

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



Fakulta
tělesné kultury

**REHABILITACE U PACIENTŮ S ROZTROUŠENOU SKLERÓZOU
ZAMĚŘENÁ NA PORUCHY ROVNOVÁHY, CHŮZE A MOŽNOSTI
OVLIVNĚNÍ SPASTICITY**

Bakalářská práce

Autor: Kateřina Španělová

Studijní program: Fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Martina Šlachtová, Ph.D.

Olomouc 2024

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Kateřina Španělová

Název práce: Rehabilitace u pacientů s roztroušenou sklerózou zaměřená na poruchy rovnováhy, chůze a možnosti ovlivnění spasticity

Vedoucí práce: Mgr. Martina Šlachtová, Ph.D.

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Rok obhajoby: 2024

Abstrakt:

Tato bakalářská práce pojednává o možnostech rehabilitace u pacientů s roztroušenou sklerózou se zaměřením na poruchy rovnováhy. Roztroušená skleróza je demyelinizační autoimunitní onemocnění postihující centrální nervovou soustavu. Mnoho symptomů, které se vyskytují u pacientů s roztroušenou sklerózou, ovlivňuje rovnováhu. Patří mezi ně například únava, spasticita, poruchy koordinace a další. Teoretická část je zaměřena na popis možností rehabilitace pacientů s roztroušenou sklerózou s poruchami rovnováhy a způsoby ovlivnění spasticity pomocí farmakoterapie, konkrétně botulotoxinu, a fyzikální terapie, která zahrnuje celkovou kryoterapii a stimulaci pomocí obleku Exopulse Mollii Suit. V praktické části je popsáno vyšetření pacienta s roztroušenou sklerózou a návrh krátkodobého a dlouhodobého rehabilitačního plánu.

Klíčová slova:

Roztroušená skleróza, fyzioterapie, rovnováha, trénink chůze, spasticita

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author: Kateřina Španělová
Title: Rehabilitation in patients with multiple sclerosis focusing on balance and gait disorders and the possibilities of influencing spasticity

Supervisor: Mgr. Martina Šlachtová, Ph.D.
Department: Department of Physiotherapy
Year: 2024

Abstract:

This bachelor thesis discusses the possibilities of rehabilitation in patients with multiple sclerosis with a focus on balance disorders. Multiple sclerosis is a demyelinating autoimmune disease affecting the central nervous system. Many of the symptoms that occur in patients with multiple sclerosis affect balance. These include fatigue, spasticity, coordination disorders and more. The theoretical section focuses on describing the rehabilitation options for multiple sclerosis patients with balance disorders and how to affect spasticity using pharmacotherapy, specifically botulinum toxin, and physical therapy, which includes whole-body cryotherapy and stimulation using the Exopulse Mollii Suit. The practical part describes the examination of a patient with multiple sclerosis and the design of a short- and long-term rehabilitation plan.

Keywords:

Multiple sclerosis, physiotherapy, balance, gait training, spasticity

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Martiny Šlachtové, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 26. dubna 2024

.....

Děkuji vedoucí práce Mgr. Martině Šlachtové, Ph.D. za pomoc, cenné rady a odborné vedení, které mi poskytla při zpracovávání bakalářské práce.

OBSAH

Obsah	7
1 Úvod	9
2 Cíle	10
3 Metodika	11
4 Přehled poznatků	12
4.1 Roztroušená skleróza	12
4.1.1 Klinický obraz	12
4.1.2 Možnosti léčby	14
4.2 Roztroušená skleróza a rovnováha	15
4.3 Rovnováha	15
4.3.1 Testování rovnováhy	16
4.4 Možnosti rehabilitace	18
4.4.1 Balanční trénink	18
4.4.2 Kombinovaný trénink	18
4.4.3 Posilování	19
4.4.4 Vestibulární rehabilitace	20
4.4.5 Trénink chůze	22
4.4.6 Dual task trénink	22
4.4.7 Virtuální realita	25
4.4.8 Exergaming	27
4.4.9 Robotické balanční plošiny	28
4.4.10 Využití robotických systémů pro reedukaci chůze	31
4.5 Možnosti ovlivnění spasticity	32
4.5.1 Botulotoxin	32
4.5.2 Celková kryoterapie	33
4.5.3 Exopulse Mollii Suit	35
5 Kazuistika	37
5.1 Základní údaje	37
5.2 Anamnéza	37
5.3 Vyšetření	38

5.4	Krátkodobý rehabilitační plán.....	41
5.4.1	Zlepšení koordinace svalů dolních končetin.....	41
5.4.2	Ovlivnění spasticity.....	41
5.4.3	Zlepšení rovnováhy	42
5.4.4	Navýšení kondice	43
5.4.5	Reedukace chůze.....	43
5.5	Dlouhodobý rehabilitační plán	43
6	Diskuse.....	44
7	Závěr.....	48
8	Souhrn	49
9	Summary.....	50
10	Referenční seznam	51

1 ÚVOD

Roztroušená skleróza (RS) se řadí mezi demyelinizační autoimunitní onemocnění postihující mozek a míchu. Je způsobena chronickou zánětlivou imunitní poruchou na buněčné úrovni. Příčina není jednoznačně známá, podílí se na ní faktory jak genetické, tak i faktory zevního prostředí. Pacienti s roztroušenou sklerózou mají často porušenou rovnováhu a stabilitu nejen kvůli poškození mozečku. Zasluhují se o to další faktory jako spasticita, snížená svalová síla, poruchy citlivosti a koordinace, únava a další. Fyzioterapie je v dnešní době již neodmyslitelnou součástí komplexní léčby roztroušené sklerózy, na které se podílí také farmakoterapie. Rehabilitace se podílí na zmírnění symptomů RS a zlepšuje kvalitu života pacientů.

V této bakalářské práci jsou rozebrány postupy rehabilitace pacientů s RS, kteří mají problémy s rovnováhou. Mezi tyto postupy patří balanční cvičení, vestibulární trénink, trénink chůze, dual-task nebo postupy s využitím moderní technologie pomocí exergaming a rehabilitace s využitím robotických systémů a jejich účinnost pro dosažení konkrétního cíle, tedy zlepšení rovnováhy. Rovnováhu ovlivňuje i spasticita, proto jsou v této práci zahrnuty možnosti ovlivnění spasticity pomocí fyzioterapie, konkrétně pomocí celotělové kryoterapie a obleku Exopulse Mollii Suit.

2 CÍLE

Cílem této bakalářské práce je vypracovat literární rešerši, která zahrnuje postupy rehabilitace u pacientů postižených roztroušenou sklerózou s poruchami rovnováhy. Práce zahrnuje popis tohoto onemocnění, jeho vztah k rovnováze, možnosti rehabilitace zaměřené na poruchy rovnováhy a možnosti ovlivnění spasticity. Cílem práce je také vyšetřit pacienta s roztroušenou sklerózou a navrhnout krátkodobý a dlouhodobý rehabilitační plán.

3 METODIKA

Podklady pro vypracování bakalářské práce byly čerpány primárně ze zahraničních zdrojů. Pro vyhledávání byly použity databáze EBSCO, PubMed, Scopus a Google Scholar. Klíčová slova použitá pro vyhledávání v těchto databázích byla „multiple sclerosis“ a „rehabilitation“. Podle obsahu jednotlivých kapitol byly ke klíčovým slovům zadány slova jako: balance, gait training, virtual reality, dual task, vestibular rehabilitation, spasticity, botulotoxin, whole-body cryotherapy, Exopulse Mollie Suit.

Celkem bylo použito 6 českých a 75 zahraničních zdrojů. Z celkového počtu 81 zdrojů byly 2 knihy, 18 kontrolovaných studií, 3 prospektivní studie, 25 randomizovaných studií, 5 kohortních studií, 11 systematických přehledů, 5 meta-analýz a 13 neperiodik.

K překládání studií byla použita AI technologie, konkrétně ChatGPT a DeepL.

4 PŘEHLED POZNATKŮ

4.1 Roztroušená skleróza

Roztroušená skleróza je onemocnění postihující centrální nervovou soustavu, ve které dochází k zánětlivému demyelinizačnímu procesu na buněčné úrovni napadající mozek i míchu. Na jeho vzniku a rozvoji se podílí genetické faktory i faktory zevního prostředí. Dochází k destrukci myelinu kvůli aktivovaným T-lymfocytům produkující prozánětlivé cytokiny, které prostupují přes hematoencefalickou bariéru. Vznikají tak plakety, které chronicky poškozují míchu a mozek (Ambler, 2006). Roztroušená skleróza se projevuje obvykle kolem 20. – 40. roku života, častěji u žen. Nejčastěji se vyskytuje ve formě atak a remisí, kdy začíná právě atakou, při které se objevuje fokální nebo multifokální dysfunkce. Následuje remise trvající různě dlouhou dobu. S progredujícím průběhem onemocnění se doba mezi atakami zkracuje a ataky bývají také intenzivnější. Další forma průběhu onemocnění je sekundárně progredientní, která vzniká v pozdějším stadiu atak a remisí, a méně častá primárně progredientní forma bez atak a remisí na jejím začátku (Turjap & Nedopílková, 2021).

4.1.1 Klinický obraz

Klinický obraz se liší podle různé lokalizace demyelinizačních plaků, všechny symptomy jsou však centrálního charakteru. Mezi příznaky u roztroušené sklerózy se řadí retrobulbární neuritida, u které dochází většinou k úpravě. Dalším z příznaků je vestibulární syndrom, typicky centrálního typu, vzniká z plaků v mozkovém kmeni a může být doprovázen intenzivními závratěmi (Cortéz-Pérez et al., 2023). Dále také různé poruchy čítí, nejčastěji parestezie a dysestezie na horních nebo dolních končetinách, bývají přítomny asymetricky, často jako první projevy tohoto onemocnění (Ambler, 2006). Spastické motorické příznaky se objevují v pokročilejším stadiu onemocnění, na začátku se tento příznak subjektivně projevuje spíše jako nejistota při chůzi, zvýšená únavnost nebo neobratnost rukou, objektivně se dá zjistit hyperreflexie a spastické pyramidové jevy (Havrdová, 2005). Častým příznakem jsou mozečkové poruchy, projevují se v různých stupních postižení, od nižších jako ataxie jedné končetiny až k vyšším stupňům, které se projevují těžkou ataxií chůze a poruchami rovnováhy. U mozečkových poruch se může vyskytovat i intenční třes (Kenyon et al., 2022). Dochází také k poruše sfinkterů, zejména močového, který je ovlivněný hyperreflektorickým močovým měchýřem, který má malou kapacitu a nutí k náhle vzniklé tendenci na mikci. Problémy mohou být později i retence nebo inkontinence moči. Mimo fyzické projevy roztroušené sklerózy

se vyskytují i psychické dysfunkce, intelekt nebývá porušen, vyskytují se však často depresivní syndromy nebo naopak euforie (Thomas et al., 2023).

Míra postižení způsobená roztroušenou sklerózou se určuje podle Kurtzkého škály (Expanded Disability Status Scale). Tato škála hodnotí 7 funkčních systémů:

- zrakový, kde se vyšetřuje zraková ostrost a výpadky zrakového pole
- kmenový, který hodnotí okulomotoriku, nystagmus, inervaci v mimické oblasti, poruchy sluchu a dysartrie
- pyramidový, který posuzuje reflexy, svalovou sílu, spasticitu končetin a chůze
- mozečkový, který hodnotí třes hlavy, ataxie končetin, trupu i chůze
- senzitivní, který hodnotí povrchové i hluboké cití, případné parestezie nebo Lhermittův příznak
- mentální, který posuzuje výskyt deprese nebo naopak euforie, únavu a mentální výkon
- sfinkterové funkce, u kterých se vyšetřuje močová inkontinence nebo retence, případně jestli je nutná katetrizace, poruchy vyprazdňování a sexuální dysfunkce

Všechny tyto systémy se hodnotí od stupně 0 do stupně 6, kde 0 je norma a 6 největší míra poškození. Ze všech posuzovaných systémů se pak vyhodnotí celkové skóre. To je od stupně 0, což je normální nález, do stupně 10, který znamená smrt v důsledku roztroušené sklerózy. Za zlomový stupeň se dá považovat stupeň 6, kdy je jedinec ještě schopný se o sebe postarat (Kurtzke, 1983 in Dufek, 2011).

Tabulka 1

Kurtzkého škála

0	Normální neurologický nález (všechny funkční systémy (FS) stupeň 0)
1	Žádná disabilita, minimální neurologický nález v 1 FS (stupeň 1)
1,5	Žádná disabilita, minimální neurologický nález ve více než 1 FS (stupeň 1)
2	Minimální disabilita v 1 FS (1FS stupeň 2, ostatní 0 nebo 1)
2,5	Minimální disabilita ve 2 FS (2 FS stupeň 2, ostatní 0 nebo 1)
3	Lehká disabilita v 1 FS (1 FS stupeň 3, ostatní 0 nebo 1) nebo mírná disabilita ve 3–4 FS (3–4 FS stupeň 2, ostatní 1 nebo 0) a zároveň chůze bez omezení
3,5	Chodící, ale se střední disabilitou v 1 FS (1 FS stupeň 3) a 1–2 FS stupně 2 nebo 2 FS stupně 3 nebo 5 FS stupně 2 (ostatní FS stupně 0 nebo 1)

4	Schopnost chůze bez pomůcek a odpočinku alespoň 500 m, činnost 12 h denně navzdory relativně těžké disabilitě sestávající z 1 FS stupně 4 (ostatní 0 nebo 1) nebo kombinace nižších stupňů přesahující limity předchozích stupňů
4,5	Schopnost chůze bez pomůcky a odpočinku na alespoň 300 m, činnost po většinu dne, těžká invalidita sestávající z 1 FS stupně 4 (ostatní 0 nebo 1) nebo kombinace nižších stupňů přesahující limity předchozích stupňů
5	Schopnost chůze bez pomůcky a odpočinku na alespoň 200 m (ekvivalentem FS je 1× stupeň 5 a ostatní 0 nebo 1 nebo kombinace nižších stupňů překračující definici pro stupeň 4,5)
5,5	Schopnost ujít bez pomoci a odpočinku 100 m
6	Nutná jednostranná opora (hůl, berle) k ujití alespoň 100 m bez přestávky nebo s přestávkou
6,5	Chůze s oboustrannou oporou (hole, berle) na alespoň 20 m bez přestávky
7	Pacient není schopen ujít ani 20 m s oporou, převážně odkázán na vozík, na kterém s přepravuje sám, tráví na vozíku bděle alespoň 12 h
7,5	Pacient není schopen ujít s pomocí více než několik kroků, omezen pouze na vozík, potřebuje pomoc při transportu na vozík a jízdě na něm
8	Pacient převážně odkázán na lůžko nebo vozík, ale většinu dne tráví mimo lůžko, jsou zachovány některé sebeobslužné schopnosti – obecně možnost užitečného použití horních končetin
8,5	Pacient většinu dne upoutaný na lůžko, má určitou schopnost užívat horních končetin, zachovány některé sebeobslužné schopnosti
9	Bezmocnost, pacient upoutaný na lůžko, schopný jíst a komunikovat
9,5	Zcela bezmocný ležící pacient, neschopný efektivně komunikovat
10	Smrt v důsledky RS

Poznámka. Upraveno dle Havrdové (2005), p. 32–33

4.1.2 Možnosti léčby

Léčba pacientů s roztroušenou sklerózou je velmi individuální, liší se podle nálezu demyelinizačních ložisek a období nemoci, ve kterém se pacient nachází. Farmakoterapie využívá léky modifikující průběh nemoci, které se podávají pro zmenšení počtu relapsů, snížení počtu ložisek, zmírnění atrofie mozku a progresi hybných a kognitivních funkcí. V období ataky

se používají kortikosteroidy, konkrétně nejvíce používaný je methylprednisolon. Kortikosteroidy mají protizánětlivé a imunosupresivní účinky, které potlačují zánět (Turjap & Nedopílková, 2021). Pro relaps-remitentní formu roztroušené sklerózy se využívají interferony beta, glatiramer-acetát, natalizumab, fingomod, triflunomid, dimethyl-fumarát, alemtuzumab, pegintepron beta, ocrelizumab a kladribin, které byly registrovány v Evropské unii již dříve. Mezi novější farmakoterapii k léčbě relaps-remitentní formy roztroušené sklerózy patří ofatumumab, ponesimod, diroximel-fumarát, což je novější verze dimethyl-fumarátu se srovnatelnou účinností, ale méně nežádoucími účinky, a ozanimod, které byly registrovány v Evropské unii od roku 2020 (Štětkářová, 2021; MS Society, 2022). Pro léčbu progresivních forem roztroušené sklerózy se používají léčivé přípravky obsahující methylprednisolon nebo siponimod (Vališ, 2020). Farmakoterapie se používá i pro symptomatickou léčbu. Myorelaxancia, nejčastěji baclofen, se podávají proti spasticitě (Štětkářová et al., 2007), physostigmin pomáhá zmírnit mozečkové příznaky, clonazepam se podává na intenční třes (Ambler, 2006), sfinkterové potíže se ovlivňují anticholinergiky, na deprese pomáhají blokátory zpětného vychytávání serotoninu, neuralgie zmírňují antiepileptika (Havrdová, 2005).

Kromě farmakoterapie je důležitou částí komplexní léčby roztroušené sklerózy rehabilitace.

4.2 Roztroušená skleróza a rovnováha

Poruchy rovnováhy bývají u pacientů s RS časté kvůli zhoršení přenosu sensorických, motorických, vizuálních i vestibulárních informací, které následně vedou ke zpomaleným motorickým reakcím na vychýlení těžiště ze své báze. K těmto příznakům se může přidat i zvýšená únava, poruchy koordinace a snížená svalová síla, což může celkově vést ke zvýšenému riziku pádů (Kalron & Achiron, 2013). Pády se považují za jeden z prvních příznaků roztroušené sklerózy a jejich riziko se zvyšuje při chůzi, otáčení i každodenních aktivitách (Cattaneo et al., 2014). Demyelinizací způsobené zpomalení somatomotorického vedení má za příčinu pomalejší proaktivní rovnovážné reakce a horší stabilitu trupu při dosahování mimo své těžiště. Pacienti s roztroušenou sklerózou trpí sníženou stabilitou trupu i ve stoje, které se projevuje zvýšenými titubacemi zvyrazňujícími se při provádění dalšího úkolu (Gunn et al., 2014).

4.3 Rovnováha

Kvůli postižení a zpomalení vedení informací dostředivých i odstředivých má mnoho pacientů s roztroušenou sklerózou problém s rovnováhou. Pojem rovnováha úzce souvisí s posturální stabilitou. Rovnováha označuje statické a dynamické strategie zajišťující posturální

stabilitu. Pojem posturální stabilita označuje schopnost udržet vzpřímené držení těla, schopnost reakce na změny zevních i vnitřních sil a zabránění pádu. Pro udržení těla na dvou dolních končetinách potřebujeme dobré posturální zajištění, protože se jedná o postoj velmi nestabilní. Rovnováha je ovlivňována příjmem informací z receptorů sensorických systémů, které představují propiocepce, zraková kontrola a vestibulární systém (Vařeka, 2002).

Můžeme ji také rozdělit na tři typy rovnováhy – statickou, dynamickou (proaktivní) a reaktivní. Statickou rovnováhou se nazývá děj, při kterém nedochází ke změně opěrné báze. Dynamickou rovnováhu můžeme popsat jako děj, při kterém se přemísťuje kontaktní plocha s podložkou, řadí se zde tedy lokomoce (Vařeka, 2002). Reaktivní rovnováha je schopnost vyrovnat se s nečekanými výchylkami těžiště těla (Novotná et al., 2022).

4.3.1 Testování rovnováhy

Testování rovnováhy se může rozdělit do tří kategorií podle typů rovnováhy. Rombergův stoj I, II a III se zaměřuje na vyšetření statické rovnováhy. Vyšetřením chůze a jejich modifikací se dá zjistit dynamická stabilita (Novotná et al., 2022). Reaktivní rovnováha se dá určit podle Pull test a Push and Release test (Jacobs et al., 2006).

Pro testování stability u pacientů s roztroušenou sklerózou se používá Berg Balance Scale nebo standardizovaný test Mini-BESTest (Mini-Balance Evaluation Systems Test). Berg Balance Scale se používá u pacientů s větší mírou poškození a klasifikací dle Expanded Disability Status Scale (EDSS) více než 4, Mini-BESTest je citlivější, a tedy vhodnější pro pacienty s menší mírou poškození a klasifikací dle EDSS méně než 4 (Godi et al., 2013).

Berg Balance Scale určuje stabilitu testovaných pacientů. Obsahuje 14 úkolů, které prověřují pacientovu schopnost udržet rovnováhu. Patří mezi ně přesuny, dosahování v různých polohách těla, stoj na jedné noze, otáčení hlavy i celého těla. Provedení těchto úkolů se boduje od 0 do 4, součet všech bodů určí celkové skóre. Pacienti s vyšším počtem bodů mají lepší stabilitu (Berg, 1992).

Mini-BESTest obsahuje také 14 úkolů, které prověřují pacientovu stabilitu. Jsou rozdělené do 4 kategorií, a to proaktivní stabilitu, reaktivní stabilitu, sensorickou orientaci a dynamickou kontrolu při chůzi. Každý úkol je hodnocen 0-2 body, 2 značí normu, 1 mírnou poruchu a 0 těžkou poruchu. Maximální počet bodů je 28 (Michalčinová et al., 2022).

Rovnováha se dále může hodnotit podle testů jako jsou Timed up and go, Timed 25-foot walk test, Two-minute walking test, Four square step test, 3-meter backward walk test, Activities-specific balance confidence scale a Dynamic Gait Index.

Při testu Timed up and go má pacient za úkol vstát ze židle, obejít kužel, který se nachází tři metry před židlí, a sednout si zpátky na židli. Měří se čas, za který je pacient schopen vykonat tento úkol (Podsaidlo, 1991).

Timed 25-foot walk test hodnotí rychlost, kterou dokáže pacient ujít 25 stop, tedy 7,62 metrů po jasně vyznačené čáře. Skóre tohoto testu se uvádí v sekundách a vypočítá se jako průměr dvou po sobě jdoucích pokusů (Radecka et al., 2020).

Two minute walking test hodnotí vzdálenost ujitou za dvě minuty. Pacient má jít nejvyšší možnou rychlostí, která je pro něj ještě bezpečná, a bez pomoci. V případě potřeby jsou povoleny přestávky. Gijbels et al. (2010) uvádí, že pacienti s RS hodnocení pomocí EDSS od 1,5 až 4 by měli ujít v tomto testu 108 až 220 metrů a s hodnocením podle EDSS od 4,5 až 6,5 by měli ujít vzdálenost 40 až 172 metrů.

V testu Four square step pacient provádí čtyři kroky ve směru i proti směru hodinových ručiček ve čtyřech čtvercích vytvořených tyčemi dlouhými přibližně jedním metr a průměrem 2,5 cm, které jsou na zemi uspořádané do tvaru kříže. Pacient stojí ve čtverci číslo jedna oběma nohama a má za úkol stoupnout do každého čtverce oběma nohama, a to v pořadí 1, 2, 3, 4, 1, 4, 3, 2, 1, a nedotknout se přitom žádné tyče. Měří se čas, za který zvládne pacient tento úkol (McKee & Hackey, 2014). Kalron a Givon (2016) uvádí průměrný čas 11 sekund u pacientů s průměrným skóre EDSS 3,1.

3-meter backward walk test se používá k hodnocení schopnosti chůze pozpátku. Pacient je instruován, aby šel rychle ale bezpečně pozpátku 3 metry. Hodnotí se čas, za který pacient vzdálenost ujde (Soke et al., 2023).

Activities-specific balance confidence scale hodnotí sebejistotu při rovnováze. Pacient hodnotí 16 denních aktivit, které souvisí s rovnováhou. Celkové skóre se pohybuje od 0 do 100 bodů (Soke et al., 2023).

Dynamic Gait Index posuzuje funkční schopnost chůze. Jedná se o standardizované vyšetření, které zkoumá schopnost jedince přizpůsobit chůzi složitým úkolům. Každá položka je hodnocena od 0 do 3 a maximální skóre je 24 (Soke et al., 2023). Cattaneo et al. (2006) považují hraniční hodnotu indikující riziko pádů méně jak 12 bodů.

Snížená schopnost udržet rovnováhu souvisí i s únavou, která se hodnotí pomocí Fatigue Severity Scale. Tento dotazník měří celkovou únavu pacienta tak, aby výsledné skóre bylo proporcionálně na úrovni pacientovy únavy. Skládá se z devíti otázek s hodnocením od 1 do 7. Hodnocení číslem jedna znamená silný nesouhlas pacienta s tvrzením a hodnocení číslem sedm znamená úplný souhlas s daným tvrzením. Skóre 1 neznáčí žádnou únavu a skóre 7 zobrazuje nejvyšší míru únavy (Hashemi Rad & Aghayari, 2024).

4.4 Možnosti rehabilitace

Možností fyzioterapie u roztroušené sklerózy je mnoho, pro ovlivnění rovnováhy se nejčastěji používají metody jako například individuální nebo skupinový balanční trénink, trénink chůze, kombinovaný aerobní a posilovací trénink, posilování hlubokého stabilizačního systému, rehabilitace s využitím robotických nebo herních systémů, dual-task trénink, vestibulární trénink a další (Novotná et al., 2022).

4.4.1 Balanční trénink

Individuální balanční trénink využívá prvky senzomotorického tréninku, tedy stimulaci proprioceptorů nejčastěji v oblasti plosky. Právě při zařazení senzomotorického tréninku místo pouze tréninku motorického dochází k výraznějšímu zlepšení rovnováhy. Rehabilitace zahrnuje trénink stoje i chůze a je vhodné jej založit na individuálním vyšetření vizuálních, senzomotorických a vestibulárních funkcí (Davies et al., 2016). Vestibulární rehabilitace se dá efektivně využít i u pacientů v pokročilejším stadiu onemocnění. U pacientů s mozečkovou lézí je pravděpodobně lepší trénink rovnováhy než posilování posturálních svalů (Salci et al., 2017).

Studie autorů Hashemi Rad a Aghayari z roku 2024 zaměřující se na senzomotorický trénink u žen s RS dokázala zlepšení statické rovnováhy a nižší hodnoty únavy oproti kontrolní skupině. Pacientky v této studii byly ve věku 20–40 let a na Kurtzkého škále měly hodnotu od 0 do 4. Dostaly 6týdenní domácí program senzomotorického cvičení, který prováděly 3krát týdně po dobu jedné hodiny. Hodnocení na začátku a po skončení programu probíhalo pomocí testů Sharpened-Romberg, kdy pacient provádí tandemový stoj a zjišťuje se statická rovnováha, a Timed Up and Go test, který zjišťuje dynamickou rovnováhu. Porovnávána byla i míra únavy pomocí Fatigue Severity Scale. Po absolvování programu došlo ke zlepšení statické rovnováhy a snížení míry únavy, nedošlo ale ke zlepšení dynamické rovnováhy (Hashemi Rad & Aghayari, 2024).

4.4.2 Kombinovaný trénink

Tento typ rehabilitace kombinuje posilovací a aerobní cvičení. Ve studii Sangelaji et al. z roku 2016 autoři zkoumali, jaký poměr aerobního a silového tréninku vykazuje největší zlepšení v testech Timed up and go, Fatigue Severity Scale, 6-minute walking test, Berg Balance Scale a One Repetition Maximum. Studie byla prováděla celkem se 40 pacienty se skóre podle EDSS 0 až 5, kteří byli rozděleni do čtyř skupin, tři experimentální a jedna kontrolní. Významně vyšších

hodnot ve většině testů dosáhla skupina s kombinací tří aerobních cvičení s jedním silovým cvičením (Sangelaji et al., 2016).

4.4.3 Posilování

Posilování se nejčastěji zaměřuje na posílení hlubokého stabilizačního systému a svalů dolních končetin. Při progresivním zvyšování zátěže došlo ke zvýšení svalové síly, což u většiny pacientů vedlo i ke zlepšení stability, ovšem ne vždy se se zvýšenou silou zlepšila i rovnováha. Vyšší svalová síla pomáhá ke stabilnější chůzi a celkové stabilitě. Studie autorů Tavazzi et al. z roku 2018 zkoumala, zda má větší efekt posilovací cvičení nebo aerobní aktivita na zlepšení hodnocení v testu Berg Balance Scale. Po čtyřtýdenním každodenním cvičení bylo zaznamenáno výrazné zlepšení v obou skupinách této studie u pacientů se střední mírou neurologického efektu a také normalizace funkčních hodnot MR.

Při kombinaci progresivního posilovacího cvičení a balančně-koordinačního cvičení došlo k výraznému zlepšení po 10 týdnech v testu Mini-BESTest. Pouhé posilování bez dalšího typu terapie se při srovnání pacientů na začátku a konci terapie pomocí tohoto testu neprokázalo jako účelné pro zlepšení rovnováhy oproti výše popsanému posilování s balančně-koordinačním cvičením (Çakt et al., 2010).

Ve studii autora Nechita z roku 2023, která se zaměřovala na pacienty s větším neurologickým deficitem nebo pacienty po atace ve stadiu relapsu, se provádělo cvičení bez zátěže s tyčí v leže na zvýšení svalové síly a mobility kloubů horních končetin. Cvičila se flexe a extenze, rotace s tyčí a dále bez tyče abdukce do 180°. Dále se posilovaly dolní končetiny se zaměřením na hlezenní klouby, kdy pacient prováděl flexi a extenzi. Pro celkovou stabilitu se trénovalo sezení na kraji lehátka bez opory nohou. V pozdější fázi bylo zařazeno ručkování po žebřinách s menším závažím pro posílení rukou při sedu na vozíku a chůze v bradlech. Po absolvování tohoto programu došlo ke zlepšení v testech Timed 25-foot walk test, Timed up and go test, 9-Hole Peg test a Symbol Digit Modalities Test. Symbol Digit Modalities testuje kognitivní funkce pacienta a obsahuje model symbolů, které jsou přiřazeny k určitým číslům, a pacient má za úkol přiřadit čísla k seznamu symbolů. Cvičení podle tohoto programu vedlo k malým, ale užitečným pokrokům a změně fyzické aktivity pacientů, kteří mívají často inaktivní a sedavý způsob života, což může zhoršovat příznaky roztroušené sklerózy (Nechita, 2023).

Obrázek 1

Symbol Digit Modalities Test

≥	±	«	Π	Ж	ψ	Δ	ο	↑
1	2	3	4	5	6	7	8	9

ψ	±	Π	ψ	±	ο	≥	Δ	↑	Ж	±	«	±	≥	Δ
6	2	4												
Ж	Δ	↑	ο	Π	«	Δ	↑	Ж	±	«	«	«	Ж	ψ
ο	±	«	Π	Ж	ψ	≥	ο	±	≥	±	«	«	ψ	ο
≥	Π	«	ψ	Ж	±	Δ	ο	↑	ο	±	«	Π	Ж	«
±	±	«	Π	Ж	ψ	ο	±	ο	≥	±	«	Π	ο	ψ
«	Π	«	Δ	«	Π	Δ	ο	↑	Δ	«	«	Δ	Ж	ψ
≥	±	«	±	Ж	«	±	ο	«	≥	±	±	Π	Δ	ψ

Poznámka. Obrázek převzat od Benedict et al. (2012), p. 2

4.4.4 Vestibulární rehabilitace

Vestibulární rehabilitace se skládá ze dvou typů cvičení, a to vestibulární trénink a balanční cvičení. Vestibulární trénink obsahuje pohyby hlavou nebo očmi v různých polohách a na různých površích se zavřenými nebo otevřenými očima.

Taramontano et al. zkoumali ve studii z roku 2020 účinek 20minutové série vestibulární rehabilitace, která zahrnovala cvičení pro stabilitu pohledu a cvičení pro posturální stabilitu ve stoji na měkké podložce, 5krát týdně po dobu dvou týdnů pro zlepšení zrakové stability a posturální kontroly. Samotná vestibulární rehabilitace byla doplněná o intermitentní stimulaci obou hemisfér mozečku.

Cvičení zaměřené na stabilitu při chůzi zahrnovalo cviky, při kterých pacient sledoval pohledem pevný terč a aktivně pohyboval hlavou v horizontálním a vertikálním směru, jednu minutu každý směr. Toto cvičení se prováděl maximálně 10 minut včetně krátké přestávky a pacient ho prováděl, jak v sedě, tak ve stoje. Fyzioterapeut sledoval pomocí virtuální reality, zda pacient udržel stabilitu pohledu během provádění úkolu, a případné chyby zaznamenal. Hodnotila se také doba provedení a frekvence pohybů hlavy.

Při cvičení pro posturální kontrolu se pacient postavil na měkkou podložku 5 cm tlustou, zaujal si stabilní polohu a zavřel oči. Pacient měl za úkol buď udržet jednu minutu stabilní stoj nebo pochodovat na místě po dobu jedné minuty, lišilo se to v závislosti na schopnostech pacienta. Po jedné minutě se pacient otočil o 90° ve směru hodinových ručiček stále se zavřenýma očima a znova opakoval předchozí úkol po dobu jedné minuty. Následovalo otočení o 180° a 270° se stejným postupem jako předtím, celkem to samotné cvičení tedy trvalo 4 minuty. Pacient mohl mít krátkou přestávku mezi jednotlivými cvičeními, celková doba však neměla přesáhnout 10 minut. Pokud se pacient otáčel nebo pohyboval mimo podložku během provádění cvičení, fyzioterapeut ho upozornil a pomohl mu vrátit se do původní pozice slovními pokyny.

Účinnost vestibulární rehabilitace v této studii byla zkoumána s použitím intermitentní theta-burst stimulace pravé i levé hemisféry mozečku před každou vestibulární terapií. Kontrolní skupině pacientů byla aplikována falešná stimulace.

Jako primární hodnocení zlepšení pacientů bylo využito testu Tinetti Balance and Gait Scale. Sekundárně byly také použity testy Berg Balance Scale, Barthel Index, Fatigue Severity Scale, Two-minute walking test a Timed 25-foot Walk test. Výzkum ukázal zlepšení ve všech těchto testech u pacientů s vestibulární rehabilitací doplněnou o stimulaci mozečkových hemisfér. Pacienti, kteří dostávali falešnou stimulaci se také zlepšili, ale značného zlepšení dosáhli pouze v testech Barthel Index, Berg Balance Scale a Timed 25-foot Walking test. Zjistila se také výrazně vyšší efektivita cvičení horizontálního pohybu hlavou s fixovaným pohledem ve stoje a vertikálního pohybu hlavy s fixovaným pohledem v sedě po cerebelární stimulaci oproti pacientům s falešnou stimulací. Rehabilitace v kombinaci s cerebelární stimulací zlepšila chůzi u pacientů s roztroušenou sklerózou s vyšším stupněm poškození. Poukazuje se tady také na to, že mozeček hraje důležitou funkci při učení se novým motorickým pohybům, což je zásadní pro neurorehabilitaci (Tramontano et al., 2020).

V metaanalýze autorů García-Muñoz, Cortéz-Vega, Heredia-Rizo, Martín-Valero, García-Berna a Casuso-Holgado z roku 2020 se potvrdilo zlepšení rovnováhy u pacientů s RS vestibulární rehabilitací v porovnání s pacienty s RS bez rehabilitace v testu Berg Balance Scale a posturografii. V porovnání s pacienty s běžným balančním tréninkem se dosáhlo zlepšení v tandemovém stoji dle Romberga a testu stoje na měkké podložce (Ozgen et al., 2016). Pacienti, kteří podstoupili vestibulární rehabilitaci, zaznamenali výraznější zlepšení v rychlosti chůze oproti pacientům s běžným rehabilitačním programem (Tramontano et al., 2018). Celkově v této meta-analýze autoři popisují, že při porovnání vestibulární rehabilitace a jiného cvičení dochází ke zlepšení rovnováhy v experimentální skupině. Rozdíl mezi experimentálními a kontrolními skupinami není statisticky významný (García-Muñoz et al., 2020).

4.4.5 Trénink chůze

Trénink chůze má pozitivní vliv na rovnováhu. Nejčastěji se chůze trénuje na běžecím trenážeru, který má tu výhodu, že umožňuje nastavení rychlosti a sklonu. Nejlepší efekt na stabilitu měl trénink chůze z kopce prováděný 4 týdny 3krát týdně, při kterém došlo ke snížení výchylek těžiště a zlepšení výsledku Timed up and go testu. Chůze se dá trénovat na běžecím trenážeru společně s jiným kognitivním nebo motorickým úkolem jako dual task (Samaei et al., 2016).

Soke et al. (2023) ve své studii testovali vliv chůze pozadu na rovnováhu, chůzi a funkční mobilitu. Skupina pacientů měla do rehabilitace kromě běžného tréninku chůze zařazenou i chůzi pozadu. Trénink probíhal 3krát týdně po dobu 8 týdnů. Pacienti byli hodnoceni podle Berg Balance Scale, Four square step test, Activities-specific balance confidence scale, Timed 25-foot walk test, Dynamic gait index, 3-meter backward walk test, Multiple Scerosis walking scale-12 a Timed up and go. Výrazné zlepšení prokázaly obě skupiny v testech Timed up and go a Timed 25-foot walking test, skupina s tréninkem chůze pozadu prokázala výrazné zlepšení i v Berg balance scale, Activities-specific balance confidence scale, Dynamic gait index, Four square step test, 3-meter backward walk test a Multiple Scerosis walking scale-12. Pouze v Timed 25-foot walk test nebylo zlepšení výrazně vyšší ve výstupním měření jako u kontrolní skupiny (Soke et al., 2023).

4.4.6 Dual task trénink

Problémy s rovnováhou se u pacientů s roztroušenou sklerózou často vyskytují při provádění více úkolů současně, což vede ke zvýšenému riziku pádů. V běžném životě se provádění dalšího úkolu současně například s chůzí nevyhneme, proto je důležité na to pacienty připravit v rehabilitaci. Právě na tuto problematiku se zaměřila studie autorů Mahmoud, Aly, Shafeek a Battasha z roku 2022, která zkoumala vliv CoDuSe balančního tréninku, tedy cvičení pro stabilitu středu těla (core stability), provádění dvou úkolů zároveň (dual-task) a senzorických strategií (sensory strategies), a square-stepping exercise. Hlavní cíl balančního tréninku CoDuSe je zlepšit rovnováhu během aktivit prováděných zároveň s další činností, senzorické strategie stimulují jak statickou, tak i dynamickou rovnováhu a spolu se cvičením pro stabilitu středu těla lze snížit riziko pádů a posturální vychylování při chůzi. Prozabránění pádu při vychýlení těžiště je ale potřeba rychlá reakce ve správném směru, na kterou se zaměřuje právě tato studie. Zahrnuje především provádění koordinovaných, rychlých a přesných krokových vzorů.

Square-stepping exercise se považuje za typ specifického rovnovážného cvičení, který se používá pro prevenci pádů. Účinnost cvičení závisí především na strategii obranné reakce pro udržení rovnováhy při různých aktivitách a v různém prostředí a má posílit kognitivní faktory vedoucí ke zvýšenému riziku pádů. Square-stepping exercise obsahuje různé příklady směrů pro kroky, které jsou prováděny na tenké podložce rozdělené do čtverců a zahrnují sérii modifikovaných i komplexních vzorů kroků. Tento typ cvičení může zlepšit dobu reakce obnovením krokových vzorů, díky tomu že bylo navrženo ke zlepšení reaktivních a proaktivních reakcí. Hlavní cíl tohoto rehabilitačního programu je zlepšit vzájemné působení mezi sensorickým a motorickým systémem a získat schopnost provést komplexní krokový vzor s adekvátními reakcemi (viz Kazuistika).

Studie zkoumala vliv CoDuSe cvičení na rovnováhu u pacientů s roztroušenou sklerózou. Celkem 52 pacientů ve věku 20–40 let s diagnostikovanou RS ne více než 10 let, bez relapsu v posledních třech měsících a fyzické výkonnosti podle The Short Physical Performance Battery v rozmezí od mírného po střední omezení měli za úkol cvičit Square-stepping exercise a CoDuSe program po dobu čtyř týdnů. Výsledky se porovnávali pomocí testů Biodex Balance Scale využívající index rizika pádu, Short Physical Performance Battery a Morse Fall Scale. Biodex Balance System pro riziko pádu se testuje na plošině se zábradlím naklánějící se na všechny strany o 20° a pohybující se anteroposteriorním a mediolaterálním směrem. Přístroj zahrnuje měření na 12ti dynamických úrovních a měření statické. Test pro index rizika pádu umožňuje mechanoreceptorům hlezenního kloubu maximální podráždění, čímž se získají data schopností pacientů zabránit pádu a udržet rovnováhu. Pacienti stáli na plošině naboso a testovala se schopnost pacienta udržet rovnováhu. Po dobu testu, která trval 20 sekund, byly úrovně stability plošiny měněny od nejstabilnější (12) k dynamičtější (6) a pacient měl 3 pokusy, z nich byl pak vypočítán průměr. Pacient měl za úkol udržovat stoj s těžištěm ve středu plošiny sledováním displeje umístěného 30 cm před jeho obličejem. Každé měření trvalo 20 vteřin s 10vteřinovou pauzou mezi nimi. Celkový index stability je měřen ve stupních, kde 0 je nejlepší skóre a vyšší hodnoty představují zvýšené riziko pádu (Prometti et al., 2016).

Short Physical Performance Battery je objektivní měřící metoda k posouzení pacientovy rovnováhy a fyzické zdatnosti. Obsahuje desetivteřinové rovnovážné testy zahrnující „semi tandem, tandem a kroky stranou“, čtyř metrový rychlostní test chůze a test síly dolních končetin. V každém z těchto subtestů se dá získat 0 až 4 body, celkově je tedy maximální počet bodů 12. Nízké skóre testu značí špatný výsledek a riziko pádu nebo sníženou mobilitu, vyšší skóre zase dobrou stabilitu a funkci (Bergland & Strand, 2019). Kategorie celkového skóre jsou od 0 do 3 závažné limitace, 4 až 6 střední limitace, 7 až 9 mírné limitace a 10 až 12 minimální limitace (Guralnik et al., 1994).

Morse Fall Scale je poměrně jednoduchá metoda pro posouzení rizika pádů pacienta. Skládá se z šesti hodnocení, kterými jsou historie padání, sekundární diagnóza, pomůcky pro chůzi, intravenózní terapie, chůze a přesuny a mentální stav. Celkové skóre pak rozděluje čtyři úrovně rizika pádu: 0 – žádné riziko, méně než 25 – nízké riziko, 25 až 44 – střední riziko, nad 45 – vysoké riziko (Motl et al., 2018).

Prvních 15 minut cvičení se zaměřuje hlavně na stabilitu trupu, která facilituje kontrakci trupových svalů také při dual-task cvičení, sensorických strategiích a chození po rovném i nerovném povrchu. Cvičení na stabilitu trupu spočívá v pánevním mostu, mostu na jedné noze a postupně v pozici na čtyřech do natažené jedné dolní končetiny a zpátky. Pokročilejší fáze je v sedu na gymballu, kdy pacient má ruce zkřížené na hrudníku a nataženou jednu nohu. Tento cvik je vhodné provádět pod dohledem fyzioterapeuta, aby se zabránilo případné ztrátě rovnováhy a pádu.

V tréninku provádění dvou úkolů zároveň pacient sedí a má přesouvat předměty jako například malý míček z jedné strany na druhou. Postupně pacient přechází k náročnějším úkolům, kdy z pozice v sedě vstane a přitom nese malý míček, při provádění tohoto úkolu se mu zmenšuje opěrná báze. Dále pacient chodí po nepravidelném povrchu, jako například pěnová podložka, a přitom nese předmět. Tento trénink zahrnuje také úkoly sensorických strategií, jako je stání na rovnovážné desce. Po zvládnutí této strategie má za úkol pacient chytit míček během stání na rovnovážné desce. V posledním stadiu tréninku má pacient jít po nepravidelném povrchu přes malé překážky. Cvičení se provádí 3 až 5krát, s dvouminutovou pauzou po každém cviku k prevenci únavy.

Square-stepping exercise je cvičení, které zahrnuje kroky vpřed, vzad, do boku a diagonálně a používá k tomu protiskluzovou podložku s čtvercovými mřížkami, které mají velikost 90 × 90 cm a jsou rozdělené na devět stejně velkých čtverců 30 × 30 cm (Pereira et al., 2014). Fyzioterapeut ukáže a detailně popíše pacientovi vzor, který chce, aby provedl. Poté pacient provede na podložce stejné kroky. Obvykle trvá 4–5 opakování rozpoznat a zapamatovat si daný vzor kroků. Jakmile pacient úspěšně zvládne dokončit vzor, terapeut mu popíše jiný. Každá série se skládá ze 3–5 různých postupně složitějších vzorů kroků. Obtížnost se zvyšuje na základě čtyř kritérií, kterými jsou složitost vzoru, délka, realizace při provádění dalšího úkolu a rychlost provedení. Po každém vzoru má pacient minutovou přestávku.

Cvičební program zahrnuje také progresivní statické i dynamické cvičení na rovnováhu. To je prezentováno schopností udržet stabilní trup proti mírnému a poté silnějšímu tlaku v sedě a ve stoje v různých neočekávaných směrech, postupně se pacientovi zmenšuje opěrná báze. Nakonec se náročnost zvyšuje chůzí v různých směrech dopředu, dozadu a laterálně, pacient také provádí otáčení, ohýbání a vystupování i sestupování na schody, postupně opět se

zmenšenou opěrnou bází. Další částí programu je posilování dolních končetin, ve formě izometrické kontrakce m. quadriceps femoris s podloženým kolenem po dobu 5 sekund v leže. V sedě provádí opakovaně zvedání paty a špičky a flexi a extenzi kolene. Obě tyto cvičení opakuje 5 až 10krát s minutovou přestávkou mezi nimi k prevenci únavy.

Kombinace cvičení CoDuSe a square-stepping exercise vedla u pacientů s roztroušenou sklerózou ke zlepšení rovnováhy, snížení pádů i obav z pádu a posílení dolních končetin. Dual-task cvičení vedlo i ke zlepšení kognitivních funkcí a koncentrace pacienta. Oproti kontrolní skupině byla doba k dosažení těchto výsledků kratší, pacienti ve studijní skupině prokázali větší funkční zlepšení po dvou týdnech oproti kontrolní skupině (Mahmoud et al., 2022).

4.4.7 Virtuální realita

Rehabilitační trénink pomocí virtuální reality stimuluje mozek pomocí multisenzorických opakujících se úkolů se zpětnou vazbou. Zasahuje do motorických, kognitivních a senzorických funkcí, může podpořit aktivaci zrcadlových neuronů, což vede ke kortikálním a subkortikálním změnám v mozku. Některé studie zjistily, že trénink ve virtuální realitě může také stimulovat synaptickou reorganizaci a remyelinizaci motorických oblastí mozku. Rehabilitační trénink pomáhá zlepšit rovnováhu, pohyb a kognitivní funkce pacientů s roztroušenou sklerózou (Lei et al., 2016; Cortéz-Pérez et al., 2021).

Při srovnání efektu terapie na běžecském pásu založeném na virtuální realitě a bez virtuální reality výsledky ukázaly zlepšení ve vytrvalosti, rychlosti, frekvenci a délce kroku, rozsahu pohybu a svalové síly dolních končetin v obou skupinách. Ve skupině s tréninkem založeným na virtuální realitě došlo k výraznějšímu zlepšení rovnovážných funkcí (Peruzzi et al., 2017).

Virtuální realita je čím dál více oblíbená v posledních letech, pacienti jsou více motivováni k tomuto typu cvičení a odlišuje se od klasické rehabilitace, která může být pro některé postupem času nudná (Novotná et al., 2022).

Terapie založená na virtuální realitě představuje částečné nebo úplné ponoření pacientů pomocí specializovaného softwaru a hardwaru do dvourozměrného nebo trojrozměrného virtuálního prostředí, které mohou pacienti považovat za podobné reálnému světu a zasahovat do něj pomocí manuálního ovladače nebo svýma rukama. Existují různé druhy virtuální reality závislé na přítomnosti ve virtuálním prostředí a úrovni expozice, a to neponořená, poloponořená a ponořená virtuální realita. Neponořená (non-immersive) virtuální realita je založena na použití počítačů nebo herních stanic, které umožňují pacientům vizualizaci a interakci s dvourozměrným prostředím promítnutým na obrazovce pomocí klávesnice, myši a manuálního ovladače. V ponořené (immersive) virtuální realitě se může pacient ponořit

do světa virtuální reality v 360°, což je velmi reálné, pomocí náhlavního displeje (head-mounted display). Poloponořená (semi-immersive) virtuální realita spočívá v použití počítače s vysokou rychlostí, který vytváří virtuální a trojrozměrné prostředí pomocí obrazů, které promítá na třech obrazovkách před jedincem. Tato úroveň se doporučuje pro terapii založenou na virtuální realitě kvůli nižšímu výskytu nežádoucích účinků jako jsou například kinetózy. Non-immersive technologie jsou nejlevnější a nejdostupnější ze zmíněných třech druhů virtuální reality, které se používají v neurorehabilitaci. Terapie založená na virtuální realitě podporuje neuroplasticitu a maximalizuje motorické učení, je tedy dobrým nástrojem pro rehabilitaci pacientů s roztroušenou sklerózou. Tento typ rehabilitace může být vhodnější pro pracování na funkčních aktivitách hravým a motivujícím způsobem skrze videohry nebo přetváření virtuálních scénářů. To také umožňuje pacientům trénovat různé funkční nebo sportovní aktivity ve stejném fyzioterapeutickém centru nebo doma pod dohledem fyzioterapeuta, což by mohlo zvýšit frekvenci rehabilitace. Rehabilitace ve virtuální realitě je vhodná pro vytváření personalizovaných funkčních cvičení s multisenzorickými vstupy s cílem obnovit výkonnost pacientů v běžných denních aktivitách (Cortés-Pérez et al., 2023).

Funkční rovnováha, která je potřeba k vykonávání běžných denních činností, byla hodnocena podle testu Berg Balance Scale, dynamická podle Timed Up and Go a Four Square Step. Posturální kontrola byla hodnocena prostřednictvím posturografu při otevřených i zavřených očích. Hodnocena byla také obava z pádu a rovnovážná jistota pomocí Activities-Specific Balance Confidence scale a Falls Efficacy Scale. Chůze a její rychlost byla posuzována pomocí 10 Meters Walk test a Timed 25-foot Walk test (Cortés-Pérez et al., 2023).

Meta-analýza autorů Cortés-Pérez, Osuna-Pérez, Montoro-Cárdenas, Lomas-Vega, Obrero-Baitán a Nieto-Escamez z roku 2023 porovnávala efekt rehabilitace založené na virtuální realitě oproti jiným terapiím, které se zaměřovaly na zlepšení rovnováhy a zmenšení obav z pádů u pacientů s roztroušenou sklerózou. U funkční rovnováhy bylo pozorováno zlepšení o 3,36 bodů v testu Berg Balance Scale ve srovnání s jinými terapiemi. Ve srovnání s běžnou péčí byl nárůst o 3,92 bodů v Berg Balance Scale při rehabilitaci založené na virtuální realitě, o 3,4 bodů při srovnání s obvyklou terapií a o 3,03 bodů při rehabilitaci založené na virtuální realitě kombinované s roboticky asistovaným tréninkem ve srovnání s pouze tímto tréninkem chůze. Nejvíce se zlepšila skupina pacientů s roztroušenou sklerózou se střední mírou postižení. Pro dosažení maximálního zlepšení funkční rovnováhy bylo potřeba alespoň 40 sezení, nejefektivnější frekvence cvičení byla 5krát týdně a optimální délka jedné terapie byla 40 až 45 minut.

Při zaměření se na dynamickou rovnováhu byla pozorována nízká evidence s malým efektem rehabilitace založené na virtuální realitě a také vysoké riziko publikačního zkreslení

při celkovém srovnání 13 studií obsažených v této meta-analýze. Ve srovnání s obvyklou terapií ukázala analýza střední efekt rehabilitace založené na virtuální realitě. Větší efekt této terapie byl u pacientů s roztroušenou sklerózou s minimálními příznaky postižení. Maximální efekt byl dosažen mezi 8. a 19. sezením, 2 terapiemi týdně s optimální délkou 20 až 30 minut.

Při posouzení efektu virtuální reality na posturální kontrolu hodnocenou pomocí posturografie byla pozorována velmi nízká spolehlivost důkazů s průměrným efektem. Rehabilitace založená na virtuální realitě měla nízkou evidenci dat ze studií a malý efekt na vychylování těžiště s otevřenými i zavřenými očima.

Tato meta-analýza sledovala také efekt virtuální reality na důvěru v rovnováhu. Zjistila se nízká evidence s průměrným efektem. Na škále Activities-Specific Balance Confidence, ve které lze celkově dosáhnout 100 bodů, se důvěra zvýšila o 6,81 bodů celkově, o 10,03 bodů oproti běžné péči a o 5,46 bodů oproti obvyklé terapii.

Na snížení obavy z pádu uvádí data z této meta-analýzy nízkou evidenci, ale výrazný účinek pro rehabilitaci založenou na virtuální realitě oproti běžné péči. Obava z pádu byla snížena o 2,86 bodů na Falls Efficacy Scale, ve které lze dosáhnout 100 bodů, což značí největší obavu z pádu.

Účinnost rehabilitace založené na virtuální realitě na rychlost chůze posuzovalo 7 studií, ve kterých bylo zaznamenáno vysoké riziko publikačního zkreslení a nebyly zjištěny rozdíly mezi běžnou péčí, obvyklou terapií a obvyklou terapií doplněnou o virtuální realitu ve srovnání s rehabilitací, která je založena na virtuální realitě.

Data z této meta-analýzy naznačují, že rehabilitace založená na virtuální realitě zlepšuje funkční i dynamickou rovnováhu, zvyšuje sebejistotu při rovnováze a posturální kontrolu, snižuje strach z pádu, ale nezlepšuje rychlost chůze u pacientů s roztroušenou sklerózou (Cortéz-Pérez et al., 2023).

4.4.8 Exergaming

Exergaming je definované jako hraní videoher, ke kterému je potřeba fyzického úsilí (O'Loughlin et al., 2020).

Aktivní terapie pomocí videoher umožňuje snížit riziko nezájmu pacienta při terapii, zvýšit jeho motivaci, poskytnout přímou zpětnou vazbu a trénovat dual-task úkoly. Byly provedeny klinické a domácí studie, které využívaly Nintendo Wii Fit u pacientů s roztroušenou sklerózou s důrazem na zlepšení rovnováhy a chůze. V meta-analýze autorů Calafiore et al. z roku 2021 byly porovnávány účinky terapie pomocí exergames a/nebo virtuální reality s běžnou rehabilitací pomocí Berg Balance Scale. Výsledky studií porovnávaných v této meta-analýze byly různé. Pět

randomizovaně kontrolovaných studií hodnotilo exergaming ve srovnání s běžnou rehabilitací rovnováhy. Tři z nich ukázaly významné zlepšení Berg Balance Scale v experimentální skupině ve srovnání s kontrolní skupinou na konci tréninku rovnováhy. Dvě studie, z nich jedna zkoumala účinnost Xboxu360 plus, ukázala zlepšení Berg Balance Scale v obou skupinách na konci léčby.

Exergaming poskytuje vizuální i sluchovou zpětnou vazbu, která je narušena u pacientů s roztroušenou sklerózou. Berg Balance Scale je široce používaná a doporučovaná škála pro hodnocení pacientů s roztroušenou sklerózou s EDSS od 0 do 7,5, odhadovaný minimální klinicky významný rozdíl pro Berg Balance Scale jsou 3 body. Vzhledem k tomuto faktu většina studií zahrnutých v této analýze ukázala klinicky významný rozdíl mezi běžnou rehabilitací a intervencemi pomocí exergamingu nebo virtuální reality. Některé studie prokázaly také snížení únavy a zlepšení chůze, pravděpodobně díky nižší úzkosti a větší sebejistotě v rovnováze, kterou vyvolal přístup videoher. Důsledky vyplývající pro klinickou praxi z této meta-analýzy jsou, že virtuální realita a exergaming jsou zajímavou alternativou pro trénink rovnováhy u pacientů s roztroušenou sklerózou. Mezi jejich psychologické výhody patří zvýšení motivace a dodržování léčby. K tomuto je ovšem nutné nastavit odpovídající úroveň obtížnosti. V této terapii lze snadno objektivně zaznamenávat pokrok. Zpětná vazba, kterou pacient vidí přímo na obrazovce před sebou, by mohla podpořit neuroplasticitu mozku. Exergaming může být provozováno v domácím prostředí jako telerehabilitace, což bylo velmi doporučováno v době koronavirové pandemie (Calafiore et al., 2021).

Tato meta-analýza obsahovala pouze malé množství randomizovaně kontrolovaných studií, kvůli omezenému počtu evidovaných studií. Naznačuje však, že rehabilitace pomocí exergamingu a virtuální reality se zdá být účinná pro zlepšení rovnováhy u pacientů s RS. S ohledem na bezpečnost, motivaci pacientů a účinky na neuroplasticitu a senzomotorický trénink, by mohla být zařazena mezi účinné techniky v rámci rehabilitace pacientů s roztroušenou sklerózou (Calafiore et al., 2021).

Autoři Mura, Carta, Sancassiani, Machado a Prosperini v meta analýze z roku 2018 zjistili, že exergaming může významně zlepšit exekutivní funkce, vizuální a prostorové vnímání.

4.4.9 Robotické balanční plošiny

Nejvíce používaným systémem, který je považován za zlatý standard pro hodnocení statické a dynamické posturální stability, je EquiTest. EquiTest obsahuje počítačovou dynamickou posturografii, která se skládá ze senzorkého organizačního testu (SOT), testu motorické kontroly (MCT) a adaptačního testu (ADT). Počítačová dynamická posturografie má schopnost identifikovat a kvantifikovat senzorké (vizuální, vestibulární a somatosenzorké)

a motorické funkce zapojené do kontroly rovnováhy a poskytuje tak informace k porozumění deficitů rovnováhy pacienta umožňující usměrňovat plánování léčby. EquiTest má i jisté omezení, mezi které může patřit hodnocení pohybů pouze v sagitální rovině a také skutečnost, že podpora tohoto systému od společnosti NeuroCom bude v roce 2026 ukončena. Používání robotických plošin se rychle rozrůstá nejen pokládáním základů pro zlepšení účinnosti rehabilitace, ale i klinickým hodnocením. Studie autorů Podda et al. z roku 2023 zkoumající novější technologie v této oblasti porovnála EquiTest s robotickým systémem Hunova s cílem zjistit, zda by mohl být tento robotický systém validní alternativou k EquiTestu (Podda et al., 2023).

EquiTest se skládá z pohyblivé plošiny s dvěma deskami spojenými kloubem, který je orientovaný směrem zleva doprava a překrývá střed předozadní osy. Obě desky se mohou současně naklánět kolem kloubu a pohybovat se v anterioposteriorním směru pomocí motoru, která je ovládán počítačem (Vanicek et al., 2013).

Hunova je lékařský robotický přístroj vytvořený pro zhodnocení funkčního senzomotorického vnímání a rehabilitace hlezna, dolních končetin a trupu, který pomáhá lékařům i fyzioterapeutům při vyšetření, péči a rekonvalescenci. Skládá se ze dvou elektromechanických a senzoričkových plošin se dvěma stupni volnosti (anteroposteriorní a laterolaterální), jedna se nachází v úrovni nohou a druhá v úrovni sedadla. Tento přístroj umožňuje hodnocení rovnováhy při stání a při sezení, a to jak ve statických, tak i dynamických podmínkách (Saglia et al., 2019).

Obrázek 2

Zařízení používané k posturálnímu hodnocení – EquiTest



Poznámka. Obrázek převzat od Podda et al. (2023), p.3

Obrázek 3

Zařízení používané k posturálnímu hodnocení – Hunova



Poznámka. Obrázek převzat od Podda et al. (2023), p.3

Hunova je pokročilý robotický systém navržený a vyvinutý s cílem pokrýt značné množství činností typických pro fyzioterapii, umožňuje hodnocení stabilometrických parametrů, vytváření a používání různých dynamických prostředí, která stimulují posturální reakce. Jako první kritérium se porovnávalo posturální hodnocení během statických úkolů provedených s Hunova a EquiTestem. Zaznamenával se stoj s otevřenýma a zavřenýma očima, z těchto dat se vypočítaly a porovnaly parametry rovnováhy těžiště, které poskytly celkové indexy, které poukázaly na schopnost udržení rovnováhy jedince.

Equi test a Hunova poskytují rozdílně výstupné hodnoty. Hunova umožňuje uživateli snadno získat naměřené hodnoty související s těžištěm, u EquiTestu nebyly tyto hodnoty přímo dostupné. Pro porovnání těchto testů byly hodnoty rovnováhy související s těžištěm vypočteny z nepracovaných údajů. Ze zaznamenávání a měření těžiště byly vypočítávány tyto parametry: plocha vychýlení, rozsah oscilace těžiště v anterioposteriorním a mediolaterálním směru, celková délka trasy, průměrná rychlost ve výše uvedených směrech, průměrná vzdálenost těžiště od středu těžiště.

Studie zjistila, že Hunova signifikantně koreluje s tradičním hodnocením pomocí EquiTestu při měření statické rovnováhy u osob s roztroušenou sklerózou. EquiTest používá dva ukazatele

rovnováhy, kterými jsou skóre rovnováhy a skóre strategie. Skóre rovnováhy je celkové měření rovnováhy, které porovnává anteroposteriorní výchylku těžiště s teoretickým limitem (čím blíže k limitu, tím horší skóre). Skóre strategie ukazuje, zda testovaný používá k vyrovnání výchylek pohyby v hlezenním nebo kyčelním kloubu, přičemž vyšší skóre se získává při používání hlezenního kloubu. Skóre rovnováhy přehlíží důležitý aspekt rizika pádu, který je spojen s výchylkou v mediolaterálním směru, a EquiTest sleduje pouze anterioposteriorní výchylku. Globální skóre vypočtené z Hunova zahrnuje, jak prostorové informace o posturální oscilaci, tak i její variabilitu vypočítanou z těžiště, které se zaznamenává pomocí plošiny, a trupu díky připevněné měřicí jednotce na hrudníku.

Jedinci s roztroušenou sklerózou byli sledováni pouze při statických úkolech při otevřených nebo zavřených očích a Hunova umožňuje testování i v dynamických podmínkách, což nebylo v této studii posuzováno (Podda et al., 2023).

4.4.10 Využití robotických systémů pro reedukaci chůze

Robotické systémy se v dnešní době již hojně používají pro reedukaci chůze a stále dochází k dalšímu vývoji. Zahrnují složité systémy, které interagují s muskuloskeletálním a nervovým systémem. S chůzí souvisí základní rytmické pohyby, které vznikají v míše v centrálních generátorech vzorů a dokážou vyvolat aktivitu, která stimuluje motorické učení muskuloskeletálního systému. To představuje zlepšení svalového tonu, síly, rovnováhy, kontroly trupu a funkční kapacity. Faktory pozitivně ovlivňující výsledek jsou intenzita, časné zahájení, opakovatelnost a specifická v tréninku. Robotické systémy poskytují dolním končetinám mnoho proprioceptivních informací díky konstantní a symetrické trajektorii, které mohou zvýšit kortikální aktivaci a stimulaci centrálních generátorů vzorů ke zlepšení motorické funkce. Asistovaný trénink chůze pomocí robotických systémů umožňuje opakování specifických a stereotypních pohybů k dosažení správného vzoru chůze, a navíc je redukován strach pacienta z pádu a energetická náročnost na kontrolu pohybu (Ziliotto et al., 2021; Israel et al., 2006).

Robotické systémy mohou pomoci v časné fázi onemocnění v období ataky a po dobu hospitalizace, kdy sníží energetické nároky na chůzi a pomůžou s brzkou mobilizací pacienta, zkrátí dobu hospitalizace alepší stupeň postižení. V tomto případě by využití robotických systémů bylo vhodné i pro pacienty s nižším stupněm postižení, mimo období ataky se u pacientů s nižším stupněm postižení nepotvrdily výraznější změny oproti běžnému tréninku chůze (Pérez-de la Cruz, 2022). Více se však této terapii používá u pacientů se stupněm postižení podle EDSS 6,5–7, kteří mají velmi omezenou schopnost samostatné chůze, a přispívá tak k udržení svalové síly a funkce (Straudi et al., 2016).

Systematický přehled autora Pérez-de la Cruz z roku 2022 zkoumající účinnost robotických systémů nenašel dostatečné množství studií, které se věnují dlouhodobým účinkům této terapie, a nezjistil, jak dlouho budou změny díky této terapii trvat. Spolu s terapií chůze se podařilo pravidelným cvičením zlepšit i stavy deprese, které bývají častým symptomem u osob s roztroušenou sklerózou. Příznivé dopady pravidelného cvičení byly pozorovány i na únavu, úzkosti a kvalitu života. Jsou popisovány i určité nevýhody terapie pomocí robotických systémů jako vysoké pořizovací náklady, náklady na údržbu a slabý osobní vztah pacienta a terapeuta (Pérez-de la Cruz, 2022).

4.5 Možnosti ovlivnění spasticity

Spasticita je běžný příznak roztroušené sklerózy, vyskytuje se u přibližně 40 % pacientů v průběhu onemocnění. Je charakterizována zvýšením svalového tonu, který je závislý na rychlosti. Spasticita může omezovat mobilitu a způsobovat další potíže jako jsou bolest, křeče, únava, dysfunkce močového měchýře, poruchy spánku a negativně tak ovlivňovat kvalitu života pacientů (Guger et al., 2023). Spasticita se dá ovlivnit farmakoterapií, například často používaný je botulotoxin, nebo v rehabilitaci pomocí fyzikální terapie. V této bakalářské práci budou popsány způsoby ovlivnění spasticity v rehabilitaci pomocí celkové kryoterapie a obleku Exopulse Mollii Suit.

4.5.1 Botulotoxin

Botulotoxin je neurotoxin, který působí inhibicí presynaptického přenosu acetylcholinu na neuromuskulární spojení. Běžně se používá k léčbě spasticity a neurogení detruzorové hyperaktivity. Botulotoxin se doporučuje používat jako první linii léčiv spasticity ve formě BoNT-A, který se aplikuje opakovaně jednou každé 3 až 4 měsíce intramuskulárně do příčně pruhovaných svalů (Hui & Argáez, 2021).

V retrospektivní kohortní studii autorů Bensmail, Karam, Forestier, Loze a Lévy z let 2014 až 2020, která probíhala ve Francii u pacientů s diagnostikovanou roztroušenou sklerózou, zkoumali trendy v léčbě botulotoxinu BoNT-A. Celkově bylo zaznamenáno 105 206 pacientů s RS, 43 % ve věkové skupině 40 až 59 let, 28 % ve věkové skupině 20 až 39 let. U 23,6 % pacientů byla identifikována spasticita. Prevalence spasticity u pacientů s RS rostla s věkem, vrcholu dosahovala ve skupině 60 až 79 let, kde byla zjištěna u 31 % pacientů. Celkem 8427 pacientů s RS obdrželo alespoň jednu injekci BoNT-A do příčně pruhovaných svalů k léčbě spasticity, z toho více než polovina nejméně tři injekce. Více se botulotoxin používá u mužů, u kterých je vyzorováno, že při onemocnění roztroušenou sklerózou mívají závažnější stupeň postižení

spasticity než ženy. Kvůli reverzibilnímu účinku je nezbytné opakovat aplikace botulotoxinu většinou v rozmezí 3 až 6 měsíců k udržení uspokojivého výsledku v léčbě spasticity. Aplikace BoNT-A u pacientů s RS závisí převážně na závažnosti symptomů než na délce trvání onemocnění. Spasticita u pacientů s RS se může zhoršovat se stresem, únavou svalů a úzkostí a také při větším postižení chůze, relapsu, infekci nebo léčbou jiných symptomů nemoci. Kvůli všem těmto faktorům mohou být intervaly mezi jednotlivými aplikacemi individuální a flexibilní pro konkrétního pacienta (Bensmail et al., 2023).

V terapii botulotoxinem došlo ke zlepšení mobility, fungování v rámci aktivit denního života, snížení bolesti a nutnosti každodenní asistence. Větší dávky botulotoxinu byly zaznamenány u pacientů s vyšším stupněm postižení podle Kurtzkého škály, vyšší hodnotou modifikované Ashworthovy škály a u pacientů s předchozími injekcemi botulotoxinem (Moccia et al., 2020).

4.5.2 Celková kryoterapie

Celková kryoterapie se používá k vyvolání fyziologických, místních a obecných obranných reakcí, které pomáhají obnovit a udržet homeostázu. Kryoterapie se používá ke snížení bolesti, zánětu, pomáhá snížit otoky a svalové napětí, zvyšuje svalovou sílu a pohyblivost kloubů. Reakce organismu na vystavení se extrémně nízkým teplotám se projevuje v systému imunitním, endokrinním, cévním, svalovém a nervovém (Ptaszek et al., 2023).

Endokrinní účinky zahrnují změnu koncentrace různých hormonů jako adenokortikotropního hormonu, kortizolu, katecholaminů, testosteronu, tyreotropinu a hormonů štítné žlázy (Roslanowski et al., 2018).

U pacientů s roztroušenou sklerózou jsou pozorovány pozitivní účinky při vystavení se chladu, a to jak subjektivně, tak i ve funkčních studiích. Celková kryoterapie je forma terapie, při které je organismus vystaven extrémně nízkým teplotám po dobu 1–3 minut v kryokomoře. Výzkumy ukázaly účinek celkové kryoterapie u pacientů s RS, a to zlepšení funkčního stavu, snížení depresivních symptomů a bolesti, snížení míry postižení a únavy a zvýšení hladiny kyseliny močové v krvi (Pawik et al., 2019; Miller et al., 2016; Miller et al., 2013; Schwid, 2003). Mechanismus vlivu celkové kryoterapie na funkční stav pacientů s RS nebyl dosud plně vysvětlen. Na základě několika málo studií se předpokládá, že terapeutický „svalový efekt“ celkové kryoterapie může být spojen s modifikací bioelektrického tonu v důsledku snížení nervového vedení a reaktivity periferních sensorických nervových zakončení (Ferreira-Junior et al., 2014; Giemza et al., 2014). Byl prokázán stimulační účinek nízké teploty na bioelektrickou aktivitu svalu hodnocenou pomocí povrchového EMG. Změna teploty kůže dokáže změnit EMG

signál, aniž by došlo ke změně svalové aktivity u zdravých jedinců (Winkel & Jørgensen, 1991; Holewijn & Heus; 1992).

Účinek kryoterapie byl zkoumán i ve studii autorů Radecka, Knyszyńska, Łuczak a Lubkowska z roku 2021. Celkově 114 pacientů, s klasifikací podle Kurtzkého škály od 0 do 3, bylo rozděleno do dvou skupin, jedna experimentální a druhá kontrolní. Účinnost terapie byla hodnocena pomocí testů Fatigue Severity Scale pro posouzení únavy, Timed 25-Foot Walk pro posouzení rychlosti chůze, Hand Grip Strength a povrchovou elektromyografií dominantní ruky. Povrchová EMG byla prováděna na musculus extensor carpi radialis a musculus flexor carpi radialis dominantní ruky 30 vteřin v klidu, poté dvě maximální izometrické kontrakce po dobu 5 vteřin s 90vteřinovou pauzou. Terapie probíhala 5x týdně po dobu 4 týdnů. Spočívala v 2–3minutové chůzi v kryokomoře při teplotě $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve speciálním obleku, který chránil části těla zvláště citlivé na omrzliny. Po každé kryoterapii měli pacienti 15minutovou kinezioterapii, která měla charakter cvičení pro celkové zlepšení s ohledem na únavu pacientů. V kontrolní skupině neprobíhala žádná intervence.

Byly nalezeny významné poklesy nenormalizované hodnoty elektromyografů musculus extensor carpi radialis ve skupině podstupující celkovou kryoterapii a žádné významné změny v kontrolní skupině. Porovnání amplitudy u musculus extensor carpi radialis mezi experimentální a kontrolní skupinou prokázalo významně nižší hodnotu u experimentální hodnoty. Při volní kontrakci nebyly mezi elektromyografy nalezeny významné rozdíly mezi skupinami, byl ovšem zaznamenán významný pokles amplitudy elektromyografu musculus extensor carpi radialis u nenormalizované hodnoty a musculus extensor carpi radialis i musculus flexor carpi radialis u hodnoty normalizované. V testu Hand Grip Strength byl naměřen významný nárůst síly, zároveň se podle testu Fatigue Severity Scale snížila únava a v Timed 25-foot Walk Testu došlo ke zkrácení času potřebného k překonání určené vzdálenosti u pacientů, kteří podstoupili celkovou kryoterapii oproti kontrolní skupině. Ukázalo se, že zvýšení síly souvisí s poklesem klidové průměrné amplitudy EMG a zvýšení Hand Grip Strength souvisí se zvýšením průměrné amplitudy volní kontrakce.

Podle této studie celková kryoterapie významně zlepšuje funkční stav pacientů s roztroušenou sklerózou. Po 20 aplikacích bylo zjištěno zlepšení síly úchopu, zrychlení chůze a snížení míry únavy oproti kontrolní skupině. Byl odhalen i vztah mezi funkčními testy a průměrnou amplitudou EMG. Po sérii kryoterapií bylo pozorováno vyrovnání amplitud pro antagonistické svaly, což může naznačovat normalizační účinek léčby na napětí svalů (Radecka et al., 2021).

4.5.3 Exopulse Mollii Suit

Elektrická stimulace pomocí povrchových elektrod je neinvazivní terapeutická metoda používaná ke zlepšení volní motorické kontroly, snížení bolesti a spasticity u pacientů s poškozením centrálního nervového systému, kde se řadí i roztroušená skleróza. Exopulse Mollii Suit je oblek s integrovanými elektrodami navržený pro aplikaci elektrické stimulace ke snížení spasticity a podpoře flexibility. Tento oblek využívá transkutánní elektrickou nervovou stimulaci (TENS) často používanou k léčbě bolesti, ovšem její terapeutické využití sahá dál než jen jako úleva od bolesti. TENS má potenciál modulovat nervovou a svalovou aktivitu, čímž podporuje zlepšení svalové síly, motorické kontroly, snížení spasticity, a tedy celkový efekt rehabilitace (Yue et al., 2018). TENS stimuluje sensorické nervy v kůži, vysílá nebolestivé elektrické impulsy a bolest ovlivňuje vrátkovou teorií (Moayedi & Davis, 2013). Navíc při aplikaci TENS dochází přes aktivaci sensorických nervů k uvolňování endorfinů (Perpetuini et al., 2023). Na základě použitých parametrů může aplikace TENS modulovat excitabilitu nervů, nízkofrekvenční TENS má inhibiční účinky na přenos nervových signálů, naopak vysokofrekvenční TENS spíše podporuje vedení vzruchu nervy (Sluka et al., 2003). Oblek umožňuje zvyšovat svalovou sílu a pasivní rozsah kloubů, a tím podporuje celkový efekt rehabilitace. Nejsou doporučené parametry pro stimulaci a optimální dávkování. Při použití nízkých frekvencí byla prokázána účinnost pro snížení spasticity (Fernández-Tenorio et al., 2019).

Oblek Exopulse Mollii Suit má v sobě zabudované elektrody, které umožňují precizní zaměření na specifické svalové skupiny. To zajišťuje terapii přizpůsobenou specifickým potřebám jedince a její zapojení při provádění funkčních aktivit a pohybů. Podporuje tak rehabilitační přístup, který umožňuje pacientům cvičit aktivity a funkční úkoly z běžného denního života a zvyšuje potenciál pro pravidelné a časté používání, což je nezbytné pro kvalitní výsledky terapie. Oblek obsahuje 58 různých elektrod umístěných na významných svalových skupinách. Ruční ovládání se používá k úpravě konfigurace zařízení podle požadavků konkrétního uživatele. Je navrženo co nejvíce přívětivě pro uživatele, umožňuje vybírat a měnit intenzitu, délku trvání, frekvenci, vzor stimulace a nastavené programy pro konkrétní pacienty také uložit a uschovat. Tento oblek disponuje bezdrátovou komunikací mezi ovladačem a elektrodami na obleku, což usnadňuje přenos signálů na elektrody v reálném čase a umožňuje terapeutovi sledovat a upravovat parametry stimulace během terapie. Tento elektrický proud vyvolává kontrolované kontrakce a relaxace svalových vláken. Dokáže tak napodobit vrozené signály přenášené nervovým systémem k aktivaci svalů. Použití elektrod s tímto proudem na konkrétní místo usnadňuje obejití nebo zesílení poškozených neurologických drah tím, že vnějším stimulováním svalů zvyšuje účinnost svalové kontrakce. Technika selektivní stimulace

umožňuje přesné lokalizování postižených oblastí a může být přizpůsobena podle konkrétních požadavků a cílů terapie. Elektrody jsou integrovány do textilu obleku, čímž zajišťují jejich konzistentní umístění i při pohybu.

Studie autorů Wong, Torabi, Mortensen a Michalsen z roku 2018 prokázala pomocí klinických testů účinnost obleku ve snižování spasticity, zlepšování motorických funkcí a zvyšování kvality života pacientů s neurologickými problémy.

Exopulse Mollii Suit funguje na základě reciproční inhibice, která je vyvolaná nízkofrekvenční a nízkointenzivní stimulací antagonistického svalu ke svalu spastickému. Předpokládá se snížení spasticity svalů díky aktivaci inhibičních interneuronů v míše (Pascual-Valdunciel et al., 2023). Možné jsou i neuroplastické změny, u kterých je snížení spasticity předpokládáno díky aktivaci aferentních sensorických nervů modulující abnormální aktivity interneuronů důsledkem trvalé somatosenzorické stimulace doprovázené nižší excitabilitou kortikomotorických neuronů (Mills & Dossa, 2016).

5 KAZUISTIKA

Pacientka souhlasila s poskytnutím informací pro účely této bakalářské práce.

5.1 Základní údaje

Pohlaví: žena

Věk: 47

Datum vyšetření: 3.4.2024

Diagnóza: G35 Roztroušená skleróza [sclerosis multiplex]

5.2 Anamnéza

Osobní anamnéza: fraktura krčku femuru v roce 2008 po pádu na kolečkových bruslích, řešeno operačně, nyní bez potíží, roztroušená skleróza diagnostikovaná v roce 2013

Rodinná anamnéza: sestra (43 let) má diagnostikovanou roztroušenou sklerózu

Sociální anamnéza: žije v rodinném domě s manželem a dvěma dětmi

Pracovní anamnéza: invalidní důchod, OSVČ jako švadlena

Pohybová anamnéza: jezdí na rotopedu každý druhý den 10 minut, chodí s trekovými holemi maximálně do 500 metrů

Farmakologická anamnéza: 1. linie léků byla Gilenia a Avonex (bez výrazného efektu), nyní užívá Baklofen a Magnosolv, 1× každých 5 týdnů podstupuje intravenózní podání léku Tysabri

Gynekologická anamnéza: dva porody vaginálně

Nynější onemocnění: První příznaky se objevily rok a půl po porodu v roce 2013 na túře. Po ujití větší části této túry najednou nemohla zvednout nohu a musela si pomoci rukami. Později pociťovala problémy s chůzí (zvláštní pocit, rychlejší nástup únavy), po vyšetření potvrzen nález na MRI. Momentálně je největší problém chůze a rychlá unavitelnost dolních končetin, ujde maximálně 500 metrů s trekovými holemi, nejhorší je chůze do schodů, pacientka si stěžuje na slabost dolních končetin. Obtížné jsou také proaktivní aktivity a činnosti v předklonu nebo dřepu, běžné denní činnosti trvají delší dobu. S horními končetinami neudává pacientka žádné problémy. Občasné opakující se bolesti zad, které se stěhují od bederní až ke krční páteři, nyní bez obtíží.

5.3 Vyšetření

Posturálně lokomoční stav:

Chůze je čtyřdobá s trekovými holemi, které jsou o široké bázi pro lepší stabilitu. Doma chodí s oporou o nábytek. Chůze je cirkumdukčního charakteru, pacientka neodlepí přední část plosky od země, posunutí po zemi je obtížné, pomáhá si extenzí hlavně v bederní a krční části páteře a rotací v trupu, iniciace kroku je se zevní rotací v kyčelním kloubu, bez dorzální flexe v hlezenním kloubu.

Obrázek 4

Chůze po rovině, pohled zezadu (archiv autora)



Obrázek 5

Chůze po rovině, pohled zepředu (archiv autora)



Chůze do schodů je s výraznou lateroflexí na stranu stojné dolní končetiny s pomalým a obtížným přesunem druhé dolní končetiny na schod. Pomáhá si lehkým přitažením horní končetinou o zábradlí.

Obrázek 6

Chůze do schodů (archiv autora)



Obrázek 7

Chůze do schodů (archiv autora)



Svalová síla pomocí svalového testu podle Jandy nebyla hodnocena, kvůli spasticitě a možnému zkreslení výsledků při spastické ko-kontrakci.

Neurologické vyšetření:

Modifikovaná Ashwortova škála: Byla vyšetřována spasticita na horních i dolních končetinách. Extenze v loketním kloubu byla bez omezení, tedy stupeň 0, na obou horních končetinách. Na dolních končetinách při pohybu do flexe v kolenním kloubu byl patrný zvýšený odpor na konci pohybu na obou končetinách, tedy stupeň 1 modifikované Ashwortovy škály. Při pohybu do dorzální flexe v hlezenním kloubu byl pohyb omezený již v první polovině rozsahu, tedy stupeň 2, na obou končetinách.

Reflexy: Na horních končetinách byl vyšetřován bicipitový reflex, u kterého nebyla nalezena patologická odpověď. Při vyšetření patelárního reflexu na dolních končetinách byla nalezena oboustranně hyperreflexie. Reflex Achillovy šlachy nebyl výbavný oboustranně.

Spastické jevy byly vyšetřovány pouze na dolních končetinách. Extenční jevy (Babinski, Gordon, Schaffer, Chadock) nebyly výbavné na obou končetinách. Klonus na dolních končetinách v hlezenním kloubu nebyl přítomný.

Čítí: Povrchové čítí taktilní bylo vyšetřováno orientačně dotykem a bylo souměrné na obou dolních končetinách. Hluboké čítí na dolních končetinách při vyšetření kinestezie bylo 2/5 na levé dolní končetině a 3/5 na pravé dolní končetině.

Statická rovnováha byla vyšetřována pomocí Rombergova testu stoje I, II a tandemového stoje. Rombergův stoj I. byl stabilní a pacientka ho zvládla bez přidržování se. Rombergův stoj II. a tandemový stoj pacientka zvládla, ale stoj byl nestabilní a musela se přidržovat.

Proaktivní rovnováha byla testována pomocí Timed Up and Go, Functional reach test a Five times sit to stand testu. Timed Up and Go test byl prováděn s trekovými holemi, kvůli snížené stabilitě pacientky při chůzi. Normální rychlostí chůze tento test pacientka zvládla za 32 vteřin, rychlou chůzí za 31,5 vteřin. Při vykonávání tohoto testu s dalším úkolem, kterým bylo odečítat postupně číslo 3 od čísla 97, ho zvládla za 30 vteřin. Dále byl hodnocen Reach test, kdy pacientka zvládla natáhnout ruku do vzdálenosti 38 cm. A Five times sit to stand test, který byl proveden za 14 vteřin.

Reaktivní rovnováha byla testována pomocí Pull testu a Push and Release testu. Při Push and Release testu byla pozorována patologie v podobě malé asynergie trupu, pacientka neprovedla krok vzad. Při Pull testu se jako rovnovážná strategie objevila velká asynergie trupu bez zakročení dolní končetinou.

5.4 Krátkodobý rehabilitační plán

5.4.1 Zlepšení koordinace svalů dolních končetin

S pacientkou bych pracovala na zlepšení koordinace svalů na dolních končetinách pomocí cvičení na neuromuskulárním podkladě. Cvičení bych vybrala se zaměřením na podporu chůze. Švihovou fází kroku můžeme posílit pomocí metody Proprioceptivní neuromuskulární facilitace, konkrétně 1. diagonály, flekčního vzoru a extenční varianty, buď v leže na zádech nebo v leže na boku s možností větší počáteční extenze v kyčelním kloubu. K podpoření stojné fáze kroku bych využila také 1. diagonálu, ale extenční vzor a extenční variantu. Pro posílení i optimální zapojení svalů můžeme využít Vojtovu reflexní lokomoci, konkrétně pozici reflexního lezení.

5.4.2 Ovlivnění spasticity

K ovlivnění spasticity na dolních končetinách bych použila prolongovaný strečink vždy na začátku terapie. Prolongovaný strečink bych prováděla primárně do dorzální flexe v hlezenním kloubu, dále také do flexe v kolenním i kyčelním kloubu. Tyto svalové skupiny bych mohla protahovat každou zvlášť nebo komplexněji v pozici dítěte. Pro domácí strečink bych zaučila pacientku k protahování hlezna do dorzální flexe v sedě s ručníkem a také je vhodná pozice dítěte pro zacílení na více svalových skupin. Dále se může spasticita ovlivnit pomocí celkové kryoterapie, která se bude aplikovat po dobu dvou minut při teplotě -110 °C s následným

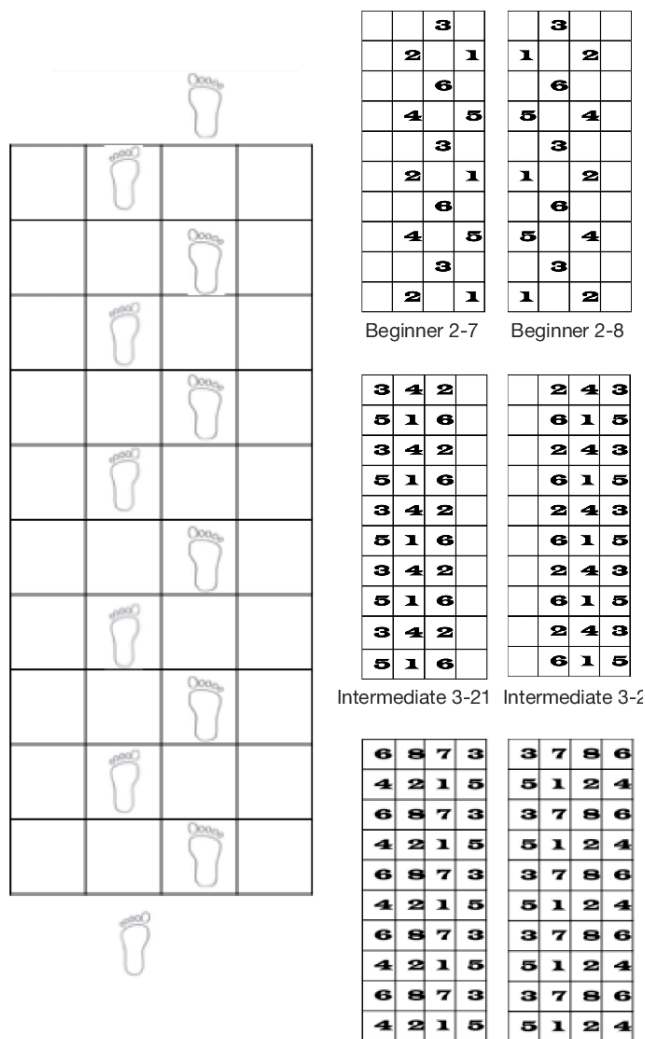
krátkým cvičením aerobního charakteru k opětovnému prohřátí organismu. Celkovou kryoterapii bych doporučila třikrát až čtyřikrát týdně.

5.4.3 Zlepšení rovnováhy

Dále bych se v terapii zaměřila na zlepšení rovnováhy. Využila bych k tomu square-stepping exercise ze začátku s jednoduchými vzory kroků. Ze vzorů na obrázku níže, bych použila první dva vzory, tedy vzor Beginner 2-7 a Beginner 2-8 (Obrázek 8). Cvičení pomocí těchto vzorů bych opakovala třikrát nebo podle únavy pacientky. Pokud by se podařilo zvládnout tyto vzory, přešla bych ke složitějším, na obrázku jako Intermediate.

Obrázek 8

Square-stepping exercise – patterns



Poznámka. Obrázek převzat od Gregory et al. (2016), p. 6

Dále pro zlepšení rovnováhy bych zařadila trénink pomocí virtuální reality. Tento trénink by měl přispět k neuroplasticitě mozku, senzomotorickému tréninku a také zvýšit motivaci pacientky ke cvičení změnou cviků a stylu cvičení, kterým již dlouhodobě cvičí, a možností zapojení rodiny do domácího cvičení. Pro zlepšení reaktivní rovnováhy bych použila terapii pomocí robotických balančních plošin. Terapii bych začala od posturálně méně náročné pozice tedy v sedě, a poté přešla k náročnější pozici ve stoji.

Do terapie zaměřené na zlepšení rovnováhy bych zařadila senzomotorický trénink pro zvýšení citlivosti proprioceptorů a zlepšení dostředivého toku informací o poloze a pohybu dolních končetin, který by měl pomoci zlepšit rovnováhu pacientky. V rámci senzomotorického tréninku bych využila i různé balanční pomůcky jako posturomed a chůzi po nerovném povrchu, například po stimulační podložce. Využít by se mohl také masážní míček ježek.

5.4.4 Navýšení kondice

Do krátkodobého rehabilitačního plánu bych zařadila i navýšení kondice a aerobní zdatnosti pomocí jízdy na rotopedu. Pacientka bude pokračovat v dané intenzitě a frekvenci tréninku každý druhý den na deset minut v rozmezí 50 až 60 % tepové frekvence z maximální tepové frekvence. Postupně se bude snažit navyšovat délku tréninku až na 15 minut ve stejném rozmezí tepové frekvence.

5.4.5 Reedukace chůze

V terapii bych dále zařadila reedukaci chůze s pomocí robotických systémů. Robotické systémy by umožnily zlepšení stereotypu chůze a pomohly by při švihové fázi kroku, která dělá pacientce problém.

5.5 Dlouhodobý rehabilitační plán

V dlouhodobém rehabilitačním plánu bych pokračovala v terapii stanovené v krátkodobém rehabilitačním plánu. Intenzitu bych udržovala na stejné úrovni, popřípadě při navýšení kondice a svalové síly bych zvýšila intenzitu terapie a zařadila jiné, posturálně náročnější cvičení.

Pokud by se objevily bolesti zad, ošetřovala bych měkké tkáně. Konkrétně bych využila Kiblerovu řasu pro ovlivnění podkoží, ověřila bych si posunlivost thorakodorzální fascie a na jejich ošetření bych volila křížový hmat. Případné reflexní změny v měkkých tkáních bych ošetřila presurou.

6 DISKUSE

Roztroušená skleróza je autoimunitní onemocnění postihující centrální nervovou soustavu. Pacienti s tímto onemocněním často trpí poruchami rovnováhy, které je mohou velmi omezovat. Poruchy rovnováhy u RS jsou způsobeny více faktory. Kvůli demyelinizaci axonů se zpomaluje přenos informací jak odstředivých, tak dostředivých. Dochází tedy ke snížení senzitivních, sensorických a vestibulárních informací a pacient má obtíže s vnímáním polohy a pohybů svého těla a zpomaleně reaguje na vychýlení těžiště těla vnějšími podněty ze své báze. Zpomalený je tedy nejen přenos informací o tom, v jaké pozici se tělo nachází, ale i motorická odpověď na toto vychýlení. Dalšími faktory ovlivňujícími rovnováhu jsou únava, snížená svalová síla, spasticita a poruchy koordinace, které mohou přispět i ke zvýšenému riziku pádů (Kalron & Achiron, 2013).

Posilování a aerobní trénink jsou časté intervence při postižení rovnováhy u pacientů s RS. Není ovšem jednoznačné, jestli má větší efekt aerobní aktivita nebo posilování dolních končetin a trupu. Ve studii autorů Sangelaji et al. z roku 2016 měl významný vliv na zlepšení rovnováhy aerobní trénink v kombinaci s posilováním v poměru 3:1 a jiné typy intervencí, jako byly stejné množství aerobního i posilovacího tréninku nebo více posilovacího tréninku než aerobního, neprokázaly významné zlepšení. Tavazzi et al. ve své studii z roku 2018 zjistil významné zlepšení a normalizaci hodnot MR po čtyřech týdnech u pacientů po aerobním ale i posilovacím tréninku.

Použití vestibulární rehabilitace je další z mnoha možností rehabilitace rovnováhy u pacientů s RS. Její použití se ale neukazuje jako účinnější než jiné způsoby fyzioterapie (García-Muñoz et al., 2020). Vestibulární rehabilitace v kombinaci se stimulací mozečkových hemisfér se prokázala jako účinná pro zlepšení rovnováhy a chůze v testu Tinetti Balance and Gait Scale a zlepšila chůzi u pacientů s vyšším stupněm postižení (Tramontano et al., 2020). Samotná vestibulární rehabilitace má efekt i na rychlost chůze, kdy pacienti, kteří podstoupili tento typ rehabilitace, prokázali výrazné zlepšení v rychlosti chůze (Tramontano et al., 2018).

Při chůzi, která je náročnější na posturální zabezpečení, se mohou projevat nedostatky v rovnováze, čímž se zvyšuje riziko pádů. Trénink chůze se tedy zařazuje do rehabilitace, která má za úkol zlepšit rovnováhu. Největší efekt této terapie popisují autoři při tréninku chůze z kopce a pozadu (Samei et al., 2016; Soke et al., 2023).

Ke zhoršení rovnováhy dochází při provádění dvou aktivit zároveň. Může to být právě chůze spolu s dalším například kognitivním úkolem. Při fyzioterapii je vhodné zaměřit se i na tento typ tréninku, který byl zkoumán ve studii autorů Mahmoud et al. z roku 2022. V této studii se autoři pokoušeli zlepšit rovnováhu pacientů s RS pomocí cvičení CoDuSe (core stability, dual-task, sensory strategies) a Square stepping exercise. Square stepping exercise bylo původně

vyvinut japonskými vědci se zaměřením na zlepšení funkční kondice a kognitivních funkcí u starších osob běžné populace (Sebastião et al., 2018). Pacienti, kteří podstoupili kombinaci cvičení CoDuSe a Square stepping exercise dosáhli zlepšení v rovnováze, snížil se počet pádů i jejich obava z pádu a došlo k posílení dolních končetin. Ve srovnání s kontrolní skupinou dosáhli výrazného zlepšení za kratší čas (Mahmoud et al., 2022). Sebastião et al. (2018) se ve své studii zaměřovali také na zlepšení rovnováhy a snížení rizika pádů u starších pacientů s RS pomocí Square stepping exercise. Tato studie byla provedena jako domácí cvičení. Autoři uvedli, že tento program je bezpečný a dobře realizovatelný pro domácí použití u rehabilitace pacientů s RS. Výsledky studie Sebastião et al. (2018) a Mahmoud et al. (2022) se shodují. Sebastião et al. (2018) uvádí zlepšení rovnováhy, chůze, prevence pádů a kognitivních funkcí.

Virtuální realita je další způsob rehabilitace, který se používá u pacientů s RS trpící poruchami rovnováhy. Mezi výhody patří přímá zpětná vazba pacientovi a výhodu použití této terapie jako telerehabilitace, která se využívala v období koronavirové pandemie (Calafiore et al., 2021). Meta-analýza autorů Cortéz-Pérez et al. z roku 2023 srovnávala účinnost virtuální reality oproti jiným terapiím. Bylo pozorováno zlepšení ve funkční rovnováze podle hodnocení pomocí Berg Balance Scale. Průměrný až nízký efekt byl pozorován při zaměření na dynamickou rovnováhu a posturální kontrolu. Studie v této meta-analýze porovnávaly terapii založenou na virtuální realitě s běžnou péčí a obvyklou terapií. Tyto dva kontrolní způsoby ale nebyly specifikovány, o jakou terapii se jednalo nebo jestli pojem běžná péče zahrnuje nějaký způsob fyzioterapie. Podle této meta-analýzy by se virtuální realita mohla využívat s dobrým efektem u pacientů s RS, kteří mají problémy s rovnováhou. Využití virtuální reality ke zlepšení dynamické rovnováhy, posturální kontroly, sebejistoty v rovnováze a snížení obavy z pádu u pacientů s RS má průměrný efekt.

Meta-analýza autorů Calafiore et al. z roku 2021 srovnávala účinnost exergaming nebo terapie pomocí virtuální reality oproti běžným terapiím. Z pěti studií zahrnutých v této meta-analýze tři prokázaly významné zlepšení oproti jiné fyzioterapii. Dvě studie popsaly stejný efekt u experimentální i kontrolní skupiny s běžným typem terapie. Studii autorů Amrita a Rekha z roku 2019 porovnávala účinky terapie pomocí CoDuSe s terapií exergaming. 30 pacientů s RS bylo rozděleno do dvou skupin po 15 a každá cvičila po dobu šesti týdnů buď program CoDuSe nebo exergaming. Výsledky byly hodnoceny pomocí Berg Balance Scale, který se měřil na začátku a poté po skončení programu. Skupina s CoDuSe programem se zlepšila mnohem více než skupina, která měla terapii pomocí exergames (Amrita & Rekha, 2019). Exergaming se tedy neukazuje jako nejlepší možnost pro volbu terapie ke zlepšení rovnováhy u pacientů s RS. Její použití by mohlo být zváženo u pacientů s menším zájmem a motivací k terapii nebo v případě potřebné telerehabilitace (Calafiore et al., 2021).

Využívat robotické systémy k reedukaci chůze je vhodné u pacientů s RS v období ataky v jakémkoliv stadiu onemocnění kvůli sníženým energetickým nárokům na chůzi. V období remise je vhodné používat robotické systémy u pacientů s RS se stupněm postižení 6,5 až 7 podle Kurtzkého škály, použití u pacientů s mírnějším stupněm postižení není účinnější než běžný trénink chůze (Pérez-de la Cruz, 2022; Straudi et al., 2016).

Spasticita je jeden z faktorů ovlivňující rovnováhu u pacientů s RS. Výskyt spasticity u pacientů s RS je poměrně častý, Hui a Argáez (2021) uvádí 40 až 80 %, ovšem v kohortní studii autorů Bensmail et al. (2023) prováděné ve Francii byla spasticita nalezena pouze u 23,6 % pacientů s RS v letech 2014 až 2020. Farmakologicky se dá spasticita ovlivnit pomocí botulotoxinu, což pomůže zmírnit tyto příznaky na 3 až 6 měsíců (Bensmail et al., 2023). V rehabilitaci můžeme použít k ovlivnění spasticity celkovou kryoterapii nebo oblek Exopulse Mollii Suit. Kryoterapie, tedy pobyt v kryokomoře při teplotě -110 °C po dobu 2-3 minut, se prokázala jako účinná pro zlepšení funkčního stavu, zrychlení chůze, zvýšení síly a snížení únavy. K tomuto závěru dospěli Radecka et al. (2020) spolu se snížením klidové amplitudy a zvýšením amplitudy volní kontrakce na EMG. Není ale znám přesný mechanismus účinku kryoterapie na funkční stav pacientů s RS (Radecka et al., 2020).

Exopulse Mollii Suit je oblek se zabudovanými elektrodami v jeho textilu, které jsou umístěny na velkých svalových skupinách. K ovlivnění spasticity využívá proudu TENS s nízkofrekvenčním nastavením a nízkou intenzitou. Ve studii autorů Wong et al. (2018) prokázali účinnost obleku na snížení spasticity a zlepšení motorických funkcí u pacientů s neurologickým deficitem. Efekt na statickou i dynamickou rovnováhu, rizika pádů, mobilitu a snížení bolesti způsobené spasticitou u pacientů s roztroušenou sklerózou, dětskou mozkovou obrnou a po cévní mozkové příhodě popisují i autoři Hahn et al. ve své studii z roku 2023. Autoři v této studii popisují také účinky obleku jako okamžité a trvalé. Exopulse Mollii Suit je poměrně málo rozšířená metoda k ovlivnění spasticity a studie zkoumající její účinky často zahrnují nejen pacienty s roztroušenou sklerózou, ale také pacienty s jinými neurologickými diagnózami, u kterých se objevuje spasticita.

Součástí této bakalářské práce je vyšetření a návrh terapie pacientky s roztroušenou sklerózou. Pacientka má diagnostikovanou RS již 11 let, největší problém má s dolními končetinami, na kterých je náleznost spasticity. Spasticita omezuje chůzi, snižuje svalovou sílu a koordinaci svalů, což zhoršuje stabilitu pacientky, která proto při chůzi využívá trekové hole. Při vyšetření byla zjištěna spasticita na dolních končetinách jak v hlezenním, tak v kolenním kloubu pomocí Modifikované Ashworthovy škály, ale při testování spastických jevů nebyly žádné přítomny a nebyl vybaven oboustranně reflex Achillovy šlachy, i když v kolenním kloubu byla

hyperreflexie přítomna oboustranně. V terapeutickém plánu je kladen důraz na posílení svalů dolních končetin, zlepšení rovnováhy a ovlivnění spasticity.

7 ZÁVĚR

S roztroušenou sklerózou se často pojí problémy s rovnováhou, které mohou významně omezovat pacienty s tímto onemocněním. Poruchy rovnováhy u pacientů s RS jsou multifaktoriální, způsobeny zpomalením přenosu informací kvůli demyelinizaci. Na snížení schopnosti udržet rovnováhu se podílí únava, snížená svalová síla, spasticita a poruchy koordinace. Tyto faktory vyžadují individuálně přizpůsobenou farmakoterapii a rehabilitaci, které pomáhají zlepšit rovnováhu a kvalitu života pacientů s RS.

Fyzioterapie má mnoho možností, jak zlepšit rovnováhu pacientů s RS. Mezi tyto metody se řadí posilování, aerobní trénink nebo jejich kombinace. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo při kombinaci tří aerobních tréninků oproti jednomu posilovacímu. Vestibulární rehabilitace spolu se stimulací mozečkových hemisfér může významně zlepšit rovnováhu a chůzi u pacientů s RS. Trénink chůze, zejména z kopce a pozadu, má také významný efekt na zlepšení rovnováhy. Jako efektivní a účinná metoda se používá dual-task trénink. Konkrétně terapie pomocí CoDuSe strategie v kombinaci se Square stepping exercise dosáhla významného zlepšení rovnováhy u pacientů s RS.

Virtuální realita a exergaming se mohou využívat jako další možnosti terapie, přičemž terapie pomocí virtuální reality prokázala zlepšení rovnováhy a snížení rizika pádů. Robotické systémy mohou být účinné zejména v období ataky a u pacientů s vyšším stupněm postižení.

Farmakologické a neinvazivní metody ovlivňující spasticitu, jako jsou aplikace botulotoxinu, celková kryoterapie nebo použití obleku Exopulse Mollie Suit, mohou také přispět ke zlepšení rovnováhy a motorických funkcí u pacientů s RS.

Celkově je důležité při rehabilitaci pacientů s RS zohlednit, čím je porucha rovnováhy způsobená, a individualitu každého pacienta a vybrat vhodnou terapii, které se bude zaměřovat na specifické potřeby jednotlivých pacientů.

8 SOUHRN

Tato bakalářská práce se zabývá roztroušenou sklerózou a jejími dopady na rovnováhu u pacientů postižených tímto onemocněním. V teoretické části této práce je charakterizována roztroušená skleróza a její spojitost s poruchami rovnováhy. Faktorů podílejících se na zhoršení rovnováhy je mnoho. Patří mezi ně únava, zpomalený přenos informací, snížená svalová síla, spasticita a poruchy koordinace. Ve druhé a třetí podkapitole je popsána rovnováha s rozdělením na statickou, dynamickou (proaktivní) a reaktivní a možnosti hodnocení s popisem jednotlivých testů. Následuje podkapitola o samotných možnostech rehabilitace. Řadí se mezi ně balanční trénink, posilování, kombinace aerobní aktivity a posilování, trénink chůze, vestibulární rehabilitace, který se ovšem nejeví jako nejlepší metoda volby. Naopak dual-task cvičení prokazuje významné zlepšení v pacientů s RS s poruchami rovnováhy. Dále jsou v práci rozebrány metody pomocí virtuální reality nebo exergaming a reedukace chůze pomocí robotických systémů. Pátá podkapitola zahrnuje popis způsobů ovlivnění spasticity, a to pomocí farmakoterapie, konkrétně botulotoxinem, a pomocí fyzikální terapie. Popsané možnosti ovlivnění spasticity pomocí fyzikální terapie jsou celková kryoterapie, tedy pobyt v $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu dvou až tří minut, a oblek Exopulse Mollie Suit, který využívá TENS proudu a pomocí zabudovaných elektrod v obleku ovlivňuje hlavní svalové skupiny.

V praktické části bakalářské práce je vypracovaná kazuistika pacienta s roztroušenou sklerózou, včetně anamnézy, neurologického vyšetření a specifických testů hodnotících rovnováhu. Podle vyšetření je navrhnout krátkodobý a dlouhodobý rehabilitační plán.

9 SUMMARY

This bachelor thesis deals with multiple sclerosis and its effects on balance in patients affected by this disease. The theoretical part of this thesis characterizes multiple sclerosis and its association with balance disorders. The factors involved in balance impairment are many. These include fatigue, slowed transmission of information, reduced muscle strength, spasticity and coordination disorders. The second and third subchapters describe balance with a division into static, dynamic (proactive) and reactive and assessment options with descriptions of each test. This is followed by subchapter on the rehabilitation options themselves. These include balance training, weight training, a combination of aerobic activity and weight training, gait training, and vestibular rehabilitation, which, however, does not appear to be the best method of choice. In contrast, dual-task exercise shows significant improvement in MS patients with balance disorders. Furthermore, methods using virtual reality or exergaming and gait re-education using robotic systems are discussed. The fifth subchapter includes a description of ways to influence spasticity, using pharmacotherapy, specifically botulinum toxin, and physical therapy. The options described for influencing spasticity using physical therapy are whole-body cryotherapy, i.e. staying at -110°C for two to three minutes, and the Exopulse Mollii Suit, which uses TENS current and affects major muscle groups using built-in electrodes in the suit.

The practical part of the bachelor thesis contains a case report of a patient with multiple sclerosis, including medical history, neurological examination and specific tests assessing balance. According to the examination, a short-term and long-term rehabilitation plan is proposed.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

Ambler, Z. (2006). *Základy neurologie* : [učebnice pro lékařské fakulty] (6., přeprac. a dopl. vyd.). Galén.

Amrita Ghosh, & Rekha. R. (2019). Effect of Coduse Vs Exergaming Exercise to Improve Balance in Multiple Sclerosis Patients: A Comparative Study. *International Journal of Physiotherapy and Research*, 7, 3262–3267.

Benedict, R. H. B., Amato, M. P., Boringa, J., Brochet, B., Foley, F., Fredrikson, S., Hamalainen, P., Hartung, H., Krupp, L., Penner, I., Reder, A. T., & Langdon, D. (2012). Brief International Cognitive Assessment for MS (BICAMS): international standards for validation. *BMC Neurology*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-12-55>

Berg, K. O., Wood-Dauphinee, S. L., Williams, J. I., & Maki, B. (1992). Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Canadian journal of public health = Revue canadienne de sante publique*, 83 Suppl 2, S7–S11.

Bergland, A., & Strand, B. H. (2019). Norwegian reference values for the Short Physical Performance Battery (SPPB): The Tromsø Study. *BMC Geriatrics*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1234-8>

Çakt, B. D., Nacir, B., Genç, H., Saraçoğlu, M., Karagöz, A., Erdem, H. R., & Ergün, U. (2010). Cycling progressive resistance training for people with multiple sclerosis: A randomized controlled study. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(6), 446-457–457. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181d3e71f>

Cattaneo, D., Jonsdottir, J., & Coote, S. (2014). Targeting dynamic balance in falls-prevention interventions in multiple sclerosis: Recommendations from the international MS falls prevention research network. *International Journal of MS Care*, 16(4), 198-202–202. <https://doi.org/10.7224/1537-2073.2014-062>

Cattaneo, D., Regola, A., & Meotti, M. (2006). Validity of six balance disorders scales in persons with multiple sclerosis. *Disability and Rehabilitation*, 28(12), 789-795–795. <https://doi.org/10.1080/09638280500404289>

Cortés-Pérez, I., Osuna-Pérez, M. C., Montoro-Cárdenas, D., Lomas-Vega, R., Obrero-Gaitán, E., & Nieto-Escamez, F. A. (2023). Virtual reality-based therapy improves balance and reduces fear of falling in patients with multiple sclerosis. a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01174-z>

Cortés-Pérez, I., Sánchez-Alcalá, M., Nieto-Escámez, F. A., Castellote-Caballero, Y., Obrero-Gaitán, E., & Osuna-Pérez, M. C. (2021). Virtual Reality-Based Therapy Improves Fatigue,

Impact, and Quality of Life in Patients with Multiple Sclerosis. A Systematic Review with a Meta-Analysis. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(21). <https://doi.org/10.3390/s21217389>

Dario Calafiore, Marco Invernizzi, Antonio Ammendolia, Nicola Marotta, Francesco Fortunato, Teresa Paolucci, Francesco Ferraro, Claudio Curci, Agnieszka Cwirlej-Sozanska, & Alessandro de Sire. (2021). Efficacy of Virtual Reality and Exergaming in Improving Balance in Patients With Multiple Sclerosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Neurology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.773459>

Davies, B. L., Arpin, D. J., Liu, M., Reelfs, H., Kurz, M. J., Volkman, K. G., Healey, K., & Zabad, R. (2016). Two Different Types of High-Frequency Physical Therapy Promote Improvements in the Balance and Mobility of Persons With Multiple Sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 97(12), 2095–2101.e3–2101.e3. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.05.024>

Dawn P. Gill, Tina Felfeli, Erin M. Shellington, Ryosuke Shigematsu, & Robert J. Petrella. (2017). HealthBrain: an innovative smartphone application to improve cognitive function in older adults. *MHealth*, 3, 17.

El-Din Mahmoud, L. S., Aly, S. M., Shafeek, M. M., & Battaisha, H. H. M. (2022). Effect of CoDuSe and step square exercises on risk of fall in multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Physical Activity Review*, 10(2), 12–22. <https://doi.org/10.16926/par.2022.10.17>

Fernández-Tenorio, E., Serrano-Muñoz, D., Avendaño-Coy, J., & Gómez-Soriano, J. (2019). Transcutaneous electrical nerve stimulation for spasticity: A systematic review. *Neurología (English Edition)*, 34(7), 451-460.

Ferreira-Junior, J. B., Vieira, C. A., Soares, S. R. S., Guedes, R., Rocha Junior, V. A., Bottaro, M., Simoes, H. G., & Brown, L. E. (2014). Effects of a single whole body cryotherapy (-110°C) bout on neuromuscular performance of the elbow flexors during isokinetic exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 35(14), 1179-1183–1183. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1374602>

Florentina Nechita. (2023). The Importance of Kinetotherapy in Multiple Sclerosis. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov: Series IX Sciences of Human Kinetics*, 16(65)(1), 155–162. <https://doi.org/10.31926/but.shk.2023.16.65.1.19>

Garcia-Munoz, C., Cortes-Vega, M.-D., Marcos Heredia-Rizo, A., Martin-Valero, R., Garcia-Bernal, M.-I., & Jesus Casuso-Holgado, M. (2020). Effectiveness of Vestibular Training for Balance and Dizziness Rehabilitation in People with Multiple Sclerosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JOURNAL OF CLINICAL MEDICINE*, 9(2), 590. <https://doi.org/10.3390/jcm9020590>

Giemza, C., Ostrowska, B., Bieć, E., Matczak-Giemza, M., & Doliński, M. (2014). Effect of cryotherapy on the lumbar spine in elderly men with back pain. *Aging Male*, 17(3), 183-188–188. <https://doi.org/10.3109/13685538.2013.863860>

Gijbels, D., Alders, G., Charlier, C., Roelants, M., Broekmans, T., Op 'T Eijnde, B., Feys, P., & Van Hoof, E. (2010). Predicting habitual walking performance in multiple sclerosis: Relevance of capacity and self-report measures. *Multiple Sclerosis*, *16*(5), 618-626–626. <https://doi.org/10.1177/1352458510361357>

Godi, M., Franchignoni, F., Caligari, M., Giordano, A., Turcato, A. M., & Nardone, A. (2013). Comparison of Reliability, Validity, and Responsiveness of the Mini- BESTest and Berg Balance Scale in Patients With Balance Disorders. *Physical Therapy*, *93*(2), 158–167. <https://doi.org/10.2522/ptj.20120171>

Gregory, M. A., Gill, D. P., Shellington, E. M., Liu-Ambrose, T., Shigematsu, R., Zou, G., Shoemaker, K., Owen, A. M., Hachinski, V., Stuckey, M., & Petrella, R. J. (2016). Group-based exercise and cognitive-physical training in older adults with self-reported cognitive complaints: The Multiple-Modality, Mind-Motor (M4) study protocol. *BMC Geriatrics*, *16*, 17. <https://doi.org/10.1186/s12877-016-0190-9>

Guger, M., Hatschenberger, R., & Leutmezer, F. (2023). Non-interventional, prospective, observational study on spasticity-associated symptom control with nabiximols as add-on therapy in patients with multiple sclerosis spasticity in Austria. *Brain and Behavior*, *13*(4). <https://doi.org/10.1002/brb3.294>

Gunn, H., Creanor, S., Haas, B., Marsden, J., & Freeman, J. (2014). Frequency, Characteristics, and Consequences of Falls in Multiple Sclerosis: Findings From a Cohort Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *95*(3), 538–545. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.08.244>

Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., Scherr, P. A., & Wallace, R. B. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: Association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journals of Gerontology*, *49*(2), M85-M94–M94. <https://doi.org/10.1093/geronj/49.2.M85>

Hahn, A., Moeller, S., Schlausch, A., Ekmann, M., de Chelle, G., Westerlund, M., Braatz, F., & Mayr, W. (2024). Effects of a full-body electrostimulation garment application in a cohort of subjects with cerebral palsy, multiple sclerosis, and stroke on upper motor neuron syndrome symptoms. *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik*, *69*(1), 49–59. <https://doi.org/10.1515/bmt-2023-0271>

Hashemi Rad, Y. S., & Aghayari, A. (2024). Effect of a 6-Wk Sensory-Motor Exercise Program on the Balance and Fatigue Severity in Women with Multiple Sclerosis. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, *103*(1), 13-17–17. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000002295>

Havrdová, E. (2009). *Roztroušená skleróza : průvodce ošetřujícího lékaře* (2. rozšířené vydání). Maxdorf.

Holewijn, M., & Heus, R. (1992). Effects of temperature on electromyogram and muscle function. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65(6), 541–545. <https://doi.org/10.1007/bf00602362>

Daphne Hui, & Charlene Argáez. (2021). Onabotulinum Toxin A (Botox) for Spasticity Associated With Multiple Sclerosis. *Canadian Journal of Health Technologies*, 1.

Israel, J. F., Campbell, D. D., Kahn, J. H., & Hornby, T. G. (2006). Metabolic Costs and Muscle Activity Patterns During Robotic- and Therapist-Assisted Treadmill Walking in Individuals With Incomplete Spinal Cord Injury. *Physical Therapy*, 86(11), 1466–1478. <https://doi.org/10.2522/ptj.20050266>

Jacobs, J. V., Horak, F. B., Van Tran, K., & Nutt, J. G. (2006). An alternative clinical postural stability test for patients with Parkinson's disease. *Journal of neurology*, 253(11), 1404–1413. <https://doi.org/10.1007/s00415-006-0224-x>

Jessica Rodrigues Pereira, Sebastião Gobbi, Camila Vieira Ligo Teixeira, Carla Manuela Crispim Nascimento, Danilla Icassatti Corazza, Thays Martins Vital, Salma Stéphaney Soleman Hernandez, Florindo Stella, & Ryosuke Shigematsu. (2014). Effects of Square-Stepping Exercise on balance and depressive symptoms in older adults. *Motriz: Revista de Educacao Fisica*, 20(4), 454–460. <https://doi.org/10.1590/S1980-65742014000400013>

Kalron, A., & Achiron, A. (2013). Postural control, falls and fear of falling in people with multiple sclerosis without mobility aids. *Journal of the Neurological Sciences*, 335(1–2), 186–190. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2013.09.029>

Kalron, A., & Givon, U. (2016). Construct Validity of the Four Square Step Test in Multiple Sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 97(9), 1496–1501. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.04.012>

Karami, F., Afrasiabifar, A., & Doulatabad, S. N. (2018). Comparing the effectiveness of vestibular rehabilitation and frenkel exercise on fatigue reduction in patients with multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 20(12). <https://doi.org/10.5812/ircmj.68913>

Kenyon, K. H., Boonstra, F., Noffs, G., Butzkueven, H., Vogel, A. P., Kolbe, S., & van der Walt, A. (2023). An Update on the Measurement of Motor Cerebellar Dysfunction in Multiple Sclerosis. *Cerebellum (London, England)*, 22(4), 761–775. <https://doi.org/10.1007/s12311-022-01435-y>

Kurtzke, J. F. (1983). Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: An expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*, 33(11), 1444-1452–1452. <https://doi.org/10.1212/wnl.33.11.1444>

Lei, C., Sunzi, K., Dai, F., Liu, X., Wang, Y., Zhang, B., He, L., & Ju, M. (2019). Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease: A systematic review. *PloS One*, 14(11), e0224819. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224819>

Mansfield, A., Wong, J. S., McIlroy, W. E., Biasin, L., Brunton, K., Bayley, M., & Inness, E. L. (2015). Do measures of reactive balance control predict falls in people with stroke returning to the community?. *Physiotherapy*, 101(4), 373–380. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2015.01.009>

McKee, K. E., & Hackney, M. E. (2014). The Four Square Step Test in individuals with Parkinson's disease: Association with executive function and comparison with older adults. *NeuroRehabilitation*, 35(2), 279–289. <https://doi.org/10.3233/NRE-141122>

Michalčinová, K., Jeníček, J., Rogalewicz, V., Jakovcová, K., Kejhová, E., Kuželková, A., Slámová, A., & Y.angerová. (2022). Česká verze nástroje Mini-BESTest a doporučení pro jeho klinické použití. *Česká a Slovenská Neurologie a Neurochirurgie*, 85(1), 49–58.

Miller, E., Kostka, J., Włodarczyk, T., & Dugue, B. (2016). Whole-body cryostimulation (cryotherapy) provides benefits for fatigue and functional status in multiple sclerosis patients. A case-control study. *Acta Neurologica Scandinavica*, 134(6), 420-426. <https://doi.org/10.1111/ane.12557>

Miller, E., Saluk, J., Morel, A., & Wachowicz, B. (2013). Long-term effects of whole body cryostimulation on uric acid concentration in plasma of secondary progressive multiple sclerosis patients. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 73(8), 635-640–640. <https://doi.org/10.3109/00365513.2013.841986>

Mills, P. B., & Dossa, F. (2016). Transcutaneous electrical nerve stimulation for management of limb spasticity: a systematic review. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 95(4), 309-318.

Moayedi, M., & Davis, K. D. (2013). Theories of pain: from specificity to gate control. *Journal of neurophysiology*.

Moccia, M., Frau, J., Carotenuto, A., Butera, C., Coghe, G., Barbero, P., Frontoni, M., Groppo, E., Giovannelli, M., Del Carro, U., Inglese, C., Frasson, E., Castagna, A., Buccafusca, M., Latino, P., Nascimbene, C., Romano, M., Liotti, V., Lanfranchi, S., ... Brescia Morra, V. (2020). Botulinum toxin for the management of spasticity in multiple sclerosis: the Italian botulinum toxin network study. *Neurological Sciences*, 41(10), 2781–2792. <https://doi.org/10.1007/s10072-020-04392-8>

Motl, R. W., Chaparro, G., Hernandez, M. E., Balto, J. M., & Sandroff, B. M. (2018). Physical Function in Older Adults with Multiple Sclerosis: An Application of the Short Physical Performance Battery. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 41(3), 155-160–160. <https://doi.org/10.1519/JPT.000000000000115>

Mura, G., Carta, M. G., Sancassiani, F., Machado, S., & Prosperini, L. (2018). Active exergames to improve cognitive functioning in neurological disabilities: a systematic review and meta-analysis. *EUROPEAN JOURNAL OF PHYSICAL AND REHABILITATION MEDICINE*, 54(3), 450–462. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04680-9>

Novotná-, K., Menkyová, I., & Janatová, M. (2022). Poruchy rovnováhy u osob s roztroušenou sklerózou a možnosti rehabilitační terapie - aktuální poznatky kontrolovaných klinických studií. *Česká a Slovenská Neurologie a Neurochirurgie*, 85(2), 110–126.

O'Loughlin, E. K., Dutczak, H., Kakinami, L., Consalvo, M., McGrath, J. J., & Barnett, T. A. (2020). Exergaming in Youth and Young Adults: A Narrative Overview. *Games for health journal*, 9(5), 314–338. <https://doi.org/10.1089/g4h.2019.0008>

Ozgen, G., Karapolat, H., Akkoc, Y., & Yuceyar, N. (2016). Is customized vestibular rehabilitation effective in patients with multiple sclerosis? A randomized controlled trial. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 52(4), 466–478.

Pascual-Valdunciel, A., Kurukuti, N. M., Montero-Pardo, C., Barroso, F. O., & Pons, J. L. (2023). Modulation of spinal circuits following phase-dependent electrical stimulation of afferent pathways. *Journal of Neural Engineering*, 20(1), 016033.

Pawik, M., Kowalska, J., & Rymaszewska, J. (2019). The effectiveness of whole-body cryotherapy and physical exercises on the psychological well-being of patients with multiple sclerosis: A comparative analysis. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 28(11), 1477-1483–1483. <https://doi.org/10.17219/acem/105380>

Pérez-de la Cruz, S. (2022). Use of Robotic Devices for Gait Training in Patients Diagnosed with Multiple Sclerosis: Current State of the Art. *Sensors (14248220)*, 22(7), 2580. <https://doi.org/10.3390/s22072580>

Perpetuini, D., Russo, E. F., Cardone, D., Palmieri, R., De Giacomo, A., Pellegrino, R., Merla, A., Calabro, R. S., & Filoni, S. (2023). Use and Effectiveness of Electrosuit in Neurological Disorders: A Systematic Review with Clinical Implications. *BIOENGINEERING-BASEL*, 10(6), 680. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10060680>

Peruzzi, A., Zarbo, I. R., Cereatti, A., Della Croce, U., & Mirelman, A. (2017). An innovative training program based on virtual reality and treadmill: effects on gait of persons with multiple sclerosis. *Disability and rehabilitation*, 39(15), 1557-1563.

Podda, J., Bellosta, A., Pedullà, L., Bricchetto, G., Tacchino, A., Marchesi, G., Squeri, V., De Luca, A., Konrad, G., & Battaglia, M. A. (2023). Standard versus innovative robotic balance assessment for people with multiple sclerosis: a correlational study. *European Journal of Medical Research*, 28(1). <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01223-2>

Podsiadlo, D. (1991). The Timed "Up & Go": A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142-148-148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>

Prometti, P., Olivares, A., Gaia, G., Bonometti, G., Comini, L., & Scalvini, S. (2016, March 1). Biodex Fall Risk Assessment in the Elderly With Ataxia: A New Age-Dependent Derived Index in Rehabilitation: An Observational Study. *Medicine*, 95(9), e2977. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000002977>

Radecka, A., Knyszyńska, A., Lubkowska, A., & Łuczak, J. (2021). Adaptive changes in muscle activity after cryotherapy treatment: Potential mechanism for improvement the functional state in patients with multiple sclerosis. *NeuroRehabilitation*, 48(1), 119-131-131. <https://doi.org/10.3233/NRE-201535>

Saglia, J. A., Luca, A. D., Squeri, V., Ciaccia, L., Sanfilippo, C., Ungaro, S., & Michieli, L. D. (2019). Design and Development of a Novel Core, Balance and Lower Limb Rehabilitation Robot: Hunova®. *2019 IEEE 16th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), Rehabilitation Robotics (ICORR), 2019 IEEE 16th International Conference On*, 417-422. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2019.8779531>

Salcı, Y., Fil, A., Armutlu, K., Yildiz, F. G., Kurne, A., Nurlu, G., Karabudak, R., & Aksoy, S. (2017). Effects of different exercise modalities on ataxia in multiple sclerosis patients: a randomized controlled study. *Disability and Rehabilitation*, 39(26), 2626-2632-2632. <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1236411>

Samaei, A., Bakhtiary, A. H., Hajihassani, A., Fatemi, E., & Motaharinezhad, F. (2016). Uphill and downhill walking in multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *International Journal of MS Care*, 18(1), 34-41-41. <https://doi.org/10.7224/1537-2073.2014-072>

Sangelaji, B., Kordi, M., Banihashemi, F., Nabavi, S. M., Khodadadeh, S., & Dastoorpoor, M. (2016). A combined exercise model for improving muscle strength, balance, walking distance, and motor agility in multiple sclerosis patients: A randomized clinical trial. *Iranian Journal of Neurology*, 15(3), 111-120

Sebastião, E., McAuley, E., Shigematsu, R., Adamson, B. C., Bollaert, R. E., & Motl, R. W. (2018). Home-based, square-stepping exercise program among older adults with multiple sclerosis: results of a feasibility randomized controlled study. *Contemporary Clinical Trials*, 73, 136-144. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2018.09.008>

Schwid, S. R. (2003). A randomized controlled study of the acute and chronic effects of cooling therapy for MS. *Neurology*, *60*(12), 1955-1960–1960. <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000070183.30517.2F>

Sluka, K. A., & Walsh, D. (2003). Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *The Journal of pain*, *4*(3), 109-121.

Soke, F., Aydin, F., Karakoc, S., Gulsen, C., Yasa, M. E., Ersoy, N., Gulsen, E. O., & Yucesan, C. (2023). Effects of backward walking training on balance, gait, and functional mobility in people with multiple sclerosis: A randomized controlled study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, *79*, 104961. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2023.104961>

Straudi, S., Martinuzzi, C., Pavarelli, C., Basaglia, N., Fanciullacci, C., Rossi, B., & Chisari, C. (2016). The effects of robot-assisted gait training in progressive multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *Multiple Sclerosis Journal*, *22*(3), 373-384–384. <https://doi.org/10.1177/1352458515620933>

Štětkářová, I., Peregrin, J., Šroubek, J., Vrba, I., & Havrdová, E. (2007). Effect of bolus dose of intrathecal baclofen followed by pump implantation in severe spasticity in multiple sclerosis patients. *Ceska a Slovenska Neurologie a Neurochirurgie*, *70*(2), 190-195–195

Tavazzi, E., Bergsland, N., Cattaneo, D., Gervasoni, E., Laganà, M. M., Dipasquale, O., Grosso, C., Saibene, F. L., Baglio, F., & Rovaris, M. (2018). Effects of motor rehabilitation on mobility and brain plasticity in multiple sclerosis: a structural and functional MRI study. *Journal of Neurology*, *265*(6), 1393–1401. <https://doi.org/10.1007/s00415-018-8859-y>

Thomas, G. A., Riegler, K. E., Bradson, M. L., O’Shea, D. U., & Arnett, P. A. (2023). Subjective report, objective neurocognitive performance, and “invisible symptoms” in multiple sclerosis. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *38*(2), 169–181. <https://doi.org/10.1093/arclin/acac086>

Tramontano, M., Grasso, M. G., Soldi, S., Casula, E. P., Bonni, S., Mastrogiacomo, S., D, A. A., Porraccini, F., Caltagirone, C., & Koch, G. (2020). Cerebellar Intermittent Theta-Burst Stimulation Combined with Vestibular Rehabilitation Improves Gait and Balance in Patients with Multiple Sclerosis: a Preliminary Double-Blind Randomized Controlled Trial. *The Cerebellum*, *19*(6), 897–901. <https://doi.org/10.1007/s12311-020-01166-y>

Tramontano, M., Martino Cinnera, A., Manzari, L., Tozzi, F. F., Caltagirone, C., Morone, G., Pompa, A., & Grasso, M. G. (2018). Vestibular rehabilitation has positive effects on balance, fatigue and activities of daily living in highly disabled multiple sclerosis people: A preliminary randomized controlled trial. *Restorative Neurology & Neuroscience*, *36*(6), 709–718. <https://doi.org/10.3233/RNN-180850>

Vanicek, N., King, S. A., Gohil, R., Chetter, I. C., & Coughlin, P. A. (2013). Computerized dynamic posturography for postural control assessment in patients with intermittent claudication. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, *82*, e51077. <https://doi.org/10.3791/51077>

Vařeka, I. (2002). Postural stability. *Rehabilitace a Fyzikalni Lekarstvi*, *9*(4), 115-121–121.

Winkel, J., & Jørgensen, K. (1991). Significance of skin temperature changes in surface electromyography. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *63*(5), 345–348. <https://doi.org/10.1007/bf00364460>

Wong, C., Torabi, T. P., Mortensen, K., & Michelsen, J. (2018). The Mollii-suit®—A novel method using reciprocal inhibition in children with cerebral palsy, gross motor function classification system IV-V: A 6-month prospective study. *Toxicon*, *156*, S116.

Yue, C., Zhang, X., Zhu, Y., Jia, Y., Wang, H., & Liu, Y. (2018). Systematic review of three electrical stimulation techniques for rehabilitation after total knee arthroplasty. *The journal of arthroplasty*, *33*(7), 2330-2337.

Ziliotto, N., Bernardi, F., Lamberti, N., Manfredini, F., Marchetti, G., Straudi, S., Basaglia, N., Tisato, V., Carantoni, M., Melloni, E., & Secchiero, P. (2021). Baseline and overtime variations of soluble adhesion molecule plasma concentrations are associated with mobility recovery after rehabilitation in multiple sclerosis patients. *Journal of Neuroimmunology*, *352*. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroim.2020.577473>