

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Aneta Utěšená

Virtuální realita v terapii chůze

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Lucie Navrátilová

Olomouc 2018

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Název práce: Virtuální realita v terapii chůze

Název práce v AJ: Virtual reality in the gait therapy

Datum zadání: 2018-01-31

Datum odevzdání: 2018-04-30

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

Autor práce: Utěšená Aneta

Vedoucí práce: Mgr. Lucie Navrátilová

Oponent práce: Mgr. Radek Mlíka, Ph.D.

Abstrakt v ČJ: Terapie chůze je důležitým bodem každé rehabilitace a pomáhá jedincům k navrácení se ke každodenním činnostem běžného života. Poměrně novým přístupem k terapii chůze je využití uměle vytvořeného prostředí, tzv. virtuální reality (VR). Cílem této práce je zhodnotit účinek VR na terapii chůze u pacientů s onemocněními neurologickými, traumatickými aj. Pro tvorbu bakalářské práce bylo použito 30 studií a článků zabývajících se danou problematikou a k vyhledávání byla využita následující klíčová slova, či jejich anglické ekvivalenty: virtuální realita, terapie chůze, cévní mozková příhoda, poranění míchy, úraz kolene, úraz kotníku, náhrada kloubu a Parkinsonova nemoc. Pro vyhledávání článků bylo využito portálu elektronických internetových zdrojů UPOL, databáze PubMed a GoogleScholar. Z výsledků studií je patrný pozitivní efekt VR na rychlost chůze a délku kroku a ukázalo se, že zařazením VR do rehabilitačního programu se terapie stává pro pacienty záživnější a zvyšuje jejich motivaci k další léčbě.

Abstrakt v AJ: The gait therapy is an important part of every rehabilitation and it helps patients to return to routines of their daily lives. The artificially created environment, called virtual reality (VR), is a relatively new approach to the gait therapy. The aim of this bachelor thesis is to evaluate the effect of VR in the gait therapy on patients with neurological diseases, traumatic diseases and etc. There are twenty-eight articles and studies used in relation to this issue and the basis of this thesis lies in the following key words: virtual reality, gait therapy, stroke, spinal cord injury, knee injury, ankle injury, joint replacement and Parkinson's disease. The related articles and studies were found by the academic search engines Electronic internet sources of UPOL, the database PubMed and Google Scholar. The results of the studies showed an apparent positive effect of VR on gait velocity and step length, therefore, the inclusion of VR to rehabilitation programs results in more engaging therapies and higher motivation of patients to further their treatment.

Klíčová slova v ČJ: virtuální realita, terapie chůze, cévní mozková příhoda, poranění míchy, úraz kolene, úraz kotníku, náhrada kloubu a Parkinsonova nemoc

Klíčová slova v AJ: virtual reality, gait therapy, stroke, spinal cord injury, knee injury, ankle injury, joint replacement, Parkinson disease.

Rozsah: 52 stran

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Lucie Navrátilové a použila jsem jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. dubna 2018

podpis

Poděkování

Velice ráda bych poděkovala Mgr. Lucii Navrátilové za odborné vedení, cenné rady, ochotu a pomoc při tvorbě bakalářské práce.

Obsah

Obsah	6
Úvod	8
1 Fyziologická chůze	10
1.1 Krokový cyklus	10
1.1.1 Timing krokového cyklu.....	10
1.1.2 Fáze krokového cyklu	11
2 Typy chůze a její časté poruchy.....	15
2.1 Neurologické příčiny poruch chůze	15
2.1.1 Abnormality chůze u osob po CMP	16
2.1.2 Abnormality chůze u osob s Parkinsonovou nemocí.....	17
2.2 Některá traumatická, degenerativní a jiná onemocnění ovlivňující chůzi	19
2.2.1 Traumatická onemocnění ovlivňující chůzi.....	19
2.2.2 Degenerativní onemocnění ovlivňující chůzi	20
2.2.3 Systémová onemocnění ovlivňující chůzi	20
2.2.4 Vrozené vady dolních končetin	20
3 Možnosti terapie chůze	21
4 Virtuální realita	24
4.1 VR v terapii chůze.....	24
5 Diskuze	29
5.1 Využití VR v terapii chůze u pacientů s Parkinsonovou chorobou.....	29
5.2 Využití VR u pacientů po CMP	33
5.3 Využití VR u pacientů po inkompletním poranění míchy	37
5.4 Využití VR u pacientů po úrazech kotníku nebo kolene.....	38
5.5 Využití VR u pacientů po totální náhradě kolenního kloubu.....	40
Závěr.....	43
Referenční seznam.....	44

Seznam zkratek.....	51
Seznam obrázků.....	52

Úvod

V dnešní době se moderní technologie rozvíjejí čím dál více a využívají se v řadě odvětví. Výjimkou není ani rehabilitace, kde se moderní přístroje stávají běžnou součástí terapie. I přes řadu výhod, které moderní technika přináší, se názory terapeutů po celém světě v tomto ohledu liší, pro některé terapeuty je vedení pacienta vlastním tělem nenahraditelné jakýmkoli přístrojem a prosazují názor, že technika nedokáže pacientovi zdaleka předat to, co ruce terapeuta. Pro jiné terapeuty však moderní přístroje představují vhodný nástroj a alternativu pro cílenou obnovu a reedukaci motoriky.

Tato práce se zabývá poměrně novým rehabilitačním přístupem, virtuální realitou a využitím tohoto uměle vytvořeného prostředí při terapii chůze. Stereotyp chůze může být ovlivněn řadou nemocí centrálního i periferního nervového systému, stejně tak jako množstvím nejrůznějších úrazů dolních končetin, či systémovým onemocněním. Plné navrácení k předchozím aktivitám bývá pro pacienta jedním z hlavních cílů a schopnost lokomoce se s tímto cílem velmi úzce pojí.

Možností, jak při terapii zajistit kvalitní nácvik chůze, je celá řada a ve zdokonalování tréninkových přístrojů jako jsou např. chodící pásy, přístroje k nácviku rovnováhy, robotické ortézy nebo vertikalizátory, hraje technika výraznou roli. V dnešní době je snahou udělat terapii co nejzajímavější a pro pacienta motivující, v čemž může právě virtuální realita výrazně přispět. Zařazením virtuální reality do některého přístroje využívajícího se k terapii chůze či využitím nejrůznějších herních konzolí, poskytujících různorodé varianty tréninkových programů, vzniká bezpečný způsob, jak pacientům zprostředkovat různá tréninková prostředí, navodit každodenní situace, se kterými se pacienti po návratu do běžného života budou setkávat a umožnit jim nácvik aktivit, které v reálném prostředí trénovat nemohou.

Účinek virtuální reality při terapii chůze je převážně zkoumán u pacientů neurologických, kde jsou abnormality v chůzi výrazné a typické pro každou diagnózu. Také tato práce je zaměřena z velké části na možnosti využití tohoto prostředí u pacientů s neurologickou diagnózou, především pak na pacienty po cévní mozkové příhodě (CMP) a pacienty s Parkinsonovou nemocí. Jelikož se však v posledních letech využití VR rozšiřuje, jsou do této práce zařazeny i studie, které se věnují pacientům traumatickým, ortopedickým aj.

K prvotnímu vyhledávání byla použita tato klíčová slova: virtuální realita, terapie chůze, respektive jejich anglické ekvivalenty: virtual reality, gait therapy. Po nalezení

výsledků a diagnóz, kterými se studie zabývaly, bylo vyhledávání doplněno o klíčová slova: cévní mozková příhoda, poranění míchy, úraz kolene, úraz kotníku, náhrada kloubu, Parkinsonova nemoc či jejich anglické ekvivalenty: virtual reality, gait therapy, stroke, spinal cord injury, knee injury, ankle injury, joint replacement, Parkinson disease. Tato klíčová slova byla vybrána, jelikož se tyto diagnózy ve studiích objevovaly nejvíce a v praxi se s nimi setkáváme velmi často. K vyhledávání studií bylo využito portálu elektronických internetových zdrojů UPOL, databáze PubMed a GoogleScholar. Na základě klíčových slov se zobrazilo 445 článků publikovaných v období od roku 2000 do roku 2017, ze kterých bylo poté vybráno nebo ručně dohledáno celkem 30 studií a článků použitých pro účely této bakalářské práce. Zdroje byly doplněny o tuto vstupní literaturu:

ADAMS, J. M., PERRY, J. 1994. *Gait Analysis: Clinical Application*. In: GAMBLE, J. G., ROSE, J. *Human walking* (2nd ed.). Baltimore: Williams & Wilkins. ISBN 0683073605.

AMBLARD B., BERTHOZ A., CLARAC F. 1998. *Posture and gait: development, adaptation, and modulation : proceedings of the 9th International Symposium on Postural and Gait Research, Marseille, France, 29 May-1 June, 1988*. Amsterdam: Excerpta Medica. ISBN 0444810307.

BRANDT, T., BRONSTEIN, A. M., WOOLLACOTT, M. H. 1996. *Clinical disorders of balance, posture, and gait*. London: Arnold. ISBN 0340601450.

BURDEA, G., COIFFET, P. 2003. *Virtual reality technology* (2nd ed.). Hoboken, N. J.: J. Wiley-Interscience. ISBN 0-471-36089-9.

GAMBLE, J. G., ROSE, J. 1994. *Human walking* (2nd ed.). Baltimore: Williams & Wilkins. ISBN 0683073605.

KOLÁŘ, P. et al. 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.

PERRY, J. 1992. *Gait analysis: normal and pathological function*. Thorofare, NJ: SLACK. ISBN 9781556421921.

SMIDT, G. L. 1990. *Gait in rehabilitation*. New York: Churchill Livingstone. ISBN 044308663x.

WHITTLE, M. W. 2007. *Gait analysis: an introduction* (4th ed.). Edinburgh: Butterworth-Heinemann. ISBN 9780750688833.

1 Fyziologická chůze

Normální lidská chůze a běh mohou být definovány jako způsob lokomoce se střídavým využitím obou dolních končetin k poskytnutí jak opory, tak pohybu. K definování pouze chůze a vyřazení běhu je třeba dodat, že alespoň jedna noha je po celou dobu v kontaktu se zemí (Whittle, 2007, s. 48).

Schéma chůze každého člověka je unikátní a částečně vyjadřuje jeho osobnost, přesto existují určité konsistentní znaky chůze, které odpovídají fyziologickému rozmezí (Cahalan a Chao, 1990, s. 45).

1.1 Krokový cyklus

Krokový cyklus je definován jako časový interval mezi dvěma výskyty jedné z opakujících se fází chůze (Whittle, 2007, s. 52). Jelikož jedna fáze plynule přechází ve fázi druhou, může být každá akce považována za startovací bod krokového cyklu a nelze jednoznačně definovat jeho počátek a konec. Obvykle se však za tuto akci považuje okamžik, kdy je jedna noha v kontaktu se zemí, tedy tzv. iniciální kontakt, který je nejvíce čitelný a snadno rozpoznatelný (Patokinesiology Department a Physical Therapy Department, 1989 in Perry, 1992, s. 4). Pokud se určí, že cyklus začíná pravou nohou, poté krokový cyklus trvá do té doby, než se pravá noha znovu dotkne země (Whittle, 2007, s. 52).

Krokový cyklus lze rozdělit do dvou základních fází, a sice fáze stojné, kdy je končetina v kontaktu se zemí a fáze švihové, kdy se končetina nachází ve vzduchu. Stojná fáze začíná počátečním kontaktem a švihová fáze odlepením palce při počátečním švih (Perry, 1992, s. 4). Stojná fáze je rozdělena na 4 části: postupné zatěžování, mezistoj, konečný stoj, předšvihová fáze. Fáze švihová je rozdělena na 3 části: počáteční švih, mezišvih, konečný švih (Whittle, 2007, s. 53).

1.1.1 Timing krokového cyklu

Doba trvání kompletního krokového cyklu je rozdělena na dobu stojné fáze a dobu švihové fáze (Whittle, 2007, s. 53).

Iniciální kontakt pravé nohy nastává v době, kdy je levá noha stále v kontaktu se zemí, tedy je ve fázi dvojí opory mezi fází počátečního kontaktu pravé nohy a odrazem palce nohy levé. Jednooporová fáze nastává v okamžiku, kdy se jedna dolní končetina nachází ve švihové fázi a druhá je v kontaktu se zemí. Ve fázi dvojí opory je vždy jedna končetina vepředu, což je ta, která právě dopadla na zem a druhá končetina je vzadu a právě se chystá vykročit. Jinak

se dá tedy říci, že končetina vpředu je ve stadiu zatěžování a končetina vzadu v předšvihové fázi (Whittle, 2007, s. 53-54).

V každém krokovém cyklu se nachází dvě fáze dvojí opory a dvě jednooporové fáze. Fáze opory (stojná fáze) většinou zaujímá 60% cyklu, fáze švihová 40% a každá ze dvou fází dvojí opory 10% krokového cyklu. Tyto poměry se však mohou měnit. Při rychlejší chůzi se prodlužuje doba švihové fáze a naopak se zkracuje fáze opory. Konečné vymizení fáze dvojí opory značí přechod z chůze do běhu (Whittle, 2007, s. 54).

1.1.2 Fáze krokového cyklu

Počáteční kontakt (Initial contact)

Fáze počátečního kontaktu je začátkem postupného zatěžování v průběhu stojné fáze. Jelikož se zde vyskytuje zřetelný úder paty do podložky, je tato fáze často nazývána jako „úder paty“ neboli „heelstrike“. Trup se v tuto chvíli nachází mírně za stojnou nohou (Whittle, 2007, s. 64-65).

Švihová noha svým dopadem na podložku zpomaluje celý pohyb těla, což je zajištěno současnou aktivitou flexorů a extenzorů kolena (Rab, 1994, s. 112-113). Míra švihu horních končetin se zvyšuje s rychlostí chůze. M. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus jsou aktivní ke konci švihové fáze a m. gluteus maximus se kontrahuje v době počátečního kontaktu, aby společně zpomalily pohyb stehna a napomohly tak dopadu nohy (Whittle, 2007, s. 65; Rab, 1994, s. 113). Tyto svaly společně startují extenzi stojné končetiny. Hlezenní kloub se v době počátečního kontaktu nachází ve své neutrální pozici, úhel mezi chodidlem a tibií je přibližně 90°. Pata je obvykle v mírném varózním postavení a chodidlo v lehké supinaci (Whittle, 2007, s. 65-66). K zabránění přepadávání špičky chodidla zde slouží excentrická kontrakce m. tibialis anterior. (Rab, 1994, s. 113)

Abnormální počáteční kontakt může vznikat následkem patologie v hlezenním kloubu, anebo neadekvátní omezené hybnosti v kloubu kolenním či kyčelním (Adams a Perry, 1994, s. 144). Při nedostatečné dorzální flexi v hlezenním kloubu dojde ke zkrácení doby kontaktu paty s podložkou. Noha tak velmi brzo dopadá na podložku a je vynucena hyperextenze v kolenním kloubu. Mezi nejčastější příčiny tohoto nesprávného dopadu paty patří slabý m. tibialis anterior, mírné kontraktura m. triceps surae či jeho předčasná aktivita (Adams a Perry, 1994, s. 144).

Pokud se k patologiím v oblasti hlezenního kloubu přidají i problémy v kloubu kolenním, např. slabá flekční kontraktura, spastický m. biceps femoris, m. semitendinosus nebo m. semimembranosus, slabý nebo spastický m. quadriceps femoris, dochází k tomu, že na podložku ve stejnou dobu dopadne jak pata, tak i předonoží. Dochází tak k plošnému dopadu celé plosky (Adams a Perry, 1994, s. 145).

Postupné zatěžování (Loading response)

Fáze postupného zatěžování je období dvojí opory mezi iniciálním kontaktem stojné končetiny a odrazem palce končetiny švihové. Končetina se přibližuje k podložce díky větší plantární flexi. Tato fáze představuje přibližně 10-12% celkového cyklu (Whittle, 2007, s. 66).

Izometrická kontrakce mm. glutei pomáhá stabilizaci pánve ve frontální rovině (Rab, 1994, s. 113) a díky aktivitě m. gluteus maximus a m. biceps femoris se kyčelní kloub začíná extendovat. Koleno přechází z plně extendované pozice v průběhu iniciálního kontaktu do flexe, jejíž rozsah a rychlost je kontrolován excentrickou kontrakcí m. quadriceps femoris. Postupné zatěžování zahrnuje plantární flexi hlezenního kloubu, která je umožněna excentrickou kontrakcí musculus tibialis anterior. Pohyb do plantární flexe je doprovázen pronací chodidla a vnitřní rotací tibie (Whittle, 2007, s. 67).

Abnormality v této fázi bývají způsobeny nadměrnou nebo naopak chybějící mobilitou v kolenním kloubu. Pacienti se slabým m. quadriceps femoris se vyhýbají flexi v koleni a nahrazují ji posunem těžiště více dopředu vzhledem k ose kolenního kloubu. Fyziologické flexi v kolenním kloubu dále brání kontraktura, slabost nebo spasticita m. triceps surae (Adams a Perry, 1994, s. 145-146).

Odvinutí palce druhé nohy (Opposite toe off)

Tato fáze je koncem období dvojí opory a začátkem fáze mezistojky. Stojná končetina je celým chodidlem na podložce a druhá končetina se nachází na začátku švihové fáze. Tato fáze představuje 8% z cyklu. Kyčelní kloub stojné končetiny je v mírné flexi (cca 25°) a zvyšuje svou extenzi aktivitou m. gluteus maximus, m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus. Koleno švihové končetiny pokračuje do flexe (Whittle, 2007, s. 67–68).

Mezistoj (Midstance)

Mezistojem se myslí období cyklu mezi odvinutím palce švihové končetiny a odvinutím paty končetiny stojné. Trup se dostává do své nejvyšší pozice a pánev se přesouvá na stranu stojné končetiny. Koncentrická kontrakce m. gluteus maximus a m. biceps femoris ustává a extenze v kyčli je dokončována setrvačností a působením gravitace. Flexe v kolenu dosahuje maxima a je obvykle 10° až 20°, ke konci fáze dochází ke kontrakci m. quadriceps a koleno se začíná extendovat. Tibie rotuje zevně a chodidlo je v supinaci (Whittle, 2007, s. 69-70).

Odvinutí paty (heel rise)

Tato fáze odpovídá konečnému stoji, kdy se pata stojné končetiny zvedá z podložky. Extenze kyčelního kloubu dosahuje svého maxima na konci této fáze, v době počátečního kontaktu opačné končetiny. Na postavení kolenního kloubu působí m. triceps surae, který svou aktivitou zabraňuje hyperextenzi kolene. V hlezenním kloubu se zvětšuje dorzální flexe, tibie je rotovaná zevně a chodidlo se nachází v supinaci. Se zvětšujícím se odvíjením paty roste dorzální flexe v metatarzofalangeálních (MTP) kloubech (Whittle, 2007, s. 71-72).

Předšvihová fáze (Pre-swing)

Touto fází končí jednooporová fáze a začíná období dvojí opory. Druhá končetina se nachází ve fázi počátečního kontaktu a končetina, která se připravuje na švih je flektovaná v kyčelním, kolenním i hlezenním kloubu (Whittle, 2007, s. 73).

Plně extendovaná kyčel se připravuje na opětovnou flexi, kterou v této pozici jako první zajišťuje aktivita m. adductor longus. Koleno pokračuje ve svém pohybu do flexe, jehož rychlost je kontrolována excentrickou kontrakcí m. quadriceps femoris (Whittle, 2007, s. 74). Iniciace této flexe je kritickým bodem a může být narušena spasticitou m. quadriceps femoris (Garland et. al., 1982 in Adams a Perry, 1994, s. 149). Koncentrická kontrakce m. triceps surae způsobuje pohyb hlezenního kloubu do plantární flexe, pokračuje také extenze v MTP kloubech a napíná se plantární fascie. Chodidlo dosahuje maximální supinace v kombinaci se zevní rotací tibie a pata je v mírně varózním postavení. Tyto faktory zaručují zamknutí MTP kloubů a tedy i dostatečnou stabilitu chodidla (Inman et. al., 1981 in Whittle, 2007, s. 74; Adams a Perry, 1994, s. 149). Na konci této fáze je také dosažena maximální plantární flexe (Perry, 1992, s. 155).

Počáteční švih (Initial swing)

Stojná fáze je ukončena odrazem palce a končetina se dostává do fáze švihové. Kyčelní kloub se díky gravitaci a napnutí ligament v okolí kloubu začíná flektovat. K flexi napomáhá i aktivita m. rectus femoris a m. adductor longus. Flexi kyčelního kloubu následuje díky setrvačnosti i kloub kolenní. Plantární flexe hlezenního kloubu se nachází ve svém maximu a aktivitu m. triceps surae postupně přebírá m. tibialis anterior, který vrací hlezenní kloub do neutrální pozice (Whittle, 2007, s. 75-76).

Pro správný průběh této fáze je důležitá adekvátní flexe v kyčelním a kolenním kloubu a dostatečná dorzální flexe v kloubu hlezenním. Slabé kontralaterální abduktory, spastický m. quadriceps femoris nebo slabý m. tibialis anterior způsobují relativní prodloužení švihové končetiny a pacienti tuto situaci kompenzují nadměrným pohybem trupu, rotací pánve, výraznou flexí v koleni a dorzální flexí v hlezenním kloubu. Při chůzi lze vidět ipsilaterální elevace kyčelní kosti a zvýšená plantární flexe na kontralaterální končetině. Tyto mechanismy kompenzují nedostatečnou flexi v koleni (Adams a Perry, 1994, s. 149).

Mezišvih (Mid-swing)

V této fázi dochází k míjení stojné a švihové končetiny a chodidla se nachází přibližně ve stejné rovině. Trup se nachází opět ve svém nejvyšším bodě a pánev je zcela na straně stojné končetiny. Mohutná kontrakce m. iliopsoas zajišťuje poměrně výraznou flexi v kyčli, což se projevuje i na flexi kolene, která dosahuje přibližně 60°. Chodidlo zůstává lehce supinováno a aktivita m. tibialis anterior zajišťuje mírnou dorzální flexi a brání přepadávání špičky (Whittle, 2007, s. 76-78).

Konečný švih (Terminal swing)

Tato fáze se vyznačuje vertikálním postavením tibie švihové končetiny. Velmi silně se kontrahují m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus, které limitují extenzi v koleni a udržují mírnou flexi v kyčelním kloubu. Hlezenní kloub se nachází přibližně v neutrální pozici, která je nadále kontrolována aktivitou m. tibialis anterior (Whittle, 2007, s. 78-79).

2 Typy chůze a její časté poruchy

Stereotyp chůze, její kvalita a parametry jsou u každého člověka odlišné. Popsat či rozlišit nejrozumnější způsoby chůze je v praxi velmi obtížné, jelikož odlišností je velké množství. Například profesor V. Janda popsal 3 typy chůze. Prvním typem je chůze proximální, kde se pohyb odehrává převážně v kyčelních kloubech pomocí silných flexorů kyčelního kloubu a při chůzi dochází jen k minimálnímu odvinutí chodidla. Opakem je akrální typ chůze, kdy je naopak pohyb v kyčelních kloubech velmi malý, pohyb je vykonáván převážně na akru a při odrazu chodidla je nápadně zvětšená plantární flexe v hlezenním kloubu. Třetím typem je chůze peroneální, kdy dochází k everzi nohy, kyčelní klouby bývají vnitřně rotovány a je nápadná větší flexe v kloubech kolenních z důvodu narušené dorzální flexe chodidla (Valouchová a Kolář, 2009, s. 48-50).

Abnormality chůze můžeme např. pozorovat u některých psychických onemocnění, kam lze zařadit chůze hysterická (provazolezecká), při níž pacienti chodí o velmi úzké bázi a připomínají tak chůzi provazolezců po laně (Valouchová a Kolář, 2009, s. 51), u onemocnění neurologických (viz kapitola 2.1), traumatických, degenerativních aj. (viz kapitola 2.2, s. 19).

2.1 Neurologické příčiny poruch chůze

Jednou z příčin poruch chůze může být ztráta či omezení funkce některého z regulačních okruhů. Stěžejními okruhy jsou regulační okruhy bazálních ganglií a mozečku. Pokud je poškozen mozeček, projevem je chůze cerebelární neboli opilecká, kdy pacient chodí o širší bázi. Při postižení zadních míšních kořenů a provazců vzniká chůze tabická (např. u tabes dorsalis), kdy má pacient z důvodu ztráty polohocitu problémy s přenosem váhy, udržením rovnováhy a má větší tendenci k pádům. Porucha rovnováhy a větší tendence k pádům se projevuje i u chůze vestibulární, kterou je možno pozorovat při poškození vestibulárního ústrojí např. z důvodu léze ve vnitřním uchu nebo léze vestibulárního nervu, pacienti také pociťují tah na jednu stranu. Při poruše bazálních ganglií vzniká chůze hypokinetická, jejímž příkladem může být parkinsonská chůze nebo chůze hyperkinetická, kdy je pohyb doprovázen výraznými mimovolními pohyby. Pokud dojde k poškození sestupných nervových vláken, nedochází k tlumení svalového tonu a vzniká spastická chůze. Pacienti chodí po špičkách a kolenní kloub se často nachází v hyperextenzi. Tuto chůzi můžeme pozorovat např. u pacientů po cévní mozkové příhodě (CMP), u pacientů s roztroušenou sklerózou či dětskou mozkovou obrnou (DMO) (Valouchová a Kolář, 2009, s. 50-51).

Jelikož chůze u pacientů s Parkinsonovou nemocí a u pacientů po CMP má velmi pestrý obraz, jsou jejich abnormality chůze detailněji popsány v následujících kapitolách (viz kapitola 2.1.1 a kapitola 2.1.2, s. 17).

Na chůzi se patologicky projeví i onemocnění nervosvalová (tzv. myopatie), která se manifestují snížením svalové síly především na proximálním svalstvu dolních končetin (Bitnar a Lepšíková, 2009, s. 326). Při výpadku funkce abduktorů kyčelního kloubu, především m. gluteus medius dochází ke vzniku kolébavé neboli kachní chůze, při které lze pozorovat velké exkurze v pohybu trupu, který se naklání na stranu stojné končetiny (Valouchová a Kolář, 2009, s. 51).

2.1.1 Abnormality chůze u osob po CMP

CMP je popsána jako známka porušené funkce mozku, která trvá déle než 24 hodin a kde příčina je cévního původu. (Nevšímalová, 2002 in Burget, 2015 s. 70). Vyšší prevalence nemoci je u starších jedinců, u mužů ve věku 70 let a u žen ve věku 75 let (Kalvach a kol., 2010 in Burget, 2015, s. 70). Základním mechanismem je buď ucpání, nebo prasknutí tepny, která přivádí krev do mozku (Pfeiffer, 2007, s. 141). Porucha tedy může být ischemického, který je častější, nebo vzácněji hemoragického charakteru. (Horáček a Kolář, 2009, s. 387).

CMP vzniklé z důvodu hemoragie jsou spojené s vyšší úmrtností a projevují se bolestmi hlavy, poruchami vědomí, nauzeou, zvracením apod. V případě mozečkových krvácení se přidávají i vestibulární příznaky s poruchou stoje a chůze (Horáček a Kolář, 2009, s. 388–389).

Druhou příčinou CMP je ischemie, která může vzniknout v povodí karotickém nebo v povodí vertebrobazilárním. V karotickém povodí je nejčastějším případem ischemie v povodí a. cerebri media, kdy vzniká kontralaterální hemiparéza a je přítomno typické Wernickeovo-Mannovo držení. Rameno se nachází ve vnitřní rotaci, addukci a depresi, dále na horní končetině pozorujeme flexi loketního kloubu, zápěstí i prstů. Dolní končetina je ve vnitřní rotaci a extenzi v kyčelním i kolenním kloubu. V hlezenním kloubu je patrna výrazná plantární flexe a inverze. U ischemie v povodí a. cerebri media bývá více postižena horní končetina, zatímco u méně časté ischemie v povodí a. cerebri anterior je hemiparéza více vyjádřena na dolní končetině (Horáček a Kolář, 2009, s. 387-388).

Ischemie ve vertebrobazilárním povodí může postihnout a. basilaris, a. vertebralis nebo některé mozečkové či kmenové tepny. Chůzi narušuje především kontralaterální porucha čítí a při jednostranném poškození kmenových tepen také vznikající alternující hemiparézy,

tn. kontralaterální hemiparéza a homolaterální poškození hlavového nervu (Horáček a Kolář, 2009, s. 388).

Z hlediska průběhu rekonvalescence po CMP lze popsat 3 fáze. V akutní fázi převládá snížený svalový tonus, oslabení svalů a ztráta stability, což vyústí v neschopnost jakéhokoli pohybu končetin na paretické polovině těla. V následné subakutní fázi se začíná rozvíjet spasticita výrazně vyjádřená na extenzorech dolní končetiny a flexorech končetiny horní. Pacienti v tomto stádiu nejsou schopni provádět samostatné pohyby jednotlivých částí končetin, které se tedy pohybují jako celek. Po skončení této fáze může u pacientů dojít k relativnímu zlepšení stavu nebo již k žádnému zlepšení nedojde a přecházejí do stadia chronického, které je charakteristické uchovanými špatnými stereotypy. Při chůzi dochází k elevaci pánve, rekurvaci v kolenním kloubu a končetina je vpřed sunuta cirkumdukci (Horáček a Kolář, 2009, s. 389-392).

U pacientů po CMP je pro chůzi charakteristická snížená rychlost, kadence a délka kroku, stejně tak je narušená symetričnost chůze, kdy je na zdravé dolní končetině prodloužena stojná fáze a na paretické straně je výrazně zkrácený krok (Brandstater, 1983; Turnbull, Charteris a Wall, 1995; Olney, Griffin a McBride, 1994 in Roerdink et al., 2007, s. 1010). Špatná koordinace a adaptace při chůzi se odráží v nesprávném timingu zapojení svalů a nedokonalé schopnosti přizpůsobit chůzi okolí (Wagenaar, 1990; Kwakkel a Wagenaar, 2002 in Roerdink et al., 2007, s. 1010).

Z důvodu narušené rovnováhy má mnoho pacientů problémy s mobilitou, je např. narušená schopnost překonávat překážky a snížená celková výdrž (Jaffe et al., 2004, s. 283-292). Nedostatek posturální kontroly je považován za jeden z hlavních problémů u těchto pacientů a značně zvyšuje riziko pádu během rehabilitace (Nyberg a Gustafson, 1997 in Park, Lee a Lee, 2013, s. 489–494). K pádu dochází často v době, kdy je třeba adaptovat chůzi na změnu podmínek (např. při změně směru chůze nebo přechodu přes překážku) (Hyndman, Ashburn a Stack, 2002; Weerdesteyn et al., 2008 in Hollands et al., 2015, s. 2), jelikož je dokázáno, že pacienti po CMP mají sníženou schopnost zkrátit či prodloužit krok nebo přizpůsobit šířku báze okolním podmínkám (Den Otter et al., 2005; van Swigchem et al., 2013; Said et al., 1999 in Hollands et al., 2015, s. 2).

2.1.2 Abnormality chůze u osob s Parkinsonovou nemocí

Parkinsonova nemoc je porucha extrapyramidového systému (Whittle, 2007, s. 134) a jedná se o nejběžnější degenerativní poruchu bazálních ganglií (Kurland, 1958 in Brown

a Steiger, 1996, s. 156). Nemoc je charakterizovaná motorickými i nemotorickými příznaky (Morris et al., 1994 in De Icco et al., 2015, s. 1).

V patogenezi se uplatňuje degenerace dopaminergních neuronů v substantia nigra, což vyúsťuje v celkový úbytek dopaminu. Základem terapie jsou agonisté dopaminu a Levodopa (Brown a Steiger, 1996, s. 156).

Prevalence této nemoci se zvyšuje s věkem a vyskytuje se přibližně u jednoho procenta osob nad 60 let. Mezi počáteční příznaky patří ztuhlost, neobratnost končetin a celkové zpomalení při vykonávání různých činností (Brown a Steiger, 1996, s. 156). Co se týká průběhu choroby, nemoc má neustálý progredující charakter, ale průběh zhoršování příznaků pomalý (Brown a Steiger, 1996, s. 157).

Hlavními znaky rozvinuté choroby jsou bradykineze, tedy zpomalení pohybu, rigidita, třes a posturální nestabilita (Brown a Steiger, 1996, s. 156). Pacienti trpící touto chorobou mají problémy s rovnováhou a správnými obrannými reakcemi na změnu polohy těla (Martin, 1967 in Amblard, Berthoz a Clarac, 1988, s. 245). Pojem „pulse“ označuje neschopnost plynulého udržování rovnováhy a vyrovnávání těžiště těla, kdy pacienti „utíkají krátkými krůčky za svým těžištěm“ (Ambler, 2006, s. 36). Bradykineze se projevuje již v časných stádiích a pacientům dělá obtíže pospíchání nebo zrychlení chůze, kroky se zkracují, a dolní končetiny nejdou natolik zvednout od podložky. Celkově se u pacientů vytrácí schopnost provádět plynulé pohyby (Brown a Steiger, 1996, s. 158) a v obrazu nemoci převládají statické polohy na úkor složitějších pohybů (Pfeiffer, 2007, s. 238).

V počátečních stádiích se objevuje zpomalení chůze a zmenšení délky kroku, vzniká tak typická šouravá chůze (Brown a Steiger, 1996, s. 156-157). Prodlužuje se doba stojné fáze a zvyšuje se počet kroků potřebných k překonání určité vzdálenosti (Morris et al., 1994 in De Icco et al., 2015, s. 1).

V souvislosti se sníženým pohybem dolních končetin dochází k nesprávnému odvinutí chodidla od podložky. Chodidlo u těchto pacientů často dopadá na celou plošku nebo je dokonce patrný prvotní dotek prstů. V pokročilejších fázích nemoci může také docházet k pádům z důvodu nedostatečného zvedání nohou a zakopnutí na nerovném povrchu (Brown a Steiger, 1996, s. 157). Koller et al. (1989, in Brown a Steiger, 1996, s. 159-160) udává, že pády se vyskytovaly častěji u jedinců starších, více rigidních, s delším trváním nemoci a většina pádů vznikla z důvodu posturální nestability. Během přechodu přes překážky pacienti často stoupají blíže k překážce, z důvodu jejich zkráceného kroku, což může vyústit o zakopnutí a náhlý pád (Galna, Murphy a Morris, 2010 in Liao et. al., 2014, s. 658). Mnoho pacientů je po několika letech průběhu nemoci závislých při chůzi na pomoci druhých a udává

se, že často využívají chodítek, naopak francouzské berle nejsou při chůzi parkinsoniků příliš užitečné (Selby, 1984 in Brown a Steiger, 1996, s. 157).

S progresí choroby bývá spojen tzv. „freezing“ neboli zamrznutí v průběhu pohybu. Freezing je definován jako přechodný stav, trvající obvykle několik sekund (Brown a Steiger, 1996, s. 157-158). Jedná se o náhlé záchvatovité zastavení chůze bránící dalšímu pohybu vpřed (Nutt et al., 2011; Nonnekes et al., 2015 in Janssen et al., 2017, s. 279). Freezing má negativní dopad na samostatnost při chůzi a je spojen s pády a následnými zraněními, což narušuje celkovou kvalitu života pacientů (Grimbergen et al., 2013; Walton et al., 2015 in Janssen et al., 2017, s. 279). Tento stav obvykle značí vážnější a těžší průběh choroby. Pro freezing je typické přešlapování a váhání při startu chůze, pacientům je bráněno při pohybu vpřed. K zamrznutí může dojít i v průběhu chůze např. při změně směru, vstupu do dveří nebo průchodu úzkou uličkou (Brown a Steiger, 1996, s. 157-158).

2.2 Některá traumatická, degenerativní a jiná onemocnění ovlivňující chůzi

Abnormality chůze nevznikají jen na základě nervových patologií, ale vyvíjejí se, i když je nepříznivě ovlivněn muskuloskeletární systém, ať už určitou nemocí, nebo traumatem (Smidt, 1990, s. 199). Následkem traumatu nebo např. zánětu je tkáň v okolí v napětí, což způsobuje bolest (Perry, 1992, s. 176) a u pacienta je patrna antalgická chůze, jejíž projevy poté závisí na postižené oblasti (Valouchová a Kolář, 2009, s. 51).

2.2.1 Traumatická onemocnění ovlivňující chůzi

Mezi častá traumata kloubu kyčelního můžeme řadit luxace kyčelního kloubu, zlomeniny proximálního femuru, zlomeniny acetabula apod. (Lepšíková, Kolář a Dyrhonová, 2009, s. 490). Co se týká kolenního kloubu, zde dochází často k poraněním měkkého kolena, kam řadíme např. distorze kolene, poranění podélných nebo zkřížených vazů či ruptury menisků (Dobeš, 2009, s. 503). V hlezenním kloubu pak může dojít k ruptuře Achillovy šlachy nebo k poškození některého z vazů v okolí kloubu (Dobeš, Kolář a Dyrhonová, 2009, s. 510).

Traumata, která se projeví na chůzi, však nemusí být pouze na dolních končetinách, nýbrž i úrazy páteře s následným poraněním míchy ovlivní funkci dolních končetin (pentaplegie/paréza, kvadruplegie/paréza, paraplegie/paréza) (Kříž a Chvostová, 2009; Wendsche a Kříž, 2005 in Polák, Pánek a Pavlů, 2017, s. 117). Mezi nejčastější příčiny poranění páteře se sekundárně vzniklou míšní lézí patří pády z výšky a úrazy

při autonehodách (Blumer a Quine, 1995; Náhlavský, 2006 in Polák, Pánek a Pavlů, 2017, s. 117). Míšní léze můžeme dělit na kompletní, kdy pod úroveň léze nejsou zachovány žádné funkce a léze inkompletní, kdy některé funkce uchovány jsou (Kříž a Chvostová, 2009; Wendsche a Kříž, 2005 in Polák, Pánek a Pavlů, 2017, s. 117).

2.2.2 Degenerativní onemocnění ovlivňující chůzi

Velmi častou příčinou narušení chůze jsou i onemocnění degenerativní, kam řadíme artrózy, nejčastěji coxartrózy, gonartrózy. Tato onemocnění limitují pacienty zejména chronickou bolestí kloubů a omezením rozsahu hybnosti (Gallo, 2011, s. 107-109). V případě coxartrózy je přítomna kachní chůze z důvodu oslabených abduktorů kyčelního kloubu. Omezena je také vnitřní rotace a extenze v kloubu z důvodu oslabených svalů a adduktory kyčelního kloubu jsou hypertonické. Při gonartróze trpí pacienti bolestmi kloubu nejprve při chůzi do schodů nebo při větší zátěži, později pak i bolestmi klidovými. M. quadriceps femoris je oslabený, což se projevuje náhlým podklesnutím kolene při chůzi a nedostatečnou stabilitou a hypertrofické je svalstvo ischiokrurální, což způsobuje mírnou flekční kontrakturu. Léčba artrózy je operativní a řeší se artroskopickými výkony či náhradou postiženého kloubu (Kolář et al, 2009, s. 428).

2.2.3 Systémová onemocnění ovlivňující chůzi

Příkladem častých systémových onemocnění ovlivňujících chůzi mohou být zánětlivá onemocnění (např. artritidy kloubů). Artritida neboli zánět kloubu se projevuje silnými bolestmi, omezenou aktivní i pasivní hybností kloubu, atrofiemi svalů a kloubními deformitami. Mezi nejčastěji postižené klouby na dolní končetině patří MTP klouby a kloub kolenní, jejichž deformity (např. hallux valgus, genu varum, genu valgum) výrazně narušují stereotyp chůze (Koudelková a Kolář, 2009, s. 582-583).

2.2.4 Vrozené vady dolních končetin

Mezi další onemocnění, která mohou chůzi ovlivnit, patří některé vrozené vady jako např. vrozená dysplazie kyčlí, coxa vara, morbus perthes, vrozená luxace patelly, pes equinovarus congenitus, pes calcaneovalgus atd. (Lepšíková, Kolář a Dyrhonová, 2009, s. 490; Kolář a Kříž, 2009, s. 500; Dobeš, Kolář a Dyrhonová, 2009, s. 510).

3 Možnosti terapie chůze

Ideální chůze je definována jako chůze plynulá, rytmická a symetrická, vyžadující minimální množství energie, u které jedinec nepocítuje příznaky nemoci a nepotřebuje při ní žádné přidavné pomůcky (Heap, 1943; Jims, 1977; Doleys, Crocker a Patton, 1982; Rose, 1983 in Smidt, 1990, s. 301).

Pro mnoho pacientů s poruchami hybnosti je trénink chůze a rovnováhy důležitým aspektem jejich rehabilitačního procesu. Trénink chůze je stěžejní součástí rehabilitace např. u pacientů po CMP, u pacientů s Parkinsonovou nemocí, s roztroušenou sklerózou, s DMO, dále u pacientů trpících vestibulárními poruchami, neuromuskulárními nemocemi, bolestmi zad nebo u pacientů po náhradě kolenního či kyčelního kloubu (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 2).

Přístup k terapii chůze vychází ze základních poznatků motorického učení, mezi které patří: zaměření pacientovy pozornosti na zevní podněty, využívání pacientových zkušeností při učení nových aktivit, variabilita prováděných cviků, vhodná intenzita tréninku, doplnění terapie kognitivními úkoly, dodání dostatečné zpětné vazby (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 2).

Specifické instrukce, které jsou pacientům při tréninku předávány, ovlivňují jejich zaměření pozornosti a také výsledný efekt terapie. Terapeuti často vztahují své pokyny k pacientovu tělu, např. „držte kolena za svými palci“ (Wulf, McNevin a Shea, 2001 in Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 2), ale poslední studie ukazují, že zaměřením pacientovy pozornosti na externí podněty např. „udělejte dřep až na bednu“ se při terapii dosahuje lepších výsledků (Wulf, Shea a Lewthwaite, 2010 in Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 2). Dále pak je výhodnější využít pacientových zkušeností, namísto vnucování mu určitých dogmat z knížek. Pacient mnohdy ví, jak pohyb provést a je to pro něj automatický proces. Nadbytečný popis toho, jak který sval zapojit a kontrolovat jej, často způsobí pouze zmatení pacienta. Dalším zmíněným bodem motorického učení je širší variabilita cviků. I nepatrné obměny v prováděných aktivitách vedou k mnohem výraznějšímu zlepšení (Frank et al., 2008 in Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 3). Variabilní může být i intenzita terapie. Je známo, že frekvence tréninku, počet opakování i náročnost úkolů jsou důležitými faktory každé terapie (Holleran et. al., 2015; Langhorne, Bernhardt a Kwakkel, 2011; Lesinski et. al., 2015 in Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 3). Co se týče přidavných úkolů, terapie chůze by měla zahrnovat i nácvik každodenních činností (Langhorne, Bernhardt a Kwakkel, 2011; Kwakkel, Kollen a Lindeman, 2004 in Papegaaij, Morang a Steenbirk,

2017, s. 3). V každodenním životě totiž nastávají situace, které jsou náročné jak motoricky, tak kognitivně, např. při přecházení ulice je nutné sledovat semafor nebo při pohybu v obchodním centru je třeba si pamatovat nákupní seznam (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 3). Zvláště u neurologických pacientů dochází k tomu, že při současném vykonávání dvou úkolů nedokážou jeden z úkolů splnit tak, jak by si přáli (Wild et. al., 2013 in Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 3).

Posledním bodem motorického učení je dostatečná zpětná vazba. Téměř každý potřebuje k tomu, aby se v něčem zlepšil, určitou zpětnou informaci o jeho výkonu. Zpětná vazba může přicházet z nitra, tzn. z proprioceptorů, receptorů zraku či sluchu apod. nebo může být dodána vnějším faktorem, tzn. terapeutem, přístrojem atd. (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 3-4; Burget, 2015, s. 72). Zahrnutí zpětné vazby do rehabilitace chůze činí terapii kvalitnější, rychlejší a pozitivně ovlivňuje parametry chůze (Burget, 2015, s. 77). Zpětná vazba sděluje pacientovi informace o jeho pohybu, čímž zlepšuje jeho kontrolu, koordinaci a řízení (Huang et al., 2006; Van Vlijet et al., 2006 in Burget, 2015, s. 72). Mnoho autorů říká, že při reedukaci chůze u pacientů s využitím zpětné vazby lze docílit lepšího výkonu než u pacientů absolvujících běžný rehabilitační plán (Teasell et al., 2003 in Burget, 2015, s. 72). Tate (2010, in Burget, 2015, s. 72) pozoroval při zahrnutí zpětné vazby výraznější prodloužení kroku a zrychlení chůze než u běžného tréninku. Efekt využití zpětné vazby při terapii chůze je patrný jak u neurologických pacientů např. po CMP (Thaut et al., 2007 in Burget, 2015, s. 72), tak u pacientů s Parkinsonovou nemocí (De Icco et al., 2015, s. 1-9) a i u pacientů trpících obtížemi muskuloskeletárními např. artritidou (McGraw, 1977 in Smidt, 1990, s. 302) nebo úrazy páteře (Jellish et al., 2015; Yen, Landry a Wu, 2014 in Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 4).

Zpětná vazba může být rozdělena na akustickou a vizuální. Při využití akustické zpětné vazby (při využití např. metronomu) pacient svou chůzi snáze přizpůsobí rytmu akustického stimulu, dojde ke vzniku koordinovanějších pohybů a zažítí si správného stereotypu chůze, prodlouží se také krok, zvýší se rychlost a frekvence chůze. Zlepšení těchto parametrů bylo patrné jak u pacientů po CMP (Thaut et al., 2007 in Burget, 2015, s. 72), tak i u pacientů s Parkinsonovou nemocí, u kterých se při využití metronomu výrazně prodloužil krok (De Icco et. al, 2015, s. 1-9). Pozitivně nemusí působit pouze rytmus zvukového stimulu, ale také např. výška tónu. McGraw (1977, in Smidt, 1990, s. 302) říká, že vyšší tón je spojen s prodloužením kroku a účinek tohoto stimulu se potvrdil u pacientů s artritidou, kteří po terapii chůze za doprovodu vysokých tónů prodloužili krok a jejich chůze se symetrizovala. Zpětná vazba vizuální může mít podobu určitých pruhů nebo značek

na podlaze, které se jako účinné ukázaly např. u pacientů s Parkinsonovou nemocí (De Icco et al, 2015, s. 1-9), jejichž symptomy ovlivňující průběh chůze obvykle příliš nereagují na medikamentózní léčbu (Kobesová, 2009, s. 371). De Icco et al. (2015, s. 1-9) ve své studii prokázali, že při chůzi po pruzích na podlaze se snížil počet kroků potřebných k překonání vzdálenosti, zvýšila se rychlost chůze a prodloužila se doba švihové fáze. Variantou vizuální zpětné vazby jsou i přístroje sloužící k tréninku a hodnocení balance (např. Posturograf), které lze využít pro nácvik přenosu váhy. Pacient je schopen na základě vnímání rozložení své váhy lépe kontrolovat pohyb i svou rovnováhu (Burget, 2015, s. 71). Využití zpětné vazby je tedy účinným nástrojem, který umožňuje pacientům přizpůsobit svoji chůzi různým parametrům (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 4).

Nácvik chůze a rovnováhy ovšem může probíhat i bez jakékoli speciální zpětné vazby např. na balančních plošinách nebo při tréninku se zavřenýma očima. K terapii chůze se také často využívá chodících pásů (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 2). Terapie na chodícím páse zvyšuje rychlost chůze a prodlužuje vzdálenost, kterou jsou schopni pacienti ujít (Polese et al., 2013, s. 73). Pacienta, trpícího většími problémy se stabilitou, je navíc možno na páse zajistit závěsným systémem, který pacienta částečně nadlehčuje a zvyšuje jeho bezpečnost (Dobkin, Dorsch, 2013 in Burget, 2015, s. 73). Umělý povrch chodícího pásu však nedokáže plně napodobit chůzi ve venkovních podmínkách, tudíž je důležité začlenit postupně do terapie i nácvik chůze přes překážky, v terénu nebo po schodech (Burget, 2015, s. 77).

V akutních stádiích lze převážně u neurologických pacientů využít robotické ortézy (např. Lokomat), které pohybují dolními končetinami a zprostředkovávají nácvik chůze v odlehčení úplném, přičemž centrální nervová soustava (CNS) získává z proprioceptorů informace o náležitém pohybu (Hidler et al., 2009; Westlake a Patten, 2009 in Burget, 2015, s. 76). U pacientů se středně těžkou nebo těžkou poruchou chůze, je žádoucí využít manuálních terapeutických technik založených na neurofyzilogickém podkladě (Hidler et al., 2009 in Burget, 2015, s. 76). Mezi nejvíce využívané techniky patří proprioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF), Bobath koncept, senzomotorická stimulace apod. (Burget, 2015, s. 76).

K tréninku chůze může také přispět i fyzikální terapie. Pokud je u pacienta výrazná paréza např. mm. peronei, která způsobuje přepadávání špičky a zakopávání, lze aplikovat funkční elektrickou stimulaci (FES). FES podráždí n. peroneus a způsobí aktivaci m. tibialis anterior, čímž dojde k everzi a dorzální flexi v hlezenním kloubu (Lindquist et al., 2007 in Burget, 2015, s. 76)

4 Virtuální realita

Virtuální realita (VR) je zkoumána již po několik desetiletí a je popisována velkým množstvím publikací (Burdea a Coiffet, 2003, s. 1). Müller (1999, in Burdea a Coiffet, 2003, s. 1) nazýval VR jako vylepšenou nebo rozšířenou realitu, ve které jsou určitá počítačová grafická zpracování „navlečena“ na reálné obrazy z prostředí. Někteří pak popisují VR pouze ve spojení se speciálními brýlemi nebo rukavicemi, ovšem v jejím dnešním využití nahrazují tyto prvotní přístroje velkoplošné displeje, počítače nebo různé ovladače a joysticky (Robertson, 1993; Schmult a Jebens, 1993 in Burdea a Coiffet, 2003, s. 1). Burdea a Coiffet (2003, s. 2-3) popisují VR jako napodobení reálného prostředí pomocí počítačové grafiky. Klíčovou vlastností je schopnost reagovat na pohyby uživatele, což souvisí i s tím, že VR dokáže člověka téměř ponořit do uměle vytvořeného světa. Uživatelé nejen, že mohou manipulovat s předměty promítanými na obrazovce, ale mohou se jich i dotýkat a cítit je. VR lze tedy definovat jako propojení člověka a počítače, které zahrnuje napodobení reálného času a prostředí, a působí na zrak, sluch, hmat, čich i chuť člověka.

Historie VR sahá do 60. let 20. století. V roce 1962 získal Morton Heilig patent na první herní automat využívající prostředí VR. Videohra simulovala jízdu na motocyklu ulicemi New Yorku. Během jízdy bylo možno pociťovat proudění větru, nerovnosti na virtuální silnici, při kterých sedadlo vibrovalo, dokonce i vnímat vůně z okolních obchodů (Burdea a Coiffet, 2003, s. 3). Heilig také vynalezl první primitivní brýle, které zahrnovaly 3D diapozitivy, přídavné zvuky i možnost vnímání vůní. Jeho prvotní nápad poté zdokonalovali další vědci a simulátory se začínaly využívat např. u pilotů či astronautů (Burdea a Coiffet, 2003, s. 3-7).

První firmou prodávající produkty využívající VR byla VPL Inc., která v roce 1980 začala prodávat první virtuální brýle, jejichž rozlišení bylo však extrémně nízké, cena se pohybovala okolo 11 000 dolarů a vážily téměř 2,5 kg. Po krátkém útlumu ve výzkumu VR v roce 1990, kdy světu vládl spíše rozvoj internetu, se vývojáři zaměřili na zdokonalení obrazu a snížení hmotnosti přístrojů, což vedlo k širokému využití VR v řadě odvětví, jako je armáda, strojírenství, medicína aj. (Burdea a Coiffet, 2003, s. 3-12).

4.1 VR v terapii chůze

Jak již bylo zmíněno, při terapii chůze je výhodné vycházet z principů motorického učení (viz kapitola 3, s. 21). Těchto principů se snaží držet i VR, která mnohdy může ještě zjednodušit jejich začlenění do terapie. Schopnost VR poskytnout pacientovi zevní podnět, a tím zaměřit jeho pozornost namísto svého těla právě na daný virtuální podnět, což mohou

být např. předměty rozmístěné na podlaze nebo virtuální postava kopírující pacientovi vlastní pohyby, přispívá ke zvětšení motivace pacienta a k lepším výsledkům celé terapie (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 2). Pomocí virtuálního prostředí docílíme navíc mnohem větší variability prováděných aktivit. Na přístrojích lze snadno upravit tréninkové prostředí, rozmístění jednotlivých překážek, nároky na rychlost pacientovy chůze nebo úroveň obtížnosti jednotlivých úkolů. Pro mnoho pacientů se rehabilitace stává časem monotónní a je velmi obtížné udržet si pacientovu pozornost a motivaci (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 3). VR může přispět řadou terapeutických „her“, čímž udělá terapii zábavnější, záživnější (Chen et al., 2015; Meldrum et al., 2015; Ibrahim, Mattar a Elhafez, 2016 in Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 3) a změnou obtížnosti jednotlivých herních programů zároveň posouvá pacienty až na hranici svých možností. Rehabilitace doplněná o VR pak umožňuje variabilní trénink bez výrazného úsilí terapeuta nebo zvýšených nároků na prostředí či pomůcky, zvyšuje pacientovu vůli v dodržování předepsaných aktivit a prodlužuje i celkovou výdrž pacienta při terapii (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 3).

Při běžném nácviku chůze může být problematické zařadit k terapii více úkolů najednou a zároveň hlídat pacientovu bezpečnost. VR může být při takových situacích velkým přínosem a je schopna pomoci trénovat chůzi i při složitějších podmínkách a při současném zachování bezpečného prostředí. Stupňování obtížnosti okolních podmínek je důležité, jelikož v každodenním životě není chůze jen pokládání jedné nohy před druhou, nýbrž je potřeba chůzi neustále přizpůsobovat (např. zvednout výše nohu, abychom nezakopli o obrubník nebo náhle zpomalit, abychom se vyhnuli ostatním chodcům). VR tak může být nástrojem jak schopnost přizpůsobení chůze ovlivnit (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 3). Na monitoru lze promítnout jakékoli prostředí a překážky (Yang et al., 2008, s. 202) a nasimulovat tak každodenní situace, se kterými se v nemocničním prostředí pacienti nesetkají. Přidáním kognitivního úkolu se náročnost ještě zvýší a je možno trénovat dva různé úkoly současně, např. chůzi v supermarketu a nakupování potravin (Kim et al., 2015, s. 3694) či přecházení ulice a vyhýbání se ostatním chodcům (Fung et al., 2006 in Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 3). Kombinací kognitivních a motorických úkolů může rehabilitace lépe napodobit výzvy každodenního života, zatímco VR zajistí dostatečně bezpečné prostředí (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 4).

Velmi důležitým bodem a velkou výhodou VR je schopnost poskytnout pacientovi okamžitou zpětnou vazbu. Pacienti mohou např. sledovat, zda se jim podařilo překonat překážky (Liao et al., 2014, s. 660), stoupnout na odpovídající body (Song et al., 2017, s. 300) nebo splnit všechny přidavné úkoly (Kim et al., 2015, s. 3693-3697), což nepochybně

zvyšuje pacientovo sebevědomí, motivaci k další terapii a efektivitu tréninku chůze (Papegaaij, Morang a Steenbirk, 2017, s. 4).

Jelikož zařazení VR do rehabilitace přináší řadu výhod, nabízí se tuto možnost terapie nabídnout co největšímu počtu pacientů, k čemuž by měla sloužit tzv. virtuální telerehabilitace. Na celém světě vzniká mnohdy problém se zajištěním dostatečně dlouhé rehabilitační péče pro všechny pacienty. Pro některé pacienty je úskalím vzdálenost, kterou by museli dojíždět do ambulantních středisek, aby se jim této dostatečné péče dostalo. Často tedy rehabilitace spočívá na samotných pacientech, kdy po instrukcích od terapeutů cvičí poté hlavně doma. V domácím prostředí však není možný žádný terapeutický dohled, který by kontroloval průběh a dodržování stanovené terapie (Mlíka, Janura a Mayer, 2005, s. 114). Řešením těchto problémů by měla být právě virtuální telerehabilitace, která umožňuje sledování pacienta v domácím prostředí „bez fyzické přítomnosti terapeuta“ (Popescu et al., 2000; Burdea et al., 2000 in Mlíka, Janura a Mayer, 2005, s. 114). Data z přístroje, na kterém pacient trénuje, se přenáší s určitou latencí do počítače terapeuta, který poté může hodnotit pacientův pohyb (Mlíka, Janura a Mayer, 2005, s. 114). V poslední době se navíc rozvíjejí nové technologie, které zmiňovanou latenci mezi zprostředkováním dat zkracují. (Popescu, Burdea a Boian, 2002 in Mlíka, Janura a Mayer, 2005, s. 114-115).

I přes velké množství výhod, které VR přináší, můžeme při její aplikaci pozorovat i negativní efekty. Světlo z virtuálního prostředí, promítaného z monitorů jednotlivých přístrojů, může svou vysokou intenzitou ovlivnit pacientův zrak a výjimečně vyústit až v takové extrémy jako je pálení rohovky nebo sítnice. Závažným problémem vznikajícím při pohybu ve virtuálním prostředí může být i tzv. „cybersickness“, tedy druh nevolnosti, jejíž symptomy jsou zvýšený oční tlak, dezorientace, posturální nestabilita, pocení, bledost, ospalost, závrať a zvracení. Při výskytu hlasitých akustických efektů může být ovlivněn i pacientův sluch (Burdea a Coiffet, 2003, s. 267-268).

VR může mít v rehabilitaci různé podoby. Burdea (2000, in Mlíka, Janura a Mayer, 2005, s. 114) uvádí možnost rozdělení VR na 2 typy: v rehabilitaci lze využít realitu základní virtuální a realitu rozšířenou (tzv. augmentovanou realitu). Rozdíl mezi základní virtuální realitou a augmentovanou realitou je takový, že základní VR nabízí virtuální svět, který je zcela oddělený od reálného prostředí, zatímco u augmentované reality jsou virtuální objekty umístěny do reálného světa (např. virtuální překážky nebo plochy, projektující se na podlahu) (Papegaaij, Morang, Steenbrink, 2017, s. 2).

Co se týká způsobu zprostředkování VR, mohou se při terapii chůze využít např. speciální brýle zobrazující přídavné stimuly. Na displeji brýlí může být např. zobrazena

dlážděná podlaha (Badarny et al., 2014, s. 2; Espay et al., 2010, s. 573-581), pruhy na podlaze (Janssen et al., 2017, s. 279) virtuální překážky, které mají pacienti za úkol překonat atd. (Liao et al., 2014, s. 660).

Dále může být virtuální prostředí promítáno na monitoru počítače, kdy se pacient např. pohybuje po zvolené dráze (Yang et al., 2008, s. 202-203), překonává překážky, vykonává nejrůznější sporty (Song a Park, 2015, s. 2058) nebo vyhledává předměty umístěné v prostoru (Kim et al., 2015, s. 3694). Monitoru využívá i dynamický vertikalizátor, který dopomáhá při vertikalizaci pacientů a slouží k nácviku stability ve stoji či přenosu váhy na paretickou nebo operovanou dolní končetinu. Na obrazovce může pacient svůj pohyb sledovat a kontrolovat jej (Burget, 2015, s. 72-73).

VR lze zasadit i do přístrojů, které slouží přímo ke zlepšení chůze. Příkladem takového přístroje může být HP Cosmos Zebris Treadmill FDM-T, což je chodící pás, na kterém má pacient možnost chůze bez opory, se zábradlím nebo může být při nácviku v závěsném systému, čehož se využívá hlavně u pacientů se zhoršenou stabilitou (Burget, 2015, s. 74-75). Přístroj zlepšuje pacientovu koordinaci a zahájení pohybu (Banz et al., 2008 in Burget, 2015, s. 73). Pacient má možnost pozorovat svůj pohyb ve virtuálním terénu na obrazovce, překonávat různé překážky a pomocí této zpětné vazby upravovat svou chůzi (Johnson, 2006; Merianz et al., 2002 in Burget, 2015, s. 75).

V poslední době se do popředí dostávají i herní konzole jako Kinect Xbox 360 nebo Nintendo Wii, u kterých pacient ovládá přístroj svým vlastním pohybem, který je pomocí senzorů snímán a pacient tak vidí své pohyby přímo na monitoru. Konzole nabízí velké množství sportů (tenis, golf, bowling atd.) nebo např. možnost tréninku rovnováhy na balanční podložce a použití videoher v rehabilitaci by mělo napomoci ke zlepšení koordinace, stability, zvýšení celkové pohybové aktivity apod. Výhodou je nejen neustálá zpětná vazba, ale i atraktivnost a větší zábavnost při terapii, která vede ke zvýšení motivace pacienta i prodloužení doby cvičení (Dupalová, Šlachťová a Doleželová 2013, s. 135-139).

Využití VR se osvědčilo jak u neurologických pacientů, tak v prostředí traumatologie a ortopedie i při léčbě nejrůznějších fobií. U osob, které mají například strach z létání, může nácvik virtuálního letu odstranit jejich obavy (Burdea a Coiffet, 2003, s. 304-313).

Výzkumy zabývající se využitím VR v rehabilitaci jsou převážně ve formě předběžných studií, s výjimkou pacientů po CMP, kde se VR využívá již delší dobu (Bang, Son a Kim, 2016; Grimm, Naros a Gharabaghi, 2016; Ji a Lee, 2016 in Polák, Pánek a Pavlů, 2017, s. 118). U pacientů po CMP lze VR terapii zaměřit na rychlost chůze (Park, Lee a Lee, 2013, s. 490; Jaffe et al., 2004, s. 283-292), zlepšení posturální kontroly a udržení rovnováhy (Park,

Lee a Lee, 2013, s. 490; Song a Park, 2015, s. 2058), překonávání překážek (Yang et al., 2008, s. 202-203; Song a Park, 2015, s. 2060) nebo schopnost provádět současně více úkolů (Kim et al., 2015, s. 3694).

U pacientů s Parkinsonovou nemocí se terapie může věnovat prodloužení délky kroku, zrychlení chůze (Badarny et al., 2014, s. 2; De Melo et al., 2017, s. 203) a stejně jako u pacientů po CMP překonávání překážek (Liao et al., 2014, s. 660-661).

V případě traumatologických pacientů je možno využít VR např. při úrazech míchy (Wall et al., 2015, s. 777-783; Villiger et al., 2017, s. 635), po plastikách kolenních vazů (Baltaci et al., 2013, s. 880-887; Gokeler et al., 2016, s. 2280-2286) nebo po úrazech kotníku. (Punt et al., 2017, s. 52-58)

V ortopedii se současné studie věnují převážně použití VR u pacientů po náhradě kolenního kloubu (Fung et al., 2012, s. 183-188; Lee et al., 2016, s. 239-252).

5 Diskuze

Cílem této kapitoly je nastínit účinky VR a její způsob zařazení do terapie chůze u pacientů s Parkinsonovou nemocí a pacientů po CMP, dále u pacientů s poraněním míchy, pacientů po úrazech hlezenního či kolenního kloubu a pacientů po totální náhradě kolenního kloubu.

5.1 Využití VR v terapii chůze u pacientů s Parkinsonovou chorobou

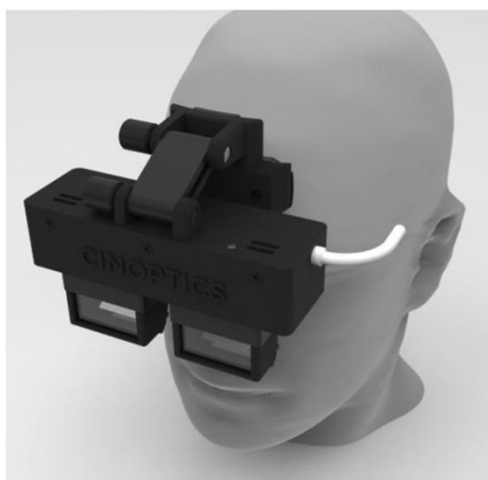
Mezi nejvýraznější projevy Parkinsonovy choroby patří pohybová chudost, snížení rozsahu pohybu a jeho celkové zpomalení, náhlá nemožnost zahájení nebo pokračování v pohybu (tzv. freezing), šouravá chůze, kratší kroky, nejistota při chůzi, posturální poruchy spojené s pády, zakopávání o překážky apod. (Kobesová, 2009, s. 368-369). Následující studie hodnotí ovlivnění některých z těchto problémů při chůzi pomocí VR dodávané buď speciálními brýlemi (Janssen et al., 2017, s. 279; Badarny et al, 2014, s. 2; Espay et. al., 2010, s. 573-581) nebo pomocí virtuálního prostředí zasazeného do videoher (Song et al., 2017, s. 301; De Melo et al., 2017, s. 203).

Jedním ze zmíněných symptomů Parkinsonovy nemoci je freezing, kterým se zabývali Janssen et al. (2017, s. 279) v následující studii. Tato studie se zaměřovala na využití 3D stimulů zprostředkovaných chytrými brýlemi (viz Obrázek 1, s. 30) v porovnání s běžnými vizuálními stimuly, jako jsou vodorovné pruhy na podlaze nebo akustickými stimuly pomocí metronomu. Brýle byly připojeny k tabletu, který pacienti nesli na zádech a navíc měli na sobě pacienti ještě snímače, které zaznamenávaly pohyb jednotlivých částí těla. Data o pohybu byla přenášena do počítače se speciálním softwarem, který upravoval podněty zobrazované v brýlích tak, jako by byly umístěny přímo na podlahu.

Zkoumanými parametry byly výskyt a doba trvání freezingu, a délka kroku v krokovém cyklu. Chůze se testovala při pěti různých podmínkách: 3D vodorovné desky, 3D schody, obvyklé pravidelně rozmístěné desky na podlaze, chůze při metronomu a samotná chůze bez jakéhokoli dalšího podnětu. V prvním bloku se chůze testovala bez dodatečných úkolů, v druhém bloku měli pacienti za úkol zastavit na signál na 3 různých místech a poté se zase volně rozejít a ve třetím bloku se při signálu měli otočit o 360° a pokračovat v chůzi (Janssen et al., 2017, s. 279).

Výzkum byl prováděn u 19 pacientů. Celkově ani jeden stimul nezmírnil výskyt freezingu nebo dobu jeho trvání (Janssen et al., 2017, s. 279), což je v rozporu s předchozí studií, která ukázala úbytek tohoto jevu v reálném prostředí jak při vizuálních, tak také při vlivu akustických stimulů (Lee et al., 2012, s. 2-11).

Existuje řada vysvětlení nedostatečného efektu virtuálních stimulů. První příčinou mohlo být to, že pacienti nebyli na chůzi s brýlemi zvyklí a řada z nich udávala, že brýle byly nepohodlné a příliš těžké, tímto mohli být pacienti příliš rozptylováni a zvyšoval se tak výskyt freezingu. Zadruhé, málo času na seznámení se s podmínkami a brýlemi mohl ovlivnit jejich efekt. Zatřetí, rám brýlí omezil pacientovo periferní vidění a tedy omezil zpětnou vizuální vazbu. Dřívější studie ukázala, že nedostatečná vizuální kontrola dolních končetin způsobila zvýšený výskyt freezingu (Beck et al., 2015). Závěrem lze tedy říci, že přídavné 3D virtuální stimuly v této studii nepřinesly žádné zlepšení ve stabilitě ani zmírnění freezingu (Janssen et al., 2017, s. 279).



Obrázek 1 Virtuální brýle využívané pro zprostředkování 3D stimulů. (Janssen et al., 2017, s. 279)

Liao et al. (2014, s. 658-667) ve své studii pozorovali účinek virtuálního prostředí na schopnost překročení určitých překážek, kde měřili délku kroku při přechodu přes překážku, rychlost pohybu přes překážku a vzdálenost chodidla a vrcholu překážky při jejím překonávání. V porovnání s kontrolní skupinou, která byla instruována k obvyklému domácímu cvičení, bylo patrné prodloužení kroku a kratší doba potřebná k překonání překážky. Naopak žádné výrazné rozdíly se neprokázaly v porovnání se skupinou, která absolvovala stejný rehabilitační program jako skupina ve virtuálním prostředí, obsahující protahovací, posilovací a balanční cvičení, ale který probíhal bez zařazení VR. Je nutné zdůraznit, že obě skupiny s příslušným rehabilitačním programem absolvovaly po každém tréninku navíc patnáctiminutovou chůzi na chodícím páse, což mohlo ovlivnit výsledky mezi oběma skupinami. Je známo, že trénink na chodícím páse zlepšuje parametry chůze, a tak mohla tato skutečnost zkreslit možné rozdíly mezi skupinami. I když bylo v této studii zkoumáno pouze 36 pacientů, výsledky nasvědčují tomu, že využití virtuálního prostředí

při rehabilitaci chůze u osob s Parkinsonovou nemocí zlepšuje přechod jedinců přes překážky i jejich rovnováhu, zmírňuje riziko pádu při zakopnutí, a tudíž studie podporuje zahrnutí VR do běžného programu.

U pacientů s Parkinsonovou nemocí je prokázáný pozitivní účinek akustických a vizuálních stimulů (De Icco et al., 2015, s. 1-9), a tak převedli tyto stimuly Badarny et al. (2014, s. 2) do prostředí VR. Na displeji brýlí se zobrazovala dlážděná podlaha v šachovnicovém uspořádání, dynamicky odpovídající na pacientův pohyb. Tenké ohrazení brýlí zaručovalo dostatečné zorné pole. Cílem této studie bylo zhodnotit aktuální a dlouhodobé efekty VR na pacienty s Parkinsonovou nemocí.

Testování dokončilo 20 jedinců ve věku cca 70 let s průměrnou dobou trvání nemoci okolo pěti let. Měřena byla rychlost chůze a délka kroku na dráze dlouhé 10 metrů. Testování se skládalo z pěti fází, v každé fázi byla délka trati 10 metrů. V první fázi byla měřena chůze bez brýlí, v druhé fázi pacienti brýle měli nasazené ale vypnuté, ve třetí fázi už byl přístroj zapnutý a pacienti byli instruováni, aby postupně střídavě stoupali na dlaždice dle jejich vlastní představivosti tak, aby vždy dosáhli následující dlaždice. Ve čtvrté fázi absolvovali chůzi bez přístroje po patnáctiminutové přestávce a pátá fáze probíhala také bez brýlí týden po prvním měření, z důvodu posouzení dlouhodobého efektu (Badarny et al., 2014, s. 2).

S nasazenými, ale vypnutými brýlemi bylo zjištěno mírné zlepšení v rychlosti chůze (1,75 %) a také v délce kroku (2,61 %). Tyto změny byly přičítány zanedbatelnému „placebo“ efektu. Při zapnutí displeje brýlí se u 65 % pacientů prodloužil krok nebo zvýšila rychlost chůze a u 55 % jedinců byly tyto parametry zlepšeny o více než 20 %. Po patnáctiminutové přestávce bylo zlepšení těchto parametrů stále patrné u 85 % pacientů. Týden po absolvování prvního testu se 11 pacientů zúčastnilo dalšího měření a u 64 % z nich bylo patrné zlepšení alespoň jednoho z parametrů o více než 10% při běžné chůzi. Dva pacienti dokonce udávali, že během tohoto týdne stále chodili v duchu po virtuálních dlaždicích. Studie ukázala, že VR promítána speciálními brýlemi zlepšila rychlost chůze a prodloužila krok u více než poloviny zúčastněných pacientů. Zlepšení parametrů navíc přetrvávalo i po jednom týdnu od proběhlé terapie. I když jsou tyto výsledky povzbudivé, limitací této studie je nedostatečné zhodnocení dlouhodobějšího efektu VR terapie (v řádu měsíců), což by z důvodu progredujícího charakteru nemoci přineslo objektivnější výsledky (Badarny et al., 2014, s. 2-4).

Rychlost chůze a délka kroku byly měřeny i u 12 pacientů, kde byla VR zprostředkována spuštěním videohry na Xbox 360 Kinect, kde se pacienti pohybovali v daném prostředí. Po jedné návštěvě nebylo patrné zlepšení v žádném z měřených parametrů, avšak předchozí studie, ve které byly tyto parametry měřeny po 18 návštěvách, prokázala

znatelné rozdíly. Chůze se zrychlila o 8,9 %, délka kroku i doba krokového cyklu se prodloužily (Mirelman a Gerontol, 2011 in De Melo et al., 2017, s. 203). Lze tedy vyvodit, že účinek takto zprostředkovaného virtuálního prostředí lze pozorovat pouze pravidelné a opakované aplikaci (De Melo et al., 2017, s. 203).

Využití virtuálního prostředí při tréninku chůze v domácím prostředí zkoumali Espay et al. (2010, s. 573-581). Na displeji brýlí byla promítána dlážděná podlaha, umístěná na reálné podložce a ve sluchátkách se ozýval zvuk kroků. Zvukové i vizuální stimuly se řídily rytmem chůze pacienta. Pacient tedy reguloval chůzi tak, aby se vytvořil konstantní paprsek světla a rytmický zvuk. Trénink zvýšil rychlost chůze a prodloužil krok, ale zlepšení nebylo patrné ihned po zapnutí přístroje, nýbrž toto zrychlení chůze se projevilo až po skončení terapie a po vypnutí přístroje. Důvodem mohl být pocit nepohodlí při nasazených a zapnutých brýlích.

Další studie je s předchozími pozitivními účinky na rychlost chůze v rozporu, jelikož Songovi et al. (2017, s. 301-305) se tento efekt u osob s Parkinsonovou nemocí nepodařilo potvrdit. Pacienti byli před začátkem výzkumu seznámeni s videohrou, při které měli za úkol stoupat na šipky na podložce, na základě toho, co viděli na obrazovce a byli instruováni, aby se hře věnovali 15 minut, 3x týdně, po dobu 12 týdnů v domácím prostředí. Šedesát pacientů bylo náhodně rozděleno do dvou skupin, kdy jedna skupina absolvovala program s videohrou a druhá sloužila jako kontrolní skupina. Po dvanácti týdnech se nezlepšila pohyblivost, neprodloužil se krok, ani se nezvětšila svalová síla. Počet pádů během tohoto období se také mezi skupinami výrazně nelišil. Vysvětlením by mohla být nedostatečně dlouhá doba tréninku, jelikož se předpokládá, že u neurologických pacientů je potřeba častější a déletrvající trénink chůze (Foreman et al., 2013 in Song et al., 2017, s. 307). I přes nepříznivé objektivní výsledky, udávala řada pacientů subjektivně větší jistotu při pohybu a menší strach z pádu. Subjektivně lepší pohyblivost udávali pacienti s mírnějším stupněm Parkinsonovy nemoci, což nasvědčuje tomu, že tento typ tréninku v domácím prostředí s minimálním odborným dohledem je vhodný spíše pro parkinsoniky s příznivějším průběhem choroby. U pacientů s vážnějším stupněm je nejspíše vhodný větší dohled při terapii, a tudíž domácí prostředí není vhodné (Song et al., 2017, s. 307-309).

Studie se zabývaly různými problémy při chůzi u pacientů s Parkinsonovou nemocí. Pozitivní vliv VR se ukázal především na rychlost chůze a délku kroku (Badarny et al., 2014, s. 4; De Melo et al., 2017, s. 203; Espay et al., 2010, s. 573-581). Kladně působilo virtuální prostředí také na schopnost překonávání překážek (Liao et al., 2014, s. 664). Rozporuplné výsledky byly patrné při využití VR v domácím prostředí, kdy jedna studie potvrdila

zrychlení chůze a prodloužení kroku (Espay et al., 2010, s. 573-581) a naopak druhá studie nepřinesla žádné zlepšení v těchto parametrech (Song et al., 2017, s. 307-309). Co se týká zmírnění freezingu, nepřinesla VR ve studii Janssena et al. (2017, s. 279) žádný pozitivní efekt.

5.2 Využití VR u pacientů po CMP

U pacientů po prodělané CMP vede ochrnutí a svalová slabost dolních končetin k poruchám rovnováhy a celkové mobility, což narušuje jejich aktivity v běžném každodenním životě (Jorgensen et al., 1995 in In, Lee a Song, 2016, s. 4047). VR u těchto pacientů velmi spoléhá na dodávanou zpětnou vazbu. Pomocí zpětné vazby zprostředkované VR může pacient upravovat směr a rychlost chůze, popř. kontrolovat rozložení své váhy při chůzi (Johnson, 2006; Merianz et. al., 2002 in Burget, 2015, s. 75). Následující studie se věnují využití VR při nácviku chůze v různých prostředích (Yang et al., 2008, s. 202), s různými překážkami (Song a Park, 2015, s. 2058; Jaffe et al., 2004, s. 283-292), a také doplňujícími úkoly (Kim et al., 2015, s. 3694), které splní i požadovanou kognitivní náročnost.

Park, Lee a Lee (2013, s. 490-493) zjišťovali účinek VR na zlepšení posturální kontroly a následně i na schopnost chůze. Všech šestnáct účastníků absolvovalo běžný balanční trénink, posilovací cvičení a trénink chůze po dobu 60 minut pětkrát týdně po dobu čtyř týdnů. Navíc absolvovala každá skupina (experimentální i kontrolní) třicetiminutový trénink třikrát týdně. V experimentální skupině se tento půlhodinový trénink skládal z programu využívajícího VR, a který zprostředkovával vizuální zpětnou vazbu při tréninku posturální kontroly. V kontrolní skupině probíhal tento trénink stejně jako výše zmíněný hodinový. U skupiny absolvující terapii doplněnou o virtuální prostředí bylo po čtyřech týdnech patrné zrychlení chůze a kadence. Po měsíci od uběhnutí terapie bylo stále vidět zrychlení chůze a prodloužení kroku. U kontrolní skupiny nebylo patrné žádné zlepšení v chůzi. Studie ukázala, že VR způsobila pacientův větší zájem o terapii a poskytla mu dostatečnou vizuální zpětnou vazbu, což může být důvodem zlepšení všech uvedených parametrů a dá se tedy říci, že trénink posturální kontroly založený na prostředí VR je výhodný pro nácvik chůze u pacientů po CMP.

Pozitivní účinky virtuálního prostředí na terapii chůze a rovnováhy potvrdili i Song a Park (2015, s. 2058-2060) ve své studii, kde porovnávali skupinu pacientů, kteří se zúčastnili terapie zahrnující využití videoher a skupinu, u které probíhala terapie pouze na ergometru. Virtuální tréninkový program zahrnoval nejrůznější videohry, ve kterých

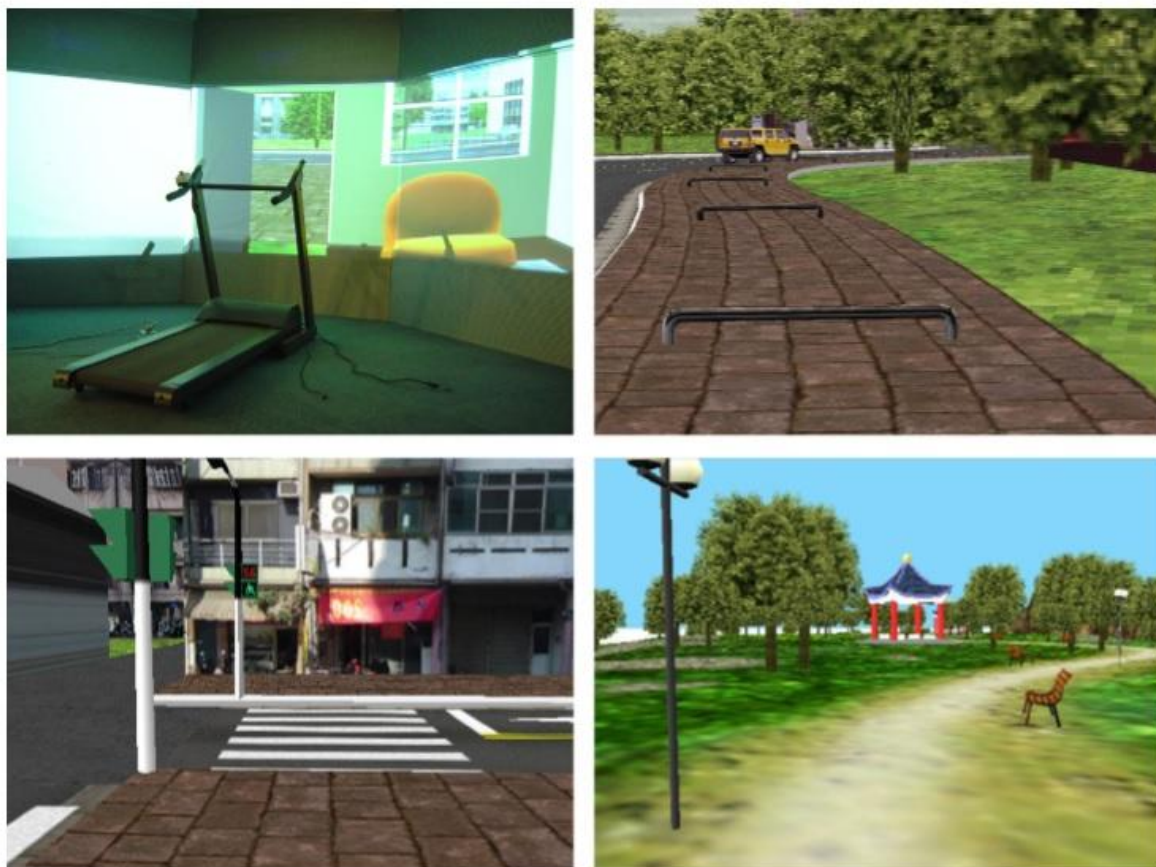
si pacienti vyzkoušeli golf, lyžování, překonávání překážek nebo chůze do schodů. Trénink ve VR i trénink na ergometru trval vždy 30 minut a testování probíhalo po dobu osmi týdnů. Po skončení terapie byl u obou skupin využitý balanční test, Timed Up and Go (TUG) test (test, při kterém má pacient za úkol vstát ze židle, ujít určitou vzdálenost, poté se otočit a dojít zpět k židli) a test chůze na vzdálenost 10 metrů. Rovnováha i schopnost chůze se zlepšila u obou skupin, ale u „virtuální“ skupiny byly rozdíly před a po terapii výraznější. Pacienti ze skupiny využívající VR zvládli opakovaně chůzi přes překážky i chůzi po schodech. Studie ukázala, že oba typy terapie přinesly pozitivní účinky, ale zřejmě z důvodu lepší zpětné vazby poskytované „virtuální“ skupině u nich došlo k nápadnějšimu zlepšení rovnováhy a schopnosti chůze.

Schopnost překonávat překážky hodnotili i Jaffe et al. (2004, s. 283-292). Mezi další zkoumané parametry patřila rychlost chůze, kadence a délka kroku. Dvacet pacientů bylo rozděleno do dvou skupin. Jedna skupina měla za úkol překonávat překážky, umístěné v reálném prostředí na podlaze, a druhá skupina absolvovala trénink překonávání překážek v prostředí virtuálním. Virtuální překážky byly promítány na speciálních brýlích a pacienti se pohybovali po chodícím páse. Jelikož by brýle mohly omezovat pacientovo periferní vidění, a tím ovlivnit výsledky (Beck et al., 2015), byla ze strany chodícího pásu umístěna přídatná kamera, která snímala pacientovy nohy a on tak mohl dobře kontrolovat jejich pozici. Pacientům se také dostávala náležitá zpětná vazba ve formě vibrací, zvukového i vizuálního signálu, pokud překážku nezvládli překonat. U virtuální i kontrolní skupiny bylo znatelné zlepšení v rychlosti chůze, v délce kroku a schopnosti překonat překážky. Mírný pokrok byl i v kadenci. Studie ukázala, že i když u obou skupin přinesla terapie určité pokroky, větší pozitivní účinek na zmíněné parametry mělo virtuální prostředí, především při rychlejší chůzi.

Účinek virtuálního prostředí na schopnost pohybu a chůze na veřejnosti při běžných denních situacích zkoumali Yang et al. (2008, s. 202-203) v následující studii. Výzkumu se zúčastnilo 24 pacientů po CMP, z nichž 12 absolvovalo běžný trénink na chodícím páse, který zahrnoval nácvik rychlé chůze, chůze do kopce i z kopce a nácvik překonávání překážek, a 12 účastníků experimentální skupiny absolvovalo trénink na chodícím páse doplněný VR. Virtuální prostředí bylo zprostředkováno třemi širokoúhlými obrazovkami, na kterých se zobrazovaly různé situace: průchod úzkými uličkami, přecházení ulice, překračování překážek a procházka parkem (viz Obrázek 2, s. 35). Po absolvování tréninku měly obě skupiny za úkol zúčastnit se několika testů. Prvním byl test na změření rychlosti chůze, kde měli pacienti za úkol projít 12 metrů dlouhou chodbu. Druhým testem byla chůze

po 400 metrů dlouhé trati, která spočívala v přejití ulice, rampy a několika překážek. Třetí test (dotazník) hodnotil pacientovu soběstačnost a provedení několika vybraných aktivit, prováděných doma nebo ve společnosti.

Po porovnání kontrolní a experimentální skupiny ihned po dokončení tréninku se u obou skupin projevilo zrychlení chůze, ovšem jen u experimentální skupiny byly vidět lepší výsledky i u testu hodnotícího chůzi po čtyřistametrové dráze a také lepší skóre při vyhodnocení dotazníku. Při měření po uplynutí jednoho měsíce od daného výzkumu byly u experimentální skupiny stále patrný účinky předešlé terapie. Terapie chůze založená na virtuálním prostředí se tak ukázala jako přínosná pro zlepšení chůze na veřejnosti a dá se předpokládat, že jelikož tyto výsledky byly zřejmé již po pouhých devíti návštěvách, delší doba terapie by přinesla ještě větší zdokonalení při daných testech (Yang et al, 2008, s. 204–205).



Obrázek 2 Ukázka promítaného virtuálního prostředí (Yang et al., 2008, s. 203)

In, Lee a Song (2016, s. 4047-4052) hodnotili efekt tzv. virtuální reflexní terapie. Pacienti umístili jejich paretickou končetinu do přístroje, který snímal pohyby končetiny zdravé a promítal je takovým způsobem, že pacientům se výsledný pohyb zobrazoval tak,

jako by ho prováděla noha paretická. Pacienti v experimentální skupině se účastnili terapie, kdy se využívalo tohoto speciálního přístroje, a při které sledovali různé pohyby (dorzální a plantární flexe, inverze a everze, zvedání končetiny na schod, sešlápnutí tlačítek na ovladači) své zdravé končetiny a snažili se představovat si tento pohyb i u končetiny paretické. Kontrolní skupina absolvovala běžný rehabilitační program. Konečnými měřeními byli TUG test, balanční test a chůze po dráze dlouhé 14 metrů. Při hodnocení rovnováhy (při zavřených i otevřených očích, mediolaterální i anterioposteriorní) bylo u experimentální skupiny vidět značné zlepšení oproti jejich vstupním výsledkům. Po čtyřech týdnech se rovnováha zlepšila i u kontrolní skupiny, avšak rozdíly nebyly tak výrazné. U experimentální skupiny byl oproti kontrolní skupině výraznější rozdíl i ve změně rychlosti chůze a kadence. Studie tedy ukázala, že i při využití méně časté metody, jako je virtuální terapie založená na reflexním podkladě, lze zlepšit schopnost udržení rovnováhy i parametry chůze u pacientů po CMP.

Jak již bylo zmíněno, kombinace kognitivních a motorických úkolů je při terapii chůze velmi účinná (viz kapitola 3, s. 18) a jistou kombinaci více úkolů při tréninku chůze ve virtuálním prostředí využili ve své studii Kim et al. (2015, s. 3694-3696). Čtyřicet pacientů po CMP bylo rozděleno do experimentální a kontrolní skupiny. Oběma skupinám byla poskytnuta běžná terapie, a každá skupina navíc absolvovala trénink chůze na chodícím páse, kde se podmínky mezi skupinami lišily. Pacienti v experimentální skupině pozorovali při chůzi na páse virtuální prostředí supermarketu, kde měli za úkol se nejen pohybovat s nákupním vozíkem, ale také vyhledávat předem určené potraviny. Pokaždé když danou potravinu našli, stiskli pacienti bzučák a potravina se přesunula do nákupního vozíku. Kontrolní skupina trénovala chůzi na páse bez jakýchkoliv přídavných úkolů. Před zahájením čtyřtýdenního programu a i po jeho skončení byl u obou skupin proveden test schopnosti chůze. Po ukončení programu bylo patrné zlepšení u obou skupin, ale u pacientů účastnících se virtuálního programu byl rozdíl v měřených parametrech patrnější. Měřenými parametry byla rychlost chůze, délka kroku paretické i zdravé končetiny a kadence. V experimentální skupině se u pacientů zvýšila rychlost, zlepšila se kadence a prodloužil se krok na obou dolních končetinách. Výsledkem studie byl tedy pozitivní účinek na chůzi při kombinaci motorických i kognitivních úkolů zprostředkovaných ve virtuálním prostředí.

Většina studií potvrdila, že VR terapie a i běžná terapie přinášejí určitá zlepšení, avšak při využití VR jsou při porovnání výsledků před zahájením programu a po jeho skončení rozdíly patrnější (Song a Park, 2015, s. 2059; Jaffe et al., 2004, s. 283-292; Yang et al., 2008, s. 204; In, Lee a Song, 2016, s. 4050-4051; Kim et al., 2015, s. 3695). Virtuální prostředí

napomohlo také při zvládání přídavných kognitivních úkolů (Yang et al., 2008, s. 204–205; Kim et al., 2015, s. 3695).

5.3 Využití VR u pacientů po inkompletním poranění míchy

Rekonvalescence po inkompletním poranění míchy může trvat i několik let a liší se svým trváním u každého člověka. Po úraze může přerušení nervových vláken narušit vedení vzruchů, což vede ke komplikacím, jako je svalová slabost, bolest, změna svalového tonu a změny v kvalitě pohybu. Při pohybu může být problém s nesprávným timingem svalové aktivity, s udržením stoje, přenášením váhy a celkovým udržením rovnováhy (Field-Fote, 2000; Raineteau a Schwab, 2001 in Wall et al., 2015, s. 777). Na ovlivnění rovnováhy, zlepšení koordinace při přenosu váhy, zvětšení rychlosti chůze či posílení svalů pomocí VR se zaměřovaly níže uvedené studie (Wall et al., 2015, s. 778-779; Villiger et al., 2017, s. 635).

Cílem následující studie bylo zjistit účinek VR pomocí přístroje Nintendo Wii Fit na chůzi, rovnováhu a kvalitu života u pacientů po inkompletním poranění míchy. Výzkum trval 7 týdnů a zúčastnilo se ho 5 pacientů. Terapie probíhaly 2x týdně a skládaly se z několika videoher vyžadujících přenos váhy, dostatečnou rovnováhu, koordinaci a soustředily se i na některé komponenty chůze. Měřenými parametry byla rychlost chůze a schopnost udržení rovnováhy. Při porovnání výsledků před a po skončení sedmitýdenního programu, bylo patrné výrazné zlepšení v rychlosti a pozitivní efekt byl pozorován i u hodnocení rovnováhy, kdy pacienti zvládli po 7 týdnech mnohem lépe reagovat na změny ve virtuálním prostředí, např. vyhýbání se statickým nebo pohybujícím se překážkám, aniž by ztratili rovnováhu. Pozitivní účinek na rychlost i rovnováhu se navíc potvrdil i po 4 týdnech od skončení výzkumného programu. Z dotazníků, které pacienti po terapii vyplňovali, vyplynulo, že subjektivně pociťovali lepší pohyblivost, chůzi a pokrok ve zvládání běžných denních aktivit. Studie tedy dokázala, že VR přinesla velmi dobré výsledky ve zlepšení rychlosti chůze a udržení rovnováhy a zároveň byla pro pacienty záživná a motivující k další terapii (Wall et al., 2015, s. 778-782).

Další studie hodnotila účinek VR taktéž u pacientů po inkompletní míšní lézi, nýbrž aplikovala VR v domácím prostředí. Měřenými parametry bylo celkové posílení svalů a pohyblivost, schopnost udržení rovnováhy při chůzi, rychlost chůze a dosažená vzdálenost během šesti minut chůze. Pacienti během programu absolvovali několik her na stejném přístroji, jako v předchozí studii a videohry se zaměřovali na trénování dorzální flexe v kotníku, extenze v koleni a addukce či abdukce dolní končetiny. Pacienti po seznámení se s přístrojem trénovali po dobu 4 týdnů doma a každý týden se po vyhodnocení terapeuta

zvýšila náročnost jednotlivých her. Před zahájením studie byly provedeny nejrozličnější testy na svalovou sílu, rovnováhu, TUG test na koordinaci pohybu, byla změřena rychlost chůze na trase dlouhé 10 metrů a vzdálenost dosažená po 6 minutách chůze. Po čtyřech týdnech trvání programu a 2-3 měsíce po dokončení celého výzkumu bylo hodnocení těchto parametrů provedeno znovu. Ihned po skončení intervence bylo zřejmé celkové posílení svalů dolní končetiny, lepší udržení rovnováhy a zlepšila se i globální pohyblivost dolních končetin. Naopak žádný pozitivní efekt neměla VR na rychlost a dosaženou vzdálenost. Po 2-3 měsících byl přetrvávající účinek terapie pozorován jen v celkové funkční pohyblivosti. Tato studie nepotvrdila vliv VR na rychlost chůze, ale prokázala stejně jako předchozí studie zlepšení rovnováhy. Nedostatečný vliv na rychlost chůze a dosaženou vzdálenost při chůzi mohl být způsoben nevhodnými videohrami, které se na tyto parametry příliš nezaměřovaly. Kromě vlivu na rovnováhu byl po ukončení programu vidět výrazný rozdíl i v síle svalů a celkové pohyblivosti, tudíž se předpokládá, že domácí terapie zprostředkovaná VR by mohla být přínosná stejně jako terapie v nemocničních střediscích a při výběru vhodných videoher ovlivnit i další parametry chůze (Villiger et. al., 2017, s. 635).

Uvedené studie prokázaly vliv VR jak v nemocničním, tak i v domácím prostředí, nicméně ovlivněné parametry chůze byly různé. Výsledky první studie poukázaly na zvýšení rychlosti chůze a zlepšení rovnováhy, zatímco u druhé studie, která probíhala v domácím prostředí, se efekt VR terapie na rychlost chůze nepotvrdil. Vysvětlením rozdílných výsledků by mohl být výběr videoher, který se u obou studií lišil a videohry tak mohly cílit na různé parametry chůze (Wall et al., 2015, s. 778-782; Viliger et al., 2017, s. 635).

5.4 Využití VR u pacientů po úrazech kotníku nebo kolene

Co se týká úrazů v oblasti kotníku, dochází zde často k ruptuře Achillovy šlachy, kde je obvyklou příčinou degenerace šlachy, či k poranění okolních vazů hlezenního kloubu, ke kterému dochází následkem distorze kloubu. Při distorzi může dojít k natažení vazů, k částečnému přetržení nebo k úplné ruptuře vazů. Pacienti trpí velkými bolestmi a omezením pohybu v hlezenním kloubu (Dobeš, Kolář, Dyrhonová, 2009, s. 515).

Vliv VR na rychlost chůze, délku kroku, kadenci a rozsah plantární a dorzální flexe v hlezenním kloubu u pacientů po prodělané distorzi laterálního kotníku zkoumali ve své studii Punt et al. (2017, s. 52-58). Pacienti byli rozděleni do tří skupin. První skupina se zúčastnila rehabilitačního programu, který zahrnoval balanční cviky ve virtuálním prostředí dodávaném prostřednictvím konzole Nintendo Wii Fit. Druhá skupina absolvovala klasickou terapii zahrnující mobilizace kloubů, posilování svalů apod. a třetí skupina nedostávala terapii

žádnou. Program všech skupin trval 6 týdnů. Pacienti z první skupiny trénovali balanci za pomoci konzole v domácím prostředí a druhá skupina docházela na terapie pravidelně na kliniku. Po šesti týdnech se hodnotily u všech skupin zmíněné parametry a to pomocí chůze po 10 metrů dlouhé dráze. Hodnocení proběhlo u 53 probandů. Rychlost chůze, délka kroku a kadence se zlepšili bez rozdílu u všech skupin pacientů, rozsah dorzální flexe při stojné fázi se nezlepšil ani u jedné skupiny a rozsah plantární flexe v průběhu švihové fáze se zlepšil u skupiny, která absolvovala běžný rehabilitační program a také u skupiny bez žádné následné terapie. Studie ukázala, že druh terapie nemá vliv na zlepšení chůze u pacientů po distorzi laterálního kotníku. Měřené parametry se zlepšily i u pacientů, kteří žádnou terapii nepodstoupili, tudíž lze předpokládat, že samotné hojení kotníku přispívá k lepším výsledkům. VR se však u těchto zranění dá využít jako alternativní možnost terapie, jelikož se svými účinky plně vyrovná terapii běžné.

Mezi časté traumatické léze kolenního kloubu patří poranění měkkého kolena, kam lze řadit např. distorze, ruptury menisků či přetržení postranních a zkřížených vazů (Kolář a Kříž, 2009, s. 503). Nejčastěji dochází k poškození postranních a zkřížených vazů, kdy převládají poranění vnitřního postranního vazů a předního zkříženého vazů (LCA) (Kalina, Holibka a Gallo, 2011, s. 80). Hlavními cíli rehabilitace u pacientů po poranění LCA je zlepšení funkční schopnosti a dosažení plné účasti v práci a sportovních aktivitách. Těchto cílů lze dosáhnout za předpokladu dostatečné síly svalů, kvalitní propriocepce z kloubu a nácvikem denních činností (Bjorklund et. al., 2006; Cooper, Taylor a Feller, 2005; Jamshidi et. al., 2005 in Baltaci et al., 2013, s. 880). Využitím VR k ovlivnění a nácviku těchto parametrů se zabývaly tyto studie.

Následující studie využívající rovněž konzole Nintendo Wii Fit hodnotila účinek virtuálních videoher na rovnováhu, koordinaci, sílu extenzorů a flexorů kolenního kloubu a propriopecii u pacientů po plastice LCA. Třicet pacientů bylo rozděleno do experimentální skupiny, jejíž terapie zahrnovala videohry jako bowling, lyžování, box a fotbal a do skupiny kontrolní, která absolvovala běžný rehabilitační program skládající se z nácviku přenosu váhy, nácviku plné flexe a extenze kolenního kloubu a izometrického cvičení m. quadriceps femoris. Po dvanácti týdnech se hodnotící parametry zlepšily u obou skupin, ale nebyl pozorován žádný výrazný rozdíl v míře zlepšení mezi oběma skupinami. Z této studie tak nejde určit, zda přináší VR u těchto pacientů lepší výsledky, ale lze říci, že působí podobně jako běžná terapie a může být při terapii po náhradě LCA využita jako bezpečnější neméně užitečná varianta léčby (Baltaci et al., 2013, 881-886).

Naopak určitý efekt virtuálního prostředí na biomechaniku kolenního kloubu u pacientů po náhradě LCA prokázali ve své studii Gokeler et al. (2016, s. 2281-2285) kteří hodnotili provedení kroku dolů ze schodu a posuzovali provedení kroku ve virtuálním i reálném prostředí. Všichni jedinci účastníci se výzkumu (pacienti po plastice LCA i zdraví jedinci) měli za úkol sestoupit ze schodu, jakmile se červené světlo změnilo na zelené. V reálném prostředí bylo světlo promítáno pouze v podobě dvou diod, a ve virtuálním prostředí se světla zobrazovala na semaforu uprostřed rušné ulice a pacienti měli nejen za úkol sledovat semafor, ale i okolní provoz. Měřena byla míra extenze a flexe v kolenním kloubu a úhel flexe v době maximální reakční síly podložky působící na koleno. Ve virtuálním prostředí se v porovnání s prostředím reálným výrazněji zvýšila flexe i extenze u pacientů po plastice LCA a zlepšení těchto parametrů bylo výraznější jak u zdravých jedinců. Virtuální prostředí tedy pomohlo pacientům přiblížit se pohybům zdravých jedinců a podpořilo jejich odpoutání se od nekoordinovaných a asymetrických pohybů. Jelikož asymetrické pokládání nohou zvyšuje riziko dalšího úrazu (Hewett, Di Stasi a Myer, 2013; Paterno et al., 2010 in Gokeler et al., 2016, s. 2284), předpokládá se, že zařazením VR do rehabilitačního programu u pacientů po plastice LCA by se dalo zabránit dalšímu úrazu kolene a riziku reoperace (Gokeler et al., 2016, s. 2285).

U dvou studií přinesla VR stejné terapeutické výsledky jako běžná terapie a nabízí se tedy její využití jako alternativa k obvyklé rehabilitaci pacientů po úrazu kotníku či kolene (Punt et al., 2017, s. 58; Baltaci et al., 2013, s. 886). V poslední studii se jistý výraznější efekt VR ukázal u pacientů po plastice LCA (Gokeler et al., 2016, s. 2280-2286), nicméně z důvodu malého množství dosavadních studií nelze u pacientů po úrazech kotníku či kolene zobecnit účinek VR na terapii chůze.

5.5 Využití VR u pacientů po totální náhradě kolenního kloubu

Totální náhrada kloubu se využívá jako nejčastější operační řešení u pacientů trpících artrózou, což je onemocnění kloubu vyznačující se úbytkem kloubní chrupavky a tvorbou osteofytů. Pacienty omezují především chronické bolesti, omezení hybnosti, oslabení svalů a narušení stereotypu chůze. Mezi nejčastěji postižené klouby patří kolenní kloub, kyčelní kloub, klouby rukou a klouby na páteři (Gallo, 2011, s. 107-114).

Rehabilitace doplněná o trénink pomocí videoher podporuje pohyblivost dolních končetin, trénuje bilanci a nutí pacienta setrvat v průběhu hraní her ve stoji. Tyto aktivity by měly zabezpečit jeden z hlavních cílů rehabilitace, a to je navrácení dolních končetin do jejich plné funkce (Fung et al., 2012, s. 184).

Fung et al. (2012, s. 184-188) zjišťovali účinek virtuálního prostředí na bilanci, zlepšení pohyblivosti operované dolní končetiny, návrat k plné funkci a sílu svalů dolní končetiny při terapii pacientů po totální náhradě kolenního kloubu. Výzkumného programu se zúčastnilo 50 pacientů, kteří byli rozděleni do kontrolní a výzkumné skupiny. Obě skupiny absolvovaly klasický hodinový rehabilitační program, ale každá skupina měla navíc ještě přídatnou terapii trvající dalších 15 minut. Terapie výzkumné skupiny byla doplněna o trénink na Nintendo Wii Fit, kde byly vybrány hry vhodné pro nácvik posturální kontroly, přenosu váhy a posilování dolních končetin a terapie kontrolní skupiny byla prodloužena o cviky s podobným cílem, přičemž terapie pokračovala v reálném prostředí. Před zahájením i po skončení tohoto programu se u pacientů měřil aktivní rozsah v kolenním kloubu a test chůze za 2 minuty. Na konci výzkumu nebyl mezi skupinami rozdíl v dosažené aktivní flexi nebo extenzi v koleni ani vzdálenosti překonané za 2 minuty chůze. Žádné rozdíly nebyly udávány ani v pociťované bolesti či získaného sebevědomí v udržení rovnováhy. Studie ukázala, že celkové výsledky se nijak neliší u jednotlivých skupin a že VR může být použita jako přídatná terapie bez rizika snížených výsledků oproti klasické rehabilitaci. Dotazník však ukázal, že pro výzkumnou skupinu byl program zábavnější a více si ho užili, z čehož vyplývá, že videohry mohou poskytnout zajímavější druh terapie a zvýšit pacientovu motivaci. Tato studie tedy doporučuje virtuální rehabilitaci jako doplněk k běžné terapii.

Další studie, která se zabývala pacienty jednak po náhradě kolenního kloubu, ale také např. po menisektomii či jiných operacích kolene hodnotila spíše efekt virtuálního prostředí na pacientovu motivaci, míru pacientova „ponoření“ do virtuálního světa a dodržování rehabilitačního plánu, čímž lze ale sekundárně zlepšit i výsledek terapie, tedy i chůzi. K výzkumu se využilo opět konzole Nintendo Wii Fit, která zprostředkovávala řadu balančních nebo posilovacích programů. Pacienti měli možnost sledovat svůj pohyb na monitoru prostřednictvím avataru. Pacienti uváděli, že míra obtížnosti daného programu na konzoli rozhodovala o tom, jak moc se jim podařilo do virtuálního prostředí „proniknout“. Pro pacienty s lehčí disabilitou byl program moc jednoduchý a naopak pacienti s vážnější poruchou pohybu udávali, že se plně vžili do VR. Většina pacientů však udávala, že se po terapii cítili celkově mobilnější, pociťovali menší bolest a chtěli i nadále v této terapii pokračovat. Ze studie lze tedy usuzovat, že pro pacienty je terapie doplněná VR záživnější, vede je ke svědomitějšímu dodržování rehabilitačního plánu a je pro ně akceptovatelná i z dlouhodobějšího hlediska. Je však nezbytné přizpůsobit náročnost individuálně podle vážnosti poruchy každého pacienta (Lee et al., 2016, s. 240-249).

Z uvedených studií vyplývá, že VR může být využita jako alternativní způsob terapie u pacientů po náhradě kolenního kloubu, kterým dosáhneme stejných výsledků, jako při využití terapie konvenční. VR však může udělat terapii zajímavější a pro pacienty záživnější, a tím přispět ke zvýšení motivace k terapii a řádnému dodržování rehabilitačního plánu (Fung et al., 2012, s. 186-188; Lee et al., 2016, s. 246-249).

Závěr

Využití VR v terapii chůze přináší své účinky především z důvodu dostatečné a okamžité zpětné vazby. VR může být pacientům zprostředkována ve formě speciálních brýlí, promítáním virtuálního prostředí na monitorech nebo videohrami na herních konzolích.

Z uvedených studií je patrný pozitivní účinek VR především na rychlost chůze a délku kroku, a to hlavně u neurologických pacientů. Zařazení VR do terapie ovlivnilo u těchto pacientů i schopnost zvládat přídavné kognitivní úkoly, ať už přechod přes překážky, přecházení ulice nebo nakupování potravin. V případě traumatických pacientů se efekt VR projevil převážně na zlepšení rovnováhy, zvýšení rozsahů pohybu v kloubu, rychlosti chůze a posílení svalů.

Co se týká využití VR v domácím prostředí, tak se výsledky studií mírně lišily. Některé studie pozitivní účinek potvrdily a v některých se předpokládaného efektu nedosáhlo, zřejmě z důvodu nedostatečně dlouhé doby tréninku nebo nevhodně zvoleného rehabilitačního programu.

Pokud bychom porovnávali účinek VR oproti běžné terapii, dalo by se říci, že v případě neurologických pacientů přinesly oba druhy terapie určité výsledky, ale při využití VR bylo zlepšení pozorovaných parametrů výraznější. Naopak u traumatologických pacientů lze ze studií vyvodit, že účinky VR terapie a běžné terapie jsou v podstatě srovnatelné, a tak se použití VR v terapii chůze nabízí jako vhodná alternativa.

Ve studiích se ukázala i některá úskalí přístrojů zprostředkovávajících virtuální prostředí, a to především u brýlí, které připadaly pacientům těžké, nepohodlné, omezovaly periferní vidění, a tudíž rozptýlily pacienta při terapii. Toto negativum se projevilo ve studii, která se zabývala výskytem freezingu u osob s Parkinsonovou nemocí, kde VR nepřinesla žádné účinky ve zmírnění tohoto fenoménu.

Na závěr by se dalo shrnout, že VR se využívá především u neurologických pacientů, kde přináší patrné výsledky a ukazuje se jako účinnější forma terapie. V případě traumatologických pacientů je studií zabývajících se účinkem VR na terapii chůze stále poměrně málo a většina doporučuje zařazení VR do terapie jako určitou možnost, jak udělat terapii zábavnější, pro pacienta záživnější a zvýšit jeho motivaci k celé rehabilitaci.

Referenční seznam

- ADAMS, J. M., PERRY, J. 1994. Gait Analysis: Clinical Application. In: GAMBLE, J. G., ROSE, J. *Human walking* (2nd ed.). Baltimore: Williams & Wilkins. ISBN 0683073605.
- AMBLARD B., BERTHOZ A., CLARAC F. 1998. *Posture and gait: development, adaptation, and modulation : proceedings of the 9th International Symposium on Postural and Gait Research, Marseille, France, 29 May-1 June, 1988*. Amsterdam: Excerpta Medica. ISBN 0444810307.
- AMBLER, Z. 2006. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]* (6., přeprac. a dopl. vyd). Praha: Galén. ISBN 8072624334.
- BADARNY, S., AHARON-PERETZ, J., BARAM, Y., HABIB, G., SUSEL, Z. 2014. Virtual Reality Feedback Cues for Improvement of Gait in Patients with Parkinson's Disease. *Tremor and Other Hyperkinetic Movements* [on-line]. 4, 1-5, [cit. 2018-03-14]. ISSN 21608288. Dostupné z doi: 10.7916/D8V69GM4.
- BALTACI, G., HARPUT, G., HAKSEVER, B., ULUSOY, B., OZER, H. 2013. Comparison between Nintendo Wii Fit and conventional rehabilitation on functional performance outcomes after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: prospective, randomized, controlled, double-blind clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [on-line]. 21(4), 880-887, [cit. 2018-04-06]. ISSN 0942-2056. Dostupné z doi: 10.1007/s00167-012-2034-2.
- BECK, E. N., EHGOETZ MARTENS, K. A., ALMEIDA, Q. J., BALASUBRAMANIAM, R. 2015. Freezing of Gait in Parkinson's Disease: An Overload Problem?. *PLoS One*. [on-line]. 10(12), [cit. 2018-04-02]. ISSN 1932-6203 Dostupné z doi: 10.1371/journal.pone.0144986.
- BITNAR, P., LEPŠÍKOVÁ M. 2009. Poruchy nervosvalového přenosu a svalová onemocnění. In: KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- BROWN, P., STEIGER, M. J. 1996. Basal ganglia gait disorders. In: BRANDT, T., BRONSTEIN, A. M., WOOLLACOTT, M. H. *Clinical disorders of balance, posture, and gait*. London: Arnold. ISBN 0340601450.

BURDEA, G., COIFFET, P. 2003. *Virtual reality technology* (2nd ed.). Hoboken, N.J.: J. Wiley-Interscience. ISBN 0-471-36089-9.

BURGET, N. 2015. Využití zpětné vazby v rehabilitaci pacientů s poruchami chůze po cévní mozkové příhodě. *Rehabilitace a Fyzikální lékařství* [on-line]. 22(2), 70-78, [cit. 2018-04-05]. ISSN 12112658. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=585a3276-9c71-4080-98c3-8eee58e06791@sessionmgr104>

CAHALAN, T. D., CHAO, E. Y. S. 1990. Kinematics and Kinetics of Normal Gait. In: SMIDT, G. L. *Gait in rehabilitation*. New York: Churchill Livingstone. ISBN 044308663x.

DE ICCO, R., TASSORELLI, C., BERRA, E., BOLLA, M., PACCHETTI, C., SANDRINI, G. 2015. Acute and Chronic Effect of Acoustic and Visual Cues on Gait Training in Parkinson's Disease: A Randomized, Controlled Study. *Parkinson's Disease* [on-line]. 2015, 1-9, [cit. 2018-04-02]. ISSN 2090-8083. Dostupné z doi:10.1155/2015/978590.

DE MELO, G. E. L., LOPES, J. B. P., DUMONT, A. J. L., DE MOURA, R. C. F., LAZZARI, R., JUNIOR, J. R. Z., GALLI, M., KLEINER A. F. R., OLIVEIRA, C. S. 2017. P5: Analysis of the immediate effect of gait training with virtual reality on the parkinsonian walking. *Gait & posture* [on-line]. 57(1), 203, [cit. 2018-04-02]. ISSN 0966-636257. Dostupné z doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.06.370.

DOBEŠ, M. 2009. Traumatické léze. In: KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.

DOBEŠ, M., KOLÁŘ, P., DYRHONOVÁ, O. 2009. Hlezno a noha. In: KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.

DUPALOVÁ, D., ŠLACHTOVÁ, M., DOLEŽELOVÁ, E. 2013. Možnosti využití aktivních videoher v rehabilitaci. *Rehabilitace a Fyzikální lékařství* [on-line]. 20(3), 135-141, [cit. 2018-04-02] ISSN 12112658. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=c2c8c09b-67e0-44fe-8302-b9ac57dfd21a%40sessionmgr104>

ESPAY, A. J., BARAM, Y., DWIVEDI, A. K., SHUKLA, R., GARTNER, M., GAINES, L., DUKER, A. P., REVILLA F. J. 2010. At-home training with closed-loop augmented-reality cueing device for improving gait in patients with Parkinson disease. *Journal of Rehabilitation Research* [on-line]. 47(6), 573-581, [cit. 2018-04-02]. ISSN 07487711. Dostupné z doi: 10.1682/JRRD.2009.10.0165.

FUNG, V., HO, A., SHAFFER, J., CHUNG, E., GOMEZ, M. 2012. Use of Nintendo Wii Fit™ in the rehabilitation of outpatients following total knee replacement: a preliminary randomised controlled trial. *Physiotherapy* [on-line]. 98(3), 183-188, [cit. 2018-04-15]. ISSN 00319406. Dostupné z doi: 10.1016/j.physio.2012.04.001.

GALLO, J. 2011. *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2486-6.

GOKELER, A., BISSCHOP, M., MYER, G. D., BENJAMINSE, A., DIJKSTRA, P. U., VAN KEEKEN, H. G., VAN RAAY, J. J. A. M., BURGERHOF, J. G. M., OTTEN, E. 2016. Immersive virtual reality improves movement patterns in patients after ACL reconstruction: implications for enhanced criteria-based return-to-sport rehabilitation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [on-line]. 24(7), 2280-2286, [cit. 2018-04-06]. ISSN 0942-2056. Dostupné z doi: 10.1007/s00167-014-3374-x.

HOLLANDS, K. L., PELTON, T. A., WIMPERIS, A., WHITHAM, D., TAN, W., JOWETT, S., SACKLEY, C. M., WING, A. M., TYSON, S. F., MATHIAS, J., HENSMAN, M., VAN VLIET, P. M. 2015. Feasibility and Preliminary Efficacy of Visual Cue Training to Improve Adaptability of Walking after Stroke: Multi-Centre, Single-Blind Randomised Control Pilot Trial. *PLOS ONE* [on-line]. 10(10), 1-17 [cit. 2018-04-07]. ISSN 1932-6203. Dostupné z doi: 10.1371/journal.pone.0139261.

HORÁČEK, O., KOLÁŘ, P. 2009. Cévní onemocnění mozku. In: KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi.* Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.

IN, T., LEE, K., SONG, C. 2016. Virtual Reality Reflection Therapy Improves Balance and Gait in Patients with Chronic Stroke: Randomized Controlled Trials. *Medical Science Monitor* [on-line]. 22, 4046-4053, [cit. 2018-04-06]. ISSN 1643-3750. Dostupné z doi: 10.12659/MSM.898157.

- JAFFE, D. L., BROWN, D. A., PIERSON-CAREY, C. D., BUCKLEY, E. L., LEW, H. L. 2004. Stepping over obstacles to improve walking in individuals with poststroke hemiplegia. *Journal of rehabilitation research and development*. [on-line]. 41(3A), 283-292, [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <https://www.rehab.research.va.gov/jour/04/41/3A/Jaffe.html>
- JANSSEN, S., BOLTE, B., NONNEKES, J., BITTNER, M., BLOEM, B. R., HEIDA, T., ZHAO, Y., VAN WEZEL, R. J. A. 2017. Usability of Three-dimensional Augmented Visual Cues Delivered by Smart Glasses on (Freezing of) Gait in Parkinson's Disease. *Frontiers in Neurology* [on-line]. 8, 279, [cit. 2018-04-06]. ISSN 1664-2295. Dostupné z doi: 10.3389/fneur.2017.00279.
- KALINA, R., HOLIBKA, R., GALLO, J. 2011. Sportovní ortopedie. In: GALLO, J. *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2486-6.
- KIM, H., CHOI, W., LEE, K., SONG, C. 2015. Virtual dual-task treadmill training using video recording for gait of chronic stroke survivors: a randomized controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science* [on-line]. 27(12), 3693-3697, [cit. 2018-04-06]. ISSN 0915-5287. Dostupné z doi: 10.1589/jpts.27.3693.
- KOBESOVÁ, A. 2009. Extrapramidové poruchy. In: KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KOLÁŘ, P. et al. 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KOLÁŘ, P., KŘÍŽ, J. 2009. Kolenní kloub. In: KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KOUDELKOVÁ, I., KOLÁŘ, P. 2009. Revmatické choroby. In: KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- LEE, M., SUH, D., SON, J., KIM, J., EUN, S. D., YOON, B. 2016. Patient perspectives on virtual reality-based rehabilitation after knee surgery: Importance of level of difficulty. *Journal of Rehabilitation Research and Development* [on-line]. 53(2), 239-252, [cit. 2018-04-06]. ISSN 0748-7711. Dostupné z doi: 10.1682/JRRD.2014.07.0164.

- LEE, S. J., YOO, J. Y., RYU, J. S., PARK, H. K., CHUNG, S. J. 2012. The Effects of Visual and Auditory Cues on Freezing of Gait in Patients with Parkinson Disease. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [on-line]. 91(1), 2-11, [cit. 2018-04-05]. ISSN 0894-9115. Dostupné z doi: 10.1097/PHM.0b013e31823c7507.
- LEPŠÍKOVÁ, M., KOLÁŘ, P., DYRHONOVÁ, O. 2009. Kyčelní kloub. In: KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- LIAO, Y. Y., YANG, Y. R., CHENG, S. J., WU, Y. R., FUH, J. L., WANG, R. Y. 2014. Virtual reality-based training to improve obstacle-crossing performance and dynamic balance in patients with Parkinson's disease. *Neurorehabilitation and neural repair* [on-line]. 29(7), 658-667, [cit. 2018-04-02]. ISSN 1552-6844. Dostupné z doi: 10.1177/1545968314562111.
- MLÍKA, R., JANURA, M., MAYER, M. 2005. Virtuální realita a rehabilitace. *Rehabilitace a Fyzikální lékařství*. 12 (3), 112-118. ISSN 1211-2658.
- PAPEGAAIJ, S., MORANG, F., STEENBRINK, F. 2017. Virtual and augmented reality based balance and gait training. *Motekforce Link* [on-line]. 1-7, [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <https://www.hocoma.com/wp-content/uploads/2017/02/Motek-whitepaper-2017-02-02.pdf>.
- PARK, Y-H., LEE, C-H., LEE, B-H. 2013. Clinical usefulness of the virtual reality-based postural control training on the gait ability in patients with stroke. *Journal of Exercise Rehabilitation* [on-line]. 9(5), 489-494, [cit. 2018-04-06]. ISSN 2288-176X. Dostupné z doi: 10.12965/jer.130066.
- PERRY, J. 1992. *Gait analysis: normal and pathological function*. Thorofare, NJ: SLACK. ISBN 9781556421921.
- PFEIFFER, J. 2007. *Neurologie v rehabilitaci: pro studium a praxi*. Praha: Grada. ISBN 9788024711355.
- POLÁK, A., PÁNEK, D., PAVLŮ, D. 2017. První zkušenosti s virtuální realitou v terapii míšních lézí. *Rehabilitace a Fyzikální lékařství* [on-line]. 24 (2), 116-122, [cit. 2018-04-06]. ISSN 12112658. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=35f154d5-be52-488c-840b-cf492a12d91d%40sessionmgr4006>.

POLESE, J. C., ADA, L., DEAN, C. M., NASCIMENTO, L. R., TEIXEIRA-SALMELA, L. F. 2013. Treadmill training is effective for ambulatory adults with stroke: a systematic review. *Journal of Physiotherapy* [on-line]. 59(2), 73-80, [cit. 2018-04-09]. ISSN 18369553. Dostupné z doi: 10.1016/S1836-9553(13)70159-0.

PUNT, I. M., ARMAND, S., ZILTENER, J-L., ALLET, L. 2017 Effect of Wii Fit™ exercise therapy on gait parameters in ankle sprain patients: A randomized controlled trial. *Gait & Posture* [on-line]. 58, 52-58, [cit. 2018-04-06]. ISSN 09666362. Dostupné z doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.06.284.

RAB, G. T. 1994. Muscle. In: GAMBLE, J. G., ROSE, J. *Human walking* (2nd ed.). Baltimore: Williams & Wilkins. ISBN 0683073605.

ROERDINK, M., LAMOTH, C. J., KWAKKEL, G., VAN WIERINGEN, P. C., BEEK, P. J. 2007. Gait Coordination After Stroke: Benefits of Acoustically Paced Treadmill Walking. *Physical Therapy* [on-line]. 87(8), 1009-1022, [cit. 2018-04-07]. ISSN 0031-9023. Dostupné z doi: 10.2522/ptj.20050394.

SMIDT, G. L. 1990. *Gait in rehabilitation*. New York: Churchill Livingstone. ISBN 044308663x.

SONG, G. B., PARK, E. C. 2015. Effect of virtual reality games on stroke patients' balance, gait, depression, and interpersonal relationships. *Journal of Physical Therapy Science* [on-line]. 27(7), 2057-2060, [cit. 2018-04-06]. ISSN 0915-5287. Dostupné z doi: 10.1589/jpts.27.2057.

SONG, J., PAUL, S. S., CAETANO, M. J. D., SMITH, S., DIBBLE, L. E., LOVE, R., SCHOENE, D., MENANT, J. C., SHERRINGTON, C., LORD, S. R., CANNING, C. G., ALLEN, N. E. 2017. Home-based step training using videogame technology in people with Parkinson's disease: a single-blinded randomised controlled trial. *Clinical Rehabilitation* [on-line]. 32(3), 299-311, [cit. 2018-04-05]. ISSN 0269-2155. Dostupné z doi: 10.1177/0269215517721593.

VALOUCHOVÁ, P., KOLÁŘ, P. 2009. Chůze. In: KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.

VILLIGER, M., LIVIERO, J., AWAI, L., STOOP, R., PYK, P., CLIJSEN, R., CURT, A., ENG, K., BOLLIGER, M. 2017. Home-Based Virtual Reality-Augmented Training Improves Lower Limb Muscle Strength, Balance, and Functional Mobility following Chronic Incomplete Spinal Cord Injury. *Frontiers in Neurology* [on-line]. 8, 635, [cit. 2018-04-06]. ISSN 1664-2295. Dostupné z doi: 10.3389/fneur.2017.00635.

WALL, T., FEINN, R., CHUI, K., CHENG, M. S. 2015. The effects of the Nintendo™ Wii Fit on gait, balance, and quality of life in individuals with incomplete spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine* [on-line]. 38(6), 777-783 [cit. 2018-04-06]. ISSN 1079-0268. Dostupné z doi: 10.1179/2045772314Y.00000000296.

WHITTLE, M. W. 2007. *Gait analysis: an introduction* (4th ed.). Edinburgh: Butterworth–Heinemann. ISBN 9780750688833.

YANG, Y-R., TSAI, M-P., CHUANG, T-Y., SUNG, W-H., WANG, R-Y. 2008. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: A randomized controlled trial. *Gait & Posture* [on-line]. 28(2), 201-206, [cit. 2018-04-06]. ISSN 09666362. Dostupné z doi: 10.1016/j.gaitpost.2007.11.007.

Seznam zkratek

a.	arteria
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervová soustava
DMO	dětská mozková obrna
FES	funkční elektrická stimulace
LCA	přední zkřížený vaz (ligamentum cruciatum anterior)
m.	musculus
mm.	musculi
MTP	metatarzofalangeální
PNF	proprioceptivní neuromuskulární facilitace
TUG	Timed Up and Go
VR	virtuální realita

Seznam obrázků

Obrázek 1 Virtuální brýle využité pro zprostředkování 3D stimulů.....	30
Obrázek 2 Ukázka promítaného virtuálního prostředí	35