umožňuje matematické znázornenie každého rytmu.

**Periód**a (*period* grécky  $\tau$ ) – vyjadruje časový interval k ukončeniu jedného kompletného cyklu v rytmickej variácii. **Frekvencia** ( $f$ ) je počet cyklov za časovú jednotku, je to vlastne prevrátená jednotka periódy ( $f = 1/\tau$ ) – môže to byť zlomok sekundy, jeden deň, mesiac, rok, alebo akýkoľvek iný časový interval (tabuľka 1.1).

Tabuľka 1.1 Časová klasifikácia biologických rytmov (*upravené podľa Cugini, 1993*)

Označenie rytmu	Perióda (Tau)
Ultradiánny	<20 h
Cirkadiánny	$\sim 24 \pm 4$ h
Dian	$24 \pm 2$ h
Infradiánny	>28 h
Cirkasemiseptánny	$\sim 3,5$ dňa
Cirkaseptánny	$\sim 7 \pm 3$ dni
Cirkadiseptan	$\sim 14 \pm 3$ dni
Cirkavigintánny	$\sim 21 \pm 3$ dni
Cirkatrigintánny	$\sim 30 \pm 5$ dni
Cirkasimianuálny	$\sim 6$ mesiacov
Cirkaanuálny	$\sim 1$ rok $\pm 2$ mesiace
Solárny	$\sim 10,5$ roka
Sekulárny	$\sim 90$ rokov

**Amplitúda** ( $A$  - *Amplitude*) – je hodnota, ktorá vyjadruje rozpätie rytmu od jeho strednej hodnoty k vrcholu. Jedná sa o polovicu rozdielu medzi maximálnou a minimálnou hodnotou v priebehu jedného cyklu,



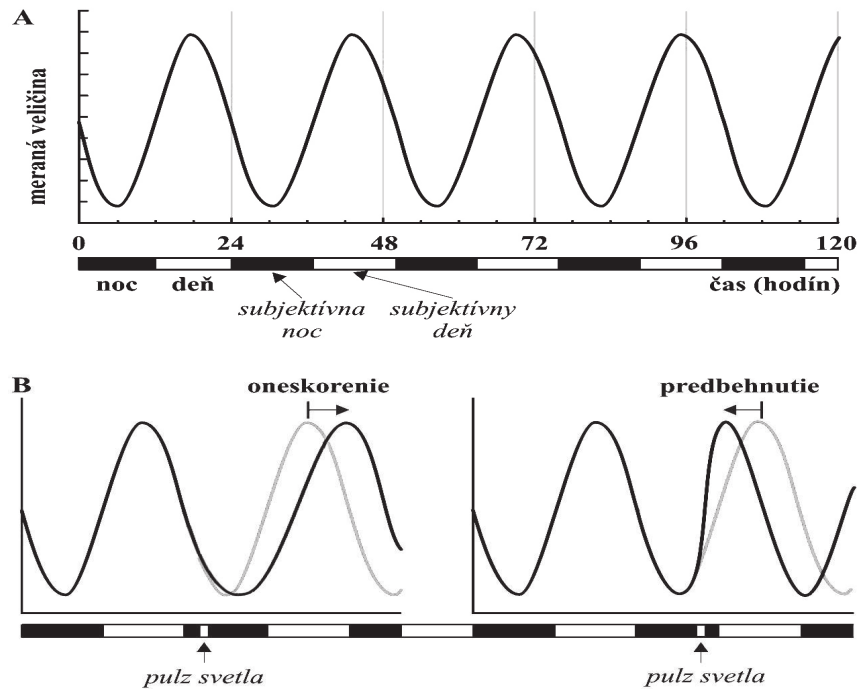
definovaných matematickým modelom (kosinorová krivka, stanovená metódou najmenších štvorcov). Rozdiel medzi maximálnou a minimálnou hodnotou rytmu sa v chronobiológii označuje ako **dvojitá amplitúda** ( $2A$ ). Amplitúda je základnou premennou všetkých periodických veličín.

**Fáza** (*phase*) – rozumie sa okamžitý, opakujúci sa stav periódy. Fázou môžeme označiť buď maximálnu, alebo minimálnu hodnotu cyklu, prípadne akýkoľvek bod medzi minimom a maximom. Môže byť vyjadrená ako cirkadiánný čas, ktorý predstavuje časovú stupnicu pokrývajúcu celú periódu. Jej posun môže byť vyjadrený v uhlových stupňoch, kde  $360^\circ$  predstavuje jeden celý cyklus (napr. pri zmene fázovania o  $180^\circ$  pri 24-hodinovom cykle sa presunie maximum zo 7:00 na 19:00 hodinu).

**Fázový posun** (*phase shift*) je postupná zmena v časovaní rytmu, ktorá znamená rozdiel medzi začiatočnou a konečnou akrofázou. Môže sa vyskytovať ako *fázové oneskorenie* (*phase delay*) alebo ako *fázové predbehnutie* (*phase advance*) (obrázok 1.9).

**Akrofáza** (*Acrophase*  $\theta$ ,  $\varphi$ ,  $\Phi$ ) je časový bod, do ktorého spadá vrchol regresnej sinusoidy interpolovanej nameranými hodnotami hociktorej periodickej funkcie; často sa zamieňa s maximom nameraných hodnôt.

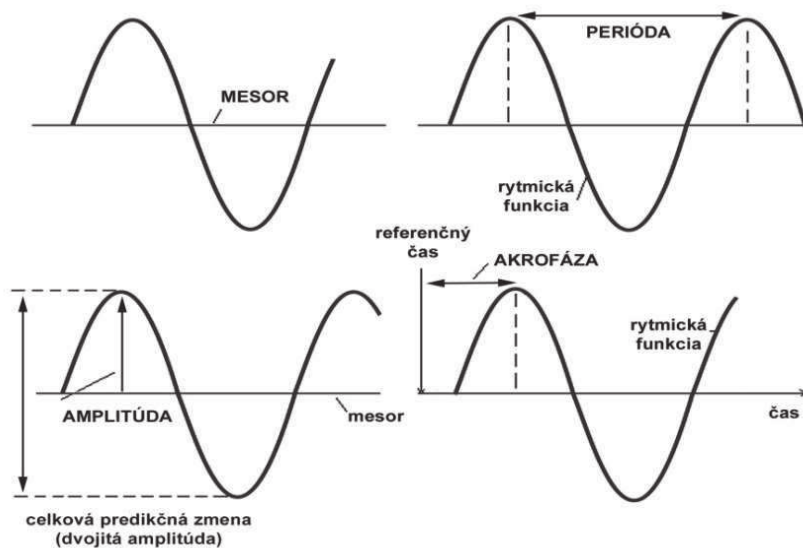
**Mesor** ( $M$ ), (**M**idline **E**stimating **S**tatistic **O**f **R**hythm) - je rytmami determinovaná stredná hodnota medzi najvyššou a najnižšou hodnotou kosinorovej funkcie interpolovanej nameranými údajmi. Táto hodnota sa rovná aritmetickému priemeru iba v prípade rovnomerného rozdelenia meraných dát. Ak je počet meraní v hornom priebehu funkcie rozdielny od počtu merania v dolnej časti funkcie, hodnota mesoru je od aritmetického priemeru odlišná a pre určenie rytmu presnejšia. Jednotkou mesoru pre výkon je s, min, cm, kg atď.



Obrázok 1.9 Fázové oneskorenie – predbehnutie rytmu  
(upravené podľa Červenková, 2008)

Výpočet uvedených premenných rytmov a ich samostatné štatistické spracovanie sa realizuje prostredníctvom jednoduchého a populačného kosinorového testu. Test vychádza z metódy najmenších štvorcov, kde sa vyznačuje tzv. cyklická krivka „najlepšej prispôsobivosti“ získaným výsledkom. Analýza sa robí v tzv. kruhovom kosinore (Nelson et al., 1979; Cugini, 1993; Koukkari a Sothorn, 2006).

Vychádzajúc z chronobiologických lexikónov a encyklopédií (Halberg et al., 1977; Halberg, 2011; Glossary, 2013) sa zmienime aj o ďalších, často používaných pojmoch a termínoch, s ktorými sa stretávame v chronobiologických výskumoch a prácach.

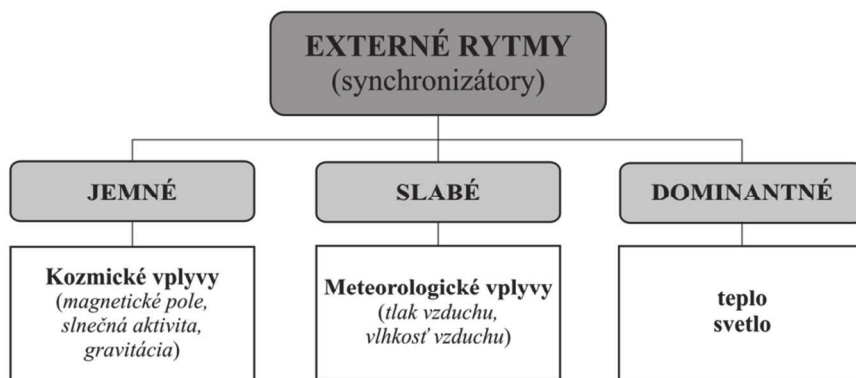


Obrázok 1.10 Základné parametre biologických rytmov  
(upravené podľa Halberga et al., 1986)

**Oscilátor** je funkčná jednotka schopná generovať samo udržiavané, autonómne oscilácie a synchronizovať ďalšie podriadené biologické rytmy a zladit' ich s cyklickými zmenami okolitého prostredia. Vo fylogénéze funkciu oscilátorov preberajú rôzne štruktúry. U človeka je oscilátor lokalizovaný v neurálnych štruktúrach – suprachiasmatických jadrách hypotalamu (SCN suprachiasmatické nucleum). Multioscilátorový model predpokladá okrem **primárneho** oscilátora, ktorý je schopný autonómnych oscilácií, existenciu **sekundárnych oscilátorov** (u cicavcov sú to area hypothalami lat., area retrochiasmatica a nc. ventromediális), schopných ako seba udržiavajúcich, tak tlmených oscilácií. Tieto suboscilátory sú riadené primárnym oscilátorom, ktoré samostatne riadia chod pasívneho systému schopného iba budených oscilácií. Pacemakery sa navyše môžu skladať z dvoch a viacerých oscilátorov. Celý oscilátorový systém je spojený do stabilných fázových konfigurácií, zaisťujúcich vnútornú

synchronizáciu. Pri rozpojení môže dôjsť k desynchronizáciám. Oscilácie zaisťujú denné sekvencie metabolických a behaviorálnych dejov, ktoré pôsobia ako **biologické hodiny**, umožňujúce anticipáciu a formovanie (napr. reprodukčnej stratégie a konečne fázový uhol medzi  $t$  a  $T$  umožňuje živočíchom **subjektívne vnímať čas a kalendár**). Zničenie SCN vedie k vymiznutiu celej rady endokrinných, fyziologických a behaviorálnych rytmov (nie však všetkých). Prerušenie aferentácie SCN nenarušuje cirkadiánne rytmy, naopak prerušenie eferentácie narušuje cirkadiánne rytmy. Molekulárna podstata generovania cirkadiánnych rytmov spočíva v cyklickej transkripcii špecifických hodinových génov (Moore a Eichler, 1976; Moore-Ede et al., 1982; Moore-Ede, 1983; Nevšimalová a Illnerová, 2007; Illnerová a Sumová, 2008).

**Synchronizátor** (*synchronizer Sy*) - zahŕňa periodicky sa opakujúce javy vonkajšieho prostredia ovplyvňujúce frekvenciu a akrofázu biologických rytmov. Synchronizátor je premenná prostredia, ktorá synchronizuje oscilátor/pacemaker k prevládajúcim podmienkam prostredia. Medzi synchronizátory zaraďujeme vplyvy environmentálnych (heliogeofyzikálnych) periodicít a sociálnych faktorov. Synchronizátor je definovaný svojou silou pôsobenia. V tejto súvislosti rozoznávame synchronizátory: a) dominantné, b) slabé, c) jemné (obrázok 1.11). Zo všetkých premenných prostredia má dominantné postavenie rytmus striedania svetla a tmy, ktorý je odvodený od otáčania sa Zeme okolo svojej vlastnej osi (Chorvát, 1998; Homolka et al., 2010).



Obrázok 1.11 Rozdelenie externých rytmov podľa intenzity účinku  
(upravené podľa Homolka et.al., 2010)

V tejto súvislosti rozoznávame pojem **synchronizácia** (*synchronization*), ktorým označujeme stav biologického systému, v ktorom dve alebo viaceré premenné vykazujú rytmy s rovnakou periódou a stabilnými fázovými vzťahmi a akrofázami. Jedná sa o prispôsobenie endogénnych rytmov externým vplyvom. Toto prispôsobenie je sprostredkované buď jedným alebo viacerými synchronizátormi (v literatúre sa môžeme stretnúť aj s pojmami ako zeitgeber, entrainment). Medzi možné synchronizátory sa u človeka zaraďujú (Ahlers, 1984; Švorc et. al., 2008 a iní):

- poznanie času,
- cyklus svetla a tmy,
- sociálne vzťahy,
- cyklus aktivity, odpočinku – spánku a bdenia,
- príjem potravy,
- elektromagnetické pole, gravitačné pole, atmosférický tlak, kozmické žiarenie.

Rozsah periodicít, v ktorých synchronizátor môže synchronizovať biologické hodiny, je u človeka limitovaný. Ak je tento rozsah prekročený,

potom biologické hodiny „voľne bežia“ so svojou vnútornou periódou. **Voľne bežiaci rytmus** (*free-running rhythm*) je pokračovanie endogénnej bioperiodicity mierne alebo zásadným spôsobom odlišnej od akéhokoľvek známeho režimu prostredia, t.j. od jej zvyčajného synchronizátora alebo zvyčajného pacemakerového rytmu. Rytmy pretrvávajú aj vtedy, keď organizmy žijú v stálom, neperiodickom prostredí bez vedomia o vonkajšom čase (napr. človek v jaskyni alebo v izolovanom bunkri). Rytmy sú teda organizmu vrodené. V neperiodickom prostredí vykazujú periódu *Tau*, ktorá sa blíži, ale sa nerovná presne 24 hodinám, beží voľne v čase (Aschoff, 1974; Minors a Waterhouse, 1986; Illnerová a Sumová, 2008; Golombek et al., 2010).

**Referenčný rytmus** (*reference rhythm, marker rhythm*) je rytmus jednej premennej, používaný ako časová referencia pre iné rytmy.

V prípade, že nedochádza k zosúladeniu jednotlivých rytmov v organizme, vzniká porucha ich vzťahov nazývaná **desynchronizácia** (*desynchronization*), ktorú charakterizujeme ako stav dvoch alebo viacerých pôvodne zosynchronizovaných rytmických biologických dejov, ktoré prestali oscilovať v rovnakej frekvencii a vykazujú zmeny vo vzájomných fázových vzťahoch, kedy nedochádza k zosúladeniu jednotlivých rytmov v organizme, čím vzniká porucha ich vzťahov. Tento jav je možné vo svojom živote pozorovať denne ako dôsledok vplyvu environmentálnych a sociálnych faktorov, medzi ktoré môžeme zaradiť:

- svetelnú kontamináciu prostredia,
- prácu na zmeny (*shift work*),
- prelety cez časové pásma (*jet lag*),
- „moderný štýl života“.

V tejto súvislosti rozoznávame: **externú desynchronizáciu** (*external desynchronization*), ktorá predstavuje desynchronizáciu endogénneho

biologického rytmu vzhľadom na prostredie a *internú desynchronizáciu* (*internal desynchronization*) predstavujúca zmeny, v ktorom dve alebo viacej predtým synchronizovaných premenných v rámci jedného organizmu prestane vykazovať rovnakú frekvenciu, rovnaký vzájomný vzťah akrofáz a začínajú vykazovať rozdielne alebo meniace sa časové vzťahy. Desynchronizácia vedie k zníženiu výkonnosti organizmu, problémom pri adaptácii a k vzniku patologických psychických stavov (napr. sezónne ovplyvňované ochorenia). Vysokú výkonnosť bude človek naopak dosahovať vtedy, keď rytmus pravidelne súhlasí s rytmami psychofyziologických funkcií. Výkyvy vo výkonnosti sú menej stereotypné a menia sa časom skôr ako s kolísaním autonómnych funkcií (Illnerová a Sumová, 2008).

V súvislosti s uvedeným, významné poznatky získava psychofyziológia. Zistilo sa, že tam, kde nie je dostatočne vytvorená adaptácia, každé pôsobenie akútneho zaťaženia, vedie k desynchronizácii a k poruche 24-hodinového režimu, čo je podmienené zlyhaním vzťahov medzi výkonným orgánom a psychikou. Menia sa subjektívne pocity, zotrvačnosť stereotypov. Objavujú sa nedostatky vo využití druhej signálnej sústavy, čo sa môže prejaviť ako agresivita a emočná impulzivnosť (Kuznetsov et al., 1978).

### 1.2.2 Klasifikácia biologických rytmov

Biologické rytmy sú základom ukladania periodických oscilácií faktorov vonkajšieho prostredia. V tejto súvislosti sa udomácňuje pojem *chronom* zahŕňajúci celý komplex rytmov a ich časového vývoja v organizme. Chronom sa skladá z multifrekvenčného spektra rytmov, trendov a zvyškových štruktúr, vrátane intermodulácií vnútri a medzi fyziologických premennými, rovnako ako zmeny v dozrievaní a starnutí (Cornélissen et al. 2006; Halberg et al., 2007).

Vychádzajúc z univerzálnosti pôsobenia environmentálnych (heliogeofyzikálnych) faktorov prostredia nie je asi ani prekvapujúce, že organizmy sa týmto podmienkam prispôbili evolúciou biologických rytmov. Spektrum biologických rytmov preto zahŕňa široký časový diapazón – od milisekúnd až po viacero rokov, či stovky rokov.

Biologické rytmy môžeme klasifikovať podľa viacerých kritérií na základe:

- vlastných charakteristík (tabuľka 1.1),
- biologického systému, v ktorom rytmus pozorujeme,
- povahy procesu, generovania rytmu,
- funkcie, ktorú rytmus plní.

Biologické rytmy vzhľadom na univerzálnosť striedania fáz svetla a tmy počas 24 hodín môžeme rozdeliť do troch hlavných kategórií podľa dĺžky trvania periódy, a to:

- rytmy **ultradiánne** – s periódou <20 hodín,
- rytmy **cirkadiánne** – s periódou ~ 24±4 hodiny,
- rytmy **infradiánne** – s periódou > 28 hodín.

Nemenej významný je fakt, že organizmus a prostredie vytvárajú biologickú jednotu. T. z., že zmeny v zložení a vlastnostiach prostredia sa určitými spätnými zmenami prejavujú aj v organizme. Periódy environmentálnych faktorov, heliogeofyzikálnych periodicít sa prekrývajú s biologickými rytmami človeka. V roku 1987 na XVII. chronobiologickej konferencii v Leidene bola navrhnutá heliogeofyzikálna klasifikácia rytmov. Rytmy sú podľa nej usporiadané do periodickej tabuľky, ktorá sa skladá z 11 tried periodicít: sekulárnych, solárnych, ročných, mesačných, denných, hodinových, inframinútových, ultraminútové, sekundových, decisekundových a milisekundových (tabuľka 1.2). Poznatky doterajších výskumov poukazujú, že heliogeofyzikálnym periodicitám najčastejšie



zodpovedajú aj základné biologické rytmy človeka, ktoré sú zoskupené do primárnych pásiem. Skutočnosť, že väčšina periodicít patrí do takejto harmonickej schémy periód prezrádza väzbu medzi zdanlivo nezávislými funkciami s rôznou frekvenciou. Aj zistenia 7, 14, 27 denných opakovaní magnetických búrok, šesťmesačné opakovania s maximom v dňoch rovnodennosti (22. septembra a 22. marca) a s minimom okolo slnovratu (5. júna a 5. decembra) plne zapadajú do spomínanej klasifikačnej schémy (Hejl, 1989; Hejl et al., 1990).

Základné postavenie v celej hierarchii rytmov má *rytmus cirkadiánnny*, označovaný približne 24 hodinový alebo približne denný rytmus. Vyjadruje určité rozpätie medzi pôvodnou hodnotou endogénneho rytmu a hodnotou jej 24 hodinovej synchronizovanej formy. Cirkadiánnny systém dáva organizmu vnútorný denný program, čím môže plniť aj funkciu kalendára. Je to systém integrujúci, ktorý zahŕňa: centrálné hodiny koordinujúce a synchronizujúce oscilácie v periférnych orgánoch. Súčasne sa cirkadiánnny systém vzťahuje k svojmu okoliu, pretože je periodicky nastavovaný vonkajšími podnetmi, najmä svetelnými.

Všetky doteraz skúmané živé organizmy vykazujú denné rytmy v stovkách dejov, ktoré prebiehajú na úrovni organizmu, tkaniva, bunky aj na molekulárnej úrovni.

Aj človek vykazuje významné rytmy napr. v spánku a bdení, v telesnej teplote, v psychickom a fyzickom výkone, v tvorbe a uvoľňovaní rôznych hormónov (napr. melatonínu z epifýzy alebo kortizolu z kôry nadobličiek), v metabolickej aktivite, v zložení telových tekutín, v aktivite početných enzýmov, v zapínaní a vypínaní stoviek génov a pod. (Foster a Kreitzman, 2005; Illnerová a Sumová, 2008).

Tabuľka 1.2 Spektrum pásiem najčastejších periodicít – periodická sústava biorytmov človeka (zdroj: vlastný)

PERIODICITA	PERIÓDA	TRIEDY CYKLOV skupiny harmonických frekvenčných pásiem	PÁSMO hlavné, vedľajšie prechodné	BIORYTMUS - príklady -
Heliogeofyzikálna	dominantná			
0. (supersekulárna)	(180 r)	<b>I</b> <b>SEKULÁRNE</b> „vital cycles“	V	vek človeka (mladosť – staroba)
1. sekulárna slnečná	90 r.	.....	V/2	
2. (Brücknerova)	45 – 44 r.	.....	V/4 – 4 S	
3. Halleova slnečná	22 r.	<b>II</b> <b>SOLÁRNE</b>	2 S	epidémie, kolísanie počtu populácie
4. slnečná aktivita	11 r.	.....	S	
5. (geomagnetická aktivita)	5,5 r.	„sunspot cycles“	S/2	
6. (ionosférické procesy, 2 x cca 1,5 r)	2 <sup>34</sup> – 4	.....	S/4 – 4 A	cirkatriennálny
7.	2 r.	<b>III</b>	2 A	sezónne ochorenia, reprodukčné, biochemické,
8. rok: sezónny cyklus	1 r.	<b>ROČNÉ</b>	A	fyziológické aktivity
9.	1/2 r.	„circannual“	A/2	pohybové aktivity
10.	3 – 4 m.	.....	A/4 – 4 M	
11.	2 m.	<b>IV</b>	2 M	menštruačný cyklus, cykly sekrecie hormónov- estrogény, testosterón, kortikosteroidy
12. synodická rotácia Slnka synodický Mesiac	1 m.	<b>MESAČNÉ</b>	M	cirkatrigintálny (~30±5 dni)
13. syziogiolunárny	1/2 m.	„circalunar“	M/2	cirkavigintálny (~21±3 dni)
14.	1/4 m – 4 d.	.....	M/4 – 4 D	cirkadisepťálny (~14±3 dni)
15.	2 d	<b>V</b>	2 D	cirkaseptálny (~7±3 dni)
16. deň: rotácia Zeme – lunárny deň 24,8 h.	1 d	<b>DENNÉ</b>	D	cirkasemiseptálny (~3,5 dňa) infradiálny (~28 h) cirkadiálny (~24±4 h) spánok-bdenie, telesná teplota, tlak krvi, produkcia hormónov
17. priliv-odliv 12,4 h	1/2 d	„circadian“	D/2	ultradiálny (<20 h)
18. oscilácie:	1/4 d – 6 h	.....	D/4 – 4 H	
19. (slu. povrch 160 min.)	3 h	<b>VI</b>	2 H	REM-NREM (BRAIN)
20. telurické	1 1/2 h	<b>HODINOVÉ</b>	H	
21. magnetické	3/4 h	„circahoral“	H/2	črevný tonus
22. seizmické	3/8 – 16 min.	.....	H/4 – 4 I	
23. magnetické	8 min.	<b>VII</b>	2 I	modulácia funkcií: psychických
24. seizmické	4 min.	<b>INFRAMINÚTOVÉ</b>	I	fyziológických
25. seizmické	2 min.	„inframinute“	I/2	(vazomotorických,
26. atmosferické	1 min.	.....	I/4 – 4 U	črevných peristaltika žalúdka
27. atmosferické	1/2 min.	<b>VIII</b>	2 U	
28. atmosferické	1/4 min.	<b>ULTRAMINÚTOVÉ</b>	U	
29. atmosferické	1/8 min.	„ultraminute“	U/2	TK, pracovné rytmy Hz
30. atmosferické	1/16 min. – 4 s.	.....	U/4 – 4 P	dýchanie dospelého 25
31. atmosferické	2 s.	<b>IX</b>	2 P	dýchanie dieťaťa 5
32. mikroseizmizmus atmosféricky:	1 s.	<b>SEKUNDOVÉ</b>	P	pulz: dospelý 1
33. typ III. 0,5 – 2 Hz	1/2 s.	„pulse“	P/2	pulz: dieťa, EEG delta 2
34. typ II. 2 – 6 Hz	1/4 – 0,4 s.	.....	P/4 – E	riasinky epitelii
35. typ I. 9-10 Hz	0,2 s.	<b>X</b>	2 E	EEG beta 5
36. geomagnetická aktivita	0,1	<b>DECISEKUNDOVÉ</b>	E	EEG alfa 10
37. geomagnetická aktivita	0,05 s.	„EEG“	E/2	mikrovibrácie
38. geomagnetická aktivita	25 ms	.....	E/4 – 4 A	EEG beta 20
39. geomagnetická aktivita	12,5 ms	<b>XI</b>	2 A	EEG gama 40
40. geomagnetická aktivita	6,25 ms	<b>MILISEKUNDOVÉ</b>	A	nervové
41. geomagnetická aktivita	3,13 ms	„neural s.p.“	N/2	akčné
42. geomagnetická aktivita	1,65-1 ms.	.....	N/4	potenciály

U človeka preto nachádzame rytmy veľmi širokého spektra s hierarchicky usporiadanou organizáciou. To znamená, že kým ultradiánne (krátkoperiodické, endogénne, stabilné) rytmy plnia dôležitú funkciu v samom organizme - umožňujú udržiavať harmonickú časovú organizáciu životne dôležitých funkcií organizmu, štyri cirkarytmy – okrem cirkadiánnych s periódou  $\sim 24 \pm 4$  hodiny, sú to cirkatidálne s periódou  $\sim 12,4$  hodiny, cirkalunárne s periódou  $\sim 30 \pm 5$  dní a cirkaanuálne s periódou 1 rok  $\pm 2$  mesiace (infradiánne, exogénne, adaptačné) plnia dôležitú funkciu zosúladenia organizmu s vonkajším prostredím - umožňujú organizmu rýchlo reagovať na neočakávané zmeny vonkajšieho prostredia. Ľudstvo počas svojho vývoja dospelo k presvedčeniu, že ak fyziologické funkcie v organizme prebiehajú v súlade s periodickými zmenami v prírode, človek si tak udrží dobrý zdravotný stav a zachováva si aj dobrú výkonnosť (fyzickú i psychickú).

Význam, podstata a využitie chronobiológie sú v súčasnosti nepopierateľné, o čom svedčia v posledných rokoch významné a výrazne vedecké pokroky na domácom a zahraničnom poli exaktnosti a poznania opierajúce sa aj o poznatky z minulosti, ktoré obohacujú so súčasnou vedou z oblastí biológie, astrológie, fyziky, lekárskeho vied, psychológie, nevynímajúc ani vedy o športe rozvoj a napredovanie biologických rytmov z hľadiska ich dopadu na súčasný život a zdravie človeka, využívajúc pritom odlišné metodické prístupy, ktorých primárna podstata sa opiera o porovnávanie časových zmien v rôzne sa meniacich podmienkach vonkajšieho prostredia.



- Agadžaňan, N.A. (1976). Chronobiologija i problema adaptacii. In Ljudi, prostranstvo i vremena. Moskva : Znanije, pp. 18–30.
- Agadžaňan, N.A., Gičev, J.P., Toršin, V.I. (1997). Ekologija čeloveka: Izbrannyje lekcie. Novosibiirsk.
- Agadžaňan, N.A., Gubin, L.G. (2004). Desinchronoz: mehanizmy razvitija – ot molekularno-geneticeskogo do organizmennogo urovňa // Uspexi fiziol. nauk, 35 (2):57-72.
- Ahlers, I. (1984). Vplyv faktorov kozmického letu na tkanivové lipidy potkanov. (S úvodom do chronobiológie). In *Lekárske práce, 21*. Bratislava : Veda, 1: 50-75.
- Arendt, J. (1998). Biologickal rhythms: the sciece of chronobiology. *J R Coll Physicians Lond.*, 32 1: 27-35.
- Arendt, J. (2006). Biological rhythms: the science of chronobiology. *Chronobiol Int.* 23(1-2):21-37.
- Aserinsky, E., Kleitman, N. (1953). Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant activity during sleep. *Science*, 118:273-274.
- Aschoff, J. (1960). Exogenous and Endogenous components in circadian rhythms. In *Biological clocks. Cold Spring Harbor symposia on Quantitaive Biology*, 25:27-55.
- Aschoff, J. (1974). Speech after dinner. Chronobiological aspect of endokrinology. *Chronobiology*, 1: 483-495.
- Aschoff, J. (1990). Sources of thoughts. From temperature regulation to rhythm research; *Chronobiol. Int.* 7: 179-186.
- Aschoff, J. (1991). Hufeland's interest in plant movements. *Chronobiology*, 18 (2-3):75-78.
- Aschoff, J. (1998). Hufeland's interest in plant movements. *J R Coll Physicians Lond.* 1998 Jan Feb;32(1):27-35.
- Aschoff, J., Wever, R. (1962). Spontanperiodik des menschen bei ausschluss aller zeitgeber. *Naturwissenschaften* 49:337-342.
- Berger, J. (1980). Biorytmy. *Biologické listy*, 45 (3):161-179.
- Berger, J. (1995). *Biorytmy: Tajemství vlastní budoucnosti*. 1. vyd. Praha – Litomišl : Paseka.

- Brunner, M., Simons, M.J., Merrow, M. (2008). Lego clocks: Building a clock from parts. *Genes Dev.* 22:1422–1426.
- Bünning, E. (1935). Zur Kenntnis der erblichen tagesperiodizität bei den primärblättern von *Phaseolus multiflorus*. *Jb wiss Bot*, 81:411–418.
- Bünning, E. (1936). Die endogene tagesrhythmik als Grundlage der photoperiodischen reaktion. *Berl Dtsch Bot Ges* 54:590–607.
- Bünning, E. (1963). Die physiologische Uhr. Berlin : Springer Verlag.
- Cornélissen, G., Halberg, F. (1994). Introduction to Chronobiology. *Medtronic Chronobiology Seminar*, 52 p. [<http://www.msi.umn.edu/~halberg/>]
- Cornélissen, G. et al. (2006). Stroke and other vascular disease prevention by chronomics. *Scripta Medica (Brno)* – 79 (3):141–146.
- Cornélissen, G., Halberg, F., Halberg, J., Schwartzkopff, O. (2013a). In memoriam Prof. Franz Halberg (1919–2013). *J Appl Biomed.* 11:251.
- Cornélissen, G., Halberg, F., Halberg, J., Schwartzkopff, O. (2013b). Franz Halberg, MD (5 July 1919–9 June 2013). *Appreciation Chronobiology International*, Early Online: 1–3.
- Cornélissen, G., Halberg, F., Halberg, J., Schwartzkopff, O. (2013c). Franz Halberg, MD (5 July 1919–9 June 2013)- *Appreciation Chronobiology International*, Early Online: 1–3.
- Cornélissen, G., Halberg, F., Halberg, J., Schwartzkopff, O. (2013d). In memoriam Prof. Franz Halberg (1919–2013). *J Appl Biomed.* 11:251.
- Cugini, P. (1993). Chronobiology – Principles and Methods, Medical Semeiology and Methodology. *Annali Instituto Superiore Samita*, 29:483–500.
- Červenková, S. (2008). Cirkadání rytmy živočichů. Brno : Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav experimentální biologie.
- Čiževskij, A.L. (1976). *Zemnoje echo solnečnych bur*. Moskva : Mysľ.
- Čiževskij, A.L. (1979). *Na prahu vesmíru*. Bratislava : Obzor.
- Dardente, H., Cermakian, N. (2007). Molecular circadian rhythms in central and peripheral clocks in mammals. *Chronobiol. Int.* 24:195–213.
- Daan, S. (2010). A History of Chronobiological Concepts. In: Albrecht, U. (Ed.). *The Circadian Clock*. Springer : New York, pp.1–35.  
[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-1262-6\\_1](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-1262-6_1)
- Davy, J. On the Temperature of Man. [https://archive.org/stream/jstor-108276/108276\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/jstor-108276/108276_djvu.txt)  
<http://about.jstor.org/participate-jstor/individuals/early-journal-content>

- De Haro, L., Panda, S. (2006). Systems Biology of Circadian Rhythms: An Outlook. *Journal of Biological Rhythms*, 21(6):507-518.
- De Mairan, J. (1729). *Observation botanique*. Histoire de L'Academie Royale des Sciences, 35-36.
- Dement, W.U., Kleitman, N. (1957). Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility, and dreaming. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 9:673-690.
- Dement, W.C. (2001). "Remembering Nathaniel Kleitman". *Archives Italiennes de Biologie*, 139 (1):11–17. Retrieved 6 March 2012.
- Den, L. (2013). Introduction to homeostasis.  
<http://www.lionden.com/homeostasis.htm>
- Eknoyan, G. (1999). Santorio Sanctorius (1561-1636) - founding father of metabolic balance studies. *Am J Nephrol*, 19(2):226-33.
- Forsgren, E. (1928). Mikroskopische untersuchungenüber die gallebildung in den leberzellen. *Zellforsch Mikr Anat* 6:647.
- Foster, R.G., Kreitzman, L. (2005). *Rhythms of life: The biological clocks that control the daily lives of every living thing*. New Haven: Yale University Press. 276 pp.
- Foster, R.G., Kreitzman, L. (2011). *Rhythms of life: The biological clocks that control the daily lives of every living thing*. Great Britain: Bookmarque Ltd, Croydon, Surrey. 469 pp.
- Gandini, C. (1776). *Gli elementi dell ARTE SFIGMICA*, Napoli: Gaetano Castellano.
- Glossary. (2013). <http://www.chronobiology.ch/glossary/> 2013 Centre for Chronobiology – UPK Basel (CH).
- Golombek, D.A., Ruth, E., Rosenstein, R.E. (2010). Physiology of Circadian Entrainment. *Physiol Rev*, 90 (3):1063-1102.
- Halberg, F. (1959). Physiologic 24 hour periodicity; general and procedural considerations with reference to the adrenal cycle; *Z. Vitam. Homl. Fermentforsch*, 10:225-296.
- Halberg, F. (1969). Chronobiologie. *Ann. Rev. Physiol.*, 31:675-725.
- Halberg, F. (2006). International Group: Chronobiology's progress: Part I, season's appreciations 2004-2005. Time, frequency, phase, variable, individual, age- and site-specific chronomics. *J. Applied Biomedicine*, 4:1-38.
- Halberg, F. (2011). Glossary. *Scholarpedia*, 6(3):3008.

- Halberg, F. et al. (1965). Spectral resolution of low-frequency, small-amplitude rhythms in excreted 17-ketosteroid; probable androgen induced circaseptan desynchronization. *Acta endocrinol (Kbh)*, Suppl 103:5-54.
- Halberg, F. et al. (1974). Rythmes circaseptidiens – environ 7 jours – synchronisés ou non avec la semaine sociale. *CR Acad Sci (Paris)*, 278:2675-2678.
- Halberg, F., Carandente, F., Cornelissen, G., Katinas, G.S. (1977). Glossary of chronobiology. *Chronobiologia*, 4 [Suppl. 1], 189 pp).
- Halberg, F. et al. (1986). *Chronobiology a science in tune with the rhythms of life*. Mineapolis : Bakken.
- Halberg, F., Siutkina, E.V., Cornelissen G. (1998). Chronomes render predictable the otherwise-neglected human "physiological range": position paper of the BIOCOS project. *BIOsphere and the COSmos, Fiziol Cheloveka*, 24(4):14-21.
- Halberg, F., Cornelissen, G., Katinas, G. et al. (2003). Transdisciplinary unifying implications of circadian findings in the 1950s. *J Circadian Rhythms*. 1:2. 61. [www.JCircadianRhythms.com/content/pdf/1740-3391-1-2.pdf](http://www.JCircadianRhythms.com/content/pdf/1740-3391-1-2.pdf).
- Halberg, F., Cornelissen, G., Siegelová, J., Homolka, P. (2004). Chronoastrobiology: proposal, nine conferences, heliogeomagnetism, transyear, near-weeks, near-decades, phylogenetic and ontogenetic memories. *Biomed&Pharmacother*, 58:150-187.
- Halberg, F. et al. (2006). Chronobiology's progress. Part II, chronomics for an immediately applicable biomedicine. *J. Appl. Biomed.* 4:73–86.
- Halberg, F. et al. (2007). Chronomics and Genetics. *Skripta medica (Brno)*, 80(4):133-150.
- Halberg, F., Cornelissen, G., Katinas, G. et al. (2012). Many rhythms are control information for whatever we do: An autobiography. *Folia Anthropologica*. 12:5–134.  
<http://tk.nyme.hu/blgi/Knyvek%20kiadvnyok/FOLIA%20ANTHROPOLOGICA/foia12.pdf>
- Hastings, M.H., Maywood, E.S., Reddy, A.B. (2008). Two decades of circadian time. *J. Neuroendocrinol.* 20:812–819.
- Haus, E. et al. (1973). Circadian rhythmometry of mammalian radiosensitivity. In Tobias, A. – Todd, P.: *Space radiation biology*. New York : Academic Press.

- Hejl, Z. (1989). Periodická soustava biorytmu člověka. [Přednáška] Praha : ČSAV-ČBS.
- Hejl, Z., Pochobradský, J., Vitek, L. (1990). Spektrum, of human physiological periodities. Biorhythms in clinical medicine. Bratislava : LF UK.
- Hildebrandt, G., Bandt-Reges, I. (1992). Chronobiologie in der Naturheilkunde: Grundlagen der Circaseptanperiodik. Heidelberg : Haug Verlag.
- Holmgren, H., Möllerström, J., Swensson, A. (eds). (1953). Verhandlungen der vierten Konferenz der Internationalen Gesellschaft für Biologische Rhythmus-Forschung, Hamburg 1949. Stockholm: Sveska Tryckeraktiebolaget.
- Homolka, P. et al. (2010). Monitorování krevního tlaku v klinické praxi a biologické rytmy. Praha : Grada.
- Chandrashekar, M.K. (1998). Biological rhythms research: A personal account. J Biosci 23:545-555.
- Chorvát, D. (1998). Biorytmy a synchronizácia. In Biofyzika. Bratislava : UK.
- Ibarra, R. (2010). Biological Rhythms and the Periodicity of Chronic Diseases. <http://hpathy.com/homeopathy-papers/biological-rhythms-and-the-periodicity-of-chronic-diseases/> 21.6.2010.
- Illnerová, H., Sumová, A. (2008). Vnitřní časový systém. Interní Med. 10(7-8): 350-352.
- Jagodinskij, V.N. (1987). Aleksandr Leonidovič Čiževskij : 1897-1964. Moskva : Nauka.
- Jančoková, E. (2000). Biorytmy v športe (S úvodom do chronobiológie). Banská Bystrica : FHV UMB.
- Jančoková, E. et al. (2011). Chronobiológia a výkonnosť v športe. Banská Bystrica : UMB.
- Komarov, F.I., Rapoport, S.I. (2000). Chronobiologičeskije aspekty prirody i charaktera vozdejstvija magnitnych bur na funkional'noje sostojanije organizma. Chronobiolokja i chronomedicina. Moskva.
- Koukkari, W.L., Sothorn, R.B. (2006). The study of biological rhythms. In W. Koukkari & R. N. Southern (Eds.), *Introducing biological rhythms* (pp. 1-18). New York: Springer Netherlands.
- Kuhlman, S.J., Mackey, S.R., Duffy, J.F. (2007). Introductory Workshop: Chronobiology concepts Nomenclature. In 72nd Cold Spring Harbor Laboratories Symposium: Clocks & Rhythms.



- Kuznetsov, S.A. et al. (1978). Bioritmy i sportivnaja dejatel'nost'. Kišinev : Štiinca.
- Lee, S., Brown, G.E. (2007). "Hans Albrecht Bethe. 2 July 1906 -6 March 2005: Elected ForMemRS 1957". Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, 53:1.
- Lemmer, B. (2006). The importance of circadian rhythms on drug response in hypertension and coronary heart disease—from mice and man. *Pharmacol. Ther.* 111:629-651.
- Lemmer, B. (2009). Discoveries of Rhythms in Human Biological Functions: A Historical Review. *Chronobiology International*, 26(6):1019-1068.
- Lemmer, B., Portaluppi, F. (1997). Chronopharmacology of cardiovascular diseases. In Redfern PH, Lemmer, B (eds.). *Physiology and pharmacology of biological rhythms*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 251-297.
- Levi, F. (2006). Biological rhythms and cancer processes. 4th Postgraduate Educational Course of Chronobiology and Chronomedicine. *Medical Chronobiology and its Applications*. Nevsehir, Turkey.
- Marduel, M.A. (2006). Claude Bernard, un physiologiste natif du Beaujolais, sa famille, sa vie, son oeuvre. [www: <http://marduel.com/dossiers/claude-bernard.pdf>](http://marduel.com/dossiers/claude-bernard.pdf) [27.11. 2011].
- Mehling, A., Fluhr, J.W. (2006). Chronobiology: biological clocks and rhythms of the skin. *Skin Pharmacol Physiol.* 19(4):182-9.
- Menaker, M. (2007). Circadian clocks: 50 years on. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.* 72:655-659.
- Menzel, W., Möllerström, J., Petren T (eds). (1955). *Verhandlungen der vierten Konferenz der Internationalen Gesellschaft für Biologische Rhythmus-Forschung*, Basel 1953. Stockholm: AB Tryckmans.
- Michael, R.M. (2011). *A Handbook of Sports Chronobiology*. Cyber Tech Publications. 312 p.
- Mikeska, J., Petrásek, R. (1973). Biologické rytmy. *Čs. fyziologie*, 22 (4): 329-336.
- Minors, O.S., Waterhouse, J.M. (1986). Circadian rhythms and their mechanisms. *Experientia*, 42:1-108.
- Mletzko, H.G., Mletzko, I. (1985). *Biorhythmik*. A. Ziemsen Verlag. - Wittenberg - Luther - Stadt.

- Moore, R.Y., Eichler, V.B. (1976). Central neural mechanisms in diurnal rhythm regulation and neuroendocrine responses to light. *Psychoneuroendocrinology*, 1:265-279.
- Moore-Ede, M.C. (1983). The circadian timing system in mammals: two pacemakers preside over many secondary oscillators. *Fed. Proc.* 42:2802-2808.
- Moore-Ede, M.C., Sulzman, F.M., Fuller, C.A. (1982). *The Clocks that Time Us. Physiology of the Circadian Timing System.* Cambridge, MA, London : Harvard University Press. pp 30-112.
- Mosso, U. (1887). Recherches sur l'inversion des oscillations diurnes de la température chez l'homme normal. *Archives Italiennes de Biologie*, 8:177-185.
- Nelson, W., Tong, Y., Lee, J.K., Halberg, F. (1979). Methods for cosinor-rhythmometry. *Chronobiology*, 6:305-323.
- Nevšimalová, S., Illnerová, H. (2007). Poruchy cirkadiálního rytmu. In *Poruchy spánku a bdění.* Praha : Galén, pp. 191-206.
- Pennisi, E. (1997). Haeckel's embryos: fraud rediscovered. *Science* 277:1435.
- Pfeffer, W. (1875). *Die periodischen Bewegungen der Blattoorgane.* Leipzig, Verlag von W. Engelmann. 176 pp.
- Pittendrigh, C.S. (1960). Circadian rhythms and circadian organization of living systems. *Cold Spring Harbor Symposia of Quantitative Biology*, 25:159 - 182.
- Pittendrigh, C.S., Harold, A.M. (1993). Temporal Organization: Reflections of a Darwinian Clock Watcher". *Annual Review of Physiology*, 55 (21):17-54. [http://www.ifc.unam.mx/pages/curso\\_ritmos/capitulo1/1-5-Pitt'93.pdf](http://www.ifc.unam.mx/pages/curso_ritmos/capitulo1/1-5-Pitt'93.pdf). [27.11.2011].
- Portaluppi, F., Hermida, R.C. (2007). Circadian rhythms in cardiac arrhythmias and opportunities for their chronotherapy. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 59:940-951.
- Poupa, O. (1961). Život Clauda Bernarda. In *Claude Bernard, život a dílo.* Praha : Státní zdravotnické nakladatelství.
- Postolache, T.T. (2005). *Sports Chronobiology.* Saunders.
- Rapoport, S.I., Frolova, B.A., Xetagurovoj, L.G. (2012). *Chronobiologija i chronomedicina.* Moskva : OOO „medicinskoe informacionnoe agentstvo.
- Reilly, T., Waterhouse, J. (2009). Chronobiology and exercise. *Med Sport*, 13 (1):54-60.

- Reinberg, A. (1998). *Le temps humain et les rythmes biologiques*, Paris, Ed. du Rocher.
- Reinberg, A. (2005). *Nos horloges biologiques sont-elles à l'heure ?* Paris: Le Pommier.
- Reinberg, A., Ashkenazi, I. (2003). Concepts in human biological rhythms. *Dialogues Clin Neurosci*, 5(4):327–342.
- Reinberg, A., Smolensky, M.N. (1983). *Introduction to Chronobiology. Biological rhythms and Medicine*. New York : Berlín : Heidelberg : Tokio : Springer-Verlag, pp. 1-21.
- Reinberg, A.E., Lewy, H., Smolensky M. (2001). The birth of chronobiology: Julien Joseph Virey 1814. *Chronobiol. Int.* 18:173–186.
- Roenneberg, T., Merrow, M. (2005). Circadian clocks: the fall and rise of physiology. *Nat Rev Mol Cell Biol* 6:965–971.
- Roenneberg, T., Chua, E.J., Bernardo, R., Mendoza, E. (2008). Modelling biological rhythms. *Curr. Biol.* 18:826–835.
- Romanov, J.A. (1980). Vremennaja organizacija biologičeskich sistem kak princip biologičeskoj organizacii. In *Problemy kosmičeskoj biologii. Biologičeskie ritmy*. Tom: 41. Moskva : Nauka, pp. 10-38.
- Sanctorius, S. (1631). *De inventione remediorum*. Geneva: Petrum Aubertum.
- Sanctorius, S. (1664). *De statica medicina. Et de responsione ad stiomasticem ars*, Adrian Vlaque, Den Hagae.
- Sedláček, J. (1999). Biorytmy. In Trojan, S. et al.: *Lékařská fyziologie*. Praha : GRADA Publishing, pp. 521-528.
- Scheving, L.E., Halberg, F., Pauly, J.E. (1974). *Chronobiology*. Georg Thieme Publishers, Stuttgart.
- Schreiber, V. (2005). Dvě stopadesátiletá výročí: Claude Bernardovo vnitřní prostředí a Addisonova nemoc. *Čas. Lék. čes.* 144: 495-496.
- Singh, R.K. (2009). Chronomics and chronobiology in health and disease. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 24 (4) 319-323.
- Skočovský, K.D. (2004). Chronopsychologie: Výzkum rytmicity v lidském chování a prožívání. *Československá psychologie*, 48(1):69-83.
- Sollberger, A. (1965). *Biological rhythm research*. Elsevier Publ. Co., Amsterdam, London and New York, pp. 461.
- Šapošnikova, V.I., Tajmazov, V.A. (2005). *Chronobiologija i sport*. Moskva : Sovetskij sport.

- Štulrajter, V. (1995). Biorytmus. In Sýkora, F. et al.: Telesná výchova a šport : Terminologický a výkladový slovník. Bratislava : FF UK, pp. 45-46.
- Švorc, P., Bračoková, I., Švorcová, E. (2008). Chronobiológia a praktická medicína. Československá fyziológia, 1:4-9.
- Takahashi, J.S., Hong, H.K., Ko, CH., McDearmon, E.L. (2008). The genetics of mammalian circadian order and disorder: Implications for physiology and disease. Nat. Rev. Genet. 9:764–775.
- Trojan, S. et al. (2003). Lékařská fyziologie. 4. prep. a dopl. vyd. Praha : Grada.
- Vávrová, Z. (2013). Circadian preferences in relation to personality. Olomouc : FF, katedra psychológie, 107 pp.
- Vvedenskij, N.J. (1953). Vzruch, útlm a narkóza. Bratislava : SAV.
- Vernadskij, V.I. (1997). The Biosphere. Copernicus, Springer Verlag.  
<http://gazovic.blog.sme.sk/c/283764/Biosfera-VI-Vernadskeho-zivot-voda.html#ixzz2kBTaJKYw>
- Záborská, M. (2013). Prírodné hodiny. [www.sazp.sk/public/index/open\\_file.php?file=CPEP/EV/SISKA/2013/](http://www.sazp.sk/public/index/open_file.php?file=CPEP/EV/SISKA/2013/).
- Zaguskin, S.L. (2010). Ritmy kletki i zdorovie človeka. Rostov na Donu : JUFU.
- Zeman, M. (2006a). Čo sú a načo sú nám biologické hodiny. [http://www.uniba.sk/fileadmin/user\\_upload/editors/subory/veda/prof\\_prednasky/prof\\_prednaska\\_Zeman.pdf](http://www.uniba.sk/fileadmin/user_upload/editors/subory/veda/prof_prednasky/prof_prednaska_Zeman.pdf)
- Zeman, M. (2006b). Čas v nás: Biologické rytmy, mechanizmy ich generovania a dôsledky na fyziologické funkcie.  
[http://www.naturaoz.org/seminare\\_files/Zeman\\_Michal.pdf](http://www.naturaoz.org/seminare_files/Zeman_Michal.pdf)
- Zeman, M. et al. (2013). Mechanizmy svetelnej synchronizácie cirkadiálnych rytmov z hľadiska cirkadiálnej fotometrie. 89. Fyziologické dny 2013 - zborník abstraktů. Praha : FALON, pp. 71–211.

#### **Internetové zdroje**

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Jacques\\_d'Ortous\\_de\\_Mairan/2011/11/27/](http://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Jacques_d'Ortous_de_Mairan/2011/11/27/)
- <http://www.answers.com/topic/sanctorius-1#ixzz2jbGIZ6KX>
- <http://blogs.scientificamerican.com/a-blog-around-the-clock/2012/02/24/carolus-linnaeus-floral-clocks/>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Walter\\_Bradford\\_Cannon](http://en.wikipedia.org/wiki/Walter_Bradford_Cannon) (3.11.2013)
- <http://sk.wikipedia.org/wiki/Aristoteles> (3.11.2013)
- [http://cs.wikipedia.org/wiki/Miroslav\\_Mikuleck%C3%BD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Miroslav_Mikuleck%C3%BD) (3.11.2013)

## 2 Biologické rytmy a nervovo-svalová výkonnosť človeka

*Milan Sedliak*

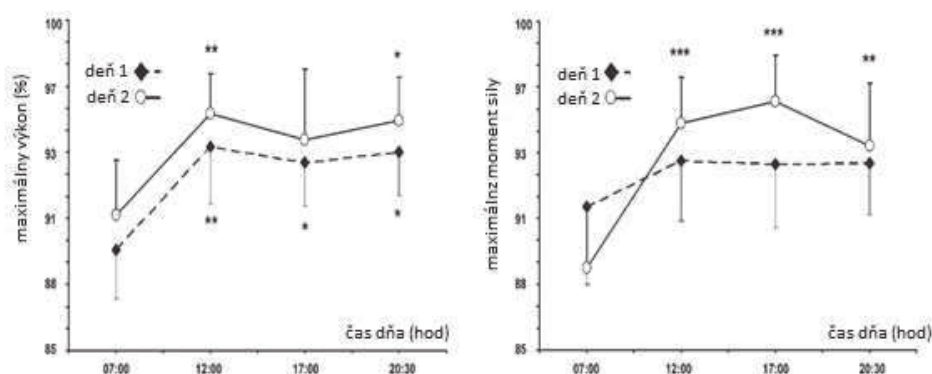
Denné kolísanie mnohých biochemických, metabolických a behaviorálnych procesov je fundamentálnou súčasťou fyziológie človeka. Nie je preto prekvapujúce, že mnohé parametre fyzickej výkonnosti kolíšu v priebehu dňa. Pojem „diurnálny“, často použitý v rámci tejto kapitoly, zodpovedá svetelnej fáze dňa, naproti tomu pojem „nokturnálny“ znamená „nočný“. Drvivá väčšina doteraz publikovaných vedeckých štúdií sledovala diurnálne zmeny rôznych parametrov výkonnosti, čiže ich kolísanie v svetelnej časti 24 hodinového dňa.

Je známe, že mnohé fyziologické parametre súvisiace s fyzickou výkonnosťou človeka (napr. spotreba kyslíka, pulzová frekvencia, krvný tlak) kolíšu v priebehu dňa tak v pokoji, ako aj pri zaťažení. Diurnálne zmeny boli zistené aj pre niektoré konkrétne pohybové úlohy, napríklad skok do diaľky z miesta, presnosť a rýchlosť tenisového podania alebo plavecký výkon (Winget et al., 1985; Reilly a Down, 1992; Atkinson a Speirs, 1998; Kline et al., 2007).

Je dôležité zdôrazniť, že by bolo nesprávne hovoriť o jednom rytme pohybovej výkonnosti. Napríklad v článku pozostávajúcom z dvoch experimentov zameraných na všeobecné a pre futbal špecifické schopnosti a zručnosti, zistili Reilly a kolektív (2007), že bdelosť a rýchlosť vedenia lopty a odolnosť voči únave bola najvyššia o 20:00 hod., zatiaľ čo výkon v ostatných futbalových zručnostiach bol najlepší o 16:00 hod. Iné zručnosti, náročné na koordináciu, posturálnu kontrolu a mentálnu zložku vrcholia v skoršej fáze dňa. Ako príklad môže slúžiť presnosť prvého podania v tenise (Atkinson a Speirs, 1998). V tej istej štúdii sa však zároveň zistilo, že rýchlosť prvého podania bola najvyššia o 18:00 v porovnaní s 09:00 a 14:00 hod. (Atkinson a Speirs, 1998).

## 2.1 Diurnálne kolísanie svalovej sily a výkonu

Aj svalová sila a výkon majú typický diurnálny rytmus s najnižšími hodnotami skoro ráno a vrcholom v neskoršej fáze dňa, najčastejšie v poobedných hodinách. Takýto priebeh vôľovej, ale aj elektricky evokovanej maximálnej sily a výkonu bol opakovane zistený tak v dynamických, ako aj izometrických testoch pri teplote vzduchu 17-23 °C (Coldwells et al., 1994; Gauthier et al., 1996; Deschenes et al., 1998; Callard et al., 2000; Castaingts et al., 2004; Drust et al., 2005; Giacomoni et al., 2005; Guette et al., 2005a; Nicolas et al., 2005; Sedliak et al., 2008; Araujo et al., 2011; Mora-Rodriguez et al., 2012 – obrázok 2.1). Aj unaviteľnosť svalu sa javí vyššia v poobedných hodinách v porovnaní s rannými (obrázok 2.2, Nicolas et al., 2005).



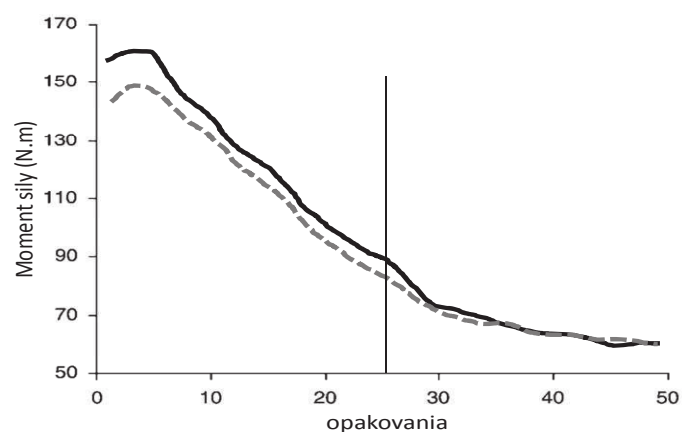
Obrázok 2.1 Zmeny v maximálnom mechanickom výkone pri výskoku z drepu so 60 % z jednorazového maxima (panel vľavo) v maximálnej izometrickej extenzii v kolennom kĺbe (panel vpravo) merané v priebehu dvoch po sebe idúcich testovacích dňoch. \* - štatisticky významne vyššie hodnoty v porovnaní s hodnotami nameranými o 07:00 hod. \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ , \*\*\* =  $p < 0,001$

Rozdiely medzi rannými a najlepšimi dennými hodnotami v maximálnej svalovej sile boli v rozpätí 5 až 21 % (Coldwells et al., 1994; Guette et al., 2005a). Aj spodná hranica tohto diurnálneho rozdielu je dostatočné

významná nielen pre výkonnostný šport, ale aj iné aktivity človeka vyžadujúce maximálnu alebo vysokú produkciu sily. Napríklad seniори postihnutí sarko - a dynapéniou musia v prípade zakopnutia alebo inej straty rovnováhy generovať korekčné pohyby maximálnym úsilím. Ak je hypoteticky ich úroveň sily na hranici pre zabránenie pádu v priebehu dňa, ďalší 5 až 10 % pokles v ranných hodinách môže znamenať pokles pod kritickú hranicu a následnú neschopnosť zabrániť prípadnému pádu.

Je dôležité si uvedomiť, že všetky hore uvedené štúdie boli robené na mužoch. Z mála prác na ženách sa zatiaľ javí, že ich diurnálny rytmus v maximálnej sile a výkone má menšiu amplitúdu v porovnaní s mužmi, respektíve je porovnateľný s mužmi len ak je sval dodatočne stimulovaný elektricky (Phillips, 1994; Giacomoni et al., 2005). Navyše kolísanie sily a výkonu je v priebehu menštruačného cyklu väčšie ako ich denné kolísanie (Bambaeichi et al., 2004). Je evidentné, že je potrebných viac vedeckých štúdií na ženách rôzneho veku, zameraných na denné kolísanie maximálnej nervovo-svalovej výkonnosti.

Z uvedeného vyplýva, že konkrétna fáza dňa, v ktorej nejaký parameter výkonnosti dosahuje maximum, môže závisieť od jeho kondičnej, koordinačnej alebo psychologickkej náročnosti. V každom prípade však doteraz nebol zistený jediný parameter ovplyvňujúci maximálnu nervovo-svalovú výkonnosť, ktorého maximum by sa nachádzalo v ranných hodinách (medzi 06:00 - 09:00 hodinou). Tento čas dňa sa naopak javí ako výkonnostné minimum, minimálne v prípade, že sú probandi testovaní len v priebehu svetelnej fázy dňa. Pojem „*ranný výkonnostný deficit*“ môže byť preto používaný na pomenovanie fenoménu zníženej rannej výkonnosti v diurnálnom cykle dňa. Teoreticky sa však skutočné 24-hodinové minimum môže nachádzať v priebehu noci, ako bude ukázané v ďalšej časti tejto kapitoly.



Obrázok 2.2 Zmeny priemerných hodnôt svalového momentu sily v priebehu opakovaných extenzií v kolennom kĺbe pri uhlovej rýchlosti  $2.09 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$  o 06:00 hod. (prerušovaná čiara) a 18:00 hod. (celá čiara). Horizontálna čiara oddeľuje štatisticky významné (vľavo) od nevýznamných rozdielov medzi 06:00 a 18:00 hodinou (upravené podľa Nicolasa et al., 2005)

## 2.2 Mechanizmy diurnálneho rytmu svalovej sily

Napriek dobre zdokumentovanému priebehu diurnálneho rytmu svalovej sily a výkonu ostávajú mechanizmy jeho pôvodu nedostatočne objasnené. Americkí autori publikovali prehľadový článok, v ktorom naznačili, že diurnálny rytmus pohybovej výkonnosti by v skutočnosti mohol byť výsledkom rôznych artefaktov, spôsobených striedaním spánku a aktivity v priebehu dňa a noci (Youngstedt a O'Connor, 1994). Medzi možné artefakty zaradili rozdiely v príjme potravy, pospánkovej inercii, kĺbovej ohybnosti, trvaním stavu bdlosti pred zaťažením, telesnej teploty a teploty okolia, alebo rozdiely v motivácii. Odvtedy bolo publikovaných niekoľko vedeckých štúdií, ktoré skúmali vplyv týchto artefaktov na diurnálny rytmus sily.



Je známe, že telesná teplota je nižšia a svalová tuhosť je vyššia v ranných hodinách než v neskoršej fáze dňa (Onambele-Pearson a Pearson, 2007; Edwards et al., 2013). Dôkladné aktívne alebo pasívne rozohriate a rozcvičenie by preto teoreticky mohlo zlepšiť alebo úplne odstrániť ranný výkonnostný deficit. Niekoľko experimentov testovalo túto hypotézu. V jednej štúdií bolo porovnané 5- a 15-minútové aktívne rozcvičenie. Dlhšie 15-minútové rozcvičenie síce dokázalo o niečo zmenšiť, ale nie odstrániť ranný výkonnostný deficit vo Wingate teste na bicyklovom ergometri. Aj po 15-minútovom rozcvičení boli rozdiely medzi ránom a poobedím štatisticky významné. Iná štúdia použila ešte sofistikovanejší experimentálny dizajn, v ktorom bola manipulovaná tak teplota telesného jadra, ako aj vnútro svalová teplota buď aktívnym alebo pasívnym celotelovým zohriatím (Edwards et al., 2013). Bola to zároveň prvá štúdia, kde merali vnútro svalovú teplotu. Výsledkom bolo, že napriek zvýšeniu teploty telesného jadra a svalov na poobedné hodnoty ostala ranná hodnota maximálnej sily stisku ruky a sila vystieračov kolenného kĺbu nižšia. Racinais et al. (2005) publikovali protichodné zistenia. Diurnálne zmeny v svalovej sile boli významné len pri teplote okolitého prostredia 20,5°C. Naopak, pri teplote prostredia 29,5°C neboli denné rozdiely v svalovom výkone významné.

Ďalším menovaným faktorom pôsobiacim ako možný artefakt bola motivácia (Youngstedt a O'Connor, 1999). Jedným z možných experimentálnych prístupov na nepriame posúdenie motivácie pri maximálnej vôľovej svalovej kontrakcii je súčasné stimulovanie svalov supramaximálnymi elektrickými stimulmi. Týmto postupom sa dá kvantifikovať, o koľko sa svalová sila zvýši. Ak by sa teoreticky svalová sila po impulze nezvýšila, vôľová aktivácia, a tým aj motivácia sú maximálne. Giacomoni et al. (2005) zistili štatisticky významné kolísanie v svalovej sile len s elektrickou stimuláciou. To by mohlo znamenať, že motivácia síce skresľuje namerané výsledky, ale v tomto prípade by to bol skôr dôkaz pre existenciu diurnálneho rytmu v sile. Ak by sa totiž faktor

motivácie odstránil, diurnálny rytmus by bol významný (Giacomoni et al., 2005).

Na základe doteraz publikovaných prác je možné konštatovať, že diurnálny rytmus v sile nie je spôsobený len vyššie spomenutými artefaktmi. Na druhej strane existujú práce ukazujúce, že testovanie diurnálneho rytmu svalovej sily a výkonu môže byť negatívne ovplyvnené niektorými ďalšími faktormi.

Z výsledkov série experimentov pochádzajúcich z našich laboratórií sa javí, že diurnálny rytmus maximálnej sily a výkonu môže byť skreslený napríklad anticipačným psychickým stresom, učením a/alebo zlepšenou vnútro- a medzi-svalovou koordináciou, a to aj v prípade, že meraniam predchádza dôkladné zacvičenie probandov. V jednej zo štúdií bol testovaný maximálny výkon v teste výskoku z drepu so záťažou netrénovaných ľudí a ľudí po 10-týždňovom tréningu zahŕňajúcom výskoky z drepu (Sedliak et al., 2008). Výskok z drepu so záťažou je viacklbový pohyb, náročný na správnu medzisvalovú koordináciu v krátkom časovom úseku pri maximálnom úsilí. Netrénovaní jedinci mali menšie rozdiely medzi denným maximom a minimom (~4 %) v porovnaní s jedincami po niekoľkotýždňovom technickom tréningu (8 %), čo evokuje možnosť skreslenia meraných údajov technickou vyspelosťou probandov v teste. Vplyv zlepšenia techniky opakovanými meraniami v priebehu jedného alebo dvoch dní na merané parametre bol potvrdený aj v neskoršej štúdií (Sedliak et al., 2011). Probandi boli testovaní o 08:00, 12:00, 16:00 a 20:00 hod., pričom každý proband začínal s testovaním v jednom z týchto štyroch časov náhodným rozdelením. Testovala sa výbušná sila dolných končatín v sede na dynamometri leg-pressového typu s 50 % z jednorazového maxima (1-RM). Cvičenie na leg-presse v sede s oporou chrbta je koordináčne o niečo menej náročné v porovnaní s výskokom z drepu vzhľadom na odstránenie nutnosti udržiavania rovnováhy a produkcie sily po optimálnej dráhe. V súlade s očakávaniami bol zistený

štatisticky významný denný rytmus s 8 % priemerným rozdielom medzi ranným výkonom a najlepším denným výkonom. Navyše sa ale ukázal vplyv poradia testu, keď najlepší výkon bol najčastejšie dosiahnutý v treťom alebo štvrtom opakovanom meraní (14 probandov z celkového počtu 17). Najhorší výkon bol naopak dosiahnutý ráno (8 probandov) alebo v poradí prvom teste (10 probandov) zahŕňajúcich 3, ktorých prvým testom bolo ranné meranie o 08:00 hod. Je zjavné, že učenie, zlepšená vnútro- a medzi-svalová koordinácia a/alebo úroveň technickej trénovanosti môžu významne ovplyvňovať výsledky pri opakovaných testovaniach výbušnej sily v dynamických podmienkach. V prípade podobných testov je preto vhodné uvažovať o krátkom tréningovom období zameranom na technicky správne zvládnutie daného pohybu.

Aj psychické faktory môžu ovplyvniť priebeh denných zmien svalovej sily a výkonu. Ako príklad možno uviesť vyššiu úroveň maximálnej izometrickej sily dolných končatín meranej ráno v prvom testovacom dni v porovnaní s rannými hodnotami v identickom teste na nasledujúci testovací deň (Sedliak et al., 2008). Podobne boli zvýšené aj pokojové ranné koncentrácie kortizolu na prvý testovací deň v porovnaní s nasledujúcim ránom (Sedliak et al., 2007). Anticipačný psychický stres navodený očakávaním predtým nevyskúšaného cvičenia zvýšil pokojové hladiny kortizolu hodinu pred začiatkom cvičenia, ale tento efekt stresu už nebol zistiteľný pred druhým kolom cvičenia (Mason et al., 1973). Anticipačný psychický stres pravdepodobne okrem kortizolu zvyšuje aj hladiny katecholamínov, ktoré následne môžu zvýšiť maximálnu svalovú silu (French et al., 2007). Zvýšené hladiny cirkulujúcich katecholamínov, napríklad adrenalínu, vplyvom psychického stresu a/alebo iných faktorov v ranných hodinách môžu čiastočne zvýšiť maximálnu silu a tým znížiť ranný výkonnostný deficit. Táto hypotéza bola čiastočne potvrdená španielskou štúdiou, kde bol probandom podaný kofeín (Mora-Rodriguez et al., 2012). Kofeín užitý v ranných hodinách spôsobil štatisticky významné zvýšenie nielen katecholamínov v krvi, ale aj svalovej sily na úroveň

poobedných hodnôt. Tu však treba zdôrazniť, že „ranný“ test bol uskutočnený medzi 10:00 – 11:30 hod., takže ostáva otázne, či by mal kofeín podobný efekt aj v skorších ranných hodinách, napríklad medzi 07:00 – 09:00 hod.

Vedecké dôkazy o tom, že ranný výkonnostný deficit nie je len artefaktom spôsobeným napr. vyššou rannou svalovou tuhosťou a nedostatočným rozvičením alebo krátkym časovým odstupom od prebudenia v porovnaní s neskoršou fázou dňa sú pomerne presvedčivé. Vyvstáva však iná zásadná otázka. Je denný rytmus svalovej sily a výkonu aspoň čiastočne endogénneho pôvodu? Na túto otázku nemožno odpovedať na základe vyššie uvedených vedeckých štúdií vzhľadom na ich metodiku. Väčšina z nich použila protokol nazvaný ako “cyklický latinský štvorec” (Folkard a Monk, 1980). V tomto protokole sa čas dňa prvého testovania medzi probandmi líši. Ak je napríklad naplánované testovanie v ranných, obedných a večerných hodinách, probandi sa náhodne rozdelia do troch rovnakých skupín. Prvá skupina začína ranným testom, druhá obedným a tretia večerným. Zároveň by mali byť po sebe nasledujúce testovania oddelené aspoň ôsmymi hodinami, aby sa predišlo prípadnej únave z opakovaných meraní. Probandi zvyčajne neostávajú v laboratóriu medzi meraniami ani v priebehu noci. Pri takomto protokole sú údaje, ktoré by mali reprezentovať jednu diurnálnu periódu, zozbierané v priebehu niekoľkých po sebe idúcich dní a môžu byť ovplyvnené prirodzenou medzidennou variabilitou (Gleeson a Mercer, 1992). Iný, často používaný protokol, sú opakované merania v priebehu jedného dňa, alebo celého 24 hodinového cyklu (Gauthier et al., 1996, 1997; Callard et al., 2000). Intervaly medzi meraniami sú preto kratšie ako pri “cyklickom latinskom štvorci”, napríklad Gauthier et al. (1997) merali šesťkrát v priebehu dňa s 3-hodinovými intervalmi odpočinku. V niektorých našich experimentoch boli použité 4-hodinové intervaly odpočinku a zároveň boli probandi testovaní v priebehu dvoch po sebe idúcich dní, bez testovania v nočných hodinách (Sedliak et al., 2008). Spolu absolvovali osem meraní maximálnej

svalovej sily a výkonu, každé v trvaní približne 45 minút aj s rozcvičením. Na tomto mieste treba zdôrazniť, že ani pri tomto protokole nebol zistený vplyv únavy z opakovaných meraní. Každý z hore uvedených meraní má ale niekoľko metodologických nedostatkov. Okrem niekoľko mála výnimiek, kde autori testovali aj v priebehu noci (napr. Giacomoni et al., 2005; Araujo et al., 2011), väčšina prác zisťovala zmeny vo výkonnosti len počas prirodzeného času bdenia. Navyše ani v jednej zo štúdií neboli ľudia oddelení od prirodzených signálov z prostredia, schopných ovplyvňovať vnútorné biologické hodiny na molekulárnej úrovni, akými sú napríklad svetlo, pravidelný príjem potravy alebo sociálne kontakty s inými ľuďmi. Prítomnosť týchto environmentálnych a sociálnych „zeitgeberov“, alebo inými slovami synchronizátorov znemožňuje metodologicky rozlíšiť medzi vnútornou a vonkajšou, prostredím ovplyvnenou zložkou vybraného denného rytmu. Tým endogénny pôvod denného rytmu nemožno s určitosťou potvrdiť.

V chronobiológii existuje niekoľko laboratórnych protokolov určených na overenie endogénneho, geneticky podmieneného pôvodu denného rytmu vybraného parametra. Ich spoločným menovateľom je snaha o štandardizáciu alebo maximálnu redukciu vplyvu vonkajších faktorov na priebeh rytmu, napríklad energetického príjmu, fyzickej aktivity, zmien polohy tela, spánku alebo teploty prostredia a svetelných podmienok (Kline et al., 2007). Ako bolo uvedené vyššie, mnohé z týchto faktorov majú schopnosť maskovať vonkajší priebeh rytmu a/alebo dokonca ovplyvňovať časovanie a trvanie periódy na molekulárnej úrovni. Na ľuďoch bolo použitých niekoľko typov protokolov – protokol voľne bežiaceho rytmu (free running) (Kleitman, 1963), „constant routine“ protokol (Czeisler et al., 1992; Duffy a Dijk, 2002) protokol nútenej desynchronizácie (forced desynchronization protocol - Dijk et al., 1992; Duffy et al., 1998) alebo protokol s ultra krátkymi periódami spánku a bdenia (ultra short sleep/wake schedule - Buysse et al., 2005). Detailný popis použitia takýchto protokolov vo vedách o športe bol publikovaný v prehľadovom článku od profesorov

Reillyho a Waterhousa (2009). V skratke uvedieme aspoň niektoré ich základné klady a zápory. Protokol s názvom „constant routine“ si vyžaduje od probanda pobyt v konštantných podmienkach v zmysle stálej bdlosti, polohy tela (v polosede) a konzumácie rovnakých jedál v pravidelných intervaloch v trvaní aspoň 24 hodín. Z toho vyplýva, že už samotná vyžadovaná poloha tela značne znižuje možnosti testovania pohybovej výkonnosti. Ak by mala byť navyše splnená podmienka aspoň ôsmich hodín medzi testovaniami (minimum osem testovaní v rôznych časoch dňa), a vloženými úsekmi spánku na zotavenie bez meraní, trvanie protokolu by bolo viac ako tri týždne pre jedného človeka (Reilly a Waterhouse, 2009). Podobne aj v protokole nútenej desynchronizácie je proband vystavený niekoľkodňovému pobytu v laboratóriu, a to aj v prípade, že sledovaný parameter môže byť meraný často, napr. krvné koncentrácie rôznych látok. V prípade merania fyzickej výkonnosti sa čas pobytu kvôli dlhším prestávkam medzi meraniami predlžuje. Testy anaeróbnej alebo aeróbnej vytrvalosti si vyžadujú aspoň 8-hodinové periódy na zotavenie (Drust et al., 2005). Menej času na zotavenie je potrebného v testoch maximálnej sily a výkonu. Práve protokol nútenej desynchronizácie bol použitý v doteraz jedinej štúdií s ľudskými dobrovoľníkmi, ktorá zistila endogénnu zložku v dennom rytme svalovej sily (Sargent et al., 2010). Jedenásť mladých dobrovoľníkov strávilo v laboratóriu 12 dní s nútenými periódami spánku a bdenia v trvaní 9,3 hod. a 18,7 hod., dávajúc spolu „deň“ s periódou 28 hodín. Statická rovnováha a maximálna sila stisku dominantnej ruky boli merané každých 2,5 hodiny v čase bdenia. Autori zistili cirkadiánny rytmus v svalovej sile s najvyššími hodnotami v čase biologického večera a najnižšími hodnotami v čase minima telesnej teploty, teda v skorých ranných hodinách. Statická rovnováha sa nemenila v priebehu 28-hodinového dňa (Sargent et al., 2010). V budúcnosti by protokol nútenej desynchronizácie mohol byť použitý na zistenie endogénnej zložky denného rytmu aj pre iné, väčšie svalové skupiny pri rôznych typoch svalových kontrakcií a viackĺbových

komplexných pohyboch relevantných pre športový výkon, napríklad výskok z drepu bez alebo so záťažou.

Ďalším chronobiologickým protokolom s možným využitím vo Vedách o športe je protokol s ultra krátkymi periódami spánku a bdenia. Tento protokol umožňuje kontrolovať napríklad vplyv spánku a stravy a tak oddeliť endogénnu a exogénnu zložku rytmu vo zvolenom parametri (Buysse et al., 2005). Z pohľadu praktického použitia je protokol s ultra krátkymi periódami spánku a bdenia jedným z najvhodnejších pre testovanie denných zmien vo fyzickej výkonnosti. Predovšetkým umožňuje opakované testovanie v relatívne krátkom časovom úseku bez výrazného spánkového deficitu. Prvá, a do roku 2013 jediná publikovaná vedecká štúdia vo vedách o športe využívajúca protokol s ultra krátkymi periódami spánku a bdenia sa zaoberala cirkadiálnymi zmenami v plaveckej výkonnosti (Kline et al., 2007). Protokol tejto štúdie pozostával z opakovaných 120-minútových periód bdenia mimo lôžka v silne tlmenom svetle striedajúcich sa so 60-minútovými periódami na lôžku v tme, počas ktorých sa probandi snažili spať. Celkové trvanie týchto cyklov bolo 50 až 55 hodín na jedného probanda. Štandardizované jedlo bolo probandom podané v 90. minúte každej 120-minútovej periódy bdenia. Každý proband odplával šesť 200-metrových plaveckých úsekov maximálnym úsilím, pričom jednotlivé úseky boli oddelené deväť hodinovou periódou na zotavenie. Z výsledkov vyplynulo, že najrýchlejšie časy boli dosiahnuté medzi 11:00 a 23:00 hod., zatiaľ čo najpomalšie časy zaplávali ráno medzi 05:00 a 08:00 hod. Metodologickou slabinou uvedenej štúdie boli pomerne veľké rozdiely vo výkonnosti medzi probandmi. Najrýchlejší dosiahnutý čas bol 128 sekúnd, zatiaľ čo najhorší čas až 247 sekúnd. V skupine pomalších plavcov je pravdepodobná nižšia úroveň plaveckej techniky, čo môže negatívne vplývať na meraný výkon a možný skorší nástup únavy z opakovaných meraní a tak skresliť priebeh denných zmien vo výkonnosti.

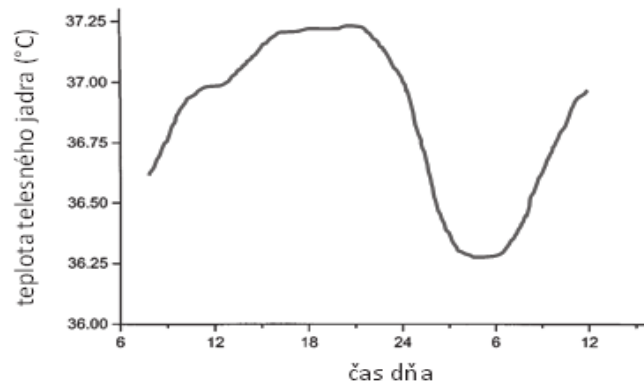
Na základe veľmi limitovaného počtu vedeckých štúdií na ľuďoch s použitím špeciálnych chronobiologických protokolov sa zdá, že v skorých ranných hodinách je svalová sila a fyzická výkonnosť najnižšia v porovnaní zo zvyškom dňa a noci. Napriek tomu, ale k dnešnému dňu neexistuje presvedčivý priamy dôkaz o prevažujúcom alebo výhradne endogénnom pôvode denných zmien svalovej sily, pochádzajúcom z oscilácií centrálnych a/alebo periférnych „vnútorných biologických hodín“. Štúdium endogénneho pôvodu denných (cirkadiánnych) rytmov nervovo-svalovej výkonnosti s použitím vhodných chronobiologických laboratórných protokolov ostáva výzvou do budúcnosti.

### **2.3 Telesná teplota a diurnálny rytmus svalovej sily a výkonu**

Vo vyššie uvedenej štúdií bol cirkadiánný rytmus plaveckého výkonu na 200 metrov popísaný nielen k času vonkajšieho prostredia, ale aj vo vzťahu k rytmu telesnej teploty (Kline et al., 2007). Autori zistili, že plavecká výkonnosť bola najhoršia jednu hodinu pred a jednu hodinu po minime telesnej teploty a naopak najlepšia v rozmedzí 9 hodín po a 5 hodín pred minimumom telesnej teploty.

Telesná teplota (teplota telesného jadra) bola jedným z prvých fyziologických parametrov, pri ktorom sa zistil cirkadiánný rytmus s endogénnym pôvodom. Spolu s cirkadiánnym rytmom krvného melatonínu je rytmus telesnej teploty používaný ako klasický marker vnútorných biologických hodín. Ľudia žijúci v štandardných environmentálnych podmienkach majú minimum telesnej teploty okolo piatej hodiny ráno a najvyššiu telesnú teplotu medzi 14:00 až 20:00 hod. (Waterhouse et al., 2005; obrázok 2.3).





Obrázok 2.3 Cirkadiánny rytmus teploty telesného jadra človeka (Waterhouse et al., 2005)

Z toho vyplýva, že rytmus svalovej sily a rytmus telesnej teploty dosahujú denné maximá a minimá v približne rovnakom čase. Existuje niekoľko možných vysvetlení ich vzájomného vzťahu. Prvou možnosťou je, že medzi týmito dvoma rytmami neexistuje priama súvislosť a ich podobný priebeh je čisto náhodný. Druhou možnosťou je ich spoločný pôvod v rovnakom oscilátore, ale bez ich vzájomnej súvislosti, ako navrhli Reinberg et al. už v roku 1988. Poslednou možnosťou je ich vzájomná závislosť, pričom rytmus svalovej sily by bol úplne alebo aspoň čiastočne generovaný cirkadiánnym rytmom telesnej teploty. Mechanizmom by malo byť zvýšenie teploty svalového a nervového tkaniva v súvislosti so zvýšením teploty telesného jadra v poobedných hodinách. Zvýšenie vnútro svalovej teploty by podľa fyziologických princípov malo viesť napríklad k zrýchleniu metabolických procesov vo svale, a tým aj k zlepšeniu kontraktilných vlastností svalových buniek. To spolu s lepším nervovým prenosom signálu teoreticky znamená silnejšiu a/alebo rýchlejšiu svalovú kontrakciu (Melhim, 1993; Coldwells et al., 1994; Martin et al., 1999; Giacomoni et al., 2005). Až donedávna ale neexistovala experimentálna štúdia, ktorá by popri teplote rôznych častí tela merala aj

vnútro svalovú teplotu. Dve po sebe publikované práce z laboratória v Liverpoole z roku 2013 ukázali, že vnútro svalová teplota meraná v štvorhlavom svale stehna (*vastus lateralis*) kolíše v priebehu dňa, aj keď s amplitúdou menšou (0,3 °C) ako je amplitúda cirkadiálneho rytmu teploty telesného jadra (0,6 °C, Edwards et al., 2013). Zaujímavý bol aj ich experimentálny protokol, v ktorom manipulovali vnútro svalovú teplotu a teplotu telesného jadra a ich následný vplyv na rôzne ukazovatele svalovej sily a výkonu. Použili pritom dva rozdielne prístupy. V prvom experimente bola ranná teplota telesného jadra a svalu umelo zvýšená na poobedné hodnoty buď aktívnym (cvičenie) alebo pasívnym spôsobom (pobyt vo vyhriatej komore). Napriek vyššej vnútro svalovej teplote boli rôzne ukazovatele rannej maximálnej sily a výkonu – sila stisku ruky, izokinetická sila vystieračov a ohýbačov kolena pri rôznych rýchlostiach – stále nižšie v porovnaní s ich poobednými hodnotami. V druhom experimente bola naopak poobedná rektálna a vnútro svalová teplota umelo znížená na úroveň ranných hodnôt pomocou krátkeho ponorenia v studenej vode. Výsledkom bolo významné zníženie poobednej svalovej sily a výkonu takmer na úroveň ranných hodnôt. Menším metodologickým nedostatkom tejto štúdie bol fakt, že ochladenie vo vode spôsobilo v skutočnosti väčšie zníženie vnútro svalovej teploty než boli jej reálne ranné hodnoty (Robinson et al., 2013). Tieto na prvý pohľad protichodné zistenia len zväčšujú metodologické problémy pri použití rozličných prostriedkov manipulujúcich telesnú teplotu. Rozdielne fyziologické mechanizmy sú pravdepodobne aktivované pri zohrievaní, respektíve ochladzovaní tela, čo môže spôsobiť ich odlišný efekt na nervovo svalovú výkonnosť (Racinais a Oksa, 2010). Napríklad prekrvenie svalu je s veľkou pravdepodobnosťou väčšie pri zohrievaní svalu v porovnaní s jeho ochladením. To robí priame porovnávanie výsledkov takýchto štúdií nemožným. Momentálne môžeme len súhlasiť so závermi Robinsona a jeho kolegov (2013), ktorí tvrdia, že v prípade prítomných diurnálnych zmien teploty telesného jadra a svalu nemôže byť ranný výkonnostný deficit plne vysvetlený cirkadiálnymi zmenami telesnej teploty.

## 2.4 Cirkadiánnny rytmus maximálnej svalovej sily a výkonu – lokálny verzus periférny pôvod

Robinson et al. (2013) vo svojich záveroch tiež napísali, že ranný výkonnostný deficit by mohol byť spôsobený na telesnej teplote závislými aj nezávislými lokálnymi a periférnymi mechanizmami, ktoré boli hypoteticky navrhnuté už v skorších prácach (Martin et al., 1999; Guette et al., 2005b). Ďalšou dôležitou otázkou, ktorá z ich záverov vyvstáva, je definovanie samotných lokálnych a periférnych mechanizmov. Keďže svalová sila je primárne generovaná vo svale, vo všeobecnosti možno povedať, že lokálnymi mechanizmami sú deje vnútrobunkové, lokalizované v rámci svalových vlákien. Medzi teoreticky navrhnutými mechanizmami figurujú napríklad denné zmeny v pomere silno a slabo viazaných priečných mostíkov kontraktálnych bielkovín, vo vnútrobunkových koncentráciách vápnika a/alebo anorganického fosforu (Martin et al., 1999; Onambele-Pearson a Pearson, 2007). Na tomto mieste treba zdôrazniť, že ide zatiaľ o experimentálne nepotvrdené mechanizmy. Nepriame dôkazy zaraďujú do lokálnych mechanizmov cirkadiánne zmeny v regulácii hodinových génov, respektíve v aktivite génov priamo regulovaných hodinovými génmi (Zamboni et al., 2003). Periférne mechanizmy zahŕňajú deje v rámci centrálného a periférneho nervového systému, napríklad denné zmeny v kôrovej aktivite, vodivosti nervu a/alebo reflexných funkcií.

Ďalšou otázkou je relatívny podiel centrálnych a periférnych mechanizmov na regulácii denných zmien svalovej sily a výkonu. V súčasnosti existuje viacero laboratórnych metód umožňujúcich skúmať ich relatívny podiel. Jedným z možných príkladov je meranie pokojového svalového tonusu pomocou počítačom riadeného tonometra (Sedliak et al., 2011). Svalový tonus môže podľa niektorých autorov nepriamo odhadnúť stav a zmeny visco-elastických a mechanických vlastností kĺbovo-šľachovo-svalového komplexu, napríklad množstva aktino-myozínových spojení (Watkins, 1999; Alami et al., 2007) a v prípade patologických stavov môže tiež

reflektovať stav a zmeny v centrálnom a periférnom nervovom systéme, akými sú napríklad aktivita alfa a gama motoneurónov alebo svalových vretienok. V zatiaľ jedinej publikovanej štúdií neboli ale zistené žiadne významné denné zmeny vo svalovom tonuse. Relatívny svalový tonus bol porovnateľný s inou vzorkou netrénovaných mužov, zároveň sa však výrazne líšil od šprintérov rôznej výkonnosti (nepublikované zistenia).

Ďalšou veľmi často používanou laboratórnou metódou skúmania nervovosvalovej výkonnosti je povrchová elektromyografia (pEMG). pEMG meria pomocou dvoch alebo viacerých elektród elektrickú aktivitu prítomnú na povrchu kože, ktorá sa tam dostáva z membrán svalových buniek po ich depolarizácii. Depolarizácia, čiže priebeh akčného potenciálu (potenciálov) po svalovej bunke spôsobuje akútne zvýšenie vnútrobunkových koncentrácií vápnika a tým spúšťa kontrakciu svalovej bunky.

Depolarizácia môže byť navodená vôľovo cez spojenia motoneurónov so svalovými bunkami a/alebo pomocou rôznych foriem umelých externých stimulov. Najčastejším typom externých stimulov je transkutánná elektrická stimulácia svalu alebo periférneho nervu, v posledných rokoch čoraz častejšie kombinovaná s elektromagnetickou stimuláciou motorických oblastí mozgovej kôry pomocou tzv. transkraniálnej magnetickej stimulácie (TMS). Základným prístupom je meranie koľko pEMG signálu je prítomného pri vôľovej svalovej kontrakcii. Prvá chronobiologická štúdia používajúca meranie pEMG počas testu maximálnej izometrickej sily vystieračov lakt'a bola publikovaná v roku 1996 (Gauthier et al., 1996). Zistilo sa, že pEMG signál sa v priebehu dňa menil v antifáze s rytmom svalovej sily, a to tak, že najväčšie hodnoty boli ráno o 09:00 hod., zatiaľ čo maximálna svalová sila bola najvyššia popoludní. Gauthier a spolupracovníci (1996) publikovali v tejto štúdií aj parameter takzvanej nervovosvalovej efektivity, čo je pomer hodnoty sily k hodnote pEMG signálu nameraného v priebehu jej produkcie. Vyššia sila

vyvinutá s menšou EMG aktivitou (menší neurálny input) potom znamená vyššiu nervovosvalovú efektivitu. Pomer sila/EMG bol v hore uvedenej štúdií významne nižší o 09:00 hod. v porovnaní s 18:00 hod., čo znamená, že nervovosvalová efektivita bola vyššia popoludní a horšia ráno. Gauthier et al. (1996) na základe ich zistení navrhli, že diurnálne zmeny vo svalovej sile sú kombináciou zmien tak kontraktilného stavu svalu, ako aj zmien v centrálnom a periférnom nervovom systéme. Odvtedy bolo publikovaných množstvo štúdií s rôznymi technikami merania a analyzovania pEMG signálu pochádzajúcich z rôznych svalov a svalových skupín. Ich prehľad je uvedený v tabuľke 2.1.

Prehľad vedeckých štúdií zaoberajúcich sa diurnálnymi zmenami nervovosvalovej výkonnosti a EMG. Použité skratky: CNS – centrálny nervový systém, H reflex - Hoffmannov reflex, IT – „interpolated twitch“ - elektrická stimulácia svalu v priebehu prebiehajúcej vôľovej kontrakcie, MEP – motorické evokované potenciály, MVC – maximálna vôľová kontrakcia, RMS = „root mean square“ – alebo druhá odmocnina priemeru mocnín, spôsob vyhodnotenia EMG signálu, TC – tetanická kontrakcia.

Z tabuľky 2.1 vyplýva, že výsledky v nej uvedených štúdií sú často protichodné. V skratke, Castaingts et al. (2004) konštatovali v súlade so zisteniami Gauthiera et al. (1996), že tak centrálny mechanizmy (neurálny input do svalov) a periférny mechanizmy (kontraktilný stav svalu) sa menia v priebehu dňa. Naopak, denné zmeny lokalizované len vo svalovom tkanive agonistov (ale nie antagonistov), navyše bez denných zmien v nervovej sústave boli navrhnuté inými autormi (Martin et al., 1999; Guette et al., 2005b; Nicolas et al., 2005). Podobné závery boli urobené aj autormi Giacomoni et al. (2005), ktorí však našli štatisticky významné zmeny v sile len s dodatočnou elektrostimuláciou pri vôľovej kontrakcii, navyše len v skupine mužov, ale nie žien. Vlastné zistenia interpretovali ako potenciálne maskovanie skutočného priebehu diurnálneho rytmu maximálnej sily psychickou zložkou, konkrétne motiváciou probandov.

Tabuľka 2.1, prvá časť

Autori a rok vydania	Počet probandov a experimentálny protokol	Typy a sledované svaly	Svalová sila	EMG a svalová aktivácia	Intenzivovúvazové efekty	Koeficienta antagonizov	Navybnovanie mechanizmy dlhodobých zmien
Gauthier A, Durieux D, Marinik A, Cognat G, Van Hecke J, 1998	7 mladý, 8 Star 800 (08:00-12:00, 15:00-18:00, 21:00) v prebehu jedného dňa	hraca svaly: izometrická MVC 25, 50, 75% of MVC (Nebol nikdy, sedomaratna ruka)	Maznávajú kotčadi moment sily najvyššia hodnota o 18:00, najnižšia o 8:00	max. RMS biopsia v každej väžbi o 9:00 ako o 18:00	rozdiel o 18:00 najvyššie o 9:00 RMS sú kladnými momentu	—	neutrálny a kontraktívny stav svalov
Martini A, Dapporto A, Grassi R, Van Hecke J, Dornbaum J, 1999	12 mladý, 1 Star, 07:00 a 18:00, štvrtiny za 24 hodín	izometrická jedla izometrická MVC 25, 50, 75% a MVC 100 (1. izolácia podla, 3. a 4. izolácia)	Maznávajú kotčadi moment sily väžbi o 18:00 ako o 07:00 (8.5%), väžbi o 18:00 ako o 07:00 (8.5%) o 18:00 (10.5 %)	absolútna RMS - bez rozdielu, rozdielne svalov - bez rozdielu (0.005-17 %, 18:00-38.5%), svalový prírastok sily väžbi o 18:00	poter RMS k sil - štandard rozdiel	—	kontraktívny stav svalov
Chalabronk W, Ujma A, Ujma Heeska J, Ferici C, 2004	11 mladý, 08:00 a 18:00 v prebehu jedného dňa	hraca izometrická MVC 25%, 50%, 75%, 100%, 120%, 150%, 180%, 210%, 240% T, reflex, T, väžbi výskoku, sedava a gastrocnemius	Maznávajú kotčadi moment sily väžbi o 18:00 ako o 08:00 (8.5%), väžbi po zaskoku ľavé o 18:00 (10.5 %)	prírastok amplitúdy počas MVC väžbi o 18:00 ako o 08:00 - bez rozdielu	ak štandardizácia a výskok po väžbi o 18:00, väžbi o 18:00 reflex sily MVC a 25%, MVC25 - bez zmeny	—	výkonové perferencia aj centrálna mechanizmy - v závislosti od druhu väžu
Niedzi A, Gauthier A, Saper N, Mossy S, Dornbaum J, 2005	12 mladý, 20:00 a 18:00, s odstupom 30 hodín	izometrická jedla izometrická MVC 50, MVC 100, T, väžbi, reflex, rectus femoris a biceps femoris	Maznávajú kotčadi moment sily väžbi o 18:00 ako o 08:00 (7.7%)	RMS signál - bez rozdielu	úroveň o 18:00 väžbi podla sila ba podľa prvých 20 opakovaní	—	prerastanie periferne mechanizmy sily schopnosť kontraktie sila nižšia hodnota 18:00
Guthrie M, Gossin J, Ujma A, 2005	12 mladý, 08:00, 10:00, 14:00, 18:00, 22:00, minime 8 hodínový časový odstup	sedava predlžka kompartmentu, izometrická MVC 90%, T, väžbi, medialis lateralis, rectus femoris a semitendinosus	Maznávajú kotčadi moment sily najvyššia hodnota o 18:00, najnižšia o 08:00 (6.5%)	úroveň, mobilizácia svalov, poter RMS sú úroveň - bez rozdielu, silový prírastok - lower o 8:00 ako o 14:00, 18:00 a 22:00	—	—	modifikácia na svalovej úrovni
Guthrie M, Gossin J, Ujma A, 2005	12 mladý, 08:00-08:00, 11:00-15:00 v prebehu jedného dňa	hraca izometrická MVC 90%, T, väžbi, reflex, úroveň, zlá, m, sokles	Maznávajú kotčadi moment sily väžbi ráno ako popoludní (4.7%), väžbi ráno ako popoludní (4.7%), väžbi ráno ako popoludní (7%), väžbi ráno ako popoludní (7%)	EMG RMS (úroveň) a H-reflex zlá väžbi ráno ako popoludní	—	—	vzťahovať mieru väžbi reflexu nemá vplyv na zadržiavanie sily
Guthrie M, Gossin J, Ujma A, Ferici C, Van Hecke J, 2005	11 mladý, 08:00-08:00, 11:00-15:00 v prebehu jedného dňa dvoch po sebe nasledujúcich dní	hraca izometrická MVC 90%, T, väžbi, reflex, gastrocnemius medialis a biceps femoris	Maznávajú kotčadi moment sily väžbi ráno ako popoludní (7%), väžbi ráno ako popoludní (7%), väžbi ráno ako popoludní (7%), väžbi ráno ako popoludní (7%)	Ráno EMG signál výšle (21.5%) a rozdielne svalov (3.8%) väžbi, silový prírastok a trvanie kotčadi moment - bez zmeny	—	—	nížšie efektívne impulzov z CNS

Tabuľka 2.1, druhá časť

Autori a rok vydanía	Počet príspevkov a experimentálny protokol	Testy a sledované svaly	Svalová sila	EMG a svalová aktivácia	Ľanovo-svalová efektívnosť	Ko-aktívacia antagonistov	Navigované mechanizmy dlhých zmien
Giacomini J., Blaut F., Fajpátrite G. 2006	12 mužov, 8 žen, 03:00, 07:00, 13:00, odstavcomiálne 30 min	extenzia medziceľná, dovnorenej rotácie izometrická MVC 50%, vastus lateralis	Základný rozdiel maximálnom krútiacom momente sily MVC	Základný rozdiel v RMS vastus lateralis	počet nasmerovaného krútiaceho momentu sily ku RUS - bez rozdielu	—	neurčné
Giacomini J., Edwards B., Sambaschi E. 2005	12 mužov, 8 žen, 03:00, 08:00, 13:00, 14:00, 18:00, 22:00, náhodne počas 3-4 dní	extenzia a flexia medziceľná, izometrická MVC 50% IT, izometrická MVC	Základne významné rozdielne boky, izometrická a krútiaca momentu sily počas flexie a extenzie 14:00 a 18:00	el. súvislý, mesialný, kúbičkový, bočný, kontraktívny a rozťahovací momentu sily najvyšší o 18,00 najnižší o 6,00 - iba u mužov	—	—	nedielne, navrhovaný efekt motívácie
Racina S., Bloco S., Jonville S., Hue O. 2005	11 mužov, 07:00-09:00, 17:00-19:00, náhodne porade dvakrát za normálnych a teplejších environmentálnych podmienok	extenzia medziceľná, izometrická MVC 35, 50, 75% MVC, vastus lateralis	Maximálny krútiaci moment sily pri 100% MLC, 40% a 60% na v ľavom a vpravo postreží	Základný rozdiel RMS vastus lateralis	—	—	kontrakčný stav svalov, zmena v kontrakčnej sile svalov (obdobie) teplej
Onambale-Pearson N.L., Pearson S.J. 2007	12 mužov, 14:07, 16:05, 07:45, 17:45, sledovaný je počas 4 min	extenzia medziceľná, izometrická MVC 30 a 50%, IT, bočný femoris	Maximálny krútiaci moment sily pri 100% MLC, 75% a 50% väčšie počas 4 min	Základný rozdiel v nábožení svalov (51% - iba a 85% veľkosť)	—	—	kontrakčný stav svalov, percento zloženie tukov, celistvosť šlachy - navrhovaný mechanizmus
Sedlak M., Frenč T., Čerák S., Halaszková J., Hájková K. 2008	32 mladých, netrénovaných mužov, 07:00, 12:00, 17:00, 20:30, opakovane v pliesku dvoch po zraň, nasledujúci deň	extenzia predkoleňa, izometrická MVC a 40%, 2 MVC, vastus lateralis, medialis, rektus femoris, bočný femoris	Maximálny krútiaci moment sily menší o 7,00 (42 - 8%) v porovnaní s ostatnými časmi - iba na omyly deň	Základný rozdiel v RMS vastus lateralis, medialis, rektus femoris a bočný femoris počas MVC pri 60% z MVC	vyššia o 20,30 ako o 7,00 pri 40% z MVC, iba pri 70% z MVC rozdiel počas MVC	bočný femoris RMS - bez rozdielu počas MVC a 40% z MVC	kontrakčný stav svalov, zmena zloženie tukov, celistvosť šlachy - navrhovaný mechanizmus
Tamm A.S., Lagerquist O., Ley A.L., Collins D.F. 2008	Raný chronotyp 6 žien, 8 mužov, večerný chronotyp (1 muž, 1 žena), 09:00, 13:00, 17:00, 21:00, prísadu jedlákeho dňa	flexia obodca, izometrická MVC, IT, MEP, H reflex, ľavá, pravá, laterálna gastrocnemius, medialis gastrocnemius a lateralis ankor	Maximálny krútiaci moment sily v prípade rameno chronotypu 12:00 (45%) a 21:00 (43%) zraň, v prípade večerného chronotypu 9:00 a večerný najvyššia o 21:00	Základný rozdiel v nábožení svalov (51% - iba a 85% veľkosť)	—	Thalás amerier - premenie EMG údaje o 17:00 a 21:00, rozdiel medzi 21:00 a 17:00, významný rozdiel chronotypu	centálne - zvýšenie efektívnosti CNS následkom zvýšenia miechovej a kóbovej vzrušivosti - v závislosti od chronotypu
Sedlak M., Havinen, Hájková K. 2011	17 mladých, netrénovaných mužov, 08:00, 12:00, 16:00, 20:00, opakovane počas dvoch po sebe nasledujúcich dní	extenzia športých končatín, sčozbi via dynamická a izometrická pri uhle 107°, priemerný výkon, vastus lateralis, vastus medialis, bočný femoris	maximálna sila a priemerný výkon o 8,00 v zraňe ni ššie ako maximálne sily počasov	RMS z vastus lateralis a vastus medialis - nižšia o 7,00 ako o 20,30, významná korelácia medzi RMS vastus lateralis a maximálnou silou	—	bočný femoris RMS - Základný rozdiel (od 20 do 25% z RMS podľa chronotypu)	periférna aj centálne mechanizmy

Protichodné zistenia boli publikované aj v našich štúdiách. V prvom experimente, pri ktorom bola testovaná maximálna sila extenzorov kolena v priebehu dvoch po sebe idúcich dní, sa nezistilo žiadne významné denné kolísanie pEMG signálu (Sedliak et al., 2008). V nasledujúcej štúdií s náhodne rozloženým začiatkom prvého testovania bol pEMG signál menší o 08:00 v porovnaní s 20:00 hod. a priebeh jeho denných zmien bol podobný priebehu rytmu maximálnej sily meranej na izometrickom dynamometri „leg-pressového“ typu. Navyše bola zistená štatisticky významná korelácia medzi svalovou silou a súčasne nameraným pEMG signálom. Tieto zistenia boli interpretované ako možný doplňujúci vplyv denných zmien na úrovni neurálneho imputu z centrálného nervového systému, motorických jednotiek a/alebo denných zmien vlastností membrán svalových buniek na výsledný charakter priebehu denného rytmu svalovej sily a výkonu. Dôvody protichodných zistení pri použití pEMG môžu samozrejme čiastočne vyplývať s rozdielmi v testovacích protokoloch v zmysle meraných svalov a svalových skupín (napr. horné verzus dolné končatiny), typov kontrakcií (izometrické, izokinetické), trénovanosti a technickej vyspelosti probandov. Dôležitým faktorom sú aj metodologické problémy súvisiace s podstatou merania pEMG. Vynechajúc možné rozdiely vyplývajúce z rôznych spôsobov vyhodnocovania EMG signálu, vyplývajú závažnejšie problémy zo samotnej fyziologickej podstaty pEMG signálu. Keďže pri vôľovej kontrakcii ide o sumu mnohých akčných potenciálov viacerých motorických jednotiek aktívnych v rovnakom čase, môže sa napríklad časť potenciálov opačného náboja navzájom vynulovať, čím je meraná intenzita signálu menšia než skutočná (Keenan et al., 2006). Je preto dobré kombinovať meranie vôľového EMG s inými laboratórnymi technikami.

Kanadskí výskumníci publikovali v roku 2009 zatiaľ pravdepodobne najkomplexnejší experimentálny protokol v rámci skúmania mechanizmov diurnálneho rytmu nervovosvalovej výkonnosti (Tamm et al., 2009). Skombinovali pEMG s elektrickou stimuláciou periférnych nervov



(hodnotenie miechovej regulácie svalovej kontrakcie) s transkraniálnou magnetickou stimuláciou (hodnotenie kôrovej aktivity). Navyše si zvolili skúmanie probandov patriacich výhradne medzi takzvané extrémne chronotypy, kým v ostatných štúdiách patrila väčšina probandov do neutrálneho chronotypu. V skratke, chronotyp, alebo aj fenotyp cirkadiálneho rytmu napr. telesnej teploty sa prejavuje v skoršom (ranný chronotyp), alebo naopak neskoršom (večerný chronotyp) výskyte maxima a minima rytmu v porovnaní s neutrálnym chronotypom. V prípade rytmu telesnej teploty je priemerný rozdiel medzi extrémne rannými a večernými chronotypmi 2,1 hodiny, s minimom rektálnej teploty o 04:38 hod. pre ranný, a 06:45 hod. pre večerný chronotyp (Kerkhof a Van Dongen, 1996). Mechanizmom existencie chronotypov je veľmi pravdepodobne polymorfizmus hodinových génov, napr. génu PER3 (Archer et al., 2003; Pereira et al., 2005). Zaujímavé rozdiely medzi rannými a večernými chronotypmi boli zistené aj v hore uvedenej štúdii (Tamm et al., 2009). Probandi patriaci medzi ranné chronotypy mali najvyššiu úroveň kôrovej vzrušivosti o 09:00 hod., miechovej vzrušivosti o 21:00 hod., ale zároveň ich denné zmeny v pEMG a izometrickej sile svalov lýtka neboli štatisticky významné. Naopak, kôrová a miechová vzrušivosť večerných typov narastala s časom dňa, paralelne so zvyšovaním svalovej sily a pEMG v priebehu dňa. Tamm et al. (2009) navrhli, že súčasný nárast kôrovej a miechovej vzrušivosti večerných chronotypov v priebehu dňa znamená zvýšenie neurálneho vstupu do svalov, čím vysvetlili signifikantný nárast svalovej sily od rána do večera. Táto štúdia, v kombinácii s ostatnými publikovanými výsledkami podporuje hypotézu endogénneho pôvodu diurnálneho rytmu svalovej sily a výkonu, pričom by mohla byť jeho minimálne čiastočným zdrojom cirkadiálne sa meniacia aktivita centrálného nervového systému. Budúce štúdie by sa mali zamerať aj na skúmanie potenciálneho vplyvu vnútrobunkových dejov vo svalovom tkanive na denné zmeny svalovej sily a výkonu.



- Alamaki, A., Hakkinen, A., Malkia, E., Ylinen, J. (2007). Muscle tone in different joint positions and at submaximal isometric torque levels. *Physiol Meas.* 28: 793-802.
- Araujo, L.G., Waterhouse, J., Edwards, B., Rosa Santos, E.H., Tufik, S., de Mello, M. (2011). Twenty-four-hour rhythms of muscle strength with a consideration of some methodological problems. *Biological Rhythm Research.* 42(6): 473-90.
- Archer, S.N., Robilliard, D.L., Skene, D.J., Smits, M., Williams, A., Arendt, J., von Schantz, M. (2003). A length polymorphism in the circadian clock gene *Per3* is linked to delayed sleep phase syndrome and extreme diurnal preference. *Sleep,* 26:413-15.
- Atkinson, G., Speirs, L. (1998). Diurnal variation in tennis service. *Percept Mot Skills.* 86(3 Pt 2):1335-8.
- Bambaeichi, E., Reilly, T., Cable, N.T., Giacomoni, M. (2004). The isolated and combined effects of menstrual cycle phase and time-of-day on muscle strength of eumenorrhic females. *Chronobiol Int.* 21(4-5):645-60.
- Buysse, D.J., Monk, T.H., Carrier, J., Begley, A. (2005). Circadian patterns of sleep, sleepiness, and performance in older and younger adults. *Sleep.* 28(11):1365-76.
- Callard, D., Davenne, D., Gauthier, A., Lagarde, D., Van Hoecke, J. (2000). Circadian rhythms in human muscular efficiency: continuous physical exercise versus continuous rest. A crossover study. *Chronobiol Int.* 17(5):693-704.
- Castaingts, V., Martin, A., Van Hoecke, J., Pérot, C. (2004). Neuromuscular efficiency of the triceps surae in induced and voluntary contractions: morning and evening evaluations. *Chronobiol Int.* 21(4-5):631-43.
- Coldwells, A., Atkinson, G., Reilly, T. (1994). Sources of variation in back and leg dynamometry. *Ergonomics,* 37(1):79-86.
- Czeisler, C.A., Dumont, M., Duffy, J.F., Steinberg, J.D., Richardson, G.S., Brown, E.N., Sánchez, R., Ríos, C.D., Rnda, J.M. (1992). Association of sleep-

- wake habits in older people with changes in output of circadian pacemaker. *Lancet*, 17;340(8825):933-6.
- Deschenes, M.R., Kraemer, W.J., Bush, J.A., Doughty, T.A., Kim, D., Mullen, K.M., Ramsey, K. (1998). Biorhythmic influences on functional capacity of human muscle and physiological responses. *Med Sci Sports Exerc.* 30(9):1399-407.
- Dijk, D.J., Duffy, J.F., Czeisler, C.A. (1992). Circadian and sleep/wake dependent aspects of subjective alertness and cognitive performance. *J Sleep Res.* 1(2):112-7.
- Drust, B., Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B., Reilly, T. (2005). Circadian rhythms in sports performance-an update. *Chronobiol Int.* 22(1):21-44.
- Duffy, J.F., Dijk, D.J., Klerman, E.B., Czeisler, C.A. (1998). Later endogenous circadian temperature nadir relative to an earlier wake time in older people. *Am J Physiol.* 275(5 Pt 2):R1478-87.
- Duffy, J.F., Dijk, D.J. (2002). Getting through to circadian oscillators: why use constant routines? *J Biol Rhythms*, 17(1):4-13.
- Edwards, B.J., Pullinger, S.A., Kerry, J.W., Robinson, W.R., Reilly, T.P., Robertson, C.M., Waterhouse, J.M. (2013). Does raising morning rectal temperature to evening levels offset the diurnal variation in muscle force production? *Chronobiol Int.* 30(4):486-501.
- Folkard S, Monk T,H. (1980). Circadian rhythms in human memory. *Br.J.Psychol.* 71:295–307.
- French, D.N., Kraemer, W.J., Volek, J.S., Spiering, B.A., Judelson, D.A., Hoffman, J.R., Maresh, C.M. (2007). Anticipatory responses of catecholamines on muscle force production. *J Appl Physiol* (1985). 102(1):94-102.
- Gauthier, A., Davenne, D., Martin, A., Cometti, G., Van Hoecke, J. (1996). Diurnal rhythm of the muscular performance of elbow flexors during isometric contractions. *Chronobiol Int.* 13(2):135-46.
- Gauthier, A., Davenne, D., Gentil, C., Van Hoecke, J. (1997). Circadian rhythm in the torque developed by elbow flexors during isometric contraction. Effect of sampling schedules. *Chronobiol Int.* 14(3):287-94.
- Giacomoni, M., Edwards, B., Bambaiechi, E. (2005). Gender differences in the circadian variations in muscle strength assessed with and without superimposed electrical twitches. *Ergonomics*, 15;48(11-14):1473-87.

- Giacomoni, M., Billaut, F., Falgairette, G. (2006). Effects of the time of day on repeated all-out cycle performance and short-term recovery patterns. *Int J Sports Med.* 27(6):468-74.
- Gleeson, N.P., Mercer, T.H. (1992). Reproducibility of isokinetic leg strength and endurance characteristics of adult men and women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 65(3):221-8.
- Guette, M., Gondin, J., Martin, A. (2005). Time-of-day effect on the torque and neuromuscular properties of dominant and non-dominant quadriceps femoris. *Chronobiol Int.* 22(3):541-58.
- Guette, M., Gondin, J., Martin, A. (2005). Morning to evening changes in the electrical and mechanical properties of human soleus motor units activated by H reflex and M wave. *Eur J Appl Physiol.* 95(4):377-81.
- Guette, M., Gondin, J., Martin, A., Pérot, C., Van Hoecke, J. (2006). Plantar flexion torque as a function of time of day. *Int J Sports Med.* 27(3):171-7.
- Keenan, K.G., Farina, D., Merletti, R., Enoka, R.M. (2006). Amplitude cancellation reduces the size of motor unit potentials averaged from the surface EMG. *J Appl Physiol* 1985). 100(6):1928-37.
- Kerkhof, G.A., Van Dongen, H.P. (1996) Morning-type and evening-type individuals differ in the phase position of their endogenous circadian oscillator. *Neurosci Lett*, 218:153-156.
- Kleitman, N. (1963). *Sleep and Wakefulness*, 2<sup>nd</sup> edition. Chicago and London, University of Chicago Press, 297 pp.
- Kline, C.E., Durstine, J.L., Davis, J.M., Moore, T.A., Devlin, T.M., Zielinski, M.R., Youngstedt, S.D. (2007). Circadian variation in swim performance. *J Appl Physiol* (1985). 102(2):641-9.
- Martin, A., Carpentier, A., Guissard, N., van Hoecke, J., Duchateau, J. (1999). Effect of time of day on force variation in a human muscle. *Muscle Nerve.* 22(10):1380-7.
- Mason, J.W., Hartley, L.H., Kotchen, T.A., Mougey, E.H., Ricketts, P.T., Jones, L.G. (1973). Plasma cortisol and norepinephrine responses in anticipation of muscular exercise. *Psychosom Med.* 35(5):406-14
- Melhim, A.F. (1993). Investigation of circadian rhythms in peak power and mean power of female physical education students. *Int J Sports Med.* 14(6):303-6.
- Mora-Rodríguez, R., García Pallarés, J., López-Samanes, Á., Ortega, J.F., Fernández-Elías, V.E. (2012). Caffeine ingestion reverses the circadian

- rhythm effects on neuromuscular performance in highly resistance-trained men. *PLoS One*. 7(4).
- Nicolas, A., Gauthier, A., Bessot, N., Moussay, S., Davenne, D. (2005). Time-of-day effects on myoelectric and mechanical properties of muscle during maximal and prolonged isokinetic exercise. *Chronobiol Int*. 22(6):997-1011.
- Onambele-Pearson, N.L., Pearson, S.J. (2007). Time-of-day effect on patella tendon stiffness alters vastus lateralis fascicle length but not the quadriceps force-angle relationship. *J Biomech*. 40(5):1031-7.
- Pereira, D.S., Tufik, S., Louzada, F.M., Benedito-Silva, A.A., Lopez, A.R., Lemos, N.A., Karczmar, A.L., D'Almeida, V., Pedrazzoli, M. (2005). Association of the length polymorphism in the human *Per3* gene with the delayed sleep-phase syndrome: Does latitude have an influence upon it? *Sleep*, 28:29-32.
- Phillips, B., (1994). Circadian rhythms and muscle strength performance. *Track Technique*, 126:4026-28.
- Racinais, S., Blonc, S., Jonville, S., Hue, O. (2005). Time of day influences the environmental effects on muscle force and contractility. *Med Sci Sports Exerc*. 37(2):256-61.
- Racinais, S., Oksa, J. (2010). Temperature and neuromuscular function. *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 3:1-18.
- Reilly, T., Down, A. (1992). Investigation of circadian rhythms in anaerobic power and capacity of the legs. *J Sports Med Phys Fitness*, 32(4):343-7.
- Reilly, T., Atkinson, G., Edwards, B., Waterhouse, J., Farrelly, K., Fairhurst, E. (2007). Diurnal variation in temperature, mental and physical performance, and tasks specifically related to football (soccer). *Chronobiol Int*. 24(3):507-19.
- Reilly, T., Waterhouse, J. (2009). Sports performance: is there evidence that the body clock plays a role? *Eur J Appl Physiol*. 106(3):321-32.
- Reinberg, A., Motohashi, Y., Bourdeleau, P., Andlauer, P., Lévi, F., Bicakova-Rocher, A. (1988). Alteration of period and amplitude of circadian rhythms in shift workers. With special reference to temperature, right and left hand grip strength. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 57(1):15-25.
- Robinson, W.R., Pullinger, S.A., Kerry, J.W., Giacomoni, M., Robertson, C.M., Burniston, J.G., Waterhouse, J.M., Edwards, B.J. (2013). Does lowering evening rectal temperature to morning levels offset the diurnal variation in muscle force production? *Chronobiol Int*. 30(8):998-1010.

- Sargent, C., Ferguson, S.A., Darwent, D., Kennaway, D.J., Roach, G.D. (2010). The influence of circadian phase and prior wake on neuromuscular function. *Chronobiol Int.* 27(5):911-21.
- Sedliak, M., Finni, T., Cheng, S., Kraemer, W.J., Häkkinen, K. (2007). Effect of time-of-day-specific strength training on serum hormone concentrations and isometric strength in men. *Chronobiol Int.* 24(6):1159-77.
- Sedliak, M., Finni, T., Cheng, S., Haikarainen, T., Häkkinen, K. (2008). Diurnal variation in maximal and submaximal strength, power and neural activation of leg extensors in men: multiple sampling across two consecutive days. *Int J Sports Med.* 29(3):217-24.
- Sedliak, M., Haverinen, M., Häkkinen, K. (2011). Muscle strength, resting muscle tone and EMG activation in untrained men: interaction effect of time of day and test order-related confounding factors. *J Sports Med Phys Fitness,* 51(4):560-70.
- Souissi, N., Driss, T., Chamari, K., Vandewalle, H., Davenne, D., Gam, A., Fillard, J.R., Jousselin, E. (2010). Diurnal variation in Wingate test performances: influence of active warm-up. *Chronobiol Int.* 27(3):640-52.
- Tamm, A.S., Lagerquist, O., Ley, A.L., Collins, D.F. (2009). Chronotype influences diurnal variations in the excitability of the human motor cortex and the ability to generate torque during a maximum voluntary contraction. *J Biol Rhythms.* 24(3):211-24.
- Waterhouse, J., Drust, B., Weinert, D., Edwards, B., Gregson, W., Atkinson, G., Kao, S., Aizawa, S., Reilly, T. (2005). The circadian rhythm of core temperature: origin and some implications for exercise performance. *Chronobiol Int.* 22(2):207-25.
- Watkins, C.A. (1999). Mechanical and neurophysiological changes in spastic muscles: Serial casting in spastic equinovarus following traumatic brain injury. *Physiotherapy,* 85: 603-9.
- Winget, C.M., DeRoshia, C.W., Holley, D.C. (1985). Circadian rhythms and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 17(5):498-516.
- Youngstedt, S.D., O'Connor, P.J. (1999). The influence of air travel on athletic performance. *Sports Med.* 28(3):197-207.
- Zambon, A.C., McDearmon, E.L., Salomonis, N., Vranizan, K.M., Johansen, K.L., Adey, D., Takahashi, J.S., Schambelan, M., Conklin, B.R. (2003). Time-and

exercise-dependent gene regulation in human skeletal muscle. *Genome Biol.* 4(10):R61.

### 3 Tréningová adaptácia na zaťaženie v rôznych fázach dňa

*Milan Sedliak*

Teoretický predpoklad o možnej závislosti tréningovej adaptácie od fázy dňa, v ktorom je tréning pravidelne vykonávaný, bol prvýkrát publikovaný už v sedemdesiatych rokoch dvadsiateho storočia v knihe „Body time; physiological rhythms and social stress” (Luce, 1971). Teoretickým východiskom bol už vtedy známy fakt, že mnoho fyziologických parametrov so vzťahom k telesnému výkonu vykazuje cirkadiánný charakter.

S možnosťou časovo-špecifickej tréningovej adaptácie vyvstáva niekoľko otázok: je možné znížiť alebo úplne odstrániť ranný výkonnostný deficit pravidelným tréningom v ranných hodinách? Môže pravidelné cvičenie v určitej fáze dňa viesť k rozdielnej (lepšej, horšej) adaptácii v porovnaní s inými fázami dňa, napríklad ranný verzus poobedný tréning? Môže pravidelné cvičenie navodiť fázový posun či dokonca modulovať periódu vnútorných biologických hodín? Nasledujúca kapitola sa bude snažiť aspoň čiastočne odpovedať na tieto a iné otázky súvisiace s tréningovou adaptáciou na zaťaženie v rôznych fázach dňa.

Na začiatku je nutné konštatovať, že vedecké poznatky týkajúce sa priamo tréningovej adaptácie na zaťaženie v rôznych fázach dňa (ďalej len „časovo-špecifický tréning“) sú značne obmedzené. Prvá práca poukazujúca na možnosť vplyvu času dňa na tréningovú adaptáciu ľudí bola publikovaná v roku 1989, pričom autori pomenovali tento fyziologický jav ako cirkadiánnu špecifickosť v tréningu (Hill et al., 1989). V ich experimente išlo o 6-týždňovú tréningovú štúdiu zameranú na rozvoj anaeróbného prahu pomocou intervalových a súvislých bežeckých a cyklistických tréningov na úrovni približne 90 až 100 % z maximálnej spotreby kyslíka (VO<sub>2</sub> max). Hlavným zistením bolo, že probandi trénujúci v ranných hodinách medzi 06:00 a 08:30 hod. mali relatívne vyšší

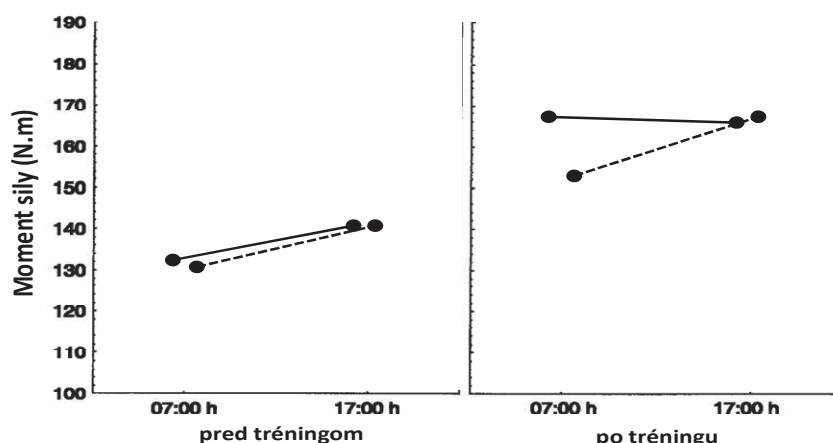


anaeróbny prah ráno, zatiaľ čo probandi z poobednej tréningovej skupiny mali vyšší anaeróbny prah poobede. Ďalšia štúdia publikovaná o niekoľko rokov neskôr ukázala vyššiu efektivitu vytrvalostného tréningu v poobedných hodinách (15:00 hod.) v porovnaní s rannými (09:00 hod.) a večernými (20:00 hod.) hodinami (Torii et al., 1992). Veľkým metodologickým nedostatkom uvedeného experimentu ale bolo testovanie všetkých probandov výhradne v poobedných hodinách medzi 14:00 a 16:00 hod., aj keď samotné tréningy prebiehali v rôznych fázach dňa. Poobedná skupina mala preto výhodu testovania v rovnakom čase ako bol čas tréningu, čo mohlo skresliť merané hodnoty v neprospech rannej a večernej tréningovej skupiny. Ďalšia štúdia neskôr skutočne potvrdila, že vyššie prírastky v trvaní zaťaženia do odmietnutia a v kyslíkovom deficite možno očakávať v tej fáze dňa, v ktorej je tréning pravidelne vykonávaný, aj keď veľkosť prírastkov je nezávislá od času dňa (Hill et al., 1998). David Hill a kolegovia si zvolili intervalový cyklistický tréning vysokou intenzitou, kde 1 až 3-minútové intervaly boli vykonávané buď ráno alebo poobede štyrikrát do týždňa po dobu piatich týždňov. Závety boli podobné ich prvej štúdií s prírastkami vyššími v tej fáze dňa, v ktorej daný jedinec pravidelne trénoval.

### **3.1 Adaptácia na časovo-špecifický silový tréning – maximálna svalová sila a výkon**

Podobný priebeh tréningovej adaptácie, publikovanej Davidom Hillom et al. (1998) bol popísaný po prvýkrát aj pri adaptácii na silový tréning v roku 2002 (Souissi et al., 2002). V ich experimente trénovali probandi, študenti telesnej výchovy po dobu šiestich týždňov rovnaký typ tréningu zameraného na rozvoj maximálnej sily dolných končatín v ranných (07:00–08:00 hod.) alebo poobedných (17:00–18:00 hod.) hodinách výhradne na stroji leg-pressového typu frekvenciou dvakrát do týždňa. Časovo-špecifická adaptácia sa zistila aj pri ich pomerne nízkom tréningovom objeme a intenzite. Ranný výkonnostný deficit v maximálnej sile bol

odstránený v ranej tréningovej skupine. Inými slovami, tí probandi, ktorí trénovali v ranných hodinách, dosahovali po šiestich týždňoch tréningu rovnakú maximálnu silu ráno aj poobede, čo ale neplatilo pre poobednú tréningovú skupinu, kde ranný výkonnostný deficit v maximálnej sile pretrval. Tieto zistenia platili tak pre parameter maximálneho izokinetického momentu sily pri extenzii kolena (obrázok 3.1), ako aj pre maximálny výkon počas Wingate testu na bicyklovom ergometri. Napriek špecifickej adaptácii v zmysle časovej lokalizácie najlepšieho denného výkonu bol dôležitým zistením rovnaký absolútny prírastok maximálnej sily a maximálneho anaeróbného výkonu v oboch skupinách bez ohľadu na denný čas tréningu. Fáza dňa na základe tejto štúdie neovplyvňuje rozsah tréningovej adaptácie pri silovom tréningu zameranom na rozvoj maximálnej sily a výkonu.



Obrázok 3.1 Izokinetický moment sily vystieračov kolena v ranej a poobednej tréningovej skupine v ranných (07:00 hod.) a poobedných (17:00 hod.) hodinách pred a po časovo-špecifickom silovom tréningu (priemer  $\pm$  smerodajná odchýlka). Plná čiara – ranná tréningová skupina, prerušovaná čiara ---- večerná tréningová skupina (upravené podľa Soussiho et al., 2002)

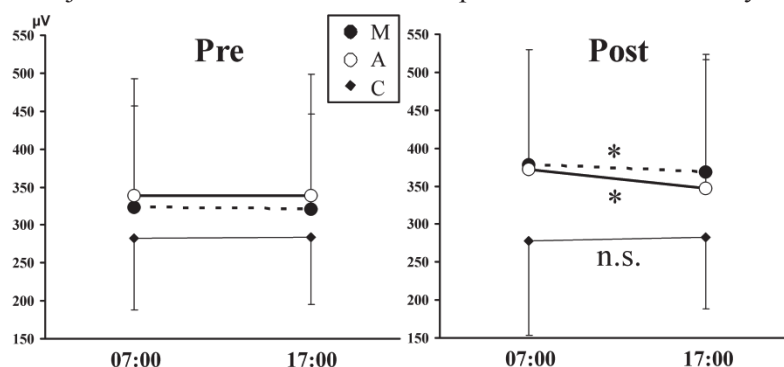
Tunisko-francúzska skupina pod vedením Nizara Souissiho publikovala v roku 2012 sériu článkov, v ktorej nadviazala na ich prvú tréningovú štúdiu, ale zároveň rozšírila spektrum meraných parametrov a tiež populačné typy probandov. Popri maximálnej sile a Wingate teste boli merané aj výskok z drepu bez protipohybu a s protipohybom tak v skupine mladých dospelých mužov, ako aj 10 až 11-ročných chlapcov pred a po časovo-špecifickom tréningu (Chtourou et al., 2012a; Chtourou et al., 2012b; Souissi et al., 2012). V jednej z týchto štúdií boli sledované zmeny v priebehu záverečnej dvojtýždňovej fázy so zníženým objemom tréningu, takzvanej „*taper*“ periódy v rámci 14-týždňového tréningového cyklu (Chtourou et al., 2012b). Experimentálne štúdie s taper periódou majú veľký praktický význam vzhľadom na ich časté využívanie v súťažnom športe. Taper perióda je niekoľkodňová až niekoľkotýždňová tréningová fáza s postupným znížením tréningového objemu používaná tesne pred súťažou. Jej úlohou je umožniť fyzické a psychické zotavenie z naakumulovaného tréningového zaťaženia. Výsledky hore uvedených troch štúdií by sa dali zhrnúť nasledovne: potréningová maximálna svalová sila a výkon dosahujú svoj denný vrchol v čase dňa, v ktorom je tréning opakovane vykonávaný, a to tak v skupine dospelých mužov, ako aj chlapcov. Po pravidelnom rannom tréningu dosahujú ranné hodnoty sily a výkonu rovnaké, a v niektorých parametroch dokonca vyššie hodnoty v porovnaní s ich popoludňajším testovaním. Použitie dvojtýždňovej taper periódy je rovnako účinné v ranných, ako aj poobedných hodinách (Chtourou et al., 2012b). Napriek zaujímavým zisteniam pre športovú prax sa však autori hore uvedených troch prác ani v jednej z nich nevenovali objasneniu mechanizmov zodpovedných za zistené časovo-špecifické adaptačné procesy.

Mechanizmy časovo-špecifickej tréningovej adaptácie sme sa snažili skúmať v prvej chronobiologickej štúdií pochádzajúcej z našej výskumnej skupiny, pričom bol použitý mierne odlišný experimentálny protokol v porovnaní s dovedy publikovanými prácami (Sedliak et al., 2008). Silovo

netréňovaní probandi boli pred začiatkom vlastného, časovo-špecifického tréningu zacvičení a postupne silovo zaťažovaní v trvaní desiatich týždňov, pričom všetci trénovali výhradne v čase medzi 17:00 a 19:00 hod. Následne boli probandi náhodne rozdelení do dvoch tréningových skupín a pokračovali ďalších desať týždňov v časovo-špecifickom tréningu. Ranná tréningová skupina cvičila medzi 07:00 až 09:00 hod., poobedná skupina medzi 17:00 až 19:00 hod. Zároveň bola v druhých desiatich týždňoch zvýšená tréningová frekvencia z dvoch tréningových jednotiek týždenne na päť tréningových jednotiek v priebehu dvoch týždňov v prvej polovici, a na tri tréningové jednotky týždenne v druhej 5-týžňovej polovici časovo-špecifického tréningu. Tréning bol kombináciou rozvoja maximálnej sily a výkonu v rámci prvého typu tréningovej jednotky, a rozvoja svalovej hypertrofiie v rámci druhého typu tréningovej jednotky. Oba typy tréningových jednotiek sa pravidelne striedali. Tréningový objem bol zároveň vyšší v porovnaní s experimentom Souissiho et al. (2002) vďaka použitiu viacerých cvičení na dolné končatiny v rámci jednej jednotky, konkrétne polodrepu a výskokov z drepu so záťažou, leg-pressu a extenzií a flexií v kolennom kĺbe na posilňovacom stroji. Testované boli rôzne parametre maximálnej sily, od jednorazového maxima (1-RM) v polodrepe, cez výskok z polodrepu so 60 % z 1-RM až po maximálnu izometrickú silu vystieračov a ohýbačov kolena, počas ktorých bola zároveň meraná aj EMG aktivita testovaných svalov.

Výsledky boli podobné s predchádzajúcimi výsledkami Souissiho et al. (2002). Ranný výkonnostný deficit v maximálnej izometrickej sile poobednej skupiny pretrval aj po časovo-špecifickom tréningu a rozdiel medzi ránom a poobedím bol približne 9 %. V rannej tréningovej skupine sa ale ranný výkonnostný deficit znížil z pôvodných 10 % na 2,7 % po skončení 10-týžňovej tréningovej periódy. Z iného uhla pohľadu sa ranná tréningová skupina zlepšila o 13 % v prípade, keď bola testovaná v tréningových hodinách (07:00 hod.), ale len o 4,6 %, keď bola testovaná v netréningových hodinách (17:00 hod.). Táto časovo-špecifická adaptácia

sa ale nedala vysvetliť zmenami v EMG aktivite (obrázok 3.2). Časovo-špecifický tréning viedol k zvýšeniu EMG signálu v oboch tréningových skupinách v porovnaní s kontrolnou skupinou, čo je typický priebeh adaptácie na takýto typ silového tréningu (napríklad Häkkinen et al., 1995). Ani v jednej tréningovej skupine však neboli zistené žiadne štatisticky významné denné zmeny v EMG pred tréningom a ani po jeho skončení. Z vyššie uvedeného vyplýva nutnosť súčasného použitia viacerých klasických a nových laboratórnych techník na odhalenie nervovosvalových mechanizmov časovo-špecifickej adaptácie na silový tréning pochádzajúcich buď z centrálného a/alebo periférneho nervového systému.



Obrázok 3.2 Hodnoty povrchového elektromyografického signálu o 07:00 hod. a o 17:00 hod. pred (Pre) a po (Post) 10-týždňoch časovo-špecifického tréningu v ranej tréningovej skupine (M), poobednej tréningovej skupine (A) a kontrolnej skupine (C). n.s. – bez štatisticky významných zmien v porovnaní s hodnotami pred tréningom, \* - štatisticky významne vyššie hodnoty v porovnaní s hodnotami pred tréningom,  $p < 0,05$

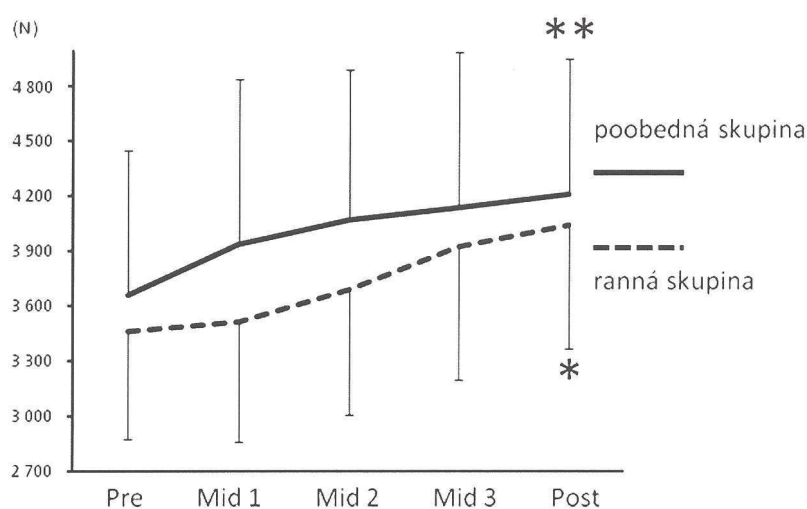
Podobný priebeh časovo-špecifickej adaptácie bol zistený aj pre maximálny svalový výkon meraný testom výskok z polodrepu so 60 % z 1-RM. Po skončení tréningu mala poobedná tréningová skupina najvyšší denný výkon popoludní, zatiaľ čo ranná skupina dokázala dosiahnuť podobné parametre výkonu v ranných aj popoludňajších hodinách. Na tomto mieste treba zdôrazniť, že v ranej skupine bol ranný výkonnostný deficit menší ako v poobednej skupine už pre začiatkom tréningu. Pravdepodobným

vysvetlením bola skôr nižšia než priemerná výkonnosť o 17:00 hod. ako lepšia ranná výkonnosť. Jedným z dôvodov nižšej poobednej výkonnosti, spomenutým už v predchádzajúcej kapitole, by mohlo byť skreslenie nameraných dát horšou technickou vyspelosťou probandov v danom teste.

Jedno zistenie sa opakuje napriek všetkými hore uvedenými experimentmi. Prírastky v maximálnej svalovej sile sú rovnaké bez ohľadu na fázu dňa, v ktorej sa tréning pravidelne vykonáva. Toto zistenie platí tak pre výkonnosť meraní v čase pravidelného tréningu (Souissi et al., 2002; Sedliak et al., 2008) alebo v inom čase dňa s výnimkou ranných hodín v skupine ľudí trénujúcich v inom než rannom čase (Sedliak et al., 2008). Navyše boli podobné výsledky zistené tak pri dynamických testoch (1 RM v polodrepe, izokinetická extenzia v kolennom kĺbe), ako aj izometrických testoch maximálnej sily.

Výsledky zatiaľ poslednej publikovanej tréningovej štúdie ale ukazujú na to, že prírastky v svalovej sile môžu byť nižšie v úvodných týždňoch ranného tréningu (Sedliak et al., 2012). Experimentálny protokol obsahoval popri pred- a potréningových testoch aj priebežné silové testy každé tri týždne v priebehu 11-týždňovej tréningovej periódy, ktorú podstúpili predtým silovo netrénovaní mladí muži. Ako vidieť na obrázku 3.3, časový priebeh v prírastkoch sily poobednej tréningovej skupiny vykazoval typickú krivku s najvýraznejším zlepšením v prvých troch týždňoch s postupným poklesom prírastkov v ďalšom priebehu tréningu. Všeobecne akceptovanou teóriou priebehu zlepšenia sily v úvodných fázach tréningu sú neutrálne zmeny, predovšetkým vyšší počet súčasne aktivovaných motorických jednotiek, ako bolo navrhnuté už v sedemdesiatych a osemdesiatych rokoch minulého storočia (Moritani a DeVries, 1979; Paavo a Komi, 1986). V ďalšej fáze adaptácie sa pridáva schopnosť simultánnej, súčasnej aktivácie veľkého počtu motorických jednotiek. Prekvapivo, takýto klasický priebeh nárastu maximálnej sily s tréningom sa neudial v rannej tréningovej skupine. V prvých troch tréningových

týždňoch sa sila významne nezvýšila, strmší nárast sily sa udial až od štvrtého tréningového týždňa. Na konci jedenásteho týždňa sa však už obe skupiny nelíšili v prírastkoch maximálnej sily v izometrickom a izokinetickom režime.



Obrázok 3.3 Priebeh zmien maximálnej sily dolných končatín meraných pred začiatkom (Pre), v 3., 6., 9. (Mid 1, Mid 2, Mid 3) a 11. týždni (Post) časovo-špecifického tréningu v rannej a poobednej tréningovej skupine (priemer  $\pm$  smerodajná odchýlka) \* -  $p < 0,05$ , \*\* -  $p < 0,01$ , štatisticky významné zmeny v porovnaní s Pre

### 3.2 Adaptácia na časovo-špecifický silový tréning – svalová hypertrofia

Silový tréning vedie popri neurálnej adaptácii aj k rôznym štrukturálnym zmenám v tkanivách. Typickým príkladom je hypertrofia kostrového svalstva, alebo inými slovami nárast pričného prierezu a tým aj objemu trénovaných svalových skupín. Rôzne typy silového tréningu vedú samozrejme k rôznemu stupňu hypertrofickej adaptácie. Podrobný popis problematiky rôznych typov silového tréningu by presahoval rámec tejto

publikácie. V skratke ale možno konštatovať, že tréning primárne orientovaný na rozvoj svalovej hypertrofie pozostáva z aplikovania odporu okolo 60-80 % z 1RM, 6 až 12 opakovaní v rámci jednej série, relatívne dlhé trvanie jedného opakovania (3 až 5 sekúnd) a 2 až 4 sériami na daný cvik v rámci jednej tréningovej jednotky (Kraemer a Häkkinen, 2008). Medzi hlavné fyziologické charakteristiky takéhoto zaťaženia patrí zvýšenie proteosyntézy vo svalových bunkách pomocou relatívne dlhého času pod kontrakciou a tiež zvýšenou svalovou acidózou.

Vo všeobecnosti je pomer atrofie (zmenšenia) a hypertrofie (nárastu) objemu svalovej bunky daný celkovým pomerom tvorby svalových bielkovín a ich degradácie. Už jedna tréningová jednotka vedie k prechodnému nárastu proteosyntézy (tvorby bielkovín), a to v trvaní až do 48 hodín od skočenia zaťaženia (MacDougall et al., 1995; Phillips et al., 1997). Presnejšie povedané, v priebehu zaťaženia prevláda degradácia svalových bielkovín nad ich tvorbou (Rennie a Tipton, 2000). Ihneď po skončení zaťaženia sú tvorba aj degradácia bielkovín zvýšené v porovnaní s predzáťažovým stavom v dôsledku umožnenia prestavby a obnovy tréningom poškodených bunkových štruktúr, čo môže pretrvávať až 48 hodín (Phillips et al., 1997). V prípade dostatku aminokyselín a iných výživových látok v tejto zotavovacej fáze je celkový pomer tvorby a degradácie bielkovín preklopený v prospech tvorby, čo vedie k postupnej hypertrofii svalových buniek (Rennie a Tipton, 2000; Wolfe, 2002).

Treba si uvedomiť, že tvorba a degradácia bielkovín sa týka rozličných frakcií bunky, napríklad mitochondriálnej, myofibrilárnej alebo sarkoplazmatickej. Jednotlivé frakcie bunky majú rozličné časové priebehy v zmenách tvorby bielkovín (Burd et al., 2012). Myofibrilárna proteosyntéza je napríklad zvýšená až po 24–30 hodinách od skončenia silového zaťaženia s nízkym odporom (30 % z 1-RM) a veľkým objemom práce. Naproti tomu proteosyntéza v sarkoplazmatickej frakcii je zvýšená už po 6 hodinách, ale po 24 až 30 hodinách nie sú zistiteľné žiadne zmeny



v porovnaní s predzáťažovým stavom. Čo sa týka mitochondriálnej proteosyntézy, tá je zvýšená tak po 6, ako aj 24 hodinách od skočenia cvičenia, pričom jej vrchol je dosiahnutý v druhom testovacom čase (Burd et al., 2012). Hypoteticky možno predpokladať, že v prípade použitia klasického typu silového zaťaženia s väčším odporom a kratším trvaním, čiže s menším podielom oxidatívneho krytia obnovy energie, by bola mitochondriálna proteosyntéza zvýšená menej. Momentálne je otvorených veľa otázok ohľadom podielu jednotlivých bunkových frakcií na celkovej hypertrofii, možných odlišnostiach v jednotlivých typoch svalových buniek a po rozličných typoch zaťaženia.

Situácia sa javí jasnejšia na makroskopickej úrovni merania svalovej hypertrofie. V klasickej štúdiu MacDougalla a kolektívu (1984) sa zistil percentuálne podobný podiel spojivového a iného nekontraktilného tkaniva (asi 13 %) v skupine kulturistov, ako aj v skupine netrénovaných jedincov podobného veku. Nárast v anatomickej priereze (aCSA) trénovaných svalov je merateľný už po relatívne krátkom trvaní tréningu (8 až 12 týždňov). Priemerná veľkosť prírastkov v skupine netrénovaných jedincov mužského pohlavia po 10-týždňovom tréningu je 8,5 %, v rozsahu od 1,1 % až po 17,3 % (Wernbom et al., 2007). Podobne ako v prípade prírastkov v maximálnej sile, nárast v aCSA sa postupne znižuje s trvaním tréningu, pričom prírastky sú tým menšie za rovnaký časový úsek, čím bližšie je jedinec k dosiahnutiu svojho genetického potenciálu (Alway et al., 1992). Biologické faktory ako napríklad pomer jednotlivých typov svalových vlákien, endokrinný profil, množstvo a pomery v príjme jednotlivých výživových látok, vek, pohlavie a iné boli rozpoznané ako určujúce v zmysle konečnej úrovne adaptácie na silový tréning (Kraemer a Ratamess, 2005; Crewther et al., 2006; Folland a Williams, 2007; Hulmi et al., 2007).

Napriek pomerne dlhej histórii prác skúmajúcich časovo-spezifickú adaptáciu na tréning bola prvá práca zameraná na svalovú hypertrofiu

publikovaná pomerne nedávno (Sedliak et al., 2009). V tomto experimente sa skúmala adaptácia v sile aj svalovej hypertrofií po rannom (07:00 až 09:00 hod.) alebo poobednom (17:00 až 19:00 hod.) silovom tréningu. Z tohto dôvodu bol samotný silový tréning koncipovaný ako kombinácia viacerých typov tréningov v trvaní 10 týždňov, totožný s tréningom publikovaným v skoršej štúdii (Sedliak et al., 2008). Hypertrofický typ tréningu (60-80 % z 1-RM, 6-12 opakovaní v sérii, 3-5 sekúnd na jedno opakovanie, 2-4 série) bol náplňou každej druhej tréningovej jednotky, čiže raz alebo dvakrát do týždňa. Druhá polovica tréningov bola zameraná na rozvoj maximálnej a výbušnej svalovej sily. Hlavnými trénovanými svalovými skupinami boli vystierače a ohýbače kolenného kĺbu. Na vyhodnotenie zmien v objeme štvorhlavého svalu stehna bola použitá magnetická rezonancia (MRI), pričom sa vyhodnocovali tak plochy jednotlivých svalových prierezov, ako aj z nich vypočítaný objem svalu. V porovnaní s kontrolnou netrénujúcou skupinou bol objem štvorhlavého svalu stehna významne zvýšený v oboch tréningových skupinách. Priemerný nárast objemu bol 2,7 % v ranej a 3,5 % v poobednej tréningovej skupine. Záverom štúdie bolo, že podobný rozsah hypertrofiie môže byť dosiahnutý za relatívne krátke trvanie (2-3 mesiace) tak v ranných, ako aj poobedných hodinách.

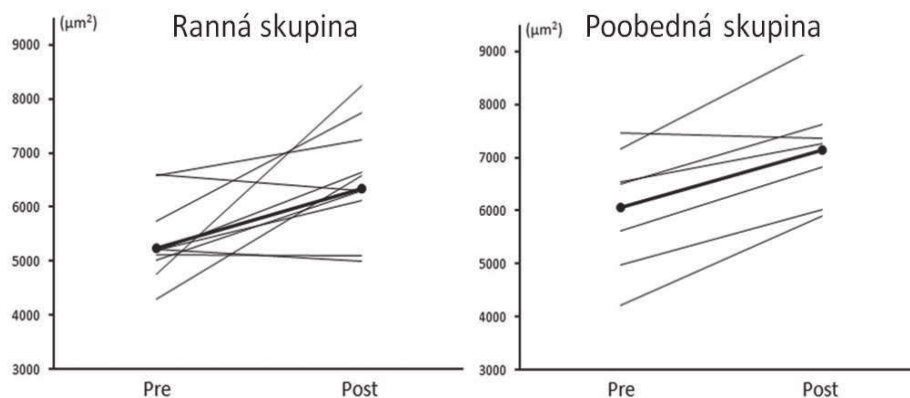
Zaujímavou bola ale tendencia k relatívne vyšším prírastkom (0,8 %), aj keď štatisticky nevýznamná, v prospech poobednej tréningovej skupiny. Pri analyzovaní priečných prierezov bol tento trend ešte výraznejší, dosahujúc rozdiely 1-1,5 % v strednej časti štvorhlavého svalu stehna. V súťažnej kulturistike by mohlo ísť už o dôležité rozdiely pre výsledok v súťaži. Ostáva ale otázne, v akom rozsahu boli uvedené rozdiely vo veľkosti svalových prírastkov skutočným efektom fázy dňa. Inými faktormi vysvetľujúcimi rozdiely by mohli byť rozdiely medzi tréningovými skupinami v takých parametroch, ktoré neboli známe pri zadeľovaní do skupín, ale zároveň s potenciálom spôsobiť variabilitu prírastkov. Napríklad nehomogénne rozdelenie probandov s ohľadom na ich pokojové

hladiny testosterónu, zvyhodňujúce skupinu s vyšším hladinami, keďže prírastky v sile a objeme svalu sa zdajú byť v priamom vzťahu k hladine testosterónu (Bhasin et al., 2001; Kvorning et al., 2006). K ďalším faktorom patrí napríklad percentuálny podiel typov svalových vlákien (Thorstensson et al., 1976; Campos et al., 2002) a/alebo vyšší výskyt satelitných buniek pred tréningom (Petrella et al., 2008).

Ako bolo spomenuté vyššie, tréningový protokol použitý v našej štúdií mal za úlohu stimulovať tak rozvoj sily, ako aj hypertrofiu (Sedliak et al., 2009). Z literatúry je známe, že protokoly zamerané na rozvoj maximálnej sily nestimulujú v plnej miere vnútrobunkové fyziologické procesy dôležité pre aktiváciu proteosyntézy (Hulmi et al., 2012). Navyše obe tréningové skupiny podstúpili pred začatím vlastného časovo-špecifického tréningu 10-týždňový prípravný silový tréning v čase medzi 17:00 až 19:00 hod., ktorého úlohou bolo pripraviť probandov na intenzívne zaťaženie. Samotný prípravný tréning viedol s najväčšou pravdepodobnosťou k určitým prírastkom svalovej sily a hmoty. Tieto dva fakty čiastočne vysvetľujú menšie, takmer polovičné priemerné prírastky vo vlastnom časovo-špecifickom tréningu v porovnaní s podobným typom probandov (Wernbom et al., 2007).

V ďalšej štúdií sme sa preto rozhodli zamerať výhradne na rozvoj svalovej hypertrofiie. Vybraní boli probandi bez predchádzajúcej silovej prípravy a aplikoval sa silový tréning typický pre rozvoj svalovej hmoty (Sedliak et al., 2011). Vo všetkých cvičeniach zameraných na svaly stehna sa použili dlhšie časy svalových kontrakcií na jedno opakovanie, s 2-sekundovou koncentrickou a 3-sekundovou excentrickou fázou pohybu. Navyše boli popri MRI dobraté aj bioptické vzorky zo svalov stehna na posúdenie svalovej hypertrofiie na bunkovej úrovni. Mladí muži trénovali po dobu 11 týždňov, v časoch medzi 07:30 až 08:30 hod. pre rannú tréningovú skupinu a 16:00-17:00 hod. pre poobednú tréningovú skupinu. Z výsledkov vyplynulo, že v oboch tréningových skupinách boli zaznamenané výrazné

prírastky svalovej hmoty. Priemerné zväčšenie pričného prierezu svalových buniek bolo 23 % v poobednej a 17,6 % v ranej tréningovej skupine, pričom rozdiel medzi skupinami nebol štatisticky významný. Štatisticky významným však bol rozdiel medzi inter-individuálnou variabilitou v hypertrofii medzi skupinami. Inými slovami, v ranej skupine bol vyšší počet probandov, ktorí nedosiahli žiadne merateľné zmeny v pričných prierezoch svalových buniek po tréningu v porovnaní s poobednou tréningovou skupinou (obrázok 3.4). Otázkou ostáva, do akej miery išlo o skutočný vplyv času dňa na rozdielnu variabilitu adaptácie na časovo-spezifický tréning v porovnaní s inými možnými fyziologickými alebo metodologickými vplyvmi. Experimentálny protokol tejto štúdie neumožňuje vysloviť jasný záver na danú otázku, aj keď mnoho možných vplyvov bolo v danej štúdii kontrolovaných. Napríklad, celkový objem a relatívna intenzita tréningu bola v oboch tréningových skupinách identická. Probandom bol popri opakovaných inštrukciách o spánkovom a stravovacom režime podávaný bielkovinovo-sacharidový nápoj po každej tréningovej jednotke na minimalizovanie možných rozdielov v množstve a časovaní príjmu makronutrientov. Ďalším dôkazom podporujúcim vplyv času dňa na rozdiely vo variabilite prírastkov medzi skupinami sú zistenia týkajúce sa vnútrobunkových signálnych ciest spojených so stimuláciou proteosyntézy, a tým aj následnej hypertrofie.



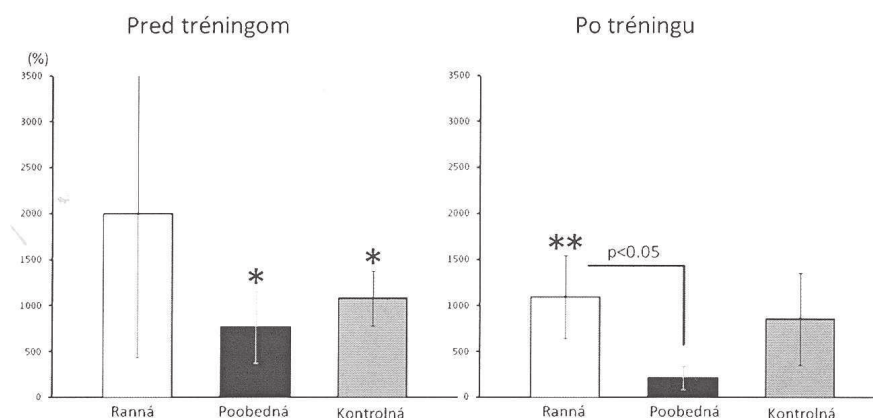
Obrázok 3.4 Zmeny v priečných prierezoch svalových vlákien z bočnej hlavy štvorhlavého svalu stehna merané pred (Pre) a po (Post) 11-týždňovom časovo-špecifickom tréningu v rannej (ľavý panel) a poobednej (pravý panel) tréningovej skupine. Hrubá čiara reprezentuje priemerné zmeny v skupine (v oboch skupinách  $p < 0,01$ ), tenké čiary reprezentujú individuálne zmeny

Ako už bolo spomenuté vyššie v rámci tejto kapitoly, opakované zvýšenie proteosyntézy na úkor degradácie je nevyhnutným predpokladom pre nástup svalovej hypertrofiie. Jednou z možností zvýšenia proteosyntézy na bunkovej úrovni je aktivácia špecifických signálnych ciest pomocou fosforylácie signálnych bielkovín.

Fosforylácia bielkovín v rámci takzvanej protein kinase B/muscle target of rapamycin/p70 ribosomal S6 kinase signálnej cesty (Akt/mTOR/p70S6K) a do určitej miery aj v rámci mitogen-activated protein kinases (MAPK) signálnej cesty bola preukázaná ako pozitívne regulujúca svalový rast (Bodine et al., 2001; Terzis et al., 2008; Shi et al., 2009). Je tiež známe, že silový protokol hypertrofického charakteru akútne stimuluje aktiváciu práve vyššie spomínaných signálnych ciest (Terzis et al., 2008; Drummond et al., 2009; Hulmi et al., 2009, 2010). Prinajmenšom aktivácia rapamycin sensitive mTOR komplexu 1 (mTORC1) je potrebná na navodenie proteosyntézy po silovom zaťažení (Drummond et al., 2009). Fosforylácia

vybraných bielkovín po akútnom silovom zaťažení v ranných a poobedných hodinách bola sledovaná v jednej z našich štúdií (Sedliak et al., 2013). Hlavným zistením bolo, že pozáťažové zvýšenie fosforylácie eukaryotic elongation factor 2 (eEF2) a p38 mitogen-activated kinase (p38 MAPK) kinázy ukázalo štatisticky významne vyššiu variabilitu medzi probandmi po rannom zaťažení v porovnaní s omnoho homogénnejšou odozvou po poobednom cvičení (Sedliak et al., 2013). Faktor eEF2 sa spolupodieľa na elongácii peptidového reťazca (Jorgensen et al., 2006) a jeho aktivita sa fosforyláciou pomocou eEF2 kinázy znižuje, eEF2 kináza je zas kontrolovaná a blokovávaná napríklad pomocou mTOR signálnej cesty (Proud, 2007). V prípade ľudí je po akútnom silovom zaťažení typický pokles v jeho fosforylovanej zložke (čo znamená zvýšenú aktivitu) od 15 minút až do 2 hodín po cvičení (Mascher et al., 2008; Dreyer et al., 2010). p38 MAPK kináza je dôležitou signálnou bielkovinou pre svalovú metabolickú adaptáciu pomocou aktivácie rôznych transkripčných faktorov a iných skupín kináz (Casas-Terradellas et al., 2008). p38 MAPK reaguje tak na anabolické (napr. mechanické natiahnutie bunky), ako aj katabolické stimuly (napr. tumor nekrotizujúci faktor  $\alpha$ ) (Wretman et al., 2001; Jin a Li, 2007; Norrby a Tagerud, 2010), preto je jeho špecifický význam pre svalovú hypertrofiu nejasný. Je samozrejme otázne či existuje kauzálny vzťah medzi vysokou rannou variabilitou v akútnej odpovedi na zaťaženie (vnútrobunková signalizácia) a dlhodobou adaptáciou (bunková hypertrofia). Ďalšie zistenia pochádzajúce z našich laboratórií ale poukazujú na možnosť rozdielnej adaptácie signálnych ciest v reakcii na časovo-špecifický tréning. Napríklad kináza označovaná ako p70 ribozomálna S6 kináza (p70S6K) vykázala významnú redukciu v pozáťažovej úrovni fosforylácie po skončení 11-týždňového tréningu aplikovaného v poobedných hodinách. Podobne znížená úroveň pozáťažovej fosforylácie p70S6K, a tým znížená aktivita v rámci Akt/mTOR/p70S6K signálnych ciest sa zistila v skupine silovo trénovaných športovcov, ale nie v skupine vytrvalcov po jednorázovom silovom zaťažení (Coffey et al., 2006). Zníženie aktivity p70S6K sa zdá

byť prirodzeným adaptačným mechanizmom, keď organizmus reaguje na opakované silové podnety zníženou aktiváciou proteosyntézy. Teoreticky je možné, že v prípade silovo trénovaných jedincov je, okrem iného, nižšia potreba obnovy a reorganizácie bielkovinových štruktúr po zaťažení vzhľadom na ich predchádzajúcu adaptáciu. Naproti tomu pozat'azová úroveň fosforylácie mužov trénujúcich medzi 07:30 – 08:30 hod. v trvaní 11 týždňov ostala zvýšená na úrovni netrénujúcej kontrolnej skupiny (obrázok 3.5). Podobný charakter adaptácie vo forme nezmenenej aktivity po tréningu v ranných hodinách, ale zníženej aktivity po tréningu v poobedných hodinách, bol zistený aj pre faktor eEF2. Predbežné výsledky sledovania signálnych ciest naznačujú, že napriek podobnej úrovni svalovej hypertrofie sa mechanizmy k nej vedúce môžu čiastočne líšiť medzi rannými a poobednými tréningovými hodinami. Teoreticky možno uvažovať, že nezmenená úroveň fosforylácie v ranných hodinách čiastočne kompenzuje zníženú/zvýšenú rannú aktivitu iných faktorov prispievajúcich k svalovej hypertrofii (napr. hormonálne, metabolické, myogénne) v porovnaní s poobednou fázou dňa. Nepriamym dôkazom pre toto tvrdenie by mohli byť výsledky na zvieracích modeloch, ktoré napríklad ukázali významné cirkadiánne oscilácie v expresii mRNA myogénnych regulačných faktorov MyoD, myogenín, MuRF1, Akt1, a ribozomálny proteín S6 a tiež v hladinách fosforylovanej proteín kinázy B a ribozomálneho proteínu S6 v kostrovom svale hlodavcov (Andrews et al., 2010; Shavlakadze et al., 2013). Z hore uvedeného vyplýva jednoznačná potreba ďalších experimentov aplikujúcich komplexný prístup k skúmaniu časovo-špecifickej svalovej hypertrofie na rôznych úrovniach jej bunkovej regulácie.



Obrázok 3.5 Relatívne zmeny vo fosforylovanom podiele p70 ribozomálnej S6 kinázy po jednorázovom silovom zaťažení pred (ľavý panel) a po (pravý panel) 11-týždňovom silovom tréningu v dvoch tréningových a netrénujúcej kontrolnej skupine. (priemer  $\pm$  smerodajná odchýlka) \*-  $p<0,05$ , \*\* -  $p<0,01$  - štatisticky významný nárast oproti predzáťažovému stavu v rámci jednej skupiny  $p<0,05$  – štatisticky významný rozdiel medzi rannou a poobednou skupinou (upravené podľa Sedliaka et al., 2012)

Cirkulujúce hladiny niektorých hormónov a rastových látok ako napríklad testosterónu, kortizolu, rastového hormónu, inzulínu podobnému rastovému faktoru 1(IGF-I) sú vo všeobecnosti považované za dôležité faktory pre svalovú hypertrofiu, respektíve atrofiu. Napríklad testosterón je anabolický steroidný hormón stimulujúci okrem iného proteosyntézu a spomaľujúci degradáciu svalových bielkovín (Ferrando et al., 1998), čoho výsledkom je zvýšenie svalovej hmoty a sily (Kraemer et al., 1990). Testosterón taktiež zvyšuje citlivosť svalového tkaniva na IGF-I stimulovaním tvorby bielkovinových receptorov pre IGF-I (Thompson et al., 1989), zvyšuje proliferáciu satelitných buniek, čo opäť vedie k hypertrofii svalových vlákien (Doumit et al., 1996; Sinha-Hikim et al., 2003). Štatisticky významná korelácia medzi hladinami testosterónu a nárastom izometrickej svalovej sily môže znamenať, že hladina testosterónu je významným faktorom pre rozvoj sily (Ahtiainen et al., 2003). Naopak kortizol je často



považovaný za katabolický steroidný hormón s opačným účinkom ako má testosterón. Ide však o hrubé zjednodušenie funkcie kortizolu v organizme. Napríklad jeho krátke zvýšenie po silovom zaťažení zvyšuje hladinu cirkulujúcich aminokyselín zo svalu, čím ich ale zároveň sprístupňuje pre bunky ako zdroj pre následnú proteosyntézu (Virus a Virus, 2001). Dokonca bola publikovaná štúdia, ktorá ukázala, že jedinci s vyššou pozáťažovou hladinou kortizolu dokázali zväčšiť priečny prierez svalových vlákien viac v porovnaní s jedincami s menšou kortizolovou odpoveďou (West a Phillips, 2012). Kortizol má okrem úlohy pri stresových a imunitných reakciách aj funkciu signálnej molekuly synchronizujúcej sekundárne periférne oscilátory s centrálnym oscilátorom lokalizovaným v suprachiasmatickom jadre hypotalamu (Balsalobre, 2000). Jeho nefyziologická manipulácia v zmysle maximálneho znižovania koncentrácií, často propagovaná v kulturistických a fitness kruhoch, môže preto pôsobiť v konečnom dôsledku nepriaznivo na tréningovú adaptáciu.

Zatiaľ čo význam pokojových 24-hodinových koncentrácií hore uvedených hormónov a rastových faktorov pre svalovú hypertrofiu je všeobecne akceptovaný, v súčasnosti prebieha intenzívna vedecká diskusia o význame akútnych zmien týchto hormónov v priebehu a krátko po zaťažení. Niekoľko štúdií ukázalo, že svalová hypertrofia môže byť navodená aj bez akútnych pozáťažových hormonálnych zmien, ak je zabezpečený dostatočný príjem esenciálnych aminokyselín (Wilkinson et al., 2006; West et al., 2009, 2010). Podrobnejšie rozoberanie úlohy hormonálneho systému na tréningovú adaptáciu presahuje rámec tejto kapitoly a čitatelia si v prípade záujmu môžu prečítať relevantné prehľadové články (napr. Kraemer a Ratamess, 2005; Spiering et al., 2008; Hayes et al., 2010).

Napriek tomu je potrebné na tomto mieste spomenúť prehľadový článok zaoberajúci sa interakciou hormonálneho systému s adaptáciou na časovo-špecifický tréning publikovaný v roku 2010 Hayesom, Bickerstaffom a Bakerom. Autori uviedli naozaj plnohodnotný prehľad dovtedy

publikovaných prác, napriek tomu však neboli schopní jednoznačne konštatovať, že cirkadiánne zmeny v pokojových alebo pozáťažových hladinách hormónov a rastových látok zohrávajú významnú úlohu v adaptácii na časovo-špecifický silový tréning. Výsledky prierezových štúdií sú často protichodné a počet experimentov s tréningovou intervenciou je veľmi limitovaný a s nejednoznačnými závermi (napr. McMurray et al., 1995; Kraemer et al., 2001; Nindl et al., 2001;). Ako príklad môže poslúžiť jedna z našich štúdií, ktorá nezistila vplyv časovo-špecifického tréningu na pokojové hladiny testosterónu (Sedliak et al., 2007). Naproti tomu ranný silový tréning spôsobil zníženie pokojových ranných hladín kortizolu. Mechanizmom však bola pravdepodobne psychická forma adaptácie na skoré vstávanie a na ranné zaťaženie, ktoré po absolvovaní tréningu nebolo vnímané probandmi z rannej tréningovej skupiny ako stresujúce. Pred tréningom mali totiž tak obe experimentálne, ako aj kontrolná skupina ranné hladiny kortizolu namerané pred prvým z opakovaných testov na hornej hranici fyziologických koncentrácií. To naznačuje vplyv anticipačného stresu (Mason et al., 1973; Michaud et al., 2009). Po skončení tréningu ostali ranné hladiny kortizolu mierne zvýšené len v poobednej tréningovej a kontrolnej skupine. Je tiež nepravdepodobné, aby silový tréning absolvovaný dva až trikrát do týždňa spôsobil akékoľvek fázové posuny v cirkadiánnom rytme kortizolu alebo testosterónu (Sedliak et al., 2007). Voľné zotavovacie dni medzi tréningami umožnili organizmu veľmi pravdepodobne vyresetovať potenciálne fázové posuny navodené časovo-špecifickým tréningom, pretože probandi boli po celý čas vystavení iným environmentálnym a sociálnym synchronizátorom vnútorných biologických hodín, napríklad slnečnému svetlu alebo sociálnym interakciám. Budúce experimenty by sa mali orientovať popri skúmaní cirkulujúcich hormonálnych hladín aj na ich špecifický efekt v danom tkanive, napríklad sledovaním zmien v aktivite ich receptorov vo svaľe s ohľadom na tréningovú adaptáciu.

### 3.3 Silový tréning ako „zeitgeber“

Ďalšou otázkou vyvstávajúcou s adaptáciou na opakovaný časovo-špecifický tréning je funkcia silového tréningu ako zeitgebera. Inými slovami, je jednorazové alebo opakované silové zaťaženie schopné modifikovať cirkadiánnu periódu alebo spôsobiť fázový posun?

Slnčné svetlo je mimoriadne silným stimulom pre predĺženie alebo naopak skrátenie cirkadiánnej periódy. Popri svetle existujú dôkazy aj o viacerých nefotických signáloch s podobným účinkom, napríklad časovanie príjmu potravy alebo sociálnych interakcií, ďalej melatonín, stimulanty, hypnotiká a v neposlednom rade fyzická aktivita (Mistlberger a Skene, 2005). Štúdie na zvieratách dokázali, že fyzická aktivita je dostatočným signálom na ovplyvnenie expresie takzvaných hodinových génov centrálnych aj periférnych oscilátorov, napríklad vo svalu (Maywood et al., 1999; Wolff a Esser, 2012).

Podobné experimenty na ľuďoch sú však pomerne náročné. Rôzne metodologické problémy v predchádzajúcich štúdiách spojené s prítomnosťou svetla, trvaním experimentu alebo spôsobom merania cirkadiánnej periódy ovplyvnili výsledky cvičenia na cirkadiánnu periódu človeka. Cain et al. (2007) nezistili napríklad žiadny významný efekt opakovaného cvičenia na cirkadiánnu periódu posudzovanú pomocou rytmu telesnej teploty a melatonínu. Použili 20-hodinový protokol nútenej desynchronizácie, v priebehu ktorej boli probandi opakovane vystavení cvičeniu v podmienkach tlmeného svetla. Cvičenie pozostávalo z troch 45-minútových blokov v čase bdenia na bicyklovom ergometri. Prvý blok cvičenia začal 0,75 hod. po prebudení, druhý asi 4,5 hod. a tretí 8,25 hod. po prebudení. Cieľovou intenzitou bola srdcová frekvencia na úrovni približne 65 % z maximálnej frekvencie. Autori vzhľadom na pomerne nízku intenzitu zaťaženia pripustili možnosť, že vyššia intenzita by mohla spôsobiť odlišný efekt (Cain et al., 2007). V inej štúdii s vyššou intenzitou

pedálovania bol zistený trend ku skráteniu cirkadiánnej periódy ( $\tau = 23,98$  hod., Beersma a Hiddinga, 1998). Pri všetkých týchto štúdiách bolo cvičenie aplikované minimálne jedenkrát do dňa. Každodenný tréning ale nie je vhodný pre všetky typy zaťaženia a zvlášť silového tréningu, napríklad hypertrofického zamerania s vysokou intenzitou a objemom, pretože by mohol po určitom čase viesť k pretrénovaniu a/alebo zraneniu.

Jasnejšie sú výsledky prác na ľuďoch sledujúce vplyv cvičenia na fázový posun. Existujú presvedčivé dôkazy o tom, že cvičenie vytrvalostného charakteru má schopnosť navodiť fázový posun (Van Reeth et al., 1994; Buxton et al., 1997). Probandi, ktorí podstúpili tri 45-minútové cykly zaťaženia na bicyklovom ergometri, mali významne väčší fázový posun v parametri začiatku a konca produkcie melatonínu v porovnaní s necvičiacimi probandmi (Barger et al., 2004). Ako bolo spomenuté vyššie, drvivá väčšina prác použila vytrvalostné zaťaženie na bicykli. Omnoho menej informácií je dostupných o vplyve silového zaťaženia. V doteraz jedinej štúdii na ľuďom sa zistila schopnosť jednorazového silového cvičenia navodiť časové zmeny v expresii hodinových génov vo svaloch (Zambon et al., 2003).

Ak by sa podarilo presvedčivo dokázať schopnosť cvičenia spôsobiť fázový posun v ľudskom organizme, malo by to významný praktický dopad, predovšetkým v prípade oslabeného alebo narušeného vplyvu svetelného zeitgebera. Typickým praktickým príkladom môžu byť problémy spôsobené dlhými letmi naprieč viacerými časovými pásmami alebo život vo vysokých zemepisných šírkach v určitých častiach roka. Možno súhlasiť so závermi Elizabeth Schroderovej a Karyn Esserovej (2013), že hoci na základe experimentov na zvieratách je veľmi pravdepodobná existencia takého načasovania fyzickej aktivity v priebehu dňa, ktorá by posilnila cirkadiánnu systém organizmu na molekulárnej úrovni, chýbajú štúdie na ľuďoch s aplikovaním rôznych typov cvičenia, napríklad silového.

### 3.4 Závěry a praktické odporúčania

Obsah dvoch predchádzajúcich kapitol môže byť zhrnutý nasledovne:

Ľudia bez predchádzajúcej skúsenosti s ranným silovým tréningom dosahujú v priemere 5-10 % nižšie hodnoty maximálnej vôľovej sily a výkonu v rôznych druhoch testov. Tento fenomén sa označuje ako ranný výkonnostný deficit. Odporúča sa preto netestovať maximálnu silu a výkon pred deviatou hodinou ráno.

Pravidelný silový tréning v ranných hodinách v trvaní aspoň 5 týždňov dokáže odstrániť ranný výkonnostný deficit v sile a výkone. Ľudia sú potom schopní produkovať svoje denné maximum aj v ranných hodinách. Prírastky v maximálnej sile a výkone sú podobné bez ohľadu na fázu dňa, v ktorej sa tréning vykonáva.

Silovo-rýchlostní športovci súťažiaci v ranných hodinách by mali trénovať pravidelne v čase súťaže minimálne 5 týždňov pred samotnou súťažou. Pre každého športovca však možno odporúčať dlhodobé zosúladenie času tréningu s časom súťaže, ak to dovoľujú podmienky alebo je čas súťaže pomerne stály.

V prípade, že sú na rozvoj maximálnej sily a výkonu vyhradené tri týždne a menej, neodporúča sa tréning na ich rozvoj zaradiť do ranných hodín.

Rozvoj svalovej hypertrofie v kratšom časovom úseku dvoch až troch mesiacov sa javí byť rovnako účinný v hociktorej fáze dňa. V súčasnosti však neexistujú vedecké práce skúmajúce prípadné rozdiely pri dlhšie trvajúcim hypertrofickým tréningu.



- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W.J., Häkkinen, K. (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *Eur J Appl Physiol*. 89(6):555-63.
- Alway, S.E., Grumbt, W.H., Stray-Gundersen, J., Gonyea, W.J. (1992). Effects of resistance training on elbow flexors of highly competitive bodybuilders. *J Appl Physiol* (1985). 72(4):1512-21.
- Andrews, J.L., Zhang, X., McCarthy, J.J., McDearmon, E.L., Hornberger, T.A., Russell, B., Campbell, K.S., Arbogast, S., Reid, M.B., Walker, J.R., Hogenesch, J.B., Takahashi, J.S., Esser, K.A. (2010). CLOCK and BMAL1 regulate MyoD and are necessary for maintenance of skeletal muscle phenotype and function. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2;107(44):19090-5.
- Balsalobre, A., Brown, S.A., Marcacci, L., Tronche, F., Kellendonk, C., Reichardt, H.M., Schutz, G., Schibler, U. (2000). Resetting of circadian time in peripheral tissues by glucocorticoid signaling. *Science*, 289:2344-2347.
- Barger, L.K., Wright, K.P. Jr., Hughes, R.J., Czeisler, C.A. (2004). Daily exercise facilitates phase delays of circadian melatonin rhythm in very dim light. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 286(6):R1077-84.
- Beaven, C.M., (2010). Hormone-mediated strategies to enhance training and performance. Doctoral thesis. Auckland University of Technology, pp 123.
- Beersma, D.G., Hiddinga, A.E. (1998). No impact of physical activity on the period of the circadian pacemaker in humans. *Chronobiol Int*. 15(1):49-57.
- Bhasin, S., Woodhouse, L., Casaburi, R., Singh, A.B., Bhasin, D., Berman, N., Chen, X., Yarasheski, K.E., Magliano, L., Dzekov, C., Dzekov, J., Bross, R., Phillips, J., Sinha-Hikim, I., Shen, R., Storer, T.W. (2001). Testosterone dose-response relationships in healthy young men. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 281(6):E1172-81.
- Blonc, S., Perrot, S., Racinaï, S., Aussepe, S., Hue, O. (2010). Effects of 5 weeks of training at the same time of day on the diurnal variations of maximal muscle power performance. *J Strength Cond Res*. 24(1):23-9.

- Bodine, S.C., Stitt, T.N., Gonzalez, M., Kline, W.O., Stover, G.L., Bauerlein, R., Zlotchenko, E., Scrimgeour, A., Lawrence, J.C., Glass, D.J. (2001). Yancopoulos GD. Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. *Nat Cell Biol.* 3(11):1014-9.
- Burd, N.A., Andrews, R.J., West, D.W., Little, J.P., Cochran, A.J., Hector, A.J., Cashaback, J.G., Gibala, M.J., Potvin, J.R., Baker, S.K., Phillips, S.M. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *J Physiol.* 15;590(Pt 2):351-62.
- Buxton, O.M., Frank, S.A., L'Hermite-Balériaux, M., Leproult, R., Turek, F.W., Van Cauter, E. (1997). Roles of intensity and duration of nocturnal exercise in causing phase delays of human circadian rhythms. *Am J Physiol.* 273(3 Pt 1):E536-42.
- Cain, S.W., Rimmer, D.W., Duffy, J.F., Czeisler, C.A. (2007). Exercise distributed across day and night does not alter circadian period in humans. *J Biol Rhythms*, 22(6):534-41.
- Campos, G.E., Luecke, T.J., Wendeln, H.K., Toma, K., Hagerman, F.C., Murray, T.F., Ragg, K.E., Ratamess, N.A., Kraemer, W.J., Staron, R.S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol.* 88(1-2):50-60.
- Casas-Terradellas, E., Tato, I., Bartrons, R., Ventura, F., Rosa, J.L. (2008). ERK and p38 pathways regulate amino acid signalling. *Biochim Biophys Acta*, 1783: 2241-2254.
- Chtourou, H., Driss, T., Souissi, S., Gam, A., Chaouachi, A., Souissi, N. (2012a). The effect of strength training at the same time of the day on the diurnal fluctuations of muscular anaerobic performances. *J Strength Cond Res.* 26(1):217-25.
- Chtourou, H., Chaouachi, A., Driss, T., Dogui, M., Behm, D.G., Chamari, K., Souissi, N. (2012b). The effect of training at the same time of day and tapering period on the diurnal variation of short exercise performances. *J Strength Cond Res.* 26(3):697-708.

- Coffey, V.G., Zhong, Z., Shield, A., Canny, B.J., Chibalin, A.V., Zierath, J.R., Hawley, J.A. (2006). Early signaling responses to divergent exercise stimuli in skeletal muscle from well-trained humans. *FASEB, J.* 20(1):190-2.
- Crewther, B., Keogh, J., Cronin, J., Cook, C. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation: acute hormonal responses. *Sports Med.* 36(3):215-38.
- Doumit, M.E., Cook, D.R., Merkel, R.A. (1996). Testosterone up-regulates androgen receptors and decreases differentiation of porcine myogenic satellite cells in vitro. *Endocrinology*, 137(4):1385-94.
- Dreyer, H.C., Fujita, S., Glynn, E.L., Drummond, M.J., Volpi, E., Rasmussen, B.B. (2010). Resistance exercise increases leg muscle protein synthesis and mTOR signalling independent of sex. *Acta Physiol*, 199: 71-81.
- Drummond, M.J., Fry, C.S., Glynn, E.L., Dreyer, H.C., Dhanani, S., Timmerman, K.L., Volpi, E., Rasmussen, B.B. (2009). Rapamycin administration in humans blocks the contraction-induced increase in skeletal muscle protein synthesis. *J Physiol.* 1;587(Pt7):1535-46.
- Ferrando, A.A., Tipton, K.D., Doyle, D., Phillips, S.M., Cortiella, J., Wolfe, R.R. (1998). Testosterone injection stimulates net protein synthesis but not tissue amino acid transport. *Am J Physiol.* 275(5 Pt 1):E864-71.
- Folland, J.P., Williams, A.G. (2007). The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med.* 37(2):145-68.
- Häkkinen, K., Häkkinen, A. (1995). Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 35(3):137-47.
- Hayes, L.D., Bickerstaff, G.F., Baker, J.S. (2010). Interactions of cortisol, testosterone, and resistance training: influence of circadian rhythms. *Chronobiol Int.* 27(4):675-705.
- Hill, D.W., Cureton, K.J., Collins, M.A. (1989). Circadian specificity in exercise training. *Ergonomics*, 32(1):79-92.
- Hill, D.W., Leiferman, J.A., Lynch, N.A., Dangelmaier, B.S., Burt, S.E. (1998). Temporal specificity in adaptations to high-intensity exercise training. *Med Sci Sports Exerc.* 30(3):450-5.
- Hulmi, J.J., Ahtiainen, J.P., Kaasalainen, T., Pöllänen, E., Häkkinen, K., Alen, M., Selänne, H., Kovanen, V., Mero, A.A. (2007). Postexercise myostatin and



- activin IIb mRNA levels: effects of strength training. *Med Sci Sports Exerc.* 39(2):289-97.
- Hulmi, J.J., Kovanen, V., Selänne, H., Kraemer, W.J., Häkkinen, K., Mero, A.A. (2009). Acute and long-term effects of resistance exercise with or without protein ingestion on muscle hypertrophy and gene expression. *Amino Acids.* 37(2):297-308.
- Hulmi, J.J., Walker, S., Ahtiainen, J.P., Nyman, K., Kraemer, W.J., Häkkinen, K. (2012). Molecular signaling in muscle is affected by the specificity of resistance exercise protocol. *Scand J Med Sci Sports,* 22(2):240-8.
- Jin, B., Li, Y.P. (2007), Curcumin prevents lipopolysaccharide-induced atrogenin-1/MAFbx upregulation and muscle mass loss. *J Cell Biochem,* 1: 960-969.
- Jorgensen, R., Merrill, A.R., Andersen, G.R. (2006). The life and death of translation elongation factor 2. *Biochem Soc Trans,* 34: 1-6.
- Komi, P.V. (1986). Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *Int J Sports Med. Suppl* 1:10-5.
- Kraemer, W.J., Häkkinen, K. (2008). *Strength training for sport.* Wiley-Blackwell. pp. 200.
- Kraemer, W.J., Loebel, C.C., Volek, J.S., Ratamess, N.A., Newton, R.U., Wickham, R.B., Gotshalk, L.A., Duncan, N.D., Mazzetti, S.A., Gómez, A.L., Rubin, M.R., Nindl, B.C., Häkkinen, K. (2001). The effect of heavy resistance exercise on the circadian rhythm of salivary testosterone in men. *Eur J Appl Physiol.* 84(1-2):13-8.
- Kraemer, W.J., Marchitelli, L., Gordon, S.E., Harman, E., Dziados, J.E., Mello, R., Frykman, P., McCurry, D., Fleck, S.J. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol* (1985). 69(4):1442-50.
- Kraemer, W.J., Ratamess, N.A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med.* 35(4):339-61.
- Kvorning, T., Andersen, M., Brixen, K., Madsen, K. (2006). Suppression of endogenous testosterone production attenuates the response to strength training: a randomized, placebo-controlled, and blinded intervention study. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 291(6):E1325-32.
- Luce, G.G. (1971). *Body time; physiological rhythms and social stress.* New York, Pantheon Books. pp. 394.

- MacDougall, J.D., Gibala, M.J., Tarnopolsky, M.A., MacDonald, J.R., Interisano, S.A., Yarasheski, K.E. (1995). The time course for elevated muscle protein synthesis following heavy resistance exercise. *Can J Appl Physiol.* 20(4):480-6.
- MacDougall, J.D., Sale, D.G., Alway, S.E., Sutton, J.R. (1984). Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 57(5):1399-403.
- Mascher, H., Tannerstedt, J., Brink-Elfegoun, T., Ekblom, B., Gustafsson, T., Blomstrand, E. (2008). Repeated resistance exercise training induces different changes in mRNA expression of MAFbx and MuRF-1 in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 294: E43-E51.
- Mason, J.W., Hartley, L.H., Kotchen, T.A., Mougey, E.H., Ricketts, P.T., Jones, L.G. (1973). Plasma cortisol and norepinephrine responses in anticipation of muscular exercise. *Psychosom Med.* 35(5):406-14.
- Maywood, E.S., Mrosovsky, N., Field, M.D., Hastings, M.H. (1999). Rapid down-regulation of mammalian period genes during behavioral resetting of the circadian clock. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 21;96(26):15211-6.
- McMurray, R.G., Eubank, T.K., Hackney, A.C. (1995). Nocturnal hormonal responses to resistance exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 72(1-2):121-6.
- Michaud, K., Matheson, K., Kelly, O., Anisman, H. (2008). Impact of stressors in a natural context on release of cortisol in healthy adult humans: a meta-analysis. *Stress,* 11(3):177-97.
- Mistlberger, R.E., Skene, D.J. (2005). Nonphotic entrainment in humans? *J Biol Rhythms.* 20(4):339-52.
- Moritani, T., deVries, H.A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med.* 58(3):115-30.
- Nindl, B.C., Kraemer, W.J., Deaver, D.R., Peters, J.L., Marx, J.O., Heckman, J.T., Loomis, G.A. (2001). LH secretion and testosterone concentrations are blunted after resistance exercise in men. *J Appl Physiol* (1985). 91(3):1251-8.
- Norrby, M., Tagerud, S. (2010). Mitogen-activated protein kinase-activated protein kinase 2 (MK2) in skeletal muscle atrophy and hypertrophy. *J Cell Physiol.* 223: 194-201.

- Oschütz, H. (1993). Influence of speed power training taking place at different times of the day on the sprint and jump performance of athletes. *Journal of Interdisciplinary Cycle Research* 24(4).
- Petrella, J.K., Kim, J.S., Mayhew, D.L., Cross, J.M., Bamman, M.M. (2008). Potent myofiber hypertrophy during resistance training in humans is associated with satellite cell-mediated myonuclear addition: a cluster analysis. *J Appl Physiol* (1985). 104(6):1736-42.
- Phillips, S.M., Tipton, K.D., Aarsland, A., Wolf, S.E., Wolfe, R.R. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol*. 273(1 Pt 1):E99-107.
- Proud, C.G. (2007). Signalling to translation: how signal transduction pathways control the protein synthetic machinery. *Biochem J*. 403: 217-34.
- Rennie, M.J., Tipton, K.D. (2000). Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition. *Annu Rev Nutr*.20:457-83.
- Schroder, E.A., Esser, K.A. (2013). Circadian rhythms, skeletal muscle molecular clocks, and exercise. *Exerc Sport Sci Rev*. 41(4):224-9.
- Sedliak, M., Buzgó, G., Cvečka, J., Hamar, D., Laczó, E., Zelko, A., Zeman, M., Okuliarová, M., Ahtiainen, J.P., Häkkinen, K., Hulmi, J.J., Nilsen, T., Raastad, T. (2012). Adaptation to early morning VS. afternoon resistance training: skeletal muscle hypertrophy and cell signaling. 8<sup>th</sup> International Conference on Strength Training, Oslo, Norway.
- Sedliak, M., Cvečka, J., Buzgó, G., Hamar, D., Laczó, E., Zelko, A., Zeman, M., Sedlak, P., Ahtiainen, J.P., Häkkinen, K., Hulmi, J.J., Nilsen, T., Raastad, T. (2011). Muscle fibre hypertrophy after time-of day-specific resistance training. 16th annual congress of the European college of sport science. - Liverpool : Liverpool John Moores university. pp. 481.
- Sedliak, M., Finni, T., Cheng, S., Kraemer, W.J., Häkkinen, K. (2007). Effect of time-of-day-specific strength training on serum hormone concentrations and isometric strength in men. *Chronobiol Int*. 24(6):1159-77.
- Sedliak, M., Finni, T., Cheng, S., Lind, M., Häkkinen, K. (2009). Effect of time-of-day-specific strength training on muscular hypertrophy in men. *J Strength Cond Res*. 23(9):2451-7.
- Sedliak, M., Finni, T., Peltonen, J., Häkkinen, K. (2008). Effect of time-of-day-specific strength training on maximum strength and EMG activity of the leg extensors in men. *J Sports Sci*. 26(10):1005-14.

- Sedliak, M., Zeman, M., Buzgó, G., Cvečka, J., Hamar, D., Laczo, E., Zelko, A., Okuliarová, M., Raastad, T., Nilsen, T.S., Kyröläinen, H., Häkkinen, K., Ahtiainen, J.P., Hulmi, J.J. (2013). Effects of time of day on resistance exercise-induced anabolic signaling in skeletal muscle, *Biological Rhythm Research*. 44:5,756-70.
- Shavlakadze, T., Anwari, T., Soffe, Z., Cozens, G., Mark, P.J., Gondro, C., Grounds, M.D. (2013). Impact of fasting on the rhythmic expression of myogenic and metabolic factors in skeletal muscle of adult mice. *Am J Physiol Cell Physiol*. 1;305(1):C26-35.
- Shi, H., Scheffler, J.M., Zeng, C., Pleitner, J.M., Hannon, K.M., Grant, A.L., Gerrard, D.E. (2009). Mitogen-activated protein kinase signaling is necessary for the maintenance of skeletal muscle mass. *Am J Physiol Cell Physiol*. 296(5):C1040-8.
- Sinha-Hikim, I., Roth, S.M., Lee, M.I., Bhasin, S. (2003). Testosterone-induced muscle hypertrophy is associated with an increase in satellite cell number in healthy, young men. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 285(1):E197-205.
- Souissi, H., Chtourou, H., Chaouachi, A., Dogui, M., Chamari, K., Souissi, N., Amri, M. (2012). The effect of training at a specific time-of-day on the diurnal variations of short-term exercise performances in 10- to 11-year-old boys. *Pediatr Exerc Sci*. 24(1):84-99.
- Souissi, N., Gauthier, A., Sesboué, B., Larue, J., Davenne, D. (2002). Effects of regular training at the same time of day on diurnal fluctuations in muscular performance. *J Sports Sci*. 20(11):929-37.
- Spiering, B.A., Kraemer, W.J., Anderson, J.M., Armstrong, L.E., Nindl, B.C., Volek, J.S., Maresh, C.M. (2008). Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Med*. 38(7):527-40.
- Terzis, G., Georgiadis, G., Stratakos, G., Vogiatzis, I., Kavouras, S., Manta, P., Mascher, H., Blomstrand, E. (2008). Resistance exercise-induced increase in muscle mass correlates with p70S6 kinase phosphorylation in human subjects. *Eur J Appl Physiol*. 102(2):145-52.
- Thompson, S.H., Boxhorn, L.K., Kong, W.Y., Allen, R.E. (1989). Trenbolone alters the responsiveness of skeletal muscle satellite cells to fibroblast

growth factor and insulin-like growth factor I. *Endocrinology*, 124(5):2110-7.

- Thorstensson, A., Hultén, B., von Döbeln, W., Karlsson, J. (1976). Effect of strength training on enzyme activities and fibre characteristics in human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand.* 96(3):392-8.
- Torii, J., Shinkai, S., Hino, S., Kurokawa, Y., Tomita, N., Hirose, M., Watanabe, S., Watanabe, S., Watanabe, T. (1992). Effect of time of day on adaptive response to a 4-week aerobic exercise program. *J Sports Med Phys Fitness.* 32(4):348-52.
- Van Reeth, O., Sturis, J., Byrne, M.M., Blackman, J.D., L'Hermite-Balériaux, M., Leproult, R., Olinier, C., Refetoff, S., Turek, F.W., Van Cauter, E. (1994). Nocturnal exercise phase delays circadian rhythms of melatonin and thyrotropin secretion in normal men. *Am J Physiol.* 266(6 Pt 1):E964-74.
- Viru, A.A., Viru, M. (2001). Biochemical monitoring of sport training. *Human Kinetics, Champaign.* pp. 296.
- Wernbom, M., Augustsson, J., Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med.* 37(3):225-64.
- West, D.W., Burd, N.A., Tang, J.E., Moore, D.R., Staples, A.W., Holwerda, A.M., Baker, S.K., Phillips, S.M. (2010). Elevations in ostensibly anabolic hormones with resistance exercise enhance neither training-induced muscle hypertrophy nor strength of the elbow flexors. *J Appl Physiol* (1985). 108(1):60-7.
- West, D.W., Kujbida, G.W., Moore, D.R., Atherton, P., Burd, N.A., Padzik, J.P., De Lisio, M., Tang, J.E., Parise, G., Rennie, M.J., Baker, S.K., Phillips, S.M. (2009). Resistance exercise-induced increases in putative anabolic hormones do not enhance muscle protein synthesis or intracellular signalling in young men. *J Physiol.* 1;587(Pt21):5239-47.
- West, D.W., Phillips, S.M. (2012). Associations of exercise-induced hormone profiles and gains in strength and hypertrophy in a large cohort after weight training. *Eur J Appl Physiol.* 112(7):2693-702.
- Wilkinson, S.B., Tarnopolsky, M.A., Grant, E.J., Correia, C.E., Phillips, S.M. (2006). Hypertrophy with unilateral resistance exercise occurs without increases in endogenous anabolic hormone concentration. *Eur J Appl Physiol.* 98(6):546-55.

- Wolfe, R.R. (2002). Regulation of muscle protein by amino acids. *J Nutr.* 132(10):3219S-24S.
- Wolff, G., Esser, K.A. (2012). Scheduled exercise phase shifts the circadian clock in skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc.* 44(9):1663-70.
- Wretman, C., Lionikas, A., Widegren, U., Lännergren, J., Westerblad, H., Henriksson, J. (2001). Effects of concentric and eccentric contractions on phosphorylation of MAPK(erk1/2) and MAPK(p38) in isolated rat skeletal muscle. *J Physiol*, 15: 155-164.
- Zambon, A.C., McDearmon, E.L., Salomonis, N., Vranizan, K.M., Johansen, K.L., Adey, D., Takahashi, J.S., Schambelan, M., Conklin, B.R. (2003). Time- and exercise-dependent gene regulation in human skeletal muscle. *Genome Biol.* 4(10):R61.

## **4 Ramadán a športový výkon**

*Hanhom Alabed a Jim Waterhouse*

Počas ramadánu, deviateho mesiaca islamského kalendára, sa od moslimov vyžaduje, aby od východu do západu Slnka držali pôst a neprijímali žiadnu potravu ani tekutiny. Jedinci, ktorí sa rozhodnú na pôst pripraviť, musia vstať skôr ako obyčajne. Vo večerných hodinách, po prerušení pôstu sa zvyknú stretávať s priateľmi a spať chodievajú neskôr. Počas ramadánu je preto spánok zvyčajne kratší. Kombinácia týchto faktorov má vo všeobecnosti negatívny vplyv na aktivity a výkonnosť počas dňa. Úrady zaznamenali v tomto období zvýšený počet dopravných nehôd a väčšiu podráždenosť obyvateľov.

V tejto časti sa budeme venovať zmenám, ktoré nastávajú u športovcov počas štyroch týždňov ramadánu.

### **4.1 Zmeny pozorované počas štyroch týždňov trvania ramadánu**

#### **4.1.1 Energetická rovnováha**

Energetickú rovnováhu podmieňuje príjem a výdaj energie. Výdaj energie závisí od stupňa aktivity, a príjem je podmienený kvantitou a kvalitou potravy, a tiež aj počtom príležitostí na príjem potravy.

Ďalším dôležitým faktorom je hydratácia. Moslimovia sú počas dňa v priebehu ramadánu dehydrovaní, nie je však preukázané, či ide o chronickú dehydratáciu. Ak dehydratácia presiahne 2 % objemu telesnej hmotnosti, môže negatívne ovplyvniť výkon pri niektorých vytrvalostných aktivitách. Pri dehydratácii do 5 % objemu telesnej hmotnosti je možné udržať maximálny anaeróbny výkon počas niekoľkých sekúnd. Pri namáhavom cvičení a pri vyššej vonkajšej teplote môžu športovci vypotiť až  $2\text{ l h}^{-1}$  vody, ktorú si počas ramadánu nemôžu doplniť.

K nerovnováhe energetických zásob dochádza pomalšie, preto neohrozuje zdravie až v takej miere. Nedostatočný príjem potravy a nedostatok makronutrientov môže negatívne ovplyvniť fyzickú aktivitu. Štúdie nepreukázali, že porušenie homeostázy a energetickej rovnováhy organizmu má nepriaznivé účinky na zdravie.

Pokles telesnej hmotnosti je počas ramadánu bežným javom. Zmeny hodnôt energetickej rovnováhy sa však v rôznych štúdiách odlišujú. Niektoré uvádzajú, že u účastníkov výskumu nedošlo k zmene telesnej hmotnosti, zmene v rozložení subkutánneho a viscerálneho tuku a nezmenil sa ani obvod pása, bokov a stehien, z čoho vyplýva, že príjem a výdaj energie boli pravdepodobne v rovnováhe. Ďalšie štúdie rovnako uvádzajú, že nebol zaznamenaný žiadny vplyv na príjem energie alebo telesnú hmotnosť aj napriek tomu, že účastníci počas denného pôstu pociťovali väčší hlad. Týkalo sa to najmä žien, čo sa pripisuje faktu, že počas dňa museli pripravovať jedlo určené na konzumáciu po západe slnka. Iné štúdie zasa uvádzajú, že príjem energie sa počas ramadánu zvyšuje najmä preto, že jedlo skonzumované po západe slnka, má často podstatne nižší obsah sacharidov ako tuku a proteínov, ktoré tvoria až 65 % dennej stravy.

Väčšina štúdií však naznačuje, že počas ramadánu klesá príjem aj výdaj energie. Znížený výdaj energie sa pripisuje zníženej dennej aktivite. Spolu so zníženým výdajom energie sa môžu objaviť aj negatívne zmeny v stravovacích návykoch. Zistilo sa, že sviatočné jedlo neobsahuje vápnik a moslimovia konzumujú viac živočíšnych bielkovín a menej čerstvej zeleniny.

Zmeny stravovacích návykov vplývajú na činnosť tráviaceho traktu a môžu viesť k ťažkostiam. Počas ramadánu sa napríklad zvyšuje kyslosť žalúdka, čo sa však nemusí nevyhnutne prejavovať poruchami trávenia.



#### **4.1.2 Vplyv ramadánu na zdravie**

Štúdia preukázala, že účastníci menej dbajú na pravidelné užívanie liekov, čo môže nepriaznivo ovplyvniť najmä hypertonikov. Mladší účastníci výskumu náchylní na cukrovku mali pri dodržiavaní pôstu takisto ťažkosti. Na druhej strane, u pacientov s kardiovaskulárnymi ochoreniami sa zdravotné riziko nezvýšilo. Zvýšením kyslosti žalúdka sú potenciálne ohrození jedinci, ktorí v minulosti prekonali vtedy dvanástnika, čím sa zvyšuje riziko recidívy spôsobenej dlhodobou zníženým pH a vysokou plazmatickou koncentráciou gastrínu.

Pôst môže mať pozitívny vplyv na hematologický a biochemický profil. Zvýšenie plazmatického HDL cholesterolu pretrvávajúce ešte 20 dní po ukončení pôstu bolo napríklad pozorované konzistentne. Pôst pozitívne vplyva aj na metabolizmus apolipoproteínov a hladinu leptínu a neuropeptidu Y v plazme. U ľudí pracujúcich v noci existuje spojitosť medzi glukózou skonzumovanou v nočných hodinách a zmenami hladín cholesterolu, čo je rizikovým faktorom kardiovaskulárnej morbidity.

Dlhšie trvajúca energetická nerovnováha môže u žien vyvolať poruchy ovulácie. Vplyv ramadánu na menštruačný cyklus si tiež vyžaduje ďalšie skúmanie.

#### **4.1.3 Dôsledky ramadánu pre šport a výkonnosť**

Počas ramadánu dochádza k ohrozeniu fyzickej výkonnosti systematicky trénujúcich športovcov, hoci vplyvy na rôzne typy činností sa rôznia. Zmeny boli zaznamenané u futbalistov. Išlo o zníženie maximálneho príjmu kyslíka na úroveň 75 %, ktoré nemalo vplyv na šprint, agilnosť, zníženie aeróbnej kapacity, výkonu pri cvičení, zníženie vytrvalosti, zhoršenie schopnosti skákať. Účastníci výskumu nepociťovali zvýšenú únavu, všeobecné zhoršenie kondície a neboli zaznamenané ani zhoršené

výsledky testov schopností (rýchlosť, agilnosť, dribling, vytrvalosť). Subjektívne hodnotenia účastníkov výskumu poukazovali na znížený športový výkon a zvýšenú námahu pri tréningu, negatívne účinky však po skončení posvätného mesiaca nepretrvávali dlho.

Napriek tomu, že ramadán môže negatívne ovplyvňovať niektoré aspekty športovej výkonnosti, nie je jasné, do akej miery má toto obdobie vplyv na zhoršenie fyziologických premenných súvisiacich s fyzickou aktivitou. U zdravých účastníkov výskumu so sedavým spôsobom života pri cvičení v termoneutrálnom prostredí, pri maximálnom príjme kyslíka na úrovni 70 %, nebol zaznamenaný žiaden negatívny účinok. Nepreukázal sa ani vplyv na maximálnu možnú kontrakciu a výdrž laktových ohýbačov a nezaznamenali sa ani zmeny vo vitálnej kapacite pľúc, v objeme úsilného výdychu za prvú sekundu (FEV1), vo vrcholovom expiračnom prietoku, či v maximálnej minútovej ventilácii.

Z výsledkov vyplýva, že ramadán ovplyvňuje niektoré aspekty športových činností a naopak, iné typy aktivít ním ovplyvnené nie sú. Je možné, že zúčastnení jednotlivci mali väčšiu motiváciu snažiť sa, s vedomím merania ich výkonu, čo mohlo skresliť výsledky. Otázka motivácie je dôležitá a budeme sa jej podrobnejšie venovať neskôr.

## **4.2 Dôvody zmien v športovej výkonnosti počas ramadánu**

Zhoršenie športovej výkonnosti je možné pripísať zmenám v spánkovom cykle a príjme potravy a tekutín, či kombinácii oboch faktorov. V tejto časti sa budeme detailnejšie venovať ich dôsledkom.

### **4.2.1 Spánkový deficit**

Ramadán ovplyvňuje spánkový cyklus. Podľa jednej zo štúdií sa čas spánku počas ramadánu posúva o viac než hodinu, ľudia teda spia kratšie

ako obyčajne. Cez deň sa zvyšuje aj únava a človek má väčšiu chuť si zdiemnuť. Mení sa aj spánková architektúra. Dochádza k zvýšeniu spánkovej latencie a objemu ortodoxného a paradoxného spánku, zatiaľ čo objem hlbokého spánku sa znižuje. Dané zmeny by sčasti mohli byť výsledkom zvýšenej rektálnej teploty počas noci pozorovanej v období ramadánu.

Spánkový deficit má iba malý priamy vplyv na činnosť svalov, nepriamo však vplýva na fyzickú výkonnosť prostredníctvom zmien, ktoré spôsobuje v mentálnej výkonnosti, koordinácii a motivácii. Z toho vyplýva, že spánkový deficit spôsobuje zhoršenie výkonnosti pri úlohách náročných na senzomotorickú koordináciu a kognitívne spracovávanie. Zhoršenie je úmerné objemu spánkového deficitu a stupňu zložitosti úlohy. Znižuje sa aj motivácia, čo negatívne vplýva na výkon pri opakovaných činnostiach, či tréningu, pri ktorom sa cieľ nedosahuje okamžite. Touto problematikou sa budeme bližšie zaoberať v časti venovanej mentálnej výkonnosti.

#### **4.2.2 Pôst**

Pôst negatívne vplýva na čulosť a náladu. Podľa jednej zo štúdií účastníci výskumu subjektívne tvrdili, že v čase pôstu sa v denných hodinách cítia menej čulí ako zvyčajne, večer, po prerušení pôstu však pocit ustupuje. Zmeny boli čiastočne pripísané zníženému príjmu energie, keďže nálada sa u nich po prijatí potravy a tekutín zlepšila. Vo všeobecnosti je známe, že príjem potravy, predovšetkým sacharidov, pomáha udržiavať hladinu glukózy v krvi v rovnováhe, čím prispieva k čulosti a zlepšuje náladu. Obmedzenie príjmu potravy a tekutín môže naopak náladu a mentálnu výkonnosť zhoršiť a zároveň spôsobiť zvýšenú podráždenosť. Všetky spomínané prejavy sme počas ramadánu zaznamenali.

### 4.2.3 Všeobecné závery

Na základe prezentovaných informácií sa dá konštatovať, že existujú dôkazy dehydratácie a zmien v metabolizme počas ramadánu. V porovnaní s bežným mesiacom sa zdrojom energie stávajú predovšetkým tuky. Fakt, že účastníci výskumu o testovaní vedeli, ich mohol motivovať k zvýšenému výkonu, čo mohlo mať vplyv na ich celkovú výkonnosť a náladu, nie však na spánkovú architektúru a metabolizmus. Zmeny v spánkových návykoch, príjme potravy a tekutín počas ramadánu skutočne spôsobujú zhoršenie niektorých aspektov výkonnosti. Nie sú to progresívne zmeny, pretože ľudia, ktorí dodržiavajú pôst, majú každý večer možnosť zotaviť sa a pripraviť sa tak na nasledujúci pôstny deň.

### 4.3 Zmeny v priebehu dňa počas ramadánu

Existuje len veľmi málo štúdií, ktoré skúmajú zmeny vo výkone *pocas pôstneho dňa*, t. j. akékoľvek zhoršenie priamo úmerné dĺžke trvania pôstu. Pri takýchto zmenách musíme brať do úvahy, že aj informácie o výkonnostných úrovniach jednotlivcov, ktorí nedržia pôst, sú relevantné, pretože existuje veľa druhov „výkonnosti“, pri ktorých dochádza v priebehu dňa k prirodzeným zmenám.

#### 4.3.1 Prirodzené rytmické zmeny pozorovateľné v priebehu dňa

Miera výkonnosti sa v priebehu dňa mení, pretože ju čiastočne ovplyvňujú „biologické hodiny“. Ide o jav, ktorý vysvetlíme a stručne charakterizujeme v nasledujúcej časti štúdie.

##### 4.3.1.1 Biologické hodiny a synchronizátory biologických rytmov

V priebehu dňa dochádza v ľudskom tele k zmenám vo fyziologických a biochemických procesoch v dôsledku celkovej interakcie medzi

vonkajším prostredím a vnútornými, „biologickými hodinami“, ktoré sú lokalizované v párových suprachiazmatických jadrách v spodnej časti hypotalamu. Ide o zhluky buniek, ktoré prijímajú priamy signál z očí prostredníctvom retinohypotalamického traktu a tiež humorálny signál zo šuškovitého telieska. Šuškovité teliesko v noci do krvi a mozgovomiechového moku vylučuje hormón melatonín. Receptory melatonínu sa nachádzajú v suprachiazmatických jadrách.

Svetlo a melatonín sú hlavné synchronizátory biologických rytmov v ľudskom tele, ale do určitej miery ich môže ovplyvniť aj cvičenie a čas príjmu potravy. Cvičenie večer a v noci posúva biologické hodiny mierne dozadu, kým cvičenie napoludnie a v skorých popoludňajších hodinách ich posúva mierne dopredu. Čas príjmu potravy môže pôsobiť ako synchronizátor najmä preto, že urýchľuje spánkový cyklus jedinca. Rytmy spoločenskej a mentálnej aktivity môžu zohrávať podobnú úlohu. Hlavné synchronizátory (cyklus striedania svetla a tmy a rytmus sekrécie melatonínu) vytvárajú, spoločne s tými vedľajšími (rytmy fyzickej, spoločenskej a mentálnej aktivity, spánku a času príjmu potravy), akýsi zosynchronizovaný „balík“, ktorý reguluje fyziologické a biochemické procesy jedinca v súlade s dennou aktivitou a nočnou regeneráciou.

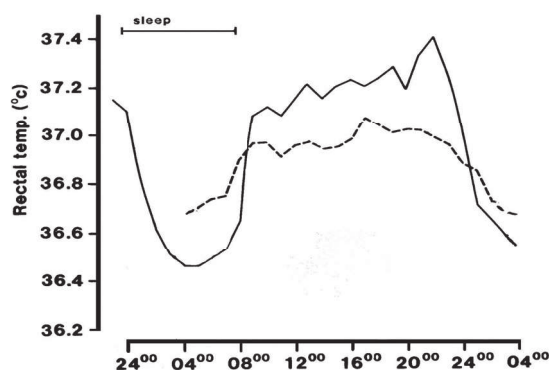
Rytmické signály sa zo suprachiazmatických jadier prenášajú do jadier hypotalamu, ktoré regulujú telesnú teplotu, príjem potravy a sekréciu hormónov, ďalej do raphe jadra, ktoré sa podieľa na regulácii spánku, a takisto do sympatického nervového systému, čím sa dostanú do celého tela.

#### **4.3.1.2 Endogénne a exogénne zložky meraného rytmu**

Meraný denný rytmus nevytvára len biologické hodiny, či prostredie a individuálny spánkový cyklus, ale aj kombinované účinky endogénnych (biologické hodiny) a exogénnych (prostredie a životný štýl) zložiek. Pri

charakteristike exogénnych vplyvov treba brať do úvahy aj ich závislosť od konkrétnej premennej. Napríklad aktivita zvyšuje vnútornú teplotu a zmena polohy tela počas spánku ju znižuje, príjemné a pokojné okolie podporuje mentálnu výkonnosť a hluk a príliš tlmené alebo jasné svetlo ju znižuje.

V tomto režime museli účastníci výskumu bdieť a sedieť (prípadne ležať) v prostredí s konštantnou teplotou a osvetlením minimálne po dobu 24 hodín. Bežný denný príjem potravy pozostával z 24 menších dávok rovnakej veľkosti. Rytmus, ktorý pozorujeme za týchto okolností, nemôžeme pripisovať faktorom ako príjem potravy, prostredie alebo spánkový cyklus. Preto ho voláme endogénnou zložkou rytmu a pripisujeme ju vnútorným biologickým hodinám. Rozdiel medzi dvoma krivkami (získanými od tých istých účastníkov výskumu počas režimu nepretržitého bdenia a bežného režimu) zapríčinili rytmické zmeny prostredia, individuálny spánkový cyklus a rytmický príjem potravy. Ide o exogénnu zložku meraného rytmu.



Obrázok 4.1 Priemerné denné zmeny rektálnej teploty boli merané v hodinových intervaloch ôsmim účastníkom výskumu, ktorí cez deň bdeli a od 24:00 do 08:00 hod. spali (plná čiara), neskôr sa zobudili o 04:00 hod. a nasledujúcich 24 hodín strávili v „režime nepretržitého bdenia“ (prerušovaná čiara) Zdroj: Minors, D. a Waterhouse, J. (1981): *Circadian Rhythms and the Human*. John Wright, Bristol

System endogénnych a exogénnych zložiek sa vzťahuje na všetky rytmy, ale relatívna miera ich vplyvu závisí od konkrétnej premennej: pri vnútornej teplote majú tieto dve zložky približne rovnaký vplyv (obrázok 4.1), pri rytme melatonínu a kortizolu prevláda endogénna zložka a pri rytmoch srdcovej frekvencie, krvného tlaku a tvorby moču prevláda exogénna zložka. Pri mentálnej výkonnosti je situácia o niečo zložitejšia (pozri nižšie).

#### **4.3.2 Rytmické zmeny pri meraní výkonu**

Predtým, ako začneme skúmať vplyv ramadánu na zmeny počas jednodňového pôstu, musíme posúdiť rytmy výkonnosti, ktoré sú prítomné za normálnych okolností (keď účastníci výskumu počas dňa prijímajú potravu a tekutiny a v noci dostatočne dlho spia).

##### **4.3.2.1 Fyzická výkonnosť**

Mnoho aspektov ľudskej výkonnosti, vrátane športového výkonu, sa v priebehu dňa mení. Viaceré rytmy, najmä tie, pri ktorých je potrebná svalová sila, sú paralelné s cirkadiálnymi zmenami telesnej teploty (vrcholí v neskorých popoludňajších hodinách), a preto predpokladáme, že spolu súvisia. Ďalšie výkonnostné rytmy, ako sú činnosti, ktoré si vyžadujú vysokú úroveň senzomotorickej koordinácie (napr. cielenie alebo udržiavanie rovnováhy) alebo vysokú mieru kognície (napr. rozhodovanie), vrcholia počas dňa okolo poludnia alebo v skorých popoludňajších hodinách. V tejto fáze sa pravdepodobne prejavujú účinky neurálnych vplyvov, vrátane kognície (pozri nižšie).

Účinok rovnováhy medzi silovými a senzomotorickými riadiacimi zložkami určitej úlohy na základe meraného rytmu môžeme vysvetliť na príklade zosúladenia rytmov prvého a druhého podania v tenise a bedmintonu. Počas prvého podania je dôležitá svalová sila, ktorá vrcholí

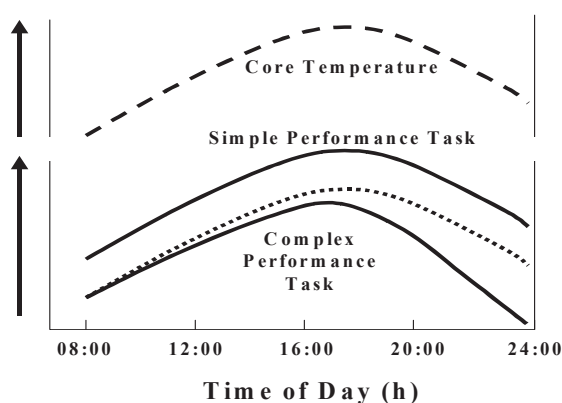
približne v rovnakom čase ako telesná teplota. Naopak, pri druhom podaní sa dôraz kladie na načasovanie úderu, neuromuskulárnu koordináciu a taktiku (kogníciu) a výkon vrcholí v skorších denných hodinách, okolo poludnia.

#### **4.3.2.2 Mentálna výkonnosť pri „jednoduchých“ a „zložitých“ úlohách**

Vyššie uvedené skutočnosti hrajú dôležitú úlohu aj keď skúmame zosúladenie rytmov pri rozličných typoch mentálnej výkonnosti. Pri jednoduchých úlohách na testovanie mentálnej výkonnosti, ktoré zahŕňajú ľahšie kognitívne spracovanie (napríklad jednoduchý reakčný čas), je rytmus zosúladený s telesnou teplotou. Tento fakt môžeme čiastočne vysvetliť tým, že nervová činnosť, vrátane stupňa nervovej vodivosti, sa so stúpajúcou telesnou teplotou zlepšuje. Na druhej strane, rytmus subjektívneho posúdenia nálady a zložitejších mentálnych úloh, ktoré si vyžadujú značnú kognitívnu alebo neuromuskulárnu koordináciu (napríklad počítanie spamäti, rozhodovanie sa a sledovanie objektov na obrazovke počítačového monitora), vrcholí skôr, približne okolo poludnia alebo v skorých popoludňajších hodinách. Príčinou týchto rozdielov v zosúladení je rozsah „mentálnej únavy“, ktorá súvisí s rozličnými úlohami. Čím dlhší čas bdenia, tým väčšia únava. Tento pokles aktivity sa vzťahuje na tú zložku rytmu, ktorá je paralelná s telesnou teplotou. Výkonnostný rytmus pri mentálnych úlohách pozostáva, podobne ako teplotný rytmus, z exogénnych (osvetlenie prostredia, teplota a hluk v prípade mentálnej výkonnosti) a endogénnych zložiek. Rozdiel je však v tom, že endogénne zložky závisia nielen od biologických hodín, ale aj od času bdenia, ktorý zvyšuje mentálnu únavu. Čím väčšiu kognitívnu námahu si daná mentálna úloha vyžaduje, tým závažnejšie zhoršenie spôsobuje dĺžka času bdenia. Takáto interakcia medzi časom bdenia a mentálnou výkonnosťou, paralelnou s denným rytmom telesnej teploty, sa vo všeobecnosti vzťahuje na mentálne procesy a používa sa napríklad na vytváranie modelov čulosti. Znamená to, že v priebehu dopoludnia sa individuálne mentálne schopnosti



s nárastom telesnej teploty zlepšujú, pričom akékoľvek vplyvy času bdenia sú zanedbateľné. V popoludňajších hodinách sa výkonnosť nemení, keďže vysoká telesná teplota vyrovnáva účinky bdenia, ale vo večerných hodinách zapríčiní znižujúca sa telesná teplota spojená s dlhším časom bdenia jej zníženie.



Obrázok 4.2 Na diagrame sú znázornené denné rytmy. V hornej časti je telesná teplota (prerušovaná čiara) a v dolnej sú jednoduché a zložité výkonnostné úlohy (plné čiary). Kým rytmus jednoduchých úloh je paralelný s telesnou teplotou, rytmus zložitých úloh klesá omnoho rýchlejšie vplyvom zvýšeného pôsobenia času bdenia a vrchol dosahuje predpoludním. Bodkovaná čiara (paralelná s rytmom telesnej teploty) zobrazuje hypotetickú časovú dráhu, ktorá by bola výsledkom súboru testov výkonnosti bez prítomnosti mentálnej únavy. Vyššia telesná teplota a lepšia mentálna výkonnosť sa nachádzajú v hornej časti (Valdez, P., Reilly, T. a Waterhouse, J. (2008). *Rhythms of mental performance. Mind, Brain and Education*, 2: 7–16)

Tento model objasňuje, prečo sa jednoduché mentálne úlohy, ktoré únava ovplyvňuje len veľmi málo, oveľa viac približujú k rytmu telesnej teploty (vrcholí v neskorých popoludňajších hodinách) a prečo sa pri zložitejších úlohách, na ktoré má únava väčší vplyv, výkon zhoršuje v skorších denných hodinách a ich denný rytmus je načasovaný skôr. Čím viac zhoršenie v dôsledku času bdenia ovplyvňuje úlohu, tým skôr nastane vrchol rytmu (obrázok 4.2). Vzniká potreba podrobnejšie určiť, akým

spôsobom čas bdenia podmieňuje mentálnu únavu a ako jej spánok dokáže predísť (pozri nižšie).

Spánok zabraňuje poklesu kognitívnej výkonnosti. Interakcia medzi zvyšujúcim sa spánkovým tlakom a 24 hodinovými rytmickými vplyvmi vedie k nástupu spánku, čo bližšie popisuje „homeostatický model spánku“. Podľa tohto modelu bdenie vedie k zvýšeniu „spánkového tlaku“, ktorý monitoruje spánkový homeostat, v dôsledku čoho jedinec pociťuje zvýšenú únavu a potrebu spať. Dobu zaspávania a budenia však určuje nielen spánkový tlak, ale aj „*prah spánku*“ a „*prah prebudenia*“, pričom oba sa rytmicky menia súbežne s rytmom telesnej teploty. Vo večerných hodinách spánok nastáva z dôvodu spoločného pôsobenia zvyšujúceho sa spánkového tlaku a poklesu telesnej teploty (*prah spánku*). Počas spánku, najmä počas delta spánku, spánkový tlak klesá. K budeniu sa v ranných hodinách dochádza najmä preto, lebo sa súčasne znižuje spánkový tlak a narastá telesná teplota (*prah prebudenia*).

Ďalším dôležitým faktorom, ktorý ovplyvňuje mentálnu výkonnosť, je spánkový deficit (účinky sa prejavia už pri skrátení spánku o dve hodiny). Nedostatok spánku sa nemusí vzťahovať len na jednu noc, môže sa postupne kumulovať, povedzme o 0,5 hodiny za noc počas 4 po sebe nasledujúcich nocí. Najviditeľnejší prejav spánkového deficitu je subjektívny pocit únavy počas dňa, ale zhoršenie vykazujú aj objektívne testy výkonnosti. Krátky spánok (zdriemnutie) počas dňa dokáže zmierniť vplyv spánkového deficitu, keďže celkové množstvo spánku získané za 24 hodín je dôležitejšie ako jeho rozloženie počas dňa. Proti poslednému tvrdeniu však máme dve výhrady: (1) mentálne schopnosti sú ihneď po akomkoľvek spánku alebo zdriemnutí na krátky čas obmedzené, až kým sa účastník výskumu úplne neprebudí a tento útlm sa pripisuje „spánkovej inercii“ (zotrvačnosti); (2) ak zdriemnutie trvá výrazne kratšie ako 1 hodinu, neposkytuje dostatočný čas na dosiahnutie spánku delta (fázy 3 a 4) - typ spánku, ktorý má pri regenerácii pravdepodobne najväčší význam.

Nedávno sa však objavili dôkazy, že už len *samotné zaspávanie* dokáže po prebudení zlepšiť výkon.

#### **4.4 Zmeny v denných rytmoch počas ramadánu**

Na základe toho, že meraný rytmus má endogénne a exogénne zložky, pričom exogénne zložky odrážajú prostredie a životný štýl jedinca a biologické hodiny sa dajú upraviť synchronizátormi, môžeme predpokladať, že počas ramadánu dôjde k zmenám v mnohých denných rytmoch.

##### **4.4.1 Hormóny a spánkový cyklus**

Rytmus kortizolu a testosterónu bežne vrcholia v ranných hodinách, približne v čase, keď sa prebúdžeme, ale počas ramadánu sa čas nástupu sekrécie oboch hormónov posúva a mení sa aj sekrécia kortizolu - v ranných hodinách sa znižuje a vo večerných hodinách sa zvyšuje. Zaznamenaná bola aj zvýšená sekrécia prolaktínu a znížená a oneskorená sekrécia melatonínu. Príjem potravy len v skorých a neskorých hodinách vedie k oneskorenému vrcholeniu plazmového leptínu - približne o 5 hodín po 23-ťom dni ramadánu.

Účastníci výskumu počas ramadánu zaspávajú a vstávajú neskôr ako obvykle. K narušeniu bežného spánkového rytmu navyše prispieva aj fakt, že moslimovia si v tomto období v priebehu dňa častejšie zdriemnu, aby zmiernili pocit únavy. Dôkazom únavy je zníženie spánkovej latencie pri krátkom zdriemnutí počas dňa.

##### **4.4.2 Gastrointestinálna činnosť a metabolizmus prijatej potravy**

Zmeny v spôsobe príjmu potravy ovplyvňuje mnoho aspektov gastrointestinálnej činnosti. Navyše, veľké porcie jedla vo večerných

hodinách pravdepodobne bránia nástupu spánku a narúšajú rovnováhu medzi denným metabolizmom glukózy a nočným metabolizmom tukov z tukového tkaniva.

Hoci čas prijímania potravy zohráva len malú úlohu ako možný synchronizátor (pozri vyššie), druh prijatej potravy môže mať určitý vplyv. Existujú dôkazy, že serotonín ovplyvňuje spánok a metabolizmus. Biochemickým prekursorom serotonínu je tryptofán. Úroveň tryptofánu v plazme stúpa po požití sacharidov, a preto niektorí vedci tvrdia, že jedlá s vysokým obsahom sacharidov vedú k ospalivosti a vyvolávajú spánok. Serotonín môže zohrávať úlohu aj pri regulovaní sekrécie inzulínu z pankreasu, keďže inhibícia serotonínu znižuje sekréciu inzulínu. Keď účastníci výskumu neprijímali potravu, spali menej. Tieto zistenia naznačujú, že pôst počas ramadánu by znamenal ťažkosti pri pokusoch o krátky spánok počas dňa (pri nižšej hladine inzulínu), aj keby si to zvýšená únava z dôvodu kratšej doby nočného spánku vyžadovala.

Bežnému spôsobu stravovania zodpovedajú aj rytmy črevnej motility, sekrécie tráviacich štiav, vstrebávania strávenej potravy a koncentrácie glukózy, aminokyselín a tukov v krvi. Existujú však aj dôkazy o slabých rytmoch, ktoré riadia biologické hodiny: vplyv tých istých jedál na metabolizmus a gastrointestinálny trakt počas dňa kolíše, odbúravanie glukózy je vo večerných hodinách pomalšie ako ráno, vyprázdňovanie žalúdka je počas dňa rýchlejšie a krvný obeh pracuje intenzívnejšie, čo vedie k zlepšeniu trávenia potravy z gastrointestinálneho traktu, hoci prázdny žalúdok počas prvých hodín po prebudení urýchľuje vstrebávanie niektorých liekov. Do metabolizmu prijatej potravy sa zapája aj niekoľko hormónov (napríklad inzulín, grelín, leptín, rastový hormón, glukagón a kortizol) a hoci sa ich sekrečné profily počas ramadánu menia, nie je jasné, či sa tieto zmeny plne zhodujú so zmeneným časom príjmu potravy.

#### 4.4.3 Možné príčiny zmien v rytmoch

Stručne povedané, počas ramadánu dochádza k zmenám mnohých rytmov, ktoré však nemožno pripísať len endogénnym alebo exogénnym zložkám denného rytmu a je oveľa pravdepodobnejšie, že ich zapríčiňuje kombinácia oboch zložiek. Napríklad: (1) v dôsledku zmien doby príjmu potravy, nočného spánku a zdriemnutia si počas dňa sa mení sekrécia hormónov súvisiacich s príjmom potravy a metabolizmom, hoci nie je jasné, či tieto zmeny v exogénnych zložkách rytmov dokážu vysvetliť pozorované odlišnosti alebo či dochádza aj k zmene rytmu biologických hodín (endogénna zložka); (2) čiastočný spánkový deficit a skoré vstávanie (teda predĺžený čas bdenia) spôsobujú zhoršenie mentálnej výkonnosti, ale určitú úlohu môže zohrávať aj zmenený rytmus biologických hodín – akákoľvek z týchto zmien by mohla spôsobiť zhoršenie aktivít počas dňa a znížiť motiváciu na vykonávaní fyzickej alebo mentálnej činnosti; (3) rytmy telesnej teploty, kortizolu a melatonínu majú počas ramadánu nižšiu amplitúdu a vznikajú fázové posuny, z ktorých možno usúdiť, že počas pôstu dochádza k zásadným chronobiologickým a behaviorálnym zmenám. Tento záver je nepochybne pravdivý, ale z daných pozorovaní sa nedá vyvodit', akú úlohu zohrávajú pri týchto zmenách biologické hodiny.

Možné je aj to, že sa fázy biologických hodín, rovnako ako zmeny v exogénnych zložkách rytmov, zmenia do takej miery ako synchronizátory. Jedinec, ktorý vstáva v skorých ranných hodinách, bude skôr vystavený neprírodnému svetlu, takže sa jeho biologické hodiny posunú dopredu a naopak, ak bude dlhšie vystavený svetlu vo večerných hodinách, posunú sa dozadu. Toto je dôvod, prečo nie je možné predpovedať smer alebo mieru posunu biologických hodín v dôsledku svetelných zmien. Vzhľadom na to, že aktivita patrí medzi slabé synchronizátory, môže synchronizáciu biologických hodín zmeniť aj zvýšená fyzická aktivita v ranných a večerných hodinách. Biologické

hodiny počas ramadánu upraví aj čas príjmu potravy, za predpokladu, že ho vnímame ako synchronizátor.

Na určenie relatívnosti úloh endogénnych a exogénnych zložiek každého rytmu potrebujeme špeciálne chronobiologické protokoly, ktoré síce boli podrobne opísané, ale neboli použité priamo v športovom kontexte a už vôbec nie pri športovcoch držiacich pôst počas ramadánu. Toto stanovisko preto zatiaľ zostáva nejasné.

#### **4.4.4 Dôsledky ramadánu pre športovcov**

Kombinované účinky zmien spánkového cyklu, zvýšenej únavy a zmien príjmu potravy a tekutín pravdepodobne ovplyvňujú mnoho denných rytmov počas ramadánu, vrátane rytmov spojených s mentálnou výkonnosťou. Závažná bude najmä zmena motivácie. Športovci budú musieť pokračovať v náročnom a opakovanom tréningu aj napriek zmenám metabolizmu, zhoršeným fyzickým a kognitívnym schopnostiam a zníženej motivácii. Účinky týchto zmien na tréningové programy skúmame v časti „*Implikácie pre tréning počas ramadánu*“.

#### **4.5 Laboratórna štúdia zmien, ktoré nastávajú počas jedného dňa pôstu**

##### **4.5.1 Zmeny v priebehu jednodňového pôstu**

Predpokladáme, že v dôsledku rytmických zmien v priebehu dňa a dĺžky trvania pôstu jednotlivca nebudú zmeny počas jednodňového pôstu v čase ramadánu rovnaké. Takéto zmeny sme podrobne skúmali v našich predchádzajúcich štúdiách (Waterhouse et al., 2008a, 2008b, 2009). Naším cieľom bolo získať odpovede na nasledujúce otázky:

- Otázka č. 1: Ako pôsobia zmeny spánku na ospalivosť počas dňa a aké faktory ovplyvňujú potrebu zdriemnuť si v určitom čase?
- Otázka č. 2: Do akej miery súvisia zmeny v príjme potravy a tekutín pred východom a po západe slnka v priebehu ramadánu s pocitom hladu a smädu v tomto období a existujú aj iné, dôležitejšie, faktory?
- Otázka č. 3: Mení sa v čase ramadánu v priebehu dňa motivácia jednotlivcov plniť fyzické a mentálne úlohy a vykonávajú v skutočnosti menej fyzických, mentálnych a spoločenských činností?
- Otázka č. 4: Môžeme dokázať, že v priebehu jednodňového pôstu dochádza k dehydratácii?
- Otázka č. 5: Potvrdzujú objektívne merania, že sa výkon v priebehu dňa zhoršil?

Prišli sme k nasledujúcim zisteniam: (1) Počas dňa účastníci vykonávali menej fyzických, mentálnych a spoločenských činností, ich počet však výrazne *vzrástol* po západe slnka; (2) denný pôst kompenzovali zvýšeným príjmom potravy a tekutín v čase pred svitaním, najmä po západe slnka; (3) počas ramadánu došlo k zmene nočného režimu spánku, väčšiemu pocitu ospalivosti v priebehu dňa a v snahe dohnať spánkový deficit si účastníci cez deň častejšie zdriemli; (4) osmolalita moču (meradlo dehydratácie) sa v priebehu pôstu zvýšila, čo však neplatí pre kontrolné dni (bez pôstu) a (5) viaceré objektívne merania dokázali postupné zhoršovanie fyzického a mentálneho výkonu v období pôstu.

Všetky výsledky môžeme začleniť do vyššie uvedeného prehľadu negatívnych účinkov ramadánu na skúmané parametre.

Výskum takýchto zmien počas ramadánu je však zložitý a časovo náročný, možno ho vykonať len raz za rok a nábor nemoslimských účastníkov výskumu je, samozrejme, neľahký. Potrebujeme jednoduchšiu alternatívu.

Pilotná štúdia (Alabed, 2010) preukázala, že mnoho účinkov, ktoré sme mali možnosť pozorovať vo väčších a komplexnejších výskumoch, je možné simulovať v jednoduchšom výskume v priebehu jednodňového pôstu (t. j. od východu do západu slnka). Alternatívny protokol značne znížil požiadavky na účastníkov výskumu a experimentátorov a zjednodušil nábor, čo spôsobilo, že sa prihlásili aj nemuslimskí dobrovoľníci. V tejto časti predstavujeme nové výsledky rozsiahlejšej štúdie, ktorá sledovala a porovnávala niekoľko subjektívnych a objektívnych premenných u nemuslimských účastníkov výskumu v priebehu jedného kontrolného a jedného pôstneho dňa.

## **4.6 Metódy**

### **4.6.1 Účastníci výskumu a metodika**

Do výskumu sa zapojilo 18 študentov z Tripoliskej univerzity (vo veku od 18 do 21 rokov). Výber sa realizoval na základe dobrovoľnosti. Experiment, ktorý sme ukončili v júli 2012, prebiehal so súhlasom univerzitnej etickej komisie. Účastníci výskumu sa najprv na spoločnom stretnutí oboznámili s rôznymi testami, na ktoré sa museli pripravovať. Hlavná časť experimentu, ktorá začala minimálne týždeň po tomto stretnutí, bola rozdelená na dve časti: kontrolný deň (bez pôstu) a experimentálny (pôstny) deň. Poradie týchto dní výskumníci vyberali náhodne, pričom účastníkov výskumu informovali o realizácii aspoň týždeň vopred, čo im umožnilo v deň testovania jesť alebo piť pred východom slnka (07:00 hod.) a, ak to sami chceli, ísť spať alebo vstať skôr ako zvyčajne.

Účastníci výskumu si v kontrolný deň (bez pôstu) mohli vybrať, kedy pôjdu spať, čo a kedy zjedia a vypijú. V pôstny deň si mohli vybrať kedy pôjdu spať a čo budú jesť a piť pred 07:00 a po 18:00 hod. Príjem potravy a tekutín bol v čase od 07:00 do 18:00 hod. zakázaný, účastníci výskumu si však mohli kedykoľvek zdriemnuť.



#### 4.6.2 Vykonané merania

Účastníci výskumu prišli v priebehu experimentu každý deň o 09:00, 12:00, 15:00 a 18:00 hod. do laboratória, kde podstúpili viaceré testy a odovzdali vzorku moču. Večer, predtým ako išli spať, vyplnili dotazník. Testy prebiehali nasledujúco: dotazník, vzorka moču, sila stisku ruky (dominantnej), vertikálne výskoky, presnosť v hádzaní šípok a Stroopov test.

Úlohou účastníkov výskumu bolo poskytnúť informácie o svojich každodenných aktivitách a pocitoch v priebehu dňa. Na otázky v dotazníku odpovedali: (1) o 09:00 hod., keď opisovali svoje aktivity po prebudení; (2) o 12:00 hod., keď opisovali svoje dopoludňajšie aktivity; (3) o 15:00 hod., keď opisovali svoje aktivity v skorých popoludňajších hodinách; (4) o 18:00 hod., keď opisovali svoje aktivity v neskorých popoludňajších hodinách tesne predtým, ako pôst prerušili; (5) v čase, keď išli spať (na obrázku 4.4 je označený ako 24:00 hod.), keď opisovali svoje aktivity vo večerných hodinách po prerušení pôstu. Pri vyhodnotení dotazníka sme aplikovali rovnaké metódy ako v našej predchádzajúcej štúdii (Waterhouse et al., 2009).

Osmolalitu moču, čo je ukazovateľ miery dehydratácie, sme merali pomocou osmometra Osmocheck Pocket Pal OSMO od japonskej spoločnosti Vitech Scientific Ltd.

Silu stisku dominantnej ruky sme určovali pomocou dynamometra Dynamometer Handgrip TRK5106 Jump MD od japonskej spoločnosti TAREK Scientific Instrument Score a meranie sme vykonali trikrát po sebe v desaťsekundových intervaloch, pričom sme zaznamenali maximálne tri hodnoty. Týmto spôsobom sa meria svalová sila pomerne malej svalovej skupiny.

Meranie výšky výskoku, ktorý na rozdiel od sily stisku ruky vyžaduje integrovanú činnosť niekoľkých svalových skupín, sme využili pri posudzovaní fyzickej sily. Účastníci výskumu vykonali 3 vertikálne výskoky metódou „stand-and-reach“ (Reilly et al., 1997). Postavili sa bokom k stene s nohami pevne na zemi a pravú ruku vystreli nad hlavu. Kriedou sa označilo miesto, na ktoré dočiahli končekmi prstov. Potom vyskočili čo najvyššie, pričom si pomáhali rukami aj nohami. V najvyššom bode výskoku sa dotkli steny. Rozdiel medzi výškou zaznačenou v stoji a výškou výskoku predstavoval výšku výskoku. Zaznamenali sme najlepší z troch pokusov.

Hádzanie šípok, test senzomotorickej koordinácie, sme využili pri skúmaní rytmických faktorov v čase bdenia, ktorý ju ovplyvňuje (Edwards et al., 2007; Edwards a Waterhouse, 2009). Podrobnosti o tejto metóde a použitom hodnotiacom systéme uvádzame ďalej v práci. Stručne povedané, ako meradlá presnosti hádzania šípok sme použili celkový počet bodov (čím lepší výkon, tým viac bodov), počet neúspešných pokusov (čím väčší počet, tým horší výkon) a priemerný počet bodov za jeden hod (bez ohľadu na počet neúspešných pokusov).

Stroopov slovnno-farebný test sa používa pri hodnotení pracovnej pamäte a pozornosti, preto sme očakávali, že najlepšie výsledky dosiahneme okolo poludnia (Folkard, 1990; Waterhouse et al., 2001) a že v dôsledku obmedzenia príjmu potravín a tekutín zaznamenáme zhoršenie. Test pozostával z 20 samostatných kartičiek. Na každej bol názov farby: „červená“, „oranžová“, „zelená“ alebo „hnedá“ napísaný jednou z týchto štyroch farieb. V mnohých prípadoch však bolo slovo napísané farbou, ktorá sa nezhodovala s jeho významom – napríklad slovo „oranžová“ bolo napísané zelenou farbou. Účastník výskumu mal určiť farbu, ktorou bolo slovo napísané, nie názov farby, ktorý bol na kartičke. (V danom príklade by správna odpoveď znela „zelená“, nie „oranžová“). Ak účastník výskumu odpovedal nesprávne, musel sa opraviť. Celkový čas, ktorý účastníci

potrebovali na to, aby správne odpovedali na všetkých 20 otázok, sme odmerali pomocou stopiek.

Účastníci výskumu mohli po skončení testov opustiť laboratórium a pokračovať vo svojich aktivitách až do začiatku ďalšieho testovania.

Úroveň skúseností s hádzaním šípok pred experimentom bola u každého účastníka výskumu iná, ani jeden z nich však nemal žiadne skúsenosti s dotazníkmi či ďalšími testami. Nikto z nich nevedel o možných účinkoch pôstu.

#### 4.6.3 Štatistická analýza

Získané údaje sme analyzovali pomocou softvéru Statistical Package of Social Sciences, verzia 17 pre Windows od spoločnosti SPSS Inc (Chicago, štát Illinois). Pri väčšine dát sme použili dvojfaktorovú analýzu rozptylu s opakovanými meraniami (two-way ANOVA). Hlavné faktory boli nasledujúce: **konkrétny činiteľ** (2 úrovne: kontrolné vs. pôstne dni) a **čas dňa** (4 alebo 5 úrovní: ráno pred 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 hod. pre všetky premenné a čas odchodu do postele, 24:00 hod., pre výsledky z dotazníkov). Údaje prešli, pri porovnávaní podielov možných príčin, pred analýzou rozptylu arkussínusovou transformáciou. V analýze sme použili Greenhouse-Geisserovu korekciu a významné rozdiely medzi hlavnými faktormi sme posúdili pomocou Bonferroniho korekcie. Na porovnanie nominálnych dát (napríklad, ak sa účastníci výskumu rozhodli jesť alebo piť pred východom slnka) sme použili McNemarov a Cochranov test. Vzájomný vzťah medzi premennými sme určili pomocou metódy Blanda a Altmana (1995), ktorá vyrovnáva rozdiely medzi rôznymi dvojicami hodnôt získanými od každého účastníka výskumu.

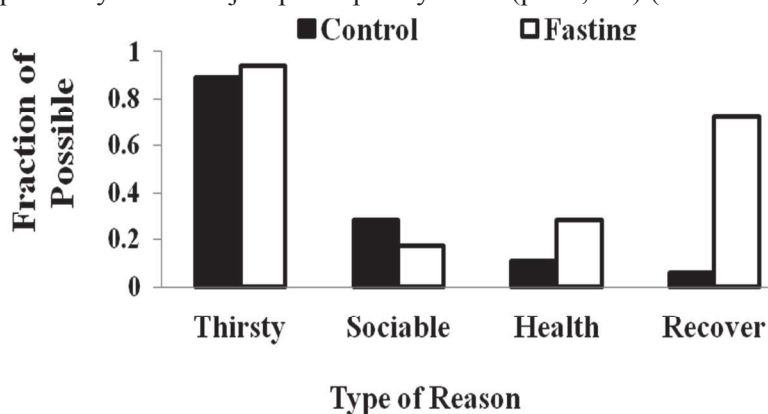
Vo výsledkoch uvádzame presné hodnoty P. Hladina významnosti bola stanovená na  $p < 0,05$ , pričom sme prípady, keď  $0,05 < p < 0,10$ , označili ako „okrajovo významné“.

## 4.7 Výsledky

### 4.7.1 Dotazníky

#### 4.7.1.1 Príjem tekutín

Zaznamenali sme výrazný nárast počtu účastníkov výskumu, ktorí prijímali tekutiny skoro ráno pred pôstnym dňom (13 z 18, v porovnaní so 6 z 18 v kontrolný deň,  $p = 0,016$ ). Najčastejší dôvod, ktorý uvádzali, bol „smäd“. Možnosť „príprava na pôst“ účastníci vybrali iba v pôstny deň. Tento rozdiel nebol štatisticky významný ( $p = 0,25$ ), vzhľadom na malú výskumnú vzorku. Všetci účastníci pili po 18:00 hod. počas obidvoch dní, pričom ako najčastejší dôvod opäť uviedli „smäd“ a možnosť „regenerácia po pôste“ vybrali častejšie počas pôstnych dní ( $p = 0,002$ ) (obrázok 4.3).



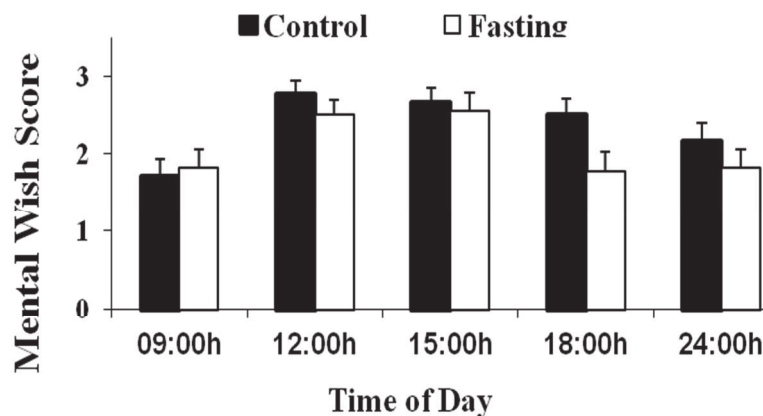
Obrázok 4.3 Dôvody pre príjem tekutín po západe slnka. Podiel možných príčin (pozn. prekl.: Thirsty = smäd, Sociable = spoločenské príčiny, Health = zdravotné dôvody, Recover = potreba regenerácie)

#### 4.7.1.2 Príjem potravy

Nárast počtu účastníkov výskumu, ktorí prijímali potravu v deň pred pôstom, nebol štatisticky významný (12 z 18 v porovnaní s kontrolným dňom, keď tento počet predstavoval 6 z 18). Účastníci uvádzali ako dôvod príjmu potravy v priebehu obidvoch dní najčastejšie „Hlad“ a možnosť „Príprava na pôst“ vybrali iba počas pôstnych dní. „Hlad“ uviedli ako najčastejší dôvod po 18:00 hod. v obidva dni. Možnosť „Regenerácia“ vyberali účastníci výskumu oveľa častejšie počas pôstnych dní ( $p = 0,002$ )

#### 4.7.1.3 Fyzické, mentálne a spoločenské aktivity

Účastníci výskumu sa venovali týmto aktivitám, ich množstvo však výrazne ovplyvnili časti dňa ( $p < 0,0005$ ). Včas ráno vykonávali menej aktivít a v neskorších ranných a popoludňajších hodinách vykazovali vyššie hodnoty. Dané hodnoty dosahovali maximum večer po prerušení pôstu. Napriek tomu sme nezaznamenali žiadne štatisticky významné rozdiely či interakcie medzi kontrolným a pôstnym dňom. Pre porovnanie, časť dňa výrazne ovplyvnila množstvo fyzických a spoločenských aktivít, ktoré účastníci výskumu chceli vykonávať ( $p = 0,004$  alebo menej), pričom hodnoty dosahovali maximum okolo poludnia a v skorých popoludňajších hodinách a potom opäť klesali. V tejto oblasti (motivácia k vykonávaniu činností) sme zistili významné rozdiely medzi kontrolným a pôstnym dňom ( $p = 0,031$  alebo menej), pričom nižšie hodnoty sa týkali pôstnych dní. Žiadne významné interakcie neboli zistené. Obrázok 4.4 zobrazuje reprezentatívne výsledky množstva aktivít, ktoré účastníci chceli vykonávať (zamýšľaná aktivita).



Obrázok 4.4 Vplyv častí dňa na motiváciu vykonávať mentálnu aktivitu počas kontrolných a pôstnych dní (priemer + SE)

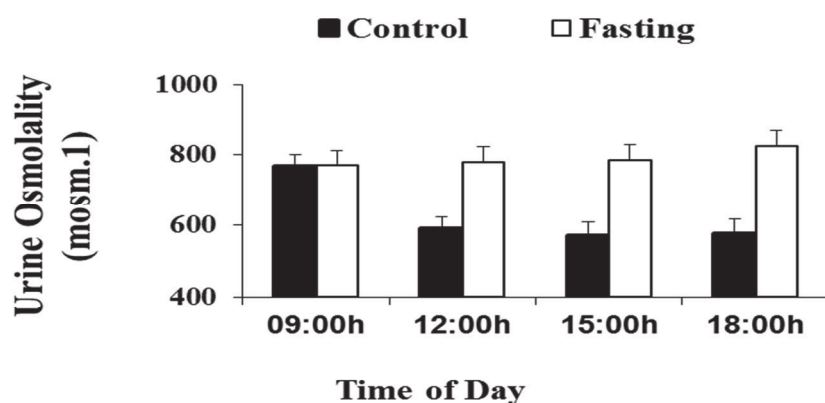
#### 4.7.1.4 Únava

Hodnoty pre únavu predstavovali pravý opak hodnôt, ktoré sú znázornené na obrázku 4. Zistili sme významné rozdiely medzi jednotlivými časťami dňa ( $F_{2,8; 47,6} = 4,8; p = 0,006$ ), pričom miera únavy klesala v dopoludňajších hodinách, stúpala v popoludňajších a najvyššia bola vo večerných hodinách. Aj keď miera únavy v priebehu pôstnych dní vzrástla, tento rozdiel nebol štatisticky významný. Medzi časťami dňa a daným činiteľom sme nezistili žiadne významné interakcie.

#### 4.7.2 Osmolalita moču

Na obrázku 4.5 je zobrazená priemerná osmolalita moču v priebehu kontrolných a pôstnych dní. Zistili sme významný vplyv daného činiteľa ( $F_{1,17} = 30,7; p < 0,0005$ ), častí dňa ( $F_{2,3; 39,8} = 5,6; p = 0,005$ ) a interakcie medzi týmito dvoma faktormi ( $F_{2,5; 41,7} = 15,4; p < 0,0005$ ). Na základe výsledkov vidíme, že moč bol po prebudení v kontrolné a pôstne dni pomerne koncentrovaný. Osmolalita moču sa znížila v priebehu

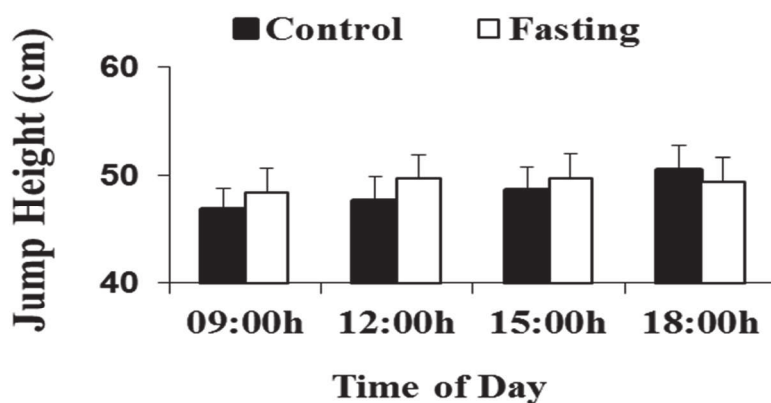
kontrolných dní, keď bol povolený denný príjem tekutín, a zvýšila počas pôstnych dní.



Obrázok 4.5 Priemer + SE hodnôt osmolality moču v priebehu kontrolných (KD) a pôstnych dní (PD)

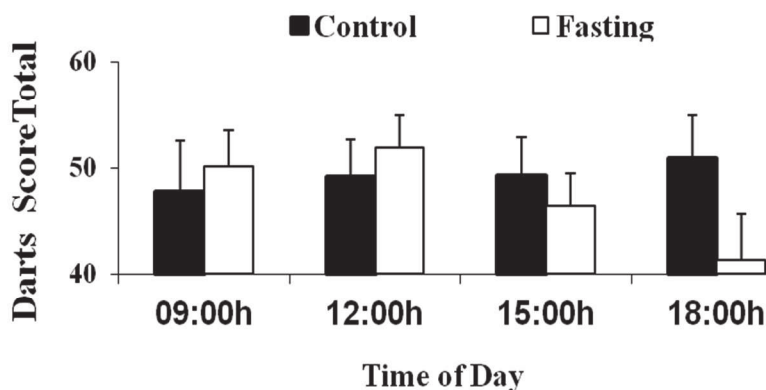
#### 4.7.3 Meranie výkonu

Nezaznamenali sme štatisticky významný vplyv jednotlivých častí dňa, konkrétneho činiteľa alebo interakcie medzi týmito dvoma faktormi na silu stisku ruky. Daný činiteľ taktiež nemal významný vplyv na výšku výskoku ( $F_{1,17} = 1,4$ ;  $p = 0,26$ ), významne ju však ovplyvnili časti dňa ( $F_{2,5; 43,2} = 11,2$ ;  $p < 0,0005$ ), pričom výkon sa počas dňa a večer zlepšoval. Zaznamenali sme aj významnosť interakcie medzi týmito dvoma faktormi ( $F_{2,4; 40,1} = 4,9$ ;  $p = 0,009$ ) a mierne zlepšenie v priebehu pôstneho dňa, najmä v neskorých popoludňajších hodinách (obrázok 4.6).



Obrázok 4.6 Maximálna výška výskoku Priemer + SE

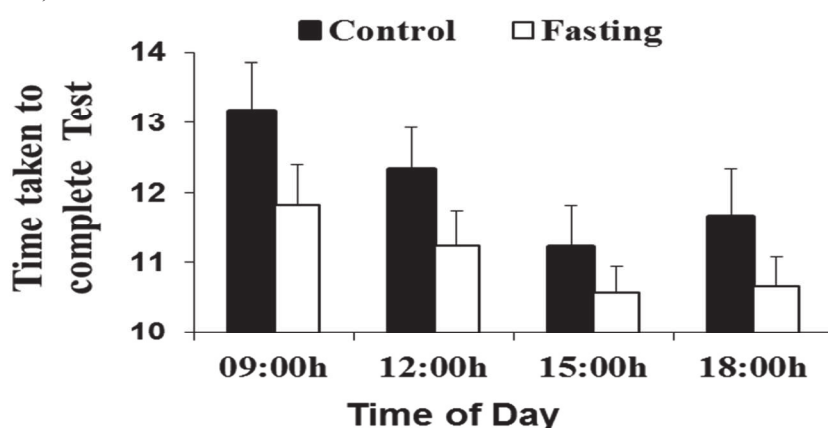
Pri hádzaní šípok nemal daný činiteľ, časti dňa či interakcia medzi týmito faktormi významný vplyv na počet neúspešných pokusov (nulový počet bodov) a zásahov. Taktiež bolo dokázané, že daný činiteľ a časti dňa významne celkový počet bodov neovplyvnili, ale interakcia medzi nimi bola označená ako okrajovo významná ( $F_{2,6; 44,8} = 2,3$ ;  $p = 0,096$ ), keďže celkový počet bodov klesol len ku koncu pôstneho dňa (obrázok 4.7).



Obrázok 4.7 Celkový počet bodov v hádzaní šípok 4-17 (priemer + SE)



Stroopov test nepotvrdil žiaden významný vplyv konkrétneho činiteľa ( $F_{1,17} = 2,5$ ;  $p = 0,13$ ), no zaznamenali sme veľmi významný vplyv jednotlivých častí dňa ( $F_{2,0; 33,7} = 10,8$ ;  $p < 0,0005$ ), pričom výkon sa zlepšoval (a potrebný čas znižoval) ku koncu dňa (obrázok 4.8). Nezistili sme žiadnu významnú interakciu/súvis medzi časťami dňa a daným činiteľom ( $p = 0,62$ ).



Obrázok 4.8 Čas potrebný na ukončenie testu (priemer + SE)

#### 4.7.4 Korelácie medzi premennými

Celkovú hodnotu (hodnota V) sme vypočítali zo všetkých troch druhov aktivít, ktoré účastníci výskumu vykonali – fyzických, mentálnych a spoločenských. Tak isto sme získali aj hodnotu pre množstvo dvoch druhov aktivít, ktoré účastníci chceli vykonávať, a to fyzických a mentálnych (hodnota Ž). Skombinovali sme hodnoty zo všetkých štyroch častí dňa (09:00, 12:00, 15:00 a 18:00 hod.) počas kontrolných a pôstnych dní (výsledok predstavuje celkovo 8 párov hodnôt pre každého účastníka). Významná vzájomná súvislosť:

Hodnota V v. únava =  $-0,16$ ; hodnota V vs. hodnota Ž =  $+0,39$ ;  
 hodnota V vs. čas potrebný na Stroopov test =  $-0,20$ .

Únava vs. hodnota  $\check{Z} = -0,62$

Hodnota  $\check{Z}$  v. moč =  $-0,18$

Celkový počet bodov v hádzaní šípok vs. počet neúspešných pokusov =  $-0,74$

Čas potrebný na Stroopov test vs. sila stisku =  $-0,24$ ; čas potrebný na Stroopov test vs. výška skoku =  $-0,32$

Medzi výkonnosťou pri hádzaní šípok a inými premennými sme významný vzťah nezistili.

#### 4.8 Diskusia

Počas pôstu sa jasne preukázalo, že nastali zmeny v príjme tekutín, potravy a v množstve zamýšľanej fyzickej a mentálnej aktivity a hydratácii organizmu. Objavili sa tiež čiastkové dôkazy, že účastníci výskumu sa na pôst pripravili ešte pred jeho začiatkom a po prerušení sa najedli a doplnili si tekutiny. Naopak pri testovaní sily stisku, pri Stroopovom teste, pri testoch výskoku a pri hádzaní šípok boli zmeny menej výrazné.

Príprava na pôst a následná regenerácia preto korešponujú so zisteniami uskutočnenými počas predchádzajúceho výskumu počas ramadánu (Waterhouse et al., 2008a, 2008b, 2009). Ako už bolo uvedené (Waterhouse et al., 2008b), súvislosť medzi príjmom tekutín a potravy a medzi množstvom prijatých tekutín alebo potravy môže za istých okolností zaniknúť. Ide o situácie, pri ktorých jedlo plní spoločenskú funkciu, čím dochádza k vyššiemu príjmu potravy ako si telo vyžaduje (de Castro, 1987; Waterhouse et al., 2005). Je diskutabilné, či boli pozorované prípravy na pôst intuitívne alebo nie. Je však potrebné si uvedomiť, že pôst trval len jeden deň (na rozdiel od pôstu počas ramadánu) a účastníci výskumu nemali žiadne vedomosti o požiadavkách spojených s ramadánom, keďže žiaden z nich nebol moslim.

Počas pôstu bola u účastníkov fyzická, mentálna a spoločenská aktivita obmedzená. Večer, po prerušení pôstu, sa tieto činnosti zintenzívnili. K podobným a štatisticky významným výsledkom sme dospeli aj pri množstve fyzických a mentálnych aktivít, ktoré účastníci výskumu chceli vykonávať. Tieto výsledky potvrdzujú naše predchádzajúce zistenia (Waterhouse et al., 2008a, 2008b, 2009) a naznačujú, že účastníci výskumu sa počas pôstu „šetrili“. Takisto dokazujú, že pôst má vo všeobecnosti negatívny vplyv na výkonnosť (pozri napríklad Kadri et al., 2000; Karaagaoglu a Yucesan, 2000; Leiper et al., 2003; Roky et al., 2000, 2004). V súvislosti s aktivitami, ktoré majú priamy vplyv na vnútornú teplotu, je zaujímavé, že Roky et al. (2000) uvádzajú pokles teploty v ústnej dutine medzi 09:00-20:00 hod. a zvýšenie medzi 23:00-24:00 hod. Štúdia tiež potvrdila, že množstvo vykonanej a zamýšľanej aktivity sa zvyčajne vo večerných hodinách zvyšovalo a bolo vyššie než v kontrolných dňoch. Uvádzaný nárast však nebol až taký výrazný ako v predchádzajúcich výskumoch (Waterhouse et al., 2008a, 2008b, 2009). Porovnateľný nedostatok zvýšenej aktivity po prerušení pôstu pravdepodobne odráža fakt, že príjem potravy nemá spoločenskú funkciu (de Castro, 1987, 1997, 2000). Môžeme predpokladať, že vplyv bude výraznejší v moslimskej komunite počas ramadánu ako u nemoslimských študentov, ktorí sa postili len jeden deň a mohli ísť domov hneď po vykonaní laboratórnych testov o 18:00 hod.

Osmolalita moču bola počas oboch dní po prebudení pomerne vysoká, čo naznačuje, že telo bolo počas spánku mierne dehydrované. Jej následný pokles počas kontrolných dní zapríčinil príjem tekutín, na druhej strane hodnoty osmolality a dehydratácie počas pôstu naďalej stúpali. K podobným výsledkom počas ramadánu dospeli vedci už aj predtým. (Reilly a Waterhouse, 2007; Waterhouse et al., 2009; Alabed, 2010). Osmolalita moču o 09:00 hod. pôstneho dňa nebola nižšia než cez kontrolný deň, čo naznačuje, že príjem tekutín pred začatím pôstu nenahradil tekutiny, ktoré telo stratilo cez noc. Aj keď účastníci výskumu

požili tekutiny pred začatím pôstu, prijaté množstvo nebolo dostatočné na odstránenie miernej dehydratácie.

V prípade sily stisku nebol preukázaný žiaden rytmus a tiež žiaden významný rozdiel medzi pôstnymi a kontrolnými dňami. Usúdili sme, že z hľadiska fyzickej výkonnosti sa sila stisku s trvaním pôstu nemení, alebo test nebol dostatočne citlivý vzhľadom na spôsob, akým ho účastníci výskumu vykonali. Výška výskoku v priebehu dňa významne vzrástla a merania v pôstny a kontrolný deň sa líšili. Nárast v priebehu pôstneho dňa bol menej výrazný. Tento rozdiel bol najvýraznejší o 18:00, keď bola dehydratácia, spôsobená obmedzením tekutín, najväčšia. Naš výsledok je v rozpore so zisteniami Judelsona et al. (2007), ktorí nezistili žiadne významné rozdiely v schopnosti vyskočiť pri úrovni dehydratácie vedúcej k zníženiu telesnej hmotnosti o 2,5 % a 5 %, ale tento rozdiel môže odrážať skutočnosť, že Judelson et al. v predchádzajúci deň požadovali od účastníkov výskumu, aby sa podrobili testom a skúmali stresovú reakciu na teplo vyvolanú fyzickou námahou.

V prípade fyzickej výkonnosti sa vo všeobecnosti vyskytujú názory, že svalová sila je pomerne odolná voči negatívnym vplyvom nedostatku spánku a pôstu (Reilly et al., 1997). Naopak, nedostatok spánku a pôst negatívne pôsobia na motiváciu vykonávať činnosti, ako aj na senzomotorickú kontrolu, predovšetkým kontrolu jemnej motoriky (Reilly a Waterhouse, 2009). Tieto faktory mohli počas štúdie prispieť k poklesu fyzickej výkonnosti počas jednodňového pôstu v našej štúdií.

Stroopov test preukázal jasný cirkadiánnny rytmus, výkon sa zlepšoval (čas potrebný na dokončenie testu klesal) asi do 15:00 hod. Výsledky korešponujú so zisteniami z iných testov mentálnej výkonnosti, pri ktorých výkonnosť vrcholila zvyčajne o niečo skôr než telesná teplota (Folkard, 1990). Napriek nižšej výkonnosti nebol rozdiel štatisticky významný, z čoho môžeme usúdiť, že test nebol dostatočne citlivý pre tento

typ výskumu. Rovnaké tvrdenie platí aj pri hádzaní šípok, pri ktorom neboli zistené žiadne štatisticky významné rozdiely. Zistenie je v rozpore s predchádzajúcou štúdiou (Edwards et al., 2007), v ktorej namerané hodnoty vrcholili v popoludňajších hodinách. V našej štúdii sme tiež nedokázali štatisticky významný vplyv pôstu na výkon pri hádzaní šípok. Napriek tomu existuje medzi jednotlivými časťami dňa a konkrétnym činiteľom okrajovo významná interakcia/súvislosť. Obrázok 7 naznačuje, že príčinou je zhoršenie výkonnosti od 15:00 hod. počas pôstneho dňa. Skutočnosť, že účastníci výskumu nemali skúsenosti s hádzaním šípok, pravdepodobne znížila citlivosť testu. Keby počas prípravných stretnutí intenzívnejšie trénovali, mohol mať väčšiu výpovednú hodnotu. Výkony účastníkov v hádzaní šípok boli konzistentne vyhodnotené ako pomerne slabé. Slabý výkon bol určený na základe zvyšujúceho sa počtu nulových bodov.

Zo vzájomných vzťahov nie je možné vyvodit' príčinné súvislosti, ale dokážeme vyvodit' nasledujúce scenáre:

- (1) ak sú jednotlivci unavení (únava), vykonávajú menej fyzických, mentálnych, spoločenských aktivít (hodnota V), a takisto chcú vykonávať menej aktivít (hodnota Ž);
- (2) ak sú účastníci výskumu dehydrovaní (osmolalita moču), jedným zo všeobecných účinkov je menšia motivácia vykonávať fyzické alebo duševné úlohy (hodnota Ž). Môžu existovať aj korelácie medzi rôznymi úlohami, ktoré sú podobne ovplyvnené pôstom a časom bdenia, napríklad:
  - (1) čím menej aktivít účastník výskumu podstúpi (hodnota P), tým slabšie výkony podá pri niektorých testoch (potrebuje viac času na vykonanie Stroopovho testu);
  - (2) slabší výkon v jednej úlohe (čas potrebný na vykonanie Stroopovho testu) pravdepodobne súvisí so slabšími výkonmi v iných úlohách (sila stisku a výška výskoku). Uvedomujeme si, že

na posúdenie týchto návrhov s ohľadom na príčinné súvislosti je potrebné vykonať ešte veľké množstvo ďalšej práce.

#### **4.8.1 Všeobecné závery a implikácie pre štúdie ramadánu**

Z výsledkov štúdie vyplýva, že jednodňový pôst v kombinácii so spánkovým deficitom vedie k všeobecnému poklesu výkonnosti účastníkov výskumu, a takisto k ich menšej spokojnosti. K záveru sme dospeli na základe našich predchádzajúcich štúdií (Waterhouse et al., 2008a, 2008b, 2009; Alabed, 2010) a štúdia relevantnej odbornej literatúry z tejto oblasti (Reilly a Waterhouse, 2007; Wilson et al., 2009; Maughan et al., 2010; Waterhouse, 2010; Shephard, 2012). Podrobné príčiny zhoršenia výkonnosti nemožno vyvodit' len z tejto štúdie, no dôležitým faktorom je, že zhoršenie je priamo úmerné dĺžke trvania pôstu.

Naše výsledky poukazujú aj na to, že výsledky predchádzajúcich terénnych výskumov ramadánu (vykonaných počas ramadánu s moslimskými účastníkmi a nevyhnutne trvajúcich 4 týždne) skutočne môžu byť replikované pomocou kratšieho výskumného protokolu. Fyzické a psychomotorické testy použité v našej štúdii však nepreukázali zhoršenie výkonnosti tak jasne ako výkonnostné testy pri stanovenom množstve cvičenia v predchádzajúcej terénnej štúdii (Waterhouse et al., 2009). Nemožno povedať, či tento rozdiel zapríčinila necitlivosť testov, iný typ účastníkov výskumu (moslimskí a nemuslimskí účastníci), rozdielna dĺžka trvania výskumu (jednodňový pôst vs. jeden deň počas štyroch týždňoch pôstu) alebo kombinácia týchto faktorov.

Z našej štúdie vyplýva dôležitá implikácia, tak, ako aj z ostatných štúdií vykonaných počas ramadánu. Jednotlivci, ktorí majú vykonať dané úlohy, ich vykonajú horšie a budú k ich vykonaniu menej motivovaní, a toto je priamo úmerné dĺžke postenia počas jedného dňa.

## **4.9 Implikácie pre tréning počas ramadánu**

Ako sme už uviedli, obmedzenie príjmu potravy a tekutín spolu s daným množstvom spánkového deficitu prispieva k zhoršeniu nálady a mentálnej výkonnosti. Niektoré z týchto zmien môžu ovplyvniť účastníkov vykonávajúcich opakované úlohy alebo úlohy, pri ktorých nie je možné dosiahnuť výsledky okamžite, ale až po určitom čase. Športový tréning je dobrým príkladom. Tréning počas ramadánu je náročnejší a výkon slabší.

### **4.9.1 Čas tréningu**

#### **4.9.1.1 Za bežných okolností**

Čas tréningu často závisí od životného štýlu a povinností jednotlivcov. Niektorí trénujú skoro ráno predtým, ako idú do práce, napoludnie alebo večer po práci. Význam tréningu pre rozvoj svalovej sily alebo vytrvalosti závisí skôr od množstva vykonanej aktivity než od množstva pociťovanej námahy. Množstvo vykonanej aktivity je vo všeobecnosti najväčšie približne v čase, kedy je telesná teplota tela najvyššia (neskoro popoludní), pretože vrcholí rytmus fyzickej výkonnosti a námaha vynaložená na vykonanie akéhokoľvek množstva práce je vnímaná ako minimálna. Oba dôvody naznačujú, že tréning v skorých alebo neskorých hodinách môže byť menej účinný. Pri tréningu, ktorý si vyžaduje sústredenie a zlepšovanie kognitívnych a mentálnych zručností (napríklad lukostreľba), podá jedinec najlepší výkon v neskorých ranných hodinách, keďže vplyv bdenia v tom čase ešte nie je tak výrazný (jedinec nie je taký unavený ako napr. v popoludňajších hodinách).

Fyzická výkonnosť nie je na vrchole počas ranných ani večerných tréningov. Existujú však aj iné dôvody, prečo nie je ideálne trénovať v priebehu uvedených častí dňa. Ráno, krátko po prebudení, sú medzistavcové platničky ešte mierne opuchnuté, pretože cez noc, keď je

chrbtica nezaťažená, absorbujú tekutinu. Opuchnutie môže zvýšiť riziko zranenia, napríklad vysunutie platničky. Asi jednu až dve hodiny po tom, čo sa telo dostane do vertikálnej polohy, zbaví sa prebytočnej tekutiny vplyvom pôsobenia gravitácie. Kardiovaskulárna reakcia na rovnaké množstvo pohybu je ráno väčšia než cez deň, krvný tlak stúpa viac. Riziká poškodení neboli ešte epidemiologicky posúdené, ale objavujú sa v čase najvyššieho výskytu kardiovaskulárnej morbidity v dôsledku ischémie a krvácania, preto sa odporúča opatrnosť. Keďže pozorované vzorce pri morbidite majú aj exogénnu zložku, tréning sa po odpočinku alebo krátkom spánku neodporúča. Nie je vhodné trénovať ani vo večerných hodinách, pretože to spôsobuje zvýšenie vnútornej teploty, a tým brzdí nástup spánku.

#### **4.9.2 Obdobie ramadánu**

Trénujúci jednotlivci musia čeliť hneď niekoľkým problémom: negatívny vplyv spôsobený nedostatkom potravy a tekutín, zvýšená únava (skrátенý nočný spánok) a dlhší čas bdenia (jednotlivci vstávajú skôr, aby sa pripravili na pôst). Tieto faktory spôsobujú, že jednotlivci plnia svoj harmonogram menej svedomito. Je ťažšie dodržať stanovenú dĺžku tréningu, a tým sa znižuje miera pracovného zaťaženia. Akékoľvek nežiaduce následky tréningu môžu v období ramadánu pretrvať aj niekoľko hodín. Napríklad ak jedinec trénuje ráno dve až tri hodiny po jedle (pred východom slnka), dochádza k prirodzenej strate tekutín a energie, ale po tréningu si ich nemôže doplniť, ako je po cvičení mimo ramadánu bežné. Účinky pôstu sú najvýraznejšie neskoro popoludní, krátko pred prerušením pôstu, v čase najvyššej výkonnosti. Napriek tomu, že intenzita a úroveň tréningu je nižšia než za bežných okolností, lepším riešením je pokračovať, ako úplne prestať.

Ako je možné zachovať úroveň a účinnosť tréningu? Jednou z možností je zväziť zmenu tréningového času, aby bol rovnako efektívny ako za bežných okolností.



Hovorí sa, že si dokážeme zvyknúť na pravidelný tréning v určitom čase počas dňa. Ak športovci pred testami niekoľko dní trénovali v rovnakom čase, ako sa mali konať testy, športový výkon meraný na čas (bicyklovanie) sa zlepšil. Nie je známe, do akej miery by to ovplyvnilo výkon počas ramadánu. Mohol by byť tréning presunutý na neskoršiu časť dňa, teda po západe slnka, rovnako efektívny ako za bežných okolností? Po západe slnka účastníci väčšinou zjedia d'atle s vodou, čo im doplní časť chýbajúcich tekutín a kalórií. Po tomto jedle, ešte pred hlavným večerným jedlom, by bolo možné absolvovať tréning. Ďalšou výhodou tréningu po západe slnka je možnosť vyhnúť sa vysokým teplotám, najmä v oblastiach s teplým podnebí.

Tréning vo večerných hodinách však môže mať na organizmus aj iný vplyv. Posúva biologické hodiny dozadu a to pod vplyvom cvičenia ako synchronizátora časových rytmov. V takom prípade by sa tréning konal približne v čase najvyššej výkonnosti, čo by zvýšilo množstvo vykonanej aktivity, motiváciu podávať maximálny výkon a tiež kvalitu tréningu. Oneskorenie biologických hodín by však mohlo mať negatívne dôsledky na dĺžku trvania spánku, keďže jednotlivci môžu počas ramadánu zaspávať neskôr a vstávať skôr, čo by im zmena biologických hodín znemožnila. Niektoré štúdie naznačujú, že športovci takto ráno vstávajú pomerne neskoro a tréning, večer po západe slnka, si na pohľad uchováva kvantitu a kvalitu. Nie je známe, či sa za takýchto okolností menia fázy biologických hodín.

Zmeniť čas tréningu počas ramadánu na báze chronobiologického princípu je pomerne nová myšlienka, ale nie je možné ju odporúčať, kým dôkladne nepreskúmame, či by takáto zmena bola účinná a aké by mala dôsledky. Žiada sa pripomenúť, že hoci sú takéto tréningové režimy v moslimských krajinách prijateľné, je nepravdepodobné, že by sa uplatnili v iných krajinách, napríklad v Európe a v USA, kde moslimskí športovci trénujú cez deň, aby sa prispôbili životnému štýlu nemoslimskej väčšiny.

#### 4.10 Všeobecné závery

**A.** Je očividné, že pôst v období ramadánu značne ovplyvňuje fyziológiu, psychiku a biochemické procesy jednotlivca, ktoré ďalej ovplyvňujú jeho výkon počas dňa, športový tréning a športové schopnosti. Výsledky štúdií naznačujú, že väčšina zmien spojených s posvätným mesiacom nemá progresívny charakter, keďže jednotlivci sa každý večer z pôstu zotavujú.

**B.** Mentálna a fyzická výkonnosť jednotlivca sa však v priebehu denného pôstu zhoršuje, priamo úmerne s dĺžkou trvania pôstu. Zhoršenie sa výrazne odráža na tréningu a ovplyvňuje najmä motiváciu pravidelne, efektívne a svedomito trénovať.

**C.** Pozorované zmeny často súvisia so zmenami denných rytmov mnohých premenných, ale nebola stanovená relatívna dôležitosť endogénnych (riadených biologickými hodinami) a exogénnych (podmienených prostredím a životným štýlom) zložiek týchto rytmov.

**D.** Vedecký výskum ramadánu si nutne vyžaduje veľa času. Súčasné výsledky laboratórných experimentov však naznačujú, že jednodňový pôst môže simulovať a replikovať mnohé zo zmien pozorovaných počas dňa v období ramadánu. Tento zjednodušený protokol môže mať význam nielen pri skúmaní účinkov ramadánu, ale aj pri nábore účastníkov výskumu (vrátane nemoslimských), pretože na nich kladie menšie nároky.

**E.** Tréning v období ramadánu predstavuje pre moslimských športovcov niekoľko problémov, preto sa posun tréningu na večer javí ako lákavá možnosť. Na to, aby sme zistili, či je tréning v zmenenom čase rovnako efektívny a či nespôsobuje isté nepriaznivé zmeny vo fyziológii, psychike a biochemických procesoch jednotlivca, je potrebný ďalší vedecký výskum.



---

## ĎALŠIE INFORMÁCIE A ODKAZY NA LITERATÚRU

### A. Ďalšie informácie

#### 1. Ramadán

- Maughan, R., Fallah, J., Coyle, E. (2010). The effects of fasting on metabolism and performance. *British Journal of Sports Medicine*, 44: 490-494.
- Reilly, T., Waterhouse, J. (2007). Altered sleep-wake cycles and food intake: the Ramadan model. *Physiology and Behavior*, 90: 219-228.
- Shephard, R. (2012). The impact of Ramadan observance upon athletic performance. *Nutrients* 4: 491-505.
- Waterhouse, J. (2010). Effects of Ramadan on physical performance: chronobiological considerations. *British Journal of Sports Medicine*, 44: 509-515.
- Wilson, D., Drust, B., Reilly, T. (2009). Is diurnal lifestyle altered during Ramadan in professional Muslim athletes? *Biological Rhythms Research*, 40: 385-397.

#### 2. Fyzická a mentálna výkonnosť

- Akerstedt, T. (2007). Altered sleep-wake patterns and mental performance. *Physiology and Behavior*, 90: 209-218.
- Atkinson, G., Reilly, T. (1996). Circadian variation in athletic performance. *Sports Medicine*, 21: 292-312.
- Reilly, T., Waterhouse, J. (2009). Sports performance: is there evidence that the body clock plays a role? *European Journal Applied of Physiology*, 106: 321-332.
- Waterhouse, J., Minors, D., Akerstedt, T., Reilly, T., Atkinson, G. (2001). Rhythms in human performance. In: Takahashi J, Turek F, Moore R, (ed.) *Circadian Clocks*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, s. 571-601.
- Waterhouse, J. (2010). Circadian rhythms and cognition. In: G. Kerkhof a H. V. Dongen (ed.), *Progress in Brain Research*, roč. 185, kapitola 8.

### **3. Cirkadiánne (denné) rytmy**

Minors, D., Waterhouse, J. (1981). *Circadian Rhythms and the Human*. John Wright, Bristol; 1981.

Reilly, T., Atkinson, G., Waterhouse, J. (1997). *Biological Rhythms and Exercise*. Oxford: Oxford University Press.

### **B. Odkazy pre časť Laboratórna štúdia zmien**

Alabed, H. (2010). The Effects of Fasting for a Single Day and During Ramadan upon Performance. Dizertačná práca, Univerzita Johna Mooresa, Liverpool, Spojené kráľovstvo.

Bland, J., Altman, D. (1995). Calculating correlation coefficients with repeated observations: Part 1 – correlation within subjects. *British Medical Journal*, 310: 446.

De Castro, J. (1987). Circadian rhythms of the spontaneous meal pattern, macronutrient intake, and mood of human. *Physiology and Behavior*, 40: 437-446.

De Castro, J. (1997). Socio-cultural determinants of meal size and frequency. *British Journal of Nutrition*, 77 (Príl. 1): S39-S55.

De Castro, J. (2000). Eating behaviour: lessons from the real world of human. *Nutrition*, 16: 800-813.

Edwards, B., Waterhouse, J. (2009). Effects of one night of partial sleep deprivation upon diurnal rhythm of accuracy and consistency in throwing darts *Chronobiology International*, 26: 756-768.

Edwards, B., Waterhouse, B., Atkinson, G., Reilly, T. (2007). Effects of time of day and distance upon accuracy and consistency of throwing darts. *Journal of Sports Sciences*, 25: 1531-1538.

Folkard, S. (1990). Circadian performance rhythms: Some practical and theoretical considerations. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 327: 543-553.

Judelson, D., Maresh, C., Anderson, L., Casa, D., Kraemer, W., Volek, J. (2007). Hydration and muscular performance. *Journal of Sports Medicine*, 37: 907-921.

Kadri, N., Tilane, A., El Batal, M., Taltit, Y., Tahiri, S., Moussaoui, D. (2000). Irritability during the month of Ramadan. *Psychosomatic Medicine*, 62: 280-285.

- Karaagaoglu, N., Yucecan, S. (2000). Some behavioural changes observed among fasting subjects, their nutritional habits and energy expenditure in Ramadan. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 51: 125-134.
- Leiper, J., Molla, A. (2003). Effects on health of fluid restriction during fasting in Ramadan. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57 (Pril. 2.) S30-S38.
- Reilly, T., Waterhouse, J. (2007). Altered sleep-wake cycles and food intake: the Ramadan model. *Physiology and Behavior*, 90: 219-228.
- Reilly, T., Waterhouse, J. (2009). Sports performance: is there evidence that the body clock plays a role? *European Journal Applied of Physiology*, 106: 321-332.
- Reilly, T., Atkinson, G., Waterhouse, J. (1997). *Biological Rhythms and Exercise*. Oxford: Oxford University Press.
- Roky, R., Houti, I., Moussamih, S., Qotbi, S. & Aadil, N. (2004). Physiological and chronobiological changes during Ramadan intermittent fasting. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 48: 296-303.
- Roky, R., Iraki, L., Hajkhelifa, R., Lakhdar, G., Vaso, N., Hakkou, F. (2000). Daytime alertness, mood, psychomotor performances, and oral temperature during Ramadan intermittent fasting. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 44: 101-107.
- Waterhouse, J. (2010). Effects of Ramadan on physical performance: chronobiological considerations. *British Journal of Sports Medicine*, 44: 509-515.
- Waterhouse, J., Alabed, H., Edwards, B., Reilly, T. (2009). Changes in sleep, mood and subjective and objective responses to physical performance during the daytime in Ramadan. *Biological Rhythm Research*, 40: 1-17.
- Waterhouse, J., Alkib, L., Edwards, B., Reilly, T. (2008a). Diurnal changes in sleep, food and fluid intakes, and activity during Ramadan, 2006, in the UK some preliminary observations. *Biological Rhythm Research*, 39: 449-469.
- Waterhouse, J., Alkib, L., Edwards, B., Reilly, T. (2008b). Effects of Ramadan upon fluid and food intake, fatigue, and physical, mental and social activities: A comparison between the UK and Libya. *Chronobiology International*, 25: 697-724.
- Waterhouse, J., Minors, D., Akerstedt, T., Reilly, T., Atkinson, G. (2001). Rhythms in human performance. In: Takahashi J, Turek F, Moore R, (ed.)

Circadian Clocks. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, s. 571-601.

Waterhouse, J., Bailey, L., Tomlinson, F., Edwards, B., Atkinson, G., Reilly, T. (2005). Food intake in healthy young adults: effects of time pressure and social factors. *Chronobiology International*, 22: 1069-1092.

## 5 Desynchronizace cirkadiánních rytmů u sportovců :

### **syndrom jet-lag**

*Pavel Homolka a kolektiv*

Biologické rytmy, související s astronomickými jevy, podmiňují pravidelně se opakující a ve stejné době se vracející kvantitativní a kvalitativní změny a projevy živých organismů. Člověk je vybaven *endogenními oscilátory* („vnitřními hodinami“), které jsou vrozenými udavači rytmu. Cirkadiánní rytmus patří k základním dlouhodobým biorytmům. Trvá přibližně 24 hodin, přičemž k přesné synchronizaci přispívají *zevní udavače rytmu*, především střídání světla a tmy a sociální faktory (znalost času, chování okolí). Náhlá změna zevních udavačů rytmu (například letecký přesun přes poledníky se změnou rytmu „světlo – tma“, nebo při noční práci) vede k **desynchronizaci** rytmu. Adaptace na tyto změny je interindividuálně rozdílná, stejně jako zpětná resynchronizace, trvající i několik dní a projevující se nejdříve obnovením rytmu „spánek – bdění“ a později navrácením rytmů všech dalších funkcí (Placheta et al., 1999).

### 5.1 Cestovní únava

Vrcholoví a výkonnostní sportovci dnes tráví běžně při mezinárodních letech až desítky hodin v letadle a překračují během krátkého časového intervalu až několik časových zón. Tyto cesty podnikají sportovci za účasti v mezinárodních individuálních či klubových soutěžích a turnajích. V jiných případech cestují za vysokohorskou přípravou nebo za výhodnějšími teplotními podmínkami pro svůj trénink. Především elitní hokejisté, fotbalisté či tenisté cestují v soutěžní sezoně po všech kontinentech a jejich organismus se musí velmi často přizpůsobovat podmínkám rozdílných časových zón a odlišnému klimatu a po návratu domů je zpětně vystaven změnám domácího prostředí. Přistupuje stres z vlastního cestování, ze zpoždění, z nepříjemných zážitků během letu, negativních emocí, nepředvídaných zastávek apod. Cestují většinou

v pozici vsedě, která může po několika hodinách u náchylných osob způsobovat otoky dolních končetin či svalové křeče z vynucené polohy těla. Tato přechodná forma únavy během samotného letu se označuje jako „cestovní únava“ („travel fatigue“) a vyskytuje se u cestujících nejenom překračujících poledníky ale i u osob cestujících letadlem na sever či na jih. Přechodné symptomy „cestovní únavy“ mohou doprovázet jakoukoliv delší cestu a obvykle rychle pominou. Příčiny cestovní únavy jsou shrnuty v tabulce 5.1.

Tabulka 5.1 Symptomy a příčiny „cestovní únavy“ (podle Waterhouse et al., 2002)

CESTOVNÍ ÚNAVA	
Symptomy	Příčiny
Pocit únavy	Vytržení z běžné rutiny
Poruchy orientace	Komplikace spojené s cestováním (odbavení zavazadel, celní prohlídka apod.)
Bolesti hlavy	Dehydratace během letu z nedostatečného nebo nevhodného příjmu tekutin a také vzhledem k suchému vzduchu v kabině

PREVENCE CESTOVNÍ ÚNAVY		
<i>Před letem</i>	<i>Během letu</i>	<i>Po dosažení cílové destinace</i>
Plánování cesty v dostatečném předstihu.	Dostatek lehkého jídla.	Relaxace a dostatek nealkoholických nápojů.
Včasné vyřízení cestovních dokumentů (letenky, víza, pojištění apod.).	Dostatečný příjem vody a ovocných šťáv (vyvarovat se čaji, kávě a alkoholu).	Relaxační sprcha, krátký relaxační spánek.
Podrobné naplánování aktivit v cílové destinaci		

### **Prevence cestovní únavy**

#### ***Před letem***

Plánování cesty v dostatečném předstihu.

Včasné vyřízení cestovních dokumentů (letenky, víza, pojištění apod.).



Podrobné naplánování aktivit v cílové destinaci.

***Během letu***

Dostatek lehkého jídla.

Dostatečný příjem vody a ovocných šťáv (vyvarovat se čaji, kávě a alkoholu).

***Po dosažení cílové destinace***

Relaxace a dostatek nealkoholických nápojů.

Relaxační sprcha, krátký relaxační spánek.

## **5.2 Syndrom jet-lag**

Rytmus spánku a bdění každého člověka regulují vnitřní **biologické hodiny**. Jsou lokalizované ve dvou malých, bilaterálních nervových seskupeních hypotalamu (***nadchiasmatická jádra*** neboli ***nucleus suprachiasmaticus*** – ***SCN***). Zodpovídají za generování vnitřních cirkadiánních rytmů i za jejich synchronizaci se střídáním dne a noci.

Syndromem jet-lag označujeme takové potíže, které jsou spojeny přímo s rychlým přesunem přes časové pásma. Označuje se také jako **desynchronoza biologických hodin** a je způsoben desynchronizací biologických rytmů organismu časovým posunem v cílové destinaci (tabulka 5.2). Symptomy se mohou objevit již při překročení dvou časových zón, čím větší je časový posun, tím mohou být příznaky jet-leg intenzivnější. Biologické hodiny se v novém prostředí začnou adaptovat na lokální čas a po přizpůsobení symptomy jet-leg odezní (Lemmer, Kern, Nold a Lohrer, 2002). Vzhledem k tomu, že desynchronizace cirkadiánních rytmů může mít negativní vliv i na výkonnost sportovců a doprovázejícího personálu, vydal v roce 2007 European College of Sport Science (Reilly, 2007) studijní materiál pro praxi, vysvětlující biologickou podstatu jet-lag s doporučeními, jak nejlépe symptomům předejít a jak je co nejrychleji zvládnout. Konkrétní studie prokazují pokles svalové síly a prodloužení

reakční doby u sportovců po dobu až pěti dnů při přeletu pěti časových zón na západ (Reilly a Atkinson, 2001).

Intenzita a trvání symptomů jet-lag závisí na řadě faktorů:

- 1) na počtu překročených časových zón,
- 2) na směru letu východ-západ,
- 3) na schopnosti spát během letu,
- 4) na rozdílech v individuální toleranci symptomů.

Obecně jsou symptomy jet-lag intenzivněji pociťovány po letu na východ. V počtu dní, vyžadujících dostatečnou aklimatizaci na nové prostředí se uvádí formule **1den/1 časovou zónu** bez ohledu na směr letu (Waterhaus, Reilly a Edwards, 2004).

Mezi lidmi obecně existují zřetelné individuální rozdíly v preferovaném načasování biologických hodin. Lidově bývají označováni buď jako **ranní ptáčata (skřivani)**, nebo naopak **noční ptáci (sovy)**. Odborníci hovoří o cirkadiánních typech neboli **chronotypech**. Tyto typy se liší upřednostňováním ranních nebo večerních hodin. Tato skutečnost může výrazně ovlivňovat rychlost nutné resynchronizace jejich biologických hodin s novými vnějšími časovými podmínkami. Ranní typy by mohly mít teoretickou výhodu k rychlejší synchronizaci biologických rytmů při letu na východ a noční typy při letu na západ (Waterhaus et al., 2004). Při letu překračujícím 12 časových pásem se doporučuje rozdělit cestu do dvou dnů s možností přenocování. Toto doporučení se však většinou nerealizuje vzhledem k logistickým a finančním důvodům. Při plánování letu je optimální zvolit přílet do cílové destinace v pozdním odpoledni nebo večer. V takovém případě máme možnost absolvovat plnohodnotný spánek v nové časové zóně. Zpomalení aklimatizace naopak může způsobit vysoká teplota v nové destinaci či výšková hypoxie.

Tabulka 5.2 Symptomy jet-lag

Pocit únavy a ospalosti během dne v cílové destinaci
Poruchy spánku v novém prostředí: Noční nespavost, večerní poruchy usínání, časné noční probouzení v cílové destinaci, povrchní spánek
Snížení duševní a fyzické výkonnosti, poruchy koncentrace a motivace
Bolesti hlavy
Zvýšená psychická labilita a podrážděnost
Snížená chuť k jídlu a zažívací potíže (průjmy či zácpa)
U žen často poruchy menstruačního cyklu

### 5.3 Obecná doporučení pro urychlené zvládnutí symptomů jet-lag

Následující doporučení vychází z chronobiologických principů a z fyziologických zásad chování biologických hodin. Mají za úkol co nejvíce pomoci cestujícím sportovcům v minimalizaci symptomů jet-lag a v co nejrychlejší resynchronizaci biologických hodin organismu.

- Cesta musí být plánována tak, aby sportovec byl v místě cílové soutěžní destinace několik dnů před jejím zahájením. V počtu dní, vyžadujících dostatečnou aklimatizaci na nové prostředí se orientačně uvádí formule **1 den/1 časovou zónu** bez ohledu na směr letu. Nutná doba na aklimatizaci je individuální, obecně mladší jedinci zvládají symptomy jet-lag mírněji a rychleji než starší osoby. Některé studie prokazují nutnost delší doby pro resynchronizaci biologických rytmů. Například Lemmer (2002) sledoval změny krevního tlaku a srdeční frekvence u skupiny sportovců při přesunu přes 8 časových zón na východ a o 6 časových pásem na západ. 24-hodinový profil krevního tlaku a srdeční frekvenci hodnotil chronobiologicky kosinorovou analýzou změřených dat. Pro oba směry zjistil, že ani 11. den po přeletu do cílového místa ještě nedošlo k optimální resynchronizaci krevního tlaku ani srdeční frekvence. Tato skutečnost by mohla negativně ovlivnit výkonost sportovce. Pro minimalizaci symptomů

jet-lag lze realizovat 1-2 dny před odletem předletovou přípravu postupným přizpůsobováním spánkového režimu v závislosti na cílové destinaci. Při cestování na východ se doporučuje jít spát o jednu hodinu dříve a při cestování na západ o jednu hodinu později než běžně. Posuny spánku o více jak dvě hodiny se však již jeví jako kontraproduktivní a negativně mohou ovlivnit trénink a výkonnost sportovce.

- V okamžiku nástupu do letadla je nutné nastavit hodinky na čas v cílové destinaci. Je vhodné začít již na palubě letadla žít (jíst a spát) v soulase s časem v cílové destinaci (Waterhouse et al., 2004).
- Spánek během cesty je doporučen pouze v době, kdy je noc v cílové destinaci. Optimální je přilet do cílové destinace v podvečerních hodinách či večer.
- Let na západ vyvolává tzv. *fázové zpoždění* (phase delay) biologických hodin organismu a vyžaduje abnormálně dlouhé bdění a aktivitu během letu. Spánek je pro rychlou resynchronizaci spíše kontraproduktivní. Světlo v kabině a sociální aktivity napomáhají udržení bdělého stavu. Při velké únavě po přiletu je akceptabilní jít spát první noc o 1-2 hodiny dříve než je běžné v cílové destinaci.
- Při letu na východ dochází k *fázovému předběhnutí* (phase advance) biologických hodin. Lety na východ z Evropy do Asie a Austrálie jsou leteckými společnostmi realizovány většinou přes noc. I v tomto případě platí doporučení spánku pouze v době noci v cílové destinaci. První dny po přiletu by se měli sportovci vyvarovat tréninku v ranních hodinách, naopak trénink v pozdním odpolední a večer se jeví jako vhodný.
- Po přiletu do cílové destinace přísně pokračovat v respektování režimu lokálního času v příjmu jídla a v dodržování cyklu bdění-spánek bez ohledu na vlastní pocity.
- Návrat posunutých biologických hodin k normálu podpoří ranní vystavení slunci či světlu vyšší intenzity (nad 2000 luxů).

- Suchý vzduch v kabině letadla může způsobit dehydrataci organismu a doporučuje se proto dostatečný přísun tekutin, nejlépe minerálky a ovocné džusy. Nedoporučují se nápoje s kofeinem a alkohol.
- V prevenci otoků, svalových křečí a žilní trombózy je nutné podpořit cirkulaci krve v dolních končetinách. Minimálně po dvou hodinách letu se doporučují izometrická cvičení svalstva stehen a lýtek, protahovací cviky, časté procházky v uličce letadla a elastické podkolenky s mírnou kompresí podporující žilní návrat.
- Medikamentózní léčba: při poruchách usínání lze užít léky z řady benzodiazepinů. V současné době je akceptována i léčba chronobiotikem Melatoninem, který podporuje navození spánku. Čistota Melatoninu zakoupeného mimo lékárny je však nejistá a může vyvolat nežádoucí a vedlejší účinky. Užívá se v dávkách 0,3-5,0 mg 30-60 minut před plánovaným spánkem již první den letu a několik dalších dnů po přiletu.
- Dietní opatření – urychlení resynchronizace biologických hodin s vnějším prostředím dietními opatřeními nebylo doposud dostatečně prokázáno. Některé studie doporučují vyšší příjem bílkovin ráno po probuzení a vyšší příjem uhlohydrátů před plánovaným spánkem. Většinou je však shoda v tom, že správné načasování jídla je důležitější než nutriční obsah (Reilly a Waterhouse, 2005).
- Z hlediska sportovců by měl být první trénink v nové destinaci plánován do doby budoucí soutěže a to čím dříve po přiletu, tím lépe.

#### **5.4 Zkušenosti s překonáváním časových pásem u českých olympijských výprav**

Možné potíže vyplývající z přesunu českých olympijských výprav přes časová pásma byly v poslední době zvažovány a řešeny pro:

1988 LOH Soul,

2000 LOH Sydney,

2002 ZOH Salt Lake City,

2008 LOH Beijing,  
2010 ZOH Vancouver.

Čeští sportovci, jejich realizační týmy a zdravotnické vedení výpravy řešily dva druhy problémů:

- syndrom jet-lag,
- potíže související s posunem rytmu spánku a bdění.

Ve sportovní praxi jsou tyto záležitosti řešeny v kontextu s optimální a rychlou adaptací na místní podmínky, tedy aklimatizací. Z hlediska zdravotníků, trenérů i subjektivního hodnocení sportovců samotných je druhý okruh potíží daleko výraznější, více zasahuje do regenerace, rozvržení tréninku, přípravy na soutěže a ovlivnění aklimatizace v místě soutěží jako celku. Nejhůře pocíťovaným subjektivním steskem není kupodivu například očekávaná podvečerní únava při přesunu na západ v čase, kdy v Evropě se již spí, ale naopak především brzké noční probouzení a nemožnost dospat plnohodnotně zbytek noci. Pokud považujeme spánek za nejdůležitější regenerační metodu, je jeho délka, kvalita a doba „dospávání“ jedním ze základních faktorů ovlivňujících sportovní výkon.

Účast českých sportovců na zimních olympiádách byla ještě navíc komplikována aklimatizací na vyšší nadmořskou výšku, otázkami jejího využití jako tréninkové metody (popř. vyhnutí se jí jako negativního faktoru pro regeneraci), což vyúsťuje v praktické úvahy kde bydlet, spát a regenerovat vzhledem k nadmořské výšce soutěží. *(Poznámka: Pro špičkové jednotlivce, kteří očekávají medailový úspěch jsou tyto úvahy velkou alchymii, kdy realizační týmy v zájmu urychlení aklimatizace a vylepšení předsoutěžní přípravy dokážou odmítnout nabízené bydlení sportovců s ostatními v olympijské vesnici a organizují bydlení ve zdánlivě vhodnější nadmořské výšce. Tento přístup vyznávají především běžci na lyžích a v poslední době také biatlonisté. Česká neúspěšnější*

*běžkyně na lyžích Kateřina Neumannová volila při svých účastech na ZOH 2002 a 2006 vždy spánek na úrovni nadmořské výšky soutěží, tedy mimo olympijské vesnice).*

Ostatní negativa, související s časovým posunem nejsou dobře zařaditelná, měřitelná a kromě toho vykazují velkou interindividuální a dokonce i intraindividuální nesourodost. Proto byly tyto symptomy během olympijských soutěží řešeny jednotlivě případ od případu. Literárně běžně opakované údaje respektující klišé, že přesuny na západ jsou snášeny lépe než přesuny na východ. To však může platit jen v případě, že se sportovci na časový posun a zejména potíže se spánkem připraví. Jinak ze zkušeností vyplývá, že přesun západním směrem je subjektivně pocíťován jako problematictější. Pokud analyzujeme skupinové diagnózy a stesky českých olympioniků, např. během LOH v Sydney 2000, pak na potíže s aklimatizací si tehdy stěžovala jediná olympionička (tehdy použita aplikace B<sub>12</sub> i.m.). Také olympiáda v čínském Pekingu (+8 hodin) neznamenal pro české sportovce výrazný problém (např. s večerní únavou nebo nutností násilného buzení v dopoledních hodinách).

Systémově lze totiž zmíněné problémy se spánkovým rytmem vcelku dobře ovlivnit. Kupodivu v praxi není problém s dobou ulehnutí, kdy je většina sportovců schopna se téměř ihned přibližně přizpůsobit času ulehnutí v místě destinace, ale jak bylo výše řečeno, zásadním problémem a nutností (dodejme řešitelnou), je oddálení nepříjemného brzkého nočního probouzení při přesunech na západ. V podstatě se jedná o západní pobřeží USA až s devítihodinovým posunem, což byl případ ZOH v Salt Lake City 2002 a ZOH ve Vancouveru v roce 2010. Pokud nejsou nasazena farmaka, pak vymizení nočního buzení a nemožnosti dospat trvá v průměru 5-7 dní, což je většinou sportovci velmi nepříznivě hodnoceno. Než popíšeme konkrétní postupy a prostředky, je nutné předeslat, že palubní personál v letadlech často vnutí cestujícím během přesunu zcela rytmus spánku, bdění a jídla, kterému se dá jen obtížně bránit.

Jaké tedy byly používány prostředky a metody českými olympioniky?

## **5.5 Medikamentózní ovlivnění biorytmů**

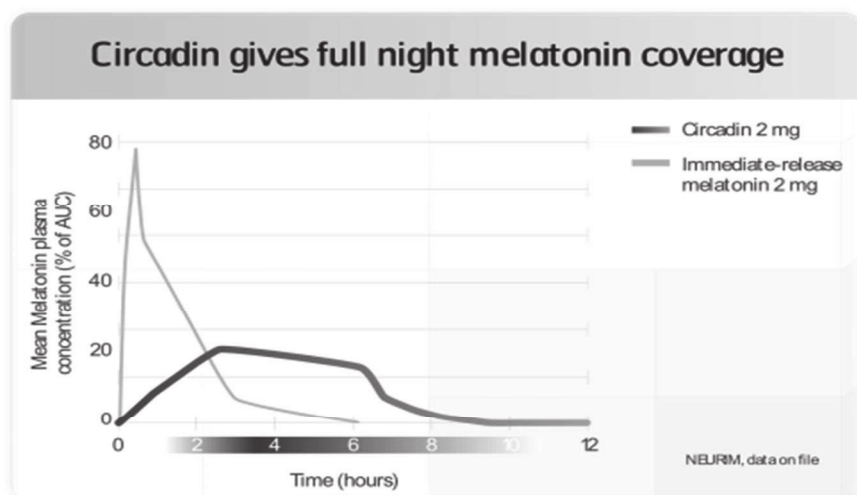
### **5.5.1 Melatonin**

Jde o endogenně epifýzou produkovaný hormon s dynamikou závislou na střídání světla a tmy. Od exogenního podání se očekává harmonizace spánkového rytmu a odstranění příznaků jet-lag. Zatímco v konci 80. let, např. v přípravách na letní olympiádu v Soulu 1988 byla sice tato možnost považována za potenciálně možnou, v posledních 15 letech, počínaje účastí v Sydney, jde o zcela standardní záležitost. V Čechách tehdy nebyl registrován žádný přípravek obsahující melatonin, proto se jednoduše využíval na Slovensku prodávaný Bio-Melatonin od dánské firmy PharmaNord. Doporučené a dosud platné schéma dávkování zní – jedna tableta 3,0 mg Bio-Melatoninu jednu hodinu před plánovaným usnutím v místě destinace, a to již na letišti, popř. v letadle. Dále pak pokračovat cca 10 dní. V přípravách na potíže se spánkem pro ZOH ve Vancouveru 2010 bylo toto schéma vylepšeno ještě kombinací s dlouhodobě se uvolňujícím melatoninem v tehdy čerstvě registrovaném preparátu Circadin. Vedoucí lékař výpravy a autor této stati tehdy po dohodě s naším předním specialistou na spánek, doc. MUDr. Karlem Šonkou z neurologické kliniky VFM Praha provedl vyzkoušení této kombinace na malé inspekční cestě do Vancouveru na podzim roku 2009. Tato kombinace (společně s nově vybraným hypnotikem) se osvědčila. Důvod použití je patrný z grafu. Zpomalené uvolňování pokryje většinu doby potřebné ke spánku, zatímco bolus před ulehnutím jej pomůže navodit.

České zastoupení firmy Lundbeck tehdy vybavilo celý Český olympijský tým preparátem za více jak 400 Kč zcela zdarma. V současné době je melatonin celkem standardním potravinovým doplňkem (event. lékem) při přesunech našich sportovců. Vzhledem k rozdílné kvalitě potravinových



doplňků a léků, byť obsahují stejnou účinnou látku, se jednoznačně doporučuje zůstat u léků.



Zdroj: firemní materiály firmy NEURIM, Izrael

### 5.5.2 Hypnotika

Již při ZOH v Salt Lake City 2002 se v praxi ukázalo, že samotný Bio-Melatonin je příliš slabou zbraní proti rannímu probuzení. Tehdy lékař našich lyžařů běžců, MUDr. Martin Koldovský, rozhodl o kombinaci Bio-Melatoninu s hypnotikem – v té době s téměř výlučně používaným zolpidemem (Stilnox, Hypnogen,...) a zvýšení dávky Bio-Melatoninu na 2 tablety. Problémy zmizely a chybějící hypnotika se pro výpravu zakoupila v místních lékárnách.

O 7 let později při zmíněné konzultaci s doc. Šonkou před odletem inspekčního týmu před ZOH ve Vancouveru bylo také přehodnoceno používání Stilnoxu jako méně výhodného farmaka ve srovnání se zopiclonem, kdy tehdy padla volba na běžný Zopitin 7,5 mg od finského

výrobce Viabalans. Díky kratšímu poločasu odpadá možná ranní kocovina, přitom spánek je kvalitní a riziko závislosti nízké. Doc. Šonka pro potřeby naší výpravy jednoznačně doporučil hypnotiky a melatoninem podpořený spánek před klopotnou, byť přirozenou cestou postupného synchronizování časového rytmu. Každý člen týmu byl proto tehdy vybaven příslušnou medikací na dobu jednoho týdne a také čeští sportovní novináři, když se dozvěděli o této úspěšné pomoci, vyžadovali příslušné léky. Ukázalo se opět, že pokud byl použit pouze melatonin, pak efekt na délku spánku byl příliš malý, teprve kombinace s hypnotiky účinkovala spolehlivě.

Při hledání dalších metod harmonizace spánkového rytmu se před ZOH ve Vancouveru uvažovalo o nově metodě pocházející opět ze Skandinávie. Jde o "chytré" použití mocného zdroje světla - Bright Light. Jedná se o ostré světlo intensity 2000 luxů, které má zasahovat prostřednictvím retinohypothalamoepifyzární dráhy do produkce melatoninu a které se používá nejen při dnech s omezeným denním svitem v oblastech blízkých polárním kruhu jako náhražka slunečního svitu, ale také k léčebným a preventivním účelům. V této souvislosti se zmiňme o možnostech objektivizace doby, kdy nastane jev, který se v literatuře popisuje jako aklimatizace, jedná se o adaptaci na místní podmínky, včetně časového posunu. Na toto téma byly ve světě napsány tisíce prací, v Čechách je však původní výzkum v souvislosti s olympiádami, resp. sportem velmi omezený. Prvním byla práce MUDr. Jaroslava Nováka a Ing. Jana Zeleného z roku 1989 a dále MUDr. Jaroslava Větvíčky et al. roku 1990. Jejich mateřské pracoviště – Laboratoř klinické biochemie a fyziologie Ústavu národního zdraví pro vrcholový sport - provedlo tehdy ojedinělý výzkum s měřením hladiny kortizolu v krvi i v moči a řady dalších parametrů na předolympijském turnaji basketbalistů v roce 1987 v Soulu. Nejlépe pro posouzení vyhovoval právě kortizol v krvi, který reagoval na přelet přes časová pásma (+8 hodin) poklesem a postupným návratem mezi 8.-12. dnem. Tehdy byla českým olympionikům poprvé doporučena režimová opatření pro spánek a trénink, speciální dietní příprava (tryptofan

jako prekursor serotoninu) a také melatonin. Dále stojí za zmínku práce Botka et al. (2009) (FTK UP Olomouc), který pomocí monitorování aktivity autonomního nervového systému (ANS) metodou spektrální analýzy variability srdeční frekvence (SA HRV) hodnotil průběh aklimatizace a na základě výsledků SA HRV upravoval "timing" začátku tréninků společně s velikostí zatížení po přeletu více časových pásem východním (+6 hod.: LOH Peking) i západním (-7 hod.: MS Bogota) směrem u dvou českých reprezentantů. Náhlá změna v působení světla a tmy v lidském organismu vyvolává desynchronizaci "vnitřních" hodin, která se promítá i do narušení cirkadiálního rytmu obou větví ANS. Z výsledků studie je patrné, že po příletu do Pekingu došlo během třetího dne aklimatizace k úpravě funkcí ANS, což umožňovalo obnovit normální tréninkový režim a čtvrtý den aklimatizace dokonce trénink intenzifikovat. V případě plavkyně letící západním směrem nebylo ani identifikováno výraznější zhoršení funkcí ANS, proto již od začátku pobytu pokračovala ve standardním tréninkovém zatížení, které jí muselo být sníženo pouze třetí den od příletu. I přes malý počet sportovců je evidentní, že průběh aklimatizace na nové časoprostorové podmínky je vysoce individuální záležitostí, která ne vždy musí respektovat obecně platná doporučení. Z tohoto důvodu se metoda SA HRV jeví být jako perspektivní nástroj pro řešení otázky aklimatizační strategie při přeletech přes více časových pásem u trénovaných jedinců.

Podpořeno z Evropského fondu pro regionální rozvoj – Projekt FNUSA-ICRC (Reg. č. CZ.1.05/1.1.00/02.0123) a Ministerstvem zdravotnictví - grant IGA (NT13434-4/2012).



- Botek, M., Stejskal, P., Svozil, Z. (2009). Autonomic nervous system activity during acclimatization after rapid air travel across time zones: A case study. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 39(2): 13-21.
- Novák, J., Zelený, J. (1989). Adaptace na přesun přes poledníky. *Lékař těl. vých.*, 17 (4): 37-41.
- Lemmer, B., Kern, R., Nold, G., Lohrer, H. (2002). Jet lag in athletes after eastward and westward time-zone transition. *Chronobiology International*, 19: 743-764.
- Placheta, Z., Siegelová, J., Štejfá, M., Homolka, P. (1999). Zátěžová diagnostika v ambulantní a klinické praxi. Grada Publishing a.s., Praha : Grada.
- Reilly, T., Atkinson, G., Edwards, B. (2007). Coping with jet-lag: A Position Statement for the European College of Sport Science. *European Journal of Sport Science*, 7: 1-7.
- Reilly, T., Atkinson, G., Budgett, R. (2001). Effect of low-dose temazepam on physiological variables and performance tests following a westerly flight across five time-zones. *International Journal of Sports Medicine*, 22: 166-174.
- Reilly, T., Waterhouse, J. (2005). Jet lag and air travel : Implications for performance. *Clinics in Sports Medicine*, 24: 367-380.
- Větvička, J. et al. (1990). Vybrané metody rozvoje vrcholné sportovní výkonnosti. *Výsledky lékařského výzkumu 1986 – 1990*. Praha : LKBF ÚNZ VS.
- Waterhouse, J., Minors, D., Waterhouse, M. (2002). *Keeping in time with your body clock*. Oxford : Oxford University Press.
- Waterhouse, J., Reilly, T., Waterhouse, J., Edwards, B. (2004). The stress of travel. *Journal of Sports Sciences*, 22: 946 - 966.

## 6 Chronotyp a psychické charakteristiky

*Dominika Vančová a Pavol Pivovarniček*

### 6.1 Cirkadiánne vymedzenie chronotypu

Najdetailnejšie skúmanou oblasťou chronobiológie sú cirkadiánne rytmy. Ich názov je odvodený z latinských slov *circa* (asi, približne) a *dian* (deň). Ide o rytmické oscilácie, ktoré trvajú cca 24 hodín. Zeman (2009) uvádza, že dĺžka cirkadiánneho rytmu nemusí byť presne 24 hodín, ale každý človek má špecifickú časovú dĺžku periódy približne od 22 do 26 hodín. Aschoff (1990, 1995) zistil u ľudí, ktorí boli bez silného svetelného synchronizátora ustálenú periódu 25,9 hodín. V ďalších výskumoch zistil Aschoff (1998) periódu cirkadiánneho rytmu u žien  $24,75 \pm 0,45$  hodín a u mužov  $25,21 \pm 0,56$  hodín. Arendt (1999) uvádza periodicitu v priemere 24,3 hodín a Shepard (1999) 25 až 27 hodín. Zee, Attarian a Videnovic (2013) charakterizujú cirkadiánne rytmy ako endogénne rytmy s približnou periodicitou 24 hodín, ktoré sú synchronizované prostredím, sociálnym a pracovným plánom. Podľa štúdie Gooley (2008) je ľudský cirkadiánny systém ovplyvnený a synchronizovaný slnečným dňom, ktorý počas dňa zabezpečuje a poskytuje človeku počas dňa dosiahnuť vrchol v jeho čulosti, výkonnosti a usporiadaným a pravidelným spánkom počas noci.

Pivovarniček et al. (2013) odlišujú výskumy cirkadiánnych a diurnálnych rytmov. V štúdiách cirkadiánnych rytmov sa vyžaduje od skúmaných objektov bdenie aspoň 24 hodín. V problematike diurnálnych rytmov je skúmaná premenná sledovaná a posudzovaná len počas aktívnej časti dňa a spánok výskumných objektov nie je narušený. Ak sme nazvali pracovnú – dennú (svetelnú) časť dňa *diurnálnou* časťou, alebo fázou, tak odpočinkovú – nočnú časť 24 hodinového dňa nazývame *nocturálna* fáza. Môžeme konštatovať, že periódu cirkadiánneho rytmu môžeme rozdeliť na diurnálnu a nocturálnu fázu. V súvislosti s charakteristikou cirkadiánneho rytmu uvádza Jančoková (2000) delenie biologického dňa na dve fázy:

dopoludňajšiu (prebiehajúcu od 3. po 15. hodinu) a popoludňajšiu (prebiehajúcu od 15. do 3. hodiny). Na základe uvedených fáz 24 hodinového dňa a cirkadiálneho rytmu rozlišujeme u ľudí preferenciu a inklináciu k niektorej časti dňa z hľadiska fyzickej aj psychickej výkonnosti, ktorú nazývame chronotyp. Ronneberg (2012) popisuje chronotyp ako genetický komponent alebo každodenné správanie človeka, v rámci ktorého ide o fázické zmeny v živote človeka, ktoré sa odlišujú dĺžkou spánku, hladinou melatonínu, telesnou teplotou a ďalšími cirkadiálne oscilujúcimi fyziologickými parametrami. McEnany a Lee (2000) chápu chronotyp ako sklon biologických rytmov prezentovať špecifický typ správania človeka. Ottoni, Antonioli a Lara (2012) chápu chronotyp ako základnú črtu temperamentu, ktorou sa človek vyznačuje a je zodpovedný za mentálne a psychické poruchy organizmu. Ronneberg (2012) chápe chronotyp ako individuálne spánkové diferenciácie, na základe ktorých sa ľudia rozdeľujú na ranné alebo večerné chronotypy. Roenneberg, Wirz-Justice a Mellow (2003) diferencujú chronotypy na základe dĺžky spánku a to na chronotypy ranné, nazývané aj termínom „škovránok“, ktoré v extrémnych prípadoch vstávajú v čase, keď večerné chronotypy, nazývané termínom „sova“, chodia spať. Podľa Caciho et al. (2009) sú ranný a večerný chronotyp opačné konce kontinua. Skočovský (2007) a ďalší uvádzajú ešte jeden chronotyp – neutrálny (zmiešaný, vyrovnaný). Tento typ človeka výrazne neinklinuje ani k rannej ani k večernej preferencii. V najnovšej štúdii Rosenberg et al. (2014) chronotyp opisujú ako individuálne dispozície, ktoré sa odlišujú spánkom. Na základe spánkového režimu diferencujú chronotypy na ranný, večerný a neutrálny (vyrovnaný). V súlade s Novákovou, Sládekom a Sumovou (2013) môžeme konštatovať, že inklinácia k preferencii niektorej fázy dňa je riadená centrálnymi cirkadiálnymi hodinami nachádzajúcimi sa v suprachiazmatických jadrách v hypotalame.

Allebrandt a Roenneberg (2008) udávajú, že chronotyp je podmienený nielen cyklom spánku, ktorý je u každého iný, ale môže byť z časti

ovplyvnený genetickými faktormi, čo môžu dosvedčiť výskumy zvierat. Berger (1995) rovnako uvádza, že chronotyp je dedične podmienený. Werner et al. (2009) uvádzajú, že v pubertálnom veku až po obdobie, keď začne byť človek samostatný a bude mať pravidelnú prácu a zázemie, chronotyp u ľudí kolíše a v puberte sa viac vyskytuje večerný alebo vyrovnaný chronotyp. Chronotyp človeka sa aj napriek genetickej podmienenosti počas života vplyvom vonkajších podnetov mení, čo dokazujú aj výsledky štúdií Hagenauer, Ku a Lee (2011), Biss a Hasher (2012) a ďalších. Vančová et al. (2013) a Palovičová a Vančová (2013) zistili, že až 77,4 % vysokoškolských študentiek inklinovalo k vyrovnanému chronotypu. Zistené výsledky autorky argumentujú tým, že u vysokoškolských študentiek nie je vytvorený pevný a presný časový stereotyp v dôsledku časovej variability vyučovania, čo potvrdzuje synchronizáciu chronotypu vonkajšími požiadavkami a podnetmi. Ani Barbosa a Albuquerque (2008), ktorí rozdelili študentov podľa chronotypov a skúmali výkonnosť dlhodobej pamäte dopoludnia a popoludní, nezistili rozdiely z hľadiska chronotypov. Zistili však vyššiu výkonnosť popoludní u študentov, ktorí boli zvyknutí učiť sa práve v tejto fáze dňa.

## **6.2 Časová variabilita práce a spánku a dôsledky cirkadiánnej desynchronizácie**

Spánok je nevyhnutným procesom psychickej aj fyzickej regenerácie organizmu človeka. Allebrandt et al. (2010) definujú spánok ako komplexné a aktívne správanie človeka, ktoré obsahuje dve priame charakteristiky – synchronizáciu a dĺžku. Giam (1997) odporúča dĺžku spánku minimálne 7 hodín najmä v noci bez ohľadu na vek a pohlavie, pretože spánok počas dňa nie je rovnako efektívny ako v noci. V súčasnej dobe je spánok mnohokrát v interferencii najmä s pracovnými požiadavkami. Existuje riziko, že spánkový deficit sa skôr alebo neskôr v živote človeka prejaví najmä v psychickej oblasti, kde postupne môže dochádzať k rôznym poruchám. Poruchy spánku „*freerunning*“ vysvetľujú

Kitamura et al. (2013) ako psychické poruchy, ktoré sú dôsledkom neustáleho kolísania časov spánku a rôznorodého denného fungovania človeka. To znamená, že človek nemá stabilnú dobu spánku a často ponocuje (bdie). Dôsledky sa počas dňa prejavujú zníženou koncentráciou, mikrosnápkami, celkovou únavou, vysokým krvným tlakom a v konečnom dôsledku insomniou. Desynchronizácia spánku je spôsobená aj striedaním ročných období, ako aj striedaním dňa a noci, dĺžkou slnečného žiarenia (Brambilla et al., 2012). U ľudí pracujúcich na „zmeny“ sa desynchronizácia spánku vyskytuje najčastejšie, k čomu dochádza v dôsledku spánkovej variability. Kantermann et al. (2012) dospeli k záveru, že nočná práca má na ľudský organizmus negatívny dopad.

Roeser et al. (2012) zistili, že ranné chronotypy preukazujú nižšiu tendenciu výskytu insomnie ako večerné. Okrem toho u ranných chronotypov autori potvrdili zdravší životný štýl, schopnosť akceptovať ľudí bez ohľadu na vek, rasu a pod., čo vedie k lepším výsledkom zo sociologického hľadiska. Spánkový deficit je podľa Reida et al. (2012) hlavnou príčinou náladovosti, pocitu depresie a úzkosti, ktoré dominujú u večerných chronotypov. Fakt, že večerné chronotypy chodia spať v neskorých večerných a nočných hodinách, je významným faktorom, na základe ktorého u týchto chronotypov identifikujeme rôzne poruchy. Ich nepravidelný spánkový režim spôsobuje, že majú vyššiu tendenciu podľahnúť depresiám, sú emocionálne nestabilnejší, pretože ich spánok nie je dostatočne kvalitný na to, aby si organizmus dostatočne oddýchol a nabral sily pre fyzické a psychické zaťaženie, ktorému bude organizmus vystavený nasledovný deň. Nedostatočný spánok tiež spôsobuje, že výkonnosť a pozornosť je počas dňa oslabená a práca nie je taká efektívna (Giannotti et al., 2002).

Pracovné prostredie a práca patria k spoločenským faktorom, ktoré podliehajú externým rytmom. Práca človeka má veľký vplyv na synchronizáciu, resp. desynchronizáciu predovšetkým cirkadiálnych



rytmov. Ide najmä o prácu na zmeny. V dnešnej dobe je k dispozícii mnoho supermarketov, hypermarketov a obchodných domov, ktoré umožňujú nakupovanie aj v noci. Desynchronizačná situácia však nie je problematickou pre sporadicky kupujúcich zákazníkov, ale najmä pre pracujúcich zamestnancov, ktorých pracovná doba je cirkadiánne variabilná a okrem nočných zmien zahŕňa aj poobedné a ranné zmeny. Výskumy Rajzingera (2010) dokazujú, že najnižšiu fyzickú aktivitu dokazuje človek medzi polnocou a druhou hodinou ráno. Približne o polnoci dosahuje i pozornosť človeka najnižšiu úroveň. Človek v takejto hodine cíti únavu a inklinuje k spánku. Pracovníci nočných zmien sú nútení únavu neustále prekovávať.

Rajzinger (2010) sa zaoberal problematikou práce na zmeny a jej dôsledkami na zamestnancoch. Podľa autora sa ľudský organizmus dokáže prispôbiť len čiastočne, pretože zmenová práca pôsobí nepriaznivo nielen na niektoré orgány, ale na celý ľudský organizmus. Človek neustále mení chod aktivít, zahŕňajúc rodinné aktivity, voľný čas, domáce práce, regeneráciu a najmä spánok. Každá zmena pôsobí na človeka a vyvoláva negatívne dôsledky, ktoré sa nemusia u človeka prejaviť ihneď. Aj Rosenberg a Doghramji (2011) charakterizujú zmenovú prácu ako netradičnú pracovnú dobu. Ľudia pracujúci na zmenovú prácu trpia podľa autorov často poruchami, ktoré charakterizuje znížená a slabá kvalita spánku a psychická porucha insomnie, zvýšená mortalita vyplývajúca z metabolického zlyhania, zvýšený výskyt kardiovaskulárnych a gastrointestinálnych porúch, výskyt depresí a symptómov súvisiacich s touto psychickou poruchou a v poslednom prípade vznik rakoviny. Zmenová práca sa stala hlavným predmetom skúmania Asaoka et al. (2013), sa zaoberali desynchronizáciou spánku zdravotných sestier (n = 1202) pracujúcich v rôznych časových intervaloch. Výsledky ukázali, že u sestier, ktoré inklinujú výhradne k večernému chronotypu a zároveň majú často nočné pracovné smeny (dokonca ich nočná zmena preukazovala dlhšiu pracovnú dobu, ako pracovná doba dennej alebo poobednej zmeny

t.j. nad 8 hodín), boli zistené rôzne zdravotné a psychické poruchy vyplývajúce z nedostatku spánku. V štúdií Paine, Gander a Travier (2006) bol večerný chronotyp identifikovaný najmä pracovníkom nočných a zmiešaných zmien. Nezamestnaní inklinovali výlučne k rannému chronotypu. Gumenyuk, Roth a Drake (2012) uvádzajú, že pracovníci nočných zmien nie sú schopní regulovať a upraviť svoj cirkadiánný systém a často u nich identifikujeme poruchy spánku, insomnie, vysokú ospalosť. Ozdemir et al. (2013) skúmali u respondentov pracujúcich v noci existenciu vzťahu medzi kognitívnymi funkciami a oxidatívnym/antioxidatívnym stavom krvi. Do výskumu bolo zaradených 45 pracovníkov ranných a večerných chronotypov pracujúcich v noci, ktorí sa podrobili neuropsychologickým testom pre vyhodnotenie kognitívnych funkcií a boli im odobraté krvné vzorky pre zistenie stavu antioxidantov a oxidačného stresu. Testom sa podrobili o 8. hodine ráno, teda po nočnej zmene. U pracovníkov oboch chronotypov sa nezistili žiadne signifikantné rozdiely v pocitoch úzkosti, depresie. Chiba (2012) pri skúmaní spánkových porúch u zmenových pracovníkov uvádza, že spomenuté poruchy sa vyskytujú často, čo je spojené s výskytom insomnie a podceneného spánku, ktorý je nepravidelný a nekvalitný. Martinez, Lenz a Menna-Barreto (2008) uvádzajú, že svetlo je hlavným podnetom, ktorý synchronizuje biologické rytmy. Výskyt spánkových porúch preto pripisujú hlavne nočným a zmenovým pracovníkom, ktorí nemajú stabilný a jednotný prísun svetla.

Waage et al. (2009) realizovali výskum na pracovníkoch (vek = 39,8 rokov) ropných veží v Severnom mori, ktorí pracovali na dve fázy. Prvá fáza sa vyznačovala 12 hodinovou pracovnou zmenou trvajúcou 14 dní, druhá fáza bola charakterizovaná pracovným voľnom. Výsledky preukázali, že pracovníci počas „oddychovej“ druhej fázy (bez ohľadu na chronotyp) trpeli poruchami spánku (insomniou, psychologickými problémami) a kvalita spánku bola výrazne znížená (zistené pittsburským indexom kvality spánku). Thorpy (2011) uvádza, že až 16 % pracovníkov industrializovaných krajín pracuje na zmenové a hlavne nočné

zmeny. Títo pracovníci sú podľa autorov veľmi náchylní na výskyt porúch rôzneho charakteru. Problémy boli najčastejšie identifikované u tých, ktorí pracujú počas celej noci alebo u pracovníkov veľmi skorých ranných zmien (začiatok pracovnej doby cca od 02.00 hod.). Táto časť populácie má podľa autora veľký problém so spánkovým rytmom a veľký problém zaznamenávajú aj s rytmom vstávania, ďalej trpia zníženou pracovnou produktivitou, poruchami zdravotného charakteru, klesajúcou kvalitou a spokojnosťou života. Bhatti, Mirick a Davis (2014) sledovali hladinu melatonínu a jeho vplyv na pracovníkov pracujúcich na zmeny (n = 664). 310 probandov pracovalo počas dňa (denné zmeny) a 354 výlučne v noci (nočné smeny). Pracovníkom bola počas zmeny a počas spánku odobratá vzorka moču, ktorá bola použitá na analýzu 6-sulfatoxymelatonínu. Výsledky ukázali, že ranné chronotypy pracujúce v noci si ešte zachovávajú celkom normálnu a optimálnu hladinu produkcie melatonínu, čo sa nedá povedať o chronotypoch večerných.

Ako z prezentovaných výskumov vyplýva, ľudský organizmus nie je schopný si zvyknúť a plne sa adaptovať na vykonávanie nočnej práce počas celého života. Je to faktor, ktorý človeku spôsobuje neprimerané zaťaženie. Človek pracujúci neustále v noci narúša a desynchronizuje svoj biorytmus, pretože pre biologické hodiny je priaznivejšia práca počas dňa ako v noci. Človek najčastejšie narúša kardiovaskulárny systém, má často zvýšený krvný tlak, trpí závratmi, narúša tráviace ústrojenstvo, čím sa mu spomaľuje a porušuje tráviaci systém a orgány s ním súvisiace. Okrem toho nočná zmena nepôsobí len na fyzickú stránku človeka, ale i na psychickú. Psychika človeka pracujúceho v noci je oslabená – neregenerovaná a tým sa u človeka vytvára nepokoj a negatívna atmosféra, ktorá sa prenáša na ľudí pohybujúcich sa v blízkosti tejto osoby. Trpí tým najmä rodina, rodičia a priatelia. Takýto podráždený človek je často nervózny a táto nervozita môže dospieť až k agresivite. Preto sa neodporúča vykonávať nočné zmeny najmä tým, ktorí žijú s maloletými deťmi. Ľudí okrem týchto ochorení

môžu postihnúť i ďalšie. Choroby spánku, metabolizmu sú jedny z mnohých, ktoré môžu poškodzovať ľudský organizmus.

Otázkou psychickej a fyzickej spokojnosti vysokoškolských študentov, ktorí menia sociálne prostredie a nebývajú na mieste, kde navštevujú vysokú školu sa zaoberali Lau et al. (2013). Do výskumu sa zapojili vysokoškoláci z 10 rôznych univerzít v Hong Kongu a Macau. Študenti vyplňali dotazník prostredníctvom internetu. Dotazník obsahoval otázky týkajúceho sa kvality spánku a jeho dĺžky, chronotypu, náladovosti ako aj fyzickej a najmä psychickej spokojnosti. Počas dvoch semestrov posielali a vyhodnocovali výsledky, ktoré preukázali, že študenti študujúci v mieste svojho bydliska a nežijúcich na vysokoškolskom internáte majú lepši, efektívnejši a kvalitnejši spánok, nebývajú tak často v strese. Okrem toho, 10 % respondentov sa rozhodlo opustiť priestory vysokoškolského internátu. Výskum tiež prezentuje fakt, že študenti ranného chronotypu bývajúci na vysokoškolskom internáte boli spokojnejši ako študenti večerného chronotypu, avšak nedosahovali spokojnosť študentov, ktorí bývali priamo v meste štúdia. Koscec et al. (2013) skúmali kvalitu spánku stredoškolských študentov (n = 2287) vo veku 11-18 rokov s nepravidelným rozvrhom hodín. Prvý týždeň mali vyučovanie dopoludnia a druhý týždeň popoludní. Do výsledkov boli taktiež zaradené aj výsledky dĺžky spánku počas víkendu. U jednotlivých chronotypov boli v dĺžke a kvalite spánku zaznamenané signifikantné rozdiely. Večerné chronotypy vstávali neskôr a neskôr chodili aj spať. V týždni, keď mali dopoludňajši typ vyučovania, vykazovali najkratši spánok s najnižšou kvalitou. Okrem toho štúdia Koscec et al. (2013) preukázal, že večerné chronotypy chodia spať v rôznych časoch. Ranné chronotypy spali počas víkendu najkratšie v porovnaní s večerným a zmiešaným (vyrovnaným) chronotypom.

Selvi et al. (2010) skúmali a identifikovali jednotlivým chronotypom (n = 80) nasledovné faktory: kvalitu spánku, výskyt symptómov depresie a samovražedné sklony. Pomocou logisticko-regresívnej analýzy odhalili,

že príčinou ťažkých depresívnych stavov u večerných chronotypov bol hlavne nedostatočný spánok. Johnsen, Wynn a Bratlid (2013) sa snažili svojím výskumom zistiť, či dĺžka spánku determinuje zdravotnú stránku človeka a či sa jeho nedostatok prejaví zdravotnými problémami. Výskumu sa podrobila populácia obývajúca subarktické oblasti (n = 6413 vo veku 30-65 rokov). Na základe výsledkov štúdie bolo dokázané, že spánok by mal trvať minimálne 8 až 9 hodín, aby bol človek schopný podávať požadované výkony, či už po stránke psychickej alebo fyzickej. Okrem toho Johnsen, Wynn a Bratlid (2013) nezistili signifikantné rozdiely v chronotypoch, ale u oboch (ranný a večerný) sa zistilo, že ak je ich spánok kratší ako 7 hodín, tak majú vyššiu tendenciu priberania ako tí, ktorých spánok sa zhoduje s optimálnou dĺžkou. Lehnkering a Siegmund (2007) zisťovali ako chronotyp a ročné obdobie ovplyvňujú kvalitu spánku a správanie dospelých ľudí. Respondenti boli sledovaní počas pätnástich dní v ročnom období jar a jeseň. Ranné chronotypy preukázali vyššiu spánkovú efektivitu. Dĺžka spánku nebola počas jednotlivých ročných období rovnaká. Priemerná dĺžka spánku respondentov na jar bola 6,6 hodín a na jeseň 6,9 hodín. Lehnkering a Siegmund (2007) zdôrazňujú fakt, že nielen chronotyp určuje dĺžku a kvalitu spánku, ale aj samotné ročné obdobie. Vitale, Calagiuri a Weydahl (2013) sa zaoberali otázkou, či spánok a spánkový režim ovplyvňuje vznik chronotypu u človeka. Ich výskumy potvrdili, že cirkadiánu typológiu a identifikáciu ranných, zmiešaných (vyrovnaných) a večerných chronotypov výrazne ovplyvňujú spánkové návyky a režimy, ako aj životný štýl človeka, ktoré si človek počas života vytvára a organizuje. Nedostatok spánku a s tým súvisiaca depresia je predmetom výskumu štúdie Short et al. (2013), ktorí na stredných školách v južnej Austrálii examinovali chronotyp študentov (n = 385) vo veku 13-18 rokov. Po chronotypovej examinácii zisťovali, aký kvalitný spánok majú vybraní študenti a ako spánok vplýva na ich denné fungovanie a psychiku. Večerné chronotypy mali nižšiu kvalitu spánku, čo súviselo aj s nižšou čulosťou a pozornosťou počas dňa a vyznačovali sa častou prítomnosťou depresie a negatívnych nálad. Študenti by si preto mali optimalizovať

a lepšie zorganizovať časový harmonogram, čo by im malo zabezpečiť elimináciu depresie a najmä zlepšenie školských výsledkov. Newman et al. (2000) zistili, že ženy, ktoré preferujú spánok počas dňa majú častejšie problémy s kardiovaskulárnym systémom.

### **6.3 Vzťah chronotypu k temperamentu a osobnosti človeka**

Psychológia uvádza štyri základné charaktery človeka – sangvinik, choleric, melancholik a flegmatik. Každý z uvedených typov má určité charakteristiky, ktoré sú kladnými alebo negatívnymi stránkami správania sa človeka. Štúdie psychických aspektov človeka a chronotypu sa snažia zistiť, ktoré charakteristiky najlepšie vystihujú ranný a ktoré večerný chronotyp, resp. či je chronotyp determinantom konkrétnych psychických charakteristík. Ide najmä o náladovosť, únavu, stres, depresiu či úspešnosť.

Jankowski (2012) metódou lineárnej a kvadraticko-hierarchickej regresie skúmal šesť vlastností temperamentu chronotypov, v rámci ktorých porovnával pohybovú výkonnosť, schopnosť zapamätávania, čulosť, celkovú aktivitu organizmu, emocionalitu a zmyslovú senzibilitu. Ranný chronotyp bol charakterizovaný vyššou pohybovou výkonnosťou, bol čulejší a organizmus ľudí inklinujúcich k tomuto chronotypu bol celkovo aktívnejší. Schopnosť zapamätávania rôznych fráz alebo učív neboli až na takej vysokej úrovni. Okrem toho sa ľudia ranného chronotypu vyznačovali nižšou emocionálnosťou, čo môže znamenať, že sú vyrovnanými osobnosťami. Večerné typy v tomto výskume dosiahli lepšie výsledky vo všeobecnej aktivite, vo všetkých ostatných stránkach sa u nich preukázali nižšie hodnoty. Jankowski (2012) sa zaoberal aj otázkou, ako sú jednotlivé chronotypy spokojné so svojim životom. Vysokú nespokojnosť zaznamenal u ľudí inklinujúcich k večernému typu, ktorí boli aj vo všeobecnosti viacej nervóznejší. Jankowski (2013) na základe výskumov zaoberajúcich sa charakterovou diferenciaciou uvádza, že ranné chronotypy vo všeobecnosti preukázali menšiu citlivosť na bolesť ako večerné chronotypy. Chung et al.

(2012) zistili, že večerné chronotypy majú vyššiu tendenciu výskytu depresie, únavy a náladovosti. Zvýšenú depresiú a únavu u večerných chronotypov dokazujú výskumy Kitamura et al. (2010), Abeet et al. (2011), Tzischinsky a Schochat (2011). Výsledky štúdií Biss a Hasher (2012) a Reid et al. (2012) potvrdzujú výsledky predchádzajúcich výskumov. Biss a Hasher (2012) sa zaoberali najmä rannými chronotypmi a snažili sa dosvedčiť, že u týchto ľudí dominuje pozitívna energia a len málokedy sú nervózni. Respondentov tvorili mladší až starší adolescenti len ranného chronotypu. Pozitívnejšie vnímanie zachytili autori v oboch skupinách populácie, avšak mladší adolescenti nedosiahli až taký vysoký status spokojnosti a pozitívnej energie ako starší adolescenti. Vo všeobecnosti autori Biss a Hasher (2012) uvádzajú, že ranné typy u oboch skupín sú viac veselšie ako večerné chronotypy. U ranných chronotypov boli dosahované oveľa lepšie výsledky v škole ako u večerných. Naopak Roeser, Schlab a Kubler (2013) uvádzajú, že chronotyp priamo nedeterminuje úspešnosť alebo neúspešnosť ľudí, ale má hlavný vplyv na spánok a únavu počas dňa. Respondentov tvorila skupina mladých ľudí (14-16 rokov), kde najmä večerné chronotypy uviedli potrebu spánku počas dňa a pocit únavy, ktorú potrebujú kompenzovať spánkom. Autori tiež uviedli, že večerné chronotypy môžu mať veľké problémy pri cestovaní do iných časových pásiem a ťažko sa im prispôsobuje novým časovým podmienkam. Muro et al. (2011) skúmali charakter aj výkonnosť a aktivitu ranných a večerných chronotypov žien. Výskum ukázal, že ženy ranného chronotypu boli pohybovo aktívnejšie ako večerné, dokonca pohyb potrebovali a chceli ho vykonávať bez ohľadu na typ pohybovej aktivity. Signifikantné rozdiely chronotypov nezaznamenali Roeser, Schlab a Kubler (2013) nielen v nízkej pohybovej aktivite večerných typov, ale aj v ich charakterových vlastnostiach. Častejšie sa u nich prejavovalo apatické, agresívne správanie, boli nevraživé, radi vyhľadávali konflikty. S uvedenou charakteristikou večerného typu súhlasia výskumy Ottoniho, Antonioliho a Lary (2012), ktorí uviedli, že večerné typy ľudí majú vo všeobecnosti nestabilnú povahu a sú nepredvídateľné. Psychickú diskomfortiu, nízky stupeň vitality, vysokú

emocionalitu, časté nezhody medzi rodičmi a učiteľmi prezentujú ako hlavné charakteristiky večerného chronotypu mladých dievčat (12-16 rokov) Delgado et al. (2012). Dagsys et al. (2012) navrhujú večerným typom využiť chronoterapiu. Vavrušová (2009) uvádza, že chronoterapia je prostriedok liečby, ktorá sa snaží upraviť psychické poruchy ľudí a stabilizovať ich každodenné aktivity. Podáva niekoľko informácií ako si človek degraduje pravidelnosť cirkadiánnych rytmov. Zaoberá sa rôznou formou úpravy sociálnych rytmov.

Výskumy Schlarba et al. (2013) venovali pozornosť deťom a adolescentom, u ktorých dominoval večerný chronotyp, pretože sa snažili potvrdiť fakt, že večerné chronotypy sú agresívnejšie a rozhodne potrebujú špeciálne programy, ktoré im zabezpečia sociálnejšie správanie. Venovali sa najmä problematike antisociálneho správania a agresivite. Vybraní respondenti potvrdili zvýšenú agresivitu a antisocialitu. Zároveň pre respondentov autori vypracovali jednotlivé kroky, ktoré by im mohli pomôcť k humánnejšiemu prístupu k ľuďom v negatívnych alebo stresových situáciách. Nowack a Van der Meer (2013) sa zaoberali rannými a večernými chronotypmi a ich schopnosťou plánovania a usporiadania života a jednotlivých záležitostí a tiež schopnosťou perspektívneho myslenia. Výskumu sa zúčastnilo 7006 respondentov vo veku od 17 do 74 rokov, ktorí vyplňali dva typy dotazníkov: dotazník pre zistenie ranných a večerných chronotypov a Zimbardov dotazník pre zisťovanie perspektívneho myslenia. Vo všeobecnosti výsledky prezentovali fakt, že večerné chronotypy mali nižšiu tendenciu byť ambiciózni a neuvažovali často o budúcnosti. Avšak ranné chronotypy si chceli vytvoriť určité ciele, ktorým sa snažili priblížiť a v budúcnosti ich chceli dosiahnuť. Nowack & Van der Meer (2013) vyhodnocovali prezentované výsledky na základe pohlavia. U mužov s ranným chronotypom bola zistená tendencia premýšľať o budúcnosti, schopnosť plánovania, zatiaľ čo sa muži s večerným chronotypom zaraďovali medzi tých, ktorí žijú pre prítomnosť. Ženy, ktoré dovŕšili 30 rokov, nevykazovali inklináciu k jednému typu.



Ranné chronotypy boli menej orientované na prítomnosť a minulosť. Večerné chronotypy boli orientované rovnako aj na prítomnosť a minulosť (Nowack a Van der Meer, 2013). Merikanto et al. (2013) zistili u večerných chronotypov vyššiu prítomnosť indikátorov, ktoré spôsobujú depresívne nálady ako u ranných chronotypov. Lucassen et al. (2013) tiež identifikovali večerným chronotypom častejšiu psychologickú nerovnováhu a náladovú kolísavosť ako ranným. Podľa autorov to bolo spôsobené ich nedostatočným spánkom, na základe ktorého sa u nich vyskytoval aj vyšší krvný tlak, nepravidelné stravovacie návyky, chrápanie. Večerné chronotypy zaznamenávali okrem toho vyššiu prítomnosť stresových hormónov ako ranné chronotypy.

Výskumy Fossuma et al. (2013) sledovali, ako elektronika a technické výtobytky v podobe mobilných telefónov, tabletov, televízie a počítačov pôsobia na jednotlivé chronotypy pred spaním. Štúdie sa zúčastnilo 532 študentov vo veku 18-39 rokov, ktorí používali spomenuté prostriedky pred spaním a to na dobu 46 minút. Výsledky jednoznačne potvrdili, že „surfovanie“ po internete, „chatovanie“ s priateľmi po nociach spôsobuje vznik insomnie a jej symptómov. Autori Fossum et al. (2013) uvádzajú, že používanie spomenutých výtobytkov do neskorých nočných hodín môže mať negatívny dopad najmä na ranné chronotypy, ktorých pozornosť a aktivita dosahuje vrchol v dopoludňajších hodinách. Lemoine, Zawieja a Ohayon (2013) realizovali výskum na psychiatrickej klinike, kde pozorovali správanie jednotlivých chronotypov. 1468 pacientov kliniky vyplnilo dotazník zameraný na kvalitu spánku. Zistili, že ranné chronotypy chodia spať v skorších večerných hodinách, vstávajú vo veľmi skorých ranných hodinách a dokonca majú oveľa kratší spánok ako chronotypy večerné. U ranných chronotypov boli diagnostikované častejšie depresie a psychózy. Pocity úzkosti, narkománia, poruchy osobnosti boli charakteristické najmä pre večerné chronotypy. Martin et al. (2012) sa tiež zaoberali vysokoškolskými študentmi (n = 88, 36 mužov a 52 žien vo veku 19-21 rokov), avšak ich súbor tvorili len tí, ktorí okrem štúdia pracujú.

Skúmali, ako ich fyzická a psychická vyťaženosť vplýva na ich spánok a psychiku. Prostredníctvom dotazníka pre zistenie ranných a večerných chronotypov identifikovali jednotlivé chronotypy študentov. Večerný chronotyp dominoval u 17 študentov, ranný chronotyp bol identifikovaný 13 študentom a k vyrovnanému chronotypu inklinovalo až 58 vysokoškolských študentov. Študenti vyplňali niekoľko dotazníkov, na základe ktorých Martin et al. (2012) dospeli k výsledku, že priemerná dĺžka spánku študujúcich a pracujúcich študentov bola v priemere 6,38 hodiny. Večerné chronotypy (n = 17) mali najnižšiu kvalitu spánku a okrem toho vykazovali chronickú únavu z práce a školy. Vo všeobecnosti sa však u všetkých chronotypov môžu vyskytnúť psychické poruchy ako depresia, melancholickosť a znechutenosť, ak absentuje kvalitný spánok. Avšak večerné chronotypy sa s problémami vysporiadávajú ťažšie a preto sa u nich častejšie vyskytuje náladovosť a depresie. Následky ich vyťaženia či už psychického alebo fyzického sa neskôr odráža i po zdravotnej stránke Martin et al. (2012).

Preckel et al. (2013) v štúdií prezentujú výsledky výskumu zameraného na študijné výsledky študentov stredných škôl (n = 272). Autori predpokladali, že večerné chronotypy neexcelujú v škole tak ako chronotypy ranné. Výsledky sa zhodovali s predpokladmi. Výskum jednoznačne potvrdil, že študenti večerného chronotypu dosahovali horšie výsledky v matematicko-vedeckých predmetoch a lingvistických predmetoch. Randler, Horzum a Vollmer (2013) zisťovali vzťah chronotypu a nadmerného využívania internetovej siete. Probandi (n = 116) boli absolventmi tureckej vysokej školy. Výsledky ukázali, že večerné chronotypy preukázali vyššiu závislosť a nadmerné využívanie internetu (najmä mužské pohlavie). Ďalší výskum zameraný na vzťah chronotypu a temperamentu realizovali Adan et al. (2010). V súbore 862 ľudí získavali údaje dotazníkom na zistenie chronotypu a Cloningerovým temperamentovým dotazníkom (pozostávajúcím zo siedmich škál a subškál popisujúcich charakter a vlastnosti človeka). Ich výsledky dokumentujú genderové rozdiely

v dosiahnutom skóre medzi ženami a mužmi. Večerné chronotypy dosiahli vyššie skóre len v škále vyhľadávania nových vecí.

Výsledky Gasparu-Barba et al. (2009) preukázali, že večerné chronotypy mali vyššiu tendenciu spáchať samovraždu (mali často samovražedné sklony), boli charakterizované negatívnym správaním a myšlienkami, neboli ochotní pracovať v skupinách, vyskytovali sa u nich symptómy paranóje. Ranné chronotypy neinklinovali k náladovosti ani k melanchólii. Ich výsledky bezprostredne poukazujú na fakt, že chronotyp môže negatívne determinovať psychiku človeka a to hlavne večerné chronotypy ľudí. Nielsen (2010) zisťoval výskyt negatívnych snov u jednotlivých chronotypov. Respondentov (n = 3978) rozdelil podľa veku do štyroch vekových skupín. Prvú skupinu tvorili respondenti vo veku 10-19 rokov, druhú 20-29 rokov, tretiu 30-39 rokov a štvrtú 40-49 rokov. Chronotypy rozdelil na základe dotazníka Horna a Ostberga (1976) do piatich kategórií: kategória bezprostredne ranných chronotypov, kategória kde respondenti inklinovali viac k rannému chronotypu, kategória vyrovnaného chronotypu, kategória, v ktorej respondenti inklinujú viac k večernému chronotypu a kategória respondentov bezprostredne večerného chronotypu. Podľa výsledkov bezprostredne večerné chronotypy mali veľmi negatívne až hrôzostrašné sny, ktoré sa vyskytujú hlavne u žien vo veku 20-29 rokov, ale aj vo vyšších vekových skupinách. Existuje predpoklad, že s pribúdajúcim vekom bezprostredne večerné chronotypy trpia negatívnymi snami viac ako chronotypy ranné. Ranné chronotypy vo veku 10-19 rokov preukazovali nízky až takmer žiadny výskyt negatívnych alebo zlých snov. Chronotyp silne vplýva na emocionálnu stránku žien, kde u večerných chronotypov bol zistený najvyšší výskyt negatívnych snov a na základe výskumov môžeme uvažovať, že bezprostredne večerné chronotypy sú celkovo psychicky nestabilnejšie a melancholickejšie (Nielsen, 2010). Hidalgo et al. (2009) skúmali vplyv chronotypu na psychický rytmus človeka. Podľa výsledkov – depresia, symptómy depresie, vnútorné napätie, smútok melanchólia, nízke sebavedomie, žiadne ambície a plány do budúca sú

charakteristické črty, ktoré výrazne vystihujú podľa ich výskumu večerný chronotyp, hlavne ženské pohlavie. McClung (2007) potvrdil, že abnormálie v cirkadiánných rytmoch bezprostredne vplývajú na psychickú stránku človeka a spôsobujú jej bipolárne poruchy. Tieto poruchy sú podľa autora charakteristické náladovosťou a zapríčiňujú viditeľné zmeny v správaní. Človek podľa autora častejšie trpí depresiami a zároveň identifikujeme u človeka nedostatok energie pre vykonávanie činnosti. Vollmer, Potsch a Randler (2013) skúmali chronotypy študentov vo veku 10-17 rokov. Výsledky ukázali, že ranné chronotypy boli v škole úspešnejšie a dosahovali oveľa lepšie výkony ako chronotypy večerné. Okrem toho Vollmer, Potsch a Randler (2013) odporúčajú v rámci možností oddialiť začiatok vyučovania pre večerné chronotypy, pretože len v popoludňajších hodinách sa môže ich výkon vyrovnáť s výkonom ranných chronotypov. Rosenberg et al. (2014) konštatujú na základe dosiahnutých výsledkov vyššiu tendenciu podľahnúť depresii u večerných chronotypov, čo pripisujú nepravidelnému spánkovému režimu. Milfont a Schwarzenthal (2014) uvádzajú, že ranné chronotypy študentov majú tendenciu nestagnovať v prítomnosti, ale často uvažujú a premýšľajú do budúcnosti, zatiaľ čo večerné chronotypy neuvažujú o budúcnosti vôbec, neustále uvažujú o minulosti a prítomnosti. Oginska a Oginska-Bruchal (2014) sa zaoberali temperamentom chronotypov a zároveň skúmali, ktorý chronotyp je viac ovplyvňiteľný ročným obdobím. Respondenti (n = 101, vek = 26,4±6,5 rokov) vyplňali dotazníky na zistenie chronotypov a senzitivity v ročných obdobiach a rovnako aj temperamentové dotazníky. Výsledky žien preukázali, že ročné obdobie vplýva na nich podstatne viac ako na mužov (p = 0,014) a tiež sa snažia viac predchádzať a vyhnúť sa stresu a stresovým situáciám (p = 0,041). Okrem toho Oginska a Oginska-Bruchal (2014) predpokladajú, že senzitivita, vplyv ročných období a podmienky prostredia na temperament človeka sú individuálnou črtou, ktorá spôsobuje náladovosť. Del Rio-Bermudez et al. (2014) skúmali u adolescentov (n = 47) vplyv chronotypu na pozornosť pri vedení motorového vozidla v rôznych časových intervaloch počas dňa. Bolo

zistené, že ak chronotypy šoférujú vozidlo v čase, ktorý nekoreluje s ich chronotypom, ich pozornosť a bezpečnosť za volantom je oveľa nižšia ako keď šoférujú vozidlo v čase, ktorý s ich chronotypom koreluje.

#### **6.4 Zhrnutie problematiky chronotypu človeka vo vzťahu k psychickým rytmom**

Inklinácia každého človeka k príslušnému chronotypu (rannému, večernému, resp. vyrovnanému) ovplyvňuje nielen jeho spánkový cyklus, ale aj behaviorálnu stránku osobnosti. Na druhej strane je možné konštatovať, že platí aj opačný vzťah, že spánkový cyklus určuje chronotyp človeka. Chronotypy rozdeľujeme na – *ranný*, ktorý autori McEnany a Lee (2000), Roenneberg, Wirz-Justice a Merrow (2003) a ďalší charakterizujú pojmom „*škovránok*“ a *večerný*, známy aj pod pojmom „*sova*“. Skočovský (2007) a ďalší autori uvádzajú ešte jeden chronotyp ľudí – *vyrovnaný* (*neutrálny, zmiešaný*), ktorý výrazne neinklinuje ani k ranej ani k večernej preferencii. Chronotyp teda môžeme charakterizovať ako vrodenu (Berger, 1995; Roenneberg, 2012 a ďalší), ale požiadavkami prostredia synchronizovanú a získanú preferenciu niektorej časti dňa (Vančová et al., 2013; Palovičová a Vančová, 2013 a ďalší). Chronotyp zasahuje do rôznych oblastí života človeka a špecificky vplýva aj na psychickú oblasť. Diferenciáciu chronotypu na ranný a večerný chronotyp na základe dĺžky a kvality spánku uvádzajú Roenneberg, Wirz-Justice a Merrow (2003), Allebrandt a Roenneberg (2008), Rosenberg et al. (2014) a iní. Charakteristiku ranného a večerného chronotypu na základe temperamentu prezentujú Kitamura et al. (2010), Abe et al. (2011), Tzischinsky a Schochat (2011), Chung et al. (2012) a ďalší. Výsledky viacerých štúdií ukazujú, že ranné chronotypy ľudí majú vyššiu tendenciu byť aktívne, pozorné, priateľské, ambiciózne, úspešné. Večerné chronotypy môžeme na základe štúdií autorov Biss a Hasher (2012), Muro et al. (2012) a ďalších charakterizovať z temperamentového a behaviorálneho hľadiska ako typy inklinujúce skôr k agresii, nižšej ambicióznosti, nepravidelnému spánku,

z ktorého vyplývajú rôzne spánkové poruchy. Najvýznamnejším negatívnym synchronizátorom chronotypu človeka a zároveň desynchronizátorom spánku, a v konečnom dôsledku zdravia, sa ukazuje práca ľudí v rôznych, aj nočných časových intervaloch – tzv. „zmenová“ práca.

Na základe analýz štúdií z oblasti vzájomných vzťahov chronotypu a psychických charakteristík človeka vyplývajú možnosti realizácie výskumov aj v našich podmienkach. Výzvou je otázka potvrdenia alebo vyvrátenia zistenia skutočnosti vplyvu chronotypu človeka na efektivitu realizácie športovej a pracovnej aktivity v športovom a bežnom živote počas dňa, v rámci diurnálnych a cirkadiánnych rytmov. Výskumami by bolo vhodné zistiť a prínosné overiť predpoklad vplyvu podielu chronotypu na psychickú, pracovnú a športovú činnosť človeka s daným chronotypom. Súčasne zistiť a poukázať aj na podiel chronotypu vybraných determinatov zdravia, ktoré sa môžu aplikáciou a využitím pozitívne odraziť v športovej praxi a v bežnom živote človeka. Ak by sa uvedené predpoklady o efektívite práce jednotlivých chronotypov v im vyhovujúcich časových intervaloch potvrdili, tak by bol potvrdený ďalší dôležitý faktor pri zefektívňovaní práce v súlade s rešpektovaním zdravotného hľadiska každého jedinca – čas. V ďalších výskumoch by bolo vhodné korelovať výsledky Cloningerovho temperamnetového dotazníka a dotazníka zameraného na identifikáciu chronotypu (Horne a Ostberg, 1976). Koreláciou výsledkov týchto dvoch dotazníkov by bolo vhodné zistiť aj v našich podmienkach, či ľudia s ranným chronotypom v rôznych vekových skupinách sú charakteristickí pozitívnejšími psychickými charakteristikami ako ľudia večerného chronotypu.



- Abe, T., Inoue, Y., Komada, Y., Nakamura, M., Asaoka, S., Kanno, M., Shibui, K., Hayashida, K., Usui, A., Takahashi, K. (2011). Relation between morningness-eveningness score and depressive symptoms among patients with delayed sleep phase syndrome. *Sleep Med.* 12(7):680-4.
- Adan, A., Lachica, J., Caci, H., Natale, V. (2010). Circadian typology and temperament and character personality dimensions. *Chronobiol Int.* 27(1):181-93.
- Allebrandt, K.V., Roenneberg, T. (2008). The search for circadian clock components in humans: new perspectives for association studies. *Braz J Med Biol Res.* 41(8):716-21.
- Allebrandt, K.V., Teder-Laving, M., Akyol, M., Pichler, I., Müller-Myhsok, B., Pramstaller, P., Merrow, M., Meitinger, T., Metspalu, A., Roenneberg, T. (2010). CLOCK gene variants associate with sleep duration in two independent populations. *Biol Psychiatry*, 1;67(11):1040-7.
- Arendt, J. (1999). Biological rhythms: the science of chronobiology. *Jpn J Physiol.* 49(1):11-18.
- Asaoka, S., Aritake, S., Komada, Y., Ozaki, A., Odagiri, Y., Inoue, S., Shimomitsu, T., Inoue, Y. (2012). Factors associated with shift work disorder in nurses working with rapid-rotation schedules in Japan: the nurses' sleep health project. *Chronobiol Int.* 30(4):628-36.
- Aschoff, J. (1990). Interdependence between locomotor activity and duration of wakefulness in humans during isolation. *Experientia*, 46(8):870-1.
- Aschoff, J. (1995). Changing gears in the human circadian mechanism. *Wien Med Wochenschr.* 145(17-18):393-6.
- Aschoff, J. (1998). Circadian parameters as individual characteristics. *J Biol Rhythms.* 13(2):123-31.
- Barbosa, F.F., Albuquerque, F.S. (2008). Effect of the time-of-day of training on explicit memory. *Braz J Med Biol Res.* 41(6):477-81.
- Berger, J. (1995). *Biorytmy*. Praha : Paseka.
- Bhatti, P., Mirick, D.K., Davis, S. (2014). The impact of chronotype on melatonin levels among shift workers. *Occup Environ Med.* [Epub ahead of print]

- Biss, R.K., Hasher, L. (2012). Happy as a lark: morning-type younger and older adults are higher in positive affect. *Emotion*. 12(3):437-41.
- Brambilla, C., Gavinelli, C., Delmonte, D., Fulgosi, M.C., Barbini, B., Colombo, C., Smeraldi, E. (2012). Seasonality and sleep: a clinical study on euthymic mood disorder patients. *Depress Res Treat*. 2012:978962.
- Caci, H., Deschaux, O., Adan, A., Natale, V. (2009) Comparing three morningness scales: age and gender effects, structure and cut-off criteria. *Sleep Med*. 10(2):240-5.
- Chiba, S. (2012). Sleep disorders in shift workers and life-style related disease. *Nihon Rinsho*. 70(7):1177-82.
- Chung, J.K., Lee, K.Y., Kim, S.H., Kim, E.J., Jeong, S.H., Jung, H.Y., Choi, J.E., Ahn, Y.M., Kim, Y.S., Joo, E.J. (2012). Circadian Rhythm Characteristics in Mood Disorders: Comparison among Bipolar I Disorder, Bipolar II Disorder and Recurrent Major Depressive Disorder. *Clin Psychopharmacol Neurosci*. 10(2):110-6.
- Cloninger, C.R., Svrakic, D.M., Przybeck, T.R. (1993). A psychobiological model of temperament and character. *Arch Gen Psychiatry*. 50(12):975-90.
- Dagys, N., McGlinchey, E.L., Talbot, L.S., Kaplan, K.A., Dahl, R.E., Harvey, A.G. (2012). Double trouble? The effects of sleep deprivation and chronotype on adolescent affect. *J Child Psychol Psychiatry*. 53(6):660-7.
- Del Rio-Bermudez, C., Diaz-Piedra, C., Catena, A., Buela-Casal, G., Di Stasi, L.L. (2014). Chronotype-dependent circadian rhythmicity of driving safety. *Chronobiol Int*. [Epub ahead of print]
- Delgado Prieto, P., Diaz-Morales, J.F., Escribano, B.C., Collado Mateo, M.J., Randler, C. (2012). Morningness-eveningness and health-related quality of life among adolescents. *Span J Psychol*. 15(2):613-23.
- Fossum, I.N., Nordnes, L.T., Storemark, S.S., Bjorvatn, B., Pallesen, S. (2013). The Association Between Use of Electronic Media in Bed Before Going to Sleep and Insomnia Symptoms, Daytime Sleepiness, Morningness, and Chronotype. *Behav Sleep Med*. [Epub ahead of print]
- Gaspar-Barba, E., Calati, R., Cruz-Fuentes, C.S., Ontiveros-Uribe, M.P., Natale, V., De Ronchi, D., Serretti, A. (2009). Depressive symptomatology is influenced by chronotypes. *J Affect Disord*. 119(1-3):100-6.
- Giam, G.C. (1997). Effects of sleep deprivation with reference to military operations. *Ann Acad Med Singapore*. 26(1):88-93.



- Giannotti, F., Cortesi, F., Sebastiani, T., Ottaviano, S. (2002). Circadian pref 11(3):191-9.
- Gooley. J.J. (2008). Treatment of circadian rhythm sleep disorders with light. *Ann Acad Med Singapore*. 37(8):669-76.
- Gumenyuk, V., Roth, T., Drake, C.L. (2012). Circadian phase, sleepiness, and light exposure assessment in night workers with and without shift work disorder. *Chronobiol Int*. 29(7):928-36.
- Hagenauer, M.H., Ku, J.H., Lee, T.M. (2011). Chronotype changes during puberty depend on gonadal hormones in the slow-developing rodent, *Octodon degus*. *Horm Behav*. 60(1):37-45.
- Hidalgo, M.P., Caumo, W., Posser, M., Coccaro, S.B., Camozzato, A.L., Chaves, M.L. (2009). Relationship between depressive mood and chronotype in healthy subjects. *Psychiatry Clin Neurosci*. 63(3):283-90.
- Horne, J.A., Ostberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiol*. 4(2):97-110.
- Jančoková, E. (2000). *Biorytmy v športe (S úvodom do chronobiológie)*. Banská Bystrica : FHV UMB.
- Jankowski, K.S. (2012). Morningness/eveningness and satisfaction with life in a Polish sample. *Chronobiol Int*. 29(6):780-5.
- Jankowski, K.S. (2013). Morning types are less sensitive to pain than evening types all day long. *Eur J Pain*. 17(7):1068-73.
- Johnsen, M.T., Wynn, R., Bratlid, T. (2013). Optimal sleep duration in the subarctic with respect to obesity risk is 8-9 hours. *PLoS One*. 8(2):e56756.
- Kantermann, T., Wehrens, S.M., Ulhôa, M.A., Moreno, C., Skene, D.J. (2012). Noisy and individual, but doable: shift-work research in humans. *Prog Brain Res*. 199:399-411.
- Kitamura, S., Hida, A., Watanabe, M., Enomoto, M., Aritake-Okada, S., Moriguchi, Y., Kamei, Y., Mishima, K. (2010). Evening preference is related to the incidence of depressive states independent of sleep-wake conditions. *Chronobiol Int*. 27(9-10):1797-812.
- Kitamura, S., Hidam A., Enomoto, M., Watanabe, M-, Katayose, Y-, Nozaki, K-, Aritake, S., Higuchi, S., Moriguchi, Y., Kamei, Y., Mishima, K. (2013). Intrinsic circadian period of sighted patients with circadian rhythm sleep disorder, free-running type. *Biol Psychiatry*. 1;73(1):63-9.

- Koscec, A., Radosevic-Vidacek, B., Bakotic, M. (2013). Morningness-eveningness and sleep patterns of adolescents attending school in two rotating shifts. *Chronobiol Int.* [Epub ahead of print]
- Lau, E.Y., Wong, M.L., Ng, E.C., Hui, C.C., Cheung, S.F., Mok, D.S. (2013). "Social jetlag" in morning-type college students living on campus: implications for physical and psychological well-being. *Chronobiol Int.* 30(7):910-8.
- Lehnkering, H., Siegmund, R. (2007). Influence of chronotype, season, and sex of subject on sleep behavior of young adults. *Chronobiol Int.* 24(5):875-88.
- Lemoine, P., Zawieja, P., Ohayon, M.M. (2013). Associations between morningness/eveningness and psychopathology: an epidemiological survey in three in-patient psychiatric clinics. *J Psychiatr Res.* 47(8):1095-8.
- Lucassen, EA., Zhao, X., Rother, K.I., Mattingly, M.S., Courville, A.B, de Jonge, L., Csako, G., Cizza, G. (2013). Sleep Extension Study Group. Evening chronotype is associated with changes in eating behavior, more sleep apnea, and increased stress hormones in short sleeping obese individuals. *PLoS One.* 8(3):e56519.
- Martin, J.S., Hébert, M., Ledoux, E., Gaudreault, M., Laberge, L. (2012) Relationship of chronotype to sleep, light exposure, and work-related fatigue in student workers. *Chronobiol Int.* 29(3):295-304.
- Martinez, D., Lenz Mdo, C., Menna-Barreto, L. (2008). Diagnosis of circadian rhythm sleep disorders. *J Bras Pneumol.* 34(3):173-80.
- McClung, C.A. (2009). Clock and bipolar disorder: implications for therapy. *Pharmacogenomics,* 8(9):1097-1100.
- McEnany, G., Lee, K.A. (2000) Owls, larks and the significance of morningness/eveningness rhythm propensity in psychiatric-mental health nursing. *Issues Ment Health Nurs.* 21(2):203-16.
- Merikanto, I., Lahti, T., Kronholm, E., Peltonen, M., Laatikainen, T., Vartiainen, E., Salomaa, V., Partonen, T. (2013). Evening types are prone to depression. *Chronobiol Int.* 30(5):719-25.
- Milfont, T.L., Schwarzenthal, M. (2014). Explaining why larks are future-oriented and owls are present-oriented: Self-control mediates the chronotype-time perspective relationships. *Chronobiol Int.* [Epub ahead of print]

- Muro, A., Gomà-i-Freixanet, M., Adan, A., Cladellas, R. (2011). Circadian typology, age, and the alternative five-factor personality model in an adult women sample. *Chronobiol Int.* 28(8):690-6.
- Newman, A.B., Spiekerman, C.F., Enright, P., Lefkowitz, D., Manolio, T., Reynolds, C.F., Robbins, J. (2000). Daytime sleepiness predicts mortality and cardiovascular disease in older adults. The Cardiovascular Health Study Research Group. *J Am Geriatr Soc.* 48(2):115-23.
- Nielsen, T. (2010). Nightmares associated with the eveningness chronotype. *J Biol Rhythms.* 25(1):53-62.
- Nováková, M., Sládek, M., Sumová, A. (2013). Human chronotype is determined in bodily cells under real-life conditions. *Chronobiol Int.* 30(4):607-17.
- Nowack, K., van der Meer, E. (2013). Are larks future-oriented and owls present-oriented? Age- and sex-related shifts in chronotype-time perspective associations. *Chronobiol Int.* 30(10):1240-50.
- Oginska, H., Oginska-Bruchal, K. (2014). Chronotype and personality factors of predisposition to seasonal affective disorder. *Chronobiol Int.* [Epub ahead of print]
- Otoni, G.L., Antonioli, E., Lara, D.R. (2012). Circadian preference is associated with emotional and affective temperaments. *Chronobiol Int.* 29(6):786-93.
- Ozdemir, P.G., Selvi, Y., Ozkol, H., Aydın, A., Tülüce, Y., Boysan, M., Beşiroğlu, L. (2013). The influence of shift work on cognitive functions and oxidative stress. *Psychiatry Res.* pii: S0165-1781(13)00589-1.
- Paine, S.J., Gander, P.H., Travier, N. (2006). The epidemiology of morningness/eveningness: influence of age, gender, ethnicity, and socioeconomic factors in adults (30-49 years). *J Biol Rhythms.* 21(1):68-76.
- Palovičová, J., Vančová, D. (2013). Analýza chronotypu študentiek FHV a FPV UMB v Banskej Bystrici. In Baisová, K., Kružliak, M. (Eds.). *Telesná výchova a sport – prostriedok vytvárania vzťahu mladej generácie k pohybu a športu : recenzovaný zborník vedeckých príspevkov*, pp. 307-323. Zvolen, Slovakia: Technická univerzita.
- Pivovarniček, P., Bunc, V., Malý, T., Kollár, R., Jančoková, E. (2013). Diurnálne oscilácie bežeckej rýchlosti mladých futbalistov. *Česká kinantropologie*, 17(1): 85-92.

- Preckel, F., Lipnevich, A.A., Boehme, K., Brandner, L., Georgi, K., Könen, T., Mursin, K., Roberts, R.D. (2013). Morningness-eveningness and educational outcomes: the lark has an advantage over the owl at high school. *Br J Educ Psychol.* 83(Pt 1):114-34.
- Rajzinger, J. (2010). Zmenová práca a práca v noci - zásady pri jej vykonávaní a dôsledky na zamestnancov. ECHOZ, [online]. [http://www.echoz.sk/index.php?option=com\\_content&view=article&id=32:-zmenova-praca-a-praca-v-noci-zasady-pri-jej-vykonavani-a-dosledky-na-zamestnancov&catid=19:bozp&Itemid=20](http://www.echoz.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=32:-zmenova-praca-a-praca-v-noci-zasady-pri-jej-vykonavani-a-dosledky-na-zamestnancov&catid=19:bozp&Itemid=20)
- Randler, Ch., Horzum, M.B., Vollmer, Ch. (2013). Internet Addiction and Its Relationship to Chronotype and Personality in a Turkish University Student Sample. *Social Science Computer Review.* [Epub ahead of print]
- Reid, K.J., Jaksá, A.A., Eisengart, J.B., Baron, K.G., Lu, B., Kane, P., Kang, J., Zee, P.C. (2012). Systematic evaluation of Axis-I DSM diagnoses in delayed sleep phase disorder and evening-type circadian preference. *Sleep Med.* 13(9):1171-7.
- Roenneberg, T., Wirz-Justice, A., Mellow, M. (2003). Life between clocks: daily temporal patterns of human chronotypes. *J Biol Rhythms.* 18(1):80-90.
- Roeser, K., Brückner, D., Schwerdtle, B., Schlarb, A.A., Kübler, A. (2012). Health-related quality of life in adolescent chronotypes--a model for the effects of sleep problems, sleep-related cognitions, and self-efficacy. *Chronobiol Int.* 29(10):1358-65.
- Roeser, K., Schlarb, A.A., Kübler, A. (2013). The Chronotype-Academic Performance Model (CAM): Daytime sleepiness and learning motivation link chronotype and school performance in adolescents. *Personality and Individual Differences,* 54(7):836–840.
- Ronneberg, T. (2012). What is chronotype? *Sleep and Biological Rhythms,* 10(2):75-6.
- Rosenberg, R., Doghramji, P.P. (2011). Is shift work making your patient sick? Emerging theories and therapies for treating shift work disorder. *Postgrad Med.* 123(5):106-15.
- Rosenberg, J., Maximov, I.I., Reske, M., Grinberg, F., Shah, N.J. (2014). "Early to bed, early to rise": Diffusion tensor imaging identifies chronotype-specificity. *Neuroimage.* 84:428-34.

- Schlarb, A.A., Sopp, R., Ambiel, D., Grünwald, J. (2013). Chronotype-related differences in childhood and adolescent aggression and antisocial behavior - A review of the literature. *Chronobiol Int.* [Epub ahead of print]
- Selvi, Y., Aydin, A., Boysan, M., Atli, A., Agargun, M.Y., Besiroglu, L. (2010). Associations between chronotype, sleep quality, suicidality, and depressive symptoms in patients with majordepression and healthy controls. *Chronobiol Int.* 27(9-10):1813-28.
- Shephard, R.J. (1999). Biology and medicine of soccer: an update. *J Sports Sci.* 17(10):757-86.
- Short, M.A., Gradisar, M., Lack, L.C., Wright, H.R. (2013). The impact of sleep on adolescent depressed mood, alertness and academic performance. *J Adolesc.* 36(6):1025-33.
- Skočovský, K.D. (2007). Psychometrické vlastnosti české verze kompozitní škály ranních a večerních typů. In Slováčková Z. (Ed.). *Sborník prací Filozofické fakulty brněnské univerzity – P 11: Annales Psychologici.* (55-63). Brno, Czech republic: Masarykova univerzita.
- Thorpy, M. (2011). Understanding and diagnosing shift work disorder. *Postgrad Med.* 123(5):96-105.
- Tzischinsky, O., Shochat, T. (2011). Eveningness, sleep patterns, daytime functioning, and quality of life in Israeli adolescents. *Chronobiol Int.* 28(4):338-43.
- Vančová, D., Jančoková, L., Palovičová, J., Pivovarniček, P. (2013). Identifikácia chronotypov vysokoškolských študentiek. *Studia Sportiva,* 7(2):79-84.
- Vavrušová, L. (2009). Chronoterapia afektívnych porúch. *PSYCHIATRIA-PSYCHOTERAPIA-PSYCHOSOMATIKA.* 16(3):125-7.
- Vitale, J.A., Calogiuri, G., Weydahl, A. (2013). Influence of chronotype on responses to a standardized, self-paced walking task in the morning vs afternoon: a pilot study. *Percept Mot Skills.* 116(3):1020-8.
- Vollmer, Ch., Potsch, F., Randler, Ch. (2013). Morningness is Associated with Better Gratings and Higher Attention in Class. *Learning and Individual Differences,* 27:167-73.
- Waage, S., Moen, B.E., Pallesen, S., Eriksen, H.R., Ursin, H., Akerstedt, T., Bjorvatn, B. (2009). Shift work disorder among oil rig workers in the North Sea. *Sleep,* 32(4):558-65.

- Werner, H., Lebourgeois, M.K., Geiger, A., Jenni, O.G. (2009). Assessment of chronotype in four- to eleven-year-old children: reliability and validity of the Children's Chronotype Questionnaire (CCTQ). *Chronobiol Int.* 26(5):992-1014.
- Zee, P.C., Attarian, H., Videnovic, A. (2013). Circadian rhythm abnormalities. *Continuum (Minneap Minn.* 19(1 Sleep Disorders):132-47.
- Zeman, M. (2009). Začínáme ich fungovaniu rozumieť. *Žurnál*, 3(28):66-67.

## Doslov

...raz v nekonečnom nekonečne bieleho a čierneho, víťazov a porazených všetci pochopíme, že sme tu a nikam neodchádzame. Meníme iba svoje poslanie a formu bytia vo Vesmíre plného exaktných tajomstiev chronobiologických fenoménov, ktorých úryvky aj z tejto knihy si nájdú miesto vo hviezdach budúcich kapitol v medzi galaxných neviditeľných foliantov. Jedným z nich bude aj úryvok z možného epilógu. Preto si ju vychutnajte v celom jej kolorite, kým sem nepribudne ďalšia kapitola z inej knihy.

...keď už teda myslíme, ako sa neustále hrdíme od najstarších čias po súčasnosť, pripomínajúc si, čím sa odlišujeme od ostatných tvorov obývajúcich Modrú planétu, čo takto prenechať otázky filozofom a zamyslieť sa nad podstatou a významom chronobiologických zorných uhlov vesmírnych hladín so sinusoidami, ktoré sú bránou nášho bezhraničného bytia v čase a v priestore.

... Ak niekto raz priniesol život aj k nám a život znamená vo svojej primárnej podstate a forme pohyb, potom poznanie zdravia a jeho podpory a choroby z rozmanitých uhlov pohľadu vzniku sú nezvratné a nepopierateľné včeraškom, dneškom a zajtraškom vo vzťahu k prevencii a športovcovi s jeho výkonom ako človeka. Chronobiologický prístup sa bezprostredne dotýka i športového tréningu. Evidovanie individuálneho stavu športovca v tom alebo inom čase (individuálneho alebo kolektívneho športu) pôsobenia tréningového a súťažného zaťaženia, má veľký význam pre zachovanie jeho zdravia a výkonnosti. Správne načasovanie výkonnostnej formy športovca (človeka) v jej rôznych podobách je vyvrhnutím porozumenia skutkovej podstaty významu chronobiológie práve v samotnom športe, kde aj základné zložky výkonnosti ako sú flexibilita, svalová sila a reakčný čas majú takmer v každom športe rytmické vrcholy a útlmy, ktoré sledujú cirkadiánnny model.

Práve fundamentom chronobiologických výskumov, ktoré sa rozvíjajú paralelne s pedagogikou, psychológiou, genetikou, medicínou, héliobiológiou, ale aj športom je chronobiologický aspekt vzhľadom k tomu, že rytmy vonkajšieho prostredia sú v synchronizácii s biologickými rytmiami organizmu.

Teoretická a praktická významnosť chronobiologických a heliogeofyzikálnych výskumov v oblasti telesnej výchovy a športu spočívajú v tom, že vytvárajú vedecky zdôvodnené prístupy k individualizácii pedagogického, psychologického, zdravotného a liečebného účinku. To všetko, ale aj ďalšie faktory pomáhajú športovcom zostať zdravými, udržať si súťažnú dlhovekosť a podávať výkon na vrchole svojich možností, keď je to najviac potrebné. Preto je dôležité správne zaradenie konkrétnych chronobiologických princípov a zručností do arzenálu prezieravosti športových lekárov, kondičných trénerov, trénerov a športových psychológov, kde si musíme uvedomiť potrebu chronobiológie z hľadiska jej nezvratnosti a existencie, či už s nami alebo bez nás.



**Korešpodenčné adresy:**

prof. PaedDr. Ludmila **JANČOKOVÁ**, CSc.  
Katedra telesnej výchovy a športu  
Fakulta humanitných vied  
Univerzita Matej Bela  
Tajovského 40  
97401 Banská Bystrica  
Slovenská republika  
e-mail: ludmila.jancokova@umb.sk  
telefón: +421 4467528

Professor Jim **WATERHOUSE**  
3 Cherry Holt Avenue,  
Heaton Mersey,  
Stockport,  
Cheshire SK4 3PT,  
UK  
e-mail: [waterhouseathome@hotmail.com](mailto:waterhouseathome@hotmail.com)  
telefón: UK + 161 432 6352

Milan **SEDLIAK**, PhD.  
Centrum výskumu starnutia a civilizačných ochorení a Katedra atletiky  
Fakulta telesnej výchovy a športu  
Univerzita Komenského v Bratislave  
Nábr. arm. gen. L. Svobodu 9  
814 69 Bratislava  
Slovenská republika  
e-mail: [msedliak@yahoo.com](mailto:msedliak@yahoo.com)  
telefón: +421 907 247 021

MUDr. Pavel **HOMOLKA**, Ph.D.  
Klinika tělovýchovného lékařství a rehabilitace  
CARDIO 4  
Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně  
Mezinárodní centrum klinického výzkumu  
Pekařská 53, Brno, 65691  
e-mail: [pavel.homolka@fnusa.cz](mailto:pavel.homolka@fnusa.cz)  
Tel: +420 543182991-2/ GSM +420 737408535

PaedDr. Pavol **PIVOVARNÍČEK**, PhD.  
Katedra telesnej výchovy a športu  
Fakulta humanitných vied  
Univerzita Matej Bela  
Tajovského 40  
97401 Banská Bystrica  
Slovenská republika  
e-mail: Pavol.Pivovarnicek@umb.sk  
telefón: +421 949745194 / +421 048 446 7530

Názov:	<b>Chronobiológia od teórie k športovej praxi</b>
Zostavovatelia:	© Ludmila Jančoková Elena Bendíková Pavol Pivovarniček
Autori:	© Ludmila Jančoková, Hadhom Alabed, Jim Waterhouse, Pavel Homolka, Jaroslav Větvička, Petr Dobšák, Martin Homolka, Milan Sedliak, Pavol Pivovarniček, Dominika Vančová
Recenzenti:	prof. Ing. Václav Bunc, Ph.D doc. MUDr. Janka Lipková, PhD. doc. MUDr. Sylvia Vajcziková, PhD. prof. RNDr. Michal Zeman, DrSc.
Preklad:	Prekladateľská a tlmočnická spoločnosť Fakulty humanitných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici Jana Tabačková, Beáta Takáčová
Jazyková korektúra	doc. PaedDr. Elena Bendíková, PhD.
Technická úprava:	Magda Veszeleiová, Božena Paugschová
Obálku realizoval:	František Mereš
Náklad:	150 ks
Rozsah:	202 strán; 9,5 AH
Formát:	A5
Vydanie:	druhé, prepracované a doplnené
Vydavateľ:	Belianum. Vydavateľstvo UMB v Banskej Bystrici Fakulta humanitných vied
Rok:	2013
Tlač:	EQUILIBRIA s.r.o., Košice

**ISBN 978-80-557-0634-4**