



Cirkadiánní rytmy

Dominik Puda

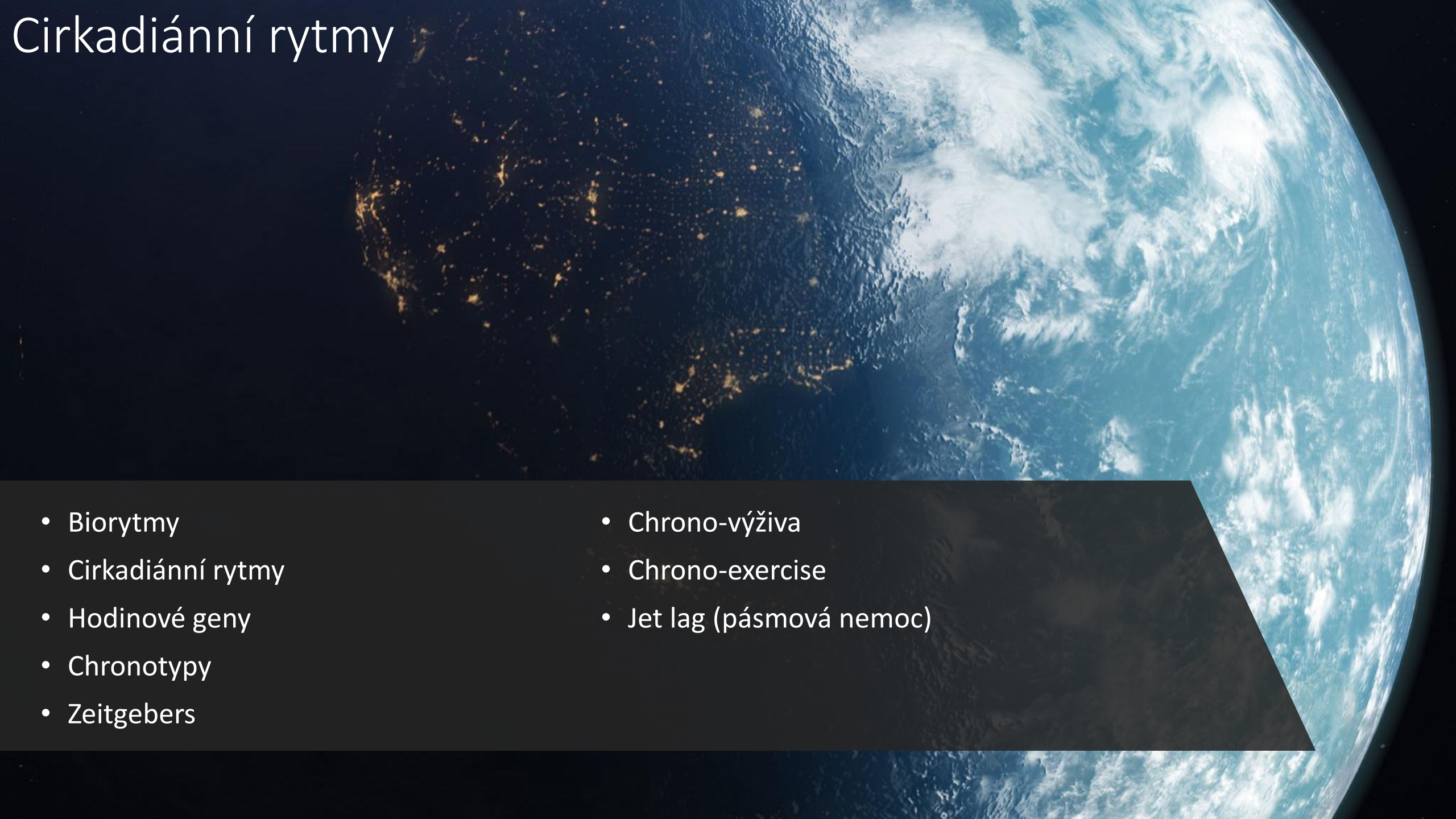
slido



**Co se Vám pojí s pojmem cirkadiánní
rytmus?**

i Start presenting to display the poll results on this slide.

Cirkadiánní rytmy



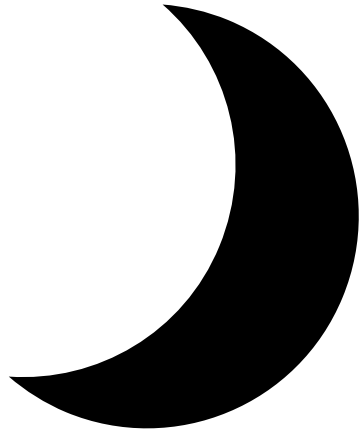
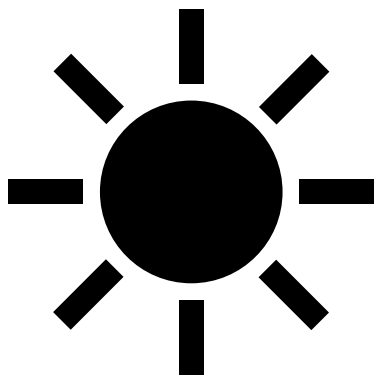
- Biorytmy
- Cirkadiánní rytmy
- Hodinové geny
- Chronotypy
- Zeitgebers
- Chrono-výživa
- Chrono-exercise
- Jet lag (pásmová nemoc)

Biorytmy

- Evoluce – den a noc, střídání ročních období
- Přizpůsobení organismů k periodickým změnám faktorů životního prostředí, spojených s rotací Země kolem vlastní osy a kolem Slunce (střídání dne a noci, roční období)
- Minimum a maximum amplitudy sledovaných rytmů
 - Rytmy ultradiánní < 20 hodin
 - Rytmy infradiánní > 28 hodin
 - Rytmy cirkadiánní 20-28 hodin
- Chronobiologie

Cirkadiánní rytmy

- Ovlivňují:
 - Spánek
 - Náladu
 - Metabolismus
 - Teplotu
 - Bdělost
 - Srdeční frekvenci
 - Krevní tlak
 - Vylučování moči
 - Produkci hormonů
 - Hlad
 - Kognitivní výkon
 - Sílu



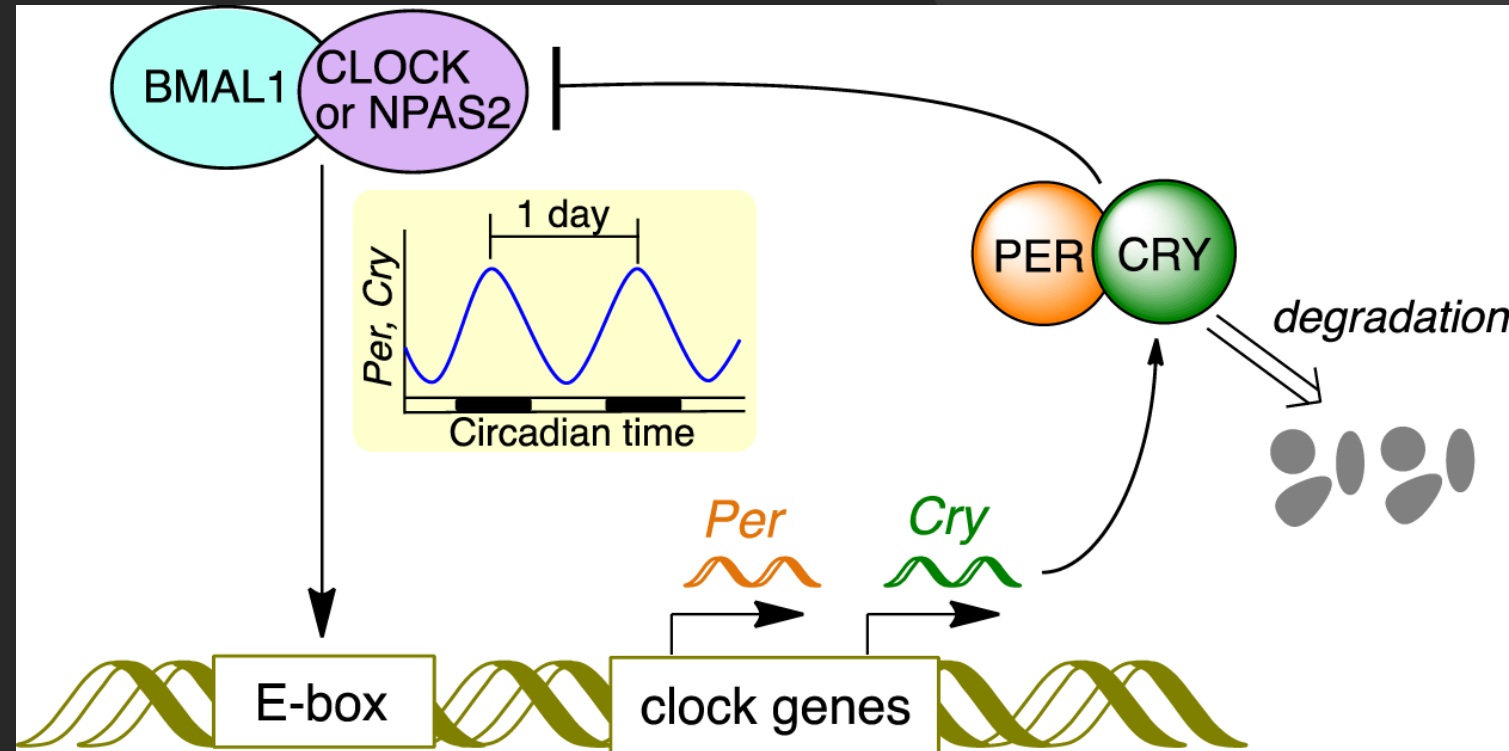


Hodinové geny

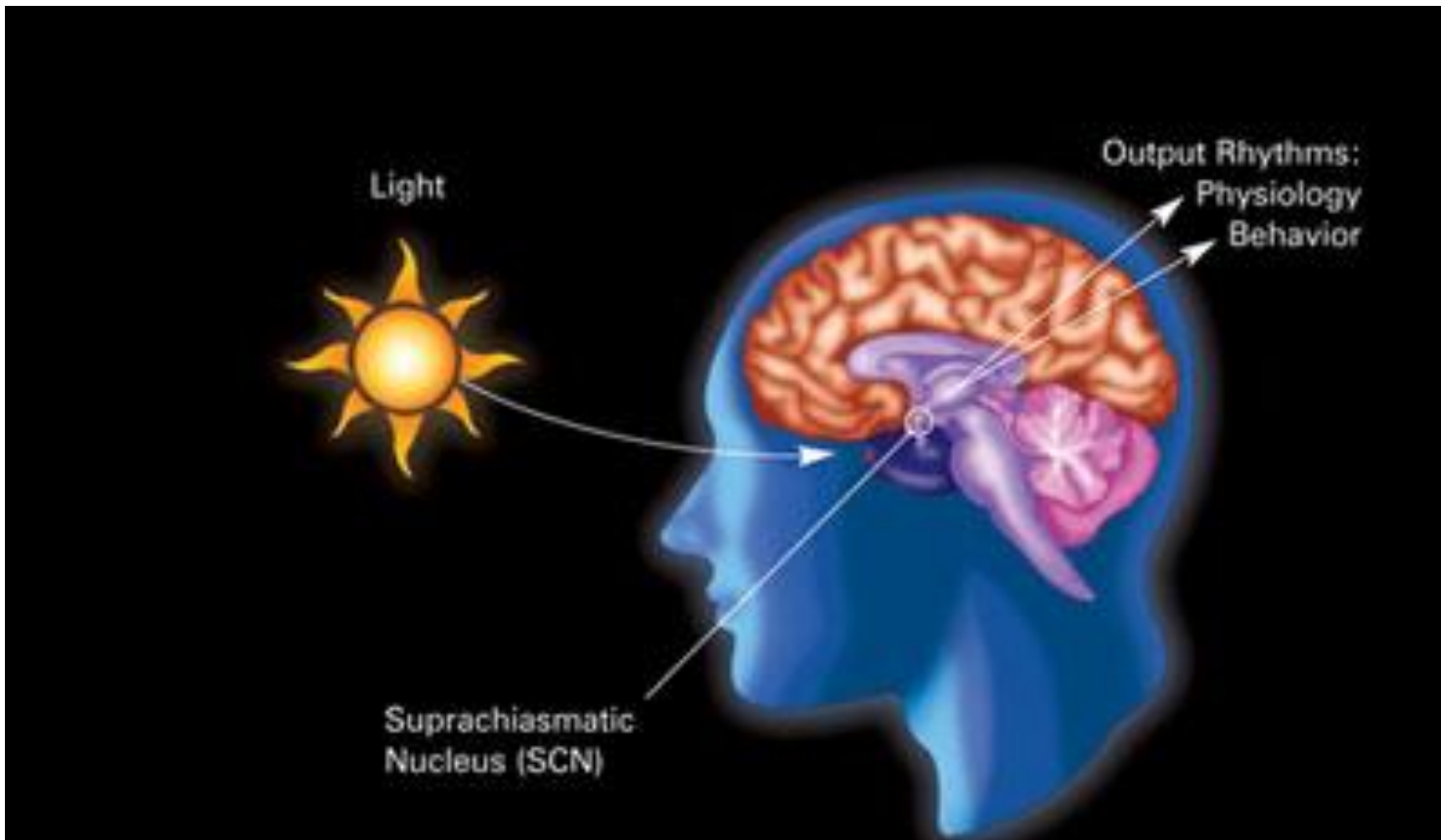
- Komponenty cirkadiánních hodin
- Geny se vzájemně ovlivňují a vytvářejí oscilace genové exprese
- Ozubená kolečka mechanických hodinek
- Základním principem je postupná aktivace genu ve formě cyklu, počáteční aktivace genu je regulována posledním genem v sekvenci (autoregulační smyčka, pro kterou jeden cyklus trvá cca 24 hodin)
- Zajišťují rytmicitu (i v neperiodickém prostředí)

Transkripčně-translační zpětnovazebná smyčka

1. Transkripční aktivátory – CLOCK, BMAL1 řídí expresi negativních regulátorů PERIOD (PER) a CRYPTOCHROME (CRY)
 2. PER a CRY slouží k inhibici transkripční aktivity CLOCK/BMAL1 (potlačují tedy svou vlastní expresi)
 3. Jakmile dojde k poklesu hladiny PER a CRY, cyklus začíná znovu
- Tato základní smyčka zapojuje řadu dalších transkripčních/translačních smyček a zahrnuje mnoho dalších událostí, které společně poskytují robustní 24hodinový cyklus



Centrum CR



„Centrální hodiny“

- Suprachiasmatická jádra (SCN)
 - Frontální hypothalamus
 - Cca 20 000 neuronů
 - Informace z oční sítnice (světlo/tma) – skrze retinohypotalamickou dráhu
 - Tyčinky, čípky, melanopsin

„Periferní hodiny“

- Orgány, buňky
- Téměř každá buňka má vlastní „hodiny“
 - Synchronizace z centrálních hodin
 - vliv okolního prostředí (strava/cvičení)

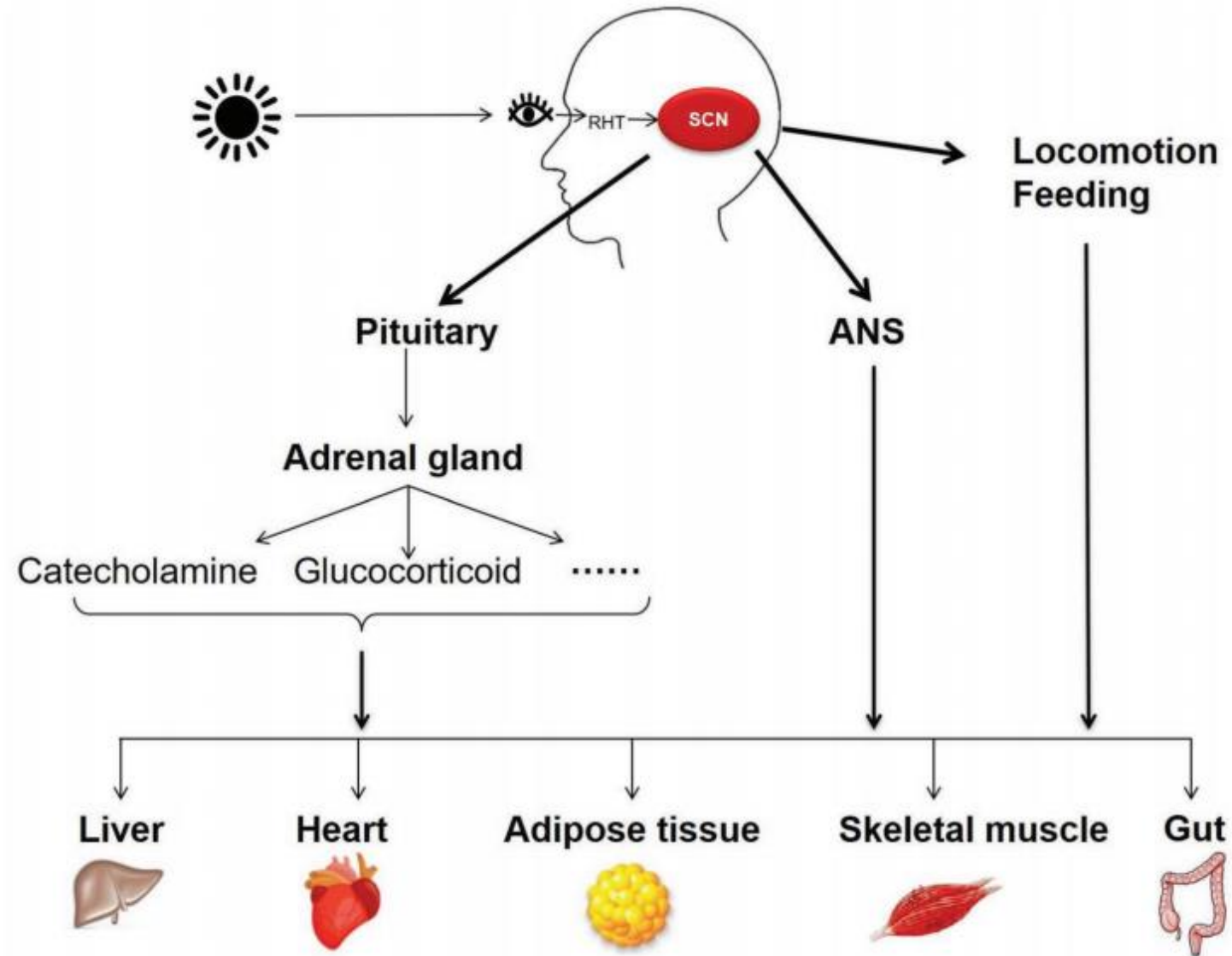
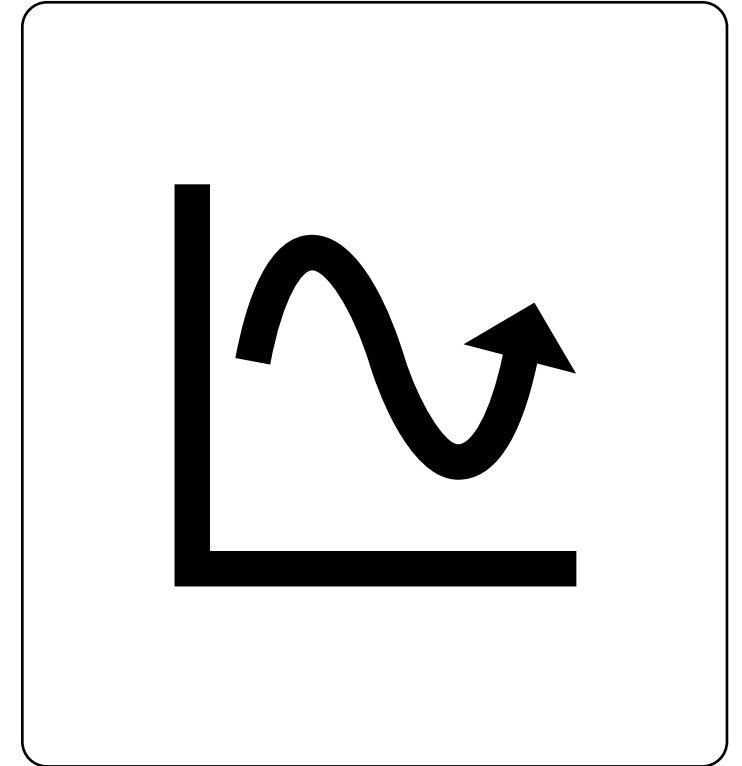


Figure 4. Organization of the circadian timing system in mammals. The circadian clock system is made up of cellular clocks in virtually all cell types. The suprachiasmatic nucleus (SCN) of the hypothalamus of the brain synchronizes cellular clocks located in all other organs or tissues, including liver, heart, adipose tissue, skeletal muscle and gut. Light entrains the SCN through the retinal-hypothalamic tract. SCN pacemaker sends time cues to non-SCN peripheral clocks in part through the hypothalamus-pituitary-adrenal gland axis. Catecholamine signaling and glucocorticoid signaling are involved in this process. In addition, SCN may synchronize peripheral clocks through autonomic nervous system (ANS) or through circadian rhythms of locomotor activity and feeding behavior.

Markery CR

- Teplota tělesného jádra
 - Oscilace v rozmezí $\sim 0,8-1,0^{\circ}\text{C}$ mezi minimem v noci a maximem v průběhu dne, minimum pozorováno typicky mezi 03:00-07:00
- Hladina melatoninu
 - Hormon tvořen v epifýze
 - K vyplavování dochází ve večerních hodinách – signál ze SCN
 - Zvýšení potřeby ke spánku cca 2 hodiny po začátku produkce
 - Zhruba 7 hodin po začátku produkce melatoninu je dosaženo nejnižší teploty tělesného jádra, po 12 hodinách od dosažení nejnižší teploty > obvykle dosaženo nejvyšší teploty jádra





Markery CR

- „Nejnižší“ bod CR (**nadir**) nastává ~7 hodin po nástupu melatoninu (CBTmin)
- „Nejvyšší“ bod CR (**peak**) ~12 hodin po CBTmin
- Maximální ospalost a nejhorší mentální/fyzický výkon v období 2-3 hodin před a po CBTmin
- **Maximální ostražitost a nejlepší mentální/fyzický výkon v období 2-3 hodin před a po CBTmax**

Markery CR

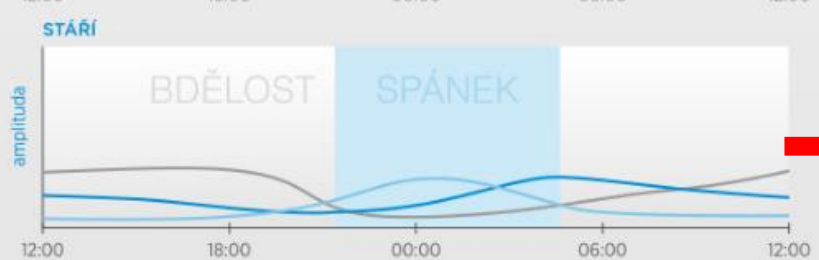
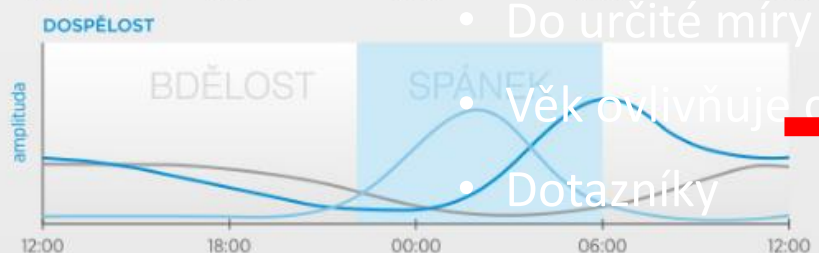
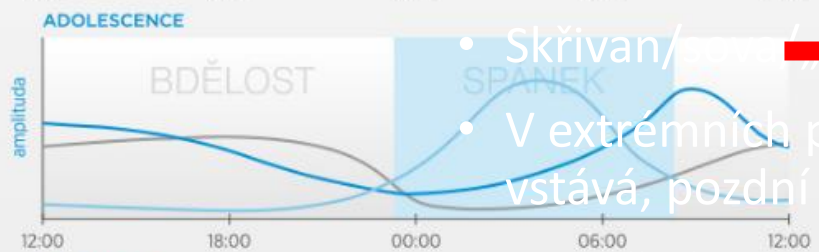
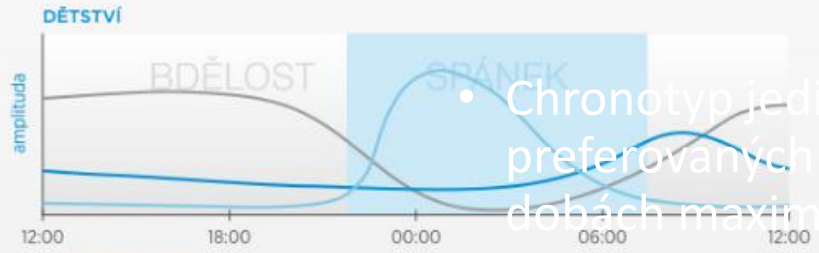
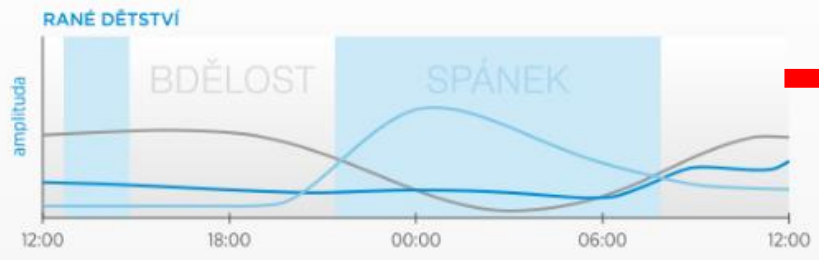
- Osoba, která obvykle usíná v 23:00 a probouzí se v 7:00 bude mít nástup produkce melatoninu zřejmě okolo 21.hodiny, CBTmin ~4:00 a CBTmax ~16:00
- V jakém časovém rozmezí bude zřejmě podávat nejlepší výkon?





ZMĚNY V CIRKADIÁNNÍCH RYTMECH V PRŮBĚHU STÁRNUTÍ

— tělesná teplota — kortizol — melatonin



typy

- Chronotyp jedince – přirozená variace v preferovaných dobách spánku a subjektivních dobách maximální čilosti

- Skřivan/sova/“intermediát“
- V extrémních případech brzký chronotyp vstává, pozdní uléhá do postele

- Do určité míry vliv genů (polygenní)

- Věk ovlivňuje chronotyp
- Dotazníky

Ranní ptáčata

Sovy

Normální rozložení

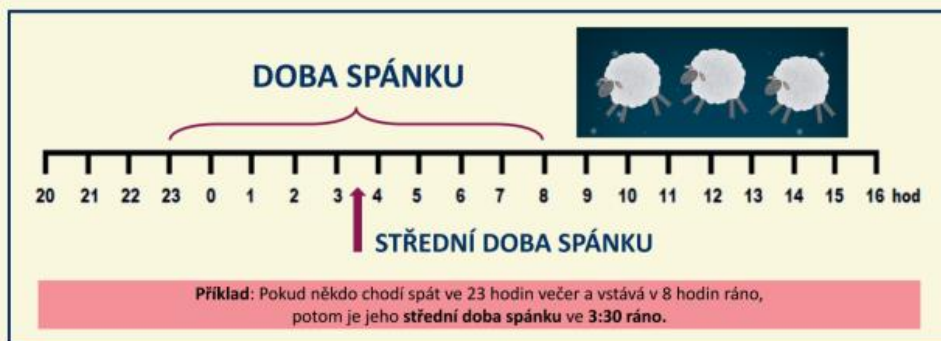
Ranní ptáčata

Zdroj obrázku: <https://medicina.ronnie.cz/c-33268-cirkadianni-rytmy-i-uvod-do-problematiky.html> ; dle Logan & McClung (2019)

JSTE SKŘIVAN NEBO SOVA? URČETE SI SVŮJ CHRONOTYP!

Náš **chronotyp**, neboli **preferovaná doba spánku**, závisí ve velké míře na genech, našem věku a životním stylu.

Zjednodušeně ho můžeme určit podle střední doby našeho spánku ve volných dnech, to znamená tehdy, kdy nemusíme vstávat do práce a zároveň se neúčastníme žádných večírků.



Brzký chronotyp SKŘIVAN

- lidé, jejichž střední doba spánku je **před 1:30** v noci
- chodí spát velmi brzy a vstávají časně zrána



Normální chronotyp

- lidé, jejichž střední doba spánku je **mezi 1:30 a 5:00** ráno
- většina lidí
- z ptačí říše například papoušci



Pozdní chronotyp SOVA

- lidé, jejichž střední doba spánku je **po 5:00 ráno**
- chodí spát nad ránem a vstávají velmi pozdě





„Zeitgeber“ CR

- Externí stimul, který dokáže (re)synchronizovat tělesné hodiny
- Modulují aktivitu hodinových genů
- Světlo
- Výživa
- Cvičení

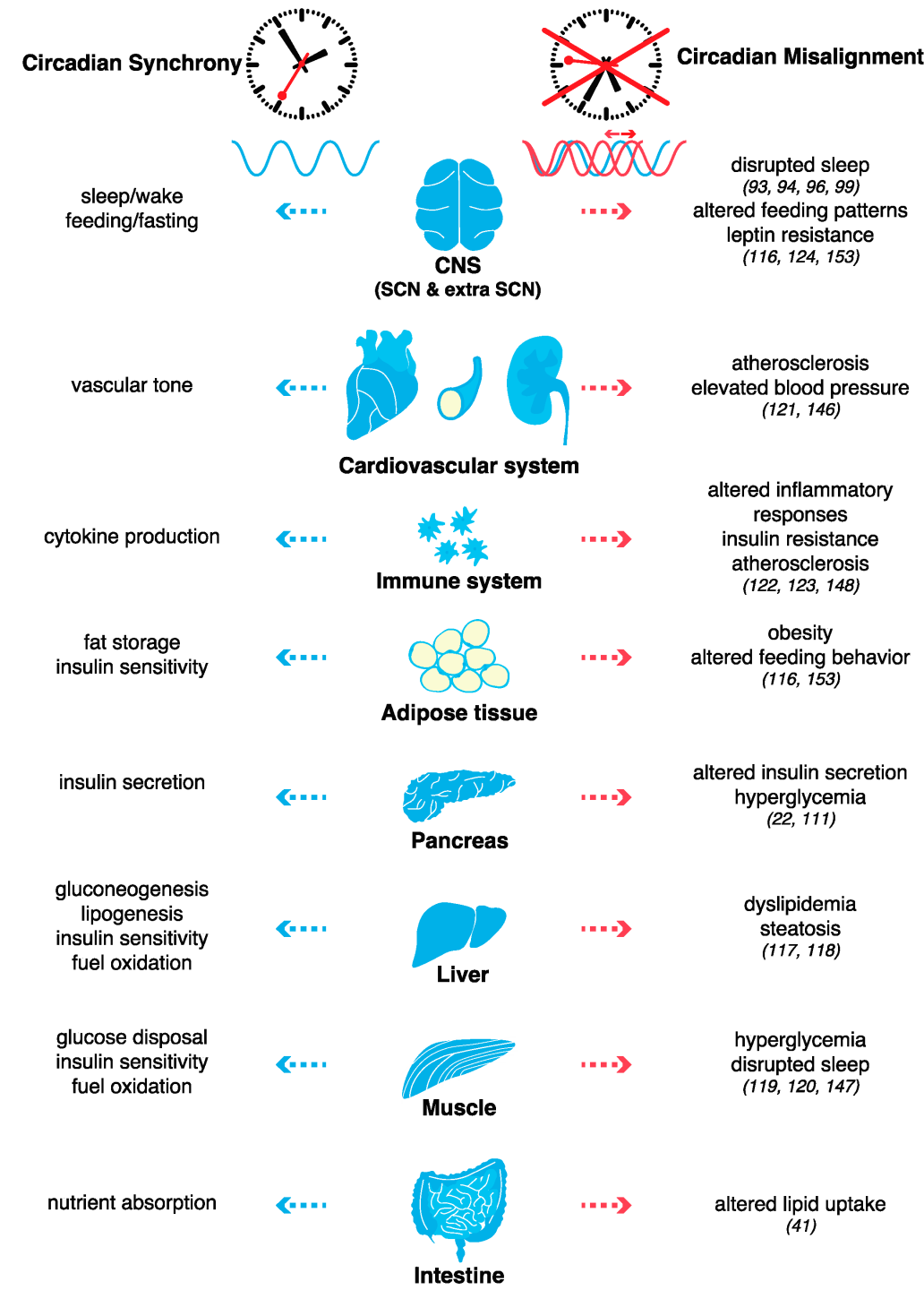


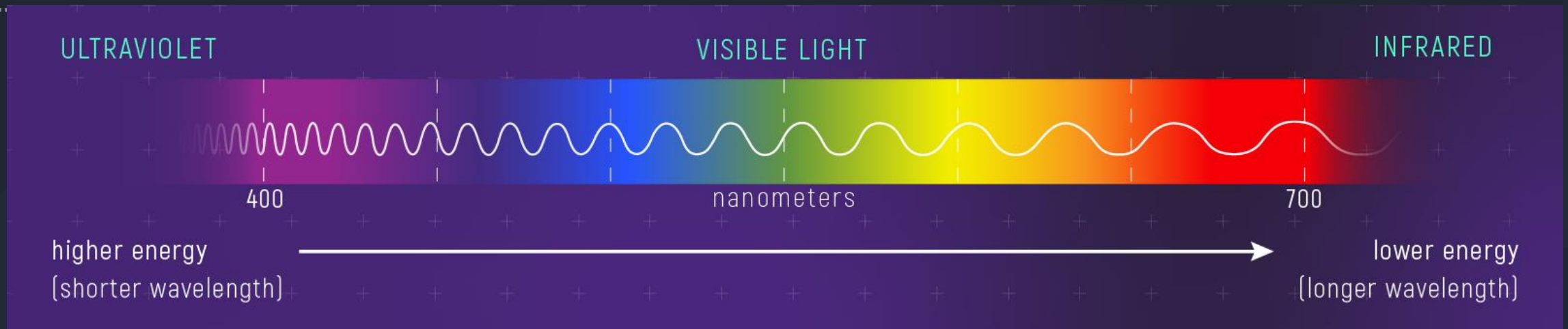
Cirkadiánní desynchronizace

„Blame it on T.A. Edison“

Cirkadiánní desynchronizace

- Centrální a periferní hodiny nedostávají podněty ve správný čas
- Příčiny:
 - Chronický jet lag
 - Noční směny
 - Nepravidelnost ve stravování
 - Nepravidelný spánkový režim
- Osoby, které pracují v rámci nočních směn, spí méně hodin, mají vyšší tělesnou hmotnost a BMI index, a téměř 3x vyšší míru abdominální obezity, než osoby pracující ve dne (Brum et al.,2020)





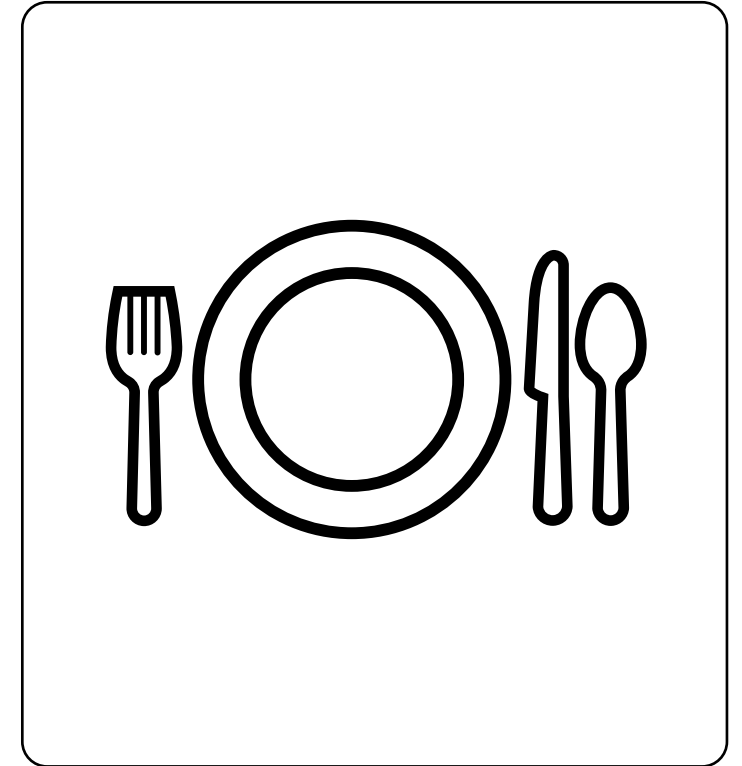
„Zeitgeber(y)“ cirkadiánního rytmu

- Světlo

- Jedná se o nejdůležitější stimul, který upravuje (časuje) cirkadiánní systém - SCN
- Změny ve vzorcích světelné expozice mohou rychle a podstatně posunout fázi CR
 - Zejména světlo o vysoké energii a nízké vlnové délce
- Většina periferních hodin nezískává přímé informace o světle, jsou proto senzitivní k jiným „synchronizátorům“

„Zeitgeber(y)“ cirkadiánního rytmu

- Výživa
 - Stimul, který dokáže (pře)nastavit hodiny v periferních tkáních
 - dostupnost cirkulujících makronutrientů, hormony, metabolity
 - Příjem potravy > inzulín > exprese hodinových genů
 - Stimul výživy zřejmě působí na periferní tkáně rychleji nežli signál z SCN



„Zeitgeber(y)“ cirkadiánního rytmu

Cvičení

- Stimul, který může mít vliv na zpoždění/urychlení „fáze“, zřejmě skrze vliv na produkci melatoninu (kortizol, tělesná teplota)

Chronobiotika

- Látky, které jsou schopné „měnit“ biologické rytmy a způsobit časový „posun“
- Využitelnost u pracovníků pracujících v rámci nočních směn?
 - Kofein, kreatin monohydrát, aminokyseliny (tryptofan)



Chrono-výživa

- Studuje interakce mezi biologickými rytmy a výživou
- Zabývá se distribucí příjmu energie, frekvencí a pravidelností příjmu potravy, délkou období příjmu potravy a tím, jak všechny tyto faktory mohou ovlivnit zdraví
- Systémy řídící metabolismus podléhají CR
 - Potrava opouští žaludek rychleji po dopoledních jídlech
 - Pohyby tlustého střeva – časté pohyby během dne, minimum během noci
 - Geny kódující produkci metabolických enzymů
 - DIT – ráno vyšší nežli večer
- Správné fungování periferních hodin udržuje metabolické procesy v synchronizaci s prostředím – vliv na zdraví organismu

Chrono-výživa

- Co a jak jíme se v naší společnosti změnilo (stravování v nočních hodinách apod.)
- Desynchronizace mezi hodinami a metabolismem > ztráta synchronizace rytmu > rozvoj metabolických onemocnění?
- Větší distribuce energie ve večerních hodinách, zvýšená frekvence konzumace jídel, prodloužené okno konzumace jídel – faktory, které mohou přispívat k rozvoji kardiometabolických onemocnění
- Studie (především na experimentálních zvířatech) poukazují na fakt, že příjem potravy v „nesprávném“ čase vede k rozvoji obezity (hlodavci) (Garaulet & Gómez, 2014)
- Stejně jídlo sněžené ráno a večer může vykázat odlišný metabolický vliv (Kanikowska et al., 2015)

Time-restricted feeding (TRF)

- Zaměřuje se na příjem potravy v „denním“ okně
- 4-12 hodinové okno (8-10)
- Redukce tělesné hmotnosti
- Zlepšení tělesné kompozice u osob s nadváhou
- Zlepšení glykemické odezvy, hlad krevních lipidů (lepší výsledky u osob s větším rizikem)
- Zřejmě nemá negativní vliv na MPS (krátkodobý vs. dlouhodobý horizont!)
- Negativní vliv na rytmus – vynechávání snídaně, příjem potravy pozdě v noci
- Výsledek může být ovlivněn snížením příjmu kalorií, kalorickou restrikcí!
 - Další modulátory – délka studie, množství probandů, pohybová intervence

Nutrients. 2020 Dec; 12(12): 3770.

Published online 2020 Dec 8. doi: [10.3390/nu12123770](https://doi.org/10.3390/nu12123770)

PMCID: PMC7763532

PMID: [33302500](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33302500/)

Food Timing, Circadian Rhythm and Chrononutrition: A Systematic Review of Time-Restricted Eating's Effects on Human Health

Réda Adaefer,^{*} Wassil Messaadi, Mériem Meddahi, Alexia Patey, Abdelmalik Haderbache, Sabine Bayen,^{*} and Nassir Messaadi^{*}

Review

Effect of Time-Restricted Feeding on Anthropometric, Metabolic, and Fitness Parameters: A Systematic Review

Jie Kang, Nicholas A. Ratamess, Avery D. Faigenbaum, Jill A. Bush, Noah Beller, Ariselle Vargas, ...show all
Received 14 Jun 2021, Accepted 19 Jul 2021, Published online: 07 Sep 2021

Beneficial Effects of Early Time-Restricted Feeding on Metabolic Diseases: Importance of Aligning Food Habits with the Circadian Clock

by Anouk Charlot^{*}, Fanny Hutt, Eugénie Sabatier and Joffrey Zoll^{*}

CRBS, UR3072: Mitochondria, Oxidative Stress and Muscular Protection, University of Strasbourg, 1 rue Eugène Boeckel, 67000 Strasbourg, France

^{*} Authors to whom correspondence should be addressed.

Academic Editor: Silvio Buscemi

Nutrients 2021, 13(5), 1405; <https://doi.org/10.3390/nu13051405>

Received: 11 March 2021 / Revised: 17 April 2021 / Accepted: 20 April 2021 / Published: 22 April 2021

Time-restricted feeding and risk of metabolic disease: a review of human and animal studies 

Jeff Rothschild, Kristin K Hoddy, Pera Jambazian, Krista A Varady

Nutrition Reviews, Volume 72, Issue 5, 1 May 2014, Pages 308–318,

<https://doi.org/10.1111/nure.12104>

Published: 01 May 2014

Calorie Restriction with or without Time-Restricted Eating in Weight Loss

Deying Liu, M.D., Yan Huang, M.S., Chensihan Huang, M.D., Shunyu Yang, M.D., Xueyun Wei, M.D., Peizhen Zhang, M.D., Dan Guo, M.D., Jiayang Lin, M.D., Bingyan Xu, M.D., Changwei Li, Ph.D., Hua He, Ph.D., Jiang He, M.D., Ph.D., [et al.](#)

- N= 139
- Kalorická restrikce vs. kalorická restrikce + TrF (8:00-16:00)
- 12 měsíců
- M=1500-1800 Kcal; Ž= 1200-1500 Kcal
 - 40-55 % S, 15-20% B, 20-30 % T
- Hmotnost, obvod pasu, BMI, množství tukové hmoty, měření metabolických ukazatelů (plazmatická g, inzulínová senzitivita, TK, krevní lipidy)

Calorie Restriction

Deying Liu, M.D., Yan Huang, M.S., Ch...

- Výsledky
- 118 dokonč...
- -8,0 kg TRF,

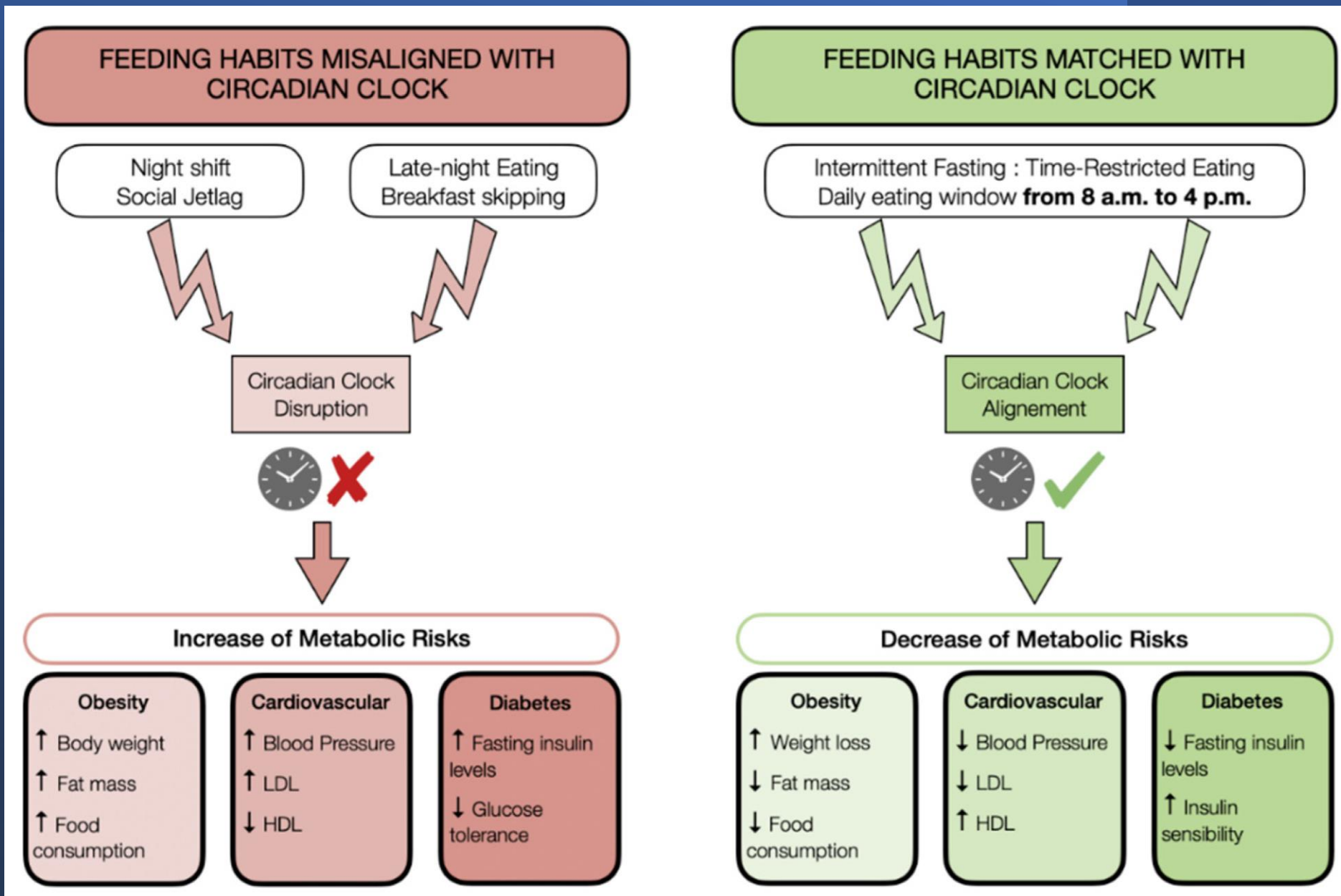
Table 2. Effects of Diets on Weight Loss and Body Composition.*

Variable	Time-Restricted Eating (N=69)	Daily Calorie Restriction (N=70)	Difference between Groups (95% CI)
<i>Change from baseline (95% CI)</i>			
Body weight — kg			
6 mo	-9.4 (-10.8 to -7.9)	-8.9 (-10.3 to -7.4)	-0.5 (-2.6 to 1.6)
12 mo	-8.0 (-9.6 to -6.4)	-6.3 (-7.8 to -4.7)	-1.8 (-4.0 to 0.4)
Body-mass index			
6 mo	-3.4 (-3.9 to -2.9)	-3.2 (-3.7 to -2.7)	-0.2 (-1.0 to 0.5)
12 mo	-2.9 (-3.5 to -2.3)	-2.3 (-2.8 to -1.7)	-0.7 (-1.5 to 0.1)
Waist circumference — cm			
6 mo	-9.4 (-11.0 to -7.9)	-8.7 (-10.2 to -7.3)	-0.7 (-2.8 to 1.4)
12 mo	-8.8 (-10.4 to -7.1)	-7.0 (-8.5 to -5.4)	-1.8 (-4.0 to 0.5)
Body fat mass — kg			
6 mo	-6.9 (-8.0 to -5.7)	-6.4 (-7.5 to -5.3)	-0.5 (-2.0 to 1.1)
12 mo	-5.9 (-7.1 to -4.7)	-4.5 (-5.6 to -3.3)	-1.5 (-3.1 to 0.2)
Body lean mass — kg			
6 mo	-1.9 (-2.4 to -1.4)	-1.7 (-2.2 to -1.2)	-0.2 (-0.9 to 0.5)
12 mo	-1.7 (-2.3 to -1.1)	-1.4 (-2.0 to -0.9)	-0.3 (-1.1 to 0.5)
Body fat percent — %			
6 mo	-4.7 (-5.6 to -3.8)	-4.4 (-5.3 to -3.5)	-0.3 (-1.6 to 1.0)
12 mo	-4.3 (-5.3 to -3.3)	-3.0 (-3.9 to -2.0)	-1.3 (-2.7 to 0.1)
Area of abdominal visceral fat — cm²			
6 mo	-32.9 (-41.1 to -24.8)	-31.3 (-39.2 to -23.4)	-1.7 (-13.0 to 9.7)
12 mo	-26.0 (-35.0 to -17.1)	-21.1 (-29.5 to -12.8)	-4.9 (-17.3 to 7.5)
Area of abdominal subcutaneous fat — cm²			
6 mo	-70.1 (-85.2 to -55.1)	-49.2 (-64.1 to -34.4)	-20.9 (-42.0 to 0.2)
12 mo	-53.2 (-71.9 to -34.6)	-37.0 (-52.1 to -21.9)	-16.2 (-39.2 to 6.8)

* Analyses were conducted with the use of a mixed-effects model, with randomized treatment as a factor and the use of a multiple imputation approach for missing data.

ing in Weight Loss

uo, M.D., Jiayang Lin, M.D., Bingyan Xu,



slido



Pozorujete na sobě výkyvy výkonnosti v rámci dne? Kdy si myslíte (cítíte/víte), že podáváte nejlepší výkon?

i Start presenting to display the poll results on this slide.

Diurnální variace ve fyzickém výkonu

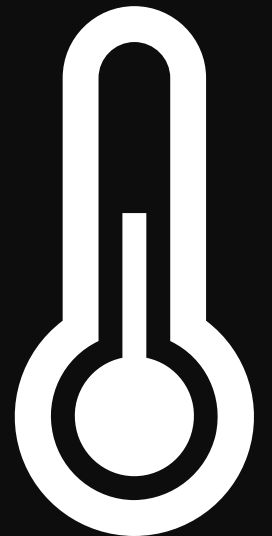
- Sportovní výkon vykazuje aspekty CR
- Peak time = akrofáze
- Nepřímá evidence – světové rekordy (požadavky diváků, sledovanost..)
- Silový trénink – spolehlivý ukazatel rytmů
 - Při porovnání výkonů mezi ranní (6:00-10:00) a večerní (16:00-20:00) hodinou téměř vždy lepší výkony večer (rozdíly až 18 %) (Gabriel & Zierath, 2019)

Diurnální variace ve fyzickém výkonu

- Dle výsledků je optimální čas pro fyzickou aktivitu mezi 16:30-18:30
- „peak time“ brzkých chronotypů - brzy odpoledne
- „peak time“ pozdních chronotypů - pozdní odpoledne
- Večerní chronotyp je nejvíce ovlivněn výkonem mimo jeho optimální čas

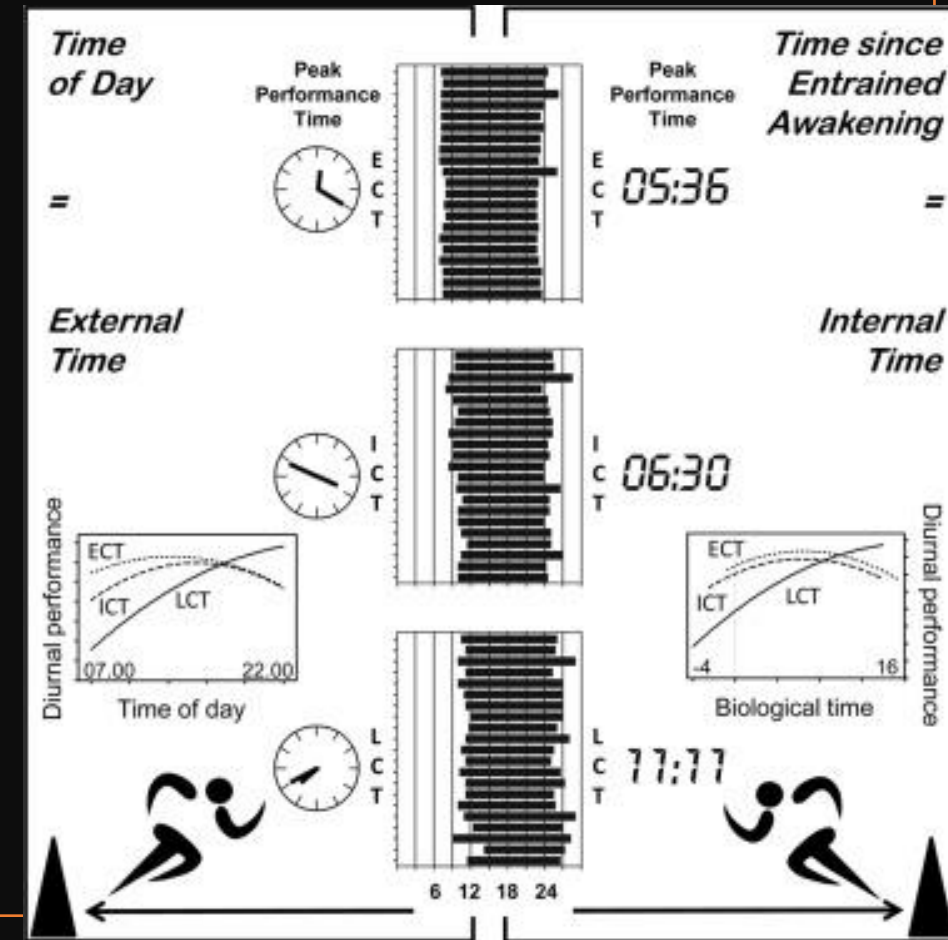
Diurnální variace ve fyzickém výkonu

- Tělesná teplota silně spojena s fyzickým výkonem ?
 - Do jaké míry?
 - Zvýšení BT před cvičením může zlepšit výkon, ovšem samotná BT nedokáže pokrýt celkovou variabilitu v rámci dne
 - Výkon v ranních hodinách > prodloužení warm-up části > ovlivnění diurnální variace
 - Zvýšení CBT pomocí warm-upu > výkon stále nižší nežli odpoledne
- Fluktuace hladiny biomarkerů v plazmě v odpovědi na trénink
 - Antioxidační enzymy, hormony



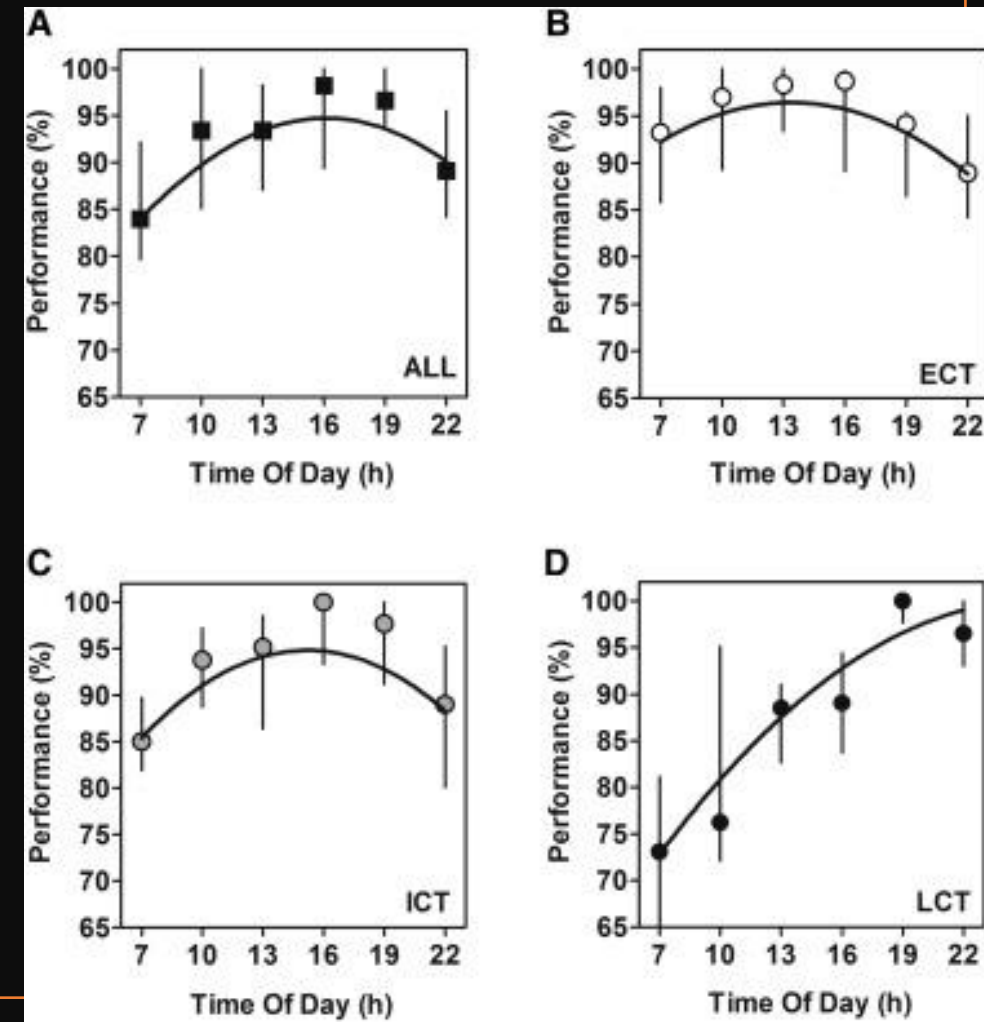
Diurnální variace ve fyzickém výkonu

- 121 výkonnostních sportovců
- Rozřazení dle chronotypů
- Následně vybráno 20 (stejný věk, výkonnost, cirkadiánní fenotyp odrážející výskyt v populaci – 25 % ECT, 50 % ICT, 25 % LCT)
- BLEEP test 6x denně (7:00, 10:00, 13:00, 16:00, 19:00, 22:00)



Diurnální variace ve fyzickém výkonu

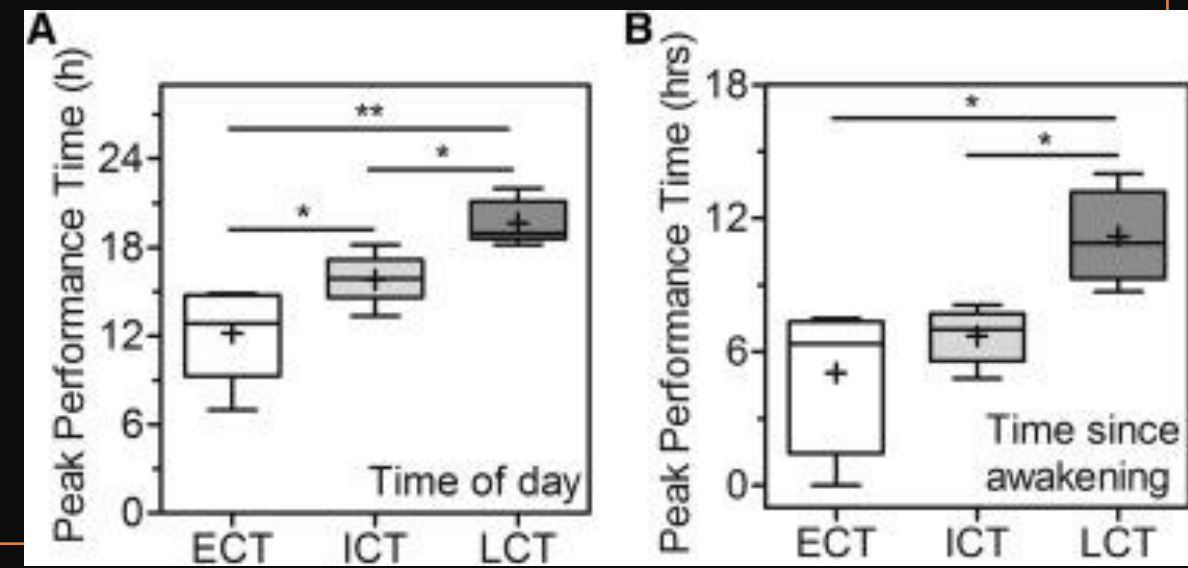
- Obecně nejhorší výkon v 7:00, nejlepší v 16 a 19
- Signifikantní rozdíly v maximálním výkonu mezi cirkadiánními fenotypy (chronotypy)
- „peak time“ brzkých chronotypů - ~12:20
- „peak time“ intermediate chronotypů - ~15:50
- „peak time“ pozdních chronotypů – ~19:40



Diurnální variace ve fyzickém výkonu

- Variace výkonu v průběhu dne
 - ECT a ICT – nevýrazné výkyvy v rozmezí 7-10%
 - LCT – mnohem větší variace – až 26 % !
- Výkon navázán na čas od probuzení
 - ECT a ICT ~ 6h po probuzení
 - LCT až 11h po probuzení!

Nezáleží na tom, v jakém denním období je podáván výkon, ale kolik hodin po probuzení?



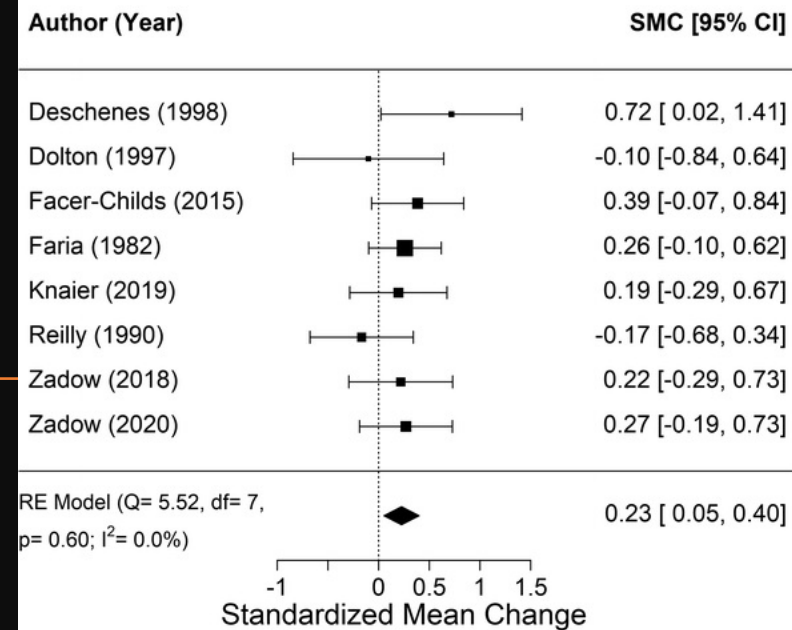
Diurnální variace ve fyzickém výkonu

- Dle výsledků je optimální čas pro fyzickou aktivitu mezi 16:30-18:30
- „peak time“ brzkých chronotypů - brzy odpoledne
- „peak time“ pozdních chronotypů - pozdní odpoledne
- Večerní chronotyp je nejvíce ovlivněn výkonem mimo jeho optimální čas
- Většina výzkumů provedena na mužích

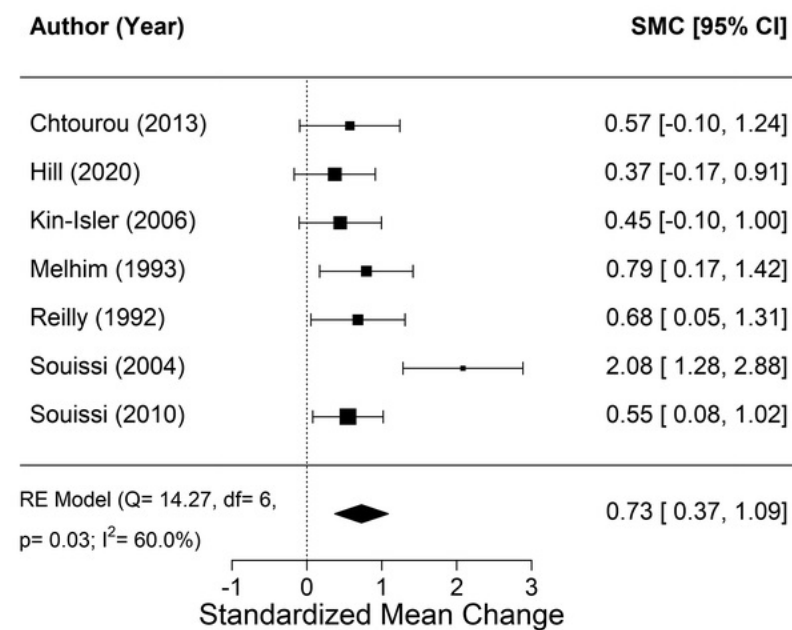
Diurnální variace ve fyzickém výkonu

- Několik Review (většina narrative)
- Bez meta-analýzy
- 1.meta-analýza týkající se této problematiky

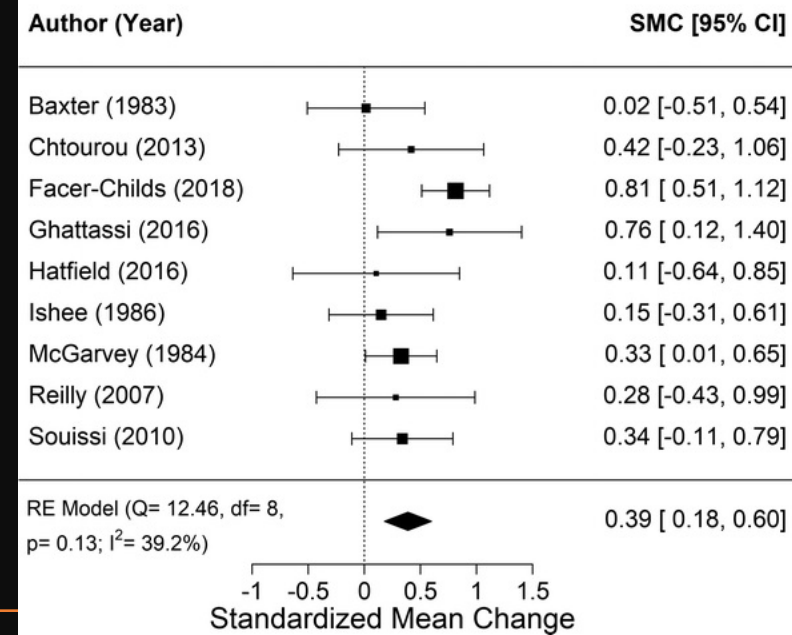
A Endurance exercise test



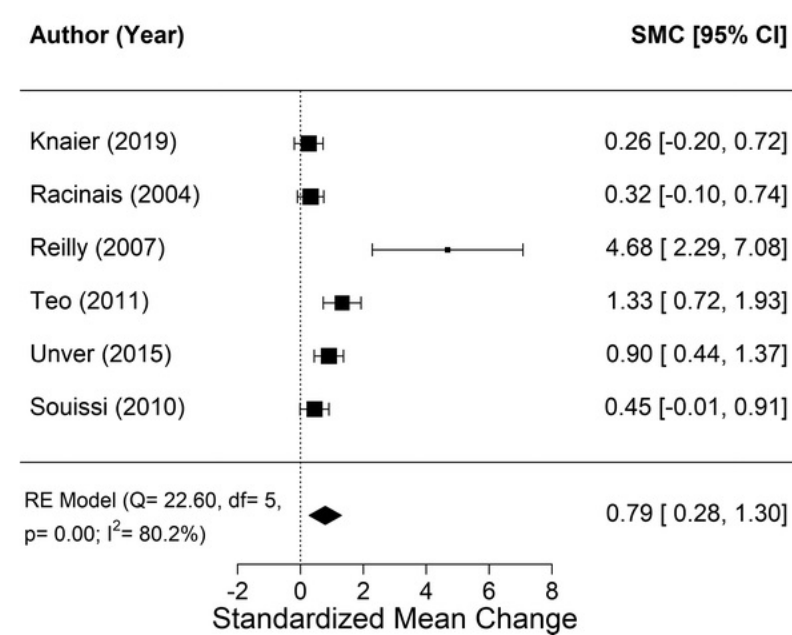
B 30-s Wingate test



C Hand grip strength test



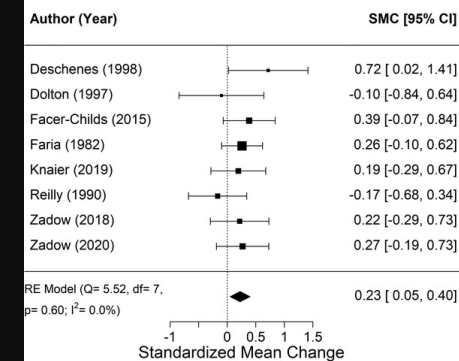
D Jump height test



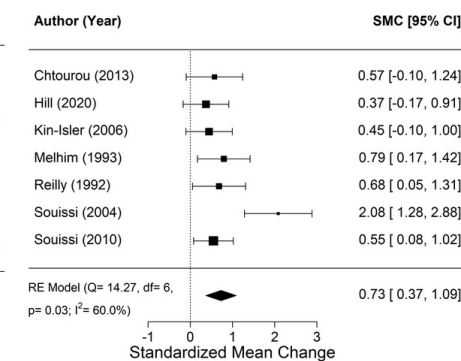
Diurnální variace ve fyzickém výkonu

- Vytrvalostní výkon
 - Oproti dalším testům komplexnější
 - Ze sledovaných proměnných nejmenší variabilita
 - 3-5 %

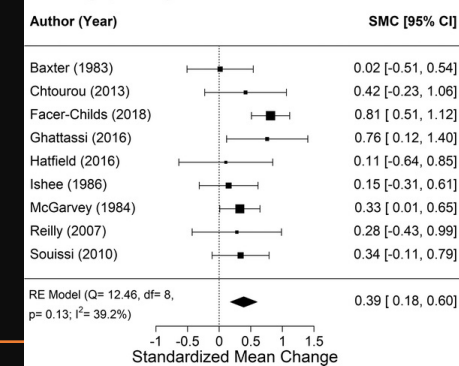
A Endurance exercise test



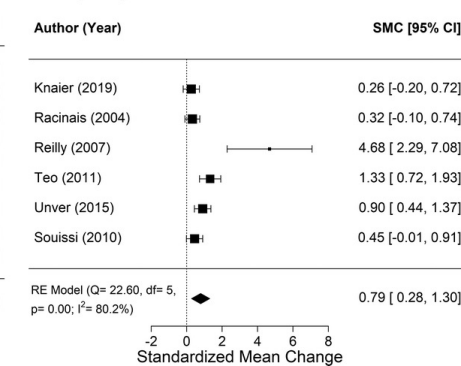
B 30-s Wingate test



C Hand grip strength test



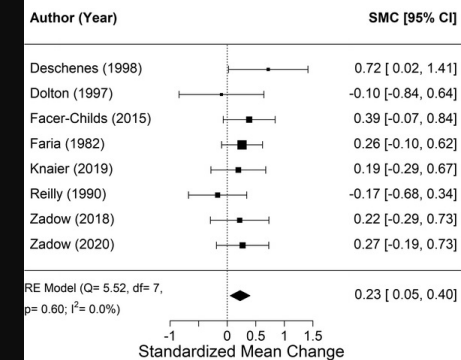
D Jump height test



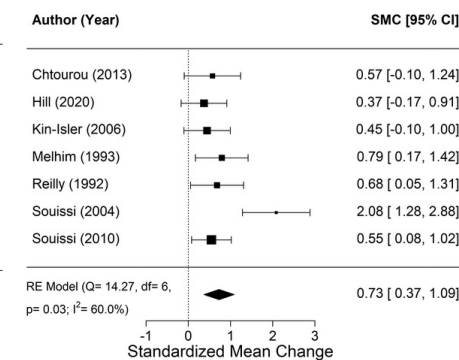
Diurnální variace ve fyzickém výkonu

- Wingate test
 - Peak průměrného výkonu – odpoledne
 - Všech 7 studií
 - Čím častější testování, tím větší variace
 - 3 testování – 2.5 – 7 %
 - 4-6 testování - 17 % a 18 %
 - Častější testování > větší šance zachycení nadir i peak

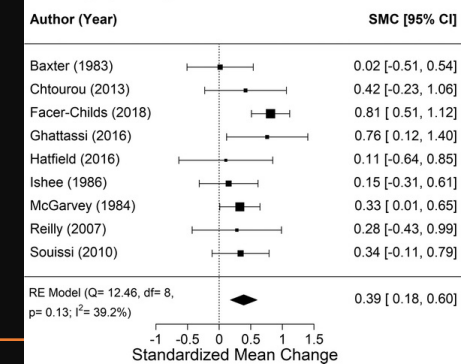
A Endurance exercise test



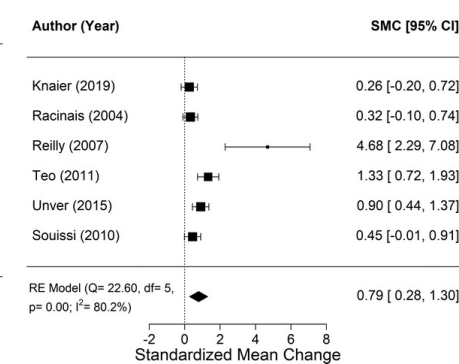
B 30-s Wingate test



C Hand grip strength test



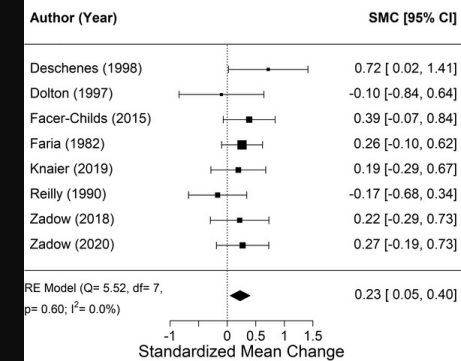
D Jump height test



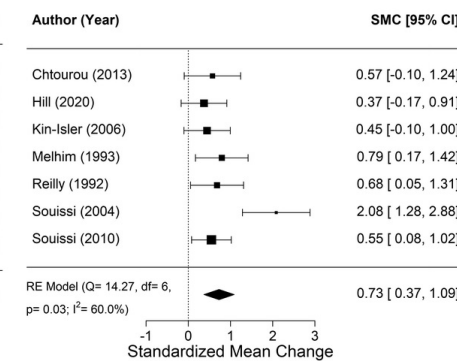
Diurnální variace ve fyzickém výkonu

- Handgrip strength
 - Jedná se o vhodný test pro zjištění max. síly?

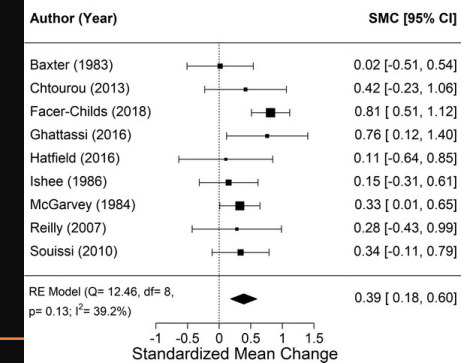
A Endurance exercise test



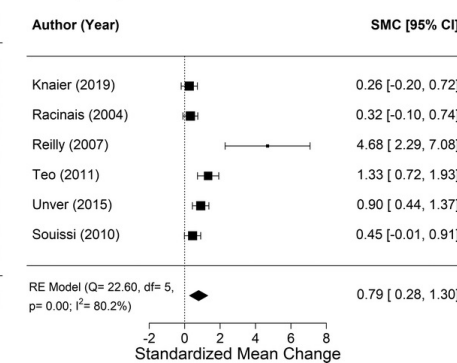
B 30-s Wingate test



C Hand grip strength test



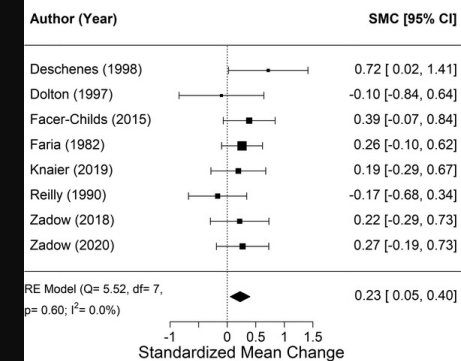
D Jump height test



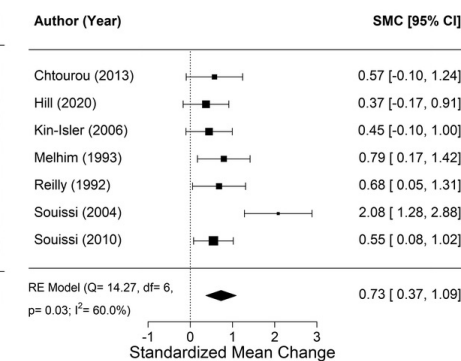
Diurnální variace ve fyzickém výkonu

- Jump height test
 - 5/6 - signifikantní diurnální variace
 - Peak time 13:00 – 20:00
 - Jedna studie se oproti ostatním odlišovala v mnoha aspektech
 - Vyšší teplota a vlhkost, ženy, mnohem vyšší výskok

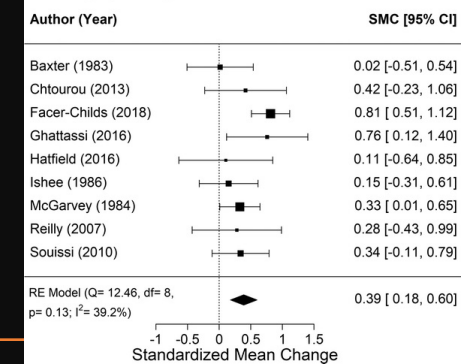
A Endurance exercise test



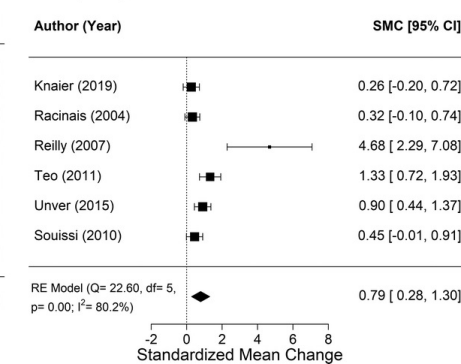
B 30-s Wingate test



C Hand grip strength test



D Jump height test



Diurnální variace ve fyzickém výkonu

• Jak minimalizovat vliv diurnální variace?

- Atlet
 - Chronotyp (dotazníky, on-line verze – dostupné free)
 - Kofein?
- Trénink a soutěž
 - Obvyklý čas tréninku a obvyklý čas soutěže > snaha o sjednocení
 - Soutěž v ranních hodinách > prodloužit warm-up fázi > zvýšení CBT
- V rámci max. silového výkonu
 - Trénink odpoledne > rozdíl mezi maximálním výkonem ráno a odpoledne (peak výkonu odpo)
 - Trénink ráno > výkon ráno a odpoledne se vyrovnává

Table - Circadian strategies to optimize performance.

Physiological	The optimum timing of competition and training schedules to coincide with the diurnal variation in performance and athletes underlying chronotype
Environmental control	The control of environmental inputs to keep athletes sleep-wake cycle closely aligned to their internal biological (circadian) rhythms
Travel strategies	The appropriate timing and grouping of game times to minimize the impact of circadian desynchrony on athlete's performance
Medical therapies	The potential use of medical treatments to help athletes reset their circadian rhythms and keep them closely aligned to their sleep-wake cycle

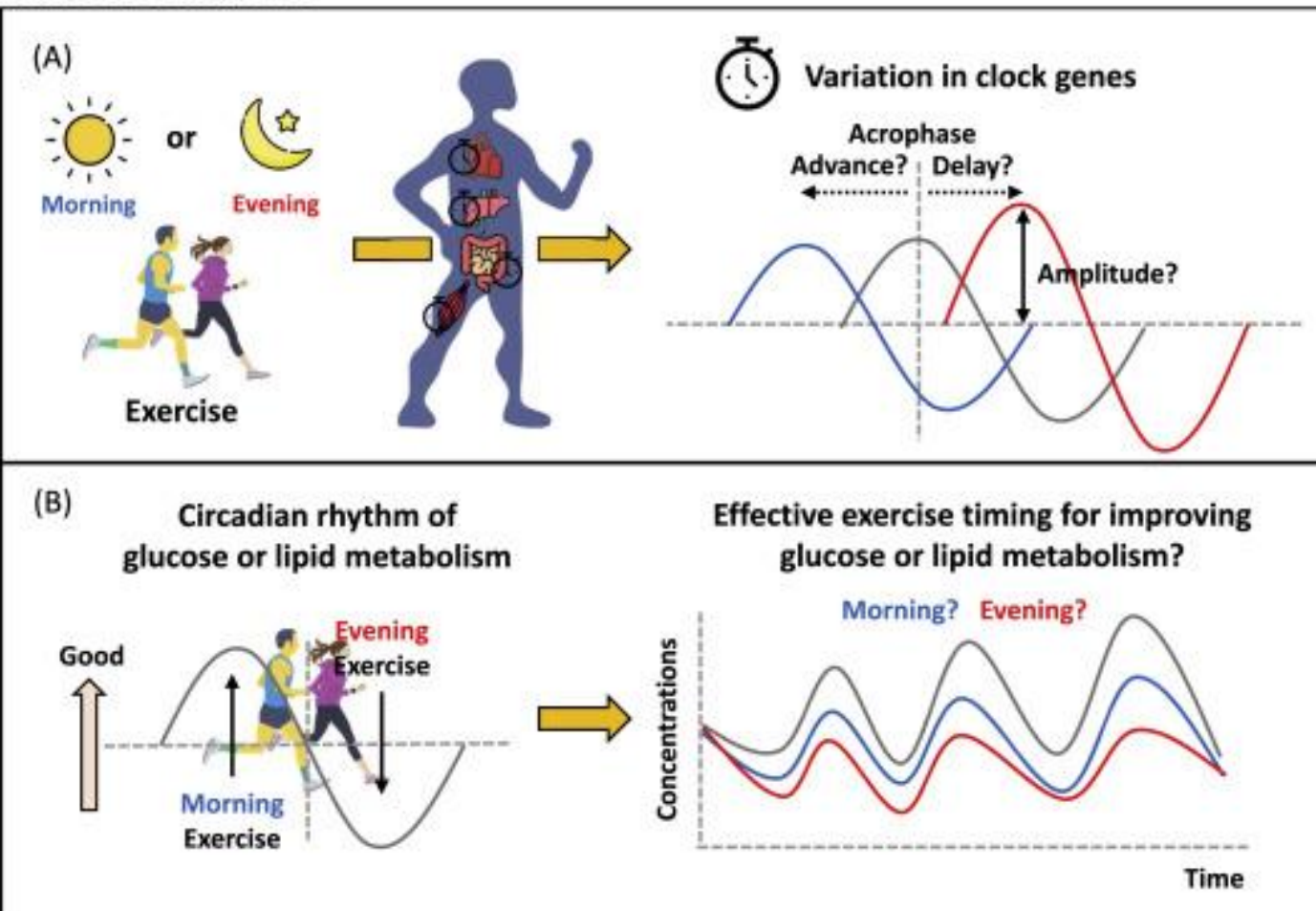
Chrono-exercise

Review

Chrono-exercise: Time-of-day-dependent physiological responses to exercise

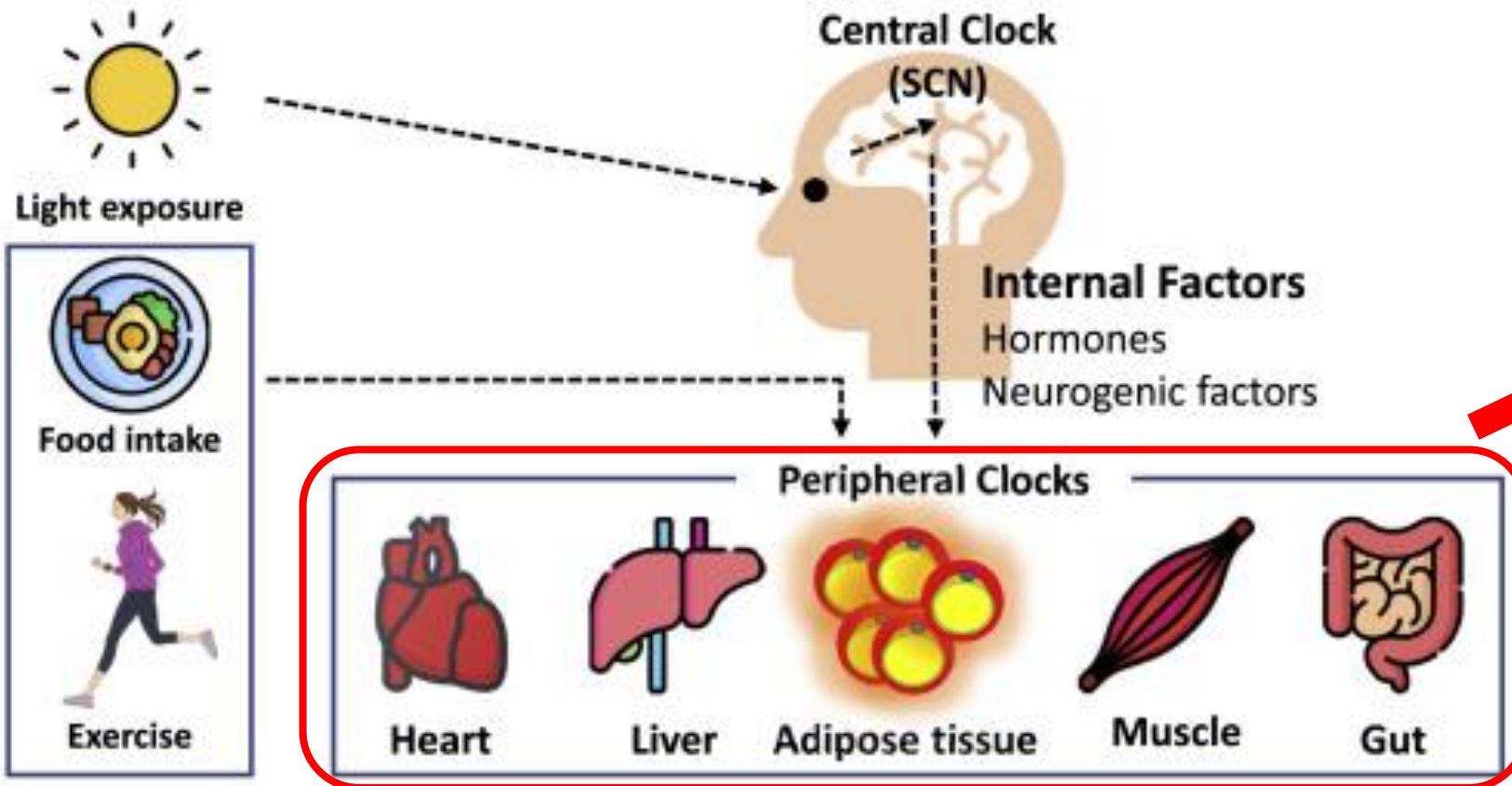
Hyeon-Ki Kim^{a,b,c}, Zsolt Radak^a, Masaki Takahashi^d, Takayuki Inami^b, Shigenobu Shibata^e

CHRONO-EXERCISE



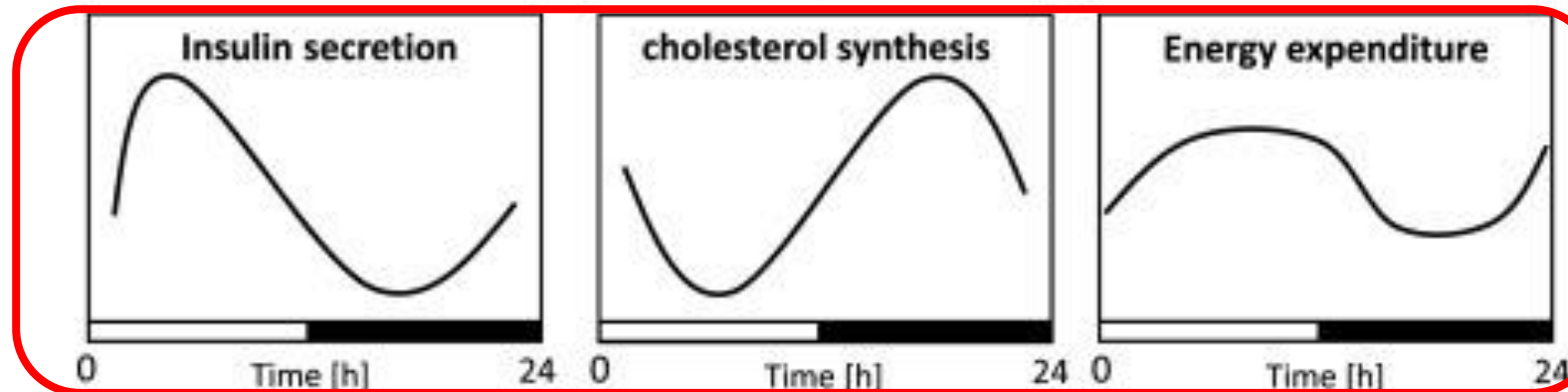
- Obecně máme doporučení pro objem, frekvenci, intenzitu
- Načasování cvičení?
 - Chrono-exercise – kdy?
- Studium biologických rytmů a interakcí mezi metabolickými procesy
 - Zdravotní vs. výkonový aspekt (bude se lišit?)
- 2 hlavní aspekty podpory zdraví
 - Regulační – cvičení/pohybová aktivita reguluje/resetuje biologické hodiny
 - Nalézt optimální načasování cvičení pro zefektivnění využití energetických substrátů a optimalizaci metabolismu

External Factors



Chrono-exercise

Synchronizace hodin v různých tkáních vytváří koordinovaný cirkadiánní rytmus metabolických procesů, jako je sekrece inzulínu, syntéza cholesterolu a výdej energie.



Chrono-exercise – metabolismus substrátů



Review

Chrono-exercise: Time-of-day-dependent physiological responses to exercise

Hyeon-Ki Kim^{a, b, c}, Zsolt Radak^a, Masaki Takahashi^d, Takayuki Inami^b, Shigenobu Shibata^e

Table 1. Changes in metabolism-related indicators in exercise timing.

	Morning	Evening	Metabolic effects
IL-6	↑	↑↑	Increase glucose uptake, lipolysis, fat oxidation, and hepatic glucose production
GH	↑	↑↑	Improve visceral adipose tissue, circulating lipid levels, and insulin resistance
Catecholamines	↑	↑↑	Increase lipolysis and glycogenolysis
Corticosterone	↑	↑↑	Increase in free fatty acid consumption and β -oxidation
SCFAs	↔	↑	Regulates metabolic and immune function

IL-6, interleukin 6; GH, growth hormone; SCFAs, short-chain fatty acids.

Jet lag

Nesoulad mezi vnitřními hodinami a časem cílové destinace (při rychlém cestování přes více než 2-3 časová pásma)

Hlavní symptomy

Poruchy spánku

Únava během dne

GIT poruchy



slido



Setkali jste se s jet lagem? Znáte nějaké způsoby, jak jet lag zvládnout?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.



Regulace spánku

- Dvou procesový model spánku (Borbély et al., 2016)
- **Proces „C“**
 - Cirkadiánní proces
 - Melatonin
 - CBTmin
- **Proces „S“**
 - Spánková homeostáza
 - „Tlak“ – akumulace s rostoucím časem bdění (hromadění adenosinu)
- Nesoulad mezi těmito procesy – poruchy spánku, problémy s usnutím, udržení spánku

Jet lag vs. únava z cestování

- Jet lag

- Symptomy, které se objevují ve dnech po příletu
 - Bolest hlavy
 - Podrážděnost
 - Ospalost během dne
 - Neschopnost spát během noci
 - Nízká mentální a fyzická výkonnost
 - GIT problémy
- Způsobeno desynchronizací CR (centrální a periferní hodiny, proces S)

- Únava z cestování

- Symptomy během letu, případně okamžitě po příletu
 - Únava
 - Dezorientace
 - Bolest hlavy
- Převážně způsobeno – nedostatkem spánku, dehydratace, hypoxie, nízký tlak,...

Jet lag – cestování na východ/západ

Cestování na východ/západ může ovlivnit cirkadiánní systém odlišně

Při cestě na východ
se cirkadiánní
systém musí
„posunout vpřed“

Při cestě na západ se
cirkadiánní systém
musí „opozdit“

Obecně bývá
adaptace při
cestování na východ
obtížnější



Re-synchronizace obvykle trvá ~1 den za každé
překročené časové pásmo při cestě na východ
(1hodina za den)

Re-synchronizace obvykle trvá 0,5 dne za každé
překročené časové pásmo při cestě na západ
(2hodiny za den)

Jet lag

- Hodnocení CR a jet lagu
 - Nejpřesnější ukazatele – CBT, melatonin (ze slin) – nepraktické, vysoká cena
 - Dotazníky (Liverpool Jet Lag Questionnaire)
 - Vizuální analogová škála; 15 subjektivních hodnocení – spánek, únava, apetit, mentální výkon, funkce střev, opakovaně v rámci dne
 - Aktigrafie – informace o pohybu/odpočinku (minimum evidence pro evaluaci jet lagu)
 - Mobilní aplikace
 - https://www.britishairways.com/travel/drsleep/public/en_gb
 - <https://sleepopolis.com/calculators/jet-lag/>
 - <https://www.timeshifter.com/>

Jet lag

- **Intenzita a délka symptomů**


- Stoupá s počtem překročených časových zón
 - 3-4 časové zóny = jemnější symptomy nežli 10-12 zón
- Ovlivněna směrem cestování
 - 8 časových zón na západ
 - Atlet bude ospalý
 - Narušený výkon ve večerních hodinách
 - Bude vstávat dříve než obvykle
 - 8 časových zón na východ
 - Atlet bude ospalý
 - Výkonnost narušena brzy odpoledne
 - Bude mít problém usnout v obvyklých hodinách (usíná později)

- **Chronotyp**

- Skřivan se bude lépe adaptovat na cestu na východ (snadnější posunout CR na „dřívější čas“)
- Sova se bude lépe adaptovat na cestu na západ (snadnější posunout CR na „pozdější čas“)

Consensus Statement | [Published: 14 July 2021](#)

Managing Travel Fatigue and Jet Lag in Athletes: A Review and Consensus Statement

[Dina C. Janse van Rensburg](#) , [Audrey Jansen van Rensburg](#), ... [Tanita Botha](#) [+ Show authors](#)

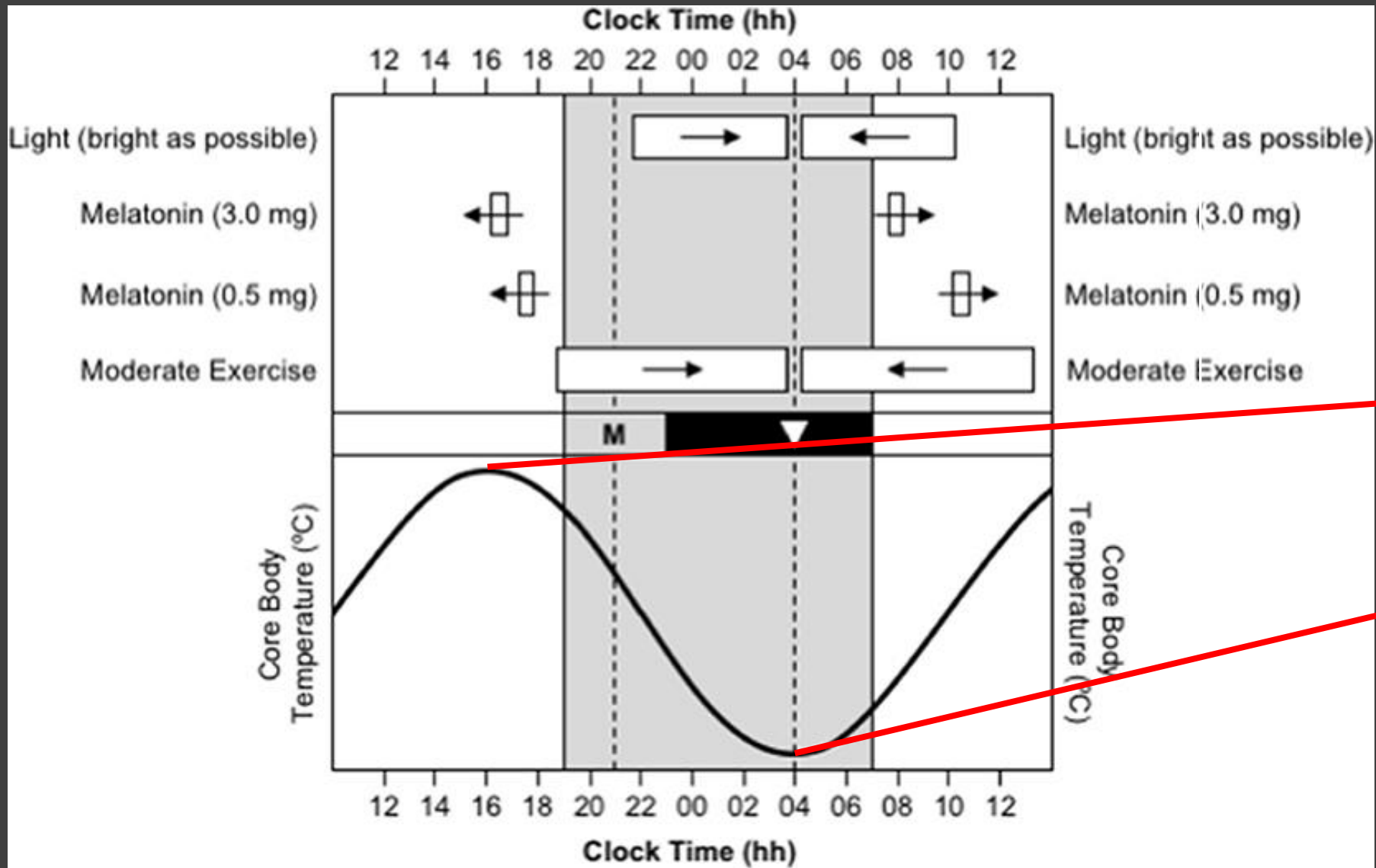
[Sports Medicine](#) **51**, 2029–2050 (2021) | [Cite this article](#)

9023 Accesses | **6** Citations | **90** Altmetric | [Metrics](#)

Jet lag a sportovní výkon

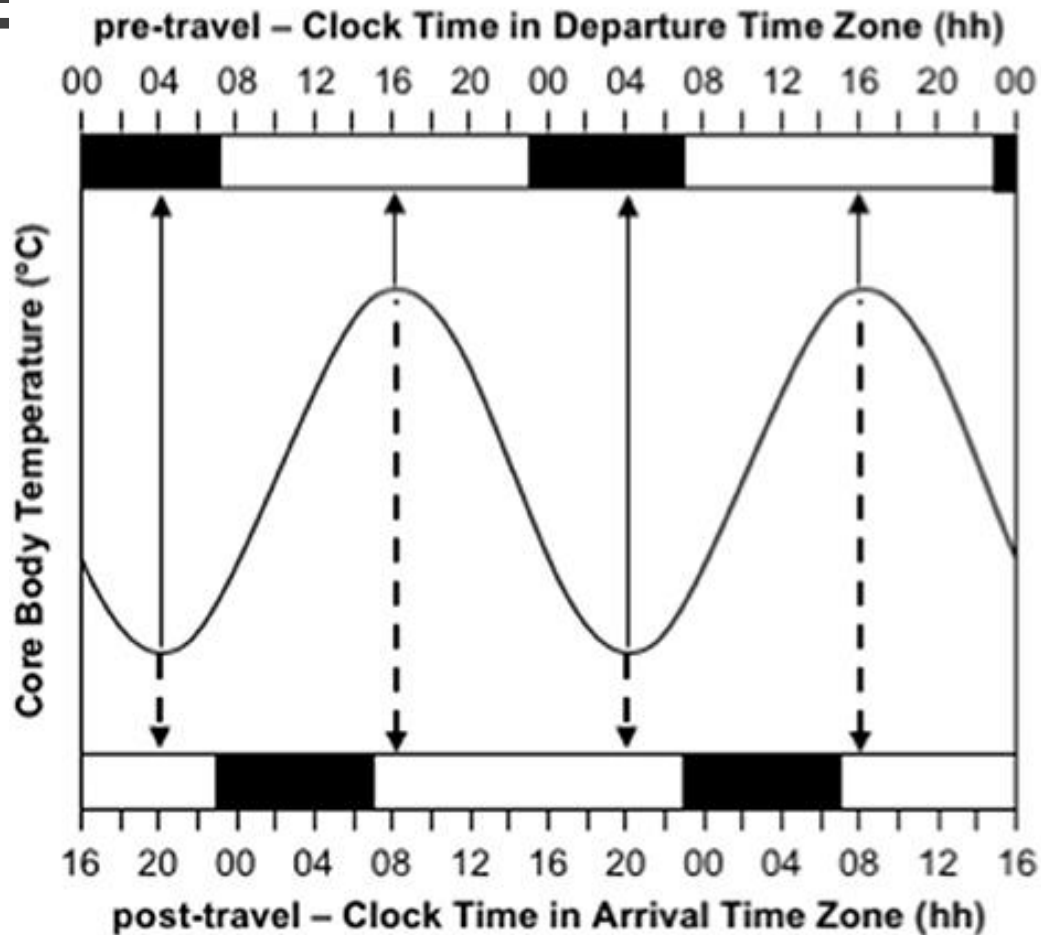
- Hlavní důvody negativního ovlivnění výkonu
 - Poruchy spánku (kvalita/kvantita)
 - Desynchronizace cirkadiánních rytmů (nadir a peak jednotlivých rytmů)
- Zotavení z jet lagu
 - Resynchronizace vnitřních hodin na změny cyklu světlo-tma
 - Resynchronizace vnitřních systémů probíhá různou rychlostí (desynchronizace postupně mizí)
 - Často se stává, že se sportovci cítí hůře 2-4 den po příletu (při porovnání s prvním dnem)
 - Resynchronizace systémů C a S

Regulace fázi CR

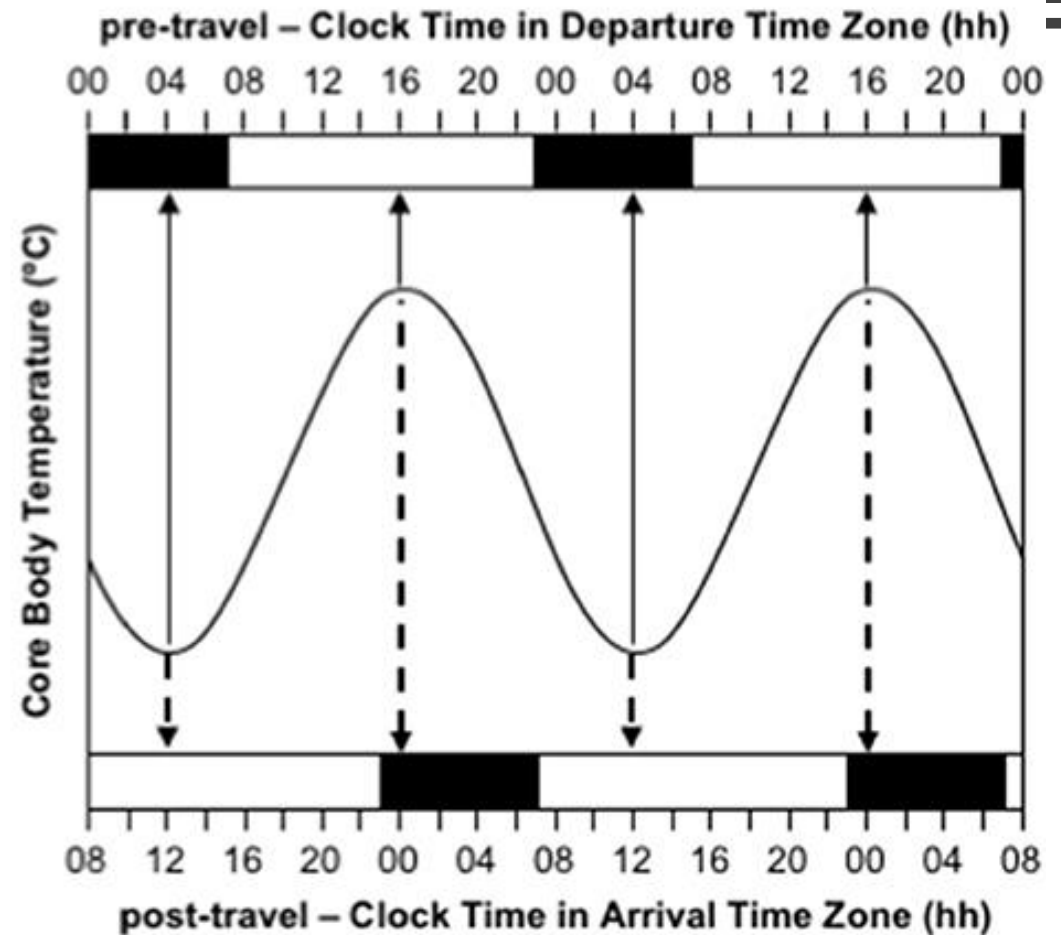


Desynchronizace po letu směr západ/východ

A Desynchrony after an 8-h time zone shift to the west
[e.g., London to Los Angeles]



B Desynchrony after an 8-h time zone shift to the east
[e.g., Los Angeles to London]



Jet lag – zvládání symptomů

- Většina evidence pochází z výzkumu během laboratorních podmínek u obecné populace
- Cíl: optimalizace spánku, „seřízení hodin“
- **Terapie světlem**
- **Spánek**
- **Melatonin**
- Cvičení
- Výživa
- Stimulanty a sedativa



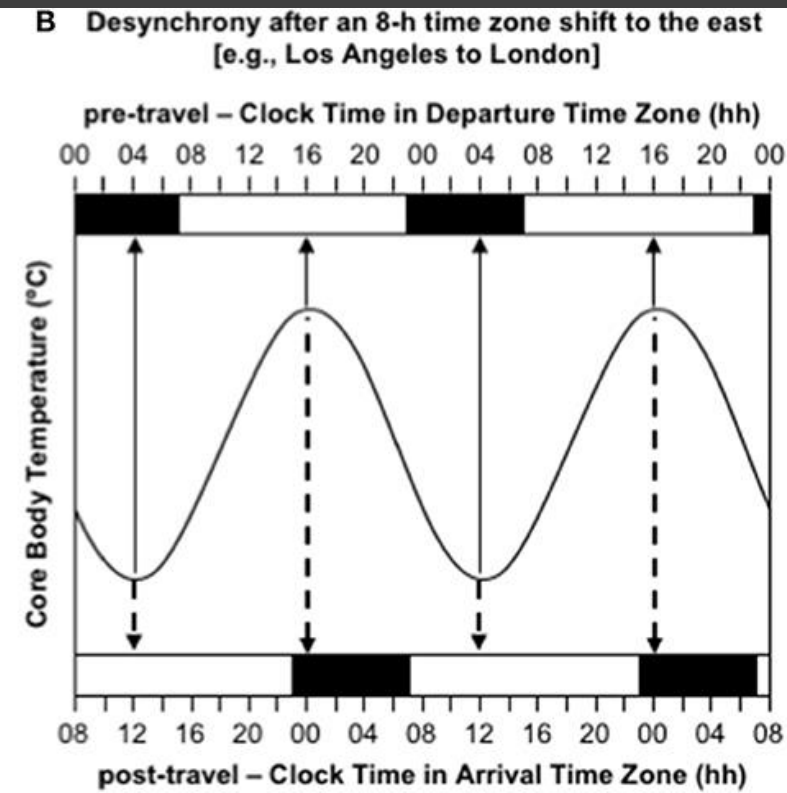
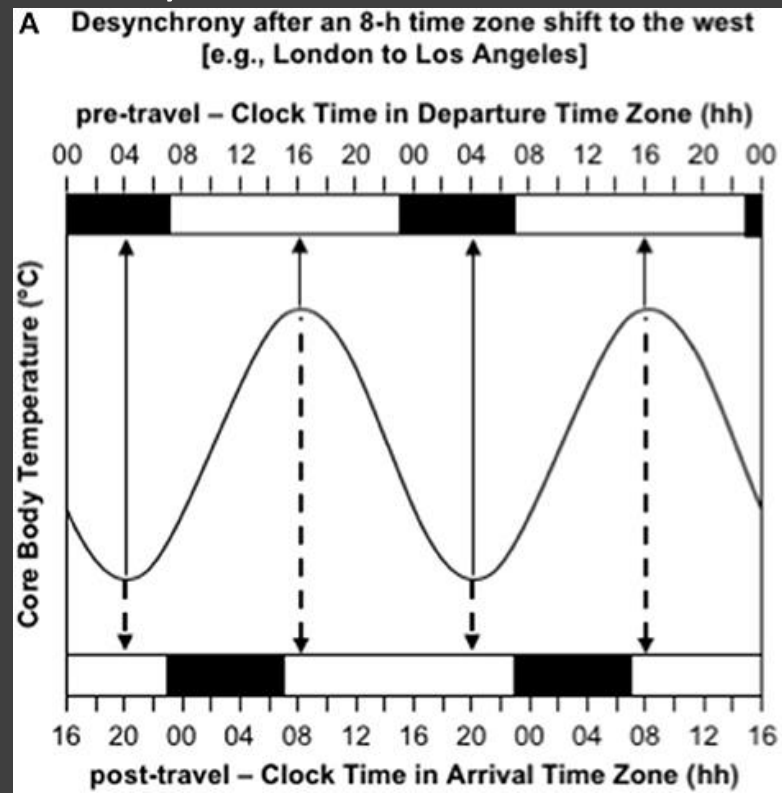
Interventions to Minimize Jet Lag After Westward and Eastward Flight

Gregory D. Roach* and Charli Sargent

Praktická doporučení

- Cesta na západ
 - CS bude po přeletu „popředu“ oproti času v zóně přiletu
 - CS je potřeba opozdit, posunout vzad
 - Londýn (0 UTC) > Los Angeles (-8 UTC)

- Cesta na východ
 - CS bude po přeletu „pozadu“ oproti času v zóně přiletu
 - CS je potřeba urychlit, posunout vpřed
 - Los Angeles (-8 UTC) > Londýn (0 UTC)



Interventions to Minimize Jet Lag After Westward and Eastward Flight

Gregory D. Roach* and Charli Sargent

Praktická doporučení

- Pokud režim vyžaduje světlo v rámci dne –pobyt venku bez slunečních brýlí, v noci > jasné světlo, světelný box
- Pokud režim vyžaduje vyhýbání se světlu >pobyt uvnitř s vypnutými světly; pokud je nutné vyjít ven > sluneční brýle s minimální propustností
- Kompletní adaptace > CBTmin v místě příletu stejné jako v místě odletu (může trvat dny)
- Částečná adaptace > CBTmin v místě příletu v nočním čase (čase spánku)
 - V této fázi jsou symptomy jet lagu znatelně redukovány (lepší spánek, snížená ospalost ve dne, lepší fyzická výkonnost)

Interventions to Minimize Jet Lag After Westward and Eastward Flight

Gregory D. Roach* and Charli Sargent

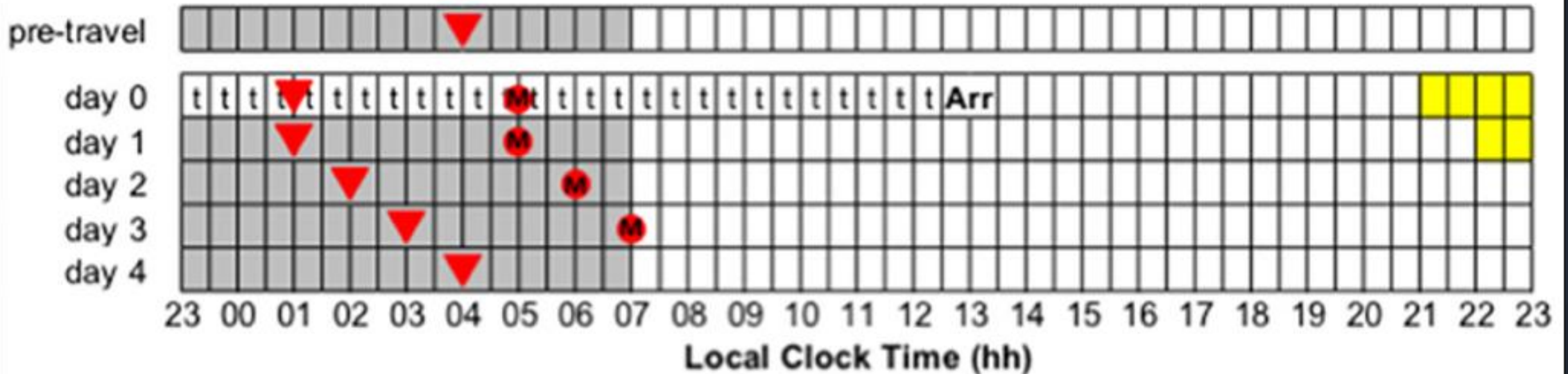
Praxe?

- Adaptační protokoly založeny na předpokladech:
 - Osoba obvykle spí mezi 23:00-7:00, CBTmin ~04:00 (osoby s pozdějším, dřívějším časem spánku)
 - Osoba chce nastavit spánkovou periodu v příjezdové destinaci na stejný čas, jako v její obvyklé časové zóně
 - Přílet nastává v 13:00
 - V případě dřívějšího/pozdějšího příletu může být potřeba protokol o jeden den opozdit/urychlit

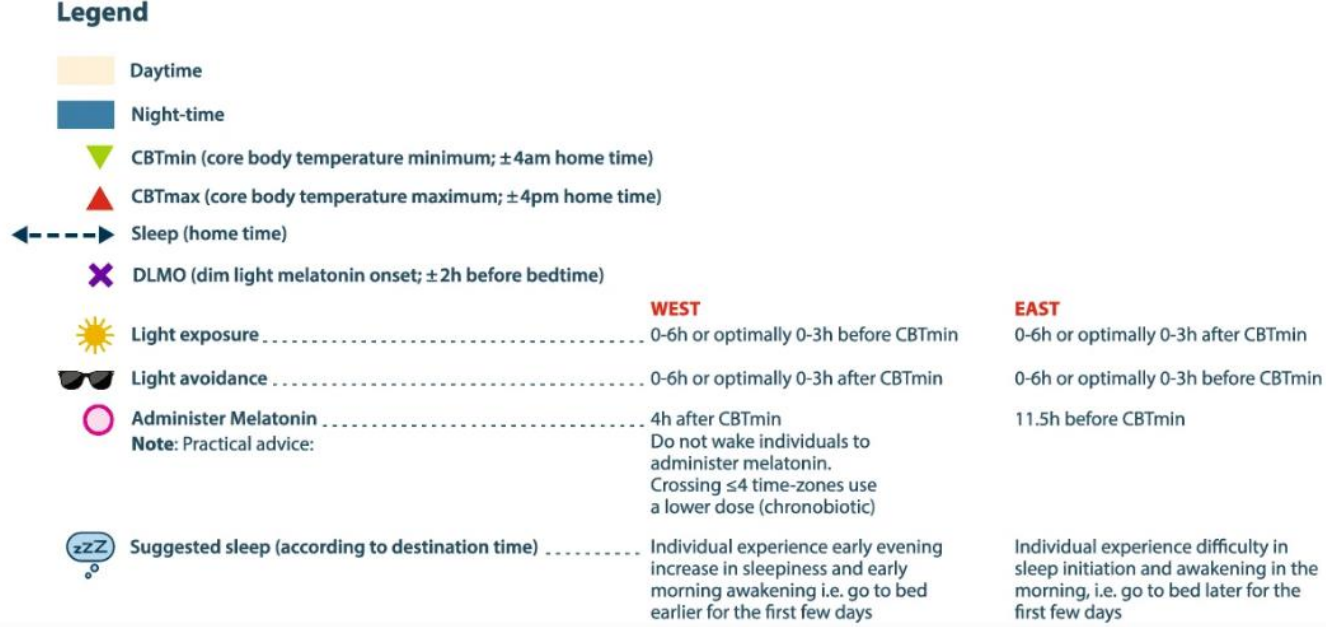


- Šedá barva = období spánku
- Červený trojúhelník = minimum tělesné teploty, minimum CR
- Červený kruh s „M“ = příjem melatoninu
- Žlutá barva = vystavení se světlu
- T = cestování
- Arr= přistání v nové časové zóně
- Cíl = opozdit fázi

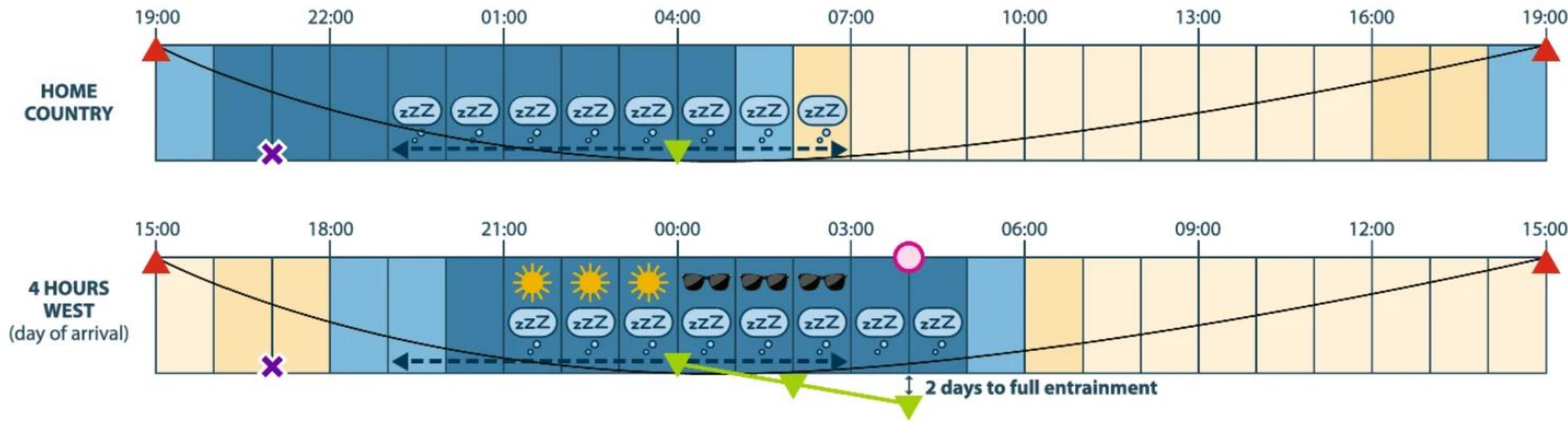
A Time Zone Shift of 3 h West



Zdroj: Janse van Rensburg, D. C., Jansen van Rensburg, A., Fowler, P. M., Bender, A. M., Stevens, D., Sullivan, K. O., ... Botha, T. (2021). Managing Travel Fatigue and Jet Lag in Athletes: A Review and Consensus Statement. *Sports Medicine*, 51(10), 2029–2050. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01502-0>

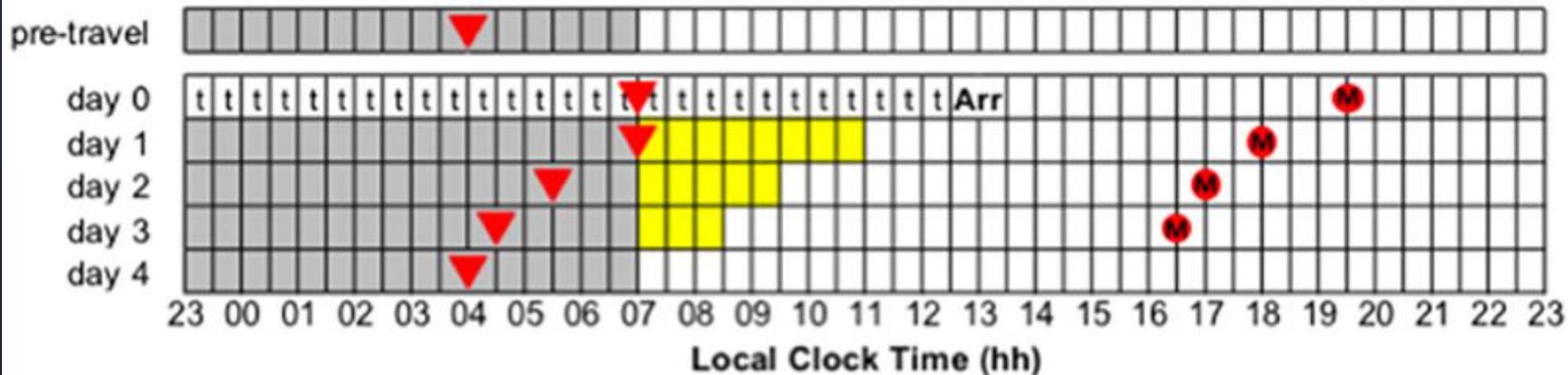


Post-flight WEST – delay circadian rhythm (shift body clock backward)

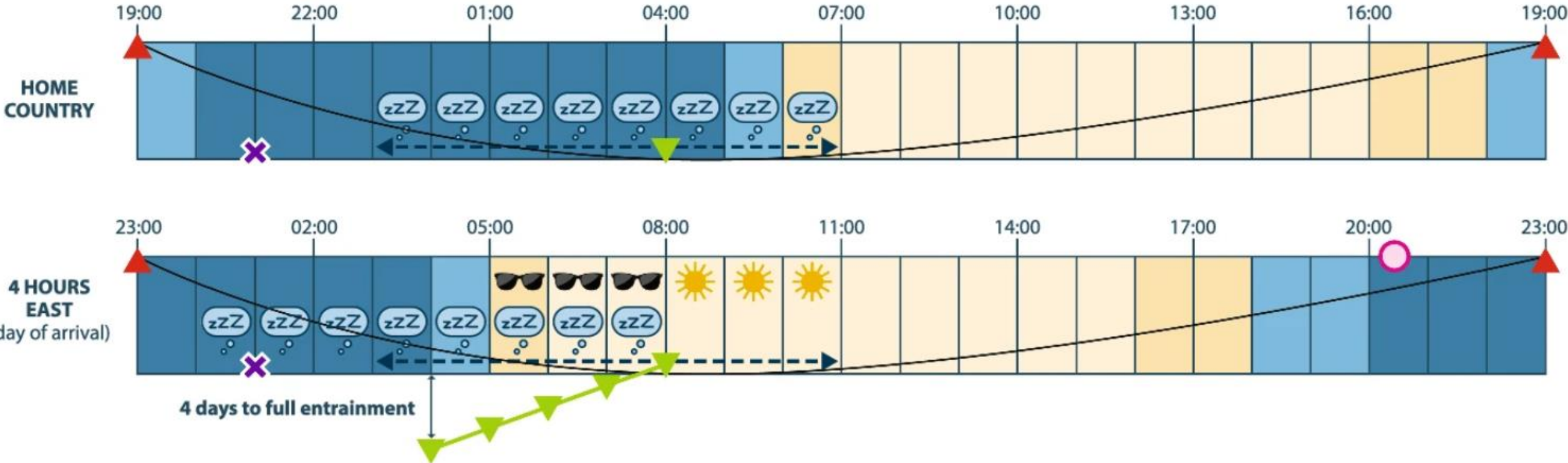


- Šedá barva = období spánku
- Červený trojúhelník = minimum tělesné teploty, minimum CR
- Červený kruh s „M“ = příjem melatoninu
- Žlutá barva = vystavení se světlu
- T = cestování
- Arr= přistání v nové časové zóně
- Cíl = urychlení fáze

A Time Zone Shift of 3 h East

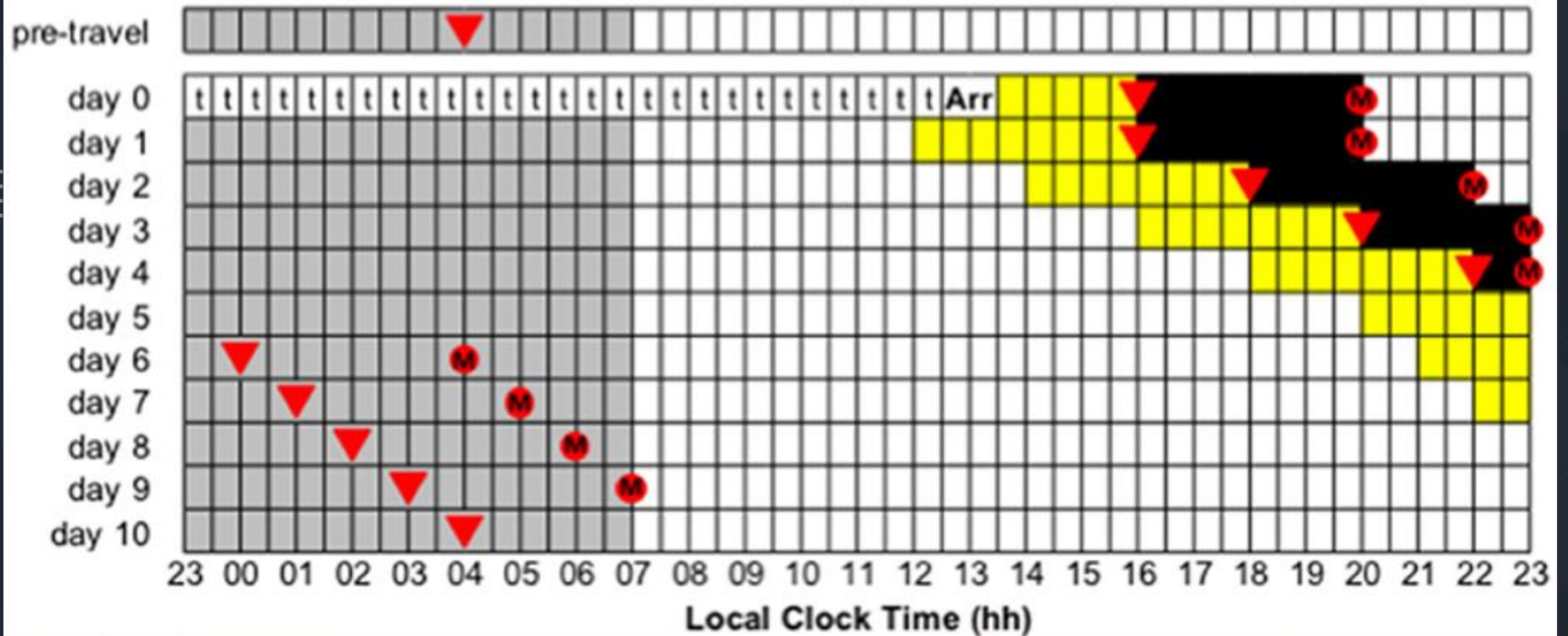


Post-flight EAST – advance circadian rhythm (shift body clock forward)



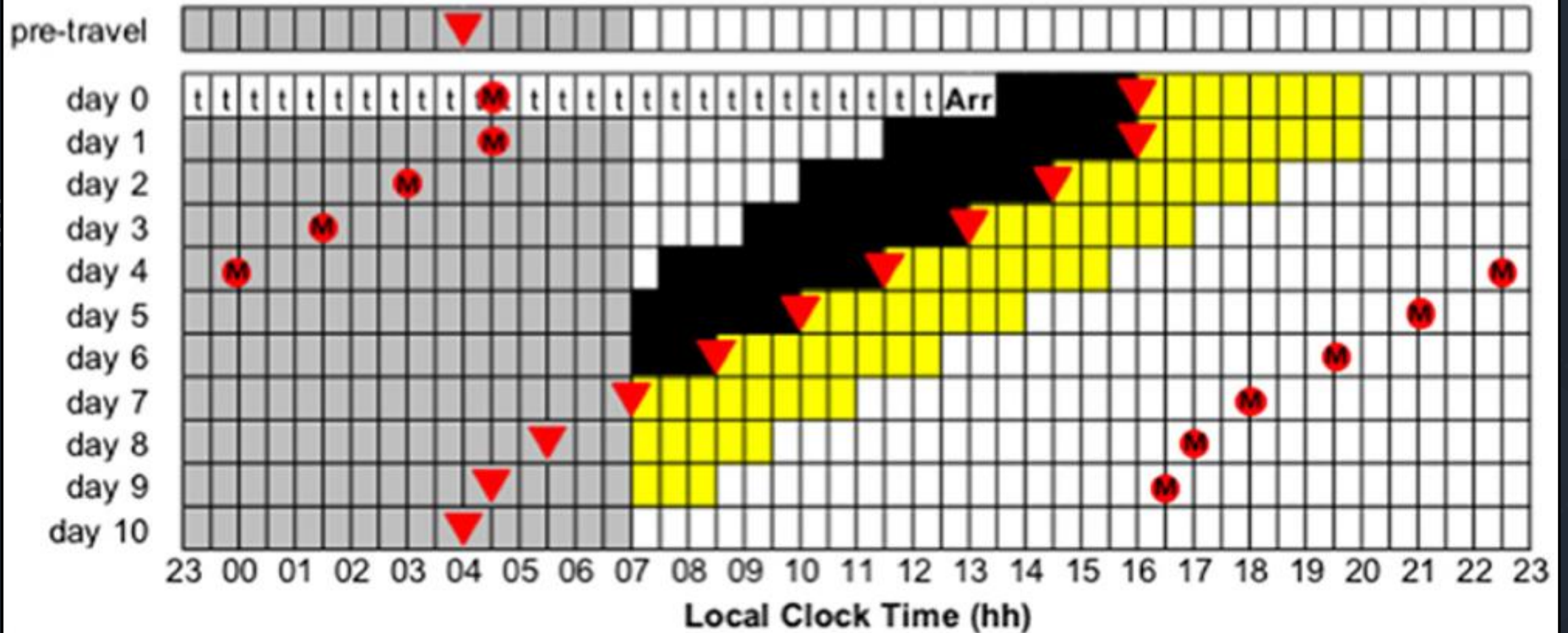
- Černá barva – období „vyhýbání“ se světlu během dne (sluneční brýle, pobyt uvnitř budov,...)

D Time Zone Shift of 12 h West





D Time Zone Shift of 12 h East



Adaptace před odletem

- Je možné začít s posunem CR ještě před odletem
 - Potenciálně může snížit čas adaptace po příletu
 - Může však negativně ovlivnit život před odletem
-
- Pro opoždění CR během 3-4 dní před odletem směr západ
 - Postupně odkládat ulehnutí do postele a ranní vstávání (30-60 min/den)
 - Maximalizace odpoledního vystavení světlu,
 - Minimalizace ranního vystavení světlu
 - 3 mg melatoninu 1h po probuzení
 - Pro urychlení CR během 3-4 dní před odletem směr východ
 - Postupně urychlovat ulehnutí do postele a ranní vstávání (30-60 min/den)
 - Minimalizace odpoledního světla
 - Maximalizace ranního světla
 - 3 mg melatoninu 6,5h před spánkem

HOW TO MANAGE TRAVEL FATIGUE AND JET LAG IN ATHLETES



PRE TRAVEL (1-2 weeks prior)



EDUCATION

- Educate athletes on how travel is likely to impact them and the tools to mitigate this impact

CALCULATE CBTmin



- Interventions to accelerate adjustment of body clock are based on an individual's CBTmin
- › Melatonin onset occurs approx. 2h pre-sleep onset and CBTmin occurs approx. 7h post melatonin onset.
- › So, for an athlete whose average sleep onset time is 23:00 and average wake time is 07:00, their CBTmin will occur at approx. 04:00.



SLEEP

- Minimise sleep debt
- **Bank sleep:** Increase time in bed by 30-60 min/night
- Aim for 7-9h quality sleep/night
- Practice good sleep hygiene



ILLNESS PREVENTION

- Consider probiotic supplementation 2 weeks prior



TRAVEL TIMING

- Aim for a flight schedule that:
 - › Minimises the time between the last nighttime sleep at the place of departure and first nighttime sleep at the destination
 - › Has the fewest stopovers, particularly during the middle of the night at the place of departure time

DURING TRAVEL



SLEEP

- **Sleep timing:** Maximise rest and sleep during a 'sleep window' that corresponds to when it is night at the place of departure, and it is easier to initiate sleep
- **Sleep hygiene:** Minimise blue light exposure, use eye mask, earplugs, neck pillow, wear comfortable, loose fitting clothing
- **Hypnotics:** If well tolerated, and adhering to WADA regulations, in consultation with team physician potentially use melatonin or sedative to maximise rest and sleep during 'sleep window'



ILLNESS PREVENTION

- Avoid touching mouth, nose and eyes
- Sneeze into elbow, not hands
- Use hand sanitizer/wash hands frequently

OTHER

- **Nutrition:** Use high glycaemic index foods and tryptophan rich proteins to help promote sleep
- **Hydration:** Drink to thirst and avoid alcohol and caffeine
- **Seating:** Book exit row or aisle seat to increase comfort
- **Mobility:** Ensure frequent movement around plane following sleep



POST TRAVEL



LIGHT EXPOSURE/AVOIDANCE + MELATONIN + EXERCISE

EAST (phase advance)

- AVOID light in the 3-4 h BEFORE CBTmin
- MAXIMISE light in the 3-4 h AFTER CBTmin combine with exercise/training
- 3 mg melatonin 11.5 h before CBTmin



WEST (phase delay)

- MAXIMISE light in the 3-4 h BEFORE CBTmin combine with exercise/training
- AVOID light in the 3-4 h AFTER CBTmin
- 3 mg melatonin 4 h after CBTmin



SLEEP SCHEDULE

- Adjust sleep schedule by 30-60 min per day as body clock adjusts to new time-zone
- In general start with EARLIER bed and wake times and move LATER following travel WEST and start with LATER bed and wake times and move EARLIER following travel EAST



SLEEP HYGIENE

- **Aid sleep onset:** minimise light exposure and implement a wind-down routine 30-60 min prior to bedtime.
- Ensure the sleep environment is cool (18-20°C), dark and quiet



FATIGUE MANAGEMENT

- Schedule a 20-40 min daytime nap
- Utilise caffeine little but often, but avoid -6h prior to bed time



ILLNESS PREVENTION

- Avoid touching mouth, nose and eyes
- Sneeze into elbow not hands
- Use a hand sanitizer with >70% alcohol activity, but if not available wash hands frequently
- Do not share drinking bottles, cups, cutlery, towels, etc. with other people
- Avoid raw vegetables and undercooked meat, wash and peel fruit before eating, choose beverages from sealed bottles



NUTRITION

- Align mealtimes with new local time
- Eat little and often to reduce the risk of stomach upset due to the effects of jet-lag
- High glycaemic index foods & tryptophan rich proteins can help promote sleep



Zdroje:

- Brum, M.C.B., Dantas Filho, F.F., Schnorr, C.C. *et al.* Night shift work, short sleep and obesity. *Diabetol Metab Syndr* **12**, 13 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13098-020-0524-9>
- Zhang, Z., Xin, H., Li, M.-D., Circadian Rhythm of Lipid Metabolism in Health and Disease. *Small Methods* 2020, 4, 1900601. <https://doi.org/10.1002/smt.201900601>
- Potter, G. D. M., & Wood, T. R. (2020). The Future of Shift Work: Circadian Biology Meets Personalised Medicine and Behavioural Science. *Frontiers in Nutrition*, 7. Získáno z <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnut.2020.00116>
- Miyazaki, T., Hashimoto, S., Masubuchi, S., Honma, S., & Honma, K.-I. (2001). Phase-advance shifts of human circadian pacemaker are accelerated by daytime physical exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 281(1), R197–R205. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2001.281.1.R197>
- Kanikowska, D., Sato, M., & Witowski, J. (2015). Contribution of daily and seasonal biorhythms to obesity in humans. *International Journal of Biometeorology*, 59(4), 377–384. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0871-z>
- Flanagan, A., Bechtold, D. A., Pot, G. K., & Johnston, J. D. (2021). Chrono-nutrition: From molecular and neuronal mechanisms to human epidemiology and timed feeding patterns. *Journal of Neurochemistry*, 157(1), 53–72. <https://doi.org/10.1111/jnc.15246>
- Garaulet, M., & Gómez-Abellán, P. (2014). Timing of food intake and obesity: A novel association. *Physiology & Behavior*, 134, 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.01.001>
- Charlot, A., Hutt, F., Sabatier, E., & Zoll, J. (2021). Beneficial Effects of Early Time-Restricted Feeding on Metabolic Diseases: Importance of Aligning Food Habits with the Circadian Clock. *Nutrients*, 13(5), 1405. <https://doi.org/10.3390/nu13051405>
- Gabriel, B. M., & Zierath, J. R. (2019). Circadian rhythms and exercise—Re-setting the clock in metabolic disease. *Nature Reviews Endocrinology*, 15(4), 197–206. <https://doi.org/10.1038/s41574-018-0150-x>
- Ayala, V., Martínez-Bebia, M., Latorre, J. A., Gimenez-Blasi, N., Jimenez-Casquet, M. J., Conde-Pipo, J., ... Mariscal-Arcas, M. (2021). Influence of circadian rhythms on sports performance. *Chronobiology International*, 38(11), 1522–1536. <https://doi.org/10.1080/07420528.2021.1933003>
- Janse van Rensburg, D. C., Jansen van Rensburg, A., Fowler, P. M., Bender, A. M., Stevens, D., Sullivan, K. O., ... Botha, T. (2021). Managing Travel Fatigue and Jet Lag in Athletes: A Review and Consensus Statement. *Sports Medicine*, 51(10), 2029–2050. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01502-0>
- Rensburg, D. C. (Christa) J. van, Fowler, P., & Racinais, S. (2021). Practical tips to manage travel fatigue and jet lag in athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 55(15), 821–822. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103163>
- Borbély, A. A., Daan, S., Wirz-Justice, A., & Deboer, T. (2016). The two-process model of sleep regulation: A reappraisal. *Journal of Sleep Research*, 25(2), 131–143. <https://doi.org/10.1111/jsr.12371>