

**Univerzita Karlova**

**1. lékařská fakulta**

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Fyzioterapie



**Tomáš Martínek**

**Přínos aerobního tréninku u pacientů v chronickém stádiu po cévní  
mozkové příhodě**

The benefits of aerobic training in patients with chronic stroke

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce: Ing. Eva Kejhová

Praha, 2023

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych poděkovat vedoucí bakalářské práce, paní Ing. Evě Kejhové za vedení, cenné poznámky, odborné připomínky a podněty.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině za její podporu.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem řádně uvedl a citoval všechny použité literární zdroje. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 2. 5. 2023

Tomáš Martínek

---

## IDENTIFIKAČNÍ ZÁZNAM

MARTÍNEK, Tomáš. *Přínos aerobního tréninku u pacientů v chronickém stádiu po cévní mozkové příhodě. [The benefits of aerobic training in patients with chronic stroke].* Praha, 2023. 86 s. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, Klinika rehabilitačního lékařství. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Kejhová

## **ABSTRAKT BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

**Jméno, příjmení:** Tomáš Martínek

**Vedoucí práce:** Ing. Eva Kejhová

**Název bakalářské práce:** Přínos aerobního tréninku u pacientů v chronickém stádiu po cévní mozkové příhodě

### **Abstrakt bakalářské práce:**

Tato bakalářská práce se zabývá tématem přínosu aerobního tréninku u pacientů v chronickém stádiu po cévní mozkové příhodě. Práce je zpracována formou literární rešerše a skládá se z teoretické a speciální části.

Teoretické část nejprve obsahuje popis cévní mozkové příhody především z hlediska epidemiologie, patogeneze a léčby s akcentací na možnosti terapie v chronickém stádiu. Druhá sekce teoretické části se soustředí na charakteristiku aerobního tréninku, který je probírán z pohledu fyziologie, metabolismu aerobní a anaerobní aktivity, adaptace organismu a jeho přínosu v medicíně.

Speciální část je zpracována na základě výsledků literární rešerše, která byla zaměřena na vyhledávání aktuálních studií zabývajících se využitím a přínosem aerobního tréninku u chronických pacientů po cévní mozkové příhodě. Primárním cílem je zodpovězení otázky, jaký přínos má aerobní trénink u těchto pacientů. Druhotně přibližuje, jaké typy a parametry aerobního tréninku jsou vhodné k použití.

Z dosažených výsledků lze konstatovat pozitivní efekt aerobního tréninku u pacientů v chronickém stádiu po cévní mozkové příhodě především na chůzi, svalovou sílu, kardiorespirační zdatnost a rovnováhu. Využití jednotlivých typů a parametrů aerobního tréninku se odvíjí se požadovaného efektu terapie. Mezi nejpoužívanější typy aerobního cvičení patří trénink chůze, aerobně-rezistentní trénink, jízda na bicyklovém ergometru nebo trénink funkčních dovedností prováděné ve střední, spíše vysoké intenzitě.

**Klíčová slova:** chronické stádium cévní mozkové příhody, aerobní trénink, aerobní cvičení, aerobně-rezistentní trénink

## **ABSTRACT OF BACHELOR THESIS**

**Author:** Tomáš Martínek

**Supervisor:** Ing. Eva Kejhová

**Title:** The benefits of aerobic training in patients with chronic stroke

### **Abstract**

This bachelor thesis deals with the topic of the benefits of aerobic training in patients with chronic stroke. The work is processed in the form of a literature review and consists of a theoretical and a special part. The theoretical part first describes stroke, mainly from the perspective of epidemiology, pathogenesis, and treatment, with an emphasis on therapy options in the chronic stage. The second section of the theoretical part focuses on the characteristics of aerobic exercise, which is discussed from the point of view of physiology, the metabolism of aerobic and anaerobic activity, organism adaptation, and its benefits in medicine.

The special part is based on the results of the literature review, which was focused on searching for current studies dealing with the use and benefits of aerobic exercise in patients with chronic stroke. The primary goal is to answer the question of what benefits aerobic exercise has for these patients. Secondly, it presents which types and parameters of aerobic exercise are suitable for use.

From the results obtained, it can be stated that aerobic exercise has a positive effect on patients with chronic stroke, mainly on walking, muscle strength, cardiorespiratory fitness, and balance. The use of individual types and parameters of aerobic exercise depends on the desired effect of the therapy. Among the most commonly used types of aerobic exercise are walking training, aerobic-resistance training, cycling on a bicycle ergometer, or functional skills training performed at a moderate, rather high intensity.

**Key words:** chronic stroke, aerobic training, aerobic exercise, aerobic-resistance training



# Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Cévní mozková příhoda</b> .....	<b>3</b>
2.1.	Epidemiologie CMP ve světě .....	3
2.2.	Epidemiologie CMP v České republice .....	3
2.3.	Cévní zásobení mozku.....	4
2.4.	Fyziologie cévního zásobení .....	4
2.5.	Patofyziologie vzniku CMP .....	5
2.6.	Klasifikace CMP dle etiologie .....	5
2.6.1.	Ischemické CMP .....	6
2.6.2.	Intracerebrální a subarachnoidální hemoragie.....	7
2.7.	Rizikové faktory vzniku CMP.....	8
2.8.	Diagnostika CMP .....	9
2.9.	Léčba akutní fáze iCMP .....	10
2.10.	Léčba akutní fáze hemoragického CMP a SAK.....	11
2.11.	Rehabilitace po CMP.....	12
2.11.1.	Akutní stádium.....	13
2.11.2.	Subakutní stádium .....	14
2.11.3.	Stádium relativní úpravy.....	14
2.11.4.	Chronické stádium a možnosti jeho terapie.....	15
<b>3.</b>	<b>Aerobní trénink</b> .....	<b>18</b>
3.1.	Fyzická aktivita, její důležitost a nedostatek.....	18
3.2.	Kardiorespirační zdatnost jako faktor vzniku CMP .....	19
3.3.	Fyziologie pohybové aktivity .....	19
3.4.	Aerobní trénink.....	20



3.5.	Metabolismus aerobního a anaerobního typu zátěže.....	21
3.6.	Vymezení aerobní zóny – aerobní a anaerobní práh .....	23
3.7.	Adaptace na aerobní zátěž.....	23
3.8.	Vyšetření pro stanovení zátěže.....	26
3.9.	Využití aerobního tréninku v medicíně.....	28
3.10.	Využití aerobního tréninku u pacientů po CMP.....	30
<b>4.</b>	<b>Speciální část.....</b>	<b>34</b>
4.1.	Cíle bakalářské práce.....	34
4.2.	Metodologie zpracování speciální části bakalářské práce.....	34
4.3.	Výsledky literární rešerše.....	36
4.3.1.	Dynamic resistance training improves cardiac autonomic modulation and oxidative stress parameters in chronic stroke survivors: A randomized controlled trial (Gambassi et al., 2019).....	36
4.3.2.	Forced and Voluntary aerobic cycling interventions improve walking capacity in individuals with chronic stroke (:secondary analysis of data from 2 randomized clinical trials) (Linder et al., 2021) .....	38
4.3.3.	What is the Dose-Response relationship between exercise and cardiorespiratory fitness? A systematic review (Galloway et al., 2019).....	39
4.3.4.	A single bout of high-intensity interval training improves motor skill retention in individuals with stroke (Nepveu et al., 2017) .....	40
4.3.5.	Locomotor training intensity after stroke: Effects of interval type and mode (Boyne et al., 2020).....	42
4.3.6.	Effect of an exercise protocol for improving handgrip strength and walking speed on cognitive function in patients with chronic stroke (Kim a Yim, 2017).....	43
4.3.7.	Effect of exercise training or complex mental and social activities on cognitive function in adults with chronic stroke: A randomized clinical trial (Liu-Ambrose et al., 2022).....	44

4.3.8.	Synergistic benefits of combined aerobic and cognitive training on fluid intelligence and the role of IGF-1 in chronic stroke (Ploughman et al., 2019).....	45
4.3.9.	Balance and walking performance are improved after resistance and aerobic training in persons with chronic stroke (Lund et al., 2018) .....	46
4.3.10.	Strength training for skeletal muscle endurance after stroke (Ivey et al., 2017) .....	47
4.3.11.	Intensifying functional task practice to meet aerobic training guidelines in stroke survivors (Kelly et al., 2017).....	48
4.3.12.	Effects of aerobic training on physical activity in people with stroke: A randomized controlled trial (Aguiar et al., 2020).....	49
4.3.13.	A randomised controlled trial of walking training with simultaneous cognitive demand (dual task) in chronic stroke (Meester et al., 2019) .....	50
4.3.14.	Walking and balance outcomes for stroke survivors: a randomized clinical trial comparing body-weight-supported treadmill training with versus without challenging mobility skills (Graham et al., 2018).....	51
4.3.15.	The effect of backward walking observational training on gait parameters and balance in chronic stroke: a randomized controlled trial (Moon a Bae, 2022) .....	52
4.3.16.	Effect of underwater treadmill gait training with water-jet resistance on balance and gait ability in patients with chronic stroke: a randomized controlled pilot trial (Lim, 2019).....	53
<b>5.</b>	<b>Přehled výsledků.....</b>	<b>55</b>
<b>6.</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>60</b>
<b>7.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>71</b>
<b>8.</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>	<b>72</b>
<b>9.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>76</b>
<b>10.</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK .....</b>	<b>86</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>86</b>
	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>86</b>

# 1. Úvod

Cílem této teoreticko-rešeršní bakalářské práce je zhodnotit přínos aerobního tréninku u pacientů v chronickém stádiu po cévní mozkové příhodě (CMP) a posoudit jeho účinnost a využití v rámci rehabilitačního procesu.

Teoretická část je zaměřena na ucelený přehled problematiky CMP se závěrečnou akcentací na možnosti terapie v chronickém stádiu. Cílem speciální části je pomocí literární rešerše vyhledat, shrnout a zhodnotit efekt aerobní aktivity na zdravotní stav pacientů v chronické fázi po CMP. Záměrem je nastínit, jaké typy, metody a parametry aerobního tréninku jsou vhodné k jeho zařazení do terapie.

CMP představuje jednu z nejzávažnějších a nejčastějších neurologických diagnóz. Obecně lze na základě dat WSO předpokládat, že každý 4. starší 25 let prodělá ve svém životě CMP. Ročně postihne podle těchto statistik přibližně 15 milionů lidí. Třetina z nich následkům podlehne a minimálně druhá třetina postihnutých je nadále poznamenána těžkým handicapem a odkázána na ústavní nebo trvalou péči rodiny. Podle WSO dosáhne plné motorické úpravy po 6. měsíci od incidentu pouze přibližně 12 % přeživších (WSO, 2022). CMP tak představuje nejen medicínský problém, ale jeho následky zasahují také do socio-ekonomických faktorů společnosti. Moderní léčebné přístupy dokáží celkovou mortalitu a morbiditu zmírnit, přesto jsou statistické údaje nepřehledné a v budoucnu lze očekávat zvyšující se trend v incidenci mozkové mrtvice i z hlediska stárnutí populace.

Přeživší pacienti se potýkají s celou řadou limitujících konsekvencí, které je provázejí po zbytek života. Patří mezi ně především poruchy hybnosti končetin, sensorického systému, kognitivních funkcí. Tyto limitace se snažíme cíleně ovlivňovat prostřednictvím komplexního rehabilitačního programu. K největšímu zlepšení dochází především v prvních třech měsících po incidentu.

Chronické stádium CMP je poslední fází vývojových stádií nemoci. Přístup k pacientům v této etapě onemocnění je charakterizován určitou nejistotou v jejich progresu v terapii. Autoři často odkazují na významný pokles neuroplasticity mozku, který se dostavuje právě po šestiměsíčním intervalu. Tuto informaci ale upravují například Ballester et al. (2019), kteří svou analýzou naznačují, že interval plynulého snížení citlivosti na léčbu („kritické okno pro zotavení“) postupně pokračuje i nad 12 měsíců po CMP.

Aerobní aktivita je definována jako jakákoli aktivita, ve které se zapojují velké svalové skupiny, může být provozována nepřetržitě a má rytmický charakter (Patel et al., 2017). Zdravotní benefity aerobního tréninku reflektujeme nejčastěji na zlepšujícím se kardiovaskulárním, respiračním a metabolickém systému. Tyto pozitivní změny potom postupně zvyšují úroveň kardiorespirační zdatnosti jednice. (Máček, Radvanský 2011).

Úroveň kardiorespirační zdatnosti je důležitým ukazatelem, jak z hlediska vzniku CMP, tak i z pohledu následků a rizikových faktorů rehabilitačního procesu po příhodě. Wang et al. (2020) uvádí, že vyšší kardiorespirační zdatnost snižuje risk vzniku mrtvice až o 42 %. Billinger et al. (2014) upozorňují, že 30 % přeživších postihne mrtvice znovu, 18 % z nich s fatálními následky. Mezi další komplikace, jejichž častější rozvoj hrozí následkem CMP autoři zařazují například infarkt myokardu nebo onemocnění periferních tepen. Zahrnutí pravidelné aerobní aktivity podle nich snižuje pravděpodobnost vzniku opakovaného CMP a těchto nežádoucích komorbidit. Dále poukazují na pozitivní vliv aerobního tréninku prostřednictvím zlepšení chůze, snížení rizika pádů a zvýšení nezávislosti.

## **2. Cévní mozková příhoda**

Cévní mozková příhoda (CMP) je onemocnění mozku způsobené náhle vzniklou poruchou cévního zásobení (Růžička, 2019). Jedná se o klinický syndrom charakterizovaný rychle se vyvíjejícími klinickými známkami ložiskové nebo celkové poruchy mozkové funkce. Symptomy trvají 24 hodin nebo déle. Tento syndrom zahrnuje mozkový infarkt, intracerebrální a subarachnoidální krvácení, ale nezahrnuje krvácení a infarkt vzniklé z důvodu úrazu, infekce nebo malignity (Bruthans, 2010).

### **2.1. Epidemiologie CMP ve světě**

CMP je celosvětově druhou nejčastější příčinou invalidity i úmrtí. V roce 2010 byl odhadovaný počet ischemických a hemorhagických CMP 11,6 milionu. V roce 2016 tento ukazatel vzrostl na 13,7 milionu případů. Ve stejném roce podlehl této chorobě nebo jejím následkům 5,5 milionů lidí. Incidence CMP je vyšší u starších žen, u méně vzdělané populace a některých rasových nebo etnických skupin. Konvenční studie například předpovídají, že do roku 2030 v USA postihne toto onemocnění 3,4 milionu dospělých obyvatel. Za posledních 10 let vzrostl počet případů i v Indii, a to konkrétně o 6,3 % - u mužů o 5,5 % a u žen o 7,9 % (Saini, Guada, Yavagal; 2021).

Podle dat WSO (2022) žilo na světě v roce 2019 přes 101 milionů lidí s následky CMP. Více než 67 % z těchto přeživších bylo mladších 70 let. Dalších 22 % lidí, kteří trpěli následkem mrtvice byli ve věku 15-49 let.

### **2.2. Epidemiologie CMP v České republice**

V České republice se incidence CMP zvyšovala především v osmdesátých a devadesátých letech minulého století. Od konce devadesátých let se výrazněji neměnila. V letech 2003-2010 se pak dostavil pokles (Bruthans, 2010).

Incidence roste s věkem exponenciálně u obou pohlaví. Po 55. roce se s každým desetiletím zdvojnásobuje. Ke třem čtvrtinám CMP dochází v ČR u osob ve věku 65 let a více.

Incidence je vyšší u žen, především proto, že se dožívají vyššího věku než muži a mají nižší incidenci a úmrtnost na ICHS v nižších věkových skupinách (Bruthans, 2010).

### **2.3. Cévní zásobení mozku**

Mozek je cévně zásoben z předního karotického řečiště a ze zadního vertebrobazilárního řečiště. Karotické tvoří a. carotis communis sinistra, která odstupuje přímo z oblouku aorty a druhá větev a. carotis communis dextra se odděluje od truncus brachiocephalicus. Obě větve probíhají na krku vzhůru zevně od trachey a laryngu a ve výši jazylky v trigonum caroticum se dělí na a. carotis interna a externa (Naňka a Elišková, 2019).

A. carotis interna stoupá kraniálně skrze canalis caroticus do dutiny lebeční. Dopředu vysílá a. ophthalmica a větve pro mozek, které se rozestupují těsně při bazi mozkové. A. cerebri anterior se větví po mediálním povrchu čelního a temenního laloku. A. communicans anterior spojuje pravou a levou a. cerebri anterior. A. cerebri media směřuje do postranní jámy mozkové. A. communicans posterior potom zajišťuje spojení s a. cerebri posterior, čímž zajišťuje propojení karotického a vertebrobazilárního řečiště (Čihák, 2004).

Vertebrální tepny vystupující z a. subclaviae vyživují zadní část mozku. Po vstupu do lebky skrze foramen magnum se spojují a vytváří a. basilaris. Ta se nadále dělí na aa. cerebri posteriores, které skrze aa. cerebri communicantes uzavírají Willisův okruh (Čihák, 2004).

### **2.4. Fyziologie cévního zásobení**

Správná funkce mozku je stěžejním faktorem pro existenci individua. Oproti jiným orgánům zde výrazně závisí na přísunu glukózy a kyslíku. Cerebrální metabolická spotřeba kyslíku činí 50 ml/min pro celý mozek, což představuje 15-20 % celkové spotřeby O<sub>2</sub>. Spotřeba glukózy je 75mg/min. Tento přísun je zajištěn mozkovým průtokem ve fyziologickém rozmezí 40-60 ml/100 g mozkové tkáně/min. Průtok krve mozkem je přímo úměrný tlaku a nepřímo mozkové cévní rezistenci, tu vyjadřuje odpor, který klade céva proudící krvi. Tento odpor je závislý na délce cévy, jejím průsvitu a krevní viskozitě (Ambler, 2011).

Regulace mozkového průtoku je komplexní proces, na kterém se podílí především autoregulace a chemicko-metabolické vlivy. Autoregulace je zajišťována

hlavně vazoaktivním tonem kapilár, kdy při poklesu lokálního perfuzního tlaku (na hodnoty středního arteriálního tlaku 60-150 mm Hg a systolického tlaku 80-250 mm Hg) dojde k vazodilataci. Naopak při stoupajícím tlaku dochází k vazokonstrikci. Vlivy acidobazické rovnováhy pak ovlivňují chemicko-metabolické regulace. Mezi další faktory řadíme např. intrakraniální tlak, viskozitu krve a prostaglandiny. Schopnost extrakce kyslíku z krve je pak důležitým ukazatelem pro vlastní nutritivní funkci mozku (Ambler, 2011).

## **2.5. Patofyziologie vzniku CMP**

Stavem nouzové nebo kritické perfuze rozumíme pokles lokálního perfuzního tlaku pod dolní hranici autoregulace, který je vyvolán již snížením regionálního mozkového průtoku. Kompenzační reakcí k udržení normální metabolické spotřeby O<sub>2</sub> je zvýšení extrakce O<sub>2</sub> z protékající krve. Díky této extrakční kyslíkové rezervě je zachována metabolická spotřeba a nedochází k žádným klinickým poruchám.

Pravá ischemie nastává při poklesu mozkového průtoku o více než 50 %, tj. pod 25 ml/100 g/min. Tento stav je nadále reverzibilní. Dochází pouze k poruchám synaptické funkce neuronů, struktura je zachována.

Poklesem perfuze pod 15 ml, ke kterému se přidává i další snížení extrakce O<sub>2</sub> vznikají již ireverzibilní změny strukturálního charakteru, nastává zánik neuronů a dochází k mozkovému infarktu (malacii). Vlivem ischemie dochází v ložisku k lokální acidóze, poruše autoregulace, tvorbě kyslíkových radikálů, a tedy i k četným tkáňovým změnám. Postupně vzniká ischemická nekróza, následuje kolikvace a konečnou formou je postmalatická pseudocysta (Ambler, 2011).

## **2.6. Klasifikace CMP dle etiologie**

Rozlišujeme dva základní typy CMP: ischemické, které vznikají uzávěrem mozkové tepny a hemoragické (krvácivé), jejichž příčinou je ruptura tepny. Krvácivé se dále dělí na intracerebrální (parenchymové) a extracerebrální (subarachnoidální) krvácení. Nejméně častou příčinou lokalizovaného poškození mozku je trombóza mozkových splavů,

při které může dojít vlivem zhoršeného odtoku a kongesci současně k ischemii i krvácení intracerebrálnímu, subarachnoidálnímu i subdurálnímu (Růžička, 2019).

### 2.6.1. Ischemické CMP

Cévní mozkové příhody ischemické etiologie (iCMP) tvoří 80-85 % všech CMP a jsou tak nejčastější příčinou tohoto onemocnění. Vznikají při poklesu hodnot mozkové perfuze. Nízký krevní průtok není dostatečný k zajištění kompenzačních mechanismů pro potřebný energetický nárok buněk mozku. Následkem je hypoxie mozkové tkáně, porucha funkce jednotlivých neuronů a rozvoj klinických příznaků (Kolář, 2009; Nevšimalová, Tichý, Růžička, 2002).

Růžička (2019) dělí iCMP dle příčiny do několika podskupin:

Kardioembolické (30 %), které shledáváme u pacientů s fibrilací síní či s recesním infarktem myokardu, kardiální insuficiencí, chlopenní náhradou, přítomností trombu v levém srdci.

Aterosklerotické postižení velkých tepen (15 %), jehož podkladem je progredující aterosklerotické postižení, s nejčastějším výskytem v bifurkaci karotidy. Iktus pak vzniká embolizací z aterosklerotického plátu.

Mikroangiopatické (20-25 %), které vedou k intraluminárním trombózám a posléze stojí za vznikem lakunárních iktů. Mohou způsobit i difúzní mikroangiopatii mozku. Rizikové faktory tohoto typu jsou diabetes, hypertenze a věk.

Ostatní identifikovatelné příčiny (5 %), kam řadíme například spontánní disekci karotidy nebo vertebrální tepny, vaskulitidu nebo hyperkoagulační stav.

Kryptogenní příčiny iCMP přiřazujeme u zbylých 30 % případů pacientů, při jejichž vyšetření se nepodaří zjistit přesnou příčinu. Tzv. paradoxní embolizace může být příčinou u pacientů do 50 let. Nedetekovaná paroxysmální fibrilace síní může hrát roli naopak u pacientů starších 60 let.



## 2.6.2. Intracerebrální a subarachnoidální hemoragie

Za vznikem přibližně 20 % všech iktů stojí spontánní intrakraniální krvácení. Mozkové hemoragie nejčastěji vznikají z důvodu arteriální hypertenze. Většinou dojde k prasknutí jedné arterie. Může se jednat o jednorázový děj nebo může krvácení pokračovat hodiny i dny. Mezi další, avšak méně časté příčiny patří AV malformace nebo hemoragické diatézy. Tento typ CMP dělíme na další dvě formy: intracerebrální krvácení tvořící 15 % případů a subarachnoidální krvácení 5 %. U hemoragického CMP se mortalita pohybuje kolem 50 %. Z přeživších pacientů je poté zhruba pouze 20 % soběstačných (Bauer, 2010; Kolář, 2009; Ambler 2011).

Mezi dva hlavní příznaky intracerebrální hemoragie patří náhle vzniklý neurologický deficit, který se odvíjí od lokalizace krvácení a bolest hlavy různé intenzity. Porucha vědomí se vyskytuje spíše výjimečně, a to u tříštivých kmenových krvácení nebo rozsáhlých krvácení v hemisférách. Nejčastější lokalizací jsou hluboké struktury hemisféry – bazální ganglia, capsula interna a talamus. Klinické projevy jsou zde podobné jako u ischemie v povodí a. cerebri media. Asi u třetiny pacientů dochází v prvních hodinách ke zvětšení hematomu. Jeho progresse je přítomná spíše u sekundárních krvácení. Klinicky se projevuje zhoršením ložiskového nálezu, případně poruchou vědomí (Růžička, 2019).

Subarachnoidální krvácení vzniká krvácením mezi arachnoideou a piou mater. Dle etiologie je dělíme na traumatické a netraumatické. Ruptura vrozeného aneuryzmatu je nejčastější příčinou SAK, tvořící až 80 % případů. Obvykle se vyskytují na tepnách Willisova okruhu a na proximálních úsecích větve a. cerebri media. Hlavním projevem SAK je bolest hlavy, kterou pacient často popisuje jako největší bolest hlavy v životě. Její rozvoj graduje do maxima v rámci vteřin až minut a je doprovázena nauzeou a vomitem. Asi u poloviny pacientů se objeví náhlá nebo přechodná porucha vědomí. Během 4-6 hodin se rozvíjí příznaky meningeálního syndromu (Růžička, 2019).

Opakování krvácení ze stejného zdroje (rebleeding) má nejvyšší pravděpodobnost v prvních týdnech a pak pomalu klesá. Rebleeding má závažnější symptomy a komplikace (spasmy mozkových tepen, hyporesorpční hydrocefalus) a dvojnásobnou mortalitu než první incident. Tento typ CMP postihuje nejmladší pacienty. Jejich prognóza je nejhorší,

tříměsíční mortalita je téměř 50 %. Přes 10 % pacientů s diagnózou SAK se nestihne dostat do nemocnice a zemřou pod obrazem náhlé smrti (Růžička, 2019).

## 2.7. Rizikové faktory vzniku CMP

Rizikové faktory vzniku CMP můžeme rozdělit na ovlivnitelné a neovlivnitelné.

Mezi neovlivnitelné faktory řadíme věk, pohlaví a genetické dispozice.

Věk – Incidence vzniku CMP stoupá u osob starších 55 let. Každých dalších 10 let se pak zvyšuje dvojnásobně.

Pohlaví – Vyšší četnost CMP je zhruba do středního staršího věku u mužů. S rostoucím věkem se rozdíl zmenšuje.

Genetické dispozice – Mezi dědičné rizikové faktory řadíme hypertenzi, obezitu, hypercholesterolemii, diabetes mellitus.

(Kalvach, 2010; Herzig, 2008).

Za ovlivnitelné rizikové faktory můžeme označit různá srdeční onemocnění, arteriální hypertenzi, také diabetes mellitus, aterosklerózu, kouření, nadměrné užívání alkoholu nebo hormonální antikoncepce (Herzig, 2008).

Nejvýznamnějším rizikovým faktorem je arteriální hypertenze, zvláště pak vysoký diastolický tlak. Toto onemocnění však můžeme významně ovlivnit farmakologickou terapií a zmírnit rizika jejích následků (Kalvach, 2010; Herzig, 2008).

Poměrně snadno ovlivnitelným rizikovým faktorem je kouření. Jedná se o jeden z nejvýznamnějších rizikových faktorů pro onemocnění srdce a periferních tepen. Vztah mezi kouřením a CMP není tak výrazný jako u kardiovaskulárních onemocnění, přesto je nikotinismus významný rizikový faktor pro CMP především u mladých lidí. U mladých žen riziko potencuje současné užívání hormonální antikoncepce (Dufek, 2002).

Dlouhodobé zvýšení krevní glukózy vyskytující se u diabetu mellitu je dalším neblahým spoluúčastníkem v rozvoji rizika CMP. Významně souvisí s urychlením procesu aterosklerózy a zvyšuje citlivost organismu vůči ostatním rizikovým faktorům. Při dlouhodobém zvýšení

glukózy o 1 mmol/l nad doporučenou hranici, stoupá riziko CMP až o 17 % (Kalvach, 2010; Neumann a Škoda, 2007).

Předchozí CMP je významným rizikovým faktorem vzniku dalších mozkových příhod. Pacienti s touto diagnózou mají až 4x vyšší pravděpodobnost vzniku další CMP (Chohan, Venkatesh, How, 2019).

## 2.8. Diagnostika CMP

Základem diagnostiky je klinický obraz a anamnéza. Nemůžeme se však spoléhat pouze na tyto dva ukazatele pro odhalení ischemického či hemoragického typu. Proto v diagnostice využíváme vyšetření pomocí zobrazovacích metod. Nejčastěji využíváme výpočetní tomografii nebo magnetickou rezonanci (Bauer, 2010).

První volbou v diagnostice CMP pomocí zobrazovacích metod je počítačová tomografie (CT). Je hojně využívána pro svou lehkou dostupnost a cenovou přijatelnost. Další výhodou je její možnost zobrazit rozsah a ložisko postižení a strukturální změny v mozku. Dokáže odhalit, zda se jedná o ischemický či hemoragický typ. Využívá se především u diagnostiky hemoragické CMP, kde s přesností zobrazuje její rozsah a někdy dokáže určit i její příčinu. Nevýhodou je její nedokonalost diagnostiky v případě iCMP. CT zobrazuje totiž pouze strukturálně změněnou tkáň, a to u ischemických CMP může trvat hodiny až dny a výsledky mohou být často negativní (Kalvach, 2010; Nevšimalová, Tichý, Růžička, 2002; Bauer, 2010).

U iCMP proto využíváme vyšetření CT v kombinaci s CT angiografií (CT AG). Cílem je zhodnotit okluze a stenózy tepen krku a mozku pro následnou indikaci k rekanalizační léčbě (Růžička, 2019).

Magnetickou rezonanci (MR) užíváme u akutních iCMP jako doplňkové vyšetření. Umožňuje odhadnout trvání CMP, nepřináší však žádný benefit u pacientů se známým časem vzniku obtíží, a naopak zdržuje zahájení léčby. MR kvalitně zobrazuje kontrast tkání a umožňuje rozeznat tvarové detaily, jednotlivé rozdíly v tkáních a fyzikálně-chemické změny, které nastávají s vývojem ischemického ložiska. V neposlední řadě je také výhodou MR fakt, že oproti CT nevystavujeme pacienta rentgenovému záření (Kalvach, 2010; Růžička, 2019).

Časovou a finanční náročnost, nutnost absolutního klidu pacienta a vysoké nároky na odbornou vzdělanost v popisu snímků MR považujeme za negativa této metody. Další komplikace mohou pramenit z ohrožení pacientů s kovovými implantáty a možnost rozvoje klaustrofobické reakce (Kalvach, 2010).

## 2.9. Léčba akutní fáze iCMP

Ambler (2011) popisuje léčbu akutní fáze iCMP následovně:

U iCMP je velmi důležitý časový faktor – začít s léčbou, co nejdříve, ve fázi, kdy je zachován metabolismus, a ještě nedošlo ke strukturálním změnám. Původně reverzibilní deficit se totiž může po určité době (hodiny, dny) změnit do ireverzibilní strukturální léze. Dosud neexistuje jeden lék, jedna standartní léčba, proto je těžištěm léčby komplex řady těchto opatření:

Celková léčba – zajištění respirace, dostatečná ventilace, oxygenace, monitorování EKG, zajištění oběhu a adekvátní srdeční činnosti, hydratace, iontová balance a vyvážená strava.

Protitrombotická léčba protidesticková se zahajuje co nejdříve po vzniku iktu. Používáme k ní kyselinu acetylsalicylovou (Aspirin). Jejím cílem je zabránit vzniku trombu a jeho embolizaci na aterosklerotickém plátu a ovlivnění agregace trombocytů.

Protitrombotická léčba antikoagulační, při které podáváme dávky heparinu, se výrazně uplatňuje při profylaxi žilní trombózy dolních končetin a tromboembolické choroby.

Trombolytická léčba, jejímž cílem je rozpuštění trombu pomocí trombolyticky aktivní substance a recirkulace. Užívá se při ní intravenózně r-tPA (rekombinantní tkáňový aktivátor plazminogenu – Actilyse).

Protiedémová léčba. Edém mozku může nastupovat u ischemických iktů obvykle v intervalu 24-48 hodin. Základní léčebná opatření nitrolební hypertenze po CMP spočívají v polohování hlavy nejméně 30° nad podložkou, řádné oxygenaci, zmírnění bolesti a normalizaci tělesné teploty. Medikamentózně užíváme osmoterapii prostřednictvím nitrožilního podávání NaCl.

Velmi důležitým faktorem léčby je profylaxe všech komplikací. Mezi nejčastější extracerebrální komplikace patří bronchopneumonie, tromboembolická nemoc a infekce močových cest.

Neméně důležitou roli hraje kvalifikovaná ošetrovatelská péče imobilních pacientů. Tento bod zahrnuje například prevenci dekubitů, udržování hygieny nemocných i jejich lůžek, pravidelné polohování.

Léčba rehabilitační je nedílnou součástí terapie. Zahrnujeme ji, co nejdříve, ihned po odeznění alterace celkového stavu. Její podstatou je co nejčasnější mobilizace. Začíná pasivními pohyby na lůžku, následuje posazování a vertikalizace. Při dostatečném obnovení aktivního pohybu zahajujeme chůzi. Součástí rehabilitační fáze je i reedukace řeči.

Menší část pacientů je pak indikována k léčbě operační. Provádíme endarterektomii a to u pacientů s částečnou trombózou a stenózou a. carotis. Její význam je především preventivní a je indikována u pacientů s lehkým klinickým nálezem, po TIA nebo po malém iktu. Úplné trombotické uzávěry lze řešit operačně (event. trombolyticky) pouze v prvních hodinách. Perkutánní transluminární angioplastika s event. užitím stentů se využívá u cévních stenóz ve vertobrobasilárním povodí.

## **2.10.Léčba akutní fáze hemoragického CMP a SAK**

U hemoragického CMP průběžně sledujeme a hodnotíme stav vědomí, celkový klinický stav a stabilizujeme vitální funkce. Jakákoliv změna neurologického stavu je pak indikací ke kontrolnímu zobrazovacímu vyšetření. K tomu volíme nejčastěji CT, které dokáže odhalit náhlý rozvoj ložiska při eventuální recidivě hemoragie. Expanzivně se chovající hematomy mozečkové, lobární nebo uložené laterálně od bazálních ganglií jsou indikovány k chirurgické evakuaci. Opatření u pacientů s nitrolební hypertenzí jsou podobné těm u iCMP: elevace hlavy a trupu v 30° sklonu, klidový režim, osmoterapie, hyperventilace, případně ventrikulární drenáž.

Základem léčby u chirurgicky i nechirurgicky léčených pacientů s hemoragickým CMP jsou opatření zabraňující recidivě krvácení, mezi které spadá:

Monitorace a úpravu krevního tlaku – u pacientů s hypertenzí jsou cílové hodnoty 160/90 mm Hg a nižší. Poslední studie dokonce doporučují snížení systolického tlaku na hodnoty 140 mm Hg. Tlak krve také ovlivňujeme podle aktuálních potřeb cerebrálního perfuzního či nitrolebního tlaku.

Léčba koagulopatie – nejčastěji se snažíme o zablokování účinku antikoagulační terapie užívané před nemocí. Například při užívání warfarinu podáváme Prothromplex Total NF, Kanavit.

Subarachnoidální hemoragie zaujímá ve léčebné strategii výjimečné postavení.

Terapie se soustředí na uzavření aneurysmatu endovaskulárním nebo přímo neurochirurgickým výkonem. Ten je indikován vždy pokud je SAK doprovázen vývojem intracerebrálního hematomu. Děje se tak z důvodu dekomprese mozku a odstranění hematomu. Obstrukční nebo hyporesorpční hydrocefalus je častou komplikací subarachnoidální hemoragie a vyžaduje ventrikulární či lumbální drenáž, případně trvalé řešení formou např. ventrikuloperitoneálního shuntu.

Stádium vazospasmů nastupuje od třetího dne po vzniku subarachnoidální hemoragie. Dílčí prevencí je brzké (od prvního dne) perorální podávání blokátoru kalciového kanálu nimodipinu. Obvyklou, avšak dle nedávných studií zpochybnovanou součástí léčby je hyperdynamická terapie (tj. 3 H – hemodiluce, hypertenze, hypervolemie) (Fiksa, 2015).

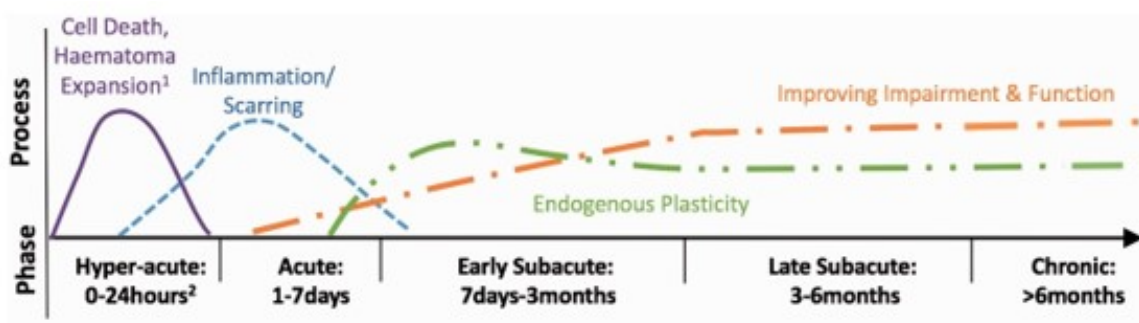
## **2.11.Rehabilitace po CMP**

Rehabilitace je základní součástí terapie všech typů CMP a zásadně ovlivňuje výsledný zdravotní stav pacienta. Měla by být zahájena co nejdříve po vzniku onemocnění. Její nejintenzivnější část by měla pokračovat následující tři měsíce. Jejím cílem je dosažení, co největší možné soběstačnosti, která zahrnuje zlepšení hybnosti postižené části, návlek přesunů a chůze, kompenzace následků a prevence komplikací, jako jsou spasticita, kontraktury nebo bolesti kloubů. Rehabilitace zahrnuje interdisciplinární přístup a spolupráci. Z hlediska fyzioterapie se nejčastěji přikláníme vedle pasivního a aktivního cvičení k využití Bobath konceptu, Vojtovy metody či PNF (Růžička, 2019).

Sestavování rehabilitačního plánu vychází z hodnocení posturálního tonu, posturálních a pohybových vzorů a funkčních dovedností. Velmi významným parametrem je vývojové stádium CMP, které dělíme na akutní, subakutní, stádium relativní úpravy a chronické stádium. V akutním dominuje svalová hypotonie, v subakutním se rozvíjí a převažuje spasticita, následuje relativně příznivý vývoj a zlepšení stavu (stádium akutní úpravy), po něm ale nastává chronické stádium, kde se stav již nezlepšuje (Kolář, 2009).

Na základě práce Dobkina a Carmichaela (2016) byl vytvořen následující časový rámeček jednotlivých stádií. Vychází z několika výzkumů pacientů po CMP s akcentací na motorický systém. Schéma naznačuje, že většina změn v procesu zotavení probíhá u většiny pacientů v prvních týdnech až měsících po mrtvici.

**Obrázek 1** Časové schéma jednotlivých stádií po CMP (Dobkin a Carmichael, 2016)



### 2.11.1. Akutní stádium

Pro toto období trvající dny až týdny je charakteristický jednostranný motorický a senzorický deficit, svalová slabost, snížený svalový tonus a ztráta stability. Rehabilitační proces s pacientem zahajujeme, co nejdříve, zhruba 3 dny po prodělání příhody, nebo 2 dny po stabilizaci stavu (Kolář, 2009; Votava, 2001).

V této fázi se soustředíme na polohování a pasivní pohyby, které by měly splňovat normy antispastického vzorce. Zároveň bychom neměli opomíjet pacientovu „zdravou“ stranu, kde by mělo docházet k aktivnímu cvičení. Dalším aspektem je nácvik přesunů na lůžku, kdy nacvičujeme přetáčení nejdříve na paretický a později na zdravý bok. Důležitým aspektem mobility na lůžku je nácvik bridgingu, který je podmínkou vertikalizace do sedu

a následného stoje a chůze. Dále se soustředíme na aproximaci do kloubu, poklepávání, zařadit můžeme i prvky z PNF nebo Vojtovy reflexní lokomoce. V neposlední řadě provádíme respirační fyzioterapii pro zachování mobility hrudního koše a plicní ventilace (Kolář, 2009; Votava, 2001).

Pro zlepšení mobility paretické horní končetiny se může jevit efektivní metoda m-CIMT, která preferuje aktivnější zapojení paretické končetiny namísto nepostižené, za účelem obnovení motorické funkce. V provedené studii zaznamenala progresivnější zlepšení funkce oproti konvenční rehabilitaci (El-Helow et al., 2015).

### **2.11.2. Subakutní stádium**

Subakutní stádium nastupuje v rozmezí 2 týdnů až 2 měsíců od vzniku CMP. Je pro něj příznačný rozvoj spasticity (Votava, 2001). V rehabilitaci klademe důraz na nácvik aktivní hybnosti. Poté dochází k postupné vertikalizaci pacienta. Nejprve nacvičujeme posazování na lůžku a udržení rovnováhy vsedě. Pro nácvik stoje a přemístění na židli je podmínkou nejprve zvládnutí lehu na boku a sedu (Kolář, 2009).

Spasticitu ovlivňujeme řadou na sebe navazujících cviků, při kterých procvičujeme horní a dolní končetiny. S pacientem postupně cvičíme v následujících polohách – v lehu na zádech nebo na zdravém boku, vleže na břiše nebo vkleče s oporou o předloktí. Poté následuje podpor klečmo, při kterém dochází ke snížení svalového tonu flexorů horních končetin a extenzorů dolních končetin. Z této pozice přecházíme do chůze po kolenou, která pacienta stimuluje k provedení správného pohybového vzoru chůze. Pro ten je také nesmírně důležitý nácvik stability kolene a izolované dorzální flexe nohy (Kolář, 2009).

### **2.11.3. Stádium relativní úpravy**

Správnými postupy a příznivým vývojem stavu pacienta můžeme dospět u některých pacientů do stádia relativní úpravy nálezu. Spasticita je mírnější, pacient dokáže lépe ovládat postiženou ruku a kontrolovat chůzi. V tomto období se proto zaměřujeme na jemnější a izolovanější pohyby a usilujeme o zmírnění patologických pohybových vzorů.



Na horní končetině, kde převládá flexe s pronací se zaměřujeme především na otevírání a zavírání prstů, izolovanou opozici palce, supinaci a radiální dukci. Hlavním problémem není úchop, ale uvolnění předmětu z ruky, proto zařazujeme i cviky na uvolnění ruky. Na dolní končetině se soustředíme na izolovanou dorzální a plantární flexi nohy a prstů a trénink stability. Podstatou tohoto období je inhibice primitivních pohybových stereotypů (Kolář, 2009).

#### **2.11.4. Chronické stádium a možnosti jeho terapie**

V chronickém stádiu jsou již zafixované špatné posturální a pohybové stereotypy. Postižená dolní končetina slouží jako rigidní opora a pacient se více opírá zdravou rukou o hůl. Dále pozorujeme elevaci pánve, cirkumdukci, rekurvaci kolene a nášlap na zevní hranu plosky. Na horní končetině převažuje aktivita flexorů. Paže je držena u těla, častá je subluxace ramenního kloubu, loket je flektován, předloktí je v palmární flexi a pronaci (Kolář, 2009).

U některých pacientů se snažíme ovlivnit toto spastické držení zahájením metodické řady cvičení od úplného začátku, reedukací, vracíme se tedy do nižších poloh. U pacientů s výraznou spasticitou upřednostňujeme ergoterapii, jejímž cílem je zlepšení běžných denních činností a progresu pacientovi nezávislosti na okolí. Pacient nacvičuje samostatně ADL, dbá na repetitivnost, při níž se aktivuje neurální plasticita, která podněcuje k práci „nadbytečné“ neurony, které nahrazují funkci poškozených. Úkolem fyzické aktivity je tlumit spasticitu a facilitovat inhibované neurony (Papoušek, 2010).

Jednou z dalších problematik u chronických pacientů, kterou zmiňují Winstein et al. (2016) jsou pády, a především jejich následky. Až 70 % pacientů po CMP totiž během prvních 6 měsíců po propuštění z nemocnice spadne. Nadále jsou postižení ohroženi opakovanými pády a zraněními s nimi spojenými. Mezi častá traumata patří zlomeniny kyčle nebo pánve.

Kromě těchto fyzických následků jsou pády spojeny také s psychologickými a sociálními důsledky. Poruchy rovnováhy, chůze, motorické kontroly, senzitivního systému umocňují pacientův strach z pádů, který v různé úrovni uvádí 30 až 80 % postižených. Tato obava může dále vést k většímu poklesu fyzické aktivity, úbytku ADL, menšímu množství interakcí v komunitě a s tím související sociální izolaci a depresi (Winstein et al., 2016).

Prvotní prevencí těchto událostí by mělo být zhodnocení rizikových faktorů a jejich následné zmírnění nebo eliminace. Většina pádů je u pacientů spojena s nedostatečnou kvalitou chůze. Mezi nejčastěji používané měřicí škály prevence pádů patří Morse Fall Scale a Berg Balance Scale. Z hlediska terapie pro snížení pravděpodobnosti těchto nežádoucích komplikací nabízejí autoři v přehledu například Tai Chi, které bylo efektivnější než trénink svalové síly a terapie zaměřená na zvýšení ROM. Dále poukazují na slibný potenciál progresivního skupinového tréninku chůze, rovnováhy a svalové síly prováděného 1 hodinu 3x týdně (Winstein et al., 2016).

Podíl na náročné obnově motoriky na horní končetině má i nerovnováha v excitabilitě mezi hemisférami – tedy rozdíl mezi sníženou excitabilitou v ipsilezionální aree M1 a zvýšenou excitabilitou v kontralesionální oblasti M1. Za účelem zlepšení motorického stavu je nutné tuto nerovnováhu vyrovnat (Lefebvre, 2013). Toho lze dosáhnout například využitím transkraniální magnetické stimulace a transkraniální stimulace stejnosměrným proudem. Tyto metody měly pozitivní vliv na úpravu zmíněné excitability a zlepšení motoriky (Harvey, Stinear, 2010; Takeuchi, 2005; Bolognini, 2011; Kakuda, 2012). Ruiz et al. (2016) pak konstatují pozitivní efekt této metody ve zlepšení motorických poruch, afázie, dysartrie, dysfagie, deprese a percepčně-kognitivních deficitů.

Mezi další častý následek chronického stádia CMP patří již zmiňovaný rozvoj deprese. Ta je shledávána až u 33 % pacientů. Mezi předpoklady vzniku deprese po CMP patří předchozí depresivní porucha, závažné postižení, kognitivní postižení, předchozí CMP, pozitivní rodinná anamnéza psychiatrických onemocnění a ženské pohlaví. Tato diagnóza může negativně poznamenat pacientův rehabilitační proces. Výrazně totiž narušuje pacientovo aktivní zapojení do terapie. K depresi se často přidává také úzkost, která vytváří nepříjemné pocity strachu a obav doprovázené fyzickými symptomy, které ztěžují účast v terapii. Generalizovaná úzkostná porucha v kombinaci s depresí pak může výrazně zpomalit zotavení funkčních schopností a snížit celkovou soběstačnost (Winstein et al., 2016).

Vztahem mezi depresí po CMP (subakutní a chronické stádium) a fyzickou aktivitou se své meta-analýze zabývali Eng a Reime (2014), kteří odhalili na vzorku 13 studií o 1022 pacientech významný vliv cvičení na zmírnění depresivních symptomů. Toto zlepšení se navíc dostavilo ihned po 4týdenní intervenci. Úspěšné byly především studie, ve kterých byla použita vysoká intenzita cvičení. Nejčastější typy aktivit byly progresivní odporový

trénink, trénink rovnováhy, aerobní trénink zaměřený na aerobní vytrvalost a trénink funkce horní končetiny.

Lee et al. (2019) ve své meta-analýze zaměřené na využití tréninku ve virtuální realitě konstatují, že tato forma terapie dokáže u chronických pacientů skvěle simulovat reálné prostředí, které je motivuje ke zlepšení motorických funkcí, a to jak na horní, tak dolní končetině. Doporučenou délku intervence autoři stanovují minimálně na 8 týdnů. U metod virtuální reality vyzdvihují také jejich vliv na zlepšení parametrů chůze, a to především rychlosti, kadenci, stabilitě a zvýšené svalové síle dolní končetiny. Tuto formu terapie také považují za ekonomicky výhodnou.

Mnohdy se může zdát, že většinový přístup přijal hypotézu o pravidlu „kritického okna pro zotavení“ v prvních 3-6 měsících po CMP, což by vylučovalo potřebu fyzioterapie v chronickém stádiu. Nicméně limity tohoto okna zůstávají nejasně definovány.

Ballester et al. (2019) přišli s analýzou 219 pacientů v různých stádiích CMP, které podrobili klinickým testům a přišli se zjištěním, že interval plynulého snížení citlivosti na léčbu („kritické okno pro zotavení“) postupně pokračuje i nad 12 měsíců po CMP. Tato informace naznačuje možnost využitelnosti zvýšené neuroplasticity mozku i v pozdních chronických stádiích, a to především v tělesné funkci. V rehabilitaci se vědcům osvědčilo zařazení RGS. Jeho využití bylo úspěšné u pacientů v tzv. brzké chronické fázi (6–18 měsíců po CMP). Tato analýza odhaluje dlouhotrvající gradient citlivosti na léčbu, který zůstává zřejmý až do 18 měsíců po CMP.

Tuto kapitolu uzavírám tvrzením autorů Winstein et al. (2016), kteří ve svých doporučeních k terapii pacientů po CMP zdůrazňují potřebu fyzioterapie i v pozdní fázi onemocnění. Protože má cvičení pozitivní dopad na zdraví i několik let po mrtvici, mělo by se podporovat jeho zapojení do terapie, bez ohledu na dobu, která uplynula od mrtvice. Účinnost cvičení v chronických fázích CMP již není otázkou. Navíc je známo, že přínosy cvičení se významně snižují bez pravidelné fyzické aktivity. Fyzická aktivita zaměřená na podporu kardiorepirační zdatnosti měla být důležitým prvkem rehabilitačního procesu.

### 3. Aerobní trénink

#### 3.1. Fyzická aktivita, její důležitost a nedostatek

V posledních desetiletích zaznamenáváme celosvětový nárůst nadváhy a obezity. Tyto faktory a další aspekty nezdravého životního stylu, jako například sedavý způsob života často vedou ke vzniku kardiovaskulárních onemocnění, které jsou stále hlavní příčinou úmrtí v industrializovaném světě. Za posledních 50 let se prostřednictvím vědecké činnosti nashromáždil dostatek důkazů naznačujících, že pravidelná fyzická aktivita disponuje řadou zdravotních přínosů, které mohou tyto nežádoucí vlivy výrazně oddálit. Například u pacientů s onemocněním koronárních tepen bylo prokázáno, že aerobní aktivita úzce souvisí s délkou přežití těchto pacientů (Eminović, Dopsaj; 2023, Vargas; 2020).

Dle Vargas (2020) je pravidelná fyzická aktivita spojena se zvýšenou kvalitou života a snížením nemocnosti a mortality. Fyzická inaktivita tak může být významným rizikovým faktorem především u starších pacientů s chronickým onemocněním.

Lékařská komunita v posledních letech více akcentuje na nepříznivé účinky inaktivity u chronických pacientů. Zřetelné nepříznivé dopady u nich sledujeme především na pohybovém aparátu. Snížená aktivita kosterního svalstva vede například ke zpomalené syntéze proteinů, zrychlení proteolýzy a zvýšené apoptóze. Tyto procesy vedou k morfologickým změnám kosterního svalstva, které ústí v katabolismus, atrofii a slabost. Tyto změny mohou nastávat u starší populace již po 5 dnech strávených na lůžku. Po 14 dnech pak může docházet již ke zmenšení plochy průřezu svalových vláken typu 2a a snížení obsahu satelitních buněk a to již u dospělých ve středním věku (Vargas, 2020).

Zohue et al. (2018) přišli s informací, že chronické onemocnění je asociováno u 32 % fyzicky inaktivních lidí. To poukazuje na fakt, že chronické onemocnění je často hlavní překážkou pohybové aktivity. Pacienti si často myslí, že by fyzická aktivita mohla zhoršit symptomy jejich onemocnění a celkový zdravotní stav. Další vnímanou překážkou pak bývá obtížná schopnost transportu k místům sportovního vyžití.

Právě u pacientů v chronickém stádiu CMP dochází k poklesu fyzické aktivity, která souvisí s řadou nežádoucích faktorů jako je – snížená kardiorespirační zdatnost, omezení

a snížení mobility, snížená schopnost socializace, deprese a obecně snížená kvalita života (Billinger et al., 2014).

Potřeba fyzické aktivity je tedy nezastupitelnou součástí zdravého životního stylu a v posledních letech i součástí rehabilitačního procesu napříč obory.

### **3.2. Kardiorespirační zdatnost jako faktor vzniku CMP**

Jak bylo naznačeno, pohybová aktivita a kardiorespirační zdatnost jsou blízce spojené s úrovní a kvalitou našeho zdraví. Nezdravý životní styl a špatná úroveň těchto ukazatelů s sebou nese vyšší riziko vzniku CMP.

Ve své meta-analýze to potvrzují například Wang et al. (2020), kteří hodnotili výsledky 14 studií, které zahrnovaly 1 409 340 účastníků, z toho 23 894 pacientů po CMP. Autoři přišli se zjištěním, že vyšší kardiorespirační zdatnost snižovala risk vzniku mrtvice o 42 %. Výzkum dále ukazuje, že každé zvýšení fyzické aktivity o 5 MET snižuje riziko vzniku CMP o 15 %.

Vedle výše popsaných zdravotních důsledků nedostatečné sportovní aktivity vědci popisují další proměnné související s kondicí respiračního a kardiovaskulárního aparátu a vznikem CMP. Popisují, že zdatnější jedinci mohou mít nižší hladinu C-reaktivního proteinu. Vysoká úroveň tohoto proteinu je považována za sérový zánětlivý biomarker kardiovaskulárních onemocnění (Wang et al., 2020)

Zajímavý pohled na důležitost fyzické aktivity nabízí také Myers et al. (2002). Ve své studii o 6213 účastnících zkoumali úroveň kardiorespirační kapacity jako prediktor úmrtí u zdravých jedinců a pacientů s kardiovaskulárním onemocněním (KVO). Studii uzavřeli tvrzením, že hodnota  $VO_2max$  je po odečtení věku silnějším prediktorem úmrtnosti u mužů než jiné, častěji zmiňované rizikové faktory, jako je hypertenze, kouření a diabetes, a to jak u zdravých osob, tak u pacientů s KVO. Každé zvýšení fyzické zdatnosti o 1 MET přineslo zvýšení šance přežití o 12 %.

### **3.3. Fyziologie pohybové aktivity**

Podkladem tělesné aktivity je svalová činnost. Náleží k základním projevům života a uplatňuje se jak v běžné denní pohybové aktivitě, tak k při plnění fyzických nároků

v zaměstnání. Aktivitu uvědoměle zaměřenou na zvýšení tělesné výkonnosti nebo zlepšení zdravotního stavu pak nazýváme tělesným cvičením, dalším stupněm je pak aktivita zaměřená ke zvýšení tělesné výkonnosti – pak jde o sportovní trénink (Máček, Radvanský, 2011).

Vlastním vykonavatelem pohybu je svalový systém. Kosterní, příčně pruhované svalstvo představuje u žen přibližně 25-35 % tělesné hmotnosti, u mužů je to 40-45 %. Hlavní funkcí tohoto systému je svalová kontrakce. Za tu je zodpovědný komplex motorických jednotek – skupiny svalových vláken stejného typu, které jsou inervované jedním motoneuronem. Ke kontrakci pak dojde aktivním stahem zapojených motorických jednotek, které působí spolu s elastickými vlastnostmi inaktivních vláken a vmezeřeného vaziva. Energetická spotřeba hrazená ve formě spotřeby kyslíku, se může při maximální zátěži zvýšit až 70krát (Máček, Radvanský, 2011).

### **3.4. Aerobní trénink**

The American College of Sports Medicine popisuje aerobní cvičení jako jakoukoli aktivitu, ve které se zapojují velké svalové skupiny, může být provozována nepřetržitě a má rytmický charakter. Velké svalové skupiny jsou při tomto typu aktivity závislé na aerobním metabolismu. Do skupiny aerobních aktivit zahrnujeme například cyklistiku, tanec, turistiku, jogging, vytrvalostní běh, plavání a chůzi (Patel et al., 2017).

Další pohled nabízí Lehnert et al. (2014), který definuje aerobní trénink jako tělesnou dynamickou aktivitu, při které převládá aerobní metabolismus. Představuje pomalejší, ale efektivnější způsob získávání energie pro svalovou práci na podkladě aerobní glykolýzy a lipolýzy. Jeho předpokladem je dostačující přísun kyslíku, za který odpovídá kardiovaskulární a respirační systém. Následné využití kyslíku ve svalu se odvíjí podle správné funkce myoglobinu, počtu mitochondrií, aktivitě aerobních enzymů a dalších procesů.

Aerobní vytrvalost a její rozvoj jsou zaměřeny na dosažení vysoké výkonnosti aerobního systému uvolňování energie, která je hodnocena maximálním aerobním výkonem a aerobní kapacitou.

Maximální aerobní výkon ( $VO_2max$ ) odpovídá nejvyšší možné individuální spotřebě  $O_2$  během práce velkých svalových skupin v daném časovém úseku. Čím vyšší je hodnota  $VO_2max$  jedince, tím větší je množství kyslíku dostupného pro získávání aerobní energie. Její význam

je pro nás důležitý i z hlediska maximálního potenciálu aerobní produkce a regeneračních schopností jedince (Lehnert et al., 2014).

Pod termínem aerobní kapacita rozumíme využití maximálního možného množství kyslíku po delší dobu, v principu – co nejdéle. Velmi závisí na oxidativní schopnosti pracujících svalů. Ukazatelem je doba aktivity příslušné intenzity vyjádřené v procentech  $VO_2max$ . Těžištěm rozvoje vytrvalosti je proto vysoké využití  $VO_2max$  (Lehnert et al., 2014).

Nižší hodnoty  $VO_2max$  jsou asociovány s vyšší pravděpodobností vzniku metabolických a kardiovaskulárních onemocnění, které s sebou nesou zvýšené riziko morbidity a mortality (Serra, 2019).

Mezi hojně využívanou formu aerobního tréninku patří aerobně-rezistentní trénink. Tato tréninková metoda využívá intervalového tréninku s cyklickým střídáním aerobního a rezistentního tréninku. Tímto způsobem je možné dosáhnout většího objemu práce a vyššího výkonu než při tréninku prováděném kontinuálně. Jedná se formu aktivity, při které dochází k aerobnímu zatížení, tedy k energetickému výdeji, který je nutný pro zvýšení adaptace na fyzickou zátěž. Během aerobního tréninku se postupně zvyšuje  $VO_2max$ . Tento typ tréninku kombinuje aerobní zátěž s odporovým tréninkem, který zahrnuje statickou svalovou činnost s využitím koncentrických nebo excentrických kontrakcí svalu. Aerobní aktivity pomáhají zlepšit oběhovou zdatnost, ale nijak zvlášť nepodporují svalovou sílu. Naopak, odporový trénink je zaměřen na zvýšení svalové síly (Máček, Radvanský, 2011).

### **3.5. Metabolismus aerobního a anaerobního typu zátěže**

Pro funkci kontraktilních složek svalových vláken je potřebná energie. Ta vzniká štěpením adenosintrifosfátů (ATP), které se ztrátou jedné molekuly mění na di-aminofosfát. Volný fosfát se pojí s kreatinem a vzniká tak kreatinfosfát, který funguje jako zdroj opakující se resyntézy (Máček, Radvanský, 2011).

Potřeba energie pro vykonání svalové kontrakce se liší podle jejího charakteru. Pro krátkodobý intenzivní výkon (dříve udávaný do 2 minut, v posledních letech spíše do 75 sekund) je dodávka energie zajištěna rozpadem fosfokreatinu a glykogenu a glykogenolýzou v rychlých vláknech typu IIB. Ve vláknech typu I, které jsou určeny pro dlouhodobou aktivitu antigravitačního charakteru, probíhá oxidace sacharidů a tuků.

Rozlišujeme tak glykolytický a oxidativní způsob uvolňování energie (Máček, Radvanský, 2011).

Glykolytický, nepřesně nazývaný anaerobní způsob, je využíván především při intenzivních činnostech trvajících 1-2 minuty. Je tedy velmi rychlý, ale okamžité množství využitelné energie je omezené (Máček, Radvanský, 2011).

Oxidativní, nepřesně nazývaný aerobní způsob, je pomalejší, ale ekonomičtější – potenciál množství dodané energie je ohraničen pouze zásobou substrátu. Ten představují u tohoto typu nejčastěji triacylglyceroly, po jejich uvolnění pak krevní glukóza z glykogenu v játrech. K vyčerpání zásob glykogenu dochází jen výjimečně, může se tak stát například důsledkem hodiny trvající intenzivní zátěže. Tento způsob se tedy uplatňuje při dlouhodobějších vytrvalostních aktivitách (Máček, Radvanský, 2011).

Druh pohybové aktivity, její intenzita a schopnost adaptace na tělesnou zátěž významně ovlivňuje, který druh energetického zdroje organismus využije. Energie hrazená především z tukových zásob se uplatňuje nejvíce do 25 %  $VO_{2max}$ . Při stoupající intenzitě roste podíl glukózy. Při překročení hranice 65–75 %  $VO_{2max}$  klesá podíl energie tuků pod 50 % (Máček, Radvanský, 2011).

Další pohled nabízí Bartůňková (2006), která rozděluje způsoby krytí energetických požadavků na 3 typy:

a) Alaktátový anaerobní systém – uplatňuje se při aktivitách trvajících 5-15 s a energii zajišťují makroergní fosfáty ATP – CP.

b) Laktátový anaerobní systém – je nejvíce aktivní při činnostech submaximální intenzity v délce 45-90 s. Neoxidativním odbouráváním glykogenu ve svalích a případně glukózy dochází k zisku energie a vzestupu kyseliny mléčné a jejich solí v krvi.

c) Aerobní systém – se nejvíce prosazuje při aktivitách mírné a střední intenzity trvající déle než 90 s, s dostatečnou dodávkou kyslíku. Energetické zdroje jsou tvořeny glykogenem, triacylglyceroly ze svalů a glukózou a mastnými kyselinami z krve.



### **3.6. Vymezení aerobní zóny – aerobní a anaerobní práh**

Jak bylo naznačeno aerobní i anaerobní zóna jsou dvě zóny fyzické aktivity, které se liší především v tom, jak tělo získává energii pro danou aktivitu.

Přechodem z chůze do joggingu, běhu či sprintu dochází k nejprve k zapojení pomalých a následně rychlých svalových vláken. Aerobní energetický systém je více aktivní na začátku cvičení, postupně pak anaerobní, který nakonec převažuje a podmiňuje vznik laktátu. Ten způsobuje nepříjemné pocity ve svalech a nutí ke zpomalení či zastavení činnosti (Zahradník, Korvas; 2017).

Aerobní práh je definován jako výkon ve watttech při testování na bicyklovém ergometru nebo rychlost a sklon pásu na treadmilla či příjem kyslíku  $VO_2$  při prvním významném a pokračujícím růstu La v krvi při stupňovaném zátěžovém testu. Klidová koncentrace La v plné krvi je 0,5-2,0 mmol/l. Aerobního prahu tedy můžeme dosáhnout dosažením vyšší hodnoty než 2,0 mmol/l (Várnay et al., 2020).

Zónu přechodu, tedy zvyšující se podíl anaerobního metabolismu, pro nás určuje anaerobní práh. Je to práh za nímž, hladina La rychle stoupá. Tento rozsah je velmi individuální, pohybuje se v rozmezí 3-8 mmol/l a nazýváme ho maximální laktátový setrvalý stav a začíná se v něm rychle projevovat únava. Naproti tomu aerobní práh stanovuje vrchol jednoduché tréninkové zátěže a definujeme ho jako bod, ve kterém začíná La stoupat a pohybuje se v rozmezí hodnot 2-3 mmol/l a jedinec je schopen se v tomto intervalu pohybovat i několik hodin (Zahradník, Korvas; 2017).

### **3.7. Adaptace na aerobní zátěž**

Zahradník a Korvas (2017) rozdělují adaptaci na aerobní zátěž do dvou skupin:

Akutní reakce na aerobní zátěž ovlivňuje především pracovní schopnosti svalů a proces přenosu energie. První reakce se dostavuje v rozmezí několika dnů až týdnů. V této fázi dochází ke změnám na úrovni optimalizace resyntézy ATP spolu s odpovídající homeostatickou reakcí, aktivací přenosu kyslíku, využití zásob energie. Dále dochází k elementárním morfológico-funkčním změnám ve svalech a jejich lepší koordinaci. U jedince můžeme

v této fázi pozorovat také větší odolnost vůči únavě, zlepšení na poli koordinace, regenerace a ekonomiky pohybu.

Dlouhodobá adaptace se pak projeví prostřednictvím strukturálních a funkčních změn organismu. Můžeme ji sledovat v podobě zvýšení dechového objemu, srdečního výkonu, koncentrace myoglobinu a hemoglobinu nebo ve zvýšeném počtu a aktivitě mitochondriálních enzymů. Objem krve dokáže stoupnout o 10-15 %, tedy z běžných 5 litrů na 5,5-6 litrů krve. Tyto dlouhodobé změny jsou především adaptací na specifické výkony a projevují se po několika měsících až letech.

Máček a Radvanský (2011) popisují adaptaci jednotlivých systémů organismu na aerobní aktivitu následovně:

### **Adaptace kardiovaskulárního systému**

Postupem času můžeme u trénujícího jedince pozorovat průběh adaptace v jednotlivých ukazatelích. Již po několika týdnech zaznamenáváme snížení SF při stejné intenzitě zátěže. Přispívá k tomu jednak lepší odpověď svalového tonu a tím i jeho funkce jako pomocné svalové pumpy. Z toho vyplývá zlepšení venózního návratu a plnění srdce, z čehož plyne větší tepový objem. Ten zase přispívá k nižší potřebě SF pro dosažení potřebného minutového srdečního výdeje. Mezi další pozorované důsledky patří zlepšení kapilární perfuze, zvýšení obsahu enzymů, oxidačních procesů a hustota mitochondrií, což napomáhá extrakci kyslíku z jednotky krve. Příímý efekt pravidelné dlouhotrvající a intenzivní vytrvalostní aktivity se projeví také prostřednictvím klidové bradykardie, menší akcelerace TF při submaximálním zatížení, prodloužení intervalu P-Q na EKG, zvýšené schopnosti extrahovat kyslík z protékající krve, zvýšení kapilarizace svalů. Zvýšením průtoku krve dochází i k určité remodelaci myokardu. Může se projevit mírnou hypertrofií, zvýšením celkového průřezu proximálních koronárních arterií a proliferací růstu kolaterálních cév, arteriol do délky. Myokard je na základě těchto změn schopen podávat vyšší výkony.

### **Metabolická adaptace**

Efekt pravidelného tréninku se v určité formě dostaví bez ohledu na věk, pohlaví nebo zdravotní stav. Projeví se hlavně prostřednictvím pomalých svalových vláken, většího

počtu mitochondrií a zdvojnásobením aktivity oxidativních enzymů. V několika týdnech a měsících dojde také ke zvýšení energetického výdeje, vzestup  $VO_2\text{max}$  činí asi 10-20 %.

Adaptovaný sval je schopen při maximální zátěži oxidovat více sacharidů a energii čerpá především ze zásob glykogenu. Tuky jsou naopak využívány jako energetický zdroj při submaximální a nižší intenzitě, současně tedy dochází k nižší glykogenolýze a glukoneogenezi.

Metabolická adaptace formou aerobního tréninku se tedy projeví hlavně zvýšením enzymatické aktivity, růstem zásob energetických zdrojů (především glykogen) a regulací jejich využití – dojde ke zvýšení využitelnosti tuků při střední a submaximální zátěži.

### **Adaptace dýchání**

Adaptace respiračního systému vede ke snížení dechové práce při stejném výkonu proti netréňovaným. Tím by mělo dojít ke snížení či uvolnění určitého množství kyslíku pro jiné účely. Aerobní trénink prováděný v submaximální zátěži po několik týdnů sníží ekvivalent a nároky na kyslík pro dechové svaly. Dojde ke zvýšené extrakci kyslíku prostřednictvím zvýšení dechového objemu a snížení dechové frekvence. To lze reflektovat také na analýze vydechnutého vzduchu, který u trénované osoby obsahuje 14-15 % kyslíku, zatímco u netréňovaného jedince je to až 18 %. Neaktivní osoba tedy musí ventilovat více, aby získala stejné množství kyslíku.

Během dlouhodobého tréninku při submaximální zátěži se může projevit únava nádechových svalů, která následně ztěžuje využití břišních svalů při výdechu. Tento faktor se může stát limitujícím u netréňovaných. Zvýšení výkonnosti dechových svalů můžeme docílit tréninkem dýchání proti odporu. Trénink příliš neovlivní statické a dynamické maximální funkce, ale projeví se především ve schopnosti dechového systému dodávat více kyslíku při zátěži. Následkem toho je snížená potřeba energetického výdeje pro zvýšenou pracovní ventilaci, snížení produkce  $La$  dechových svalů při vytrvalostní aktivitě a umožnění svalům využít  $La$  jako energetický zdroj.

### **Oběhová reakce na statickou a odporovou zátěž**

Zcela rozdílné reakce transportního systému sledujeme při dynamické a statické svalové činnosti. Objemové nároky s sebou nese dynamická svalová činnost (velký minutový srdeční výdej), statická svalová činnost naopak ovlivňuje především tlakové parametry. Klasické silové cvičení je v poslední době nahrazováno odporovým cvičením v intenzitě 50-70 % maxima svalové síly jedince. Nižší nároky odporového cvičení na oběhový systém nabízejí využití tohoto typu cvičení u pacientů.

Při silové zátěži se nemění periferní cévní rezistence a zůstává stejná jako v klidu. Společně se stoupajícím minutovým srdečním výdejem to má za následek vzestup krevního tlaku. Naproti tomu při dynamické zátěži je vzestup krevního tlaku kompenzován právě poklesem periferní cévní rezistence. Na základě tohoto faktu, lze soudit, že vzestup krevního tlaku je regulován k překonání cévní obstrukce vyvolané zvýšeným intramuskulárním tlakem.

### **3.8. Vyšetření pro stanovení zátěže**

Spiroergometrické vyšetření je zátěžové vyšetření, které umožňuje posoudit kapacitu všech součástí transportního systému pro kyslík a stanovit jeho hlavní limitující faktory. K tomuto vyšetření se využívá zátěžové zařízení s analýzou výdechových plynů v klidu, během zátěže a během zotavovací fáze (Várnay et al., 2020).

Samotné zátěžové fázi spiroergometrického vyšetření předchází obvykle 2minutová klidová, bezzátěžová fáze. Testovaný v této fázi šlape naprázdno do pedálů nebo se začíná rozcházet na chodítku. Nejpoužívanější metodou pro spiroergometrické vyšetření v České republice je rampový protokol, jehož výhodou je lineární závislost příjmu kyslíku ( $VO_2$ ) na výkonu (W). Tento model nám také umožňuje vyšetření maximálního dosaženého příjmu kyslíku. Charakteristickým rysem rampového modelu je kontinuální zvyšování zátěže plynule rampovým způsobem. Dle předpokládané fyzické zdatnosti se nastaví počáteční zátěž a strmost vzestupu zátěže  $\Delta W/\text{min}$  (např. 5 W/min). Test by měl optimálně trvat 8-12 minut (Várnay et al., 2020).

Dalším zdrojem zátěže, hojně využívaným v USA nebo Kanadě je běhátko (treadmill). Každý protokol na běhátku je určen: počtem zátěžových stupňů, trváním každého stupně, rychlostí pásu, sklonem pásu (Várnay et al., 2020).

Mezi standartně užívané protokoly patří: Bruce, modifikovaný Bruce, Naughton, Ellastad, Cooper (Várnay et al., 2020).

Po ukončení hlavní testovací fáze přechází pacient do zotavovací (recovery) fáze, která trvá standartně 5-10 minut. Během ní se vyšetřovaný chová podobně jako v bezzátěžové fázi (Várnay et al., 2020).

Během spiroergometrie sledujeme k posouzení reakce organismu na zvyšující se zátěž následující parametry:

### **1. Ventilačně-respirační parametry:**

#### **a) základní:**

- příjem kyslíku ( $\text{VO}_2$ ) – udává množství kyslíku, které je spotřebováno za jednu minutu; spolu s hodnotou přepočtenou na kilogram hmotnosti ( $\text{VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ )
- výdej oxidu uhličitého ( $\text{VCO}_2$ )
- minutová ventilace (VE), která udává, jaké množství vzduchu pacient vydechne za jednu minutu a skládá z dechového objemu (VT) a dechové frekvence (DF)
- maximální spotřeba kyslíku ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) – představuje maximální aerobní kapacitu, která je základním ukazatelem při posuzování aerobní kardiorespirační zdatnosti. Vyjadřuje schopnost organismu přepravovat, co nejvíce kyslíku k pracujícím svalům při maximálním zatížení. Může být vyjádřena v l/min, ale častěji se její hodnota přepočítává na tělesnou hmotnost testovaného

#### **b) odvozené:**

- relativní spotřeba kyslíku ( $\text{VO}_{2\text{max}} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) – hodnota  $\text{VO}_{2\text{max}}$  vztažená k hmotnosti testovaného. Představuje jedinou možnost srovnání

mezi různými osobami. Její obvyklé hodnoty jsou u žen 35ml/kg/min, u mužů kolem 45ml/kg/min

- poměr respirační výměny (RER)
- ventilační ekvivalent pro kyslík (EQO<sub>2</sub>)
- ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý (EQCO<sub>2</sub>)
- parciální tlak kyslíku na konci výdechu (PETO<sub>2</sub>)
- parciální tlak oxidu uhličitého na konci výdechu (PETCO<sub>2</sub>)
- VE vs. VCO<sub>2</sub> slope

**2. Parametry výkonosti:** výkon (W) a výkon přepočtený na kilogram hmotnosti (W.kg<sup>-1</sup>), které hodnotí silově-vytrvalostní schopnosti

**3. Kardiovaskulární parametry:**

- srdeční frekvence (SF)
- krevní tlak (TK)
- tepový kyslík (VO<sub>2</sub>/SF)
- V případě speciální indikace a materiální dostupnosti lze měřit minutový objem srdeční (CO), tj. součin systolického objemu a srdeční frekvence

**4. EKG křivka:** srdeční rytmus a projevy ischemie myokardu

**5. Subjektivní vnímání namáhavosti zátěže dle Borgovy škály.**

(Várnay et al., 2020; Vilikus, Brandejský, Novotný, 2004)

### **3.9. Využití aerobního tréninku v medicíně**

Jak již bylo zmíněno, pohybová aktivita a aerobního charakteru konkrétně mají pozitivní vliv na správnou funkci několika systémů organismu, především pak kardiovaskulárního systému.

To potvrzuje například nedávná meta-analýza provedená autory You et al. (2022), kteří se zabývali vlivem různých intenzit aerobního tréninku na funkci endotelu u lidí středního a staršího věku. Předchozí studie prokázaly, že aerobní cvičení mělo lepší vliv na funkci endotelu na rozdíl od silového tréninku. Hlavním hodnotícím parametrem byl test FMD – flow mediated dilatation, založený na stanovení míry vazodilatace

určité tepny vyvolané zvýšeným krevním průtokem. Ze vzorku 9 studií a celkovém počtu 221 účastníku vyšlo najevo, že cvičení s velkou aerobní intenzitou (60-85 % VO<sub>2</sub>max, 6-9 METs, 70-90 % maxTF, 14-16 RPE) prováděné po dobu 8 týdnů mělo největší vliv. Cvičení střední a nízké intenzity nemělo efekt, stejně jako jednorázové cvičení.

Aerobní trénink nabízí často poměrně levnou a časově nenáročnou pohybovou aktivitu s širokým spektrem zdravotních výhod z něj plynoucích. Dalším příkladem může být v posledních letech často diskutovaná obezita mladých lidí, která je jedním z rizikových faktorů kardiovaskulárních chorob.

Sigal et al. (2014) zkoumali rozdíl mezi vlivem aerobního tréninku, odporového tréninku a kombinace obou na procentuální vyjádření tuku a rizikové kardio-metabolické faktory u 304 obézních adolescentů. Ti byli náhodně rozděleni do 4 skupin – aerobní, odporový, kombinace a kontrolní skupina bez aktivity. Účastníci podstoupili program pod vedením osobních trenérů po dobu čtyř týdnů, čtyřikrát týdně se střední intenzitou, která se postupně zvyšovala. Výsledky prokázaly nejlepší vliv kombinace aerobního a resistantního tréninku. Kombinace těchto dvou má více pozitivních účinků – aerobní (oxidativní metabolismus, kvalitativní změny vláken kosterního svalstva, metabolická kapacita, kardiorespirační zdatnosti), odporový (kvantitativní změny vláken kosterního svalstva nebo jejich průměru, zvýšení svalové síly). Efekt se projevil v klesajícím procentu tělesného tuku, obvodu pasu a BMI.

Další studie zabývající se vlivem cvičení na neuroplasticitu zmiňují jako hlavní faktor efektivity a účinnosti intenzitu cvičení. Mang et al. (2014) zmiňují velmi pozitivní vliv již jednoho vysoce intenzivního intervalového tréninku na zvýšenou kortikospinální excitabilitu. Ten byl proveden na bicyklovém ergometru po dobu 20 minut. V tomto intervalu byli pacienti vyzváni k 9minutové aktivitě na 90 % jejich VO<sub>2</sub>max. Efekt se projevil ve zvýšené kortikospinální aktivitě měřené z M1. Ta se projevila i v motorické odpovědi horní končetiny.

### 3.10. Využití aerobního tréninku u pacientů po CMP

Většina pacientů, kteří přežijí CMP trpí sníženou kardiovaskulární zdatností, která je limituje v mobilitě. Stav se může prohlubovat v celkovou dekonkci a rozvoj komplikací, například risk opakované mrtvice.

Důležitost fyzické aktivity v programu pacienta po CMP dokládají například Billinger et al. (2014), kteří považují aktivitu a cvičební programy za důležitý doplněk farmakologické a behaviorální intervence. Dokáže podle nich zlepšit celkové zdraví a může být prevencí vzniku jiných kardiovaskulárních příhod. Dodávají, že cvičení zůstává podhodnocenou a málo využívanou součástí léčby. Svá tvrzení opírají o evidenci, která udává silné benefity fyzické aktivity pro tyto pacienty. Aerobní program by měl být implementován do pacientovy léčby ihned, jak je to možné. Měl by být nastaven a uzpůsoben pacientovým možnostem prostřednictvím fyzioterapeuta nebo jiného kvalifikovaného odborníka a měl by přetrvat v pacientově programu i v chronickém stádiu onemocnění pro změnu životního stylu a celkové zlepšení zdravotního stavu.

Hornby et al. (2020) se ve svém přehledu zaměřili na využití aerobního tréninku u pacientů v chronickém stádiu CMP, po poškození míchy nebo úrazu mozku. Analyzovali soubory z let 1995–2016. Silná evidence vyplývající z jejich práce dokládá jednoznačnou potřebu doplnění pacientovy terapie o aerobní trénink při střední až vysoké intenzitě u všech zahrnutých diagnóz. Za vhodné také uznávají využití virtuální reality a terapie s využitím robotiky.

U pacientů v chronickém stádiu CMP popisují vědci například studie porovnávající aerobní trénink s masáží, aktivním nebo pasivním cvičením, protahováním nebo tréninkem rovnováhy. Autoři dokládají největší přínos u těchto pacientů prostřednictvím aerobního tréninku. Ten doporučují nejčastěji provádět prostřednictvím chůze na běžeckém pásu nebo v odlehčení. Z hlediska intenzity se shodují na střední, spíše vyšší intenzitě. Z přehledu dále vychází možnost zařazení odporového a kruhového tréninku, jízdy na bicyklovém ergometru. Tyto metody mají ale slabší podporu v evidenci (Hornby et al., 2020).



MacKay-Lyons et al. (2019) se ve svém dokumentu zaměřili na vytvoření uceleného přehledu využití aerobního tréninku u pacientů po CMP. Z jejich práce vyplývají následující odstavce.

Autoři se shodují, že každý zaléčený a stabilní pacient po CMP by měl projít vyšetřením pro posouzení zařazení aerobního tréninku do jeho rehabilitačního plánu. Ten zahrnuje anamnézu, posouzení kontraindikací, hodnocení motorických funkcí, mobilitu, polykání, kognici a komunikaci, do té by měla spadat schopnost verbálního i neverbálního porozumění a schopnost vyjádřit bolest, a především podstoupení zátěžového testu pro nastavení vhodné intenzity zátěže.

Zátěžový test by měl provádět specialista, lékař. Během testu by měly být sledovány klinické symptomy, srdeční frekvence, krevní tlak, průběžně by měla být hodnocena subjektivně pociťovaná námaha. Testování by nemělo mít zásadní vliv na diastolický tlak. Ten by měl buď klesat nebo zůstat relativně stejný. Naproti tomu stagnace nebo pokles systolického tlaku může znamenat ischemii myokardu nebo dysfunkci levé komory.

Typ aerobní zátěže by měl být přizpůsoben následkům mrtvice a ostatním komorbiditám (artróza, obezita, demence), pacientovým preferencím, úrovni kondice, době od příhody, dostupnosti a kýženému efektu. Autoři v textu nabízejí například využití ergometrů pro horní a dolní končetiny, běžecké pásy, kruhový trénink, odporový trénink, jízdu na bicyklovém ergometru.

Z hlediska frekvence terapie, s ohledem na individualitu pacienta, autoři doporučují minimálně 8 týdnů aerobní aktivity. S ohledem na fakt, že efekt cvičení klesá po 4-6 týdnech bez aktivity, doporučují autoři zařazení dlouhodobé fyzické aktivity do každodenního života pacienta po CMP. V počtu dní jsou vědci nespocifití a na často udávané 3 dny v týdnu reagují tvrzením, že výhody plynoucí z aerobního tréninku jsou závislé na interakci frekvence, trvání a intenzity. Pro udržení kardiorepirační zdatnosti je důležitý celkový objem aerobního cvičení. Objevují se navíc důkazy o výhodách zařazení lehké aktivity (rychlá chůze) ve volných dnech bez tréninku. Délka cvičení by měla být delší než 20 minut, v případě velmi oslabených jedinců lze aktivitu rozdělit do 5minutových nebo kratších intervalů.

Obecně se intenzita aerobního cvičení odvíjí od parametrů % HRR, % HRmax nebo RPE. Udávají se následující hodnoty:

a) lehká intenzita: <40 % HRR nebo <64 % HRmax  
nebo RPE<sub>0-10</sub> <4 nebo RPE<sub>6-20</sub> <12

b) střední intenzita: 40-60 % HRR nebo 64-76 % HRmax  
nebo RPE<sub>0-10</sub> = 4-5 nebo RPE<sub>6-20</sub> = 12-13

c) vysoká intenzita: >60 % HRR nebo >76 % HRmax  
nebo RPE<sub>0-10</sub> >6 nebo RPE<sub>6-20</sub> >14

Autoři jsou střídmi a uvádějí, že intenzita se musí odvíjet od výchozí zdatnosti, rozměrů neurologického postižení, stavu kardiovaskulárního aparátu, komorbidit a cílů programu. Důkazy posledních let naznačují, že vyšší intenzita tréninku vede k lepším výsledkům kardiopulmonální zdatnosti, autoři však také apelují na neaktivní jedince, kteří by měli začít s méně intenzivním programem.

Postupné zvyšování zátěže se nejčastěji řídí prodlužováním délky trvání o 5 až 10 minut každý 1 až 2 týdny během prvních 4 až 6 týdnů. Marsden et al. (2016) pak navrhuje postupné zvyšování intenzity tréninku systematickou manipulací s parametry, jako je rychlost, otáčky za minutu, sklon, rozsah, podpora rovnováhy.

Sledované parametry, na kterých lze ilustrovat přínos aerobní aktivity, by měly být pravidelně hodnoceny, aby bylo možné sledovat změny v průběhu času a pokrok v intervenci. Hodnocení nejčastěji zahrnují měření kardiovaskulární a funkční zdatnosti pacienta hodnocené specifickými testy (např. 6MWT, TUG, 10MWT, testy rychlosti chůze).

Závěrem autoři doporučují, že pro přechod od strukturovaného, klinického aerobního tréninku k méně uspořádané fyzické aktivitě pacienta, často prováděné v domácím prostředí, by měl být vypracován individuální plán schválený odborným zdravotnickým týmem.

Z dlouhodobého sledování pak vyplývá, že přínosy aerobního tréninku nejsou dlouhodobé a přenositelné do domácího prostředí, protože pacienti buď neudrží požadovanou frekvenci cvičení nebo přestanou cvičit úplně. Zapojení pacienta do fyzické aktivity ovlivňuje celá řada faktorů kognitivních, emocionálních, enviromentálních a osobnostních. Tomu by mohly napomoci intervenční strategie pro změnu chování – techniky zaměřené

na změny chování nebo přístupu k terapii, poradenská činnost nebo sociální podpora, které zvyšují dlouhodobé zapojení pacienta do cvičení a fyzické aktivity.

## **4. Speciální část**

### **4.1. Cíle bakalářské práce**

Cílem mé bakalářské práce je popsat současnou úroveň poznání využití aerobního tréninku u pacientů v chronickém stádiu po CMP. Tento úkol chci splnit prostřednictvím literární rešerše aktuální literatury.

Primárně se chci zaměřit na samotný efekt aerobního tréninku u těchto pacientů. Druhotným předmětem zkoumání je zjistit, jaké parametry aerobního tréninku jsou nejvhodnější. Chtěl bych se zaměřit hlavně na tyto proměnné: typ aktivity a jeho charakteristika, časový interval intervence a intenzita zátěže.

### **4.2. Metodologie zpracování speciální části bakalářské práce**

Pro zpracování speciální části bakalářské práce byla zvolena metoda literární rešerše. Ta byla provedena s využitím následujících databází: PubMed, Web of Science a Scopus.

Zmíněné databáze jsem podrobil vyhledávacímu procesu na konci února 2023. Jako časové období rešerše jsem stanovil roky 2017-2023.

Pro vyhledávání jsem zvolil pomocí booleovských operátorů následující klíčová slova: (chronic stroke) AND (aerobic OR resistance) AND (training OR exercise OR activity).

Dále jsem svůj výběr zužoval prostřednictvím nastavení následujících kritérií:

- klinické studie, randomizované kontrolované studie, systematické přehledy a meta-analýzy
- dostupné v anglickém jazyce
- dostupné ve full-textu

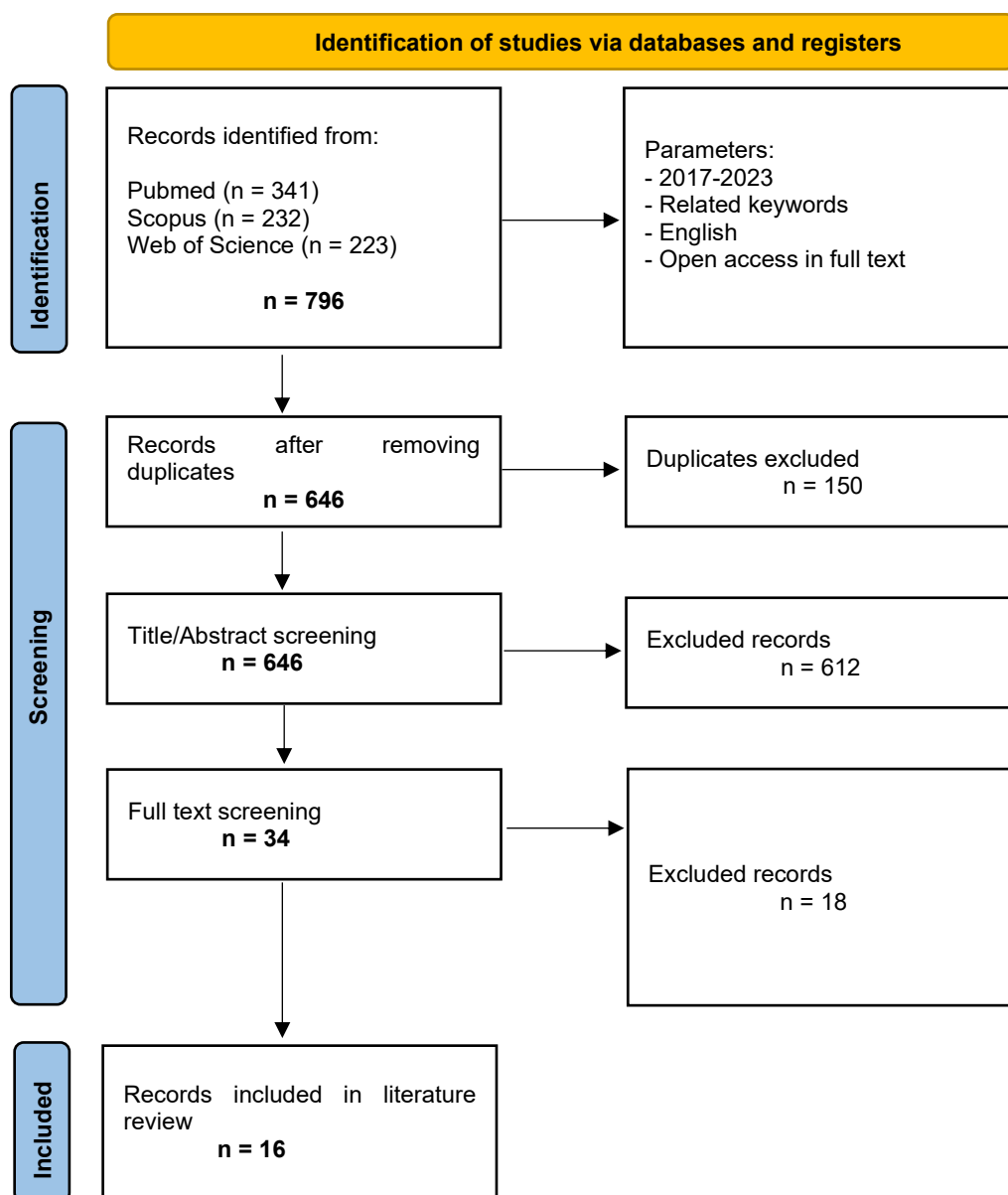
Tímto způsobem jsem se dopracoval k celkovému počtu 796 výsledků. Následně jsem využil citačního manažeru Zotero, do které jsem výsledky přenesl. Zotero jsem využil pro odstranění duplicit a podrobný screening názvu a abstraktu.

Po odstranění duplicit jsem podrobil 646 výsledků důkladnému screeningu názvu a abstraktu, po kterém mi zbylo 34 potenciálních studií.

Toto číslo jsem redukoval na základě pročtení všech 34 zahrnutých výsledků. Nejčastěji jsem studie vylučoval kvůli nedodržení intervalu 6měsíců po CMP, kombinaci pacientů s těmi v subakutním stádiu nebo pro malý počet účastníků, kterých jsem chtěl mít alespoň 10.

Tímto procesem, který jsem znázornil prostřednictvím diagramu PRISMA jsem se dostal k finálnímu počtu 16 studií, které zahrnuji do své práce.

**Obrázek 2** Diagram PRISMA



### 4.3. Výsledky literární rešerše

#### 4.3.1. Dynamic resistance training improves cardiac autonomic modulation and oxidative stress parameters in chronic stroke survivors: A randomized controlled trial (Gambassi et al., 2019)

Cílem studie bylo odhalit, zda dynamický odporový trénink zlepšuje parametry autonomní inervace srdce a oxidativního stresu.

Experimentu se zúčastnilo 22 pacientů s průměrným věkem 62 let a průměrnou dobou 5 let po CMP. Byli rozděleni do dvou skupin. Terapie probíhaly 2x týdně, 40-50 minut, po dobu 8 týdnů.

Intervenční skupina se věnovala dynamickému odporovému tréninku s užitím therabandu. Náplň sestávala ze čtyř cviků (přítahy vsedě, dřepy na židli, tlaky na prsa vsedě a extenze kolene). V tréninku byly cviky kombinovány do 3 kombinací po dvou cvicích, celkem tedy 6 cviků (3x2). První čtyři týdny pacienti cvičili ve schématu 3 série po 6-8 opakováních. Následně se intenzita zvýšila na 3 série po 10-12 opakováních. Důraz byl kladen také na provedení pohybu. Koncentrické kontrakce byly vykonávány, co možná nejrychleji, excentrické měly trvat minimálně 3 vteřiny. Intenzita byla nastavena dle Borgovy škály vnímaného úsilí na střední úroveň (3-5 bodů na modifikované škále RPE<sub>1-10</sub>)

Program kontrolní skupiny spočíval ve fyzioterapii na neurologickém oddělení. Terapie byla primárně zaměřena na trénink ADL, změny poloh a chůzi v bradlech.

Výsledky byly interpretovány na základě 4 testů (IHGPL a IHGNPL; 10MWT; 5TSTS a TUG). Dále byly hodnoceny změny hemodynamických parametrů (TK, TF, double product<sup>1</sup>) a hodnoty markerů oxidačního stresu.

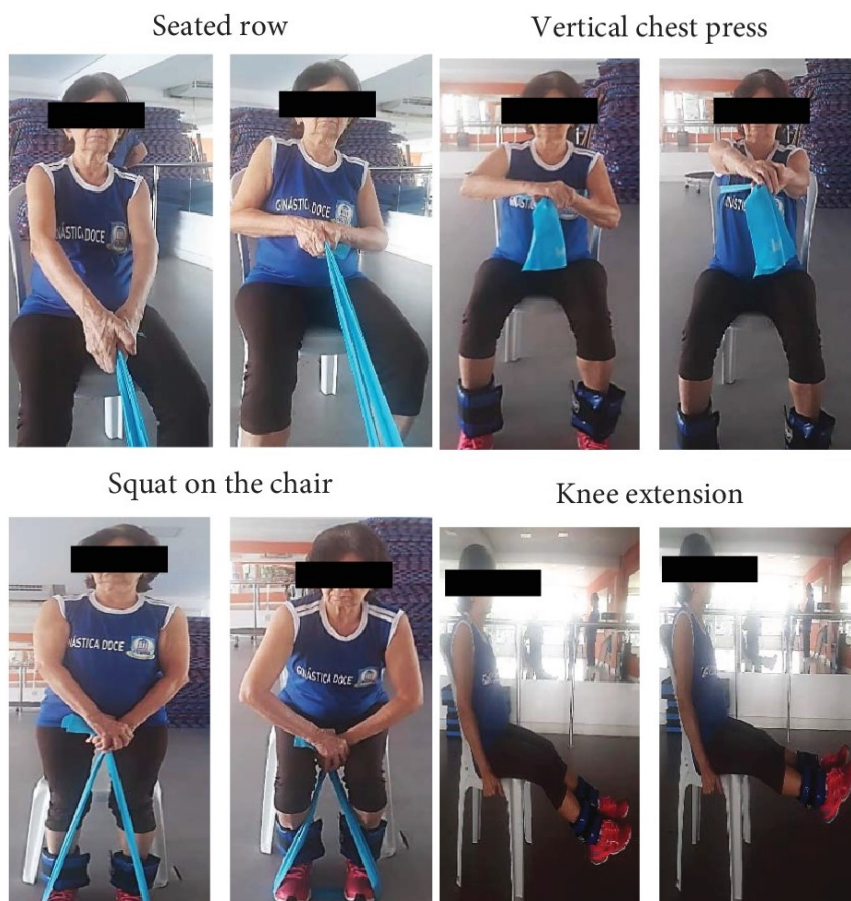
Na počátku terapie nebyly větší rozdíly mezi skupinami. Hlavním zjištěním bylo, že trénink intervenční skupiny skutečně zlepšil parametry ve fyzických testech.

---

<sup>1</sup> double product = systolický tlak x tepová frekvence

hemodynamických parametrech, autonomní inervaci a hodnoty oxidativních stresových markerů a dokázal udržet sílu stisku v parietické HK. Kontrolní skupina zaznamenala naopak významné snížení svalové síly.

**Obrázek 3** Cvičební jednotka studie Gambassi et al. (2019)



#### **4.3.2. Forced and Voluntary aerobic cycling interventions improve walking capacity in individuals with chronic stroke (:secondary analysis of data from 2 randomized clinical trials) (Linder et al., 2021)**

Vědci chtěli v této analýze jejich dvou předchozích studií prokázat vliv velmi intenzivního tréninku na bicyklovém ergometru na kapacitu chůze. Dále se soustředili na identifikaci proměnných, které predikují zlepšení chůze.

Pacienti, kterých bylo 43, ve věku od 18 do 55let byli rozděleni na 3 skupiny. Vznikly 2 intervenční skupiny, jedna s předem zadanou aerobní zátěží a druhá s dobrovolnou. Program obou skupin byl obohacen o posilovací trénink horních končetin. Kontrolní skupina byla bez aerobní zátěže.

Hlavním testem pro prokázání efektu byl 6MWT měřený na začátku a na konci léčby.

Program probíhal 3x týdně po dobu 8 týdnů. Jedna terapie trvala 90 minut. Intervenční skupiny podstoupily 45 minut aerobní aktivity a následně 45 minut cvičení zaměřené na horní končetinou. Kontrolní skupina se věnovala 90minutovému cvičení, které bylo zaměřené na horní končetinu nebo cvičení v kombinaci s edukací o CMP.

Intervenční skupiny absolvovaly aerobní trénink na bicyklovém ergometru. Každý 45minutový trénink se skládal z 5minutového warm-upu, 35minutového tréninku a 5minut cool-downu v rámci relaxace. Pacienti s dobrovolnou zátěží si mohli zvolit jakou frekvencí budou šlapat. Od pacientů z druhé skupiny byl vyžadován trénink o 60-80 % jejich tepového maxima. TF byla monitorována hrudním pásem. Po tréninku přešli účastníci ke 45minutovému cvičení zaměřenému na horní končetinu, jako kontrolní skupina. Toto cvičení bylo velmi specifické a šité na míru každému pacientovi prostřednictvím fyzioterapeuta. Cílem byla facilitace prostřednictvím aktivního i pasivního cvičení s velkým počtem opakování.

Vědci také zkoumali, jaké demografické charakteristiky a proměnné byly spojeny se zlepšeným výkonem 6MWT. Demografické charakteristiky zahrnovaly: věk, rozdělení do skupin, BMI, pohlaví, výchozí vzdálenost 6MWT. Proměnné související s cvičením



zahrnuté do modelu byly: intenzita aerobního cvičení, vystupňování cvičení (kadence šlapání v otáčkách za minutu), výkon a změna  $VO_2\text{max}$ .

Výsledkem byla zlepšená kapacita chůze v obou intervenčních skupinách. Ve skupině s danou intenzitou tréninku o 15 % a v dobrovolné o 10 %, zatímco kontrolní skupina zaznamenala 7 % pokles. Značná variabilita byla pozorována ve změně výkonu 6MWT. Postupnou regresivní analýzou bylo odhaleno, že hlavní vliv na zlepšení má vyšší kadence, vyšší výkon a celkově vyšší intenzita.

Autoři tímto klasifikují, že pacienti v chronickém stádiu po CMP profitují ze specificky předepsané aktivity více než z dobrovolné a že vyšší kadence, výkon a celková intenzita předpovídá lepší výsledek.

#### **4.3.3. What is the Dose-Response relationship between exercise and cardiorespiratory fitness? A systematic review (Galloway et al., 2019)**

Cílem tohoto přehledu bylo zjistit efekt různého dávkování zátěže na kardiorespirační zdatnost u pacientů po CMP. Tyto parametry byly hodnoceny pomocí měření  $VO_2\text{max}$  nebo 6MWT. Přehled zahrnuje 9 studií – 4 randomizované kontrolované studie, 3 studie o jednotlivých skupinách a 1 bez zaslepení. Celkem se přehled sestává z 279 pacientů, ve věku 55–67 let, kteří byli schopni samostatné chůze.

Obecně lze říci, že vyšší intenzita zátěže je asociována s lepšími výsledky v kardiorespirační zdatnosti. Z jedné studie, porovávající vliv střední (40-69 %  $\text{maxTF}$ ) a nízké (<50 %  $\text{maxTF}$ ) intenzity, nebyl zjištěn žádný efekt. Z ostatních studií vyplývá, že intenzita je také důležitějším faktorem než délka intervence. Pacienti, kteří podstoupili program o zátěži 72-85 %  $\text{maxTF}$  měli lepší výsledky než ti s intenzitou <60 %  $\text{maxTF}$ . A to v případě, kdy byla vyšší intenzita spojena s kratší dobou programu nebo kratšími tréninkovými jednotkami.

Hlavní cíl přehledu, tedy objasnit vztah mezi dávkováním zátěže a reakcí nebylo možné přesně určit. Pouze 2 studie porovnávaly účinek různých intenzit. Ve všech ostatních byl výsledek zkreslen buď rozdíly v délce programu nebo trváním jednotlivých tréninků.

Jedna studie přináší poznání, že pořadí intervencí mělo významný dopad a největší efekt byl zaznamenán, když byla vysoce intenzivní aktivita zahrnuta jako první.

Autoři závěrem naznačují největší zisk z následujících parametrů – vyšší intenzita zátěže (>70 % maxTF) přispívá k vyšší kardiorespirační zdatnosti. Tréninkový program by měl být alespoň 3 měsíce dlouhý. Zlepšení v kardiorespirační zdatnosti nemusí predikovat zlepšení v kapacitě chůze, proto by měly být obě trénovány odděleně. Zdůrazňují také nedostatečnou evidenci na poli otázky efektu objemu zátěže na kardiorespirační zdatnost a zdůrazňují potřebu lépe designovaných studií, které budou zaměřené výhradně na jeden parametr, od kterého by se mělo odvíjet nastavení potřebné dávky zátěže.

#### **4.3.4. A single bout of high-intensity interval training improves motor skill retention in individuals with stroke (Nepveu et al., 2017)**

Primárním cílem studie bylo zkoumat účinky jednoho vysoce intenzivního intervalového tréninku (HIIT) na motorické učení u pacientů v chronickém stádiu po CMP. Druhotným cílem bylo zjistit, zda cvičení s maximální intenzitou podněcuje vyšší aktivitu neuroplasticity mozku.

Kritéria zařazení do studie byli – chronické stádium CMP, žádné muskuloskeletální nebo jiné neurologické deformity na horní končetině kromě následků CMP, dostatečná kapacita a schopnost pohybu a  $\geq 20$  bodů v MoCa testu. Pacienti, kterých bylo 22 se zúčastnili 3 experimentálních sezení. Průměrný věk účastníků byl 65 let a průměrná doba po CMP 26,2 měsíců.

První terapie zahrnovala symptomaticky limitovaný zátěžový test pro zjištění  $VO_2\max$ . Během něj byla měřena TF a TK. Těsně před tímto testem a 15 minut po něm byla aplikována transkraniální magnetická stimulace, pomocí níž byly měřeny změny úrovně neuroplasticity pomocí snímání M1 obou hemisfér.

Druhá intervence spočívala v motorickém testu. Pacientovým úkolem bylo stisknout do ruky ovladač a pomocí něj ovládat kurzor na obrazovce. Ten putoval mezi 12 horizontálně umístěnými červenými čtverci a měnil svou výšku. Účastník výzkumu měl kurzorem následovat určenou trajektorii. To ovlivňoval právě silou stisku ruky. Trénink se skládal

z 5 bloků po 20 pokusech. Mezi bloky byla pauza 1 minutu. Hned poté byli rovnoměrně rozděleni na kontrolní a intervenční skupinu.

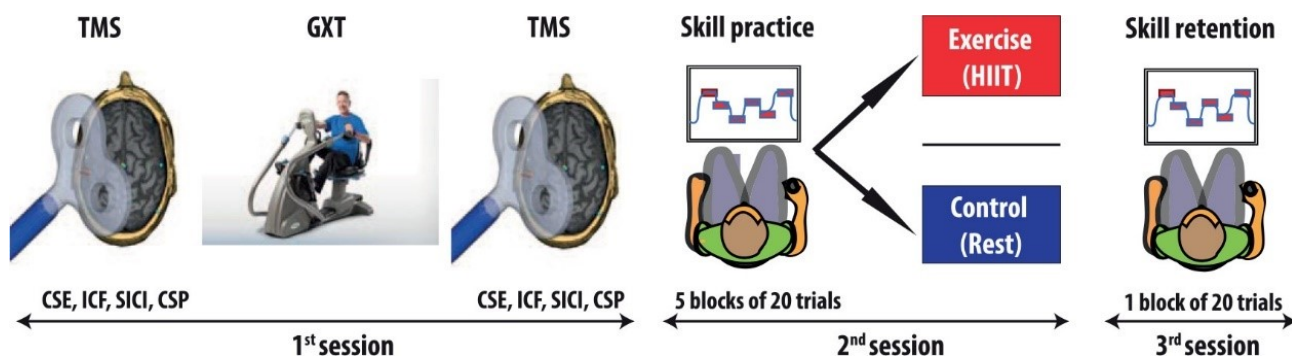
Intervenční skupina absolvovala 15minutový vysoce intenzivní intervalový trénink a kontrolní měla mezitím odpočinek. Trénink začal dvouminutovým warm-upem (25% odpor ergometru) a následovaly tři třiminutové bloky vysoké intenzity (100% odpor ergometru) mezi nimiž byly dva dvouminutové odpočinkové intervaly s odporem jako u warm-upu. Pacienti byli vyzváni k udržení kadence 80 otáček/min. Intenzita byla měřena prostřednictvím TF a Borgovy škálou. Kontrolní skupina neabsolvovala žádnou aktivitu.

Třetí částí výzkumu byl opakovaný test motoriky. Měl stejnou strukturu jako ve druhé části, ale spočíval pouze v 1 bloku po 20 opakování. Tuto část museli pacienti splnit nejdéle 24 hodin po druhé části. Grafické znázornění provedení studie ukazuje obrázek 4.

V motorickém testu zaznamenali intervenční pacienti 9% zlepšení. Naproti tomu v kontrolní skupině byl zaznamenán 4% pokles. Výsledky na poli měření neuroplasticity ukázaly, že kortikospinální excitabilita se zvyšovala po testovací zátěžové jízdě na bicyklovém ergometru, změny mezi skupinami ale nebyli signifikantní. Krátkolatentní intrakraniální inhibice (SICI) měla tendenci klesnout v postižené hemisféře.

Závěrem autoři apelují na důležitost aplikace vysoké intenzity aerobní aktivity, přičemž odkazují i na předešlou práci Murdoch et al. (2016), kde autoři zkoumali vliv nízké až střední intenzity aerobního cvičení na motorické učení a neuroplasticitu mozku, což nepřineslo žádné výsledky. Dále poukazují na důležitost variability v rehabilitačním procesu CMP. Neubírají důležitost vlastní motorické aktivitě a aktivnímu cvičení, ale odvolávají se také na důležitost toho, co této aktivitě předchází. Vědci nejvíce odkazují na možnost urychlení motorického učení při užití HIIT. Dále zmiňují efekt na pokles krátkolatentní intrakraniální inhibice v postižené hemisféře, což se opět u střední intenzity neprokázalo ve studii Snow et al. (2015).

**Obrázek 4** Schéma provedení studie Nepveu et al. (2017)



#### 4.3.5. Locomotor training intensity after stroke: Effects of interval type and mode (Boyne et al., 2020)

Hlavním cílem studie bylo porovnat efekt krátkého a dlouhého HIIT a vliv chůze v odlehčení (over-ground) a na běžecím pásu na intenzitu tréninku. Testování proběhlo na vzorku 10 pacientů ve věku 30-90 let, 6 měsíců po CMP. Předpokladem zařazení byla rychlost chůze  $<1.0$  m/s, zjištěná při 10MWT a schopnost ujít 10 m s využitím asistenčního zařízení (chůze v závěsu) bez asistence terapeuta.

Terapie probíhaly 3x týdně po dobu 4 týdnů. Každý pacient absolvoval 12 HIIT (6 krátkých a 6 dlouhých). Stupňovaný zátěžový test byl proveden 2x před testováním pro získání parametrů z EKG, maxTF a  $VO_2$ max. Test proběhl na běžecím pásu s konstantní rychlostí a měnícím se sklonu (2-4 %) do vyčerpání. Po něm ještě následovalo ozřejnění hodnot pomocí opakovaného testu na běžecím pásu.

Trénink probíhal podle následujícího schématu: 10 minut chůze v odlehčení + 20 minut chůze na pásu + 10 minut chůze s odlehčením.

Krátká forma HIIT zahrnovala 30sekundové intervaly maximální možné rychlosti, které se střídaly s 30 – 60sekundovými odpočinkovými mezerami. S rostoucí výkonností pacienta se pauza zkracovala. Rychlost se postupně zvyšovala, avšak za předpokladu zachování bezpečnosti pacienta.

Dlouhý typ HIIT se skládal z 4minutových úseků při intenzitě 90 % maxTF, které se střídaly s 3minutovými bloky při intenzitě 70 % maxTF.

Při HIIT s krátkými intervaly byli pacienti schopni dosáhnout výraznější vyšší rychlosti v obou typech chůze. Podařilo se jim dosáhnout také podstatně vyšší TF (82,9 % maxTF) při chůzi na páse. Výsledky HIIT s dlouhými mezičasy poukazují na fakt, že při chůzi na páse stačí využít nižší rychlosti pro dosažení stejných hodnot TF jako u chůze po rovině.

Obě formy HIIT dokáží dostat pacienta do stěžejní vysoké intenzity tréninku. Autoři na základě této studie předkládají, že HIIT s krátkými intervaly, prováděný ať už prostřednictvím chůze v odlehčení nebo na páse je vhodný pro zlepšení rychlosti chůze. HIIT s dlouhými úseky zase doporučují pro zvýšení vytrvalosti chůze.

#### **4.3.6. Effect of an exercise protocol for improving handgrip strenght and walking speed on cognitive function in patients with chronic stroke (Kim a Yim, 2017)**

Studie zabývající se vlivem protokolu zaměřeného na sílu stisku a rychlost chůze na kognitivní funkce u pacientů v chronickém stádiu CMP. Vzorek 29 pacientů s průměrným věkem 51 let a 12 měsíci po CMP byl rozdělen na 2 skupiny, které absolvovaly konvenční 60minutovou fyzioterapii 5 dní v týdnu 2x denně po dobu 6 týdnů.

Intervenční skupina navíc podstoupila terapie se zaměřením na zlepšení síly stisku ruky a rychlosti chůze, konkrétně 3x denně po dobu dalších 35 minut.

Trénink stisku trval 3 týdny, každý den 3x po dobu 15minut a probíhal na obou horních končetinách ve 3 sériích po 15 opakováních. Cviky byly určené pro posílení ruky a zápěstí s 2sekundovým stiskem a 1sekundovou pauzou. K tréninku byl použit přístroj Digi-Flex, který nastavoval a postupně zvyšoval odpor dle pacientových schopností. K tomu se přidal trénink rychlosti chůze, který probíhal na běžícím páse a trval 20 minut. Rychlost byla uzpůsobena pacientovým možnostem a postupně se každou terapií zrychlovala o 0,1km/h.

Intervenční i kontrolní skupina pak absolvovala konvenční fyzioterapii pro pacienty po CMP. Ta byla zaměřená na zvýšení ROM, aktivní cvičení na podložce pro zvýšení svalové síly a 10minutový trénink chůze.

Intervenční skupina zaznamenala výrazné zlepšení hlavně v 10MWT, TUG. V testech síly stisku ruky nebyla zaznamenána významná zlepšení. Kontrolní skupina zaznamenala

zhoršení hlavně v 10MWT a TUG. V kognitivních testech nedošlo k výraznějším změnám mezi skupinami.

#### **4.3.7. Effect of exercise training or complex mental and social activities on cognitive function in adults with chronic stroke: A randomized clinical trial (Liu-Ambrose et al., 2022)**

Cílem studie bylo objasnit efekt cvičení nebo kognitivních a sociálně obohacovacích aktivit na kognitivní funkce u pacientů v chronickém stádiu CMP. Celkem 120 účastníků bylo rozděleno do tří skupin, které absolvovaly 6měsíční intervenci a následně 6měsíční sledování. Průměrný věk pacientů byl 70 let s průměrnou dobou 67 měsíců po CMP.

Intervence probíhala 2x týdně 60 minut. Skupina cvičících [EX] (34) absolvovala kombinaci silového, aerobního, balančního a pohybového (agility) tréninku dle programu FAME. Intenzita zátěže byla nastavena od 12 do 16 RPE, dále prostřednictvím sledování tepové frekvence. Skupina zaměřená na kognitivní a sociálně podněcující aktivity [ENRICH] (34) se řídila programem Perk Acitivites program. Program kontrolní skupiny [BAT] (52) tvořila cvičení zaměřená na strečink, dechová a relaxační cvičení, posturální cvičení, trénink stisku, obratnosti a doplňující lehké izometrické cvičení. Jednou měsíčně bylo cvičení nahrazeno vzdělávacím seminářem.

Ke zjištění efektu terapie byly použity testy zaměřené na paměť, pozornost a exekutivní funkce. K hlavnímu ověření byl použit ADAS-Cog-Plus test. Sekundárně se vědci soustředili na fyzickou zdatnost, kterou hodnotili také specifickými testy (především 6MWT a 4-meter gait speed). Měření proběhlo na začátku programu a následně po 6 a 12 měsících.

Z hlediska kognitivních funkcí měli cvičící pacienti [EX] po 6měsících významně lepší výsledky v ADAS-Cog-Plus testu v porovnání s kontrolní skupinou [BAT], ale rozdíl nepřetrval do 12 měsíců. Rozdíly nebyly patrné mezi skupinami [ENRICH] a [BAT] po 6 ani 12 měsících.

Z pohledu fyzických testů bylo patrné největší zlepšení v [EX] skupině, hlavně v 6MWT a 4-meter gait speed. Skupina [BAT] se zlepšila ve stejných testech,

ale v menší míře, naproti tomu zaznamenala největší zlepšení ve větším zapojení do fyzické aktivity mimo výzkum, jak po 6 tak po 12 měsících.

Závěrem autoři shrnují, že vícesložkové aerobní cvičení střední intenzity podněcuje klinicky významné zlepšení kognitivních funkcí u pacientů v chronickém stádiu CMP. Protahovací a posilovací cvičení měla vliv na chůzi (zlepšení v 6MWT a rychlosti chůze) ve srovnání s kognitivními a sociálními aktivitami. Kontrolní skupina [BAT] zaznamenala významně vyšší zapojení do fyzické aktivity i po skončení 6měsíční intervence. Toto zjištění zdůrazňuje potřebu zahrnout strategie pro začlenění aktivity do pacientova dlouhodobého cvičebního plánu.

#### **4.3.8. Synergistic benefits of combined aerobic and cognitive training on fluid intelligence and the role of IGF-1 in chronic stroke (Ploughman et al., 2019)**

Bloková, randomizovaná, jednostranně zaslepená studie o 52 pacientech s kognitivním deficitem podstoupila studii zkoumající vliv kombinace aerobní a kognitivní aktivity na fluidní inteligenci a roli neurotrofických růstových faktorů.

Pacienti s průměrným věkem 63 let a 3,4 roku po CMP byli rozděleni do jedné ze dvou cvičících skupin – Aerobic nebo Activity. Po cvičení se pacienti zařadili do jedné ze dvou kognitivních skupin – computerized dual working memory [COG] nebo Games. Vznikly tedy 4 skupiny: (Aerobic + COG, Aerobic + Games, Activity + COG a Activity + Games), u nichž byl testován vliv jejich programu na hodnoty fluidní inteligence.

Skupina Aerobic podstoupila chůzi na odlehčeném běžeckém pásu s <10% tělesné váhy při intenzitě 60-80 % VO<sub>2</sub>max. Ve skupině Activity se pacienti zaměřili na ROM, ADL a balanční cvičení. Skupina COG zahrnovala úlohy na trénink paměti. Ve skupině Games hráli pacienti jednoduché strategické hry na počítači.

Terapie probíhaly v laboratoři pod odborným dohledem. Byly dlouhé 50-70 minut, odehrávaly se 3x týdně po dobu 10 týdnů s následným 12týdenním sledováním. Každá skupina podstoupila 20 – 30minutovou fyzickou aktivitu (Aerobic nebo Activity) a následně 20 – 30minutovou kognitivní aktivitu (COG nebo Games).

Primárním sledovaným výsledkem byly hodnoty fluidní inteligence posuzované pomocí Raven's Progressive Matrices Test (RPMT). Dále vědci analyzovali hladiny deprese, aerobní zdatnosti, rychlosti chůze a hodnoty neutrofinů, neurotrofických růstových faktorů (BDNF a IGF-1).

Vědci zjistili, že skupina Aerobic + COG zaznamenala významné zlepšení hodnot fluidní inteligence oproti kontrolní skupině (Acitivity + Games), jejíž hodnoty se zhoršily. Aerobic + COG se také zlepšila v kondici a rychlosti chůze. Většina těchto změn přetrvala i ve 12měsíčním sledování. Skupiny s Activity programem se zhoršily v kondici. Skupina Aerobic + Games nevedla ke zlepšení fluidní inteligence. Závěry vědců tedy naznačují, že aerobní aktivita významně ovlivňuje fluidní inteligenci v kombinaci s tréninkem kognitivních funkcí. Hodnoty sérových neutrofinů (IGF-1) měnící se v reakci na fyzickou zátěž prokázaly významný vliv jako predikující markery fluidní inteligence.

#### **4.3.9. Balance and walking performance are improved after resistance and aerobic training in persons with chronic stroke (Lund et al., 2018)**

Studie o 48 pacientech testovala efekt různých typů fyzické zátěže na rovnováhu. Dále se zabývala otázkou, zda zlepšení rovnováhy vede k optimalizaci parametrů chůze.

Průměrný věk pacientů byl 67 let a průměrný čas po CMP 17 měsíců. Účastníci byli rozděleni do 3 tréninkových skupin: aerobní trénink (AT), odporový trénink na dolní končetiny (RT) a kontrolní skupina s *sham* tréninkem (ST), který představoval mírný odporový trénink horních končetin. Terapie probíhaly 3x týdně po dobu 12 týdnů pod dohledem fyzioterapeuta. Pacientům bylo dovoleno vynechat 5 tréninků z celkových 36.

Skupina AT cvičila na bicyklovém ergometru v intervalech 3 x 12 min s pauzou 5-10 min mezi úseky. Cílenou intenzitou bylo 75 % maxTF a 14-16 RPE.

Pacienti s programem RT prováděli 7 různých odporových cvičení na stroji: FX a EXT kyčle, FX a EXT kolene, DFX a PFX hlezna a leg press. Jen k DFX byly použity elastické odporové bandy. Každý trénink se skládal z pěti cviků, kombinace byly předem určené, aby každý cvik byl v plánu alespoň 2x týdně. Každý trénink pacienti



prováděli 3 série s 5 cviky po 8 opakováních. Cílená zátěž cvičení byla stanovena na 80% maxima jednoho opakování.

Skupina ST podstupovala 7 různých odporových cvičení pro horní končetiny v sedě na strojích. Pacienti v tréninkové jednotce odcvičili 3 série po 15 opakováních v intenzitě 60% maxima jednoho opakování.

Hypotéza, že RT a AT dokáží pozitivně ovlivnit rovnováhu byla potvrzena. ST skládající se z nízko intenzivního odporového tréninku horních končetin dospěl k podobným výsledkům. Skupina AT zaznamenala zlepšení v hodnotách VO<sub>2</sub>peak a skupiny RT a ST dosáhly zlepšení ve svalové síle neparetického extenzoru kolene. Svalová síla paretického quadricepsu měla pozitivní růstovou tendenci u RT, ale vědci předpokládali větší zlepšení.

Navíc, vědci nastiňují, že získaná data nepodporují hypotézu, že zdokonalení rovnováhy souvisí se zlepšením chůze. Přesto, že všechny skupiny dosáhly zlepšení v testu 6MWT nebo růstu svalové síle, tyto pozitivní změny nekorelují se zvýšenou úrovní rovnováhy. To může naznačovat, že veškerá fyzická aktivita má potenciální vliv na vylepšení rovnováhy. Pokrok v chůzi byl totiž nezávislý na počátečních hodnotách rovnováhy, což naznačuje, že dobrá rovnováha není podmínkou pro funkční zlepšení.

#### **4.3.10. Strenght training for skeletal muscle endurance after stroke (Ivey et al., 2017)**

Studie zabývající se vlivem silového (odporového) tréninku na vytrvalost kosterního svalstva u pacientů v chronickém stavu po CMP.

Této studii se zúčastnilo 30 pacientů, jejichž průměrný věk byl 56 let a čas po CMP 5 let. Byli rozděleni do dvou skupin. Skupina ST (strenght training) o 14 pacientech podstoupila silový trénink na strojích 3x týdně po dobu 3 měsíců. Kontrolní skupina SC čítající 16 pacientů dostala protahovací cviky se stejnou časovou dotací.

Primárním sledovaným parametrem byla vytrvalost kosterního svalstva (SME), kvantifikována jako počet opakování legpress se submaximálním zatížením (70 % 1RM). Druhotnými parametry bylo hodnocení maximální svalové síly, 6MWT, 10MWT a VO<sub>2</sub>peak.

Program intervenční ST skupiny spočíval v silovém tréninku obou DKK na strojích. Pacienti cvičili 3x týdně po dobu 3 měsíců. Posilovali izolovaně obě DKK prostřednictvím předkopů, zákopů a leg press. Každý cvik odcvičili ve dvou sériích po 20 opakováních na každou nohu ( $3 \times 2 \times 20 = 120$  opakování za trénink). Zátěž byla nastavena tak, aby bylo dosaženo svalového selhání mezi 10. a 15. opakováním, pro následné mírné snížení zátěže a docílení 20 opakování. Takový trénink trval přibližně 45 minut.

Kontrolní skupina absolvovala 45minutové cvičení zaměřené na aktivní i pasivní protahování.

Výzkum přinesl významné výsledky pro skupinu ST především z hlediska SME, kde došlo ke 178% zvýšení výkonu v paretické DK a 161 % v neparetické DK. Kontrolní skupina zaznamenala pouze 12% progres. Dále se intervenční skupina těžila i ve zlepšení svalové síly (1-RM), kde se zdokonalila o 43 % na paretické a o 21 % na neparetické DK. Kontrolní pacienti zaznamenali pouze 3% přírůstek na obou DKK. Pacienti podstupující silový trénink pak zaznamenali také 14% pokrok v 6MWD a mírně i v hodnotě  $VO_2\text{peak}$ .

#### **4.3.11. Intensifying functional task practice to meet aerobic training guidelines in stroke survivors (Kelly et al., 2017)**

Autoři se snažili zjistit, zda pacienti dokáží prostřednictvím funkčního tréninku dosáhnout střední intenzity zátěže ( $\geq 40\% VO_2R$ ) po dobu  $\geq 20$  minut bez využití přístrojů.

Pokusu se zúčastnilo 10 pacientů s průměrným věkem 65 let a 38 měsíců po CMP. Aktivita měla podobu kruhového tréninku, skládající se ze 3 stanovišť. Na každém z nich pacienti prováděli 3 různá cvičení. Cílem bylo zvýšení a udržení TF o 30-50 úderů/min oproti klidové TF po dobu cvičení. Na každém stanovišti strávili pacienti zhruba 3 minuty a absolvovali jej 2x. Pauza mezi stanovišti byla 30-45 s. Mezi konkrétními cviky měla být, co nejkratší pauza. Cvičení proběhlo pod dohledem 2 fyzioterapeutů.

Zahrnutými cviky byly na jednotlivých stanovištích: 1) sed-stoj, leh-sed, bridging; 2) výstupy na bednu, střídavý stoj na jedné noze, bird-dogs; 3) leh-stoj, střídavé zvedání kolen do vzduchu, tandemová chůze.

Před cvičením podstoupili pacienti stupňovaný zátěžový test pro zajištění sledovaných proměnných, které sloužily jako indikátor ideální zátěže (HR<sub>max</sub>, resting HR, VO<sub>2</sub>, VO<sub>2max</sub>, VO<sub>2R</sub>, MET).

Všichni pacienti dosáhli požadovaných hodnot alespoň u jednoho sledovaného parametru. Průměrné hodnoty sledovaných hodnot byly dokonce významně vyšší než požadované minimum 40 %. Konkrétně pacienti docílili VO<sub>2R</sub> (62 ± 19 %), HRR (55 ± 14 %), and HRR<sub>pred</sub> (52 ± 18 %), což plně splňuje doporučovanou střední intenzitu zátěže. Nejnáročnějšími cviky byly opakované zvedání se z lehu a výstupy na bednu (4-4,5 MET).

Zásadním přínosem studie bylo zjištění, že pacienti dokázali dosáhnout a udržet požadované hodnoty zátěže bez specializovaného vybavení jako je například bicyklová ergometrie nebo chůze na běžeckém pásu. Kruhový trénink funkčních dovedností přinesl pozitivní výsledky a možnost jeho implementace do programu pacientů.

#### **4.3.12. Effects of aerobic training on physical activity in people with stroke: A randomized controlled trial (Aguiar et al., 2020)**

Autoři této studie se soustředili na objasnění vlivu aerobního tréninku na fyzickou aktivitu u vzorku 22 pacientů. Primárně sledovali, jaký čas pacienti stráví v nízko-energeticky náročných aktivitách v běžném životě mimo výzkum. Sekundárně zkoumali vliv aerobní aktivity na kondici, vytrvalost, depresi, mobilitu a kvalitu života. Výzkumu se zúčastnili pacienti s průměrným věkem 50 let a průměrem 47 měsíců po CMP.

Trénink probíhal 3x týdně po dobu 12 týdnů pod dohledem zkušeného fyzioterapeuta. Tréninková jednotka trvala 40 minut.

Aktivita pacientů intervenční skupiny spočívala v chůzi na běžecké pásu. Trénink začínal a končil 5minutový warm-up a cooldown. Mezitím byli pacienti vyzváni k udržení chůze v intenzitě 60–80 % maxTF. Zátěž se postupně zvyšovala dle RPE, TF, TK.

Pacienti kontrolní skupiny chodili v odlehčení při intenzitě <40 % maxTF.

Primárním sledovaným parametrem bylo sledování rozdílů obou skupin v jejich zapojení do nízko-energetických činností v běžném životě. Sledování proběhlo prostřednictvím přístroje SenseWear Mini, který zaznamenával spálené kalorie během dne.

Pacienti z obou skupin nezaznamenali zlepšení v času stráveném v nízko-energeticky náročných aktivitách. Intervenční skupina se významně zlepšila v dotazníku SS-QOL. Obě skupiny zaznamenali méně podstatný pokrok v sekundárních parametrech – kondice, vytrvalost, deprese a mobilita.

#### **4.3.13. A randomised controlled trial of walking training with simultaneous cognitive demand (dual task) in chronic stroke (Meester et al., 2019)**

Cílem autorů bylo zhodnotit toleranci a přínos aerobního tréninku s kognitivním úkolem a bez něj.

Výzkum probíhal 2x týdně po dobu 10 týdnů. Vzorek 45 pacientů s průměrným věkem 61 let a průměrným intervalem 42 měsíců po CMP byl rozdělen na dvě skupiny. Program sestával z 30minutové aerobní aktivity při intenzitě 55-85 % maxTF s nebo bez kognitivního úkolu. Primárními měřitelnými výstupy byly dvouminutový test chůze bez a s kognitivní distrakcí a efekt dvojího úkolu (dual task) na chůzi a kognici.

Každý pacient trénoval sám pod vedením vyškoleného fyzioterapeuta. Trénink se skládal z 30minutové chůze při intenzitě 55-85 % maxTF, předcházelo mu 10minutového rozcvičení a končil 5minutovým cool-downem. Pacienti z intervenční skupiny byli rozptylováni po dobu 10minut třemi typy distrakce: kognitivní úkol, úkol s poslechem, plánování denních činností.

Přínosy studie z hlediska pohybové dovednosti byly hodnoceny na základě 2minutového testu chůze s nebo bez kognitivní distrakce a dotazníku PASE, hodnotící kvalitu života. K zjištění zlepšení kognice a kvality života vědci použili dotazník SF36. Měření proběhlo na začátku, po 10 týdnech intervence a po 22 týdnech sledování.

Pacienti z obou skupiny se významně zlepšili ve 2minutovém testu chůze a dotazníku SF-36. Intervenční skupina zaznamenala významné zlepšení v dotazníku PASE. K dalšímu, méně významnému zlepšení došlo v 2minutovém testu chůze s kognitivní distrakcí.

#### **4.3.14. Walking and balance outcomes for stroke survivors: a randomized clinical trial comparing body-weight-supported treadmill training with versus without challenging mobility skills (Graham et al., 2018)**

Tato jednostranně zaslepená randomizovaná studie si dala za cíl zkoumat vliv chůze v odlehčení na pásu s nebo bez náročných pohybových dovedností.

Výzkumu se zúčastnilo 29 účastníků, probíhal 3x týdně po dobu 6 týdnů. Účastníci s průměrným věkem 54 let a průměrným časem 50 měsíců po CMP byli vyzváni k chůzi po běžeckém pásu po dobu 30 minut. Trénink byl koncipován formou intervalů, kdy měli pacienti aktivitu rozdělenou do 5 - 6minutových bloků, ve kterých měli udržet tempo odpovídající jejich 60–80 % maxTF. Mezi úseky byla pacientům nabídnuta pauza. Zdatnější z nich byli na konci výzkumu schopni zvládnout celý trénink bez pauz.

Pacienti z intervenční skupiny měli chůzi obohacenou o zdolávání překážek nebo modifikací, které museli překonávat po celou dobu tréninku. Náročnost odpovídala individuální výkonnosti a schopnosti pacienta. Zařazenými modifikujícími prvky byly například: jednoduché přízemní překážky, chůze pozpátku, chůze s otáčením hlavy, změna rychlosti pásu, chůze ve vyznačeném pruhu.

Primárním výstupem byla změna rychlosti pohodlné chůze. Sekundárně vědci sledovali: rychlost nejrychlejší možné chůze, 6MWT, a skóre v škálách BBS, ABC.

Trénink chůze v odlehčení s modifikací chůze a překážkami neměl zásadní vliv na zlepšení rovnováhy ani na ostatní výstupy studie v porovnání s kontrolní skupinou. Obě skupiny ale zaznamenaly zlepšení ve všech sledovaných parametrech, ale klinicky významných změn dosáhli pouze v rychlosti pohodlné chůze.

#### **4.3.15. The effect of backward walking observational training on gait parameters and balance in chronic stroke: a randomized controlled trial (Moon a Bae, 2022)**

Autoři této studie si dali za cíl zjistit, jaký vliv má trénink chůze pozpátku na parametry chůze a rovnováhy. Dále se zabývali přínosem sledování videa chůze pozpátku před její realizací v terapii.

Výzkumu se zúčastnilo 24 pacientů, kteří byli náhodně rozděleni na 2 skupiny. Průměrný věk účastníků byl 55 let a průměrná doba od CMP 9 měsíců. Intervence trvala 4 týdny, obě skupiny podstoupili 30minutovou konvenční terapii 5x týdně, která byla zaměřená na cvičení s trupem, posilovací cvičení DKK, úpravu postury a cvičení s vlastní vahou.

Speciální část probíhala 3x týdně. Tu představovala 20minutová chůze pozpátku na běžeckém pásu. Obě skupiny před chůzí shlédli 10minutové video. Kontrolní skupina sledovala videa krajiny a intervenční pacienti se dívali na člověka chodícího pozpátku.

Primárními sledovanými faktory byly parametry chůze a rovnováhy. Konkrétně se vědci zaměřili na testování pomocí 5TSTS, ABC skóre, rozložení váhy na postižené končetině, změna délky kroku.

Obě skupiny se zlepšily ve všech parametrech. Pacienti z intervenční skupiny zaznamenali výraznější zlepšení. Reflektovat ho mohli především v progresu parametrů chůze – rychlost, kadence, délka kroku. To autorům potvrdilo hypotézu o zvýšené excitabilitě motorického kortexu a asociaci s plánováním pohybu zařazením sledování videa s aktivitou, která je vzápětí čekala. Zároveň odkazují na studie Michaelsen (2014) a Sale (2012), které tento efekt také potvrzují. Chůzi pozpátku tak nabízejí jako vhodnou alternativu k rozšíření aktivit aerobního tréninku u zdatnějších pacientů s akcentací na rozvoj stability a chůze.

#### **4.3.16. Effect of underwater treadmill gait training with water-jet resistance on balance and gait ability in patients with chronic stroke: a randomized controlled pilot trial (Lim, 2019)**

Studie si dala za cíl objasnit efekt chůze na podvodním běžeckém pásu s dvěma variantami odporu: vodním odporovým proudem vs. kotníkovou zátěží na rovnováhu a parametry chůze.

Výzkum proběhl na vzorku 22 pacientů s průměrným věkem 52 let a průměrnou dobou 10 měsíců po CMP. Pacienti byli náhodně rozděleni do dvou skupin po 11 účastnících v každé skupině.

Program výzkumu probíhal 5 dní v týdnu po dobu 4 týdnů. Pacienti z obou skupin podstoupili 30minutovou fyzioterapii a poté se skupiny specializovaly na 30minutovou chůzi na podvodním běžeckém pásu podle druhu rezistence. Vodní odporový proud o síle odporu 442 l/min byl mířen do oblasti pacientových holení. Kotníkovou zátěž zprostředkoval sáček se zátěžovým materiálem odpovídající 5% tělesné váhy pacienta. Rychlost běžeckého pásu se pohybovala mezi 1-4 m/s. Když pacient pociťoval velkou námahu, byla rychlost snížena o 1 bod. Provedení obou porovnávaných metod znázorňuje obrázek 5.

Primárními sledovanými výstupy byly hodnoty statické a dynamické rovnováhy měřené pomocí Balance System SD. Druhotně se vědci zaměřili na změny v parametrech chůze. Systém GAITRite byl použit k posouzení rychlosti chůze, frekvence a délky kroku a švihové fáze. Všechna testování byla provedena na začátku studie a 4 týdny po skončení intervence.

Výsledky ukazují, že tréninkový program chůze na podvodním běžeckém pásu s odporovým proudem prokázal přínos ve skóre statické a dynamické rovnováhy, rychlosti chůze, délce a frekvenci kroku a švihové fázi chůze ve srovnání s pacienty s kotníkovou zátěží, kteří zaznamenali pouze zanedbatelná zlepšení. Autoři považují výsledky za velmi zajímavé s odkazem na malou dosavadní evidenci ve využití této metody.

**Obrázek 5** Chůze na podvodním běžecím páse s odporem vodního protiproudu (vlevo) a kotníkovou zátěží (vpravo)





## 5. Přehled výsledků

Tabulka č. 5.1 – Přehled studií zařazených do literární rešerše – část 1

Autor, datum, typ studie	Počet probandů	Sledované parametry/výzkumná otázka	Typ aktivity	Charakter aktivity	Čas a frekvence	Intenzita	Výsledky
Gambassi et al. (2019) RCT	22	IHGPL, IHGNPL, 10MWT, 5TSTS, TUG, TK, TF, DP, markery oxidačního stresu	A-R T	3 série; 6 cviků (kombinace 3x2); 6-8 opakování; po 4 týdnech progresse na 10-12 opakování  cviky – přitahy vsedě, dřepy na židli, tlaky na prsa vsedě a extenze kolene  odpor – theraband  <i>Kontrolní:</i> ADL, chůze v bradlech, přesuny	8 týdnů 2x týdně 40-50 min	3-5 bodů na modifikované škále RPE <sub>1-10</sub>	zlepšení 10 MWT, 5XSTS, TUG, TK, TF, DP, markery oxidačního stresu
Linder et al. (2019) RCT	43	6MWT	AT – cyklo	<i>Intervenční 1:</i> stacionární kolo – daná intenzita + cvičení na HK  <i>Intervenční 2:</i> stacionární kolo – libovolná intenzita + cvičení na HK  <i>Kontrolní:</i> cvičení zaměřené na horní končetinu	8 týdnů 3x týdně 45 min AT + 45 min cvičení na HK	60-80 maxTF	zlepšení 10MWT o 15 % a 10 %

Tabulka č. 5.2 – Přehled studií zařazených do literární rešerše – část 2

Autor, datum, typ studie	Počet probandů	Sledované parametry/výzkumná otázka	Typ aktivity	Charakter aktivity	Čas a frekvence	Intenzita	Výsledky
Galloway et al. (2019) Systematic review	279	intenzita	-	-	minimálně 12 týdnů dlouhá intervence	>70 % maxTF přispívá k vyšší kardiorepirační kapacitě;	zlepšení v kardiorepirační kapacitě nepredikuje zlepšení chůze a chůze => proto trénovat obě odděleně
Nepveu et al. (2017) RCT	22	neuroplasticita mozku (CSE, SICI)  vliv HIIT na motoriku	AT – cyklo	<i>Intervenční:</i> HIIT na bicyklovém ergometru  <i>Kontrolní:</i> odpočinek	1 intervence  15 min HIIT (3x3min – 100% odpor ergometru / 2min pauza)	100% odpor	I: zlepšení: 9 % zlepšení v motorickém testu  Kontrolní: 4 % zhoršení
Boyne et al. (2020) CT	10	porovnání (s)HIIT a (l)HIIT	AT – chůze	(s)HIIT – 30 s (100 % maxTF) / 30-60 s odpočinková chůze  (l)HIIT – 4 min (90 % maxTF) / 3 min (70 % maxTF)	4 týdny 3x týdně 40 min	70-100 % maxTF	obě formy dokáží vyprodukovat vysokou intenzitu (s) – rychlost chůze (l) – vytrvalost chůze

**Tabulka č. 5.3 – Přehled studií zařazených do literární rešerše – část 3**

<b>Autor, datum, typ studie</b>	<b>Počet probandů</b>	<b>Sledované parametry/výzkumná otázka</b>	<b>Typ aktivity</b>	<b>Charakter aktivity</b>	<b>Čas a frekvence</b>	<b>Intenzita</b>	<b>Výsledky</b>
Kim a Yim (2017) RCT	29	síla stisku; 10MWT; TUG; MoCa test	A-R T AT – chůze	Intervenční: síla stisku odporovým přístrojem + chůze na páse  Kontrolní: 60min fyzioterapie	3 týdny 7x týdně 3x denně A-R T – 15 min AT – chůze – 20 min	A-R T – zvyšující se odpor AT – chůze – nedefinována	I: významné zlepšení 10MWT, TUG
Liu- Ambrose et al. (2022) RCT	120	ADAS-Cog-Plus test 6MWT, 4-meter gait speed, IADL scale	AT – funkční trénink	Intervenční: kombinaci silového, aerobního, balančního a pohybového (agility) tréninku dle programu FAME Kontrolní 1: kognitivní a sociálně podněcující aktivity, Perk Activities Program Kontrolní 2: strečink, dechová cvičení, obratnost, izometrická cvičení	6 měsíců 2x týdně 60 min  (+ 6 měsíců sledování)	Intervenční: 12-16 RPE	I: zlepšení v ADAS-Cog-plus test; 6MWT, 4-meter gait speed  Intervenční 2: více fyzické aktivity mimo výzkum
Ploughman et al. (2019) RCT	52	RPMT BDNF; IGF-1; rychlost chůze, aerobní zdatnost	AT – chůze	Intervenční: 20-30 min chůze na běžecském pásu + 20-30 min kognitivní aktivita Kontrolní: 20-30 min ROM, ALD, balanční cvičení + 20-30 min kognitivní aktivita	10 týdnů 3x týdně 50-70 min  (+3 měsíce sledování)	Intervenční: 60-80 % VO <sub>2</sub> max	I: zlepšení v RPMT; rychlost chůze, aerobní zdatnost
Lund et al. (2018) RCT	48	rovnováha, svalová síla, VO <sub>2</sub> peak, 6MWT	AT – cyklo; A-R T	AT: 3x12min / 5-10 min RT: AR-T na DKK ST: AR-T na HKK	12 týdnů 3x týdně 50 min	AT: 75 % maxTF (14-16) RPE RT: 80 % 1RM ST: 60 % 1RM	všechny skupiny: rovnováha, 6MWT AT: VO <sub>2</sub> peak RT: svalová síla ST: svalová síla

**Tabulka č. 5.4 – Přehled studií zařazených do literární rešerše – část 4**

<b>Autor, datum, typ studie</b>	<b>Počet probandů</b>	<b>Sledované parametry/výzkumná otázka</b>	<b>Typ aktivity</b>	<b>Charakter aktivity</b>	<b>Čas a frekvence</b>	<b>Intenzita</b>	<b>Výsledky</b>
Ivey et al. (2017) RCT	30	SME, svalová síla; 6MWT, 10MWT, VO <sub>2</sub> peak	A-R T	Intervenční: izolovaný AR-T na DKK 2 série – 3 cviky – 20 opakování Kontrolní: pasivní a aktivní strečink	12 týdnů 3x týdně 45 min	svalové selhání mezi 10. – 15. opak.	I: zlepšení v SME, svalová síla; 6MWT, VO <sub>2</sub> peak Kontrolní: zhoršení nebo bez efektu
Kelly et al. (2017) CT	10	Dokáže být AT prováděn prostřednictvím funkčního tréninku?	AT – funkční trénink	Cvičení formou kruhového tréninku: 2x 3 stanoviště se 3 cviky (progrese náročnosti a zátěže; variabilní dle možností pacienta)	1 intervence - 3 min na každém stanovišti - pauza mezi každým 30-45 s	zvýšení TF o 30-50 úderů/min oproti klidové TF	ANO, AT mohou pacienti provádět v domácím prostředí v potřebné intenzitě
Aguiar et al. (2020) RCT	22	zapojení do fyzické aktivity mimo výzkum; kondice, vytrvalost, kvalita života	AT – chůze	Intervenční: 30 min chůze na treadmillu Kontrolní: -II-	12 týdnů 3x týdně 40 min	I: 60-80 % maxTF (postupná progrese) K: <40 % maxTF	ani jedna skupina se více nepohybovala mimo výzkum; I: SS-QOL obě: kondice, vytrvalost, deprese, mobilita
Meester et al. (2019) RCT	45	Vliv dvojího úkolu (dual task) na chůzi; 2minutový test chůze; PASE, SF-36	AT – chůze	Obě: 30 min chůze na treadmillu Intervenční: 10 min distrakce - dual task Kontrolní: jen chůze	10 týdnů 2x týdně 45 min	55-85 % maxTF	I: PASE obě: 2minutový test chůze; SF-36

**Tabulka č. 5.5 – Přehled studií zařazených do literární rešerše – část 5**

<b>Autor, datum, typ studie</b>	<b>Počet probandů</b>	<b>Sledované parametry/výzkumná otázka</b>	<b>Typ aktivity</b>	<b>Charakter aktivity</b>	<b>Čas a frekvence</b>	<b>Intenzita</b>	<b>Výsledky</b>
Graham et al. (2018) RCT	29	rychlost chůze; 6MWT, BBS, ABC	AT – chůze	Obě: 30 min chůze na treadmillu Intervenční: překážky při chůzi Kontrolní: jen chůze	6 týdnů 3x týdně 30 min	60-80 % max TF	Obě: rychlost chůze. Trénink s překážkami NEMĚL vliv na zlepšení rovnováhy
Moon a Bae (2022) RCT	24	Vliv chůze pozpátku na chůzi a rovnováhu. Vliv sledování videa s prováděnou aktivitou na její efekt.	AT – chůze	Obě: 5x týdně konvenční terapie Intervenční: 10 min video s chůzí pozpátku + 20 min provedení Kontrolní: 10 min video s krajinou + 20 min její provedení	4 týdny 5x týdně (speciální 3x týdně) 30 min (+ 30 min)	nespecifikována	obě zlepšení I: významnější zlepšení chůze
Lim (2019) RCT	22	Vliv chůze na podvodním treadmillu s vodním odporem vs. kotníkovou zátěží na rovnováhu a chůzi.	AT – chůze	Obě: 5x týdně konvenční terapie 1.: 30 min chůze na podvodním treadmillu s vodním protiproudem 2.: 30 min chůze na podvodním treadmillu s kotníkovou zátěží	4 týdny 5x týdně 30 min konvenční + 30 min speciální	nespecifikována postupná progresse rychlosti treadmillu	chůze s vodním protiproudem má větší vliv na zlepšení chůze a rovnováhy než s kotníkovou zátěží

## 6. Diskuze

Tato teoreticko-rešeršní práce měla přinést vhled do problematiky využití aerobního tréninku u pacientů v chronickém stádiu po CMP. Teoretickou část jsem věnoval popisu CMP s akcentací na epidemiologii, etiopatogenezi, léčbu, a především možnosti terapie v chronickém stádiu. Speciální, rešeršní část byla vypracována na základě předem stanovených cílů, které jsem si pro práci vytyčil. Primárně jsem se zaměřil na samotný efekt aerobní aktivity u těchto pacientů a druhotně jsem chtěl zjistit jaké parametry (typ aktivity, intenzita zátěže a délka intervence) aerobního tréninku jsou nejpoužívanější a nejvhodnější.

Pacienti, které postihne mrtvice se často pohybují na tenké hranici mezi životem a smrtí. Ročně je takto zasaženo zhruba 15 milionů lidí, třetina z nich následkům podléhá. Pouze 12 % dosáhne plné motorické úpravy do 6. měsíce od příhody. Za rok se tedy rozroste počet chronických pacientů o několik milionů. V roce 2019 žilo na světě přes 101 milionů lidí, kteří prodělali mozkovou mrtvici. Navrch tomu, více než 67 % z těchto přeživších bylo mladších 70 let. Dalších 22 % lidí, kteří trpěli následkem mrtvice byli ve věku 15-49 let. Tato data poukazují na fakt, že CMP a její konsekvence se netýkají pouze nejstarší části populace, ale její výskyt prostupuje téměř všemi věkovými kategoriemi a zasahuje velkou část lidí v produktivním věku. CMP tak není pouze medicínským problémem, ale také socio-ekonomickým, proto by snaha o rehabilitaci těchto pacientů měla být, co nejušilovnější (WSO, 2022).

Chronické stádium CMP se jeví v porovnání s ostatními stádii z hlediska přístupu, léčby a samotných možností terapie poněkud nedefinovaně. Přispívá tomu také často proklamovaný interval plynulého snížení citlivosti na léčbu, charakterizovaný poklesem neuroplasticity mozku. Toto „kritické okno pro zotavení“ je obecně stanoveno na zhruba 6 měsíců od prvních příznaků.

Toto paradigma je ale stále více předmětem bádání a například Ballester et al. (2019) ve své analýze naznačují, že tento interval pokračuje i nad 12 měsíců po příhodě. Ve stejném duchu přispívají autoři Wilkins et al. (2017), kteří zkoumali neuroplastické změny v mozku u pacientů s přetrvávajícím středním až těžkým postižením několik let po příhodě. Jejich terapie byla zaměřena na zlepšení motoriky paže a ruky prostřednictvím vykonávání specifických

úkolů s přispěním asistenčního přístrojového systému ReIn-Hand, který ve své funkci kombinuje prvky FES a EMG. Vědci zaznamenali zvýšení senzomotorické kortikální aktivity, které se projevovalo lepší motorickou odpovědí. Dále došlo ke zvýšení hustoty šedé hmoty v ipsilezionálních M1/S1.

Povzbuzující se jeví také například využití virtuální reality v terapii. Huang et al. (2022) potvrdili pozitivní efekt jejich prvků na hodnoty sérových biomarkerů IL-6, HO-1 a 8-OHdG. Pozitivní vliv prvků virtuální reality potvrzují také výše zmínění Lee et al. (2019), kteří vyzdvihují především schopnost simulovat reálné prostředí, které motivuje ke zlepšení motorického systému a má potenciál ve zlepšení parametrů chůze z hlediska rychlosti a stability.

Terapeutickou perspektivu představuje také využití aerobního tréninku, jehož vlivu na pacienty v chronickém stádiu po CMP jsem se věnoval ve speciální část své práce.

Literární rešerší jsem dospěl celkem 16 výsledků, které se zabývaly tímto tématem v letech 2017-2023. Přehled sestává z 13 randomizovaných kontrolovaných studií (z toho 1 pilotní), 2 klinické kontrolované studie a 1 systematický přehled. Výsledky rešerše s přehledem parametrů jsem zaznamenal tabulce 5.

Z hlediska zodpovězení první výzkumné otázky, tedy jaký přínos má aerobní aktivita u pacientů v chronickém stádiu po CMP, mohu konstatovat, že všech 16 zahrnutých výsledků potvrzuje pozitivní přínos aerobního cvičení u těchto pacientů. Nejčastěji se jednalo o přínosy na poli zlepšení chůze, svalové síly, kardiorepirační zdatnosti, funkční zdatnosti, neuroplasticity, kognice, motorického učení, kvality života.

## **Chůze**

Celkem 12 zahrnutých výsledků (Gambassi et al., 2019; Linder et al., 2021; Boyne et al., 2020; Kim a Yim, 2017; Liu-Ambrose et al., 2022; Ploughman et al., 2019; Lund et al., 2018; Ivey et al., 2017; Aguiar et al., 2020; Meester et al., 2019; Graham et al., 2018; Moon a Bae, 2022; Lim, 2019) potvrzuje pozitivní vliv aerobního tréninku na parametry chůze.

Mezi nejčastěji zlepšované hodnoty spadala především ujitá vzdálenost, rychlost chůze, jak pohodlné, tak co nejrychlejší.

## **Svalová síla**

Hodnotami svalové síly se zabývaly celkem 4 studie (Kim a Yim, 2017; Lund et al., 2018; Ivey et al., 2017; Gambassi et al., 2019).

Ivey et al. (2017) jejího zlepšení docílili prostřednictvím aerobně-rezistentního tréninku, při kterém pacienty nechali dojít ke svalovému selhání. U intervenční skupiny zaznamenali 178% zlepšení SME v paretické a 161% zlepšení v neparetické DK. Svalová síla se zlepšila o 43 % na paretické a o 21 % na neparetické DK. Výsledky byly povzbuzující i z hlediska pouze 3 % zlepšení kontrolní skupiny, která se soustředila na strečink.

Kim a Yim (2017) nezaznamenali významná zlepšení svým tréninkem stisku ruky se zvyšujícím se odporem a trénink chůze. Na konci terapie nebyl rozdíl mezi skupinami v hodnotách síly stisku ruky.

Gambassi et al. (2019) svou intervencí dokázali u pacientů udržet svalovou sílu v paretické HK oproti kontrolní skupině, která zaznamenala její snížení.

Lund et al. (2018) se zaměřili z hlediska svalové síly na její zvýšení u extenzoru kolenního kloubu. Pozitivní výsledky zaznamenali především na neparetické straně. U paretického quadricepsu došlo k pozitivnímu trendu nárůstu svalové síly, vědci ale očekávali větší zlepšení. Přesto byl výsledek uspokojivý v porovnání s ostatními typy tréninku ve studii.

Z těchto skromných závěrů považuji za nejefektivnější přínos studie Ivey et al. (2017). Za signifikantním zlepšením může stát dle mého názoru vysoká intenzita cvičení. Zarážející je potom zjištění, že vysoká intenzita (14-16 RPE) u Lund et al. (2018) nevedla k takovým zlepšením. Otázka využití tréninku do svalového selhání u pacientů je na místě.

## **Kardiorespirační zdatnost**

Vliv aerobního tréninku na parametry kondice zkoumaly celkem 3 studie.

Gambassi et al. (2019) potvrzují svým aerobně-rezistentním tréninkem snížení systolického tlaku a klidové tepové frekvence. Dále deklarují pozitivní ovlivnění autonomní inervace srdce a hodnot oxidativních stresových markerů.



Pacienti z AT skupiny ve studii Lund et al. (2018) zlepšili svou kardiorespirační zdatnost na základě intervalového tréninku na bicyklovém ergometru. Zlepšení vědci evidovali na základě zlepšení hodnoty VO<sub>2</sub>peak oproti skupinám provádějící aerobně rezistentní trénink pro dolní končetiny a kontrolní skupinou se zaměřením na horní končetiny.

Pozitivní trend zlepšující se kondice zaznamenali Ivey et al. (2017) ve svém aerobně rezistentním tréninku na hodnotě VO<sub>2</sub>peak.

## **Rovnováha**

Lund et al. (2018), Moon a Bae (2022) a Lim (2019) prokázali přínos aerobní aktivity na zlepšení parametrů rovnováhy.

První zmínění deklarují pozitivní vliv aerobní aktivity na bicyklovém ergometru a aerobně-rezistentního tréninku DKK na rovnováhu. Jejich závěry ale poněkud znepokojuje fakt, že kontrolní aerobně-rezistentní trénink HKK dospěl k podobně pozitivním výsledkům. Navíc vědci došli k závěru, že zlepšení v testech chůze (6MWT) nebo zvýšení svalové síly nekoreluje se zlepšením rovnováhy. Pokrok v chůzi byl totiž nezávislý na počátečních hodnotách rovnováhy.

Pozitivnější závěry svých intervencí přináší Moon a Bae (2022) a Lim (2019).

Moon a Bae (2022) interpretují zlepšení rovnováhy prostřednictvím skóre ABC. Pacienti z jejich výzkumu se zlepšili v jeho hodnotách po 20minutovém tréninku chůze pozpátku na běžeckém pásu. Autoři deklarovali větší zlepšení, když nechali testovaného před intervencí sledovat video s člověkem chodícím pozpátku oproti kontrolním pacientům, kteří sledovali videa krajiny.

Kim (2019) měřil hodnoty dynamické i statické rovnováhy prostřednictvím systému Balance System SD. Jeho výsledky ukázaly, že zlepšení v obou typech rovnováhy lze dospět prostřednictvím 30minutového tréninku chůze na podvodním pásu s vodním odporovým proudem narozdíl od kontrolních pacientů, kteří chodili s kotníkovou zátěží a nezaznamenali poměrně zanedbatelné zlepšení.

Zajímavým zjištěním se může jevit fakt, že studie autorů Graham et al. (2018) zaměřená na trénink rovnováhy prostřednictvím chůze na běžeckém pásu s distračními překážkami nezaznamenala rozdílné zlepšení rovnováhy proti kontrolní bez překážek. Úroveň rovnováhy

byla měřená prostřednictvím skóre na škálách BBS a ABC. Obě skupiny se zlepšily, ale signifikantní rozdíly se nedostavily ani oproti počátečním hodnotám ani mezi skupinami.

Z výše uvedených tedy mohu konstatovat, že využití podvodního odporu a trénink chůze pozpátku (+ její sledování před terapií) mají pozitivnější vliv na zlepšení rovnováhy než trénink s překonáváním překážek.

## **Neuroplasticita a motorické učení**

Tématem neuroplasticity se zabývali především autoři Nepveu et al. (2017).

Nepveu et al. (2017) poukázali především na fakt, že zlepšení motorické odpovědi je závislé na aktivitě jí předcházející. Toto zjištění připomíná závěry Moon a Bae (2022). To mě vede k úvaze potřeby většího počtu výzkumů na téma aktivita před samotnou terapií.

Nepveu et al., (2017) pacienty z intervenční skupiny podrobili vysoce intenzivnímu intervalovému tréninku (HIIT) na bicyklovém ergometru, což vedlo k následnému 9 % zlepšení v následném motorickém testu. Kontrolní skupina, která mezitím odpočívala, se v testu zhoršila o 4 %. Druhotně autoři zaznamenali slibné zvýšení kortikospinální excitability (CSE) a klesající tendenci krátkolatentní intrakraniální inhibice (SICI) po zátěžovém stupňovaném testu.

Autoři odkazují na další studie, které prokázaly, že pouze jedna intervence HIIT dokáže stimulovat neuroplastické změny v M1 u zdravé populace právě prostřednictvím zvýšení SCE a snížení SICI. Právě změny na úrovni excitability, které predikují více dlouhotrvajících neuroplastických adaptací, jsou potřebné pro motorické učení (Singh et al., 2014, 2014, 2015 a 2016; Smith et al., 2014). Další studie zabývající se stejnou odezvou u neurologicky nepostížených pacientů apelují na důležitost intenzity cvičení. Odkazují na práci Mang et al. (2014), ze které vyplývá, že 20minutový HIIT s pouze 9 minutami na 90 % VO<sub>2</sub>peak zaznamenal pozitivní vliv na CSE. Naproti tomu studie Snow et al. (2015), ve které byli pacienti indikováni k 30minutovému středně intenzivnímu tréninku při 60 % VO<sub>2</sub>peak, neměla žádný efekt na CSE. Vyšší intenzita aerobního cvičení by tedy mohla umocnit jeho pozitivní vlivy na neuroplasticitu a motorické učení po CMP.

## **Kognitivní funkce**

Na zlepšení kognitivních funkcí se zaměřili Kim a Yim (2017), Liu-Ambrose et al. (2022) a Ploughman et al. (2019).

Protokol na zlepšení stisku ruky a rychlosti chůze od autorů Kim a Yim (2017) neměl významný vliv na zlepšení kognitivních funkcí, které byly měřené pomocí MoCa testu.

Významné výsledky přinesly obě dvě další studie.

V práci autorů Liu Ambrose et al. (2022) došlo ke zjištění, že kombinace silového, aerobního, balančního a pohybového (agility) tréninku dle programu FAME měla signifikantní vliv na výsledky v ADAS-Cog-Plus testu v porovnání s programem kontrolních skupin provádějících buď cvičení zaměřená na strečink, posturální cvičení, trénink stisku, obratnosti a doplňující lehké izometrické cvičení nebo aktivity zaměřené na kognitivní a sociálně podněcující aktivity.

Ploughman et al. (2019) zase potvrdili významné zlepšení hodnot fluidní inteligence po tréninku skupiny Aerobic + COG z jejich protokolu, tedy kombinace chůze (60-80 % VO<sub>2</sub>max) + úlohy na trénink paměti. Ve prospěch aerobní a kognitivní intervence hovoří skutečnost, že defacto protikladná skupina Acitivity + Games zaznamenala zhoršení. Druhotně autoři analyzovali hodnoty sérových neutrofinů (IGF-1) měnící se v reakci na fyzickou zátěž, které prokázaly významný vliv jako predikující markery fluidní inteligence.

Sekundárním cílem mé bakalářské práce bylo zjistit, jaké parametry aerobního tréninku jsou v zařazených studiích nejpoužívanější a mají největší vliv na zlepšení. Zaměřil jsem se na sledování následujících proměnných – typ aktivity, intenzita zátěže a délka intervence.

## **Typ aktivity**

K hodnocení tohoto faktoru jsem zahrnul ze své rešerše celkem 15 titulů, vyřadil jsem systematický přehled Galloway et al. (2019), který se zabývá pouze tématem intenzity.

Ze zbylých 15 titulů jsem rozdělil aktivity v nich použité do 4 kategorií: aerobně-rezistentní (A-R), aerobní s tréninkovou aktivitou chůze (A-ch), aerobní s tréninkovou

aktivitou na bicyklovém ergometru (A-c) a aerobní aktivitu prováděnou formou funkčních aktivit (functional task).

U dvou studií – Kim a Yim (2017) a Lund et al. (2018) jsem bral v potaz dvě aktivity, protože obě byly ve studiích použity a podílely se na výsledném efektu.

### **Aerobní aktivita s tréninkovou aktivitou chůze**

Nejčastější typ aktivity aplikovali autoři osmi zahrnutých studií. (Byone et al. 2020; Kim a Yim, 2017; Ploughman et al., 2019; Aguiar et al., 2020; Meester et al., 2019; Graham et al., 2018; Moon a Bae, 2022; Lim, 2019). Chůze ve všech experimentech probíhala na běžeckém pásu.

Ač na první pohled může působit chůze na pásu poněkud jednotvárně, nemusí tomu tak být. Autoři Boyne et al. (2020), Ploughman et al. (2019) a Graham et al. (2018) modifikovali chůzi na tzv. over-ground chůzi, tj. chůze v závěsu nebo také chůze v odlehčení. Kim a Yim (2017) u pacientů postupně přidávali na rychlosti. Ve studii Meester et a. (2019) pacientům ztěžoval chůzi další úkol v rámci dual-tasku, nejčastěji určitá forma kognitivní distrakce. Graham et al. (2018) pacientů chůzi narušili náročnými pohybovými dovednostmi. Lim (2019) využil chůze pod vodou. Moon a Bae (2022) odlišili svou práci od ostatních, když nechali pacienty chodit pozpátku.

Závěry Lima (2019) jsem porovnal se studiemi Park et al. (2014) a Kim et al. (2020), kteří se zabývali podobnou problematikou. Sledovali vliv chůze pod vodou a nad vodou na parametry rovnováhy, taktéž statické a dynamické. Rozdíl mezi intervencí jejich a Lim (2019) byl v tom, že ve studiích Park et al. (2014) a Kim et al. (2020) nebyli pacienti vystaveni žádnému odporu. Tento prvek intervence se tedy jeví, jako velmi důležitý z hlediska kýženého efektu na poli rovnováhy.

### **Aerobně-rezistentní forma tréninku**

Prvky aerobně-rezistentního tréninku využily 4 kolektivy autorů (Gambassi et al., 2019; Lund et al., 2018; Ivey et al., 2017 a Kim a Yim, 2017).

Nejslibnější potenciál aerobně-rezistentního tréninku předkládá již zmíněný Ivey et al. (2017), kde pacienti prováděli 2 série s 3 cviky (předkopy, zákopy a leg press). Zajímavostí této studie je, že pacienti posilovali každou DK izolovaně. Každý cvik tak odcvičili

ve dvou sériích po 20 opakováních na každou nohu (3x2x20 = 120 opakování za trénink). Pro vysokou intenzitu svědčí fakt, že pacienti byli vyzváni k dosažení svalového selhání. Na konci byl pozorován významný vliv na vytrvalost kosterního svalstva a svalovou sílu. Pozitivně byla ovlivněna i kardiorepirační zdatnost reflektovaná zlepšením hodnoty VO<sub>2</sub>peak.

Z výše uvedených studií nelze vyvodit jednoznačné závěry. Mohu konstatovat, že aerobně-rezistentní trénink nebyl efektivní z hlediska rozvoje síly stisku ruky. Pozitiva lze vyvozovat především z proměnných, které se mohou odrazit v chůzi a mobilitě. Především jsou efekty ilustrovány na zlepšení vytrvalosti a svalové síly DKK, zlepšení mobility například ze sedu do stoje nebo samotné chůze lze ilustrovat na základě zlepšení TUG, sit-to-stand a 10MWT a parametrů rovnováhy. Ze studií Gambassi et al. (2019) a Lund et al. (2018) vyvozují i pozitivní benefit aerobně-rezistentního tréninku na kardiorepirační hodnoty.

### **Aerobní aktivita na byciklovém ergometru**

Tento typ aktivity využily tři studie (Linder et al., 2021; Nepveu et al., 2017; Lund et al., 2018).

Největší efekt této formy terapie prokázala jasně daná intenzita (Linder et al., 2017), která se pohybovala mezi střední až vysokou (60-80 % maxTF; 14-16 RPE; 100% odpor ergometru). Osobně bych ze závěrů vyvozoval zařazení vyšší intenzity, protože intervence, kde byla použita dosáhly větších efektů.

### **Aerobní trénink ve formě funkčních aktivit**

U tohoto typu lze vyzdvihnout cvičební program FAME, který v sobě skýtá prvky silového, aerobního, balančního a pohybového (agility) tréninku, aplikovaný ve střední až vysoké intenzitě (12-16 RPE) a prokázal vliv na kognitivní funkce (Liu-Ambrose et al., 2022)

Za druhé je to program funkčních aktivit, prezentovaný ve studii Kelly et al. (2017).

Obě studie zahrnují programy, které by mohly být zařazeny jako domácí autoterapie. Jsou vhodné pro pacienty, kteří nemají přístup k místům sportovního vyžití nebo je pro ně obtížné dostavit se k přístrojům a vybavení, na kterých se dá trénink provádět. Další výzkum

by se mohl zaměřit specificky na využitelnost aerobního cvičení v domácím prostředí bez vybavení nebo za použití základních, jednoduchých pomůcek.

Tento fakt, může být argumentem pro informaci od Zohue et al. (2018), kteří zmiňují, že pacienti často vnímají chronické stádium jako překážku k pohybové aktivitě. Často uvedeným důvodem je právě obtížný transport k místům sportovního využití.

### **Intenzita zátěže**

Intenzita je poměrně často diskutovaným faktorem ve studiích zabývajících se aerobním tréninkem. MacKay-Lyons et al. (2019) se k tomuto tématu vyjádřili střídavě a uzavřeli podle individuality pacienta s označením – vyšší = lepší. Na vyšší intenzitě se ostatně shodují další autoři. Například Crozier et al. (2018) navrhuje 85-95 % HRR nebo 90-100 % VO<sub>2</sub>peak.

Výsledky mojí rešerše se pohybují často na hraně těchto rozmezí. Dle norem stanovených z dokumentu MacKay-Lyons et al. (2019) splňují kritéria vysoké intenzity 4 studie. Dvě studie se pohybují v hodnotách střední intenzity. Celkem 6 titulů se pohybuje na hraně vysoké a střední intenzity. Gambassi et al. (2019) balancuje mezi nízkou a střední intenzitou a systematický přehled Galloway et al. (2019) inklinuje k vyšší intenzitě, když předkládá minimální intenzitu >70 % maxTF. Svá tvrzení opírá o porovnání dvou studií, kde pacienti, kteří podstoupili program o zátěži 72-85 % maxTF měli lepší výsledky než ti s intenzitou <60 % maxTF. A to v případě, kdy byla vyšší intenzita spojena s kratší dobou programu nebo kratšími tréninkovými jednotkami.

Podle mého názoru je velkým příslibem v tématu intenzity HIIT. Na základě výsledků pouze jedné 15minutové intervence mohu konstatovat, že tato forma tréninku dokáže produkovat perspektivu v odvětví stimulace neuroplastických pochodů, které se odráží ve zlepšení motoriky.

Pozoruhodnosti zasluhuje také použitá intenzita v již zmíněné studii Ivey et al. (2017), kde byli pacienti vyzváni dokonce k dosažení svalového selhání, které je často spojováno se svalovou hypertrofií a zvýšením svalové síly. Zde přispěla vysoká intenzita především k nárůstu vytrvalosti kosterního svalstvo.

## Časová dotace intervence

Systematický přehled autorů Galloway et al. (2019) předkládá, že tréninkový program by měl být minimálně 3 měsíce dlouhý.

Ze zahrnutých studií vychází doba časové intervence terapie v průměru na 9,2 týdne. Délku intervence se však může různit podle kýženého efektu terapie. Moon a Bae (2022) a Lim (2019) popisují pozitivní vliv na parametry rovnováhy a chůze již po 4týdenní intervenci.

MacKay-Lyons et al. (2019) se shodují na minimálně 8 týdnech aerobního tréninku. Dále apelují na jeho zařazení do běžného života, protože jeho pozitivní vliv bez pravidelné intervence klesá již po 4-6 týdnech bez aktivity.

Toto tvrzení se dá vyvodit například i ze závěrů Liu-Ambrose et al. (2022), kteří po 6měsíčním sledování konstatovali, že u pacientů postupně dochází ke ztrátě schopností získaných v rámci výzkumu, jak ve smyslu fyzických, tak kognitivních funkcí.

Data Meester et al. (2019) tento pohled trochu poupravují. Pacienti z jejich výzkumu 10 týdnů po ukončení terapie nevykazovali známky rapidního zhoršení a v některých aspektech se dokonce zlepšili. Důvod jejich zlepšení, resp. udržení stavu můžeme nejspíš přisoudit faktu, že pokles jejich zapojení do fyzické aktivity po ukončení výzkumu nebyl tak signifikantní jako u pacientů Liu-Ambrose et al. (2022).

Tímto faktem se můžeme vrátit zpět na začátek k MacKay-Lyons et al. (2019) a potvrdit jejich závěry, že pacienti by měli zařadit prvky aerobního tréninku do svého dlouhodobého každotýdenního plánu.

To mě vede k myšlence, že by bylo užitečné, kdyby pacienti dostali nejen možnost zúčastnit se některého z programu zahrnutých studií, ale také mít možnost v podobné aktivitě pokračovat. Na konci této intervence by mohlo dojít k rozhovoru s pacientem o jeho možnostech provádění aerobní činnosti v domácím prostředí. A možné to je, viz. Kelly et al. (2017) a Liu-Ambrose et al. (2022). Pacient by mohl obdržet dlouhodobý tréninkový plán, pokračovat ve cvičení a docházet na pravidelné kontroly hodnot. V ideálním případě by přicházela v úvahu možnost dálkové monitorace pacientových hodnot

s potenciální online konzultací. Pacient by tak nemusel absolvovat mnohdy zbytečnou cestu do ordinace a svoji aktivitu tak probrat z domova. I tento typ spolupráce by mohl být předmětem dalšího zkoumání.

Na základě shrnutých dat jsem se snažil o přehled využití aerobního tréninku u pacientů v po chronickém stádiu CMP. Aerobní trénink a jeho možnosti využití, ale svým rozsahem a různorodostí tento úkol zkomplikovaly.

Limitace své práce spatřuji v relevanci některých studií, která se dá zpochybnit například počtem probandů, rozmanitostí hodnotících kritérií a velkou rozdílností ve sledovaných parametrech. Aerobní trénink a jeho sledované hodnoty a benefity jsou skutečně širokým předmětem výzkumu a větší specifikace na jednotlivé proměnné by mohla přinést detailnější a specifičtější výsledky, přínosy a objasnění.

Pokračování mé práce bych si dokázal představit ve smyslu užší specializace na jeden typ aktivity aerobního typu a detailnější popsaní jeho parametrů a přínosu. Prvotně bych uvažoval o chůzi, která je v mé práci zmiňována nejčastěji. Nabízelo by se rozšířit interval zahrnutých prací například v posledních 8-10 letech a zúžit výběr studií například zahrnutím většího počtu probandů. Hrozí pak, ale ztráta zajímavých studií s malým počtem účastníků, zato s inovativními přístupy a modifikacemi viz Lim (2019) a Moon a Bae (2022).



## 7. Závěr

V této bakalářské práci jsem se zaměřil na využití aerobního tréninku u pacientů v chronickém stádiu po cévní mozkové příhodě. Teoretickou část jsem věnoval popisu cévní mozkové příhody především z hlediska epidemiologie, patogeneze, léčby a rehabilitace, u které jsem se detailněji zaměřil na možnosti terapie v chronickém stádiu.

Pasáž o aerobním tréninku jsem začal kapitolami o fyzické aktivitě, její důležitosti a rizicích jejího nedostatku a fyziologických změnách, které ji doprovázejí. Následně jsem se soustředil na charakteristiku aerobního tréninku. Popsal jsem rozdíl mezi aerobním a anaerobním typem zátěže, dále přibližuji adaptační mechanismy organismu na aerobní trénink, jeho přínosy a možnosti využití v medicíně a konkrétně u pacientů po CMP.

V práci jsem si vytyčil dva cíle. Prvním bylo zjistit, jaký vliv má aerobní trénink u pacientů v chronickém stádiu po CMP. Sekundárně jsem se chtěl přiblížit, jaké parametry (typ aktivity, intenzita, délka intervence) aerobní aktivity jsou nejpoužívanější a nejpřínosnější.

K tomu jsem dospěl prostřednictvím literární rešerše, do které jsem zahrnul 16 studií, které se tématu věnovaly. Všech 16 výsledků potvrdilo přínos aerobního tréninku u chronických pacientů po CMP. Na základě mých výsledků mohu konstatovat, že mezi nejpoužívanější typy aerobních aktivit se řadí: chůze, aerobně-rezistentní trénink, trénink na bicyklovém ergometru a aerobní aktivita zprostředkovaná ve formě funkčních aktivit (functional task). Efektivní se jeví vystavit pacienty střední, spíše vysoké intenzitě aktivity. Doba intervence vychází na více než 9 týdnů.

Na základě takto získaných dat samozřejmě nelze stanovit tyto parametry za jasně dané a nelze vybrat jeden správný postup. Proměnné se často odvíjí od cíle, za kterým se studie ubírá a na jaké schopnosti pacienta se chce zaměřit. Aerobní trénink je ale perspektivním prvkem terapie, který svými výsledky vybízí k hlubšímu prozkoumání a častějšímu zařazení do terapie pacientů v chronickém stádiu po CMP.

## 8. SEZNAM ZKRATEK

10MWT – 10 meter walk test

1RM - 1 repetition max

5TSTS – five times sit to stand

6MWD – 6 minute walk distance

6MWT – 6 minute walk test

8-OHdG - 8-Hydroxyguanosine

a. – arteria

ABC – activities-specific balance confidence scale

ADAS-Cog-Plus test

ADL – activities of daily living

AT – aerobní trénink

ATP – adenosin trifosfát

ATP-CP - fosfagenový systém

AV malformace – Arteriovenózní malformace

BBS- Berg Balance Scale

BMI – body mass index

CMP – cévní mozková příhoda

COP – center of pressure

CT – computed tomography

CT AG – CT angiografie

DFX – dorzální flexe

DKK – dolní končetiny

EKG – elektrokardiografie

EMG – elektromyografie

EXT – extenze

FAME – Fitness and Mobility Exercise

FES – funkční elektrická stimulace

FMD – flow mediated dilation

FX – flexe

g – gram

GXT – graded exercise test

HIIT – high intensity interval training

HKK – horní končetiny

HO-1 – heme oxygenase

HRmax - maximum heart rate

HRR – heart rate reserve

iCMP – ischemická cévní mozková příhoda

IGF-1 – inzulin like growth factor-1

IHGPNL – isometric handgrip of paretic limb

IHGPNL – isometric handgrip of nonparetic limb

ICHS – ischemická choroba srdeční

IL-6 – Interleukin-6

km/h – kilometr za hodinu

KVO – kardiovaskulární onemocnění

LA (La) – laktát

m/s – metr za sekundu

M1 – primární motorická oblast

maxTF – maximální tepová frekvence

m-CIMT – modified-constraint induced movement therapy

MET – metabolic equivalent of task

min – minuta

ml – mililitr

ml/min – mililitry za minutu

mm Hg – milimetry rtuťového sloupce

mmol/l – millimol na litr

MoCa – Montreal Cognitive Assessment

MR – magnetická rezonance

NaCl – chlorid sodný

O<sub>2</sub> – kyslík

PASE – Physical Activity Survey for the Elderly

PFX – plantární flexe

PNF – proprioceptivní neuromuskulární facilitace

RGS – Rehabilitation Gaming System

ROM – range of motion

RPE – Rate of Perceived Exertion

RPMT Raven's Progressive Matrices Test

RT – resistantní trénink

r-tPA – recombinant tissue-type plasminogen activator

s – sekunda

S1 – primární somatosenzitivní oblast

SAK – subarachnoidální krvácení

SF – srdeční frekvence

SF-36 – Short Form - 36

SICI – Short interval intracortical inhibition

SME – skeletal muscle endurance

SME - skeletal muscle endurance

ST - sham trénink

ST - strenght training

TF – tepová frekvence

TIA – transitorní ischemická ataka

TK – tlak krve

TMS – transkraniální magnetická stimulace

TUG – timed up and go test

USA – United states of america

ÚZIS ČR – Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR

VO<sub>2</sub>max – maximal oxygen consumption

VO<sub>2</sub>peak – volume of oxygen uptake during peak exercise

VO<sub>2</sub>R – oxygen consumption reserve

W – watt

W/min – watty za minutu

WSO – world stroke organisation

## 9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGUIAR, Larissa Tavares, Sylvie NADEAU, Raquel Rodrigues BRITTO, Luci Fuscaldi TEIXEIRA-SALMELA, Júlia Caetano MARTINS, Giane Amorim Ribeiro SAMORA, João Antônio DA SILVA JÚNIOR a Christina Danielli Coelho de Moraes FARIA. Effects of aerobic training on physical activity in people with stroke: A randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation* [online]. 2020, **46**(3), 391-401 [cit. 2023-04-12]. ISSN 10538135. Dostupné z: doi:10.3233/NRE-193013

AL-HELOW, M. Ragaie, M. L. ZAMZAM a Mah M. FATHALLA. Efficacy of modified constraint-induced movement therapy in acute stroke. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 2014, **51**(4), 371-379 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/264010196\\_Efficacy\\_of\\_modified\\_constraint-induced\\_movement\\_therapy\\_in\\_acute\\_stroke](https://www.researchgate.net/publication/264010196_Efficacy_of_modified_constraint-induced_movement_therapy_in_acute_stroke)

AMBLER, Zdeněk. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]*. 7. vyd. Praha: Galén, c2011. ISBN isbn978-80-7262-707-3.

BALLESTER, Belén Rubio, Martina MAIER, Armin DUFF, et al. A critical time window for recovery extends beyond one-year post-stroke. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2019, **122**(1), 350-357 [cit. 2023-04-12]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: doi:10.1152/jn.00762.2018

BAUER, Jiří. Cévní mozkové příhody. Kapitoly z kardiologie pro praktické lékaře. [online]. 2010, č. 4 [cit. 12. 4. 2023]. ISSN 1803-7542. Dostupné z: <http://www.tribune.cz/clanek/20216-cevni-mozkove-prihody>

BILLINGER, Sandra A., Ross ARENA, Julie BERNHARDT, et al. Physical Activity and Exercise Recommendations for Stroke Survivors. *Stroke* [online]. 2014, **45**(8), 2532-2553 [cit. 2023-04-12]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: doi:10.1161/STR.0000000000000022

BOLOGNINI, Nadia, Giuseppe VALLAR, Carlotta CASATI, et al. Neurophysiological and Behavioral Effects of tDCS Combined With Constraint-Induced Movement Therapy in Poststroke Patients. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 2011, **25**(9), 819-829 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968311411056

BOYNE, Pierce, Victoria SCHOLL, Sarah DOREN, et al. Locomotor training intensity after stroke: Effects of interval type and mode. *Topics in Stroke Rehabilitation* [online]. 2020, **27**(7), 483-493 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1074-9357. Dostupné z: doi:10.1080/10749357.2020.1728953

BRUTHANS, Jan. Epidemiologie cévních mozkových příhod. Kapitoly z kardiologie pro praktické lékaře. [online]. 2010, č. 4 [cit. 12. 4. 2023]. Dostupné z: <http://www.tribune.cz/clanek/20217>

CROZIER, Jennifer, Marc ROIG, Janice J. ENG, et al. High-Intensity Interval Training After Stroke: An Opportunity to Promote Functional Recovery, Cardiovascular Health, and Neuroplasticity. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 2018, **32**(6-7), 543-556 [cit. 2023-04-18]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968318766663

ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. 2., upr. a dopl. vyd. Ilustroval Milan MED, ilustroval Ivan HELEKAL. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-1132-x.

DOBKIN, Bruce H. a S. Thomas CARMICHAEL. The Specific Requirements of Neural Repair Trials for Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 2016, **30**(5), 470-478 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968315604400

DUFEK, Michal. CÉVNÍ MOZKOVÉ PŘÍHODY: OBECNÝ ÚVOD A KLASIFIKACE. *Interní medicína – mezioborové přehled* [online]. 2002, **2002**(6), 5-10 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2002/06/10.pdf>

EMINOVIC, Fadilj a Milivoj DOPSAJ. *Physical Activity Effects on the Anthropological Status of Children, Youth and Adults* [online]. New York: New York : Nova Science Publishers, Inc. 2016, 2023 [cit. 2023-04-11]. ISBN 978-1-63484-847-3. Dostupné z: <https://web.s.ebscohost.com/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzEyMjYxOTZfX0FO0?sid=9f83673d-25db-420d-883f-a5c69f2fcc79@redis&vid=4&format=EB&rid=1>

ENG, Janice J a Birgit REIME. Exercise for depressive symptoms in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation* [online]. 2014, **28**(8), 731-739 [cit. 2023-04-12]. ISSN 0269-2155. Dostupné z: doi:10.1177/0269215514523631

FEIGIN, Valery L, Michael BRAININ, Bo NORRVING, et al. World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022. *International Journal of Stroke* [online]. 2022, **17**(1), 18-29 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1747-4930. Dostupné z: doi:10.1177/17474930211065917

FIKSA, J., 2015. Cévní mozková příhoda, patogeneze a současné aspekty léčby. Kapitoly z kardiologie pro praktické lékaře. *7*(2), s. 42-45. ISSN 1803-7542

GALLOWAY, Margaret, Dianne L MARSDEN, Robin CALLISTER, Kirk I ERICKSON, Michael NILSSON a Coralie ENGLISH. What Is the Dose-Response Relationship Between Exercise and Cardiorespiratory Fitness After Stroke? A Systematic Review. *Physical Therapy* [online]. 2019, **99**(7), 821-832 [cit. 2023-04-12]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.1093/ptj/pzz038

GAMBASSI, Bruno Bavaresco, Hélio José COELHO-JUNIOR, Camila PAIXÃO DOS SANTOS, et al. Dynamic Resistance Training Improves Cardiac Autonomic Modulation and Oxidative Stress Parameters in Chronic Stroke Survivors: A Randomized Controlled Trial. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* [online]. 2019, **2019**, 1-12 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1942-0900. Dostupné z: doi:10.1155/2019/5382843

GRAHAM, Sarah A., Elliot J. ROTH a David A. BROWN. Walking and balance outcomes for stroke survivors: a randomized clinical trial comparing body-weight-supported treadmill training with versus without challenging mobility skills. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2018, **15**(1) [cit. 2023-04-12]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi:10.1186/s12984-018-0442-3

HARVEY, Richard L. a James W. STINEAR. Cortical Stimulation as an Adjuvant to Upper Limb Rehabilitation After Stroke. *PM&R* [online]. 2010, **2**, S269-S278 [cit. 2023-04-12]. ISSN 19341482. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmrj.2010.09.012

HERZIG, Roman. *Ischemické cévní mozkové příhody: průvodce ošetřujícího lékaře*. Praha: Maxdorf, c2008. Jessenius. ISBN 978-80-7345-148-6.

HORNBY, T. George, Darcy S. REISMAN, Irene G. WARD, et al. Clinical Practice Guideline to Improve Locomotor Function Following Chronic Stroke, Incomplete Spinal Cord Injury, and Brain Injury. *Journal of Neurologic Physical Therapy* [online]. 2020, **44**(1), 49-100 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1557-0576. Dostupné z: doi:10.1097/NPT.0000000000000303



CHOHAN, SA, PK VENKATESH a CH HOW. Long-term complications of stroke and secondary prevention: an overview for primary care physicians. *Singapore Medical Journal* [online]. 2019, **60**(12), 616-620 [cit. 2023-04-12]. ISSN 00375675. Dostupné z: doi:10.11622/smedj.2019158

IVEY, Frederick M., Steven J. PRIOR, Charlene E. HAFER-MACKO, Leslie I. KATZEL, Richard F. MACKO a Alice S. RYAN. Strength Training for Skeletal Muscle Endurance after Stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* [online]. 2017, **26**(4), 787-794 [cit. 2023-04-12]. ISSN 10523057. Dostupné z: doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.10.018

KAKUDA, Wataru, Masahiro ABO, Masato SHIMIZU, et al. A multi-center study on low-frequency rTMS combined with intensive occupational therapy for upper limb hemiparesis in post-stroke patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. 2012, **9**(1) [cit. 2023-04-12]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi:10.1186/1743-0003-9-4

KALVACH, Pavel. *Mozkové ischemie a hemoragie*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2765-3.

KELLY, Liam P., Augustine J. DEVASAHAYAM, Arthur R. CHAVES, Elizabeth M. WALLACK, Jason MCCARTHY, Fabien A. BASSET a Michelle PLOUGHMAN. Intensifying Functional Task Practice to Meet Aerobic Training Guidelines in Stroke Survivors. *Frontiers in Physiology* [online]. 2017, **8** [cit. 2023-04-12]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2017.00809

KIM, Jaeun a Jongeun YIM. Effects of an Exercise Protocol for Improving Handgrip Strength and Walking Speed on Cognitive Function in Patients with Chronic Stroke. *Medical Science Monitor* [online]. 2017, **23**, 5402-5409 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1643-3750. Dostupné z: doi:10.12659/MSM.904723

KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-657-1.

LEE, Han Suk, Yoo Junk PARK a Sun Wook PARK. The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BioMed Research International* [online]. 2019, **2019**, 1-12 [cit. 2023-04-12]. ISSN 2314-6133. Dostupné z: doi:10.1155/2019/7595639

LEHNERT, Michal., et al., *Kondiční trénink* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014 [cit. 2023-04-12]. ISBN 978-80-244-4369-0. Dostupné z: <https://publi.cz/books/149/10.html>

LEÓN RUIZ, M., M.L. RODRÍGUEZ SARASA, L. SANJUÁN RODRÍGUEZ, J. BENITO-LEÓN, E. GARCÍA-ALBEA RISTOL a S. ARCE ARCE. Evidencias actuales sobre la estimulación magnética transcraneal y su utilidad potencial en la neurorrehabilitación postictus: Ampliando horizontes en el tratamiento de la enfermedad cerebrovascular. *Neurología* [online]. 2018, **33**(7), 459-472 [cit. 2023-04-12]. ISSN 02134853. Dostupné z: doi:10.1016/j.nrl.2016.03.008

LIM, Chae-gil. Effect of Underwater Treadmill Gait Training With Water-Jet Resistance on Balance and Gait Ability in Patients With Chronic Stroke: A Randomized Controlled Pilot Trial. *Frontiers in Neurology* [online]. 2020, **10** [cit. 2023-04-12]. ISSN 1664-2295. Dostupné z: doi:10.3389/fneur.2019.01246

LINDER, Susan M., Sara DAVIDSON, Anson ROSENFELDT, John LEE, Mandy Miller KOOP, Francois BETHOUX a Jay L. ALBERTS. Forced and Voluntary Aerobic Cycling Interventions Improve Walking Capacity in Individuals With Chronic Stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2021, **102**(1), 1-8 [cit. 2023-04-12]. ISSN 00039993. Dostupné z: doi:10.1016/j.apmr.2020.08.006

LIU-AMBROSE, Teresa, Ryan S. FALCK, Elizabeth DAO, et al. Effect of Exercise Training or Complex Mental and Social Activities on Cognitive Function in Adults With Chronic Stroke. *JAMA Network Open* [online]. 2022, **5**(10) [cit. 2023-04-12]. ISSN 2574-3805. Dostupné z: doi:10.1001/jamanetworkopen.2022.36510

LUND, Caroline, Ulrik DALGAS, Therese Koops GRØNBORG, Henning ANDERSEN, Kåre SEVERINSEN, Morten RIEMENSCHNEIDER a Kristian OVERGAARD. Balance and walking performance are improved after resistance and aerobic training in persons with chronic stroke. *Disability and Rehabilitation* [online]. 2018, **40**(20), 2408-2415 [cit. 2023-04-12]. ISSN 0963-8288. Dostupné z: doi:10.1080/09638288.2017.1336646

MACKAY-LYONS, Marilyn, Sandra A BILLINGER, Janice J ENG, et al. Aerobic Exercise Recommendations to Optimize Best Practices in Care After Stroke: AEROBICS 2019 Update. *Physical Therapy* [online]. 2020, **100**(1), 149-156 [cit. 2023-04-12]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.1093/ptj/pzz153

MÁČEK, Miloš a Jiří RADVANSKÝ. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity* [online]. Praha: Galén, 2011 [cit. 2023-04-12]. ISBN 978-80-7262-784-4. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/fyziologie-a-klinicke-aspekty-pohybove-aktivity-1125148/>

MANG, Cameron S., Nicholas J. SNOW, Kristin L. CAMPBELL, Colin J. D. ROSS a Lara A. BOYD. A single bout of high-intensity aerobic exercise facilitates response to paired associative stimulation and promotes sequence-specific implicit motor learning. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2014, **117**(11), 1325-1336 [cit. 2023-04-12]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappphysiol.00498.2014

MARSDEN, Dianne Lesley, Ashlee DUNN, Robin CALLISTER, Patrick MCEL DUFF, Christopher Royce LEVI a Neil James SPRATT. A Home- and Community-Based Physical Activity Program Can Improve the Cardiorespiratory Fitness and Walking Capacity of Stroke Survivors. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* [online]. 2016, **25**(10), 2386-2398 [cit. 2023-04-14]. ISSN 10523057. Dostupné z: doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.06.007

MEESTER, D., E. AL-YAHYA, A. DENNIS, et al. A randomized controlled trial of a walking training with simultaneous cognitive demand (dual-task) in chronic stroke. *European Journal of Neurology* [online]. 2018, **26**(3), 435-441 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1351-5101. Dostupné z: doi:10.1111/ene.13833

MICHAELSEN, Stella Maris, Angélica Cristiane OVANDO, Fernanda ROMAGUERA a Louise ADA. Effect of Backward Walking Treadmill Training on Walking Capacity after Stroke: A Randomized Clinical Trial. *International Journal of Stroke* [online]. 2014, **9**(4), 529-532 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1747-4930. Dostupné z: doi:10.1111/ij.s.12255

MOON, Yiyeop a Youngsook BAE. The effect of backward walking observational training on gait parameters and balance in chronic stroke: randomized controlled study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 2022, **58**(1) [cit. 2023-04-12]. ISSN 19739087. Dostupné z: doi:10.23736/S1973-9087.21.06869-6

MYERS, Jonathan, Manish PRAKASH, Victor FROELICHER, Dat DO, Sara PARTINGTON a J. Edwin ATWOOD. Exercise Capacity and Mortality among Men Referred for Exercise Testing. *New England Journal of Medicine* [online]. 2002, **346**(11), 793-801 [cit. 2023-04-12]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMoa011858

NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. Čtvrté vydání. Praha: Galén, [2019]. ISBN 978-80-7492-450-7.

NEPVEU, Jean-Francois, Alexander THIEL, Ada TANG, Joyce FUNG, Jesper LUNDBYE-JENSEN, Lara A. BOYD a Marc ROIG. A Single Bout of High-Intensity Interval Training Improves Motor Skill Retention in Individuals With Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 2017, **31**(8), 726-735 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968317718269

NEUMANN, J., ŠKODA, O. Sekundární prevence ischemických cévních mozkových příhod – přehled současných možností. *Medicína pro praxi*. [online] 2007, č. 5, s. 233 – 236. [cit. 6.4.2014]. Dostupné z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2007/05/11.pdf>

NEVŠÍMALOVÁ, Soňa, Jiří TICHÝ a Evžen RŮŽIČKA. *Neurologie*. Praha: Galén, c2002. ISBN 80-246-0502-3.

PAPOUŠEK, Jiří. Kapitoly z kardiologie. Rehabilitace po cévní mozkové příhodě [online]. 2010, (4) [cit. 02-03-2023]. Dostupné z: <http://www.tribune.cz/clanek/20230-rehabilitace-po-cevni-mozkove-prihode>

PATEL, Harsh, Hassan ALKHAWAM, Raef MADANIEH, Niel SHAH, Constantine E KOSMAS a Timothy J VITTORIO. Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. *World Journal of Cardiology* [online]. 2017, **9**(2) [cit. 2023-04-12]. ISSN 1949-8462. Dostupné z: doi:10.4330/wjc.v9.i2.134

PLOUGHMAN, Michelle, Gail A. ESKES, Liam P. KELLY, et al. Synergistic Benefits of Combined Aerobic and Cognitive Training on Fluid Intelligence and the Role of IGF-1 in Chronic Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* [online]. 2019, **33**(3), 199-212 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1545-9683. Dostupné z: doi:10.1177/1545968319832605

RŮŽIČKA, Evžen, Karel ŠONKA, Petr MARUSIČ a Robert RUSINA. *Neurologie*. Praha: Stanislav Juhaňák - Triton, 2019. ISBN 978-80-7553-681-5.

SAINI, Vasu, Luis GUADA a Dileep R. YAVAGAL. Global Epidemiology of Stroke and Access to Acute Ischemic Stroke Interventions. *Neurology* [online]. 2021, **97**(20 Supplement 2), S6-S16 [cit. 2023-04-12]. ISSN 0028-3878. Dostupné z: doi:10.1212/WNL.00000000000012781

SALE, Patrizio a Marco FRANCESCHINI. Action observation and mirror neuron network: A tool for motor stroke rehabilitation. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 2012, **42**(2), 313-318 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/224810968 Action observation and mirror neuron network A tool for motor stroke rehabilitation](https://www.researchgate.net/publication/224810968>Action_observation_and_mirror_neuron_network_A_tool_for_motor_stroke_rehabilitation)

SERRA, Monica C., Carolyn J. ACCARDI, Chunyu MA, Younja PARK, ViLinh TRAN, Dean P. JONES, Charlene E. HAFER-MACKO a Alice S. RYAN. Metabolomics of Aerobic Exercise in Chronic Stroke Survivors: A Pilot Study. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* [online]. 2019, **28**(12) [cit. 2023-04-12]. ISSN 10523057. Dostupné z: doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.104453

SIGAL, Ronald J., Angela S. ALBERGA, Gary S. GOLDFIELD, et al. Effects of Aerobic Training, Resistance Training, or Both on Percentage Body Fat and Cardiometabolic Risk Markers in Obese Adolescents. *JAMA Pediatrics* [online]. 2014, **168**(11) [cit. 2023-04-12]. ISSN 2168-6203. Dostupné z: doi:10.1001/jamapediatrics.2014.1392

SINGH, Amaya M, Robin E DUNCAN, Jason L NEVA a W Richard STAINES. Aerobic exercise modulates intracortical inhibition and facilitation in a nonexercised upper limb muscle. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* [online]. 2014, **6**(1) [cit. 2023-04-24]. ISSN 2052-1847. Dostupné z: doi:10.1186/2052-1847-6-23

SINGH, Amaya M. a W. Richard STAINES. The Effects of Acute Aerobic Exercise on the Primary Motor Cortex. *Journal of Motor Behavior* [online]. 2014, **47**(4), 328-339 [cit. 2023-04-24]. ISSN 0022-2895. Dostupné z: doi:10.1080/00222895.2014.983450

SINGH, Amaya M., Jason L. NEVA a W. Richard STAINES. Acute exercise enhances the response to paired associative stimulation-induced plasticity in the primary motor cortex. *Experimental Brain Research* [online]. 2014, **232**(11), 3675-3685 [cit. 2023-04-24]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-014-4049-z

SINGH, Amaya M., Jason L. NEVA a W. Richard STAINES. Aerobic exercise enhances neural correlates of motor skill learning. *Behavioural Brain Research* [online]. 2016, **301**, 19-26 [cit. 2023-04-24]. ISSN 01664328. Dostupné z: doi:10.1016/j.bbr.2015.12.020

SMITH, Ashleigh E., Mitchell R. GOLDSWORTHY, Tessa GARSIDE, Fiona M. WOOD a Michael C. RIDDING. The influence of a single bout of aerobic exercise on short-interval intracortical excitability. *Experimental Brain Research* [online]. 2014, **232**(6), 1875-1882 [cit. 2023-04-24]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-014-3879-z

TAKEUCHI, Naoyuki, Takayo CHUMA, Yuichiro MATSUO, Ichiro WATANABE a Katsunori IKOMA. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of Contralesional Primary Motor Cortex Improves Hand Function After Stroke. *Stroke* [online]. 2005, **36**(12), 2681-2686 [cit. 2023-04-12]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: doi:10.1161/01.STR.0000189658.51972.34

VARGAS, Nicola. *Physical Activity and Function in the Elderly* [online]. New York: Nova Medicine and Health, 2020 [cit. 2023-04-12]. ISBN 978-1-53617-006-1. Dostupné z:

<https://web-s-ebSCOhost-com.ezproxy.is.cuni.cz/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzlyOTUzMzNfX0FO0?sid=3b2f8dbe-7281-4be0-b9d3-e7d3de4fb99b@redis&vid=6&format=EB&rid=1>

VÁRNAY, František, Pavel HOMOLKA, Leona MÍFKOVÁ a Petr DOBŠÁK. *Spiroergometrie v kardiologii a sportovní medicíně*. Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-271-2552-4.

VILIKUS, Zdeněk, Petr BRANDEJSKÝ a Vladimír NOVOTNÝ. *Tělovýchovné lékařství*. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0821-9.

VOTAVA, J. Rehabilitace osob po cévní mozkové příhodě. *Neurologie pro praxi*. [online]. 2001, č. 4, s. 184-189. [cit. 2023-04-12] ISSN 1213-1814. Dostupné z: <http://www.solen.cz/pdfs/neu/2001/04/06.pdf>

WANG, Yangyang, Feng LI, Yuan CHENG, Lingui GU a Zongyi XIE. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of the risk of stroke: a dose–response meta-analysis. *Journal of Neurology* [online]. 2020, **267**(2), 491-501 [cit. 2023-04-12]. ISSN 0340-5354. Dostupné z: doi:10.1007/s00415-019-09612-6

WILKINS, Kevin B., Meriel OWEN, Carson INGO, Carolina CARMONA, Julius P. A. DEWALD a Jun YAO. Neural Plasticity in Moderate to Severe Chronic Stroke Following a Device-Assisted Task-Specific Arm/Hand Intervention. *Frontiers in Neurology* [online]. 2017, **8** [cit. 2023-04-15]. ISSN 1664-2295. Dostupné z: doi:10.3389/fneur.2017.00284

WINSTEIN, Carolee J., Joel STEIN, Ross ARENA, et al. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery. *Stroke* [online]. 2016, **47**(6) [cit. 2023-04-12]. ISSN 0039-2499. Dostupné z: doi:10.1161/STR.0000000000000098

YOU, Qiuping, Laikang YU, Gen LI, Hui HE a Yuanyuan LV. Effects of Different Intensities and Durations of Aerobic Exercise on Vascular Endothelial Function in Middle-Aged and Elderly People: A Meta-analysis. *Frontiers in Physiology* [online]. 2022, **12** [cit. 2023-04-12]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2021.803102

ZAHRADNÍK, David a Pavel KORVAS. *Základy sportovního tréninku* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2017 [cit. 2023-04-12]. ISBN 978-80-210-5890-3. Dostupné z: <https://publi.cz/books/51/index.html?secured=false#08>

ZHOU, Peiling, Anne K. HUGHES, Sue C. GRADY a Li FANG. Physical activity and chronic diseases among older people in a mid-size city in China: a longitudinal investigation of bipolar effects. *BMC Public Health* [online]. 2018, **18**(1) [cit. 2023-04-12]. ISSN 1471-2458. Dostupné z: doi:10.1186/s12889-018-5408-7

## 10. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

### Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 Časové schéma jednotlivých stádií po CMP</i> .....	13
<i>Obrázek 2 Diagram PRISMA</i> .....	35
<i>Obrázek 3 Cvičební jednotka studie Gambassi et al. (2019)</i> .....	37
<i>Obrázek 4 Schéma provedení studie Nepveu et al. (2017)</i> .....	42
<i>Obrázek 5 Chůze na podvodním běžeckém páse s odporem vodního protiproudu a kotníkovou zátěží</i> .....	54

### Seznam tabulek

Tabulka č. 5.1 – <i>Přehled studií zařazených do systematické rešerše – část 1</i> .....	55
Tabulka č. 5.2 – <i>Přehled studií zařazených do systematické rešerše – část 2</i> .....	56
Tabulka č. 5.3 – <i>Přehled studií zařazených do systematické rešerše – část 3</i> .....	57
Tabulka č. 5.4 – <i>Přehled studií zařazených do systematické rešerše – část 4</i> .....	58
Tabulka č. 5.5 – <i>Přehled studií zařazených do systematické rešerše – část 4</i> .....	59