

**Univerzita Karlova v Praze**

**Filozofická fakulta**

**Katedra psychologie**

## **Diplomová práce**

**Eva Kozáková**

**Efektivita kognitivního tréninku u osob po traumatickém poranění mozku nebo cévní  
mozkové příhodě**

**The Effectiveness of Cognitive Training in Patients after Traumatic Brain Injury  
or Stroke**

Praha 2013

Vedoucí práce: doc. PhDr. Petr Kulišťák, Ph.D.

## **Poděkování**

Děkuji doc. Petru Kulišťákovi PhD. za vedení této práce a pomoc při kontaktování osob do výzkumu.

Mgr. Martinu Chlupáčovi ze sdružení Cognitio za velkorysou softwarovou podporu, díky které mohl být výzkum realizován.

Týmu psychologů z Rehabilitačního ústavu Kladruby, kteří mi byli velmi nápomocní při sběru dat.

Ze stejného důvodu patří díky také Dílnám tvořivosti o.s. a Mgr. Alici Pulkrábkové.

Mgr. Marku Vrankovi děkuji za signifikantní vstřícnost při konzultaci statistických dat.

Mnohokrát také děkuji Mgr. Anně Říhové za korektury a povzbudivá slova.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

V Praze, dne 15. dubna 2013

.....  
Eva Kozáková

## **Abstrakt:**

Téma kognitivního tréninku a jeho efektivity je v posledních letech živě diskutováno. Navzdory velkému množství literatury věnující se této oblasti výzkumu stále není zřejmé, jak široký je dosah kognitivního tréninku a jaké jsou možnosti uplatnění transferového efektu. Cílem této práce bylo ověřit efektivitu počítačového tréninku *N*-back (n=11) ve srovnání se skupinovým tréninkem v rehabilitačním zařízení (n=9) a aktivní kontrolní skupinou (n=5), která trénovala v jednoduché počítačové hře. Výzkumný design sestává z kombinace meziskupinového srovnání těchto tří intervencí a vnitroskupinového srovnání kontrolní skupiny, která později absolvovala také trénink *N*-back. Předpokládali jsme, že se po třítydenním tréninkovém plánu projeví signifikantně větší zlepšení u kognitivního tréninku oproti kontrolní intervenci. Dále jsme očekávali výraznější zlepšení výkonu v úlohách vyžadujících exekutivní kontrolu u *N*-back tréninku oproti obecněji zaměřenému skupinovému tréninku. Z kognitivních funkcí byly výkonovými testy zkoumány pozornost, exekutivní kontrola, fluidní inteligence, krátkodobá a pracovní paměť. Sledovali jsme také psychické rozpoložení pomocí sebeposuzovacího dotazníku. Nenašli jsme statisticky signifikantní rozdíl v účinnosti *N*-back a skupinové terapie. *N*-back se ve srovnání s kontrolním tréninkem projevil výrazným zlepšením v testu Trail Making Test A ( $p=0,026$ ). Ačkoliv náš výzkum nepřinesl jednoznačné závěry, také díky malému výzkumnému vzorku, po *N*-back tréninku se projevíly charakteristické tendence ve změnách výkonu.

**Klíčová slova:** kognitivní trénink, traumatické poškození mozku, cévní mozková příhoda, *N*-back pracovní paměť,

**Abstract:**

Recently, the literature concerned with the possibilities and limitations of working memory training has been growing rapidly. Nonetheless, there are still no clear answers about the principles of its effectiveness or transfer effect. The main questions we ask are about effectiveness of cognitive training in patients after stroke or TBI. To our knowledge this group hasn't been studied in this context yet. To do this, we compare two types of cognitive training – extensively studied *N*-back training (n=11) and still more popular group cognitive therapy (n=9) with a placebo control group (n=5) who receives „training“ in a simple computer game. The placebo control group then continues in *N*-back training. Our hypothesis is that after 3 weeks the two trainings should lead to significantly higher gains in cognitive tests scores than the placebo condition. Also, we expected *N*-back to be more effective than group cognitive training in domains more closely related to executive control. We tested attention, fluid intelligence, short-term and working memory. We also recorded participants well-being. Following training, there were no significant differences between *N*-back and group training. *N*-back group scored significantly higher on Trail Making Test A than control group ( $p=0,026$ ). Although our study doesn't lead to unequivocal conclusions, partly due to small sample size, there are some typical tendencies in performance changes occurring after *N*-back training.

**Keywords:** cognitive training, traumatic brain injury, stroke, *N*-back, working memory

**„Je to, jako když se rozbije obraz. Posbíráte zbylé střeby a snažíte se je dát dohromady.  
Pořád ale někde něco chybí.“**

V.F., účastník studie, po traumatickém poranění mozku

## Obsah

Úvod.....	9
TEORETICKÁ ČÁST .....	11
1. Získaná poškození mozku.....	11
1.1 Traumatické poranění mozku.....	12
1.1.1 Klasifikace .....	12
1.1.2 Prognóza .....	14
1.1.3 Průběh rekonvalescence.....	15
1.2 Cévní mozková příhoda .....	16
1.2.1 Klasifikace .....	16
1.2.2 Prognóza .....	18
1.2.3 Průběh rekonvalescence.....	19
1.3 Kognitivní deficit po CMP a TBI.....	20
2. Kognice.....	23
2.1 Exekutivní funkce .....	23
2.1.1 Pracovní paměť .....	24
2.1.2 Neuronální koreláty exekutivních funkcí .....	25
2.2 Inteligence .....	27
2.2.1 Neuronální koreláty inteligence.....	28
2.2.2 Inteligence a exekutivní funkce .....	30
3. Neuroplasticita .....	33
3.1 Projevy neuroplasticity.....	34
3.2 Význam pro terapii.....	36
4. Kognitivní trénink.....	38
4.1 Typy kognitivní rehabilitace .....	38
4.1.1 Počítačový kognitivní trénink.....	39
4.1.2 Skupinový kognitivní trénink .....	40
4.2 Neuronální změny po tréninku.....	40
4.2.1 Základní typy změn aktivace .....	41
4.2.2 Neuronální změny po kognitivním tréninku u zdravých osob.....	42
4.2.3 Neuronální změny u osob po poškození mozku .....	43
4.3 Efektivita počítačového kognitivního tréninku na behaviorální úrovni.....	43
4.4 Efektivita skupinového kognitivního tréninku.....	46
PRAKTICKÁ ČÁST .....	49
5. Cíle výzkumu a formulace hypotéz .....	49
6. Výzkumný design .....	52
6.1 Problematika adekvátního designu .....	52
6.2 Vývoj výzkumného plánu .....	52
6.3 Získávání probandů.....	53
6.4 Kritéria účasti ve výzkumu .....	53
6.5 Charakteristiky výzkumného vzorku .....	54
6.6 Realizovaný výzkumný plán .....	55
7. Popis intervencí.....	57
7.1 N-back trénink.....	57
7.2 Skupinový trénink .....	58
7.3 Placebo intervence – hra Bejeweled .....	58
7.4 Placebo (kontrolní) skupina .....	59

8.	Použité metody .....	60
8.1	Kritéria efektivity .....	60
8.2	Použité testové metody a způsob jejich administrace .....	60
9.	Sběr dat a průběh tréninku .....	65
9.1	Testování .....	65
9.2	Průběh tréninku .....	65
10.	Výsledky .....	67
10.1	Zpracování dat .....	67
10.2	Interpretační omezení související se způsobem administrace .....	68
10.3	N-back .....	68
10.4	Skupinový trénink .....	70
10.5	Srovnání N-back a skupinového tréninku .....	70
10.6	Srovnání kognitivních tréninků s placebo intervencí .....	71
10.6.1	Placebo trénink .....	72
10.6.2	Srovnání změn u všech intervencí .....	72
10.6.3	Srovnání placebo a N-back tréninku .....	74
10.6.4	Srovnání placebo a skupinového tréninku .....	74
10.7	Placebo skupina ve dvou tréninkových podmínkách .....	75
10.8	Souhrn výsledků .....	77
11.	Diskuze .....	79
11.1	Jednotlivé sledované rozdíly .....	80
11.2	Transfer do testu inteligence a pracovní paměti .....	81
11.3	Placebo .....	82
11.4	Placebo skupina ve dvou tréninkových podmínkách .....	83
11.5	Vlivy na výsledek .....	84
11.5.1	U tréninku N-back .....	84
11.5.2	Vlivy související s administrací testů .....	85
11.5.3	Vlivy související s tréninkem .....	86
11.6	Limity naší studie .....	86
11.7	Souhrn diskuze .....	89
12.	Závěr .....	90
	Přehled grafů a tabulek .....	104
	Seznam příloh .....	105



## Úvod

V současné době zažívá „průmysl“ zaměřený na zlepšování kognitivních funkcí svůj boom. Společnosti jako Lumosity<sup>1</sup> nebo Nintendo inzerují reklamy s příslibem zvýšení inteligence a zlepšení myšlení obecně, což je velkým lákadlem i pro ty, kdo v tomto ohledu žádnými deficity netrpí. O tom, zdali jsou tyto programy účinné a případně které, se vedou živé spory. Optimistické zprávy jsou zpochybňovány jak hlasy kritizujícími použité metodiky kladně vyznívajících, tak studii, které přinášejí negativní a rozporuplné výsledky. Díky intenzivnímu zkoumání týchž tréninkových programů různými týmy přibývá množství výsledků, které postupně mapují tuto oblast a rozšiřují tak poznání – byť dosud stále velmi rozporuplné - o možnostech a limitech obdobných programů.

Jedním z nejvíce zkoumaných tréninkových principů je *N-back*, který v roce 2008 přiblížil široké veřejnosti tým Jaeggiové, když publikovali studii s názvem „*Improving fluid intelligence after training on working memory*“ v časopise PNAS<sup>2</sup>. V ní našli efekt tréninku *N-back* na zlepšení v testech fluidní inteligence, která byla dlouhou dobu považována za téměř neměnnou. Takové zjištění vzbudilo široký zájem mnohých. Vzápětí na to vzniklo několik variant programu na principu *N-back*, které si může každý, kdo ovládá alespoň základy angličtiny zdarma obstarat a vyzkoušet si, do jaké míry se tento trénink na jeho fluidní inteligenci projeví.

Jelikož se *N-back* a trénink pracovní paměti obecně ukázal být účinným v mnoha studiích u zdravé populace, ale i některé klinické, rozhodli jsme se jeho potenciál ověřit u osob po poškození mozku.

Následky poškození mozku zasahují celou šíři aspektů života. V mnoha případech představuje tato traumatická událost zásadní otřes v dosavadním způsobu života a stejně výrazně ovlivňuje plány do budoucna. Po podstoupení léčby nejzásadnějších zdravotních komplikací nastupuje často dlouhodobý proces různě zaměřené rehabilitace, který má dotyčnému pomoci k co nejplnohodnotnějšímu návratu do každodenního života. Mnozí se učí znovu psát, číst nebo chodit. I přes velké viditelné pokroky, kdy toto vše zvládnou, jsou deficity v oblastech kognice častými přetrvávajícími následky i u osob s jinak dobrým průběhem uzdravení. Zlepšení vlastního fungování nejen na rovině tělesné ale i duševní je,

---

<sup>1</sup> Společnost Lumosity s využitím značné internetové reklamy na konci loňského roku ohlásila 35 miliónů zákazníků. Z nich 75 procent je mladších čtyřiceti let (Heussner, 2013).

<sup>2</sup> Celým názvem „The Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America“

kromě velmi důležité podpory ze strany blízkých, dalším podpurným zdrojem pro dotyčného v jeho snahách o zlepšení vlastních životních možností.

Pokrok v péči o osoby po poškození mozku jde ve směru aplikovaného výzkumu napříč disciplínami jako je biomedicína, genetika, neurovědy a přechází v klinickou aplikaci a rozvoj rehabilitačních programů. Zejména nové poznatky o principech neuroplasticity jsou optimistickým příslibem pro možnosti změny v daleko větším rozsahu, než jak se dlouhou dobu soudilo. Cílem těchto snah je nalézt takové rehabilitační postupy, které budou skutečně funkční a s dobře definovanou uplatnitelností té které intervence. Při určování vhodných postupů je potřeba zjistit, jaký typ rehabilitačního přístupu je vhodný pro koho a v jaký čas.

V klinických zařízeních se při tréninku kognitivních funkcí využívají různé rehabilitační postupy - jak individuální, tak skupinové. Jedním z oblíbených způsobů, jak trénovat právě kognitivní složku, je využití počítačových programů. Výhody jsou zřejmě časová úspora, přizpůsobivost aktuální úrovni výkonu, statistické sledování pokroku, a další. Kromě toho se v rehabilitačních zařízeních začínají stále častěji objevovat skupinové programy pro trénink kognitivních funkcí. Oba tyto přístupy by se daly chápat také jako úzce zaměřený trénink na jedné straně a obecnější přístup k rehabilitaci na straně druhé.

Zde se proto pokoušíme ověřit efektivitu tréninku *N*-back, který by potenciálně i po krátkém časovém období mohl vést ke zlepšení kognitivních funkcí, a porovnat jej se skupinovým kognitivním tréninkem.

Cílem této práce je přispět, byť skromným dílem, ke zmapování efektivity různých přístupů k rehabilitaci osob po poškození mozku.

# TEORETICKÁ ČÁST

---

## 1. Získaná poškození mozku

Následující kapitola poskytuje základní charakteristiku poškození mozku, se zaměřením na problematiku těch typů, které jsou v centru našeho výzkumu, tj. traumatických poranění mozku (TBI) a cévních mozkových příhod (CMP). Ty spadají pod zastřešující kategorii získaných poškození mozku, která dále zahrnuje akutní poškození mozku v důsledku chirurgického zákroku, anoxie, infekce či nepříznivých metabolických změn (Turner-Strokes, 2003) nebo také medikace (Middleton, 2003).

Jelikož se naše práce zaměřuje na kognitivní trénink u osob po TBI a CMP, kromě základní klasifikace se dále zabýváme typickým průběhem rekonvalescence a zejména kognitivním deficitům, protože na ně je cílen kognitivní trénink.

### Statistické údaje

Relativně vysoký počet osob, které prodělaly TBI nebo CMP, z nichž velká část se potýká s dlouhodobějšími následky v podobě kognitivních deficitů, ukazuje na potřebnost adekvátní neuropsychologické rehabilitační péče.

V roce 2011 bylo zaznamenáno celkem 55 944 hospitalizací osob s diagnózou cévního onemocnění mozku, což je více než 5,3 na 1000 obyvatel ČR a také nejčastější příčina hospitalizace na neurologických odděleních. Průměrný věk hospitalizovaných je v daném roce 71,7 let. Z 1 000 hospitalizací v 903 případech pacient přežil (ÚZIS ČR, 2012). Více než 30% ze zasažených CMP je mladší 60 let (Votava, 2001).

Traumatické poranění mozku (TBI) v současné době postihuje celosvětově odhadem deset miliónů lidí a v USA tvoří třetinu případů úrazů vedoucí k úmrtí (Koehler, Wilhelm, & Shoulson, 2011). Nejčastějšími pacienty s TBI jsou mladí muži, jelikož k úrazům často dochází při dopravních nehodách nebo adrenalinových aktivitách, a pak také osoby starší 65 let, u kterých jsou úrazy hlavy spojeny s pády. U nitrolebního poranění statistiky ČR z roku 2011 uvádějí 30 218 hospitalizací, s průměrným věkem 42,5 let. Přepočteno na 1000 hospitalizací 19,4 osob na následky poranění zemřelo (ÚZIS ČR, 2012).

S neustále se zvyšující se úrovní lékařské pomoci stoupá také šance na kvalitnější život přeživších, a tím se otvírá pole pro různé typy rehabilitačních intervencí.

## 1.1 Traumatické poranění mozku

### 1.1.1 Klasifikace

Přístupů ke klasifikaci traumatických poranění mozku existuje vícero. Nejčastější taxonomické dělení je podle závažnosti, způsobu poškození (penetrující, nepenetrující) či rozsahu zasažené oblasti mozku (Saatman et al., 2008). Ve stručnosti uvádíme charakteristiky těchto kategorií, jelikož každá z nich hraje roli v tom, jaké lze očekávat následky zranění.

#### Dle závažnosti poranění

Ačkoliv může být někdy nesnadné rozlišit, jestli při úrazech hlavy byla narušena také mozková tkáň, kritériem je přítomnost klinických projevů (Coetzer, 2006). Zobrazovací metody jsou podpůrnými prostředky k zjištění patofyziologických změn na mozku, ovšem u mírných forem poškození se nemusí projevit. To se týká zejména rozptýlených (difúzních) typů poškození, které například CT neodhalí (Ambler, 2011). Závažnost poranění se posuzuje často podle délky bezvědomí a amnézie. Mezi nejpoužívanější škály k určení míry poranění patří Glasgow Coma Scale (GCS), Loss of Consciousness (LOC), Post-traumatic amnesia (PTA) (Wang & Gennarelli, 2009).

Ačkoliv nepanuje úplná shoda ohledně časových intervalů, které by tvořily jasné přechody mezi lehkým, středně těžkým a těžkým poraněním, rámcově lze vymezit jednotlivé **stupně poranění** následovně:

- **Lehké poškození mozku**- je nejčastějším poraněním; projevuje se zmateností, dezorientací, alterací vědomí až bezvědomím (méně než 30 minut). Objevuje se také retrográdní a anterográdní amnézie. Následky nebývají časté, i když se mohou objevovat potíže, tzv. postkomoční syndrom, který se projevuje únavou, sníženým soustředěním a bolestmi hlavy. Mezi lehké poškození mozku se řadí také *komoce* (otřes mozku), někdy se oba pojmy zaměňují (Ambler, 2011).
- **Středně těžké poranění** - je charakterizováno delším obdobím bezvědomí či amnézie. Jelikož je mnohdy nesnadné odlišit mírné a středně těžké poranění, obě skupiny se pro výzkumné účely často slučují do jedné (Koehler et al., 2011). Ztráta vědomí se pohybuje v rozmezí zhruba 30 minut až 24 hodin, amnézie bývá v rozsahu jednoho týdne (Orman, Kraus, Zaloshnja, & Miller, 2011).
- **Těžké poranění**- se projevuje amnézií delší než sedm dní, ztrátou vědomí na více než 24 hodin (Orman et al., 2011).

## dle způsobu poranění

Jednou z dalších možných klasifikací poranění mozku je podle mechanismu zranění (Barkley, Morales, Hayman, & Diaz-Marchan, 2007). Tito autoři je dělí následovně:

- **Primární poranění**- vzniká v okamžiku úrazu
- **Sekundární poranění**- vznikají v důsledku následných biochemických procesů, které často souvisí se změnami průtoku krve či nitrolebního tlaku (edémy- otoky, hypoxie- snížený přísun kyslíku, hypotenze, nitrolební tlak atd.) a jsou to procesy komplikující.
- **Kontaktní zranění**- přímým nárazem při styku hlavy a překážky, může dojít k poškození lebky a mozkové tkáně.

**Kontuze (zhmoždění)**- fokální poranění, jehož centrum vzniká ve styčném místě nárazu- *coup*- nebo na protější straně- *contre coup*- tlakem mozku na lebku. Kontuze může být hemoragická či nehemoragická, přičemž každá se týká šedé hmoty mozkové (Barkley et al., 2007).

**Lacerace**- vzniká při penetrujících poraněních, jedná se o závažné poranění mozku, u nějž je vysoké riziko vzniku post-traumatické epilepsie, která se může projevit dlouho dobu po úrazu (Raymont, Salazar, Krueger, & Grafman, 2011).

- **Inertní (nekontaktní) zranění**- obvykle způsobuje difúzní (rozptýlené) poškození tkáně.

## Difúzní axonální poranění

Nekontaktní poranění, při kterém dochází k porušení axonů nervových buněk mezi kůrou a kmenem. Udává se, že polovina všech úmrtí na trauma CNS souvisí právě s tímto závažným poraněním (Seidl, 2008). V různé míře doprovází téměř každé mozkové trauma, i když se může vyskytovat také v čisté formě, kdy nejsou přítomny fokální léze nebo ischemie (Němeček, Němečková, & Cerman, 2003).

## dle lokalizace zranění (patofyziologická)

Charakter poranění, tj. je-li ložiskové nebo naopak difúzní, se významně projevuje v typu deficitu. U ložiskových zranění lze očekávat poškození funkcí, za které „zodpovídají“ dané poškozené struktury mozku, jak je tomu například u řečových center. Mnohdy se mohou následky projevit i velmi specifickými deficity (Stuss & Alexander, 2007).

Většina pacientů se závažnějším typem poranění mívá zasaženo více oblastí mozku. Existuje vícero klasifikačních schémat, mezi nimiž známými jsou Marshallovo skóre pro nálezy na CT a Rotterdamské skóre (Saatman et al., 2008).

- **Difúzní poranění** (inerciální) představuje rozptýlené, často mikroskopické změny při přetrhání nervových drah- axonů- a jsou „hlavní příčinou přetrvávající neurologické poruchy u přeživších“ (Němeček et al., 2003, s. 290).
- **Fokální poranění** se týká omezené oblasti mozku a jedná se o kontaktní zranění, makroskopicky postižitelné. Následky se na kognitivní rovině budou projevovat zhoršením funkcí, které zasaženým oblastem odpovídají. Citlivá jsou např. řečová centra (Němeček et al., 2003).

Etiologie poškození přináší nepochybně implikace pro následující terapeutické působení. Adamčová (2001, s. 295) však zdůrazňuje, že „jakkoli je neurologický nález důležitý, nevystihuje dostatečně funkční stav a vývoj klinického obrazu“.

### 1.1.2 Prognóza

Je obtížné odhadnout, jaké budou přetrvávající následky, protože i v případech velmi těžkého poškození se některým pacientům podaří svůj zdravotní stav zlepšit až „zázračně“.

Podle některých studií je nejlepším prediktorem dlouhodobých následků věk (Nguyen, Zafonte, & Chae, 2009). U starších osob dochází k pomalejšímu zlepšení soběstačnosti v každodenním životě. Tento fakt může souviset také s tím, že se s postupujícím věkem snižuje produkce progenitorových buněk<sup>3</sup>, čímž jsou omezeny neuroregenerativní procesy (Kuhn, Dickinson-Anson, & Gage, 1996; Rostami et al., 2011).

Grafman et al. (1986) ve studii s válečnými veterány, kteří utrpěli fokální zranění, zjistili, že **nejlepším prediktorem kognitivního výkonu** po zranění, zejména u komplexních úloh, je **premorbidní inteligence**. Velikost poškozené mozkové tkáně se ukázala mít důležitější vliv v testech globálních schopností, ale menší v testech zaměřených na specifické kognitivní procesy. Umístění léze bylo významným činitelem ve výkonu specificky zaměřených testů, zejména sémantické paměti, verbální a vizuální epizodické paměti. Dosažené vzdělání a inteligence před zraněním jsou podle těchto autorů přesto významnějším

---

<sup>3</sup> Progenitorové buňky jsou přímými produkty kmenových buněk, jimž jsou velmi podobné. Progenitorové buňky mají na rozdíl od kmenových omezenější schopnosti se dále diferencovat (Ústav histologie a embryologie, 2013).

prediktorem kognitivního výkonu než velikost ztracené mozkové tkáně či její umístění (Grafman et al., 1986).

Navazující výzkum potvrzuje roli premorbidní inteligence v obecném kognitivním úbytku po zranění, což se projevilo i při testování po 35 letech od zranění. Tyto závěry nemusejí být platné pro difúzní typy poranění, u nichž dochází k patologickým změnám bílé hmoty mozkové (Raymont et al., 2011).

Dikmen et al. (2009) na základě analýzy 33 studií, zkoumající projevy kognitivního deficit v období alespoň šesti měsíců po TBI, našli u penetrujícího poranění známky narušení kognitivních funkcí a dále vliv TBI na zrychlení kognitivních projevů stárnutí. Vstupujícími faktory byly identifikovány premorbidní inteligence, míra poškozené tkáně mozku a oblasti poškození. **Po mírném TBI (MTBI) nebyl nalezen dostatek dokladů o přetrvávajících deficitech** v období alespoň šest měsíců od poranění.

Zajímavou studii provedli Stulemeijer et al. (2007), kteří se zaměřili na subjektivní stížnosti osob po MTBI. V jejich výzkumu v období šesti měsíců od traumatu vyjadřovalo 39% zkoumaných osob stížnosti na kognitivní výkonnost. Ukázalo se, že stížnosti souvisely se vzděláním, osobnostními charakteristikami, fyzickým stavem a distresem více než s výsledky neuropsychologických testů.

### 1.1.3 Průběh rekonvalescence

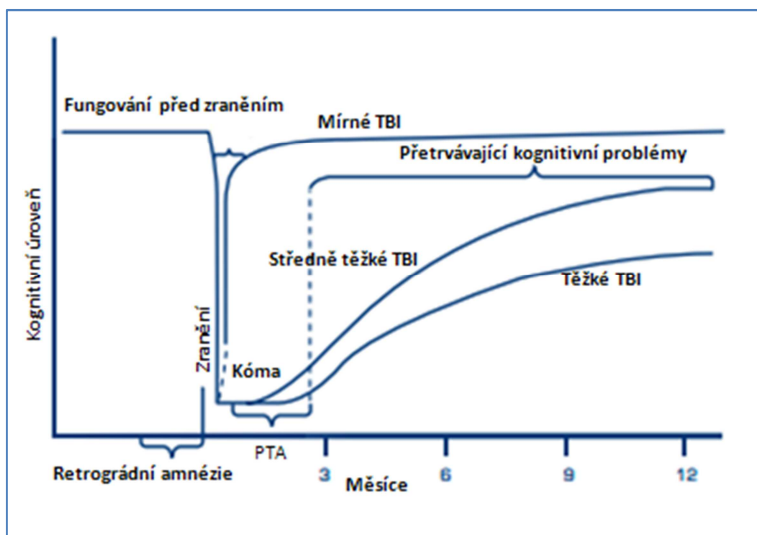
Typický průběh procesu uzdravení po TBI se skládá ze ztráty vědomí, období zmatenosti a amnézie, po čemž následuje perioda obnovy funkcí (Povlishock & Katz, 2005). Existuje několik škál, které slouží k určení fáze uzdravení- např. Rancho Los Amigos Scale, Braintree Scale, Glasgow Outcome Scale (Zasler, Katz, & Zafonte, 2006).

Období, v němž probíhá **intenzivně ozdravná fáze**, se uvádí mezi **jedním až dvěma lety**, ovšem závisí na typu a závažnosti poškození (Ciuffreda & Kapoor, 2012). Kognitivní rehabilitace se však ukazuje účinnou **i mnoho let od prodělání poranění mozku** (Cicerone et al., 2011). Dvě třetiny nemocných se potýkají s trvalými následky, které narušují zapojení do běžného života (Bednařík, Ambler & Růžička, 2010).

Uzdravení po mírném TBI zkoumal Levina et al. (1987). Ukázalo, že během prvních tří měsíců od úrazu ustoupily kognitivní deficity, měřeno testy paměti, pozornosti a rychlosti zpracování informací. Většina osob se po MTBI plně rehabilituje, ačkoliv nezdědka se objevují i dlouhodobé subjektivně vnímané následky (Koehler et al., 2011). U pacientů se

středně dobrým a dobrým průběhem léčby jsou kognitivní **deficity často nejdéle trvajícíchmi následky** (Cicerone, 2007).

**Diagram č. 1 - Hypotetický průběh rekonvalescence po TBI**



Převzato z (Veterans Health Initiative, 2010, s. 17)

## 1.2 Cévní mozková příhoda

Cévní mozková příhoda (neboli iktus, mozková mrtvice) je třetí nejčastější příčinou úmrtí, 40% nemocných umírá do roka po příhodě (Seidl, 2004).

Definovat ji můžeme jako „náhle vzniklou mozkovou poruchou, především ložiskovou (méně často i globální), která je způsobená poruchou cerebrální cirkulace, ischemií (80%) a nebo hemoragií (20%). Intracerebrálních hemoragií je asi 17%, subarachnoidálních 3%“ (Ambler, 2002, s.157).

### 1.2.1 Klasifikace

#### Mozková ischemie

Jedná o ucpání cévy trombem nebo embolem, což způsobí snížené zásobení tkáně kyslíkem. Ischemické ložisko může být také zásobováno z kolaterálních cév, záleží pak na rozsahu a trvání ischemie, tj. nedokysličení, jaké budou další následky (Ambler, 2002). Při snížení průtoku krve pod 25% normálu, vznikají nevratné strukturální změny a nastává zánik neuronů (Ambler, 2007). Umístění hraje roli v typu následků, přičemž ischemie typicky vede k relativně stabilním lézím (Carota, Ptak, & Schneider, 2005). **Cerebrální ischemie** se projevuje kolaterálně- hemiplegií, sensorickým narušením, dále dysfázií, vizuospeciálními



deficity. Ischémie v **mozkovém kmeni** může vést ke kvadruplegii, narušení zraku, či locked-in syndromu. **Lakunární** ischémie vede k izolovaným motorickými či senzorickým deficitům, hemiparéze, dysartrií. Mohou být přítomny také bolesti hlavy, nevolnost či narušení vědomí (Ambler, 2007).

### **Mozková hemoragie**

Hemoragie označuje „krvácení do struktur nervového systému“ (Pfeiffer, 2007, s. 141). Její příčinou nejčastěji bývá hypertenze, dále aneuzyrmatata (výdutě cév s oslabením jejich stěn), krevní choroby, užívání antikoagulačních léků (např. warfarin) či drog. Krvácení může být jednorázovým dějem, může ale pokračovat hodiny až dny (Ambler, 2011). Hemoragie má vysokou míru úmrtnosti, která se udává mezi 35-52% během prvního měsíce (Lezak, Howieson, Bigler, & Tranel, 2012). Hemoragie způsobují poškození mimo vaskulární oblasti, přičemž spontánní krvácení se často objevuje v hlubších strukturách (bazální ganglia, thalamus) nebo v hemisférách. Prasknuté cévy naopak častěji zasahují oblasti blíže lebky (Carota et al., 2005).

### **Dělení podle lokalizace**

Často velkým a závažným typem krvácení je **intracerebrální hemoragie**, což označuje krvácení do mozkové tkáně. **Cerebellární** krvácení zasahuje oblast mozečku a projevuje se bolestmi hlavy. **Subarachnoidální** mívá dramatický nástup, doprovázený nevolnostmi a nezřídka i kómatem. **Subdurální** vzniká nahromaděním krve v subdurálním prostoru následkem prasknutí cévy. Projevuje se bolestí hlavy, ale nemusí být zaznamenáno po dobu až měsíců. **Extradurální** vzniká při fraktuře lebky. Krvácení do mozkové tkáně s větším rozsahem má destruktivní vliv, prognóza bývá nepříznivá. Menší krvácení (hematom) vytváří na okolní tkáň tlak, čímž vzniká riziko jejího poškození. Samotná krev, podle některých, má přímý toxický vliv na mozkovou hmotu (Ambler, 2011).

### **Míra závažnosti**

Závažnost může být velmi variabilní, od nejmírnější tranzitivní ataky (prchavého iktu), který se projeví např. jen neobratností horní končetiny či afázie se spontánním upravením stavu, po těžké postižení mozkových center. **Tranzitivní ataka** odeznívá v řádech minut až hodin, avšak může být signálem závažnějších problémů. **Za lehký či středně těžký** iktus se považuje takový, při kterém příznaky přetrvávají po dobu dnů až týdnů. Těmi bývá například ložiskové zhoršení jemné motoriky. Následky **těžkých iktů** bývají trvalé a závažné, typická je hemiplegie či afázie (Pfeiffer, 2007).

Ačkoliv mezi typy iktu jsou velké rozdíly co do umístění, hloubky či rozsahu, většina CMP je objevena buď v pravé, nebo levé hemisféře (Lezak et al., 2012). Závažnější následky jsou spojeny s větším iktem nebo jeho umístěním v důležitých oblastech (např. thalamus). V takovém případě se mluví o tzv. strategickém iktu (Telecká, 2006).

Stupeň postižení CMP lze určit pomocí GCS, stejně jako u TBI, dále pomocí OCSF (Oxford Community Stroke Project classification). Bamfordská klasifikace, která má čtyři podtypy, slouží ke klasifikaci akutních ischemických CMP (Adams & Lyden, 2009). Určení typu se odvíjí od projevů, jako je dysfázie, vizuospeciální abnormality, snížené vědomí, motorické a senzorické poruchy (Wei et al., 2010). Pro určení míry závažnosti se užívá také škála NIHSS (National Institute of Health Stroke Scale) (Fisher, 2009). Ta rozlišuje pět kategorií od žádných symptomů, mírnou, střední těžkou, středně těžkou-závažnou po závažnou CMP.

### 1.2.2 Prognóza

Právě skóre ze škál měřících závažnost CMP, potažmo závažnost sama, je zásadním prediktorem uzdravení (Adams et al., 1999). Dále je to věk, předchozí CMP, diabetes, srdeční arytmie, inkontinence, rovnováha při sezení (Kwakkel, Wagenaar, Kollen, & Lankhorst, 1996; Wei et al., 2010)

Ze srovnání 270 ischemických a hemoragických pacientů metodou párování bylo zjištěno, že lepší prognózu mají ti, kteří utrpěli hemoragický typ CMP (Paolucci et al., 2003).

Výzkum na velkém vzorku více než 6 000 pacientů (Wei et al., 2010) v období tří a dvanácti měsíců od iktu ukázal těžší míru postižení v raných fázích, ale také rychlejší proces rekonvalescence u osob s intracerebrální hemoragií. V období jednoho roku od iktu však měli **pacienti po ischemii dvakrát větší šanci na mírnější projevy následků**. Ischemie ve spojení s diabetem a srdeční arytmií je naopak silným prediktorem špatného uzdravení a těžších následků. Hemoragie, srdeční arytmie a nízký stupeň vzdělání jsou asociovány s horšími následky.

Překvapivě hypertenze nebyla signifikantně významným prediktorem horších následků v žádném časovém období (Wei et al., 2010). Tito autoři svá zjištění uzavírají s tím, že ačkoliv je rychlost uzdravení zpočátku **u obou typů CMP jiná, prognostický výhled je oběma společný**.

### 1.2.3 Průběh rekonvalescence

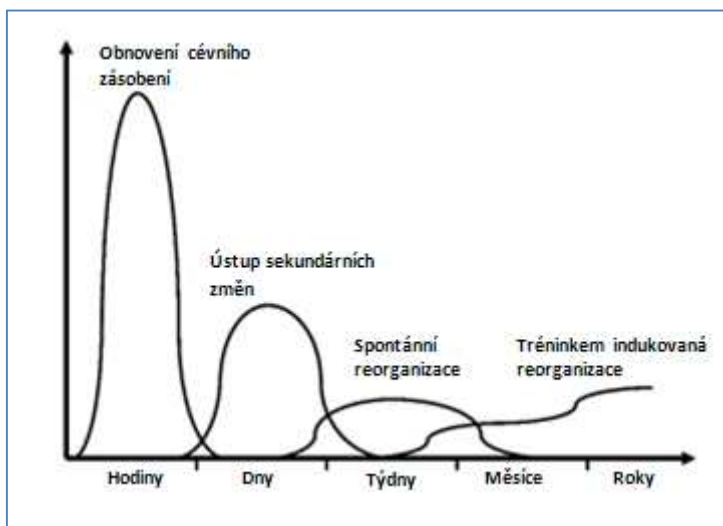
K spontánnímu uzdravení po CMP dochází během prvních tří měsíců po iktu. Naprostá většina osob po CMP, 95%, dosáhne **největšího uzdravení během prvních jedenácti týdnů** po iktu (Wei et al., 2010).

Samovolné zlepšení stavu se typicky objevuje ve větší míře brzy po zranění a v průběhu času se jeho intenzita snižuje. Míra a délka trvání této přirozené regenerace je mezi osobami velmi variabilní (Koehler et al., 2011). Podle Amblera (2007) však v období **tří až šesti měsíců** dochází ke **stabilizaci** a až po této době je možné posuzovat konečné reziduum.

Kognitivní, řečové a motorické schopnosti se však mohou upravit kdykoliv po prodělání mozkové příhody, a to v důsledku běžného učení (Dobkin, 2005). Tato neuroplasticita indukovaná zvnějšku, zkušeností, vede k produkci neuronů v obou hemisférách, vytváření nových synapsí a posílení synoptických spojení vůbec (tamtéž). V posledních letech stoupá množství důkazů svědčících pro možnosti změny také v pozdějších fázích rekonvalescence (Carey & Seitz, 2007). I pacienti starší 55 let mohou těžit (a těží) z kognitivní rehabilitace (Rohling, Faust, Beverly, & Demakis, 2009).

„Uzdravení po CMP je dynamický proces, s proměnlivou rychlostí a velikostí změny“ (Carey & Seitz, 2007, s. 253). Diagram č.2 znázorňuje průběh změn po CMP (tamtéž).

**Diagram č. 2 - Ilustrace procesů uzdravení**



### 1.3 Kognitivní deficit po CMP a TBI

Kolem 35% přeživších po úrazech mozku trpí trvalým kognitivním deficitem (Nair, Lehmann, Williams, & Weiss, 1993). Míra narušení kognitivních funkcí je spojena se závažností a typem utrpeného traumatu.

Poškození mozku v důsledku anatomických a fyziologických změn, se projeví následky odpovídajícími postiženým mozkovým strukturám a také nepřímo mírným kognitivním poškozením, depresí, změnou psychomotorického tempa a pozornosti (Carey & Seitz, 2007). Deficit je nutné posoudit také s ohledem na charakteristiky osoby v období před úrazem (např. ADHD, poruchy učení) a současné intervenující proměnné, jako jsou vedlejší účinky medikace, deprese, atd. (Eslinger, Zappalà, Chakara, & Barrett, 2007).

Zappalà et al. (2012) systematizovali rozdělení dysfunkcí do kategorie tří syndromů, které souvisí s různými oblastmi mozku. **Abulický syndrom** odpovídá zpomalení zpracování informací a psychomotorického tempa vůbec, nedostatek iniciativity, letargii a může se jevit jako pseudodepresivní. **Dysexekutivní** odráží narušení exekutivních funkcí, které slouží k organizovanému a cílesměrnému chování. **Behaviorální syndrom** popisuje agresivní, impulzivní, desinhibované chování a sebestředné či dětinské rysy.

Eslinger et al. (2007) uvádějí domény, které jsou zvláště důležité pro rehabilitaci **u osob s TBI**. Jsou to:

- **Pozornost a zpracování informací** - rychlost a přesnost percepčně-motorických odpovědí. Často je ovlivněna rychlost zpracování, schopnost udržet zaměření pozornosti, rozdělení pozornosti v komplexních situacích (Cicerone, 2007). Různé aspekty pozornosti se rehabilitují v různou dobu po TBI (Kwok, Lee, Leung, & Poon, 2008).
- **Paměť** - zejména pracovní a krátkodobá paměť
- **Intelekt**- míra deficitu mnohdy odpovídá míře poškození, i když ne zcela. Mohou se vyskytnout i poměrně velké rozdíly mezi skóry v testech inteligence a mírou poškození kognitivních funkcí, které s inteligencí souvisí (Fuster, 2008)
- **Exekutivní funkce (EF)** - narušení EF snižuje schopnost pracovat, studovat, interpersonálních vztahů (Alvarez & Emory, 2006). Někdy jsou výsledky z izolovaných kognitivních testů lepší, než jak daná osoba zvládá jejich koordinaci nebo úkoly, které jsou blíže reálným situacím (Elliott, 2003).

## ▪ **Socioemocionální deficity**

Výzkumy zmiňují také souvislost mezi prodělaným TBI a Alzheimerovou demencí (AD) v pozdějších letech (Johnson, Stewart, & Smith, 2010). Biochemické změny po TBI se v některých ohledech podobají těm, které nacházíme u pacientů s AD. To se týká zejména produkce  $\beta$  amyloidu, který se objevuje už v řádech několika hodin po traumatu.  $\beta$ -amyloid je považován za jednu z možných příčin AD.

### **Následky po CMP**

U zasažení kortikálních oblastí při CMP se projevují deficity zejména pozornosti, verbální i neverbální paměti, psychomotorického tempa, exekutivních funkcí, vizuospeciálních a dalších kognitivních domén (Kelly-Hayes et al., 1998; Kreiter et al., 2002). Bližší obrázek může poskytnout následující výčet:

Při zasažení levé (dominantní) hemisféry se následky mohou projevit formou afázie (narušení řeči), alexie (čtení), akalkulie (počítání), apraxie (motorické úkony), Gerstmanův syndrom (zaměňování pravé a levé strany a kombinace dalších příznaků), abulie (ztráta vůle). U pravé (nedominantní) hemisféry se následky projevují dysprozodií (narušení melodie řeči), narušením orientace, neglektem (opomíjení sensorického pole), anosognózií (neuvědomování si vlastních deficitů). U bilaterálních postižení se dostavuje abulie, narušení exekutivních funkcí, prozopagnózie (narušení schopnosti rozeznávat tváře), Bálintův syndrom (narušení schopnosti vnímání vizuální pole, uchopování předmětů) či Antonův syndrom (korová slepota) (Adams & Lyden, 2009) (Barrett et al., 2006).

Iverson, Lange, Brooks a Rennison (2010) se domnívají, že subjektivní stížnosti mohou být u mírnějších typů poškození spojeny s bagatelizací problémů a nadhodnocením vlastních výkonů před úrazem, což činí současné obtíže oproti dřívějšímu stavu zdánlivě horšími, než ve skutečnosti jsou.

### **Souhrn TBI a CMP**

Poškození při poranění mozku spouští sled biochemických mechanismů, které mohou působit další obtíže. Souhrn těchto komplexních vlivů má vést k řadě změn, úzce lokalizovaných i difúzních, a projevuje se v různých oblastech mozku, což se následně odráží v různých rovinách projevů a chování. Ačkoliv jsou příčiny TBI a CMP odlišné, podněcují podobné patogenní i ozdravné mechanismy (Leker & Shohami, 2002).

Přes některé rozdíly v typičtějším místech vzniku poškození a následcích u obou skupin pacientů nacházíme společné časté narušení krátkodobé a pracovní paměti, pozornosti a také

exekutivních funkcí. Pacienti po CMP bývají spíše starší s fokálním typem zranění a častěji se u nich projevují poruchy nálady, deprese a hypománie, zatímco pacienti po TBI spíše charakterizuje iritabilita (Nair et al., 1993). Pro osoby po TBI i CMP platí, že je lepší začít s intervencí, co nejdříve je to možné, a nečekat na částečné zotavení (Rohling et al., 2009).

## 2. Kognice

V této části se budeme primárně zabývat těmi kognitivními funkcemi, které jsou sledovány v rámci naší studie.

### 2.1 Exekutivní funkce

Samotný koncept exekutivních funkcí (EF) je jednak komplexní, tak také nejednotný co do základních charakteristik, na které jednotliví výzkumníci kladou důraz. Různé konceptualizace se pak navzájem liší v tom, co považují za hlavní řídicí procesy (Alvarez & Emory, 2006).

Koncept EF a jejich jednotlivých zakládajících procesů prochází neustálým vývojem a zpřesňováním. Modely z tradice kognitivní psychologie (např. pracovní paměť a její podsložky) jsou často srovnávány s daty ze zobrazovacích metod, ve snaze najít vzorce neuronální aktivace, které by těmto modelům odpovídaly. Je otázkou, do jaké míry lze najít neuronální koreláty těchto pojetí a nakolik „pojmový svět“ daných koncepcí existuje v „materiální rovině“, tj. v nějaké vymezené oblasti mozku. Stuss (2011) vnímá potenciál neurověd pro kognitivní psychologii. Vzorce neuronální aktivace mohou přinášet cenné informace pro vytváření hierarchických modelů kognice či popis dynamických neuronálních sítí, které ji zakládají.

#### Vymezení

Jedno z klasických vymezení exekutivních funkcí se vztahuje k záměrnému jednání oproti automaticky prováděné činnosti. Při vykonávání nových úkolů se tak uplatňuje supervizorní pozornostní systém (SAS-supervisory attentional system) (Norman & Shallice, 1986). Exekutivní funkce jsou považovány za vyšší kognitivní funkce („high level“), jelikož mají na starosti organizaci a provedení komplexního chování a myšlení, přičemž využívají nižších kognitivních funkcí („low level“) (Alvarez & Emory, 2006).

Podle Funahashiho jsou EF produktem „koordinovaných operací různých procesů, směřujících k dosažení určitého cíle flexibilním způsobem“ (Funahashi, 2001, s. 147). Fuster (2008) definuje EF jako schopnost v daném čase cíleně organizovat chování, jazyk a usuzování.

V definování EF podle účelu, k němuž slouží, panuje, zdá se, shoda. Složitější je situace ohledně členění EF na jednotlivé subdomény (procesy) či představu EF jako jakési unitární entity. Koncepce, které upřednostňují subdomény, se různí také mezi sebou podle toho, zdali

se jejich specializace vztahuje k typům informací (např. obrazové, zvukové) či typu operací (retence, manipulace, atd.) (J. Ward, 2009).

Současný převažující pohled v otázce modularity versus jednoduše EF je kompromisní- uznává do určité míry jak jednotnost, tak také rozrůzněnost (Miyake et al., 2000). Jak uvádí Ward (2009), funkční specializace určitých oblastí je spíše relativní než absolutní, tj. nejedná se o zcela modulární systém. EF už ze své definice slouží flexibilnímu chování, a je proto možné, že flexibilita bude i principem také na neuronální úrovni (Ward, 2009).

Členěním bylo identifikováno množství procesů EF. Mezi nimi je plánování, organizace, fluence, flexibilita, abstraktní myšlení (Chan, Shum, Touloupoulou, & Chen, 2008; Kramer & Quintana, 2007), inhibice, switching, zaměřená a výběrová pozornost (Alvarez & Emory, 2006).

Různých pojetí EF je více, my se zde budeme věnovat těm, které vycházejí zejména z konceptu pracovní paměti a které úžeji souvisí s naším výzkumným zaměřením.

### **2.1.1 Pracovní paměť**

Vlivným modelem EF je model pracovní paměti (WM), jak jej popsali Baddeley a Hitch (1974). Baddeley později konceptualizoval exekutivu podle modelu SAS Normana a Shalliceho (Baddeley, 1998).

Ústředním „orgánem“ WM je centrální exekutiva, která se podílí na řízení zaměřených pozorností a reguluje kognitivní procesy (Baddeley & Logie, 1999). Koncept centrální exekutivy prochází od původního „homunkula“, který se stal také terčem kritiky<sup>4</sup>, vývojem ve směru identifikace dalších v něm obsažených procesů a charakteristik. Podle Stusse a Alexandera (2007) například mezi exekutivními funkcemi „není žádný jednotlívý supervizorní systém, není žádný „duch ve stroji“, který by byl ostatním nadřazený“ (2007, s. 911). Baddeley (GoCognitive, 2010a) sám obsazení homunkula přiznává s vysvětlením, že jej využívá coby dočasné provizorium do té doby, než budeme schopni určit vhodné modely jednotlivých funkcí, které by vystihly činnost tohoto homunkula.

S (ne)existencí centrální exekutivy se pokusili vypořádat také Goldman-Rakic, Cools a Srivastava (1996). Centrální exekutiva dle jejich mínění vzniká ze součinnosti dalších

---

<sup>4</sup> Kritika argumentuje tím, že se při popisu pracovní paměti vytvoří koncept „ještě exekutivnější exekutivy“, tj. centrální exekutivy, do něž se umístí samotný mechanismus exekutivy. Tímto postupem se sice oddělí jednodušší složky, vizuospatciální náčrtník a akustická smyčka, ale problém pochopení principů exekutivy se tím jen odsune dále a řešení je tedy jen zdánlivé.



systemů, jako emergentní složka interaktivně operujících procesů, které jsou doménově specifické. Ještě o kousek dále posouvá tento pohled Stuss (2011), podle nějž není potřeba žádné centrální exekutivy, místo toho existuje množství nespecifických procesů, jejichž spolupráce vede k dosažení kontroly.

Vedle vizuospaciálního náčrtníku a fonologické smyčky zavedl Baddeley do modelu WM také epizodický nárazník, jenž slouží jako platforma, na níž se setkávají informace různých modalit, které jsou zde podrženy po dobu manipulace. Epizodický nárazník podle tohoto pojetí má velmi blízko ke konceptům vědomí a vědomé zkušenosti (Baddeley, 2000).

Centrální exekutiva nemá žádné možnosti uskladnění, je schopna zaměřit pozornost i v přítomnosti distraktorů, rozdělit pozornost či čerpat z dlouhodobé paměti (Baddeley, 1996a). Kapacita WM nesouvisí tolik pouze s pamětí, zato s udržením pozornosti žádoucím směrem a s potlačením distraktorů. Udržení více informací aktivních má souvislost s lepší schopností kontrolovat pozornost (Engle, 2002). Kapacitu WM podle Engleho výkladu můžeme tedy chápat jako jakousi výkonnost WM, v níž se odráží i kvalitativní složka zaměření pozornosti, jejího rozsahu a kontroly (či inhibice) vůbec.

### 2.1.2 Neuronální koreláty exekutivních funkcí

Více než patnáct let jsou studovány funkce frontálních laloků na základě přesvědčení, že různé oblasti mají úzký vztah k specifickým funkcím a že manipulací základními kognitivními procesy můžeme tyto funkce odhalit (Stuss, 2011). Tento způsob zkoumání probíhá jen krátkou dobu a zdaleka se nejedná o zmapovanou oblast. Podle Stusse (2011) se během těchto let podařilo nashromáždit množství výsledků, které konzistentně vypovídají o vazbách mezi některými funkcemi a anatomickými oblastmi.

Elliot (2003) však považuje pokusy přiřadit jednotlivé EF vymezeným prefrontálním oblastem za nepřesvědčivé a nejednoznačné. Naopak, dle něj, studie využívající zobrazovacích metod naznačují, že exekutivní funkce jsou založeny na „dynamické a flexibilní neuronální síti, která může být charakterizována pomocí analýz funkční integrace a efektivní konektivity“ (Elliott, 2003, s. 49). Obdobně je Baddeley (1996a; GoCognitive, 2010b) skeptický k možnosti jednoduše přiřadit WM určitým anatomickým strukturám. Přes tyto rozporné pohledy však shoda panuje v tom, že ústřední roli v EF hraje frontální kortex<sup>5</sup>,

---

<sup>5</sup> Právě přiřazování exekutivních funkcí k frontálnímu laloku je jedním z důvodů nejasnosti v terminologii. Poruchy exekutivních funkcí se dříve označovaly jako frontální syndrom. Dnes se používá název dysexekutivní syndrom, jelikož poškození i jiných než frontálních oblastí- např. thalamu, libického systému- může vést

zejména jeho prefrontální část. Stále více je však zdůrazňován také vliv subkortikálních oblastí (Elliott, 2003).

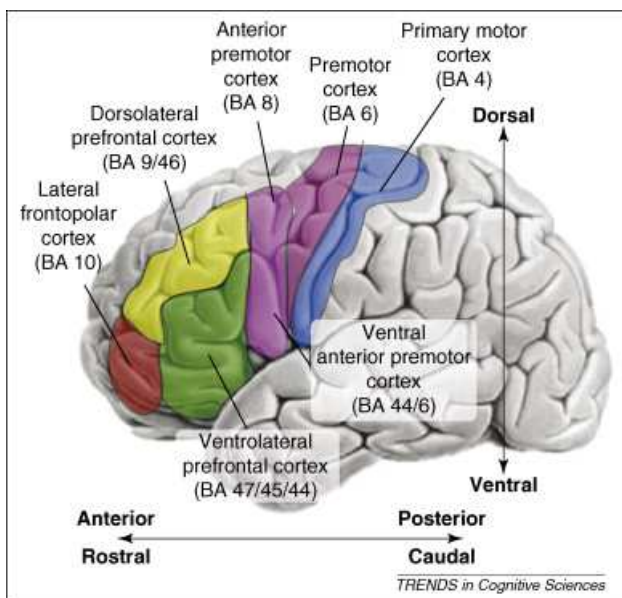
Alvarezová s Emorym (2006) ve své meta-analytické studii získali výsledky, které nepoukazují na vztah přímých vazeb mezi EF a jejich lokalizací v mozku. Docházejí k závěru, že pro EF jsou dobře fungující frontální oblasti nutnou, nikoliv postačující podmínkou. Ve své přehledové práci uvádějí tři základní fronto-subkortikální okruhy, které se podílejí na kognitivních, emočních a motivačních procesech. Všechny přispívají k fungování v souladu s definicemi EF (Alvarez & Emory, 2006). Jsou to:

**Dorsolaterální prefrontální kortex (DLPFC)** – verbální fluence, integrace informací z různých domén, pracovní paměť, plánování, set-shifting, inhibice, organizace, usuzování, řešení problémů, abstraktní myšlení

**Anteriorní cingulární kortex** – souvisí s motivací, narušení této oblasti vede k abulii, apatii, snížení sociálních interakcí, psychomotorickému zpomalení

**Orbitofrontální kortex** – odpovídá za sociálně přijatelné chování, řízení impulzů, monitorování chování a nežádoucích projevů. Narušení této oblasti vede k desinhibici, impulzivité, agresivitě a antisociálnímu chování.

**Obrázek č. 1** – Oblasti frontálního laloku



Převzato z (Badre, 2008, s. 194)

---

k deficitu EF (Lezak, Howieson, Bigler, & Tranel, 2012). Přesto se však narušení EF a poškození frontálního laloku vyskytují v mnoha případech současně (Alvarez & Emory, 2006).

Pokud bychom si roli prefrontálních oblastí v EF představit tak, že v nich dochází ke komplexnímu, syntetickému zpracování informací za pomoci jednotlivých procesů (WM, atd.), můžeme souhlasit s tím, že se jedná o nepostradatelný region. Potřebují mít ale dostatečné „vstupy“ a podporu dalších oblastí, bez kterých by ani dobře fungující procesy EF neměly co zpracovávat.

„Extenzivní reciproční spojení PFC s prakticky všemi kortikálními i subkortikálními oblastmi staví PFC do výsadního neuroanatomického postavení pro monitorování a manipulaci s různými kognitivními procesy“ (Stuss & Knight, 2002, s. 574).

## Souhrn

Jak vyplývá z uvedeného, některé funkce k sobě mají velmi úzký vztah a existuje množství sobě podobných konstruktů- např. centrální exekutiva (Baddeley, 1996b), kognitivní kontrola (Badre, Hoffman, Cooney, & D'Esposito, 2009), exekutivní kontrola (Buschkuhl, Jaeggi, & Jonides, 2011), exekutivní pozornost (Fan, Fossella, Sommer, Wu, & Posner, 2003; Kane, Conway, Hambrick, & Engle, 2007). Různé koncepty se vzájemně překrývají a o to je jejich pojmové uchopení nepřehlednější, což poukazuje na komplexnost problematiky a stále velmi aktivní zkoumání. Hledání nových a „vyostřování“ stávajících konceptů a subprocesů je stále na postupu a též potřebné (Alvarez & Emory, 2006). Někteří se domnívají, že je potřeba dále rozdělit EF určením dalších dílčích funkcí a k těm následně hledat jejich neuroanatomické koreláty (Chan et al., 2008). Spolupráce kognitivní psychologie a neurověd se v tomto směru každopádně zdá být velmi plodnou.

## 2.2 Inteligence

V naší práci při zkoumání efektivity tréninku *n*-back zjišťujeme výkon v testech specifických kognitivních schopností a o inteligenci se zajímáme zejména ve smyslu konceptu Spearmanovy obecné inteligence, a ještě specifičtěji Cattellovy fluidní obecné inteligence (*gF*).

Podobně jako v případě exekutivních funkcí i v konceptu inteligence můžeme najít polaritu mezi **unitárním modelem** a představou **několika různých** navzájem interagujících **součástí**. Ačkoliv proponenti teorií speciálních inteligencí neuznávají jednu inteligenční funkci, ze které by „vyrůstaly“ jednotlivé, parciální kognitivní schopnosti, pojem obecné inteligence, ve smyslu *g* faktoru, zůstává zavedeným a uznávaným pojmem, se kterým se v současných výzkumech stále pracuje (Bartholomew, 2004; Carroll, 2003).

Unitární model vychází ze zjištění silného korelačního vztahu napříč různými doménami kognice, který se označuje jako tzv. *positive manifold* a jenž se tradičně připisuje Spearmanovi (1904). *Positive manifold* je v tomto pojetí často spojován s jedním kognitivním nebo biologickým procesem či kapacitou (Van Der Maas et al., 2006).

Van Der Maas et al. (2006) navrhuje dynamický model, založený na recipročních vazbách a navzájem prospěšném ovlivňování mezi různými kognitivními procesy v průběhu vývoje, což podle autorů dokáže vysvětlit *positive manifold*, aniž by se nutně odkazoval ke *g* faktoru jakožto jedné proměnné.

Existuje dostatečné množství dokladů toho, že *g*-faktor není pouhým uměle vytvořeným konstruktem, ale projevuje se v reálném světě. Empiricky se ukazuje, že dobrý výsledek v testech obecné inteligence je prediktorem úspěšnosti v mnoha typech kognitivních aktivit a oblastí- ať už laboratorních, přes edukační po pracovní sféru (Gottfredson, 1997; Woolgar et al., 2010). Také se ukazuje stabilita výsledků v testech obecné inteligence- korelace mezi dvojím testováním ve věku 11 a 79 lety se pohybuje kolem 0,63 (Deary, Whalley, Lemmon, Crawford, & Starr, 2000). Je tedy pochopitelné, že se obecná inteligence těší velkému výzkumnému zájmu.

## 2.2.1 Neuronální koreláty inteligence

### Strukturální

Pomocí fMRI zkoumali Hulshoff Pol spolu s kolegy (2006) heritabilitu individuálních rozdílů v **denzitě šedé a bílé kůry mozkové** dvojčat a jejich sourozenců. Výsledky ukazují na společný genetický základ neuronálních sítí šedé a nově i bílé hmoty mozkové, alespoň v určitých oblastech.<sup>6</sup>

Wozniak a kolegové (2011) našli souvislost mezi abnormalitami v bílé hmotě mozkové a sníženou obecnou inteligencí a exekutivními funkcemi. Tým Chianga (2009) našel při analýze skenů 92 párů dvojčat pomocí DTI (diffusion-tensor imaging) vysoké korelace mezi integritou bílé hmoty a výkonu v inteligenčním testu. Nabízí se vysvětlení, že vyšší myelinizace (obal nervových vláken) usnadňuje synaptický přenos, a tím potažmo rychlost zpracování informací (Luders, Narr, Thompson, & Toga, 2009).

---

<sup>6</sup> Genetickou podmíněnost bílé hmoty mozkové našli konkrétně v následujících oblastech- superiorní okcipitofrontální fascikly, corpus callosum, optické radiace a tractus corticospinalis. Pro šedou hmotu jsou to oblasti mediální frontální kůry, horní frontální kůry, horní spánkové kůry, levé kůry týlní, levé postcentrální kůry, levé zadní cingulární kůry, pravé parahipokampální kůry a amygdaly (Wozniak, Mueller, Ward, Lim, & Day, 2011).

Haier et al. (2005, s. 320) se domnívají, že „neexistuje žádná jedna neuroanatomická struktura, který by zakládala obecnou inteligenci a dále, že odlišné typy mozku mohou dosáhnout ekvivalentního intelektového výkonu“. Haier spolu s kolegy ukázali, že spotřeba glukózy u inteligentnějších osob je nižší, což naznačuje vyšší efektivitu práce jejich neuronů (Haier, Siegel, Tang, Abel, & Buchsbaum, 1992; Haier, White, & Alkire, 2003).

### **Intelligence ve vzorcích neuronální aktivity**

Debata ohledně jednoduše<sup>7</sup> či mnohotvárnosti inteligence pokračuje také mezi výzkumníky, kteří si na pomoc berou zobrazovací metody. Podle některých badatelů je „psychometrické g jedna kognitivní schopnost, kterou zakládají neuronální sítě prefrontálního kortexu“ a podle jiných je „výsledkem množství různých kognitivních operací, které zahrnují distribuovaný systém funkčně specializovaných kortikálních oblastí“ (Barbey, Colom, Solomon, et al., 2012, s. 1154).

#### **g- unitární schopnost**

Duncan et al. (2000) s využitím PET zjistili, že úlohy, které jsou vysoce sycené g-faktorem, jsou spojovány se selektivní aktivací specifického neurálního systému. Tyto ohraničené oblasti zasahují laterální prefrontální kortex (LPFC) v jedné nebo obou hemisférách. Úkoly s odlišnými kognitivními požadavky jsou doprovázeny velmi podobnou obecnou aktivitou i co do lokalizace, která může odpovídat vytížení pracovní paměti, percepční náročnosti či novosti úkolu. Podle Duncana (2005) je možným vysvětlením, že prefrontální kortex „pohání“ pracovní paměť a jiné procesy v různých směrech- např. zlepšením zaměření a flexibility.

#### **g- mnohotvárné**

Podle ne-unitárního přístupu odrážejí testy inteligence průměrnou nebo kombinovanou aktivitu několika oddělených domén, „které jsou zprostředkovány funkčně specializovanými regiony“ (Barbey, Colom, Solomon, et al., 2012, s. 1155). Tento názor je poměrně hojně podporován (Colom et al., 2009; Jung & Haier, 2007).

---

<sup>7</sup> Spearman sám očekával, že bude možné obecnou inteligenci, tj. g, kterou vnímal jako určitou energii, „sílu, která může být převedena z jedné mentální operace na jinou“, odhalit ve fungování nervového systému, zejména kortexu (Spearman, 1927, s. 414). Ve Spearmanově duchu uvažování o obecné inteligenci jakožto singulární kognitivní kapacitě navazují koncepty jednotné neurální architektury prefrontálního kortexu (Bartholomew, Deary, & Lawn, 2009; Duncan et al., 2000).

Haier společně s Jungem (2007) analyzovali 37 studií využívajících funkční a strukturální zobrazovací metody (fMRI, PET a DTI, VBM). Nalezli „nápadnou shodu naznačující, že odlišnosti v neuronálních sítích predikují rozdíly mezi jednotlivci v úlohách zaměřených na inteligenci a usuzování“ (tamtéž, s. 135). Výsledky sloučili do svého modelu označovaného **P-FIT** (Parieto-Frontal Integration Theory). V něm figuruje vícero odlišných kognitivních procesů, které jsou zprostředkovány funkčně specializovanými oblastmi mozku, přičemž oblasti jako dorsolaterální prefrontální a parietální kortex hrají klíčovou roli. Zároveň zdůrazňují, že význam mají nejen tyto oblasti samy o sobě, ale zejména efektivita, s jakou informace prochází danými strukturami. Efektivita je závislá na synaptickém přenosu a propojení kritických oblastí bílou hmotou.

Obecná inteligence tak odpovídá oblastem:

- temporální a okcipitální- ke zpracování sensorických informací
- parietální kortex- integrace sensorických informací a abstrakce
- frontální oblast- usuzování a řešení problémů
- cingulární kůra- výběr odpovědi a inhibice automatických reakcí

Haierovy a Jungovy stanoviska podporují také Gläscher et al. (2010). *G*-faktor podle nich může záviset na efektivní komunikaci mezi „podřízenými“ procesy v různých oblastech. Ukazují, že *g* vychází z distribuované, avšak omezené sítě kortikálních oblastí a jejich spojení v bílé hmotě. Tyto oblasti se vztahují ke kapacitě pracovní paměti, verbálnímu a vizuospaciálnímu zpracování (s podporou frontoparietálního systému) a také k exekutivní komponentě (s podporou levého frontopólního kortexu) (Gläscher et al., 2010).

K podobným závěrům, podle nichž *g*-faktor odráží schopnost „efektivně integrovat verbální, prostorové, motorické a exekutivní procesy skrze ohraničený set kortikálních spojů“ (Barbey, Colom, & Grafman, 2012, s. 6) dochází i další studie. Uvádí se globální účinnosti neuronálních sítí ve spojitosti s intelektovým výkonem (Li et al., 2009; van den Heuvel, Stam, Kahn, & Pol, 2009) či nižší nároky na exekutivní monitorování a flexibilnější využití (neuronálních) zdrojů (Preusse, der Meer Elke, Deshpande, Krueger, & Wartenburger, 2011).

### **2.2.2 Inteligence a exekutivní funkce**

Živé diskuze probíhají zejména ohledně vztahu inteligence a pracovní paměti, zejména její kapacity. Někteří autoři oba koncepty považují za velmi blízké, až totožné. Podle Shipsteda, Redicka a Engleho (2010, s. 245) „je možno kolem 50% variance obecné inteligence mezi jedinci vysvětlit rozdíly v kapacitě pracovní paměti“. V počátcích výzkumu

WM se dokonce mělo za to, že WM by mohla být základem Spearmanova  $g$  (Conway, Kane, & Engle, 2003).

Jedním ze základních ukazatelů složitosti úloh na řešení problémů jsou nároky na pracovní paměť- tedy podržení několika pravidel, podcílů a výsledků operací v paměti (Wiley, Jarosz, Cushen, & Colflesh, 2011). Různé studie potvrzují vztah mezi **kapacitou pracovní paměti** a výkonem v inteligenčních testech, zejména  $gF$ . (Ackerman, Beier, & Boyle, 2005; Colom, Rebollo, Palacios, Juan-Espinosa, & Kyllonen, 2004; Conway, Cowan, Bunting, Therriault, & Minkoff, 2002; Kyllonen, 1996). Přesto vysvětlení, proč tomu tak je a jaká je příčina tohoto vztahu, je stále neuspokojivé (Unsworth & Engle, 2005).

V pojetí Engleho a spolupracovníků (Kane & Engle, 2002; Unsworth & Engle, 2005) je ústřední schopností  $Gf$  stejně jako kapacita WM schopnost udržovat žádoucí informaci a potlačovat distraktory, o což se stará exekutivní pozornost. Z toho je patrné, jak blízké si jsou koncepty pozornosti a jejího řízení, pracovní paměti a fluidní inteligence v teoriích některých autorů.

Dle Unswortha a Engla (2005), důvodem, proč jsou úlohy na pracovní paměť dobrými prediktory fluidních schopností, je schopnost řídit pozornost a nejde o vztah pouhé přímé úměrnosti. I podle dalších autorů se rozdílily ve fluidních schopnostech zakládají, mimo kapacity pracovní paměti, na rozdílech řídicích kontrolních procesů (Embretson, 1995). Tyto kontrolní procesy odpovídají za „volbu efektivní strategie, monitorování procesu řešení a přidělování zdrojů zapojeným procesům“ (Embretson, 1995, s. 170).

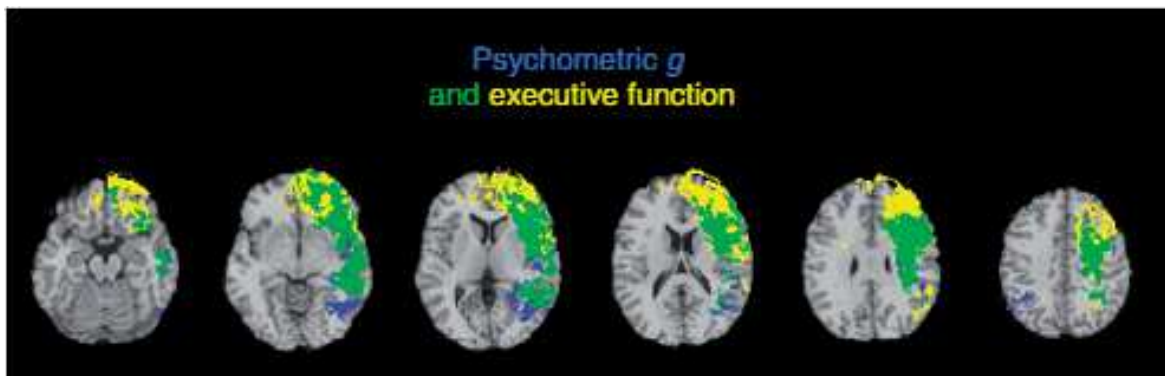
Větší kapacita WM umožňuje větší kontrolu pozornosti, zvláště v situacích interference a působících distraktorů. Centrální exekutiva je dle těchto autorů součástí pracovní paměti, která se projevuje také ve fluidních schopnostech. Společné jsou také nároky na kontrolovanou pozornost (controlled attention) (Conway et al., 2002; Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999), někteří v tomto smyslu hovoří o exekutivní pozornosti (Kane, Conway, Hambrick, et al., 2007; Kane & Engle, 2002). Takové pojetí je souladu s teorií opomíjení cíle (goal neglect) (Duncan, Emslie, Williams, Johnson, & Freer, 1996). Dle této teorie u některých osob dochází k chybám, i když principu úkolu porozuměly, v důsledku přehlížení tohoto cíle.

Friedmanová et al. (2006) hledali souvislost ve výkonu v testech inteligence (WAIS) a jednotlivých aspektů EF. Zjistili, že s výsledky inteligenčních testů korelovaly s obnovováním informací (updating), ale s inhibicí či přesunutí pozornosti (shifting) už ne. Toto zjištění je v rozporu s očekáváním, jelikož inhibice i přesunutí pozornosti (shifting) hrají v modelech

inteligence důležitou roli (Rosen & Engle, 1998). Podle Friedmenové et al. (2006) z toho vyplývá, že tradiční testy inteligence nezahrnují tyto důležité složky, tj. inhibici a shifting, které jsou při popisu inteligence důležitými aspekty.

Co se týče neurálních korelátů, psychometrické *g* a exekutivní funkce sdílejí zejména oblasti, které souvisí s komunikací mezi frontálním a parietálním kortexem (Barbey, Colom, Solomon, et al., 2012).

#### Obrázek č. 2 – Psychometrické *g* a exekutivní funkce v neuronální aktivitě



Žlutá barva označuje aktivovaná místa při provádění úloh na exekutivní funkce, modrá úloh sycených *g*, zelená jejich překrytí (Barbey, Colom, Solomon, et al., 2012, s.1160)

#### Souhrn

V debatách o povaze inteligence i exekutivních funkcí si můžeme všimnout dvou základních tendencí v jejich pojmání- hledá se sídlo „ještě exekutivnější exekutivy“ či „sídlo inteligence“ nebo se k oběma konceptům přistupuje jako k souboru různých procesů. Ty, jsou-li všechny správně „vyladěné“, umožňují optimální fungování. Některé univerzální funkce, jako je pozornost, mohou při narušení způsobit širokosáhlé omezení a odráží se i ve výkonu v doménách, které samy o sobě narušeny nejsou.



### 3. Neuroplasticita

Neuroplasticita je zastřešující pojem, který označuje „specifickou schopnost nervového systému se zákonitě vyvíjet, reagovat na změny vnitřního a zevního prostředí, případně se jim přizpůsobit, a to za fyziologických i patologických situací“ (Trojan & Pokorný, 1997, s. 668).

Citovaná definice Trojana a Pokorného se zmiňuje o základních rovinách, na které je plasticita pojímána. Hovoří se zde jednak o plasticitě vázané na **vývojové změny**- „zákonitě se vyvíjet“. Dále **reakce na změny vnitřního prostředí**- což se v našem případě týká zejména biochemických a fyziologických procesů odstartovaných poškozením mozku. Dalším významným okruhem změn jsou ty, které se vztahují k reakcím na **působení zevního prostředí**. Ty budou blíže popsány v kapitole věnující se kognitivní rehabilitaci.

Neuroplasticita je charakterizována jako **schopnost nervového systému reorganizovat strukturu, funkce a propojení**. Může být sledována na vícero úrovních- molekulární<sup>8</sup> (např. aktivita enzymů) přes buněčnou po behaviorální. K těmto změnám dochází na základě působení prostředí, učení, nemoci či terapie (Cramer et al., 2011; Trojan & Pokorný, 1997). Plasticita se však nemusí projevovat jen v případech růstu a rozvoje, kdy je nazývána jako adaptivní, ale plasticitou se myslí i taková, která souvisí i s negativními následky, jako je v případech poškození mozku.

Je možno si představovat obousměrný vztah mezi funkčními a strukturálními změnami mozku. Vývojové změny, zkušenosti, učení, to vše se projevuje na objemu a hustotě šedé a bílé kůry mozkové (Casey, Tottenham, Liston, & Durston, 2005). „Obecně se uznává, že expertnost souvisí s větší hustotou či objemem šedé kůry (a)nebo silnější integritou v těch oblastech, které jsou aktivní v daných úlohách“ (Buschkuehl et al., 2011, s. 173).

Willis a Schaie (2009, s. 375) neuroplasticitu definují jako poměr mezi „současnou úrovní výkonu v normativních podmínkách a latentním potenciálem dané osoby“.

---

<sup>8</sup> Zajímavým (a také dosti zkoumaným) je protein BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor), který patří mezi neurotrofiny, tj. „proteiny, které regulují přežití, proliferaci a diferenciaci neuronů, růst axonů, neurotransmisi a synaptické děje, plasticitu“ (‘‘Velký lékařský slovník,’’ 2012). Je to významný faktor pro trvalou neuroplastickou změnu, jelikož zprostředkovává chemické a strukturální změny jednotlivých synapsí (Cohen-Cory, Kidane, Shirkey, & Marshak, 2010; Greenberg, Xu, Lu, & Hempstead, 2009; Waterhouse & Xu, 2009).

### 3.1 Projevy neuroplasticity

- **Funkční změny**

Funkční změny souvisejí s reorganizací aktivity a specializací oblastí mozku při provádění specifických úkolů. Příkladem může být oblast vizuálního kortexu, která u slepých osob může zajišťovat taktilní vnímání (Ptito et al., 2008). V tomto případě nedochází ke strukturální reorganizaci, ale pouze ke změně funkce té které oblasti mozku.

Funkční reorganizace se také projevuje právě po poškození mozku, kdy brzy po úraze osoba nedokáže mluvit, protože oblasti zodpovídající za řeč jsou poškozeny. Schopnost řeči ale může být znovu nabyta či zlepšena díky kapacitě mozku přeorganizovat část aktivity do nepoškozených oblastí (Saur et al., 2006; Staudt et al., 2002).

- **Strukturální změny**

Je několik známých výzkumů, které se s využitím zobrazovacích metod zaměřovaly na změny mozku u osob po tréninku různých činností nebo také v souvislosti s vykonávanou profesí. Makroskopické strukturální změny ukázaly, že oproti dřívějším představám o neuronální plasticitě dochází nejen k funkčním změnám, ale také ke změnám strukturálním (Draganski et al., 2004). Ty byly zaznamenány po periodách studia u studentů medicíny (Draganski et al., 2006) a také i u starších osob po tréninku žonglování (Boyke, Driemeyer, Gaser, Büchel, & May, 2008). Známý příkladem tohoto efektu je větší objem šedé hmoty v oblastech hipokampu u londýnských taxikářů a řidičů autobusů<sup>9</sup> (Maguire, Woollett, & Spiers, 2006). Ke strukturálním změnám dochází více při učení se novému typu úlohy než při pokračování v tréninku u již známých úkolů (Driemeyer, Boyke, Gaser, Büchel, & May, 2008).

- **Synaptická plasticita** - označuje změnu síly spojení mezi synapsemi, chemickými nebo elektrickými spoji mezi mozkovými buňkami. Tento obecný pojem může označovat vícero specifických procesů - LTP (long-term potentiation) či LTD (long-term depression), změny počtu receptorů pro specifické neurotransmitery. Žádná změna v mozku se neobejde bez změny na synapsích. Synaptická plasticita je jedním ze základů učení a paměti – tzv. Hebbian theory (Hynie & Klenerová, 2010)

- **Synaptogeneze** - vytváření a úbytek synapsí či celých skupin synapsí

---

<sup>9</sup> Jak tyto autoři dále uvádějí, větší objem hmoty v určité oblasti je doprovázený naopak poklesem v blízkých oblastech.

- **Neurogeneze** - tvorba nových neuronů.

Nejhojněji vznikají v mozku v prenatálním období, ale nové neurony vznikají i v dospělosti. Kaplan s Hindsem v roce 1977 objevili nové buňky u savců v oblastech hipokampu a čichovém bulbu (Imayoshi et al., 2008; Zhao, Deng, & Gage, 2008). V roce 1998 byla neurogeneze v hipokampu sledována také u lidí (Eriksson et al., 1998). Od tohoto zjištění se výzkum zaměřil na zmíněné oblasti a zejména na subventrikulární zónu, v níž vznikají progenitorové buňky (bezprostřední produkty kmenových buněk, které se mohou dále diferencovat), jenž dále migrují do čichového bulbu (Fowler, Liu, & Wang, 2008) a gyru dentatu, kde vznikají nové buňky hipokampu (Kempermann, Jessberger, Steiner, & Kronenberg, 2004). Zastoupení těchto buněk je i u dospělého člověka významné- uvádí se, že v gyru dentatu tvoří 10 až 20 procent veškeré neuronové populace nově vzniklých buněk (Fowler et al., 2008).

- **Neuronální migrace**- proces přesunu neuronů z místa jejich vzniku do jiného místa v mozku (Nadarajah & Parnavelas, 2002).

- **Axonální pučení (axonal sprouting)** - axonální pučení, ze zachovaných neuronů na okraji léze vyrůstají axonální výběžky do poškozených oblastí a inervují dendrity, které přišly o synaptická spojení (Kempermann et al., 2004). Tento mechanismus byl popsán například při poškození inervace kůže.

### **Další projevy změn**

Mezi další změny patří např. změna denzity- tj. hustoty bílé či šedé hmoty mozkové. Ukazuje se například, že temporální posteriorní oblasti, typicky odpovídající jazykovým funkcím, mají v průběhu vývoje člověka prodlouženou dobu dozrávání než jiné oblasti kortexu (Sowell et al., 2003) nebo že meditační praxe má významný vliv na tloušťku mozkové kůry v prefrontální oblasti (Lazar et al., 2005).

Neuroplastické změny vznikají postupným procesem v čase. Opakovaná společná aktivace nervových buněk je podkladem zpevnování spojení mezi nimi. Pro popis tohoto jevu se používá heslo, připisováno Donaldu Hebbovi „neurons that fire together, wire together“ (v překladu a se ztrátou rýmu „neurony, které se aktivují společně, se na sebe navazují“) (Baars & Gage, 2010). Vrátime-li se k vymezení plasticity v úvodu kapitoly, rovinu, na které můžeme působit, lze rozdělit na vnitřní a vnější prostředí. O změny vnitřního prostředí se zajímají zejména medicínské obory. My se můžeme pokoušet zjistit, které prostředky jsou nejefektivnější z hlediska vnějších působících vlivů.

## 3.2 Význam pro terapii

### Zotavení po poškození mozku

Ve shodě s Pascual-Leonem et al. (2005) se domníváme, že současnou výzvou je porozumět mechanismům plasticity do té míry, abychom těchto znalostí mohli využít k co největšímu prospěchu při terapeutickém působení.

V posledních letech se objevuje stále více studií zaměřujících se na průběh neuroplastických změn u osob po poškození mozku. Jak uvádí Liepert et al. (2000) kortikální reorganizace po poranění mozku je známou skutečností. Poškození mozku je zásah do organismu, který spouští sled procesů, jejichž součástí je také reorganizace vzdálenějších oblastí. Tyto změny probíhají velmi rychle. Poškození řečových oblastí vede ke změně aktivace ve prospěch odpovídajících oblastí pravé (nedominantní) hemisféry už během prvních tří dní, s postupnou pravostrannou lateralizací během dalších šesti měsíců pozorování (Thulborn, Carpenter, & Just, 1999).

Poškození mozku spouští změny zahrnující neurogenezi a další neuroplastické mechanismy (Stuss, Winocur, & Robertson, 1999) a také zvyšuje kortikální dráždivost (Carey & Seitz, 2007). Tyto procesy vedou k funkční reorganizaci a tím také formování nové „neuronální architektury“, která bude u každého jednotlivce různá, v závislosti na místě poškození, věku a také doby od vzniku poškození (N. S. Ward, 2005). Tyto příznivé procesy je pak možno využít při uplatnění vhodného rehabilitačního programu (Witte, 1998). Jeho úspěšnost však bude souviset s tím, jak dobře bude interagovat s touto novou neuronální architekturou (N. S. Ward, 2005).

Přesný způsob, jakým se nervový systém regeneruje po poškození, je však stále málo prozkoumaný (Voytek et al., 2010). Obecná shoda panuje v otázce kritérií, za jakých dochází k největší míře regenerace: u malých lézí a mladých osob je prognóza nejoptimističtější (Pinel, 2011). Také osoby, které před poraněním mozku byly intelektuálně aktivnější a dosáhly vyššího vzdělání, mají lepší vyhlídky na uzdravení (Kelly, Foxe, & Garavan, 2006).

Čím větší je poškozená oblast, tím větší plastické změny se projeví v nedotčených oblastech (Frost, Barbay, Friel, Plautz, & Nudo, 2003). Jelikož jsou vyraženy zasažené oblasti nebo je snížena jejich funkční kapacita, jiné oblasti se jí snaží nahradit. Můžeme si představit, že vyřazení určitých struktur vytváří zvýšenou zátěž na ty zbývající, které se dynamickými

změnami vyrovnávají s novými nároky<sup>10</sup>. Nezasažené oblasti hrají zásadní roli v procesu uzdravení po traumatu (Voytek et al., 2010).

Většina studií sledující osoby po úrazech mozku či mozkových příhodách zaznamenala neurogenezi na vývojově nižších úrovních mozku, nikoliv však v kortexu. Ačkoliv mnoho výzkumů přináší zjištění o možném zvýšení míry neurogeneze, za normálních okolností takovéto reakce nevedou k obnově v oblastech mozku, které by již samy nebyly neurogenní (Hallbergson, Gnatenco, & Peterson, 2003). Otázkou také zůstává, jaké jsou možnosti neuronální migrace do vzdálených míst.

Rostami et al. (2011) se na základě své studie domnívají, že uzdravení po TBI je do značné míry podmíněno genetickými variacemi v BDNF a že porozumění mechanismu, jakým BDNF takto působí, by mohlo přinést důležitý vhled do principu uzdravení po poškození mozku.

Méně informací bylo však dlouhou dobu známo ohledně plastických změn, které jsou v důsledku terapeutického působení (Liepert et al., 2000). Na ty se zaměříme v části věnované efektivitě kognitivních tréninků. Pro získávání informací ohledně neurobiologických změn, také následkem poškození mozku, se využívají animální modely, zejména na hlodavcích. U nich se zkoumal vliv tzv. obohaceného prostředí, tedy prostředí, kde se vyskytuje více podnětů. To by mělo být analogické k rehabilitačním intervencím u lidí. Ačkoliv se zdá, že obecně obohacené prostředí má jednoznačně pozitivní efekt, otázkou je, jak dlouho efekt z něj přetrvává i při přechodu do jiného prostředí (van Praag, Kempermann, & Gage, 2000). Ukazuje se ale, že v mnoha případech je pro trvalost změn důležitá přetrvávající expozice působících podnětů (Cramer et al., 2011).

---

<sup>10</sup> Parková a Reuter-Lorenzová (2009) navrhuje teorii „lešení“ (orig. *scaffolding*) pro popis kompenzačních mechanismů při kognitivních nárocích, které vznikají v důsledku snížené efektivity jednotlivých funkcí během stárnutí. Principem mechanismu „lešení“ je zvýšení aktivity některých oblastí a vytváření „doplňkových, alternativních neurálních spojení pro dosažení určitého cíle“ (s. 21.1). Tuto teorii je možné vztáhnout také na učení či změny po poškození mozku.

## 4. Kognitivní trénink

Kognitivní rehabilitace je široce zaměřená intervence, jejímž cílem je pomoc osobám po poškození mozku zlepšit fungování v aktivitách každodenního života (Diamant & Vašina, 1998) a to nápravou či kompenzací zasažených kognitivních funkcí (Koehler et al., 2011). Kognitivní trénink (KT) je úžeji zaměřený opakovaný nácvik ve snaze zlepšit poruchy intelektuální činnosti (Diamant & Vašina, 1998)

Zpočátku se rehabilitační péče soustředí na stabilizaci stavu pacienta a jeho postupné začleňování do běžných aktivit. Jakmile ustoupí nejzásadnější problémy, rehabilitace se zaměřuje na přetrvávající deficity.

Heterogenita typů traumatických poškození mozku je významnou bariérou pro vytvoření efektivních terapeutických postupů (Saatman et al., 2008). Také individuální charakteristiky, jako je věk, pohlaví, kognitivní rezerva či předchozí zranění, do značné míry podmiňují přítomnost dlouhodobých následků zranění a to, jak bude daná osoba těžit z daného typu terapie (Koehler et al., 2011).

### 4.1 Typy kognitivní rehabilitace

První přístup – *restorativní*- se soustředí na posílení (obnovu) kognice, zatímco *kompenzační* přístup pracuje s adaptací na současný stav a využití alternativních strategií při vykonávání důležitých aktivit. Základními směry postupu rehabilitace jsou „bottom-up“, čili od elementárních po komplexní schopnosti, nebo „top-down“, tj. skrze zapojení vyšších kontrolních a řídicích procesů (Cicerone, 2007).

Představou, která stojí v pozadí restorativních přístupů, je to, že „jsou-li efektivní, mohou ovlivnit široké spektrum aktivit, které jsou zasaženy stejným poškozením“ (Koehler et al., 2011, s. 83). Tento přístup k terapii předpokládá, že „specifické intervence mohou diferencovaně působit na různé komponenty neurokognitivních deficitů“ (Cicerone, 2007, s. 766). A dále že „přímý trénink specifických kognitivních procesů a jejich cílená aktivace skrze opakovaná sezení, může vést k reorganizaci vyšších rovin neurologických a kognitivních procesů“. Zlepšení ve fungování specifických trénovaných oblastí se má generalizovat i do úloh obdobné kognitivní náročnosti, což má eventuálně vést ke zlepšení v každodenním fungování (tamtéž). Kompenzační přístupy oproti tomu mnohdy využívají různé strategie a jejich systematický nácvik.

V praxi je jistě vhodné kombinovat restorativní přístup s kompenzačním, který využívá různé podpůrné strategie. Nebo využít komplexnější modely (viz. Kulišťák, 2011). Přesto považujeme za velmi důležité sledovat, nakolik je možné cílit terapii nejen na zmírňování projevů, ale i na jejich podstatu, tedy kognitivní kapacitu ve vztahu k plastickým změnám a neuroregeneraci.

#### **4.1.1 Počítačový kognitivní trénink**

V současné době je dispozici již poměrně velké množství programů, které jsou využívány jak v rehabilitačních zařízeních, tak také pro komerční účely a individuální využití. Mezi prvně zmiňované komplexní programy patří například Neurop-2, HappyNeuron, CogMed, CogRehab. Komerčními programy (ovšem vědecky podložené, jak jejich autoři dodávají) jsou zejména Lumosity, My Brain Trainer, Play with your mind atd. Neurovědec Kawashima například navrhl program pro společnost Nintendo, známou coby producent počítačových her. Společnými znaky počítačového kognitivního tréninku jsou přizpůsobující se náročnost k aktuální výkonnosti.

##### ***N-back***

Přestože jsou úlohy typu *N-back* hojně využívány k diagnostickým účelům, při výzkumech pracovní paměti a jsou také zkoumány pomocí zobrazovacích metod, psychometrické vlastnosti této úlohy moc prozkoumány nejsou (Jaeggi, Buschkuhl, Perrig, & Meier, 2010). Tito autoři se domnívají, že *N-back* je dobrým prediktorem vyšších kognitivních funkcí a inteligence, zejména při vyšší náročnosti úlohy.

Jednotlivé operace při *N-back* jsou popisovány jako- kódování (interpretace podnětu), uskladnění, srovnání současného podnětu s předchozím o *N* kroků nazpět, časové seřazení, inhibiční procesy vzhledem k podnětům, které mohou být zapomenuty, odpověď (reakce) (Jonides et al., 1997).

Retenční náročnost u *N-back* není příliš velká (většinou max. tři položky), důležitější využití pracovní paměti je s ohledem na manipulaci informací, tedy centrální exekutivu. Co se týká dělení pozornosti, při duálním *N-back* módu, jsou sice zaměstnávány dvě různé modalities, tj. vizuální a auditivní, přičemž je potřeba detekovat správný podnět. Zároveň je ale využíván společný zdroj krátkodobé paměti. Zde by byl výstižný model exekutivní pozornosti, jelikož je potřeba mít na paměti počet *N* prvků. Úlohy také obsahují určité procento zavádějících podnětů, které jsou shodné prvkem o 1 větším či menším, než je *N*.

Při provádění úkolu je podstatná také motorická aktivita, správná reakce ve správnou chvíli. Kromě oblastí mozku, vztahujících se ke kódování a reakcím, vykazovaly všechny další senzitivitu ke zvýšení zátěže (Jonides et al., 1997). Názorněji je náročnost a charakter úlohy *N-back* přiblížen v kapitole věnované přímo popisu programu.

#### **4.1.2 Skupinový kognitivní trénink**

V rehabilitačních zařízeních jsou podmínky pro provádění skupinového tréninku. Kromě cílení na kognitivní oblasti je také podpůrným prostředím z hlediska sociálního.

Skupinový trénink má oproti individuálnímu své přednosti i slabiny. Sociální kontrakt, který poskytuje skupina, vytváření přátelských vazeb a motivace umocněná přítomností druhých, jsou faktory, které podporují aktivitu účastníků. Kontakt s druhými je méně předvídatelný, je bohatší na podněty a hlavně také emoce, než co poskytuje pravidelné cvičení u počítače.

U nás je zřejmě největší organizací, která se věnuje kognitivnímu tréninku Česká společnost pro trénování paměti a mozkový jogging (ČSTPMJ), založená Ing. Danuší Steinovou. Kurzy tohoto sdružení se zaměřují zejména na trénink paměti s výukou mnemotechnických pomůcek, ale v programu je možné nalézt i kurzy orientované na další kognitivní funkce či životní styl. Kurzy jsou převážně skupinové, vedené lektorem (Preiss, Chrástková, Steinová, & Vejsadová, 2010).

Typický kurz trénování paměti ČSTPMJ obsahuje deset lekcí po dobu 90 minut. V nich se klade důraz na trénování materiálu, který je „ze života“. Příkladem úloh na zapamatování je seznamu na nákup a podobně. Ačkoliv délka trénování může být v řádech měsíců, už kratší období je dostatečné pro výuku strategií a jejich procvičení.

Dalším příkladem toho, jak skupinový kognitivní trénink může probíhat, najdeme ve studii ACTIVE (Ball et al., 2002). V první polovině programu, které se skládala z deseti 60-75 minutových sezení, probíhal trénink zaměřený na výuku strategií a jejich nácvik. Další polovina byla věnována jejich procvičování. Tato studie dokládá, že i po absolvování 6-7,5 hodin tréninku je dostatečné na to, aby se projevil jeho efekt.

## **4.2 Neuronální změny po tréninku**

Přestože jsou neuronální mechanismy, které zakládají strukturní a funkční změny při kognitivním tréninku, zcela zásadní, v současné době stále nemáme model žádného specifického mechanismu, který by je výstižně popisoval (Buschkuhl et al., 2011). Cílem



intervencí je regulovat neurální plasticitu tak, aby se dosáhlo co největších behaviorálních změn.

V průběhu rehabilitace se často znovu učí činnosti již dříve naučené, a to s využitím alternativních strategií. „Léze podněcují změny cerebrálních reprezentací funkcí, což se může dít při spontánním uzdravování, stejně jako při tréninkových programech“ (Carey & Seitz, 2007, s. 259)

Změny neuronální aktivace vysoce korelují s mírou zlepšení v tréninkových úlohách (Erickson et al., 2007). Mnohé z nich nacházejí vývojovou linii změn při uzdravení ve směru neuronální aktivity, která se přibližuje té, jakou můžeme sledovat u zdravých osob (Castellanos et al., 2010; Nakamura, Hillary, & Biswal, 2009).

#### 4.2.1 Základní typy změn aktivace

Efekt učení a potažmo i kognitivního tréninku se může funkčně projevit ve čtyřech základních typech změn neuronální aktivace:

**Sníženou aktivací** odpovídajících oblastí mozku po tréninku, což může souviset s vyšší efektivitou neuronálních struktur při provádění úkolu. Většina studií mapující **kognitivní trénink** uvádí pokles aktivity v souvislosti se **zvýšenou neuronální efektivitou** (Kelly et al., 2006). Ta může být vysvětlena zapojením jen některých neuronů ve specifitějších okruzích v reakci na daný stimul. Prostorově tak bude rozsah aktivace zúžený, stejně jako reprezentace podnětů (Poldrack, 2000).

Další možností je, že dané struktury vykazují **zvýšenou aktivitu** po tréninku, v souvislosti s posílením neuronálních sítí, které sledované procesy zakládají. Vzestup aktivace odpovídá jednak rozšíření kortikální reprezentace na více neuronů, tak také posílení aktivovaných spojů, tj. zvýšení intenzity odpovědi v dané oblasti mozku. Čím častěji jsou spoje aktivizovány současně, tím silnější synapse vzniká, což vede ke zvýšení rychlosti a přesnosti výkonu (Huttenlocher, 2002). Tento efekt je **typický pro trénink motorických úloh** (Petersen, Van Mier, Fiez, & Raichle, 1998).

Třetí možností je kombinace obou zmíněných efektů (tj. zvýšení i snížení aktivace po tréninku), přičemž aktivizace neuronálních okruhů je distribuována. Označuje se také jako pseudo-reorganizace či **redistribuce funkční aktivace**. Na počátku a konci tréninku aktivní tytéž oblasti mozku, avšak se změněnou mírou aktivace. Tento proces odpovídá automatizaci úkolu, kdy se nároky na pozornost a kontrolu postupně snižují a naopak nároky na kapacitu a

zpracování (ve smyslu uskladnění a manipulace v pracovní paměti) specifických aspektů úkolu stoupají (Kelly et al., 2006).

Čtvrtou možností je, že se trénink projeví **aktivací jiných mozkových oblastí** (při srovnání s výchozím stavem) (Kelly et al., 2006; Kelly & Garavan, 2005). Tento efekt naznačuje, že trénink může podněcovat nové dráhy, jimiž dochází ke zpracování úkolu (Buschkuhl et al., 2011). „**Skutečná reorganizace**“ odpovídá změně oblastí aktivace a je spojena se změnou kognitivních procesů při provádění úkolu, tj. **dochází k posunu v reprezentaci úkolu** (Poldrack, 2000). Právě míra proměny charakteru prováděného úkolu v průběhu tréninku na kognitivní rovině je jedním z kritérií, podle nichž Kelly a Garavan (2005) od sebe redistribuci od reorganizace rozlišují.

## **Souhrn**

Studie zaměřené na vyšší kognitivní funkce, jako je pracovní paměť, popisují zejména snížení aktivace po tréninku a zřejmě tedy zvýšení neuronální efektivity (Kelly et al., 2006). Tento vzorec je opačný k tomu, který můžeme pozorovat po tréninku sensorických či motorických dovedností, u nichž dochází trénováním naopak ke zvýšení aktivace. U tréninku vyšších kognitivních funkcí lze očekávat širší generalizaci, jelikož jejich podkladem je široká síť funkčních oblastí (Kelly et al., 2006).

### **4.2.2 Neuronální změny po kognitivním tréninku u zdravých osob**

Jaeggiová et al. (2007) zkoumali rozdíl mezi úspěšnými a méně úspěšnými řešiteli úloh typu *N*-back a to na rovině mozkové aktivity pomocí fMRI. Podle zvětšených oblastí aktivace lze dle autorů usuzovat, že osoby s nízkým výkonem zapojovaly se stoupající náročností úloh „přidatné“ zdroje související s pozorností a tvorbou strategií. U úspěšnějších řešitelů se i při zvyšující se náročnosti úlohy neměnily takto výrazně oblasti aktivity, což naznačuje jiné, efektivnější zpracování (Jaeggi et al., 2007). Tato zjištění jsou v souladu s hypotézou neurální efektivity, kterou předložili již dříve Haier et al. (1988).

Erickson et al. (2007) trénovali s účastníky v programech jednomodálních a duálních úlohách *N*-back v průběhu 2-3 týdnů. Nalezli snížení aktivace různých oblastí v celé odpovídající neurální síti, což doprovázelo také zlepšení ve výkonu v tréninkových úlohách. Jedinou oblastí, která vykazovala zvýšení aktivace (a navíc úměrné míře zlepšení), byl DLPFC (Erickson et al., 2007). Tato oblast souvisí s manipulací informací v pracovní paměti (J. Ward, 2009). Zmíněný jev by mohl souviset s *reorganizací funkční aktivace*, jak ji popisují

Kellyová a Garavan (2006), kdy dochází ke menšímu zapojování pomocných oblastí a více jsou využívány operace centrální exekutivy, což se odráží v aktivaci DLPFC.

Hempel et al. (2004) předložili velmi zajímavá zjištění srovnáním aktivace na začátku, v průběhu a na konci tréninkového období. Zaznamenali nejprve nárůst aktivace (po dvou týdnech), po němž následoval její pokles zjištěný při závěrečném měření. Autoři to přičítají konsolidaci efektu trénování. Tento **dynamický proces vzestupu a poklesu** aktivace při trénování úloh vztahujících se k vyšším kognitivním funkcím je konzistentní jednak s teorií *scaffoldingu* (Petersen, Van Mier, Fiez, & Raichle, 1998) jako podpůrné aktivace při učení se novému, tak také teorií neuronální efektivity (Haier et al., 1988).

#### **4.2.3 Neuronální změny u osob po poškození mozku**

Ward, Brown, Thompson a Frackowiak (2003) zjistili, že vyšší míra uzdravení po poškození mozku odpovídala aktivaci, která se velmi podobá aktivaci zdravých osob, zatímco horšímu uzdravení odpovídala vyšší neuronální aktivita příslušných oblastí. Tato data dokládají negativní korelaci mezi mírou neuronální aktivity a uzdravením, což je v souladu s teorií neuronální efektivity (Haier et al., 1988).

Hillary et al. (2011) zkoumali, jak probíhá učení se novému úkolu u osob po TBI, využili přitom nově vyvinutých modelů kontektivy (v tomto případě tzv. extended-unified structural equation model). Osoby po TBI vykazovaly zvýšenou konektivitu v rámci pravé hemisféry, což je v kontrastu ke kontrolní skupině zdravých osob, u níž byl pozorován rychlý vzestup konektivitu v levé hemisféře.

Vzestup aktivace pravé hemisféry pozorovali také Hempel et al. (2004) při čtyřtýdenním tréninku zdravých osob v úlohách vizuospaciální WM. Pravá hemisféra dle některých souvisí se zvládnutím nových situací (Goldberg, 1994), což je dobrým zdůvodněním shodného pozorování její zvýšené aktivace u zdravých osob i těch po poškození mozku.

### **4.3 Efektivita počítačového kognitivního tréninku na behaviorální úrovni**

Podstatou působení kognitivního tréninku má být zlepšení nejen v úzce vymezené trénované doméně (nebo úkolu). Od tréninku naopak očekáváme, že se projeví v obecnější šíři, na základě čehož dojde ke zdatnému zlepšení, které se následně projeví v každodenním životě. Je proto jaksi přirozenější očekávat, že obecná intervence bude mít obecnější účinek.

Určit efektivitu kognitivních rehabilitací v běžném životě, kýženého cíle terapeutického snažení, je velmi problematické kvůli obtížnému objektivnímu hodnocení změn. Výzkumy,

kteře se snaží sledovat i tento faktor, tak díky obtížnostem v měření reálného přínosu sledují povětšinou pouze vlastní hodnocení účastníků studií.

Následující část podává stručný průřez závěry některých studií, které se transferu věnují. Pokusili jsme se vybrat a uvést ty, na které je v odborném světě hojně odkazováno.

### **Transfer po tréninku exekutivních funkcí**

Mechanismus zakládající efekt tréninku kognitivních schopností je do značné míry stále neznámý (Buschkuhl et al., 2011). Buschkuhl, Jaeggiová a Jonides (2011) nenacházejí žádný jednoznačný vzorec specifického mechanismu neurálních změn, který by souvisel s tréninkem pracovní paměti a transferem do dalších oblastí.

V posledních letech přibývá studií, které potvrzují efekt transferu do netrénovaných kognitivních oblastí. Morrisonová a Chein (2011) v přehledovém článku přibývající literatury na téma tréninku WM v posledních letech rozlišují dva základní přístupy. Dle těchto autorů má širší dosah ten typ tréninku, který je zaměřen více „jádrově“ (oproti tréninku strategií), protože zasahuje obecné mechanismy pracovní paměti.

Podle Tateové (2012) na základě systematických přehledových studií naopak vyplývá, že není dostatek důkazů o efektivitě přímých tréninkových metod (např. pomocí počítačových programů) na zlepšení pozornosti, paměti a exekutivních funkcí. Jako účinný se ukazuje být ve zmíněných doménách trénink strategií (Tate, 2012).

### **Trénink u osob po TBI a CMP**

Cicerone (2002) zkoumal osoby po MTBI po absolvování kognitivního tréninku WM s důrazem na využívání strategií. Zaznamenal efekt intervence na kapacitu WM při nezměněné rychlosti zpracování informací. Zlepšení účastníků připisuje kompenzačním strategiím spíše než restorativním změnám. Obdobně Kennedy et.al. (2008) doporučují nácvik metakognitivních strategií. U komunikačních a řečových obtíží je doporučován skupinový trénink (Cicerone et al., 2011).

Westerberg et al. (2007) našli u osob po CMP, které trénovali pracovní paměť, blízký transfer do jiných testů pracovní paměti a pozornosti. Uvádějí také pozitivní efekt v každodenním životě zaznamenaný experimentální skupinou. Ačkoliv bylo rozdělení kontrolní a experimentální skupiny randomizováno, kontrolní skupina byla během sledovaného období pasivní, což snižuje výpovědní hodnotu transferu do přirozených podmínek.

## **Transfer**

Transfer do domén, které souvisí s trénovanými funkcemi zdánlivě vzdálené, se ukazuje v několika oblastech. Chein a Morrisonová (2010) zaznamenali **efekt tréninku WM** na porozumění čteného textu a také výkonu **ve Stroopově testu**. Klingberg s kolegy ukázali pozitivní vliv tréninku u dětí s ADHD v široké škále schopností, která přetrvala i po době tří let (2005; 2002).

Persson a Reuter-Lorenzová (2008) testovali zlepšení po tréninku pracovní paměti v netrénovaných oblastech, v jejich výzkumu to byla **epizodická a sémantická paměť**. Už po méně než sedmi hodinách tréninku našli významné snížení vlivu předchozí informace na následující, tj. vlivu proaktivní interference, ve sledovaných oblastech. Snížení vlivu proaktivní interference spojují s posílenou kognitivní kontrolou, která se projevila i v netrénovaných úlohách.

### **N-Back a fluidní inteligence**

Studie týmu Jaeggiové (2008) popisující transferový efekt tréninku WM pomocí úloh typu duální *N-back* na výkon v testu inteligence podnítila řadu výzkumů, mezi nimi i tento. Moody (2009) však u zmíněné studie kritizuje svérázné použití testů (RPM u kontrolní, BOMAT u experimentální). Konkrétně upozorňuje na to, že zkrácením času BOMAT časovým limitem ze 45 minut na 10 se testované osoby nedostaly k řešení těžších úloh, a tím se zásadně snížila validita testu, který tak spíše odrážel právě jen výkon pracovní paměti.

Jaeggiová et al. (2010) svou studii zopakovali, tentokrát ověřovali transfer do výkonu v *gF* u dvou experimentálních skupin s různým stupněm obtížnosti (jednoduchý a duální *N-back*). Trénink v jednoduchém stejně jako v duálním módu *N-back* úloh se projevil oproti kontrolní skupině bez tréninku zlepšením v úlohách fluidní inteligence.

### **Počítačové programy a exekutivní funkce**

Owen et al. (2010) provedli velkou studii s 11 430 účastníky, kteří po dobu šesti týdnů trénovali v počítačových programech v úlohách vytvořených na rozvoj paměti, usuzování, plánování, pozornosti a vizuospaciálních schopností. Ačkoliv zlepšení se projevilo ve všech trénovaných doménách, nenašli žádný efekt transferu, a to ani do blízkých kognitivních funkcí.

Spolu s Dahlinovou et al. (2008) se můžeme domnívat, že k transferu dochází tehdy, mají-li sledované úkoly (trénovaný a transferový) společnou neuronální síť, která je při jejich

provádění aktivována. Dosud však není jasné, jak velká sdílená síť je nutná, aby tato provázanost vedla k transferovému efektu u „vzdálenějších“ úkolů (Buschkuhl et al., 2011).

### **Po CMP**

Výzkum s osobami po CMP (jeden až tři roky po prodělání příhody), který probíhal pomocí počítačového programu na WM, ukázal signifikantní efekt ve výkonu v netrénovaných testech na WM a pozornost. Také se snížily subjektivně vnímané obtíže (Westerberg et al., 2007).

### **Po TBI**

Trénink WM zaměřený na centrální exekutivu u osob po TBI se ukázal jako efektivní oproti kontrolnímu režimu. Zlepšení se projevilo v exekutivních aspektech pozornosti a hodnocení každodenního fungování (Serino et al., 2007). Reesová et al. (2007) v přehledové studii nenašla doklad toho, že by byl počítačový trénink cílený na zlepšení pozornosti účinnější než nespecifické intervence. Duální typ úloh má však vliv na zlepšení rychlosti zpracování informací. Ačkoliv subjektivně vnímané zlepšení v každodenním životě zaznamenalo více studií, objektivní doklady tohoto scházejí (Cicerone et al., 2011).

## **4.4 Efektivita skupinového kognitivního tréninku**

Efektivita skupinového a počítačového kognitivního tréninku byla zkoumána ve studii ACTIVE (Ball et al., 2002). V této studii bylo 2 832 účastníků starších 65 let náhodně rozděleno do čtyř skupin- tři z nich absolvovaly kognitivní trénink a jedna tvořila kontrolní skupinu (bez průběžného kontaktu). Rychlost zpracování informací byla trénována pomocí počítačového programu se stoupající náročností. Další dvě intervence probíhaly formou skupinových setkání (pět až šest týdnů v deseti sezeních po dobu 60-75 minut, tzn. celkem 6-7,5 hodiny). Během první poloviny setkání probíhal nácvik strategií. Jedna skupina trénovala usuzování, druhá se zaměřila na trénink epizodické verbální paměti. Tyto skupinové tréninky často zahrnovaly úlohy vztažené ke každodennímu životu a jeho problémům. Efekt tréninku se projevil u každé experimentální skupině v zacílené doméně a to i při přetestování po dvou letech, avšak bez transferu. V každodenním fungování však po dvou letech nebyl nalezen žádný efekt.

Ačkoliv některé studie u osob po TBI v post-akutní fázi zaznamenávají efektivitu holistické rehabilitace, při níž je kombinován individuální a skupinový přístup, a to i ve srovnání s konvenčními intervencemi, randomizované kontrolované studie poukazují na omezené důkazy svědčící pro účinnost holistického přístupu (Cicerone et al., 2008).

V meta-analytické studii efektivity kognitivní rehabilitace (KR) se však ukazuje, že nijak specificky zacílené, obecné intervence se jeví méně účinné a postrádající kýžený efekt generalizace. Doporučuje se tedy přímý kognitivní trénink jednotlivých domén (Rohling et al., 2009).

Srovnání dvou experimentálních skupin, které byly párovány a náhodně přiřazeny do tréninku paměti restorativního typu nebo skupinového tréninku paměti, nevedlo k rozdílům ve zlepšení výkonu (Ryan & Ruff, 1988). Návuk strategií pro paměťové úlohy, který probíhal skupinově, se ukázal efektivní ve srovnání s kontrolní skupinou na čekací listině (Thickpenney-Davis & Barker-Collo, 2007).

Cicerone et al. (2008) sledovali v randomizované studii skupinu trénující ve standardním neurorehabilitačním programu, spočívajícím v individuálním tréninku jednotlivých domén, s osobami ve skupinovém kognitivním tréninku. U druhé zmíněné skupiny se výrazněji projevilo zvýšení subjektivně vnímané kvality života a self-efficacy. Tyto rozdíly přetrvaly i po době šesti měsíců. Obě skupiny se zlepšily v neuropsychologických testech, a to v obdobné míře.

Efektivita skupinového KT se ukazuje při deficitech paměti, komunikačních dovedností, exekutivních funkcí a řešení problémů (Cicerone et al., 2011).

### **Transfer a věk**

Plasticita (efekt zlepšení) se projevuje v kvalitativní a kvantitativní míře jinak u dospělých a dětí, přičemž dospělí těží více ze strategií, zatímco děti ze samotného trénování (Noack, Lövdén, Schmiedek, & Lindenberger, 2009). Vzdálený transfer se ukazuje být více přítomný u mladších dospělých, zatímco u starších je tento transfer slabší (Dahlin, Nyberg, Bäckman, & Neely, 2008). Ve studii Buschkuehla et al. (2008) také našli transfer u dospělých v pokročilém věku, ale po roce přetestování se od sebe experimentální a kontrolní skupina nijak nelišila.

Uvedená zjištění naznačují, že mladší osoby mohou více těžit z restorativních typů terapií, zatímco u starších by se do větší míry uplatnil kompenzační typ. Nebo ke změnám restorativního typu může docházet pomaleji a delší době úsilí.

## **Dlouhodobý efekt tréninku**

Jaeggiová, Buschkuehl, Jonides a Shahová (2011) zkoumali dlouhodobý efekt transferu u dětí. Velikost transferu úzce souvisela s mírou zlepšení v úkolech pracovní paměti a celkovou délkou trénování.

## **Souhrn**

Meta-analytická studie Rohlinga et al. (2009) podporuje pouze tři z pěti zásadních prohlášení předchozích meta-analytických studií, které se zaměřily na efektivitu rehabilitačních programů ve vztahu k námi zkoumaným typům poškození. Vzhledem k tomu, že tato předchozí studie byly z let 2000 a 2005, je patrné, že toto pole zkoumání je stále živou oblastí a nemáme k dispozici jasné odpovědi a vodítka, jakými terapeutickými postupy je nejpřínosnější se řídit.

Jak Cicerone a kol. (2011) uvádějí, kognitivní trénink účinnou formou terapie pro osoby po TBI či CMP beze sporu je. Stále je však potřeba dalšího zkoumání pro určení, které charakteristiky ovlivňují efektivitu intervencí.

## **Souhrn teoretické části**

Poškození mozku spouští sled změn, nejprve patofyziologických a následně naopak těch, které povzbuzují neuroplasticitu. Pozitivní změny, ke kterým dochází spontánně během prvních měsíců od poškození, je možné umocnit využitím vhodných intervencí a tréninků. Neméně podstatná je také možnost podnítit změny i v období vzdáleném od utrpění poškození mozku.

Mnohé studie se využívají zobrazovací metody při hledání sdílené aktivity neuronálních sítí během vykonávání různých mentálních úloh. Společně se zjištěním, že tréninkový efekt transferu je možné očekávat u procesů, které se opírají o takovou společnou neuronální aktivační síť, lze odhadovat, v jakých oblastech je možno tréninkový transfer očekávat. Ověřováním tohoto předpokladu a prohlubováním znalostí bychom mohli získat přesnější model dynamických neuroplastických změn.



# PRAKTICKÁ ČÁST

---

## 5. Cíle výzkumu a formulace hypotéz

V teoretické části bylo nastíněno stále velmi intenzivní zkoumání možností a limitů různých počítačových programů a jejich uplatnění v kognitivní rehabilitaci, tak také přetrvávající protichůdné závěry ze srovnání úspěšnosti úzce zaměřených typů kognitivní rehabilitace oproti komplexněji cíleným skupinovým tréninkům.

Na základě těchto informací nás zajímá, zdali se projeví účinnost programu *N-back* u osob po poškození mozku. V současné době je možné nalézt množství výzkumů potvrzujících efektivitu kognitivního tréninku pracovní paměti a transfer u různých cílových skupin, což je příslibem účinnosti také u osob po TBI či CMP. Na druhé straně velká studie Owena et al. (2010) ukázala ekvivalentní výsledky počítačového tréninku a pouhého surfování na internetu, což hovoří v neprospěch počítačových kognitivních tréninků.

Efekt počítačového kognitivního tréninku pracovní paměti byl zaznamenán zejména u dětí s ADHD (Klingberg et al., 2005, 2002) či mladých dospělých (Jaeggi et al., 2008; Jaeggi, Studer-Luethi, et al., 2010). Je otázkou, zdali je možné pozitivní nález efektivit *N-back* replikovat také při tréninku osob po poškození mozku. *N-back* byl u této skupiny pacientů doposud využíván zejména jako diagnostická metoda ke zjišťování kognitivních funkcí či modelování změn neuronální aktivity v návaznosti na zvýšení zátěže pracovní paměti (Perlstein et al., 2004). Jako tréninková metoda však u této populace prozkoumán není.

V návaznosti na zmíněné výzkumy bychom očekávali, že pokud tyto tréninkové metody fungují, projeví se také u naší cílové skupiny. Zároveň očekáváme, že efektivita tohoto tréninku bude vyšší než pouhé hraní počítačové hry, která není náročná na pracovní paměť. Jelikož se v rehabilitačních zařízeních rozšiřuje využívání skupinových kognitivně-rehabilitačních tréninků, zajímá nás také srovnání efektivit takových skupinových intervencí s počítačovým typem tréninku.

Na základě těchto otázek můžeme formulovat cíle a hypotézy naší studie následovně:

**a) Prvním cílem této práce je ověřit efektivitu tréninku *N-back* u osob po poškození mozku.** Kritérii je výkon v testech sledovaných kognitivních funkcí. Soustředíme se na zlepšení v trénovaných doménách (pracovní paměť) a také případný transfer, na základě čehož byly vybrány příslušné testové metody.

### **Hypotéza č. 1:**

***Kognitivní trénink v programu N-back se projeví signifikantním zlepšením výkonu ve sledovaných kognitivních funkcích.***

Pouze na základě srovnání výkonu před a po tréninku bychom neměli dostatek informací pro to se rozhodnout, jestli je případný efekt následkem tréninku a nevzniká jen v důsledku retestu či očekávání zlepšení. Proto obdobně sledujeme efektivitu dalších tréninkových programů.

b) Podobně můžeme očekávat, že skupinový trénink povede k projevům zlepšení alespoň v některých ze zde sledovaných oblastí. Předpokládáme také, že:

### **Hypotéza č. 2:**

***Skupinový kognitivní trénink se projeví signifikantním zlepšením výkonu ve sledovaných doménách.***

c) Třetím cílem je srovnat efektivitu dvou zmíněných **kognitivních tréninků** – tj. **N-back a skupinového kognitivního tréninku**. Tento cíl je primárně explorativní. Lze však na základě výše uvedených zjištění předpokládat, že skupinový trénink bude zaměřený více na nácvik strategií, což se projeví spíše v podmínkách, kde je více času je uplatnit a už ne tolik v našich testech<sup>11</sup>. Zároveň předpokládáme, že ačkoliv má skupinový trénink celkovou stejnou časovou dotaci, doba intenzivního „zatěžování“ pracovní paměti a centrální exekutivy ve smyslu mentálních operací je vyšší při N-back tréninku. Můžeme tedy formulovat hypotézu, podle které:

### **Hypotéza č. 3:**

***V úkolech, kde se výrazně uplatňuje manipulace či exekutivní kontrola ve smyslu konceptu pracovní paměti, se N-back trénink projeví zlepšením signifikantně větším než skupinový kognitivně-rehabilitační trénink.***

---

<sup>11</sup> Strategie by například mohla teoreticky být uplatnitelná v testu AVLT, jak se o to jeden z probandů pokoušel, když žádal, aby byl seznam předčítaný pomaleji. Způsob administrace jedno slovo za sekundu však neumožňuje vytvářet propracovanější reprezentace předčítaných slov a tím tedy znesnadňuje využití mnemotechnických pomůcek.

**d) Dalším cílem je ověřit efektivitu kognitivního tréninku** prováděného pomocí počítačového programu nebo formou skupinového kognitivního tréninku. Jako doplňková porovnávací placebo aktivita je zařazen „trénink“ v jednoduché počítačové hře, která je zaměřena na rychlost reakcí a detekci podnětů. Pokud u obou tréninkových skupina dojde ke skutečnému zlepšení a zároveň se u nich neprokáže žádný významný rozdíl *v míře změny výkonu*, nebudeme mít bez kontrolní placebo skupiny dostatek informací k tomu se rozhodnout, nakolik je příčinou toho vliv retestu či očekávání projevený u obou typů kognitivního tréninku.

**Hypotéza č. 4:**

*Kontrolní podmínka, tj. trénování v počítačové hře, se neprojeví signifikantním zlepšením výkonu. Pokud ano, tak v menším počtu sledovaných testů, než u zbylých dvou typů intervence. Kognitivní trénink v programu N-back stejně jako ve skupinovém kognitivním tréninku bude mít signifikantně větší efekt na změnu výkonu ve sledovaných doménách.*

**d) Pátým cílem** je sledovat a porovnat, k jakým změnám výkonu v testech dochází při manipulaci s tréninkovými programy, tj. placebo a N-back, u týchž osob. Pokud má být N back skutečně účinný, měl by se projevit výraznější rozdíl po tréninku v něm než po placebo tréninku. Nicméně i u placebo tréninku lze předpokládat zlepšení kvůli efektu retestu.

**Hypotéza č. 5:**

*Po tréninku v kontrolním, „placebo“ tréninku dojde u týchž osob k menšímu zlepšení výkonu ve sledovaných doménách než po tréninku v programu N-back.*

Za tímto účelem je sledována skupina osob, která nejprve absolvuje placebo trénink. Po stanovené periodě tréninku a retestu je jí zadán N-back s následnou další standardní dobou trénování uzavřenou druhým retestem. U skupin sledujeme změnu výkonu ve vztahu k věku, délky doby od utrpení poranění mozku, typu poškození, vzdělání, počátečnímu výkonu (baseline) a výsledku GHQ, který odráží emocionální rozpoložení. Jak vyplývá z teoretické části práce, kde jsme charakterizovali proměnné moderující efekt tréninku, všechny zmíněné aspekty se mohou podílet na projevu efektivity jednotlivých intervencí.

## 6. Výzkumný design

### 6.1 Problematika adekvátního designu

Kvantitativní studie osob po poškození mozku s sebou přináší několik úskalí. Prvním je samotná kvantita- tedy velikost výzkumného vzorku. Výsledky testování mohou být u zkoumaných osob poněkud nestabilní a odrážející výkonnostní výkyvy, zejména probíhá-li testování s menším časovým rozestupem od vzniku poškození. Takové odchylky se mohou při malém vzorku odrazit ve statistických výsledcích o to výrazněji, než při testování osob se stabilnějším výkonem (Strauss, Sherman, & Spreen, 2006).

Ve studiích je často používán meziskupinový design. Pokud není využito randomizované přidělení osob jednotlivým podmínkám, rizikem je srovnávání skupin, které se od sebe budou lišit v zásadních charakteristikách. Z tohoto pohledu je skupina osob po poškození mozku velmi problematická, protože poranění vede díky komplexitě mozku k různorodým následkům, ačkoliv některé klinické projevy mohou být společné. V takovém případě by pomohl velký výzkumný vzorek nebo by mohla být vhodná metoda párování, pokud bychom měli k dispozici databázi osob, z níž je možné vybírat.

Tento problém by byl odstraněn při využití vnitroskupinového plánu, v němž je změna výkonu po různých intervencích porovnána vždy u téže osoby. Bude-li některá z nich účinná, měl by se efekt projevit ve výsledcích testu a očekáváme taky, že přetrvá (alespoň nějakou dobu). Vhodná by potom byla například metoda tzv. „counterbalancingu“ (Mitchell & Jolley, 2012). Jedna část probandů by trénovala nejprve v placebo programu a poté ve sledované intervenci, u druhé skupiny by byl postup opačný- nejprve trénink a poté placebo.

Za ideálních podmínek by bylo vhodné hledat odpovědi na kladené výzkumné otázky s využitím randomizované kontrolované studie, která by měla být uskutečněna nejlépe na jednom pracovišti (např. rehabilitační ústav), aby byly po dobu trvání kognitivní rehabilitace zajištěny co nejpodobnější podmínky pro všechny účastníky. Zároveň by měla být zajištěna podobnost porovnávaných skupin v základních demografických údajích, etiologie poškození atd.

### 6.2 Vývoj výzkumného plánu

Vzhledem k charakteristikám zkoumané populace je volba výzkumného designu silně omezena reálnými možnostmi jeho uskutečnění. Jelikož nebylo v našich silách provést randomizovanou studii, rozhodli jsme se pro srovnání skupiny, která bude trénovat v *N-Back*

programu a tu porovnat s osobami trénujícími v placebo tréninku, pro zachycení a „odečtení“ efektu retestu.

Protože se dlouhou dobu nedařilo získat dostatečný (nebo alespoň povzbudivý) počet probandů, kteří by odpovídali podmínkám zařazení do výzkumu, nebo se vyskytly neočekávané problémy technického rázu, rozhodli jsme se v první řadě soustředit na skupinu trénující v *N*-back.

Později se podařilo navázat spolupráci s Rehabilitačním ústavem Kladruby se začínajícím během skupinového kognitivního tréninku, což byla příležitost, jak sledovat také tuto skupinu a získat možnost srovnání. Při nabírání dalších zájemců o trénink *N*-back, jsme využili možnost zaznamenávat alespoň u této menší skupiny vliv dvou typů intervencí- placebo a *N*-back programu. Tímto procesem vznikla finální podoba realizovaného výzkumného designu. Ta tedy kombinuje meziskupinový a vnitroskupinový plán.

### **6.3 Získávání probandů**

Získávání probandů do výzkumu probíhalo oslovením různých typů rehabilitačních zařízení, nejprve skrze e-mail, ve druhém kole také telefonicky či osobně. I přes vstřícnost a ochotu mnohých oslovených se objevovaly překážky, díky kterým se nedařilo najít vhodné kandidáty (vlastní probíhající výzkum - ÚVN, technické problémy – VRÚ Slapy, nedostatek kapacity, zájmu či jiné překážky- ostatní). Kromě zmíněných byly dále osloveny následující zařízení – VFN 1. lékařské fakulty, Thomayerova nemocnice, FN v Motole, FN na Bulovce, FN Královské Vinohrady, RK Malvazinky, LRS Chvaly a dále sdružení Dílny tvořivosti o.s., Cerebrum, Ictus-Club o.s., Ergoaktiv, ESET, s.r.o. a další jednotliví odborníci. Velmi nápomocné bylo hromadné e-mailové oslovení sdružením Cognitio, které bylo zasláno přes 1 800 členů a odběratelů zpráv. Na základě tohoto oslovení projevil zájem cca 70 osob, ze kterých však většina kromě 9 osob nespĺňovala podmínky zařazení do výzkumu.

### **6.4 Kritéria účasti ve výzkumu**

Protože v tomto výzkumu sledujeme několik skupin, které procházejí různými experimentálními situacemi, určili jsme podmínky, které jsou společné všem a dále ty, které se váží k realizaci počítačového typu intervence. Společná kritéria napříč skupinami jsou:

#### **Společná**

- utrpění poškození mozku v důsledku TBI či CMP, které proběhlo min. 6 měsíců před zapojením do výzkumu

- přítomnost vnímaných kognitivních obtíží zejména v pracovní paměti a pozornosti
- nepřítomnost vážných psychiatrických poruch
- nepřítomnost závažnější formy afatické poruchy či poruchy zraku, které by znemožňovaly absolvovat velkou část zahrnutých testů či tréninku
- beze změn medikace, která by významněji měnila emoční a kognitivní stav osoby v průběhu sledovaného období
- věk mladší 70 let včetně, u osob starších 60 let potvrzení nepřítomnosti známek neurodegenerativních poruch (potvrzení na základě zpráv ošetřujícího psychologa či lékaře<sup>12</sup>)

### **Pro počítačový trénink (N-back a placebo)**

- bydliště v Praze či blízkém okolí nebo pravidelné návštěvy Prahy
  - z důvodu nutnosti osobního setkání při testování
- nepřítomnost fyzických obtíží, které by znemožňovaly absolvovat počítačový trénink
- vlastní počítač s operačním systémem Windows novějším než Win2000  
česká verze programu Brainworkshop není kompatibilní se staršími typy operačních systémů
- přístup na internet
- bez jiného paralelně probíhajícího kognitivního tréninku

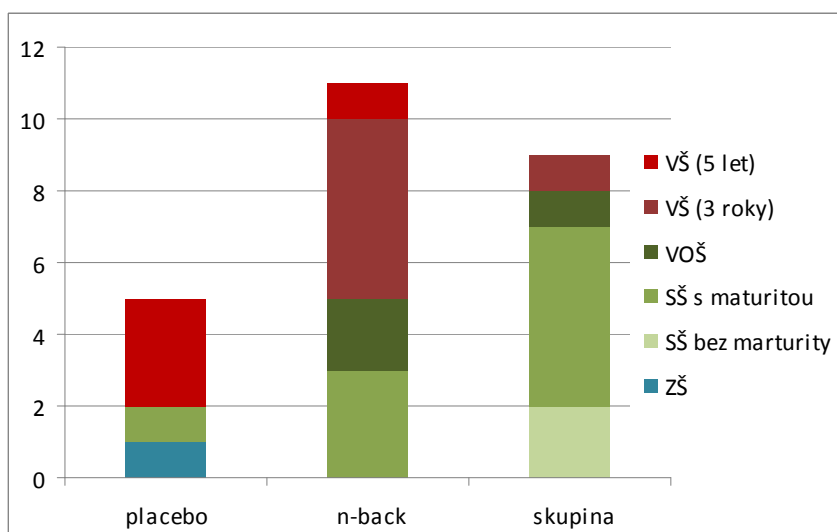
## **6.5 Charakteristiky výzkumného vzorku**

Do výzkumu jsme původně získali více osob, ale celkem čtyři z různých důvodů nedokočili trénink. Dva z *N-back* skupiny- v jednom případě kvůli technickým problémům s počítačem, druhá osoba odstoupila kvůli zdravotním problémům. Další dva, kteří nedokončili výzkum, byli původně zařazeni do kontrolní skupiny. Jeden proband odvolal účast z pracovních důvodů, další odjel na delší dobu mimo Prahu, takže nebylo možné provést všechna testování.

---

<sup>12</sup> Osoby v tomto věkovém rozmezí byly zahrnuty do výzkumu, bylo-li možné tyto informace od psychologa či lékaře získat. Osoby, u kterých jsme neměli tyto informace k dispozici, nebyly zahrnuty.

**Graf č. 1 – Vzdělání probandů**



**Tabulka č. 1 – Charakteristika probandů**

	<b>N-back (n=11)</b>	<b>Skupina (n=9)</b>	<b>Placebo (n=5)</b>
<b>Muži-ženy</b>	6-5	6-3	4-1
<b>CMP</b>			
Typ	3 hemor., 2 ischem.	3 hemor., 3 ischem.	-
Hemisféra	2 levá, 2 pravá, mozeček	3 pravá, 3 levá	-
GOS*	3 D, 1 S, 1 Z	1 D, 3 S, 2 Z	-
<b>TBI</b>			
Typ	5 kontuze, 1 lacerace	2 kontuze, 1 difúzní	4 kontuze, 1 lacerace
Hemisféra	2 pravá, 1 levá, 3 obě	1 pravá, 2 obě	2 levá, 2 pravá, 1 obě
GOS*	3 D, 1 S, 2 Z	2 D, 1 S	2 D, 2 S, 1 Z

\*GOS (Glasgow Outcome Scale)- D- dobré, S- středně závažné, Z- závažné následky

## 6.6 Realizovaný výzkumný plán

Protože nebylo možné náhodně přidělit účastníkům studie konkrétní typ kognitivní rehabilitace, má náš výzkumný design rysy kvaziexperimentu. Osoby, které absolvovaly počítačový trénink, byly v mnoha případech osloveny přes internet, což je také jakýmsi předvýběrem.

Pro účely sledování změny výkonu při „placebo tréninku“ a tréninku *N-back*, jsme využili malý vzorek osob, které podstoupily dvě experimentální situace, resp. jednu experimentální a jednu kontrolní. Předpokládáme-li, že je *N-back* skutečně účinnou metodou intervence, pak zařazení tohoto tréninku jako první sledované intervence by mělo způsobit trvalejší změny, které přetrvají i po jeho ukončení a nahrazení „placebo tréninkem“. Díky specifické možnosti posoudit dvě různé intervence sledujeme také subjektivní hodnocení jejich efektu.

Souhrnem můžeme charakterizovat postup jako smíšený výzkumný design. Kvantitativní meziskupinové srovnání skupinového kognitivního tréninku a programu *N-back* je doplněno o vnitroskupinové srovnání placebo tréninku a v programu *N-back*.

### **Etika výzkumu**

Před začátkem studie dostali probandi k podpisu „Informovaný souhlas účastníka studie“, která je uvedena v Příloze č. 4. Tato verze je variantou pro Rehabilitační ústav Kladruby, ostatní verze jsou poupraveny podle příslušného názvu pracoviště nebo jeho neuvádění.

Jelikož jsme byli s probandy v e-mailovém kontaktu, dostali po absolvování programu a výstupním testování zpětnou vazbu ohledně jejich výsledků. Za účast ve studii jim zůstala česká verze programu Brainworkshop zdarma. Pro nikoho z probandů neznamenal účast ve výzkumu omezení vlastních aktivit či přerušení dalších kognitivně-rehabilitačních programů.



## 7. Popis intervencí

Souhrnným označením intervence zde máme na mysli jakýkoliv ze zde využívaných tréninkových programů, tj. *N*-back, skupinový kognitivní trénink ale i placebo „trénink“.

### 7.1 N-back trénink

Existuje několik verzí programu na bázi úloh *N*-back. My jsme využili českou verzi programu Brainworkshop, jehož původní anglická varianta je volně ke stažení na webové stránce <http://brainworkshop.sourceforge.net/>. Česká verze byla účastníkům studie poskytnuta s laskavým svolením sdružení Cognitio, které převod do češtiny provedlo.

#### Princip programu

Princip úloh typu *N*-back spočívá v rozpoznávání shody mezi právě prezentovaným podnětem a tím, který se objevil o *N* kroků zpět. V již zmiňovaných studiích se nejčastěji využívaly podněty vizuální (určování shody pozice) a auditivní (shoda zvuku). Mějme příklad série hlásek, kdy *N* je rovno dvěma, v řadě B – C – D – C bychom označili shodu při zaznění druhého C. Pokud tato shoda nastane, označení provedeme stisknutím klávesy L.

Základním uživatelským prostředím je obrazovka s mřížkou tři krát tři. V ní se objevuje čtverec se standardní rychlostí jedna expozice za 2 sekundy. Stejně jako v předchozím případě se hledá shoda pozice aktuálně prezentovaného čtverce s předchozí pozicí o *N* kroků nazpět. Při shodě se stiskne klávesa A.<sup>13</sup>

**Schéma č. 1- Princip úlohy N-back**



Právě popsané příklady odpovídají **jednoduchému** (unimodálnímu) módu hraní. **Duální typ** *N*-back je spojením zvukových a vizuálních podnětů najednou. Stále se označí shoda zvuku klávesou L a shoda pozice klávesou A.

<sup>13</sup> Místo kláves je možné pro označení shody podnětů použít pravé a levé tlačítko myši, což bylo užitečné u osob s hemiparézou.

## 7.2 Skupinový trénink

### Obsahová náplň

Skupinový kognitivní trénink probíhá formou pravidelných půlhodinových setkání pod vedením psychologa a terapeuta. Tréninku se účastní pět až šest pacientů, kteří dochází na setkání každý všední den. Obsahová náplň je inspirovaná knihami technikami a cvičeními ze stále širší řady knih na toto téma.

Kontraindikací k zařazení do skupinového tréninku je těžší forma afázie a anomie, pomalé psychomotorické tempo spojené s nízkou frustrační tendencí- účastníci by měli kognitivně a také osobnostně zvládnout náročnost úkolů a také přítomný sociální tlak, který je vždy v určité míře přítomný.

Obsahové zaměření úloh je velmi široké a poměrně nespécifické. Týká se pozornosti, paměti a exekutivních funkcí obecně. Účastníci plní různé numerické úlohy, slovní logické hádanky a úlohy na verbální fluenci. Součástí tréninku jsou i edukativní vstupy, kde se mluví o kognitivních funkcích a strategiích, jak je lze rozvíjet. Skupinový trénink nabízí možnost sdílení a prohlubuje sociální život pacientů. Zahrnuty jsou také aktivity podporující přijetí a podporu ostatními, skupinovou kohezi obecně. Pracuje se také s „pamětí skupiny“, kdy si účastníci vybavují, co se dělo na setkáních před několika dny a jaké informace kdo z členů sděloval.

## 7.3 Placebo intervence – hra Bejeweled

Jak uvádí Sternberg (2008), vhodná placebo intervence by měla také mít prvky trénování, takže by při ní mělo docházet k učení. Ale takových funkcí, o nichž nepředpokládáme, že by měly mít vztah k výkonu v testech fluidních schopností. Vybrali jsme proto hru Bejeweled, která tyto nároky splňuje a je adaptivní ve smyslu nutnosti rychleji reagovat na prezentované zadání.

Obrázek č. 3- Hra Bejeweled



Principem hry Bejeweled je vytvořit linii alespoň tří stejných obrazců přemístěním sousedních tvarů (svisle či vodorovně). Přesun je naznačen na Obrázku č. 3 vpravo. Obrazce při vytvoření takové linie zmizí. Tím se sloupec obrazců, které jsou nad zmizelou linií, přesunou či „spadnou“ na místo zmizelých. Za každé takto nalezené linie se získávají body. Hra pokračuje do té doby, dokud je možné najít a vytvořit trojici stejných prvků.

Hra má dvě základní úrovně. V jednodušší verzi je úkolem nasbírat stanovený počet bodů bez časového limitu. Druhá verze obsahuje ubíhající časový limit, který je možné rychlým získáváním bodů navyšovat. Ubíhající čas je zobrazen na liště pod herní plochou. Pokud jsou body získávány tak rychle, že se časový „zásobník“ zcela naplní, hráč postupuje do vyššího kola, kde čas ubývá rychleji než v předchozím kole.

Hra je dostupná na webové stránce <http://www.popcap.com/games/bejeweled2/online>, kde je možné ji hrát zdarma v anglické verzi. Ovládání je natolik jednoduché, že i přes anglické uživatelské prostředí stačí krátká instruktáž, aby ji probandí zvládli ovládat sami.

#### **7.4 Placebo (kontrolní) skupina**

Tímto označením máme na mysli skupinu, která podstupuje nejprve placebo trénink a poté trénink *N*-back. Při prvním setkání jsme probandům řekli, že porovnáváme dva typy programu s cílem určit, jaký je jejich efekt. Bylo jim řečeno, že ačkoliv jsou výsledky stále nejednoznačné, některé výzkumy nasvědčí tomu, že by oba mohly zlepšovat pozornost a krátkodobou či pracovní paměť a my chceme zjistit jejich efektivitu.

Jelikož srovnáváme také výkon všech tří intervencí, je v tomto srovnání využitý pouze efekt placebo intervence, tj. rozdíl mezi prvním testováním a retestem.

## 8. Použité metody

### 8.1 Kritéria efektivity

Efektivita kognitivního tréninku může být sledována na více rovinách. Na rovině fyziologických změn bychom mohli pozorovat změny neuronální aktivity ve vybraných úkolech, které mají odrážet dané kognitivní funkce. Subjektivní hodnocení vlastního zlepšení kognitivních funkcí při provádění kritériálních činností by bylo další myslitelnou rovinou hodnocení. Jelikož hlavním cílem kognitivně-rehabilitačních intervencí je zlepšení fungování osob v reálných každodenních situacích, vhodné by bylo posoudit právě efekt tréninků na základě projevů osob v přirozených podmínkách.

Našimi kritérii efektivity jsou změny výkonů ve standardizovaných (neuro)psychologických testech ve sledovaných doménách, které odpovídají trénovaným kognitivním funkcím i těm vzdálenějším. Ačkoliv obecně přijímaná kritéria pro rozlišení blízkého a dalekého transferu scházejí (Persson & Reuter-Lorenz, 2008), za transfer ve shodě s Jaeggiovou et al. (2010) považujeme zlepšení výkonu v jiném než přímo tréninkovém úkolu. To znamená, že za ne-transferový efekt je považováno zlepšení v *N*-back v průběhu trénování.

Za blízký transfer pokládáme zlepšení v trénovaných doménách (pracovní paměť) při měření standardizovanými testy. Vzdálenější transfer by se pak měl projevit tehdy, jsou-li při řešení daného typu úloh nutné i další mentální operace (inteligentní test).

Tímto se dostáváme k popisu použitých testovacích metod.

### 8.2 Testové metody a způsob jejich administrace

Testové metody byly zvoleny tak, aby zahrnovaly trénované kognitivní funkce. U programu *N*-back se zaměřujeme také na funkce, které mohou mít potenciál transferu. Za úlohy zachycující blízký transfer považujeme ty, které měří výkon pozornosti (TMT-A, Stroop A). Dále jsou zahrnuty testy krátkodobé paměti, a to různých modalit- slovní AVL, Opakování čísel a vizuální BVTM-R. Pracovní paměť je sledována Opakováním čísel pozpátku. K zachycení vzdálenějšího transferu byl zvolen TMT – B a Stroop Victoria *Slova a Barvy*.

Celá testová sada byla sestavována také s ohledem na praktická omezení. Těmi byly jednak časová náročnost a také náročnost na pozornost a mentální aktivitu. Některé osoby po poškození mozku jsou rychleji unavitelné, a tak by dlouhá administrace testů snižovala

vypovídající hodnotu naměřených údajů. Zároveň ne vždy bylo prakticky proveditelné rozdělit testování na více úseků kvůli větší vzdálenosti místa bydliště testované osoby.

**Tabulka č. 2 - Přehled použitých testových metod**

Psychomotorické tempo	Trail Making Test A, Victoria Stroop A
Krátkodobá paměť	
- slovní	Digit span, AVLT
- vizuální	BVTM-R
Pracovní paměť	Opakování čísel pozpátku
Exekutivní funkce	Trail Making Test B, Victoria Stroop B a C
Inteligence	Ravenovy standardní progresivní matice
Sebeposuzovací dotazník psycho-fyzického rozpoložení	GHQ

- **TMT- A a B (Trail Making Test, Test cesty)**

Široce používaný test ke zkoumání vizuálního hledání, psychomotorického tempa, rozdělené pozornosti a kognitivní flexibility. Skládá se ze dvou částí, u nichž se je možno sledovat celkovou rychlost a počet chyb. Podle Reitanova způsobu administrace se však ukazují testovanému chyby tak, že je test nakonec vyplněn správně. Tímto však dochází ke zvyšování času dokončení testu (Lezak et al., 2012). Právě Reitanův způsob jsme zvolili.

**Část A** - Úkolem je spojit postupně čísla v kroužcích, počínaje 1 vzestupně až do čísla 25. Přestože první část testu TMT není určena pro měření čistě soustředění a pozornosti, je některými autory považována za citlivý ukazatel v těchto doménách (Kulišťák, 2006). Část A koreluje s rychlostí vizuálního vyhledávání a motorickými schopnostmi (Lezak et al., 2012).

**Část B** - Zadání je podobné jako v předchozí části, střídají se ovšem čísla a písmena. Část B souvisí více s pracovní pamětí a kognitivní flexibilitou při změně směru aktivity (Lezak et al., 2012).

Reliabilita TMT se u neurologické populace uvádí v rozmezí 0,69-0,96 u části A a 0,66-0,86 u části B (Strauss et al., 2006).

- **AVLT**

Zachycuje „motivaci, pozornost, percepci řeči, verbální porozumění, okamžitou a krátkodobou verbální paměť, vybavení“ (Lazak et al., 2012, s. 475).

AVLT byl využit jako metoda k testování bezprostřední slovní paměti, tzn. vybavení slov po jedné prezentaci, a nikoliv podle standardní administrace, při které je sledována křivka učení a oddálené vybavení. Tato varianta byla zvolena proto, že se v našem výzkumu na učení nezaměřujeme, i když i to by mohlo být zajímavé. Standardní administrace by také zvyšovala náročnost testování pro probanda.

Jelikož se jedná o paměťový test, bylo by možné, že si některá slova probandi zapamatují. Při retestu jim byl proto předložen seznam slov z interferenčního seznamu a nikoliv znovu stejný, jak nedoporučují Lezaková et al. (2012). U skupiny, která byla testována i potřetí, jsme administrovali opět první sadu, protože od prvního testování uběhla doba více než měsíc a poté následovalo testování interferenčním seznamem slov, takže jsme nepředpokládali, že by byl původní seznam slov zapamatován.

- **Opakování čísel (Digit span Subtest WAIS III)**

Úkolem je zopakovat sled číslic v dané posloupnosti, jejich počet se při úspěšných opakováních stále zvyšuje. Každé „kolo“ o daném počtu číslic má dva pokusy. Začíná se dvěma číslicemi, a pokud je alespoň v jednom ze dvou pokusů zopakuje proband správně, postupuje k sekvencím delším o jedno číslo. Pokud ani jeden pokus není v daném kole zopakován správně, dále se nepokračuje. Součet správných zopakování tvoří celkový počet bodů. Čtení by mělo odpovídat rychlosti jedné číslice za sekundu, přičemž by neměl hlas na konci klesnout a měnit melodii, jelikož to usnadňuje výkon (Lezak et al., 2012).

Opakování čísel měří spíše než paměť efektivitu pozornostního zaměření, přičemž efekt opakování je zanedbatelný (Lezak et al., 2012). Opakování čísel pozpátku má dvakrát tak velké sycení g faktorem než Opakování čísel dopředu (Prokosch, Yeo, & Miller, 2005).

Test jsme administrovali standardním způsobem.

- **Victoria verze Stroopova testu (Stroop Victoria)**

Interpretace toho, co Stroopův test měří, je několik. Uvádí se inhibice automatické odpovědi (Mitrushina, Boone, Razani, & D'Elia, 2005), dále výběrová pozornost a kognitivní flexibilita, přičemž inteligenční kvocient koreluje s výkonem ve Stroopově testu více než vzdělání (Strauss et al., 2006). Kontrola aspektů, na něž má být pozornost zaměřena, spadá

pod exekutivní kontrolu, proto lze Stroopův test považovat za měřítko exekutivních funkcí. Nízký výkon v testu je také odrazem nízké rychlosti zpracování informací.

Reliabilitu uvádí Lezaková et al. (2012, s. 417) jako „uspokojivou“.

Úkolem testované osoby je jmenovat co nejrychleji a zároveň bezchybně barvu inkoustu vytištěných A - teček, B -slov a C- barev, označujících jinou barvu, než je barva inkoustu. Měří se čas, přičemž chyba je okamžitě opravena examínátorem.

Test se skládá ze tří oddílů, každý obsahuje 24 barevných podnětů. První část (námí dále označovaná pro zjednodušení jako „Stroop A“) obsahuje sadu barevných teček v šesti řadách. Úkolem je co nejrychleji a zároveň bezchybně říct název barev ve směru jako při čtení. Druhá část („Stroop B“) má místo teček napsaná slova, přičemž úkolem je nečíst slovo, ale říct barvu inkoustu, jakým je vytištěné. Už tato úloha způsobuje interferenci, lze ji proto chápat jako cvičnou k úloze následující, v níž slova označují jinou barvu než tu, kterou jsou vytištěna (Michalec, 2012). Tuto třetí část označujeme jako „Stroop C“.

- **Ravenovy standardní progresivní matice (RSPM)**

Ačkoliv se nejčastěji k měření *g* používá baterie WAIS, u jejíhož celkového skóru se uvádí také nejvyšší sycení *g*, pro náš výzkum jsme použili Ravenovy standardní matice, které jsou také vysoce syceny *gF* (Conway et al., 2002; Duncan et al., 2000). Nejdůležitějším důvody jsou délka administrace a ohled na poškození jazykových schopností u některých osob s poškozením mozku (např. afázie).

Jelikož testování probíhalo před zahájením a po absolvování tréninkového programu, nebylo by vhodné jednoduše využít vždy celý test. Jednak kvůli efektu učení, tak také s ohledem na délku administrace. Bylo tedy potřeba RSPM rozdělit na dvě části, jelikož paralelní verze neexistují. Zvoleno bylo rozdělení na sudé a liché položky, přičemž nejprve byly administrovány liché a při retestu sudé. Split-half reliabilita se pohybuje kolem hodnoty 0,9 a výše, u dětí 0,60 a u starších dospělých až 0,97 (Raven, Court, & Raven, 1991), takže jsme předpokládali, že rozdělení na dvě části by nemělo být problematické.

Časový limit nebyl přímo stanoven, ale bylo doporučeno vyplnit test do 25 minut.

- **BVTM-R (Brief Visuospatial Memory Test Revised)**

Test vizuální paměti. Při klasické administraci se předkládá 6 tabulí s šestijednoduchými geometrickými útvary. Každá tabule je prezentována po dobu 10 sekund. Poté testovaný překreslí z paměti co nejpřesněji obrazce na tabuli. Správné umístění a přesné překreslení se hodnotí po jednom bodu. Za jeden obrazec je tak možno získat maximálně 12 bodů. Poté následuje oddálené vybavení po 25 minutách. Nakonec jsou předkládány jednotlivé obrazce na rekognici (Strauss et al., 2006).

My jsme využili z BVTM-R jen první část – testování krátkodobé paměti při okamžitém vybavení prezentovaných podnětů. Při retestu jsme obrazec otočili, abychom potlačili vliv předchozího testování. Bodování jsme převzali.

Ukázka je k nahlédnutí v Příloze č. 5.

- **General Health Questionnaire 12 (Dotazník obecného zdraví- zkrácená verze)**

Dotazník obecného zdraví byl zvolen jako jakýsi screening pro přihlédnutí k aktuálnímu emočnímu stavu probanda. Zadání bylo upraveno tak, aby v odpovědích byla zaškrtnuta ta možnost, která nejlépe vypovídá o rozpoložení v současné chvíli, v tomto dnu, případně dnu předchozím. Zajímá nás totiž převládající nálada v přítomném okamžiku, jelikož i ta by se mohla projevit na výkonu v testech.

Při výpočtu skóru je možno využít Likertovo skórování (0-1-2-3). Alternativně se používá také Goldbergovo skórování bimodálního typu (0-0-1-1) a (1-1-0-0) pro reverzibilní položky. Toto skórování sleduje pouze přítomnost či nepřítomnost problému a nikoliv už jeho intenzitu. Celkový hrubý skór se při tomto typu výpočtu pohybuje v intervalu od 0 po 12 (McDowell, 2006). Vzhledem k tomu, že nás zajímá intenzita přítomnosti problému, rozhodli jsme se z nabízených možností využít skórování dle Likerta. Námi použitá zkrácená verze obsahuje pouze 12 položek (viz. Příloha č. 6).



## **9. Sběr dat a průběh tréninku**

### **9.1 Testování**

#### **Počítačové intervence**

Testování účastníků mimo zdravotnická zařízení probíhala ve volných prostorách vzdělávacího centra, kde byla zajištěná místnost. V některých případech proběhlo testování také přímo v domácnosti účastníků, pokud měli problém s pohyblivostí. Při prvním setkání byly administrovány testové metody a krátký anamnestický dotazník. V případě, kdy jsme měli k dispozici lékařské či neuropsychologické zprávy, byly využity i tyto materiály. Zároveň byl předveden princip tréninku i se zácvikem a byl také předán sepsaný návod, jak program funguje.

Účastníci výzkumu byli povzbuzeni, ať napíší během následujících dvou dní, zda všemu ohledně ovládání a práce s programem rozumí. Díky tomu jsme mohli případné problémy a nejasnosti řešit včas telefonickou asistencí. V jednom případě bylo potřeba zácvik opakovat. Během trénovacího období jsme si také v průměru jednou týdně vyměnili e-mailem zprávy o průběhu tréninku, což mělo sloužit jako motivační podpora pro probandy a pro nás ke sledování jejich aktivního zapojení. Po uplynutí dohodnuté doby jsme ověřili splnění časového limitu tréninku a domluvili se na výstupní testování. V případě těch, kdo po „placebo tréninku“ následně pokračovali v *N*-back se tento proces opakoval.

#### **Skupinový trénink**

Vstupní testování první skupiny provedli tamní psychologové, přičemž svou standardní testovou baterii obohatili o některé metody, které jsou využity v tomto výzkumu. Při dalším testování jsme zadali výstupní testy „končící“ první skupině a zároveň vstupní testy nově příchozí. V závěrečném testování proběhl výstupní retest druhé sledované skupiny.

Výzkum byl schválen Etickou komisí Rehabilitačního ústavu Kladruby a účastníci dostali před jeho započítáním k podpisu „Informovaný souhlas účastníka výzkumu“ (viz. Příloha č. 4).

### **9.2 Průběh tréninku**

#### **Společné charakteristiky**

Více studií nachází efekt tréninku už po absolvování méně než 10 hodin intervence. Už po cca 6,5 hodinách tréninku (10 dní po 40 minutách) byl nalezen efekt transferu v interferenčních úlohách (Persson & Reuter-Lorenz, 2008). Podobně byl nalezen transfer

také u starších dospělých osob po 6 hodinách tréninku pracovní paměti (Richmond, Morrison, Chein, & Olson, 2011). Také z důvodu toho, že pobyt v rehabilitačních zařízeních se často pohybuje kolem tří týdnů, rozhodli jsme se pro stejnou časovou dotaci, jaká byla použita v uvedených výzkumech.

### **Počítačový program**

Pro trénink v programu *N-back* stejně jako pro kontrolní hru byly stanoveny stejné podmínky časového rozsahu intervence a způsobu trénování, tj. cca pětkrát týdně 30 minut po dobu 3 týdnů, s celkovou dobou tréninku 7,5 hodiny. Reálný čas uplynutý mezi testem a retestem se mírně lišil v závislosti na okolnostech- např. dovolená, nemoc. Zásadním aspektem však bylo splnění celkové tréninkové doby.

### **Skupinový trénink**

V Rehabilitačním ústavu Kladruba probíhá skupinový trénink v rozsahu cca 30 minut každý všední den, což přesně odpovídá požadované době tréninku také v programu *N-back*. Jelikož v aktuální dobu nebylo v Kladrubech přítomno dostatek osob, které by odpovídaly všem našim kritériím a zároveň nastupovaly do skupinového kognitivního tréninku, sběr dat v Kladrubech proběhl ve dvou etapách.

## 10. Výsledky

### 10.1 Zpracování dat

Výsledky byly zpracovány pomocí IBM SPSS 19 a MS Excel 2010. Vzhledem k nevelkému vzorku jsme pro úsudky o efektu intervencí využili deskriptivní a neparametrické statistické metody. Dále jsme využili grafické znázornění dat v boxplot (krabicové) diagramech, které výstižně popisují rozložení dat skupin a z nichž je patrná přítomnost odlehlých hodnot.

Mnozí autoři upozorňují na problematičnost spoléhání se na dosaženou statistickou významnost jako na měřítko pro rozhodování o přítomnosti či nepřítomnosti dostatečně velkého efektu. Signifikance výsledků má podle nich význam a výpovědní hodnotu spíše u reprezentativních randomizovaných experimentů<sup>14</sup> (Blahuš, 2000; Hendl, 2006; Soukup & Rabušič, 2007).

U malých výběrů, u nichž využíváme neparametrické testy, je vhodné nesledovat pouze  $p$ -hodnotu založenou na asymptotické metodě výpočtu, která vychází z předpokladů, že naše data při dostatečné velikosti odpovídají určité distribuci (Mehta & Patel, 2011). V našem výzkumu máme malý, nevyvážený datový vzorek s nepravidelnou distribucí, je proto vhodné sledovat  **$p$ -hodnotu vypočtenou podle algoritmu „exact“ nebo Monte Carlo** (funkce v SPSS), které poskytují odhad přesné hodnoty  $p$  nezatížené předpoklady, jak je tomu u asymptotické metody. Tento výpočet je také méně náchylný k chybám I. druhu (Mehta & Patel, 2011). Metoda „exact“ je přesnější (Field, 2009), ale při některých výpočtech klade velké nároky na operační paměť počítače. V těchto případech je nahrazena výpočetně méně náročnou metodou Monte Carlo.

Protože zjištěná hodnota  $p$  se váže také k typu hypotézy a následně voleným jednostranným či dvoustranným testům, přičemž jednostranné testy mohou být „mírnější“ pro zamítnutí nulové hypotézy, není statistická významnost vždy tím nejspolehlivějším ukazatelem.

---

<sup>14</sup> Zmínění autoři upozorňují na chybné nadužívání statistické signifikance jakožto základního kritéria určování efektu (projeveného vztahu mezi proměnnými), jelikož signifikance se úzce váže k velikosti výzkumného vzorku a zobecnitelnosti závěrů na příslušnou populaci (Blahuš, 2000; Soukup & Rabušič, 2007). Blahuš (2000, s. 69) volně cituje Thompsona (1996), který „říká, že výzkumník používá test významnosti pro kontrolu své únavy se sbíráním dat, tj. aby zjistil, zda pro podporu hypotézy - coby svého zbožného přání - již změřil dost osob  $N$ , kdy mu už statistický test vyjde konečně statisticky významný a on už nebude muset pokračovat v měření dalších osob“.

Sledujeme proto také velikost účinku (effect size), jako vodítko pro určení „nestatistické“, „věcné významnosti“ naměřených hodnot (Blahuš, 2000). Velikost účinku navíc není závislá na množství pozorování (Fritz, Morris, & Richler, 2012). Výpočtů velikosti účinku je několik. Ačkoliv se při posuzování rozdílů mezi skupinami často využívá Cohenovo  $d$ , u neparametrických testů je možné využít Pearsonovo  $r$  (Fritz et al., 2012).

## 10.2 Interpretační omezení související se způsobem administrace

Administrace některých testů v odlišných variantách při prvním a druhém testování klade určitá omezení pro interpretaci a čtení výsledků. Odlišné varianty jsme použili u Ravenových standardních progresivních matic a slovního paměťového testu AVLT, u nějž by jinak hrozilo riziko zapamatování si některých slov z prvního testování. Manuál k tomuto testu se nezmiňuje o korelaci počtu zapamatovaných položek po jedné prezentaci sady slov pro obě použité sady, takže je možné, že jedna z těchto sad je po jednom přečtení hůře zapamatovatelná. Pokud je tomu skutečně tak, bylo by zavádějící sledovat změnu výkonu (test – retest) osob při našem způsobu administrace a výsledek považovat čistě za projev efektu tréninku. Změnu výsledků těchto testů proto nelze posuzovat v rámci jedné skupiny. Protože jsou ale tyto podmínky pro sledované skupiny shodné, na úrovni skupinových rozdílů je již porovnávat můžeme.

## 10.3 N-back

### Hypotéza č. 1

*Kognitivní trénink v programu N-back se projeví statisticky významným zlepšením výkonu ve sledovaných doménách.*

Tuto hypotézu jsme ověřovali neparametrickým testem pro opakovaný závislý výběr - Wilcoxonovým párovým testem, jelikož srovnáváme stejné osoby ve dvou měřeních. Navíc se jedná o malý vzorek s daty, u nichž nemusí být splněn předpoklad normálního rozdělení. Jelikož naše hypotéza předpokládá změnu, která se projeví v jednom směru, tj. zlepšení v druhém testování, sledujeme jednostrannou hladinu významnosti, a proto jsou v tabulkách uváděny tomu odpovídající hodnoty  $p$ . Velikost účinku jsme spočítali ze  $Z$ -skóru, který byl vydělen odmocninou z počtu pozorování (Field, 2009). Protože ne všichni testovaní vyplnili všechny testy, jsou výsledky  $r$  počítány podle odpovídajícího počtu pozorování v daném testu. I při vyšším  $Z$ -skóru tak může vyjít nižší hodnota  $r$ <sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup>  $r=0,1$  malá účinnost,  $r=0,3$  středně velká účinnost,  $r=0,5$  velká účinnost

<b>Tabulka č. 3 - Wilcoxonův párový test: N-back pre a post</b>						
	<b>TMT A</b>	<b>TMT B</b>	<b>Stroop A</b>	<b>Stroop B</b>	<b>Stroop C</b>	
<b>Z</b>	-1,859 <sup>a</sup>	-0,560 <sup>a</sup>	-0,663 <sup>a</sup>	-0,153 <sup>a</sup>	-1,682 <sup>a</sup>	
<b>p (exact)*</b>	0,039	0,318	0,278	0,461	0,053	
<b>r*</b>	0,50	0,14	0,14	0,03	0,36	
	<b>AVLT</b>	<b>Opakování čísel</b>	<b>OČ pozpátku</b>	<b>RSPM</b>	<b>BVTM-R</b>	<b>GHQ</b>
<b>Z</b>	-0,333 <sup>b</sup>	-1,134 <sup>b</sup>	-0,141 <sup>b</sup>	-1,914 <sup>a</sup>	-0,707 <sup>b</sup>	-2,041 <sup>b</sup>
<b>p (exact)*</b>	0,500	0,250	0,500	0,063	0,375	0,031
<b>r*</b>	0,08	0,28	0,04	0,41	0,19	0,44

a. HS klesá. b. HS stoupá.  
\*p (exact) – přesná hodnota p; r - velikost účinku (effect size)

Z uvedených výsledků vyplývá, že změna rychlosti ve vyplňování **TMT A** části, která se vztahuje k psychomotorickému tempu, **je statisticky významná**  $p=0,039$ , **velikost účinku** tohoto výsledku  $r=0,50$ , což odpovídá samotné hranici velkého efektu.

Dalším testem, který vychází statisticky významně, je dotazník obecného zdraví GHQ ( $r=0,44$ ,  $p=0,031$ ). Tento výsledek naznačuje, že probandi **v období druhého testování zažívali vyšší míru subjektivních obtíží** než při prvním testování, i když z boxplot diagramu vyplývá, že se jedná o vychýlení nejvýše o 3 body (max. je 36), což není nijak dramatické, zato se tento rozdíl projevuje plošně.

Se střední velikostí účinku vychází Victoria verze **Stroopova testu částí C- Barvy** ( $p=0,053$ ). Ta nejvíce ze všech tří částí testu odráží exekutivní kontrolu. V boxplot diagramu (viz. Příloha č.3) vidíme až na dvě zrcadlově odlehle hodnoty poměrně homogenní změny výsledku v testu, což by podporovalo představu, že je zde obecná tendence ke zlepšení. Ačkoliv  $p$  nedosahuje pětiprocentní hladiny významnosti,  $r=0,38$  značí středně velkou účinnost. Výsledek  $r=0,28$  u **Opakování čísel**, které souvisí s krátkodobou pamětí, se svou hodnotou také blíží středně velké účinnosti.

Nižší výsledek u post testu u RSPM zřejmě souvisí s administrací jiných položek, jelikož se podobný vzorec objevuje i u ostatních testovaných skupin, jak si ukážeme dále. Hodnocení změny výkonu v RSPM, stejně jako AVLT, budeme tedy až při srovnání s dalšími skupinami.

## 10.4 Skupinový trénink

### Hypotéza č. 2:

*Skupinový kognitivní trénink se projeví signifikantně významným zlepšením výkonu ve sledovaných doménách.*

Hypotézu jsme opět ověřovali Wilcoxonovým párovým testem.

	TMT-A	TMT-B	Stroop A	Stroop B	Stroop C	
<b>Z</b>	-0,105 <sup>a</sup>	-0,674 <sup>a</sup>	-1,120 <sup>a</sup>	-0,420 <sup>a</sup>	-1,120 <sup>a</sup>	
<b>p (exact)</b>	0,500	0,310	0,156	0,371	0,156	
<b>r</b>	0,03	0,21	0,28	0,11	0,28	
	AVLT	Opakování čísel	OČ pozpátku	RSPM	BVTM-R	GHQ
<b>Z</b>	-1,472 <sup>a</sup>	-,680 <sup>b</sup>	-1,190 <sup>b</sup>	-2,379 <sup>a</sup>	-1,084 <sup>b</sup>	-1,156 <sup>b</sup>
<b>p (exact)</b>	0,094	0,344	0,172	0,016	0,188	0,314
<b>r</b>	0,42	0,20	0,34	0,59	0,27	0,29

a. HS klesá. b. HS stoupá.  
\*p (exact) – přesná hodnota p; r - velikost účinku (effect size)

Z hlediska velikosti účinku nejvýrazněji vystupují testy AVLT a RSPM, které však budeme interpretovat až při společném srovnání, kvůli rozdílným variantám zadání.

Zajímavě však můžeme vidět zlepšení s velikostí účinku kolem  $r=0,3$  napříč různými testy- Stroop A a C, Opakování čísel a OČ pozpátku ( $r=0,34$ ), podobně i BVTM-R, o něco níže pak TMT-B ( $r=0,2$ ).

Také z grafického znázornění průměrných výsledků je patrné snížení průměrných hrubých skóre v testu AVLT (Příloha č. 2). V boxplot grafu (viz. Příloha č.3) vidíme, že rozdíl není způsoben odlehlými hodnotami a je tedy spíše obecnou tendencí. Tento rozdíl se však Wilcoxonovým testem nepotvrzuje jako signifikantní. Také je patrný velký rozptyl hodnot v dotazníku GHQ, rozdíl je až 12 bodů (zhoršení výsledků). Medián změny u TMT-A také vychází kladný, což svědčí pro zlepšení.

## 10.5 Srovnání N-back a skupinového tréninku

### Hypotéza č. 3:

*V úkolech, kde se výrazně uplatňuje manipulace či exekutivní kontrola ve smyslu konceptu pracovní paměti, se N-back trénink projeví signifikantně více než skupinový kognitivně rehabilitační trénink.*

Z takto definované hypotézy plyne, že v některých testech je potřeba hladinu významnosti chápat ve smyslu jednostranného testu. To se týká testů **TMT B, Stroop B a C, Digit Span (pozpátku), Raven**. Pro srovnání změn výkonů v testech po absolvování dvou

různých typů intervencí jsme využili Mann-Whitneyho U test, kterým jsme srovnávali velikost změny mezi pre a post testem mezi skupinami.

**Tabulka č. 5 - Porovnání velikosti změn u N-back a skupinového tréninku**

	TMT A	TMT B	Stroop A	Stroop B	Stroop C	
<b>U</b>	24,000	23,000	41,000	41,000	37,000	
<b>Z</b>	-0,064	-0,129	-0,327	-0,327	-0,653	
<b>p (M.C.)*</b>	1,000	0,470	0,785	0,785	0,270	
<b>R</b>	0,01	0,02	0,05	0,05	0,11	
	AVLT	Opakování čísel	OC pozpátku	RSPM	BVMT-R	GHQ
<b>U</b>	14,000	24,500	25,000	48,500	30,500	31,500
<b>Z</b>	-1,639	-0,417	-0,355	-0,077	-0,544	-0,444
<b>p (M.C.)*</b>	0,114	0,354	0,395	0,474	0,617	0,690
<b>R</b>	0,30	0,08	0,06	0,01	0,09	0,08

\* p (M.C.) – p hodnota Monte Carlo, r – velikost účinku

V příslušném grafu (Příloha č.2) vidíme patrný rozdíl mezi průměry obou skupin v AVLT. Pozorovaný vztah Mann-Whitneyho U test nehodnotí jako signifikantní  $p=0,11$ , velikost účinku je však středně velká  $r=0,3$ .

Stroop Victoria část C (Barvy) vychází ve prospěch skupinového kognitivního tréninku s malou mírou účinku  $r=0,11$ , což by byl výsledek oproti našemu očekávání, i když se jedná o malý rozdíl. Ostatní testy naši hypotézu nepotvrzují na statistické hladině významnosti, ani co do velikosti účinku.

**Závěr:** Srovnání obou typů tréninků **nepoukazuje na signifikantní rozdíly** ve změnách výkonů ve sledovaných testech, ačkoliv **u AVLT je velikost účinku ve středních hodnotách**, což by mohlo naznačovat vztah výkonu a typu intervence.

## 10.6 Srovnání kognitivních tréninků s placebo intervencí

### Hypotéza č. 4:

*V kontrolní podmínce, tj. trénování v počítačové hře, se neprojeví signifikantní zlepšení výkonu. Pokud ano, tak v menším počtu sledovaných testů, než u zbylých dvou typů intervence. Kognitivní trénink v programu N-back stejně jako ve skupinovém kognitivním tréninku bude mít signifikantně větší efekt na změnu výkonu ve sledovaných doménách.*

Nejprve zjistíme velikost změny mezi prvním testováním a retestem u placebo tréninku.

### 10.6.1 Placebo trénink

Tabulka č. 6 - Wilcoxonův párový test - Placebo pre a post test						
	TMT A	TMT B	Stroop A	Stroop B	Stroop C	
<b>Z</b>	-1,483 <sup>a</sup>	-1,214 <sup>b</sup>	-0,135 <sup>a</sup>	-1,214 <sup>b</sup>	-1,095 <sup>b</sup>	
<b>p (exact)</b>	0,188	0,313	1,000	0,313	0,381	
<b>R</b>	0,47	0,38	0,04	0,38	0,35	
	AVLT	Opakování čísel	OČ pozpátku	RSPM	BVTM-R	GHQ
<b>Z</b>	-1,414 <sup>b</sup>	-0,184 <sup>b</sup>	0,000	-1,289 <sup>b</sup>	-0,816 <sup>b</sup>	-0,378 <sup>b</sup>
<b>p (exact)</b>	0,500	1,000	1,000	0,375	0,748	1,000
<b>R</b>	0,45	0,06	0,00	0,41	0,26	0,12

a. HS stoupá b. HS klesá  
 \*p (exact) – přesná hodnota p; r - velikost účinku (effect size)

V případě placebo tréninku se podle předpokladů **neprojevilo statisticky významné zlepšení výkonu** v žádném použitém testu. Ovšem máme zde několik testů, kde se objevují vyšší míry velikosti účinku. V negativním směru (zhoršení) výsledek testu TMT-A, který měří psychomotorické tempo,  $r=0,47$ , což se blíží vysokému účinku. Vedle toho je výsledek jdoucí v opačném směru,  $r=0,38$ , -nižšímu testovému času v **TMT B**, který je náročnější na exekutivní funkce. Tyto protichůdné výsledky mohou být ovlivněny malým vzorkem ( $n=5$ ), i když i analýza jednotlivých výkonů potvrzuje tento obecný trend.

Poměrně výrazné **snížení času je v testech Stroop B a C**,  $r=0,38$  a  $r=0,35$ , n.s., které se zaměřují na exekutivní kontrolu. V dalším testu, který vyžaduje exekutivní kontrolu- Opakování čísel pozpátku – však není změna výkonu žádná ( $p=1$ ). Přesto je výsledek poměrně sourodý. Nižší výsledek je také u **BVTM-R**,  $r=0,26$ , což se blíží středně velkému účinku.

### 10.6.2 Srovnání změn u všech intervencí

Pro srovnání placebo tréninku s ostatními typy intervencí, jsme použili Kruskal-Wallisův test. Tímto testem jsme chtěli ověřit (ne)podobnost míry změn napříč skupinami. Očekávali bychom, že sledované intervence nebudou mít stejný efekt na změnu výsledků, tj. placebo bude signifikantně odlišné. Srovnány byly hodnoty změn pre a post testu, ty navíc také odhlíží od případných rozdílů v počátečních hodnotách.

Hladina významnosti  $p$  je uváděna pro oboustranný test. Při standardním postupu bychom po nalezení signifikantní hladiny významnosti provedli sadu vzájemných srovnání skupin dle Mann-Whitney U testů.



<b>Tabulka č. 7 - Kruskal-Wallisův test srovnání změn u všech skupin</b>						
	<b>TMT A</b>	<b>TMT B</b>	<b>Stroop A</b>	<b>Stroop B</b>	<b>Stroop C</b>	
<b>chí kvadrát</b>	2,858	0,769	0,388	0,964	0,324	
<b>Df</b>	2	2	2	2	2	
<b>p (M.C.)*</b>	0,200	0,680	0,920	0,800	0,960	
	<b>AVLT</b>	<b>Opakování čísel</b>	<b>OČ pozpátku</b>	<b>RSPM</b>	<b>BVTM-R</b>	<b>GHQ</b>
<b>chí kvadrát</b>	3,453	0,535	0,309	0,001	1,799	2,228
<b>Df</b>	2	2	2	2	2	2
<b>p (M.C.)*</b>	0,160	0,720	0,840	1,000	0,440	0,360

\* p (M.C.) – p hodnota Monte Carlo

Testy, u nichž vychází znatelnější rozdíl, jsou TMT-A a AVLT<sup>16</sup>. Rozdíly v RSPM se ve srovnání všech skupin jeví jako téměř totožné, tedy v rozporu s naším očekáváním. **Výsledky žádné ze sledovaných skupin nejsou signifikantně odlišné od výsledků ostatních skupin.**

Srovnáme-li tyto údaje s grafickým znázorněním změn pro sledování tendencí výsledků, vidíme, že nižší p-hodnotě v TMT-A se odráží zejména zhoršením výsledku u placebo skupiny. Neodůvodněné zhoršení jedné skupiny a tím vzniklé relativní zlepšení druhých však není dobrý předpoklad tvrdit, že ostatní intervence fungují dobře.

Výsledky Kruskal-Wallisova testu nenaznačují, že by změny po intervencích v jednotlivých testech pocházely z různých distribucí, a tudíž není potřeba dále sledovat odlišnosti mezi jednotlivými dvojicemi intervencí. Vzhledem k velikosti našeho vzorku by změny ve výkonech musely být vysoké, aby byla překročena hladina významnosti, sledujeme proto velikosti účinku i v případech, kdy výsledky statisticky signifikantní nejsou.

Při sledování rozdílů mezi skupinami upravíme podle Bonferroniho korekce hladinu významnosti  $\alpha=0,05/3$  (3 pozorování), tj. po zaokrouhlení  $\alpha=0,017$ , abychom předešli chybě I. druhu (Field, 2009).

<sup>16</sup> Westerberg et al. (2007) využili při srovnání dvou typů intervence (N=18) GLM, což odpovídá testu ANCOVA. Vstupní výsledky počítali jako kovariáty, výsledky retestu jako závislou proměnnou. S využitím jejich postupu vychází v našem srovnání p=0,012 v testu AVLT. (df=2, F= 5,908)

### 10.6.3 Srovnání placebo a *N*-back tréninku

Tabulka č. 8 - Mann-Whitney U test – Placebo a <i>N</i> -back						
	TMT A	TMT B	Stroop A	Stroop B	Stroop C	
<b>U</b>	5,000	13,000	22,000	16,000	24,000	
<b>Z</b>	-2,030	-1,025	-0,367	-1,102	-0,122	
<b>p (M.C.)</b>	0,026	0,350	0,388	0,311	0,482	
<b>r</b>	0,41	0,20	0,11	0,16	0,20	
	AVLT	Opakování čísel	OČ pozpátku	RSPM	BVTM-R	GHQ
<b>U</b>	14,000	17,000	18,000	21,500	10,500	15,000
<b>Z</b>	-0,922	-0,456	-0,309	-0,066	-0,987	-0,877
<b>p (M.C.)</b>	0,201	0,355	0,380	0,988	0,198	0,144
<b>r</b>	0,18	0,09	0,06	0,01	0,20	0,31

\**p* (M.C.) – hodnota *p* Monte Carlo; *r* - velikost účinku (effect size)

Po Bonferroniho korekci nevychází z tohoto srovnání v žádném testu signifikantní rozdíl mezi intervencemi. Nicméně u několika testů jsou patrné vyšší hodnoty velikosti účinku. Nejvyšší hodnoty dosahuje u testu **TMT-A**, kdy u skupiny *N*-back vychází větší zlepšení výkonu.  $R=0,41$ , odpovídá středně velkému účinku. Obdobně lepší výsledek pro *N*-back intervenci, s velikostí účinku pohybující se v rozmezí malého a středního účinku, nacházíme u testů Stroop A (podobně jako TMT-A měří psychomotorické tempo). A dále také Stroop C (exekutivní kontrola), BVTM-R (vizuospeciální krátkodobá paměť) a AVLT (slovní krátkodobá paměť).

Skupina trénující v **placebo programu** na druhou stranu dosahuje relativně **většího zlepšení v TMT-B** (exekutivní kontrola),  $r=0,2$ , **Stroop B**,  $r=0,16$  a **GHQ**,  $r=0,31$ . Největší **podobnost** změn hrubých skóreů je v testu **Raven**, vliv typu intervence na výkon se v našem měření neprojevil.

### 10.6.4 Srovnání placebo a skupinového tréninku

Tabulka č.9 - Mann-Whitney U test – Placebo a skupinový trénink						
	TMT A	TMT B	Stroop A	Stroop B	Stroop C	
<b>U</b>	12,000	13,000	18,000	19,000	21,000	
<b>Z</b>	-0,893	-0,365	-0,600	-0,467	-0,200	
<b>p (M.C.)</b>	0,215	0,792	0,309	0,685	0,453	
<b>R</b>	0,18	0,08	0,14	0,06	0,21	
	AVLT	Opakování čísel	OČ pozpátku	Raven	BVTM-R	GHQ
<b>U</b>	10,000	13,500	14,500	17,500	10,000	15,500
<b>Z</b>	-1,238	-0,658	-0,504	-0,078	-1,254	-0,948
<b>p (M.C.)</b>	0,236	0,280	0,363	0,947	0,241	0,343
<b>R</b>	0,25	0,13	0,10	0,02	0,25	0,18

\**p* (M.C.) – hodnota *p* Monte Carlo; *r* - velikost účinku (effect size)

Ze srovnání placebo a skupinového tréninku vychází nejvýraznější rozdíl ve změně výkonu v AVLT a BVTM-R.

V příslušném grafu (viz. Příloha č. 2) lze vidět rozdíl v míře změn v AVLT u obou skupin. Jedná se o zhoršení výkonu, avšak s různou intenzitou. Rozdíly však nejsou signifikantní, s malou až střední velikostí účinku. Pokles hrubého skóru u skupinového kognitivního tréninku je neočekávaný.

Naopak v dalších testech lepších výsledků dosahují probandi ze skupinového tréninku. Psychomotorické tempo (TMT-A a Stroop A), krátkodobá paměť (OČ), exekutivní kontrola (Stroop C,  $r=0,21$  a OČ pozpátku). Průměrná změna v BVTM-R má u obou skupin téměř opačnou tendenci- ve skupinovém tréninku nárůst, u placebo pokles.

## 10.7 Placebo skupina ve dvou tréninkových podmínkách

### Hypotéza č. 5:

*Po tréninku v kontrolním, „placebo“ tréninku dojde u týchž osob k menšímu zlepšení výkonu ve sledovaných doménách než po tréninku v programu N-Back.*

Srovnání výkonu u této skupiny po absolvování placebo tréninkové hry je uvedeno výše. Dále sledujeme u této skupiny změnu výkonu po N-back tréninku se stejnou časovou dotací, jako v předchozím případě.

<b>Tabulka č. 10 - Wilcoxonův párový test – placebo skupina po N-back</b>						
	TMT-A	TMT-B	Stroop A	Stroop B	Stroop C	
<b>Z</b>	-2,023 <sup>a</sup>	-0,135 <sup>a</sup>	-1,214 <sup>a</sup>	-0,405 <sup>b</sup>	-0,674 <sup>a</sup>	
<b>p (exact)</b>	0,031	0,500	0,156	0,409	0,307	
<b>R</b>	0,64	0,04	0,38	0,13	0,21	
	AVLT	Opakování čísel	OČ pozpátku	RSPM	BVTM-R	GHQ
<b>Z</b>	-1,342 <sup>b</sup>	-1,633 <sup>b</sup>	-0,378 <sup>b</sup>	-0,447 <sup>a</sup>	-0,921 <sup>b</sup>	-0,378 <sup>a</sup>
<b>p (exact)</b>	0,259	0,122	0,501	0,498	0,252	0,496
<b>R</b>	0,42	0,52	0,12	0,14	0,29	0,12

a. HS klesá b. HS stoupá  
 \*p (exact) – přesná hodnota p; r - velikost účinku (effect size)

Po druhé testované intervenci, N-back, u skupiny Placebo se objevuje několik výrazných změn výsledků. Velký účinek změny ( $r=0,52$ ) se projevuje u Opakování čísel. Po placebo tréninku se žádná změna výkonu v tomto testu neprojevila. TMT-A (psychomotorické tempo) vykazuje výrazné zlepšení ( $Z=-2,023$ ,  $p=0,031$ ,  $r=0,64$ ), to však

zřejmě souvisí poklesem výkonu v předešlém testování. Obdobně je tomu u testu AVLT a také BVTM-R, kdy výkon nejprve klesnul a později stoupá.

Číselné údaje o mírách změn jsou uvedeny v Tabulce č. 11.

**Tabulka č.11 - Wilcoxonův párový test – srovnání rozdílů po N-back a placebo tréninku**

	TMT-A	TMT-B	Stroop A	Stroop B	Stroop C	
<b>Z</b>	-1,483 <sup>a</sup>	-1,214 <sup>b</sup>	-0,674 <sup>a</sup>	-0,944	-0,944	
<b>p (exact)</b>	0,094	0,313	0,313	0,438	0,438	
<b>R</b>	0,47	0,38	0,21	0,30	0,30	
	AVLT	Opakování Čísel	OČ pozpátku	RSPM	BVTM-R	GHQ
<b>Z</b>	-1,633	-0,736	-0,276	-0,921	-0,921	-0,816 <sup>a</sup>
<b>p (exact)</b>	0,123	0,313	0,500	0,504	0,249	0,743
<b>R</b>	0,52	0,23	0,09	0,29	0,33	0,26

\*p (exact) – přesná hodnota p; r - velikost účinku (effect size)

Nás zajímal zejména vývoj změn následkem různých typů intervence. Z grafů průměrných výkonů vidíme protichůdné tendence.

Jedním objevujícím se vzorce změn výsledků po těchto dvou intervencích je prvotní neovlivnění výkonu či zhoršení, kdy po N-back tréninku následuje zlepšení. To se týká testů TMT-A, Stroop A (oba testy na psychomotorické tempo), Opakování čísel a BVMT-R. Velikost účinku je u některých ze zmiňovaných testů významná TMT-A,  $r=0,47$ , AVLT,  $r=0,52$  či středně velká u BVMT-R ( $r=0,33$ ).

Dalším typem vývoje výsledků v testech je prvotní zlepšení, po kterém následuje udržení výkonu nebo již jen pozvolné zlepšení. Tomuto popisu odpovídá výkon v testech TMT-B, Stroop B, Stroop C, tedy v testech, které zachycují exekutivní kontrolu.

Čekali bychom však opačný profil uvedených výsledků. Tedy to, že k výraznějšímu zlepšení ve výkonech v úlohách psychomotorického tempa dojde po placebo intervenci, což by odpovídalo tréninkovému úkolu. A naopak, že v úlohách na exekutivní kontrolu nejprve ke zlepšení nedojde, zatímco po N-back tréninku, se výkon výrazněji posune.

Na změně výsledku GHQ odráží zejména odpovědi u jedné osoby a nejedná se o obecnou tendenci.

V Tabulce č. 12 jsou uvedeny výsledky krátkého dotazníku, kterým jsme zjišťovali, jak probandi hodnotí jednotlivé tréninky a jaká mají očekávání vzhledem ke svému výkonu po absolvování dané intervence. Tento dotazník byl zadáván v úvodních částech setkání před započítáním testování.

**Tabulka č. 12 - Průměrné subjektivní hodnocení intervencí u placebo skupiny**

	Placebo	N-back
1. Zábavnost	7	5
2. Náročnost	3,8	5,4
3. Nucení	4,6	7,4
4. Krátkodobá paměť	4,2	5,6
5. Soustředění	5,4	6
6. Efekt	1,8	2,2

**Zadání znělo pro první 3 otázky:**

Jak Vám přišla tréninková úloha zábavná/náročná? (1-10; 1- vůbec ne, 10- ano, velmi)

Musel/a jste se do trénování nutit? (1-10; 1- vůbec ne, 10 – ano, velmi)

**Pro následující 2 otázky:**

Pozorujete po trénování zlepšení krátkodobé paměti/soustředění?

(1-10; 1- vůbec, 10 – ano, velmi)

**Pro poslední otázku:**

Očekáváte, že se trénink projeví na Vašem výkonu? (1- ne, 2- možná, 3- ano)

## 10.8 Souhrn výsledků

**N-back:** Statisticky **signifikantní změna** (zlepšení výkonu) se projevila u testu psychomotorického tempa **TMT-A** ( $Z=-1,869$ ,  $p=0,039$ ,  $r=0,5$ ) a sebeposuzovacího dotazníku **GHQ** ( $Z=-2,041$ ,  $p=0,031$ ,  $r=0,44$ ), což odráží vyšší míru psychické nepohody v období druhého testování. Velikost účinku vychází výrazněji ve **Stroopově testu C** ( $Z=-1,682$ ,  $p=0,053$ ,  $r=0,36$ ) a **Opakování čísel** ( $Z=-1,134$ ,  $p=0,25$ ,  $r=0,28$ ). U ostatních testů se neprojevilo nápadnější zlepšení.

**Skupinový trénink:** Neprojevilo se signifikantní zlepšení ve sledovaných testech. Nicméně rozdíly mezi měřeními dosahují u některých testů střední velikosti účinku. Týká se to **Opakování čísel pozpátku** ( $Z=-0,68$ ,  $p=0,344$ ,  $r=0,34$ ) a **BVTM-R** ( $Z=-1,084$ ,  $p=0,188$ ,  $r=0,27$ ) testu krátkodobé paměti, dále u **Stroopova testu A a C**. Také je patrné rovnoměrné zlepšení v dalších testech, ale při menší velikosti účinku ( $r=0,28$  v obou případech).

**Srovnání N-back a skupinového tréninku:** Srovnání obou typů tréninků nepoukazuje na signifikantní rozdíly, ačkoliv u **AVLT je velikost účinku ve středních hodnotách** ( $r=0,3$ ), což by mohlo naznačovat vztah mezi mírou změny výkonu a typu intervence.

**Placebo trénink:** Neprojevilo se signifikantní zlepšení v žádném testu. Střední velikost účinku se však překvapivě ukazuje v testech vyžadujících exekutivní kontrolu **Stroop B a C**, **TMT-B** ( $Z=-1,214$ ,  $p=0,313$ ,  $r=0,38$ ) V některých testech dochází ke zhoršení výsledku – **TMT-A** a v testu na krátkodobou vizuální paměť **BVTM-R**.

**Srovnání změn výkonu mezi intervencemi:** Na základě výsledků Kruskal-Wallisova testu nezmítáme nulovou hypotézu, podle které mají změny výsledků skupin stejnou distribuci.

**Srovnání placebo a N-back tréninku:** Po Bonferroniho korekci nenacházíme rozdíl, který by dosahoval  $\alpha=0,0167$ . Nejvýraznější rozdíl je v testu **TMT-A** ( $Z=2,03$ ,  $p=0,026$ ,  $r=0,41$ ), dále s malým účinkem  $r=0,2$  u **Stroopova testu C** a **BVMT-R** ve prospěch N-back tréninku. Placebo naopak vychází „lépe“ v testu TMT-B a dotazníku psychické „pohody“ GHQ .

**Placebo a skupinový trénink:** Změny po skupinovém tréninku se projevují výrazněji, i když jen s malým účinkem, v testech psychomotorického tempa TMT-A a Stroop A, dále Stroop C a krátkodobé vizuální paměti BVMT-R. Opačně je to u AVLT ( $r=0,25$ ).

**Placebo skupina ve dvou intervencích:** Změny výkonu se zdají být navzájem komplementární. Po prvním retestování dochází k nečekanému zlepšení ve Stroopově testu částech B a C, dále v TMT-B. Zároveň se objevuje zhoršení výkonu v některých testech (TMT-A, AVLT, BVMT-R). Po N-back tréninku dochází jednak ke zlepšení výkonu v jiných testech (Stroop-A, Opakování čísel), tak také k vyrovnání výkonu v testech po předchozím zhoršení (TMT-A, AVLT, BVMT-R).

**Tabulka č. 13 - Přehled velikostí účinku před a po intervenci**

hodnoty r pro:	TMT-A	TMT B	Stroop A	Stroop B	Stroop C
<b>N-back</b>	<b>0,5</b>				<b>0,36</b>
<b>Skupina</b>		<b>0,21</b>	<b>0,28</b>		<b>0,28</b>
<b>Placebo</b>	0,47	<b>0,38</b>		<b>0,38</b>	<b>0,35</b>
<b>Plac. po N-back</b>	<b>0,64</b>		<b>0,38</b>		<b>0,21</b>
	<b>AVLT</b>	<b>Opakování čísel</b>	<b>OČ pozpátku</b>	<b>BVMT-R</b>	<b>GHQ</b>
<b>N-back</b>		<b>0,28</b>		<b>0,19</b>	0,44
<b>Skupina</b>	0,42	<b>0,2</b>	<b>0,34</b>	<b>0,27</b>	0,29
<b>Placebo</b>	0,45			0,26	
<b>Plac. po N-back</b>	<b>0,42</b>	<b>0,52</b>		<b>0,29</b>	

Uvedeny jsou velikosti účinku po odpovídající intervenci, které překročily hranici 0,20 (malý až střední účinek). Zvýrazněna jsou zlepšení výkonu, na bílém pozadí jsou naopak výsledky, které souvisejí se zhoršením výkonu. Výsledky RSPM zde nejsou, protože v něm nebyly zaznamenány žádné rozdíly mezi skupinami.

## 11. Diskuze

Díky mapování změn po tréninku *N*-back a možnosti jeho srovnání s účinkem skupinového tréninku jsme mohli sledovat, zdali se objeví nějaké charakteristické znaky jednotlivých intervencí. Také jsme posuzovali možnost zaznamenat testovými metodami efekt tréninku ve srovnání s kontrolním placebo tréninkem, který je běžnou počítačovou hrou podobnou hře Tetris. Zajímal nás zvláště transfer do výkonu v netrénovaných doménách, jehož předpokladem je sdílená neuronální síť sledovaných kognitivních funkcí (Gray, Chabris, & Braver, 2003).

Při kognitivním tréninku není cílem zvládnutí jednoho typu úlohy, ale doufáme ve zlepšení samotných kognitivních funkcí, které se v těchto úlohách uplatňují. Při zjišťování úrovně té které funkce zase využíváme výsledky z více různých metod a testů s tím, že se v nich daná kognitivní funkce bude projevovat. V příslušných testech můžeme zachytit deficit, stejně jako bychom měli být schopni zachytit i zlepšení funkce. Proto lze předpokládat, že takové zlepšení se bude koherentně projevovat napříč testy, které měří tutéž doménu. Očekávali jsme proto, že pokud bude některá intervence zlepšovat kognitivní funkce, budou se i výsledky našeho výzkumu projevovat spíše ve „srozumitelných“ celcích, než jako série náhodných výkyvů. Bylo proto zahrnuto více testů, přičemž jsme neočekávali rovnoměrné zlepšení ve všech, ale záměrem bylo sledovat určité linie odpovídající tréninkovým podmínkám.

Vztah mezi charakterem úloh *N*-back a jednotlivými kognitivními doménami se zdá být komplikovaný. Někteří autoři se snaží nacházet sdílené variance s různými testy, aby se vůči sobě vzájemně vymezily či identifikovaly sdílené procesy zapojené v různých testových situacích. My jsme nezohledňovali výkon v úlohách *N*-back a jeho změnu, protože jsme podrobné údaje neměli k dispozici, na vzájemný vztah usuzujeme až skrze (ne)projevený transferový efekt. Naše zjištění však nedosahují až na pár výjimek signifikantní výše či vysoké velikosti účinku a nejsou tak příliš průkazné. Přijmeme-li námitku proti přílišnému spoléhání se na statistickou významnost a budeme přihlížet k velikostem účinků – které však nejsou v naší studii povětšinou velké – výsledky lze spíše považovat za náznaky než za doklady účinnosti, protože nedávají odpovědi „ano-ne“ ale hovoří spíše o míře projeveného vztahu.

Získali jsme množství dat, o čem tedy vypovídají?

## 11.1 Jednotlivé sledované rozdíly

### Srovnání N-back a skupinového tréninku

Očekávané rozdíly v profilu zlepšení po tréninku nebyly při Mann-Whitneyho U testem potvrzeny. Dokonce i velikosti účinku naznačují velmi malé rozdíly, pohybující se pod  $r=0,1$ . Výjimku tvoří test krátkodobé slovní paměti AVLT, u něž jediného vychází střední velikost účinku,  $r=0,3$ , n.s. (nesignifikantní). Z jednotlivých srovnání v rámci intervencí však vidíme, že u skupinového tréninku jakoby došlo k obecnému zlepšení, ne příliš výraznému, ale téměř ve všech úlohách až na AVLT. U obou sledovaných skupin došlo ke zvýšení skóre v Dotazníku obecného zdraví (GHQ), s čímž se může pojit horší rozpoložení, což by se potenciaálně mohlo odrazit ve výsledcích.

### Skupinový kognitivní trénink

Problematickým bodem srovnání těchto dvou intervencí je různá míra působících podnětů, které šly mimo naše zkoumání a možnosti ovlivnění. Rehabilitační program pacientů v Kladrubech má široké rozpětí. Je zde komplexní péče s různorodými aktivitami, jako jsou rehabilitační cvičení, plavání či ergoterapie. Různá fyzická cvičení podle některých studií také podporují neuroplasticitu a kognitivní výkonnost (Archer, 2012). Tyto všechny mohou také nepřímo přispívat i k posílení kognice. Také rozdílná míra kontaktu s personálem, kdy trénování z domova nemusí být tolik motivující jako být zařazen do režimového tréninkového plánu v rehabilitačním středisku. Rovnoměrný profil zlepšení, alespoň podle velikostí účinku, by odpovídal různorodému vytížení pacientů v rehabilitačním ústavu.

Také jejich věk je nižší než u ostatních skupin. Co se týká výsledků GHQ, je patrné, že mezi probandy byly přítomny velké rozdíly v psychické pohodě.

Například výkon ve slovním paměťovém testu AVLT klesá. U Opakování čísel je naopak stoupající tendence. Ačkoliv oba testy měří krátkodobou paměť, změna výkonu v nich je opačná.

### N-back

Při srovnání výsledků pre a post testů v rámci jedné sledované skupiny bychom očekávali projevení výraznějších změn, které by následně mohly být „korigovány“ podle zlepšení u ostatních intervencí. K relativnímu zlepšení ve výkonu, které by vyšlo statisticky signifikantní, by mohlo dojít také zhoršením výkonu u dalších srovnávaných intervencí. Na



tomto principu založené relativní zlepšení však není průkazným dokladem svědčící pro efektivitu takové intervence.

Přestože mnohé výsledky nevycházejí jako statisticky významné, velikosti účinku některých testů naznačují přítomnost efektu, který by se při větším vzorku mohl projevit signifikantně. Vycházíme-li z meziskupinového srovnání s placebo tréninkem, efekt tréninku *N*-back se projevil zlepšením psychomotorického tempa (měřeno TMT-A), dále v doménách krátkodobé paměti (vizuální BVTM-R a slovní AVLT). Srovnáme-li tento výsledek s výkony osob v placebo skupině po *N*-back tréninku, překrývají se některé oblasti zlepšení. Z nich je u placebo skupiny potřeba nejprve „odebrat“ ty výsledky, u kterých při předcházejícím testování došlo ke zhoršení výkonu. Takové zhoršení totiž můžeme chápat spíše jako momentální výkyv, než že by mělo být projevem *skutečného* zhoršení funkcí. A proto ani následující zlepšení, které se objevuje po *N*-back intervenci, nemusí být odrazem příčinného vztahu, ale spíše projevem fluktuace výkonu k základní úrovni. Po takovém „odebrání“ zavádějících zjištění, jsme našli zlepšení výkonu u obou skupin trénujících v *N*-back u **Opakování čísel a Stroopově testu části C**, ten se však zlepšil napříč intervencemi. Další zlepšení je u úlohy **Stroop A a TMT-A** a ze srovnání vychází významný rozdíl v testu **AVLT**.

Takový profil by bylo možné charakterizovat jako zlepšení výkonu psychomotorického tempa a krátkodobé - nikoliv pracovní - paměti. Podkladem by mohlo být zlepšení pozornosti. K podobnému závěru vlivu *N*-back na zaměření pozornosti dospívá také nedávná studie Lilienthalové et al. (2013). Je však potřeba zdůraznit, že námi pozorované rozdíly nabývají pouze malých hodnot a nepřekračují hladinu statistické signifikance.

## 11.2 Transfer do testu inteligence a pracovní paměti

Očekávaný efekt na výkon i inteligenčním testu RSPM se v naší studii neprojevil vůbec. Dokonce je jediným z testů, u něžž byly změny u všech sledovaných skupin téměř identické. Různé výzkumy přitom nacházejí spojitost *N*-back tréninku spíše s *gF* než s aspekty pracovní paměti (Kane, Conway, Miura, & Colflesh, 2007). Korelace úloh *N*-back s testy pracovní paměti se pohybují od nižších hodnot ( $r=0,24$ ) po vyšší ( $r=0,46$ ) (Jaeggi, Buschkuhl, et al., 2010). Stejný tým našel v jiné studii korelaci zlepšení výkonu v *N*-back stejně jako v klasičtějších testech krátkodobé paměti typu Opakování čísel ale ne už v komplexních úlohách na pracovní paměť (Jaeggi et al., 2008). Stále však není jasné, proč tomu tak je (Redick et al., 2012).

Toto je překvapivé vzhledem k povaze úloh *N*-back, které vyžadují paralelní uchovávání informací v krátkodobé paměti, stejně jako jejich manipulaci. Z tohoto důvodu by bylo možné očekávat zlepšení těchto vytěžovaných funkcí a procesů samostatně. Úlohy *N*-back vyžadují inhibici, mají prvky epizodické krátkodobé paměti, jelikož je potřeba uchovávat informace v kategorii „co, kdy, kde“ (Kesner & Hunsaker, 2010). Rozdělení pozornosti směrem k různým aspektům toho, co má být zapamatováno, je dalším z nároků na exekutivu. Mohlo by tedy být zajímavé zkoumat tyto jednotlivé procesy, které jsou během *N*-back trénovány. My jsme sledovali pouze inhibici (Stroop C), ale ne již rozdělenou pozornost či krátkodobou epizodickou paměť. Míra zlepšení jednotlivých subprocessů by mohla také pomoci určit *kvalitu* zlepšení po *N*-back tréninku a souvislost s následným efekt

Naše výsledky jsou ve shodě s uvedeným zjištěním ohledně vztahu ke krátkodobé paměti (Opakování čísel) a nikoliv k manipulaci informacemi v pracovní paměti (Opakování čísel pozpátku). Na rozdíl od studií Jaeggiové et al. (2008; 2010) nenacházíme efekt tréninku na výkon v testech *gF*.

Nepřítomnost transferového efektu tréninku *N*-back v testech inteligence uvádějí např. Redick et al. (2012), kteří využili randomizovanou kontrolovanou studii. Tito autoři dále upozorňují, že zaznamenání transfer do výkonu v testech *gF* je událost spíše ojedinělá než běžná a zároveň připomínají problematiku častějšího publikování pozitivních nálezů oproti negativním výsledkům (Redick et al., 2012). I když se stále častěji objevují i nepříznivá hodnocení účinnosti tréninků pracovní paměti- viz. metaanalytická studie Melby-Lervågové a Hulmeho (2012) nebo Chooie a Thompsona (2012).

### 11.3 Placebo

Placebo trénink se projevil rozdílem výsledků s velikostí účinku až  $r=0,38$  což znamená střední efekt. Překvapivě největší zlepšení výkonu se projevilo v testech vyžadujících exekutivní kontrolu. To neodpovídá tréninkovému úkolu. Zároveň došlo v některých testech ke zhoršení výsledku, což by mohlo naznačovat, že se u této skupiny objevuje fluktuace výkonu.

Jiným vysvětlením by mohlo být jen to, že zhoršení výsledků se děje v návaznosti na hraní hry, což není moc pravděpodobné vzhledem k poklesu výkonu v testu, který se trénovanou úlohou blízce souvisí (TMT-A). Toto je poměrně překvapivý výsledek, protože charakter placebo tréninku spočívá v rychlosti vizuálního vyhledávání, takže bychom čekali

opačný efekt. Z tohoto pohledu se neprojevil blízky transfer, ale naopak vzdálený, související s exekutivní kontrolou (viz. zlepšení TMT-B a Stroopově testu C).

Tyto údaje staví výsledky dalších intervencí do jiného světla- i placebo se může projevit poměrně významným rozdílem výkonu. Možná fluktuace výkonnosti může poukazovat na problematičnost reliability výkonů jednotlivců a tím také validitu našich závěrů.

## **11.4 Placebo skupina ve dvou tréninkových podmínkách**

Průběh výkonu u této skupiny lze rozdělit do dvou základních linií. První je zhoršení či neovlivnění výkonu po absolvování placebo tréninku, kdy následně po N-back dochází k návratu na původní úroveň či zlepšení (TMT-A, Stroop A, Opakování čísel, BVTM-R).

Druhou linií je zlepšení při retestu, po N-back se výkon udržuje či zlepšuje jen mírně (Stroop B a C, TMT-B). Mohlo by se to vyložit jako dosažení osobního maxima, které se dále zlepšuje hůře. Přesto ale není jasné, proč se zlepšení, i když nesignifikantní, projevilo po placebo tréninku právě v testech vyžadujících exekutivní kontrolu a navíc poměrně konzistentně. Placebo úloha tomuto profilu změn neopovídá.

Překvapivé je také zhoršení v TMT-A a zároveň zlepšení v TMT-B (u čtyř z pěti osob) při druhém testování. Ani důkladná kontrola neodhalila chybu ve správnosti dat. Možným vysvětlením je to, že si mohli testovaní svůj horší výkon v TMT-A uvědomovat a to je mohlo podnítit k větší snaze v následujícím úkolu.

### **Problematika opakovaného testování**

Tři testování týmiž testy s sebou nesou větší riziko učení, což se také může projevit na zlepšení výkonu. U některých podnětových materiálů není opakování tak problematické (např. Opakování čísel), na druhé straně AVLTL nelze použít pro retest se stejnými čtenými slovy. U AVLTL byla znovu zadána sada A s tím, že prvně prezentovaná byla před delší dobou (více než měsíc), karta BVTM-R byla otáčena v různých směrech.

Přestože je poměrně mnoho studií, které nacházejí vzdálený transfer, jejichž slabými místy je využívání jakožto kontrolní podmínky skupin, které nepodstupují žádnou alternativní či placebo intervenci (Dahlin, Nyberg, et al., 2008; Jaeggi et al., 2008; Salminen, Strobach, & Schubert, 2012; Westerberg et al., 2007). Množství investované energie do trénování se může projevit zvýšeným očekáváním lepšího výkonu než bez absolvování jakéhokoliv programu.

Míra investované energie do tréninku a její vliv na očekávání zlepšení se mírně projevila i v dotazníku, který jsme probandům zadali na začátku každého z retestů. Po náročnějším *N*-back tréninku očekávali vyšší míru zlepšení. I když se dá říci, že byli poměrně skeptičtí v očekávání výrazných změn.

## 11.5 Vlivy na výsledek

### 11.5.1 U tréninku *N*-back

#### Délka tréninku

Mohli bychom se ptát, zdali neprojevený efekt transferu souvisí s nedostatečnou mírou tréninku co do trvání a náročnosti. Jak ve své přehledové studii uvádí Klingberg (2010), účinnost tréninku se projevuje už po osmi hodinách trénování. Osm hodin na zlepšení kognitivní funkce je vskutku krátká doba. Tyto (možná právě díky zjištěným pozitivním výsledkům) hojně citované studie sledovaly často osoby v mladší věkové kategorii- studenty (Jaeggi et al., 2008, 2011) nebo děti s ADHD (Klingberg et al., 2005, 2002). Osoby po poškození mozku mohou vyžadovat delší dobu, než se změny na měřitelné rovině projeví. To by mohlo platit zvláště post-akutních fázích. V přehledovém článku Morrisonové a Cheina (2011) je názorný souhrn prokazaného a neprokazaného efektu transferu ve 26 sledovaných studiích. Z něj je patrné, že u starších dospělých osob jsou možnosti transferu oproti jiným věkovým skupinám omezenější. Obdobně také Schmiedek et al. (2010) našli větší efekt transferu u mladších než starších dospělých.

V souladu s tím jsou výsledky další studie (Dahlin, Bäckman, Neely, & Nyberg, 2009), kde se u osob ve věku 65-70 i přes zlepšení v úlohách pracovní paměti, neprojevil žádný transfer. Při analýze dat z fMRI se u této věkové skupiny našla po pětitydenním tréninku vyšší aktivace fronto-parietálních oblastí než u mladších sledovaných, což zřejmě znamená, že úkol nebyl zautomatizován. Je proto možné, že s věkem stoupá nutná délka intervence, aby se efekt projevil.

Vzhledem k tomu, že způsob kontroly průběhu tréninku u jednotlivých probandů nám umožnil zobrazit pouze data tréninků, ale ne už jejich délku, spoléhali jsme se tak na ústní vyjádření účastníků. Proto není možné vyloučit, že celková délka trénování byla menší, než uváděli. Jedna osoba uvedla výrazně vyšší počet odtrénovaných hodin, cca 20 (jediná výjimka ze všech probandů). Křivka jejího výkonu zachycuje výrazné zlepšení v téměř všech testech<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> Pro příklad TMT-B z původních 94 s na 70s, Stroop C ze 45s na 28 s. Jelikož máme tyto údaje pouze od jednoho probanda, jedná se spíše o anekdotickou informaci, kterou není možné zevšeobecňovat. Přesto je tento rozdíl ve výsledcích testů velmi výrazný a zlepšení se projevilo ve všech testech kromě BVTM-R.

## **Tréninkový mód**

Co se týká náročnosti, mód programu (jednoduchý vs. duální) je možné nastavit manuálně. Zpočátku bylo doporučováno, aby probandi trénovali v jednoduchém módu, a po krátkém zacvičení jej změnili na duální. Někteří účastníci se však cítili v této jednodušší variantě úkolu jistější, a proto u ní vydrželi déle, než bylo doporučeno. Toto by však nemělo ovlivnit transfer do RSPM, jak alespoň vyplývá ze studie Jaeggiové et al. (2010), která právě vztah módu a transferu do testů gF ověřovala.

## **Míra zlepšení**

Po počáteční kontrole porozumění principům tréninku, byly výsledky v něm sledovány pouze skrze e-mailovou korespondenci cca jednou týdně, a ty nebyly nijak zohledněny. Aspekty trénování by mohly být také blíže zkoumány, protože úzce souvisí s kvalitou tréninku, což by dále mohlo mít vliv na měřené výkony (a posílení kognitivních funkcí). Jak se ukazuje ve studiích s využitím adaptivní náročnosti tréninku, zlepšení při nich bývá vysoké (Dahlin, Neely, et al., 2008). Některé studie však i při zlepšení v tréninkové úloze *N-back* nezaznamenali u sledovaných osob transfer žádný (Redick et al., 2012; Rudebeck, Bor, Ormond, O'Reilly, & Lee, 2012).

### **11.5.2 Vlivy související s administrací testů**

#### **Vliv učení**

Jelikož byly některé testové metody použity opakovaně, je potřeba zvážit možný efekt procvičení a seznámení se úlohou, který se následně projeví ve zlepšení výkonu v testu bez doprovázející změny měřené schopnosti. V našem případě se to týká testů, které byly zadávány ve stejné formě. U Opakování čísel zřejmě nebude efekt učení přítomný tolik jako v testu AVLT. Z toho důvodu byly zadávány u některých testů odlišné varianty při testu a retestu.

Z našich výsledků také poměrně jednoznačně vyplývá, že sudá část RSPM je obtížnější, alespoň pro náš sledovaný vzorek, než lichá. U všech skupin se téměř identicky projevilo zhoršení výkonu při řešení druhé části. Proto by se dalo zkoumání transferu do gF vylepšit využitím barevných Ravenových matic s opakovanou administrací týchž položek.

#### **Reliabilita použitých testových metod**

Důležitým aspektem je reliabilita testů při zadávání klinické populaci. Fluktuace výsledků by tak znamenala celkově menší výpovědní hodnotu naměřených dat, zvláště při malém výzkumném vzorku jako je v naší studii (Lilienthal et al., 2013; Westerberg et al.,

2007). To by se dalo ošetřit opakovaným měřením a sledováním dlouhodobějších trendů, oproti spoléhání se na jeden izolovaný výkon či dva.

### **Délka administrace**

Celková délka testování a počet administrovaných úloh se také může podepsat na nalezených výsledcích. Uvádí se, že studie s nižším počtem úloh uvádějí vyšší míru transferu (Salminen et al., 2012).

### **11.5.3 Vlivy související s tréninkem**

#### **Motivace**

Účastníci počítačových intervencí se z velké části sami přihlásili se zájmem o trénink. Proto je nepravděpodobné, že by se na výsledcích projevil nedostatek motivace. U skupiny, která nejprve absolvovala placebo trénink, se mohl později dostavit efekt únavy. Přestože byla placebo aktivitou hra, navíc hodnocená jako zábavná, i tak byl přítomný aspekt „je potřeba trénovat“. Následný náročnější *N*-back tak pro některé mohl být demotivující, zvláště když bylo potřeba vynaložit větší úsilí pro posun do vyšších úrovní. Ačkoliv *N*-back má své mechanismy odměn (hudba a potlesk při úspěšném absolvování daného kola, grafické znázornění zlepšení), samotný program je stále spíše náročným tréninkem než hrou a není tolik uživatelsky vstřícný jako jiné tréninkové programy.

#### **Psychické rozpoložení**

U skupiny trénující v *N*-back programu stejně jako u probandů ve skupinovém tréninku vychází vyšší skóre v dotazníku GHQ, což je známkou toho, že výsledky druhého testování mohou být ovlivněny negativními změnami nálady či psychického stavu. U osob v *N*-back nejde o velké výchylky, protože změna se pohybuje do maximálně 3 bodů, zato plošně. U skupinového tréninku někteří jednotlivci prožívali zřejmě výraznější změny rozpoložení. U kontrolní skupiny tyto změny nálady nepozorujeme.

## **11.6 Limity naší studie**

### **Výzkumný design**

Jak jsme uvedli výše, ideální studie by byla založena na randomizovaném přidělení probandů různým výzkumným podmínkám, při zachování vyváženého zastoupení osob s ohledem na věk, časový odstup od utrpení poranění, typ poškození a následků. Tím, že jsme získávali osoby do výzkumu až „za běhu“, jejich přidělení jednotlivým intervencím bylo

ovlivněno tím, v jaké fázi sběru dat jsme se nacházeli. Nejprve jsme se soustředili na získávání probandů do *N*-back tréninku a až poté byli zapojeny také osoby ve skupinovém tréninku a placebo intervenci. Tento postup související s relativním nedostatkem potenciálních účastníků výzkumu, kteří by se výzkumu mohli a chtěli účastnit, se projevil v konečném nevyrovnaném složení a charakteristikách sledovaných skupin.

### **Velikost výzkumného vzorku**

Jedním z největších nedostatků naší studie je malý počet sledovaných osob ( $n=25$ ) a nerovnoměrné zastoupení porovnávaných skupin (11 v *N*-back, 9 ve skupinovém tréninku a 5 v placebo tréninku). Placebo skupina byla přitom využita ve dvou srovnáních, což nám umožnilo získat více údajů při zachování počtu osob. Díky tomu, že se jednalo o téže osoby při dvou intervencích, odpadá problematika rozdílnosti porovnávaných osob.

Nicméně s malým výzkumným vzorkem se potýkají i mnohé zveřejňované studie (viz. Westerberg, 2007;  $n=18$ ). Cicerone et al. (2011) v metaanalýze studií kognitivní rehabilitace u osob po TBI a CMP z let 2003 – 2008 uvádí, že 82 ze 112 jimi sledovaných výzkumů bylo provedeno bez kontrolní skupiny či jako případové studie s jedním subjektem.

### **Odlíšné charakteristiky sledovaných skupin**

Porovnávané skupiny se lišily v některých zásadních charakteristikách, což souvisí s realizovaným výzkumným designem. Výrazný je například rozdíl u placebo kontrolní skupiny, jejíž probandi jsou starší než osoby v dalších dvou skupinách. Věk je přitom považován za významnou proměnnou ovlivňující neuroplastické procesy. Výrazněji se mezi skupinami liší také uplynulý čas od utrpění poranění, což je další z modulátorů míry terapeutických změn. Osoby ve skupinovém tréninku byly ve výrazně ranější fázi rekonvalescence.

Nezohledňovali jsme počáteční míru poškození, protože nás zajímal aktuální stav probandů a tyto hodnoty by mohly být zavádějící, jelikož i při stejné závažnosti traumatu se jednotlivci mohou uzdravovat v rozdíle míře. U probandů jsme určovali podle Glasgow Outcome Scale aktuální míru zotavení, ale dále jsme s ním nepočítali, poněvadž se jejich současný výkon odráží ve vstupních testech.

Skupiny se tak někdy významně lišily v počátečních hodnotách výkonů v testech (v Příloze č. 2 jsou uvedeny grafy průměrných výkonů, z nichž je možné odlišnosti vyčíst).

Kvůli uvedeným odlišnostem jsme provedli rozbor výsledků s ohledem na tyto charakteristiky analýzou kovariance (ANCOVA) pomocí jednoduchého zobecněného lineárního modelu (GLM). Jako fixním faktor jsme zvolili typ intervence a jako kovariáty počáteční výkon a zmíněné intervenující proměnné. Protože podmínkou pro volbu kovariátů je jejich (statistická) nezávislost na fixním faktoru, udělali jsme nejprve test nezávislosti sledovaných proměnných na typu intervence Kruskal-Wallisovým testem (Field, 2009). Po této analýze byl vyřazen věk, který se liší mezi skupinami natolik, že jej nebylo možné zahrnout do této korekce. Ani po „přihlédnutí“ k uvedeným charakteristikám v sérii analýz se neukázal žádný výraznější vztah mezi typem intervence a mírou zlepšení výkonu.

### **Použité statistické metody**

V podobných studiích té naší se pro výpočet velikosti účinku uvádí Cohenovo  $d$ , které se nejvíce užívá u parametrických testů (Fritz et al., 2012). My jsme se následovali učebnicový postup při analýze neparametrických dat (Field, 2009). Některé studie však i s malým počtem osob  $n=18$  (viz. Westerberg, 2007) používají právě Cohenovo  $d$ . Různá volba metod analýzy dat může přinášet odchylky ve zjištěných hodnotách.

### **Navazující výzkumy**

V teoretické části se zabýváme vzorci neuronální reorganizace v závislosti na tréninku, coby biologickému podkladu změn. Sledování proměn neuronální aktivity v souvislosti s mírou uzdravení, by také pomohlo odhalit více z principů učení, transferu a efektu rehabilitace vůbec. Tento postup byl například využit u afázie, kdy bylo zjištěno, že „návrat“ zvýšené aktivity do levé (dominantní) hemisféry souvisel také s lepší obnovou řečových funkcí (Szaflarski, Allendorfer, Banks, Vannest, & Holland, 2013). Obdobně bychom mohli podobné pravidelnosti nacházet i v případě jiných kognitivních dysfunkcí. Sledování interindividuálních rozdílů v míře rezpozivity k terapii je v současných výzkumech stále více akcentováno (Karbach & Schubert, 2013).

Bylo by také zajímavé a zřejmě i obtížné sledovat efekt různých intervencí v přirozených podmínkách a úkolech, které se týkají každodenního života. Ačkoliv některé studie sledují kognitivního fungování v běžném životě, často jsou založeny na subjektivním hodnocení vlastního stavu (viz. Cicerone et al., 2004).

### **Přesahy**

Chein a Morrisonová (2010) považují za důležitý mechanismus transferu trénink doménově nespécifických funkcí- kontrolované pozornosti. A nejsou sami, kdo zastává tento



názor (Lilienthal et al., 2013; Westerberg et al., 2007). V této souvislosti jsou zajímavá zjištění tréninku *mindfulness* (všímavosti), jehož ústředním motivem je práce s pozorností a jejím zaměřením. Využívá přitom zcela jiné metody, avšak cílí obdobným směrem. Už i krátká perioda tréninku *mindfulness* má podle některých studií (Mrazek, Franklin, Phillips, Baird, & Schooler, 2013) příznivý efekt na výkon v úlohách pracovní paměti či porozumění čtenému textu, což je velmi podobný účinek popisovaný právě u již zmiňované studie Cheina a Morrisonové (2010).

## 11.7 Souhrn diskuze

Mezi kritizované postupy zveřejňovaných výzkumů patří pasivní kontrolní skupiny či dokládání efektivity tréninku a projevení transferu do netrénovaných domén s odkazem na výsledek jednoho testu (Redick et al., 2012). V našem výzkumu jsme se proto pokusili vytvořit komplexní soubor srovnání, které sleduje jednak dva typy kognitivního tréninku, tak také aktivní kontrolní skupinu. Tu jsme využili zároveň v rámci vnitroskupinového srovnání opět s využitím tréninku *N-back*.

Výsledky po cca 8 hodinách trénování jsou spíše rozporuplné, jelikož jediné signifikantní zlepšení tréninku *N-back* ve srovnání s placebem se projevilo v testu TMT-A, přičemž je podpořené zhoršením výkonu kontrolní skupiny ( $p=0,026$ ,  $r=0,41$ ). U skupinového kognitivního tréninku se signifikantní zlepšení výkonu při srovnání s kontrolní skupinou neprojevilo.

Ačkoliv jsme našli několik výsledků s velkou mírou účinku u dvou sledovaných tréninků v rámci testu-retestu, obdobné výsledky se objevují i po kontrolním tréninku. Srovnání jednotlivých kognitivních tréninků s placebem tak přináší nejednoznačné a nekohorentní výsledky, které zpochybňují výpovědní hodnotu nalezených zlepšení při retestu (např. zlepšení v TMT-A je větší u *N-back*, v TMT-B naopak u placeba). Při porovnání průběhu změn po *N-back* tréninku v tréninkové skupině i v kontrolní skupině, která s tímto programem trénovala v druhé části, se však objevují jisté podobné tendence ve změně výkonu (zlepšení), i když je nelze považovat za spolehlivé ukazatele, jelikož jim předcházelo v některých případech zhoršení výsledku. Zlepšení po *N-back* v těchto úlohách tak v některých případech odráží jen návrat na původní výkonnostní úroveň. Ovšem u Opakování čísel se projevuje zlepšení „čistě“ s velkou mírou účinku ( $r=0,52$ ).

## 12. Závěr

Na základě získaných údajů se z hlediska statistické signifikance nepodařilo prokázat účinnost kognitivního tréninku ve srovnání s kontrolním tréninkem. Navzdory tomu je třeba poukázat na skutečnost, že velikosti účinku v některých sledovaných doménách naznačují, že trénink v programu *N*-back vykazuje charakteristický projev změn, které se váží ke zlepšení výkonu v úlohách zaměřených na psychomotorické tempo a krátkodobou paměť. Poměrně rovnoměrně, avšak nevýrazně, se projevuje i účinek skupinového tréninku ve srovnání s kontrolní intervencí ( $r$  v intervalu 0,10-0,25, tzn. nízká až střední hodnota). Naše zjištění můžeme v bodech shrnout takto:

1. Sledované dva typy kognitivního tréninku, *N*-back a skupinový, se v míře zlepšení skóre v testech po dané časové dotaci z hlediska signifikance neliší. Jediný výraznější rozdíl je v AVLT testu ( $Z=-1,639$ ,  $r=0,30$ ). V dalších testech jsou si výsledky velmi blízké (velikost účinku se ve většině případů pohybuje pod  $r=0,1$ ).
2. Při srovnání s kontrolní skupinou jsme u *N*-back našli větší míru zlepšení v testu TMT-A ( $Z=-2,03$ ,  $p=0,026$ ,  $r=0,41$ )<sup>18</sup>.
3. Srovnání změn výkonů skupinového tréninku a placebo není statisticky signifikantní. Rozdíly nacházíme pouze ve velikostech účinku, které dosahují středních hodnot.
4. Neprokáali jsme, že se po daném tréninkovém období významně lišila míra zlepšení u kognitivního tréninku v porovnání s kontrolní podmínkou.
5. Ze srovnání toho, jak se projevil trénink *N*-back u samostatně trénující skupiny a zároveň také u skupiny kontrolní, vystupuje sdílený profil zlepšení v úlohách zaměřených na psychomotorické tempo a krátkodobou paměť.

Další studie by mohly ověřit naznačený efekt tréninku *N*-back s větším počtem probandů a ošetřenými tréninkovými podmínkami při zohlednění demografických a dalších charakteristik probandů, které mohou hrát podstatnou roli v responzivitě vůči terapii. Zvláště příslibné se v tomto ohledu zdá být zkoumání interindividuálních rozdílů v míře zisku z kognitivně-terapeutického působení s využitím zobrazovacích metod.

---

<sup>18</sup> Po Bonferroniho korekci však tento výsledek není statisticky signifikantní na upravené hladině významnosti.

## Seznam použitých zdrojů

- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or different constructs? *Psychological bulletin*, *131*(1), 30.
- Adams, H., Davis, P. H., Leira, E. C., Chang, K. C., Bendixen, B. H., Clarke, W. R., ... Hansen, M. D. (1999). Baseline NIH Stroke Scale score strongly predicts outcome after stroke: A report of the Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment (TOAST). *Neurology*, *53*(1), 126–131.
- Adams, H., & Lyden, P. (2009). Assessment of a patient with stroke: neurological examination and clinical rating scales. In M. Fisher (Ed.), *Stroke: Investigation and Management* (pp. 971–1011). Elsevier Health Sciences.
- Alvarez, J. A., & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: a meta-analytic review. *Neuropsychology review*, *16*(1), 17–42.
- Ambler, Z. (2002). *Neurologie: pro studenty lékařské fakulty*. Karolinum.
- Ambler, Z. (2011). *Základy neurologie*. Galén.
- Archer, T. (2012). Influence of physical exercise on traumatic brain injury deficits: Scaffolding effect. *Neurotoxicity research*, *21*(4), 418–434.
- Baars, B. J., & Gage, N. M. (2010). *Cognition, Brain, and Consciousness: Introduction to Cognitive Neuroscience*. Academic Press.
- Baddeley, A. (1996a). The fractionation of working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *93*(24), 13468.
- Baddeley, A. (1996b). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, *49*(1), 5–28.
- Baddeley, A. (1998). The central executive: A concept and some misconceptions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *4*(5), 523–526.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 417–423.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation*, *8*, 47–89.
- Baddeley, A., & Logie, R. (1999). Working Memory. The Multiple Component Model. In Akira Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control*. Cambridge University Press.
- Badre, D. (2008). Cognitive control, hierarchy, and the rostro–caudal organization of the frontal lobes. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(5), 193–200.
- Badre, D., Hoffman, J., Cooney, J. W., & D'Esposito, M. (2009). Hierarchical cognitive control deficits following damage to the human frontal lobe. *Nature neuroscience*, *12*(4), 515–522.
- Ball, K., Berch, D. B., Helmers, K. F., Jobe, J. B., Leveck, M. D., Marsiske, M., ... Tennstedt, S. L. (2002). Effects of cognitive training interventions with older adults. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, *288*(18), 2271–2281.
- Barbey, A. K., Colom, R., & Grafman, J. (2012). Dorsolateral prefrontal contributions to human intelligence. *Neuropsychologia*.
- Barbey, A. K., Colom, R., Solomon, J., Krueger, F., Forbes, C., & Grafman, J. (2012). An integrative architecture for general intelligence and executive function revealed by lesion mapping. *Brain*, *135*(4), 1154–1164.

- Barkley, J., Morales, D., Hayman, L. A., & Diaz-Marchan, P. (2007). Static neuroimaging in the evaluation of TBI. In N. Zasler, D. Katz, & R. Zafonte (Eds.), *Brain injury medicine: Principles and practice* (pp. 129–148).
- Barrett, A. M., Buxbaum, L. J., Coslett, H. B., Edwards, E., Heilman, K. M., Hillis, A. E., ... Robertson, I. H. (2006). Cognitive rehabilitation interventions for neglect and related disorders: moving from bench to bedside in stroke patients. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*(7), 1223–1236.
- Bartholomew, D. J. (2004). *Measuring Intelligence: Facts and Fallacies* (1st ed.). Cambridge University Press.
- Bartholomew, D. J., Deary, I. J., & Lawn, M. (2009). A new lease of life for Thomson's bonds model of intelligence. *Psychological review*, *116*(3), 567.
- Bednařík, J., Ambler, Z., & Růžička, E. (2010). *Klinická neurologie: Část speciální I*. Triton.
- Blahuš, P. (2000). Statistická významnost proti vědecké průkaznosti výsledků výzkumu. *Česká kinantropologie*, *4*(2), 53–72.
- Boyke, J., Driemeyer, J., Gaser, C., Büchel, C., & May, A. (2008). Training-Induced Brain Structure Changes in the Elderly. *The Journal of Neuroscience*, *28*(28), 7031–7035.
- Buschkuhl, M., Jaeggi, S. M., Hutchison, S., Perrig-Chiello, P., Däpp, C., Müller, M., ... Perrig, W. J. (2008). Impact of working memory training on memory performance in old-old adults. *Psychology and Aging*, *23*(4), 743.
- Buschkuhl, M., Jaeggi, S. M., & Jonides, J. (2011). Neuronal effects following working memory training. *Developmental Cognitive Neuroscience*.
- Carey, L. M., & Seitz, R. J. (2007). Functional neuroimaging in stroke recovery and neurorehabilitation: conceptual issues and perspectives. *International Journal of Stroke*, *2*(4), 245–264.
- Carota, A., Ptak, R., & Schnider, A. (2005). Cognitive recovery after stroke. In M. P. Barnes, B. H. Dobkin, & J. Bogousslavsky (Eds.), *Recovery After Stroke* (pp. 503–537). Cambridge University Press.
- Carroll, J. B. (2003). The higher-stratum structure of cognitive abilities: Current evidence supports g and about ten broad factors. In H. Nyborg (Ed.), *The Scientific Study of General Intelligence: Tribute to Arthur Jensen*. Pergamon.
- Carroll, J. B., & Nyborg, H. (2003). The higher-stratum structure of cognitive abilities: Current evidence supports g and about ten broad factors. *The scientific study of general intelligence: Tribute to Arthur R. Jensen*, 5–21.
- Casey, B. J., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? *Trends in cognitive sciences*, *9*(3), 104–110.
- Castellanos, N. P., Paúl, N., Ordóñez, V. E., Demuynck, O., Bajo, R., Campo, P., ... Maestú, F. (2010). Reorganization of functional connectivity as a correlate of cognitive recovery in acquired brain injury. *Brain*, *133*(8), 2365–2381.
- Cicerone, K. (2002). Remediation of 'working attention' in mild traumatic brain injury. *Brain Injury*, *16*(3), 185–195.
- Cicerone, K., Mott, T, Azulay, J., Friel, J.C.(2004). Community integration and satisfaction with functioning after intensive cognitive rehabilitation for traumatic brain injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *85*, 943–950.
- Cicerone, K. (2007). Cognitive rehabilitation. In N. Zasler, D. Katz, & R. Zafonte (Eds.), *Brain injury medicine: Principles and practice*.129–148.

- Cicerone, K., Langenbahn, D. M., Braden, C., Malec, J. F., Kalmar, K., Fraas, M., ... Bergquist, T. (2011). Evidence-based cognitive rehabilitation: updated review of the literature from 2003 through 2008. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 92(4), 519–530.
- Cicerone, K., Mott, T., Azulay, J., Sallow-Galella, M. A., Ellmo, W. J., Paradise, S., & Friel, J. C. (2008). A randomized controlled trial of holistic neuropsychologic rehabilitation after traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(12), 2239–2249.
- Ciuffreda, K., & Kapoor, N. (2012). Acquired Brain Injury. In Taub (Ed.), *Visual Diagnosis and Care of the Patient with Special Needs* (95–100). Lippincott Williams & Wilkins.
- Coetzer, R. (2006). *Traumatic Brain Injury Rehabilitation: A Psychotherapeutic Approach to Loss And Grief*. Nova Publishers.
- Cohen-Cory, S., Kidane, A. H., Shirkey, N. J., & Marshak, S. (2010). Brain-derived neurotrophic factor and the development of structural neuronal connectivity. *Developmental neurobiology*, 70(5), 271–288.
- Colom, R., Haier, R. J., Head, K., Álvarez-Linera, J., Quiroga, M. Á., Shih, P. C., & Jung, R. E. (2009). Gray matter correlates of fluid, crystallized, and spatial intelligence: Testing the P-FIT model. *Intelligence*, 37(2), 124–135.
- Colom, R., Rebollo, I., Palacios, A., Juan-Espinosa, M., & Kyllonen, P. C. (2004). Working memory is (almost) perfectly predicted by g. *Intelligence*, 32(3), 277–296.
- Conway, A. R., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., & Minkoff, S. R. . (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30(2), 163–183.
- Conway, A. R. A., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in cognitive sciences*, 7(12), 547–552.
- Cramer, S. C., Sur, M., Dobkin, B. H., O'Brien, C., Sanger, T. D., Trojanowski, J. Q., ... Chen, D. (2011). Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain*, 134(6), 1591–1609.
- Dahlin, E., Bäckman, L., Neely, A. S., & Nyberg, L. (2009). Training of the executive component of working memory: subcortical areas mediate transfer effects. *Restorative neurology and neuroscience*, 27(5), 405–419.
- Dahlin, E., Neely, A. S., Larsson, A., Bäckman, L., & Nyberg, L. (2008). Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science*, 320(5882), 1510–1512.
- Dahlin, E., Nyberg, L., Bäckman, L., & Neely, A. S. (2008). Plasticity of executive functioning in young and older adults: immediate training gains, transfer, and long-term maintenance. *Psychology and aging*, 23(4), 720.
- Deary, I. J., Lawn, M., & Bartholomew, D. J. (2008). A Conversation Between Charles Spearman, Godfrey Thomson, and Edward L. Thorndike: The International Examinations Inquiry Meetings 1931-1938. *History of Psychology*, 11(2), 122.
- Deary, I. J., Whalley, L. J., Lemmon, H., Crawford, J. R., & Starr, J. M. (2000). The stability of individual differences in mental ability from childhood to old age: Follow-up of the 1932 Scottish Mental Survey. *Intelligence*, 28(1), 49–55.
- Diamant, J. J., & Vašina, L. (1998). *Kapitoly z neuropsychologie*. Masarykova univerzita.
- Dikmen, S. S., Corrigan, J. D., Levin, H. S., Machamer, J., Stiers, W., & Weisskopf, M. G. (2009). Cognitive outcome following traumatic brain injury. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 24(6), 430.
- Dobkin, B. H. (2005). Rehabilitation after stroke. *New England Journal of Medicine*, 352(16), 1677–1684.

- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., & May, A. (2004). Neuroplasticity: changes in grey matter induced by training. *Nature*, *427*(6972), 311–312.
- Draganski, B., Gaser, C., Kempermann, G., Kuhn, H. G., Winkler, J., Büchel, C., & May, A. (2006). Temporal and spatial dynamics of brain structure changes during extensive learning. *The Journal of Neuroscience*, *26*(23), 6314–6317.
- Driemeyer, J., Boyke, J., Gaser, C., Büchel, C., & May, A. (2008). Changes in gray matter induced by learning—revisited. *PLoS One*, *3*(7), e2669.
- Duncan, J. (2005). Forum on Intelligence, Frontal Lobe Function and General Intelligence: Why It Matters. *Cortex*, *41*, 215–217.
- Duncan, J., Emslie, H., Williams, P., Johnson, R., & Freer, C. (1996). Intelligence and the Frontal Lobe: The Organization of Goal-Directed Behavior. *Cognitive Psychology*, *30*(3), 257–303.
- Duncan, J., Seitz, R. J., Kolodny, J., Bor, D., Herzog, H., Ahmed, A., ... Emslie, H. (2000). A neural basis for general intelligence. *Science*, *289*(5478), 457–460.
- Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders Imaging in clinical neuroscience. *British Medical Bulletin*, *65*(1), 49–59.
- Embretson, S. E. (1995). The role of working memory capacity and general control processes in intelligence. *Intelligence*, *20*(2), 169–189.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current directions in psychological science*, *11*(1), 19–23.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: a latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, *128*(3), 309.
- Erickson, K. I., Colcombe, S. J., Wadhwa, R., Bherer, L., Peterson, M. S., Scalf, P. E., ... Kramer, A. F. (2007). Training-induced functional activation changes in dual-task processing: an fMRI study. *Cerebral Cortex*, *17*(1), 192–204.
- Eriksson, P. S., Perfilieva, E., Björk-Eriksson, T., Alborn, A. M., Nordborg, C., Peterson, D. A., & Gage, F. H. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature medicine*, *4*(11), 1313–1317.
- Eslinger, P., Zappalà, G., Chakara, F., & Barrett, A. (2007). Cognitive Impairments After TBI. In N. Zasler, D. Katz, & R. Zafonte (Eds.), *Brain injury medicine: Principles and practice* (pp. 779–790).
- Fan, J., Fossella, J., Sommer, T., Wu, Y., & Posner, M. I. (2003). Mapping the genetic variation of executive attention onto brain activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *100*(12), 7406–7411.
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS* (Third Edition.). SAGE Publications Ltd.
- Fisher, M. (2009). *Stroke: Investigation and Management*. Elsevier Health Sciences.
- Fowler, C. D., Liu, Y., & Wang, Z. (2008). Estrogen and adult neurogenesis in the amygdala and hypothalamus. *Brain research reviews*, *57*(2), 342–351.
- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., DeFries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*, *17*(2), 172–179.
- Fritz, C. O., Morris, P. E., & Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, *141*(1), 2–18.
- Frost, S. B., Barbay, S., Friel, K. M., Plautz, E. J., & Nudo, R. J. (2003). Reorganization of remote cortical regions after ischemic brain injury: a potential substrate for stroke recovery. *Journal of neurophysiology*, *89*(6), 3205–3214.

- Funahashi, S. (2001). Neuronal mechanisms of executive control by the prefrontal cortex. *Neuroscience research*, 39(2), 147–165.
- Fuster, J. M. (2008). *The prefrontal cortex*. Academic Press.
- Gläscher, J., Rudrauf, D., Colom, R., Paul, L., Tranel, D., Damasio, H., & Adolphs, R. (2010). Distributed neural system for general intelligence revealed by lesion mapping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(10), 4705–4709.
- GoCognitive. (2010a). *The Central Executive Homunculus*. Získáno z: <http://www.gocognitive.net/interviews/central-executive-homunculus>
- GoCognitive. (2010b). *Alan Baddeley on the promise of neuroimaging*. Získáno z: <http://www.gocognitive.net/interviews/individual-differences-and-intelligence>
- Goldberg, E. (1994). Cognitive Novelty'. *Neurosciences*, 6, 371–378.
- Goldman-Rakic, P. S., Cools, A. R., & Srivastava, K. (1996). The Prefrontal Landscape: Implications of Functional Architecture for Understanding Human Mentation and the Central Executive [and Discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 351(1346), 1445–1453.
- Gottfredson, L. S. (1997). Mainstream science on intelligence: An editorial with 52 signatories, history and bibliography.
- Grafman, J., Salazar, A., Weingartner, H., Vance, S., & Amin, D. (1986). The relationship of brain-tissue loss volume and lesion location to cognitive deficit. *The Journal of neuroscience*, 6(2), 301–307.
- Gray, J. R., Chabris, C. F., & Braver, T. S. (2003). Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nature neuroscience*, 6(3), 316–322.
- Greenberg, M. E., Xu, B., Lu, B., & Hempstead, B. L. (2009). New insights in the biology of BDNF synthesis and release: implications in CNS function. *The Journal of Neuroscience*, 29(41), 12764–12767.
- Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. A., Head, K., & Alkire, M. T. (2005). The neuroanatomy of general intelligence: sex matters. *NeuroImage*, 25(1), 320–327.
- Haier, R. J., Siegel, B., Tang, C., Abel, L., & Buchsbaum, M. S. (1992). Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning. *Intelligence*, 16(3), 415–426.
- Haier, R. J., Siegel, B. V., Nuechterlein, K. H., Hazlett, E., Wu, J. C., Paek, J., ... Buchsbaum, M. S. (1988). Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography. *Intelligence*, 12(2), 199–217.
- Haier, R. J., White, N. S., & Alkire, M. T. (2003). Individual differences in general intelligence correlate with brain function during nonreasoning tasks. *Intelligence*, 31(5), 429–441.
- Hallbergson, A. F., Gnatenco, C., & Peterson, D. A. (2003). Neurogenesis and brain injury: managing a renewable resource for repair. *Journal of Clinical Investigation*, 112(8), 1128–1133.
- Hempel, A., Giesel, F. L., Caraballo, N. M. G., Amann, M., Meyer, H., Wüstenberg, T., ... Schröder, J. (2004). Plasticity of cortical activation related to working memory during training. *American Journal of Psychiatry*, 161(4), 745–747.
- Hendl, J. (2006). *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Portál.
- Heussner, K. (2013, January 31). Brain game company Lumosity earned \$24M in revenue in 2012, now reaches 35M members. *GigaOM*. Získáno 12. března, 2013 z <http://gigaom.com/2013/01/31/brain-game-company-lumosity-earned-24m-in-revenue-in-2012-now-reaches-35m-members/>

- Hillary, F. G., Medaglia, J. D., Gates, K., Molenaar, P. C., Slocumb, J., Peechatka, A., & Good, D. C. (2011). Examining working memory task acquisition in a disrupted neural network. *Brain*, *134*(5),
- Hulshoff Pol, H. E., Schnack, H. G., Posthuma, D., Mandl, R. C. W., Baaré, W. F., van Oel, C., ... Amunts, K. (2006). Genetic contributions to human brain morphology and intelligence. *The Journal of neuroscience*, *26*(40), 10235–10242.
- Huttenlocher, P. R. (2002). *Neural Plasticity: The Effects of Environment on the Development of the Cerebral Cortex*. Harvard University Press.
- Hynie, S., & Klenerová, V. (2010). Neurobiologie paměti. *Československá fyziologie*, (2). Získáno z: [http://neurofarm.lf1.cuni.cz/teaching/2010/hynie\\_fyziol\\_2\\_10.pdf](http://neurofarm.lf1.cuni.cz/teaching/2010/hynie_fyziol_2_10.pdf)
- Chan, R. C., Shum, D., Touloupoulou, T., & Chen, E. Y. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *23*(2), 201–216.
- Chein, J. M., & Morrison, A. B. (2010). Expanding the mind's workspace: Training and transfer effects with a complex working memory span task. *Psychonomic Bulletin & Review*, *17*(2), 193–199.
- Chiang, M. C., Barysheva, M., Shattuck, D. W., Lee, A. D., Madsen, S. K., Avedissian, C., ... De Zubicaray, G. I. (2009). Genetics of brain fiber architecture and intellectual performance. *The Journal of Neuroscience*, *29*(7), 2212–2224.
- Chooi, W. T., & Thompson, L. A. (2012). Working memory training does not improve intelligence in healthy young adults. *Intelligence*, *40*(6), 531–542.
- Imayoshi, I., Sakamoto, M., Ohtsuka, T., Takao, K., Miyakawa, T., Yamaguchi, M., ... Kageyama, R. (2008). Roles of continuous neurogenesis in the structural and functional integrity of the adult forebrain. *Nature neuroscience*, *11*(10), 1153–1161.
- Iverson, G. L., Lange, R. T., Brooks, B. L., & Lynn Ashton Rennison, V. (2010). "Good Old Days" Bias Following Mild Traumatic Brain Injury. *The Clinical Neuropsychologist*, *24*(1), 17–37.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Etienne, A., Ozdoba, C., Perrig, W. J., & Nirako, A. C. (2007). On how high performers keep cool brains in situations of cognitive overload. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *7*(2), 75–89.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Perrig, W. J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(19), 6829.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Shah, P. (2011). Short-and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*(25), 10081.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Perrig, W. J., & Meier, B. (2010). The concurrent validity of the N-back task as a working memory measure. *Memory*, *18*(4), 394–412.
- Jaeggi, S. M., Studer-Luethi, B., Buschkuhl, M., Su, Y.-F., Jonides, J., & Perrig, W. J. (2010). The relationship between n-back performance and matrix reasoning—implications for training and transfer. *Intelligence*, *38*(6), 625–635.
- Johnson, V. E., Stewart, W., & Smith, D. H. (2010). Traumatic brain injury and amyloid- $\beta$  pathology: a link to Alzheimer's disease? *Nature Reviews Neuroscience*, *11*(5), 361–370.
- Jonides, J., Schumacher, E. H., Smith, E. E., Lauber, E. J., Awh, E., Minoshima, S., & Koeppe, R. A. (1997). Verbal working memory load affects regional brain activation as measured by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *9*(4), 462–475.
- Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, *30*(02), 135–154.



- Kane, M. J., Conway, A. R. ., Hambrick, D. Z., & Engle, R. W. (2007). Variation in working memory capacity as variation in executive attention and control. *Variation in working memory*, 21–48.
- Kane, M. J., Conway, A. R. A., Miura, T. K., & Colflesh, G. J. H. (2007). Working memory, attention control, and the N-back task: A question of construct validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(3), 615.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 637–671.
- Karbach, J., & Schubert, T. (2013). Training-induced cognitive and neural plasticity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7.
- Kelly, C., Foxe, J. J., & Garavan, H. (2006). Patterns of normal human brain plasticity after practice and their implications for neurorehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 87(12), 20–29.
- Kelly, C., & Garavan, H. (2005). Human functional neuroimaging of brain changes associated with practice. *Cerebral Cortex*, 15(8), 1089–1102.
- Kelly-Hayes, P. M., Robertson, J. T., Broderick, J. P., Duncan, P. W., Hershey, L. A., Roth, E. J., ... Trombly, C. A. (1998). The American Heart Association Stroke Outcome Classification. *Stroke*, 29(6), 1274–1280.
- Kempermann, G., Jessberger, S., Steiner, B., & Kronenberg, G. (2004). Milestones of neuronal development in the adult hippocampus. *Trends in neurosciences*, 27(8), 447–452.
- Kennedy, M. R., Coelho, C., Turkstra, L., Ylvisaker, M., Sohlberg, M. M., Yorkston, K., ... Kan, P.-F. (2008). Intervention for executive functions after traumatic brain injury: A systematic review, meta-analysis and clinical recommendations. *Neuropsychological Rehabilitation*, 18(3), 257–299.
- Kesner, R. P., & Hunsaker, M. R. (2010). The temporal attributes of episodic memory. *Behavioural Brain Research*, 215(2), 299–309.
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in cognitive sciences*, 14(7), 317–324.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., ... Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD—a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177–186.
- Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24(6), 781–791.
- Koehler, R., Wilhelm, E. E., & Shoulson, I. (2011). *Cognitive Rehabilitation Therapy for Traumatic Brain Injury: Evaluating the Evidence*. National Academies Press.
- Kramer, J., & Quintania, L. (2007). Beside Frontal Lobe Testing. In B. L. Miller & J. L. Cummings (Eds.), *The Human Frontal Lobes: Functions And Disorders* (pp. 279–291). Guilford Press.
- Kreiter, K. T., Copeland, D., Bernardini, G. L., Bates, J. E., Peery, S., Claassen, J., ... Mayer, S. A. (2002). Predictors of Cognitive Dysfunction After Subarachnoid Hemorrhage. *Stroke*, 33(1), 200–209.
- Kuhn, H. G., Dickinson-Anson, H., & Gage, F. H. (1996). Neurogenesis in the dentate gyrus of the adult rat: age-related decrease of neuronal progenitor proliferation. *The Journal of neuroscience*, 16(6), 2027–2033.
- Kulišťák, P. (2006). Kognitivní deficit u traumatického poškození mozku. In H. Kučerová (Ed.), *Neuropsychologie v neurologii* (pp. 87–122). Grada Publishing a.s.

- Kwakkel, G., Wagenaar, R., Kollen, B., & Lankhosrt, G. (1996). Predicting disability in stroke—a critical review of the literature. *Age and ageing*, 25(6), 479–489.
- Kwok, F. Y., Lee, T. M., Leung, C. H., & Poon, W. S. (2008). Changes of cognitive functioning following mild traumatic brain injury over a 3-month period. *Brain Injury*, 22(10), 740–751.
- Kyllonen, P. C. (1996). Is working memory capacity Spearman's g. *Human abilities: Their nature and measurement*, 49–75.
- Lazar, S. W., Kerr, C. E., Wasserman, R. H., Gray, J. R., Greve, D. N., Treadway, M. T., ... others. (2005). Meditation experience is associated with increased cortical thickness. *Neuroreport*, 16(17), 1893.
- Leker, R. R., & Shohami, E. (2002). Cerebral ischemia and trauma—different etiologies yet similar mechanisms: neuroprotective opportunities. *Brain Research Reviews*, 39(1), 55–73.
- Levin, H. S., Mattis, S., Ruff, R. M., Eisenberg, H. M., Marshall, L. F., Tabaddor, K., ... Frankowski, R. F. (1987). Neurobehavioral outcome following minor head injury: a three-center study. *Journal of neurosurgery*, 66(2), 234–243.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological Assessment* (5th ed.). Oxford University Press, USA.
- Li, Y., Liu, Y., Li, J., Qin, W., Li, K., Yu, C., & Jiang, T. (2009). Brain anatomical network and intelligence. *PLoS computational biology*, 5(5), e1000395.
- Liepert, J., Bauder, H., Miltner, W. H., Taub, E., & Weiller, C. (2000). Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*, 31(6), 1210–1216.
- Lilienthal, L., Tamez, E., Shelton, J. T., Myerson, J., & Hale, S. (2013). Dual n-back training increases the capacity of the focus of attention. *Psychonomic bulletin & review*, 20(1), 135–141.
- Luders, E., Narr, K. L., Thompson, P. M., & Toga, A. W. (2009). Neuroanatomical correlates of intelligence. *Intelligence*, 37(2), 156–163.
- Maguire, E. A., Woollett, K., & Spiers, H. J. (2006). London taxi drivers and bus drivers: a structural MRI and neuropsychological analysis. *Hippocampus*, 16(12), 1091–1101.
- McDowell, I. (2006). *Measuring Health: A Guide to Rating Scales And Questionnaires*. Oxford University Press.
- Mehta, C. R., & Patel, N. R. (2011). IBM SPSS Exact Tests. IBM Software Group. Získáno z: [ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/statistics/20.0/en/client/Manuals/IBM\\_SPSS\\_Exact\\_Tests.pdf](ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/statistics/20.0/en/client/Manuals/IBM_SPSS_Exact_Tests.pdf)
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2012). Is Working Memory Training Effective? A Meta-Analytic Review.
- Middleton, J. (2003). Acquired Brain Injury. In D. H. Skuse (Ed.), *Child Psychology and Psychiatry: An Introduction* (pp. 105–108). The Medicine Publishing Company.
- Michalec, J. (2012). *Validizační studie Victoria verze Stroopova testu k diagnostice dysexekutivního deficitu u Parkinsonovy nemoci* (Diplomová práce). Masarykova univerzita, Brno. Získáno z: [http://is.muni.cz/th/215570/ff\\_m/DP\\_Michalec\\_final.pdf](http://is.muni.cz/th/215570/ff_m/DP_Michalec_final.pdf)
- Mitchell, M. L., & Jolley, J. M. (2012). *Research Design Explained*. Cengage Learning.
- Mitrushina, M., Boone, K., Razani, J., & D'Elia, L. (2005). *Handbook of Normative Data for Neuropsychological Assessment*. Oxford University Press.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex. *Cognitive psychology*, 41(1), 49–100.

- Moody, D. E. (2009). Can intelligence be increased by training on a task of working memory? Získáno z <http://psycnet.apa.org/psycinfo/2009-08754-002>
- Morrison, A. B., & Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic bulletin & review*, 18(1), 46–60.
- Mrazek, M. D., Franklin, M. S., Phillips, D. T., Baird, B., & Schooler, J. W. (2013). Mindfulness Training Improves Working Memory Capacity and GRE Performance While Reducing Mind Wandering. *Psychological Science*.
- Nadarajah, B., & Parnavelas, J. G. (2002). Modes of neuronal migration in the developing cerebral cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(6), 423–432.
- Nair, S., Lehmann, J., Williams, J. M., & Weiss, B. (1993). Traumatic Brain Injury: An Emerging Therapeutic Indication. *Drug News & Perspective*, (6), 600–603.
- Nakamura, T., Hillary, F. G., & Biswal, B. B. (2009). Resting Network Plasticity Following Brain Injury. *PLoS ONE*, 4(12), e8220.
- Němeček, S., Němečková, J., & Cerman, J. (2003). PATOMORFOLOGIE PORANĚNÍ MOZKU. *Neurologie pro praxi*, (6). Získáno z: <http://neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2003/06/05.pdf>
- Nguyen, R., Zafonte, R., & Chae, H. (2009). Prognosis. In J. Jallo & C. Loftus (Eds.), *Neurotrauma and Critical Care of the Brain* (pp. 3–20). Thieme.
- Noack, H., Lövdén, M., Schmiedek, F., & Lindenberger, U. (2009). Cognitive plasticity in adulthood and old age: gauging the generality of cognitive intervention effects. *Restorative neurology and neuroscience*, 27(5), 435–453.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). *Attention to action: Willed and automatic control of behavior: In R.J. Davidson, G.E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), Consciousness and self-regulation (Vol. 4; pp. 1-18)*. New York: Plenum.
- Orman, J., Kraus, J., F., Zaloshnja, E., & Miller, T. (2011). Epidemiology. In J. M. Silver, T. W. McAllister, & S. C. Y. M.D (Eds.), *Textbook of Traumatic Brain Injury [With Access Code]* (pp. 3–22). American Psychiatric Pub.
- Owen, A. M., Hampshire, A., Grahn, J. A., Stenton, R., Dajani, S., Burns, A. S., ... Ballard, C. G. (2010). Putting brain training to the test. *Nature*, 465(7299), 775–778.
- Paolucci, S., Antonucci, G., Grasso, M. G., Bragoni, M., Coiro, P., Angelis, D. D., ... Pratesi, L. (2003). Functional Outcome of Ischemic and Hemorrhagic Stroke Patients After Inpatient Rehabilitation A Matched Comparison. *Stroke*, 34(12), 2861–2865.
- Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. (2009). The adaptive brain: aging and neurocognitive scaffolding. *Annual review of psychology*, 60, 173.
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., & Merabet, L. B. (2005). The plastic human brain cortex. *Annu. Rev. Neurosci.*, 28, 377–401.
- Perlstein, W. M., Cole, M. A., Demery, J. A., Seignourel, P. J., Dixit, N. K., Larson, M. J., ... others. (2004). Parametric manipulation of working memory load in traumatic brain injury: behavioral and neural correlates. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(5), 724–741.
- Persson, J., & Reuter-Lorenz, P. A. (2008). Gaining Control: Training Executive Function and Far Transfer of the Ability to Resolve Interference. *Psychological Science*, 19(9), 881–888.
- Petersen, S. E., Van Mier, H., Fiez, J. A., & Raichle, M. E. (1998). The effects of practice on the functional anatomy of task performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(3), 853–860.

- Pfeiffer, J. (2007). *Neurologie v rehabilitaci: pro studium a praxi*. Grada Publishing a.s.
- Pinel, J. P. J. (2011). *Biopsychology (text only) 8th (Eighth) edition by J. P.J. Pinel (8th ed.)*. Boston: Pearson Education, Inc.
- Poldrack, R. A. (2000). Imaging brain plasticity: conceptual and methodological issues—a theoretical review. *NeuroImage*, *12*(1), 1–13.
- Povlishock, J. T., & Katz, D. I. (2005). Update of neuropathology and neurological recovery after traumatic brain injury. *The Journal of head trauma rehabilitation*, *20*(1), 76–94.
- Preiss, M., Chrástková, D., Steinová, D., & Vejsadová, J. (2010). Efektivita trénování paměti. Příručka pro zájemce o trénování paměti. Psychiatrické centrum Praha.
- Preusse, F., der Meer Elke, van, Deshpande, G., Krueger, F., & Wartenburger, I. (2011). Fluid Intelligence Allows Flexible Recruitment of the Parieto-Frontal Network in Analogical Reasoning. *Frontiers in Human Neuroscience*, *5*.
- Prokosch, M. D., Yeo, R. A., & Miller, G. F. (2005). Intelligence tests with higher g loadings show higher correlations with body symmetry: Evidence for a general fitness factor mediated by developmental stability. *Intelligence*, *33*(2), 203–213.
- Ptito, M., Fumal, A., de Noordhout, A. M., Schoenen, J., Gjedde, A., & Kupers, R. (2008). TMS of the occipital cortex induces tactile sensations in the fingers of blind Braille readers. *Experimental Brain Research*, *184*(2), 193–200.
- Raymont, V., Salazar, A. M., Krueger, F., & Grafman, J. (2011). “Studying injured minds”—the Vietnam head injury study and 40 years of brain injury research. *Frontiers in neurology*, *2*.
- Raven, J. C., Court, J. H., Raven, J. (1991). *Štandardné progresívne matice (T-16)*. Psychodiagnostika.
- Redick, T. S., Shipstead, Z., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Fried, D. E., Hambrick, D. Z., ... Engle, R. W. (2012). No Evidence of Intelligence Improvement After Working Memory Training: A Randomized, Placebo-Controlled Study. *Journal of Experimental Psychology, General*.
- Rees, L., Marshall, S., Hartridge, C., Mackie, D., & Weiser, M. (2007). Cognitive interventions post acquired brain injury. *Brain injury*, *21*(2), 161–200.
- Richmond, L. L., Morrison, A. B., Chein, J. M., & Olson, I. R. (2011). Working memory training and transfer in older adults. *Psychology and aging*, *26*(4), 813.
- Rohling, M. L., Faust, M. E., Beverly, B., & Demakis, G. (2009). Effectiveness of cognitive rehabilitation following acquired brain injury: A meta-analytic re-examination of Cicerone et al.’s (2000, 2005) systematic reviews. *Neuropsychology*, *23*(1), 20.
- Rosen, V. M., & Engle, R. W. (1998). Working memory capacity and suppression. *Journal of memory and language*, *39*(3), 418–436.
- Rostami, E., Krueger, F., Zoubak, S., Dal Monte, O., Raymont, V., Pardini, M., ... Grafman, J. (2011). BDNF Polymorphism Predicts General Intelligence after Penetrating Traumatic Brain Injury. *PLoS ONE*, *6*(11), e27389.
- Rudebeck, S. R., Bor, D., Ormond, A., O’Reilly, J. X., & Lee, A. C. H. (2012). A Potential Spatial Working Memory Training Task to Improve Both Episodic Memory and Fluid Intelligence. *PLoS ONE*, *7*(11), e50431.
- Ryan, T. V., & Ruff, R. M. (1988). The efficacy of structured memory retraining in a group comparison of head trauma patients. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *3*(2), 165–179.
- Saatman, K. E., Duhaime, A. C., Bullock, R., Maas, A. I. R., Valadka, A., & Manley, G. T. (2008). Classification of traumatic brain injury for targeted therapies. *Journal of neurotrauma*, *25*(7), 719–738.

- Salminen, T., Strobach, T., & Schubert, T. (2012). On the impacts of working memory training on executive functioning. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6.
- Sapp, M. (2010). *Psychodynamic, Affective, and Behavioral Theories to Psychotherapy*. Charles C Thomas Publisher.
- Saur, D., Lange, R., Baumgaertner, A., Schraknepper, V., Willmes, K., Rijntjes, M., & Weiller, C. (2006). Dynamics of language reorganization after stroke. *Brain*, 129(6), 1371–1384.
- Seidl, Z. (2004). *Neurologie pro studium i praxi*. Grada Publishing a.s.
- Seidl, Z. (2008). *Neurologie -Pro nelékařské zdravotnické obory*. Grada Publishing a.s.
- Serino, A., Ciaramelli, E., Santantonio, A. D., Malagu, S., Servadei, F., & Ladavas, E. (2007). A pilot study for rehabilitation of central executive deficits after traumatic brain injury. *Brain Injury*, 21(1), 11–19.
- Shipstead, Z., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2010). Does working memory training generalize? *Psychologica Belgica*, 50, 3(4), 245–276.
- Schmiedek, F., Lövdén, M., & Lindenberger, U. (2010). Hundred days of cognitive training enhance broad cognitive abilities in adulthood: findings from the COGITO study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2.
- Soukup, P., & Rabušič, L. (2007). Několik poznámek k jedné obsesi českých sociálních věd- statistické významnosti. *Sociologický časopis*, 43(2).
- Sowell, E. R., Peterson, B. S., Thompson, P. M., Welcome, S. E., Henkenius, A. L., & Toga, A. W. (2003). Mapping cortical change across the human life span. *Nature neuroscience*, 6(3), 309–315.
- Spearman, C. (1904). "General Intelligence," Objectively Determined and Measured. *The American Journal of Psychology*, 15(2), 201–292.
- Spearman, C. (1927). *The Abilities of Man: Their Nature and Measurement* (1st ed.). Macmillan.
- Staudt, M., Lidzba, K., Grodd, W., Wildgruber, D., Erb, M., & Krägeloh-Mann, I. (2002). Right-hemispheric organization of language following early left-sided brain lesions: functional MRI topography. *Neuroimage*, 16(4), 954–967.
- Sternberg, R. J. (2008). Increasing fluid intelligence is possible after all. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(19), 6791–6792.
- Strauss, E. H., Sherman, E., & Spreen, O. (2006). *A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms, And Commentary*. Oxford University Press.
- Stulemeijer, M., Vos, P. E., Bleijenberg, G., & van der Werf, S. P. (2007). Cognitive complaints after mild traumatic brain injury: Things are not always what they seem. *Journal of Psychosomatic Research*, 63(6), 637–645.
- Stuss, D. T. (2011). Functions of the Frontal Lobes: Relation to Executive Functions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(5), 759–765.
- Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2007). Is there a dysexecutive syndrome? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1481), 901–915.
- Stuss, D. T., & Knight, R. T. (2002). Prefrontal Cortex: The Present and the Future. In D. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 573–598). Oxford University Press, USA.
- Stuss, D. T., Winocur, G., & Robertson, I. H. (1999). *Cognitive Neurorehabilitation*. Cambridge University Press.

- Szaflarski, J. P., Allendorfer, J. B., Banks, C., Vannest, J., & Holland, S. K. (2013). Recovered vs. not-recovered from post-stroke aphasia: The contributions from the dominant and non-dominant hemispheres. *Restorative neurology and neuroscience*.
- Tate, R. (2012). Traumatic Brain Injury. In P. Kennedy (Ed.), *The Oxford Handbook of Rehabilitation Psychology* (pp. 248–272). Oxford University Press.
- Telecká, S. (2006). Kognitivní deficit u vaskulární demence. In H. Kučerová (Ed.), *Neuropsychologie v neurologii* (pp. 177–208). Grada Publishing a.s.
- Thickpenny-Davis, K. L., & Barker-Collo, S. L. (2007). Evaluation of a Structured Group Format Memory Rehabilitation Program For Adults Following Brain Injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 22(5), 303–313.
- Thulborn, K. R., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1999). Plasticity of Language-Related Brain Function During Recovery From Stroke. *Stroke*, 30(4), 749–754.
- Trojan, S., & Pokorný, J. (1997). Teoretický a klinický význam neuroplasticity. *Bratislavské Lekárske Listy*, 98, 667–673.
- Turner-Strokes, L. (2003). *Rehabilitation Following Acquired Brain Injury: National Clinical Guidelines*. Royal College of Physicians.
- Unsworth, N., & Engle, R. W. (2005). Working memory capacity and fluid abilities: Examining the correlation between Operation Span and Raven. *Intelligence*, 33(1), 67–81.
- Ústav histologie a embryologie. (2013). Kmenové buňky- slovník pojmů. *Ústav histologie a embryologie, Univerzita Karlova v Praze*.
- ÚZIS ČR. (2012). Hospitalizovaní v nemocnicích ČR 2011. ÚZIS ČR. Získáno z: <http://www.uzis.cz/katalog/zdravotnicka-statistika/hospitalizovani-podle-klasifikace-drg>
- Van den Heuvel, M. P., Stam, C. J., Kahn, R. S., & Pol, H. E. H. (2009). Efficiency of functional brain networks and intellectual performance. *The Journal of Neuroscience*, 29(23), 7619–7624.
- Van Der Maas, H. L. J., Dolan, C. V., Grasman, R. P. P. P., Wicherts, J. M., Huizenga, H. M., & Raijmakers, M. E. J. (2006). A dynamical model of general intelligence: the positive manifold of intelligence by mutualism. *Psychological review*, 113(4), 842–861.
- Van Praag, H., Kempermann, G., & Gage, F. H. (2000). Neural consequences of environmental enrichment. *Nature Reviews Neuroscience*, 1(3), 191–198.
- Velký lékařský slovník. (2012, November 17). *Velký lékařský slovník*. Dostupné z <http://lekarske.slovniky.cz/lexikon-pojem/neurotrofiny-2>
- Veterans Health Initiative. (2010). Traumatic Brain Injury. Department of Veterans Affairs. Získáno z: <http://www.publichealth.va.gov/docs/vhi/traumatic-brain-injury-vhi.pdf>
- Votava, J. (2001). Rehabilitace osob po cévní mozkové příhodě. *Neurologie pro praxi*, (4), 184–189.
- Voytek, B., Davis, M., Yago, E., Barcelo, F., Vogel, E. K., & Knight, R. T. (2010). Dynamic Neuroplasticity after Human Prefrontal Cortex Damage. *Neuron*, 68(3), 401–408.
- Wang, M., & Gennarelli, T. A. (2009). Classification Systems. In J. Jallo & C. Loftus (Eds.), *Neurotrauma and Critical Care of the Brain* (pp. 87–96). Thieme.
- Ward, J. (2009). *The Student's Guide to Cognitive Neuroscience, 2nd Edition* (2nd ed.). Psychology Press.
- Ward, N. S. (2005). Neural plasticity and recovery of function. In Steven Laureys (Ed.), *Progress in Brain Research* (Vol. Volume 150, pp. 527–535). Elsevier.

- Ward, N. S., Brown, M. M., Thompson, A. J., & Frackowiak, R. S. J. (2003). Neural correlates of outcome after stroke: a cross-sectional fMRI study. *Brain*, *126*(6), 1430–1448.
- Waterhouse, E. G., & Xu, B. (2009). New insights into the role of brain-derived neurotrophic factor in synaptic plasticity. *Molecular and Cellular Neuroscience*, *42*(2), 81–89.
- Wei, J. W., Heeley, E. L., Wang, J.-G., Huang, Y., Wong, L. K. S., Li, Z., ... Anderson, C. S. (2010). Comparison of Recovery Patterns and Prognostic Indicators for Ischemic and Hemorrhagic Stroke in China The ChinaQUEST (Quality Evaluation of Stroke Care and Treatment) Registry Study. *Stroke*, *41*(9), 1877–1883.
- Westerberg, H., Jacobaeus, H., Hirvikoski, T., Clevberger, P., Östensson, M. L., Bartfai, A., & Klingberg, T. (2007). Computerized working memory training after stroke-A pilot study. *Brain Injury*, *21*(1), 21–29.
- Wiley, J., Jarosz, A. F., Cushen, P. J., & Colflesh, G. J. H. (2011). New rule use drives the relation between working memory capacity and Raven's Advanced Progressive Matrices. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *37*(1), 256.
- Willis, S. L., & Schaie, K. W. (2009). Cognitive training and plasticity: theoretical perspective and methodological consequences. *Restorative neurology and neuroscience*, *27*(5), 375–389.
- Witte, O. W. (1998). Lesion-induced plasticity as a potential mechanism for recovery and rehabilitative training. *Current opinion in neurology*, *11*(6), 655–662.
- Woolgar, A., Parr, A., Cusack, R., Thompson, R., Nimmo-Smith, I., Torralva, T., ... Duncan, J. (2010). Fluid intelligence loss linked to restricted regions of damage within frontal and parietal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(33), 14899–14902.
- Wozniak, J. R., Mueller, B. A., Ward, E. E., Lim, K. O., & Day, J. W. (2011). White matter abnormalities and neurocognitive correlates in children and adolescents with myotonic dystrophy type 1: A diffusion tensor imaging study. *Neuromuscular Disorders*, *21*(2), 89–96.
- Zappalà, G., Thiebaut de Schotten, M., & Eslinger, P. J. (2012). Traumatic brain injury and the frontal lobes: what can we gain with diffusion tensor imaging? *Cortex*, *48*(2), 156.
- Zasler, N., Katz, D., & Zafonte, R. (2006). *Brain injury medicine: principles and practice*. Demos Medical.
- Zhao, C., Deng, W., & Gage, F. H. (2008). Mechanisms and functional implications of adult neurogenesis. *Cell*, *132*(4), 645–660.

## **Přehled grafů a tabulek**

Diagram č. 1 - Hypotetický průběh rekonvalescence po TBI

Diagram č. 2 - Ilustrace procesů uzdravení

Obrázek č. 1 – Oblasti frontálního laloku

Obrázek č. 2 – Psychometrické  $g$  a exekutivní funkce v neuronální aktivitě

Obrázek č. 3 - Hra Bejeweled

Graf č. 1 – Vzdělání probandů

Schéma č. 1- Princip úlohy  $N$ -back

Tabulka č. 1 – Charakteristika probandů

Tabulka č. 2 - Přehled použitých testových metod

Tabulka č. 3 - Wilcoxonův párový test:  $N$ -back pre a post

Tabulka č. 4 - Wilcoxonův párový test – skupinový trénink

Tabulka č. 5 - Porovnání velikosti změn u  $N$ -back a skupinového tréninku

Tabulka č. 6 - Wilcoxonův párový test - Placebo pre a post test

Tabulka č. 7 - Kruskal-Wallisův test srovnání změn u všech skupin

Tabulka č. 8 - Mann-Whitney U test – Placebo a  $N$ -back

Tabulka č. 9 - Mann-Whitney U test – Placebo a skupinový trénink

Tabulka č. 10 - Wilcoxonův párový test – placebo skupina po  $N$ -back

Tabulka č. 11 - Wilcoxonův párový test – srovnání rozdílů po  $N$ -back a placebo tréninku

Tabulka č. 12 - Průměrné subjektivní hodnocení intervencí u placebo skupiny

Tabulka č. 13 - Přehled velikostí účinku před a po intervenci