



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra Psychologie

Bakalářská práce

Spánek a prostorová navigace

Vypracovala: Stefanie Marková
Vedoucí práce: Mgr. Daniela Urbaczka Dudysová, M.A.
Konzultant: Mgr. Kamil Vlček, Ph.D.

České Budějovice 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 17. května 2020

.....

Stefanie Marková

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce, Mgr. Daniele Urbaczka Dudysové, M.A., za věnovaný čas, cenné připomínky a rady, které mi při psaní mé bakalářské práce ochotně poskytovala. Dále také mému konzultantovi Mgr. Kamilu Vlčkovi, Ph.D. za vedení části týkající se prostorové navigace a pomoci se statistickým zpracováním dat. Poděkování patří i Národnímu ústavu duševního zdraví za možnost podílet se na jejich studii a který mi umožnil prostory k měření experimentu.

Nakonec bych ráda poděkovala všem mým probandům a přátelům, kteří se studie buď sami zúčastnili nebo mi pomohli se sháněním jiných účastníků. Velké díky patří také rodině, která mě podporovala, a hlavně mé mamce, která mi kladla na mysl, že je důležité zabrat a později se dočkám výsledků.

Abstrakt

Spánek je důležitá součást našeho života. Řadí se mezi základní lidské potřeby a jeho důležitost pro základní kognitivní funkce je aktuálním výzkumným tématem. Teoretická část této práce se zaměřuje na spánek a jeho vliv u jednotlivých spánkových stádiích. Bližší pozornost byla také věnována paměti a prostorové navigaci, která je dnes zkoumána ve spojitosti s účinností fází bez rychlých očních pohybů (NREM) spánku. NREM spánek je typický svoji pomalovlnnou aktivitou a výskytem spánkových vřetének, které by mohly napomáhat v konsolidaci paměťových stop prostorové navigace. Tento efekt byl zkoumán často na hlodavcích, avšak lidských studií ještě mnoho nebylo. Praktická část této práce se proto věnuje efektu spánku jako předpokladu pro konsolidaci paměťových stop. Naši participanti byli tvořeni ze skupiny zdravých 20 studentů ($n = 20$) v rovnoměrném genderovém zastoupení (10 mužů a 10 žen). Ti se zúčastnili opakovaného měření a byli variováni vystavení spánku s bděním, během fáze integrace paměťových stop egocentrické a allocentrické prostorové navigace. Toto experimentální měření proběhlo za pomoci bludiště Blue Velvet Arena v Národním ústavu duševního zdraví.

Klíčová slova: spánek, fáze spánku, paměť, prostorová navigace, konsolidace

Abstract

Sleep is an important part of our lives. It is one of the basic human needs and its importance for basic cognitive functions is a current research topic. The theoretical part of this work focuses on sleep and its effect on individual sleep stages. Closer attention was also paid to memory and spatial navigation, which is now being studied in connection with the effectiveness of the non-rapid eye movement (NREM) phase of sleep. NREM sleep is characterized by its slow-wave activity and the occurrence of sleep spindles, which could help consolidate the memory traces of spatial navigation. This effect has often been studied in rodents, but there have not been many human studies. The practical part of this work is therefore devoted to the effect of sleep as a prerequisite for the consolidation of memory trace. Our participants were made up of a group of healthy 20 students ($n = 20$) in equal gender representation (10 men and 10 women). They participated in repeated measurements and were varied from exposure to sleep with wakefulness, during the phase of integration of memory traces of egocentric and allocentric spatial navigation. This experimental measurement was performed using the Blue Velvet Arena at the National Institute of Mental Health.

Key words: sleep, sleep phase, memory, spatial navigation, consolidation

Osnova

ÚVOD.....	7
1 SPÁNEK	9
1.1 Bdění.....	9
1.2 Definice spánku	9
1.3 Funkce spánku	10
1.2 Fáze spánku	11
1.2.1 Objev fází spánku.....	11
1.2.2 REM a NREM	12
1.2.3 Faktory ovlivňující změnu cyklů	13
1.3 Teorie řízení spánku.....	15
1.4 Cirkadiánní rytmus.....	16
1.5 Polysomnografie	17
2 PAMĚŤ	20
2.1 Co je to paměť	20
2.2 Druhy paměti	20
2.3 Prostorová paměť	21
2.3 Prostorové navigace a její dělení	22
2.3.1 Egocentrická navigace.....	22
2.3.2 Alocentrická navigace	23
2.4 Měření prostorové navigace	23
3 VLIV SPÁNKU NA PAMĚŤ	25
3.1 Hypotézy konsolidace	26
3.2 Paměť a fáze spánku	26
3.3. Spánek a prostorová navigace.....	28
4 METODOLOGIE	32
4.1 Výzkumný cíl.....	32
4.2 Výzkumná otázka a hypotézy	32
4.3 Výzkumný vzorek	32
4.4 Metody sběru dat.....	33
4.4.1 BVA.....	33
4.4.2 PSG.....	35
4.4.3 Dotazníky.....	36
4.4.4 Spánkový deník.....	38
4.4.5 Vigilance test	38
4.5 Postup sběru dat	39
4.6 Postup analýzy dat	39
5 VÝSLEDKY	41

5.1	Porovnání výsledků BVA z PSG záznamů	47
5.2	Vigilance test	48
6	DISKUSE	49
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:	55
	SEZNAM GRAFŮ A TABULEK:	63
	SEZNAM PŘÍLOH:	64
	Příloha č. 1: Kritéria k zařazení nebo vyřazení dobrovolníka ze studie	65
	Příloha č. 2: Pozice všech startů, cílů a orientačních značek	66
	Příloha č. 3: Schéma k popisu Alocentrické a Egocentrické navigace	67
	Příloha č. 4: Informace o studii o a informovaný souhlas.....	68
	Příloha č. 5: Souhlas Etické komise s provedením výzkumu.....	71

Úvod

Spánek je důležitou součástí našeho života. Spánkem strávíme přibližně 1/3 našeho života a ovlivňuje funkce celého organismu. Délka a kvalita spánku ovlivňuje termoregulaci, zapamatování, tvorbu nových myšlenek, pozornost a zásobu energie. Její nedostatek může vést k obezitě, poruchám pozornosti, paměti a dalším neurologickým onemocněním. Spánek je tak důležitý, že při jeho dlouhodobém nedostatku může vést k selhání organismu, v horším případě až k smrti. Ve své práci se zabývám důležitostí spánku jako základní fyziologické potřeby, fázemi spánku a jejich spojitostí s pamětí a prostorovou orientací. Vliv spánku na prostorovou orientaci testuji v Národním ústavu duševního zdraví, kde sleduji spánek pomocí polysomnografického vyšetření a vystavuji účastníky kognitivní úloze v Blue Velvet Arena. Cílem bylo zjistit, zda má pomalovlnný spánek vliv na konsolidaci paměťových stop egocentrické a alocentrické prostorové navigace.

Teoretická část

1 Spánek

1.1 Bdění

Bdění je stav vědomí, kdy si uvědomujeme sami sebe i své okolí. Souvisí s orientací v místě, čase a situaci. Značí se rychlými reakcemi na podněty z vnějšího prostředí, je spojen s pozorností, emocemi, myšlením, pamětí. Jako součást bdělosti je stav vigilance, což je bdělá pozornost, u které je možné zvýšit naši vnímavost na podněty. Bdělost se mění v průběhu dne, po probuzení stoupá a klesá například po vydatném obědě (Orel, 2016).

1.2 Definice spánku

Nejdříve bychom si měli říci, co vlastně spánek je, čím se vyznačuje a co je jeho funkcí. Definicí spánku se zabývalo nemálo autorů. Názory autorů se měnily jak s časem, tak s novými poznatky a využíváním nových technologií v monitoraci a průzkumu mozku. Nolen-Hoeksema et al. (2012) spánek například popisují jako změněný stav vědomí, vykazující se rytmickými proměny ve svém průběhu a hloubce.

Další citace, s kterými se můžeme též setkat:

„Spánek je přirozený psychosomatický stav, který ve srovnání s bděním provází značné snížení psychické i tělesné aktivity, zejména aktivity motorického a sensorického systému. Dochází k jakémusi „odpojení“ mozku a psychického dění od vnější reality.“ (Plháková, 2008, s. 87).

„Spánek je normální, reverzibilní (vratný), periodický a spontánní stav snížené a méně pohotové reaktivity na vnější podněty.“ (Encyclopaedia Britannica, 2009, s. 169).

Jinými slovy bychom mohli říci, že spánek je stav organismu, kdy dochází ke změně vědomí, projevuje se především jeho zúžením. Patří mezi základní fyziologické potřeby, stejně jako potřeba obživy, a pojí se tudíž s behaviorálními změnami organismu. Organismus není tak senzitivní na vnější podněty, jedinec si neuvědomuje okolí ve stejné míře jako při bdění (Rasch & Born, 2013). Snižuje se tělesná teplota a dechová frekvence, a to především ve fázi spánku REM (rapid eye movement) (Orel, 2016). Spící člověk většinou leží v horizontální poloze se zavřenými líčky a jeho svalový tonus je mírný.

1.3 Funkce spánku

Proč vlastně spíme? Tato otázka je vysoce diskutabilní a odpověď nám stále není zcela jasná. Z *evolučního hlediska* na zásadní význam spánku ukazuje např. i samotný fakt, že živočichové spí navzdory tomu, že během spánku jsou vystaveni zvýšenému riziku sežrání predátorem. Spánkové chování je tak přizpůsobeno dle nejlepší možnosti, kdy jedinec může uspokojovat své potřeby. Spánek byl zjištěn u většiny živočichů, postupně se vyvíjel a zdokonaloval, jak u jednodušších živočichů, tak i u těch složitějších (Plháková, 2013). U zvířat se liší délka spánku dle toho, zda si dokáží snadno či těžce sehnat potravu. Ne v každém ročním období je ale strava lehce k sehnání, a proto některá zvířata spí například celou zimu. Z této teorie vyplývá, že my lidé spíme v noci, protože nejsme tak adaptovaní na noční život, a tudíž nám hrozí větší nebezpečí (Kassin, 2007).

S touto teorií úzce souvisí *teorie konzervace energie*, která říká, že jeden z důvodů, proč živočichové spí je úspora energie organismu. Příkladem jsou živočichové, kteří se ukládají k zimnímu spánku. Jejich organismus pro přečkání nepříznivého období zpomalí fyziologické procesy a sníží tělesnou teplotu organismu (Webb, 1982).

Jedna z teorií, kterou navrhl Ian Oswald (1984 cit. dle Hill, 2004), značí o funkci spánku k revitalizaci fyziologických procesů organismu a nastolení homeostázy. Tuto teorii nazval *teorie obnovy*, kde spánek je důležitý pro obnovu tkání, buněk a uzdravuje celý organismus. Ve spánku se uvolňují také růstové hormony, hlavně ve čtvrtém stádiu spánku, který převažuje u rostoucích dětí. Důležitost spánku je třeba vyzdvihnout hlavně v oblasti regenerace a řízení endokrinní soustavy organismu. Ovlivňuje inzulin v krvi a má dopad na naši imunitu (Walker, 2018).

Spánek má důležitý vliv i na konsolidaci paměťových stop a změny synaptických spojů během spánku, které jsou důležité pro zapamatování a učení se. Proces konsolidace je proces, kdy se přesouvají informace z krátkodobé paměti do paměti dlouhodobé. V této době jsou předpoklady, že by proces konsolidace v deklarativní paměti mohly pozitivně ovlivňovat spánková vřetenka, pomalé oscilace, hipokampální ostré vlny, théta aktivita i rychlé pohyby očí během REM spánku. Tento proces vede k dlouhodobým synaptickým změnám v neokortexu (Plháková, 2013).

1.2 Fáze spánku

1.2.1 Objev fází spánku

Největší zájem o spánek byl v historii po zkoumání funkcí a částí mozku, a celkově s rozvíjející se oblastí neurologie. Zjistila se existence elektrických potenciálů a začali se vynalézat první záznamová zařízení (Plháková, 2013).

Výzkum profesora Kleitmana o hloubce spánku, o kterém se zmiňuje Dement roku 2001 ukázala, že hloubka křivek spánku není stejná. Podnětem mu byly díla Millese z roku 1929 a de Tonyho z roku 1933 popisující pomalé pohyby očí při nástupu spánku, které se zdály, že klesaly, jak spánek pokračoval a jak se prohluboval. Tyto zprávy a neurologické poznatky té doby naznačovaly, že velká část mozkové kůry (neokortexu), včetně frontálních očních polí, se podílejí na řízení okulomotorické aktivity (Dement, 2001).

V 50. letech 20. století jeho student Eugene Aserinsky zaznamenával oční pohyby u kojenců během denního i nočního spánku. Během tohoto pozorování si všimnul, že se objevují dva fenomény. Během jedné fáze, trvající přibližně 50-60 minut, si všimnul, že se oči pohybují pod víčky rychle ze strany na stranu. Na záznamovém zařízení elektroencefalografie (EEG) byly paralelně zcela viditelné vysoce aktivní impulzy mozku, které se podobají impulzům ve stavu bdění. V jiné fázi spánku, která byla o dost delší, byly oči naopak klidné. Mozková aktivita byla pravidelná a kopírovala určité schéma. Jediná změna, která se zde objevovala byla výška mozkových vln. Ta buď stoupala či klesala. Kleitman a Aserinsky svůj poznatek chtěli rozšířit i na dospělé. Jejich spánek na začátku sledovali při osvětlení 30wattovou žárovkou, což bylo velmi náročné pro pozornost výzkumníků. Později zapojili do měření elektrookulografii, (EOG), která automaticky sledovala oční pohyby na elektrodách, připevněných na líčkách dobrovolníka (Dement, 2001).

První celonočně sledovanou osobou byl Kleitmanův osmiletý syn. Během jeho spánku byly zpozorované převládající dlouhé fáze „*bez očních pohybu*“ (*no eye movement period*) a pak přibližně 20minutová fáze s *trhavými očními pohyby* (*jerky eye movement*), později nazývanou fází s „*rychlými pohyby očí*“ (*rapid eye movement*). Postupem času se ustálilo označení fází spánku na *NREM* a *REM* (Aserinsky, 1996).

V roce 1952 se Wiliam C. Dement připojil k výzkumu spánku Kleitmana a Aserinského. Ten našel jistý vztah mezi *REM fází spánku* a *sněním*. Zjistil, že *REM*

fáze spánku je i u zvířat. Spolu s Kleitmanem zkoumali spánkovou architekturu (Dement & Kleitman, 1957).

1.2.2 REM a NREM

Spánek se objevuje i u zvířat. Zpozorován byl u obratlovců, ale i neobratlovců. Spánek u savců se rozděluje na dvě hlavní stádia: *spánek bez rychlých pohybů očí (NREM)* a *spánek s rychlými pohyby očí (REM)*. Na počátku noci převažuje NREM a jeho intenzita i doba trvání se snižuje v průběhu spánku. Je význačná pomalými vysokofrekvenčními oscilacemi během druhého a třetího stádia. Naopak je tomu u fáze REM, která je intenzivnější a převažuje ke konci spánku. Vyznačuje se nízkofrekvenčními oscilacemi připomínající mozkovou aktivitu při stavu bdění. Říká se mu také tzv. *paradoxní spánek* (Rasch & Born, 2013).

V části NREM spánku je utlumena činnost mozkové kůry. Dříve se rozlišovala čtyři stádia spánku dle jejich hloubky. Avšak dle nových kritérií došlo ke sjednocení třetího a čtvrtého stádia. Ty jsou nyní souhrnně označovány jako NREM3.

Nevšímalová a Šonka (2007) rozlišují spánková stádia na:

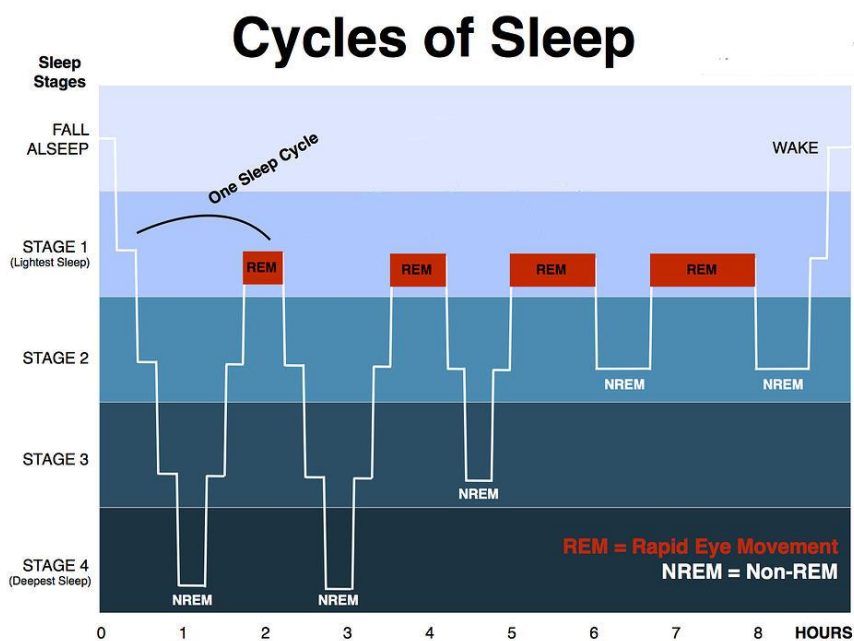
a) *NREM 1 spánek*: jedná se o stav, kdy člověk usíná, ale je schopen udržovat nestabilní polohu. Jeho vnímání či reagování na podněty bývá zpomalené a opožděné, týká se podnětů zvukově silnějších. Oči mají tendenci se zavřít, ale ne vždy jsou zavřené. Onirická (snová) aktivita je stereotypní, bez personifikace předmětů. Mění se vnímání a může nastat i změna tvaru předmětu při usínání.

b) *NREM 2 spánek*: tělo je již bez známek motorických pohybů, včetně pohybu očí. Tělo není schopné se již udržet v nestabilizované poloze a reaktivita na vnější podněty je velmi snižena. Sny mohou být četné a většinou specifické, ale bez výrazného citového prožívání.

c) *NREM 3 a 4 spánek*: v této fázi spánku jsou oči a tělo bez pohybu očí, bez svalového tonu, pouze u svalů brady můžeme zpozorovat nízkou tonickou aktivitu. Dýchání je pravidelné a je zde největší možnost probuzení jedince. Sny v této aktivitě nebývají.

d) *REM spánek*: tato fáze je charakteristická rychlými, nepravidelnými pohyby očí. Svaly brady jsou bez aktivity, mohou být svalové záškuby nepravidelného rytmu, které jsou dalším znakem pro tuto fázi. Celkový klid, hypotonie až atonie organismu (krom dýchacích svalů). Dech může být nepravidelný, tak jako frekvence srdce. Onirická aktivita je význačná velmi živými sny, které jsou emočně nabitě. Sny se nedají ovlivnit.

Obr. č. 1 Cykly spánku



Zdroj: <https://genesismg.com.sg/sleep-science-behind-rest-recovery-important-simply-cannot-ignore>

Obr. č. 1: Na obrázku č. 1 vidíme graf spánku (hypnogram), který nám ukazuje jednotlivé spánkové cykly trvající cca 90 minut (Walker, 2018). Během 8hodinového zdravého spánku nastává změna cyklů 4krát až 5krát (Nolen-Hoeksema et al., 2012). Můžeme si zde všimnout fáze usnutí, REM spánku a postupně prohlubujících se fází NREM. Na začátku spánku převládá více fáze NREM, která tvoří okolo 75 % z celkové doby spánku. Na konci spánku zase převládá REM spánek a NREM jde do ústupu. REM spánek tvoří okolo 25 % a během ní se zdají „živé“ sny (Orel, 2016).

NREM2 bylo prozatím sledováno u koček a primátů.

Nejvíce podobné záznamy jsou zjištěny u primátů, které mají K-komplexy jako izolovanou pomalou vlnu s charakteristickým tvarem. Bylo vypořádováno, že se v reakci na podněty objevují vřetena a K-komplexy a mohou sloužit k vymýcení podnětů, které nejsou natolik důležité, aby potřebovaly nebo způsobily vzrušení. To by znamenalo, že spánek NREM2 je pokročilejší způsob, jak dosáhnout klidového chování a současně i vysoké úrovně selektivní ostražitosti. Primáti, kteří jsou zranitelnější, zatímco spí, mají více NREM2 (Moorcroft, 2013).

1.2.3 Faktory ovlivňující změnu cyklů

Mezi hlavní faktory určitě patří věk. Reinoso-Suárez, de Andrés a Garzón (2011) ve své práci říkají, že se celková doba potřeby spánku s přibývajícím věkem snižuje. Novorozenci spí okolo 17-18 hodin. Standardní doba spánku dospělého člověka je 7-

8 hodin, obdobně spí i teenageři. Pak už doba spánku klesá a člověku ve stáří stačí okolo 5-6 hodin spánku.

Existuje vztah mezi *délkou spánku a mortalitou*? JACC Study Group (japonská kolaborativní kohortní studie o hodnocení rizika rakoviny sponzorované Monbusho) v roce 2004 udělala studii, kde se účastníků ptali na dobu spánku ve všední dny, která by mohla být jedna s možnou příčinou mortality. Celkem 104 010 subjektů (43 852 mužů a 60 158 žen) ve věku 40 až 79 let, které se v letech 1988 až 1990 zapsali do studie JACC. Ti byly sledováni průměrně 9,9 let. Výsledky ukázaly, že muži mají tendenci spát déle (7,5 hodiny) oproti ženám (7,1 hodin). Doba trvání spánku byla v rozmezí od 7,5 – 8,4 hodin a 6,5 – 7,4 hodin. Doba spánku, která je kratší či delší 7 hodin signifikantně zvyšuje riziko úmrtnosti, a proto je dle výsledků autorů studie optimální doba spánku během noci **7 hodin**.

Dalším faktorem, který byl i zmíněn ve výše uvedené studii, je *pohlaví*. Reyner a Horne (1995) zjišťovali věkové a genderové rozdíly ve spánku u 400 osob (211 žen, 189 mužů) ve věkovém rozmezí 20-70 let. Jedinci byly rozděleny do třech skupin dle věku („mladí“ = 20–34 let, „střední věk“ = 35–49 let a „starší“ = 50–70 let). Experiment byl prováděn v domácích podmínkách jedinců pomocí aktigrafie (snímač změny pohybu, sloužící ke sledování denní a noční aktivity) a ranních deníkových záznamů. Výsledky ukázaly, že ženy usnuly dříve než muži. Doba časnějšího probouzení u obou pohlaví rostla s věkem. Doba spánku byla u žen výrazně delší, avšak v deníkových záznamech uváděly více nočních probuzení, více celkového času stráveného vzhůru během noci a horší kvalitu spánku. Tato zjištění byla nejvíce patrná u starších žen (50-70 let), kterým také trvalo déle usnout než kterékoliv jiné skupině. Zde je i jistý vliv menopauzy.

Doba spánku je pro každého jedince individuální. Někomu stačí spát málo a někdo potřebuje spát více. Proč má každý jinou potřebu spánku zkoumal Ernest Hartmann v roce 1973 na 28 mužích. Polovina z nich potřebovala k odpočinku méně než 6 hodin a druhá naopak více než 9 hodin. Jednu skupinu nazval *krátkodobí spáči* a skupinu druhou *dlouhodobí spáči* (Plháková, 2013). Výsledky elektroencefalografických záznamů ukázaly, že obě skupiny strávily stejný čas v NREM3 stádiích. Naopak v REM a NREM2 spánku trávili více času dlouhodobí spáči než skupina krátkodobých spáčů (Hartmann, 1973).

V dnešní době dělíme jedince spíše podle chorotypových preferencí, které má každý jiný. Jedinci jsou buď označováni jako „*ranní ptáčata*“ nebo „*noční sovy*“. Rozdíl mezi nimi je v upřednostňování ranních a večerních hodin. Ranní ptáčata chodí spát dříve

a nevadí jim brzké vstávání. Nejvýkonnější jsou v dopoledních hodinách. Noční sovy jsou naopak výkonné v odpoledních či večerních hodinách a ulehají ke spánku pozdě v noci. Proto jim také dělá potíže ranní vstávání (Plháková, 2013). V odborné literatuře se můžeme též setkat s označením ranní (*Morning-M*) a večerní (*Evening-E*) typ. E typy mají vyšší tělesnou teplotu během dne. Také odcházejí dříve do důchodu než typy noční. V délce spánku se typy nijak zvláště neliší (Fabbian et al., 2016).

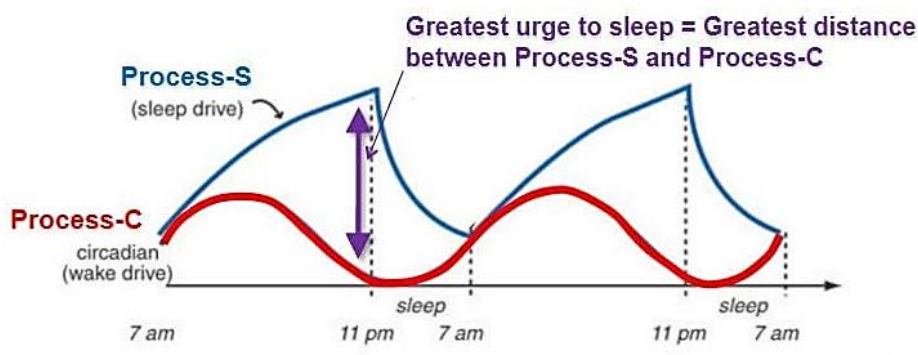
Rozložení chronotypů v populaci je protipolární, kopírující Gaussovu křivku (10 % M-type, 10 % E-type, 80 % I-type). Z té vyplývá, že nejvíce jedinců je nevyhraněných (*Intermediate-I*) (Ashkenazi et al., 1997 in Fabbian et al., 2016).

1.3 Teorie řízení spánku

Edgar a Wiliam Dement dále formulovali *teorii protikladného procesu* spánku a bdění. Dle autorů se v mozku odehrávají dva protichůdné procesy, které řídí naši potřebu spát či zůstat vzhůru. Jeden je řízený *pudem homeostatického spánku* a druhý je řízený *biologickými hodinami*.

Pud homeostatického spánku je fyziologický proces, který zajišťuje dostatek spánku pro udržení denní bdělosti. Během dne se vytváří homeostatický spánkový tlak, díky kterému v noci spíme. Ten je zapříčiněn hromaděním chemické látky adenosinu. Čím déle budeme bdět, tím se jeho koncentrace bude zvyšovat (viz obr. č. 2) (Nolen-Hoeksema et al., 2012; Walker, 2018).

Obr. č. 2 Potřeba spánku během dne



Zdroj: www.sleepjunkies.com

Obrázek č. 2: Obrázek ukazuje na proces cirkadiálního rytmu (C) s procesem homeostatického tlaku (S). Cirkadiální rytmus je pravidelný a představuje jakousi sinusoidu. Oproti tomu homeostatický

tlak je látkovou výměnou a má několik vrcholů během dne. Modrá čára ukazuje na tlak, který se v průběhu dne zvyšuje. Nejvyšší potřeba spánku je znázorněna největší vzdáleností mezi modrou a červenou čarou.

Proces bdění řízený biologickými hodinami říká, že máme v hypotalamu dvě malé nervové struktury, tzv. *biologické hodiny*. Ty se podílejí na procesu bdění, tak na změnách fyziologických a duševních. S tím se pojí pojem *cirkadiánní rytmus*, který probíhá každých 24 hodin. Je odvozen z latinského slova „cirkadiánní“, „circa“, což znamená „okolo“ a slova „dies“, které znamená „den“. Biologické hodiny jsou ovlivňovány denním světlem, které zastavuje produkci hormonu spánku, *melatoninu*.

Oba procesy na sebe působí a tvoří denní cyklus spánku a bdění (Nolen-Hoeksema et al., 2012).

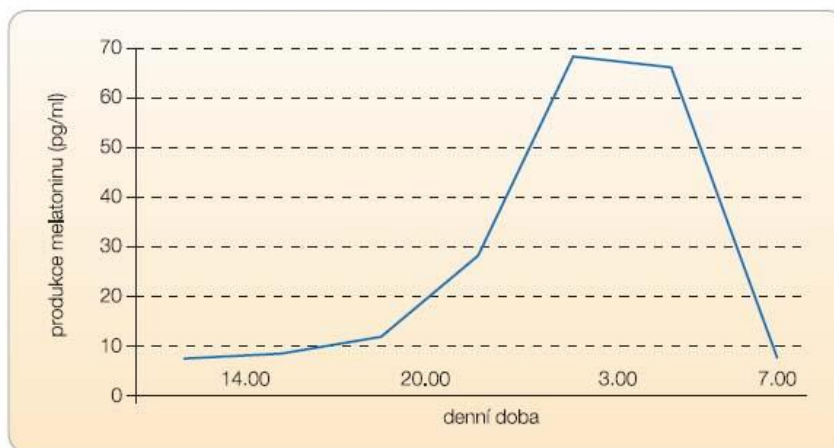
1.4 Cirkadiánní rytmus

Objevem cirkadiánního rytmu se proslavil B. Richardson a profesor N. Kleitman, o kterém jsme se zmiňovali v části zabývající se fázemi spánku. Ti strávili 32 dnů ve tmě v mamutí jeskyni v Kentucky, kde zjistili, že náš endogenní cirkadiánní rytmus trvá něco málo přes 24 hodin (Walker, 2018). Harvardskou univerzitou později provedla studii (Czeisler et al., 1999), kde autoři odhadují denní rytmus přibližně na **24 hodin a 18 min.** Odchylku v minutách od 24hodinové rotace Země dorovnáva sluneční světlo, které je považováno za základní signál pro změnu stavu spánku a bdění. Přenastavit rytmus mohou i vnější podmínky, kupříkladu pohyb, změna teploty, potrava, ale i načasované společenské aktivity. To je důvod, proč i jedinci s poruchou vidění, kteří nevnímají světlo, mohou mít cirkadiánní rytmus synchronizovaný s vnějšími podmínkami (Walker, 2018).

Biologické rytmy se podílejí na změně stavu vědomí spánku a bdění. Probíhají celý život a jsou vrozené (Plháková, 2013). Po narození dítě nerozlišuje, kolik je hodin, rytmus je spíše volný. Jedna z teorií říká, že biologický rytmus začíná už po 3-6 týdnech stáří dítěte. Dítě přijímá hormon melatoninu z mateřského mléka (Nevšímalová & Illnerová, 2007). Naše vnitřní biologické hodiny řídí suprachiasmatické jádro v hypotalamu, které produkuje „hormon spánku“, *melatonin*. Ganglionické fotoreceptorové buňky v sítnici se podílejí na vnímání světla, které reguluje syntézu melatoninu. Informace o světle či tmě jsou pak přenášeny retinohypotalamickou cestou do suprachiasmatického jádra (Pandi-Perumal et al., 2008).

Melatonin je produkován epifýzou a jeho hladina se mění během dne. Zvyšuje se po soumraku a nejvíce je ho okolo 2. až 4. hodiny ranní. Ke konci spánku zase upadá (Graf 1) (Praško, 2008).

Graf 1 Křivka sekrece melatoninu u člověka v závislosti na denní době



Zdroj: <http://www.remedia.cz>

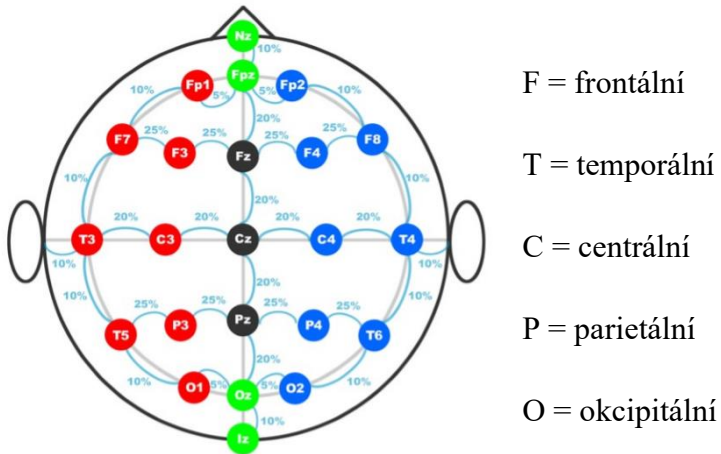
Melatonin je dnes často spojen s problémem biologického zpoždění, tzv. *jet lag*. Nastává při překonávání více časových pásem, například při cestování letadlem. Následně dochází k přechodné desynchronizaci cirkadiánních rytmů. Proto se jí také často říká *pásmová nemoc* (Pandi-Perumal et al., 2008).

1.5 Polysomnografie

Polysomnografické (PSG) zařízení je základní metodou pro definování stavů spánku a bdělosti. Využívají se především ve spánkových laboratořích, které spánek definují ze záznamů z aktivity elektrického pole velkých skupin kortikálních neuronů a svalových buněk. Ty se zjišťují pomocí elektroencefalogramu (EEG), který snímá signál z elektrod umístěných na hlavě. Dále se využívají elektrody umístěné na kosterních svalech nebo v nich. Tuto aktivitu zaznamenává elektromyogram (EMG). Elektrookrugram (EOG) snímá aktivitu elektrod umístěných nad nebo poblíž svalů zodpovědných za horizontální pohyb očí. Ty jsou důležité pro identifikaci REM fáze spánku (Brown et al., 2012). Občas se přidává i elektrokardiograf (EKG), který snímá elektrickou aktivitu srdce.

Pozice elektrod dle standardního mezinárodního systému 10/20

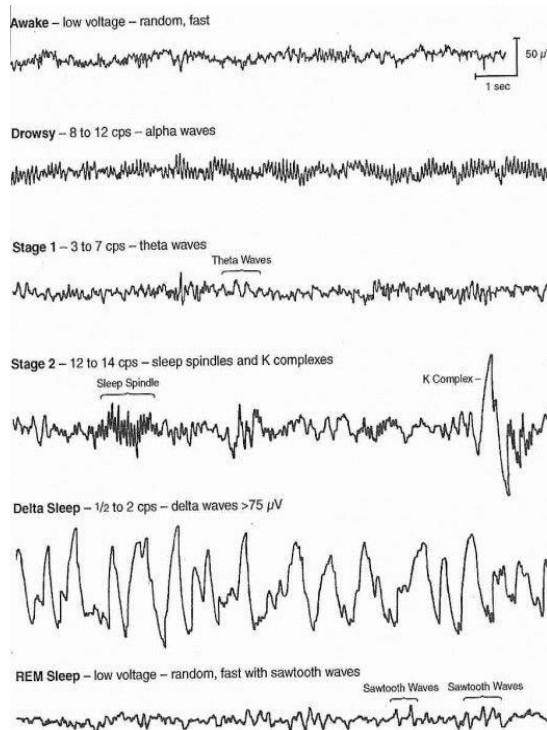
Obr. č. 3 EEG umístění elektrod



Zdroj: http://chgd.umich.edu/wp-content/uploads/2014/06/10-20_system_positioning.pdf

Signály snímané pomocí elektrod tvoří mozkové vlny, podle kterých můžeme určit stavy spánku či bdění.

Obr. č. 4 Mozková aktivita EEG



Bděllost (awake) – u většiny lidí se zavřenými očima byla zpozorována na EEG rytmická alfa aktivita o frekvenci 8-12 Hz (většinou 10 Hz). EOG pohyby očí jsou buď volní nebo se nemusí objevovat. EMG ukazuje vysokou úroveň tonické aktivity.

Stádium 1 (NREM1) – na EEG je přítomnost théta vlny, možná přítomnost samostatných alfa vln. Objevují se vertexové vlny, a to hlavně na začátku noci. EOG s pomalými konjugovanými pohyby očí, u EMG relativně nižší amplituda tonické aktivity. Pokles kolísání svalové aktivity brady jsou méně časté.

Zdroj: <https://cz.pinterest.com/pin/450289662746544733>

Stádium 2 (NREM2) – EEG aktivita je tvořena théta vlnami, které zpomalují a prohlubují frekvenci jejich aktivity. Hlavními prvky, které se zde objevují jsou spánková vřeténka (sigma aktivita o 12-14 Hz, min 0,5 sek.) a K-komplexy (ostrá bifázická, někdy vícečetná pomalá vlna vyšší amplitudy následována nebo předcházena po spánkovém vřeténku). K-komplexy musí být od spánkových vřetének nejvíce 3 minuty. Pokud by byly více a nejsou viditelné známky NREM3 nebo REM, skórujeme jako NREM1. EOG nám ukazují spánková vřeténka a K-komplexy, které vznikají ve frontálním laloku. Oči jsou bez pohybu. Je zpozorována nízká svalová aktivita EMG, která je stálá a nižší amplitudy.

Stádium 3 (NREM3, delta sleep) – zahrnuje i fázi NREM4, která byla spojena s NREM3. V této fázi spánku se objevují delta vlny o frekvenci 2 Hz a méně. Amplituda je nejméně 75 mikrovoltů a její součet trvání je více než 20% epochy. K-komplexy jsou zde méně časté a nepočítají se do spontánní delta aktivity. Na EOG nejsou zaznamenány žádné pohyby očí, ale jsou zde velmi znatelné vlny delta. Tonická aktivita na EMG je nižší s velmi nízkou amplitudou.

REM spánek (REM) – na EEG se vyskytují pilovité vlny většinou v krátkých sekvencích (2-4 HZ), nízké amplitudy ve frontální části mozku. Aktivita je nízkovoltážní a desynchronizovaná, připomínající záznam z NREM1 (bez vertexových vln). Hlavním znakem jsou zde dvojité konturované negativita pilovitých vln, které připomíná zuby „švédské“ pily. Jejich četnost naznačuje „intenzitu“ REM spánku. Pro tuto fázi jsou typické nepravidelné, rychlé, konjugované pohyby očí na EOG. (Nevšímalová & Šonka, 1997)

Vyhodnocujeme každých 30 sekund záznamu měření, což odpovídá jedné spánkové epoše. Epochu skórujeme typem stádia, které tvoří více než 50 % jedné epochy. Od roku 2007 se skóruje spánek dle manuálu navrženým Americkou akademickou spánkovou medicínou, známý pod zkratkou **AASM**. Stádia jsou zde označována N1, N2 a N3, které zahrnuje stádium 3 a stádium 4 pomalovlnného spánku (SWS). REM stádium je zde pod označením R (Iber et al., 2007 in Plháková, 2013).

2 Paměť

2.1 Co je to paměť

„Paměť můžeme definovat jako schopnost vstípení nových informací (recepce nebo impregnace), jejich uchování po určitou dobu (retenci/fixaci) a konečně vybavení uložených informací (reprodukce).“ (Orel, 2016, s. 116).

Důležitým jevem, který s pamětí souvisí je *zapomínání*, což je ztráta informací, které jsou pro nás již nepotřebné. Všechny tři hlavní složky paměti (vstípení, uchování, vybavení) jsou důležitým předpokladem pro správnou funkci paměti a mohou je ovlivňovat faktory jako jsou věk, bdělost, motivace atd. (Orel, 2016). Nejde jen o prosté ukládání paměťových stop, ale i jejich zpracování. K tomu je potřeba aktivity složek vědomí, pozornosti, emotivity, myšlení, intelektu a mnoho dalšího (Dušek & Večeřová-Procházková, 2015).

Jeden z prvních výzkumů paměti prováděl v roce 1881 T. Ribot, který se se proslavil svojí teorií a dnes je známá pod názvem Ribotovo pravidlo. To zní: *recentní paměťová stopa se snadněji ztrácí než stopa trvale fixovaná*. Dalším výzkumníkem byl H. Ebbinghaus, který dělal výzkumy s tzv. bezesmyslnými slabikami. Zjistil, že největší množství zapomínáme po prvních osmi hodinách po naučení. Ty a mnoho dalších pokusů nám ukázaly, že má paměť mnoho forem (Kulišťák, 2011).

2.2 Druhy paměti

Paměť můžeme rozlišovat dle doby uchování stopy. Rozlišujeme paměť *senzorickou, krátkodobou a dlouhodobou*. Paměť senzorická rozlišuje, zda je informace důležitá pro další zpracování. Informaci je schopna udržet do 1 sekundy a pokud ji vyhodnotí za nepotřebnou, dále neputuje. Vhodné informace putují do krátkodobé (pracovní) paměti, kde si danou informaci uvědomíme, můžeme s ní pracovat, řešit v ní různé úlohy. Uchovává informace ale pouze pár sekund, přibližně 20 sekund, a pokud nedojde k jejich upevnění, ztrácejí se. Může ale nastat *elaborace*, což je propracování informace buď jejím opakováním nebo třeba jinou formou zpracování, například vizualizaci. Pokud se informace upevní, přesouvá se do dlouhodobé paměti, kde jsou vzpomínky uloženy déle než několik minut a její kapacita je neomezená (Nolen-Hoeksema et al., 2012).

Dlouhodobou pak dělíme dle způsobu vybavení paměťové stopy na *deklarativní* (explicitní) a *procedurální* (implicitní), která zahrnuje senzomotorické dovednosti a kognitivní zkušenosti. Deklarativní paměť je paměť vědomá a rozdělujeme ji na *epizodickou* a *sémantickou* paměť. Rozdělení se liší dle autorů. Tulving (1972) je popisuje jako dva systémy zpracování, které se liší v přijímání informací ze systému percepce, tak jejich následným zpracováním a přesunem do jiných systémů, jako je například chování. *Epizodická paměť* přijímá a ukládá informace o epizodách nebo událostech, které jsme zažili. Vzpomínky mají časový a časově-prostorový kontext. Pojí se i s citovým prožíváním minulé události. *Sémantická paměť* zahrnuje verbální část vstupující do paměti. Je nutná pro jazyk, zahrnuje slova, pravidla pro manipulaci se symboly, postoje lidí a jejich názory.

Sémantická paměť tedy kóduje naše vzpomínky dle významu, zatímco epizodická ukládá naše autobiografické vzpomínky a odkazy na události. S ohledem na zaměření své práce se nyní budu věnovat prostorové paměti, která je součástí dlouhodobé deklarativní paměti.

2.3 Prostorová paměť

Představte si, že jdeme na nákup. Jdeme do daného obchodu, nakoupíme a jdeme směrem k východu. Vyjdeme a najednou se rozhlížíme, odkud jsme vyšli. Koukáme na okolní auta, ulice, budovy a snažíme si vzpomenout na cestu zpět. Občas nás to donutí v myšlenkách dojít až na začátek naší cesty a celou cestu si v hlavě projít od znova. Hledáme v paměti nějaká kognitivní vodítka, známé věci, předměty, ulice. V této situaci využíváme našich kognitivních map, které máme uložené v prostorové paměti a která zahrnuje i orientaci v prostoru. Na té se podílí převážně struktura mozku nazývaná *hipokampus*.

Správná funkce hipokampu je tedy stěžejní pro prostorovou paměť a prostorovou orientaci. Prostorová paměť je druh paměti sloužící k zapamatování časoprostorových informací z prostředí, které jsou nezbytné pro orientaci v prostoru, tak i navigaci v něm. Prostorová orientace či navigace je pak aktivita jedince v prostředí, v kterém se nachází.

Hipokampus má důležitou roli na funkci paměti. Spolu s dalšími částmi mozku (neokortex, thalamus, prefrontální kůra atd.) se podílejí na funkci celé paměti. Důležitá je například amygdala, která se spojena s emocemi nebo také čichová kůra (Kuliš'ák, 2011). Význam funkce hipokampu na prostorovou paměť byla prováděna v laboratorních podmínkách na zvířatech. Hlavním pokusným subjektem byl laboratorní potkan. O'Keefe a Dostrovsky (1971) sledovali volně pohybuující se potkany s poškozením hipokampální

oblasti, které dosahovali špatných výkonů v prostorových úlohách, například v bludišti. Díky jejich postižení nebyli schopní prostorové orientace v prostředí a tvorby kognitivních map. Kognitivní mapy jsou naše vnitřní představy a obrazy o prostředí, které slouží k lepší a rychlejší orientaci v něm. Tvůrcem teorie kognitivních map byl Tolman (1948), který při pokusu na potkanech došel k výsledku, že pro tvorbu kognitivních map není třeba přítomnosti odměny. Činnost hipokampu byla také porovnávána u opic a lidí (Squire, 1992), kde rozdíly v jeho činnosti mezi živočichy nebyly nijak rozdílné. Z toho lze vyvodit, že výsledky z pokusů prováděných na zvířatech jsou validní k replikaci i na lidech. Souvislost byla shledána například u Parkinsonovy choroby, kde mimo jiné kromě motorických příznaků je zřejmé i poškození epizodické paměti, která je závislá též na činnosti hipokampu (Das, Hwang & Poston, 2019).

2.3 Prostorové navigace a její dělení

V přírodě se setkáváme s navigací v prostoru například u migrujících ptáků do teplejších oblastí, kde přečkávají zimu. Ti se orientují například dle pozice Slunce, hvězd, vzdáleností místa od vody či elektromagnetického pole (O'keefe, & Nadel, 1978). Orientace v prostoru je pak buď geografická, která je například u migrujících ptáků, nebo topografická. Rozdíl je v jejich vzdálenosti. Geografická je využívána při orientaci ve větších vzdálenostech a topografická v těch kratších, například u potkanů v bludišti. Ve své práci se zabývám topografickou navigací, která je většinou testována v experimentálních podmínkách. Orientace pomocí ní probíhá dvojitým způsobem. V první případě se orientuji dle sebe, svého těla v prostoru, a v případě druhém vyhledávám v prostoru orientační body. Tyto dva způsoby nazýváme *egocentrická* a *alocentrická navigace*.

2.3.1 Egocentrická navigace

Navigace egocentrická, také často označována v publikacích jako navigace idiotetická. Jedná se o navigaci, která reflektuje pozici těla či jeho částí v prostoru. Přijímané prostorové informace jsou kódovány z primární sensorické a motorické kortice. Neuron v primární zrakové kůře reaguje na podnět ze zorného pole, neuron z primární somatosenzorické kůry reaguje na taktilní stimulaci určité části těla a zaktivovaný neuron nasměruje pak pohyby končetin specifickým směrem. Kódování však může nastat i v mozkové kůře, kde mohou být perceptivní pole jednotlivých neuronů

fixována s ohledem na ruku, nohu a též mohou reagovat na více smyslových modalit. Prostorové informace o podnětech a reakci jsou pak zakotvená dle egocentrického referenčního rámce, tedy na tělo či jeho části (Hartley, Lever, Burgess & O'Keefe, 2014). Výhoda navigace egocentrické je v její nezávislosti na vnějším okolí. Podmínkou je, že musí jedinec projít místy trasy a pak jsou tyto informace o pozici dále využity k integraci dráhy. Dojde k přepočítání pozici jedince od výchozího startu s ohledem na směr a délku cesty do definovaného cíle (Bures, Fenton et al., 1997; Müller & Wehner, 1988).

2.3.2 Alocentrická navigace

Alocentrická, též nazývána navigace alotetická, je navigace, při které se jedinec orientuje v prostoru pomocí bodů či značek, včetně pozice jeho samotného.

Buňky v hipokampální formaci mají receptivní pole (firing field) ukotveno do vnějšího prostředí (zaměřené na svět, tzv. alokační). Tyto buňky tvoří základ pro tvorbu kognitivních mapy, které jsou nezávislé na těle a tvoří základ pro zapamatování vztahů, cest mezi místy, mapování zdrojů a rizik do dlouhodobé paměti. Získané informace je nutné neustále aktualizovat (Hartley, Lever, Burgess & O'Keefe, 2014).

Vzniklé kognitivní mapy nám pak umožňují zvolit si nejkratší cestu mezi startem a cílem. Výhodou oproti egocentrické navigaci v prostoru je schopnost vytvářet trajektorii ve větším prostoru (Bures, Fenton et al., 1997).

2.4 Měření prostorové navigace

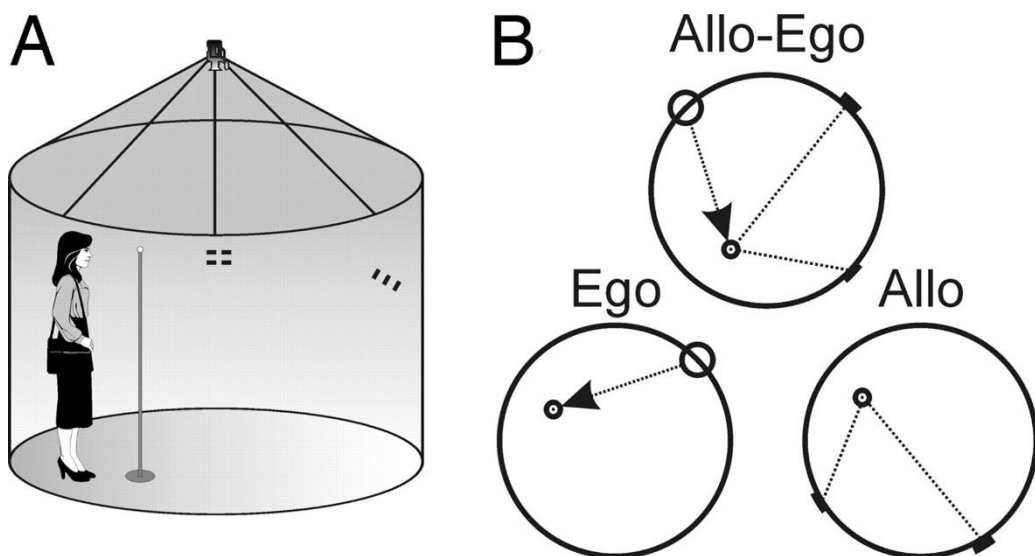
Prostorová navigace se dá měřit buď v přirozených podmínkách či podmínkách experimentálních. Nejvíce používanou metodou jsou behaviorální pokusy v nějakém druhu bludiště. Jednalo se například o test otevřeného pole (Open field) který se využívá pro mnoho druhů úloh, jako například k výzkumu farmak, přirozené zvědavosti, hledání vodítek apod. Choleris, Thomas, Kavaliers a Prato (2001) dělali etologickou analýzu testu otevřeného pole pro zjišťování účinků léčby pomocí farmakologickým a nefarmakologických látek na chování myši. Celkem 108 myši bylo umístěno individuálně do krabice velikosti 26 × 16 × 12 cm. Na myších byly zjišťovány účinky léčby pomocí Diazepamu a chlórdiazepoxidem. A nefarmakologické léčby nízkofrekvenčním magnetickým polem. Došli k závěru, že je tato metoda vhodná pro detekci specifických i obecnějších účinků léčiv.

Další známou metodou je radiální bludiště, které bylo představeno Oltonem a Samuelsonem roku 1976. Zkoumali dva druhy paměti – referenční a pracovní.

Do bludiště s osmi rameny byly umístěni laboratorní potkani a jejich úkolem bylo pro referenční paměť naučit se, v jakém ramenu je umístěná potrava v každém opakování a v kterém nikdy. Pro pracovní paměť pak bylo úkolem vyhnout se opakovanému vstupu do ramene v jednom kole. Nejznámějším se stal ale experiment v Morrisovo vodním bludišti. Do bazénu kruhovitého půdorysu byl umístěný potkan a testovala se jeho navigační strategie při hledání skrytého cíle. V tréninku byl potkan nejdříve umístěn do bazénu a platforma, kam měl doplavat byla vidět. V samotném testu pak byla voda obarvena buď mlékem či netoxickou barvou, aby nebyla průsvitná. Potkan pak musel plavat a hledat skrytou platformu. Testovala se rychlost, směr, latence i přesnost úhlu, kterým plaval. Na tomto experimentu je postaven předpoklad, že jsou laboratorní potkani vhodní i k dalším behaviorálním vyšetřením, včetně farmakologické práce a studiím mozkových funkcí (Morris, 1984).

Jako paralela Morrisova bludiště je u lidí využívána tzv. **Blue Velvet Arena** (BVA), kterou budu ve svém výzkumu využívat i já. Jedná se o arénu o průměru 2,8 metru a o výšce 2,9 metru, která je obklopena sametovou, tmavě modrou oponou.

Obr. č. 4. BVA – schéma tří orientačních úloh: alocentrická + egocentrická, egocentrická, alocentrická



Zdroj: Hort et al., 2007

Diagnostika kognitivních funkcí je zásadní pro diagnostiku a terapii duševních poruch, například schizofrenie. Fajnerová et al., (2013) použili tuto metodu pro posouzení prostorového učení, mentální flexibility a pracovní paměti u 30 schizofrenních pacientů. Jejich úkolem bylo najít a zapamatovat si umístění několika skrytých brankových pozic

v aréně. Výkon jedinců se schizofrenií oproti výkonu „zdravých“ jedinců ukazuje na kognitivní deficity v těchto oblastech a potvrzuje předpoklad využití BVA pro diagnostiku nebo nápravu kognitivních funkcí.

Testování s využitím BVA byla shledána za vhodnou metodu i k predikci Alzheimerovy choroby (AD) (Laczó et al., 2010). Ta se opírá o výsledky z předešlé studie autorů o identifikaci jedinců s mírnou kognitivní poruchou (MCI) pomocí BVA. Do studie predikce AD bylo zařazeno 33 subjektů s MCI u kterých bylo po 36 měsících shledán přechod do AD. Jedinci byli testováni v BVA na úlohy zaměřující se na egocentrickou i alocentrickou prostorovou navigaci.

3 Vliv spánku na paměť

Jaký má vliv spánek na paměť se odvíjí od funkcí spánku. Jedna z teorií se zabývá konsolidací paměťových stop, což je proces, při kterém dochází k přesunu informace z krátkodobé paměti do paměti dlouhodobé. Tento jev brání informaci v zapomínání. Proces konsolidace je komunikace mezi hipokampem a neokortexem pomocí spánkových vřetének a pomalých vln do dlouhodobé paměti. Krátkodobá paměť má tedy prostor pro zapamatování si nových informací. Tento cyklus se opakuje každý den a spánkový cyklus je neustále pozměňován (Walker, 2018). Ve spánku dochází ke změně synaptických spojů, které jsou předpokladem pro proces učení a zapamatování (Plháková, 2013).

Proces konsolidace probíhá během dne i noci. Lahey (1983 in Plháková, 2013) odhaduje dobu trvání konsolidace během dne zhruba na 30 minut. Pokud se po nějaké události do té doby odehraje nějaký silný citový prožitek, může dojít k jeho špatnému zapamatování či k němu nemusí dojít vůbec. Ve stresové situaci se totiž do těla začnou vyplavovat glukokortikoidy, které mohou proces narušit.

Funkce spánku při konsolidaci se považuje za nejstarší vůbec. Němečtí vědci Jenkins a Dallenbach (1924) testovali míru zapomínání seznamu verbálních faktů po 8 hodinách, kdy jedna je trávila spánkem a druhá v bdělosti. Menší množství zapomenutých informací byla u skupiny, která spala a mohlo dojít k jejich upevnění. Bdění naopak zapříčinilo zrychlení křivky zapomínání.

3.1 Hypotézy konsolidace

První je tzv. duální hypotéza, která říká, že fáze SWS a REM pracují souběžně, avšak každá se věnuje jiným typům paměťových stop. Během SWS fáze jsou lepší podmínky pro konsolidaci stop z explicitní paměti, REM fáze je naopak fáze určená pro konsolidaci obsahů z implicitní paměti (Gais & Born, 2004).

Giuditta ve své práci z roku 1977 představil sekvenční hypotézu. Dle ní SWS a REM stadia spánku pracují posupně a mají jinou roli. SWS má za úkol třídit ty paměťové stopy, které jsou důležité pro konsolidaci. Ty se pak v REM fázi trvale konsolidují a jsou přiřazeny k již existujícím vzpomínkám (Giuditta, 2014).

Další je hypotéza aktivní systémové konsolidace. Ta integruje oba přístupy předchozích hypotéz. Hlavní předpoklad je, že konsolidace paměti během spánku je vyvolána opakovanou reaktivací nově kódovaných paměťových reprezentací, k těm dochází v SWS fázi. Pomalé oscilace v SWS fázi opakovaně reaktivují reprezentace z hipokampální paměti během ostrých a rychlých vln, a také spánkových vřetének, které se podílejí na trvalých plastických změnách v neokortexu. Ve fázi REM pak dochází ke stabilizaci paměťové reprezentace (Rasch & Born, 2013).

3.2 Paměť a fáze spánku

První výzkumy fází spánku se zabývaly vlivem REM spánku na paměť. Hlavními důvody jsou, že lze dobře rozeznat na PGS záznamech, změny by pravděpodobně mohly nějak souviset se sněním a k modifikaci paměťových stop dochází při velké aktivitě mozku, která je při REM fázi (Marquet, Smith & Stickgold, 2003). Výzkumníci zkoumali jeho důležitost na lidech, jež vystavovali spánkové deprivaci. Obsah k zapamatování se týkal seznamu slov, slabik, povídek, básniček. Výsledky ukázaly, že pro konsolidaci komplexních obsahů je důležitější NREM fáze spánku v porovnání s REM fází. (Moorcroft, 2013).

Plihar a Born (1999) zkoumali efekt časného (začínajícího) a pozdního nočního spánku na ukládání informací do deklarativní a procedurální paměti. Probandům byla prezentována úloha na priming slovních kořenů a na mentální prostorovou rotaci, kdy došlo k ověření zapamatovaného po 3 hodinách časného a pozdního spánku. Kontrolní skupina byla po stejných úkolech ve stavu bdění. Výsledky ukázaly, že vybavování z prostorové (deklarativní) paměti je po časném spánku více kvalitní a je také lepší než u kontrolní skupiny. U pozdního spánku, kde převládá REM fáze spánku,

byly zase lepší výkony u priming úlohy. Z toho lze vyvodit závěr, že časný spánek, kde dominuje SWS podporuje konsolidaci deklarativní paměti. Oproti tomu pozdní spánek podporuje konsolidaci v nedeklarativní paměti.

Mnoho teorií předpokládá, že se fáze spánku liší ve svých funkcích. REM fáze podporuje modulaci vyjadřování motivů a emocí, přispívá ke konsolidaci paměti a možná i k udržení zrakového systému. Kromě toho je důležitý jeho sekvenční výskyt s NREM. Mnoho současných teorií funkcí snění tvrdí, že se nám zdá o emočně důležitých tématech, díky kterým se ve snu můžeme připravit na řešení našich problémů v realitě. Řešení ve spánku jsou asimilována do existujících struktur spánku, proto je celý proces považován za adaptivní (Moorcroft, 2013).

V poslední době se ukazuje, že je pro zapamatování a učení nejdůležitější SWS a REM fáze spánku. Předpokládá se, že důležitou roli by v ní měly hrát spánková vřeténka. Důležitost fáze NREM na upevnování paměti byla testována na zvířatech všech druhů. Testování (Martin-Ordas & Call, 2011) na šimpanzích, bonobech a orangutanech ukázala, že si všechny druhy po spaní dokázala lépe vzpomenout na místo, kde uchovala svoji potravu v okolí svého obydlí.

Ve funkcích se liší i jednotlivá stádia NREM. NREM3 je nejdůležitější pro obnovu těla či mozku a pro konzervaci energie. Spánková vřeténka a jejich funkce v NREM2 nejsou ještě zcela známy, avšak NREM2 se jeví jako důležitá pro provádění procedurálních paměťových úkolů, jako jsou jednoduché motorické dovednosti. NREM1 je považován za krátký, přechodný stav mezi probuzením a jinými stádii spánku (Moorcroft, 2013).

Jak je možné zesílit účinek spánku na paměť? To bylo testováno pomocí *spánkové stimulace a cílené reaktivace paměti*. Německý tým vědců přikládal elektrody na čelo a týl zdravých jedinců, kterým ve NREM3 spánku do mozku vysílali slabý elektrický proud. Tato metoda se jmenuje transkraniální stimulace mozku stejnosměrným proudem. Elektrické impulzy jsou tak slabé, že je jedinci nepocítili, avšak jejich výkon v naučeném seznamu slov před spaním se zvýšil o 50 %. Elektrickým proudem se zvýšila velikost mozkových vln i počet spánkových vřeten. Stimulace je také prováděna přehráváním tichých tónů, které jsou synchronizovány s rytmem spánkových vln jedince, a to vede k hlubšímu spánku. Druhá metoda *cílené reaktivace paměti* probíhá v noci pomocí zvuků a čichových vjemů. Před spaním jedincům promítáme obrázky a jejich úkol je si obrázky zapamatovat, včetně jejich umístění. Během promítání uslyší jedinci i zvuky, které odpovídají obsahu na obrázku (kočka – „mňau“). V průběhu spánku posilujeme

zapamatování určité části obrázků v NREM části tím, že přehráváme zvuky, které již zaslechli při učení. Při testování po spánku si pak budou jedinci více pamatovat ty obrázky, které jim byly upevňovány během NREM spánku (Walker, 2018).

Jak je hipokampus důležitý pro prostorovou paměť jsem popisovala v kapitolách výše. Informace o prostředí jsou ukládány v paměti jako kognitivní mapy. Při poškození hipokampu by mělo dojít k narušení prostorové orientace, a to zejména alocentrické, při které se orientujeme pomocí orientačních bodů v prostoru. Tuto teorii podporuje studie, ve které Holdstock et al. (2000) testovali pacienta se selektivním poškozením obou hipokampů. Pacient si hůře vybavoval alocentrické prostorové informace nežli egocentrické prostorové informace. Výsledek naznačuje, že hipokampus více ovlivňuje alocentrickou prostorovou paměť. Autoři Maguire et al. (1998) předpokládají, že egocentrická orientace není na hipokampu závislá a podílí se na ní zejména parietální kortex. To je v souladu s hipokampálními „místovými buňkami“ (place cells) kódujícími umístění potkana v otevřeném prostředí nezávisle na jeho orientaci a doplňkové kódování orientace, nezávisle na umístění, „buňkami směřujícími do hlavy“ (head cells) v presubicullu. Naproti tomu neokortikální reprezentace senzorycké a motorické informace bývají egocentrické, což odráží skutečnost, že senzorycké receptory a motorické efekty jsou připojeny k tělu. Je zajímavé, že stejně jako kódovací informace týkající se různých referenčních egocentrických rámců, neurony v zadní parietální kůře také podporují přesun mezi různými egocentrickými rámečky, tak mezi alocentrickými a egocentrickými rámci (Burgess, Maguire & O'Keefe, 2002).

3.3. Spánek a prostorová navigace

Spánek má mnoho pozitivních vlivů na funkci celého organismu. Paměť je důležitá pro zapamatování informací potřebných k životu, například k orientaci v prostoru. Nyní máme mnoho předpokladů, že prostorovou orientaci ovlivňují zejména spánková vřeténka v NREM2. Můžeme tedy očekávat, že spánek ovlivňuje konsolidaci paměťových stop v prostorové navigaci.

Hypotéza, že se hipokampální formace podílí na získávání prostorových vzpomínek byla do značné míry již zkoumána na hlodavcích. Vědci Oyanedel et al. (2014) testovali na potkanech efekt spánku ve spojitosti s výskytem pomalých oscilací a vřeténkové aktivity během SWS stádia. Potkani byli testováni třemi úkoly zaměřující se na epizodickou paměť. Ta zahrnovala úkoly na „*kde*“ (rozpoznávání místa objektu), „*kdy*“ (dočasná paměť) a „*co*“ (rozpoznávání nových objektů). Po každé z nich

následoval 80minutový retenční interval ranního spánku nebo spánkové deprivace. Potkani s retenčním intervalem spánku vykazovaly lepší epizodickou a prostorovou paměť a tendenci ke zlepšení časové paměti (nebylo signifikantní). U paměti rozpoznávání objektů nebyla změna. Vybavování informací z epizodické paměti bylo spojeno se zvýšenou pomalou oscilační aktivitou (0,85–2,0 Hz) během SWS v retenčním intervalu. Prostorová paměť byla spojena se zvýšeným podílem SWS. Avšak spojitost mezi vřetenovou aktivitou a výkonem epizodické paměti nebyl prokázán, pouze u rozpoznávání objektů. Výsledky podporují úlohu SWS a pomalé oscilační činnosti při konsolidaci paměti závislé na hipokampu, avšak roli vřetének v tomto procesu je třeba dále zkoumat.

Lidských studií, které by testovaly vztah pomalovlnného spánku na prostorovou navigaci nebylo mnoho. Některým autorům se však povedlo dosáhnout podobných výsledků, které byly prokázány u hlodavců. Peigneux et al. (2004) pomocí průtoku krve zjistili, že jsou hipokampální oblasti aktivované během učení ve virtuální realitě také aktivované v následném spánku s pomalými vlnami. Hlavním přínosem této práce bylo, že množství hipokampální aktivity pozitivně koreluje se zlepšením výkonu při vyhledávání trasy následujícího dne. Toto zjištění naznačuje, že hipokampální aktivita během spánku odráží „offline“ zpracování posledních epizodických a prostorových paměťových stop, což vede ke zlepšení výkonu v důsledku plastických změn mozku.

Virtuální realita byla použita u více studií, jako například studie Ferrara et al. (2008). Ti dokázali za pomoci 3D virtuálního nástroje, že spánek po učení pomáhá zlepšit účinky topografické orientace u lidí oproti těm, co trávili dobu bděním. Spánková deprivace naopak brání v konsolidaci. Nejvíce je vliv spánku účinný první noc po testování. Období bdělosti mezi učením a spánkem nemá roli na stabilizaci paměťových stop. Výsledky tedy ukázaly, že zlepšení prostorové výkonnosti je pozorováno pouze tehdy, když je učení následováno periodou spánku, bez ohledu na délku retenčního intervalu.

Dále byl efekt prostorového učení na lidech zkoumán pomocí snímání EEG aktivity u skupiny lidí s refrakterní epilepsií, kteří podstupovali předběžné klinické hodnocení, po tréninku v úloze prostorové navigace. Moroni et al. (2014) zjistili, že hipokampální aktivita s vysokou delta vlnou (2-4 Hz) se zvyšuje během první epizody NREM po učení, ve srovnání se základní nocí. Kromě toho množství hipokampálního NREM s vysokým delta výkonem korelovalo s výkonem úkolu při opakovaném testu.

Tato zjištění podporují klíčovou roli hipokampálních pomalých EEG frekvencí během spánku v procesech konsolidace paměti.

Mnoho behaviorálních důkazů ukazuje ve prospěch efektu spánku na konsolidaci prostorových informací. Účinek spánku se však mění s věkem díky poklesu pomalých vln. Tomu odpovídají i výsledky výzkumníků Varga et al. (2016). V experimentu 3D navigačním bludišti porovnávali skupinu mladších (věk 18–23) a starších (věk 51–85) subjektů na polysomnografickém zařízení. Porovnávali změny před experimentem a po experimentu. Na začátku byly výsledky v obou skupinách stejné, avšak po spánku u skupiny mladších jedinců došlo ke zlepšení, které u skupiny starších jedinců nenastalo. Kvalita spánku u starších jedinců byla snížena množstvím SWS spánku a jeho fragmentací, což vedlo ve výsledku ke snížení účinnosti pomalých vln. Jejich aktivita u obou skupin pozitivně korelovala se změnou výkonů v bludišti přes noc, tak s mediální prefrontální kapacitou, což poukazuje na potenciální neuroanatomický substrát pro změnu aktivity pomalých vln se stárnutím a tím i zdůrazňovala význam aktivity pomalých vln ve spánku na konsolidaci prostorové navigační paměti.

Ukládání informací do prostorové paměti je závislé na činnosti hipokampu a její komunikaci ve spánku. Současné důkazy ukazují, že hipokampální aktivita ovlivňuje spánek pomalými oscilacemi, které mají svůj význam v ukládání informací v epizodické paměti. Výkon u jedinců v různých prostorových úlohách se po SWS spánku zlepšil v účinnosti výskytu spánkových vřetének, které by mohly mít hlavní roli u SWS fází. Činnost hipokampu je více spojena s alocentrickou orientací v prostoru, tudíž by měl být shledán větší účinek po spánku u ní než u egocentrické prostorové orientace. Tento předpoklad budu testovat ve své praktické části.

Praktická část

4 Metodologie

4.1 Výzkumný cíl

Hlavním cílem je poskytnout behaviorální důkazy o úloze spánku při integraci nezávisle získaných částečných prostorových znalostí do jednotné komplexní mapy. Jde nám hlavně o rozdíl mezi účastníky v úloze na egocentrickou prostorovou navigaci a alocentrickou prostorovou navigaci. Východiska naší teorie jsem zmiňovala v předešlé části. Předpokladem je, že spánek zlepší konsolidaci paměťových stop. Jedná se především o účinnost NREM2 spánku, kde se objevují spánková vřeténka, které by mohly sloužit ke komunikaci neokortexu a hipokampu u lidí. Hipokampus je klíčový pro konsolidaci a zpracování prostorové paměti. Tvoří základ pro tvorbu kognitivních map, tím pádem by v ní jedinci vystaveni úloze po spánku měli mít lepší výkony oproti jedincům v bdění.

4.2 Výzkumná otázka a hypotézy

VO: Jaký vliv má pomalovlnný spánek na konsolidaci paměťových stop?

Na základě tohoto předpokladu jsme si stanovili hypotézy:

- **H1:** Existuje vztah mezi pomalovlnným spánkem (NREM2, NREM3) a prostorovou navigací.
- **H2:** Výkon v úlohách prostorové navigace bude po spánku lepší než u bdění.
- **H3:** Spánek více ovlivní alocentrickou prostorovou navigaci.

4.3 Výzkumný vzorek

Do výzkumu byli zahrnuti zdraví jedinci, u kterých bychom mohli zaznamenat vliv spánku a výkon v kognitivní úloze. Cílem bylo najít 20 studentů denního či dálkového studia ve věku od 18 do 30 let ($n = 20$; 10 mužů a 10 žen). Průměrný věk účastníků byl 21,45 ($SD = 2,16$). Sběr účastníků byl metodou samovýběru. Zájemci mě oslovili v reakci na náborový leták, který byl zveřejněn na sociální síti Facebook, webových stránkách a v sídle Národního ústavu duševního zdraví (NUDZ). Každý ze zájemců musel splňovat kritéria pro zařazení do studie, jako jsou česká národnost, bez kognitivních, psychických či spánkových onemocnění atd. (Příloha č. 1). Jedinci mohli

být studenti jakékoli školy na území celé České republiky. Všichni obdrželi finanční honorář 800 Kč za účast v celé studii.

4.4 Metody sběru dat

S ohledem na zaměření a cíl studie se u tohoto počtu probandů jednalo o kvantitativní experiment. Ke sběru dat bylo využito nenáhodného výběru pomocí metody „sněhové koule“ (snowball). Kvantitativní metoda je metoda, kdy je cílem předmět zkoumání vyjádřit, analyzovat a manipulovat jím pomocí čísel. Podstata experimentu je pak manipulace s nezávislou proměnou, měření závislé proměnné a kontrola vnějších proměnných (Ferjenčík, 2008).

Jedná se o vnitrosubjektový design, kdy nezávisle proměnnou je stav jedince mezi tréninkem a testem (spánek/bdění) a závislou je míra odchylky od cíle.

Měření bylo opakováno v odstupu jednoho týdne od prvního měření, aby nedošlo k interferenci zapamatovaného v 1. týdnu. V každý den měření se měnila jak podmínka (spánek/bdění), tak i druh prostorové úlohy zaměřené na egocentrickou/alocentrickou navigaci. Účastník byl například první den vystaven měření s bděním a začínal prostorovou úlohou na alocentrickou prostorovou navigaci a v druhý den měření měl spánek a začínal úlohou na egocentrickou prostorovou navigaci. Problém v rozdělení a zachování stejných podmínek pro všechny účastníky byl vyřešen použitím blokového znáhodňování (randomizace). Kognitivní úloha se testovala v BVA prostorách NUDZ a spánek byl snímán pomocí PSG zařízení.

4.4.1 BVA

Blue Velvet Arena je užívána jako paralela Morrisova vodního bludiště, představila jsem ji ve své teoretické části o metodách měření prostorové navigace. Tato metoda je určena výhradně k testování na lidech. Testování proběhlo v prostorách NUDZ, která ji má vypůjčenou v rámci spolupráce s Fyziologickým ústavem AV ČR.

Měření mělo dvě části. První z nich byl *trénink* a druhá byl *test*. V tréninku i testu nám šlo o zapamatování cílů v závislosti *ke startu* (ego část) nebo v závislosti *k orientační značce* (alo část). Účastníci měli za úkol se naučit 3 cíle. Jednou pro egocentrickou prostorovou navigaci (Ego), poté pro alocentrickou prostorovou navigaci (Alo). Pozice cílů jsou součástí přílohy (Příloha č. 2). Začátek úlohy prostorové navigace se měnil

v závislosti na randomizaci (znáhodnění účastníků). Tyto dva typy úloh se neustále střídaly.

První den měření byl probandům vysvětlen postup a rozdíl mezi Ego x Alo v BVA. Vytvořila jsem si instrukce, které jsem předčítala jak pro verzi se začátkem Ego, tak pro verzi se začátkem Alo. Čtení instrukcí jsem zvolila, aby bylo zachováno stejných podmínek pro všechny účastníky. Zda byly instrukce dobře pochopeny jsem si ověřila na popisu schématu (Příloha č. 3), kde jsem se lidí ptala, kde by v této situaci byl na obrázku cíl. V tréninku se nám tyto dva typy střídaly celkem 4krát (4 trialů). Nejdříve se tedy účastníci snažili zapamatovat například 3 cíle pro Ego, pak 3 cíle pro Alo, 3 cíle pro Ego, 3 cíle pro Alo atd. Jednalo se o 3 stejné cíle, které se opakovaly pro Ego i Alo část. Poloha každého z cílů byla jiná, ale zůstávala stejná ve všech tréninkových a testových pokusech. Pro Ego část je vždy důležitá vzdálenost a směr cíle od startu a pro Alo část pak vzdálenost a směr cíle od orientační značky.

Změřili jsme výšku účastníků a na hlavu jim poté byla nasazena sluchátka s diodou, která snímala trajektorii dobrovolníka. Poté šli do BVA, kde jim byly cíle promítány jako červená kolečka na zemi a start jako červená tečka na zemi. Orientační značka měla tvar obdélníku a byla promítána zase na stěně arény. Na začátku každého kola (trialu) jsem subjektům připomínala, do jaké části jdou (Ego x Alo) a k čemu je tedy cíl vázaný.

Účastníkům jsem rozsvítla start č. 1., poté jsem jim rozsvítla cíl č. 1. V prvním kole jsem instruovala účastníky, aby na každou pozici cíle ukazovali rukou (aby bylo zajištěno, že jim rozumí). Poté jsem cíl zhasla a účastníci měli dojít do daného cíle. V Alo části jsem jim rozsvítla ještě orientační značku, která později byla skryta stejně jako cíl. Proband se měl nejdříve k předpokládanému cíli otočit a potom jít přímou cestou k němu. Když si účastníci mysleli, že jsou v požadovaném místě, označila jsem jejich pozici v počítačovém softwaru a ti pak pokračovali na start č. 2 atd. Když jejich pozice byla přesná, zazněl z reproduktorů krátký tón. V dalších kolech již na cíle neukazovali, pouze chodili do cílů. V tréninku byla účastníkům vždy podávána zpětná vazba, aby měli možnost se dané cíle co nejlépe naučit. Doba na zapamatování nebyla nijak omezená.

Po tréninku následoval retenční čas, kdy měli účastníci buď spánek nebo bdění. Po této době následoval test, který sloužil jako ověření toho, co si účastníci zapamatovali. Test byl obdobný jako trénink s rozdílem, že se druh úloh střídal už je 3krát (3 trialů). Úkolem zde bylo dojít postupně v různém pořadí do všech 3 cílů a tentokrát z jednoho startu. Z jednoho cíle pokračovali do dalšího a pak do posledního. Zpětná vazba byla dána

pouze v druhém kole. V prvním kole šel vidět efekt zapamatování, v druhém, se zpětnou vazbou, bylo možné si opravit špatně naučené cíle a ve třetí kole nám byl demonstrován efekt zapamatování po opravě. V testu nás zajímala míra odchylky od správného cíle tak, jako trajektorie, která by měla být co nejkratší.

Účastník absolvovat měření v BVA oba dny ve stejném postupu. Měnila se jen podmínka spánku/bdění a také verze kognitivní úlohy (A/B).

4.4.2 PSG

Po absolvování BVA úlohy byli účastníci v jeden den testování vyzváni k 90minutovému spánku (zdřímnutí) a v druhý den testování zůstali naopak v bdělém stavu. Jedinci se měli ve dnech testování vyvarovat konzumaci alkoholu, kofeinu, návykových látek apod. Zdřímnutí bylo monitorováno pomocí polysomnografie na spánkovém oddělení NUDZ v Klecanech. Ve spánkové laboratoři měl každý k dispozici vlastní pokoj s koupelnou a WC.

PSG je zcela bezbolestné a bezpečné. Ke snímání EEG záznamů se využívají elektrody, které jsou rozmístěné dle mezinárodního standardu 10/20. Pro naše měření bylo využito 6 elektrod k mnohonásobnému použití, umístěných přímo na kůži vlasaté části hlavy (F3, F4, C3, C4, P3, P4), díky kterým jsme snímali aktivitu z frontální, centrální a parietální části hlavy. Doplňujícími nám byly mastoidální elektrody za ušima (M1, M2) a frontální, referenční elektroda na čele (Fpz). Přidali jsme i elektrody pro záznam pohybu očí (EOG1, EOG2), pohybu svalů připevněných k bradě (Ch1, Ch2, Chz) a zemnicí elektrodu (G1). Účastníkům bylo připevněno i EKG a hrudní pás, kam byla umístěna krabička všech svodů signálů z elektrod. Všechna místa byla očištěna lihem, elektrody byly vyplněné gelem a zpevněné mulovým čtverečkem s lepící pastou EC2. To vše bylo ještě přelepeno lepící náplastí. Dobrovolníci pak byli napojeni k přístroji, který transponoval signály do počítače. Účastníci museli mít vypnutá elektrická zařízení, která by mohla rušit snímané signály. V pokoji bylo zatemněno okno a staženy rolety proti dennímu světlu. Účastníky jsme nechali 90 minut zdřímnout, což odpovídá jednomu spánkovému cyklu, kdy se mohou vystřídat všechna spánková stádia. Spánek jedince jsme pozorovali z hlavní místnosti kamerou v pokoji, která nesloužila k nahrávání, ale pouze pro účely potřeby účastníka. Sledovali jsme i architekturu spánku a kontrolovali správný přenos signálů elektrod. Po 90minutách byli účastníci vzbuzeni a odpojeni od přístroje.

Snažili jsme se předejít nebo odhalit možné okolní vlivy, které by mohly zkreslovat kvalitu spánku včetně např. teploty místnosti, psychického a fyzického stavu jedince, dobou spánku předešlou noc, alkoholem, kofeinem, návykovými látkami, farmaky, vlivy změnou prostředí, fyziologickými potřebami, přítomností monitorovacího zařízení atd. Účastníci byli dotazováni na kvalitu spánku a jejich poznámky mohli buď sami zaznamenat do dotazníku nebo jsme je později zaznamenali my.

4.4.3 Dotazníky

Informovaný souhlas

Informovaný souhlas složí k ochraně jak účastníka, tak examinátora o právech, které obě strany mají. „Informovaný souhlas je právním úkonem, v němž je rozhodujícím způsobem, tedy svobodně, vážně, určitě a srozumitelně, projevena vůle pacienta.“ (Dostál, 2005, s. 62). Ten může mít formu buď písemnou nebo i ústní. Písemná musí předcházet vždy ústní a slouží jako důkaz, že pacient porozuměl obsahu sdělovaného (Haškovcová, 2007). Jeho obsah se mění v závislosti na způsobu práce s jedincem.

Etický kodex pro Českou republiku lze najít na stránce Českomoravské psychologické společnosti. Informovaný souhlas od lidí, kteří se chtějí výzkumu účastnit zahrnuje vyhýbání se klamání účastníků (je-li to trochu možné), a vše provádět tak, aby nenastala během studie žádná újma pro účastníky (Walker, 2013). Zahrnuje etické aspekty experimentu jako jsou právo na informace, anonymitu, právo na soukromí, ochranu osobních údajů, jejich zpracování a mnohé další. Informovaný souhlas našeho výzkumu je součástí přílohy (Příloha č. 4).

Testová baterie:

- **Pittsburský index kvality spánku (PSQI)** zjišťuje skór v 7 škálách. Jsou jimi subjektivní kvalita spánku, spánková latence, doba trvání spánku, spánková efektivita, poruchy spánku, usus hypnotik, denní únava.

Výsledný celkový skór je indikátorem dobrého spánku, který se pohybuje od 0 do 5 bodů. Vyšší hodnoty upozorňují na přítomnou zhoršenou kvalitu spánku, i na spánkové poruchy, jak říkají autoři (Buysse et al, 1989).

- **Stupnice tíže únavy (FSS)** zjišťuje dopad únavy na život jedince. Dotazník obsahuje 9 výroků. Účastník hodnotí pocity, které se mohly během posledního týdne objevit od 1 do 7. S těmi může zcela nesouhlasit (1 bod) nebo zcela souhlasit (7 bodů).

Výroky jsou zaměřené na únavu fyzickou, více než psychickou. Vyhodnocuje se, jak celkový počet bodů, tak i průměrná hodnota. Čím vyšší je pak celkový skóre, tím vyšší je únava.

- **Epworthská škála spavosti (ESS)** umožňuje stanovit obecnou denní míru spavosti. Jedná se o nejužívanější sebesuzovací metodu ke zjišťování spavosti. Její administrace je rychlá a vykazuje dobrou testovou reliabilitu (Mathis & Hess, 2009). Obsahuje 8 otázek dotazujících se na různé situace, v kterých se objevuje spavost, např. při četbě v sedě. Ten pak dle škály 0-3 určí, jak značná je spavost v té situaci (0 je nikdy a 3 je značná pravděpodobnost spánku). Při celkové součtu skóreů je 10 bodů označováno za hraniční pro nadměrnou denní spavost.
- **Dotazník ranních a večerních typů (MEQ)** byl použit ke zjištění cirkadiálních preferencí účastníků. Jedná se o sebesuzovací dotazník s 19 uzavřenými otázkami zaměřujícími se na zjištění nejaktivnější části dne. Nějaké jsou preferenční v tom, že se ptají účastníka na to, co by si spíše přál udělat. Poslední otázka se už konkrétně ptá, za jaký z typů se on sám považuje (Plháková, 2013). Sečtené body jsou v rozmezí 16–86 bodů. Výsledné hodnoty se dají rozdělit do 5 škál, které odpovídají jinému chronotypu. U 70–86 bodů jde o výrazně ranní typ, 59–69 bodů odpovídá spíše rannímu typu, 42–58 bodů odpovídá nevyhraněnému typu, 31–41 bodů odpovídá spíše nočnímu typu a 16–30 bodů odpovídá výrazně nočnímu typu.
- **Beckova sebesuzovací škála deprese (BDI)** slouží ke zjišťování přítomnosti a závažnosti depresivních symptomů. Dotazník se skládá z 21 položek, které se týkají afektivních, kognitivních, motivačních a fyziologických symptomů deprese (Ptáček, Raboch, Vňuková, Hlinka & Anders, 2016). Respondenti na čtyřbodové škále (0-3) volí tu odpověď, jež nejlépe vystihuje jeho pocity za posledních 14 dní. Všechny body se sečtou a výsledná hodnota je v rozmezí od 0 do 63 bodů. 0-13 ukazuje na minimální přítomnost deprese, 14-19 je mírná deprese, 20-28 je střední deprese a 29-63 pak ukazuje na těžkou depresi.
- **Beckova sebesuzovací škála úzkosti (BAI)** slouží ke zjištění míry úzkosti. Dotazník obsahuje 21 položek hodnotící psychické i somatické příznaky. Pomocí dotazníku lze odlišit i úzkost od deprese (Beck, Epstein, Brown, & Steer, 1988). Respondent stejně jako u BDI odpovídá na čtyřbodové škále (0-3). Po sečtení bodů

výsledný skór od 8-15 považuje úzkost za mírnou, od 16-25 za střední a od 26-63 za vážnou.

- **Stanfordská škála spavosti (SSS)** je Likertova škála na stupnici od 1-7. Dle hodnocení má účastník tu stupnici, která nejlépe vystihuje, jak se aktuálně cítí. Číslo jedna odpovídá popisu člověka jako aktivní, zcela vzhůru a sedm naopak spící. V našem experimentu byla škála doplněná o 2 tabulky, kam se zapisovaly časy před a po měření, jak u tréninku, tak testu. Jedna tabulka je určená pro návštěvu se spánkem a druhá s bděním. Hodnocení nám pak ukázalo posun v úrovni bdělosti (čilosti). Ta ovlivňuje výkon v BVA a následně ovlivňuje i spánek/bdění po tréninku.

Všechny dotazníky jsou k dispozici na vyžádání autora. Získané data z testové baterie nejsou součástí této práce, budou zveřejněny v článku.

4.4.4 Spánkový deník

Spánkový deník je využíván ve velkém zastoupení při výzkumech u osob s chronickými bolestmi, poruchami cirkadiálního rytmu či insomnie (nespavost) (Smith & Wegener, 2003). Pro toto využití stačí týdenní či dvoutýdenní záznamy. Zjistit se jimi dá i kvalita spánku nebo zda má jedinec pravidelná rytmy. Většinou se jedná o tabulku, kam jedinec uvádí dobu usnutí, probuzení, přerušování spánku apod. Doporučuje se zaznamenávat i sny a zvláštnosti během noci. Naši účastníci měli za úkol si vést spánkový deník týden před měřením se spánkem, který jsem si ten den od nich převzala. Účastníkům jsem ho zasílala emailem spolu s pokyny a informovaným souhlasem. Mohli si ho vést buď elektronicky nebo písemně a byl součástí vstupního dotazníku.

4.4.5 Vigilance test

Tento test je prováděn účastníky na počítači. Je krátký a zjišťuje schopnost udržovat tonickou bdělost a pozornost jedince. Účastníkům se na pravé či levé straně obrazovky objevila tečka a dle její pozice měli zmačknout co nejrychleji požadované tlačítko na klávesnici. Test byl prováděn oba dva dny testování, před a po kognitivní úloze.

Tyto výsledky jsou individuální a mohou být modifikovány okolními vlivy. Mezi těmi je individuální motivace, fyzická a intelektuální aktivace odvozená od úkolu, monotónnost, teplota, světelné podmínky a další (Mathis & Hess, 2009).

4.5 Postup sběru dat

Studie byla realizována od 3. 6. 2019 do 8. 2. 2020 za spoluúčasti výzkumníků Danielou Urbaczka Dudysovou, MA, Mgr. Kamilem Vlčkem, Ph.D., PhDr. Janou Kopřivovou, Ph.D. Návrh studie byl schválen Etickou komisí NUDZ (Příloha č. 5).

Prvním krokem byl sběr dobrovolníků náborovým letákem. Zájemci se sami ozývali na kontaktní emailovou adresu, kde jim spolu s detaily o výzkumu byl zaslán i informovaný souhlas, s kterým každý z nich musel souhlasit. Podepsán byl až na místě.

V první den měření se účastníci dostavili v dopoledních hodinách do NUDZ. Poté jim byl přidělen pokoj, kde později absolvovali PSG měření. Došlo k vysvětlení postupu, jak celé měření bude probíhat a k vyplnění dotazníků, včetně podpisu informovaného souhlasu. Poté následoval trénink prostorové navigace v kognitivní úloze. Před začátkem byli účastníci seznámeni s instrukcemi a požádáni o hodnocení stupně ospalosti (SSS). Následoval samotný trénink a po tréninku zase účastníci vyplnili hodnocení do SSS. Po tréninku následoval test vigilance a podmínka, kterou měl ten den účastník mít. Při bdění byl účastníkům prezentován film citově neutrálního charakteru. Doba filmu odpovídala délce zdřímnutí (90 minut). Účastníci, kteří měli podmínku zdřímnutí byli napojeni na PSG měření a poté necháni na pokoji. V obou případech byl retenční čas stejný. Poté účastníci znova absolvovali test vigilance a následoval test prostorové navigace. Před ním i po něm zase účastníci hodnotili stupeň ospalosti. V testu jsme viděli efekt zapamatovaného paměťového obsahu po obou podmínkách.

4.6 Postup analýzy dat

U prostorové úlohy byla pomocí počítačového systému vypočítána odchylka vzdálenosti mezi odhadovanou a správnou pozicí cíle, což tvoří tzv. chybu vzdálenosti místa a je počítána v centimetrech. Program počítal trajektorii jedince od startu ke všem třem cílům, v závislosti ke startu (Ego) nebo k orientační značce (Alo). Pro vyrovnání interakce mezi spánkem, bděním a Ego a Alo byla použita čtyřcestná ANOVA s opakovaným měřením, zahrnující podmínku spánek/bdění a typy cílů Ego/Alo. Jako post-hoc test byl použit Newman-Keuls test.

PSG záznamy o spánku byly vyhodnocovány dle kritérií AASM manuálu pro skórování spánku. Ty byly skórovány v programu EEG Viewer, který umožňuje i tvorbu hypnogramu, z kterého byly data čerpány. Obsahuje jak samotný hypnogram, tak spánkové časy záznamu a informace o spánkových stádiích. Do výzkumu byly

použity informace o spánkové latenci (SLAT), celková délka spánku (TST), čas od usnutí po probuzení (SPT) a spánková efektivita (SE). Ze stádií byla využita data o času a procentuálním zastoupení všech stádií, včetně bdění. Největší pozornost byla věnována zastoupení SWS fází spánku u člověka (NREM2, NREM3). Údaje o čase a procentuálním zastoupení těchto dvou stádií byla korelována s průměrem chyby odhadu cíle, v úlohách Ego a Alo testu.

U testu vigilance byla zjišťována míra únavy jedinců po spánku a po bdění. Údaje jsme porovnávali pomocí průměru směrodatné odchylky (Sd), která znázorňuje míru rozptylu získaných dat kolem průměru. Čím byla Sd větší, tím byla větší únava. K porovnání rozdílů byl použit t – test pro závislé vzorky, jelikož u dat byla potvrzena normalita.

Hladina významnosti (α), která určuje míru pravděpodobnosti byla u všech měření stanovena o hodnotě 5 % ($p = 0,05$). Rozdíly jsou signifikantní tehdy, pokud je $p < 0,05$. Na základě tohoto faktu pak potvrzujeme či nepotvrzujeme stanovené hypotézy.

5 Výsledky

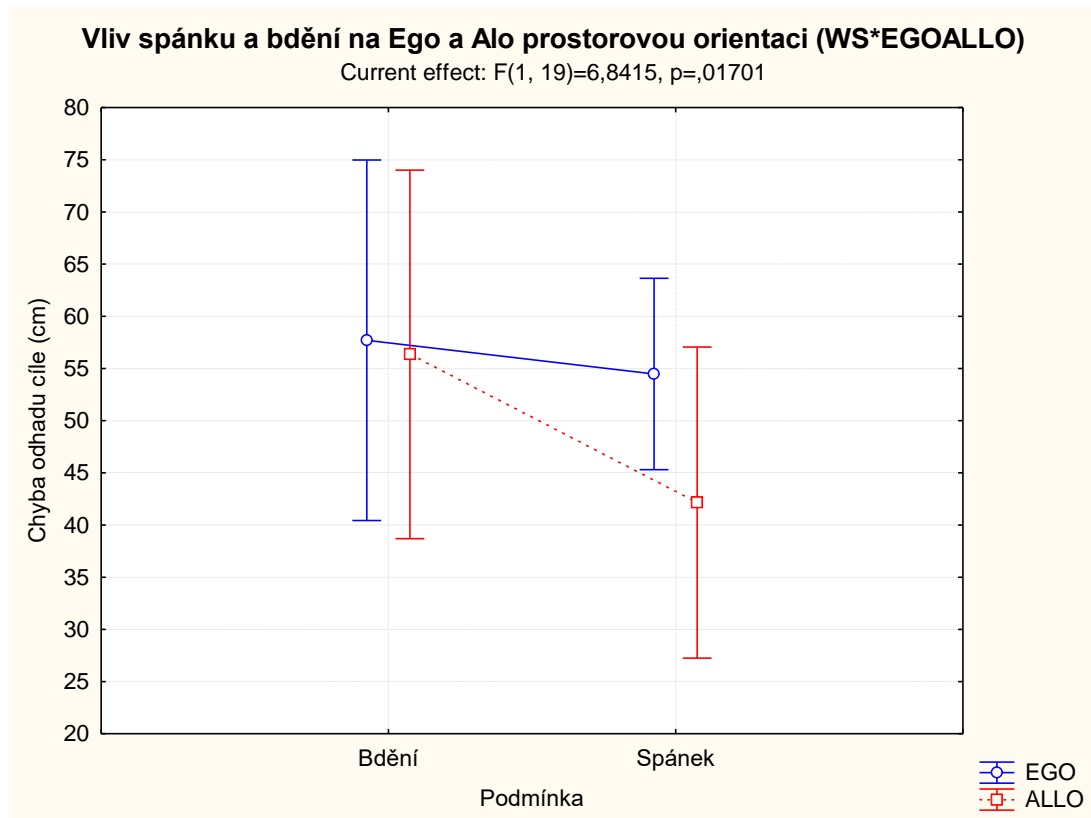
Nejdříve jsme testovali vliv spánku a bdění na výkony v prostorových úlohách v BVA. Porovnávali jsme výkony účastníků v testu Ego i Alo, při podmínce spánku i bdění. Ke zjištění rozdílů byla použita ANOVA a její výsledky jsou v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1 Rozdíly mezi efekty v testu prostorové navigace

Efekt	Degr. of Freedom	F	P
WS	1	5,480	0,030
WS*EGOALLO	1	6,841	0,017
EGOALLO*GOAL	2	2,880	0,068
WS*TRIAL	2	1,049	0,360

Tabulka č. 1: Zde můžeme vidět, zda byly zjištěny rozdíly u jednotlivých efektů v testu prostorové navigace. Výsledky nám ukazují stupeň volnosti (Degr. of Freedom), F a p-value, které je pro nás nejdůležitější. P nám určuje, zda je mezi efekty rozdíl. Výsledná tabulka nám ukazuje, že existuje rozdíl mezi Ego a Alo prostorovou navigací po spánku a po bdění (**WS*EGOALLO**, $p = 0,017$). Rozdíl je signifikantní také u samotného spánku a bdění (**WS**), který ukazuje hodnotu $p = 0,030$. To znamená, že je rozdíl u efektu spánku a bdění v zapamatování v úloze prostorové navigace. Nízká hodnota ($p = 0,068$) je vidět u jednotlivých cílů pro Ego a Alo (**EGOALLO*GOAL**). Efekt cílů však nebyl potvrzen ($p > 0,05$). Nepotvrzený byl i efekt jednotlivých kol (trialu) po spánku a po bdění (**WS*TRIAL**, $p = 0,360$). Důležité efekty jsou i graficky znázorněné níže. Graf obsahuje vždy název a zkratku efektu z hlavní tabulky, ke které se váže.

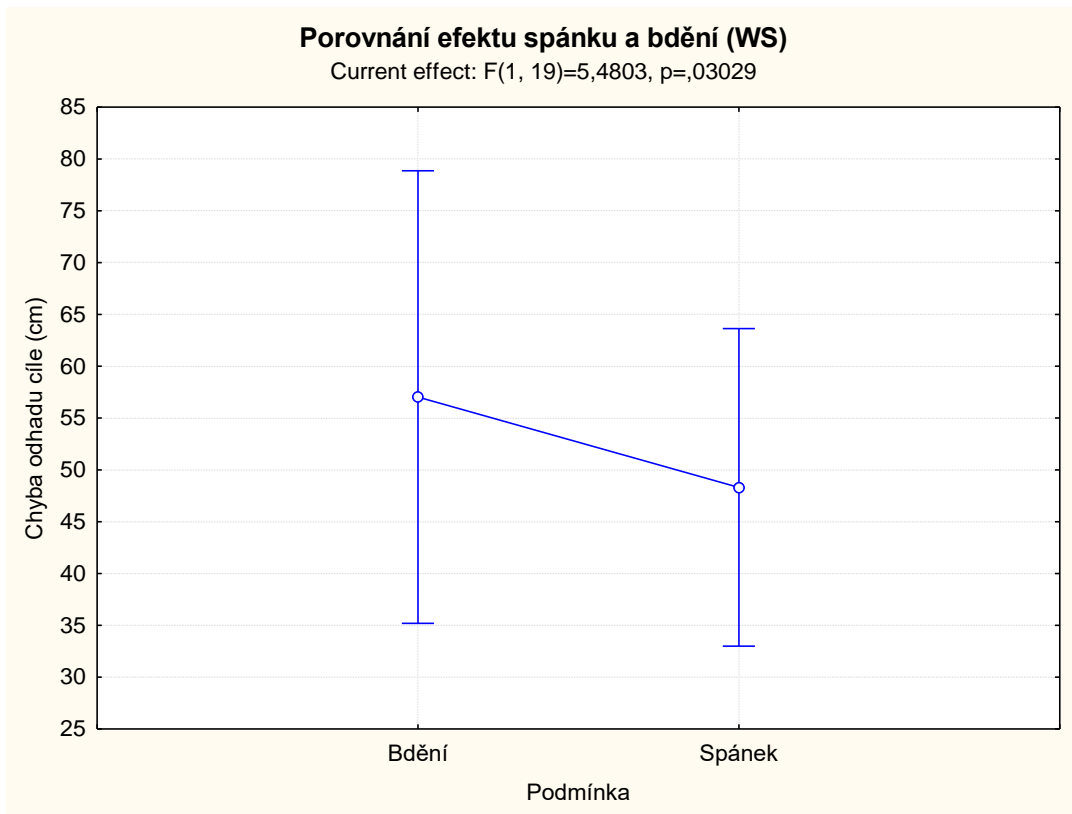
Graf č. 2



Graf č. 2: Graf nám ukazuje druh podmínky, kterou účastníci měli (osa X) a chybu odhadu cíle (osa Y). Modrá přímka značí egocentrickou prostorovou orientaci (EGO) a červená zase alocentrickou prostorovou orientaci (ALLO). Graf nám také ukazuje středové body a jejich rozpětí.

Na grafu vidíme porovnání úloh Ego a Alo, po spánku a bdění. Můžeme si všimnout viditelného rozdílu, který nám potvrdila i tabulka výše ($p = 0,017$). Lze vidět jasné známky toho, že spánek zlepšuje výkon v obou úlohách Ego i Alo testu. Taky, že spánek více ovlivňuje alocentrickou prostorovou navigaci než egocentrickou, což nám ukazuje míra odchylky mezi typy cílů u spánku. Tím potvrzuje H3, která tvrdí, že spánek více ovlivní alocentrickou prostorovou navigaci. Spánek má v obou případech lepší efekt na zapamatování, takže potvrzujeme i H2, že výkon v úlohách prostorové navigace bude po spánku lepší než po bdění. Rozdíl v efektu spánku a bdění nám vyšel totiž signifikantní i v tabulce č. 1. ($p = 0,030$). Tento vliv spánku a bdění je dále znázorněn v grafu č. 3.

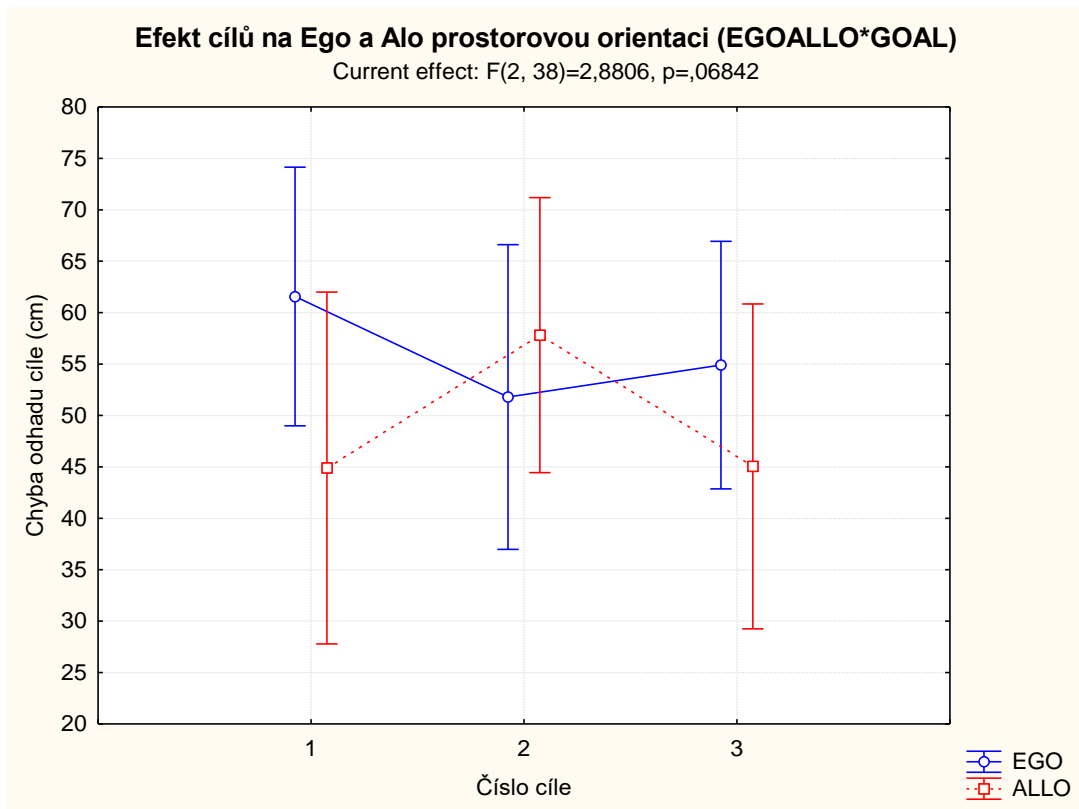
Graf č. 3



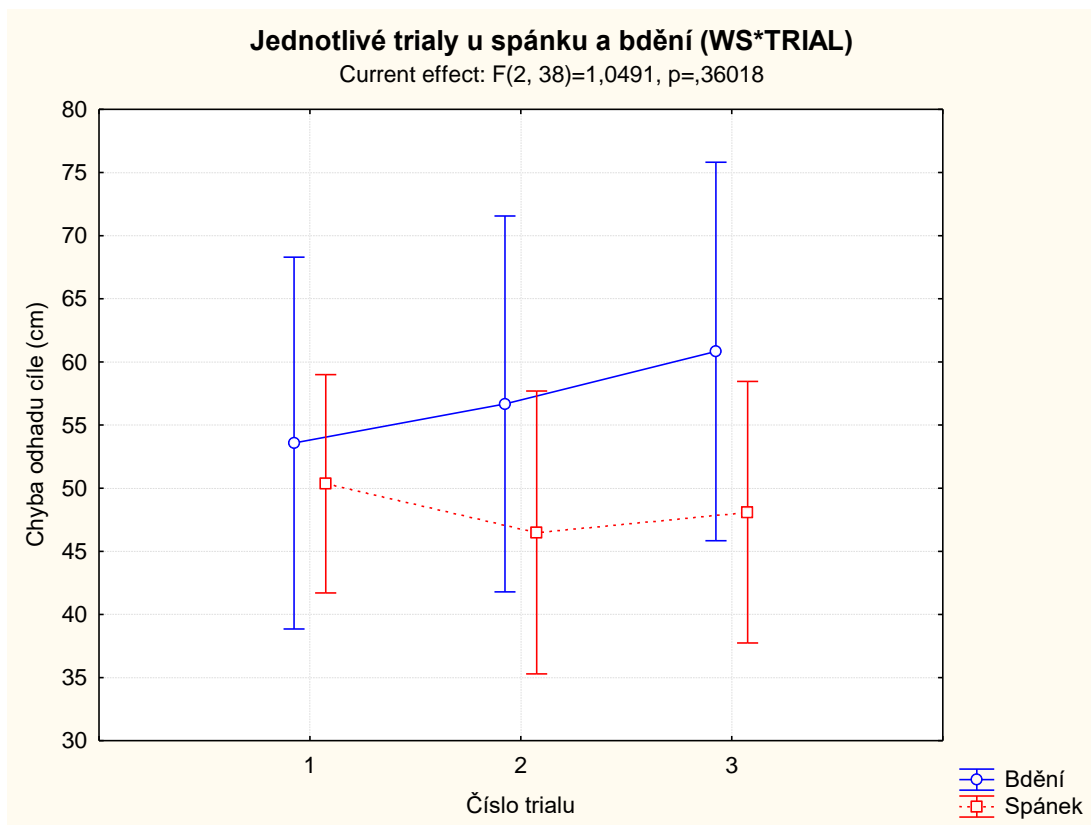
Graf č. 3: Tento graf znázorňuje, jak samotný spánek a bdění působí na zapamatování cílů v testu prostorové navigace. Na dolní ose X vidíme druh podmínky, kterým je spánek a bdění. Na ose Y je vyznačení chyba odhadu cíle v centimetrech. Tento graf nám demonstruje, že po spánku je menší míra odchylky od správného cíle, což potvrdily i signifikantní výsledky.

Zjišťovali jsme, zda není rozdíl mezi cíli (EGOALLO*GOAL) a mezi jednotlivými trialy (WS*TRAIL) v testu. Oba efekty však nevyšly signifikantní ($p = 0,068$; $p = 0,360$). Můžeme tedy říci, že jsou cíle pro Ego i Alo stejné tak, jako jednotlivé trialy. U porovnávání cílů je ale vidět blízkost k hranici signifikance. Porovnání zmiňovaných efektů je znázorněno na grafu č. 4 a grafu č. 5.

Graf č. 4



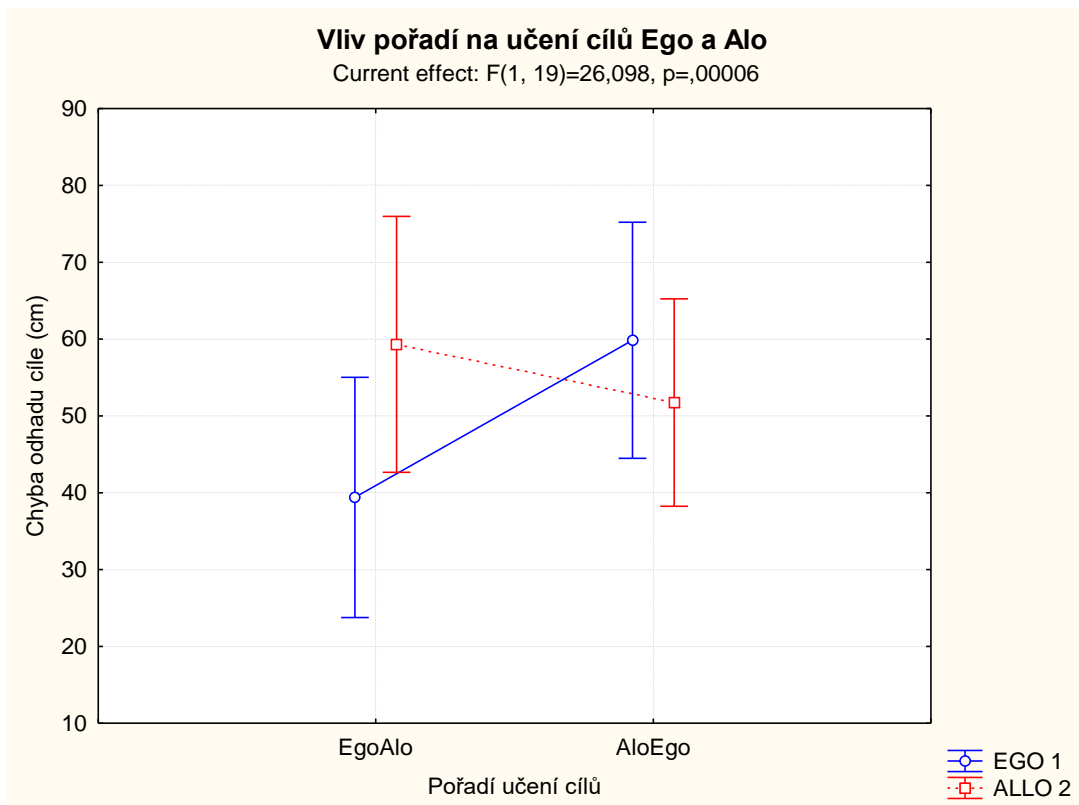
Graf č. 5



Oba grafy ukazují, že efekt spánku je bez rozdílu mezi cíli i trialů. Hodnoty poukazují na neměnnost trialů v testu po podmínce. V prvním trialu po podmínce nebyla účastníkům podána zpětná vazba, takže hodnoty chyby odhadu cíle jsou u obou úloh vyšší. V druhém trialu byla účastníkům dána zpětná vazba a lze si všimnout, jak se vzdálenost mezi chybovostí u spánku a bdění rozchází. V třetím trialu účastníci nedostali zpětnou vazbu a chybovost se u spánku stále drží v nižší úrovni než u bdění. Graf poukazuje na pozitivní vliv spánku na zapamatování cílů ve všech třech trialech.

Nižší chybovost v odhadech cílů v testu mohla souviset i s lepším učením se cílů v tréninku. Na učení mohlo mít vliv pořadí typů cílů, kterými účastníci začínali. To se měnilo u obou dnů testování. Jeden den například začínali cíli Ego a pak Alo a druhý den naopak Alo a Ego. Účastníci se v našem případě snažili zapamatovat první den nejdříve tři cíle vázané ke startu (Ego) a poté tři cíle vázané k orientační značce (Alo). V druhý den naopak. Pořadí je tedy buď EgoAlo, anebo AloEgo. Tento vliv jsme testovali opět pomocí ANOVY, výsledek je znázorněn na grafu č. 6.

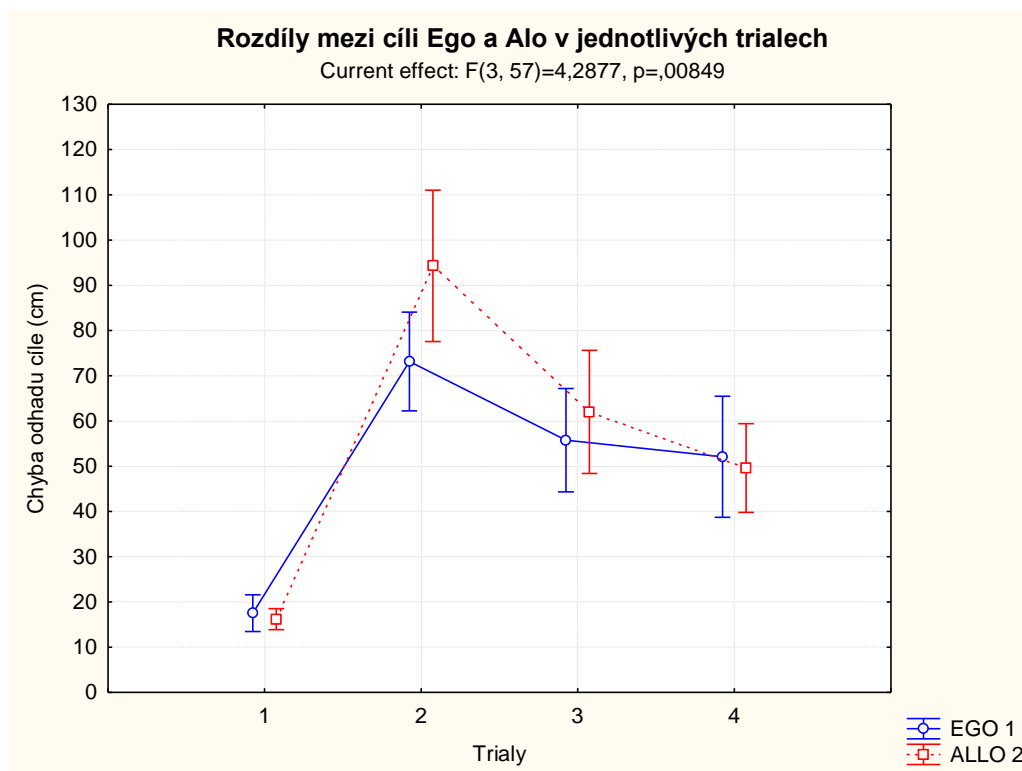
Graf č. 6



Graf č. 6: Graf ukazuje na vztah mezi pořadím a úlohou prostorové navigace. Osa X znázorňuje pořadí učení cílů (EgoAlo, AloEgo) a osa Y opět chybu odhadu cíle. Největší vzdálenost u chyby odhadu mezi pořadími je na začátku s učením cílů EgoAlo. Tam se ukazuje menší chybovost u učení Ego cílů. To znamená, že když jedinec začínal v tréninku pořadím cílů EgoAlo, lépe se mu pamatovaly cíle Ego. U Alo tento efekt není značný. Rozdíl v efektu pořadí na učení cílů Ego a Alo vyšel signifikantní ($p < 0,001$).

Dalším faktorem by mohly být rozdíly mezi jednotlivými trialů v tréninku (Graf č. 7). Po ověření rozdílů ANOVOU nám vyšel signifikantní rozdíl mezi cíli Ego a Alo v jednotlivých trialech ($p = 0,008$).

Graf č. 7



Graf č. 7: Zde je znázorněn proces učení se cílů Ego i Alo v jednotlivých trialech tréninku. Osa X ukazuje trialů a osa Y chybu odhadu cíle. Modrá přímka ukazuje Ego cíle a červená Alo cíle. Na začátku byli účastníci seznámeni s instrukcemi a snažili se pochopit princip kognitivní úlohy. V první trialu jim byly ukázány správné cíle a účastníci měli poukázat na jejich pozici. Poté šli postupně do všech tří cílů. Ukazování bylo pouze v prvním trialu, pak bez ukazování, ale vždy se zpětnou vazbou. V druhém trialu vidíme, že účastníci byli horší v Alo než v Ego a tento rozdíl byl signifikantní ($p < 0,001$). V dalších trialech se chyba odhadu mezi Ego a Alo cíli neztvětšovala

($p = 0,233$; $p = 0,638$). Efekt zapamatování je konzistentní, což nám ukazuje snižující se hodnota chyby odhadu u obou úloh současně. Můžeme tedy říci, že se cíle u Ego i Alo tréninku naučili stejně dobře.

5.1 Porovnání výsledků BVA z PSG záznamů

Získané údaje o spánku jsme porovnávali s hodnotami účastníků v BVA. Chtěli jsme zjistit, zda existuje vztah mezi spánkem a prostorovou navigací. Proto jsme porovnali dobu a procentuální zastoupení spánku účastníka v konkrétním stádiu NREM2 a NREM3 s jeho výkonem v Ego a Alo úlohách v testu po spánku. Kvůli špatné kvalitě záznamů nebo nezastoupení některého stádia muselo být z našeho souboru ($n = 20$) vyřazeno 5 záznamů. Analýza spánku teda byla provedena ze zbylých 15 záznamů účastníků. Normalita se u dat nepotvrdila, takže jsme ke zjištění vztahu použili neparametrický Spearmanův test. Korelační koeficient nabývá hodnot mezi 1 a 0. Čím blíže je hodnota číslu 1, tím je vta h mezi proměnnými silnější.

Tabulka č. 2 Vztah mezi NREM stádii a prostorovou navigací

Dvojice proměnných	Spearmanovy korelace ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hl. $p < ,05000$			
	Počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p-hodn.
Allo průměr & NREM2%	15	-0,400000	-1,57359	0,139595
Allo průměr & NREM3%	15	0,175000	0,64086	0,532748
Allo průměr & NREM2	15	-0,228981	-0,84814	0,411707
Allo průměr & NREM3	15	0,164433	0,60105	0,558141
Ego průměr & NREM2%	15	0,025000	0,09017	0,929529
Ego průměr & NREM3%	15	0,485714	2,00347	0,066426
Ego průměr & NREM2	15	-0,169947	-0,62180	0,544827
Ego průměr & NREM3	15	0,396783	1,55856	0,143104

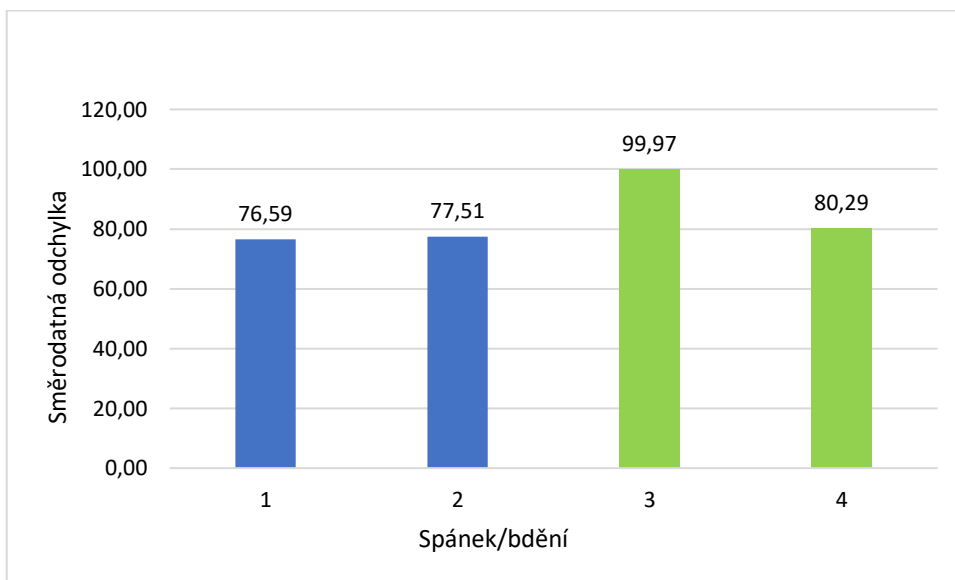
Tab. č. 2: Na tabulce č. 2 nás u korelací zajímá hlavně Spearmanovo r (R), které ukazuje vztahy mezi proměnnými. Výsledky nám neukázaly žádný signifikantní vztah, avšak vidíme, že nějaké vztahy jsou větší. Největší vztah je znatelný u Ego průměru z cílů a procent NREM3 z celkové doby spánku ($r = 0,485$). Větší vazbu ukazuje i Ego průměr a čas v NREM3 ($r = 0,396$) Tyto výsledky nám říkají, že nejvíce ovlivňuje zapamatování cílů Ego právě fáze NREM3. Alo cíle by mohly být také více ovlivněny NREM3 stádiem než NREM2, ale vztahy zde nejsou tak znatelné. NREM3 by mohla mít větší vazbu na zapamatování cílů kvůli její pomalejší frekvenci, oproti NREM2. Výsledky nám ukázaly vztahy, ty však nejsou dostatečně silné. Tím zamítáme poslední hypotézu

H1: Existuje vztah mezi pomalovlnným spánkem (NREM2, NREM3) a prostorovou navigací.

5.2 Vigilance test

Průměrné hodnoty směrodatné odchylky (Sd) byly před spánkem 76,59, po spánku 77,51. Před bděním byl průměr 99,97 a po bdění 80,29. K náhledu na grafu č. 8.

Graf č. 8 Míra únavy po spánku a bdění



Graf č. 8: Graf nám ukazuje, jak stoupá či klesá míra únavy u spánku a bdění. Na ose X je vyznačená hodnota směrodatné odchylky, modře je vyznačen spánek a zeleně bdění. Číslo 1 je hodnota před spánkem a číslo 2 po spánku. Tam lze vidět, že velká změna nenastala (z 76,59 na 77,51). U bdění jde vidět, že únava v průměru klesla, tudíž by to mohlo znamenat, že film pomáhal jedincům zůstat bdělí, dokonce je lehce nabudil (z 99,97 na 80,29). Rozdíly jsou však nepatrné.

Výsledky z t – testu byly vypočteny porovnáním Sd po spánku a po bdění, ty však neukázaly na rozdíly v únavě účastníků ($p = 0,82$).

6 Diskuse

Tato práce zjišťovala, jaký vliv má spánek na konsolidaci paměťových stop prostorové navigace. Vliv spánku na prostorovou navigaci jsme testovali pomocí kognitivní úlohy v BVA, PSG zařízením, testem vigilance a dotazníky.

Náš vzorek ($n = 20$) tvořili studenti s rovnoměrným zastoupením mužů a žen (10 mužů; 10 žen), což napomáhá v reprezentativnosti vzorku. Vzorek byl dostatečně velký ke zjištění kauzality, jak potvrzuje jiná studie posuzující vliv pomalovlnného spánku (Cantero et al., 2003). Účast byla na dobrovolnosti každého z účastníků. Celý návrh studie a její etické aspekty byly posuzované Etickou komisí, která je neshledala za nežádoucí. Účastníci tedy měli jistotu, že je výzkum nějakým způsobem nepoškodí. Za účast ve studii dostal každý z nich finanční odměnu 800 Kč, který byla dostatečně hodnotná pro motivaci zájemců k účasti v ní. Finanční odměna byla obdržena účastníky po absolvování obou dnů testování a musely být splněné všechny podmínky, které ve studii zmiňujeme. Jednalo se tedy o mladé zdravé jedince bez neurologických, kognitivních, psychickým a spánkových onemocnění. Celé měření se provádělo v prostorách Národního ústavu duševního zdraví, které sídlí v Klecanech, kousek od Prahy. Prostory byly vhodné pro výzkumné testování osob, a navíc bylo v dojezdové vzdálenosti od Prahy, takže pro studenty zde byla možnost využití hromadné dopravy.

Vliv spánku na prostorovou navigaci jsme testovali velkým souborem metod. K testování prostorové navigace byla využita BVA, k měření kvality a kvantity spánku bylo využito PSG měření. Každý také vyplnil vstupní dotazník a testovou baterii. Všechny dotazníkové metody byly standardizované a běžně se využívají při vstupu pacientů na spánkové oddělení NUDZ.

BVA nám umožnila sledovat efekt zapamatování si cílů s ohledem na druh navigace v prostoru. BVA byla často využívána ve studiích k odhalení kognitivního deficitu, který by mohl napomoci k identifikaci mírné kognitivní poruchy (Hort et al., 2007), predikci vzniku Alzheimerovy choroby (Kalová, Vlček, Jarolímová & Bureš, 2005) nebo k hledání souvislostí mezi subjektivním vnímání schopnosti prostorové orientace s úzkostí a depresí (Sheardova et al., 2015). Studií s využitím BVA testování ještě nebylo mnoho, avšak všechny poukazují na perspektivní využití této metody k diagnostice různých poruch a onemocnění. Využití této metody ke zjištění vlivu spánku na konsolidaci paměťových stop prostorové navigace byla vhodně zvolená. Naší studií jsme přispěli ke sbírce českých studií prostorové navigace.

Pomocí tohoto testování jsme získali komplexní výsledky o efektu spánku na zapamatování u konkrétním druhu prostorové navigace. Naše výsledky demonstrují celkově větší vliv spánku než bdění tak, jako tomu bylo i v jiných studiích dělaných na lidech (Ferrara et al., 2008). V retenčním čase, kdy člověk spal, došlo k lepšímu uložení získaných informací epizodické paměti. Zde by mohly hrát roli spánková stádia s pomalou aktivitou a činnost hipokampu. Rozdíl mezi zapamatováním Ego a Alo cílů po spánku a bdění byl také signifikantní. V porovnání egocentrické a alocentrické prostorové navigace byl vliv spánku prokázán více u alocentrické navigace než u egocentrické. To nám potvrzuje i studie o roli místových hipokampálních buněk (place cells) při integraci prostorových informacích, které se podílejí na tvorbě kognitivních map (de Lavilléon, Lacroix, Rondi-Reig & Benchenane, 2015). Jejich význam při procesu konsolidace se prozatím zkoumá převážně u hlodavců. Při alocentrické navigaci využíváme orientačních bodů v prostoru, které nám pomáhají se v prostoru více orientovat. Ty jsou vázány na činnost hipokampu, jehož správná činnost tvoří předpoklad pro tvorbu kognitivních map, kde si tvoříme obraz o místě a orientačních bodech v prostoru. To později slouží k lepší a rychlejší prostorové orientaci. Egocentrická prostorová navigace využívá k orientaci pozici jedince v prostoru a na činnosti hipokampu není vázána. U té se snažíme zapamatovat vzdálenost mezi výchozím a cílovým bodem. U egocentrické prostorové navigace tedy nebyl takový efekt spánku jako u alocentrické prostorové navigace. Cíle a trialy neovlivnily efekt spánku. Tím naše studie přináší další důkazy o efektu spánku na konkrétní druh prostorové navigace, která se u lidí ještě tolik netestovala.

Zaměřili jsme se i na to, jak se účastníci učili cíle v tréninku. Zde bylo porovnáno pořadí (EgoAlo, AloEgo) a tréninkové trialy. Účastníci si lépe pamatovali cíle Ego, když jimi také začínali, Alo cíle tento efekt neměly. Trialy způsobily rozdíl mezi zapamatováním, a to hlavně v druhém trialu, kdy byly na zapamatování horší cíle Alo než Ego. V dalších trialech se výkony obou typů cílů srovnaly, což nám ukazuje, že zapamatování bylo stejně dobré u Ego i Alo cílů. U obou cílů se chybovost po druhém trialu snižovala. Výkony v prvním trialu testu pak mohly ukázat větší vliv podmínky, kterou ten den měli.

Hlavním naším předpokladem bylo, že výkony v testu budou lepší po spánku díky účinnosti stádií NREM2 a NREM3. Lepší efekt byl dokázán ve studii (Barrett & Ekstrand, 1972), kterou dělali stejně jako my na studentech. Zde byl prokázán lepší efekt učení ve spojitosti s NREM3. Obě stádia jsou význačná pomalovlnnou aktivitou

a spánkovými vřeténky, díky kterým dochází ke konsolidování informací prostorové paměti. Ty jsou produkovány hipokampem, proto by měly být výkony, především u Alo cílů, po spánku s NREM2 a NREM3 fázemi lepší. Vztahy mezi jednotlivými stádii jsme porovnávali s průměrem hodnot u Alo a Ego cílů, ale korelace tento vztah neukázaly. Největší vztah byl ale u Ego cílů a dobou v NREM3 ($r = 0,485$). Naše výsledky mohly být ovlivněny menším vzorkem u PSG záznamů ($n = 15$). Přestože u studie autorů Marshall, Helgadóttir, Mölle, & Born (2006) s nižším počtem probandů ($n = 13$) se vliv spánku s pomalými oscilacemi prokázal. Ti ve své experimentu testovali vliv pomalovlnného stádia pomocí páru slov, které se týkají ale spíše sémantické než epizodické paměti.

Dalším vlivem mohla být doba spánku, která byla pouze 90minutová perioda. Jakmile měl účastník delší spánkovou latenci, mohla se snížit jeho celková doba spánku a tím pádem i zastoupení nějakého stádia. Vliv mohlo mít i neznámé prostředí. Jedinci, kteří měli podmínku spánku hned první den měření, byly vystaveni mnoha neznámým podnětům najednou. Výsledky by mohly být jiné, kdyby před měřením se spánkem byla „adaptační noc“, kdy by měl účastník možnost zvyknout si na prostředí. Tzv. „efekt první noci“ je více vlivný právě u zdravých jedinců. U měření třech po sobě jdoucích nocí došlo u první noci k prodloužení fáze REM a spánkové latence. Zvýšil se i stav bdělosti s celkovou dobou spánku, která ale měla nízkou efektivitu (Toussaint et al., 1995). Jedinci měli v dnech měření k dispozici vlastní pokoj se sociálním zařízením, kde si mohli odložit své věci a po PSG měření mohli využít vlastní sociální zařízení. Měli zde svoje soukromí a tím se zvýšila i subjektivní pohoda jedinců.

Doba a celková kvalita denního spánku je odlišná oproti nočnímu spánku, který je pro nás lidi přirozenější. Při porovnání lékařů na pohotovostním oddělení byla zjištěna celkově nižší doba u denního spánku oproti nočnímu (Smith-Coggins, Rosekind, Hurd, & Buccino, 1994). Vliv na spánek mají i cirkadiální preference účastníků a doba spánku v předešlou noc. Pomocí testové baterie jsme si mohli utvořit komplexní náhled na člověka a jeho aktuální stav. Zjistili jsme jim cirkadiální preferenci, míru subjektivní úzkosti a depresi, únavu a celkovou kvalitu spánku pomocí testu PSQI. Zda spal člověk dostatečně předešlou noc a zda má pravidelná rytmus jsme zjistili ze spánkových deníků, které si účastníci vedly týden před měřením se spánkem. Všichni účastníci se měli vyvarovat konzumaci návykových látek, nikotinu, kofeinu v den měření. Tyto údaje byly zaznamenány do dotazníků před spánkem. Účastníci, kteří by abstinenci nedodrželi, by se

nemohli testování zúčastnit. Je zřejmé, že údaje od účastníků jsou subjektivní a mohou být zkreslené či mylné.

Spánkové epochy byly vyhodnocovány dle standardizovaného manuálu pro skórování spánku AASM vyškolenými pracovníky NUDZ. Pět záznamů nesplňovalo podmínky pro analýzu dat a muselo být z výsledků vyřazeno. Zbýlých 15 záznamů byly v dobré kvalitě, jelikož se jednalo o mladé, zdravé jedince a studenty. Výzkum na studentech má svoje limity a to, že výsledky jde vztáhnout jen na tento vzorek, a ne na celkovou populaci. Měření probíhalo několik měsíců, z kterých jsou pro studenty nějaké více zatěžující. Proto je zde možný vliv stresu a nedostatek koncentrace, která může být způsobena zvýšenou únavou. Únavu jsme zjišťovali pomocí testu vigilance, před podmínkou a po podmínce, v oba dny měření. Po spánku ani po bdění se únava nezvětšovala. Jedinci při bdění sledovali film, nejčastěji komedii, která zachovávala mozkovou aktivitu na stejné úrovni.

Kognitivní úloha měla dvě verze, aby nedošlo k zapamatování cílů mezi dny měření. Při testování lidí v úloze na egocentrickou prostorovou navigaci a alocentrickou prostorovou navigaci byly instrukce čteny, takže byly zachovány stejné podmínky pro všechny účastníky. Když někteří účastníci neporozuměli něčemu ze zadání, měli možnost se zeptat. Správné pochopení bylo ověřeno na cvičném schématu. Přestože jsme si v prvním dni měření ověřovali, zda účastník rozdíl mezi cíli porozuměl, občas se stalo, že si rozdílem nebyl zcela jistý a do cílů chodil náhodně. Nejčastější chybou bylo prohození stran, kde se cíl nacházel, nebo prohození cíle mezi sebou (cíl č. 1 za cíl č. 2). Po prvním tréninku si většina jedinců utvářela strategie učení. Zajímavá byla jejich variabilita. Většina účastníků si pozice od startu k cíli „krokovala“ a pamatovala si jejich stranu. Někdo k zapamatování používal střídání pravé a levé končetiny, například 3krát zadupal, poplácal rukou apod. Nejzajímavější strategií jednoho účastníka byla ve tvorbě „logické básničky“, kam pozici cíle vsadil.

Hlavní limity

Největší limity našeho výzkumu vidím u efektu první noci. Měření bych doplnila adaptační nocí, kdy by se jedinci mohli přizpůsobit podmínkám prostředí. Tím bychom zajistili i to, že jedinec den před spaním spal dostatečný počet hodin a podchytil by se možný vliv nežádoucích látek. Vztah mezi pomalovlnným spánkem a prostorovou navigací by mohl být lepší, kdyby se jednalo o noční spánek s větším intervalem. V dalších studiích na podobné bázi bych tedy navrhovala celonoční měření spánku. Také je možné, že při replikaci této studie s větším vzorkem účastníků by byly těsnější vazby mezi proměnnými. Kognitivní úloha byla navržena tak, že se cíle účastníci dobře naučili. Avšak je zde vliv přirozené interference mezi střídáním jednotlivých cílů. Tu jsem se snažili vykompenzovat různým začátkem úlohy cílů, tak i jejich pravidelným střídáním během tréninku i testu (3 cíle Ego, 3 cíle Alo atd.). Z pochopení principů různých referenčních rámců by mohl napomoci jeden cvičný trial u prvního dne měření v tréninku. Nedostatek vidím také ve velikosti zobrazení cíle na zemi BVA arény, který kdyby byl větší, mohla by se snížit chybovost účastníků.

Závěr

Cílem této práce bylo podat behaviorální důkazy o důležitosti spánku v integraci nezávisle získaných paměťových stop prostorové navigace. Informace z epizodické paměti o prostorové navigaci by měly být vlivem spánku lépe konsolidovány. K ověření našich předpokladů jsme využili měření prostorové navigace v BVA, měření pomocí PSG zařízení a test vigilance, díky kterým jsme mohli ověřit naše hypotézy, kterými jsou:

H1: Existuje vztah mezi pomalovlnným spánkem (NREM2, NREM3) a prostorovou navigací. Tuto hypotézu jsme nepotvrdili, vztahy nebyly dostatečně silné. Avšak potenciální vztahy zde jsou mezi Ego a NREM3. Po úpravě podmínek by mohly být vazby těsnější.

H2: Výkon v úlohách prostorové navigace bude po spánku lepší než u bdění. Tato hypotéza se nám potvrdila ($p = 0,030$). Celkové výkony v prostorové navigaci jsou po spánku lepší.

H3: Spánek více ovlivní alocentrickou prostorovou navigaci. Tato hypotéza souvisí s H2, že výkony v prostorové navigaci budou po spánku lepší. Větší vliv spánku se ukázal právě u alocentrické prostorové navigace ($p = 0,017$), což je v souladu s teoretickým zakotvením celé studie.

Výsledky nám ukázaly, že spánek napomáhá v konsolidaci paměťových stop prostorové navigace. Ověřil se vztah hlavně mezi spánkem a alocentrickou prostorovou navigací. Ta nám v životě napomáhá k rychlejší orientaci v prostoru využíváním kognitivních map. Test korelace ukázal na spojitosti mezi NREM stádii a prostorovou navigací, které by mohly zlepšovat navigaci v prostoru díky pomalé aktivitě a výskytu spánkových vřetének. V naší studii nebyla tato hypotéza potvrzena, ale jsou zde jisté předpoklady, že v budoucích studiích by se tento vztah prokázal.

Seznam použité literatury

- Aserinsky, E. (1996). Memories of famous neuropsychologists: The Discovery of REM sleep. *Journal of History of Neurosciences*, 5, 213-227
- Barrett, T. R., & Ekstrand, B. R. (1972). Effect of sleep on memory: III. Controlling for time-of-day effects. *Journal of Experimental Psychology*, 96(2), 321–327. <https://doi.org/10.1037/h0033625>
- Beck, A. T., Epstein, N., Brown, G., & Steer, R. A. (1988). An inventory for measuring clinical anxiety: Psychometric properties. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 56(6), 893–897. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.56.6.893>
- Brown, R. E., Basheer, R., McKenna, J. T., Strecker, R. E., & McCarley, R. W. (2012). Control of sleep and wakefulness. *Physiological reviews*, 92(3), 1087-1187
- Bures, J., Fenton, A. A., Kaminsky, Y., Rossier, J., Sacchetti, B., & Zinyuk, L. (1997). Dissociation of exteroceptive and idiothetic orientation cues: effect on hippocampal place cells and place navigation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 352(1360), 1515-1524.
- Burgess, N., Maguire, E. A., & O'Keefe, J. (2002). The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, 35(4), 625-641.
- Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry res*, 28(2), 193-213.
- Cantero, J. L., Atienza, M., Stickgold, R., Kahana, M. J., Madsen, J. R., & Kocsis, B. (2003). Sleep-dependent θ oscillations in the human hippocampus and neocortex. *Journal of Neuroscience*, 23(34), 10897-10903.
- Czeisler, C. A., Duffy, J. F., Shanahan, T. L., Brown, E. N., Mitchell, J. F., Rimmer, D. W., ... & Dijk, D. J. (1999). Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*, 284(5423), 2177-2181.
- Das, T., Hwang, J. J., & Poston, K. L. (2019). Episodic recognition memory and the hippocampus in Parkinson's disease: A review. *Cortex*, 113, 191–209. <https://doi.org/10.1016/J.CORTEX.2018.11.021>

- De Lavilléon, G., Lacroix, M. M., Rondi-Reig, L., & Benchenane, K. (2015). Explicit memory creation during sleep demonstrates a causal role of place cells in navigation. *Nature neuroscience*, *18*(4), 493-495.
- De Toni, G. (1933). I movimenti pendolari dei bulbi oculari dei bambini durante il sonno fisiologico, ed in alcuni stati morbosi. *Pediatria*, *41*, 489-98.
- Dement W.C. (2001). Remembering Nathaniel Kleitman. *Archives Italiannes de Biologie*, *139*, 11-17
- Dement, W., & Kleitman, N. (1957). The relation of eye movements during sleep to dream activity: an objective method for the study of dreaming. *Journal of experimental psychology*, *53*(5), 339.
- Dostál, O. (2005). Práva pacientů v evropském právu a české zdravotnictví. *Právnická fakulta UK, Praha*.
- Dušek, K., & Večeřová-Procházková, A. (2015). *Diagnostika a terapie duševních poruch* (2., přepracované vydání). Praha: Grada Publishing.
- Encyclopaedia Britannica (2009). Mozek: Průvodce po anatomii mozku a jeho funkcích. Brno: Jota
- Fabbian, F., Zucchi, B., De Giorgi, A., Tiseo, R., Boari, B., Salmi, R., ... Manfredini, R. (2016). Chronotype, gender and general health. *Chronobiology International*, *33*(7), 863–882. doi:10.1080/07420528.2016.1176927
- Fajnerová, I., Rodriguez, M., Konrádová, L., Mikoláš, P., Dvorská, K., Ungrmanová, M., ... & Brom, C. (2013). Spatial memory in a virtual arena.
- Ferjenčík, J. (2008). *Úvod do metodologie psychologického výzkumu: jak zkoumat lidskou duši*. Portál.
- Ferrara, M., Iaria, G., Tempesta, D., Curcio, G., Moroni, F., Marzano, C., ... & Pacitti, C. (2008). Sleep to find your way: the role of sleep in the consolidation of memory for navigation in humans. *Hippocampus*, *18*(8), 844-851.
- Gais, S., & Born, J. (2004). Declarative memory consolidation: mechanisms acting during human sleep. *Learning & Memory*, *11*(6), 679-685.

- Giuditta, A. (2014). Sleep memory processing: the sequential hypothesis. *Frontiers in systems neuroscience*, 8, 219.
- Hartley, T., Lever, C., Burgess, N., & O'Keefe, J. (2014). Space in the brain: How the hippocampal formation supports spatial cognition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1635). <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0510>
<https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0510>
- Hartmann, E. (1973). Sleep requirement: Long sleepers, short sleepers, variable sleepers, and insomniacs. *Psychosomatics: Journal of Consultation and Liaison Psychiatry*.
- Haškovcová, H. (2007). *Informovaný souhlas: proč a jak?*. Galén.
- Hill, G. (2004). *Moderní psychologie: hlavní oblasti současného studia lidské psychiky*. Portál, sro.
- Holdstock, J. S., Mayes, A. R., Cezayirli, E., Isaac, C. L., Aggleton, J. P., & Roberts, N. (2000). A comparison of egocentric and allocentric spatial memory in a patient with selective hippocampal damage. *Neuropsychologia*, 38(4), 410-425.
- Hort, J., Laczó, J., Vyhnálek, M., Bojar, M., Bureš, J., & Vlček, K. (2007). Spatial navigation deficit in amnesic mild cognitive impairment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(10), 4042-4047.
- Choleris, E., Thomas, A. W., Kavaliers, M., & Prato, F. S. (2001). A detailed ethological analysis of the mouse open field test: effects of diazepam, chlordiazepoxide and an extremely low frequency pulsed magnetic field. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 25(3), 235-260.
- Illnerová, H., & Nevšimalová, S. (2007). Poruchy cirkadiálního rytmu. *Poruchy spánku a bdění*, 191-206.
- JACC Study Group, Self-Reported Sleep Duration as a Predictor of All-Cause Mortality: Results from the JACC Study, Japan, Sleep, Volume 27, Issue 1, January 2004, Pages 51–54, <https://doi.org/10.1093/sleep/27.1.51>
- Jenkins, J. G., & Dallenbach, K. M. (1924). Obliviscence during sleep and waking. *The American Journal of Psychology*, 35(4), 605-612.

- Kalová, E., Vlček, K., Jarolímová, E., & Bureš, J. (2005). Allothetic orientation and sequential ordering of places is impaired in early stages of Alzheimer's disease: corresponding results in real space tests and computer tests. *Behavioural brain research*, 159(2), 175-186.
- Kassin, S. (2007). *Psychologie*. Brno: Computer Press.
- Kulišťák, P. (2011). *Neuropsychologie* (Vyd. 2. aktual. a přeprac). Praha: Portál.
- Laczó, J., Andel, R., Vlcek, K., Vyhnaek, M., Magerová, H., Varjassyova, A., ... & Hort, J. (2010). Spatial navigation deficits predict Alzheimer's disease in patients with amnesic mild cognitive impairment: a 3year follow-up study: SC215. *European Journal of Neurology*, 17.
- Maguire, E. A., Burgess, N., Donnett, J. G., Frackowiak, R. S., Frith, C. D., & O'Keefe, J. (1998). Knowing where and getting there: a human navigation network. *Science*, 280(5365), 921-924.
- Mann, J. (n. d) Big ideas: the Two-Process Model of sleep. Retrieved from <https://sleepjunkies.com/two-process-model/>
- Maquet, P., Smith, C., & Stickgold, R. (2003). *Sleep and brain plasticity*. Oxford University Press UK
- Marshall, L., Helgadóttir, H., Mölle, M., & Born, J. (2006). Boosting slow oscillations during sleep potentiates memory. *Nature*, 444(7119), 610–613. doi:10.1038/nature05278
- Martin-Ordas, G., & Call, J. (2011). Memory processing in great apes: the effect of time and sleep. *Biology letters*, 7(6), 829-832. <http://doi.org/10.1098/rsbl.2011.0437>
<http://doi.org/10.1098/rsbl.2011.0437>
- Mathis, J., & Hess, C. W. (2009). Sleepiness and vigilance tests. *Swiss Med Wkly*, 139(15-16), 214-219.
- Miles, W. (1929). Horizontal eye movements at the onset of sleep. *Psychological Review*, 36, 122-141.
- Moorcroft, W. H. (2013). *Understanding Sleep and Dreaming*. Springer Science & Business Media.

- Moroni, F., Nobili, L., Iaria, G., Sartori, I., Marzano, C., Tempesta, D., ... & De Gennaro, L. (2014). Hippocampal slow EEG frequencies during NREM sleep are involved in spatial memory consolidation in humans. *Hippocampus*, 24(10), 1157-1168.
- Morris, R. (1984). Developments of a water-maze procedure for studying spatial learning in the rat. *Journal of neuroscience methods*, 11(1), 47-60.
- Mudr, D., & Praško, J. (2008). *Aktuality Melatonin a léčba nespavosti*. 1–5. <http://www.remedia.cz/Clanky/Aktuality/Melatonin-a-lecba-nespavosti/6-E-jA.magarticle.aspx>
- Müller, M., & Wehner, R. (1988). Path integration in desert ants, *Cataglyphis fortis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 85(14), 5287-5290.
- Nevšímalová, S., & Šonka, K. (1997). *Poruchy spánku a bdění*. Maxdorf.
- Nolen-Hoeksema, S., Fredrickson, B. L., Loftus, G. R., & Wagenaar, W. A. (2012). *Psychologie Atkinsonové a Hilgarda*. Praha: Portál.
- O'Keefe, J., & Dostrovsky, J. (1971). The hippocampus as a spatial map: Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. In *Brain Research* (Vol. 34, pp. 171–175). Elsevier Science. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(71\)90358-1](https://doi.org/10.1016/0006-8993(71)90358-1)
- O'keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon Press.
- Olton, D. S., & Samuelson, R. J. (1976). Remembrance of places passed: spatial memory in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 2(2), 97.
- Orel, M. (2016). *Psychopatologie: nauka o nemocech duše* (2., aktualizované a doplněné vydání). Praha: Grada.
- Oyanedel, C. N., Binder, S., Kelemen, E., Petersen, K., Born, J., & Inostroza, M. (2014). Role of slow oscillatory activity and slow wave sleep in consolidation of episodic-like memory in rats. *Behavioural brain research*, 275, 126-130.

- Pandi-Perumal, S. R., Trakht, I., Spence, D. W., Srinivasan, V., Dagan, Y., & Cardinali, D. P. (2008). The roles of melatonin and light in the pathophysiology and treatment of circadian rhythm sleep disorders. *Nature clinical practice neurology*, 4(8), 436-447.
- Peigneux, P., Laureys, S., Fuchs, S., Collette, F., Perrin, F., Reggers, J., Phillips, C., Degueldre, C., Del Fiore, G., Aerts, J., Luxen, A., & Maquet, P. (2004). Are Spatial Memories Strengthened in the Human Hippocampus during Slow Wave Sleep? *Neuron*, 44(3), 535–545. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.10.007>
- Plháková, A. (2008). *Učebnice obecné psychologie*. Praha: Academia.
- Plháková, A. (2013). *Spánek a snění: vědecké poznatky a jejich psychoterapeutické využití*. Praha: Portál.
- Plihal, W., & Born, J. (1999). Effects of early and late nocturnal sleep on priming and spatial memory. *Psychophysiology*, 36(5), 571–582. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3650571><https://doi.org/10.1111/1469-8986.3650571>
- Ptáček, R., Raboch, J., Vňuková, M., Hlinka, J., & Anders, M. (2016). BECKOVA ŠKÁLA DEPRESE BDI-II-STANDARDIZACE A VYUŽITÍ V PRAXI. *Česká a Slovenská Psychiatrie*, 112(6).
- Rasch, B., & Born, J. (2013). About sleep's role in memory. *Physiological reviews*, 93(2), 681-766.
- Reinoso-Suárez F., de Andrés I., Garzón M. (2011) *The Sleep–Wakefulness Cycle. In: Functional Anatomy of the Sleep-Wakefulness Cycle: Wakefulness*. Advances in Anatomy, Embryology and Cell Biology, vol 208. Springer, Berlin, Heidelberg
- Reyner, A., & Horne, J. A. (1995). Gender-and age-related differences in sleep determined by home-recorded sleep logs and actimetry from 400 adults. *Sleep*, 18(2), 127-134.
- Sheardova, K., Laczó, J., Vyhnaek, M., Mokrisova, I., Telensky, P., & Andel, R. (2015). Spatial navigation complaints are associated with anxiety regardless of the real performance in non-demented elderly. *J Depress Anxiety*, 4(205), 2167-1044.
- Smith, M. T., & Wegener, S. T. (2003). Measures of sleep: the insomnia severity index, medical outcomes study (MOS) sleep scale, Pittsburgh sleep diary (PSD), and Pittsburgh

sleep quality index (PSQI). *Arthritis Care & Research: Official Journal of the American College of Rheumatology*, 49(S5), S184-S196.

Smith-Coggins, R., Rosekind, M. R., Hurd, S., & Buccino, K. R. (1994). Relationship of day versus night sleep to physician performance and mood. *Annals of emergency medicine*, 24(5), 928-934.

Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99(2), 195–231. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.2.195>
<https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.2.195>

Tan, J. Sleep – The science behind rest & recovery that is too important that you simply cannot ignore [Online]. In Genesis Gym. Retrieved from <https://genesisgym.com.sg/sleep-science-behind-rest-recovery-important-simply-cannot-ignore/>

Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55(4), 189–208. <https://doi.org/10.1037/h0061626>

Toussaint, M., Luthringer, R., Schaltenbrand, N., Carelli, G., Lainey, E., Jacqmin, A., ... & Macher, J. P. (1995). First-night effect in normal subjects and psychiatric inpatients. *Sleep*, 18(6), 463-469.

Trans Cranial Technologies Ltd. (2012). 10 / 20 System Positioning Manual. Technologies Trans Cranial, (1), 20. Retrieved from http://www.transcranial.com/local/manuals/10_20_pos_man_v1_0_pdf.pdf%5Cnwww.trans-cranial.com

Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. *Organization of memory*, 1, 381-403.

Varga, A. W., Ducca, E. L., Kishi, A., Fischer, E., Parekh, A., Koushyk, V., ... & Burschtin, O. E. (2016). Effects of aging on slow-wave sleep dynamics and human spatial navigational memory consolidation. *Neurobiology of aging*, 42, 142-149.

Walker, I. (2013). *Výzkumné metody a statistika*. Grada.

Walker, M. (2018). *Proč spíme: odhalte sílu spánku a snění*. Jan Melvil Publishing.

Webb, W. B. (1982). Sleep and biological rhythms. *Biological rhythms, sleep, and performance*, 87-110.

Získáno dne 21. prosince 2019 z webových stránek Pinterestu:
<https://cz.pinterest.com/pin/450289662746544733/>

Seznam grafů a tabulek:

Graf č. 1: Křivka sekrece melatoninu u člověka v závislosti na denní době

Graf č. 2: Vliv spánku a bdění na Ego a Alo prostorovou orientaci

Graf č. 3: Porovnání efektu spánku a bdění

Graf č. 4: Efekt cílů na Ego a Alo prostorovou orientaci

Graf č. 5: Jednotlivé trialy u spánku a bdění

Graf č. 6: Vliv pořadí na učení cílů Ego a Alo

Graf č. 7: Rozdíly mezi cíli Ego a Alo v jednotlivých trialech

Graf č. 8: Míra únavy po spánku a bdění

Tabulka č. 1: Rozdíly mezi efekty v testu prostorové navigace

Tabulka č. 2: Vztah mezi NREM stádii a prostorovou navigací

Seznam příloh:

Příloha č. 1: Kritéria k zařazení nebo vyřazení dobrovolníka ze studie

Příloha č. 2: Pozice všech startů, cílů a orientačních značek

Příloha č. 3: Schéma k popisu Alocentrické a Egocentrické navigace

Příloha č. 4: Informace o studii o a informovaný souhlas

Příloha č. 5: Souhlas Etické komise s provedením výzkumu

Příloha č. 1: Kritéria k zařazení nebo vyřazení dobrovolníka ze studie

Kritéria k zařazení nebo vyřazení dobrovolníka ze studie

Vstupní kritéria:

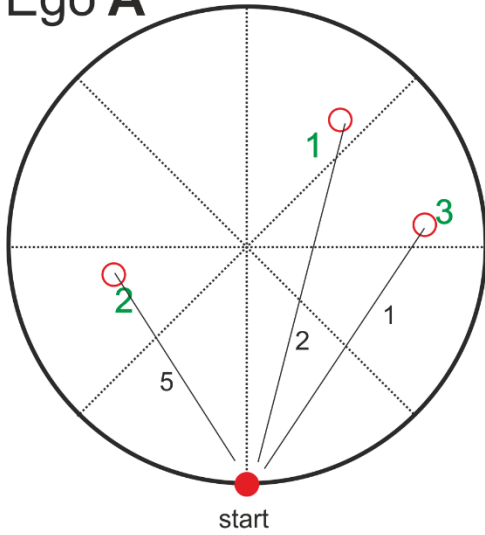
	Věk 18–30 let
	Česká národnost
	Bez spánkových poruch, užívání návykových látek, psychických onemocnění

Vylučovací kritéria: Splňuje přijetí?

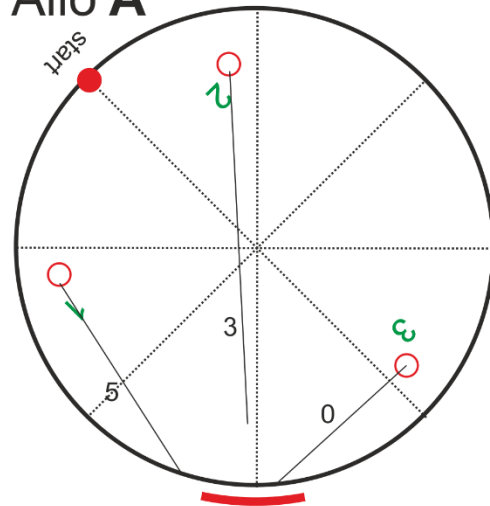
Ano	Ne	
		Historie neurologického onemocnění
		Spánkové onemocnění
		Historie psychiatrického onemocnění
		Deprese (BDI = 14+)
		Úzkost (BAI = 8+)
		Závažná kardiovaskulární onemocnění Infarkt myokardu, chlopňové vady, arytmie srdce, transplantace srdce
		Jiná závažná somatická onemocnění
		Historie CMP, vážných úrazů hlavy, zánětu mozkových blan nebo mozku, nádoru či operace mozku, či jiných závažných neurologických onemocnění
		Historie abúzu látek (alkohol, drogy)
		Současně kuřák
		Užití medikace, která výrazně modifikují spánek a kognici: Hypnotika, anxiolytika, antidepressiva, antipsychotika, beta blokátory, nootropika, léky na štítnou žlázu
		Užití medikace, mezi jejíž časté nežádoucí účinky patří spánkové poruchy: Psychostimulancia, antihistaminika
		Konzumace alkoholu, kávy, zeleného čaje v den studie
		Zdřímnutí během dne v den studie
		Lateralita (P/L)

Příloha č. 2: Pozice všech startů, cílů a orientačních značek

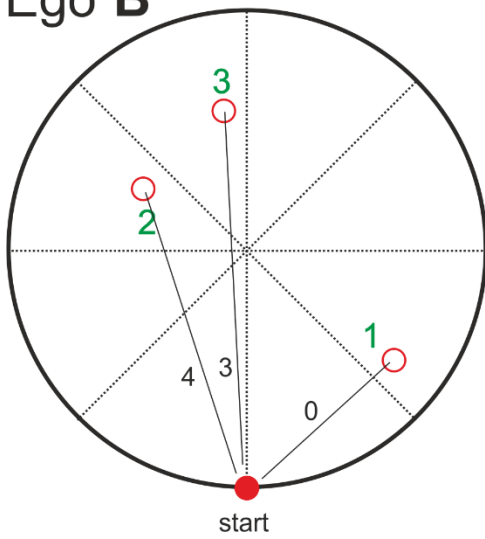
Ego A



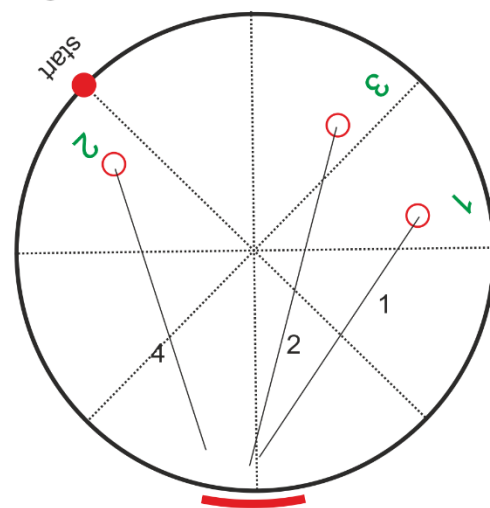
Allo A



Ego B

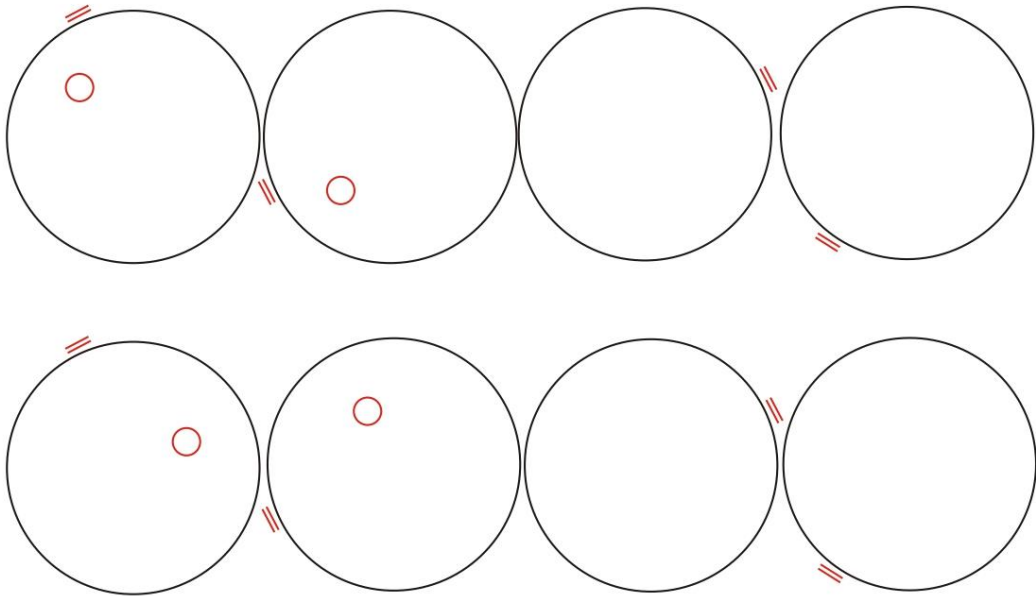


Allo B

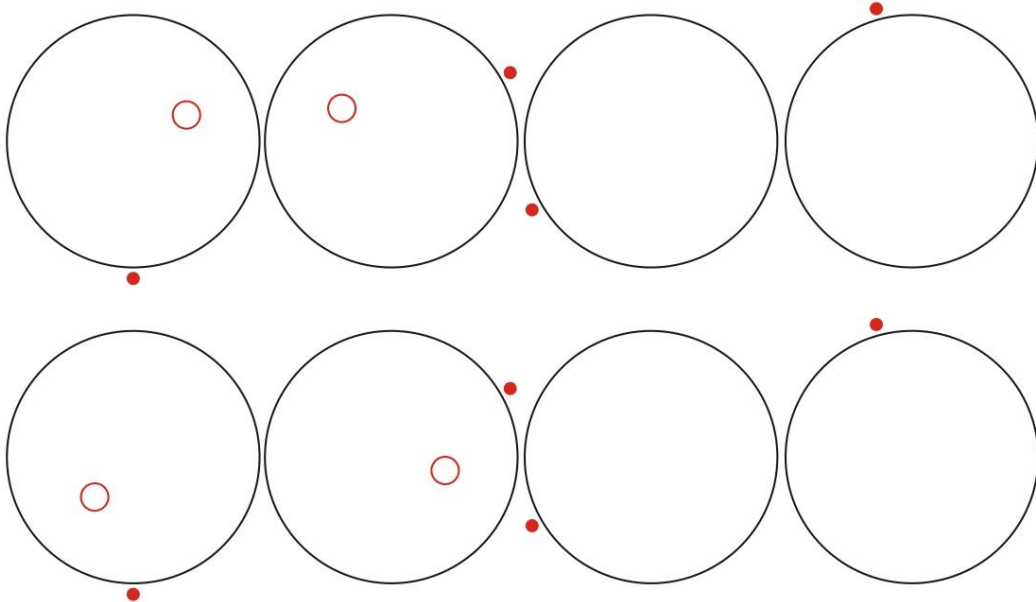


Příloha č. 3: Schéma k popisu Alocentrické a Egocentrické navigace

Cíl určený orientační značkou



Cíl určený startem



Informace ke studii

Vážená paní, vážený pane,

dovolujeme si Vám nabídnout účast ve studii „Konsolidace prostorové egocentrické a alocentrické paměti během spánku“. Předtím, než se rozhodnete studii účastnit, si, prosím, pozorně přečtěte následující informace. Obsahují přehled použitých metod, postup, jakým studie probíhá a k čemu mohou její výsledky posloužit. V případě jakýkoliv nejasností nás neváhejte kontaktovat, vše Vám ochotně vysvětlíme.

Proč studii děláme?

Hlavním cílem této studie je zjistit, jak spánek podporuje zapamatování složitých informací. Spánek je potřeba k upevnění toho, co jsme se přes den naučili, ale tato jeho role není ještě zcela prozkoumána. Například je známo jen okrajově, jak spánek pomáhá v upevnění informací týkajících se prostorových vztahů a orientaci v prostoru. Studie bude probíhat pouze u zdravých mladých dobrovolníků, celkově se jí zúčastní asi 20 dobrovolníků.

Jak bude studie probíhat?

Studie bude probíhat v Národním ústavu duševního zdraví (NUDZ) v Klecanech. Účast v této studii spočívá v absolvování jednoho experimentu, během kterého budete řešit prostorové úlohy na počítači nebo v reálném prostoru – ve speciálním stanu. Například budete požádán/a, abyste si zapamatoval/a umístění některých míst v prostředí a abyste je po určité době znovu našel/a. Může být s vámi také veden rozhovor o metodách, kterými úlohy řešíte. Instrukce k úlohám Vám budou sděleny pomocí počítačové obrazovky či ústně vyšetřujícím. Pro další zpracování je nutné, aby experiment byl nahráván na videokameru, a to buď obraz na monitoru počítače, na kterém budete úlohy řešit, anebo přímo Vy během řešení úkolů. Tyto nahrávky budou sloužit pouze pro vnitřní účely při analýze, a nebudou zveřejněny žádným způsobem.

Po absolvování této úlohy budete v jednom dni testování vyzváni k 90minutovému zdřímnutí a jiný den (cca s týdenním odstupem) zůstat naopak v bdělém stavu. V obou případech se prosím vyhněte konzumaci alkoholu, kofeinu, návykových látek apod.). Poté budete požádáni k opakování úkolu. Vaše zdřímnutí bude monitorováno pomocí polysomnografie ve spánkové laboratoři NUDZ v Klecanech. Ve spánkové laboratoři budete mít k dispozici vlastní pokoj hotelového typu s koupelnou a WC. V místnosti, kde se nachází lůžko, bude Vaše činnost během zdřímnutí monitorována kamerou. Tyto nahrávky budou sloužit pouze pro vnitřní účely při analýze, a nebudou zveřejněny žádným způsobem.

Co je to polysomnografie?

Polysomnografické vyšetření je zcela nebolestivé a bezpečné, nemá žádné škodlivé účinky. Ke snímání EEG (elektroencefalografii) se používají elektrody, které se umístí na hlavu, na místa definovaná mezinárodními standardy – jedná se zejména o vlasatou část hlavy a také o čelo. Elektrody mohou být zabudované ve speciální čepici. Aby signál mohl být zachycen, je nutné pod každou elektrodu vstříknout vodivý gel nebo vodivou pastu. Gel i pastu lze snadno umýt. Kromě EEG jsou u polysomnografického vyšetření dalšími elektrodami či senzory zaznamenávány i jiné fyziologické funkce (oční pohyby, svalové napětí, srdeční frekvence).

Zisk ze studie:

Pokud se zúčastníte, přispějete k lepšímu pochopení schopností navigace a jejich mozkového podkladu. Za účast v celém experiment obdržíte 800 Kč za dva dny měření.

Odstoupení od studie:

Vaše účast v této studii je zcela dobrovolná a máte právo od ní kdykoliv odstoupit.

Bezpečnost, důvěrnost údajů a Vaše práva:

Nejsou známá žádná zdravotní rizika, která by mohla plynout z účasti ve studii. V případě, že se studie zúčastníte, budou veškeré informace o Vás považovány za důvěrné. Data získaná během studie budou užitá výhradně pro výzkumné účely. Pokud budou výsledky studie jakoukoliv formou publikovány, bude to provedeno tak, aby nebylo možné určit informace o jednotlivých účastnících studie, tedy ani o Vás.

Máte-li jakékoliv dotazy týkající se Vašich práv jakožto účastníka této studie, obraťte se, prosím, na Etickou komisi Národního ústavu duševního zdraví - MUDr. Martin Bareš, předseda Etické komise, Národního ústavu duševního zdraví, tel. 283 088 111, e-mail: martin.bares@nudz.cz.

Máte-li jakékoliv dotazy ohledně samotné studie, obraťte se na:

Mgr. Daniela U. Dudysová, M.A., tel. 283 088 230, email: daniela.dudysova@nudz.cz

Výzkumnou studii schválila Etická komise Národního ústavu duševního zdraví.

.....

.....

Jméno a příjmení výzkumníka

Datum, podpis

INFORMOVANÝ SOUHLAS

s účastí na výzkumné studii „Konsolidace prostorové egocentrické a alocentrické paměti během spánku“

1. Byl/a jsem seznámen/a s dokumentem „Informace ke studii“. Porozuměl/a jsem údajům v něm obsaženým. Všechny mé dotazy a připomínky byly zodpovězeny k mé spokojenosti.
2. Souhlasím s účastí v této studii a výzkumníkům poskytnu nezbytné informace k naplnění cílů studie.
3. Jsem si vědom/a, že má účast ve studii je zcela dobrovolná a nebude honorována.
4. Prohlašuji, že informace podané lékaři a v dotaznících jsou úplné a správné. Zároveň neznám zdravotní či jiné skutečnosti, které by bránily vyšetřením prováděným v rámci studie.
5. Jsem si vědom/a, že vyšetření v rámci studie primárně neslouží k diagnostickým, nýbrž výzkumným účelům. Jsem si vědom/a, že vyšetření nejsou plnohodnotná, jako běžná klinická vyšetření v nemocnici. Použité metody a poskytnuté informace nejsou standardizované pro diagnózu spánkových poruch. Národní ústav duševního zdraví tedy nezajišťuje plnohodnotné polysomnografické vyšetření.
6. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Do mé dokumentace budou moci na základě mého uděleného souhlasu nahlédnout za účelem ověření získaných údajů zástupci sponzora, nezávislých etických komisí a zahraničních nebo místních kompetentních úřadů. Všechny tyto osoby jsou vázány povinnou mlčenlivostí. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, to je anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
7. Jsem si vědom/a, že svůj souhlas s účastí ve studii mohu kdykoliv bez udání důvodu stáhnout.

.....

Jméno a příjmení účastníka studie

.....

Datum, podpis

Přejete si být kontaktováni ohledně další možné účasti v navazujících studiích?

ANO – NE

.....

Podpis

Příloha č. 5: Souhlas Etické komise s provedením výzkumu

Formulář pro rozhodnutí EK č./10219

ET

ROZHODNUTÍ ETICKÉ KOMISE

Název EK: **ETICKÁ KOMISE NÁRODNÍHO ÚSTAVU DUŠEVNÍHO ZDRAVÍ**
Adresa EK: **Topolová 748,250 87,Klečany**

Odpovídá složení EK požadavkům ICH GCP ? Ano Ne

Pracuje EK podle jednacího řádu v souladu s předpisy ICH GCP? Ano Ne

Datum a místo jednání : **NUDZ odd.2 dne 27.3.2019 ve 13,30 hod.**

Jméno žadatele : **RNDr. Eduard Kelemen, Ph.D.**

Jméno / název zadavatele : **Národní ústav duševního zdraví (NUDZ)**

Přesný název studie : **Zpracování a organizace částečné prostorové informace do kognitivních struktur vyššího řádu během spánku. Mezinárodní grantový projekt GAČR a Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) na léta 2020-2022 společně s týmem prof. Jana Borna z Univerzity v Tubingenu a prof. Stuchlíkem z AV.**

Identifikační číslo datum protokolu : **Viz.výše.**

Seznam hodnocené dokumentace :

Čestné prohlášení

CV hl. řešitele

Synopse projektu, Složení řešitelského týmu

Informace pro účastníka a informovaný souhlas

Etická komise souhlasí s prováděním studie

Projekt plně respektuje zásady Úmluvy o lidských právech a biomedicíně a zákon č.101/2000 Sb. o ochraně osobních údajů.

Etická komise nesusouhlasí s prováděním studie

Důvody pro nesusouhlas etické komise : **0**

Požadavky etické komise: **0**

Jednání etické komise se zúčastnili a hlasovali tito členové :

			Přítomen		Hlasoval	
			ANO	NE	ANO	NE
1.	Předseda :	Dr. Bares	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.		Dr. Novák	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.		Dr. Remeš	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4.		Mgr. Viktorinová	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.		Dr. Kratochvílová MD	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6.		Bc. Sobotka	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.		Bc. Švejdová	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8.		pI. Švecová	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.		p. Kuneš	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.		Dr. Andrashko	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11.		Dr. Hejzlar	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Etická komise upozorňuje žadatele na jeho povinnost zaslat k posouzení etické komisí všechny dodatky protokolu před jejich provedením. Výjimkou jsou dodatky, které jsou určeny k eliminaci bezprostředních rizik pro subjekty hodnocení a ty dodatky, které jsou administrativního charakteru - tyto musí být následně ohlášeny etické komisí.

Dále musí žadatel předložit k posouzení komisí skutečnosti, které zvyšují riziko subjektů hodnocení nebo výrazně ovlivňují průběh studie, ohlásit komisí všechny zaznamenané závažné neočekávané příhody, ohlásit komisí nové informace, které mohou negativně ovlivnit bezpečnost subjektů hodnocení nebo průběh klinického hodnocení a podat komisí zprávu o průběhu klinického hodnocení, a to jednou ročně v jeho průběhu a dále po jeho ukončení. Tyto údaje se zasílají předsedovi etické komise

Datum : 27.3.2019

podpis předsedy:

doc. MUDr. Martin Bares,
Ph.D.

Etická komise
Centrum dativ duševního zdraví
Topolová 748, Křečany 250 67
tel.: 283 088 312