



Spánek

Martin Srp

Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta
Univerzita Karlova
a
Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

Jak se cítíte, když jednu noc nespíte?



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

Jednu třetinu života prospíme



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

“Vyspím se až v hrobě”



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

Evoluční paradox spánku

Spánek je nejnesmyslnějším ze všech chování. Když spíte, nemůžete shánět potravu ani jíst. Nemůžete si najít partnera. Nemůžete se rozmnožovat. Nemůžete se starat o své potomky. A co je ještě horší, jste zranitelní vůči predátorům. Už jen na základě kteréhokoliv z těchto důvodů, a zvláště všech dohromady, by měl existovat silný evoluční tlak, který by zablokoval vznik spánku nebo čehokoli, co se mu jen vzdáleně podobá. Přesto spánek vznikl. A přetrval. Dokonce bylo řečeno, že pokud spánek neslouží naprosto zásadní funkci, pak je to **největší chyba, jakou kdy evoluční proces udělal.**



Každoroční studie multicentrická studie s 1.6 miliardy probandy

Zimní čas → Letní čas

↑24 % infarktů

Letní čas → Zimní čas

↓21 % infarktů



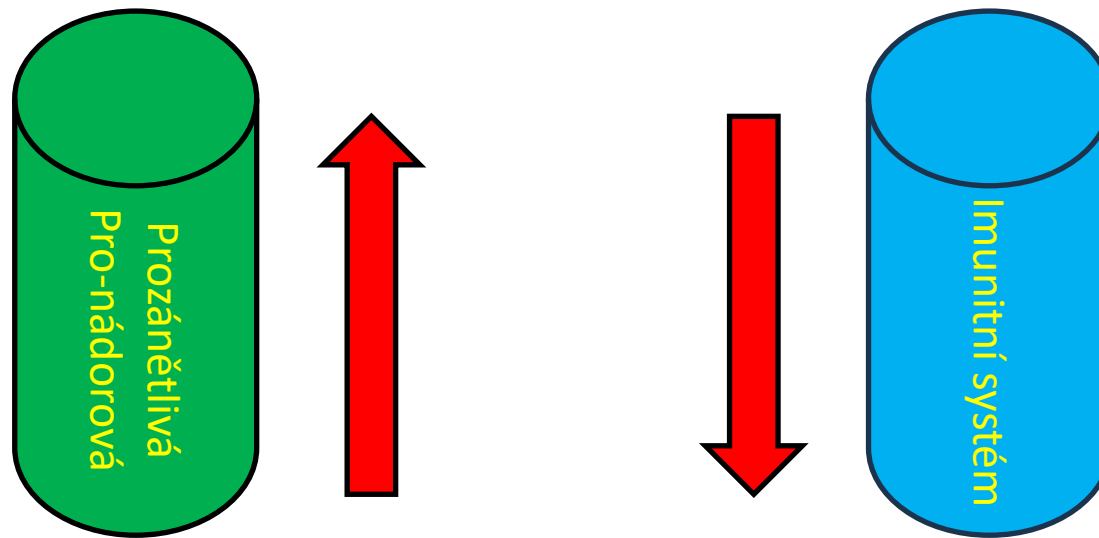
Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

Sharon, Omer, et al. "The new science of sleep: From cells to large-scale societies." *Plos Biology* 22.7 (2024): e3002684.

Lidé spící méně než 7 hodin mají **téměř 3× vyšší riziko** **infekce rhinovirem**



711 genů po týdenním spánku změnilo svou aktivitu



Möller-Levet, Carla S., et al. "Effects of insufficient sleep on circadian rhythmicity and expression amplitude of the human blood transcriptome." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110.12 (2013): E1132-E1141.



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

4hodiny spánku „Natural killers“

4 hodiny

↓ 72 %



4hodiny spánku

Muži spící 4 hodiny mají **testosteron na úrovni o 10 let staršího jedince.**



Genetika a individuální potřeba spánku

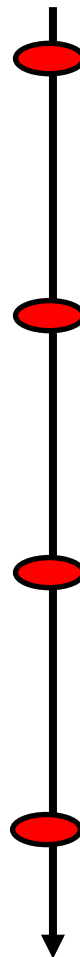
- **Někteří lidé mohou přirozeně spát kratší dobu** bez negativních důsledků díky genetickým mutacím (např. gen DEC2 a ADRB1).
- Tyto mutace zlepšují efektivitu hlubokého spánku (NREM) a snižují potřebu celkové doby spánku.



Co to je spánek?

Historie

- Přirozený a cyklicky se opakující stav organismu, který se střídá s bdělostí
- Pasivní proces
- 1953 Eugene Aserinsky a Nathaniel Kleitman → popsali existenci spánkové fáze, která cyklicky přerušovala typický synchronizovaný EEG vzorec spánku
- 1959 Dvě fáze: „rapid eye movement (**REM**) a nonREM (**NREM**)



Co to je spánek?

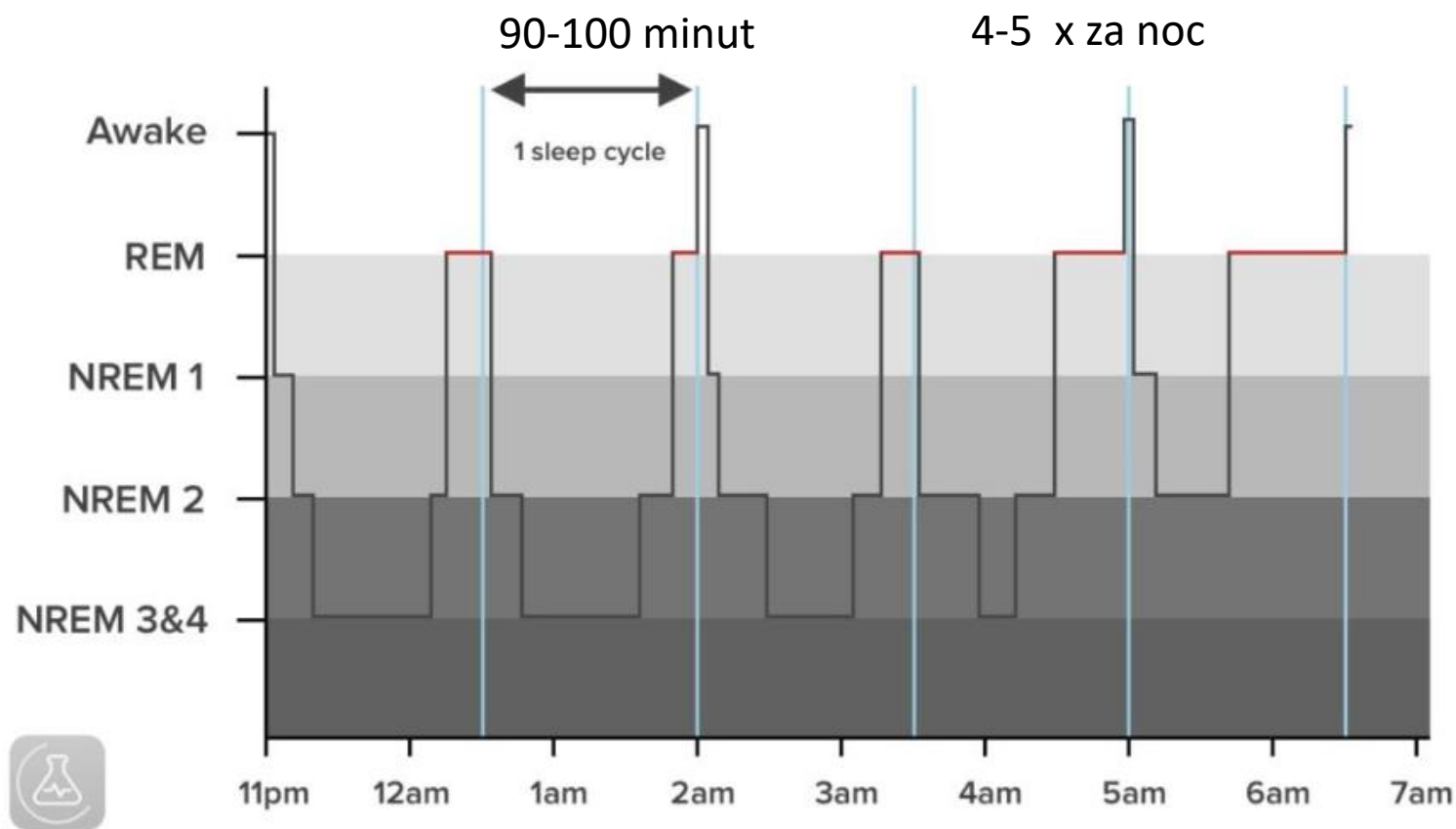
Aktuální poznání

- Nyní je spánek považován za komplexní a **aktivní behaviorální stav**, během kterého mozek funguje odlišně než při běžné bdělosti.
- Důležitá role v **konsolidaci paměti, regeneraci organismu a udržování homeostázy mozku.**



Architektura spánku

Hypnogram



Fyziologická kritéria spánku a bdění

Kritéria	Bdělost	NREM spánek	REM spánek
Elektroencefalografie	des		é é
Elektromyografie (svalový tonus)			ě jící
Elektrookulografie	Oční	Get	í



Architektura spánku

NREM

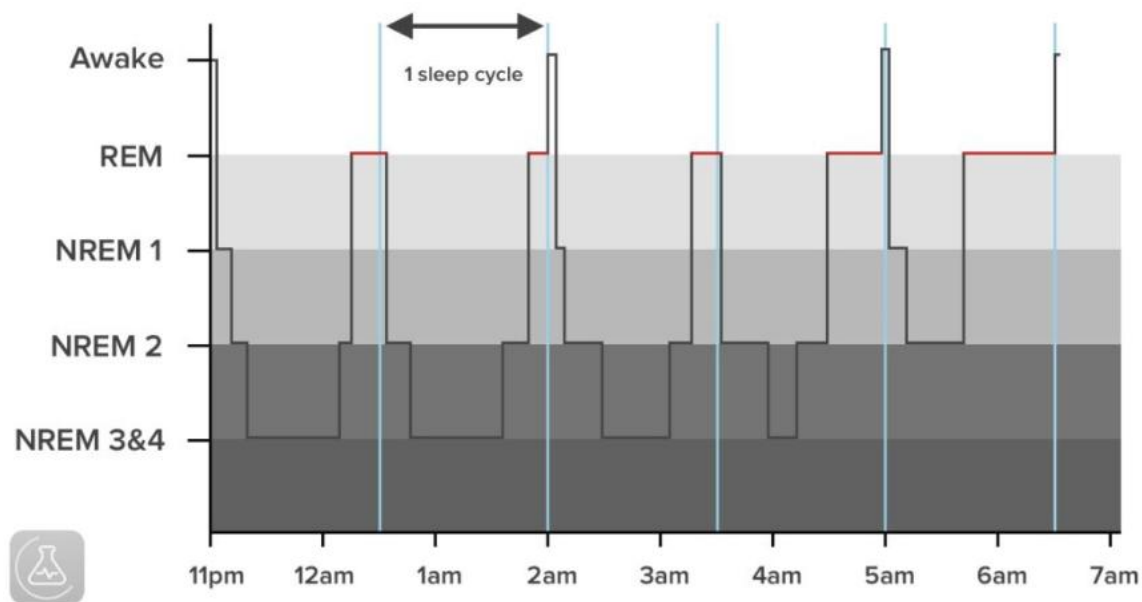
- **Tvoří 75–80 %** doby spánku u dospělého člověka.
- NREM spánek se zdá být přítomen u většiny dosud zkoumaných živočichů (jedním z argumentů podporujících teorii, že spánek plní životně důležitou funkci)



Architektura spánku

NREM

- 3 fáze



Architektura spánku

Fáze NREM spánku:

- 1. (N1-Lehký spánek)** – přechod mezi bdělostí a spánkem, trvá jen několik minut.
- 2. (N2-Středně hluboký spánek)** – nejdelší fáze spánku.
- 3. (N3-Hluboký spánek)** – nejhlubší fáze spánku, důležitá pro regeneraci, růst a imunitní funkce.



Architektura spánku

REM (paradoxní spánek)

- Tvoří 20–25 % doby spánku u dospělého člověka.
- Jasně odlišitelný REM spánek se vyskytuje pouze u savců.
- Sny
- Nedostatek REM spánku zhoršuje schopnost kreativního řešení problémů a emoční regulace.
- REM spánek funguje jako noční „psychoterapie“ (pomáhá zpracovat emočně náročné zážitky)

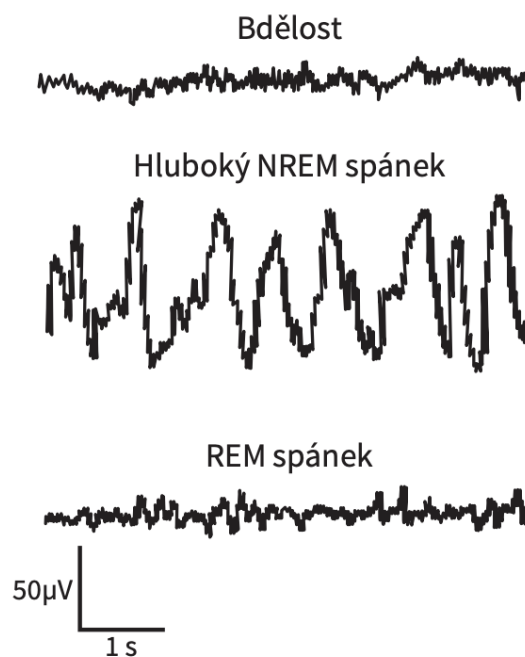


Spánek

Významný přínos pro paměť
(explicitní i implicitní)

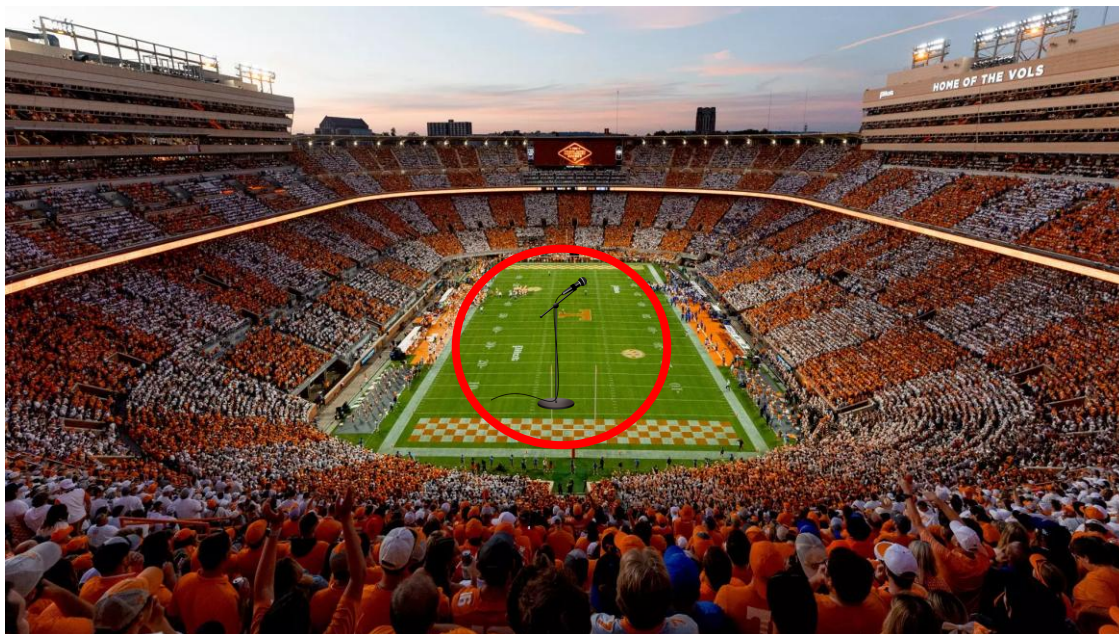


Spánek a učení



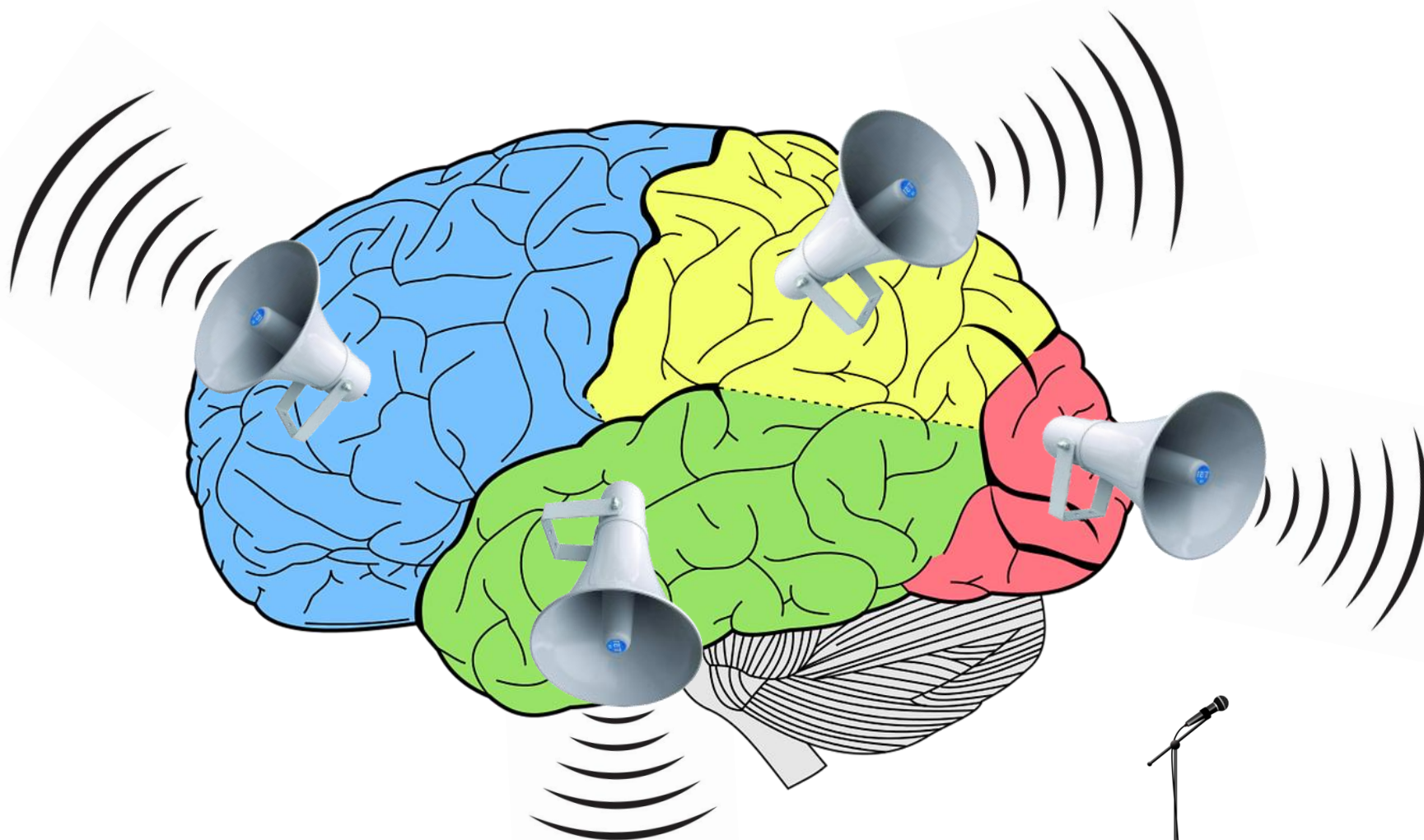
Funkce bdění

Bdění



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

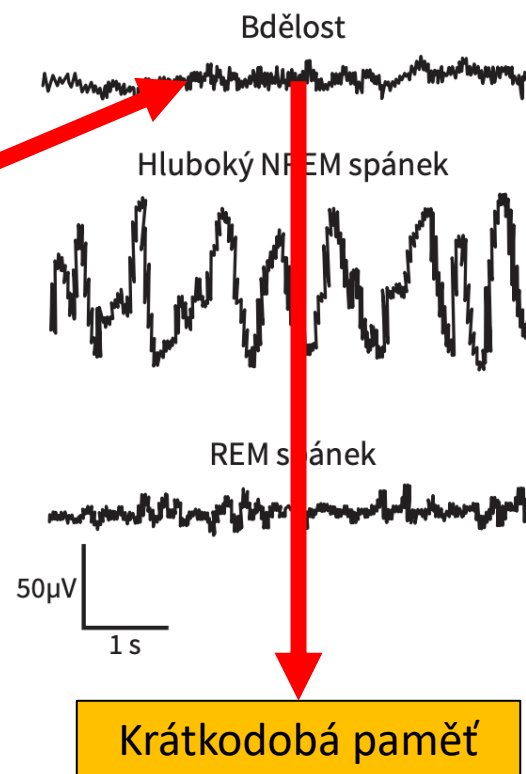
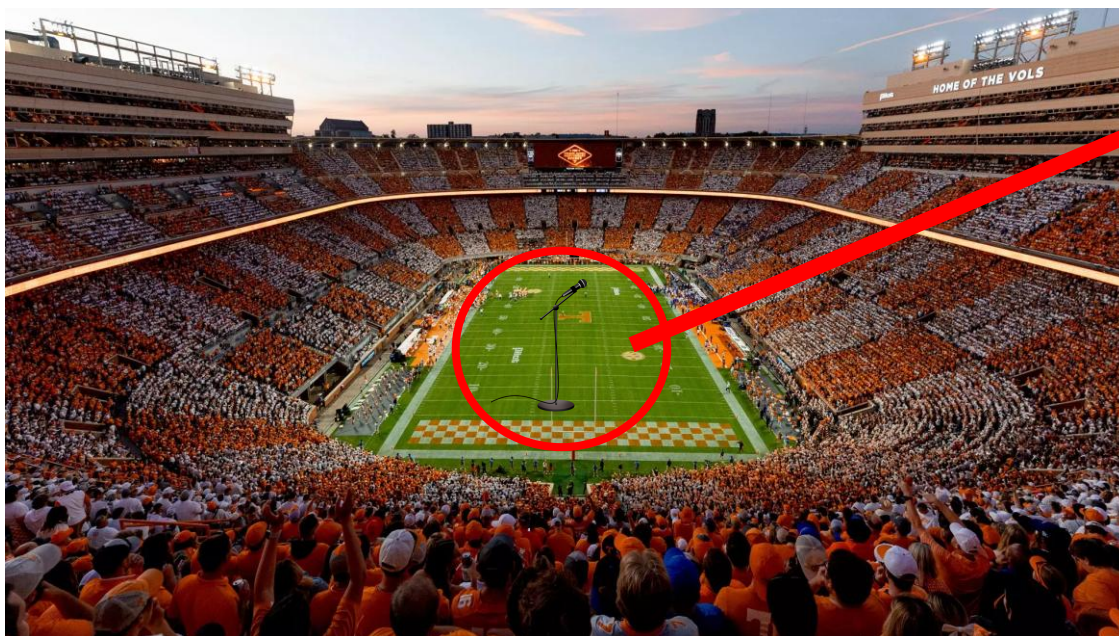
Funkce bdění



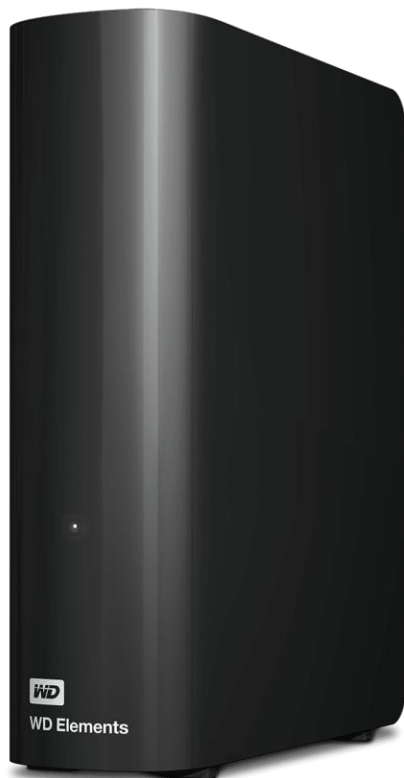
Funkce bdění

Bdění

- Primárně zaměřený na vstřebávání (neustálé poznávání okolního světa)



Funkce bdění



- Hippocampus má omezenou kapacitu
- Zapomínání vlinem interference (přepisování dat v krátkodobé paměti)



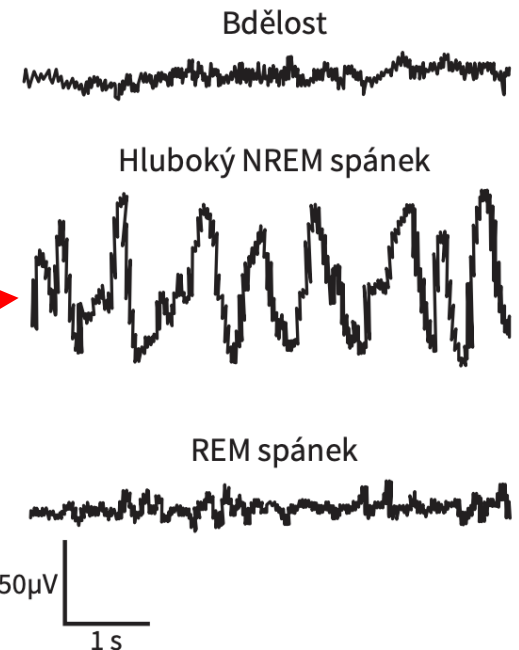
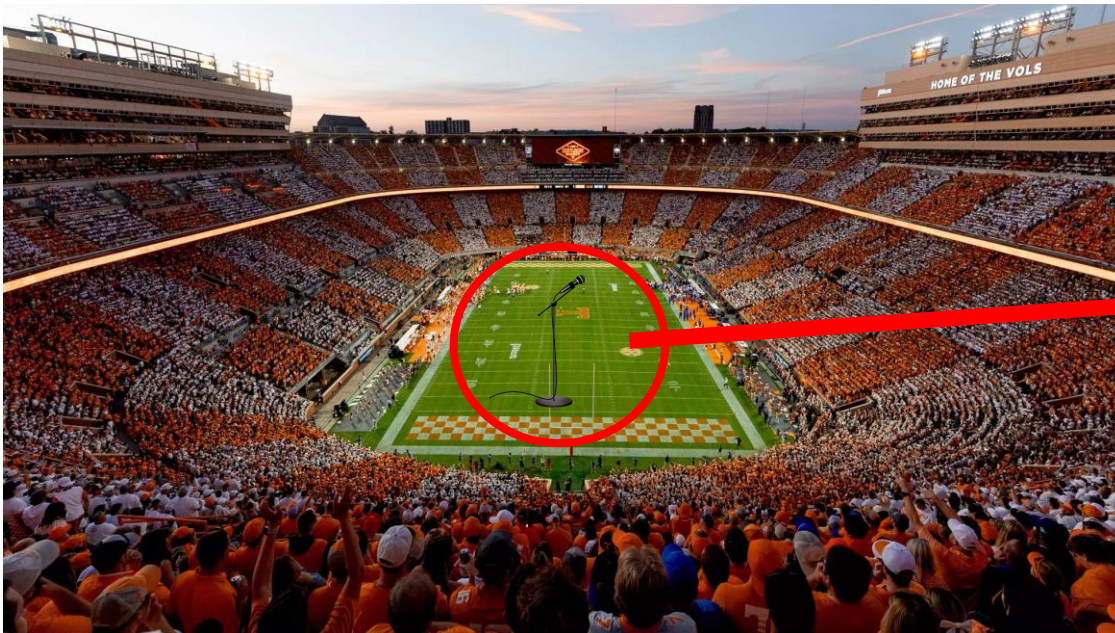
Funkce NREM



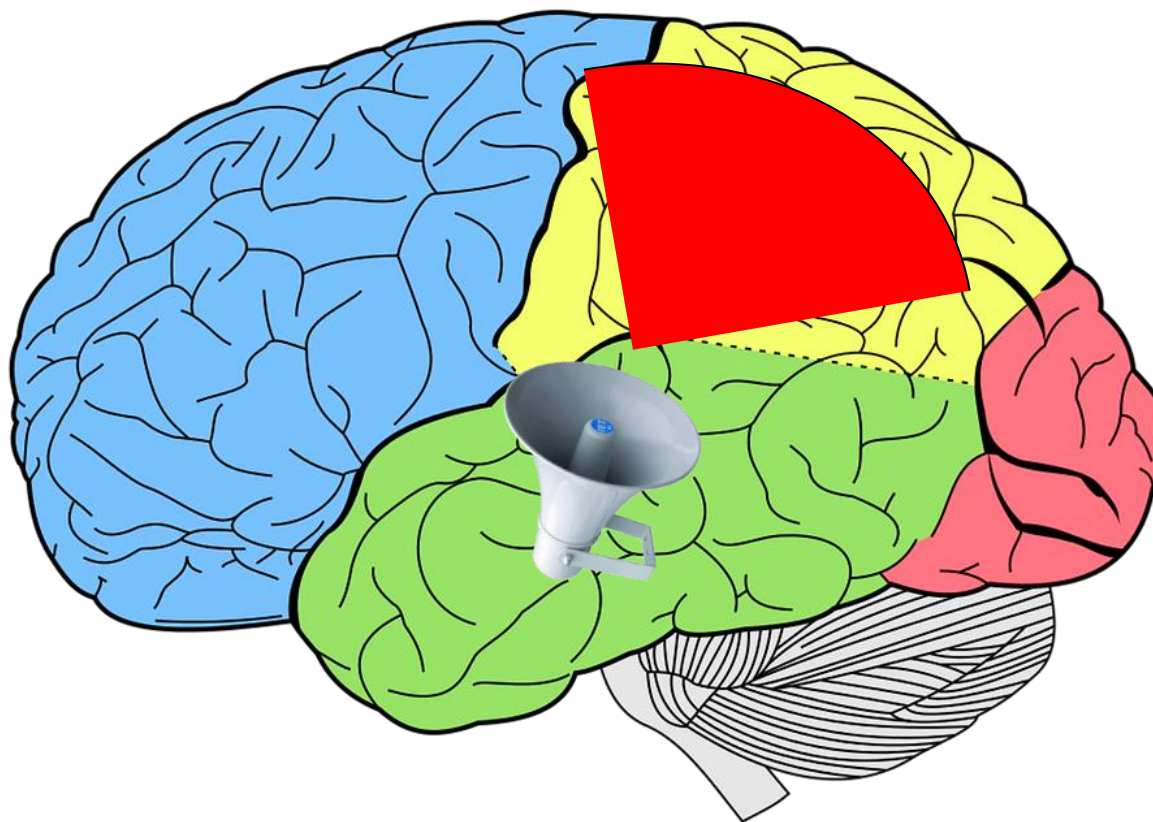
Funkce NREM

NREM

- Primárně zaměřený na ukládání a posilování faktů a dovedností



Funkce NREM



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze



Funkce NREM

Deklarativní paměť (fakta, události a jazyk)

NREM (N3- první ½ noci)

- Posílení synapsí a přenos informací z hipokampu do neokortexu (přepis z krátkodobé do dlouhodobé paměti)



Funkce NREM

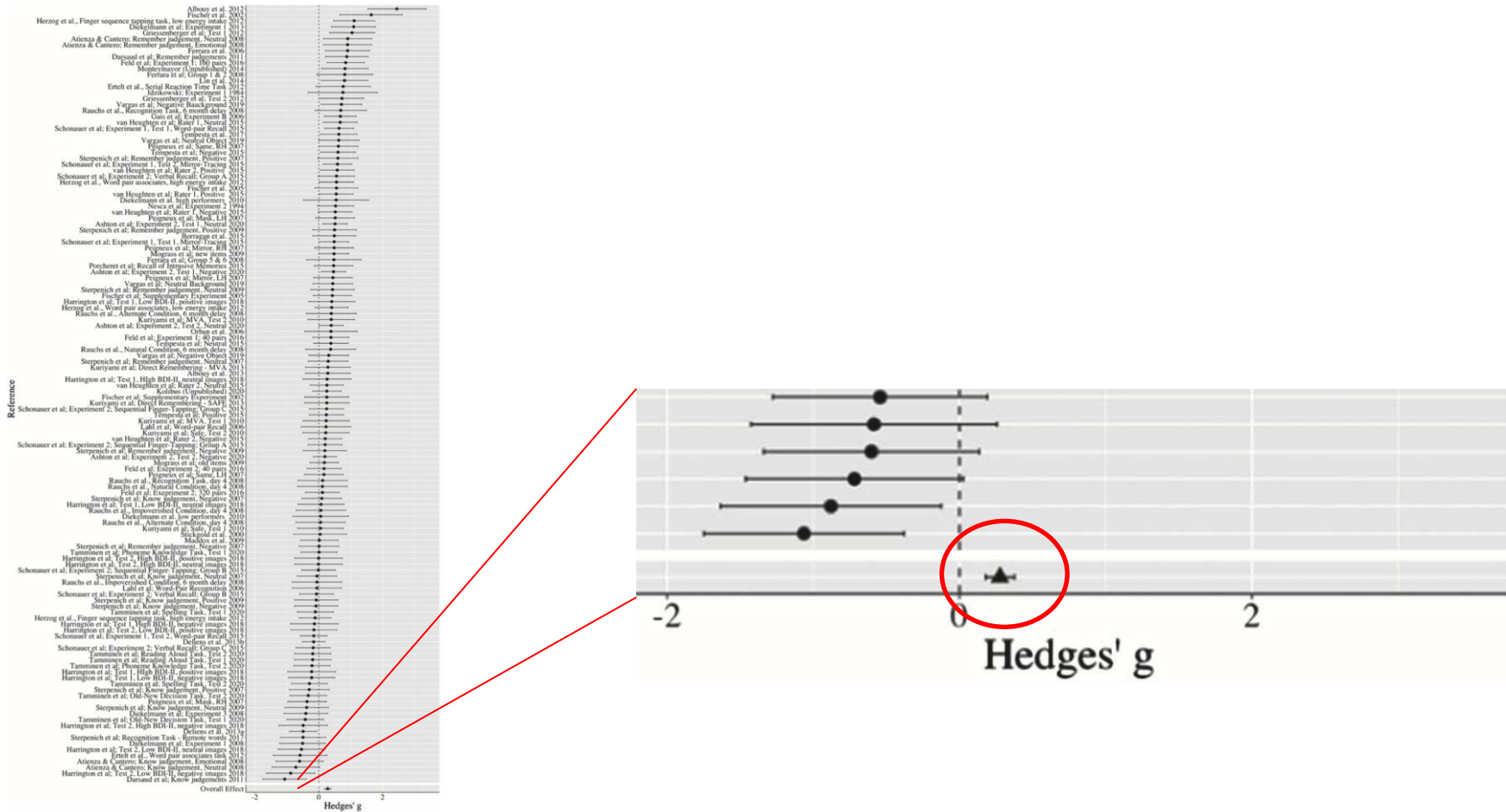
Motorické učení (naučené pohyby a dovednosti)

NREM (N2- druhá ½ noci)

- Přemístění do mozkových obvodů pracujících pod úrovní vědomí (implicitní paměť)
- Hlavně poslední dvě hodiny spánku (8hod je reference)



Spánková deprivace po učení

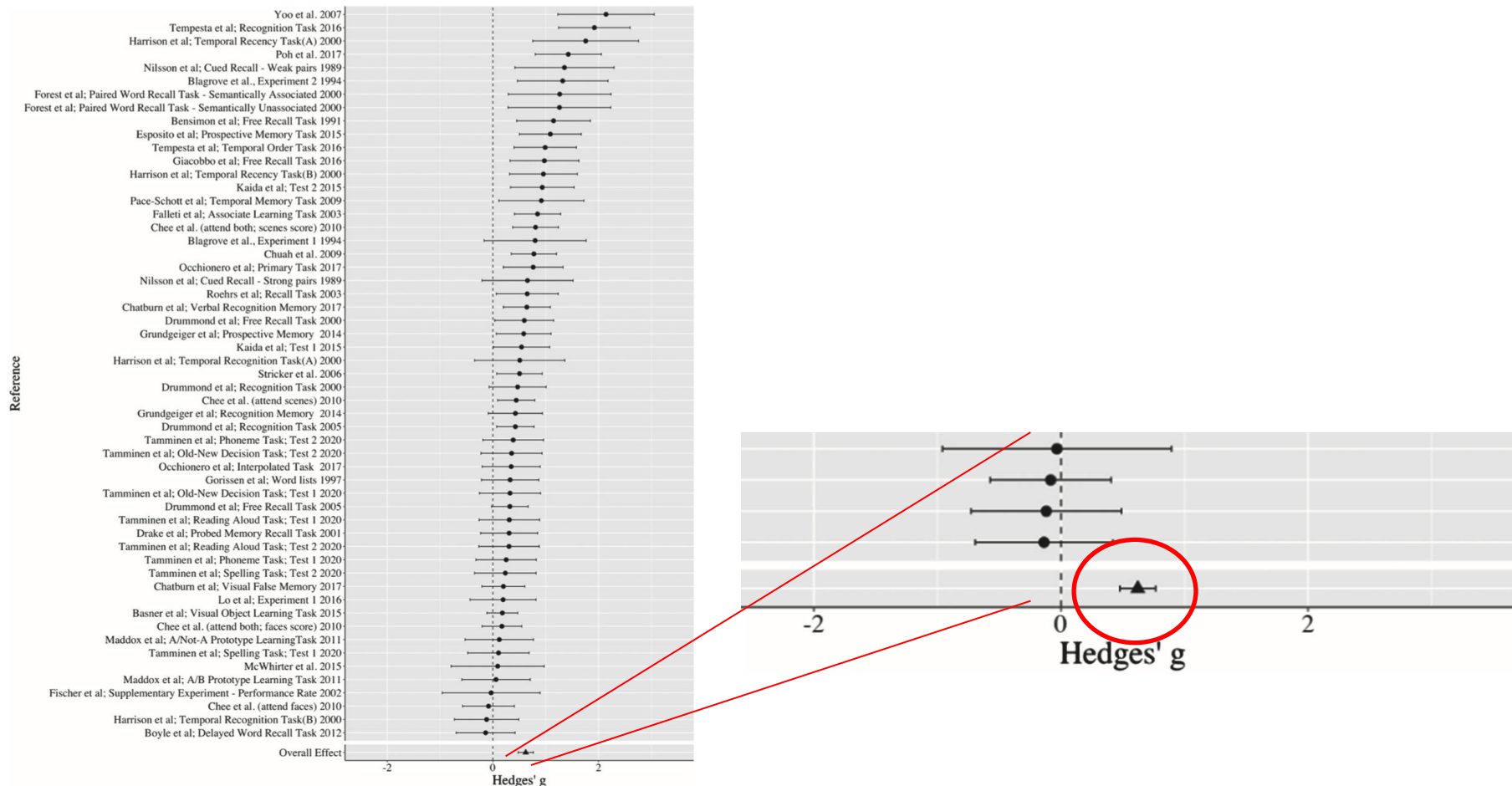


Newbury, Chloe R., et al. "Sleep deprivation and memory: Meta-analytic reviews of studies on sleep deprivation before and after learning." *Psychological bulletin* 147.11 (2021): 1215.



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

Spánková deprivace před učením



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd

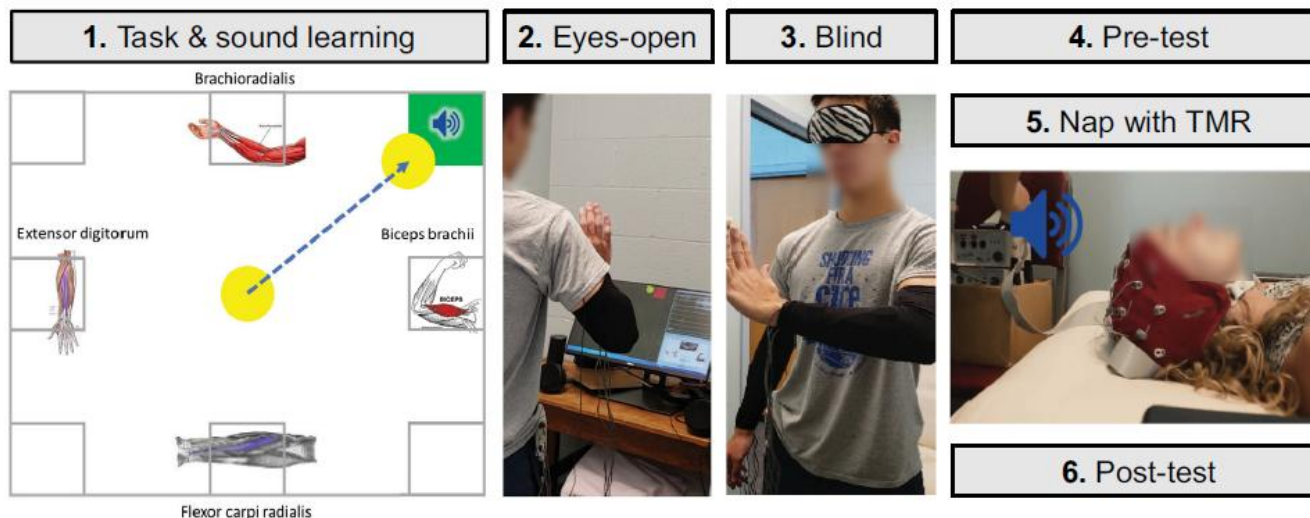
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

Newbury, Chloe R., et al. "Sleep deprivation and memory: Meta-analytic reviews of studies on sleep deprivation before and after learning." *Psychological bulletin* 147.11 (2021): 1215.

Reaktivace paměti během spánku

Behavioral/Cognitive

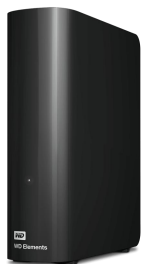
Memory Reactivation during Sleep Improves Execution of a Challenging Motor Skill



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

Cheng, Larry Y., et al. "Memory reactivation during sleep improves execution of a challenging motor skill." *Journal of Neuroscience* 41.46 (2021): 9608-9616.

Funkce NREM

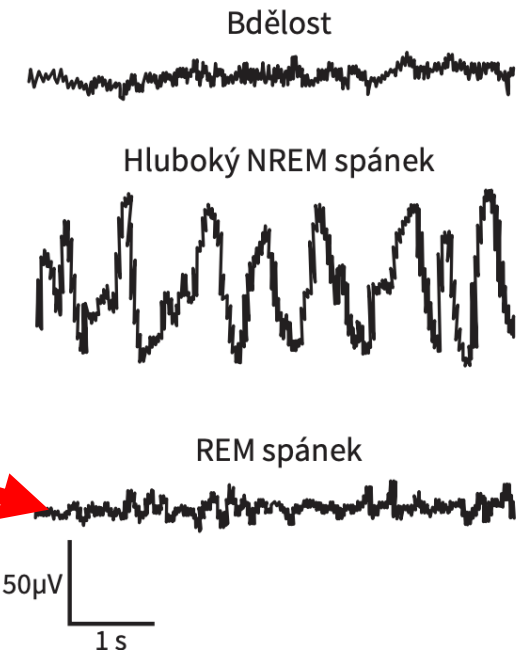
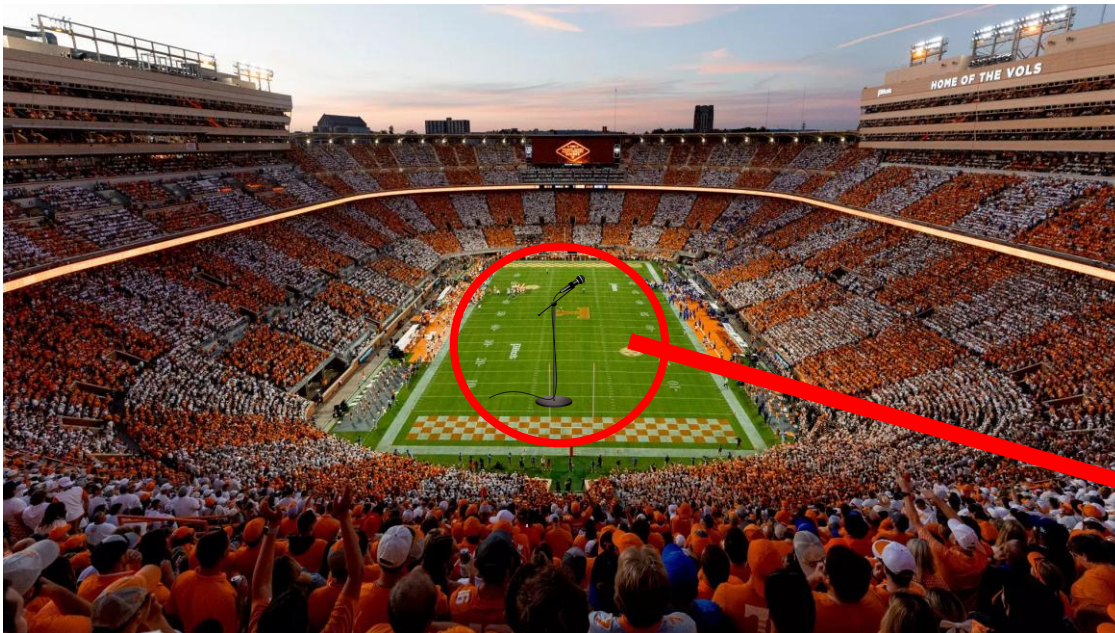


Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

Funkce REM

REM

- Primárně zaměřený na integraci (začleňování k minulé zkušenosti)



Funkce REM

Deklarativní paměť

- Porovnání nově uložené informace s celkovou životní autobiografií
- Vznikají nové kreativní poznatky

[illegible]

Funkce REM

Motorické učení (naučené pohyby a dovednosti)

- Přehrávání motorických pohybů
- Přispívá k automatizaci pohybových strategií a jejich integraci do širších motorických strategií

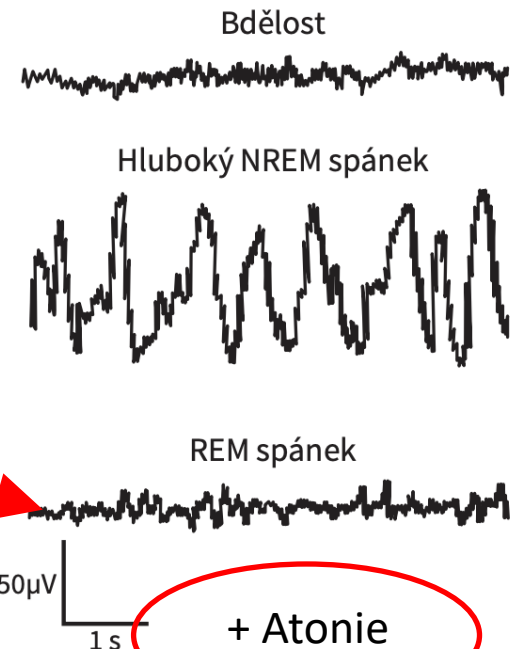
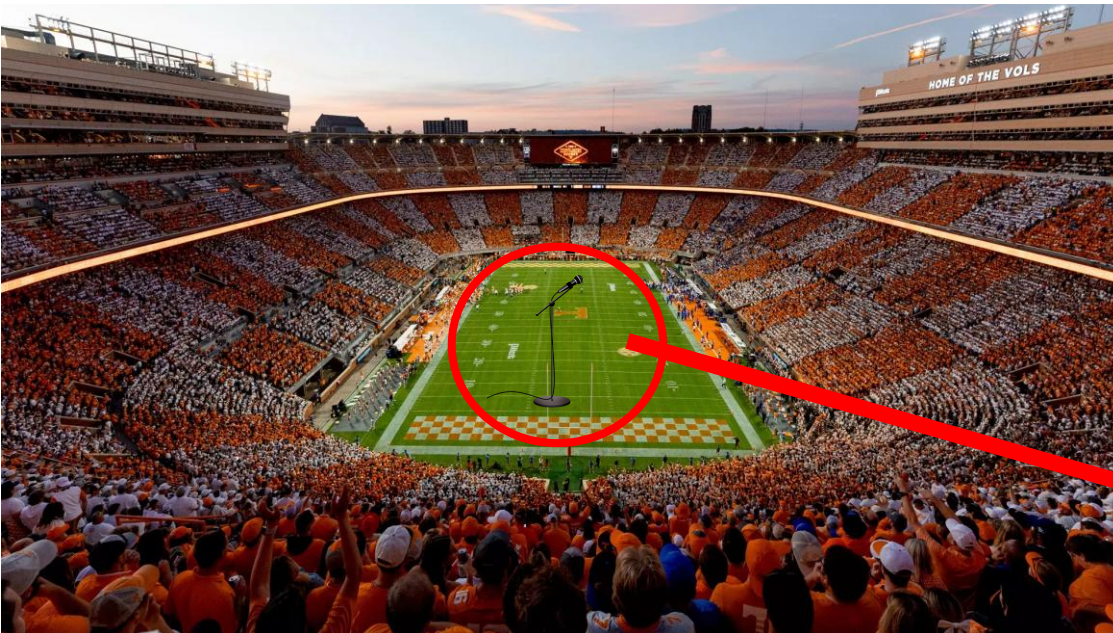
Trénink pohybů „nanečisto“, aniž by došlo k jejich fyzické realizaci.



Funkce REM

REM

- Primárně zaměřený na integraci (začleňování k minulé zkušenosti)



Proč atonie?

- Protože když člověk nemůže hýbat svaly, nemůže do svého snění zapojit i tělo.
- U některých lidí tento paralyzační mechanismus selhává → snové motorické impulzy se přeměňují na pohyby ve skutečném světě (Parkinsonova nemoc).



Spánek a učení

Dostatečná délka spánku (7-9 hodin) je klíčová pro efektivní konsolidaci paměti.

Chcete-li si něco opravdu zapamatovat, nejlepší věc, kterou můžete udělat, je – jít spát!



REM a socioemoční lidská kultura

- Vzpomínky s vysokou emoční intenzitou se častěji promítají do snů než neutrální vzpomínky (poslední 2 dny).
- Mozek během REM spánku znovu přehrává bolestivé vzpomínky, ale snižuje jejich emocionální náboj.



REM a socioemoční lidská kultura

Rekalibrace



Vliv spánkové deprivace na sociální a emocionální fungování

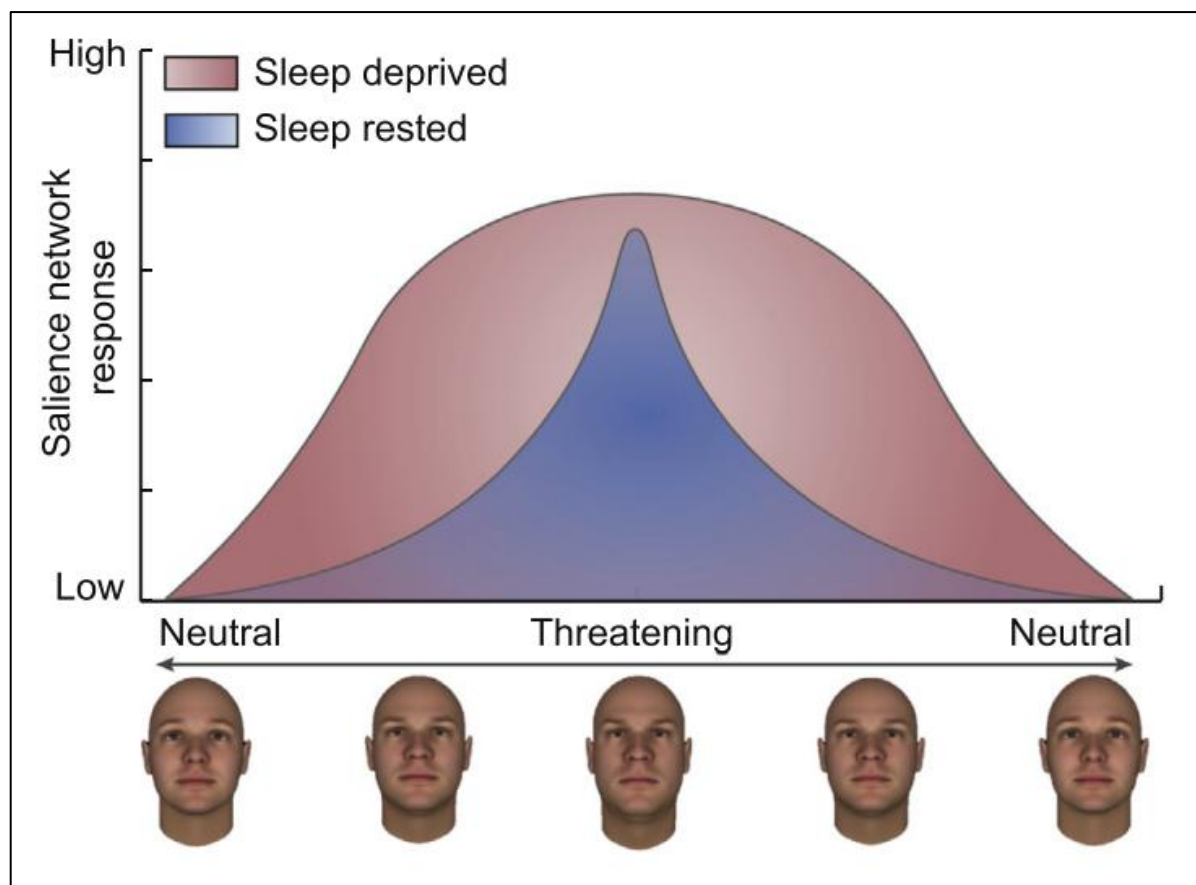
- Nedostatek spánku **zesiluje emocionální reaktivitu**, především negativní emoce (úzkost, deprese, podrážděnost).
- Zvýšená citlivost na hrozby (evoluční hledisko).
- Po jedné noci beze spánku dochází k **60% nárůstu aktivity amygdaly** (nadměrné emocionální reakce) + **PFC je méně aktivní** (snižší kontrola nad impulzivními a emocionálními reakcemi).



? Nejvíc hrozivý pohled ?



Nejvíc hrozivý pohled

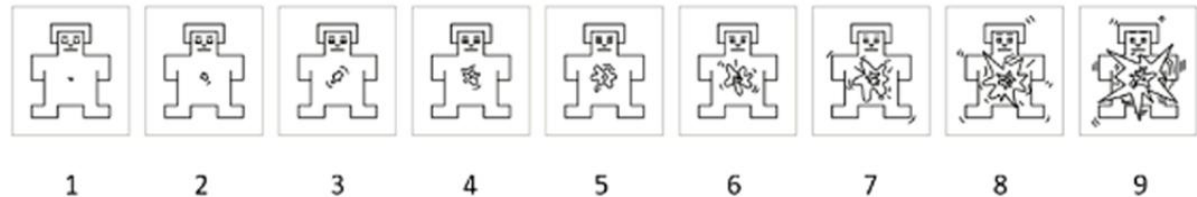


Vliv nekvalitního spánku na empatii a prosociální chování

- Cílem studie bylo zjistit, **jak nekvalitní spánek ovlivňuje empatii.**
- **Vzorek:** 347 účastníků
- **Experimentální skupina** – Účastníci byli probuzeni 5× během noci, což narušilo jejich spánek.
- **Kontrolní skupina** – Účastníci spali normálně.
- Ráno po probuzení byly testovány empatické reakce účastníků na bolestivé scénáře a obrazy utrpení.



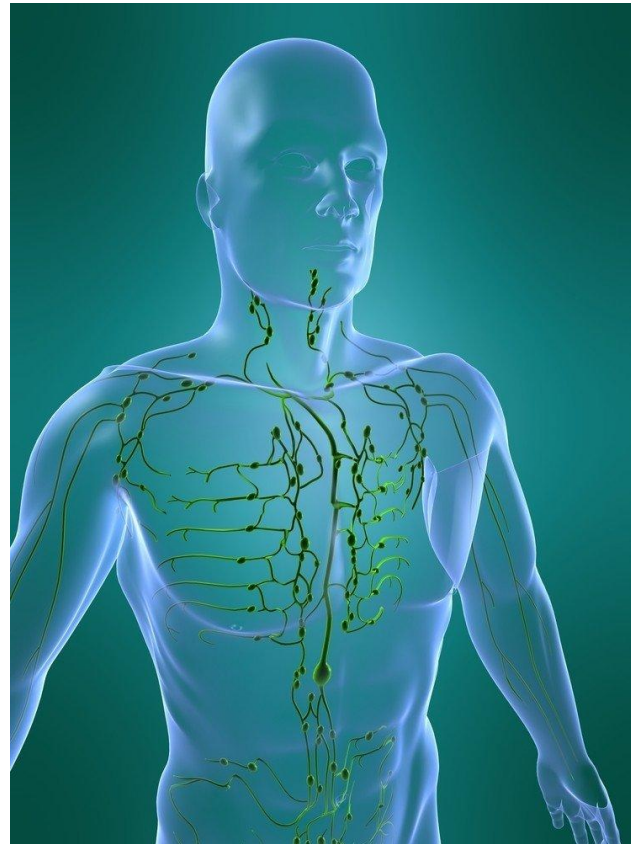
Vliv nekvalitního spánku na empatii a prosociální chování



Účastníci s narušeným spánkem vykazovali nižší empatickou reakci na bolest druhých.



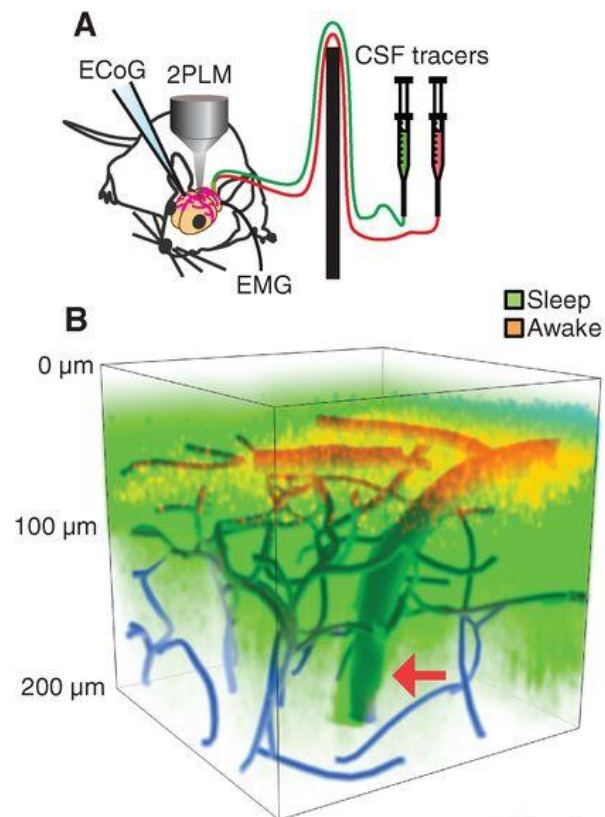
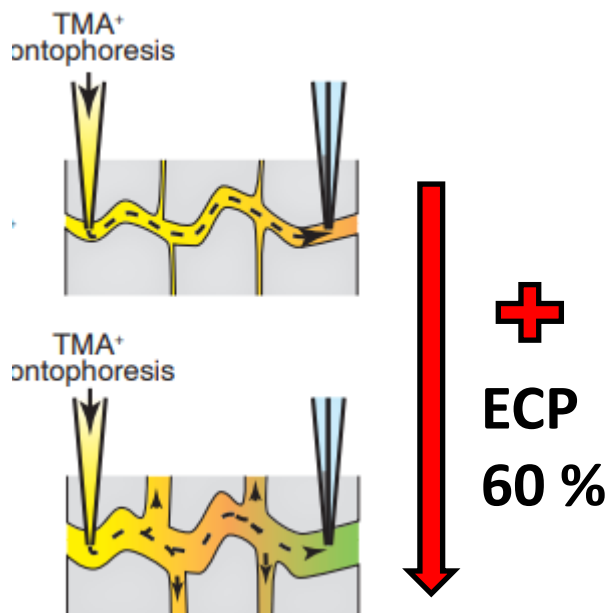
Udržování homeostázy mozku



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

Udržování homeostázy mozku

Glymfatický systém



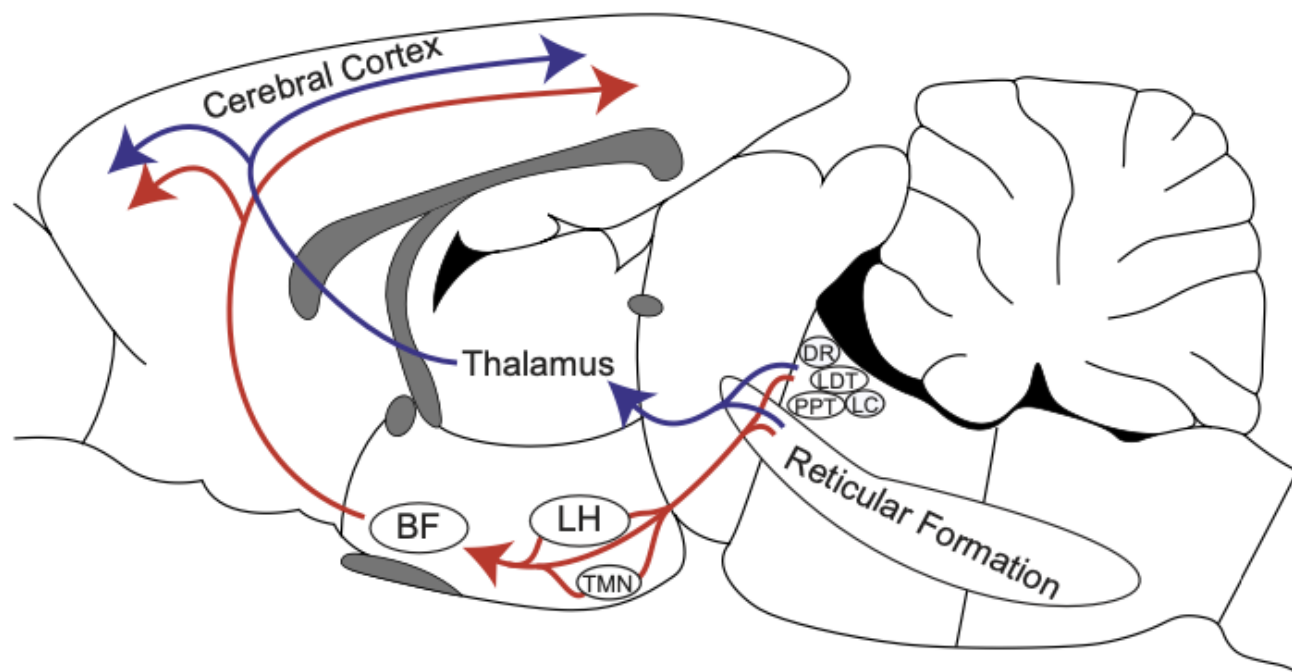
Odstraňování neurotoxických látek (beta-amyloid)



Neurofyzilogie bdění

Ascendenční retikulární aktivační systém:

- ARAS (dorsální a ventrální dráha)



Neurofyzilogie spánku

Ventrolaterální preoptická oblast (přední část hypotalamu)

- Obsahuje “sleep-active” neurony

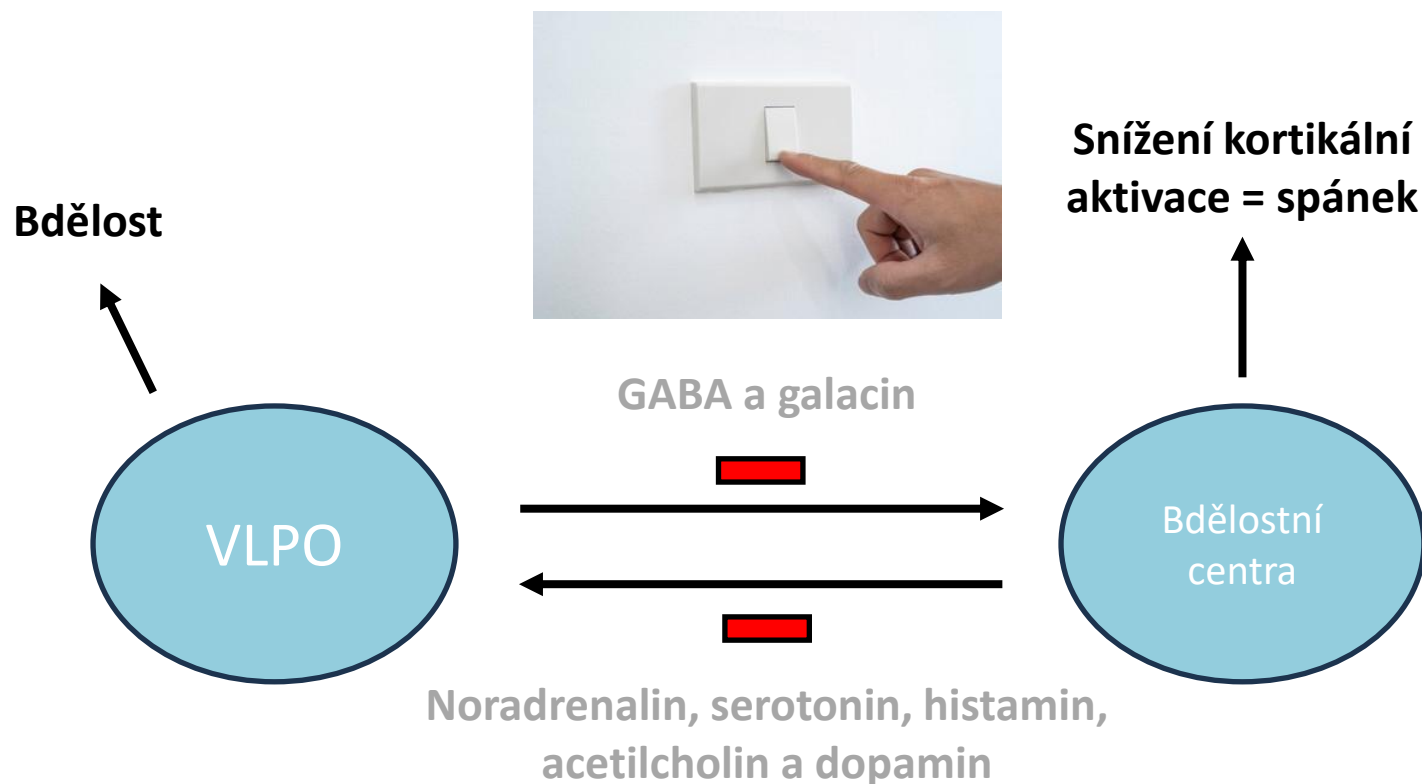
Effect of Lesions of the Ventrolateral Preoptic Nucleus on NREM and REM Sleep

Jun Lu,¹ Mary Ann Greco,² Priyattam Shiromani,² and Clifford B. Saper^{1,3}

¹Department of Neurology and ³Program in Neuroscience, Beth Israel Deaconess Medical Center, Harvard Medical School, Boston, Massachusetts 02215, and ²Department of Psychiatry, Brockton Veterans Administration Hospital, Harvard Medical School, Boston, Massachusetts 02115



The “flip-flop” model



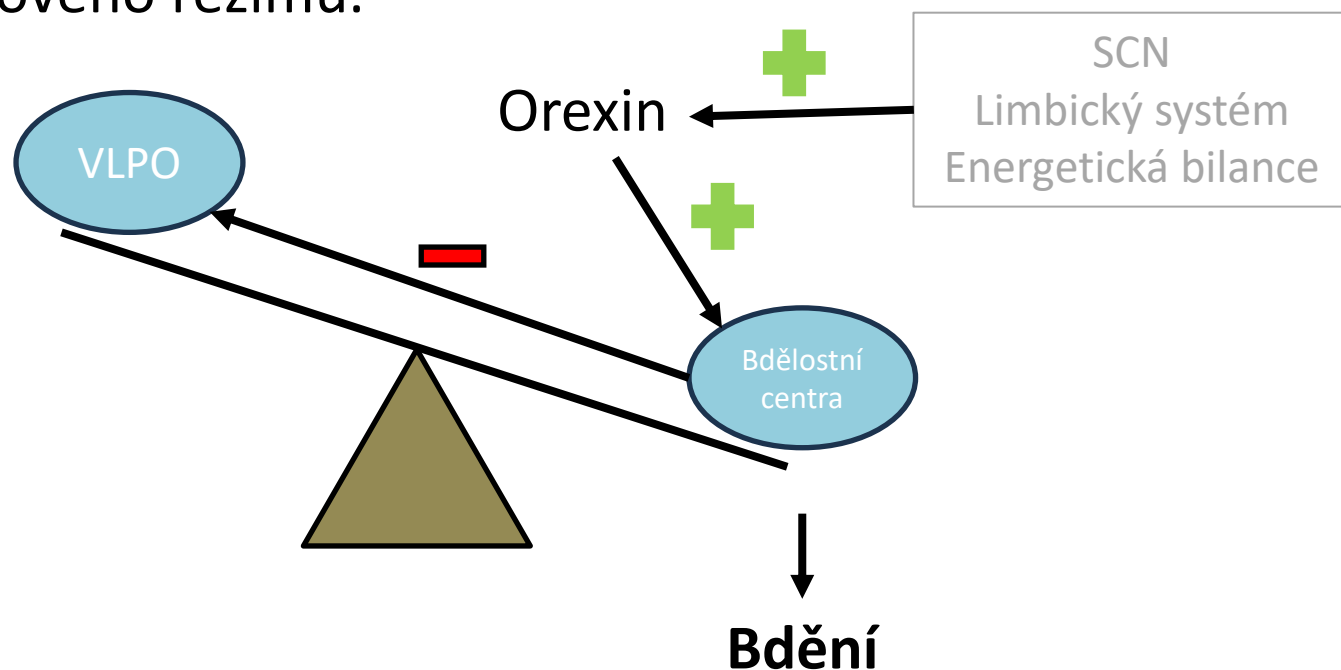
Saper, Clifford B., Thomas C. Chou, and Thomas E. Scammell. "The sleep switch: hypothalamic control of sleep and wakefulness." *Trends in neurosciences* 24.12 (2001): 726-731.



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

The “flip-flop” model

- Tento systém může být nestabilní (mikrospánky, náhlé usnutí).
- **Orexin** zabraňuje příliš brzkému přepnutí přepínače do spánkového režimu.



Narkolepsie

Zcela nezadržitelné a náhlé usínání v době, kdy chcete
být vzhůru



„Tlak“ na spánek

1. Cirkadiální rytmus (**Proces C**)



Mimosa pudica (Citlivka stydlivá)



Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

"Bezčasové prostory": Studie v jeskyních

- **Jeskyňní experimenty eliminovaly světlo, teplotní změny a sociální rytmy**, čímž umožnily vědcům sledovat přirozené biologické rytmy.
- Tělo si udržuje vlastní biologický rytmus i bez vnějších podnětů, ale může se mírně prodlužovat.

(24hod + 30min)



Fig. 1 Nathaniel Kleitman and Bruce Richardson transcribing motility records in Mammoth Cave, 1938. Mammoth Cave/National Parks Service. Courtesy of the Hanna Holborn Gray Special Collections Research Center

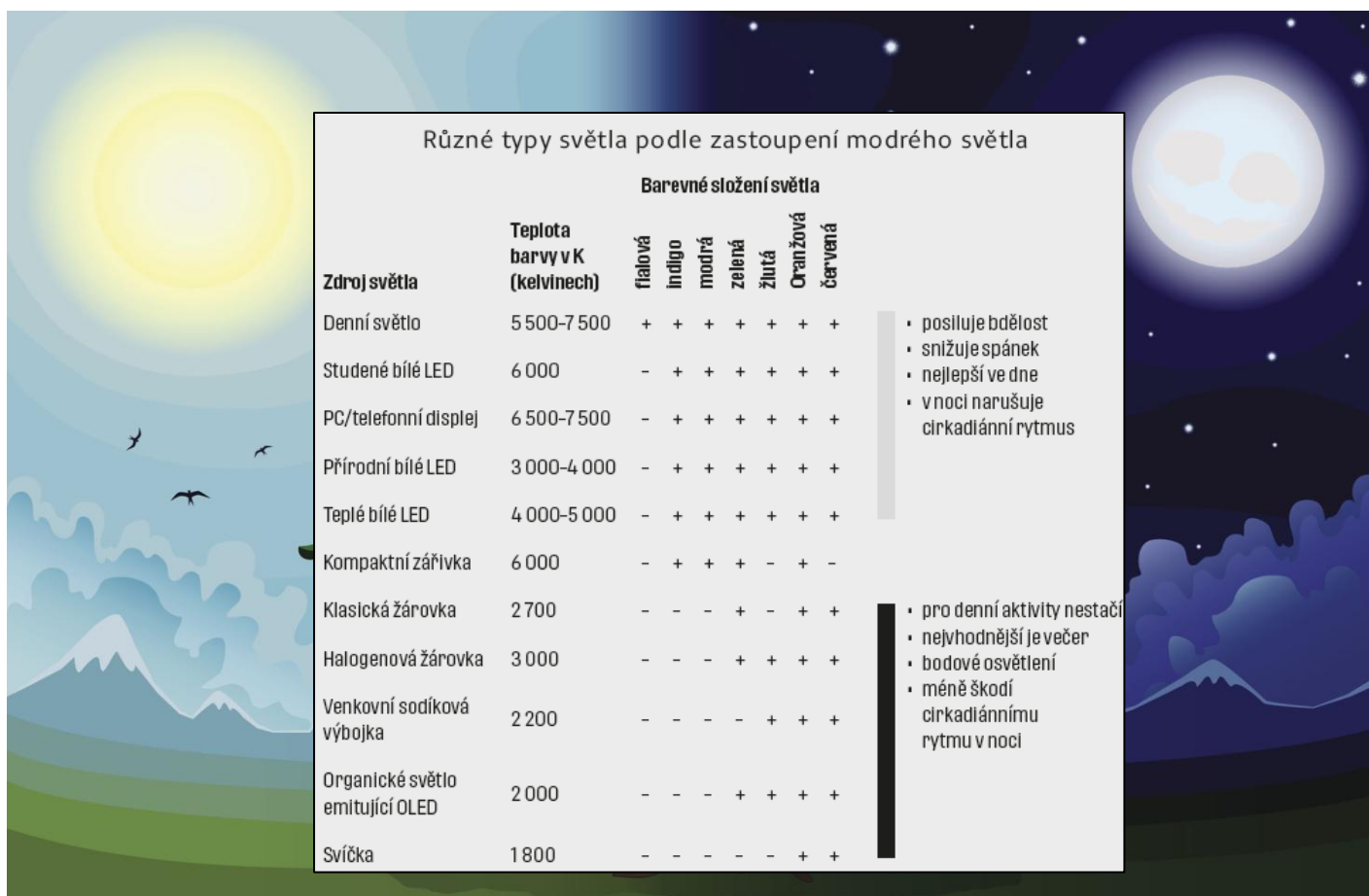


Cirkadiánní rytmus (den)

- Specializované **fotoreceptory v sítnici** detekují **modré světlo** (450–480 nm).
- Via retinohypothalamická dráha do suprachiasmatického jádra (SCN) → tlumí produkci melatoninu



Cirkadiánní rytmus



Cirkadiánní rytmus (noc)

- Tma → epifýza → produkuje **melatonin**

Podporuje nástup spánku



Cirkadiánní rytmus v 21 století

Expozice méně než 3 luxům světla v noci je dostatečně účinná k potlačení nástupu sekrece melatoninu = **horší kvalita spánku**



± 40 luxů



± 100-300 luxů



Změny ke zlepšení cirkadiánních rytmů

- **Omezení vystavení světlu v noci** (brýle blokující modré světlo, teplejší osvětlení).
- **Pravidelný spánkový režim** – chodit spát a vstávat ve stejnou dobu.
- **Světelná terapie** – expozice jasnému světlu ráno pro správnou synchronizaci rytmů.



„Tlak“ na spánek

1. Cirkadiální hodiny
2. **Homeostatický proces** (need for sleep/time since last adequate sleep) → hromadění adenosinu aktivuje VLPO (**Proces S**)

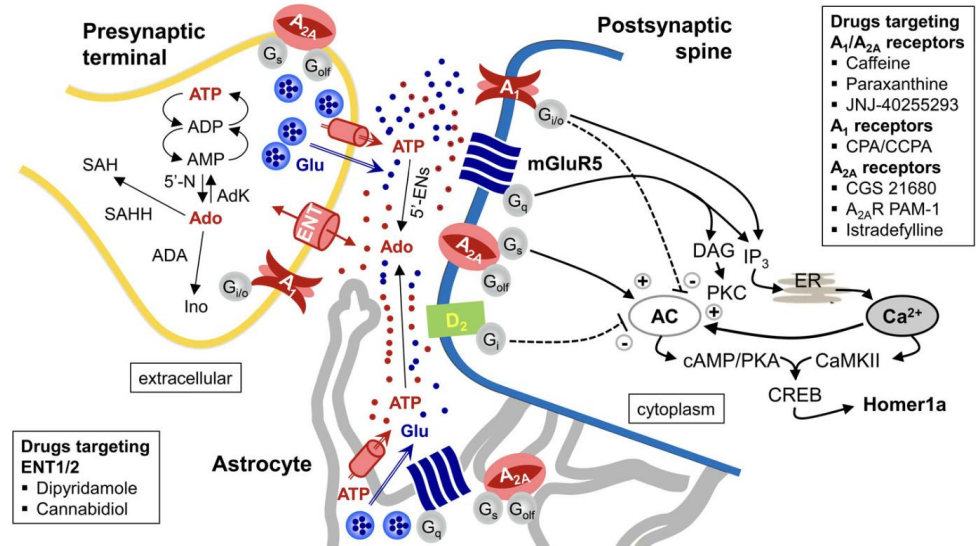


Adenosin

- Adenosin se hromadí během bdění jako vedlejší produkt buněčného metabolismu ATP.
- Čím déle jsme vzhůru, tím více adenosinu se akumuluje v mozku.



Tlak na spánek



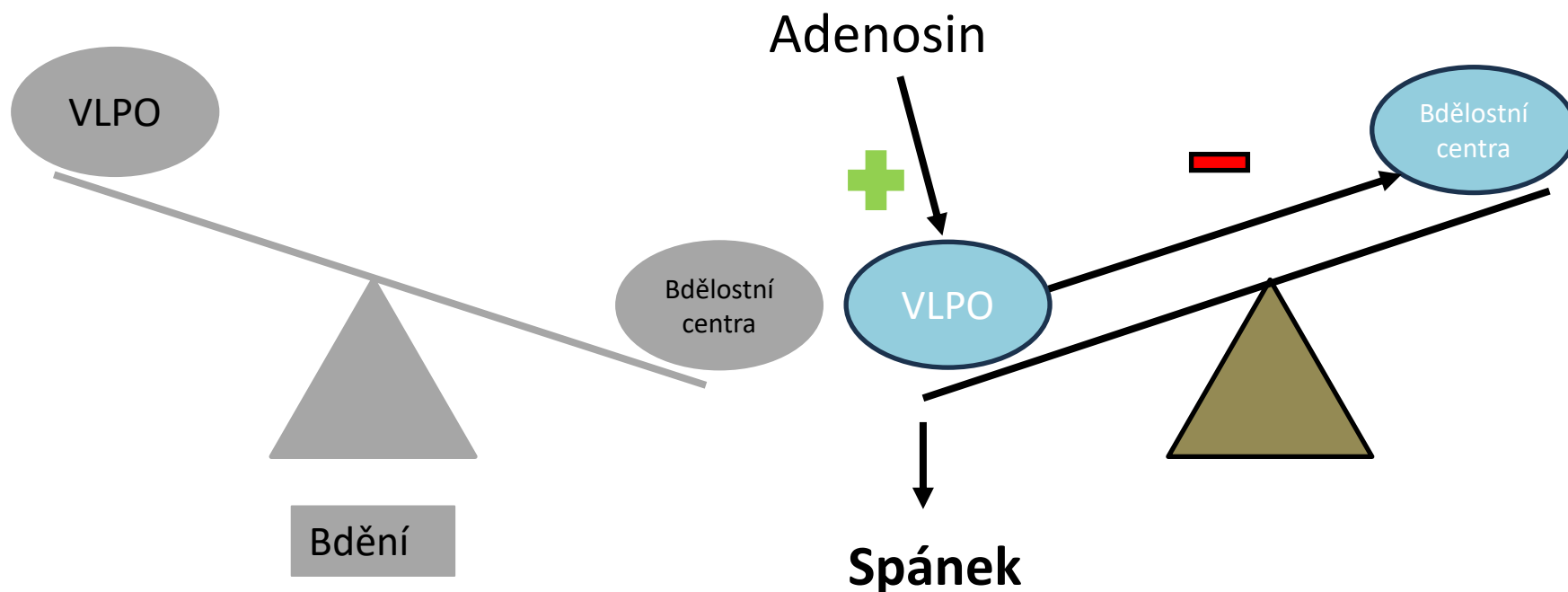
Kofein

- Nejnadužívanější psychoaktivní stimulant
- Poločas rozpadu je 5 až 7 hodin
- Metabolizace kofeinu: jaterní enzym (P450 1A2)

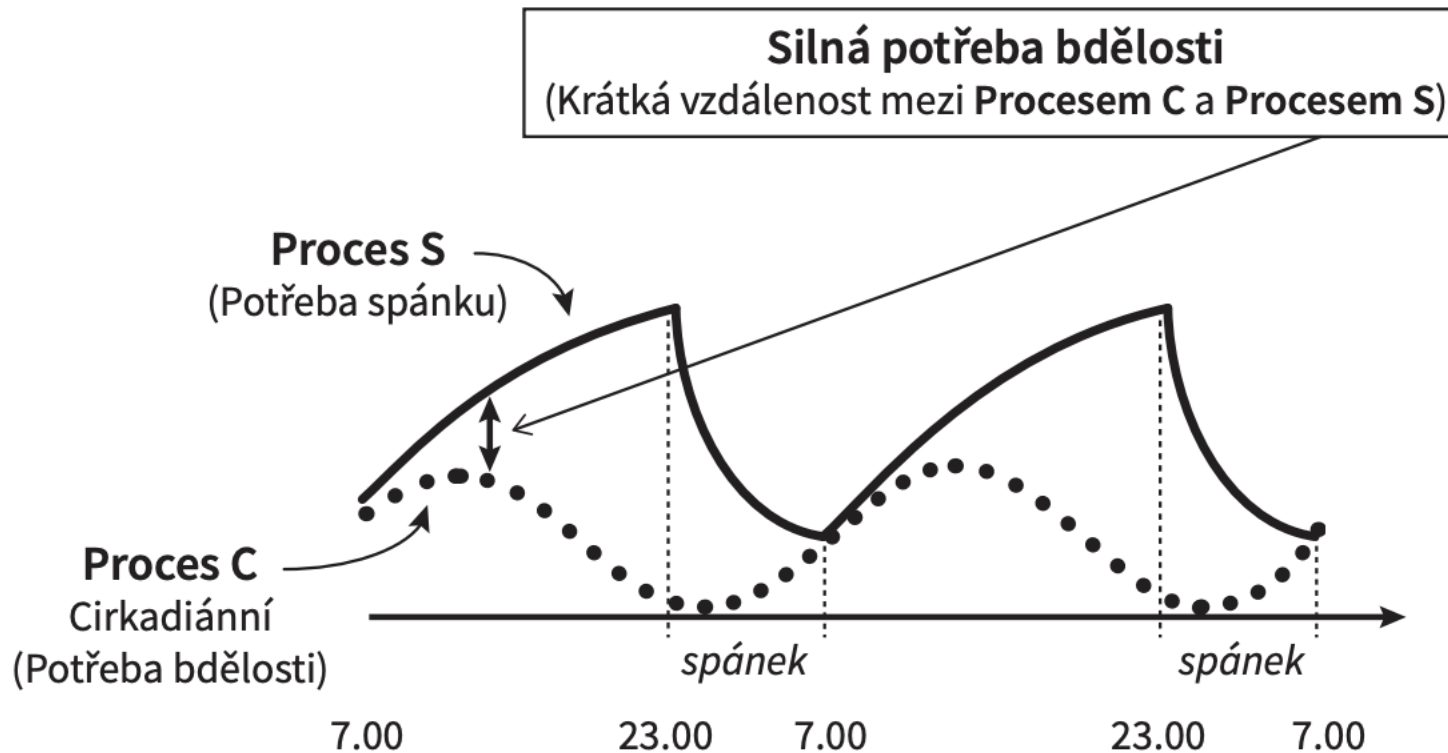


The “flip-flop” model

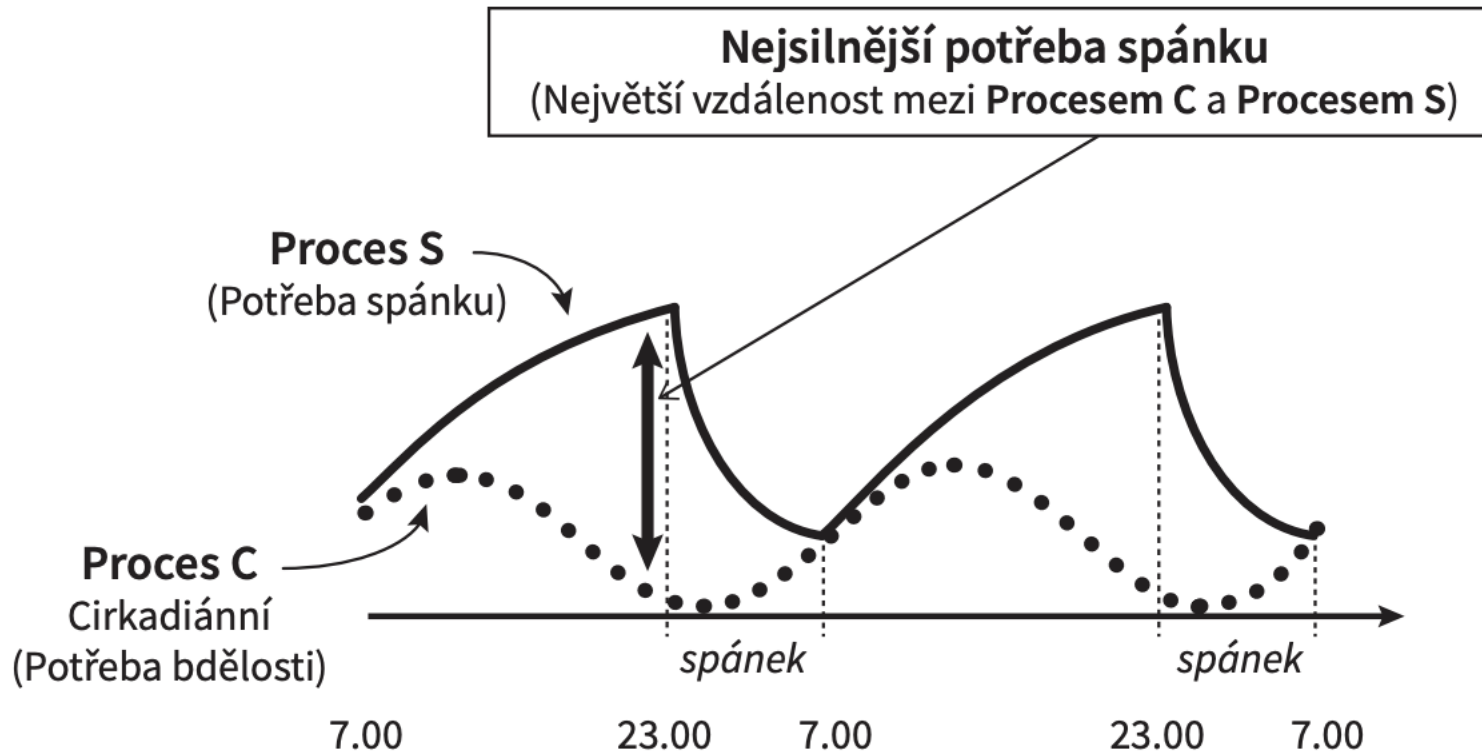
Melatonin = „startér“ spánku



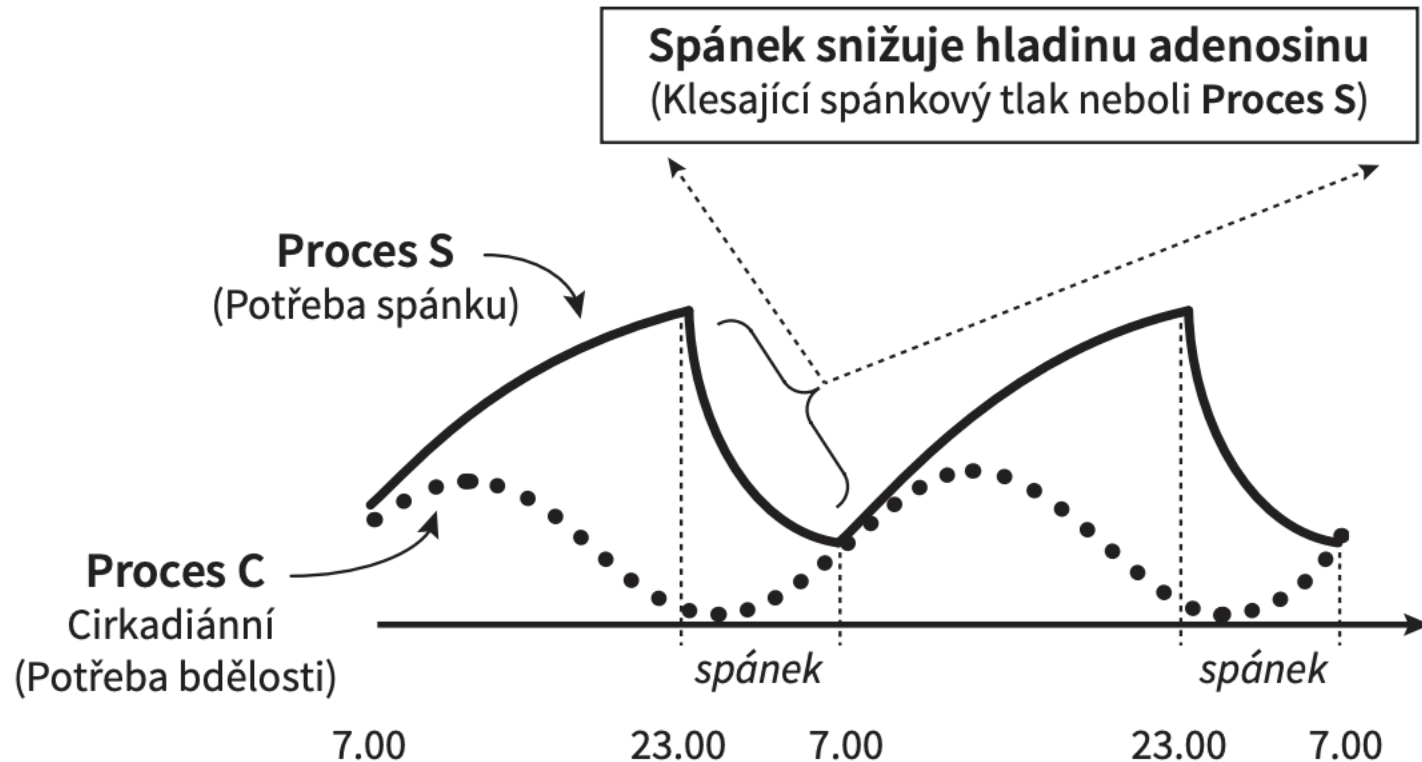
Proces C a Proces S



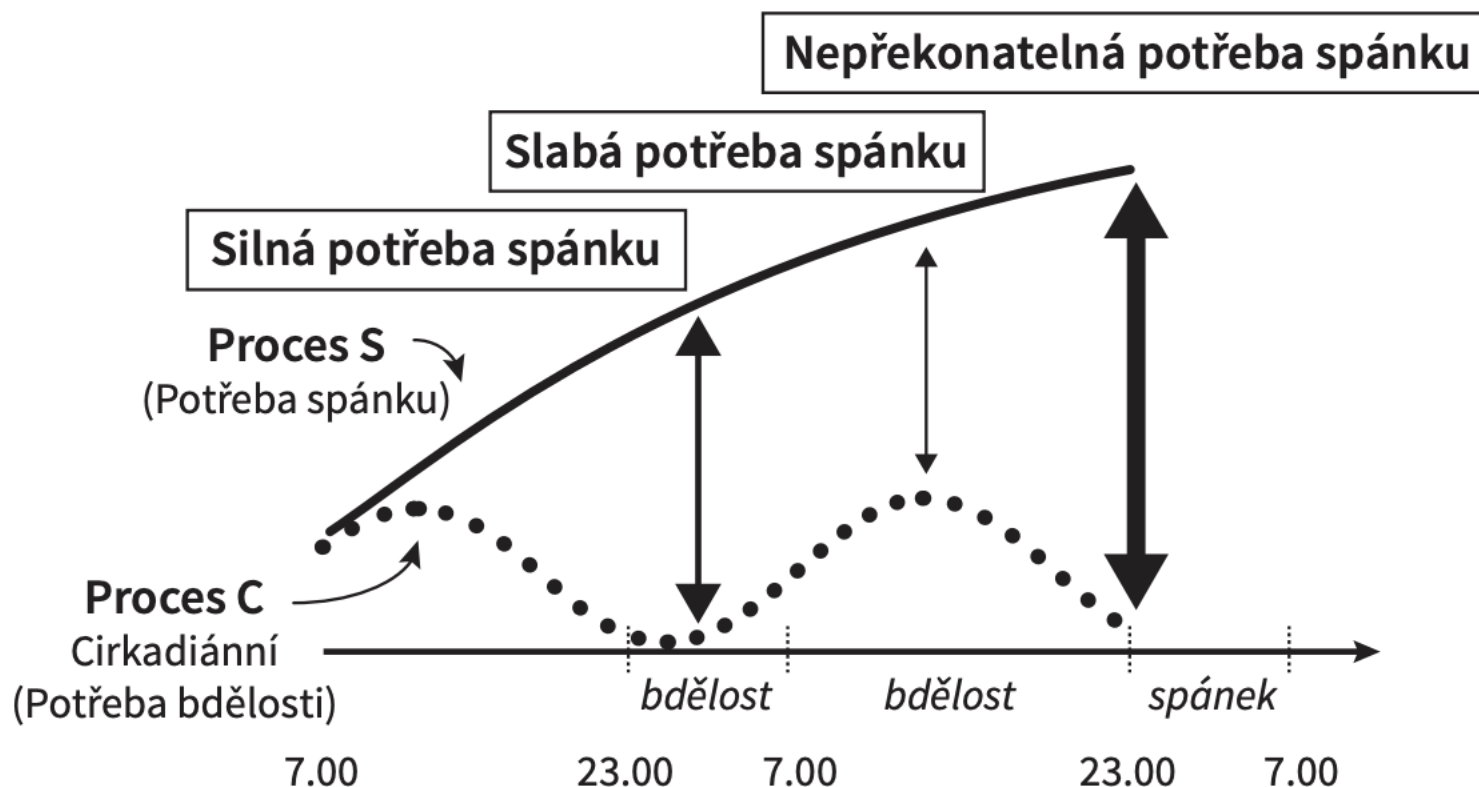
Proces C a Proces S



Proces C a Proces S



Proces C a Proces S (spánková deprivace)

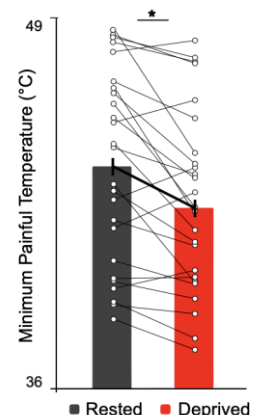


Spánek a bolest

Jak spánková deprivace ovlivňuje vnímání bolesti?

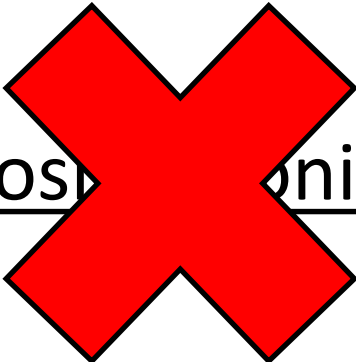
- **25 účastníků (18–30 let)** absolvovalo dvě podmínky:
- **Noc normálního spánku** (8 hodin).
- **Noc bez spánku** (kontrolované bdění celou noc).
- Ráno se testoval **práh bolesti pomocí tepelné stimulace**.
- Během testu byla měřena **mozková aktivita pomocí fMRI**.

Po noci bez spánku se **snížil práh bolesti**



„Spát budu, až budu po smrti“

#nosleep tonight



Miliony jedinců nevědomky tráví roky života v
suboptimálním stavu psychologického a fyziologického
fungování



SATED Questionnaire

		Rarely/ Never (0)	Sometimes (1)	Always (2)
Satisfaction	Are you satisfied with your sleep?			
Alertness	Do you stay awake all day without dozing?			
Timing	Are you asleep (or trying to sleep) between 2am-4am?			
Efficiency	Do you spend less than 30 minutes awake at night? (This includes the time it takes fall asleep and the awakenings from sleep.)			
Duration	Do you sleep between 6 and 8 hours per day?			

TOTAL FOR ALL ITEMS RANGES FROM 0-10

0 = POOR SLEEP HEALTH ————— 10 = GOOD SLEEP HEALTH





Děkuji

martin.srp@vfn.cz

Neurologická klinika a Centrum klinických neurověd
1. lékařská fakulta
Univerzita Karlova
a
Všeobecná fakultní nemocnice v Praze