

Univerzita Karlova v Praze

Filozofická fakulta

Katedra psychologie

Bakalářská práce

Michal Valvoda

Působení spánkové deprivace na kognitivní funkce

Effects of Sleep Deprivation on Cognitive Functions

Praha, 2016

Vedoucí práce: PhDr. Mgr. Markéta Niederlová, Ph.D.

Rád bych věnoval poděkování PhDr. Mgr. Markétě Niederlové, Ph.D., za podporu při psaní této bakalářské práce a za její cenné rady.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně, že jsem řádně citoval všechny použité prameny a literaturu a že práce nebyla využita v rámci jiného vysokoškolského studia či k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 27.7.2016

.....

Michal Valvoda

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá vlivem spánkové deprivace na jednotlivé kognitivní funkce. Literárně přehledová část se zabývá kognitivními funkcemi, u kterých se zjistilo, že jsou spánkovou deprivací nejvíce ovlivnitelné. Mezi tyto kognitivní funkce patří pozornost, paměť a exekutivní funkce. Cílem práce je tak popsat kognitivní funkce, které jsou ovlivněné spánkovou deprivací a zároveň popsat důvody, proč k těmto změnám v kognitivních funkcích dochází. Na tuto otázku neexistuje jednoznačná odpověď, a proto budou v průběhu celé práce předkládány jednotlivé názory na příčiny změn kognitivních funkcí. Jeden názorový proud předpokládá, že za změny ve všech kognitivních funkcích může zhoršená pozornost. Ta pak globálně ovlivňuje všechny další kognitivní funkce, pro které je schopnost koncentrace základem. Druhý názorový proud předpokládá, že další kognitivní funkce nejsou ovlivněné pouze skrze zhoršenou pozornost, ale jsou spánkovou deprivací ovlivněné samy o sobě.

Návrh výzkumu se zabývá vlivem nedostatku spánku na pozornosti. Tento vliv bude zjišťován experimentálně, a bude se u něj zjišťovat, jestli i menší změny v době spánku dokáží tyto funkce ovlivnit.

Klíčová slova:

Spánková deprivace, kognitivní procesy, cirkadiánní rytmus, pozornost a exekutivní funkce, prefrontální lalok, paměť

Abstract:

This bachelor's thesis deals with effects of sleep deprivation on the individual cognitive functions. The literary summarizing part deals with the cognitive functions, which were recognized as being the most susceptible to the effects of sleep deprivation. These cognitive functions include attention, memory, and executive functions. The objective of this thesis is to describe the cognitive functions that are affected by sleep deprivation and also to describe the reasons for the occurrence of these changes in cognitive functions. There is no clear answer to this question and therefore there will be different opinions on the causes of changes in cognitive functions presented throughout the thesis. One current of opinion assumes that worsened attention is responsible for changes in all cognitive functions. It then globally affects all other cognitive functions, for which the ability to concentrate is essential. Another current of opinion assumes that other cognitive functions are not affected only through worsened attention, but that they are affected by sleep deprivation by themselves.

The research proposal deals with the effect of sleep deprivation on attention. This effect will be examined experimentally, and it will be subject to the investigation whether even minor changes during sleep can affect these functions.

Keywords:

Sleep deprivation, cognitive processes, circadian rhythm, attention and executive functions, prefrontal lobe, memory

Obsah

Abstrakt:.....	4
Abstract:.....	5
Obsah	6
Seznam použitých zkratk:	8
Úvod.....	9
Literárně-teoretická část	10
1. Spánková deprivace	10
1.1 Definice a pojetí spánkové deprivace	10
1.2 Odolnost vůči působení spánkové deprivace.....	11
2. Působení spánkové deprivace na pozornost a vnímání.....	12
2.1 Matematický model regulace spánku	14
2.1.1 Působení cirkadiálního rytmu na kognitivní výkon	15
3. Působení spánkové deprivace na učení a paměť.....	16
3.1 Působení spánkové deprivace na interferenci paměťových stop.....	18
3.1.1 Teorie hipokampálního dialogu.....	19
3.2 Vliv emocí a spánkové deprivace na paměť.....	19
3.3 Teorie synaptické homeostázy	22
3.3.1 Vliv Spánkové deprivace na procedurální paměť	22
4. Vliv spánkové deprivace na exekutivní funkce	23
4.1 Vulnerabilita inhibiční funkce	24
4.2 Tuckerova studie exekutivních funkcí	26
Metodologická část	29
5. Úvod.....	29
6. Přípravná fáze	29
6.1 Cíl výzkumu.....	29
6.2 Typ šetření	30

6.3	Výzkumný vzorek.....	30
7.	Návrh experimentu	31
8.	Použitý test.....	33
8.1	PVT.....	33
9.	Zpracování získaných dat	33
9.1	Testování hypotéz	34
9.1.1	Testování první hypotézy	36
9.1.2	Testování druhé hypotézy.....	37
9.1.3	Testování třetí hypotézy	38
10.	Diskuse	38
11.	Závěr	40
12.	Seznam použité literatury	42
	Přílohy.....	I
	Příloha 1.....	I
	Příloha 2.....	I
	Příloha 3.....	II
	Příloha 4.....	III
	Příloha 5.....	IV
	Příloha 6.....	V
	Příloha 7.....	VI
	Příloha 8.....	VII
	Příloha 9.....	VIII

Seznam použitých zkratk:

EEG- elektroencefalograf

fMRI- funkční magnetická rezonance

IQ- Inteligenční kvocient

NREM- Non-rapid eye movement sleep

PET- Pozitronová emisní tomografie

PVT - Psychomotor Vigilance Task

REM- Rapid eye movement sleep

SD-spánková deprivace

SWS - Slow wave sleep

Úvod

Ve své bakalářské práci se věnuji tématu působení spánkové deprivace na jednotlivé kognitivní funkce. Tomuto tématu se věnovalo široké spektrum výzkumů, které popsaly celou řadu účinků spánkové deprivace na kognitivní výkonnost. Primárním cílem je zmapovat tyto studie a poukázat na otázky, které se stále opakují, a které se řeší napříč mnoha výzkumy.

Studie totiž neskončily u výčtu různých projevů spánkové deprivace, ale zabývaly se také otázkou konkrétních procesů, které vedou ke změně kognitivních funkcí. Napříč studiemi se tak hledal jednotný princip, který by vysvětloval celý proces působení spánkové deprivace a na základě kterého by bylo možné předvídat další pravděpodobné změny u kognitivních funkcí.

Tento cíl si předsevzal i Horne, který představil svou hypotézu prefrontální zranitelnosti (Horne, 1993). Ta tvrdí, že spánkovou deprivací jsou poškozené především kognitivní funkce závislé na prefrontálním laloku. K nim patří především exekutivní funkce, kterým je v práci věnována samostatná kapitola. V ní jsou představeny výsledky jednotlivých výzkumů, které jsou poté konfrontovány s Horneho hypotézou a svými závěry ji podporují, nebo naopak vyvrací.

Při postupu od konkrétních účinků k obecným principům se ve své práci nejdříve zaměřuji na základní kognitivní funkce, mezi které patří také pozornost a vnímání. Efekt spánkové deprivace se projevil u obou těchto funkcí a společně s tím také vyvstala otázka, zda nedostatečná schopnost se koncentrovat, neovlivňuje globálně také všechny ostatní kognitivní funkce, které jsou na pozornosti závislé. Pokud například necháme spánkově deprivovaného jedince vyplnit test exekutivních funkcí, můžeme se ptát, zda za případné zhoršení výsledku testu může nedostatek pozornosti způsobený spánkovou deprivací, nebo jsou exekutivní funkce ovlivněné spánkovou deprivací přímo.

Podobných otázek vyvstává celá řada, neboť kognitivní výkon je dále ovlivněný náladou, motivací cirkadiálními rytmy a dalšími faktory. V rámci práce se tak snažím předkládat výzkumy, které se dokázaly vypořádat s intervenující proměnou a zjišťovaly přímý vliv spánkové deprivace na jednotlivé kognitivní funkce.

Literárně-teoretická část

1. Spánková deprivace

1.1 Definice a pojetí spánkové deprivace

Spánek je jednou z bazálních lidských potřeb. Pokud tato potřeba má být uspokojována, musí mít zajištěna dostatečná kvantita a kvalita spánku. Průměrná doba spánku, která dospělému jedinci postačuje k regeneraci psychických a fyzických sil se pohybuje mezi 7,5 až 8,5 hodinami (Kerkhof & van Dongen, 2010).

Výrazné odchylky od optima, ať už prodloužením či naopak zkrácením doby spánku, se mohou projevit zhoršením psychických a fyzických funkcí. V případě, že doba spánku již nepostačuje k celkové regeneraci organismu, nastává spánková deprivace (dále už jen SD). Je to stav, který vzniká nedostatkem spánku a způsobuje únavu, malátnost, zpomalení kognitivních funkcí a zhoršenou náladu (Plháková, 2013).

Spánková deprivace se v závislosti na jejím průběhu dělí na akutní a chronickou. Akutní SD vzniká po jednorázovém vynechání jedné či více spánkových period a v reálné situaci se může projevit např. na zhoršeném pracovním výkonu nebo na schopnosti řídit automobil. Druhý typ SD se nazývá chronická spánková deprivace, při které je určitá doba spánku zachována, ale není natolik dlouhá, aby stačila k celkové psychické regeneraci. Chronický typ SD se oproti akutní SD projevuje v průběhu delšího časového období, ve kterém jedinec dlouhodobě zkracuje svůj spánek pod úroveň své optimální doby spánku. Postupně se mu tak načítá spánkový dluh, který ve výsledku může mít srovnatelný účinek s celou jednou probdělou nocí (Kerkhof & van Dongen, 2010).

V reálném prostředí může být jedním z příznaků insomnie chronická SD. Při insomnii si lidé stěžují na potíže při usínání, přerušovaný spánek nebo na brzké probuzení. Jedince trpícího insomnií spánek neosvěžuje, takže je ve dne ospalý a unavený, což může dále nepříznivě ovlivňovat jeho výkonnost v práci či kdekoli jinde. Ukazuje se, že v současné době i lidé netrpící žádnou poruchou spánku mají tendenci cíleně zkracovat svou dobu spánku a tento čas poté využít jiným způsobem. Nové technologie umožňují lidem neustále pracovat, být online a aktivní, a to v kteroukoliv dobu. Lidský organismus však poměrně citlivě reaguje na změny v délce spánku, a také na změny v jeho načasování (Andersen & Tufik, 2015).

V současnosti jsou také běžné práce na noční a víkendové směny a nepravidelné střídání těchto směn. Lidské tělo pracuje v rytmech a právě takovéto aktivity dokáží narušit cyklický rytmus spánku a bdění a tím zhoršit kvalitu spánku. Jedinec se nemusí plně

adaptovat na dlouhou dobu bez spánku, což se začne projevovat zhoršením kognitivních funkcí. Ne u všech se však tento efekt projevívá.

1.2 Odolnost vůči působení spánkové deprivace

Někteří lidé jsou vůči účinkům SD odolnější než jiní. Takto odolní jedinci se v rámci výzkumu SD nazývají trototyp. Na tento typ odolného jedince se přišlo v experimentu, kterého se zúčastnilo 21 psychicky a fyzicky zdravých dospělých osob. Tito probandi podstoupili 36 hodinovou spánkovou deprivaci, při které dostávali k vyplnění každé 2 hodiny testy pro vyhodnocení pocitu únavy tzv. karolinska sleepiness scale. Pomocí vizuální analogové škály se dále zjišťovala nálada účastníků výzkumu a kognitivní výkon se zjišťoval testem psychomotorické vigilance. Ně kterým probandům se výsledky zhoršily ve všech testovaných oblastech. Oproti tomu jiným probandům zůstaly výsledky testů SD téměř nepoznamenány. Trototyp je název pro jedince, u kterého nebyly zjištěny žádné větší změny psychických funkcí. Tato praktická vlastnost je podmíněná především geneticky (Plháková, 2013; Van Dongen et al, 2004).

Genetická různorodost se tak stala významným prediktorem vulnerability spánkovou deprivací. Geny podmiňují také procesy spánkové homeostázy a cirkadiálních rytmů, které se také uplatňují při adaptaci na dlouhou dobu bez spánku (Illnerová & Kovář, 2014). Cirkadiální rytmus lze popsat jako vrozenou tendenci k pravidelným výkyvům fyziologické, behaviorální a psychické aktivity během 24 hodin (Plháková, 2013).

V rámci výzkumu kognitivních funkcí během probíhající SD byl vliv cirkadiálních rytmů pozorován v experimentu Lima a Dingense (2008), kteří zkoumali vliv SD na pozornost. Zjistili, že schopnost koncentrace variuje v závislosti na době bdění, cirkadiálních rytmech a motivace jedince neusnout.

Výsledky experimentu byly zásadní i pro další studie, neboť společně s nimi vyvstala otázka do jaké míry je omezená schopnost se koncentrovat zodpovědná i za deficity v paměťových testech nebo v testech exekutivních funkcí. Schopnost souvislé koncentrace a nepoškozeného vnímání je základním předpokladem pro správné fungování složitějších kognitivních funkcí. S rostoucí komplexností kognitivních funkcí se pak také rozrůžňují názory na příčiny jejich zhoršení za probíhající SD.

2. Působení spánkové deprivace na pozornost a vnímání

V rámci výzkumu působení SD na vnímání se experimentátoři zaměřili především změnu ve vnímání vizuálních a akustických podnětů. Tyto změny ve vnímání pak vstupují do dalších experimentů jako možná intervenující proměnná, která může zkreslit i výsledek testu na exekutivní funkce. Například je možné, že informace které by v testu exekutivních funkcí vedly k určitému úsudku, by mohly být kvůli zhoršenému vnímání opominuty.

Účastníci experimentu byly testovány pomocí jednoduchého úkolu na vnímání, při kterém se za neustálého měření EEG vysílaly zvukové podněty (tóny) z levé či pravé strany a proband měl pouze říci, odkud signál přišel. Se zvyšující se ospalostí se účastníci čím dál více dopouštěli většího množství chyb zejména v interpretaci podnětů přicházejících z levé strany. Výsledky tak prokázaly, že spánkově deprivovaní probandi přeceňovali levostranný prostor, který zvětšili a podněty, které přicházely mírně zprava, hodnotili jako by přicházeli z levostranného prostoru (Manly, Dobler, Dodds, & George, 2005).

V další studii Kendala se ale tento předpoklad přecenění levostranného prostoru u spánkově deprivovaných probandů už neprokázal. V experimentu se vyšetřoval deficit ve vizuálním vnímání pomocí krátkých záblesků objevujících se ve 150 stupňovém zorném úhlu probandů, kteří současně vypracovávali další úkoly na počítači. Přestože přibyl počet chyb při určování místa záblesku za probíhající SD, nebyl zaznamenán signifikantně vyšší počet chyb na jedné nebo druhé straně zorného pole (Kendall, Kautz, Russo, & Killgore, 2009).

V rámci výzkumů působení SD na pozornost se ukázala mnohem vyšší jednoznačnost výsledků experimentů, a sice že pozornost je SD silně ovlivňována. Náznornou ukázkou míry vlivu SD na pozornost a jemnou motoriku přinesla elegantní studie Dawsonam, ve které byl efekt prodloužené doby bdění srovnáván s vlivem alkoholu na pozornost. Probandi v tomto experimentu dostali jednoduchý úkol testující schopnosti koordinace oka a ruky, který se testoval na počítači, a participanti v něm měli pouze za úkol sledovat kurzorem myši trajektorii, jejíž směr se nedal dopředu předvídat. Tato schopnost se během 28hodinové spánkové deprivace lineárně zhoršovala (Dawson & Reid, 1997),.

Jejich výkony pak byly statisticky srovnány s výkony těch samých účastníků tentokrát už ne spánkově deprivovaných, ale se zvýšenou koncentrací alkoholu v krvi. Výsledky ukazují, že po 10 hodinách trvajících bdění je každá další hodina SD srovnatelná se zvýšením alkoholu v krvi o 0,004% až do doby 26hodinové bdění. 17 hodin bdění tak srovnatelných s 0,05% koncentrací alkoholu v krvi a 24 hodinová deprivace s 0,10% koncentrací alkoholu v krvi. Taková koncentrace alkoholu v krvi představuje povolený limit intoxikace alkoholem při řízení automobilu v některých státech USA.

Pro citlivější zachycení účinků SD na pozornost se v následujícím experimentu pro měření pozornosti používá tzv. Psychomotor Vigilance Test (PVT). PVT je jednoduchý test prováděný na počítači, který trvá 10 minut. Probandi jsou instruováni, aby se posadili a sledovali tmavou obrazovku, na které se vždy v intervalu od 2 do 10 sekund objevují světelný signál. Proband má za úkol na tento signál co nejdříve zareagovat zmáčknutím tlačítka. Doba mezi expozicí světelného signálu a zmáčknutím tlačítka se nazývá reakční čas, pomocí kterého je měřena schopnost souvislé koncentrace.

Světelných signálů stihne počítač během 10 minut vyslat velké množství, což je výhodné z hlediska kvantity obdržených dat a zvýšené citlivosti testu na změny v rámci krátkých časových úseků. Některé změny ve výkonu se totiž dají pozorovat už během jednoho testu. Podařilo se tak vysledovat tendenci zvyšujícího se počtu chyb s přibývajícím časem testování. Tento jev je nazýván Time on task efekt a dříve se soudilo, že je potřeba alespoň 30 minut dlouhý test, aby se tento efekt projevil. Při vystavení probandů vlivu SD se ale ukázalo, že se tento efekt uplatňuje čím dál viditelněji i u 10minutových úkolů a po několika dnech totální SD už probandi téměř od samého začátku testu nedokázali udržet pozornost a jejich výkon testu se rychle zhoršoval. Celkově pak výsledky experimentu vedly k následujícím závěrům:

- Spánková deprivace prodlužuje reakční čas.
- Zvyšuje se při ní počet reakcí bez podnětu a také chyb, kdy se podnět ukáže, ale proband jej nezaznamená.
- SD podporuje time on task efekt.
- Výsledky v testech pozornosti ovlivňují cirkadiální rytmy a homeostatická potřeba spánku.

V grafu (graf 1) jsou ukázané výsledky 88hodinové totální spánkové deprivace v porovnání se zkrácením spánku na 4 a 6 hodin po dobu čtrnácti dní. Jak je z tohoto grafu patrné, se snižující se dobou spánku roste počet tzv. lapsů v čase a také jejich délka. Kognitivní laps je definován jako reakční čas delší než 500 ms. Lapsy se při dlouhodobě neuspokojené potřebě spánku prodlužují až do tzv. kritických lapsů, které trvají i přes 30 sekund. Takto dlouhé lapsy nepřicházejí bez varování jako ty krátké, ale předchází jim postupně narůstající reakční čas, který ve výsledku vrcholí extrémním lapsem. Jak je vidět na grafu (graf 2), délka a počet lapsů neroste lineárně, nýbrž má tendenci v průběhu doby SD kolísat a navyšovat do značných délek postupně. Otázkou pro výzkumníky dále zůstává, jestli jsou takto dlouhé lapsy způsobené tzv. mikrospánkem, při kterém mozek vykazuje na EEG

aktivitu charakteristickou pro 1. a 2. fázi NREM spánku. U některých z delších lapsů byla taková aktivita zaznamenána, ale ne u všech (Lim & Dinges, 2008).

2.1 Matematický model regulace spánku

I když se kognitivní výkon s přibývajícím dobou bdění zhoršuje, lze u něj vyzorovat období náhlého zlepšení, které je doprovázeno dočasným zkrácením nebo úplným vymizením kognitivních lapsů. Za toto zlepšení může souhra dvou procesů, které svým společným účinkem dramaticky ovlivňují psychickou výkonnost. Interakce obou procesů byla popsána v rámci matematického modelu vytvořeném Alexandrem Borbélym (Borbély, Daan, Wirz-Justice, & Deboer, 2016).

První z procesů, který vstupuje do interakce se nazývá homeostatická potřeba spánku a zkráceně pak tzv. proces S. V bdělém stavu se v důsledku zvýšeného metabolismu kumuluje adenosin, podporující spánek, jehož průběžná produkce by mohla být tělesným korelátem Borbélyho procesu S. Jeho působení oslabuje kofein, který má schopnost spánek potlačovat. Druhým procesem je cirkadiánní proces C, který představuje rytmus biologických hodin. Homeostatická potřeba spánku je závislá na celkové době bdění, přičemž s narůstající dobou bdění se i lineárně zvyšuje homeostatická potřeba spánku (graf 3). Se zvyšující se potřebou spánku narůstá i celková únava organismu a pocit ospalosti. Naproti tomu cirkadiánní proces C je nezávislý na předešlé době spánku a projevuje se nárůstem ospalosti po setmění a zvyšovanou bdělostí po rozednění, a to nezávisle na celkové době bdění.

Dle Borbélyho je doba usnutí, délka spánku i probuzení výsledkem interakce obou procesů. Plháková (2013, str. 24) celý proces popisuje následovně: „*Tendence usnout by měla být nejsilnější v okamžiku, kdy se křivka S reprezentující nakumulovanou ospalost spojí s vlivem biologického rytmu, který večer automaticky začne s produkcí melatoninu a snížením tělesné teploty. Tendence probudit se naproti tomu vrcholí v okamžiku, kdy se uspokojená potřeba spánku, tedy křivka S, střetne s rostoucí cirkadiánní aktivitou. Jedinci, kteří z různých důvodů nespali déle než 24 hodin, zjišťují, že se druhý den ráno cítí celkem svěží, což lze vysvětlit působením vnitřního cirkadiánního oscilátoru. Pokud jsou lidé probuzeni brzy po usnutí nebo brzy ráno, bývá to pro ně poměrně frustrující zážitek, nezřídka provázený zlostnými reakcemi vůči rušiteli spánku.*“

Celá interakce těchto dvou procesů pak za normálních okolností každých 24 hodin vyústí ve spánek. Ten je však v rámci experimentů s SD často zakázán a díky tomu do interakce s procesy S a C přichází i motivační složka probanda, který má touhu neusnout, ale

oba procesy i tak působí na jeho proměnlivý výkon. Když je potřeba spánku nízká, nevzniká žádná kolize mezi motivací zůstat vzhůru a biologickými potřebami. V případě, že je jedinec vzhůru déle než 16 hodin, napětí mezi homeostatickou potřebou spánku a motivací zůstat vzhůru začne narůstat a vede ke zvýšené variabilitě výkonu (Van Dongen, Bender, & Dinges, 2012). Variabilita ve výkonu (graf 3) se v experimentu Lima projevuje proměnlivou dobou a délkou kognitivních lapsů (Lim & Dinges, 2008).

2.1.1 Působení cirkadiálního rytmu na kognitivní výkon

Lidé jsou přizpůsobeni k nočnímu spánku, jelikož noc není vhodná doba pro shánění potravy a spánek tak dovoluje šetřit energií, která bude potřeba za dne. Dle časového výskytu slunečního svitu se vyvinuly fyziologické systémy, které pracují v návaznosti na okolí, aby tak zvýšily pravděpodobnost přežití (Folkard & Rosen, 1990).

Kleitman a jeho výzkumný tým zjistili, že kognitivní výkon cyklicky variuje společně s teplotou těla. Ta během dne rytmicky kolísá podobně jako kognitivní výkon. Vysvětlil to tím, že společně s vnitřní teplotou těla se mění i svalový tonus a potažmo metabolismus buněk a mozku (Kleitman., 1987).

Tělní teplotou tedy lze sledovat do jaké míry je tělo připravené na akci a také jejím sledováním lze zprostředkovaně pozorovat i chod biologických hodin. Přítomnost a chod biologických hodin, které představují souběh mnoha rytmů, se experimentálně měří pomocí tzv. konstantní rutiny. V takovém případě jsou probandi požádáni, aby zůstali vzhůru a leželi po celých 24 hodin v prostředí, kde je konstantní teplota a osvětlení. Jejich aktivity jsou omezeny pouze na čtení, poslouchání muziky a přijímání potravy a tekutin. Tím, že vyloučíme téměř všechnu aktivitu z denního programu, lze připsat výkyvy vnitřní teploty těla chodu biologických hodin. Ze zjištění nejvyšších teplot během dne lze také usuzovat na dobu nejvyššího kognitivního výkonu. (Kerkhof & van Dongen, 2010)

Teplota těla jako ukazatel stavu cirkadiálních rytmů však jistě není jediný faktor, který ovlivňuje kolísání kognitivního výkonu. Ten totiž také souvisí s náladou, motivací a pocitem ospalosti. Zvláště důležitým aspektem v kognitivním výkonu u jednotlivých úkolů je jejich novost, kdy opakované podávání těch samých úkolů vede k rutině. Prefrontální lalok, který je zodpovědný zejména za chování směřující k cíli, se v důsledku opakování stejných a monotónních úkolů postupně snižuje svoji aktivitu, a ta se posunuje směrem k nižším smyslovým a motorickým kortikálním oblastem. (Folkard & Rosen, 1990)

Vliv cirkadiálního rytmu na kognitivní výkon je v reálném prostředí možné pozorovat při rychlém přeletu více časových pásem. Biologické hodiny se při nich nedokáží nastavit na dobu slunečního svitu cílové destinace. Narušením pravidelného rytmu biologických hodin

může dojít k propuknutí pásmové nemoci (v angličtině tzv. jet lag). Ta se projevuje sníženou kvalitou spánku, únavou a zhoršenou koncentrací. Na změnu režimu spánku si jedinec zvyká postupně a v průměru je potřeba vždy 1 den na zvyknutí si rozdílu 2 časových pásem. Než se však organismus adaptuje není zajištěna dostatečná souhra mezi biorytmem a vnějším časem (Waterhouse, Reilly, Atkinson, & Edwards, 2007).

Při přeletu osmi časových pásem na východ dosáhne teplota jedince vrcholu v 1:00 namísto 17:00 a při přeletu 8 časových pásem na západ dosáhne tělo nejvyšší teploty v 9:00. Kognitivní rytmus je paralelní k rytmu teploty těla a jeho výkyvy jsou podobné. Tím, že teplota není dostatečně nízká v době večera cílové destinace, je pro cestovatele obtížnější zahájit spánek (Kerkhof & van Dongen, 2010).

Prizpůsobení je obtížnější, pokud vnější podmínky vedou k předsunutí fáze, tj. zkracují den a cirkadiánní rytmus. Lze tím vysvětlit, proč lety ze západu na východ způsobují horší projevy pásmové nemoci než cestování z východu na západ, které den prodlužuje. Podle letového řádu je také naprostá většina cest na východ organizována jako noční lety, zatímco cesty na západ většinou začínají ve dne (Plháková, 2013).

3. Působení spánkové deprivace na učení a paměť

Při neustálé adaptaci na měnící se podmínky prostředí je významná schopnost účinně nabýt nové informace, uchovat si je a poté vybavit v případě potřeby. Výzkumy ukazují, že tyto schopnosti mohou být působením SD významně narušeny, neboť studie Walkera (2009) ukazují, že spánek má velmi důležitou roli v nevědomém zpracování a třídění čerstvě nabytých informací.

Experimentální studie ukazují, že spánek je pro dobré fungování paměti důležitý na dvou úrovních. Nejdříve, před samotným učením, kdy spánek pomáhá připravit mozek pro efektivní získávání informací a následně po učení, kdy pomáhá se zpevněním paměťových stop. Většina studií se pak zabývá především výzkumem deklarativní paměti, a ty se poté dělí na ty, které se zabývají vlivem SD na konsolidaci nových informací a dále na ty, které zjišťují, jak SD působí na zapamatování nových informací.

Deklarativní paměť je v mozku závislá na hipokampu a mediálním temporálním laloku. Působením SD se však začíná aktivace jednotlivých oblastí mozku měnit. Experimentální studie zaznamenávala změny v mozkové aktivitě při řešení paměťových testů za současného působení SD pomocí magnetické resonance. Předpoklad byl, že aktivita prefrontálního laloku bude ve srovnání s kontrolní skupinou nižší (Gillin et al., 2000).

Takový předpoklad by odpovídal Horneho prefrontální hypotéze, která tvrdí, že zhoršené jsou při SD především ty funkce, které jsou závislé na prefrontálním laloku (Horne, 1993). K nim patří především pozornost, kreativita, užívání jazyka a exekutivní funkce (Plháková, 2013). Paměť se testovala seznamem slov, které se měli probandi měli naučit a zapamatovat (free recall test). Mezi tím se zjišťovaly oblasti zvýšené mozkové aktivity pomocí funkční magnetické rezonance (dále jen fMRI). Z výsledků fMRI se navzdory předpokladům zjistilo, že při SD je prefrontální a parietální lalok čím dál více aktivní a naopak byla zaznamenána nižší aktivita uvnitř temporálního laloku. Změna schématu aktivace v průběhu SD může mít dle autorů kompenzační funkci, neboť se zvýšenou aktivací parietálního laloku se také zlepšoval u probandů výsledek v paměťovém testu (Gillin et al., 2000).

Daleko jednodušší kognitivní úkol než je vybavování si informací bez nápovědy z paměti, je rozpoznávání již dříve viděných či slyšených informací v okamžiku, kdy se s nimi znovu setkáme. Vlivu SD na rozpoznávání již dříve viděných podnětů se zaměřil výzkum Harrisona a Horneho (2000). V jejich experimentu byla výzkumné skupině po 36 hodinové spánkové deprivaci, předloženy 2 sady fotografií. Sady byly pojmenovány A a B a byly prezentovány s odstupem pěti minut. Po dalších pěti minutách pak následoval test sestávající z prezentace 48 obličejů. 24 obličejů bylo přítomných v jedné ze sad A nebo B a 24 bylo nových. Probandi měli rozpoznat známé obličejce a zařadit je buď do sady A nebo B.

Při srovnání výsledků výzkumné skupiny a skupiny kontrolní s normální dobou spánku se nezjistil signifikantní rozdíl v počtu chyb v určování známosti obličejce. Spánkově deprivovaná skupina však byla statisticky méně přesná v rozhodování, zda je prezentovaný obličej ze sady A nebo B a byla si také více jistá svými nesprávnými úsudky.

Dle autorů tento specifický efekt nemůže být způsoben pouhým zhoršením pozornosti, jelikož tím by se v první řadě zhoršila schopnost rozpoznání známých obličejů. Výzkumníci tvrdí, že zhoršení v zařazování obličejů do skupiny A a B u spánkově deprivovaných probandů se děje kvůli zhoršené funkci prefrontálního kortexu. Usuzují tak na základě srovnání svých výsledků s výsledky pacientů, kteří mají poškozený prefrontální lalok. Tito pacienti měli podobně jako spánkově deprivovaná skupina více potíží se zařazováním obličejů do sady A a B spíše než s rozpoznáváním známých obličejů.

Tento výzkum tak svými výsledky podporuje Horneho hypotézu prefrontální vulnerability.

3.1 Působení spánkové deprivace na interferenci paměťových stop

Následující studie se zabývala otázkou role hipokampu v procesu ukládání nových paměťových stop. Hipokampus je součástí spánkového laloku a pokud by se ukázalo, že je vulnerabilní vůči působení SD, znamenalo by to do určité míry popření prefrontální hypotézy, neboť by to znamenalo, že i další části mozku jsou při SD ovlivněny (Ellenbogen, Hu, Payne, Titone, & Walker, 2007).

Pro zjištění průběhu a lokace procesů, které napomáhá upevnit a utřídit nové informace, se ve výzkumu se použil test A-B-A-C. Všichni probandi dostali na naučení nejdříve seznam slov A-B. V něm jsou slova uvedena vždy ve dvojici, např. dvojice slov les - postel. Polovina probandů neměla následující noc možnost spánku a druhá polovina dodržela standardní dobu spánku. Druhý den se polovina spánkově deprivovaných probandů, a také polovina probandů s normální dobou spánku naučila interferenční seznam slov (A-C). V něm je první slovo ze dvojice vždy stejné jako v prvním seznamu A - B a druhé se liší. Z příkladu dvojice les-postel v seznamu A - B vznikla nová dvojice les – svět v seznamu A - C. Všechny skupiny byly následně testovány pouze na seznam A - B.

Skupina, která dostala za úkol naučit se pouze seznam A-B a měla klasickou dobu spánku, ukázala lehké zlepšení oproti skupině, která nespala. Efekt SD se zcela projevil až při srovnání skupin spánkově deprivované a kontrolní, které dostaly k naučení také interferenční seznam slov A-C. Probandi, kteří nespali, byli mnohem více náchylní k interferenci. Nedošlo u nich ke zpevnění nově nabytých informací a oni tak dělali více chyb (graf 4). Spánek se v tomto výzkumu projevil jako silný protektivní faktor nově nabytých informací, které jsou náchylné na narušení (Ellenbogen, Hu, Payne, Titone, & Walker, 2007).

Z biologického hlediska se tak děje především z omezené funkce hipokampu, který na konsolidaci paměťových stop pracuje převážně v době spánku. Zjištění konkrétní funkce hipokampu při procesu zapamatování se podařilo díky pozorování mozku metodou PET během denního učení. Při něm se zjistila zvýšená hypokampální aktivita, která se později opakuje i v noci a to převážně v době pomalovlnného spánku (dále jen SWS). Velikost reaktivace SWS v hipokampu je v pozitivní korelaci se zlepšením se v daném úkolu během následujícího dne (Ellenbogen, Hulbert, Stickgold, Dinges, & Thompson-Schill, 2006).

Význam zkratky SWS je odvozen z anglického termínu Slow-wave sleep, pod kterými je v současné době označováno 3. a 4. stádium spánku, kterému se souhrnně říká také pomalovlnný spánek. Objevuje se přibližně 20 minut po usnutí a je charakterizován přítomností pomalých delta vln s frekvencí menší než 2 Hz a amplitudou větší než 75

mikrovoltů. Přítomný je také pokles srdeční a dechové frekvence. V tomto stádiu spánku se u některých osob vyskytují noční děsy a náměsíčnictví. SWS je také podstatný při procesu zapojení nově získaných informací do již existujícího celku propojených informací. Konkrétně byl jeho vliv popsán v teorii synaptické homeostázy, která je popsána dále v textu (Plháková, 2013).

3.1.1 Teorie hipokampálního dialogu

Pro jednu z funkcí hipokampu v procesu získávání a uchování nových informací, byla vytvořena teorie hipokampo-neokortikálního dialogu. Tato teorie tvrdí, že hipokampus je prvotním místem, kam se paměťové stoupy ukládají. Zde však nemohou zůstat dlouho neboť hipokampus je pouze dočasným skladem paměťových stop a disponuje pouze omezenou kapacitou. Paměťové stoupy jsou tedy nejdříve závislé na kapacitách hipokampu, ale později získávají čím dál více na důležitosti nekortikální struktury, kam se úspěšně konsolidované vzpomínky přesouvají a naopak role hipokampu se u nich zmenšuje, až následně zcela zaniká (obrázek 1). Nekortikální struktury se pak stávají novým skladem pro již zkonsolidované paměťové stoupy a hipokampus tak má více prostoru pro nové informace (Walker, 2009).

Tato teorie vysvětluje, proč byly v Ellenbogenově experimentu nově nabyté znalosti ze seznamu A-B u spánkově deprivovaných tak vulnerabilní. Kvůli absenci spánku, nemohlo dojít k přesunutí znalostí do kortikální sítě (dlouhodobé paměti), což by napomohlo jejich zpevnění a oni by pak byly více odolné vůči interferenci dne (Ellenbogen, Hulbert, Stickgold, Dinges, & Thompson-Schill, 2006).

Další důsledky pro čerstvé paměťové stoupy plynou z omezené kapacity hipokampu. Pokud nedojde k nočnímu zesílení v rámci kortikálního spojení, tak se informace nestává nezávislou na hipokampu a stále využívá jeho kapacit. Tím v ní zabírá prostor a zamezuje tak plnému využití této kapacity, tolik potřebné pro ukládání nových paměťových stop (Walker, 2009).

3.2 Vliv emocí a spánkové deprivace na paměť

V rámci následujících výzkumů je popsána úzká spojitost mezi paměti a emocemi. Ukazuje se, že při působení SD se mění způsob, jakým paměť zachází s paměťovými stopami. V případě nově nabytých informací jsou většinou lépe a snadněji zapamatována ta data, které nesou emocionální náboj. Studie Walkera a Stickgolda (2006) pak zjišťovala, jestli to platí i u spánkově deprivovaných jedinců. Účastníci výzkumné skupiny nejdříve podstoupili 36hodinovou spánkovou deprivaci, zatímco účastníci kontrolní skupiny spali normálně. Po

této době všichni dostali test paměti, který zahrnoval slova s ekvivalentním zastoupením emocionálně pozitivních, negativních a neutrálních slov. Po dvou nocích spánkové deprivace výzkumné skupiny a dvou nocí spánku kontrolní skupiny, se všichni probandi vrátili do laboratoře na poznávací test. Ukázalo se, že spánkově deprivovaní jedinci si vybavili průměrně o 40% méně slov ve srovnání s kontrolní skupinou. Tedy schopnost zapamatovat si nová slova a později si je vybavit byl viditelně poznamenán nedostatkem spánku. Tento efekt SD na paměť byl již popsána v rámci experimentu Gillina (Gillin et al., 2000).

V rámci výzkumu se však ukázal i druhý efekt. Kontrolní skupině se dařilo zapamatovat více pozitivních a negativních slov než slov neutrálních (graf 5). Tento výsledek odpovídá předpokladu, že slova s emocionálním nábojem ať už pozitivním či záporným se obecně zapamatovávají lépe než slova neutrální. U skupiny, která byla spánkově deprivována, se prokázala snížená schopnost zapamatovat si pozitivní slova. Oproti kontrolní skupině zaznamenala snížení počtu zapamatovaných pozitivních slov až o 59%.

Ještě významnější je však zjištění, že zapamatování si negativních slov zůstalo na stejné úrovni jako v kontrolní skupině, respektive nebyl mezi skupinami nalezen statisticky významný rozdíl. Schopnost zapamatování si negativních slov zůstala vůči vlivu SD imunní, naopak pozitivní a neutrální slova se pamatovala hůře. To může mít v reálném prostředí za následek upřednostňování především negativních vzpomínek spánkově deprivovaným jedincem, což u něj může způsobit zhoršenou náladou, či dokonce deprese. (Walker & Stickgold, 2006).

Dlouhodobá chronická SD sebou přináší ještě další efekt na paměťové stopy s emocionálním nábojem, který se dále může projevit zhoršenou náladou. Kromě toho, že paměťové stopy s emočním nábojem přetrvávají po velmi dlouho dobu, jejich emoční náboj postupně slábne. Pokud například prožijeme něco nepříjemného a po čase si na to vzpomeneme, emoční složka nepříjemného zážitku se nám vybaví také, ale již ne v takové síle, jako tomu bylo v momentě prožitku nepříjemné situace. Zdá se, že afektivní složka vzpomínky časem slábne, aneb jak říká staré přísloví, čas všechny rány zhojí.

Pomocí zobrazovacích metod se zjistilo, že při prvotním vystavení se emocionálního podnětu, který nám vstoupí do paměti, se ve srovnání s neutrálním podnětem více aktivuje amygdala a hipokampus. U probandů, kteří si vybavili negativní zážitek z minulosti s odstupem několika měsíců se zjistilo, že aktivita hipokampu zůstala vysoká jako v době zážitku, ale aktivita amygdaly se snížila. To podporuje myšlenku, že síla vzpomínky, která je závislá na hipokampu zůstává stejná, ale přidružená emoční složka závislá na amygdale postupem času slábne. Na základě pozorování konsistentního vztahu mezi REM spánkem a

zpracováním emocí, se předpokládá, že právě tato fáze spánku poskytuje účinnou terapii. (Walker, 2009)

Předpoklad změny nálady a citového prožívání spánkově deprivovaných jedinců se ukázal v experimentu Tempesta, kde se probandům měřila subjektivně vnímaná nálada pomocí vizuálních analogových škál a výsledky ukázaly, že nálada má tendenci se v průběhu SD zhoršovat. Probandi také měli za úkol zařadit předložené obrázky do jedné ze tří skupin, na základě pocitů, které v nich vyvolávaly. Skupiny byly rozděleny na pozitivní, negativní a neutrální. Spánkově deprivovaní jedinci se nelišili od kontrolní skupiny v hodnocení pozitivních a negativních obrázků. Rozdíl mezi skupinami byl pouze v hodnocení neutrálních obrázků, které výzkumná skupina se SD více vnímala jako negativní.

Autor výzkumu přisuzuje tomuto jevu i určitou výhodu pro přežití jedince, který začne při SD neutrální podněty vnímat více jako ohrožující. Z hlediska přežití je pro něj výhodnější přecenit potencionální hrozbu, nežli podcenit nebezpečí. Kromě toho 2 noci trvající SD způsobila snížení emoční inteligence, schopnosti emočně zvládat stresové situace a tlumila pozitivní myšlení (Tempesta et al., 2010).

Do jisté míry odlišný výsledek u hodnocení pozitivních obrázků spánkově deprivovanými jedinci však přinesl experiment, který zjišťoval, jak se u probandů po 48 hodinách SD mění smysl pro humor. Ocenění vtipu je komplexní mentální činností, ke které je zapotřebí spolupráce mnoha kognitivních funkcí jako je paměť, pozornost, mentální flexibilita a schopnost zapojit emoční prožívání. Testování proběhlo pomocí prezentace série dvojice obrázků, které jsou si velmi podobné, ale jeden z nich má v sobě ukrytý humorný prvek. Proband měl vždy rozhodnout, který z dvojice obrázků se mu zdá vtipnější. Výzkumná skupina se při výběru obrázků lišila o celou jednu standardní odchylku oproti průměrnému výkonu zdravého jedince po normální době spánku. Jedné skupině byl v tomto testu podáván kofein, který zlepšil pozornost a vigilanci, ale už nezlepšil hodnocení obrázků oproti skupině, která užívala placebo, z čehož plyne, že zhoršení pozornosti a vigilance nemělo vliv na hodnocení obrázků (Killgore, McBride, Killgore, & Balkin, 2006).

V rámci změny emočního prožívání působením SD vyvstává také otázka výskytu stresu, který má také negativní vliv na paměť, zejména pak na rozpoznávání již viděných objektů. Předpokládá se, že interakce mezi spánkem a stresem je obousměrná, stres může narušit spánek a jeho špatná kvalita se může projevit na vnímání stresových událostí. Mezi nejvýraznější spánkové onemocnění spojené se stresem patří insomnie. Lidé trpící insomnií přeceňují stresory, které jsou zdravou částí populace vnímány jako malé. To v důsledku vede i k tomu, že se těmito stresory více zabývají, a to zpětně ohrožuje kvalitu spánku. Insomniaci

také často projevují symptomy úzkosti a mají zvýšenou koncentraci hormonu kortizolu, který ovlivňuje oblasti mozku zodpovědné za reakci na stresovou událost. Ve studiích se ukázalo, že vystavení se stresu zvyšuje dobu spánku a předpokládá se, že toto zvýšení je jednou z copingových strategií. Například po vystavení zvířete stresovému faktoru se prodlužuje doba, kdy nemůže usnout a poté přichází spánek, který je delší než obvykle. (Suchecki, Tiba, & Machado, 2012).

3.3 Teorie synaptické homeostázy

V nedávných výzkumech se ukázalo jaký konkrétní vliv má SWS na učení a zapamatování si nových informací. Dle modelu Tononiho a Cirela se při SWS zvyšuje množství pomalých delta vln. Ty mají za úkol zeslabit neokortikální synaptické spoje, neboť příliš silný synaptický spoj nedokáže tak snadno vytvářet nové spoje. Zeslabení již stávajících spojů je důležité zejména pro to, aby se mohla do kortikální sítě připojit čerstvá paměťová stopa. Ta je nejdříve zcela závislá na hypokampu, ale postupně se musí přesunout do neokortikální sítě, respektive do dlouhodobé paměti. Poté co se tak stane, jsou synaptické spoje v takto nově uspořádané síti znovu posilovány. Děje se tak především ve 2. stádiu spánku, které je typické výskytem spánkových vřetének (Walker, 2009).

Tento model byl podpořen i dalšími experimenty např. Hubera a jeho kolegů, kteří zjišťovali vliv spánku na procedurální paměť. Zjistil, že po naučení se nové dovednosti za dne, se zvýší množství pomalých vln v kortikálních oblastech, a toto množství vln je proporcionální ke zlepšení během dalšího dne. (Huber, Felice Ghilardi, Massimini, & Tononi, 2004).

3.3.1 Vliv Spánkové deprivace na procedurální paměť

Myšlenka, že spánek pomáhá lepšímu vhledu do struktury pravidel, je podporována i příklady slavných vědeckých objevů. Například držitel Nobelovy ceny Loewi tvrdil, že se probudil s jasnou představou, jak lze pomocí experimentu potvrdit jeho teorii chemických neuronových přenosů. Podobně Mendělejev, který vymyslel periodickou tabulku chemických prvků, tvrdil, že vzhled do struktury základních pravidel tabulky se mu vynořil ve snu.

Z těchto příkladů pak autoři následujícího experimentu usoudili, že spánek je potřebný nejen pro uchování paměťových stop, ale také k získání lepšího pochopení významu vzpomínek v celkovém kontextu, neboli vhledu.

V jejich experimentu dostal subjekt číselnou řadu, u které měl vykonávat pomocí jednoduchých pravidel sérii početních operací, které nakonec vedly k jednomu výslednému

číslu. Měřil se čas od začátku úlohy až po jeho konec, přičemž čím déle tuto úlohu probandi praktikovali, tím ji dokázali i rychleji řešit.

V početní úloze se však vyskytovalo skryté pravidlo, díky kterému nebylo potřeba k získání konečného výsledku projít celou sérií výpočtů, ale hned při druhé početní operaci mohl proband na základě znalosti tohoto pravidla ihned říci výsledek. To se pak ve výsledku projevilo dramatickým zkrácením doby výpočtu. Toto skryté pravidlo objevilo 60% probandů ze skupiny, která měli mezi nácvičkem výpočtu a samotným testováním spánek.

Na stejné pravidlo však přišlo pouze 25% účastníků, kteří museli během celého experimentu zůstat vzhůru. Spánek tedy více jak zdvojnásobil pravděpodobnost získání vhledu do celkové struktury úkolu. Celkově se tak dá říci, že spánek nemá za úkol pouze uchování a posílení paměťových stop, ale místo toho z nich extrahuje další informace, která lze využít pro snadnější pochopení či splnění úkolu (Wagner, Gais, Haider, Verleger, & Born, 2004).

Na toto téma byl proveden experiment také u 15měsíčních batolat, která sice ještě nedokáží tvořit věty, ale mají predispozici jazyk a jeho zákonitosti přijímat. Pro účely experimentu byl vytvořen umělý jazyk. Dětem byla v nácvičkové fázi řečena triáda vymyšlených slov pel-wadim-jic po čemž následovala další triáda slov pel-sion-jic. První slovo pel a poslední jic zůstávalo vždy stejné, prostřední slovo se neustále měnilo. Děti měli za úkol pochopit vztah mezi prvním a třetím slovem. Děti byly rozděleny do dvou skupin. Jedna skupina před testem nespala vůbec a druhá měla před testováním 4hodinový spánek. Ukázalo se, že všechny děti, bez ohledu na to, zda měly v programu před testováním dobu spánku, věnovaly při testu větší pozornost triádám slov, která dodržovala zákonitost pel-jic než triádám, kde se slova pel a jic společně nevyskytovala. Dokázaly se tak naučit již dříve slyšený vztah.

Děti, které šly před testováním spát, však dokázaly věnovat větší pozornost i triádám, kde se první a třetí slovo také opakovalo, ale již nešlo o slova pel a jic, ale např. vot-x-rud. Z toho autoři usuzují, že nebyla u těchto dětí naučená pouze zákonitost následnosti slov pel-jic, ale také obecné pravidlo, že první a poslední slovo spolu souvisí (Gomez, Bootzin, & Nadel, 2006).

4. Vliv spánkové deprivace na exekutivní funkce

Mezi exekutivní funkce jsou řazeny kognitivní procesy zodpovědné za samostatné a účelné jednání člověka. Do této kategorie patří všechny kognitivní procesy, které v sobě zahrnují kontrolu a koordinaci akcí směřujících k cíli. Patří sem i schopnost se soustředit na

dosažení cíle, a zároveň ignorovat irelevantní informace, které nejsou pro dosažení cíle podstatné. Samotné slovo exekutivní se překládá jako výkonnostní neboli řídicí. Exekutivní funkce jsou zprostředkované prefrontálním lalokem (“Exekutivní funkce”, 2015).

Při SD se mění aktivita prefrontálního laloku, což by se mělo obecně projevit zhoršením exekutivních funkcí.(Horne, 1993) Tento předpoklad však nebyl v rámci výzkumů jednoznačně prokázán. Existuje studie, které potvrzují vliv SD na exekutivní funkce (Drummond, Paulus, & Tapert, 2006). Jejich závěry byly zpochybněny v rámci dalších studií, především pak v experimentu Tuckera a jeho kolegů. Otázkou nakonec zůstává, proč některé exekutivní funkce jsou zhoršeny, zatímco jiné zůstávají během SD nezměněny (Dixit & Mittal, 2015).

4.1 Vulnerabilita inhibiční funkce

Schopnost potlačit v sobě určité chování a rozhodnout se jednat jiným způsobem je kritický aspekt exekutivních funkcí. Mnohokrát opakované, a tak zautomatizované chování může být za určitých podmínek výhodné z hlediska adaptace na situaci, ale za jiných okolností je lepší se tohoto chování vyvarovat a inhibovat jej.

Barkley (1997) rozdělil inhibiční chování do tří typů, které jsou ve vzájemném vztahu. Tyto typy jsou:

- 1) inhibice předurčené či převažující odpovědi na určitý stimul
- 2) cílená změna již probíhající reakce
- 3) kontrola interference.

Jednotlivé typy se testují odlišnými testy. První typ se obvykle testuje pomocí Go/ No go testu, druhý typ rychlým střídáním dvou úkolů (shift task test) a třetí typ Stroopovým testem. Z rozdělení chování do jednotlivých typů se také nabízí možnost, že nemusí být ovlivněn SD globálně, ale jednotlivé typy mohou být při SD ovlivněné v různé míře (Berlin, 2003).

První typ inhibičního systému zahrnuje 2 kognitivní systémy. Nejdříve je potřeba věnovat pozornost přicházejícímu stimulu a následně je nutné potlačit naučenou a zautomatizovanou odpověď na tento stimul. Slabá inhibiční funkce se často objevuje např. u schizofreniků, uživatelů drog a lidí s hyperaktivní poruchou (Berlin, 2003).

V experimentu Drummonda se schopnost inhibice již zautomatizované reakce na stimul měří Go/ no Go testem. Probandi sedí před počítačem, na kterém se objeví vždy jeden ze čtyř možných obrázků. První tři obrázky zleva představují tzv. go stimuly a proband má za úkol na ně reagovat zmáčknutím tlačítka. Poslední obrázek reprezentuje tzv. stop stimul,

proband musí svoji reakci potlačit a nereagovat. Obrázky, na které se má reagovat se objevují častěji, čímž se nacvičí a zautomatizuje odpověď na stimul. Jen občas se objeví obrázek, na který proband reagovat nemá a v té chvíli se testuje jeho schopnost inhibice automatické odpovědi, která je zprostředkována prefrontální oblastí mozku. Tato oblast ukazuje sníženou metabolickou aktivitu během spánkové deprivace, a proto lze očekávat i zhoršení v této specifické schopnosti během SD. Go stimuly měří podobně jako PVT test reakční čas, potažmo schopnost se koncentrovat.

Pozornost je nutné neustále kontrolovat neboť ve výzkumech SD vždy vnáší do experimentu otázku, zda právě díky jejím výpadkům nedochází také k úpadku exekutivních funkcí během SD. Experimentátoři se museli znovu vypořádat s touto intervenující proměnou, a zatímco v jiných studiích se používalo kofeinu ke zvýšení pozornosti, v tomto experimentu se pomocí jediného testu měřila pozornost a současně schopnost inhibice naučené odpovědi.

Drummond a kolegové studovali efekt dvoudenní spánkové deprivace. Schopnost odpovědět správně na go stimuly nebyla především během první noci SD ovlivněna, ale schopnost nereagovat na No Go stimuly se začala už během prvního dne SD zhoršovat. Schopnost inhibovat nechtěné reakce se snižovala dříve oproti relativně zachovalé schopnosti rychle odpovídat na jakýkoliv stimul, což poukazuje na nenarušenou pozornost.

V závěru pak autoři diskutují možné interpretace výsledků, přičemž jejich závěr je, že schopnost reagovat na stimul a schopnost jej inhibovat jsou dva odlišné kognitivní systémy, které jsou oba zprostředkované prefrontálním lalokem. Drummond však podotýká, že i prefrontální lalok se skládá z mnoha dalších podoblastí, které mohou být různě ovlivnitelné SD (Drummond, Paulus, & Tapert, 2006).

Následující experiment zjišťoval vliv SD na druhý typ inhibičního systému. Experiment probíhal v rámci jednoho úkolu pomocí rychlých změn pravidel, který se týkal vždy stejného stimulu. Na počítači se objevilo číslo a probandi měli buď rozhodnout jestli je liché nebo sudé nebo měli rozhodnout, jestli číslo na obrazovce je vyšší než 5. Tyto dvě úlohy se mezi sebou náhodně přepínaly, aniž by proband věděl, jaký úkol bude řešit v souvislosti s dalším stimulem. Ve srovnání s probandy, kteří spali normálně, byl zjištěn deficit ve schopnosti rychle přecházet z jednoho úkolu na druhý. Mezi stimuly, u kterých byla měněna pravidla, se objevily prostoje. Ty se však neobjevily, pokud se změnou stimulu nepřišla i změna pravidel. Zhoršení tedy nebylo zapříčiněné nedostatečnou pozorností. (Couyoumdjian et al., 2010)

V následujícím experimentu byl testován třetí typ inhibiční funkce, který se testoval Stroopovým testem. Interference ve Stroopově testu vzniká v důsledku automatické reakce

při čtení slov, která je dominantnější a rychlejší než pojmenování barev, na které se tak musíme více soustředit. Probandi v experimentu byli testováni po 12 hodinách SD a ještě jednou po 24 hodinách SD.

V testu byl tvar slov rozdělen do tří skupin. První skupina představovala slova kongruentní, ve které byly názvy barev shodné s barvou, kterou byly napsány. V tzv. inkongruentní skupině byly názvy barev napsané odlišnou barvou, např. červená byla napsána barvou modrou. Poslední je neutrální skupina, kde se vyskytoval jednotný výraz XXX, u kterého se pouze měnila barva.

Výsledky experimentu ukazují, že reakční čas se při čtení slov u SD probandů celkově prodlužoval, ale rozdíl mezi reakčním časem u neutrálních, kongruentních a nekongruentních slov se neprohluboval. Prodloužení reakčního času pak autoři přičítají snížené pozornosti v důsledku SD a globálnímu zpomalení mentálních procesů. Celkový závěr studie pak autoři výzkumu vztáhli i na další exekutivní funkce, neboť tvrdí, že SD sice může zpomalit reakce a motorické funkce, ale exekutivní funkce zůstávají SD nepoznamenány. (Dixit & Mittal, 2015)

4.2 Tuckerova studie exekutivních funkcí

Tucker se ve svém experimentu chtěl vyhnout situaci, kdy by obtížně interpretoval své výsledky. I v případě, že by testy na exekutivní funkce přinesly pozitivní výsledky o jejich změně, nemusela by být zodpovězena otázka, zda jsou opravdu narušené exekutivní funkce nebo se do výsledků také promítly snížená pozornost, schopnost si informace zapamatovat či změny ve vnímání.

Cílem Tuckerovi studie bylo zjistit, jaké změny se odehrávají u exekutivních funkcí a nikoliv u dalších kognitivních funkcí, které jsou k úspěšnosti v testech také potřeba, ale nespádají pod exekutivní funkce. Popsal tak všechny kognitivní funkce, které se podílí na výkonu v testech exekutivních funkcí a rozdělil je do dvou skupin, na exekutivní a doplňkové kognitivní funkce (tabulka 1).

Jednou z testovaných exekutivních funkcí byla pracovní paměť. Konkrétně se testovala exekutivní komponenta pracovní paměti, a sice schopnost účinně načítat informace do pracovní paměti. Testování proběhlo pomocí modifikovaného Sternbergova testu a výzkumná skupina se jím nechala testovat po 51 hodinách SD. Samotné testování proběhlo pomocí prezentace seznamu s dvěma položkami. Po jeho odebrání následovalo jediné slovo, o kterém měli probandi říci, jestli se v seznamu také vyskytlo. Mezi tím, co se probandi rozhodují, se

jim počítá reakční čas. Poté následuje seznam se čtyřmi položkami a stejný úkol (Tucker, Whitney, Belenky, Hinson, & Van Dongen, 2010).

Čas potřebný k rozhodnutí se zároveň prodlužuje s prodlužováním paměťového seznamu. Každá nová položka prodlužuje proces vybavování o pevně určenou dobu, jedná se přibližně o 40 milisekund (Atkinson, 2003).

S přibývajícím počtem položek na seznamu se také prodlužuje reakční čas probanda. Čím více se při reakční čas prodlužuje oproti uvedeným 40 ms na položku, tím se také snižuje schopnost účinně nabýt informace do pracovní paměti a poté je využít (graf 5).

Reakční čas, který je potřebný navíc při přidání další položky do seznamu (40 ms), se oproti kontrolní skupině, která měla normální dobu spánku, významně neprodloužil. Z toho poté autoři výzkumu usoudili, že exekutivní složka pracovní paměti, tedy schopnost účinně načíst položku do pracovní paměti nebyla narušena. (Tucker, Whitney, Belenky, Hinson, & Van Dongen, 2010)

Relativní odolnost pracovní paměti vůči vlivu SD může být do určité míry podpořen i studii zabývajícími se jejím účinkem na konvergentní myšlení. Tento typ myšlení není dle studií nikterak výrazně ovlivněn, a přitom pro jeho správné fungování je třeba i pracovní paměti, neboť jak píše Atkinson (2003), pracovní paměť se používá nejen při řešení početních úloh, ale také při řešení široké škály komplexních problémů. Příkladem jsou geometrické analogie, které se používají při testech inteligence. Pracovní paměť rovněž uchovává a zpracovává informace, které jsou zapotřebí při řešení problému, a proto je nesmírně důležitá při myšlení. Čím lepší má člověk pracovní paměť, tím lepe zvládá řešení takových problémů.

Tento typ myšlení zahrnuje hledání souvislostí v kontextu známých informací, ze kterých lze usoudit na správné řešení. Harrison a Horne, zjistili, že kognitivní procesy zahrnuté do řešení logických problémů nejsou SD narušeny. Tedy komplexní kognitivní procesy, kvantifikovány pomocí IQ testů, logické a kritické usuzování nejsou významně zhoršené i po 2 nocích spánkové deprivace.

Autor experimentu Horne (2010), který je zároveň i autorem hypotézy prefrontální vulnerability zvažoval možnost, že konvergentní myšlení je závislé na prefrontální kůře méně než jiné exekutivní funkce, a proto vykazuje menší deficity při SD.

Dalším testem v Tuckerově experimentu se zkoumal efekt proaktivní interference u spánkově deprivovaných jedinců. Probandi dostali seznam 12 položek, ze kterého si měli vybavit 4 položky buď ze začátku, prostředku či z konce seznamu.

Poté dostali k naučení také interferenční seznam, na kterém byly některé položky stejné a jiné změněné, čímž se testoval právě vliv proaktivní interference.

Účastníkům experimentu, kteří byli po 52 hodinách SD, se paradoxně zlepšil výsledek ve vybavování si položek z prvního seznamu, na který již působil vliv proaktivní interference. Nebyl tedy zhoršen počet chyb zaviněných interferenčními podněty a v závěru ani zde nebyla exekutivní složka kognitivního výkonu ovlivněna SD.

S obdobným výsledkem dopadl i test verbální fluence. V něm bylo probandům zadáno písmeno, na které měli vymyslet co nejvíce slov za jednu minutu. Procedura je opakována pro dvě další písmena a celkově jsou uskutečněny tři pokusy.

Pro každý pokus je připravena jiná triáda písmen, která vypadala následovně F-A-S, P-R-W a C-L-F. V rámci tvoření slov většina jedinců navazuje na předchozí slovo obdobným slovem, které zní podobně jako předešlé slovo, či s ním má první 2 písmena společná. Utváří se tak skupiny podobných slov. Průměrný počet slov v jedné skupině slov se připisuje neexekutivním funkcím. Počet přechodů z jedné skupiny slov do druhé je připisován exekutivním funkcím a představuje kognitivní flexibilitu a schopnost mentálního přechodu z jedné kategorie do druhé.

U výzkumné skupiny, která neměla možnost spánku, se ukázalo snížení průměrného počtu slov v rámci jedné skupiny a naopak se zvýšil počet přechodů mezi jednotlivými kategoriemi, což ukazuje na zachovalou exekutivní funkci.

Tucker na základě svého experimentu soudí, že exekutivní složka kognitivních funkcí není ovlivněna SD. (Tucker, Whitney, Belenky, Hinson, & Van Dongen, 2010)

Metodologická část

5. Úvod

Návrh výzkumu svým obsahem a strukturou navazuje na experiment Brookse a Lacka (2006). Tento experiment se zabýval účinky různých délek spánku neboli napu na kognitivní funkce, přičemž se zjistilo, že dvacetiminutový nap přináší velké množství výhod a doba ospalosti po vzbuzení je oproti delším napům výrazně kratší.

V jejich experimentu však byly účinky napu zjišťovány u spánkově deprivovaných probandů pouze srovnáním výsledků v kognitivních testech prováděných krátce před napem a po něm.

Dále navazuje na experimenta Lima s Dingense (2008), kteří zjistili, že po 14 dnech zkráceného spánku na 4 nebo 6 hodin se objevuje deficit v pozornosti. V PVT testu se tento deficit projevuje zvyšujícím se počtem a prodlužující se délkou kognitivních lapsů. Jejich experiment je podrobně popsán v první kapitole literárně-přehledové části.

Tyto dva experimenty představují teoretické východisko pro metodologickou část, provedenou podle následujícího plánu:

- přípravná fáze (definice cíle výzkumu, stanovení hypotéz, stanovení výběru vzorku a jeho velikosti, navrhnutí design výzkumu, zabezpečení etiky výzkumu)
- použitý test kognitivních funkcí
- analýza a interpretace získaných dat
- závěrečná diskuse

6. Přípravná fáze

6.1 Cíl výzkumu

Cílem projektu je navázat na tento výzkum s již ověřeným předpokladem, že dvacetiminutový nap má pozitivní účinky na testovanou kognitivní funkci (Brooks & Lack, 2006). Již se nebudu zabývat účinkem rozdílných délek napu a experimentuji pouze s dvacetiminutovým obdobím spánku. Ten, jak bylo zjištěno má pozitivní účinky na kognitivní výkon (Brooks & Lack, 2006).

V rámci návrhu svého výzkumu bych chtěl položit výzkumnou otázku, zda je pozitivní účinek napu natolik silný, že dokáže dočasně eliminovat efekt částečné spánkové

deprivace na testovanou kognitivní funkci. Proto, abychom mohli testovat účinek napu na kognitivní funkce po částečné spánkovou deprivací, je nutné v rámci experimentu zkrátit spánek natolik, aby SD měla možnost vzniknout. Výzkum tak bude rozdělen do třech hlavních částí. Testování kognitivního výkonu před částečnou spánkovou deprivací, po spánkové deprivace a následně ještě jednou po napu. Pokud má nap velmi pozitivní účinek na kognitivní výkon, pak se nebudou lišit výsledky testů před spánkovou deprivací a po napu. To je předpoklad, jehož správnost se bude zjišťovat testováním hypotéz.

Testovanou kognitivní funkcí bude pozornost, neboť výzkumy ukazují, že je velmi citlivá na působení spánkové deprivace (Lim & Dinges, 2008). Další předpoklad, který bude testovaný pomocí hypotézy je, že vlivem zkráceného spánku se začnou ve zvýšené míře objevovat kognitivní lapsy. Tento předpoklad byl potvrzen u jednodenní totální spánkové deprivace, zde však bude zachována dvouhodinová doba spánku.

Pokud by se ve výsledcích prokázaly změny k horšímu v testech pozornosti vlivem spánkové deprivace, a také následně pozitivní změny ve smyslu dosažení signifikantně lepšího skóre po účinku dvacetiminutového napu, pak lze tvrdit, že tato kognitivní funkce je extrémně závislá na době spánku. V tomto výzkumu se zaměřuji na pozorování probíhajících změn samotné kognitivní funkce v závislosti na době spánku.

6.2 Typ šetření

Pro tento typ výzkumu je zvolena metoda jednoduchého experimentu. Při jednoduchém experimentu se pracuje s pouze jednou skupinou zkoumaných osob. Tím se také zpracovává menší objem dat a na provedení výzkumu tak stačí méně času.

Schéma navrhnutého experimentu je následující: Pretest 1>SD > test2 > nap > test3

6.3 Výzkumný vzorek

Účastníci výzkumu budou vybíráni metodou sněhové koule, pomocí vyhlášky rozeslané na e-mail lidem, kteří dle autora experimentu pravděpodobně splňují výběrová kritéria. V e-mailu je napsaná žádost o zaslání e-mailu dalším lidem, které by mohli mít zájem o účast na výzkumu. Ve vyhláše bude nabízena finanční odměna 3 000 Kč za účast na experimentu, a současně v ní budou uvedeny podmínky přijetí do experimentu. Vhodné podmínky jsem určil na základě podmínek stanovených u výzkumu zkoumající vliv napu a spánkové deprivace. (Brooks & Lack, 2006).

Inzerát by vyzýval k účasti muži a ženy ve věku 20 až 35 let, kteří nekouří cigarety či neužívají žádné léky a návykové látky. Mají dobrou kvalitu spánku, usínají pravidelně do 30 minut po ulehnutí na lůžko a nejsou navyklí na krátký spánek během dne. Ti, kteří by

odpověděli na e-mail zasláním žádosti o účast na mail experimentátora, by dostali termín předběžné schůzky, která by se konala v dostatečně vzdáleném termínu, aby bylo shromážděno co nejvíce účastníků.

Na informativní schůzce by byly vysvětleny cíle a průběh experimentu, dále by byl vyplněn dotazník s odpověďmi ano/ne. Pomocí dotazníku by se zjišťovalo, jestli je jedinec vhodný pro výzkum, tedy zda nekouří, netrpí psychickou poruchou, neužívá pravidelně léky ani drogy, běžně usíná do třiceti minut po ulehnutí, nepije více než tři šálky kávy denně a není zvyklý na krátký spánek během dne.

Dále by participanti vyplňovali Beckovu sebesuzovací škálu deprese, pro vyloučení depresivních jedinců. Dotazník obsahuje 13 položek a jako depresivní jsou označováni lidé, kteří v tomto dotazníku přesáhnou normu 9 bodů („Beck Depression Inventory”, 0016AD).

Všichni z probandů mají obvyklou dobu spánku 7-8 hodin, chodí do postele mezi 11. hodinou a půlnocí a mají dobrou kvalitu spánku. Ta by se zkoumala pomocí dotazníku The Pittsburgh Sleep Quality Index, ve kterém skóre přesahující 5. bod značí špatnou kvalitu spánku. Ti, co by měli skóre vyšší než 5, by byli z účasti na experimentu vyloučeni („Sleep Quality Assessment (PSQI)”, 2016).

Pokud by již při 1. informativní schůzce nebylo získáno 50 probandů, musel by se konat i další termín, dokud by nebylo dosaženo vhodného počtu probandů. Poté by probandi byli rozděleni do 10 skupin, každá z nich by obdržela jiný termín dne experimentu.

Dalšími instrukcemi pro účastníky experimentu je vyhnoutí se pití alkoholu a kávy tři dny před začátkem experimentu, těžkému obědu den před začátkem experimentu a vyhnoutí se jakékoliv těžké mentální a fyzické aktivitě půl dne před začátkem experimentu.

7. Návrh experimentu

Výzkum bude probíhat experimentální metodou, přičemž časová souslednost podstatných částí výzkumu bude následující. Nejdříve proběhne pretest kognitivních funkcí u dostatečně vyspalých jedinců. Tím se získají vstupní data o výkonech v testech pozornosti jednotlivých probandů. Doba pretestu je naplánována na 16:00. Poté následuje spánek, který bude probíhat od 5:00 do 7:00. Dobou spánku se od studie Brookse a Lacka (2006) i Lima a Dingense (2008) liším.

Druhé testování proběhne v 14:00, kdy bude zadán totožný kognitivní test jako u prvního testování. Poté budou mít probandi nenáročný program, vyplněný čtením, posloucháním klidné hudby atd. Od 14:40 do 15:00 je naplánován dvacetiminutový spánek a v 16:00 hodin proběhne třetí testování. Tím, že první a třetí doba testování je naplánovaná na

16:00 se vyhneme vlivu cirkadiálního rytmu jako intervenující proměnné. Tato časová následnost krátkého spánku a testování je stejná jako v experimentu Brookse a Lacka. Testování 1 hodinu po vzbuzení se z dvacetiminutového spánku je vybráno z důvodu postupného náběhu účinku napu. Dle Brookse a Lacka (2006) se benefity dvacetiminutového napu projeví 35 minut po vzbuzení a trvají 125 minut

Testována je jediná výzkumná skupina složená z 50 jedinců. Každý jedinec je pak srovnáván sám se sebou, respektive se zjišťuje rozdíl mezi výsledky každého jedince v jednotlivých dobách testování.

Nábor účastníků by byl zajištěn ještě před začátkem experimentů. Poté, co by bylo dosaženo 50 účastníků experimentu, kteří by byli ochotni se zúčastnit experimentu a zároveň by splňovali všechny nároky, by byly vytvořené desetičlenné skupiny. Každá skupina by měla jiný termín dnu experimentu. Experiment by se konal každý týden a v jednom týdnu by bylo vyšetřeno vždy 5 jedinců. Celkově by pak experiment trval 10 týdnů a celkově by byla získána data od 50 účastníků.

Experiment by probíhal ve spánkové laboratoři, která má 5 oddělených místností ke spánku s postelí a elektroencefalogramem (dále jen EEG). Pomocí EEG by byla zjišťována přesná doba usnutí a vzbuzení. V laboratoři by byla konstantní teplota 22 °C a osvětlení 50 luxů. Na dobu spánku by bylo úplně zhasnuto. Probandi by také neměli k dispozici žádné externí ukazatele času.

Účastníci by ulehali do postelí v 13:30. Ti, kteří by nebyli schopni do 30 minut usnout, což by se projevilo na záznamu EEG, by byli z následujícího průběhu experimentu vyloučeni. Vzbuzení by proběhlo v 7:00, pomocí 5 asistentů, kteří by zajistili, že všichni účastníci budou v 7:05 vzhůru. Poté následuje snídaně a program s nízkou fyzickou a psychickou aktivitou, ve kterém by účastníci měli dovoleno si číst, luštit křížovky a povídat si mezi sebou. Oběd je naplánován na 12:00. V 14:00 by proběhlo další testování. V 14:30 by se zhasínala světla v jednotlivých pokojích a účastníci by měli 10 minut na usnutí. Dle EEG by se zjišťovalo, kdy se tak stalo a poté by probíhala doba 20 minut spánku, po které by byli účastníci vzbuzeni asistenty, voláním na účastníka experimentu jeho jménem. V 15:04 by již měli být všichni účastníci vzhůru. Pak by následoval volný program opět však nezatížený žádnou větší psychickou a fyzickou aktivitou. V 16:00 by proběhlo třetí testování. Po něm by byla účastníkům zaplacená finanční odměna, a mohli by odejít domů. V rámci výzkumu by tak od účastníků byla získána data ze třech období. Před spánkovou deprivací, po spánkové deprivaci a po napu.

8. Použitý test

8.1 PVT

Pomocí tohoto testu je zjišťována schopnost se soustředit na úkol. Test by celkově trval 5 minut. V intervalu od 2 do 9 s se na počítači objeví signál, na který musí proband reagovat stisknutím tlačítka myši. Poté se mu ukáže reakční čas, který slouží jako motivační složka, oživující jinak monotónní úkol. Hodnotí se počet reakčních časů delších než 500 ms. Takto dlouhé reakční časy a delší jsou označovány jako kognitivní lapy, neboli chyby z nepozornosti. Chyby z unáhlenosti, tzv. falešné poplachy, kdy proband zmáčkne tlačítko, aniž by se objevil signál, nebudou hodnoceny („Psychomotor vigilance task“, 2014).

9. Zpracování získaných dat

Probandi budou v pretestu 1 testováni. V pretestu 1 dosáhne každý proband určitého počtu kognitivních lapsů. Poté budou znovu otestováni v testu 2 a v testu 3, jak je popsáno výše. Počet kognitivních lapsů bude pro každého probanda zaznamenán do jednoho řádku (tabulka 2)

Následně budou zkoumány níže popsané hypotézy:

1. H_0 : Objevilo se zhoršení výsledků mezi testem 1 a testem 2 (více kognitivních lapsů v testu 2 než v testu 1)

H_1 : non H_0 (alternativní hypotéza popírá výše uvedenou nulovou hypotézu, tzn., že bodů bylo dosaženo stejně anebo v testu 2 jich bylo dosaženo méně než v pretestu 1, pro použití v níže uvedených testech však nulové hypotézy upravíme do použitelných tvarů oboustranného testování: H_0 říká, že není rozdíl v bodech mezi pretestem 1 a testem 2, H_1 říká, že počet lapsů v pretestu 1 < počet lapsů v testu 2, takže pak přeformulováním na jednovýběrový test z párového dvouvýběrového $H_1: d_i < 0$

2. H_0 : Objevilo se zlepšení výsledků mezi testy 2 a 3 (méně lapsů v testu 3 než v testu 2),

H_1 : non H_0 , pro testování si je upravme: nulová hypotéza H_0 říká, že není rozdíl v počtech lapsů mezi testem 2 a 3, alternativní hypotéza H_1 říká, že počet lapsů z testu 2 > počet lapsů v testu 3, použijeme $H_1: d_i > 0$

3. H_0 : Není rozdíl mezi výsledky v pretestu 1 a testu 3 (probandi měli statisticky stejný počet lapsů v testu 1 a testu 3)

H_1 : non H_0 , zde není třeba přeformulovat, a použijeme $H_1 : d_i \neq 0$

Zhoršení/zlepšení výsledků je zde chápáno ve statistickém smyslu, vzhledem ke zvolené hladině významnosti (alfa, často volenou 5 % nebo 1 %) počet kognitivních lapsů v jednom testu se bude vzhledem k počtu lapsů u jiného testu statisticky odlišovat, a pravděpodobnost toho, že se v tomto mýlíme, bude právě nejvýše rovna hladině významnosti.

9.1 Testování hypotéz

K testování výše uvedených hypotéz navrhuji neparametrické (párové) testy. Zdůvodnění jejich použití je v našem případě z důvodu ordinálního charakteru dat (stupnice hodnocení 1, 2, 3... apod.), a navíc není zaručena normalita dat. Vzhledem k párovým datům (pro každého probanda máme vždy 2 čísla – počet kognitivních lapsů, které chceme porovnat), použijeme znaménkový či Wilcoxonův test pro dva závislé soubory (neboli pro zpárovaná data). V této situaci použijeme neparametrické testy pro hodnoty, kde x_i jsou měření – počet kognitivních lapsů v prvním výběru (testu) a y_i jsou odpovídající měření ve druhém výběru. Předpokládáme, že rozdíly d_i mají symetrické rozdělení. Pro hodnoty d_i testujeme hypotézu, že jejich teoretické rozdělení má nulový průměr nebo medián, znaménkovým nebo Wilcoxonovým již jednovýběrovým testem, tím, že jsme spočetli jednotlivá d_i , jsme párový test převedli na jednovýběrový test.

Znaménkový jednovýběrový test (mediánový test) – všimá si směru odchylky měření od předpokládaného mediánu, při nulové hypotéze předpokládáme symetrické výchylky oběma směry, jak do kladných, tak i záporných hodnot. Jedná se o rychlý test, je ale slabší než Wilcoxonův test. Je jakousi náhradou za parametrický t-test

Test provedeme podle **přesného znaménkového testu**, v němž využijeme tabulky binomického rozdělení pro hodnotu Z^+ , nebo provedeme **asymptoticky platný znaménkový test** na základě aproximace pomocí normálního rozdělení náhodné proměnné. Testovací statistika má pak místo Z^+ jiný tvar, tento test lze uplatnit pro n větší než 25, což předpokládáme i v našem případě, pro test navrhujeme cca 50 probandů. (Hendl, 2009),

Hypotézu H_0 nezamítáme, jestliže testovací statistika Z leží uvnitř intervalu, při jednostranné variantě testu (např. $H_1: d_i < 0$, nebo naopak $H_1: d_i > 0$) srovnáváme danou statistiku s kritickou mezí, konkrétně, při $H_1: d_i < 0$, H_0 zamítáme, pokud H_0 nezamítáme,

pokud výše uvedená nerovnost neplatí. Při $H_1:d_i>0$, H_0 zamítáme, pokud H_0 nezamítáme, pokud výše uvedená nerovnost neplatí.

- Spočteme rozdíly d_i
- Nulová hypotéza $H_0:d_i=0$ (počet lapsů se v testech neliší), alternativní hypotéza $H_1: \text{non } H_0$ (získané body se v testech liší)
 Z^+ bude počet d_i s kladným číslem, Z^- bude počet d_i se záporným číslem, vynecháme všechna $d_i=0$, součet $Z^+ + Z^- = n$
- Obě hodnoty Z mají při platnosti nulové hypotézy ($H_0:d_i=0$, získané body se v testech neliší) binomické rozdělení s parametry n a $0,5$. Test provedeme podle **přesného znaménkového testu**, v němž využijeme tabulky binomického rozdělení pro hodnotu Z^+ (Hendl, 2009), nebo provedeme **asymptoticky platný znaménkový test** na základě aproximace pomocí normálního rozdělení náhodné proměnné. Testovací statistika má pak místo Z^+ jiný tvar $z = \frac{2Z^+ - n}{\sqrt{n}}$, tento test lze uplatnit pro n větší než 25, což předpokládáme i v našem případě, pro test navrhujeme cca 50 probandů.
- Hypotézu H_0 nezamítáme, jestliže testovací statistika z leží uvnitř intervalu $\pm z_{\alpha/2}$, při jednostranné variantě testu (např. $H_1: d_i < 0$, nebo naopak $H_1: d_i > 0$) srovnáváme danou statistiku z s kritickou mezí $\pm z_{\alpha}$, konkrétně, při $H_1: d_i < 0$, H_0 zamítáme, pokud $z \leq -z_{\alpha}$, H_0 nezamítáme, pokud výše uvedená nerovnost neplatí. Při $H_1: d_i > 0$, H_0 zamítáme, pokud $z \geq z_{\alpha}$, H_0 nezamítáme, pokud výše uvedená nerovnost neplatí.

Wilcoxonův jednovýběrový test - je silnější než znaménkový test, předpokládá symetrické spojitě rozdělení dat. Pokud budeme mít například stupnici hodnocení dostatečně hustou, dalo by se o tomto testu také uvažovat. Běžně se však používá i pro nespojitá rozdělení, je častým výstupem statistických softwarů. Opět je jakousi obdobou parametrického t-testu.

- Spočteme rozdíly d_i
- Nulová hypotéza $H_0:d_i=0$ (získané body se v testech neliší), alternativní hypotéza $H_1: \text{non } H_0$ (získané body se v testech liší)

- Uvedené rozdíly d_i seřadíme od nejmenší hodnoty po největší, bez ohledu na znaménko a daným hodnotám přiřadíme tzv. pořadí, počínaje 1, pak 2 apod. Pokud existují dvě či více stejných hodnot, přiřadíme jim tzv. průměrné pořadí.
- Sečteme tzv. kladná pořadí T^+ a záporná pořadí T^-
- Pokud platí nulová hypotéza, měly by být součty T přibližně stejné, a mít přibližně hodnotu $\frac{n(n+1)}{4}$. **Přesný Wilcoxonův test** provedeme opět pomocí tabulek, (Hendl, 2009), nebo při větším počtu probandů použijeme **aproximaci normálním rozdělením** pro statistiku $z = \frac{T^+ - E(T)}{\sigma(T)}$, kde střední hodnota $E(T) = \frac{n(n+1)}{4}$ a směrodatná odchylka $\sigma(T) = \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}$
- Hypotézu H_0 nezamítáme, jestliže testovací statistika z leží uvnitř intervalu $\pm z_{\alpha/2}$, při jednostranné variantě testu (např. $H_1: d_i < 0$, nebo naopak $H_1: d_i > 0$) srovnáváme danou statistiku z s kritickou mezí $\pm z_{\alpha}$, konkrétně, při $H_1: d_i < 0$, H_0 zamítáme, pokud $z \leq -z_{\alpha}$, H_0 nezamítáme, pokud výše uvedená nerovnost neplatí. Při $H_1: d_i > 0$, H_0 zamítáme, pokud $z \geq z_{\alpha}$, H_0 nezamítáme, pokud výše uvedená nerovnost neplatí.

9.1.1 Testování první hypotézy

Asymptoticky platným znaménkovým testem:

- Nulová hypotéza: $H_0: d_i = 0$
- Alternativní hypotéza $H_1: d_i < 0$
- Zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$
- Spočteme rozdíly $d_i = x_i - y_i$ mezi kognitivními lapsy v pretestu 1, značené jako x_i a počtem kognitivních lapsů v testu 2, značené jako y_i
- Z^+ bude počet d_i s kladným číslem, Z^- bude počet d_i se záporným číslem, vynecháme všechna $d_i = 0$, součet $Z^+ + Z^- = n$
- Testovací statistika má tvar $z = \frac{2Z^+ - n}{\sqrt{n}}$, při n větší než 25
- Při $H_1: d_i < 0$ H_0 zamítáme, pokud $z \leq -z_{\alpha}$, a nebo H_0 nezamítáme, pokud výše uvedená nerovnost neplatí.

- Kritický kvantil $z_{0,05} = 1,645$ známe z tabulek.
- Závěr: Pokud jsme nulovou hypotézu H_0 nezamítli, pak zatím zůstává v platnosti, že nedošlo ke zhoršení mezi pretestem 1 a testem 2, pozor, to není důkaz o platnosti H_0 , jen jsme nenašli dostatek statistických argumentů, abychom tvrzení H_0 zamítli. Pokud jsme nulovou hypotézu H_0 zamítli, pak přijmeme alternativní hypotézu H_1 o tom, že skutečně ke zhoršení mezi pretestem 1 a testem 2 došlo.

Podobně můžeme test provést Wilcoxonovým s aproximací normálního rozdělení:

- Nulová hypotéza $H_0: d_i = 0$
- Alternativní hypotéza $H_1: d_i < 0$
- Zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$
- Testovací statistika $z = \frac{T^+ - E(T)}{\sigma(T)}$, kde střední hodnota $E(T) = \frac{n(n+1)}{4}$ a směrodatná

$$\text{odchylka } \sigma(T) = \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}, \text{ n je počet pořadí}$$

- Při $H_1: d_i < 0$, H_0 zamítáme, pokud $z \leq -z_\alpha$, a nebo H_0 nezamítáme, pokud výše uvedená nerovnost neplatí.
- Kritický kvantil $z_{0,05} = 1,645$ známe z tabulek.
- Závěr: Pokud jsme nulovou hypotézu H_0 nezamítli, pak zatím zůstává v platnosti, že nedošlo ke zhoršení mezi pretestem 1 a testem 2, pozor, to není důkaz o platnosti H_0 , jen jsme nenašli dostatek statistických argumentů, abychom tvrzení H_0 zamítli. Pokud jsme nulovou hypotézu H_0 zamítli, pak přijmeme alternativní hypotézu H_1 o tom, že skutečně ke zhoršení mezi pretestem 1 a testem 2 došlo.

Jak je vidět, je postup při testování oběma testy velmi podobný, znaménkový je jednodušší – u něho stačí znát počet kladných a záporných hodnot, u Wilcoxonova testu potřebujeme dané rozdíly ještě seřadit, přiřadit jim pořadí a ta kladná a záporná pořadí sečíst. Pro porovnání se většinou dělají oba testy.

9.1.2 Testování druhé hypotézy

Druhá testovaná hypotéza říká, že se objevilo zlepšení výsledků mezi testy 2 a 3. Testování probíhá prakticky stejně jako u první hypotézy, jediný rozdíl je v obrácených alternativních hypotézách a nerovnostech.

- Nulová hypotéza: $H_0: d_i = 0$
- Alternativní hypotéza $H_1: d_i > 0$

Kritické obory:

- Při $H_1: d_i > 0$ (pro pvt, sss), H_0 zamítáme, pokud $z \geq z_{\alpha}$, a nebo H_0 nezamítáme, pokud výše uvedená nerovnost neplatí.

9.1.3 Testování třetí hypotézy

Opět probíhá zcela stejným postupem, ale pro jinou alternativní hypotézu. Pokud pro testovací statistiku platí $-z_{\alpha/2} \leq z \leq z_{\alpha/2}$ (kritická hodnota $z_{0,05/2} = 1,960$), pak H_0 nezamítáme, a tudíž výsledky pretestu 1 a testu 3 se statisticky neliší, pokud nerovnost neplatí, pak H_0 zamítáme, a přijmeme H_1 , a proto můžeme tvrdit, že se počty kognitivních lapsů v těchto testech od sebe statisticky liší.

10. Diskuse

Výsledky testování závisejí na mnoha faktorech. Jedním zkreslujícím prvkem může být nedostatečný počet probandů. Při neparametrických testech není sice zcela nutný vysoký rozsah probandů, avšak při jejich počtu nad 25, jak tvrdí Hendl (2009), můžeme používat aproximaci k normálnímu rozdělení, což urychlí celé testování. Při počtu probandů méně než 25 je nutné v neparametrických testech používat výše uvedené přesné testy.

Třetím zkreslujícím prvkem mohou být při párovém testování nulové rozdíly v počtu kognitivních lapsů, může se stát, že některý proband dosáhne při dvou různých testech stejného kognitivních lapsů, což pak při počítání rozdílů d_i vznikne nulový rozdíl. Do testu však započítáváme vždy nenulové rozdíly probandů. Při větším počtu nulových rozdílů se může stát, že počet testovaných probandů spadne pod číslo 25 a my budeme muset použít tzv. přesné neparametrické testy zmíněné výše, a nebo použijeme modifikace testu, jak uvádí Hendl (2009), který navrhuje buď upravit směrodatnou odchylku pomocí hodnot stejných pořadí a opravných faktorů, nebo směrodatnou odchylku počítat z pořadí absolutních hodnot rozdílů.

Dalším zkreslením výsledků je samozřejmě síla testu. Jak jsme naznačili výše, nejsilnější testy jsou tzv. parametrické, avšak zde nešly použít vzhledem k ordinálnímu charakteru dat, taktéž jsme neměli zaručenou jejich normalitu. O něco slabší při stejném rozsahu dat jsou tzv. neparametrické testy, z nichž je nejslabším znaménkový test. Aby měl

například znaménkový test stejnou sílu jako Wilcoxonův test, je potřeba mít při znaménkovém testu o polovinu více dat než při Wilcoxonově testu, jak uvádí Hendl (2009, str. 198). Obvykle jsou také neparametrické testy ve srovnání s parametrickými testy konzervativní, to znamená, že déle setrvávají na rozhodnutí, že nulová hypotéza se nemá zamítnat, což opět souvisí se zmiňovanou silou testu.

Dalším, ne přímo zkreslením, ale spíše ovlivněním závěru testu, je na začátku zvolená hladina významnosti alfa, což je pravděpodobnost, že se zamítne nulová hypotéza, ačkoliv ona platí. Tato hladina odpovídá míře ochoty výzkumníka smířit se s výskytem této chyby, často ji volíme pět nebo jedno procento, často se stane, že při 1% hladině významnosti nulovou hypotézu (ne)zamítneme, kdežto na 5% hladině naopak, což nám laicky dává různé výsledky, avšak statisticky je to zcela v pořádku.

11. Závěr

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval vlivem spánkové deprivace na kognitivní funkce. Literárně přehledová část pojednává o působení spánkové deprivace na pozornost, vnímání, paměť, emoce a exekutivní funkce. Návrh výzkumu je prezentován experimentem, který by se zabýval působením spánkové deprivace a napu na pozornost.

V první kapitole mé bakalářské práce jsem se zaměřil na vliv spánkové deprivace na pozornost a vnímání. Tyto kognitivní funkce jsou základem pro další komplexní kognitivní funkce a v případě jejich zhoršení, které se v rámci výzkumů prokázalo, vyvstává otázka, zda tento pokles pozornosti neovlivňuje globálně další kognitivní funkce. Podobně pak poškozené vnímání může zhoršit výsledky testu exekutivních funkcí, a tím pádem zkreslit představu o příčinách vlivu spánkové deprivace na exekutivní funkce. V první kapitole se zabývám také vlivem cirkadiánního rytmu, který se společně s homeostatickou potřebou spánku podílí na variabilitě v kognitivního výkonu.

Druhá kapitola se zabývá působením spánkové deprivace na paměť a emoce. Vliv spánkové deprivace na emoce je podstatný, neboť emoční rozpoložení může mít globální vliv na kognitivní výkonnost. Je zde také prezentována hypotéza prefrontální vulnerability, která tvrdí, že spánková deprivace ovlivňuje především ty kognitivní funkce, které jsou závislé na prefrontálním laloku. Tato hypotéza byla některými studii podpořena. Takovým studiím se podařilo vypořádat s pozorností jako intervenující proměnnou a zjišťovat tak přímý vliv spánkové deprivace na paměť a exekutivní funkce.

Třetí kapitola se zabývá vlivem spánkové deprivace na exekutivní funkce. Výzkumy prováděné na toto téma se vyznačují rozporuplností ohledně názoru na působení spánkové deprivace na tyto funkce. Existují výzkumy, které hypotézu prefrontální vulnerability podporují, jiné nikoliv. Určitým východiskem je předpoklad, že prefrontální lalok se skládá z mnoha nižších regionů, které jsou zodpovědné za jednotlivé kognitivní funkce, a ty mohou být ovlivněné spánkovou deprivací různě.

Kapitoly čtyři až deset se již zabývají návrhem výzkumu. Popsán je cíl výzkumu, ve kterém je představena řešená problematika. Řešen je konkrétně vliv spánkové deprivace na pozornost. Je vysvětleno, že tímto experimentem navazuji na již provedený výzkum, přičemž úpravami ve svém experimentu se snažím dojít k novým závěrům.

Dále je představena celková procedura a design výzkumu, který se do určité míry podobá již provedeným výzkumům, tak, aby bylo možné srovnání a zajištěna určitá kontinuita.

Dále se zabývám výběrem probandů do svého výzkumu a metodologií celého projektu. Poslední kapitola se pak bude zabývat diskuzí nad okolnostmi, které by mohly zkreslit výsledek.

12. Seznam použité literatury

1. Andersen, M. L., & Tufik, S.. Sleep and the Modern Society. *Journal Of Sleep Disorders & Therapy* [Online]. 2015. 04(05).
2. Atkinson, R. L. (2003). Psychologie. Praha: Portál.
3. Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD [Online]. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65-94
4. Beck Depression Inventory. (0016AD). Beck Depression Inventory [Online]. In *Wikipedia: the free encyclopedia*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. Retrieved from <https://www.citacepro.com/dokument/ZQyz8bIe1EG7AdC7>
5. Berlin, L. (2003). *The Role of Inhibitory Control and Executive Functioning in Hyperactivity/ADHD*. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Social Sciences 120.
6. Borbély, A. A., Daan, S., Wirz-Justice, A., & Deboer, T. (2016). The two-process model of sleep regulation: a reappraisal [Online]. *Journal Of Sleep Research*, 25(2), 131-143.
7. Brooks, A., & Lack, L. (2006). A Brief Afternoon Nap Following Nocturnal Sleep Restriction: Which Nap Duration. *Sleep*, 29(6), 831-840.
8. Couyoumdjian, A., Sdoia, S., Tempesta, D., Curcio, G., Rastellini, E., de Genarro, L., & Ferrara, M. (2010). The effects of sleep and sleep deprivation on task-switching performance [Online]. *Journal Of Sleep Research*, 19(1-Part-I), 64-70.
9. Dawson, D., & Reid, K. (1997). Fatigue, alcohol and performance impairment [Online]. *Nature*, 388(6639), 235-235.
10. Dixit, A., & Mittal, T. (2015). Executive functions are not affected by 24 hours of sleep deprivation: A color-word stroop task study [Online]. *Indian Journal Of Psychological Medicine*, 37(2), 165-168.

11. Doran, S. M., Van Dongen, H. P., & Dinges, D. F. (2001). Sustained attention performance during sleep deprivation: Evidence of state instability. *Archives Italiennes de Biologie (Pisa)*, 139, 253–267.
12. Drummond, S. P. A., Paulus, M. P., & Tapert, S. F. (2006). Effects of two nights sleep deprivation and two nights recovery sleep on response inhibition [Online]. *Journal Of Sleep Research*, 15(3), 261-265.
13. Ellenbogen, J. M., Hulbert, J. C., Stickgold, R., Dinges, D. F., & Thompson-Schill, S. L. (2006). Interfering with Theories of Sleep and Memory: Sleep, Declarative Memory, and Associative Interference [Online]. *Current Biology*, 16(13), 1290-
14. Exekutivní funkce. (2015). Exekutivní funkce [Online]. Retrieved July 21, 2016, from <https://www.mentem.cz/blog/exekutivni-funkce>
15. Folkard, S., & Rosen, S. D. (1990). Circadian Performance Rhythms: Some Practical and Theoretical Implications [and Discussion] [Online]. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences*, 327(1241), 543-553.
16. Funahashi, S., & Andreau, J. M. (2013). Prefrontal cortex and neural mechanisms of executive function [Online]. *Journal Of Physiology-Paris*, 107(6), 471-482.
17. Gillin, J. C., Drummond, S. P. A., Brown, G. G., Stricker, J. L., Wong, E. C., & Buxton, R. B. (2000). Altered brain response to verbal learning following sleep deprivation [Online]. *Nature*, 403(6770), 655-657.
18. Gomez, R. L., Bootzin, R. R., & Nadel, L. (2006). Naps Promote Abstraction in Language-Learning Infants [Online]. *Psychological Science*, 17(8), 670-674.
19. Harrison, Y., & Horne, J. A. (2000). Sleep Loss and Temporal Memory [Online]. *The Quarterly Journal Of Experimental Psychology Section A*, 53(1), 271-279. <http://doi.org/10.1080/713755870>
20. Harrison, Y., & Horne, J. A. (2000). The impact of sleep deprivation on decision making: A review [Online]. *Journal Of Experimental Psychology: Applied*, 6(3), 236-249.

21. Hendl, J. (2009). Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat (3., přeprac. vyd.). Praha: Portál.
22. Horne, J. A. (1993). Human sleep, sleep loss and behaviour. Implications for the prefrontal cortex and psychiatric disorder. *The British Journal Of Psychiatry*, *162*(3), 413-419.
23. How to sleep works [Online]. Retrieved July 22, 2016, from http://www.howsleepworks.com/how_twoprocess.html
24. Huber, R., Felice Ghilardi, M., Massimini, M., & Tononi, G. (2004). Local sleep and learning [Online]. *Nature*, *430*(6995), 78-81.
25. Huddy, V. C., Aron, A. R., Harrison, M., Barnes, T. R. E., Robbins, T. W., & Joyce, E. M. (2009). Impaired conscious and preserved unconscious inhibitory processing in recent onset schizophrenia [Online]. *Psychological Medicine*, *39*(06), 907-916.
26. Illnerová, H., & Kovář, P. (2014). Helena Illnerová: čas pro světlo. Praha: Portál.
27. Implicitní paměť. (0013AD). Implicitní paměť [Online]. In *Wikipedia: the free encyclopedia*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. Retrieved from https://cs.wikipedia.org/wiki/Implicitn%C3%AD_pam%C4%9B%C5%A5
28. Kendall, A. P., Kautz, M. A., Russo, M. B., & Killgore, W. D. S. (2009). Effects of sleep deprivation on lateral visual attention [Online]. *International Journal Of Neuroscience*, *116*(10), 1125-1138.
29. Kerkhof, G. A., & van Dongen, H. P. A. (2010). Human sleep and cognition. Amsterdam: Elsevier Science.
30. Killgore, W. D., McBride, S. A., Killgore, D. S., & Balkin, T. J. (2006). The Effects of Caffeine, Dextroamphetamine, and Modafinil on Humor. *Sleep*, *29*(6), 841-847.
31. Killgore, W., Rupp, T. L., Grugle, N. L., Reichardt, R. M., Lipizzi, E. L., & Balkin, T. J. (2008). Effects of dextroamphetamine, caffeine and modafinil on psychomotor vigilance test performance after 44 h of continuous wakefulness [Online]. *Journal Of Sleep Research*, *17*(3), 309-321

32. Kleitman., N. (1987). Sleep and wakefulness (Midway reprinted.). Chicago: University of Chicago Press.
33. Lim, J., & Dinges, D. F. (2008). Sleep deprivation and vigilant attention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1129, 305-322
34. Maclean, A., Fekken, G., Saskin, P., & Knowels, J. (1992). Psychometric evaluation of the Stanford Sleepiness Scale [Online]. *Journal Of Sleep Research*, 1(1), 35-39.
35. Manly, T., Dobler, V. B., Dodds, C. M., & George, M. A. (2005). Rightward shift in spatial awareness with declining alertness [Online]. *Neuropsychologia*, 43(12), 1721-1728.
36. Psychomotor vigilance task. (2014). Psychomotor vigilance task [Online]. In *Wikipedia: the free encyclopedia*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Psychomotor_vigilance_task
37. Sleep Quality Assessment (PSQI). (2016). Sleep Quality Assessment (PSQI) [Online]. Retrieved July 23, 2016, from http://uacc.arizona.edu/sites/default/files/psqi_sleep_questionnaire_1_pg.pdf
38. Suchecki, D., Tiba, P. A., & Machado, R. B. (2012). REM Sleep Rebound as an Adaptive Response to Stressful Situations [Online]. *Frontiers In Neurology*, 3,
39. Tempesta, D., Couyoumdjian, A., Ciarlo, G., Moroni, F., Marzano, C., Ferrara, M., & , L. (2010). Lack of sleep affects the evaluation of emotional stimuli [Online]. *Brain Research Bulletin*, 82(1-2), 104-108..
40. Tucker, A. M., Whitney, P., Belenky, G., Hinson, J. M., & Van Dongen, H. P. (2010). Effects of sleep deprivation on dissociated components of executive functioning. *Sleep*, 33(1), 47-57.
41. Van Dongen, H. P. A., Bender, A. M., & Dinges, D. F. (2012). Systematic individual differences in sleep homeostatic and circadian rhythm contributions to neurobehavioral impairment during sleep deprivation [Online]. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 11-16.
42. Van Dongen, H. P. A., Bender, A. M., & Dinges, D. F. Systematic individual differences in sleep homeostatic and circadian rhythm contributions to

neurobehavioral impairment during sleep deprivation. *Accident Analysis & Prevention*, 45 [Online]. (2012), 11-16.

43. Wagner, U., Gais, S., Haider, H., Verleger, R., & Born, J. (2004). Sleep inspires insight [Online]. *Nature*, 427(6972), 352-355.
44. Walker, M. P. (2009). The Role of Sleep in Cognition and Emotion [Online]. *Annals Of The New York Academy Of Sciences*, 1156(1), 168-197.
45. Walker, M. P., & Stickgold, R. (2006). Sleep, Memory, and Plasticity [Online]. *Annual Review Of Psychology*, 57(1), 139-166.
46. Waterhouse, J., Reilly, T., Atkinson, G., & Edwards, B. (2007). Jet lag: trends and coping strategies [Online]. *The Lancet*, 369(9567), 1117-1129.
47. Yuen, E. Y., Wei, J., Liu, W., Zhong, P., Li, X., & Yan, Z. (2012). Repeated Stress Causes Cognitive Impairment by Suppressing Glutamate Receptor Expression and Function in Prefrontal Cortex [Online]. *Neuron*, 73(5), 962-977

Přílohy

Příloha 1.

Test	Exekutivní složka	Ostatní kognitivní funkce
Wisconsinský test třídění karet	Inhibice, mentální flexibilita	Pozornost, prostorové vnímání, paměť, vigilance
Test verbální fluence	Inhibice, mentální flexibilita	Sémantická paměť, pozornost
Stroopův test	Inhibice	Krátkodobá paměť, prostorové vnímání, pozornost
Test Londýnské věže	Plánování, inhibice	Krátkodobá paměť, prostorové vnímání, pozornost

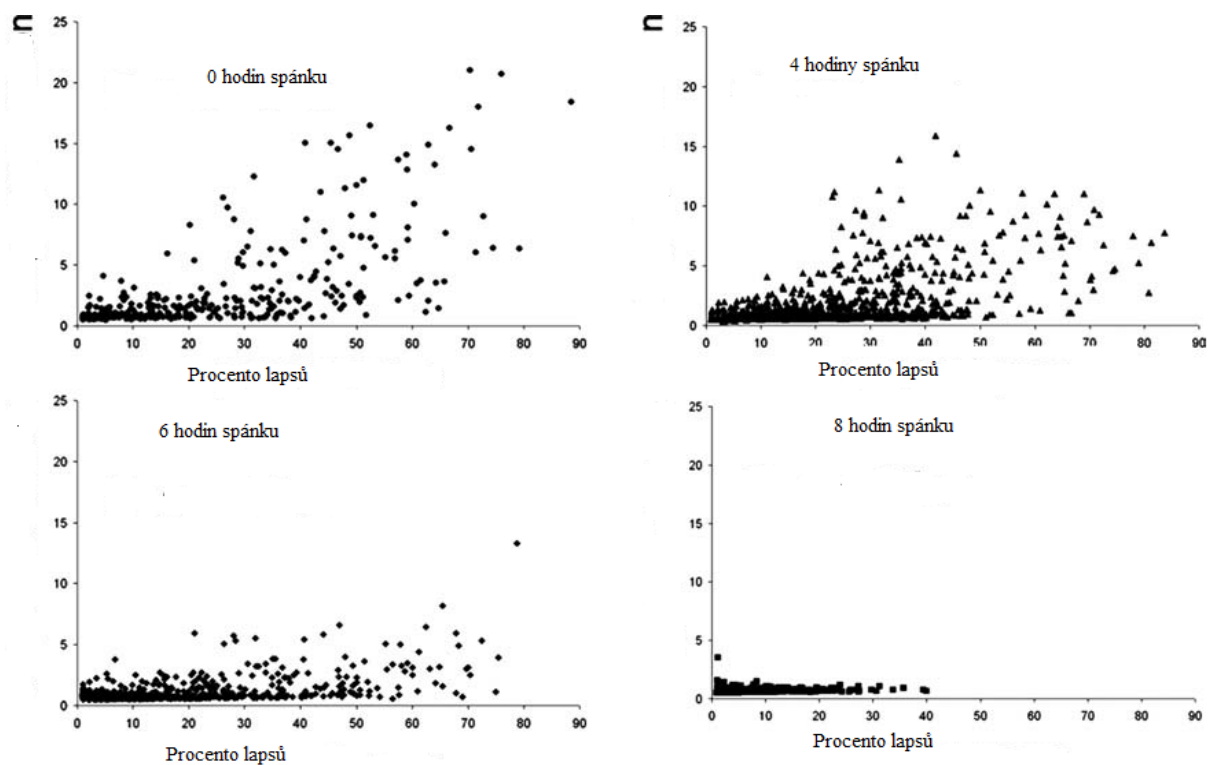
Tabulka 1- Příklad testů, které se používají k testování exekutivních funkcí (Kerkhof & van Dongen, 2010)

Příloha 2.

Proband	Lapsy v pretestu	lapsy v testu 2	Lapsy v testu 3	Poznámky
Proband 1				
Proband 2				
.....				

Tabulka 2 - tabulka pro zápis výsledků v testech

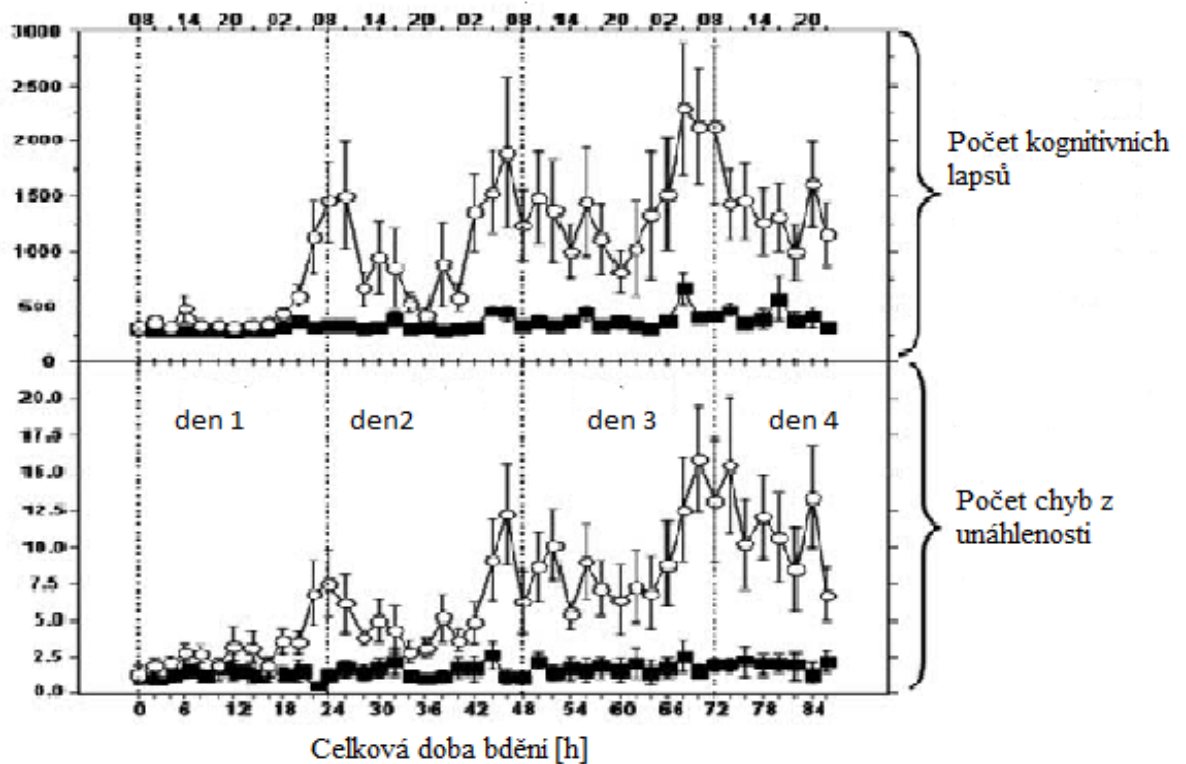
Příloha 3.



Graf 1 – působení zkracující se doby spánku na pozornost (Lim & Dinges, 2008)

Průměrná doba lapsů v kognitivním testu PVT je v silné korelaci s častostí jejich výskytu. Graf vlevo nahoře ukazuje vliv úplné 88hodinové spánkové deprivace na pozornost. Ostatní grafy zachycují vliv dvoutýdenní chronické spánkové deprivace (4-, 6-, a 8 hodin spánku). Graf byl převzat z uvedeného zdroje a poté upraven autorem této práce.

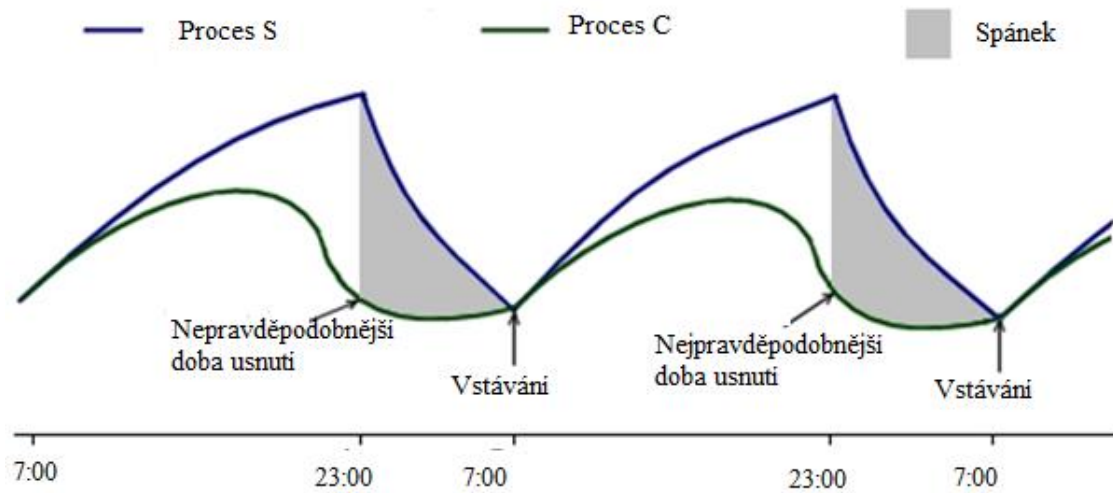
Příloha 4.



Graf 2- působení spánkové deprivace na pozornost (Lim & Dinges, 2008)

V horní části je zobrazen vliv spánkové deprivace na počet kognitivních lapsů. V dolní pak počet chyb vzniklé proběhlou reakcí bez přítomnosti signálu. Výkony v pozornosti mají tendenci kolísat a tato variabilita ve výkonu se prohlubuje v závislosti na délce trvání spánkové deprivace. Graf byl převzat z uvedeného zdroje a poté upraven autorem této práce.

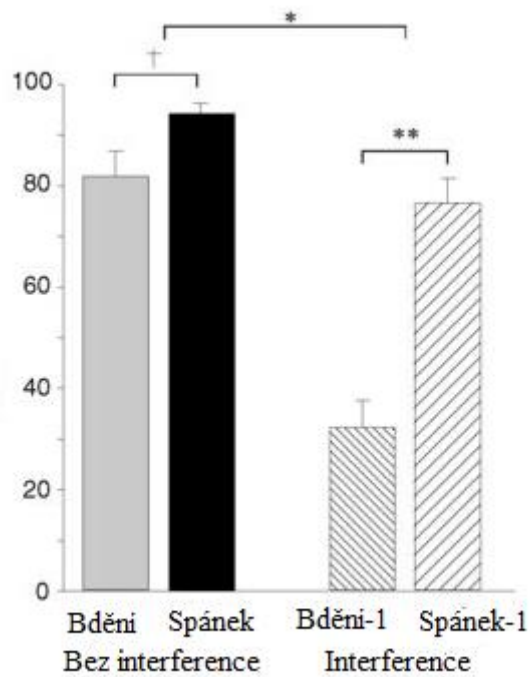
Příloha 5.



Graf 3 - matematický model interakce homeostatické potřeby spánku (proces S) a cirkadiálního rytmu (proces C) (“How to sleep works”, 2013)

Účinek procesu S se kombinuje s účinkem procesu C, což vyústí v nejpravděpodobnější období usnutí a vstávání. Graf byl převzat z uvedeného zdroje a poté upraven autorem této práce.

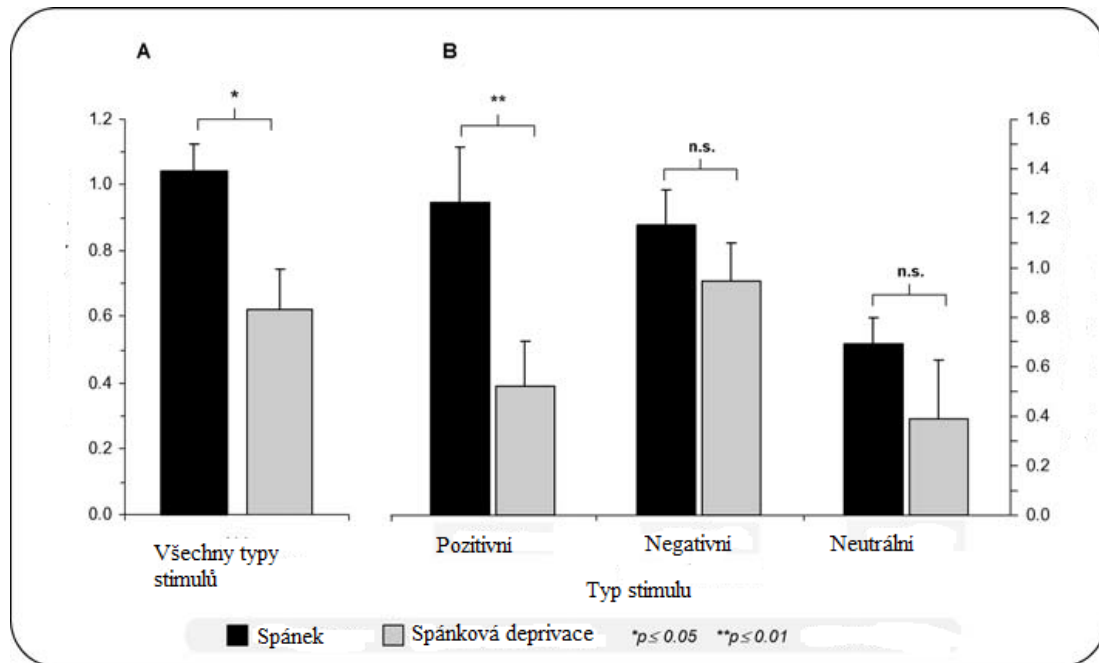
Příloha 6.



Graf 4- vliv spánkové deprivace na konsolidaci a stabilizaci deklarativních vzpomínek (Ellenbogen, Hulbert, Stickgold, Dinges, & Thompson-Schill, 2006)

Graf uvádí procento korektně vybavených slov ze seznamu po dvanácti hodinách bdění nebo spánku s působením interferenčního seznamu A-C a bez tohoto působení. Graf byl převzat z uvedeného zdroje a poté upraven autorem této práce.

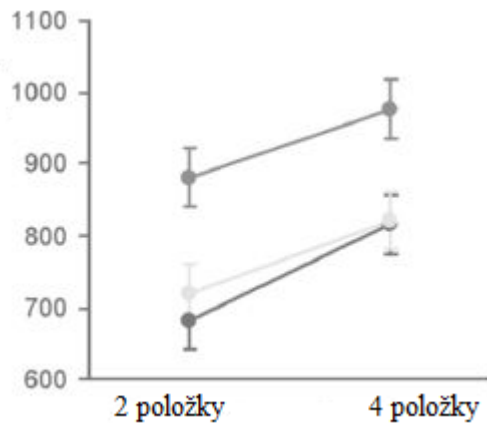
Příloha 7.



Graf 5- vliv spánkové deprivace na kódování emocionálních a neutrálních stimulů (Walker & Stickgold, 2006)

Efekt 38hodinové úplné spánkové deprivace na zapamatování si všech emocionálních i neutrálních stimulů v sekci A. V sekci B je graficky zobrazen vliv spánkové deprivace na zapamatování si pozitivních, negativních a neutrálních stimulů. Graf byl převzat z uvedeného zdroje a poté upraven autorem této práce.

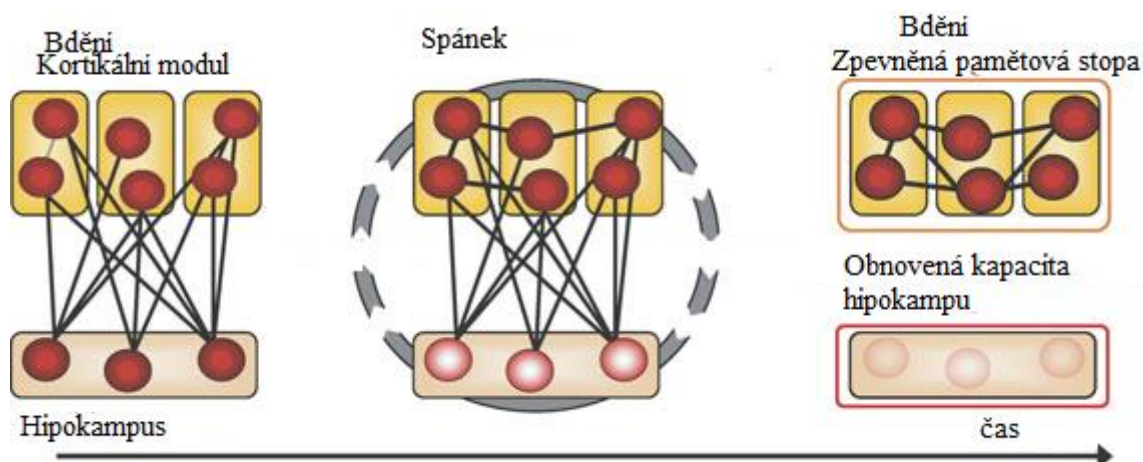
Příloha 8.



Graf 6- efekt spánkové deprivace na reakční čas v modifikovaném Sternbergově testu (Tucker, Whitney, Belenky, Hinson, & Van Dongen, 2010)

Graf ukazuje rozdíl mezi kontrolní skupinou s normální dobou spánku a výzkumnou skupinou, která byla testována po 51hodinové spánkové deprivaci. V levém sloupci je reakční čas na 2 položky a v pravém na 4 položky v seznamu. Výzkumná skupina měla celkový reakční čas vyšší, ale rozdíl v reakčním čase mezi dvěma a čtyřmi položkami se významně nelišil od výzkumné skupiny. Graf byl převzat z uvedeného zdroje a poté upraven autorem této práce.

Příloha 9.



Obrázek 1 - model interakce mezi hipokampem a kortikálním modulem při konsolidaci nových vzpomínek (Walker, 2009)

Nejdříve je čerstvá paměťová stopa zcela závislá na paměťové kapacitě hipokampu. V případě, že je tato paměťová stopa vybrána pro uložení do dlouhodobé paměti, zapojuje se do již existující sítě vzpomínek v kortikálním modulu. Děje se tak především v období spánku. Postupně se stává zpevněná paměťová stopa na hipokampu zcela nezávislá. Hipokampus poté má volné místo pro ukládání nových vzpomínek. Obrázek byl převzat z uvedeného zdroje a poté upraven autorem této práce.