

UNIVERZITA KARLOVA
3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA



Sára Hukaufová

**Kinematická analýza pohybu horních
končetin dokumentující efekt fyzioterapie
využívající virtuální reality u lidí
s roztroušenou sklerózou: pilotní analýza
v prospektivní randomizované studii**

*Kinematic analysis of upper limb movement
documenting the effect of physiotherapy using
virtual reality in people with multiple sclerosis: A
pilot analysis in a prospective randomized study*

Bakalářská práce

Praha, 2024

Autor práce: Sára Hukaufová

Studijní program: **Specializace ve zdravotnictví**

Bakalářský studijní obor: **Fyzioterapie**

Vedoucí práce: **MUDr. Barbora Miznerová**

Pracoviště vedoucího práce: **Klinika revmatologie a rehabilitace 3.If UK a FTN**

Předpokládaný termín obhajoby: 26.6.2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracovala samostatně a použila výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Současně dávám svolení k tomu, aby má závěrečná práce byla používána ke studijním účelům. Prohlašuji, že tištěná i elektronická verze ve Studijním informačním systému UK je totožná.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému Theses.cz a Turnitin za účelem soustavné kontroly podobnosti závěrečných prací.

V Praze dne 16.5.2024

Sára Hukaufová

Abstrakt

Úvod Tato bakalářská práce se zaměřila na zkoumání vlivu fyzioterapie na neurofyziologickém podkladě využívající virtuální realitu (VR) na motorické dovednosti horních končetin u pacientů s roztroušenou sklerózou (RS). Právě omezení pohyblivosti končetin bývá častým problémem u lidí s touto nemocí. V tu chvíli se uplatňuje fyzioterapie na neurofyziologickém podkladě, která cílí na léčbu spasticity a zlepšení chůze a hrubé motoriky horních končetin. Cílem této studie bylo pomocí kinematické analýzy porovnat vstupní a výstupní data z VR a zjistit tím, zda během terapií došlo ke zlepšení hrubé motoriky u horních končetin.

Metodika V této práci byla analyzována data 32 probandů, kteří se účastnili dvouměsíčního ambulantního rehabilitačního programu, randomizovaných do dvou terapeutických skupin. V intervenční skupině bylo celkem 19 probandů, kteří se zúčastnili 15-ti fyzioterapií na neurofyziologickém podkladě ve specificky vyvinuté virtuální realitě (VR) pro rehabilitaci horních končetin. Při terapii bylo využito dvou terapeutických metod: Motorické programy aktivující terapie (MPAT) a Proprioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF). Terapie se skládala z těchto cviků: Spirála A (pravotočivá), Spirála B (levotočivá), Diagonála I. dle PNF a Diagonála II. dle PNF. Ty probandi měli provádět po trajektorii zobrazující se ve virtuálním prostředí. Účastníci kontrolní skupiny, která čítala 13 probandů, absolvovali fyzioterapii bez využití VR. Obě skupiny podstoupily 1. a 15. terapii ve VR, při čemž byly nahrávány kinematické charakteristiky pohybů horních končetin ve VR jsme hodnotili schopnost probandů přesně následovat vodící trajektorie. Tato data a výsledky Box and Block test (BBT), získanými nezávislým vyšetřujícím, byla porovnávána pomocí dvou-výběrového párového t-testu. Následně se zkoumalo, zda je korelace mezi vstupními hodnotami BBT a kinematickými daty. Jejich korelační síla se měřila Spearmanovým korelačním koeficientem. Odebraná data byla rozdělena podle terapeutické skupiny a následně ještě podle dominance horní končetiny.

Výsledky U klinických i kinematických dat jsme analyzovali, zda došlo ke zlepšení výsledků odebraných při vstupních a výstupních terapiích. Statisticky významné zlepšení se projevilo u Box and Block testu, kde v intervenční skupině u dominantní končetiny vyšlo $p=0,0170$ a u nedominantní končetiny $p=0,0277$. Významná jsou také data pro dominantní končetinu kontrolní skupiny, kde p-hodnota vyšla $0,0037$.

Z kinematických dat vyšla statisticky významně jen diagonála II u intervenční skupiny s $p=0,04$ pro dominantní končetinu.

Vztah mezi hodnotami BBT a kinematickými výsledky jednotlivých cviků byl zkoumán korelačními testy. Zde se objevilo několik významných vztahů, kdy nejvýznamnější byli mezi BBT a průměrem vzdálenosti od trajektorie u výstupních vyšetření na dominantní končetině kontrolní skupiny pro diagonálu I. ($p=0,004$), diagonálu II. ($p=0,016$) a spirálu B ($p=0,003$). Toto však neplatilo pro intervenční skupinu.

V poslední řadě jsme zkoumali, zda je nějaký korelační vztah mezi změnami hodnot u BBT a změnami hodnot u průměru vzdálenosti od trajektorie. Zde nám však nevyšly žádné statisticky významné korelace

Závěr Výsledky této práce odhalily, že přestože fyzioterapie využívající virtuální realitu může pozitivně ovlivnit zlepšení motorických funkcí, tak získaná kinematická data neukázala statisticky významné změny, a tedy kinematická data a výsledky, které přináší neodráží změnu motorických funkcí.

Klíčová slova

Fyzioterapie, roztroušená skleróza, virtuální realita, horní končetina, Box and Block test, analýza

Abstract

Introduction This bachelor thesis focused on investigating the effect of neurophysiologically based physiotherapy using virtual reality (VR) on upper limb motor skills in patients with multiple sclerosis (MS). Limitation of limb mobility is a common problem in people with this disease. This is when neurophysiologically based physiotherapy is applied to treat spasticity and improve gait and gross motor skills of the upper limbs. The aim of this study was to use kinematic analysis to compare the input and output data from VR to determine whether gross motor skills in the upper limbs improved during the therapy sessions.

Methods In this study, data from 32 probands who participated in a two-month outpatient rehabilitation program, randomized into two treatment groups, were analyzed. In the intervention group, a total of 19 probands participated in 15 neurophysiologically based physical therapy sessions in a specifically developed virtual reality (VR) for upper extremity rehabilitation. Two therapeutic modalities were used in the therapy: the Motor Programs Activating Therapy (MPAT) and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF). The therapy consisted of the following exercises: Spiral A (right-handed), Spiral B (left-handed), Diagonal I according to PNF and Diagonal II according to PNF. The probands were asked to perform these along a trajectory displayed in a virtual environment. Participants in the control group, which consisted of 13 probands, received physiotherapy without the use of VR. Both groups underwent the 1st and 15th therapy sessions in VR, during which the kinematic characteristics of the upper limb movements in VR were recorded, we assessed the probands' ability to accurately follow the guided trajectories. These data and Box and Block Test (BBT) results, obtained by an independent investigator, were compared using a two-sample paired t-test. Subsequently, the correlation between the BBT input values and the kinematic data was examined. Their correlation strength was measured by Spearman's correlation coefficient. The

collected data were separated by treatment group and then further by upper limb dominance.

Results For both clinical and kinematic data, we analyzed whether there was an improvement in the results taken during the initial and final therapies. A statistically significant improvement was seen in the Box and Block test, with $p=0.0170$ for the dominant limb and $p=0.0277$ for the non-dominant limb in the intervention group. The data for the dominant limb of the control group was also significant, where the p-value came out to be 0.0037.

Of the kinematic data, only diagonal II for the intervention group came out statistically significant with $p=0.04$ for the dominant limb.

The relationship between BBT values and kinematic results of each exercise was examined by correlation tests. Here, several significant relationships emerged, with the most significant being between BBT and the average distance from trajectory for the outcome examinations on the dominant limb of the control group for diagonal I ($p=0.004$), diagonal II ($p=0.016$) and spiral B ($p=0.003$). However, this was not the case for the intervention group.

Lastly, we examined whether there was any correlation between changes in values for BBT and changes in values for average distance from trajectory. Here, however, we found no statistically significant correlations

Conclusion The results of this study revealed that although physiotherapy using virtual reality can have a positive effect on improving motor function, the kinematic data obtained did not show statistically significant changes and therefore the kinematic data and the results it produces do not reflect changes in motor function.

Keywords

Physiotherapy, multiple sclerosis, virtual reality, upper limb, Box and Block test, analysis

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	10
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK	11
1. ÚVOD	13
2. CÍLE PRÁCE	14
3. TEORETICKÁ ČÁST	14
ROZTROUŠENÁ SKLERÓZA	14
<i>Epidemiologie</i>	15
<i>Patogeneze a rizikové faktory</i>	15
<i>Symptomy</i>	16
<i>Klasifikace RS</i>	17
<i>Diagnostika</i>	17
<i>Terapie RS</i>	18
<i>Postižení horních končetin u RS</i>	18
FYZIOTERAPIE U ROZTROUŠENÉ SKLERÓZY.....	19
<i>Fyzioterapie na neurofyziologickém podkladě se zaměřením na horní končetiny</i>	19
2. VIRTUÁLNÍ REALITA V LÉČBĚ ROZTROUŠENÉ SKLERÓZY	22
<i>Fyziologická kineziologie horní končetiny a kinematika pohybu / kinematika horní končetiny</i>	24
<i>Kinematická analýza pohybu HK ve VR a její využití u neurologicky nemocných</i>	25
VÝZKUMNÉ OTÁZKY	27
HYPOTÉZY.....	27
4. PRAKTICKÁ ČÁST	28
METODIKA	28
4.1.1. <i>Vstupní a vylučovací kritéria, randomizace</i>	29
4.1.2. <i>Vstupní vyšetření</i>	29
4.1.3. <i>Vstupní vyšetření ve virtuální realitě</i>	32
4.1.4. <i>Intervenční skupina – popis metody virtuální reality</i>	32
4.1.5. <i>Kontrolní skupina</i>	37
4.1.6. <i>Metodika analýz a porovnávání dat</i>	38

5. VÝSLEDKY	39
DESKRIPTIVNÍ ČÁST	39
5.1.1. <i>Probandi</i>	39
ANALYTICKÁ ČÁST	42
5.1.2. <i>Hodnocení změny BBT</i>	42
5.1.3. <i>Hodnocení změny kinematických křivek</i>	43
5.1.4. <i>Korelace výsledků statistických metod</i>	51
5.1.5. <i>Ověření hypotéz</i>	53
6. DISKUSE	54
7. ZÁVĚR.....	57
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ACT – Akrální koaktivační systém

Avg. position difference – Average position difference – průměr vzdálenosti od trajektorie

BBT – Box and Block test

CNS – centrální nervový systém

DNS – Dynamická neuromuskulární stabilizace

DOM – dominantní končetina

EBV – Epstein-Barrové virus

EDSS – Expanded Disability Status Scale

fMRI – funkční magnetická rezonance

FNKV – Fakultní nemocnice Královské Vinohrady

FTN – Fakultní Thomayerova nemocnice

HK – horní končetina

I – intervenční (skupina)

IKEM – Institut klinické a experimentální medicíny

K – kontrolní (skupina)

m. (trapezius) – musculus – sval

Med. position difference – Median position difference – median vzdálenosti od trajektorie

MPAT – Motorické programy aktivující terapie

MS – multiple sclerosis – roztroušená skleróza

NEDOM – nedominantní končetina

PNF – Proprioceptivní neuromuskulární facilitace

RR – relaps remitentní

RS – roztroušená skleróza

SD – směrodatná odchylka

SP – sekundárně progresivní

VR – virtuální realita

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1: Box and Block test [zdroj: [Box and Block Test – BBT – Teste da caixa e blocos \(tealegrar.com.br\)](https://tealegrar.com.br/produtos/box-and-block-test-bbt/#product-gallery-1)], <https://tealegrar.com.br/produtos/box-and-block-test-bbt/#product-gallery-1> ; staženo dne: 24.5.2024

Obrázek 2: HTC Vive set (zepředu ovladače, veprostřed headset, vzadu sledovací stanice) zdroj: <https://www.knoxlabs.com/products/htc-vive-pro-2-full-kit>; staženo dne: 24.5.2024

Obrázek 3: tracker zdroj: <https://www.vr-shop.cz/produkt/htc-vive-tracker-3-0/>

Obrázek 4: sbírání míčků [zdroj: vlastní]

Obrázek 5: sbírání míčků + pomocná šipka [zdroj: vlastní]

Obrázek 6: spirála A [zdroj: vlastní]

Obrázek 7: diagonála I. s therabandem [zdroj: vlastní]

Obrázek 8: graf BBT dominantní končetiny [zdroj: vlastní]

Obrázek 9: graf BBT dominantní končetiny [zdroj: vlastní]

Obrázek 10: graf Average position difference u diagonály I. – dominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 11: graf Average position difference u diagonály I. – nedominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 12: graf Median position difference u diagonály I. - dominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 13: graf Median position difference u diagonály I. - nedominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 14: graf Average position difference u diagonály II. - dominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 15: graf Average position difference u diagonály II. - nedominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 16: graf Median position difference u diagonály II. - dominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 17: graf Median position difference u diagonály II. - nedominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 18: graf Average position difference u spirály A – dominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 19: graf Average position difference u spirály A – nedominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 20: graf Median position difference – dominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 21: graf Median position difference – nedominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 22: graf Average position difference u spirály B – dominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 23: graf Average position difference u spirály B – nedominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 24: graf Median position difference u spirály B – dominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 25: graf Median position difference u spirály B – nedominantní končetina [zdroj: vlastní]

Obrázek 26: Korelace 1–3 nejsilnější korelační vztahy (zleva kontrolní skupina, výstupní DOM – diagonála 1; kontrolní skupina, výstupní DOM – diagonála 2; kontrolní skupina, výstupní DOM – spirála B. [zdroj: vlastní]

Tabulka 1: Participanti v intervenční skupině

Tabulka 2: Participanti v kontrolní skupině

Tabulka 3: výsledky BBT

Tabulka 4: diagonála I.- Average position difference

Tabulka 5: diagonála I.- Median position difference

Tabulka 6: diagonála II. – Average position difference

Tabulka 7: diagonála II. – Median position difference

Tabulka 8: spirála A – Average position difference

Tabulka 9: spirála A – Median position difference

Tabulka 10: spirála B – Average position difference

Tabulka 11: spirála B – Median position difference

Tabulka 12: významné korelace

1. ÚVOD

Roztroušená skleróza (RS) je chronické, autoimunní a neurodegenerativní onemocnění centrální nervové soustavy. V současnosti se jedná o nejčastější (netraumatické) postižení centrálního nervového prostředí u populace dospělých. Onemocnění výrazně snižuje kvalitu i délku jejich života (Horáček, 2020). Cílem neurorehabilitace je zlepšení aktivit každodenního života a tím i zvýšení sociální integrace. K přispění neuroplasticity je nezbytná včasná rehabilitace, vysoká frekvence opakování a vysoká intenzita úkolově specifického tréninku (task-specific trénink). Tyto metody, ale potřebují specializované zařízení a vybavení. Pro úspěch rehabilitace je zapotřebí aktivní účast pacienta na terapii a dodržování pravidelného cvičení v domácím prostředí. Úskalím může být jednotvárnost, proto je vhodné rehabilitační přístup uzpůsobit tak, aby byl dostatečně intenzivní i motivující. Pokud pacient ztratí motivaci, proces rehabilitace se může prodloužit. V této souvislosti může přispět k pozitivním výsledkům rehabilitace motorických a kognitivních funkcí kombinace tradičních rehabilitačních metod s využitím nových technologií (Baníková a Volný, 2023).

Současný trend výzkumu se zaměřuje na využití virtuální reality. Virtuální realita má potenciál tuto nutnou složku léčby zatraktivnit a zefektivnit (Meca-Lallana, 2020). Její aplikace v rehabilitaci horních končetin je jedním z možných zaměření. Virtuální realita nabízí nejen inovativní terapeutické metody, ale také umožňuje detailní analýzu pohybu probandů. Data získaná touto technologií lze následně využít k přesnému hodnocení a přizpůsobení léčebného postupu, což přináší významné výhody pro efektivitu fyzioterapie. Tento přístup nám umožňuje poskytovat cílenější a individuálně přizpůsobenou péči lidem s roztroušenou sklerózou.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je zjistit, zdali po absolvování fyzioterapeutického programu využívajícího virtuální reality dochází ke změnám v charakteristice kinematických křivek, které jsou součástí softwaru virtuální reality k vybraným pohybům horních končetin a také, zda tato změna koreluje se změnou v klinických parametrech funkce horních končetin.

3. TEORETICKÁ ČÁST

Roztroušená skleróza

Roztroušená skleróza (RS) je chronické autoimunitní zánětlivé onemocnění, kdy reakcí organismu je vlastní napadení myelinu centrálního nervového systému (CNS). Dochází k poškození nervových vláken a demyelinizaci neuronů v mozku a míše. Roztroušená skleróza je nejčastější příčinou progresivní neurologické invalidity u mladých lidí. Průběh je individuální. V současné době je RS chronické a nevléčitelné onemocnění. Mezi časté symptomy RS patří poruchy citlivosti, zraku, vertigo, únava, slabost končetin, sexuální a sfinkterové obtíže, bolest, poruchy nálady, pokles kognitivní výkonnosti anebo porucha chůze (Vališ, 2020).

Setkáváme se jak s akutně vzniklými neurologickými obtížemi (ataky), tak i s pozvolným rozvojem disability. Ataky RS jsou obvykle charakterizovány jakýmkoli neurologickými příznaky a trvají minimálně 24 hodin, často však mohou trvat až několik dní (Havrdová, 2015). Po odeznění akutních obtíží může následně dojít k úpravě potíží v různé míře. Nově vzniklé poruchy mohou perzistovat.

Zásadně se za posledních 20 let zlepšila léčba RS. Existuje jak standardizovaná léčba akutních atak, tak dlouhodobá léčba oddalující invaliditu, včetně postupů jejího zhoršování a léčbě symptomů. Důležitou součástí léčby se stala fyzioterapie a psychoterapie. Pro správnou léčbu RS je zapotřebí komplexní přístup a fungující multidisciplinární tým (Havrdová, 2015).

Epidemiologie

Roztroušená skleróza je závažné onemocnění, jehož prevalence celosvětově stoupá. První příznaky se začínají objevovat mezi 20. a 40. rokem života. Častěji se vyskytuje u žen (70 % nemocných) než u mužů (Vališ, 2020). Na celém světě je přibližně 2,5 milionu postižených s roztroušenou sklerózou. U nás je ročně diagnostikováno kolem 700 nových pacientů. Celkový počet, na Českou republiku, se tedy odhaduje kolem 23 tisíc. Tento nárůst je způsoben nejen nárůstem autoimunitních onemocněních ve vyspělých státech, a taky možnostmi použití lepších a dostupnějších metod.

Výskyt RS se liší s ohledem na etnický původ, i geografickou oblast. Nejčastěji postihuje indoevropskou rasu v mírném pásmu severní polokoule. Prevalence v běžné populaci je 1%. Minimální výskyt v oblasti rovníku je připisován dostatečnému slunečnímu záření a s tím spojenému získání vitamínu D přirozenou cestou, který má pozitivní vliv na imunitní systém. Etiologie RS je multifaktoriální s významným vlivem faktorů prostředí, z nichž potvrzenými rizikovými faktory jsou prodělaná infekce EBV, kouření a již zmíněný nedostatek vitamínu D (nfimpuls.cz).

Sběru epidemiologických dat v České republice věnuje celostátní registr pacientů s roztroušenou sklerózou ReMuS, který je financován nadačním fondem IMPULS (Vališ, 2020).

Patogeneze a rizikové faktory

Etiopatogeneze u roztroušené sklerózy není doposud zcela objasněna. Současné teorie naznačují, že spouštěčem onemocnění mohou být genetické predispozice v kombinaci s určitými enviromentálními faktory jako jsou virové infekce, míra slunečního záření, nedostatek vitamínu D anebo stres. Nelze však opomenout ani vlivy epigenetické či stochastické (Benešová, 2013).

Za nejvýznamnější spouštěče onemocnění jsou považovány virové infekce, které často předchází začátku anebo další atace nemoci. Mezi nejčastěji zjištěné viry patří herpes viry, spalničky, zarděnky, neštovice

nebo vir Epstein-Barrové (znán pod zkratkou EBV). Infekce vyvolané těmito viry mohou vyvolat akutní diseminovanou encefalomyelitidu, způsobit demyelinizaci nervu až jeho celkové poškození. Tyto teorie jsou podporovány i pozitivním nálezem specifických antivirových protilátek v mozkomíšním moku. Jsou to však viry vyskytující se běžně v populaci, a proto je tedy přímý vztah k roztroušené skleróze často zpochybňován (Benešová, 2013).

Jak už bylo řečeno výše, také množství slunečního záření a s tím spojený přísun vitamínu D hraje důležitou roli u tohoto onemocnění. Vitamin D se podílí na imunitních regulacích a jeho chronický deficit může zvýšit riziko rozvoje chronických, zejména pak autoimunitních onemocnění, jako je RS, revmatoidní artritida, diabetes mellitus 1. typu anebo rakoviny (Benešová, 2013).

Symptomy

Symptomy onemocnění jsou důsledkem neuropatologických změn odehrávajících se v mozku, jejichž primárními mechanismy jsou demyelinizace provázena zánětem a postupující poškození axonů (tedy neurodegenerace). Úbytek funkčních axonů přirozeně postihuje kognitivní funkce pacienta, zejména paměť. Neurodegenerace se zase projevuje změnami konektivity mezi neurony. Nakolik může patologické poškození postihovat kteroukoliv oblast CNS, konkrétní umístění lézí hraje při produkci symptomů důležitou roli. Mezi další časté klinické symptomy náleží také problémy s pozorností, behaviorální změny, abnormality v rámci pohybových aktivit nebo zhoršení vizuálních funkcí (Hauser, 2020).

Ke kvantifikaci poškození neurologického stavu u RS se nejčastěji používá EDSS (Expanded Disability Status Scale), též známá jako *Kurtzkého stupnice stavu invalidity*. Tato stupnice je v rozpětí 0-10, hodnocena po 0,5 bodu. Tato stupnice je založena na standartních neurologických vyšetření zaměřena na sedm funkčních systémů – zrak, motorika, kmenové a mozečkové funkce, sfinktery (svěrače), senzitivní obtíže, orientační hodnocení kognitivních funkcí a únavy (Valouchová, 2018).

Klasifikace RS

Roztroušená skleróza se, podle Národní společnosti pro roztroušenou sklerózu, klasifikuje do čtyř forem, které pomocí dřívějšího průběhu onemocnění předvídají budoucí průběh. Tyto formy jsou: Relaps remitentní (RR) forma charakteristická střídáním atak a remisí v období několika let, Sekundárně progresivní (též chronicko-progresivní) forma následuje za relaps remitentní formou a je typická postupným progredujícím zhoršováním, Primárně progresivní forma postihující až 15 % onemocněných je charakteristická pomalou progresí obtíží až invalidity a Relabující progresivní forma je vzácná a vyznačuje se trvalým a vážným neurologickým poškozením po každé atace.

Diagnostika

Diagnostika RS se v posledních letech výrazně zpřesnila a zrychlila (Havrdová, 2015). Vývoj diagnostiky se sestával z počátku z definování pouhých klinických příznaků přes zavedení elektrofyziologických a biochemických metod až k potvrzení diagnózy pomocí zobrazovací metody magnetické rezonance. Díky magnetické rezonanci jsme schopni vidět i drobná zánětlivá ložiska v mozku či míše a sledovat tak v průběhu let dynamiku choroby. Magnetická rezonance je nám taky schopna ukázat až 3-10krát více ložisek, než kolik vzniká klinických atak a poukazuje na fakt, že nemoc neustále progreduje (Havrdová, 2015). RS je diagnostikována nejčastěji mezi 20. a 40. rokem života. Může se ale poprvé projevit jak v dětském, tak po 50. roce života.

Diagnostická kritéria pro RS jsou pravidelně aktualizována. Cílem těchto aktualizací je zajištění co nejrychlejší diagnostiky, se zachováním vysokého úrovně přesnosti a citlivosti v identifikaci roztroušené sklerózy. Aktuální revize McDonaldových kritérií z roku 2017 stanovuje, že diagnostika se sestává z hodnocení klinických obtíží, popisů nálezů magnetické rezonance (splnění kritérií diseminace charakteristických nálezů v mozku a míše v čase a prostoru) a imunologického vyšetření mozkomíšního moku (Vališ, 2020). Díky těmto vyšetřením je možné nejen

RS diagnostikovat rychleji, ale také vyloučit jiná možná onemocnění (Ampapa, 2019).

Terapie RS

Léčba roztroušené sklerózy se soustředí na zejména na modulaci imunologických procesů, na zmírnění symptomů a pozůstává z několika druhů terapií. Druhy aplikovaných terapií se odvíjejí od přítomných příznaků, které jsou zase specifické vzhledem k umístění lézí v mozku pacienta. Obecně platí, že časné zachycení nemoci a systematická dlouhodobá péče může postup nemoci signifikantně zpomalit a zlepšit kvalitu pacientova života (Patti, 2002).

Farmakoterapie, tedy medikamentózní léčba roztroušené sklerózy, prošla za posledních 20 let markantní proměnou s pozitivními důsledky na klinický stav pacientů s RS. „Výsledky klinických studií a výzkumů potvrzují, že včasnou diagnostikou, a hlavně léčbou v počátečních stádiích onemocnění lze výrazně zpomalit progresi RS, bránit trvalému poškození a dlouhodobě zachovat funkčnost důležitých nervových struktur” (Vališ, 2020). Léčba je individuální a soustředěna do díkce specialistů v centrech pro léčbu demyelinizačních onemocnění, RS, či MS center.

Postižení horních končetin u RS

Postižení funkce horních končetin zahrnuje celou škálu symptomů. Jedná se o poruchu motorických funkcí – oslabení svalové síly, oslabení určitých svalových skupin, poruchy hrubé či jemné motoriky (dyspraxie či apraxie), poruchy koordinace horních končetin. Dále mohou být přítomny poruchy senzitivity. Mezi projevy patří také spasticita.

Spasticita je charakterizována narušením svalového tonu. Vychází z hyperaktivních tonických reflexů závislých na rychlosti pasivního protažení svalů. Projevuje se v různé míře až u 70 % lidí s RS a vyznačuje se snížením pohyblivosti, zvýšeným odporem při volných pohybech, narušením samostatné lokomoce, což vede i ke zhoršení zvládnání běžných denních aktivit, včetně základní denní hygieny, a podílí se také na vzniku poruch spánku (Vacek, 2017).

Na horních končetinách se spasticita projevuje v určitých základních typech, které dominantně postihují určité svalové skupiny. K těmto typickým projevům patří: addukční spasticita paže, flekční spasticita v lokti, pronační spasticita předloktí, flekční spasticita ruky (s častým projevem syndromu karpálního tunelu), spasticita ruky s addukcí a flexí palce (Kolář. 2020. s. 63).

Fyzioterapie u roztroušené sklerózy

Fyzioterapie má potenciál ovlivnit spasticitu a narůstající těžkosti s chůzí (Dobson, R. & Giovannoni. 2018). Dle výsledků meta-analýzy (Etoom, 2018; Yvonne, C. L., 2016) je fyzioterapie účinná zejména při tréninku hrubé motoriky a stability (například při chůzi) a léčbě spasticity. Ovlivnění spasticity horních končetin se ve fyzioterapii zaměřuje na projevy poruch jejich funkcí a využívá k tomu několik terapeutických metod, které je možné a vhodné vzájemně kombinovat a vytvořit tak individualizovanou terapii. Sestavením jednotlivých terapií pro jedince, tak dosáhneme lepších výsledků.

Fyzioterapie na neurofyziologickém podkladě se zaměřením na horní končetiny

Důležité jsou nejen analytické postupy, díky kterým zjistíme svalovou sílu jednotlivých svalů a rozsah pohybu, ale hlavně správná aplikace získaných zjištění a vhodné sestavení fyzioterapie. Fyzioterapie na neurofyziologickém podkladě v rehabilitaci u neurologických onemocnění využívají různé formy aferentní stimulace ve snaze iniciovat plastické adaptační procesy (Kolář, 2020. s.307). Tento druh terapie ovlivňuje příznaky a průběh onemocnění pomocí fyziologických procesů a vychází ze znalostí senzomotorického učení. Pro lepší výsledek terapie by měl pacient pohyb pochopit, prožít a následně být schopen ho přenést do běžného života (Kolář. 2020. s. 380).

Mezi metodami na neurologickém podkladě blíže nastiňuji popis dvou terapeutických metod – Motorické programy aktivující terapie (MPAT) a Proprioeptivní neuromuskulární facilitace (PNF), jelikož těmto metodám se věnuji v praktické části.

Motorické programy aktivující terapie (MPAT). Motorické programy aktivující terapie (MPAT) je terapeutická metoda vhodná při léčbě neurologických poruch či poškození nervového systému. Tato metoda vede k aktivaci motorických programů, které jsou geneticky dané a tedy, u každého jedince schopné vybavit. Cílem této metody je tyto podvědomé vzory zaktivovat a využívat v běžném životě. Vede ke stabilizaci, a tedy i k dynamickému udržování polohy těla vleže, vsedě, při vstávání, ve stoji, a i v samotném nároku. Při terapii se tedy hlavně centrují klouby, rovná postura a využívá terapeutova vnějšího působení, čímž se spustí požadovaný motorický vzorec a tělo zaktivuje (Řasová, 2007).

MPAT zahrnuje různé formy cvičení, které jsou navrženy tak, aby odpovídaly individuálním potřebám jedince a cílily na obnovení či zlepšení motorických funkcí. Klíčovým principem je opakování a variabilita pohybových prvků, tak aby docházelo k rychlejšímu osvojení a zapamatování konkrétní dovednosti. Absolvování terapií by mělo vést pacienty k správnému využití naučené dovednosti do každodenního života (Řasová, 2017).

Proprioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF). PNF je účinná komplexní facilitační metoda, která signalizací z vlastního těla usnadňuje pohyby. Tyto signalizace jsou jak z kožních, svalových, tak i kloubních receptorů. Při terapiích je potřeba aktivní zapojení pacienta, ten provádí přesně určené pohyby, které mají spirální a diagonální průběh. Pohyby se provádí horními i dolními končetinami (Kolář, 2020. s. 313).

Metoda PNF je vystavěna na zlepšování nervosvalového mechanismu pomocí oslovování proprioceptivních orgánů – specializovaných sensorických receptorů ve svalech, šlachách a kloubech. Receptory umožňují vnímání vlastního těla a jeho pohybů bez potřeby vizuální kontroly. Informace z těchto receptorů jsou klíčové pro udržení rovnováhy, koordinaci pohybů a kontrolu nad vlastním tělem (Holubářová a Pavlů, 2021).

PNF metoda využívá pohybů sestavených do tzv. sdružených pohybových vzorců. Tyto pohyby jsou odvozené z přirozených pohybů

každodenního života a účastní se na nich celé svalové skupiny. Pohyb tedy probíhá současně v několika kloubech a rovinách (Holubářová a Pavlů, 2021).

Pohybové vzorce odpovídají topografickému uspořádání svalů, proto mají jak diagonální, tak spirální charakter. Diagonální složku představuje flexe nebo extenze, spirální složku zajišťuje rotace. Jejich provedení může být jako pasivní pohyb, aktivní pohyb s dopomocí, aktivní pohyb, nebo i jako pohyb proti odporu. Výhodou pohybových vzorců je, jejich variabilita využití u všech stupňů postižení spasticity, neboť se dají provádět jak v plném rozsahu pohybu, tak i v omezeném rozsahu či jen v malých úsecích vzorce (Holubářová a Pavlů, 2021).

Další, velmi důležitou částí metody PNF jsou její facilitační mechanismy, mezi které patří: protažení, maximální odpor (vhodný pro pacienta), manuální kontakt, povely, trakce a komprese a zrak. Těchto šest mechanismů přispívá k adaptačním změnám v CNS a musí být terapeutem (a spolu s pacientem) provedeno ve správném pořadí, s dostatečnou rychlostí a vhodnou silou (Holubářová a Pavlů, 2021).

Dále se pro terapii spasticity u pacientů s RS, kromě těchto dvou metod, dá využít např. Vojtova reflexní terapie, která je založena na aktivaci zaniklých motorických funkcí. Využívá novorozeneckých pohybových vzorců, jako je reflexní otáčení a plazení. U pacientů s RS se díky této metodě dá zabránit rozvoji patologických vzorů pohybu, a naopak přispět ke správnému držení těla, koordinaci a rovnováze.

Další terapeutickou možností je koncept manželů Bobathových. Tento koncept se zaměřuje na zvýšené napětí svalů u lidí s neurologickým postižením a klade důraz na individuální přístup k rehabilitaci. Využívá terapeutických postupů zabráňujících používání patologických pohybových vzorů, a naopak stimuluje využití přirozených pohybových vzorů. Zajišťuje vzpřímené držení těla, a hlavně schopnost včas reagovat na změny zevních a vnitřních sil. To slouží jako opatření k prevenci pádu. Terapie pak probíhá specifickou manipulací s jedincem, též zvanou jako handling. Terapeut využívá jak manuální doteky, tak i slovní a vizuální kontrolu ke korekci a k

navození volní i mimovolní hybnosti. Cílem je implementovat handling do aktivit běžného života, jako je oblékání či hygiena.

Mezi další terapeutické metody, které by se daly použít u lidí s RS, patří i Akrální koaktivační terapie (ACT) doktorky Palaščákové Špringerové, nebo Dynamická neuromuskulární stabilizace (DNS) prof. Koláře. Obě tyto metody mají, stejně jako Vojtova reflexní terapie, základ ve vývojové kineziologii a odvíjí se tedy od správného držení těla a správného pohybového vývoje.

Velmi nápomocné jsou ale i terapie zaměřené na sebeuvědomování pomocí pohybu. K nim přiřazujeme např. Feldenkraisovu metodu, taneční terapii nebo i tradiční čínské bojové umění zvané tai-chi. Jedinec má poté možnost lépe porozumět svému tělu, rozvrhnout potřebnou sílu a vyhnout se případnému zhoršení stavu následkem únavy. Dalším pozitivním faktorem bývá, že terapie tohoto typu jsou vedeny ne individuálně (pouze terapeut – pacient), jak tomu bylo u předchozích metod, ale v kolektivu, což může pozitivně působit na psychiku jedince a zlepšit tak efekt terapie (Řasová, 2017).

2. Virtuální realita v léčbě roztroušené sklerózy

Virtuální realita je moderním technologickým konceptem, který nyní nachází uplatnění ve vědecko-výzkumných projektech, terapii a rehabilitaci pacientů se širokou škálou neurologických onemocnění. Ve své rešeršní práci pro potřeby projektu, který se věnuje využití virtuální reality v rehabilitaci pacientů s roztroušenou sklerózou a zaměřuje se na ovlivnění funkce horních končetin byla využita platforma *Google Scholar*. Pro vyhledávání jsem nastavila filtr roku vydání na vyhledávání článků vydaných v roce 2015 a později a zadávala jsem klíčová slova, která jsem potřebovala k dílčím podkapitolám: „multiple sclerosis“, „treatment“, „virtual reality“, „physiotherapy“, „upper limb“. Ve všech případech jsem získávala několik tisíc výsledků, přičemž jsem pro další rešerši použila pouze systematické přehledové články (*review*).

Dle systematické přehledové studie (Masseti, 2016) shrnující 41 relevantních článků mapujících efektivitu zařazení virtuální reality do fyzioterapie pacientů s roztroušenou sklerózou představuje nová technologie motivující alternativu k tradičním motorickým terapiím. Virtuální realita může být nápomocna při léčbě kognitivních i motorických deficitů. Užitečná je zejména v těch případech, kdy se pacient kvůli své geografické lokaci nebo pokročilému stavu motorické degradace nemůže sám dostavit do rehabilitačního centra. Její nejsilnější přínos však spočívá v schopnosti gamifikace stereotypních úkonů, které musí pacienti v rámci fyzioterapií opakovat, a které samy o sobě nejsou motivující. Pokles motivace totiž obvykle mívá za důsledek snížení efektivitu vykonávaných cviků, což negativně ovlivňuje celou terapii.

Mezi důležité vlastnosti a funkce virtuální reality, které umožňují její zapojení v rámci terapie, patří hlavně zpětnovazebný charakter systému. Ten podmiňuje možnost vyhodnocení správnosti vykonávaných cvičení. Dále je to také možnost prezentace vizuální, zvukové a taktilní složky (zejména v rámci aplikací využívajících tzv. mixovanou realitu), které jsou podstatné při udržování míry pozitivní motivace.

Časté problémy lidí s roztroušenou sklerózou jsou i potíže spojené s jemnou motorikou horních končetin, což může vést k omezování aktivit každodenního života. Na to se zaměřila studie Cuesta-Gómez (2020), která pomocí serious games ve virtuální realitě propojila terapii na zefektivnění svalové síly úchopu a také zručnosti. Výsledky této studie ukázaly výrazné zlepšení v jemné a hrubé motorice horních končetin, koordinaci a rychlosti prováděných pohybů.

Na tuto problematiku odkazuje i pilotní studie Jonsdottir (2018), která využila serious games na programu Rehab@Home. Zde byly pozitivní výsledky nejen ve zlepšení pohybové funkce horních končetin, ale také si všimly větší motivovanosti k terapii jako takové.

Z rešerše vyplývá vhodnost využití virtuální reality ve fyzioterapii horních končetin.

Fyziologická kineziologie horní končetiny a kinematika pohybu / kinematika horní končetiny

Problematika jednotlivých kinematických vztahů na HK je východiskem kinematické analýzy provedené v praktické části, proto níže v odstavcích uvádím relevantní podrobnosti z literatury (Dylevský, 2009).

Horní končetina, jakožto komunikační a manipulační orgán, je orgán, který nám umožňuje spojení s okolím, a i s vlastním tělem. Z anatomického hlediska se skládá z pletence horní končetiny, paže, předloktí a ruky, kdy její dominantní funkcí je úchop a manipulace.

Pletenec horní končetiny je velmi pohyblivý systém složený z lopatky a klíční kosti, což je tzv. pasivní komponenta. Do aktivní komponenty, pak patří především svaly působící na lopatku. Retrakce, neboli sunutí lopatky dozadu, je umožněno až o 10° pomocí střední části *m. trapezius*, *m. rhomboideus major* a *m. rhomboideus minor*. Elevaci neboli zdvih, umožňuje horní část *m. trapezius* a *m. levator scapulae* a je schopna se od původní polohy zdvihnout až o 55°. Naopak o depresi lopatky, neboli její sunutí směrem dolů, se potom zaslouhuje dolní část *m. trapezius*, který ji posune pouze o 5°. Mezi další pohyby, které lopatka může vykonávat je protrakce – sunutí dopředu, a anteverze – otáčení dopředu. Oba tyto pohyby se vykonávají ve stejnou chvíli v závislosti na sobě, pomocí *m. serratus anterior*. Při protrakci se posune přibližně o 10° a při anteverzi až o 30°.

Paže je složená z jedné jediné kosti, která svojí horní částí tvoří ramenní kloub a dolní je v bezprostředním vztahu s loketním kloubem. Ramenní kloub je nepohyblivější kloub v lidském těle a na jeho stabilitě se podílí hlavně svaly. Flexi paže zajišťuje *m. deltoideus*, *m. coracobrachialis* a krátká hlava *m. biceps brachii*. Opačný pohyb, extenzi, zajišťuje *m. latissimus dorsi*, *m. teres major* a *m. deltoideus*. Oba tyto pohyby jsou možné až v rozsahu 120°. *M. deltoideus* také v ramenním kloubu umožňuje abdukci, společně s *m. supraspinatus* a *m. serratus anterior*. Addukci naopak zajišťuje *m. pectoralis major*, *m. latissimus dorsi* a *m. teres major*. Ramenní kloub také provádí, díky *m. infraspinatus* a *m. teres major*, zevní rotaci a pomocí *m. subscapularis*, *m. latissimus dorsi* a *m. teres major*,

vnitřní rotaci. Rozsah pohybu v ramenním kloubu je těmito směry umožněn až na 90°.

Předloktí je složeno ze dvou paralelně uložených kostí – kost loketní a vřetení. Obě tyto kosti společně s kostí pažní vytváří loketní kloub. Loketní kloub je schopen flexe, extenze, pronace a supinace. Flexe je umožněna hlavně díky *m. biceps brachii*, *m. brachialis* a *m. brachioradialis*. Naopak extenzi v loketním kloubu zajišťuje převážně *m. triceps brachii* a *m. anconeus*. U obou pohybů se udává rozsah od 125° až do 145°. Pronace předloktí je umožněna díky obtočení kosti vřetení kolem kosti loketní. Tento pohyb iniciuje hlavně *m. pronator teres*. Navrácení předloketních kostí zpět do paralelního postavení se pak označuje jako supinace. Supinace je antigravitační pohyb, na který je potřeba větší síla, tu zajišťuje hlavně *m. biceps brachii* a *m. supinator*. Rozsah pronace i supinace je kolem 150°.

Poslední a nejdistančnější část horní končetiny je ruka. Hlavní funkcí ruky je úchop a jemná motorika. Ruka je schopná pohybů směrem do flexe, extenze, abdukce a addukce, a to jak v oblasti zápěstí, tak i článků prstů. Tyto pohyby jsou prováděny buď pomocí šlach svalů vedoucí od předloktí anebo vlastními svaly ruky (Dylevský, 2009).

Kinematická analýza pohybu HK ve VR a její využití u neurologicky nemocných

Základem kinematické analýzy je sběr informací o pohybu a zabývá se jeho kinematickou stránkou. Ta zahrnuje veškeré časoprostorové závislosti, z čehož se dále odvozuje rychlost a jednotlivé zrychlení částí těla a určují se úhly pohybujících se segmentů vzhledem k pevnému bodu. V dnešní době se díky tomu kinematická analýza využívá jak ve sportu, tak i jako analyticko-diagnostický terapeutický prvek v medicíně.

Využití mezi medicínskými obory našla kinematická analýza v odvětví neurologie a neurorehabilitace, a proto není překvapivé, že se začínají objevovat různé studie, které se tímto začaly zabývat. Mezi takové patří například studie (Mirek, 2007), která zkoumala kinematiku chůze a rovnováhy u lidí s Parkinsonskou chorobou. Zjistili, že se u testovaných probandů trpících touto chorobou, na rozdíl od zdravých, projevuje značné

zpomalení chůze a délka kroku. To bylo následkem sníženého pohybu v kloubech dolních končetin a přispělo to také k delší fázi dvojité opory a kratší fázi švihové.

Ačkoliv je velké množství studií věnovaných analýze pohybu, u neurologických pacientů výzkum přináší více informací o intervencích zaměřených na dolní končetiny. Studií, které by zkoumaly horní končetiny je o značné množství méně. Doposud vytvořené studie se zaměřily spíše na kinematickou analýzu pohybu horních končetin za využití robotiky. Mezi takové patří i studie (Carpinella, 2020) ve které se zaměřili na efekt rehabilitace horních končetin u lidí po cévní mozkové příhodě. Zaměřili se na analýzu koordinace pohybu mezi ramenem a loktem, pohybu lokte do extenze a případně vzniklé kompenzační pohyby trupu. Výsledkem studie se ale ukázalo, že robotická terapie je sice úspěšná, ale dosahuje stejných výsledků za stejný čas, jako klasická terapie provedená fyzioterapeutem.

Na omezení pohyblivosti horních končetin po cévní mozkové příhodě se zaměřil i článek vydaný Singapurským lékařským časopisem (Samuel, 2015), který využil virtuální realitu nejen ke každodenní terapii, ale i ke kinematické analýze pohybu. Výsledkem bylo markantní zlepšení hrubé motoriky, což přispělo i ke zlepšení soběstačnosti jako takové.

Pro hodnocení efektivity zkoumané intervence, v našem případě virtuální reality je možné využít mnohých klinických testů. Pro sjednocení metodiky výzkumných projektů bylo vydáno doporučení MS-EDGE., kde byl také nástroj Box and Block test (BBT) vyhodnocen jako doporučený ve výzkumu.

Možností hodnocení validity dat získaných z virtuální reality HCT VIVE, kterou využívá i náš projekt, se zabývali Spitzley a Karduna (2019) a z jejich výzkumu vyplývá, že úhlové odchylky, rotační drift (posun) a translační posun nepřesahují normální rozsahy odchylek ve výzkumech zkoumajících kinematická data a dokladují tak vhodnost využití systému HCT VIVE pro sběr kinematických dat (Spitzley a Karduna, 2019).

Z rešerše vyplývá výjimečnost této práce. V současné době je velmi malé množství projektů, které zahrnují využití kinematických dat získaných

ve virtuální realitě, u lidí s roztroušenou sklerózou, a následnou korelací těchto dat s výsledky z klinických testů. Korelací těchto dat s klinickými testy můžeme poskytnout komplexnější pohled na účinnost terapeutických intervencí a správnost interpretace, výkladu těchto dat, což může vést k vývoji efektivnějších rehabilitačních programů.

Výzkumné otázky

V této práci jsme se zaměřili hlavně na tyto 2 výzkumné otázky:

1. Dojde ke změně hodnocených parametrů před a po rehabilitační intervenci?
2. Korelují výsledky dat získaných z kinematické analýzy, které vypovídají o hrubé motorice a globálních funkcích horní končetiny a schopnosti přesně následovat danou trajektorii s klinickým hodnocením hrubé motoriky horních končetin?

Hypotézy

H0: Není rozdíl mezi vstupními a výstupními hodnotami u následujících kategorií dat: BBT a Diagonále 1, Diagonále 2, Spirála A a Spirála B

H1: Výstupní vyšetření ukazuje zlepšení hrubé motoriky pomocí BBT, který je statisticky signifikantní, potvrzující efekt fyzioterapie u obou zkoumaných skupin pacientů

H3: Výstupní vyšetření ukáže zlepšení parametrů kinematických dat: vzdálenost od zadané trajektorie pohybu ve VR

H4: Nalézáme významnou korelaci mezi změnami BBT a jednotlivými výsledky kinematické analýzy dat z virtuální reality, i) diagonála 1, ii) diagonála 2, iii) spirála A a iv) spirála B

4. PRAKTICKÁ ČÁST

Příspěvní autorky textu: Autorka této práce pracovala terapeuticky se sedmi pacienty v intervenční větvi. Následně zpracovala dostupná data z virtuální reality – ze vstupní a výstupní kinematické analýzy a u daných probandů analyzovala i klinický dopad na BBT. Tyto práce umožní zodpovězení výše zmíněné výzkumné otázky. Toto je předběžná analýza části dat ze zmíněné randomizované klinické studie.

Metodika

Tato bakalářská práce využívá části dat z klinické randomizované studie „*Virtuální realita ve fyzioterapii nemocných s roztroušenou sklerózou – cesta k zefektivnění plastických a adaptačních procesů mozku*“. Výzkumný projekt je registrován v clinicaltrials.gov pod ID: NCT04807738. Projekt byl schválen etickými komisemi IKEM a FTN a FNKV. Probandi se zájmem o zařazení byli nejdříve seznámeni se studií, následně bylo zhodnoceno, zda splňují vstupní kritéria. Pakliže ano, podepsali informovaný souhlas (Příloha č. 2). Vyšetření, klinické testování bylo provedeno nezávislým vyšetřujícím v Thomayerově fakultní nemocnici v Praze. Probandi této studie byli randomizováni do dvou skupin – intervenční a kontrolní. Terapie byly zaměřené na zlepšení funkce horních končetin, stability trupu, vstávání do stoje a zlepšení stability stoje, ať už v experimentální větvi, s využitím virtuální reality pod vedením terapeuta, či v reálném prostředí bez VR. Při 15. terapii se opakovalo provedení záznamu kinematických křivek. Po dokončení všech 15 terapií bylo provedeno výstupní vyšetření, které je totožné s vyšetřením vstupním.

4.1.1. Vstupní a vylučovací kritéria, randomizace

Vstupní kritéria pro zahrnutí do studie:

- Jednoznačná klinická diagnóza RS
- EDSS ≥ 2 a ≤ 7 určena neurologem nebo vyškoleným klinikem
- bez recidivy poslední měsíc
- bez změn v nemoci modifikující léčby a bez terapie kortikoidy v průběhu posledního měsíce

Vylučovací kritéria:

- jiné faktory narušující mobilitu horních končetin (st. po mozkové příhodě, zlomeniny, muskuloskeletální příčiny)
- snížení kognitivní funkce komplikující vyšetření a následnou terapii
- závažná interní kontraindikace
- kontraindikace vyšetření pomocí fMRI (implantován kardiostimulátor, přítomnost kovových svorek či jiných kovových předmětů v oblasti hlavy a obličeje)

V případě, že proband splnil podmínky a byl informován o povaze intervencí, podepsal informovaný souhlas a byl randomizován na základě počítačově generovaného setu čísel, alokace proběhla metodou tzv. opaque sealed envelopes concealment (metoda zaslepení alokace neprůhlednými obálkami).

4.1.2. Vstupní vyšetření

Každému jednotlivci studie byla na začátku odebrána anamnéza osahující základní osobní a demografické údaje (věk, pohlaví, výška, váha, dominance končetin), osobní anamnéza, farmakologická anamnéza (současná farmakologická léčba a údaje o poslední léčbě kortikosteroidy).

Dále byly zjišťovány informace týkající se roztroušené sklerózy: délka trvání od diagnózy, typ RS, Expanded Disability Status Scale (EDSS, škála kvantifikující postižení nervového systému u pacientů s RS), aktuální neurologická zpráva (ne starší než 3 měsíce), doba od posledního relapsu,

doba od poslední hospitalizace, doba od poslední rehabilitace, četnost pádů a případné využívání kompenzačních pomůcek.

Klinická vyšetření

Vstupní a výstupní vyšetření byla prováděna nezávislým ergoterapeutem z Fakultní Thomayerovy nemocnice v Praze, který byl o studii a způsobu vyšetření informován. Celé vyšetření se skládalo z 5 validovaných testů (5STS, 9HPT, HGS, BBT a akcelerometr) a dotazníků (MSIS-29, VAS a Evropský dotazník zdraví – 5 rozměrů – 5 úrovní). Testování bylo prováděno přibližně týden před zahájením terapií a nejpozději týden po poslední terapii. Po dokončení terapií probandí vyplnili dotazníky týkající se zpětné vazby ohledně uživatelské zkušenosti s virtuální realitou pro zpětnou vazbu vývojářů virtuální reality.

Testy:

- 1) 5STS – Five times Sit to Stand test (test pěti vstávání) – hodnocení rychlosti vstávání a posazování
- 2) 9HPT – Nine Hole Peg Test (Devítikolíkový test) – hodnocení jemné motoriky
- 3) HGS – Hand Grip Strength (Síla stisku ruky) – hodnocení pomocí dynamometrem
- 4) BBT – Box and Block test (Kostičkový test) – hodnocení hrubé motoriky
- 5) Vyšetření třesu Akcelerometrem LIS 3LV02DQ (od firmy ST Micro)
- 6) Dotazníky:
- 7) MSIS-29 Multiple Sclerosis Impact Scale – 29 (Škála dopadu RS – 29) – zaměřené na vnímání dopadu onemocnění
- 8) VAS – škála hodnotící subjektivní vnímání schopnosti jemné motoriky a stability v sedě
- 9) EQ-5D-3L-health questionnaire (Evropský dotazník zdraví – 5 rozměrů – 5 úrovní) – týkající se mobility, bolesti, sebeobsluhy, denních činností

V této práci jsem se zaměřila na výsledky z Box and Block testu, který blíže přibližuji.

Box and Block Test (BBT)

BBT je jeden z nejvyžívanějších standardizovaných testů na horní končetinu u neurologických pacientů. Uplatňuje se u něj hrubá i jemná motorika, rychlost, obratnost, koordinaci oko – ruka a hodnotí také pracovní schopnost jedince anebo schopnost provádění úkonu podle instrukcí. Výhody tohoto testu jsou také nízké pořizovací náklady, jednoduchá proveditelnost, rychlá administrace, snadné vyhodnocení výsledků a schopnost zaznamenání pokroku v terapii. Velkou výhodou testu je také jeho vhodnost pro obě pohlaví, a to prakticky v jakémkoliv věku, dále je také realizovatelný pro lidi se sníženou inteligencí nebo omezenou zručností. Jeho největší nevýhodou v České republice bylo využívání různých verzí překladů instrukcí z originálního anglického znění od Mathiowetze et al. z roku 1985, což plně nesplňuje podmínky standardizovaného testování podle Švestkové et al. (2013), neboť je standardizace testů založena mimo jiné i na: „*stanovení jednotné instrukce*“. O jednotnou českou verzi se v roce 2021 zasadila Rybářová et al. a doplnila ji navíc i o instrukce k provedení tří po sobě jdoucích pokusů na každé horní končetině. Dále manuál doplnila o pravidla k administraci testu, dodává řešení různých situací, které se často během testování v praxi stávaly a poskytuje popis správného vyhodnocení výsledků testování (Poláková, 2022).

Test se skládá z dřevěné krabice, která je rozdělena přepážkou. Na jedné straně přepážky se nachází 150 dřevěných kostek totožné velikosti. Úkolem testovaného je během jedné minuty přesunout přes přepážku po jedné co nejvíce kostek na druhou stranu. Jako první se testuje dominantní končetina. Nejprve se začíná jedním zkušebním pokusem, který trvá 15 sekund, následují ho tři hlavní pokusy trvající 1 minutu. Stejně probíhá testování nedominantní HK. Počet přendávaných kostek nám pak udává výslednou hodnotu. Závěrečné vyhodnocení závisí na počtu přendávaných kostek (Poláková, 2022).

Obrázek 1: Box and Block test zdroj: <https://tealegrar.com.br/produtos/box-and-block-test-bbt/>



4.1.3. Vstupní vyšetření ve virtuální realitě

Součástí první a poslední terapie bylo získávání dat z kinematických křivek ve virtuální realitě. To probíhalo za pomoci unifikované vstupní (totožné i pro výstup) nahrávací aplikace, která měla pevně určené nastavení a tím se zajistila jednotnost vyšetřovaných dat. Vzhledově se, pro účastníky přiřazené do intervenční skupiny, nelišila od normální terapeutické aplikace používané během terapií.

Vstupní nahrávací aplikace se skládala z následujících cviků: sbírání míčků, spirála A (pravotočivá), spirála B (levotočivá), diagonála I., diagonála II., diagonála III. a vstávání.

Každý cvik se opakoval pětkrát a vždy se začínalo nejdříve pravou končetinou, nezávisle na dominantní stranu jedince. Nahrávání dat k analýze, však neprobíhalo u všech cviků. Cvik sbírání míčků sloužil k adaptaci jedince na virtuální prostředí, a vstávání, které se jako jediné dělalo pouze třikrát, pro jeho obtížnou proveditelnost.

Detailnější popis k jednotlivým cvikům a průběhu terapie se nachází níže.

4.1.4. Intervenční skupina – popis metody virtuální reality

Tento program byl individuálně vyvinut pod vedení prof. Řasové a jejím týmem, ve spolupráci s kolegy z Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni. Bylo použito zařízení HTC Vive, který se skládá z headsetu – speciální brýle zobrazující virtuální realitu, dvou sledovacích stanic, které ohraničují virtuální prostředí a zaznamenávají

polohu jedince, a v neposlední řadě 6 trackerů. Trackery jsou umístěny na zápěstí, paži, hrudníku a židli. Díky trackerům, které mají za úkol registrovat pohyb jedince, jsme byli schopni v programu evidovat trajektorii pohybu v jednotlivých cvičích a tyto trajektorie pak později mezi sebou porovnávat. K porovnávání se využívali trajektorie s první a poslední terapie (Karasová, 2022).

Obrázek 2: HTC Vive set (zepředu ovladače, ve prostřed headset, vzadu sledovací stanice)
zdroj: <https://www.knoxlabs.com/products/htc-vive-pro-2-full-kit>



Obrázek 3: tracker zdroj: <https://www.vr-shop.cz/produkt/htc-vive-tracker-3-0/>



Terapie ve virtuální realitě se sestávala z následujících herních částí:

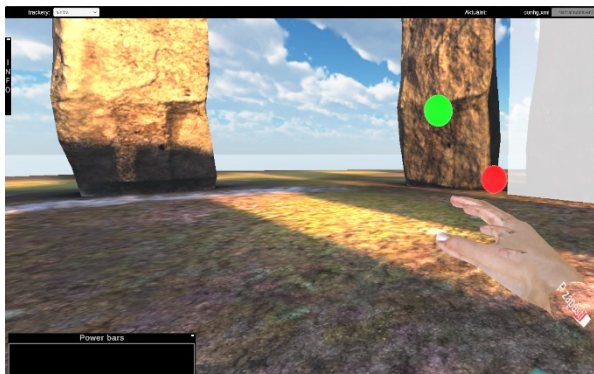
1. Sbírání míčků
2. Spirála A (pravotočivá)
3. Spirála B (levotočivá)
4. 1. diagonála
5. 2. diagonála
6. 3. diagonála
7. Vstávání

Samotná terapie byla zahájena korigovaným sedem podle MPAT. Proband byl nejdříve do sedu nastaven terapeutem, poté byl vyzván, aby se pokusil v tomto nastaveném sedu vydržet po celou dobu terapie. Pokud jedinec nebyl schopen tuto polohu znova zaujmout a udržet, přistoupil terapeut a pomocí vhodné kombinace aferentních podnětů sed zaktivoval. Tím se zacílilo na lepší vnímání celého těla jako celku. Následně terapeut umístil na probanda trackery a pomohl s nasazením VR brýlí. Po kontrole správnosti terapeut spustil software a kalibraci na míry jedince – vzdálenost horních končetin od hrudníku, hlavy a trackeru na židli. Díky tomu, se zajistilo, aby virtuální prostředí kolem jedince bylo v adekvátní vzdálenosti k jeho mírám a všechny důležité body se nacházely v jeho dosahu, aniž by musel vstát ze židle a přerušit tak korigovaný sed.

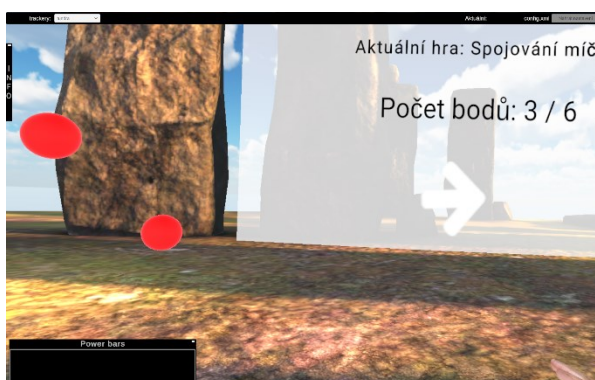
Každý cvik byl nejdříve proveden dominantní končetinou probanda, následně to samé, se stejným počtem opakováním bylo provedeno i druhou končetinou. Po každém splněném cviku následovala pauza, kterou si jedinec časově korigoval sám, podle jeho potřeb. Mohly jsme se tak vyhnout přílišnému vyčerpání probanda.

Prvním cvikem bylo *“sbírání míčků”*. Ve virtuálním prostředí se kolem probanda náhodně objevilo 6 míčků, které byly až ve třech barvách – bílá, zelená a červená. Barevné odlišení míčků bylo pro probanda důležité, neboť principem tohoto cviku bylo se natahovat vždy jen po jednom zeleném míčku, kdy ostatní míčky byly v bílé barvě, dokud nezčervenal. Červený míček tedy indikoval pomyslné *“chycení”* míčku. Tímto stylem bylo chyceno všech 6 míčků. Pokud se proband koukal jiným směrem, než byl zelený míček, objevila se pomocná šipka, která probanda naváděla ke správnému míčku. Po posbírání všech míčků následovala pauza. Následně se přešlo na totožné cvičení, ale pro druhou končetinu. Klinickým cílem hry sbírání míčků bylo seznámit probanda s prostředím virtuální reality a zjistit nakolik je schopen sám udržet sed, popřípadě, pokud korigaci neudržel, zda je schopný se do sedu nastavit zpět sám (popřípadě dopomohl terapeut).

Obrázek 4: sbírání míčků [zdroj: vlastní]

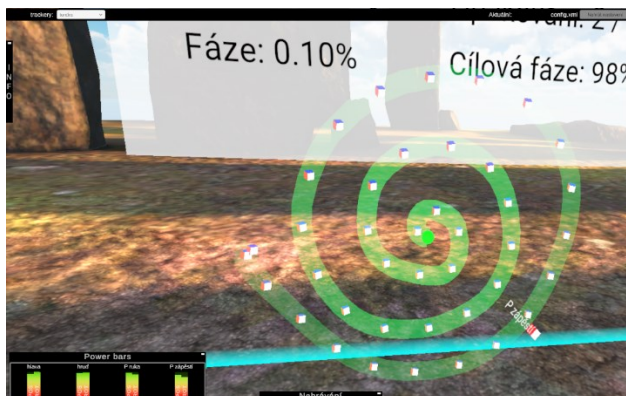


Obrázek 5: sbírání míčků + pomocná šipka [zdroj: vlastní]



Druhým cvikem byla tzv. *spirála*. Před probandem se objevila vodící čára zatočená do pravotočivé spirály, tedy po směru hodinových ručiček (viz. obr.) (v tabulkách dále v sekci výsledky označována jako “*spirála A*”), skládající se ze 3 závitů. Na jejím vnitřním začátku se nacházel míček, který měl proband za úkol dostat po trajektorii na vnější konec spirály. Pohyb musel vycházet pouze z ramenního kloubu a musela být dodržena extenze v loketním kloubu. Pokud byl loket flexován, a tedy i pohyb vycházel pouze z tohoto kloubu, tak se míček na své trajektorii zastavil a nepokračoval po trajektorii, dokud pohyb nebyla provedena korekce pozice horní končetiny. Po dovedení míčku na konec spirály se začalo od znova z vnitřní strany. Proces se opakoval pětkrát. Po 5 opakování následovala pauza, následně se přešlo opět na úplně stejnou spirálu, ale tentokrát pro nedominantní končetinu. Po provedení pravotočivých spirál na obou končetinách pokračovalo stejné cvičení v opačném směru, tedy proti směru hodinových ručiček (v tabulkách ve výsledkové sekci označována jako “*spirála B*”). Po celou dobu cvičení proband sedí v korigovaném sedu.

Obrázek 6: spirála A [zdroj: vlastní]



Dalšími cviky byly diagonály I. a II. vycházející z metody PNF a dále prodloužená diagonála II, zde označována jako diagonála III. Před probandem se opět objevila vodící trajektorie s míčkem na jejím začátku. Jedinec opět vede míček po trajektorii, v momentě, kdy dosáhne vrcholu se ozve zvuk indikující splnění úkolu a proband jede s míčkem po trajektorii zase zpět, dokud opět neuslyší zvuk. Tímto je tedy kladen důraz jak na flekční, tak i extenční vzorec diagonál. Ke správnému provedení spirál napomáhají i malé krychličky nacházející se v celé délce trajektorie. Stejná krychlička se zobrazuje i v místě zápěstí probanda. Tyto krychličky mají každou svou stěnu v jiné barvě a na trajektorii jsou umístěny v různých úhlech tak, aby proband byl schopný ve správný čas a fázi diagonály udělat supinaci nebo pronaci předloktí, které jsou také součástí PNF diagonál. Diagonála III. se lišila pouze místem začátku. Narozdíl od diagonály II., která začínala klasicky v úrovni boku a šlo u ní teda dodržet požadovaný korigovaný sed, III. diagonála začínala v úrovni kotníku (vždy protilehlé strany cvičící horní končetiny) a tím byl proband donucen na chvíli korigovaný sed opustit. Výhodou tohoto cviku bylo vychýlení ze stabilní pozice, což vedlo k zapojení celého těla a ke globálnímu pohybu celého trupu vycházejícího z pánve. Každá diagonála byla nastavena na 5 opakování. Při tomto cvičení terapeut naváděl jedince hlasem a dával přiměřený odpor (manuálně, nebo za pomoci therabandu jak je znázorněno na obrázku 7), tak aby došlo ke splnění všech důležitých bodů pro PNF metodu.

Obrázek 7: diagonála I. s therabandem [zdroj: vlastní]



Posledním cvikem bylo vstávání. Proband vstával ze sedu do stoje a zpět podle metodiky MPAT. Před sebou jedinec opět viděl pomocné vodící trajektorie. Tento cvik byl provázen 3x a po celou dobu tohoto cvičení u probanda stál terapeut, který dotyčného naváděl ke správnému provedení cviku a zajišťoval bezpečné provedení pohybu.

Výhodou programu, bylo možné jednotlivé nastavování počtu opakování u jednotlivých cviků, stejně tak jako možnost nastavit, aby cviky nejdříve začínaly na dominantní stranu probanda.

4.1.5. Kontrolní skupina

Terapeutická jednotka u kontrolní skupiny probíhala obdobně, jako u skupiny intervenční. Rozdílem bylo, že rehabilitace probíhaly bez VR, v reálném prostředí. Jedinec neměl k dispozici před sebou vodící trajektorie. Posloupnost cviků i jejich opakování bylo totožné, jako u skupiny cvičící ve VR.

Na začátku byl jedinec zkorigován do sedu dle MPAT. Následovalo modifikované cvičení “sbírání míčků” u kterého se mohl jedinec buď natahovat po nabídnutém míčku, nebo si mohl míček jen představovat a

zaměřit se na korekci sedu pomocí konkrétních manuálních podnětů (Raková, 2023).

Během ostatních cviků byl jedinec naváděn slovně, ale i fyzicky, tak jak to metoda PNF vyžaduje.

4.1.6. Metodika analýz a porovnávání dat

K analytickému porovnávání dat sledovaných ve virtuální realitě, tedy ke zjištění, zda došlo pomocí terapií ke zlepšení motoriky horních končetin, jsme použili data z následujících cviků – spirála A, spirála B, diagonála I. a diagonála II nahraných při první a poslední, 15. terapii, bylo využito dvou-výběrového párového t-testu. Stejný test byl využit i pro hodnocení BBT před a po terapiích. Vyhodnocování tohoto testu proběhlo v Excelu. Pokud dosažená hladina významnosti (p-hodnota) byla menší než 0,05, považovali jsme výsledek za statisticky významný.

Pro statistické vyhodnocení korelačních dat byla oslovena a následně seznámena s projektem externí statistička, která pro tuto práci data zpracovala rozříděná data s číselným označením probandů, aby bylo zachováno soukromí probandů v souladu s informovaným souhlasem.

Síla korelace mezi hodnotami BBT testu a kinematických hodnot se měřila Spearmanovým korelačním koeficientem. Statistická analýza byla provedla pomocí R-software, verze 4.3.2. Síla koeficience je v hodnotách $r = -1$ - 0 - 1 , kdy čím více se číslo blíží k hodnotě 1 nebo -1 , tím silnější korelace je.

5. VÝSLEDKY

Deskriptivní část

5.1.1. Probandi

Pro tuto práci byly použity data 32 probandů, kteří absolvovali úspěšně celý rehabilitační program a zároveň jsou pro ně známy výsledky kinematické analýzy i BBT a bylo tak možné obě tyto proměnné hodnotit. Data pacientů byla sbírána od 4/2021 do 12/2023.

V intervenční skupině, s využitím virtuální reality, bylo celkem 19 probandů (11 žen a 8 mužů), s věkovým průměrem $41,7 \pm 10,4$ let a průměrnou mírou postižení $3,8 \pm 1,5$ na škále EDSS. Nejčastějším typem RS byla relaps remitentní forma, u 18 probandů z této skupiny. U jednoho probanda se vyskytuje sekundárně progresivní forma. Průměrná doba odstupu od posledního relapsu je 2,5 roku. Dalším důležitým faktorem byla dominance končetin, která byla následně použita pro hodnocení výsledků. 15 probandů udalo pravou stranu jako svoji dominantní. 13 probandů odpovědělo, že žádnou kompenzační pomůcku nepoužívají, 3 využívají trekingové hole, 2 chodí za pomoci chodítka a 1 proband je většinu dne upoután na invalidní vozík.

Tabulka 1. Participanti v intervenční skupině

Pacient	Pohlaví	Věk	Typ RS	EDSS	Doba od posledního relapsu (v letech)	Dominantní končetina	Kompenzační pomůcky
1	muž	49	RR	2	6	pravá	/
2	žena	39	RR	7	3	levá	Invalidní vozík
3	žena	33	RR	5	1,5	pravá	chodítko
4	žena	45	SP	6,5	0,8	levá	chodítko
5	muž	50	RR	2	5	pravá	/
6	muž	45	RR	5	2	pravá	/
7	muž	34	RR	2,5	0,8	pravá	/
8	muž	47	RR	2,5-3	5	pravá	Trekingové hole
9	žena	55	RR	3,5	3	pravá	/
10	žena	38	RR	3,5-4	0,5	levá	/
11	muž	30	RR	3	2	pravá	/
12	žena	43	RR	4	2	pravá	/
13	žena	55	RR	5,5-6	1,5	pravá	Trekingové hole
14	žena	26	RR	4	6	pravá	/
15	žena	26	RR	2	0,5	levá	/
16	muž	44	RR	3-3,5	0,4	pravá	/
17	muž	41	RR	4	3	pravá	/
18	žena	65	RR	3	/	pravá	Trekingové hole
19	žena	52	RR	3	4	pravá	/

Kontrolní skupina se skládala celkem ze 13 probandů (9 žen a 4 muži), s věkovým průměrem $43,8 \pm 8,8$ let. I v této skupině převažovaly probandi s relaps remitentní formou RS (11 probandů), 2 byly se sekundárně progresivní formou RS. Průměrná míra postižení podle EDSS byla $3,3 \pm 0,9$. Průměrná doba uplynulá od posledního relapsu byla stejná jako u intervenční skupiny, a to 2,5 roku. I v této skupině převládala pravá strana, jako ta dominantní, a to u 12 lidí. Většina jedinců této skupiny

nepoužívá žádnou kompenzační pomůcku, 4 lidé k chůzi používají trekingové hole, jeden proband využíval 1 francouzskou hůl a jeden využíval peroneální ortézu při chůzi delší, než 3 km.

Tabulka 2: Participanti v kontrolní skupině

Pacient	Pohlaví	Věk	Typ RS	EDS	Doba od posledního relapsu (v letech)	Dominantní končetina	Kompenzační pomůcky
1	žena	50	SP	4	0,5	pravá	/
2	žena	59	RR	3	2	pravá	Francouzská hůl
3	žena	40	RR	3-3,5	0,25	pravá	Trekingové hole
4	muž	51	RR	4	/	levá	Trekingové hole
5	žena	29	RR	3,5	1	pravá	/
6	žena	58	RR	3	1	pravá	/
7	žena	33	RR	2,5-3	2	pravá	/
8	muž	38	RR	2	7	pravá	/
9	žena	43	RR	2	9	pravá	/
10	muž	48	SP	5-5,5	3	pravá	Trekingové hole
11	žena	42	RR	3	0,25	pravá	/
12	muž	43	RR	3-3,5	2	pravá	pro chůzi delší než 3km ortéza pro peroneální parézu
13	žena	45	RR	3,5	0,5	pravá	Trekingové hole

Analytická část

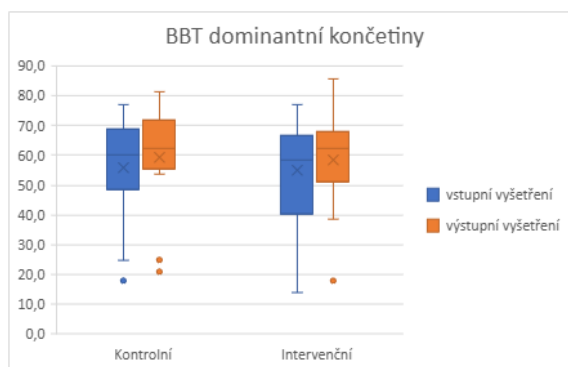
5.1.2. Hodnocení změny BBT

U testu Box and Block test bylo pozorováno průměrné zvýšení počtu přeložených kostek za 1 minutu, jak v intervenční, tak v kontrolní skupině u dominantní i nedominantní končetiny. Data jsou doložena v tabulce č. 3. Statisticky významný rozdíl nebyl nalezen nedominantní končetina u kontrolní skupiny díky hodnotě $p=0,07$.

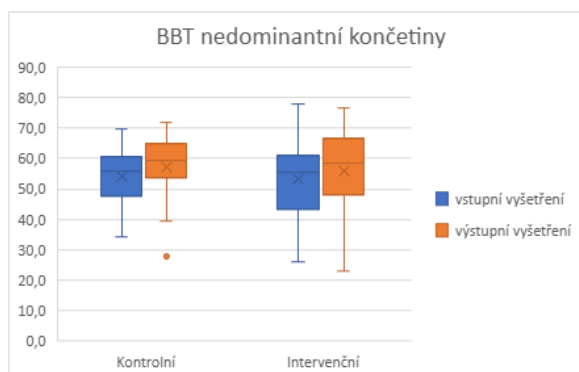
Tabulka 3: výsledky BBT

Dominantní HK	Před	Po	P-hodnota
BBT (I)	55,02 (SD ± 16,02)	58,31 (SD ± 15,04)	0,0170
BBT(K)	55,77 (SD ± 18,02)	59,34 (SD ± 18,04)	0,0037
Nedominantní HK	Před	Po	P-hodnota
BBT (I)	53,2 (SD ± 13,75)	56,1 (SD ± 13,62)	0,0277
BBT (K)	53,96 (SD ± 9,55)	57 (SD ± 11,9)	0,0727

Obrázek 8: graf BBT dominantní končetiny [zdroj: vlastní]



Obrázek 9: graf BBT nedominantní končetiny [zdroj: vlastní]



5.1.3. Hodnocení změny kinematických křivek

Data k hodnocení změn kinematických křivek z každého cviku byla nejdříve rozdělena na cviky prováděné dominantní končetinou a na ty prováděné nedominantní končetinou. Následně se rozdělila data ještě podle toho, jestli proband byl součástí intervenční skupiny anebo kontrolní.

Sledované hodnoty mediánu vzdálenosti od trajektorie (dále už jen jako “Med.position. difference”) a průměru vzdálenosti od trajektorie (“Avg.position. difference”) jsou uváděné v metrech.

Následující kapitoly jsou rozdělené podle typu cviku. Pro přehlednější zobrazení statistických dat je v každé kapitole přidána tabulka a graf. Tabulka udává hodnoty z první (“před”) a poslední (“po”) terapie, dále je rozdělena podle terapeutické skupiny a dominance končetiny. Součástí tabulek je p-hodnota (udávající hladinu významnosti) a směrodatná odchylka (SD). Přiložený graf znázorňuje výsledky obou terapeutických skupin, pro Avg. position difference i pro Med. position difference.

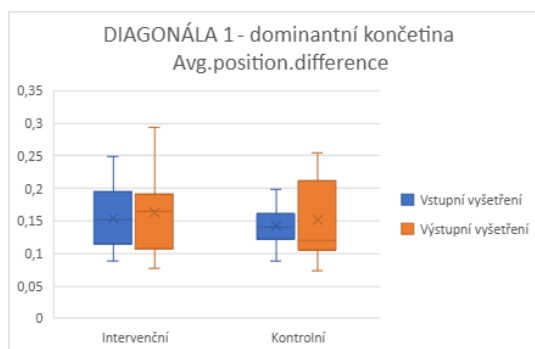
5.1.3. Diagonála I

Jak znázorňuje tabulka číslo 4., u diagonály I. se neprokázala žádná výrazná zlepšení v Avg. position difference, ani v jedné z testovacích skupin. P-hodnota u intervenční skupiny je kolem 0,5 a u kontrolní dokonce dosahuje hodnoty 1 pro nedominantní končetinu.

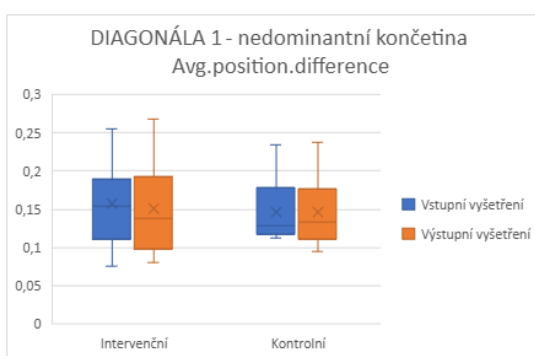
Tabulka 4: diagonála I.- Average position difference

Average position difference			
Dominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Diagonála 1 - I	0,15 (SD ± 0,04)	0,16 (SD ± 0,06)	0,4
Diagonála 1 - K	0,14 (SD ± 0,03)	0,15 (SD ± 0,06)	0,56
Nedominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Diagonála 1 - I	0,16 (SD ± 0,05)	0,15 (SD ± 0,06)	0,54
Diagonála 1 - K	0,15 (SD ± 0,04)	0,15 (SD ± 0,04)	1

Obrázek 10: graf Average position difference u diagonály I. – dominantní končetina [zdroj: vlastní]



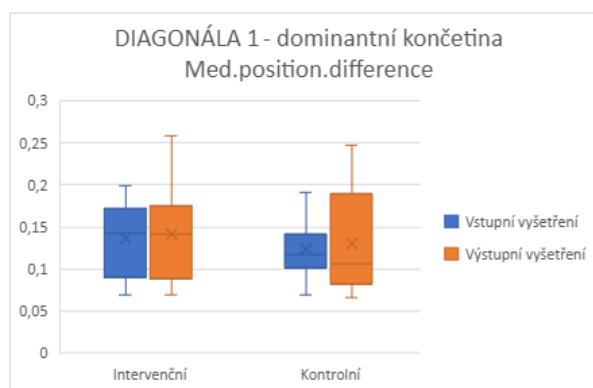
Obrázek 11: graf Average position difference u diagonály I. – nedominantní končetina [zdroj: vlastní]



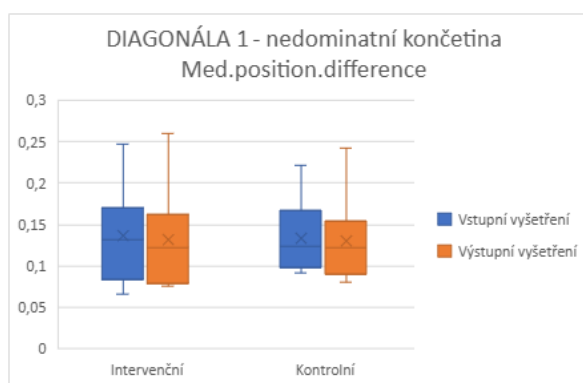
Tabulka 5: diagonála I.- Median position difference

Median position difference			
Dominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Diagonála 1 - I	0,14 (SD ± 0,04)	0,14 (SD ± 0,05)	0,6
Diagonála 1 - K	0,12 (SD ± 0,03)	0,13 (SD ± 0,06)	0,61
Nedominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Diagonála 1 - I	0,14 (SD ± 0,05)	0,13 (SD ± 0,05)	0,63
Diagonála 1 - K	0,13 (SD ± 0,04)	0,13 (SD ± 0,05)	0,75

Obrázek 12: graf Median position difference u diagonály I. - dominantní končetina [zdroj: vlastní]



Obrázek 13: graf Median position difference u diagonály I. - nedominantní končetina [zdroj: vlastní]



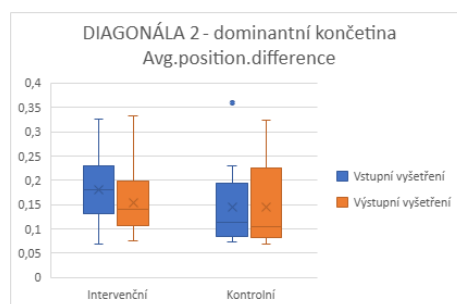
5.1.3. Diagonála 2

Diagonála II. Přináší výsledky jako diagonála I, kdy ve většina měření a jejich následné analýze nepřináší důkaz o statisticky signifikantním zlepšení. Jediný signifikantní výsledek nacházíme u dominantní končetiny intervenční skupiny s průměrem před terapií 0,18 (SD ± 0,06) a průměr po terapiích 0,15 (SD ± 0,07) a $p=0,04$.

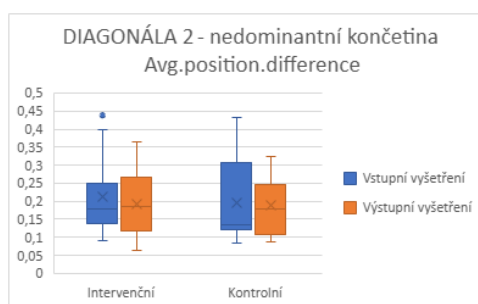
Tabulka 6: diagonála II. – Average position difference

Average position difference			
Dominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Diagonála 2 - I	0,18 (SD ± 0,06)	0,15 (SD ± 0,07)	0,04
Diagonála 2 - K	0,14 (SD ± 0,08)	0,15 (SD ± 0,08)	0,85
Nedominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Diagonála 2 - I	0,21 (SD ± 0,1)	0,19 (SD ± 0,09)	0,29
Diagonála 2 - K	0,2 (SD ± 0,1)	0,2 (SD ± 0,08)	0,84

Obrázek 14: graf Average position difference u diagonály II. - dominantní končetina [zdroj: vlastní]



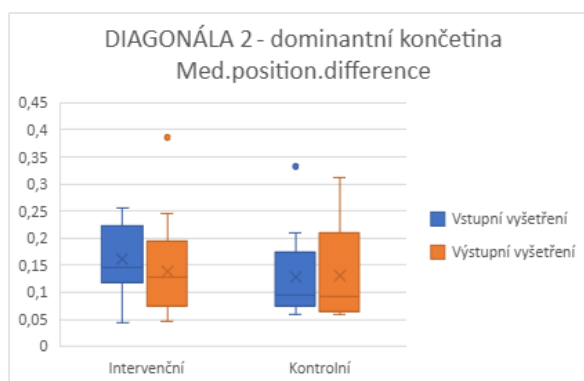
Obrázek 15: graf Average position difference u diagonály II. - nedominantní končetina [zdroj: vlastní]



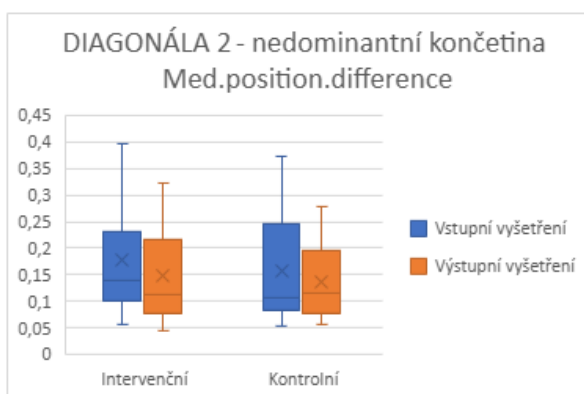
Tabulka 7: diagonála II. – Median position difference

Median position difference			
Dominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Diagonála 2 - I	0,16 (SD ± 0,06)	0,14 (SD ± 0,08)	0,11
Diagonála 2 - K	0,13 (SD ± 0,08)	0,13 (SD ± 0,08)	0,68
Nedominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Diagonála 2 - I	0,18 (SD ± 0,1)	0,15 (SD ± 0,08)	0,06
Diagonála 2 - K	0,16 (SD ± 0,1)	0,14 (SD ± 0,07)	0,22

Obrázek 16: graf Median position difference u diagonály II. - dominantní končetina [zdroj: vlastní]



Obrázek 17: graf Median position difference u diagonály II. - nedominantní končetina [zdroj: vlastní]



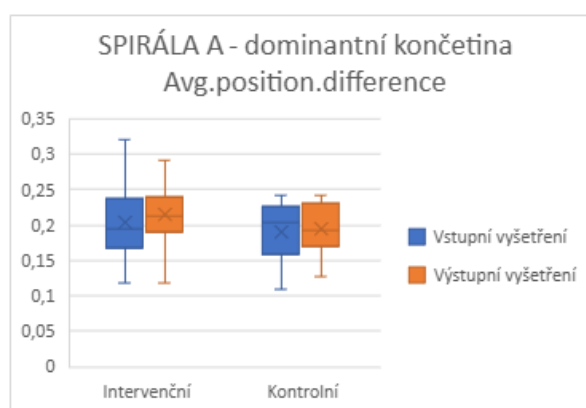
5.1.3. Spirála A

U spirály A se na konci terapeutického programu neprokázala žádná výrazná změna oproti první terapii. Avg. position difference dosahoval u dominantních končetin obou skupin stejných hodnot jako u první terapie. U nedominantních končetin naopak zaznamenáváme lehké zhoršení. P-hodnoty se však vyskytují v rozsahu 0,2-0,4 s výjimkou dominantní končetiny v kontrolní skupině, kde $p=0,8$. Výsledné hodnoty změn u spirály A nejsou pro nás tedy statisticky významné.

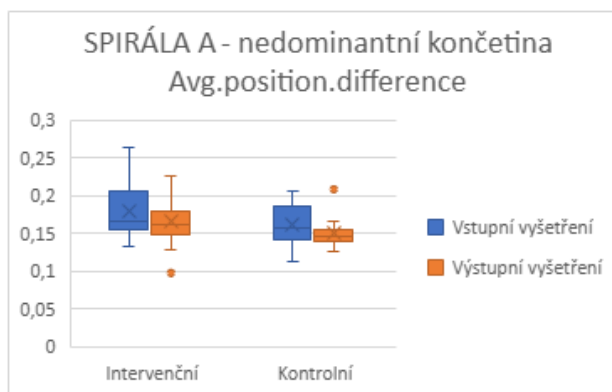
Tabulka 8: spirála A – Average position difference

Average position difference			
Dominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Spirála A - I	0,2 (SD ± 0,05)	0,21 (SD ± 0,05)	0,4
Spirála A - K	0,19 (SD ± 0,04)	0,19 (SD ± 0,03)	0,81
Nedominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Spirála A - I	0,18 (SD ± 0,04)	0,16 (SD ± 0,03)	0,2
Spirála A - K	0,16 (SD ± 0,03)	0,15 (SD ± 0,02)	0,2

Obrázek 18: graf Average position difference u spirály A – dominantní končetina [zdroj: vlastní]



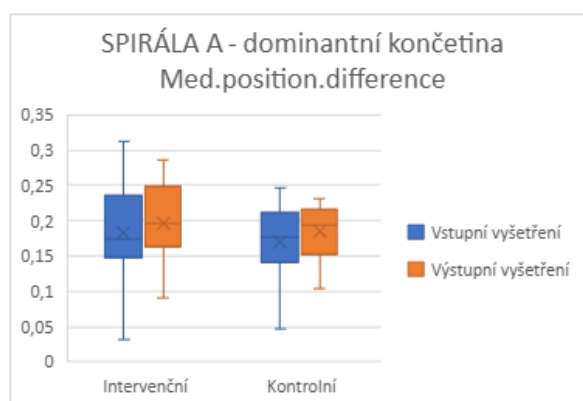
Obrázek 19: graf Average position difference u spirály A – nedominantní končetina [zdroj: vlastní]



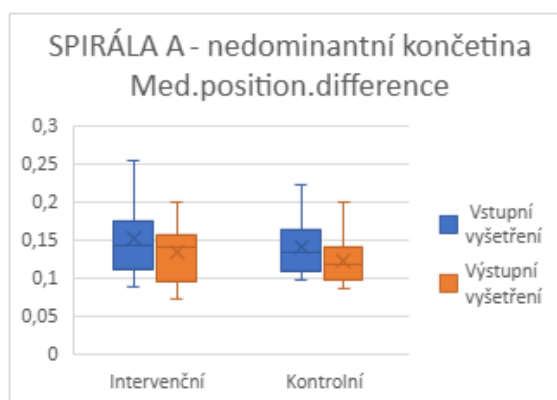
Tabulka 9: spirála A – Median position difference

Median position difference			
Dominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Spirála A - I	0,18 (SD ± 0,06)	0,19 (SD ± 0,06)	0,45
Spirála A - K	0,17 (SD ± 0,05)	0,18 (SD ± 0,04)	0,33
Nedominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Spirála A - I	0,15 (SD ± 0,04)	0,13 (SD ± 0,04)	0,09
Spirála A - K	0,14 (SD ± 0,04)	0,12 (SD ± 0,3)	0,13

Obrázek 20: graf Median position difference – dominantní končetina [zdroj: vlastní]



Obrázek 21: graf Median position difference – nedominantní končetina [zdroj: vlastní]



5.1.3. Spirála B

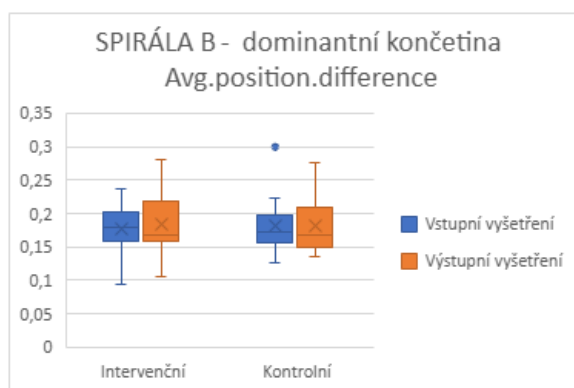
Podobně jako u předchozích cviků, ani u této spirály nebylo dosaženo statisticky významných změn výsledků. U žádné skupiny se neprojevovalo zlepšení oproti první terapii. P-hodnoty intervenční skupiny jsou kolem 0,5. V kontrolní skupině nedominantní končetiny je $p = 0,09$ a dominantní končetiny $p = 0,99$.

Tabulka 10: spirála B – Average position difference

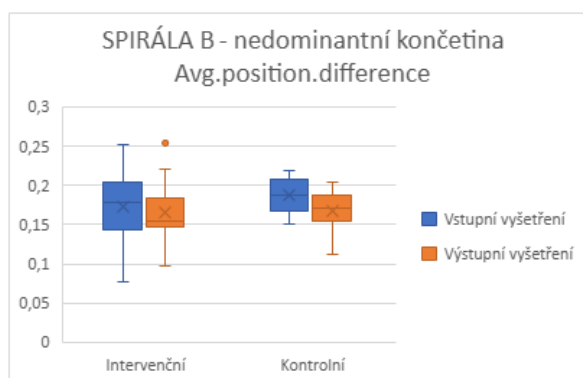
Average position difference					
Dominantní HK	Před		Po		P-hodnota
Spirála B - I	0,17	(SD ± 0,03)	0,18	(SD ± 0,04)	0,6
Spirála B - K	0,18	(SD ± 0,04)	0,18	(SD ± 0,04)	0,99

Nedominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Spirála B - I	0,17 (SD ± 0,04)	0,16 (SD ± 0,03)	0,5
Spirála B - K	0,15 (SD ± 0,03)	0,14 (SD ± 0,03)	0,3

Obrázek 22: graf Average position difference u spirály B – dominantní končetina [zdroj: vlastní]



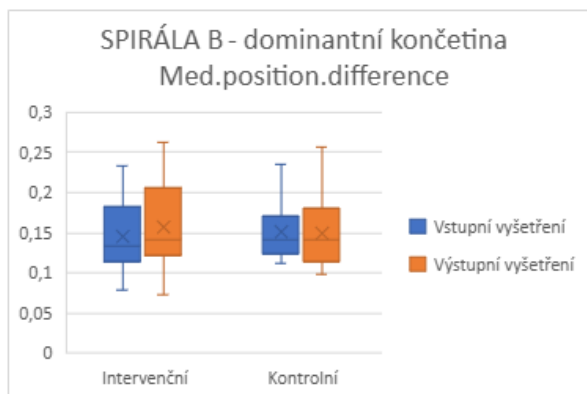
Obrázek 23: graf Average position difference u spirály B – nedominantní končetina [zdroj: vlastní]



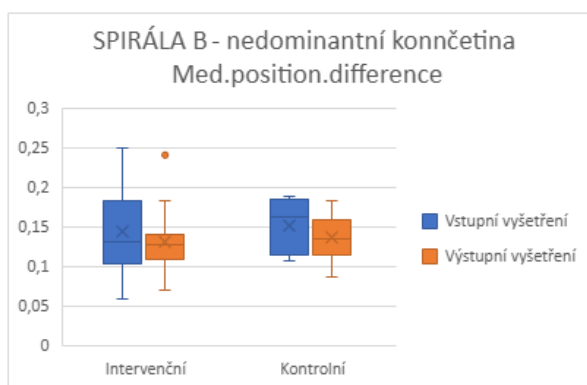
Tabulka 11: spirála B – Median position difference

Median position difference			
Dominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Spirála B - I	0,15 (SD ± 0,04)	0,16 (SD ± 0,05)	0,4
Spirála B - K	0,15 (SD ± 0,04)	0,15 (SD ± 0,04)	0,9
Nedominantní HK	Před	Po	P-hodnota
Spirála B - I	0,15 (SD ± 0,05)	0,13 (SD ± 0,4)	0,4
Spirála B - K	0,15 (SD ± 0,03)	0,14 (SD ± 0,03)	0,3

Obrázek 24: graf Median position difference u spirály B – dominantní končetina [zdroj: vlastní]



Obrázek 25: graf Median position difference u spirály B – nedominantní končetina [zdroj: vlastní]



Závěrem: všechny měřené cviky byly průměrně 14–20 cm od vedoucí trajektorie, nezávisle na dominanci končetin či terapeutické skupině.

5.1.4. Korelace výsledků statistických metod

Tato práce se zaměřila na zkoumání dvou zásadních korelací:

1. Korelace (dále označováno jako Korelace 1) - byla soustředěna na zjištění korelace mezi vstupními hodnotami Box and Block testu a kinematickými výsledky jednotlivých cviků (opět rozdělených podle terapeutické větve a dominance končetin).
2. Korelace (dále jako Korelace 2) - zkoumala, zda je nějaký vztah mezi změnami, vzniklých před a po terapiích, v BBT a změnami u Avg. position difference.

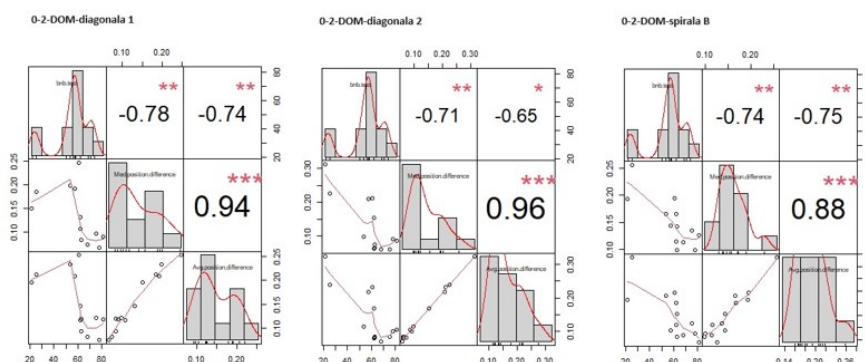
Korelace 1 ukázala několik statisticky významných vztahů, které jsou vypsané v tabulce 12 níže. Nejvýznamnější tři korelace mezi BBT a Med. resp. Avg. position difference se objevily u dominantní končetiny v kontrolní skupině při výstupním vyšetření diagonály I., diagonály II. a spirály B. Z výsledků je také patrné, že je velmi silná korelace u všech třech cviků i mezi Med. a Avg. position difference. Tento korelační vztah je znázorněn v grafu 12 (a na obrázku 26).

Tabulka 12: významné korelace

	Spearmanův korelační koeficient		p-hodnota	
	bnbmean* Med.position. difference	bnbmean* Avg.position. difference	bnbmean* Med.position. difference	bnbmean* Avg.position. difference
Kontrolní skupina vstupní DOM-spirála B	-0,556	-0,523	0,049	0,067
Kontrolní skupina vstupní NEDOM-diagonála 1	-0,531	-0,641	0,062	0,018
Kontrolní skupina vstupní NEDOM-spirála B	-0,556	-0,583	0,049	0,036
Kontrolní skupina výstupní DOM-diagonála 1	-0,784	-0,740	0,002	0,004
Kontrolní skupina výstupní DOM-diagonála 2	-0,713	-0,652	0,006	0,016
Kontrolní skupina výstupní DOM-spirála B	-0,737	-0,748	0,004	0,003
Intervenční skupina vstupní DOM-spirála B	-0,332	-0,580	0,165	0,009

Statisticky významné korelace jsou zvýrazněné barevně – modrá = středně silná korelace; červená = silná korelace.

Obrázek 26: Korelace 1–3 nejsilnější korelační vztahy (zleva kontrolní skupina, výstupní DOM – diagonála 1; kontrolní skupina, výstupní DOM – diagonála 2; kontrolní skupina, výstupní DOM – spirála B. [zdroj: vlastní]



U Korelace 2 nebyla v žádném z případů zjištěna významná korelace mezi rozdíly hodnot BBT a změnami hodnot Avg. Position difference.

5.1.5. Ověření hypotéz

H0: Není rozdíl mezi vstupními a výstupními hodnotami u následujících kategorií dat: BBT a Diagonála 1, Diagonála 2, Spirála A a Spirála B

Nulová hypotéza u BBT byla zamítnuta, neboť výsledky BBT ukazují výrazné zlepšení u obou terapeutických skupin, na obou končetinách. Stejně tak můžeme sledovat zlepšení u diagonály II. provedené dominantní končetinou v intervenční skupině. Zde se probandí přiblížili k vodící trajektorii průměrně o 3 cm. U ostatních cviků můžeme hypotézu potvrdit, jelikož nedošlo prakticky k žádným rozdílům mezi vstupními a výstupními daty.

H1: Výstupní vyšetření ukazuje zlepšení hrubé motoriky pomocí BBT, který je statisticky signifikantní, potvrzující efekt fyzioterapie u obou zkoumaných skupin pacientů

H1 lze potvrdit pouze u výsledků na dominantní končetině u obou skupin a u nedominantní končetiny intervenční skupiny. V jiných případech se neukázal statisticky významný rozdíl výstupních dat oproti vstupním.

H3: Výstupní vyšetření ukáže zlepšení parametrů kinematických dat: vzdálenost od zadané trajektorie pohybu ve VR

Z výsledků vyplývá, že H3 lze zamítnout.

H4: Nalézáme významnou korelaci mezi změnami BBT a jednotlivými výsledky kinematické analýzy dat z virtuální reality, i) diagonála 1, ii) diagonála 2, iii) spirála A a iv) spirála B

Významná korelace mezi BBT a kinematickými daty byla nalezena pouze v sedmi případech, kdy u kontrolní skupiny významnou korelaci u vstupních i výstupních dat spirály B na dominantní končetinu, vstupních dat diagonály

I. a spirály B na nedominantní končetinu a výstupních dat diagonály I. a II. na dominantní končetinu. Významná korelace u intervenční skupiny byla jen jedna, a to vstupní data pro spirálu B na dominantní končetině.

Pro zbytek korelačních dat mezi BBT a kinematickými křivkami musíme H4 zamítnout.

6. DISKUSE

Cílem této práce bylo zjistit, zda fyzioterapie na neurofyziologickém podkladě ve virtuální realitě má efekt na hrubou motoriku horních končetin u lidí s roztroušenou sklerózou a zda výsledky dat získané z kinematické analýzy korelují se získanými klinickými daty.

Bylo pracováno s daty 32 probandů, získaných z klinického Box and Block testu a dále s kinematickými daty z virtuální reality. Zde jsme se zaměřily na průměr a medián vzdálenosti od vodící trajektorie. Tyto hodnoty byly získány ze softwaru, který analyzoval pohyb HK během provádění 5 opakování daného cviku a následně vyhodnotil výsledky daného úkolu. Průměr a medián, jako míry tzv. centrální tendence, tj. vyjadřují „typickou“ hodnotu dat v těchto měřeních. Pro nás reprezentují vzdálenost od vodící trajektorie a upřesňují schopnost probandů přesně následovat vodící trajektorii zobrazující se ve virtuálním prostředí.

Při analýze klinických dat z BBT se ukázalo zlepšení hrubé motoriky v kontrolní i v intervenční skupině nezávisle na dominanci horní končetiny. Naše výsledky jsou v souladu s projekty s podobným zaměřením. Cuesta-Goméz (2020) se ve své práci také zaměřili na zlepšení motoriky horních končetin pomocí VR u lidí s RS a použili Box and Block test jako jeden z klinických testů. Závěrem bylo, že se probandí v experimentální skupině, narozdíl od kontrolní skupiny, zlepšili v rychlosti provádění pohybu a v jemné a hrubé motorice. Při následných statistických výpočtech, bylo zkoumáno, zda toto zlepšení koreluje i s jinými, námi testovanými parametry. U analytického zkoumání dat cviků z virtuálního prostředí nebyly pozorovány statisticky signifikantní změny po absolvování rehabilitačního programu oproti vstupnímu vyšetření. Pouze u diagonály II.

na nedominantní končetině u intervenční skupiny jsme zjistili statisticky signifikantní výsledek.

Zajímavé bylo, že intervenční skupina nevykazovala velkou míru korelací mezi BBT daty s daty Avg. position difference, a to ani u dat ze vstupního vyšetření, která však probíhala pro obě dvě skupiny totožně. U korelace vztahů mezi změnami vzniklými před a po terapiích nebyla zjištěna téměř žádná významná korelace.

Z těchto informací si tedy můžeme odvodit, že zlepšení hrubé motoriky po terapii se sice neprojevovalo v kinematických datech z virtuální reality. Určité podobnosti můžeme sledovat v kinematické studii od Pau, M. z roku 2023, kde se u lidí s RS zaměřili na plnění úkolu ruka-ústa (v originálním znění hand-to-mouth task) pomocí tréninku ve virtuální realitě, a i oni využili ke klinickému měření Box and Block test. Výsledky jejich studie prokázaly, že trénink ve virtuální realitě pozitivně ovlivnil provádění úkolu ruka-ústa, jak u více postižené ruky, tak i u méně postižené bylo docíleno o 20% rychlejší dokončení úkolu. V našem případě se pomocí VR (i v kontrolní větvi) dosáhlo významného zlepšení BBT testu, v kinematické analýze ovšem jediný statisticky signifikantní výsledek byl hodnocen u probandů v intervenční skupině pro dominantní končetinu. Karasová (2022), která se do projektu VIREFYMS také zapojila, provedla pilotní korelace výsledků kinematických dat z virtuální reality s klinickým daty, mimo jiné i s Box and Block testem. Ve své práci vycházela z dat osmi probandů, z nichž 7 dokončilo program i všechna vyšetření. V její práci nevyšlo statisticky signifikantní zlepšení BBT a také nezjistila žádnou korelaci mezi klinickými testy a kinematickými daty z virtuální reality. V tomto aspektu se naše práce částečně shodují. U 3 cviků (obou diagonál a spirály B) korelovaly hodnoty kontrolní skupiny BBT, mediánu a průměru vzáledností od zadané trajektorie. Při zkoumání dokumentovaných změn vlivem fyzioterapie nebyla nalezena žádná významná korelace (Korelace 2) mezi změnami BBT a změnami hodnot u Avg. position difference. Na základě výsledků lze tedy říci, že jsme vypožorovali statisticky významný vztah

mezi BBT a některými cviky, ale už nekorelují výsledné změny hodnot kinematických dat se změnami hrubé motoriky.

Virtuální realita tak nemusí být schopna kvantifikovat reálné zlepšení ve formě čísel, či výsledků, které se probandovi zobrazuje jako “výsledek cvičení” na konci každého z cviků. Přesto může VR přinášet kvalitativní výhody. Účastníci často popisovali subjektivní pocity zlepšení, které nejsou vždy plně reflektovány v kvantitativních datech.

Mezi nevýhody a limitace této práce patří relativně malé množství probandů a možnost tzv. chyby malých čísel. V průběhu projektu jsme narazili na problémy se získanými daty vlivem upravování aplikace pro VR a instalace nových verzí. Jednotná podoba vstupního a výstupního vyšetření byla ujednocena v 10/2022, což snížilo množství kinematických dat, které měly jednotný rámec nahrávání. Další nevýhodou může být i vzniklá chyba, vlivem terapeuta, který omylem při korekci probanda, nebo dávání fyzického odporu při cvičení, se nechtěně dostal mezi sledovací stanici a tracker a způsobil tím naměření “falešné” odchylky od trajektorie.

7. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala zkoumáním vlivu fyzioterapie využívající virtuální realitu na motorické dovednosti horních končetin u pacientů s roztroušenou sklerózou a zda tyto změny korelují se získanými daty z trackerů VR.

Výsledky této práce ukázaly, že ačkoliv fyzioterapie využívající VR může mít pozitivní vliv na zlepšení motorických funkcí, získané kinematické údaje neprokázaly statisticky významné změny.

Virtuální realita se ukazuje jako efektivního nástroj pro fyzioterapii, zejména díky možnosti přizpůsobovat rehabilitační programy na míru. Tento přístup přináší nový pohled na rehabilitaci pacientů s roztroušenou sklerózou a nabízí potenciál pro další výzkum a vývoj. Celkově lze konstatovat, že fyzioterapie využívající virtuální realitu představuje slibnou metodu, která může obohatit současné rehabilitační postupy. Pro další výzkum by bylo dobré se zaměřit na rozšíření vzorku účastníků a delší sledování efektů této terapie, aby bylo možné získat komplexnější výsledky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AMPAPA, Radek, 2019. Aktuální diagnostická kritéria roztroušené sklerózy. Online. *Medicína po promoci*. Roč. 2019, č. 1, s. 1. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/archiv/aktualni-diagnosticka-kriteria-roztrousene-sklerozy/>.

BENEŠOVÁ, Yvonne, 2013. *Etiopatogeneze a patofyziologie roztroušené sklerózy*. Online. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js13/rs/web/pages/02-etipatogeneze-roztrousene-sklerozy.html>.

BANÍKOVÁ, Šárka a VOLNÝ, Ondřej, 2023. *Virtuální realita v rehabilitaci pacientů po CMP*. Online. Roč. 2023, č. 1. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/cmp-journal/2023-1-25/virtualni-realita-v-rehabilitaci-pacientu-po-cmp-134235>.

CARPINELLA, Ilaria et al., 2020. Effects of robot therapy on upper body kinematics and arm function in persons post stroke: a pilot randomized controlled trial. Online. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. Roč. 2020, č. 17, article 10. Dostupné z: https://doi.org/Journal_of_NeuroEngineering_and_Rehabilitation_17.

CUESTA-GÓMEZ, Alicia, 2020. Effects of virtual reality associated with serious games for upper limb rehabilitation inpatients with multiple sclerosis: randomized controlled trial. Online. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. Roč. 2020, č. 17(1), s. 90. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00718-x>.

DYLEVSKÝ, Ivan, 2009. *Kineziologie – Základy strukturální kineziologie*. 2. Praha: Triton. s. 169-187 ISBN 978-80-7387-324-0.

VALOUCHOVÁ, Lucie, 2018. Kurtzkého stupnice EDSS. Online. *EReS Newsletter*. Roč. 2018, č. 1, s. 6. Dostupné z: <https://www.erestymcr.cz/o-nas/event-detail/40/eres-newsletter-1-2018>.

ETOOM, Mohammad, 2018. Effectiveness of Physiotherapy Interventions on Spasticity in People With Multiple Sclerosis: A Systematic

Review and Meta-Analysis. Online. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. Roč. 2018, č. 97(11), s. 793-807. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000970>.

HAVRDOVÁ, Eva, 2015. *Roztroušená skleróza v praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-189-6. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-189-6.

HAUSER, Stephen L, 2020. Treatment of multiple sclerosis: a review. Online. *The American journal of medicine*. Roč. 2020, č. 12(133), s. 1380-1390. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.05.049>.

HOLUBÁŘOVÁ, Jiřina a PAVLŮ, Dagmar, 2021. *Proprioceptivní neuromuskulární facilitace. 1. část*. 3.vydání. Karolínium. ISBN 978-80-246-3607-8.

HORÁČEK, Ondřej, 2020. Charakteristika onemocnění. In: KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Galen, s. 378-380. ISBN 978-80-7492-500-9.

JONSDOTTIR, Johanna, 2018. Serious games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis. A randomized controlled pilot study. Online. *Multiple sclerosis and related disorders*. Roč. 2018, č. 19, s. 25-29. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.msard.2017.10.010>.

KARASOVÁ, Marta, 2022. *Hodnocení efektu fyzioterapie na změnu kvality pohybu u nemocných s roztroušenou sklerózou zaznamenaného ve virtuální realitě*. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova 3. lékařská fakulta.

KOLÁŘ, Pavel, 2020. *Rehabilitace v klinické praxi. 2*. Galén. ISBN 978-80-7492-500-9.

MASSETTI, Thais, 2016. Virtual reality in multiple sclerosis – A systematic review. Online. *Multiple sclerosis and related disorders*. Roč. 2016, č. 8, s. 107–112. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.msard.2016.05.014>.

MECA-LALLANA, Virginia, 2020. A Pilot Study to Explore Patient Satisfaction With a Virtual Rehabilitation Program in Multiple Sclerosis:

The RehabVR Study Protocol. Online. *Frontiers in neurology*. Roč. 2020, č. 11, s. 900. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00900>.

MIREK, Elzbieta, 2007. The assessment of gait disorders in patients with Parkinson's disease using the three-dimensional motion analysis system Vicon. Online. *Neurologia i neurochirurgia polska*. Roč. 2007, č. 41(2), s. 128- 133. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17530574/>.

Nfimpuls.cz. *Vše o RS – výskyt onemocnění. Výskyt onemocnění (nfimpuls.cz)*

PATTI, Francesco, 2002. The impact of outpatient rehabilitation on quality of life in multiple sclerosis. Online. *Journal of neurology*. Roč. 2002, č. 249(8), s. 1027–1033. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00415-002-0778-1>.

PAU, M, 2023. Effect of immersive virtual reality training on hand-to-mouth task performance in people with Multiple Sclerosis: A quantitative kinematic study. Online. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. Roč. 2023, č. 1. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.msard.2022.104455>.

POLÁKOVÁ, Magdaléna, 2022. *Pilotní testování využitelnosti Box and Block Testu v ergoterapii u osob po cévní mozkové příhodě: vytvoření videomanuálu*. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova 1. lékařská fakulta.

SAMUEL, Geoffrey S, 2015. The use of virtual reality-based therapy to augment poststroke upper limb recovery. Online. *Singapore medical journal*. Roč. 2015, č. 56(7), s. 127-130. Dostupné z: <https://doi.org/10.11622/smedj.2015117>.

SPITZLEY, Kate A a KARDUNA, Andrew R, 2019. Feasibility of using a fully immersive virtual reality system for kinematic data collection. Online. *Journal of biomechanics*. Roč. 2019, č. 87, s. 172–176. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.02.015>.

RAKOVÁ, Michaela, 2023. *Vliv fyzioterapie ve virtuální realitě na funkci mozku u roztroušené sklerózy mozkomíšní*. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova 3. lékařská fakulta.

ŘASOVÁ, Kamila, 2007. *Fyzioterapie u neurologicky nemocných (se zaměřením na roztroušenou sklerózu mozkomíšní)*. Praha: Ceros. ISBN 978-80-239-9300-4.

ŘASOVÁ, Kamila, 2017. *Možnosti fyzioterapie v léčbě roztroušené sklerózy*. Praha: Garmedis. ISBN 978-80-906747-0-7.

VACEK, Jan, 2017. Roztroušená skleróza. In: *Léčebná rehabilitace u neurologických diagnóz – 1. díl.*. Dr. Josef Raabe, s. 21-37. ISBN 978-80-8140-340-8.

VALIŠ, Martin, 2020. *Roztroušená skleróza pro praxi. 2.* Praha: Maxdorf. ISBN 978-80-7345-672-6.

YVONNE C. L., 2018. Physiotherapy and walking outcomes in adults with multiple sclerosis: systematic review and meta-analysis. *Physical therapy reviews*. 3(6). 160-172.

Seznam příloh

Příloha č.1: Souhlas etické komise

Příloha č. 2: Informovaný souhlas

Přílohy

Příloha č. 1



ETICKÁ KOMISE
FAKULTNÍ NEMOCNICE KRÁLOVSKÉ VINOHRADY
MEDICAL FACULTY OF CHARLES UNIVERSITY

ROZHODNUTÍ
MULTICENTRICKÉ ETICKÉ KOMISE FAKULTNÍ NEMOCNICE
KRÁLOVSKÉ VINOHRADY

EK-VP/01/0/2018

NÁZEV PROJEKTU:

Využití virtuální reality ve fyzioterapii na funkci horní končetiny u pacientů s roztroušenou sklerózou

Hlavní řešitel ve FNKV:

Doc. PhDr. Kamila Řasová, Ph.D.
Klinika rehabilitačního lékařství

Etická komise na svém zasedání dne **10. ledna 2018** projednala návrh vědeckého projektu doloženého následujícími dokumenty:

1. Žádost
2. Anotace projektu
3. Informovaný souhlas pacienta
4. Životopisy členů týmu
5. Souhlas přednostky kliniky

Na základě hlasování EK vydává

- Souhlasné stanovisko**
 Nesouhlasné stanovisko

Upozornění ke stanovisku EK FNKV:

- Hlavní řešitel je povinen ohlásit EK FNKV datum zahájení a ukončení projektu a zaslat závěrečnou zprávu.
- V případě, že z projektu vzejde publikace, je hlavní řešitel povinen publikaci dedikovat FNKV.

Seznam členů etické komise

Jméno a příjmení	Muž/ Žena	Odbornost	Zaměstnanec zřizovatele EK*		Funkce v EK	Přítomen		Hlasoval	
			Ano	Ne		Ano	Ne	Ano	Ne
prof. MUDr. Jan Pachel, CSc.	M	anesteziolog	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	předseda	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Martin Herold	M	kardiolog	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	místopředseda	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Milan Brychta	M	onkolog	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	člen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jarmila Folprechtová	F	zástupce pacientů	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	člen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PhDr. Libuše Gavlasová	F	zdravotní sestra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	člen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
MUDr. Nikola Mejzlíková	F	internistka	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	člen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dana Kovandová	F	tajemnice	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	člen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Eva Krpenská	M	chirurg	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	člen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mgr. Petr Mlynář	M	farmakolog	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	člen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Luboš Olejář	M	zástupce pacientů	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	člen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Leo Slavkovský	M	anesteziolog	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	člen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

(pozn: *Zaměstnanec zřizovatele EK)

Etická komise prohlašuje, že byla ustavena a pracuje podle jednacího řádu v souladu se správnou klinickou praxí (GCP) a platnými právními předpisy: Ano Ne

10.1.2018
Datum

Prof. MUDr. Jan Pachel, CSc.
předseda EK FNKV

Podpis předsedy/místopředsedy EK

Kaloupek
FAKULTNÍ NEMOCNICE
KRÁLOVSKÉ VINOHRADY
Srobarova 50, 100 34 Praha 10
ETICKÁ KOMISE

Informovaný souhlas FTN

Já, níže uvedený, dávám souhlas k účasti ve studii s názvem:

Virtuální realita ve fyzioterapii nemocných s roztroušenou sklerózou – cesta k zefektivnění plastických a adaptačních procesů mozku

Jméno:

Rodné číslo:

Pacient byl do studie zařazen pod číslem:

Odpovědný zdravotnický pracovník:

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Pověřený zdravotnický pracovník mi vysvětlil průběh, očekávané přínosy a případná zdravotní rizika, která by se mohla vyskytnout během mé účasti ve studii. Vysvětlil mi, jak bude postupovat při výskytu případného nežádoucího průběhu. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Informoval(a) jsem koordinátora studie o všech lécích, které jsem užíval(a) v posledních 28 dnech, i o těch, které v současnosti užívám. Bude-li mi nějaký lék předepsán jiným lékařem, budu ho informovat o své účasti v klinické studii a bez prodlení informuji koordinátora studie o změně medikace.
3. Souhlasím s absolvováním 2 klinických vyšetření, které proběhnou před začátkem a těsně po ukončení terapeutického programu.
4. Souhlasím s absolvováním vyšetření pomocí funkční magnetické rezonance na začátku a po ukončení terapeutického programu
5. Souhlasím s odběrem periferní krve pro účely analýzy bližší specifikované v dokumentu „informace pro pacienta“ na začátku a po ukončení terapeutického programu.
6. Souhlasím, že podstoupím jeden z nabízených terapeutických programů: a) terapii na neurofyziologickém podkladě (Motorické programy aktivující terapii v kombinaci s Proprioceptivní neuromuskulární facilitací) v reálném prostředí nebo b) tutéž terapii ve virtuálním prostředí. Studie je randomizovaná, beru na vědomí pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se typem terapeutické intervence.
7. Souhlasím s účastí na 15 terapiích, které budou probíhat hodinu 2x týdně po dobu dvou měsíců ve FTN či FNKV v Praze.
8. Souhlasím s pořízením a použitím fotografií a video záznamů mé osoby, které budou použity výhradně pro účely studie.
9. Souhlasím s pořízením a použitím fotografií a video záznamů mé osoby, které budou použity pro výuku studentů fyzioterapie.
10. Budu spolupracovat se všemi osobami podílejícími se na studii a v případě výskytu jakéhokoliv neobvyklé nebo nečekané události je budu ihned informovat.
11. Po celou dobu studie a další 4 týdny po jejím ukončení nebudu dárce krve.
12. Porozuměl (a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit, aniž by to jakkoliv ovlivnilo průběh mého dalšího léčení. Moje účast ve studii je zcela dobrovolná.
13. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. a bude rovněž zajištěna ochrana osobních

údajů požadovaná „Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů“ známé pod označením GDPR.“Do mé původní zdravotní dokumentace budou moci na základě mého uděleného souhlasu nahlédnout za účelem ověření získaných údajů zástupci sponzora, nezávislých etických komisí a zahraničních nebo místních kompetentních úřadů (v ČR Státní ústav pro kontrolu léčiv). Pro tyto případy je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, to je anonymizovaná data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymizovaná data).

14.S mou účastí ve studii není spojeno poskytnutí žádné odměny.

15.Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já pak naopak nebudu proti použití výsledků této studie.

16.Byl(a) jsem plně informován(a) o účelu této studie, o procedurách s ní souvisejících a o tom, co se ode mne očekává. Měl(a) jsem možnost položit jakýkoliv dotaz, týkající se použité metody i účelu této studie a potvrzuji, že všechny mé dotazy byly zodpovězeny.

17.Převzal/a jsem podepsaný stejnopis tohoto informovaného souhlasu.

Podpis pacienta:

Datum:

Já, níže podepsaný, tímto prohlašuji, že jsem dle mého nejlepšího vědomí vysvětlil/a cíle, postupy, výhody a rovněž také vyplývající z této studie účastníku této studie (jméno a příjmení)

Účastník poskytl svůj informovaný souhlas k účasti ve studii. Kopie informovaného souhlasu bude dobrovolníkovi poskytnuta.

Datum:

Podpis odborníka pověřeného touto studií: