

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2021**

**Kateřina Staníková**

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B5345

**Kateřina Staníková**

Studijní obor: Fyzioterapie 5342R004

**TRÉNINK KOGNITIVNĚ-MOTORICKÉ INTERFERENCE  
U PACIENTŮ PO CÉVNÍ MOZKOVÉ PŘÍHODĚ**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: Mgr. Iva Hereitová

PLZEŇ 2021

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta zdravotnických studií

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Kateřina STANÍKOVÁ**  
Osobní číslo: **Z18B0207P**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Fyzioterapie**  
Téma práce: **Trénink kognitivně-motorické interference u pacientů po cévní mozkové příhodě**  
Zadávací katedra: **Katedra rehabilitačních oborů**

### Zásady pro vypracování

Zpracovat seznam odborné literatury na vybrané téma  
Stanovit cíl kvalifikační práce  
Zpracovat teoretickou a praktickou část práce dle požadavků FZS  
Popsat metodiku praktické části  
Vypracovat diskuzi a závěr kvalifikační práce  
Dodržet formální úpravu kvalifikační práce dle požadavků FZS  
Dodržet citační normu

Rozsah bakalářské práce:  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

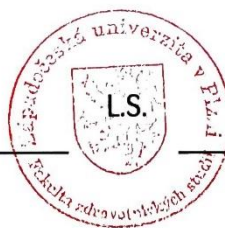
KOLÁŘ, Pavel et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009. xxxi, 713 s. ISBN 978-80-7262-657-1  
ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2016. 3 svazky (722, xiv, xxi, xxiii stran). ISBN 978-80-247-5636-3  
FEIGIN, Valery L. *Cévní mozková příhoda: prevence a léčba mozkového iktu: [příručka pro pacienty a jejich rodiny]*. 1., české vyd. Praha: Galén, 2007. 207 s. ISBN 978-80-7262-428-7  
KALINA, Miroslav a kol. *Cévní mozková příhoda v medicínské praxi*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2008. 231 s. ISBN 978-80-7387-107-9  
PFEIFFER, Jan. *Neurologie v rehabilitaci: pro studium a praxi*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. 351 s. ISBN 978-80-247-1135-5  
KATZ, Noomi, ed. *Cognition, occupation, and participation across the life span: neuroscience, neurorehabilitation, and models of intervention in occupational therapy*. 3rd edition. Bethesda: Aota Press, [2011], 2011. xviii, 475 stran. ISBN 978-1-56900-322-0

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Iva Hereitová**  
Katedra rehabilitačních oborů

Datum zadání bakalářské práce: **1. června 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **31. března 2021**



**PhDr. Lukáš Štich, MBA**  
děkan




**Mgr. et Mgr. Václav Beránek**  
vedoucí katedry

V Plzni dne 29. ledna 2021

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny jsem uvedla v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne 31.3.2021

  
.....

vlastnoruční podpis

## **Abstrakt**

Příjmení a jméno: Staníková Kateřina

Katedra rehabilitačních oborů

Název práce: Trénink kognitivně-motorické interference u pacientů po cévní mozkové příhodě

Vedoucí práce: Mgr. Iva Hereitová

Počet stran – číslované: 37

Počet stran – nečíslované: 26

Počet příloh: 4

Počet titulů použité literatury: 52

Klíčová slova: cévní mozková příhoda, kognitivně-motorická interference, kognitivní rehabilitace, dvojí úkol, chůze

Souhrn:

Tato bakalářská práce je zaměřena na trénink kognitivně-motorické interference u pacientů po cévní mozkové příhodě. Zkoumá vliv a účinnost tréninku dvojího úkolu na snížení kognitivně-motorické interference. U vybraných 11 studií byla sledována účinnost současného zapojení motorického a kognitivního úkolu. Hodnocené parametry studií ukázaly, že po tréninku dvojího úkolu dochází u chronických pacientů po cévní mozkové příhodě k statisticky významnému snížení kognitivně-motorické interference. Trénink s dvojitým úkolem se ukazuje jako vhodná metoda rehabilitace a měl by být zařazen do klinické praxe k běžné rehabilitaci pacientů po cévní mozkové příhodě.

## **Abstract**

Surname and name: Staníková Kateřina

Department of Rehabilitation fields

Title of thesis: Training of cognitive-motor interference in patients after stroke

Consultant: Mgr. Iva Hereitová

Number of pages – numbered: 37

Number of pages – unnumbered: 26

Number of appendices: 4

Number of literature items used: 52

Keywords: stroke, cognitive-motor interference, cognitive rehabilitation, dual task, gait

### Summary:

This bachelor thesis is focused on the training of cognitive-motor interference in patients after stroke. It examines the effect and effectiveness of dual task training on the reduction of cognitive-motor interference. The effectiveness of the simultaneous involvement of the motor and cognitive task was monitored in 11 selected studies. The rated parameters of the studies have shown that there was significant reduction of cognitive-motor interference after dual task training in chronic patients after stroke. It seems that dual-task training is a suitable method of rehabilitation and it should be normally included in the clinical practice in patients after stroke.

## **Předmluva**

Kognitivně-motorická interference se ve spojitosti s cévní mozkovou příhodou stává stále aktuálnějším tématem. Rehabilitace pacientů po iktu zaměřena pouze na stránku motorickou nemusí být tak efektivní jako se souběžným zapojením stránky kognitivní. Snížení kognitivně-motorické interference pomáhá pacientům k snadnějšímu zařazení do běžného života, snižuje riziko pádu a usnadňuje vykonávání každodenních činností.

Cílem této bakalářské práce je prozkoumat a nastudovat možnosti tréninku kognitivně-motorické interference, zjistit jejich vliv a účinnost na pacienty po cévní mozkové příhodě.

Účelem této práce je seznámit čtenáře s danou problematikou kognitivně-motorické interference u cévní mozkové příhody. Poukázat na možnosti rehabilitace, které v současnosti ještě nejsou tolik využívány. Zároveň je účelem obohatit a rozšířit vlastní znalosti o daném tématu.

## **Poděkování**

Děkuji Mgr. Ivě Hereitové za odborné vedení práce, trpělivost, poskytování cenných rad a materiálních podkladů.



# OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	11
SEZNAM TABULEK .....	12
SEZNAM ZKRATEK .....	13
ÚVOD.....	14
CÍL A ÚKOLY PRÁCE.....	16
Cíle práce.....	16
Úkoly práce .....	16
Stanovení výzkumné otázky.....	16
METODIKA.....	17
Výběr studií .....	17
TEORETICKÁ ČÁST .....	19
1 CÉVNÍ MOZKOVÁ PŘÍHODA.....	19
1.1 Ischemické cévní mozkové příhody .....	19
1.2 Tranzitorní ischemická ataka .....	20
1.3 Hemoragické cévní mozkové příhody .....	20
1.3.1 Intracerebrální hemoragie.....	20
1.3.2 Subarachnoidální krvácení .....	21
1.4 Klinický obraz.....	22
1.4.1 Poruchy hybnosti .....	22
1.4.2 Somatosenzorické poruchy.....	22
1.4.3 Poruchy vědomí.....	22
1.4.4 Poruchy vyšších mozkových funkcí.....	23
1.4.5 Poruchy zraku .....	24
1.4.6 Poruchy rovnováhy.....	24
2 KOGNITIVNÍ FUNKCE.....	25
2.1 Paměť.....	25
2.1.1 Senzorická paměť .....	25
2.1.2 Krátkodobá paměť .....	26
2.1.3 Dlouhodobá paměť .....	26
2.2 Pozornost .....	27
2.3 Zrakově-prostorové schopnosti.....	27
2.4 Jazyk a řečové schopnosti.....	28
2.5 Myšlení .....	28
2.6 Exekutivní funkce .....	29
2.7 Plasticita mozku.....	30

2.7.1	Vývojová neuroplasticita.....	30
2.7.2	Reparační neuroplasticita .....	30
2.7.3	Smyslové přesměrování.....	30
2.8	Kognitivně-motorická interference.....	31
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	34
3.1	Výsledky literární rešerše .....	36
	DISKUZE .....	45
	LIMITY .....	49
	ZÁVĚR.....	50
	SEZNAM LITERATURY.....	51
	SEZNAM PŘÍLOH .....	57
	Příloha 1 Anatomie cévního zásobení mozku .....	57
	Příloha 2 Fyziologie cévního zásobení mozku.....	57
	Příloha 3 Rizikové faktory.....	57
	Příloha 4 Diagnostické metody .....	57
	PŘÍLOHY .....	58

## **SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Aneurysma .....	21
Obrázek 2 Willisův okruh.....	58

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Vývojový diagram systematického procesu..... 17

Tabulka 2 Výsledky studií hodnotících vliv kognitivně-motorické interference ..... 34

## **SEZNAM ZKRATEK**

ADL - activity daily living

BBS - Berg Balance Scale

BMI - body mass index

CMP - cévní mozková příhoda

CNS - centrální nervová soustava

CT - počítačová tomografie

DK - dolní končetina

GCS - Glasgow Coma Scale

MMSE - Mini Mental State Examination

MR - magnetická rezonance

např. - například

TIA - tranzitorní ischemická ataka

TUG – Time Up and Go test

tzv. - takzvaný

SAK - subarachnoidální krvácení

## ÚVOD

Cévní mozková příhoda je nejčastější příčinou invalidizace společnosti a druhou nejčastější příčinou úmrtí. Ztráta pohyblivosti u pacienta po iktu ovlivňuje jeho aktivní účast v každodenních aktivitách, proto je její návrat současně prevencí sociální izolace, deprese a zvyšuje kvalitu života. (Plummer-D'Amato et al., 2012)

Po cévní mozkové příhodě dochází k poruše vztahu mezi kognitivní a motorickou kontrolou. Ke studii závislosti kognitivního zpracování a motorického projevu se využívá dvojí úkol. Zapojení kognitivního úkolu se současným zásahem motorického úkolu se nazývá kognitivně-motorická interference. (Plummer-D'Amato et al., 2008)

Důležitým cílem rehabilitace pacientů po cévní mozkové příhodě je dosažení samostatné chůze. Zajištění bezpečné chůze klade nároky nejen na motorickou schopnost pacienta, ale vyžaduje dostatečnou kognitivní schopnost. Během chůze bývá pacient rozptýlen různými kognitivními podněty, např. dialogem při chůzi nebo přecházením rušné křižovatky. Účinky kognitivně-motorické interference jsou u těchto pacientů většinou zvýšeny a možnost provedení dvojího úkolu je často složitější než u zdravých jedinců. (Meester et al., 2019)

Pozornost, rozhodování a další druhy kognitivních schopností mají vliv na zlepšení motorických aspektů jako jsou chůze, rovnováha nebo cílené pohyby. Nácvik současných kognitivních a motorických funkcí je nezbytný pro zlepšení celkového stavu pacientů po cévní mozkové příhodě. (Park, Lee, 2019)

Většina pacientů po cévní mozkové příhodě trpí kognitivními poruchami. I přes tuto skutečnost je nácvik kognitivních schopností jen zřídka součástí rehabilitace. Pacienti s kognitivními poruchami se tak nemohou plně zapojit do senzomotorického tréninku a nemusí jim být poskytnuty všechny možnosti terapie. Během rehabilitace se většinou na propojení kognitivního a motorického zotavení nepřihlíží, a tak bývají kognitivní rehabilitace, logopedie a nácvik chůze prováděny jednotlivě. (Ploughman et al., 2019)

Při souběžném provedení kognitivního a motorického úkolu můžeme pozorovat změnu rychlosti chůze, délky kroku, délky dvojkroku, kadence a balancu. Postižení běžné rychlosti chůze při současném plnění kognitivního úkolu ovlivňuje každodenní činnosti.

Většina výzkumů ukazuje, že pacienti po cévní mozkové příhodě upřednostňují raději kognitivní úkol před chůzí. (Plummer D'Amato et al., 2012)

Existuje několik způsobů rehabilitace pacientů po cévní mozkové příhodě. Cílem této práce je poukázat na využití dvojího úkolu ke snížení kognitivně-motorické interference u pacientů po iktu. Pečlivým prozkoumáním literatury vyhledat různé možnosti této rehabilitace a zjistit její vliv a účinnost.

# **CÍL A ÚKOLY PRÁCE**

## **Cíle práce**

Cílem této bakalářské práce a systematického přehledu je prozkoumat možnosti tréninku kognitivně-motorické interference u chronických pacientů po cévní mozkové příhodě. Zároveň popsat využívané kognitivní a motorické úkoly.

## **Úkoly práce**

Dle stanovených cílů práce budou následujícími úkoly:

- získání podrobných informací o dané problematice cévní mozkové příhody z různých bibliografických nebo internetových zdrojů,
- vyhledání vhodných programů zaměřených na trénink kognitivně-motorické interference u pacientů s chronickou cévní mozkovou příhodou,
- nastudování vybraných programů, výběr podstatných informací k prozkoumání,
- sestavení přehledné tabulky, ve které budou z každého programu vypsány následující informace: autor studie, rok studie, doba po CMP, dual-task, single-task, délka intervence, hodnocené parametry a jejich statistická významnost,
- zjištění vlivů a účinnosti tréninku kognitivně-motorické intervence po cévní mozkové příhodě.

Dané úkoly budou uceleny, porovnány a diskutovány v závěru práce.

## **Stanovení výzkumné otázky**

V této práci byla stanovena tato výzkumná otázka:

Může kognitivně-motorická intervence ovlivnit parametry chůze a balanc u chronických pacientů po cévní mozkové příhodě?

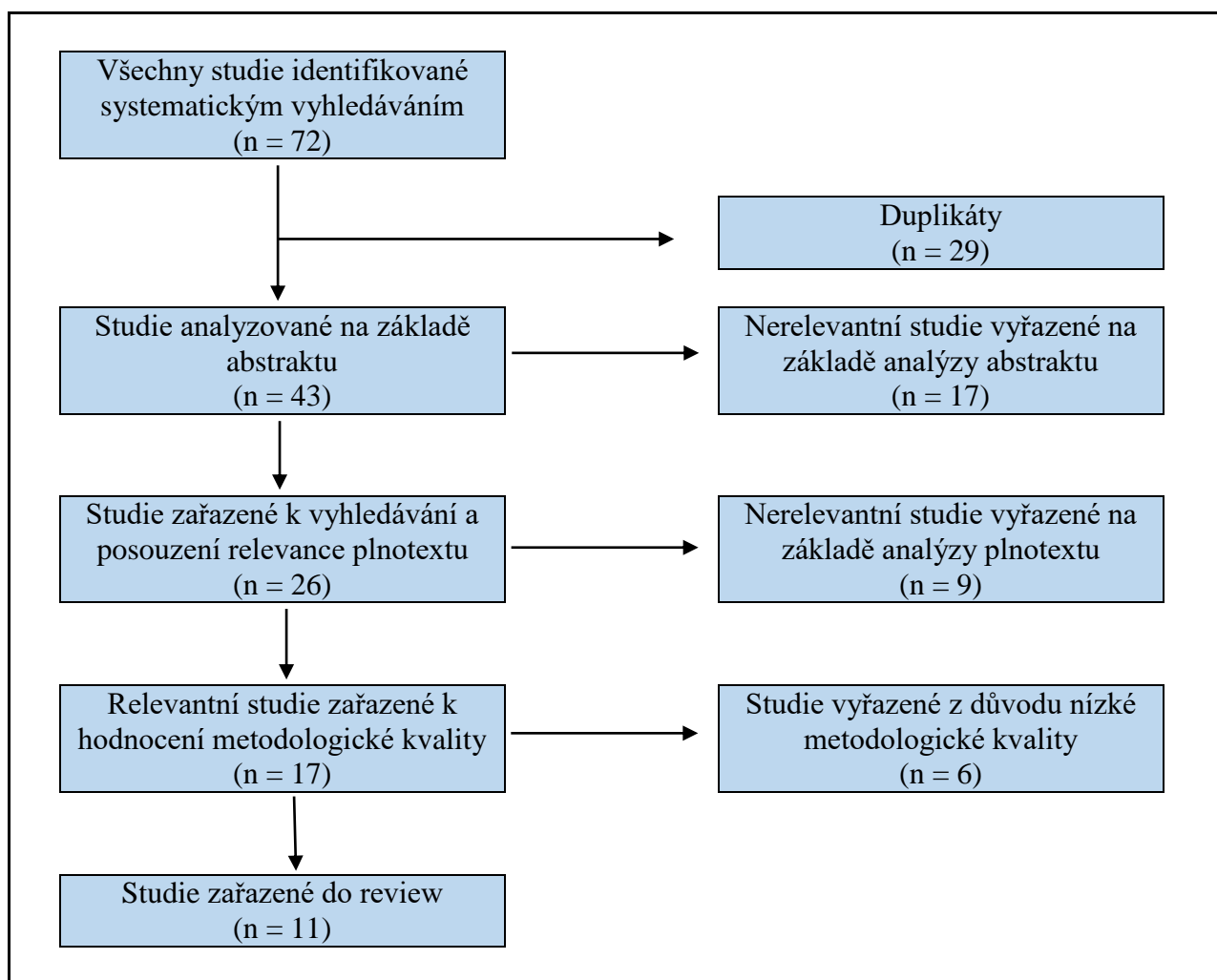


## METODIKA

Bakalářská práce byla zpracována formou literární rešerše. Systematické vyhledávání literatury bylo provedeno pomocí následujících elektronických databází: Web of Science, ProQuest a PubMed. Pro vyhledávání byly pojmy zvoleny takto: „cognitive-motor interference“, „cognitive rehabilitation“, „stroke“ a „dual-task“. Byly vyhledávány výzkumy publikované v rozmezí od roku 2008 do roku 2020 v českém i anglickém jazyce. Vyhledávání bylo zaměřeno na studie, které zkoumají vliv a účinnost dvojího úkolu při tréninku kognitivně-motorických funkcí u pacientů, kteří se nacházejí v chronické fázi cévní mozkové příhody. Pro zhodnocení relevance a metodologické kvality identifikovaných studií byl použit vývojový diagram systematického procesu.

### Výběr studií

Tabulka 1 Vývojový diagram systematického procesu



Zdroj: vlastní

Celkem bylo systematickým vyhledáváním nalezeno 72 studií. Z toho bylo vyloučeno 29 duplikátů. Na základě analýzy abstraktu bylo vyřazeno 17 studií. Ze zbývajících 26 studií bylo po prozkoumání plnotextu odstraněno 9 nerelevantních studií. V závěru bylo odstraněno 6 studií pro jejich nízkou metodologickou kvalitu. V systematickém přehledu bylo použito 11 randomizovaných studií a metaanalýz.

Kritéria pro zahrnutí a vyloučení identifikovaných studií byla vytvořena dle nástroje PICOS. Jsou vysvětleny takto: P (patient) - dospělí po CMP v chronickém stádiu 6 měsíců a více; I (intervention) – trénink kognitivně-motorické interference (30-110 min, 2-5x týdně, 1-12 týdnů); C (comparison) - modifikace chůze, Tai Chi, standartní rehabilitace, balanční cvičení, nácvik chůze (30-110 min, 2-5x týdně, 4-12 týdnů); O (outcome) - parametry chůze (rychlost kroku, délka kroku, délka dvojkroku, kadence), Time Up and Go test, Bergova balanční škála, 6 metrový test chůze, Activity-specific Balance confidence, Two-minute walk Test, Trail Making Test, Digit Span Test, Stroop test, Intrinsic Motivation Inventory, Physical Activity Scale for Elderly, Limits of stability, Fugl-Meyer Assessment, Modified Functional Reaching Test; S (study design) - randomizovaná kontrolovaná studie, metaanalýza, review.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 CÉVNÍ MOZKOVÁ PŘÍHODA

Cévní mozková příhoda se celosvětově řadí mezi nejčastější příčinu invalidity a druhou nejčastější příčinu úmrtí. Kromě fyzických následků má iktus i psychologické a finanční dopady na pacienta, jeho rodinu a společnost. Postupné stárnutí populace pomalu zvyšuje počet iktové incidence v rozvojových zemích. Zvyšuje se počet pacientů, kteří cévní mozkovou příhodu přežijí, ale zůstanou invalidní. Hlavním klíčem k úspěšnému předcházení iktu je prevence rizikových faktorů (viz přílohy). Nejen u jednotlivých pacientů, ale celé společnosti. (Feigin, 2007; Kalvach a kol., 2010)

Mozkové příhody můžeme rozdělit na dva základní typy. Prvním jsou ischemické cévní mozkové příhody, které jsou nejčastěji způsobeny krevní sraženinou, zúžením přívodové tepny nebo uvolněnými emboly ze srdce či jiných tepen mimo lebku. Druhým typem jsou hemoragické cévní mozkové příhody, které vznikají při krvácení do mozkové tkáně (intracerebrální hemoragie) nebo krvácením pod pavoučnicí (subarachnoidální hemoragie). Incidence iktů v karotickém povodí bývá častější než v povodí vertebrobazilárním. Zde se vyskytuje přibližně 20% všech ischemických iktů. (Feigin, 2007; Kalita a kol., 2006)

### 1.1 Ischemické cévní mozkové příhody

Při ischemické cévní mozkové příhodě dochází k náhlým projevům ložiskových nebo celkových příznaků poškození mozku. Klinické projevy trvají déle než 24 hodin a mohou vést až ke smrti, pokud je vyloučena jiná příčina poškození mozku. (Hutyra a kol., 2011; Kalina a kol., 2008)

K mozkovému infarktu dochází porušením tepenného zásobení dané části mozku. Uzávěr tepny bývá nejčastěji přímo z Willisova okruhu (viz přílohy). Může dojít i k poškození arterioly, která zásobuje důležité části mozku z pohledu příslušné funkce. Poškození krčních tepen bývá méně časté. Uzávěr a. basilaris způsobuje téměř vždy smrt. (Hutyra a kol., 2011)

Nejčastějším a nejnápadnějším příznakem poškození mozku bývá porucha hybnosti, která vzniká poškozením kortikospinálního traktu. Bývá vnímána nejen pacientem, ale i jeho okolím. Poškození hybnosti může vznikat na jedné polovině těla (hemiparéza/hemiplegie)

nebo izolovaně na jedné končetině (monoparéza). Kromě poruchy hybnosti se mezi hlavní klinické projevy řadí porucha čítí, řeči, výpadek části zorného pole, závrať, porucha hlavových nervů a další. Problémem jsou lehké deficity vzniklé na nedominantní končetině, které pacient nemusí vnímat. Méně dominantní symptomy jsou bolest hlavy, poruchy vědomí, epileptické záchvaty nebo vegetativní poruchy. Úzkost až panický stav bývají často podceněným příznakem. (Hutyra a kol., 2011; Kalina a kol., 2008)

## **1.2 Tranzitorní ischemická ataka**

Jedná se o specifický cerebrovaskulární projev, kdy dochází k ischemickému neurologickému deficitu, který do 24 hodin zcela odezní. Většinou se jedná o několikaminutové trvání. U většiny pacientů dochází k úpravě klinických projevů do 1 hodiny. V karotickém povodí trvá většinou 8-18 minut. Ve vertebrobazilárním je doba trvání delší, přibližně 13-22 minut. Oproti ischemickému CMP incidence TIA s vyšším věkem klesá. (Herzig, 2008; Kalina a kol., 2008)

Aterotrombóza, embolie, vazospasmus a hemodynamické selhání jsou jedny z hlavních mechanismů vzniku TIA. Vzniká motorický deficit, nejčastěji v podobě hemiparézy. Dalšími projevy jsou různé typy afázie, porucha symbolických funkcí (akalkulie, dysgrafie), hemihypestézie. Typickým symptomem bývá tranzitorní retinální deficit, kdy při poškození perfúze a. centralis retinae vzniká monokulární slepota. Dalšími typickými příznaky jsou závrať, nauzea až zvracení. Z kognitivních poruch to jsou neglect syndrom nebo apraxie. (Kalina a kol., 2008; Kalvach a kol., 2010)

## **1.3 Hemoragické cévní mozkové příhody**

Etiologie u hemoragických cévních mozkových příhod je přibližně 20% ze všech cévních příhod. Oproti ischemickým iktům mají vyšší morbiditu a mortalitu. U intracerebrálního krvácení se mortalita do jednoho měsíce pohybuje kolem 50%, do jednoho roka je to přibližně 55%. Hemoragické ikty dělíme na dvě hlavní skupiny: intracerebrální a subarachnoidální krvácení. Intracerebrální krvácení se vyskytuje přibližně u 15% případů hemoragických iktů, subarachnoidální krvácení u zbývajících 5%. (Kalvach a kol., 2010; Kalita a kol., 2006; Kalina a kol., 2008)

### **1.3.1 Intracerebrální hemoragie**

Vzniká většinou náhle během několika vteřin. Mezi první projevy patří bolest hlavy, nauzea, zvracení, kvantitativní a především kvalitativní poruchy vědomí. Bolest hlavy je

spojena hlavně s rozvojem nitrolební hypertenze, není však hlavním příznakem jako u subarachnoidálního krvácení. Prvním příznakem může být úpadek pacienta do kómatu, pokud dojde k mohutnému krvácení do bazálních ganglií nebo do mozkového kmene. Na začátku se může objevit pouze krátká ztráta vědomí, ze které se pacient probouzí s těžkým neurologickým deficitem. Hluboké subkortikální oblasti, mozkový kmen a mozeček bývají nejčastějším místem vzniku intracerebrálního krvácení. Oproti ischemickému iktu dochází k postupnému zhoršení stavu pacienta během několika následujících hodin od vzniku intracerebrální hemoragie. Podle klinických projevů nelze rozlišit, zda se jedná o ischemický nebo hemoragický iktus. Pro upřesnění je nutné použít CT nebo MR (viz přílohy). Nejčastější příčinou vzniku bývá špatně kompenzovaná hypertenze. (Kalina a kol., 2008; Kalvach a kol., 2010)

### 1.3.2 Subarachnoidální krvácení

Vzniká mezi arachnoideou a pia mater. Typickým projevem je prudká, náhle vzniklá silná bolest hlavy. Často bývá pacienty popisována jako „nejhorší bolest hlavy v životě“. Dalšími projevy jsou zvracení nebo porucha vědomí (kvantitativní i kvalitativní). Nejčastější příčinou vzniku subarachnoidálního krvácení je ruptura aneurysma. Tvoří 85% všech příčin vzniku. Další příčinou krvácení může být ruptura arteriovenózní malformace nebo tepenné disekce. Subarachnoidální krvácení může mít i jiné vzácné příčiny, které se často nezjistí. Velká část SAK nemá typický klinický průběh, proto je velmi náročná diagnostika tohoto postižení. Při špatné diagnostice může být nesprávně léčeno jako migréna nebo blokáda krční páteře. (Feigin, 2007; Kalita a kol., 2006; Kalvach a kol., 2010)

*Obrázek 1 Aneurysma*



Zdroj: Kalvach a kol., 2010, str. 160

## **1.4 Klinický obraz**

Cévní mozková příhoda je charakterizována rychlým rozvojem ložiskových nebo celkových příznaků způsobených ischemií nebo hemoragií mozku.

### **1.4.1 Poruchy hybnosti**

Porucha hybnosti společně s poruchou řeči slouží k rychlé diagnostice CMP. Jedná se o nejnápadnější a nejtypičtější projev iktu, který je pozorován nejen postiženým jedincem, ale i jeho okolím. Penfieldův homunkulus, který zobrazuje uspořádání v precentrální oblasti, překvapivě odpovídá stejnému uspořádání jako u moderních studií MR a je neurology využíván k diagnostice CMP. Závažnost postižení hybnosti může být různá. Úplné ochrnutí označujeme jako plegii. Paréza označuje oslabení svalové síly. Typickým projevem iktu je hemiparéza nebo hemiplegie, kdy dochází k poškození hybnosti na jedné polovině těla. Objevit se může i izolované postižení jedné končetiny (monoparéza). Postižení a. cerebri media se projevuje výrazněji na horní končetině, naopak postižení a. cerebri anterior na dolní končetině. Iktus lokalizovaný v mozkovém kmeni se projevuje na straně léze postižením mozkového nervu vycházejícího z postižené kmenové etáže. Na opačné straně se projevuje ochrnutím končetiny a lézí mozkových nervů, které vycházejí z kmenové etáže pod místem léze a jsou ovládnuty z hemisféry. Tento jev je označován jako tzv. zkřížená hemiparéza. (Herzig, 2008; Hutyrá a kol., 2011; Kalina a kol., 2008)

Další častou poruchou hybnosti především v akutní fázi je porucha polykání (dysfagie). Jedná se o velmi závažný příznak, jelikož hrozí riziko aspirace postiženého. (Kalina a kol., 2008)

### **1.4.2 Somatosenzorické poruchy**

Postižení propriocepce a povrchového cití se objevuje stejně často jako postižení motoriky. Nejčastěji se setkáváme se snížením (hypestézie) až s úplným vyhasnutím (anestézie) citlivosti. Výjimkou není ani spontánní brnění či mravenčení (parestézie) nebo změna vnímání kvality podnětů (dysestézie). V akutní fázi iktu je vyšetření cití často nemožné, jelikož pacienti nedokážou spolupracovat, jejich sdělení jsou nepřesná a velmi subjektivní. (Herzig, 2008; Kalina a kol., 2008)

### **1.4.3 Poruchy vědomí**

Vědomí je charakterizováno jako komplexní vnímání sebe sama i svého okolí, kdy jedinec dokáže adekvátně reagovat na vnější i vnitřní podněty.

Vědomí rozdělujeme do dvou základních skupin – kvantitativní a kvalitativní. Somnolence, sopor a kóma řadíme k poruchám kvantitativním. Pacient v somnolenci reaguje na oslovení. Taktilní podněty se využívají k probuzení pacienta v soporu. Pacient v kómatu nereaguje vůbec nebo pouze na algické podněty. Kvalitativní poruchy vědomí jsou vyjádřeny zmateností, halucinacemi, deliriem nebo obnubilacemi. Zároveň je důležité zachování vigility (bdělost) a lucidity (jasnost, uvědomování si). (Herzig, 2008; Kalina a kol., 2008)

Pro zhodnocení kvantitativní poruchy vědomí vznikla v roce 1974 v Glasgowské městské nemocnici Glasgow Coma Scale (GCS). U pacientů po CMP musíme počítat s jistou nepřesností, která je způsobena ložiskovými projevy iktu. (Herzig, 2008; Kalina a kol., 2008)

#### **1.4.4 Poruchy vyšších mozkových funkcí**

Pozornost, koncentrace, paměť, řeč, apraxie a vizuospeciální orientace bývají součástí vyšetření při akutním iktu.

U pozornosti a koncentrace nejčastěji pozorujeme zmatenost a dezorientaci pacienta, která se projevuje nepozorností nebo častými změnami tématu. Pacienta můžeme jednoduše vyšetřit otázkami na orientaci osobou, místem a časem. Dále můžeme využít počítání nebo vyjmenování měsíců v roce. (Kalina a kol., 2008)

Paměť můžeme rozdělit na krátkodobou a dlouhodobou. Pacienti mívají častěji poruchu krátkodobé paměti. Dokáží si vybavit staré události a fakta, ale poruchou všípivosti neudrží současné události. (Kalina a kol., 2008)

V akutní fázi, kdy není tolik možností pro hodnocení poruchy fatických funkcí, se vyšetřuje především afázií, která značí poruchu dominantního laloku. Lehčí poruchou může být anartrie nebo dysartrie. Na rozdíl od afázie, kde dochází k porušení tvorby řeči i porozumění, zde pacient trpí pouze poruchou artikulace, mluvené řeči rozumí. Vyšetření probíhá spontánním rozhovorem. Hodnotí se obsah sdělení, plynulost řeči a artikulace. Pomocí jednoduchých otázek se zjišťuje míra porozumění. Čtení, psaní, určení ukázaných předmětů nebo opakování slov jsou součástí dalšího vyšetření. V začátcích iktu můžeme pozorovat také poruchu pojmenování jednotlivých předmětů (anomii), poruchu čtení (alexie), artikulační chyby (řečová apraxie), poruchu psaní (agrafie) nebo poruchu počítání (dyskalkulie, akalkulie). Na vyšetření řeči navazuje čtení krátkých textů s následnou

kontrolou porozumění obsahu, psaní, opakování krátkých vět a určení ukázaných předmětů. (Herzig, 2008; Kalina a kol., 2008)

Dalšími poruchami, kterým je důležité věnovat pozornost, jsou vizuálně-prostorové poruchy. Pacienti často nedokáží vnímat vlastní tělo nebo kontralaterální polovinu vzhledem k místě léze. „*Souhrnně se tyto poruchy označují jako neglect syndrome, přičemž tento anglický termín je již natolik vžitý, že český ekvivalent „syndrom zanedbání“ se nepoužívá.*“ (Kalina a kol., 2008, str. 23)

Na postižené straně dochází k několika dalším poruchám. Porucha hybnosti poloviny těla, kterou si pacient sám neuvědomuje, označujeme jako anozognozii. Dále se na postižené straně může objevovat taktilní porucha nebo zraková porucha. Stimulaci postižené strany pacient cítí na straně nepostižené (allestezie). Pacient často nevnímá podněty přicházející z postižené strany. (Herzig, 2008; Kalina a kol., 2008)

Pokud dojde k poruše jednoduchých komplexních pohybů, mluvíme o apraxii. Tato porucha se u pacienta projevuje při běžných denních činnostech jako je používání příboru, odemykání klíči nebo při psaní tužkou. Vyšetření probíhá jednoduchými slovními podněty, kdy je pacient vyzván k provedení těchto činností. (Kalina a kol., 2008)

#### **1.4.5 Poruchy zraku**

Poruchy zraku jsou ve spojitosti s cévní mozkovou příhodou velmi časté, jelikož je zrak anatomicky i funkčně spojen s řadou struktur. Při poškození perfúze v povodí a. optica nebo a. centralis retinae dochází k jednostranné přechodné ztrátě zraku, tzv. amaurosis fugax. Homonymní hemianopsie se projevuje poruchou kontralaterální poloviny zorného pole. (Herzig, 2008; Kalina a kol., 2008)

#### **1.4.6 Poruchy rovnováhy**

Pocit nejistoty, nauzea či zvracení patří k projevům poruchy rovnováhy. Při pravém vertigu pacient vnímá pohyby těla, které se však ve skutečnosti nedějí. Nejčastěji vzniká rotační závrať nebo tah na jednu stranu. Poruchou mozečku a jeho drah vzniká pocit nestability, který se projevuje především při chůzi a stojí. Objevuje se také periferní a centrální vestibulární syndrom, který je na rozdíl od periferního disharmonický. (Kalina a kol., 2008)



## 2 KOGNITIVNÍ FUNKCE

Myšlenkové procesy, díky kterým dokážeme rozpoznávat, učit se, pamatovat si a přizpůsobovat se variabilnímu okolí nazýváme kognitivní funkce. K těmto funkcím řadíme paměť, pozornost, koncentraci, porozumění a rychlost myšlení. Exekutivní funkce neboli vyšší kognitivní funkce, tvoří schopnost řešení problémů, organizování, plánování, náhled a úsudek. (Válková, 2015)

### 2.1 Paměť

Paměť řadíme mezi psychické funkce. Pomocí paměti dokážeme přijímat, uchovávat a později si vybavovat nové informace, zážitky nebo vjemy. Proces paměti lze rozdělit na tři části – vstípení, uchování a vybavení. Podle délky uchování, způsobu zpracování a způsobu ukládání informací rozlišujeme jednotlivé druhy paměti. (Klucká, Volfová, 2009)

Dle délky můžeme paměť rozdělit na krátkodobou a dlouhodobou. Pouze některé informace z krátkodobé paměti přecházejí do paměti dlouhodobé. Tato skutečnost se odvíjí také od toho, jak dobře jsme dané informaci porozuměli. Tento děj závisí na počtu opakování a významnosti informací. (Klucká, Volfová, 2009)

Preiss a Křivohlavý (2009) rozdělují paměť na několik výkonů:

- příjem informace (recepce),
- zpracování informace (kódování),
- uskladnění informace (retence),
- vzpomínání (reminiscence),
- vydávání uskladněné informace (reprodukce),
- znovupoznání (rekognice),
- zapomenutí (oblivio).

#### 2.1.1 Senzorická paměť

Ke krátkodobé a dlouhodobé paměti můžeme přidat navíc paměť senzorickou. Představit si ji lze jako první úložiště předtím, než dojde k zařazení informací k paměti krátkodobé nebo dlouhodobé. Informace jsou zachyceny smyslovými orgány, tzv. analyzátory. Podle druhu smyslových orgánů, které zachycují přicházející vjemy,

rozlišujeme paměť např. sluchovou, zrakovou nebo chuťovou. Sensorická paměť je ovlivněna pozorností, která určuje směr zaměření dle vjemů, které nás zajímají. Pozornost nejen ovlivňuje náš směr zaměření, ale i redukuje informace v sensorické paměti. (Georgi, Steinová, 2009; Preiss, Křivohlavý, 2009)

### **2.1.2 Krátkodobá paměť**

Krátkodobá paměť bývá také označována jako tzv. paměť pracovní. Její kapacita je omezena a funguje jako počáteční filtr informací. Využíváme ji během každodenních činností k řešení aktuálního problému. Lze ji rozdělit na 3 složky. První složkou je fonologická smyčka, která je spojena se zvukovými podněty. Zraková a prostorová složka je součástí vizuospaciálního náčrtníku. Slučování a integrace informací, které jsou přinášeny mozkovými smyslovými systémy, je spojené s centrální výkonnostní složkou. U seniorů pozorujeme poruchu přesunu informací z krátkodobé paměti do paměti dlouhodobé, jelikož přijímání nových informací se pro ně s přibývajícím věkem stává obtížnější. (Koukolík, 2005; Georgi, Steinová, 2009; Klucká, Volfová, 2009; Vágnerová, 2007)

Jednoduchým testem nákupního seznamu lze zjistit velikost krátkodobé paměti. Obvykle si člověk po prvním čtení zapamatuje 5-9 položek. (Klucká, Volfová; 2009)

### **2.1.3 Dlouhodobá paměť**

Dlouhodobá paměť, která schraňuje fakta a události, je paměť deklarativní. Informace uložené v dlouhodobé paměti zde zůstávají často až do konce života. Oproti ostatním druhům paměti je dlouhodobá paměť nejobsáhlejší a nejvíce odolná proti ztrátě informací. (Koukolík, 2005; Preiss, Křivohlavý, 2009)

Jedním z druhů dlouhodobé paměti je implicitní paměť, pomocí které si osvojujeme různé dovednosti a zvyky. Epizodická paměť, která je společně se sémantickou jedním z podtypů explicitní paměti, je vázaná na konkrétní události nebo autobiografické epizody v konkrétním čase a prostoru. Naopak sémantická paměť, kterou můžeme přirovnat k heslům z encyklopedie, není postavena na souvislostech. Důležitým prvkem pro správnou činnost těchto druhů paměti je neurokognitivní síť. (Koukolík, 2005; Klucká, Volfová, 2009)

*„Jestliže si s někým smluvíme schůzku v Praze na Václavském náměstí u sochy svatého Václava v sobotu ve tři odpoledne, pak Praha, Václavské náměstí, socha a sobota jsou obsahy sémantické paměti, naše schůzka ve tři odpoledne je obsah epizodické paměti.“*  
(Koukolík, 2005, str. 71)

## 2.2 Pozornost

S pamětí je velmi úzce spojena pozornost. Pomocí pozornosti dokážeme naše vědomí zaměřit určitým směrem a omezit méně důležité vjemy. Větší význam má pozornost u tzv. kontrolovaných procesů než u aktivit, které jsou pro nás již zautomatizované. Míra pozornosti, kterou věnujeme určitým podnětům, je určena mírou jejich intenzity, kvality a kvantity. Pojem „bezděčná pozornost“ označuje děj, kdy je naše pozornost upoutána bez našeho úmyslu. Jedná se o primární typ pozornosti, který se objevuje už v raném věku. Ve školním věku se začíná rozvíjet pozornost řízená vlastní vůlí. Ať už nás určitá činnost láká či nikoliv, dokážeme ji např. pod tlakem povinností věnovat naši pozornost. (Klucká, Volfová, 2009; Vágnerová, 2004)

Zvukové podněty, oproti vizuálním, bývají náročnější na pozornost. Zatímco vizuální informace můžeme většinou sledovat neomezenou dobu, zvukové podněty jsou omezeny svou dobou trvání a nemusí být opakovány (např. projev mluvčího). (Vágnerová, 2004)

Pozornost má několik základních vlastností:

- selektivitu neboli výběrovost, která stojí za výběrem pouze námi zvolených podnětů,
- distribuci neboli rozdělení, při které dochází k rozdělení pozornosti na několik podnětů,
- koncentraci neboli zaměření, díky které se dokážeme soustředit na určitý podnět,
- vigilitu neboli střídání pozornosti z jednoho předmětu na druhý,
- tenacitu neboli vytrvalost a stabilitu pozornosti. (Klucká, Volfová, 2009; Vágnerová 2004)

## 2.3 Zrakově-prostorové schopnosti

Zrakově-prostorové činnosti jsou součástí každodenního života člověka. Jejich porucha může narušit či znemožnit řízení auta, orientaci v obchodě nebo psaní. U starších jedinců může jejich porucha narušit manipulaci s předměty nebo schopnost určení polohy

a směru pohybujícího se předmětu. Vizualně-konstrukční, vizualně-motorické a percepční schopnosti jsou součástí zrakově-prostorových schopností. (Klucká, Volfová, 2009)

## **2.4 Jazyk a řečové schopnosti**

Konec 19. století, kdy došlo k rozvoji výzkumu řeči, odkazuje na dvě významné osobnosti - Paul Pierre Broca a Carl Wernicke. (Klucká, Volfová, 2009)

Pacienti trpící pravou Brocovou afázií mluví pomalu s poruchou gramatických pravidel řeči. Předložky, spojky a zájmena bývají ve větách špatně použity. Také dochází k fonologické poruše, kdy jsou zaměněny některé hlásky. Tvorba řeči je namáhavá a spojená s typickým přízvukem. Porozumění řeči zůstává zachováno nebo jen mírně porušeno. Druhým typem je afázie Brocovy oblasti, která je charakterizována především artikulační poruchou. Brocova oblast se nachází ve frontálním laloku. (Klucká, Volfová, 2009; Koukolík, 2000; Koukolík, 2005, Kulišťák, 2017)

U pacientů s Werniceovou afázií, zvanou též sensorickou, je řeč plynulá a bez námahy. Řeč může být zrychlená. Pacienti dokáží vyprodukovat až sto padesát slov za minutu. Sdělení je obsahově nesrozumitelné. Bývá porušeno i porozumění řeči. (Koukolík, 2000; Koukolík, 2005)

Produkce a porozumění jsou dvě základní kategorie, které jsou součástí tvorby řeči. Při produkci řeči musíme nejprve přeměnit myšlenky ve slova, slova do věty a nakonec větu přeměnit na zvuk. Opačný postup je při porozumění řeči. Pokud nedojde k traumatickému poškození mozku, přetrvává funkce řeči i ve velmi vysokém věku. Mnohem častěji bývá stářím narušena verbální fluence (slovní plynulost), kdy si pacient není schopen vybavit slova z dané kategorie nebo slova na dané písmeno. Traumatické poškození mozku může narušit výbavnost slov. Narušení řečových schopností může jedince omezit až vyřadit ze společnosti. (Klucká, Volfová, 2009)

## **2.5 Myšlení**

*„Myšlení lze definovat jako mentální manipulaci s různými informacemi (tj. s kognitivními prvky, vesměs prezentovanými v symbolické podobě: s vjemy, představami, symboly nebo znaky), které slouží k porozumění jejich podstaty a k analýze různých souvislostí a vztahů, na jejichž základě odvozuje určité závěry.“* (Vágnerová, 2004, str. 94)

Myšlení je především spojeno s prefrontální oblastí mozkové kůry. Při řešení náročnějšího úkolu zajišťuje prefrontální oblast mozkové kůry plánování a regulaci jednotlivých částí úkolu. Zahrnuje hledání podrobností a rozdílů, které vedou k určitému závěru. Podílí se také na koordinaci slovního uvažování. (Vágnerová, 2004; Klucká, Volfová, 2009)

Pomocí myšlení se dokážeme orientovat v okolním světě a pochopit jej. Flexibilita myšlení je pojem, který poukazuje na hledání nových možností při řešení neznámých situací. Popisuje hledání nových způsobů, jak dosáhnout stanoveného cíle, kterého pomocí dosavadních vědomostí nelze dosáhnout. Tvořivost neboli kreativita též úzce souvisí s myšlením. Jedná se o děj, kdy jedinec vytváří něco nového a originálního. Kreativita je tvorba nových nápadů a poznatků. (Klucká, Volfová, 2009)

## **2.6 Exekutivní funkce**

Jedná se o komplex vyšších psychických funkcí. Sídlem exekutivních funkcí je prefrontální oblast mozkové kůry. Porušení exekutivních funkcí poškozuje celkové chování, oproti kognitivní poruše, při které většinou dochází k zasažení jen určitých funkcí. Pomocí exekutivních funkcí si můžeme jednotlivé činnosti naplánovat a poté je zrealizovat. Umožňují nám rozdělit si složitější činnosti na jednotlivé kroky. Pomocí exekutivních funkcí můžeme pak v běžném životě dělat několik věcí najednou, řešit problémy, zohlednit sociální fungování nebo řídit své slovní uvažování. (Klucká, Volfová, 2009; Preiss, 1998; Kulišťák, 2017)

Oblasti kognice jsou difuzně zasaženy exekutivními funkcemi. Dokonce se některé do určité míry překrývají (pozornost, pracovní paměť). Vůle, plánování, účelné jednání a úspěšný výkon jsou složky exekutivních funkcí. Exekutivní funkce můžeme dále rozdělit na dvě složky – chladnou a horkou. Chladná složka je založena především na logických principech, emoční projevy zasahují jen v malé míře. Tvoří ji plánování, řešení problémů, schopnost vyrovnání se s novými informacemi a kognitivní flexibilita. Naopak horká složka exekutivních funkcí je z velké části doprovázena emocemi. Zde patří rozhodnutí na základě osobní zkušenosti nebo usměrnění vlastního sociálního chování. (Preiss, 1998; Kulišťák, 2017)

## **2.7 Plasticita mozku**

Pevné uspořádání některých funkcí mozku ve svých specifických oblastech bylo v minulosti bráno jako neměnné dogma. Případné změny na mozku nebo pozorovatelné zlepšení postižených funkcí byla brána jako výjimka z pravidla. Dnes je neuroplasticita součástí základních funkcí mozku. (Fine, 2009)

Plasticitu mozku tvoří neuronální síť, které zajišťují tvorbu nových synapsí, jejich včlenění do původních propojení, budování zpětné vazby a udržení aktivní funkčnosti na vysokém stupni. Již od počátku vývoje jedince (přibližně od 24. gestačního dne) dochází k vysoce dynamickým a plastickým změnám nervového systému. (Kulišťák, 2011; Kolář a kol., 2009)

### **2.7.1 Vývojová neuroplasticita**

Evoluční neuroplasticitu pozorujeme od prvních dnů od početí jedince. V mladém mozku dochází k rozsáhlé tvorbě nových synapsí. Při zpracování senzomotorických informací mozkiem jsou synapse buď posíleny, nebo naopak dochází k jejich slábnutí. Poté nastává proces zvaný „synaptické okleštění“, kdy nevyužívané synapse zanikají a zůstává pouze neuronová síť plně efektivních synapsí. Postupně s věkem dochází ke snížení plasticity. V dospělosti je počet nervových buněk o polovinu menší než po narození. U batolat a kojenců je plasticita nejvyšší. Po 3. a 6. roce nastává významné snížení a po 12. roce je plasticita stejná jako u dospělého člověka. Velmi nízká míra plasticity mozku je u seniorů. (Fine, 2009; Kolář a kol., 2009)

### **2.7.2 Reparační neuroplasticita**

Mezi základní činnosti formující vytváření neurální sítě patří paměť a učení. Podmínkou těchto dějů je plasticita mozku. Pokud dojde k cévnímu, traumatickému či jinému způsobu poškození mozku, dochází díky aktivaci plastických mechanismů k částečné obnově nervové tkáně. Mozek musí být schopen vytvářet náhradní synapse, pokud dojde k porušení původních. Pomocí cílených stimulů lze dosáhnout změny neurální struktury. Tyto změny následně vedou k ovlivnění nebo obnovení funkcí mozku v dané oblasti. Lze využít exteroceptivní, proprioceptivní, akustické nebo vizuální stimuly. (Kulišťák, 2011; Fine, 2009; Kolář a kol., 2009)

### **2.7.3 Smyslové přesměrování**

Některé části mozku mohou zůstat odříznuté od hlavního zdroje informací. Principem smyslového přesměrování je zavedení nových stimulů do těchto oblastí.

Například od narození nevidomí jedinci dokáží přesunout do zrakových oblastí kůry týlního laloku přísun hmatových nebo somatosenzorických informací. Při hmatově orientovaných pokusech se u zdravého jedince s nepoškozeným zrakem neobjevuje žádná aktivita. Vojtův koncept reflexní aktivace primitivních pohybových vzorů je založen na tomto principu. (Fine, 2009; Kolář a kol., 2009)

## **2.8 Kognitivně-motorická interference**

Pacienti, kteří prodělali cévní mozkovou příhodu, mívají často postiženy kognitivní i motorické funkce, což zhoršuje jejich fungování při každodenních činnostech (ADL), které nejsou tvořeny pouze jedním úkolem. Nejčastěji jsou tvořeny spojením dvou nebo více úkolů. Zásah těchto funkcí pozorujeme na chůzi, rovnováze a kontrole trupu. (Park, Lee, 2019)

Běžná rehabilitační péče zaměřená pouze na posílení fyzické stránky pacienta může usnadnit kontrolu rovnováhy. Nezabývá se však kognitivní poruchou, a proto má při snižování kognitivně-motorické interference jen omezené účinky. (Kannan et al., 2019) Pro vytvoření optimálního tréninku kognitivních a motorických funkcí je důležité pochopit vliv a účinnost jednotlivých úkolů. (Kang et al., 2018) Hodnocení každodenních činností po cévní mozkové příhodě posuzuje kognitivní a motorické schopnosti většinou samostatně. Nemožnost provedení dvojího úkolu při běžných denních činnostech nevypovídá pouze o porušení motorických funkcí, ale zahrnuje i poruchu kognitivních funkcí, jako jsou paměť, pozornost a exekutivní funkce. (Klotzbier, Schott, 2017)

U osob po cévní mozkové příhodě se zvyšuje riziko pádů. Vyšší riziko pádů se častěji projevuje u osob s kognitivním deficitem než u osob bez něj. (Patel et al., 2014) Chůze byla dlouho považována pouze za motorickou aktivitu, proto bylo cvičení zaměřené především na fyzické aspekty mobility. Zaměření pouze na motorickou stránku však neřeší poruchy dvojího úkolu souvisejícího s chůzí. Kognitivně-motorická intervence spočívá v kombinaci fyzického rehabilitačního cvičení společně s kognitivním cvičením, tedy ve cvičení dvojího úkolu. U pacientů s cévní mozkovou příhodou bylo prokázáno negativní ovlivnění chůze při plnění dvojího úkolu. Při současném provedení motorického a kognitivního úkolu dochází ke snížení rychlosti chůze. Dále lze pozorovat narušení doby trvání kroku, délky kroku, délky dvojkroku a kadence. (Pichierri et al., 2011; Plummer-D'Amato et al., 2012) Tréninkem dvojího úkolu, kdy dochází ke stimulaci motorické i kognitivní stránky, lze snížit riziko pádů po cévní mozkové příhodě. (Kannan et al., 2019)

Pokud pacient dosáhne samostatné chůze, je důležitou stránkou její bezpečnost. K bezpečné chůzi je potřeba zapojení kognitivních funkcí, které se vypořádají s případným rozptýlením jako jsou hluk na ulici nebo překážka na cestě. Chůze spojená s kognitivním zatížením se projevuje v naprosto běžných činnostech, např. při nakupování. Provedení kombinace těch úkonů může být po cévní mozkové příhodě velmi složité. (Meester et al., 2019) Pro snížení kognitivně-motorické interference lze využít dvou mechanismů. Automatizací chůze, např. opakovaným cvičením, lze snížit nároky pozornosti na chůzi a tím vytvořit větší prostor pro současné provedení kognitivního úkolu. Druhý možný mechanismus je zaměřen na koordinaci dvojího úkolu, kterou lze zlepšit cíleným tréninkem dané kombinace úkolů. (Plummer-D'Amato et al., 2012)

Bezpečnost je nutné zajistit i při chůzi po schodech, kde může pád, zejména směrem dolů, způsobit těžké zranění až smrt. Chůze po schodech je jedním z ukazatelů nezávislosti pacientů po cévní mozkové příhodě. Chůze ze schodů vyžaduje kromě vysoké neuromuskulární kontroly také zapojení pozornosti při sledování jednotlivých schodů. Když se k tomuto náročnému pohybu přidá ještě další kognitivní rozptýlení, např. v podobě hovoru, může být tento pohyb velmi obtížný. Chůze po schodech se považuje za jednu z nejtěžších činností, se kterou se pacienti v každodenních činnostech setkávají. (Chan, Tsang, 2017)

Kognitivně-motorické cvičení dvojího úkolu je terapeutickou metodou, která se využívá u pacientů s neurologickým postižením a slouží k návratu jejich kognitivních a motorických funkcí. Při jejím provedení dochází k současnému plnění kognitivního a motorického úkolu. (Park, Lee, 2018) Bylo prokázáno, že zlepšením kognitivních funkcí dochází k zlepšení motorických aspektů, což je nezbytnou součástí návratu do běžného života. Každodenní činnosti jsou tvořeny současnou souhrou dvou a více úkolů, jako např. chůze s držetím hrnečku, konverzace během chůze nebo chůze spojená s prací na telefonu. (Park, Lee, 2019) Plnění dvojího úkolu poukazuje na kognitivně-motorickou interferenci, která se zvyšuje při současném provedení motorického a kognitivního úkolu. Na chůzi můžeme pozorovat projevy kognitivně-motorické interference snížením rychlosti chůze nebo zvýšením variability chůze. U kognitivních funkcí můžeme pozorovat snížení zrakově-prostorového zpracování, pozornosti nebo pracovní paměti. U pacientů, kteří jsou podrobena dvěma úkolům, které jsou náročné na pozornost, dochází k upřednostnění jednoho úkolu před druhým. (Patel et al., 2014) Většina studií naznačuje, že pacienti častěji upřednostňují kognitivní úkol před úkolem motorickým. (Plummer-D'Amato et al., 2012) Snížená



schopnost provádění dvou úkolů současně se výrazně podepisuje na každodenním fungování pacientů, kteří prodělali cévní mozkovou příhodu nebo jiné traumatické poškození mozku. Většina těchto pacientů dokáže velmi rychle zvládat jednoduché úkoly, ale provedení složitějších úkolů je pro ně časově náročnější. (Park, Lee, 2018)

Několik studií našlo tři hlavní vzorce kognitivně-motorické interference. U první vzorce dochází současně ke zhoršení kognitivních funkcí i motorického výkonu. Při druhém vzorci se zhoršuje pouze výkonnost motorického úkolu a u třetí vzorce se zhoršuje pouze výkonnost kognitivního úkolu. (Plummer et al., 2013)

### 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Průzkum vybraných studií zaměřený na možnosti a vliv tréninku kognitivně-motorické interference byl pro lepší přehlednost zpracován do tabulky.

Tabulka 2 Výsledky studií hodnotících vliv kognitivně-motorické interference

Autoři	Počet pacientů	Doba po CMP	Dual task	Single task	Doba měření	Hodnocené parametry	P
Plummer-D'Amato et al. (2008)	13	8,7 měsíců	Paměťová úloha, sluchový úkol hodin, spontánní řeč + chůze (3 min)	Rozložený dual-task	90 min	rychlost kroku čas kroku délka kroku kadence	<b>0,002</b> <b>0,016</b> <b>0,001</b> <b>0,004</b>
Chan, Tsang (2017)	26	6 měsíců	Auditory Stroop task + sestup z 19 cm vysokého bloku	Tai Chi (12 jangů) Konvenční cvičení	24 terapií 60 min/terapii 2x týdně 12 týdnů	BBS TUG Auditory Stroop task	0,074 0,661 <b>0,007</b>
Cho et al. (2015)	22	6 měsíců	Paměťová úloha, aritmetický úkol, slovní úkol, spontánní řeč + chůze na běžícím pásu ve VR	Nácvik chůze ve VR Konvenční cvičení	20 terapií 30min/terapii 5x týdně 4 týdny	rychlost kroku délka kroku délka dvojkroku kadence	0,677 0,572 0,267 0,166
Kannan et al. (2019)	24	6 měsíců	Úkol zaměřený na pracovní paměť a pozornost, slovní úkoly, aritmetický úkol, úkol abstraktní paměti + balanční hry ve VR	Balanční cvičení (90 min)	20 terapií 6 týdnů	BBS TUG 6MWT ABC LOS	<b>0,00</b> <b>0,048</b> <b>0,001</b> <b>0,05</b> <b>0,007</b>
Hong et al. (2020)	17	6 měsíců	Úkol na reakční čas (semafor) + balanční cvičení DK	Balanční cvičení DK	12 terapií 30min/terapii 3x týdně 4 týdny	BBS TUG rychlost kroku délka kroku délka dvojkroku	<b>0,012</b> <b>0,013</b> <b>0,043</b> <b>0,043</b> <b>0,046</b>

Meester et al. (2019)	45	6 měsíců	Kognitivní úkoly (Auditory Stroop task, aritmetický úkol, sluchový úkol hodin, slovní úkol), poslechový úkol, plánování denních aktivit + chůze na běžícím pásu	Nácvik chůze	20 terapií 45min/terapii 2x týdně 10 týdnů	chůze s pomůckami TMW TMW-DT rychlost kroku PASE	0,291 0,729 0,749 0,721 <b>0,029</b>
Pang et al. (2018)	84	6 měsíců	Slovní úkol, aritmetický úkol + 14 m chůze, TUG 3 m, překonání překážky	Konvenční cvičení	24 terapií 60min/terapii 3x týdně 8 týdnů	chůze + slovní úkol chůze + aritmetický úkol TUG + slovní úkol	<b>0,014</b> <b>0,035</b> <b>0,001</b>
Park, Lee (2018)	30	6 měsíců	Úkoly na reakční čas, úkoly pracovní paměti, Stroop úkol + balanční cvičení	x	18 terapií 30min/terapii 3x týdně 6 týdnů	TMT-A TMT-B DST-popředu DST-pozadu ST-písmeno ST-barva	<b>0,001</b> 0,061 <b>0,027</b> <b>0,002</b> <b>0,025</b> 0,091
Park, Lee (2019)	30	6 měsíců	Slovní úkoly, úkoly pracovní paměti, aritmetické úkoly + balanční cvičení	Konvenční cvičení	18 terapií 30min/terapii 3x týdně 6 týdnů	TMT-A TMT-B DST-popředu DST-pozadu ST-písmeno ST-barva BBS FMA MFRT	0,989 0,327 <b>0,040</b> <b>0,001</b> 0,799 <b>0,023</b> <b>0,009</b> <b>0,003</b> <b>0,000</b>
Ploughman et al. (2019)	52	6 měsíců	Vizuální a sluchový úkol, strategická počítačová hra + chůze na běžícím pásu, pohyby pro zlepšení postižené strany	x	30 terapií, 50-70min/terapii 3x týdně 10 týdnů	Fyzická aktivita + kognitivní funkce	0,623
Subramaniam et al. (2014)	8	6 měsíců	Paměťový úkol, aritmetický úkol + balanční hry ve VR	x	5 terapií, 110min/terapii 1 týden	BBS TUG IMI	<b>0,001</b> <b>0,001</b> <b>0,000</b>

Zdroj: vlastní

Poznámka: VR-virtuální realita; BBS-Berg Balance scale; TUG-Time Up and Go test; 6MWL-6 Meter Walk test; ABC-Activity-specific Balance confidence; TMW-two-minute walk test; TMW-DT-two-minute walk test with distraction; TMT-Trail Making Test; DST-Digit Span Test; ST-Stroop test; IMI-Intrinsic Motivation Inventory; PASE-Physical Activity Scale for Elderly; FMA-Fugl-Meyer Assessment; MFRT-Modified Functional Reaching Test; LOS – Limits of Stability

**P - hladina statistické významnosti,  $P \leq 0,05$  - statisticky významné**

### 3.1 Výsledky literární rešerše

Studie Plummer-D'Amato et al. (2008) se zúčastnilo celkem 13 pacientů po cévní mozkové příhodě, z toho bylo 11 mužů. Průměrný věk byl 60,5 let. Doba po iktu byla v průměru 8,7 měsíce. Pro zařazení do studie museli být pacienti schopni samostatně ujít nejméně 10 metrů. Pro kontrolu kognitivních funkcí bylo provedeno 6 kognitivních testů zaměřených na pozornost, pracovní paměť, slovní schopnosti a rychlost zpracování informací. Na 10 metrovém chodníku byly zkoumány motorické schopnosti a pomocí stopkek měřena rychlost chůze.

Ke snížení kognitivně-motorické interference byly vybrány 3 kognitivní úkoly, které byly současně provedeny s chůzí. První úkol byl zaměřený na pracovní paměť. Zazněla řada písmen, kterou si pacienti museli nejprve zapamatovat, a poté odpovědět „ano“, pokud se písmena opakovala ve stejném pořadí nebo „ne“, pokud tomu tak nebylo. U sluchového úkolu hodin museli pacienti určit, zda se ručičky nacházejí na jedné polovině hodin nebo ne. Poslední úkol byl zaměřen na spontánní řeč, kdy měli účastníci mluvit po dobu minimálně 2 minut. Samostatný úkol chůze byl proveden na oválu v laboratoři a trval 3 minuty. Kognitivní úkoly byly nejprve provedeny samostatně vsedě. Následně byla sledována interakce mezi jednotlivými kognitivními úkoly ve spojení s chůzí po oválu po dobu přibližně 3 minut. Testování trvalo 90 minut.

Statisticky významné výsledky dvojího úkolu byly pozorovány u rychlosti chůze ( $P=0,002$ ). U každého kognitivního úkolu současně provedeného s chůzí byla rychlost chůze různě ovlivněna. K největšímu zpomalení chůze došlo při úkolu se spontánní řečí. Účinky dual-task se projevily i na čase kroku ( $P=0,016$ ) a délce kroku ( $P=0,001$ ). Statisticky významné snížení kadence ( $P=0,004$ ) bylo více pozorováno u chůze s dvojitým úkolem než u samostatného provedení úkolů.

K výzkumu vlivu Tai Chi na výkon dual-task bylo do studie Chan, Tsang (2017) původně zařazeno osmdesát osm účastníků, kterých po zhodnocení způsobilosti zůstalo pouze 26. Byli rozděleni do tří skupin. První byla skupina Tai Chi (9 osob), dále skupina s konvenčním cvičením (8 osob) a kontrolní skupina (9 osob). Pacienti museli být starší 50 let a být minimálně 6 měsíců po cévní mozkové příhodě.

Pro skupinu Tai Chi bylo vybráno 12 jangů, které si účastníci museli zapamatovat a zároveň se soustředit na samotné provedení pohybu. Trénink Tai Chi byl zaměřen na správné držení těla, kontrolu funkce dolních končetin a zvyšování zátěže na postižené dolní

končetině přenášením váhy. Cvičení Tai Chi probíhalo 2x týdně po dobu 60 minut na sezení. Celkem proběhlo 24 tréninků. Skupina s konvenčním cvičením se věnovala posílení a protažení horních a dolních končetin a nácviku chůze. Kromě chůze a některých cviků pro dolní končetiny byl trénink prováděn vsedě. Kontrolní skupina nedostala během měření žádné školení.

Spojením kognitivního a fyzického úkolu byl hodnocen výkon dual-tasku. Exekutivní funkce byly měřeny pomocí sluchového Stroopova testu. Účastníci pomocí dvou tlačítek „nízká/vysoká“ určovali výšku intenzity slova, které zaznělo. Jako fyzický úkol byl vybrán sestup z 19 cm vysokého bloku. Úkol končil ve chvíli, kdy se obě končetiny dotkly silové desky, která byla nainstalována před blokem. Pacienti byli vyzváni, aby se snažili o rychlé a zároveň stabilní provedení sestupu. Tento úkol byl proveden třikrát. Výkon dual-tasku byl měřen spojením těchto dvou úkolů. Pacientům bylo sděleno, že fyzický i kognitivní úkol mají stejnou váhu.

Měření proběhlo před tréninkovým obdobím, na konci a měsíc po posledním tréninku. Statisticky významné zlepšení sluchového Stroopova testu bylo prokázáno u skupiny Tai Chi ( $P = 0,007$ ). Významné změny u samostatně provedených motorických úkolů nebyly pozorovány ani u jedné skupiny. Signifikantní efekt nebyl pozorován při hodnocení BBS ( $P=0,074$ ) a TUG ( $P=0,661$ ).

Do studie Cho et al. (2015), jedné ze tří studií zkoumající vliv virtuální reality a kognitivních úkolů na chůzi u chronických pacientů po CMP, bylo zahrnuto celkem 22 pacientů, kteří byli rozděleni do dvou skupin. Pacienti museli splňovat několik podmínek pro účast ve studii, např. pacienti pouze s jednou prodělanou cévní mozkovou příhodou, minimálně 6 měsíců po mrtvici a se schopností samostatné chůze 10 metrů s pomůckami i bez nich. Bylo provedeno celkem 20 sezení po dobu 4 týdnů. Každé sezení trvalo 30 minut.

Všichni účastníci podstupovali standardní rehabilitační terapii zaměřenou na chůzi, stabilitu trupu a svalovou sílu DK. Účastníci byli rozděleni do dvou skupin. První skupina podstupovala tréninky chůze ve virtuální realitě s kognitivním zatížením. Byly vybrány 4 kognitivní úkoly. Každý úkol byl prováděn po dobu jednoho týdne. Jako první byl použit úkol zaměřený na pracovní paměť. Ve virtuálním prostředí se objevovaly různé předměty, které si pacient musel zapamatovat a později je zopakovat. Další týden byl použit ve virtuálním prostředí jednoduchý aritmetický úkol zaměřený na sčítání a odečítání. Třetí týden byl vybrán slovní úkol. Účastníci museli vymyslet co nejvíce slov začínajících na

písmeno na obrazovce. Poslední týden byl jako kognitivní úkol využit neformální rozhovor s asistentem.

Kontrolní skupina využívala prostředí virtuální reality samostatně bez kognitivního zatížení. Skupina podstoupila trénink rovnováhy na balanční desce. Virtuální prostředí, přehrávané po celou dobu tréninku, bylo u obou skupin tvořeno skutečnými místy, např. přechodem pro chodce, zahradou nebo supermarketem.

Měření výsledků bylo provedeno na začátku a po čtyřtýdenní intervenci. Hodnocené parametry chůze u skupiny s dvojitým úkolem nedosáhly statistické významnosti. Byla hodnocena rychlost chůze ( $P=0,677$ ), délka kroku ( $P=0,572$ ), délka dvojkroku ( $P=0,267$ ) a kadence ( $P=0,166$ ). I tak při srovnání výsledků mezi kontrolní a experimentální skupinou, bylo větší zlepšení sledováno u skupiny s dvojitým úkolem.

Studie Kannan et al. (2019) se zúčastnilo 24 chronických pacientů. Podobně jako u předešlé studie byly vytvořeny dvě skupiny po 12 účastnících. Aby se pacienti mohli zúčastnit studie, museli být minimálně 6 měsíců po CMP, bez přítomnosti afázie a být schopni samostatného stoje bez pomůcek nebo asistence po dobu 5 minut. Celkem proběhlo 20 terapií po dobu 6 týdnů.

Pacienti zařazení do skupiny kognitivně-motorického tréninku postupně hráli na balanční desce čtyři rovnovážné Wii Fit hry ve spojení s kognitivními úkoly. Spojení rovnovážné hry a kognitivního úkolu trvalo vždy 5 minut. Pacienti byli opakovaně vyzýváni, aby oběma úkolům věnovali stejnou pozornost. Ve hře Bubble Balance se účastníci museli přenášením váhy vyhýbat překážkám, aby nedošlo k prasknutí jejich bubliny. U hry Table Tilt bylo cílem dostat míč do otvoru přenášením váhy dopředu, dozadu a do stran. V další hře s názvem Tight Rope Walking pacienti balancovali na laně. V poslední hře Soccer Heading bylo úkolem zasáhnout míč a zároveň se vyhýbat létajícím předmětům.

U prvního kognitivního úkolu museli účastníci vymyslet co nejvíce slov z dané kategorie, např. ovoce – banán, jablko, atd. V úkolu zaměřeném na verbální plynulost pacienti recitovali slova začínající na vybrané písmeno. Návěst pracovní paměti a pozornosti byl proveden s číselnou řadou, kterou si pacienti museli zapamatovat popředu nebo pozadu. Aritmetický úkol byl tvořen příklady, u kterých se postupně zvyšovala jejich složitost. U tréninku abstraktní paměti pacienti dokončovali věty, aby jejich sdělení dávalo smysl.

Zazněla věta „Pták létá, ryba...“ a pacienti měli doplnit „plave“. U posledního úkolu měli pacienti zareagovat vždy, když se v řadě písmen objevilo vybrané písmeno.

Skupina s konvenčním cvičením měla 90 minutový trénink zaměřený na protažení, posilování a cviky zaměřené na zlepšení rovnováhy. V závěru tréninku byl na 10-15 minut proveden nácvik chůze na běžícím pásu.

K hodnocení efektu dvojího úkolu byla vybrána Bergrova balanční škála, Time Up and Go test, 6 metrový chodník chůze a ABC test. Všechny hodnoty naměřené po kognitivně-motorické intervenci dosáhly statistické významnosti ( $P < 0,05$ ). Virtuální realita s kognitivním zatížením by tak mohla být vhodnou metodou pro nácvik chůze u pacientů po cévní mozkové příhodě.

Sedmnáct pacientů po cévní mozkové příhodě bylo ve studii Hong et al. (2020) rozděleno na dvě skupiny. Jedna skupina prováděla motorický úkol s kognitivním zatížením (8 osob). Druhá skupina měla pouze motorický úkol (9 osob). Pacienti zařazení do studie museli splňovat následující kritéria: minimálně 6 měsíců po cévní mozkové příhodě, 10 metrů samostatné chůze, stoj bez pomoci po dobu 3 minut a minimálně 24 bodů v MMSE. Celkem proběhlo během 4 týdnů 12 sezení. Jedno sezení trvalo 30 minut a opakovalo se 3x týdně.

Nácvik dual-tasku tvořil trénink rovnováhy se současnou reakcí na signály semaforu. Podle signálu, který se objevil na semaforu, posunuli účastníci dolní končetinu 3 různými směry. Pokud kolečko zčervenalo, musel se účastník přestat hýbat. Když naopak jedno ze tří koleček zezelenalo, měl pacient méně postiženou dolní končetinou provést pohyb daným směrem. Byly vytvořeny celkem 3 stupně obtížnosti. Nejjednodušší částí bylo provedení flexe v kyčelním kloubu bez elastického pásku kolem kotníku. O stupeň těžší verze byla provedena s odporovým elastickým páskem kolem kotníku. Nejtěžší verze byla tvořena elastickým páskem s vyšším odporem než u předchozí verze. Pro jedno sezení bylo vytvořeno celkem 5 sad po 30 náhodných pohybech. Druhá skupina prováděla stejný pohyb dolní končetinou, ale bez kognitivního zatížení.

K porovnání terapeutických účinků intervence, které byly hodnoceny na začátku a na konci měření, byla vybrána Bergrova balanční škála, Time Up and Go test, rychlost kroku, délka kroku a délka dvojkroku. Statisticky významné zlepšení BBS bylo sledováno u obou skupin ( $P = 0,012$ ). Pouze u skupiny, která vykonávala nácvik dual-task, dosáhl statisticky

významných hodnot u testu TUG ( $P=0,013$ ). Lepší hodnoty byly pozorovány i u parametrů chůze. Zde byla měřena rychlost chůze ( $P=0,043$ ), délka kroku ( $P=0,043$ ) a délka dvojkroku ( $P=0,046$ ). Ke zlepšení došlo i u skupiny se samostatným motorickým úkolem, nebylo však statisticky významné.

Do studie Meester et al. (2019) bylo zařazeno celkem 45 účastníků. Pacienti museli být minimálně 6 měsíců po cévní mozkové příhodě, mít nižší hodnocení 2 minutového testu chůze nebo mít jiné viditelné abnormality chůze, ale zároveň být schopni chodit po běžeckém páse. Podobně jako v několika předchozích studiích, i zde byly vytvořeny dvě skupiny. Jedna skupina s kognitivně-motorickým tréninkem a druhá skupina pouze s motorickým tréninkem. Každý účastník byl individuálně školen po dobu 20 sezení. Měření bylo rozděleno do 10 týdnů, takže pacienti docházeli na terapii 2x týdně na 45 minut.

Rozptýlení u skupiny s kognitivně-motorickým tréninkem bylo provedeno pomocí několika kognitivních úkolů, poslechovým úkolem a rozhovorem s asistentem o plánování každodenních aktivit. Z kognitivních úkolů byl použit poslechový Stroopův test a sluchový test hodin. U aritmetického úkolu pacienti postupně od daného čísla odečítali číslo 3, 4 nebo 7. Dále museli účastníci vymyslet co nejvíce slov se stejným počátečním písmenem. U dalšího kognitivního úkolu pacienti dostali předmět a museli vymyslet jeho alternativní využití. Posledním kognitivním úkolem bylo vyjmenovat co nejvíce objektů se stejným znakem (např. vysoký). U poslechového úkolu zazněla nahrávka, která se poté stala předmětem rozhovoru mezi pacientem a asistentem. Plánování denních aktivit bylo zaměřeno od menších aktivit, jako je příprava čaje, po větší aktivity, jako je plánování dovolené. Úkoly byly prováděny za chůze.

Sezení u druhé skupiny, která byla zaměřena pouze na motorický trénink, začínalo 10 minutovým rozevřením, následoval 30 minutový nácvik chůze v aerobní tréninkové zóně. Na konci bylo 5 minut na zklidnění.

Měření výsledků proběhlo 0. týden, 11. týden a 22. týden. Obě skupiny se zlepšily v délce chůze, ale po 22 týdnech nebyly mezi skupinou s jedním úkolem a skupinou se dvěma úkoly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly. Statisticky významné změny mezi skupinami byly pouze v hodnotě PASE ( $P=0,029$ ), které se u skupiny s dvojitým úkolem zlepšily více. Tato studie měla z vybraných 11 studií nejnižší statistickou významnost.



Z vybraných studií měla studie Pang et al. (2018) nejvíce účastníků. Účastnilo se 84 chronických pacientů po cévní mozkové příhodě. Průměrný věk pacientů byl 61,2 roku a průměrná doba po CMP byla 75,3 měsíců. Do studie byli zařazeni pacienti s mírnou až středně těžkou motorickou poruchou. Účastníci museli být minimálně 6 měsíců po cévní mozkové příhodě, být starší 50 let, ujít alespoň 10 metrů bez jakékoliv pomoci a mít rovnovážný deficit. Účastníci byli rozděleni do tří skupin. Každá skupina měla 3x týdně hodinové sezení. Za dobu 8 týdnů proběhlo celkem 24 terapií.

Pro srovnání vlivů dvojího a jednoho úkolu na kognitivně-motorickou interferenci byli účastníci náhodně rozděleni do tří skupin. Pro hodnocení motoriky byla vybrána chůze vpřed, TUG test a překonání překážky. Nejjednodušší byla chůze po 14 m dlouhém chodníku. Druhým úkolem byl stopkami měřený TUG test, kdy se pacienti zvedli ze židle, ušli 3 metry k označenému bodu, otočili se a vrátili se zpět na židli. Překonání překážky bylo provedeno na 14 m dlouhém chodníku, kde bylo umístěno celkem 7 překážek vzdálených 1,5 m od sebe. Pacienti dostali pokyn, aby úkoly provedli co nejrychleji, ale zároveň tak, aby nedošlo ke zranění. Kognitivní stránka byla hodnocena slovním úkolem a aritmetickým úkolem. Během slovního úkolu byli účastníci vyzváni, aby vymysleli co nejvíce slov z dané kategorie. U aritmetického úkolu opakovaně odečítali číslo 3 od čísla mezi 90 a 100. Skupina s dvojitým úkolem prováděla současně motorický a kognitivní úkol tak, aby byl každý motorický úkol proveden s úkolem kognitivním. Skupina zaměřená na trénink jednoho úkolu prováděla všechny úkoly samostatně. Poslední skupina s konvenčním cvičením pro horní končetinu sloužila jako kontrolní skupina.

Měření bylo provedeno na začátku intervence, po skončení a 8 týdnů po posledním tréninku. Výsledky ukazují, že u skupiny s dvojitým úkolem došlo ke statisticky významnému snížení interference u chůze se slovním úkolem ( $P=0,014$ ), TUG testu v kombinaci se slovním úkolem ( $P=0,001$ ) a u chůze při opakovaném odčítání čísla 3 ( $P=0,035$ ). Při zvýšení obtížnosti, kdy byla chůze ve spojení s kognitivním úkolem ještě navíc zatížena překonáním překážky, nebyly pozorovány žádné statisticky významné účinky.

Celkem 30 pacientů, zařazených do studie Park, Lee (2018), bylo rozděleno na polovinu do experimentální a kontrolní skupiny. Pacienti museli být minimálně 6 měsíců po cévní mozkové příhodě a v korejské verzi MMSE dosahovat více jak 21 bodů. Po dobu 6 týdnů probíhal 3x týdně 30 minutový trénink.

Trénink kontrolní skupiny tvořily motorické úkoly spojené s rovnováhou a držení těla. Současně byly provedené s úkoly kognitivními, např. účastníci vsedě pozpátku počítali od daného čísla nebo jmenovali dny v týdnu. Sezení trvalo 30 minut.

Experimentální skupina měla trénink rozdělený na dvě části. První část probíhala stejně jako trénink dvojího úkolu u kontrolní skupiny. Druhá část byla tvořena pomocí interaktivního metronomu. Bylo vytvořeno 13 motorických úkolů, při kterých pacienti současně reagovali pomocí tlačítka na zvukové signály. Pacienti drželi spouštěcí tlačítko buď v obou rukách nebo pouze v pravé či levé ruce. Každá část trvala 15 minut. Dohromady měl trénink 30 minut, stejně jako u kontrolní skupiny.

K vyhodnocení efektů dvojího úkolu na kognitivní funkce byly použity následující testy: Trail Making test A a B (TMA-A, TMA-B), Digit Span test popředu a pozadu (DST- popředu, DST-pozadu) a Stroopův test slovo a barva (ST-slovo, ST-barva). Testy byly provedeny před prvním tréninkem a poté za 6 týdnů. Statisticky významné účinky na kognitivní funkce mezi skupinami byly pozorovány u TMT-A ( $P=0,001$ ), DST-popředu ( $P=0,027$ ), DST-pozadu ( $P=0,002$ ) a ST-písmeno ( $P=0,025$ ). Zlepšení nastalo u experimentální skupiny.

Studii Park, Lee (2019) tvořilo také 30 pacientů po cévní mozkové příhodě. Kritéria pro zařazení do studie byla: minimálně 6 měsíců po mrtvici a skóre korejské verze MMSE minimálně 21 bodů. Účastníci byli opět náhodně rozděleni do dvou skupin ve stejném počtu. Doba měření byla stejná jako u předchozí studie, tedy po dobu 6 týdnů proběhlo celkem 18 terapií. Trénink byl proveden 3x týdně po 30 minutových sezeních.

Experimentální skupina testující efekt dvojího úkolu dostala na začátku nejprve jednodušší kognitivně-motorické úkoly. Obtížnost úkolů se postupně zvyšovala. Bylo využito několik motorických úkolů. První byly prováděny různé činnosti horními končetinami (např. skládání hrnečků) při současném sezení na nestabilní ploše (např. na míči), dále házení předmětů do koše ze sedu na židli, házení míčem s terapeutem vsedě na židli nebo otírání okna hadříkem také vsedě na židli. Nácvik rovnováhy ve stoji byl vytvořen pomocí těchto úkolů: průchod obručí, stání s jednou nohou vpřed po dobu 5 minut, stání s dominantní dolní končetinou na 15 cm vysoké plošině po dobu 5 minut, stání s nedominantní dolní končetinou na 15 cm vysoké plošině po dobu 5 minut, 10 opakování zvednutí ze sedu na židli do stoje, výstup a sestup na 15 cm vysokou plošinu. K současnému kognitivnímu rušení byly vybrány následující úkoly: vyjmenování dnů v týdnu a měsíců

opačným směrem, opakování sdělených čísel, opakování sdělených čísel v opačném pořadí, vyjmenovat nejméně 10 potravin střídavě s terapeutem, vyjmenovat nejméně 10 zvířat střídavě s terapeutem, počítání pozpátku od daného čísla (rozmezí poprvé 1-50, podruhé 50- 100), odečítání čísla 7 od 100 a Stroopův test, kde pacienti určovali barvu připravených slov.

Kontrolní skupina prováděla běžné konvenční cvičení zaměřené na nácvik ADL, rovnovážné cvičení a zlepšení funkce horní končetiny.

Významné účinky dvojího úkolu na kognitivní funkce u experimentální skupiny byly prokázány u obou DST testů (DST-popředu  $P=0,040$ , DTS-pozadu  $P=0,001$ ) a u Stroopova testu barvy ( $P=0,023$ ). Zlepšení motorických funkcí bylo prokázáno ve všech testech u experimentální skupiny (FMA,  $P=0,003$ ; MFRT,  $P=0,000$ ; BBS,  $P=0,009$ ).

Ve srovnání s ostatními vybranými studiemi měla studie Ploughman et al. (2019) vyšší počet účastníků, celkem 52. Jako u většiny předchozích studií museli být pacienti minimálně 6 měsíců po mrtvici. Zároveň museli mít kognitivní deficit vzniklý ve spojitosti s cévní mozkovou příhodou, který zasahoval do jejich každodenních aktivit. Další podmínkou byla schopnost ujít alespoň 10 metrů bez pomoci. Trénink probíhal 3x týdně po dobu 10 týdnů. Každé sezení trvalo 50 až 70 minut. Celkem bylo účastníkům poskytnuto 30 terapií.

Účastníci byli rozděleni do čtyř skupin. Pro trénink motorické části byly vybrány dva úkoly. K tréninku kognitivní části také dva úkoly. Na běžeckém pásu bylo provedeno aerobní cvičení, které bylo upraveno tak, aby se srdeční frekvence pohybovala mezi 60-80% maximální absorpce kyslíku. Fyzická aktivita zahrnovala nácvik rutinních pohybových úkonů a pohybová cvičení pro zlepšení rozsahu a funkce postižené strany. Kognitivní trénink tvořil úkol zaměřený na pracovní paměť, kdy se na obrazovce objevilo slovo a následně zazněla zvuková stopa. Pacienti museli určit, kde se tyto dva podněty shodují. Druhým kognitivním zatížením byla kognitivní hra, kde bylo cílem strategicky umístit sestupné části skládačky. Vznikly tedy čtyři různé kombinace úkolů: aerobní cvičení + kognitivní trénink, aerobní cvičení + kognitivní hra, fyzická aktivita + kognitivní trénink a poslední fyzická aktivita + kognitivní hra. Každá skupina trénovala jednu kombinaci. Skupina trénující aerobní cvičení ve spojení s kognitivní hrou byla vybrána jako aktivní kontrolní skupina.

Předchozí studie uváděly, že zlepšením fyzické zdatnosti došlo ke zlepšení kognitivních funkcí. Tato studie žádný statisticky významný vztah mezi změnou kondice a zlepšením kognitivních funkcí nenalezla ( $P=0,623$ ).

Do studie Subramaniam et al. (2014) bylo přijato 8 pacientů s chronickou cévní mozkovou příhodou. Pro zařazení do studie museli být pacienti minimálně 6 měsíců po cévní mozkové příhodě, bez přítomnosti afázie, být schopni stát nejméně 5 minut bez použití pomůcek a být posledních 6 měsíců bez pádu. Tato studie měla ve srovnání s ostatními nejkratší dobu měření. Trvala pouze 5 po sobě jdoucích dní. Každé sezení probíhalo přibližně 110 minut, což je velký rozdíl oproti ostatním vybraným studiím, které trvají alespoň 4 týdny.

Trénink kognitivně motorické interference spočíval ve spojení balanční her ve virtuální realitě s kognitivními úkoly. K tréninku rovnováhy ve virtuální realitě byly vybrány hry Table tilt, Tight rope, Soccer Heading a Bubble balance. Každou balanční hru účastníci hráli přibližně 23 minut. Stejně balanční hry byly použity ve studii Kannan et al. (2019). Hraní těchto her probíhalo se současným kognitivním zatížením. U prvního kognitivního úkolu museli účastníci vyjmenovat co nejvíce slov z dané kategorie. V úkolu řazení číslice- písmeno dostali zadání (např. C3) a museli pokračovat v řadě v sestupném nebo vzestupném pořadí (např. D4, E5). V dalším kognitivním úkolu byl připraven soubor jednoduchých otázek, na které účastníci odpovídali. K tréninku paměti byla vybrána vždy 3 slova, která si účastníci museli zapamatovat, zopakovat je a znovu si na ně vzpomenout po jedné minutě. Trénink byl započat ve chvíli, kdy pacienti samostatně, bez pomoci terapeuta, dokázali získat skóre vyšší jak 0 ve všech vybraných hrách. Všichni účastníci to zvládli do 10 minut.

Měření bylo provedeno na začátku a na konci tréninkového období. Při srovnání hodnot měření před a po intervenci došlo ke statisticky významnému zlepšení u Bergovy balanční škály ( $P=0,001$ ), Time Up and Go testu ( $P=0,001$ ) a IMI ( $P=0,000$ ).

## DISKUZE

Rychlost chůze je obecným klinickým měřítkem samostatnosti a úrovně funkčního zotavení (Kim, Eng, 2003). Studie Plummer-D'Amato et al. (2008), Cho et al. (2015) a Hong et al. (2020) prokázaly, že kognitivně motorický trénink statisticky významně zlepšil rychlost kroku, čas kroku, délku kroku a kadenci. Plummer-D'Amato et al. (2008) došli k závěru, že různé kognitivní úkoly mají odlišný vliv na rychlost chůze po cévní mozkové příhodě. Úkol zaměřený na pracovní paměť, oproti úkolu spontánní řeči, nejméně snížil rychlost chůze. Větší snížení rychlosti chůze během rozhovoru lze vysvětlit dalšími požadavky na pozornost, jako jsou artikulace a dýchání. Výrazný pokles rychlosti chůze během spontánní řeči dokazuje, že byl kognitivní úkol upřednostněn. Toto zjištění je relevantní, jelikož pacienti během chůze běžně konverzují. Trénink dvojího úkolu statisticky významně zlepšil parametry chůze v několika dalších studiích. Studie Hereitová, Krobot (2020) prokázala vlivem kognitivně-motorického tréninku u pacientů po cévní mozkové příhodě signifikantní zlepšení rychlosti chůze na chodníkovém pásu, který je vhodným nástrojem pro automatizaci chůze.

Stejného výsledku dosáhla studie Cho et al. (2015), která ukazuje větší statisticky významné zlepšení rychlosti chůze, délky kroku, délky dvojkroku a kadence za podmínek dvojího úkolu než kontrolní skupina s běžnou rehabilitací. Tento výsledek potvrzuje virtuální realitu jako vhodnou metodu k rehabilitaci chronických pacientů po cévní mozkové příhodě. Také Kannan et al. (2019) dle výsledků naznačuje, že kognitivně-motorický trénink v prostředí balančních her virtuální reality je efektivní metodou pro snížení kognitivně-motorické interference u pacientů po cévní mozkové příhodě.

Virtuální realita studie Cho et al. (2015) využila skutečné prostředí a situace z běžného života, které současně zatížila provedením kognitivního úkolu. Zlepšení parametrů chůze ve skutečném prostředí virtuální reality již potvrzují předchozí studie Kizony et al. (2010) a Cho, Lee (2013). Studie Cho et al. (2015) věří, že výsledky spojené s využitím virtuální reality pomohou k vytvoření rehabilitačního programu, kde bude provedení dvojího úkolu v prostředí virtuální reality přínosnou metodou ke snížení kognitivně-motorické interference po cévní mozkové příhodě.

Studie Hong et al. (2020) kromě statisticky významného zlepšení rychlosti chůze, délky kroku a délky dvojkroku, dosáhla statisticky významných změn také u TUG testu a hodnoty BBS při měření rovnováhy. Použitý úkol s dopravním signálem svou nízkou

motorickou obtížností umožňoval větší soustředění na kognitivní úkol. Trénink dvojího úkolu vedl k automatizaci posturální kontroly a následně se projevil i na zlepšení statické a dynamické rovnováhy.

Statisticky významné zlepšení rychlosti chůze vlivem kognitivně-motorického tréninku mezi skupinou s jedním úkolem a skupinou s dvojím úkolem po 22 týdnech intervence nepotvrdil Meester et al. (2019). Domnívá se, že tento výsledek mohl být způsoben nevhodným výběrem dvojího úkolu. Statisticky významné zlepšení nebylo pozorováno ani u chůze s pomůckami nebo dvouminutového testu chůze. Statistické významnosti mezi skupinami ve prospěch skupiny s dvojím úkolem dosáhla pouze hodnota PASE.

Chan, Tsang (2017) očekávali, že vlivem tréninku Tai Chi dojde ke zlepšení výkonu jednoho i dvojího úkolu u pacientů po cévní mozkové příhodě. Statisticky významný vliv dvojího úkolu prokázali pouze u sluchového Stroopova testu. Výsledky sluchového Stroopova testu mezi skupinou Tai Chi a skupinou s konvenčním cvičením podporují myšlenku, že trénink Tai Chi má na výkon dvojího úkolu ve srovnání s běžnou rehabilitací lepší vliv.

Předchozí studie Banich et al. (2000) pomocí MRI dokázala, že u osob trénujících Tai Chi dochází k zesílení kortikální stěny čelního laloku v místě, kde se nacházejí exekutivní funkce, pozornost, pracovní paměť a zrakově-prostorové schopnosti. Výcvik Tai Chi zahrnuje nepřetržité plánování pohybu a sledování vlastního těla. Dlouhodobým tréninkem by mohlo dojít ke změně daných struktur. Biomechanická studie Wu et al. (2004) prokázala vlivem tréninku Tai Chi prodloužení excentrické kontrakce a kontrakce svalů DK. Další studie vykazovala po tréninku Tai Chi u extenzorů kolene vyšší excentrickou sílu. Studie Chan, Tsang (2017) neprokázala statisticky významné zlepšení hodnot BBS a TUG.

Statisticky významného snížení kognitivně-motorické interference dle provedení Time Up and Go testu (TUG) a hodnocení Berg Balance Scale (BBS) dosáhla studie Kannan et al. (2019), Hong et al. (2020) a Subramaniam et al. (2014). K testování rovnováhy u pacientů po cévní mozkové příhodě je BBS vhodným nástrojem (Kannan et al., 2019).

Kromě těchto hodnot prokázala studie Kannan et al. (2019) pomocí testu LOS statisticky významné změny u rychlosti pohybu během provedení dvojího úkolu u skupiny využívající virtuální realitu ke kognitivně-motorickému tréninku. Dle Kannan et al. (2019)

může mít vliv na zlepšení rychlosti pohybu konkrétní výběr cvičení v prostředí videoher. Při plánování kognitivně-motorického tréninku založeného na virtuální realitě je důležité vzít tuto informaci v úvahu, aby bylo vybrané cvičení co nejvíce účinné. Snížení kognitivně-motorické interference tréninkem dvojího úkolu prokázala studie Kannan et al. (2019) také statisticky významnými výsledky 6 metrového testu chůze (6MWT) a skórem Activity-based Balance Confidence scale (ABC).

Pang et al. (2018) prokazuje dvojím úkolem statisticky významné snížení kognitivně-motorické interference u všech hodnocených parametrů, kterými jsou chůze současně provedená se slovním úkolem, chůze současně s aritmetickým úkolem a TUG test v kombinaci se slovním úkolem. U skupiny s jedním úkolem, ani u skupiny provádějící běžnou rehabilitaci nebyla prokázána žádná statisticky významná změna. Dle Pang et al. (2018) pozornost zaměřená na provedení pouze jednoho úkol může mít účinky na automatizaci daného pohybu nebo samostatné zlepšení kognitivního výkonu, ale nemá žádný statisticky významný účinek na provedení dvojího úkolu. Zlepšením schopnosti rozdělit pozornost na více vjemů může souviset s výsledky ve skupině s dvojím úkolem.

Dle Park, Lee (2018) došlo k většímu zlepšení kognitivních funkcí u experimentální skupiny, která kombinovala trénink dvojího úkolu s tréninkem interaktivního metronomu. Touto kombinací studie Park, Lee (2018) prokázala statisticky významné zlepšení skóre DST-popředu a DTS-pozadu. Dále nastalo statisticky významné snížení kognitivně-motorické interference u testů TMT-B a ST-písmeno. Ke změnám nedošlo u testů TMT-A a ST-barva. Kombinace tréninku dvojího úkolu s tréninkem interaktivního metronomu měla pozitivní účinky na exekutivní funkce, paměť a pozornost. Dle Moucha, Kilgard (2006) sluchové rytmické podněty, zapojující smyslovou soustavu ve spojení s motorickým úkolem, zvyšují plasticitu mozku, což se projevuje zlepšením kognitivních funkcí.

V další studii Park, Lee (2019) statisticky významné změny kognitivních funkcí dokázali nejen u skupiny s dvojím úkolem, ale i u skupiny s konvenční terapií. Z uvedeného vyplývá, že u pacientů s cévní mozkovou příhodou pomohly ke zlepšení kognitivních funkcí obě intervence. Statistiky významné rozdíly u kognitivních funkcí nebyly pozorovány u TMT-A a TMT-B testů. Stejně tak ani test ST-písmeno nedosáhl statistické významnosti. U ostatních testů Park, Lee (2019) prokázali snížení kognitivně-motorické interference u obou DTS testů a testu ST-barva. Studie Park, Lee (2019) našla u testu ST-písmeno podobné účinky na skupinu s dvojím úkolem jako na skupiny s konvenční terapií. Zlepšení

testu ST- barva pozorovali pouze u skupiny s dvojitým úkolem. Při provedení testu ST- písmeno se barvy a slova neshodují a pacient je vyzván, aby četl napsaná slova. Zatímco u testu ST-barva musí pacient černě natištěné slovo „zelená“ přečíst jako „černá“. Pro jeho správné provedení musí tedy potlačit své automatické reakce. (Pallak et al., 1975; Strauss et al., 2005) Skupina s dvojitým úkolem dále prokázala statisticky významné zlepšení BBS, což ukazuje na zlepšení rovnovážných činností. Statisticky významné hodnoty potvrdila studie Park, Lee (2019) u testů FMA a MFRT.

Dle Subramaniam et al. (2014) došlo ke snížení nákladů pozornosti na rovnováhu a kognitivní funkce, což dokazuje snížení kognitivně-motorické interference tréninkem dvojitého úkolu pomocí Wii Fit her. Kromě již výše zmíněného TUG testu a BBS dosáhla tato studie statisticky významných výsledků u testu IMI, což také potvrdilo vliv dvojitého úkolu na kognitivně-motorickou interferenci. Výsledky této studie ukazují střední až velké zlepšení u rovnováhy a kognitivních funkcí, což podporuje myšlenku zařazení tohoto paradigmatu do klinické léčby. Studie Chapman et al. (2015) potvrdila po 12 týdenním tréninku kognitivních funkcí po dobu 1 h/týdně významné zlepšení plasticity mozku a tím zvýšení kortikální aktivity.

Studie Ploughman et al. (2019) nenalezla žádný vztah mezi fyzickou zdatností a kognitivním zlepšením. Několik studií však tento vztah potvrdilo. Marzolini et al. (2013) dokázali, že při 6 měsíčním aerobním tréninku došlo ke zlepšení koncentrace a pozornosti, což mělo souvislost se zlepšením kondice. Stejný vztah uváděla studie Kluding et al. (2011), kde po 12 týdenním aerobním cvičení došlo nejen ke zlepšení kondice, ale zároveň i k lepšímu výkonu u kognitivní úlohy. Účastníci zmíněných studií splňovali podobné požadavky na závažnost a dobu po cévní mozkové příhodě. Studie Ploughman et al. (2019) zahrnovala navíc kognitivní trénink, což mohlo ovlivnit účinky samotného fyzického tréninku.



## LIMITY

Vybrané studie jsou limitované především nízkým počtem účastníků, což brání zobecnění získaných výsledků. Počet zúčastněných se pohyboval od 8 do 84 osob. Z vybraných 12 studií měla většina méně než 30 pacientů. Dalším limitem je krátká doba měření tréninku kognitivně-motorické interference, která se pohybovala od 1 do 12 týdnů. Vhodný výběr dual-task úkolů pro snížení kognitivně-motorické interference je ztížen různorodostí použitých úkolů ve vybraných studiích.

## ZÁVĚR

Poruchy kognitivních i motorických funkcí jsou ve většině případů součástí cévní mozkové příhody. Osoby s kognitivně-motorickým deficitem jsou omezeny v běžných každodenních činnostech a mohou trpět sociální izolací. Následky cévní mozkové příhody mají často současně dopad na chůzi a rovnováhu. Kognitivně-motorická interference se pak projevuje např. zpomalením chůze nebo zvýšeným rizikem pádů, což ohrožuje zdraví osob po iktu.

Cílem této práce bylo prozkoumat možnosti a vliv tréninku dvojího úkolu na snížení kognitivně-motorické interference u pacientů v chronické fázi cévní mozkové příhody. Účinnost dvojího úkolu je způsobena spojením běžného motorického tréninku při současném kognitivním zatížení. Toto propojení projektuje mnoho situací v každodenním běžném životě, s kterými se pacient po cévní mozkové příhodě denně setkává (např. přecházení silnice, rozhovor za chůze).

Do této práce bylo vybráno 11 studií, které zkoumaly vliv tréninku dvojího úkolu u chronických pacientů po cévní mozkové příhodě. Kromě dvou studií, byl potvrzen statisticky významný vliv tréninku dvojího úkolu na snížení kognitivně-motorické interference. Toto zjištění dokazuje, že trénink motorického úkolu se současným kognitivním zatížením je vhodnou metodou rehabilitace po iktu.

Výsledky vybraných studií dokazují, že kognitivně-motorická intervence přispívá ke zlepšení rychlosti chůze, délce kroku, délce dvojkroku, kadence, skóre Bergovy balanční škály, Time Up and Go testu, 6 metrovému testu chůze, 2 minutového testu chůze, Trail Making testu, Digit Span testu, Stroopova testu a celkového stavu pacientů. Kognitivní rehabilitace by se měla pro své pozitivní účinky na kognitivní deficit stát součástí klinické praxe a být spojena s běžnou rehabilitační péčí pacientů po iktu.

Úskalím pro dosažení přínosného efektu dvojího úkolu může být vhodný výběr kognitivního úkolu. Použité kognitivní úkoly u vybraných studií, které cílily na pozornost, pracovní paměť, slovní plynulost a exekutivní funkce, byly velmi různorodé. Nelze tak objektivně zhodnotit zaměření na kognitivní funkce. Motorický úkol byl nejčastěji omezen na různé modifikace chůze nebo nácvik stability na balančních plochách. Závěrem bychom chtěli poukázat, že kognitivně-motorické testování a intervence by se měli stát součástí neurorehabilitace u pacientů po iktu.

## SEZNAM LITERATURY

- **Ambler, Zdeněk, Bednařík, Josef a Růžička, Evžen.** *Klinická neurologie*. Praha : Triton, 2010. 978-80-7387-389-9.
- **Banich, MT. et al.** *fMRI studies of Stroop tasks reveal unique roles of anterior and posterior brain systems in attentional selection*. *J Cogn Neurosci*. 12 (6). [online] 2000, [Citace: 16.3.2021]. s. 988-1000. doi: 10.1162/08989290051137521
- **Chapman SB. et al.** *Neural mechanisms of brain plasticity with complex cognitive training in healthy seniors*. *Cereb Cortex*. 25 (2). [online] 2015, [Citace: 20.3.2021]. s. 396-405. doi: 10.1093/cercor/bht234
- **Chan, Wing-Nga, Tsang, William Wai-Nam.** *Effect of Tai Chi Training on Dual-Tasking Performance That Involves Stepping Down among Stroke Survivors: A Pilot Study*, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. [online] 2017, [Citace: 8.1.2021]. doi: 10.1155/2017/9134173
- **Cho, KH. et al.** *Virtual Reality Training with Cognitive Load Improves Walking Function in Chronic Stroke Patients*. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*. 236 (4). [online] 2015, [Citace: 8.1.2021]. s. 273-280. doi: 10.1620/tjem.236.273
- **Cho, KH., Lee, WH.** *Virtual walking training program using a real-world video recording for patients with chronic stroke: a pilot study*. *Am J Phys Med Rehabil*. 92 (5). [online] 2013, [Citace: 13.3.2021]. s. 371-380. doi: 10.1097/PHM.0b013e31828cd5d3
- **Choi, J. H. et al.** *The Effect of Dual-Task Training on Balance and Cognition in Patients With Subacute Post-Stroke*. *Annals of Rehabilitation Medicine*. [online] 2015, [Citace: 8.1.2021]. s.81-90. doi: 10.5535/arm.2015.39.1.81
- **Feigin, Valery L.** *Cévní mozková příhoda: prevence a léčba mozkového iktu*. Praha : Galén, c2007. 978-80-7262-428-7.
- **Fine, Cordelia.** *Mozek: průvodce po anatomii mozku a jeho funkcích*. Brno : Jota, Encyklopedie Britannica - původce. 2009. 978-80-7217-686-1.

- **Georgi, Hana a Steinová, Danuše.** *Trénování paměti: metodická příručka.* Praha : Psychiatrické centrum Praha, 2009. 978-80-87142-08-0.
- **Hereitová, I., Krobot, A.** *Kognitivně-motorická interference po cévní mozkové příhodě.* Česká a Slovenská Neurologie a Neurochirurgie. 83 (116). [online] 2020, [Citace: 19.3.2021]. s. 520-525. doi: 10.14735/amcsnn2020520
- **Herzig, Roman.** *Ischemické cévní mozkové příhody: průvodce ošetřujícího.* Praha : Maxdorf, c2008. 978-80-7345-148-6.
- **Hong, S.Y. et al.** *Effects of Cognitive Task Training on Dynamic Balance and Gait of Patients with Stroke: A Preliminary Randomized Controlled Study.* Med Sci Monit Basic Res. 26:e925264. [online] 2020, [Citace 8.1.2021]. doi: 10.12659/MSMBR.925264
- **Hutyra, Martin.** *Kardioembolizační ischemické cévní mozkové příhody: diagnostika, léčba, prevence.* Praha : Grada, 2011. 978-80-247-3816-1.
- **Kalina, Miroslav.** *Cévní mozková příhoda v medicínské praxi.* Praha : Triton, 2008. 978-80-7387-107-9.
- **Kalita, Zbyněk.** *Akutní cévní mozkové příhody: diagnostika, patofyziologie, management.* Praha : Maxdorf, c2006. 80-85912-26-0.
- **Kalvach, Pavel.** *Mozkové ischemie a hemoragie, 3., přeprac. a dopl. vyd.* Praha : Grada, 2010. 978-80-247-2765-3.
- **Kang, E. K. et al.** *Investigating the interference pattern of dual tasks using serial decomposition.* Restorative Neurology and Neuroscience. 36 (5). [online] 2018, [Citace: 8.1.2021]. s.639-646. doi: 10.3233/RNN-180825
- **Kannan, L. et al.** *Cognitive-motor exergaming for reducing fall risk in people with chronic stroke: A randomized controlled trial.* NeuroRehabilitation. 44 (4). [online] 2019, [Citace: 8.1.2021]. s. 493-510. doi: 10.3233/NRE-182683
- **Kim, CM., Eng, JJ.** *The relationship of lower-extremity muscle torque to locomotor performance in people with stroke.* Physical Therapy, 83. [online] 2003, [Citace: 13.3.2021]. s. 49–57. PMID: 12495412

- **Kizony, R. et al.** *Cognitive load and dual-task performance during locomotion poststroke: a feasibility study using a functional virtual environment.* Phys Ther. 90 (2). [online] 2010, [Citace: 13.3.2021]. s. 252-260. doi: 10.2522/ptj.20090061
- **Klotzbier, T.J., Schott, N.** *Cognitive-motor interference during walking in older adults with probable mild cognitive impairment.* Frontiers in Aging Neuroscience, 9, 350. [online] 2017, [Citace: 16.1.2021]. doi: 10.3389/fnagi.2017.00350
- **Klucká, Jana a Volfová, Pavla.** *Kognitivní trénink v praxi.* Praha : Grada, 2009. isbn978-80-247-2608-3.
- **Kluding, PM. et al.** *Exercise and executive function in individuals with chronic stroke: a pilot study.* J Neurol Phys Ther. 35 (1). [online] 2011, [Citace: 20.3.2021]. s. 11-7. doi: 10.1097/NPT.0b013e318208ee6c
- **Kolář, Pavel.** *Rehabilitace v klinické praxi.* Praha : Galén, c2009. 978-80-7262-657-1.
- **Koukolík, František.** *Lidský mozek: Funkční systémy : normy a poruchy.* Praha : Portál, 2000. 80-7178-379-x.
- —. *Mozek a jeho duše. 3., rozšířené a přepracované vydání.* Praha : Galén, c2005. 80-7262-314-1.
- **Kulišťák, Petr.** *Neuropsychologie. 2., aktualizované a přepracované vydání.* Praha : Portál, 2011. 978-80-7367-891-3.
- —. *Klinická neuropsychologie v praxi.* Praha : Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2017. 978-80-246-3068-7.
- **Marzolini, S. et al.** *The effects of an aerobic and resistance exercise training program on cognition following stroke.* Neurorehabil Neural Repair. 27 (5). [online] 2013, [Citace: 20.3.2021]. s. 392-402. doi: 10.1177/1545968312465192
- **Meester, D. et al.** *A randomized controlled trial of a walking training with simultaneous cognitive demand (dual-task) in chronic stroke.* Eur J Neurol. 26 (3). [online] 2019, [Citace: 8.1.2021]. s. 435-441. doi: 10.1111/ene.13833

- **Moucha, R., Kilgard, MP.** *Cortical plasticity and rehabilitation.* Prog Brain Res. 157. [online] 2006, [Citace: 19.3.2021]. s. 111-122. doi: 10.1016/s0079-6123(06)57007-4
- **Nevšimalová, Soňa, Tichý, Jiří a Růžička, Evžen.** *Neurologie.* Praha : Galén, 2002. 80-246-0502-3.
- **Pallak, M. S. et al.** *The effect of arousal on Stroop color-word task performance.* Bulletin of the Psychonomic Society. 6 (3). [online] 1975, [Citace: 19.3.2021]. s. 248-250. doi: 10.3758/BF03336652
- **Pang, M. Y. C. et al.** *Dual-Task Exercise Reduces Cognitive-Motor Interference in Walking and Falls After Stroke.* Stroke. 49. [online] 2018, [Citace: 8.1.2021] s. 2990-2998. doi: 10.1161/STROKEAHA.118.022157
- **Park, MO., Lee SH.** *Effects of cognitive-motor dual-task training combined with auditory motor synchronization training on cognitive functioning in individuals with chronic stroke.* Medicine. Volume 97 - Issue 22 - p e10910 [online] 2018, [Citace: 8.1.2021] doi: 10.1097/MD.00000000000010910
- **Park, MO., Lee SH.** *Effect of a dual-task program with different cognitive tasks applied to stroke patients: A pilot randomized controlled trial.* NeuroRehabilitation. 44 (2). [online] 2019, [Citace: 8.1.2021]. s. 239-249. doi: 10.3233/NRE-182563
- **Patel, P. et al.** *Effect of type of cognitive task and walking speed on cognitive-motor interference during dual-task walking.* Neuroscience. 260. [online] 2014, [Citace: 23.1.2021]. s. 140-148. doi: 10.1016/j.neuroscience.2013.12.016
- **Pichierri, G. et al.** *Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: A systematic review.* BMC Geriatr 11, 29. [online] 2011, [Citace: 23.1.2021]. doi: 10.1186/1471-2318-11-29
- **Ploughman, M. et al.** *Synergistic Benefits of Combined Aerobic and Cognitive Training on Fluid Intelligence and the Role of IGF-1 in Chronic Stroke.* Neurorehabil Neural Repair. 33 (3). [online] 2019, [Citace: 8.1.2021]. s. 199-212. doi: 10.1177/1545968319832605

- **Plummer-D'Amato, P. et al.** *Interactions between cognitive tasks and gait after stroke: A dual task study.* *Gait & Posture.* [online] 2008, [Citace: 8.1.2021]. s. 683-688. doi: 10.1016/j.gaitpost.2007.09.001
- **Plummer-D'Amato, P. et al.** *Training dual-task walking in community-dwelling adults within 1 year of stroke: a protocol for a single-blind randomized controlled trial.* *BMC Neurol* 12, 129. [online] 2012, [Citace: 8.1.2021]. doi: 10.1186/1471-2377-12-129
- **Plummer, P. et al.** *Cognitive-motor interference during functional mobility after stroke: State of the science and implications for future research.* *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,* 94 (12). [online] 2013, [Citace: 3.2.2021]. s. 2565-2574. doi: 10.1016/j.apmr.2013.08.002
- **Preiss, Marek.** *Klinická neuropsychologie.* Praha : Grada, 1998. 80-7169-443-6.
- **Preiss, Marek a Křivohlavý, Jaro.** *Trénování paměti a poznávacích schopností.* Praha : Grada, 2009. 978-80-247-2738-7.
- **Seidl, Zdeněk.** *Neurologie pro nelékařské zdravotnické obory.* Praha : Grada, 2008. 978-80-247-2733-2.
- **Strauss, G. P. et al.** *Test-retest reliability of standard and emotional stroop tasks: An investigation of color-word and picture-word versions.* *Assessment,* 12 (3). [online] 2005, [Citace: 19.3.2021]. s. 330-337. doi: 10.1177/1073191105276375
- **Subramaniam, S. et al.** *A cognitive-balance control training paradigm using wii fit to reduce fall risk in chronic stroke survivors.* *J Neurol Phys Ther.* 38 (4). [online] 2014, [Citace: 8.1.2021]. s. 216-225. doi: 10.1097/NPT.0000000000000056
- **Vágnerová, Marie.** *Základy psychologie.* Praha : Karolinum, 2004. 80-246-0841-3.
- —. *Vývojová psychologie II: dospělost a stáří.* Praha : Karolinum, 2007. 978-80-246-1318-5.
- **Válková, Lenka.** *Rehabilitace kognitivních funkcí v ošetrovatelské praxi.* Praha : Grada Publishing, 2015. 978-80-247-5571-7

- **Wu, G. et al.** *Spatial, temporal and muscle action patterns of Tai Chi gait.* J Electromyogr Kinesiol. 14 (3). [online] 2004, [Citace: 16.3.2021]. s. 343-354. doi: 10.1016/j.jelekin.2003.09.002.



## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha 1 Anatomie cévního zásobení mozku**

**Příloha 2 Fyziologie cévního zásobení mozku**

**Příloha 3 Rizikové faktory**

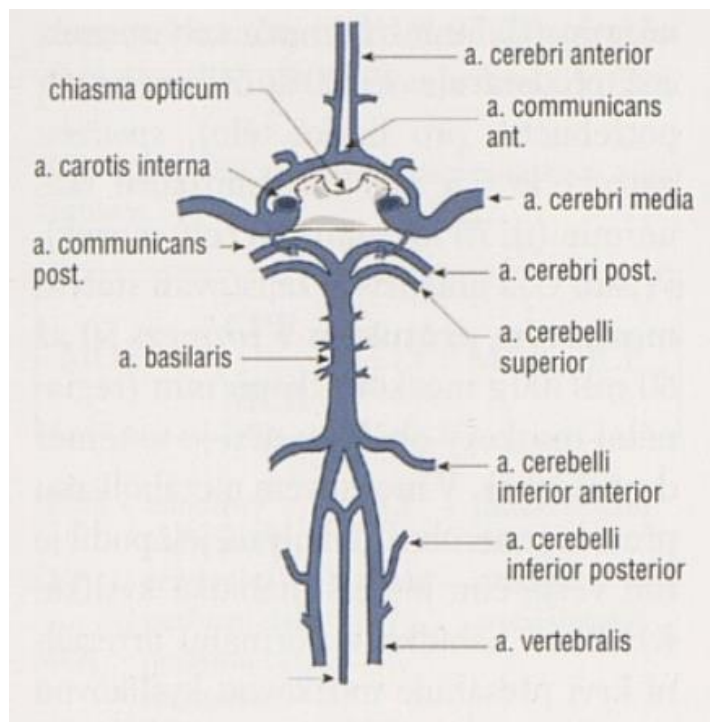
**Příloha 4 Diagnostické metody**

# PŘÍLOHY

## Příloha 1 Anatomie cévního zásobení mozku

Krev obohacená kyslíkem a krevními živinami je do mozku přiváděna artériemi. Naopak vénami je z mozku odváděna krev neokysličená, společně s odpadními látkami. Na zásobení mozku se podílejí dvě karotické a dvě vertebrální artérie, které se sbíhají v bazilární artérii. Spojením uvedených artérií vzniká tzv. Willisův okruh, který se nachází na spodině mozku. Willisův okruh spojuje nejen přední (karotické) a zadní (vertebrobazilární) povodí, ale tvoří spojnicí mezi pravou a levou stranou cévního zásobení mozku. Willisův okruh je tvořen dvěma systémy arterií. Kortikální a subkortikální oblast zásobují velké párové tepny. Z přední i zadní oblasti zásobují drobné perforující artérie bazální ganglia, thalamus, hypothalamus, dráhy vnitřního pouzdra a další centrální struktury mozku. Větvkami z vertebrobazálního povodí je zásoben mozkový kmen. O zásobení mozečku se starají tři mozečkové tepny. Propojení arteriálních systémů není pouze mezi sousedními povodími, ale i mezi povrchovým a hlubokým zásobením mozku. Během některých patologických mechanismů se využívají spojky mezi větvemi zevní a vnitřní karotidy (a. ophthalmica).

Obrázek 2 Willisův okruh



Zdroj: Ambler a kol., 2010, str. 59

Z mozkové kůry a podkorových oblastí je krev odváděna povrchovými věnami. Z centrálních struktur mozku je krev odváděna pomocí nepárové v. cerebri magna, která vzniká spojením vv. cerebri internaie a společně tvoří hluboký žilní systém. (Ambler, Bednařík, Růžička 2010; Nevšímalová, Tichý, Růžička, 2002; Seidl, 2008)

## **Příloha 2 Fyziologie cévního zásobení mozku**

Mozek tvoří přibližně 2% celkové hmotnosti člověka, spotřebuje však okolo 20% kyslíku a 50% glukózy z tepenné krve. Nepřetržitá krevní cirkulace je velmi důležitá, jelikož mozek nedokáže skladovat kyslík, ani jiné živiny.

Regulace mozkového průtoku je řízena autoregulačními mechanismy. Důležitým prvkem autoregulace je elasticita kapilár. Pokud nastane pokles systémového tlaku, kapiláry reagují vazodilatací. Při vzestupu dochází ke kompenzaci pomocí vazokonstrikce. Díky tomuto mechanismu je zajištěn konstantní mozkový průtok. Dále se na nepřetržitou cirkulaci podílejí chemicko-metabolické mechanismy, z nichž je nejvýznamnější acidobazická rovnováha. Intrakraniální tlak, viskozita krve a prostaglandiny jsou další faktory ovlivňující plynulost krevního zásobení. (Ambler, Bednařík, Růžička 2010; Feigin, 2007; Kalvach a kol., 2010; Seidl, 2008)

## **Příloha 3 Rizikové faktory**

Rizikové faktory obecně dělíme na dvě hlavní skupiny – ovlivnitelné a neovlivnitelné.

### **Faktory ovlivnitelné**

Ovlivnitelné rizikové faktory lze regulovat či zcela eliminovat medicínskými (např. léky) nebo nemedicínskými způsoby (např. změna životního stylu).

#### **3.1.1.1 Arteriální hypertenze**

Arteriální hypertenze je silným rizikovým faktorem obou typů CMP. Normální hodnota krevního tlaku je 120/80 mm Hg. Pokud je dvakrát při návštěvě ambulance hodnotu tlaku vyšší nebo rovná 140/90 mm Hg, jedná se o hypertenzi. Pacienti s hypertenzí mají několikanásobně vyšší pravděpodobnost vzniku CMP. Správná léčba arteriální hypertenze zásadně snižuje riziko vzniku iktu. Tlak krve lze primárně snížit změnou životního stylu. Pokud tímto způsobem nedojde ke snížení TK, bývá pacient odkázán na farmakoterapii. (Kalina a kol., 2008; Herzig, 2008; Kalita a kol., 2006; Feigin, 2007; Kalvach a kol., 2010)

### 3.1.1.2 Srdeční onemocnění

Nesprávně kompenzované srdeční onemocnění může být další častou příčinou CMP. Nejčastějšími kardiálními příčinami jsou embolizace ze srdce, fibrilace síní, infarkt myokardu, angina pectoris, chlopenní vady a vrozené srdeční vady. Nejvýznamnější je fibrilace síní, kdy dochází k poruše srdečního rytmu. U levé síně dochází k rychlejším a nepředvídatelným stahům, což se projevuje srdeční palpitací. Prevalence síňové fibrilace se zvyšuje s věkem. (Herzig, 2008; Kalita a kol., 2006; Kalina a kol., 2008; Kalvach a kol., 2010)

### 3.1.1.3 Diabetes mellitus

Diabetici postižení hlavně 2. typem diabetes mellitus mají riziko prodělání CMP 6x větší než nediabetická populace. Diabetes mellitus poškozuje cévní systém a řadu životně důležitých systémů, včetně centrální nervové soustavy (CNS). Buňky hladké svaloviny, endotelu i krevních destiček jsou diabetem negativně ovlivněny. Eliminací diabetu lze zabránit vzniku 21% iktů. Diabetický metabolický syndrom bývá často spojen s arteriální hypertenzí, což riziko vzniku CMP zvyšuje. (Kalita a kol., 2006; Kalvach a kol., 2010; Feigin, 2007)

### 3.1.1.4 Dyslipidemie

Porucha metabolismu tuků je jedním z dominantních rizikových faktorů. Předčasné projevy aterosklerózy způsobené dyslipidemií se projevují především na koronárních tepnách. Zvýšení hodnot HDL cholesterolu (vázaný na lipoproteiny o vysoké hustotě) má protektivní charakter. Naopak zvýšení LDL cholesterolu (vázaný na lipoproteiny o nízké hustotě) podporuje rozvoj aterosklerózy. Rozvoj aterosklerózy a stenózy arterií je způsoben ukládáním LDL cholesterolu do stěn arterií. Tím se zvyšuje riziko vzniku ischemické choroby srdeční (ISCHS), která může být příčinou vzniku CMP. Kromě koronárních tepen patří mezi tzv. predilekční místa vzniku aterosklerózy také aorta, cerebrální arterie, interní a externí karotidy, femorální, popliteální a tibiální arterie. (Kalita a kol., 2006; Herzig, 2008; Kalvach a kol., 2010; Feigin, 2007)

### 3.1.1.5 Kouření

Kouření všech forem tabáku (cigarety, doutník, dýmka) zvyšuje 4x více riziko vzniku mrtvice. Kromě nikotinu do těla vstupují volné radikály a dehet. Riziko vzniku CMP se odvíjí od počtu vykouřených cigaret. Při počtu nad čtyřicet cigaret denně stoupá riziko rozvoje CMP dvakrát více než u lidí, kteří denně vykouří méně než 10 cigaret.

Pravděpodobnost vzniku infarktu myokardu u kuřáků je 6x větší než u nekuřáků. Zvláště nebezpečná je u žen kombinace kouření s užíváním hormonální antikoncepce, pokud se navíc vyskytuje i migréna. Osoby, které se rozhodnou přestat kouřit, snižují riziko vzniku CMP o 50%. (Feigin, 2007; Kalvach a kol., 2010; Herzig, 2008)

#### 3.1.1.6 Alkohol

Nadměrné užívání alkoholu patří mezi další rizikové faktory mrtvice. U osob se zvýšenou konzumací alkoholu dochází k hypertenzi. Tím se zvyšuje riziko vzniku především hemoragického CMP. Konzumace nízkých dávek alkoholu (do 12g čistého alkoholu) naopak může riziko vzniku CMP snižovat. (Feigin, 2007; Kalvach a kol., 2010)

#### 3.1.1.7 Nedostatek pohybu

Pohyb patří k nejsnadněji ovlivnitelným rizikovým faktorům CMP. Nedostatek tělesného pohybu spojujeme s dalšími rizikovými faktory, jako je hypertenze, obezita a srdeční choroby.

#### 3.1.1.8 Obezita

Obezita nepředstavuje pouze riziko vzniku mozkového iktu, ale i riziko jeho samotného přežití. Obezita je podle BMI (body mass index) stanovena hodnotou 30-39. Průměrný člověk denně potřebuje okolo 30-35 kcal na kilogram lidské hmotnosti. Pokud člověk konzumuje více kalorií, než dokáže každodenní činností spálit, přemění se nadbytečné kalorie na tuk. Obezita je také spojena se vznikem metabolického syndromu, který dále zahrnuje arteriální hypertenzi, zvýšenou hladinu glykémie a aterogenních lipidů. (Feigin, 2007; Kalvach a kol., 2010; Kalita a kol., 2006; Kalina a kol., 2008)

#### 3.1.1.9 Hormonální antikoncepce

Začátkem 90. let 20. století byla vyvolána mylná domněnka, že estrogeny zabraňují vzniku aterosklerózy a následně cévní mozkové příhody. Tato domněnka byla podrobnějším sledováním vyvrácena. Pokud se estrogeny v těle nacházejí ve vyšším než fyziologickém množství, mají protrombogenní účinky. Riziko vzniku CMP při užívání hormonální antikoncepce se zvyšuje při kombinaci s migrénou nebo kouřením. V dnešní době hormonální antikoncepce obsahuje snížené množství estrogenů. Nemělo by tak docházet ke zvýšení rizika CMP, přesto je kolem tohoto tématu stále mnoho pochybností. (Kalita a kol., 2006; Kalvach a kol., 2010; Feigin, 2007; Herzig, 2008)

#### 3.1.1.10 Migrény

Většimu riziku vzniku CMP jsou vystaveny osoby, které trpí migrénou s auroou, především auroou s prolongovanými zrakovými scintilacemi, prchavými parézami nebo výpadky části zorného pole. Migréna s auroou má 6-8x vyšší riziko vzniku iktu. Větší zatížení mají ženy kuřačky pod 50 let užívající antikoncepci. Mimo samotný záchvat může člověk prodělat migrenózní infarkt, který tvoří asi 1,2-14% všech CMP u osob mladších 45 let. K léčbě využívané triptany nezvyšují riziko vzniku mrtvice. (Feigin, 2007; Kalita a kol., 2006; Kalvach a kol., 2010)

### **Faktory neovlivnitelné**

#### 3.1.1.11 Věk

Nejvýznamnějším neovlivnitelným faktorem je věk. S vyšším věkem roste pravděpodobnost vzniku CMP. U mužů i u žen se po 55. roce riziko s každou další dekadou zdvojnásobuje. (Kalita a kol., 2006; Kalvach a kol., 2010)

#### 3.1.1.12 Pohlaví

Oproti ženám bývají vznikem iktu častěji postiženi muži. Příčiny zatížení mužského pohlaví jsou spíše spekulativní. Ženy však mají vyšší úmrtnost. (Kalina a kol., 2008; Kalita a kol., 2006; Kalvach a kol., 2010)

#### 3.1.1.13 Genetické dispozice

Vyšší riziko vzniku iktu se objevuje u mužů, jejichž matky na iktus zemřely a u žen, u nichž se objevuje rodinné zatížení. Pokud se iktus objeví u obou rodičů, zvyšuje se riziko vzniku i u potomků. Studie dvojčat prokázaly, že 5x více jsou ohrožená monozygotní dvojčata než dvojvaječná. Mezi další genetické faktory patří např. rodinný výskyt diabetes mellitus, familiární hypercholesterolemie nebo pozitivita lipoproteinu Lp. (Herzig, 2008; Kalita a kol., 2006)

#### 3.1.1.14 Rasové rozdíly

Studiemi byla prokázána vyšší rizikovost CMP u hispánské a černošské populace. V hispánské populaci je vznik iktu 2,1x častější než v populaci bělošské (kavkazské). V černošské populaci je zatížení dokonce 2,4x častější. Krvácení do mozku se častěji objevuje u Japonců. (Herzig, 2008; Kalita a kol., 2006; Kalvach a kol., 2010)

## **Příloha 4 Diagnostické metody**

### **Computerová tomografie (CT)**

Princip vyšetření pomocí CT je založen na rentgenovém záření. Při diagnostice akutního iktu hraje počítačová tomografie zásadní nepostradatelnou roli. Využívá se především díky její spolehlivosti včasného zobrazení intrakraniálního krvácení. Pomocí CT lze sledovat následky cerebrovaskulárního postižení a určit tak jejich další vývoj. (Kalina a kol., 2008; Kalvach a kol., 2010)

Nativní CT v prvních 6-12 hodinách neprokazuje téměř u 50% ischemických CMP žádné nálezy. Denzitivní rozlišení normální a patologické tkáně je při nativním vyšetření nedostatečné. Využívá se k vyloučení krvácení při zřetelných projevech ischemického CMP. Pro diagnostiku ischemie při CMP nebo hypoperfuze CNS lze využít perfúzní CT s určením přesného ischemického ložiska. K zvýraznění denzitivních rozdílů lze použít intravenózně kontrastní látku. Nejčastěji využívané jsou nefrotropní jodové preparáty. Před samotnou aplikací je důležité zajistit z anamnézy případnou alergii na jod, která je absolutní kontraindikací. Pro kontrolu uzávěru mozkových tepen nebo vnitřní karotidy lze využít CT angiografii, která také využívá kontrastních látek. (Kalina a kol., 2008; Kalita a kol., 2006)

### **Magnetická rezonance (MR)**

Výsledné klinické zobrazení MR je založeno na chování protonu (vodíkového jádra  $^1\text{H}$ ) v magnetickém poli. Magnetická rezonance je nejcitlivějším zobrazovacím zařízením pro detekci ischemie. Z hlediska časového i prostorového rozlišení je velmi významná pro diagnostiku nejen ischemického CMP, ale i hemoragického. Ve srovnání s CT je magnetická rezonance sice dokonalejší, avšak méně dostupnější než CT. Vyšetření pomocí MR je proti CT výrazně delší. (Kalvach a kol., 2010; Kalina a kol., 2008; Kalita a kol., 2006)

### **Digitální subtrakční angiografie (DSA)**

Při subtrakci dochází k odečtení nativního obrazu od obrazu tepen s kontrastní náplní. Tím dochází k zlepšení hodnocení vaskulárních struktur, jelikož ostatní struktury (např. skelet) jsou eliminovány. K indikaci DSA dochází u případů, kdy dojde k selhání CT nebo MR. Digitální subtrakční angiografie nachází své uplatnění spíše u hemoragických iktů. U ischemických iktů je indikována u menšího počtu nemocných. Svě využití nachází u případů, kde lze uvažovat o možnosti intraarteriální rekanalizace. (Kalita a kol., 2006; Kalina a kol., 2008)