

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav fyzioterapie

Adam Nosálek

**Efektivita virtuální reality ve fyzioterapii**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Barbora Kolářová Ph.D.

Olomouc 2015

## **ANOTACE**

**Název práce:** Efektivita virtuální reality ve fyzioterapii

**Název práce v AJ:** The effectiveness of virtual reality in physiotherapy

**Datum zadání:** 2014-31-01

**Datum odevzdání:** 2015-30-04

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta zdravotnických věd  
Ústav fyzioterapie

**Autor práce:** Adam Nosálek

**Vedoucí práce:** Mgr. Barbora Kolářová Ph.D.

**Oponent práce:** Mgr. Jiří Stacho

**Abstrakt v ČJ:** Tato práce se zabývá efektivitou virtuální reality ve fyzioterapii. Obsahuje studiem podložené informace, zda je virtuální realita využitelná pro terapie převážně neurologických pacientů. Rovněž popisuje technologická zařízení potřebná pro tuto formu terapie, její přednosti a nedostatky.

**Abstrakt v AJ:** This thesis is describing the effectiveness of virtual reality in physiotherapy. It includes studies with information about usability of virtual reality for neurological patients. It describes technological devices needed for this therapy as well as advantages and weaknesses of it.

**Klíčová slova v ČJ:** virtuální realita, virtuální prostředí, rehabilitace, cévní mozková příhoda, dětská mozková obrna, zranění

**Klíčová slova v AJ:** virtual reality, virtual environment, rehabilitation, stroke, cerebral palsy, injury

**Rozsah:** 44 stran/přílohy 2 strany

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. dubna 2015

Podpis

## **Poděkování**

Mé velké poděkování patří Mgr. Barboře Kolářové Ph.D. za její cenné rady, skvělé vedení mé bakalářské práce, za její vstřícnost, obětavost a pochopení.

# Obsah

Úvod .....	6
1 Virtuální realita .....	7
1.1 Virtuální prostředí .....	8
1.2 Vnímání virtuální reality a druhy technologií .....	9
1.2.1 Senzory pohybu - motion tracker .....	9
1.2.2 Zraková zpětná vazba .....	11
1.2.3 Zvuková zpětná vazba .....	11
1.2.4 Dotyková a silová zpětná vazba .....	12
1.3 Příklady zařízení s prvky virtuální reality s potenciálním využitím v rehabilitaci pohybových poruch .....	13
2 Virtuální realita a její benefit ve fyzioterapii .....	15
3 Telerehabilitace .....	18
4 Diskuze .....	19
4.1 Virtuální realita pro fyzioterapii u neurologických pacientů .....	19
4.1.1 Virtuální rehabilitace horní končetiny po cévní mozkové příhodě nebo po traumatickém poškození mozku .....	20
4.1.2 Virtuální rehabilitace dolní končetiny po cévní mozkové příhodě .....	21
4.1.3 Virtuální realita v rehabilitaci kognitivních funkcí po cévní mozkové příhodě a traumatickém postižení mozku .....	23
4.1.4 Virtuální realita u terapie dětské mozkové obrny .....	25
4.1.5 Virtuální rehabilitace pro úpravu balančních schopností u neurologických pacientů .....	27
4.1.6 Virtuální rehabilitace balančních schopností u Parkinsonovy choroby .....	29
4.1.7 Virtuální realita u terapie Méniérovovy choroby .....	29
4.1.8 Telerehabilitace u roztroušené sklerózy .....	30
4.2 Virtuální realita v traumatologické fyzioterapii .....	30
4.3 Virtuální realita při terapii inkontinence .....	31
Závěr .....	32
Seznam bibliografických odkazů .....	33
Seznam zkratk .....	43
Přílohy .....	44

# Úvod

V posledních letech se s pojmem virtuální realita můžeme setkat v jakémkoliv odvětví medicíny. Úkolem této bakalářské práce bylo zjistit její možnost využití ve fyzioterapii.

Virtuální realita a virtuální prostředí generované počítačovými technikami nám umožňují být v prostředí bezpečném a zároveň pro uživatele atraktivním. Toto prostředí umožňuje trénink pohybových funkcí, který by u některých případů pacientů nebylo možné provádět v reálném prostředí.

Počátky virtuální reality můžeme sledovat již od 19. století, kdy se objevily 360-ti stupňové panoramatické malby. V polovině 20. století se zakládala divadla, která ovlivňovala všechny smysly diváka od zraku až po hmat. V 60. letech 20. století byl sestrojen první letový simulátor obsahující virtuální realitu pro vojenské účely. Od té doby se virtuální realita rozvíjela a tím se zvětšovalo i spektrum jejího využití ve všech možných odvětvích vědy a rovněž i ve fyzioterapii.

Práce popisuje pojem virtuální reality a virtuálního prostředí. Dále je v této bakalářské práci popsáno, jak virtuální realita ovlivňuje uživatele a jaké jsou k tomu zapotřebí technologie. Jsou zde také uvedeny některé z příkladů těchto zařízení, které mají případný potenciál ve využití pro rehabilitační terapii. Jednou z částí teoretických poznatků je i benefit virtuální reality v rehabilitaci, kde je popsáno několik přínosných vlastností této formy rehabilitace. Poslední malou kapitolou teoretických poznatků je možnost terapie na dálku, za pomoci videohovoru a virtuální reality, nazývána telerehabilitace.

V diskuzi se práce zabývá konkrétními příklady virtuální reality a její efektivitou během terapií, při nichž byla využita. Práce je zaměřena v převážné míře na neurologické pacienty. Jsou zde také popsány i další možnosti využití virtuální reality ve fyzioterapii, jako například v traumatologické rehabilitaci nebo rehabilitaci inkontinence.

Klíčovými slovy pro vyhledávání studií použité pro tuto práci byly: virtuální realita, virtuální prostředí, rehabilitace, cévní mozková příhoda, dětská mozková obrna, zranění a jejich anglické ekvivalenty (virtual reality, virtual environment, rehabilitation, stroke, cerebral palsy, injury).

Použité databáze pro vyhledávání studií byly: PubMed, EBSCO a Google Scholar.

Celkově bylo nalezeno 84 studií, převážně v anglickém jazyce. Použito bylo 67 studií, z toho 2 zdroje v českém jazyce, který byl ve většině využit pro teoretické poznatky.

# 1 Virtuální realita

Virtuální realita je počítačem simulované prostředí. Simulována je fyzická přítomnost osoby v reálném a imaginárním světě. Je to pohlcující, interaktivní zážitek v alternativní realitě, do níž se účastník pomocí počítačového rozhraní může plně ponořit (Halarnkar et al., 2012, p. 325-330).

Virtuální realita je komplexní uživatelské rozhraní, které obsahuje simulace v reálném čase prostřednictvím více smyslových programů. Mezi sensorické modality patří vizuální, sluchové, hmatové a jiné smysly lidského těla (Buredea in Botella et al., 2005, p. 222).

Výše zmíněná definice tedy tvrdí, že virtuální realita by měla být jak pohlcující tak interaktivní. Pohlcující, protože díky speciálním zařízením je dosaženo pocitu fyzické přítomnosti účastníka v daném virtuálním světě. A interaktivní, protože virtuální realita neznamena pasivní vizualizaci virtuálního světa, ale uživatel s ním může komunikovat a co je důležitější, virtuální svět odpovídá na dané úkony provedené uživatelem (Botella et al., 2005, p. 220-230).

U virtuální reality se můžeme setkat se třemi úrovněmi.

## a) Sensoricky nepohlcující úroveň

Tato úroveň je běžná zkušenost každého počítačového uživatele. Virtuální prostředí je vytvořeno počítačem bez jakýchkoliv jiných hardwarů (fyzicky existující technické vybavení počítače) nebo bez jiných speciálních programů či místností. Tedy běžné uživatelské rozhraní dnešních počítačových zařízení (Halarnkar et al., 2012, pp. 325-330).

## b) Sensoricky pohlcující úroveň

Ovlivňuje sensorické funkce pomocí vizuálních, haptických, audio, ale i olfaktorických hardwarů počítače. Uživatel ovládá svého avatara (osoba, promítající se na obrazovku, která přesně reflektuje reálné pohyby testovaného uživatele) a pohybuje s ním ve virtuálním prostředí. Tato úroveň je v dnešních možnostech technologie nejvíce rozšířena a tím nejvíce využívána i ve fyzioterapii. Pohlcující virtuální realita izoluje uživatele při interakci s virtuálním prostředím od reálného prostředí za pomoci hardwaru (např. Head Mounted Display) nebo prostřednictvím speciálně navržených místností CAVE (Kenneth, Wills, 2012, <http://www.wisegeek.com/what-are-the-different-types-of-virtual-reality-technology.htm>). A proto některé studie (Henderson et al., 2007, pp. 52-61; Sisto et al., 2002, pp. 11-23) tvrdí, že pohlcující úroveň virtuální reality a její terapie je účinnější než úroveň

nepohlcující, a to hlavně díky menšímu rozptýlení okolního reálného světa. To je obrovský benefit této úrovně virtuální reality v rehabilitaci. O dalších výhodách virtuální reality pojednává kapitola 2.

### **c) Neurálně přímá úroveň**

Tato úroveň virtuální reality je věcí budoucnosti, protože je stále omezena nedokonalou technologií dnešní doby. Vize je, že účastník bude spojen na neurální úrovni svým mozkem s počítačovou technologií. Smyslové vjemy budou promítány přímo do mozku a vědomí uživatele. Uživatel se za pomoci svého vědomí bude nacházet ve virtuální realitě a ve virtuálním prostředí (Kenneth, Wills, 2012, <http://www.wisegeek.com/what-are-the-different-types-of-virtual-reality-technology.htm>).

## **1.1 Virtuální prostředí**

Virtuální prostředí je zprostředkováno za pomoci hardwaru a softwaru počítačového zařízení. Výběr vhodného hardwaru a softwaru je důležitý, protože má velký význam na reakce uživatele ve virtuálním prostředí. Výstupní informace může být prezentována uživateli různými způsoby, počínaje vizuálním, sluchovým, hmatovým, ale i čichovým stimulem. Dnes je v rehabilitaci v největší míře využíván vizuálně-sluchový feedback (Weiss, Kathz , 2004, <http://www.rehab.research.va.gov/jour/04/41/5/weiss.html>).

Virtuální prostředí může být definováno i jako 3-D prostor (trojrozměrný prostor, kde zobrazené věci mají objem) vytvořený opět počítačovou technikou. Skládá se z vizuálních podnětů prezentovaných na promítací plátna či tabule. Dále z monitoru počítače nebo i z monitorů nasazených na hlavě uživatele tzv. „Head – Mounted Display“. Obecně poskytuje uživateli sluchové podněty, které jsou produkovány elektronickým zařízením, jako jsou sluchátka nebo reproduktory. Dále virtuální prostředí může uživateli nabídnout haptické, čichové a dokonce i chuťové vjemy, zprostředkované opět počítačovým zařízením.

Cílem je, uživatele vyjmout z reálného prostředí a vložit jej do prostředí virtuálního. Toho dosáhneme tím, že uživatel je vystaven daným výše zmiňovaným stimulům a vjemům, které napodobují reálný svět (Baus, Bouchard, 2014, p. 5).

Pohlcující stupeň virtuální reality umožňuje měnit vizuální perspektivu pohybem hlavy. Existuje nesčetné množství metod a sběrů dat o pohybu uživatele. Některé systémy využívají různé ovládací zařízení. Sledování pohybu je umožněno videem pomocí optoelektronických kamer nebo elektromagnetickými či ultrazvukovými senzory. Pohyb



končetin je sledován množstvím technologií. Například horní končetiny jsou sledovány speciálními senzory umístěnými na rukavicích. Pomocí těchto zařízení, technologií a dat z nich získaných, uživatel ovládá avatara a díky němu je schopen komunikovat s virtuálním prostředím (Adamovich, 2009, pp. 2-3).

## 1.2 Vnímání virtuální reality a druhy technologií

Nejvíce je virtuální svět vnímán třemi smysly: zrakem, sluchem a hmatem. K vytvoření dojmu pohlcení virtuálním prostředím musí být jedinec obklopen různými podněty, které se řídí co možná nejvíce podobnými pravidly vjemů, se kterými se uživatel může setkat v reálném světě (při otočení vlevo, musí vidět věci, co jsou vlevo, při chůzi dopředu se předměty před uživatelem musí přibližovat). To jsou základní vlastnosti našich vjemů v určitém prostředí. Jde-li o virtuální prostředí, očekává se dosažení stejných pocitů uživatele, jak v prostředí reálném. A tohoto výsledku se virtuální realita snaží vždy dosáhnout (Aukstakalnis, Blatner, 1992, s. 23).

Chceme-li, aby byla interakce ve virtuálním prostředí možná, je nezbytné vytvořit shodu mezi pohybem v reálném světě a ve světě virtuálním. Tato interakce je vytvořena různými zařízeními (Lloréns et al., 2015, pp. 6586-6606). Jedním z těchto zařízení jsou i senzory pohybu, které mají velkou důležitost pro uskutečnění podobnosti virtuální reality s reálnými podmínkami.

### 1.2.1 Senzory pohybu - motion tracker

**Motion tracker** (český překlad „pohybový senzor“) zachycuje uživatelův pohyb, který je přenášen do virtuálního prostředí. Nejlepší senzor pohybu by měl být naprosto přesný, bez tzv. delay (zpoždění při přesunu pohybu) a měl by mít co největší rozsah, nejlépe nekončící rozsah (Pelzet et al., 1999, <http://scholarworks.rit.edu/other/369>).

Senzory pohybu jsou schopné zaznamenat polohu, pohyb těla a končetin v reálném světě a přenést tato data pomocí počítačového zařízení do světa virtuální reality. Jsou různé typy sledovacích senzorů využívající různé druhy technologií: magnetické, optické, mechanické, inerciální neboli pracující na bázi setrvačnosti a hybridní – kombinující více technologií (Lloréns et al., 2015, pp. 6586-6606; Mlíka, Janura, Mayer, 2005, s. 113).

Senzory pohybu jsou řazeny podle jejich výkonových parametrů: přesnost, kolísání, čekací doba odezvy a jiné. Na základě těchto parametrů je ovlivňován virtuální zážitek uživatele a to z důvodu psychických i fyzických faktorů. Například špatná přesnost může

způsobit, že uživatel k dosažení daného cíle bude nucen vykonat nepřírozený pohyb. To je zejména důležité k motorickému učení. Proto musí být tyto parametry v nejlepších možných hodnotách (Lloréns et al., 2015, pp. 6586-6606).

Existuje spousta druhu možností a technologií, na kterých senzory pohybu pracují. Příkladem mohou být:

#### **a) Optické senzory - optical tracking**

Optický senzor OptiTrack™ FLEX:C120 (NaturalPoint®, Corvallis, OR, USA). U tohoto senzoru má uživatel na těle připevněné zařízení v podobě náramku, které vysílá infračervené záření. Kamery nacházející se okolo uživatele snímají toto záření a tím získávají data o pohybu uživatele (Lloréns et al., 2015, pp. 6586-6606).

#### **b) Elektromagnetické senzory – electromagnetic tracking**

Elektromagnetický senzor, kterým je i senzor G4™ (Polhemus™, Colchester, VT, USA). Zařízení obsahuje zdroj, vyzařující elektromagnetické pole (připojené na uživatelově těle) dále několik senzorů, které snímají toto pole a jsou schopné rozeznat změny v elektromagnetických vlnách a tím určují vzdálenost zdroje od senzorů a jeho orientaci v prostoru. Tato technologie obsahuje „hub“ neboli centrum, které sbírá veškerá data a vysílá je pomocí radiofrekvenčních vln do „dongle“ neboli hardwarového klíče, připojeného k počítačovému zařízení. To vyhotovuje veškerá data a zobrazuje je uživateli na obrazovce monitoru (Lloréns et al., 2015, pp. 6586-6606).

#### **c) Senzor celého těla – skeleton tracking**

Kinect™ (Microsoft®, Redmond, WA, USA), zařízení, které je v dnešní době hojně využíváno pro zprostředkování virtuální reality hlavně díky malé nákladové ceně. Toto zařízení disponuje technikou snímání celého těla. Obsahuje zdroj vyzařující infračervené záření rozptylované v longitudinální ose do místnosti, ve které se nachází uživatel. Dále obsahuje RGB kameru (red, green, blue), která snímá jakékoliv odchylky v infračerveném poli a tím sleduje pohyb celého těla uživatele (Lloréns et al., 2015, pp. 6586-6606).

Aby byla virtuální realita co nejvíce podobná realitě reálné, musí uživateli poskytovat dobrou zpětnou vazbu pro určité smysly lidského těla. Nejčastěji virtuální realita zprostředkovává zpětnou vazbu zrakovou, sluchovou a hmatovou.

### 1.2.2 Zraková zpětná vazba

Zrak je jedním z nejdůležitějších smyslů lidského těla. Uživatel musí mít pocit dostačeného pohlcení do virtuální reality a tudíž musí být zraková zpětná vazba co nejkvalitnější. Existuje množství zařízení ovlivňující zrak uživatele. Mezi nejznámější patří:

- a) **Stereografický displej**- je nejčastěji využíván jako Head Mounted Display (z anglického překladu „displej připevněn na hlavě“). Displej umožňuje vysílat do každého oka rozdílný obraz, z jiného úhlu, a tím vytváří dojem 3D vjemu. Snaží se v podstatě generovat reálnou situaci. Lidské oči, které jsou v jedné (čelní) rovině mají možnost se dívat pouze jedním směrem, avšak každé oko pozoruje předmět z jiného úhlu. Díky této skutečnosti jsme pak schopni získávat různé informace o předmětu, jako je například vzdálenost předmětu. Tuto vlastnost se snaží docílit i stereografický displej (Mlíka, Janura, Mayer, 2005, s. 113).
- b) **Monitory a obrazovky**- běžné klasické LCD monitory nebo televizory, které jsou položeny na stole nebo pevně připevněny na zdi. Uživatel tedy může sedět nebo se pohybovat po místnosti. Výhodou oproti HMD je komfort a to díky tomu, že monitor je umístěn mimo dosah uživatele. U Head Mounted Display, obzvlášť u starších modelů existuje riziko bolesti zádoových, ramenních nebo krčních svalů, což u monitorů či obrazovek taková situace nehrozí. V poslední době se však trh rychle přizpůsobuje a dnes nabízí i odlehčené stereografické displeje, které uživateli tyto potíže nezpůsobí (Burdea, Coiffet, 2003, p. 67).
- c) **Projektory**- projekce virtuálního prostředí může být projektována i na zeď v místnosti, kde se uživatel nachází a to pomocí projektorů. Zajímavým způsobem projekce pomocí projektorů je systém CAVE vynalezen na univerzitě Ilionis v Chicagu. Uživatel se nachází v místnosti, kde zdi tvoří projektové tabule, na které je pomocí několika projektorů prezentováno virtuální prostředí. Typ zpětné zrakové vazby pomocí CAVE je velmi vyspělý a má obrovský potenciál využití ve fyzioterapii, hlavně díky zvýšení pohlcujícího efektu virtuální reality promítané v této místnosti (Burdea, Coiffet, 2003, pp. 78-81).

### 1.2.3 Zvuková zpětná vazba

Zvuk je distribuován počítačem k uživateli pro lepší interakci s virtuálním prostředím. Může být monoaurální (monofonní - obě uši uživatele slyší stejný zvuk) nebo binaurální (každé ucho uživatele slyší rozdílný zvuk). Binaurální zvuk je výhodnější, protože uživatel je

díky němu schopen rozeznat polohu předmětu virtuálního prostředí, který daný zvuk produkuje. Zvuk je ve většině případů produkován uživateli pomocí běžných elektronických zařízení a to převážně prostřednictvím sluchátek nebo reproduktorů (Burdea, Coiffet, 2003, p.84).

#### 1.2.4 Dotyková a silová zpětná vazba

Hmat je také jedním ze základních smyslů lidského těla, který přispívá při řádné zpětné vazbě k pohlcujícímu účinku dané virtuální reality a tím i větší interakci uživatele s virtuální realitou a s virtuálním prostředím. Hmat je poskytován ve virtuální realitě s dotykovou zpětnou vazbou nebo se silovou zpětnou vazbou.

- a) **Dotyková zpětná vazba** zprostředkovává informace v reálném čase. Podává informace o kontaktu s předmětem, jeho nerovnostech, případném skluzu po předmětu a také jeho teplotě. Předmět, ale nedává uživateli žádný odpor, což může být ve fyzioterapii určitou nevýhodou a tím i limitem pro terapii (Burdea, G., Coiffet P, 2003, p. 93).
- b) **Silová zpětná vazba** podává informace o předmětu, jako jsou váha předmětu, setrvačnost a komplexní tvar předmětu. Předmět v případě této zpětné vazby, jak již vyplývá z názvu, podává silový odpor uživateli a ten je nucen použít patřičnou sílu k pohybu předmětu. Tuto skutečnost je naopak možno využít v terapii jako silový trénink (Burdea, Coiffet, 2003, p. 93).

Nejčastěji jsou tyto zpětné vazby zprostředkovávány uživateli pomocí haptických rukavic. Příklad haptické rukavice je uveden v kapitole 1.3.

Zpětná vazba (vizuální, sluchová a hmatová) může mít silný vliv na pohybové ústrojí a může sloužit jako silný signál pro přemapování senzomotorického obvodu při získávání dovedností (Wise et al., 1998, pp. 285-290). Některé studie (Patton et al., 2006, pp. 368-383; Reinkensmeyer, Patton, 2009, pp. 43-51) využily tohoto tvrzení a pomocí robotiky, která uživatele upozorňovala na chyby v průběhu tréninku, dosáhly rychlejšího motorického učení. To je potenciál pro rehabilitaci funkčních schopností u pacientů s neurologickým postižením (Merians et al., 2011, pp. 1-10). Tyto vizuomotorické interakce byly do značné míry studovány pro kontrolu proximální části horní končetiny a zjištěním bylo, že tyto informace jsou zprostředkovány kortikální a subkortikální sítí, včetně fronto-parietální kůry, mozečku a bazálními ganglii (Krakauer et al., 2004, p. 924-933).

Ve studii Tunik, Saleh, Adamovich (2013, pp. 198-207) použili různé formy virtuální reality s rozšířenou zpětnou vazbou v reálném čase. A to pro získání informací z určitých oblastí mozkové kůry. Byla potvrzena existence bohatých intra-hemisférických kortiko-kortikálních projekcí mezi okcipitální, parietální a frontální kůrou. Tato data potvrzují tvrzení původních studií Kakei, Hoffman, Strick (2003, pp. 1-10) a Graziano, Gross (1998, pp. 195-201) a to, že vjem může mít obrovský vliv na senzomotorická centra lidského mozku. Proto má vývoj technologií pro zpětnou vazbu u virtuální reality velký význam a musí být co nejdokonalejší.

### **1.3 Příklady zařízení s prvky virtuální reality s potenciálním využitím v rehabilitaci pohybových poruch**

V této kapitole jsou uvedena různá zařízení produkující virtuální realitu, kterou je možno využít ve fyzioterapii.

#### **a) Herní konzole**

Herní konzole **Nintendo Wii** (obrázek viz příloha 1A) se objevila v roce 2006. Konzole má dva ovládače. „Wii dálkový ovladač“ a „nun - čaky“ (z anglického překladu „Wii remote“ a „nun chuck“). Wii dálkový ovladač je většinou ovládán uživatelskou dominantní rukou. Pokud uživatel využívá obou ovladačů, jak dálkového tak nun – čaku, tak se Wii dálkový ovladač drží v pravé ruce. U většiny her a programů, které tato konzole nabízí, stačí jeden z ovladačů. Konzole Wii se zapojuje přímo do televizoru pomocí konvertorů a ovladače komunikují s přístrojem přes technologii Bluetooth (Nintedo Wii Webside: <http://www.nintendo.com>). Wii herní konzole byla například využita v rehabilitaci adolescentů s dětskou mozkovou obrnou. Deutsch et al.(2008, pp. 1196-1207) využili tuto metodu hlavně kvůli věku pacientů a kvůli nízké ceně zařízení.

**Falcon** (obrázek viz příloha 1C) zařízení od firmy Novint je zařízení pro počítač určený na hraní her. Zařízení má tři stupně volnosti, ale lze využít různé jiné úchytky a tím i zvyšovat stupně volnosti. Zařízení je spojeno s počítačovým zařízením pomocí USB kabelu a má ve své paměti hned několik her nebo lze jiné hry do paměti vložit (Novint Webside: <http://home.novint.com/>). Výhodou zařízení pro rehabilitaci je jeho jednoduché programovací rozhraní a jeho nízká cena, díky které je i možná dostupnost této technologie pro veřejnost. Nejčastěji se využívá pro rehabilitaci horní končetiny po cévní mozkové příhodě (Chortis et al., 2008, pp. 221-228).

**Kinect™** je další herní konzolí, která je využívána ve fyzioterapii. Bylo o ní zmíněno již v kapitole 1.2.1.

### **b) CyberGlove II**

CyberGlove II (obrázek viz příloha 1B) je bezdrátové zařízení, které disponuje 22-ti přesně měřícími senzory na klouby ruky. Rukavice využívá speciálních ohybů – senzitivní technologii, která zachycuje pohyb v kloubech ruky a zápěstí. CyberGlove II jsou připojeny k počítači pomocí bezdrátového USB („univerzální sériová sběrnice“ z anglického překladu „Universal Serial Bus“). Na předloktí má rukavice umístěnou baterii, která pohání zařízení. Součástí je rovněž software. CyberGlove II má velmi dobrou přesnost a rozlišovací schopnost, ale jeho pořizovací cena je velmi vysoká. Pro veřejnost je díky této ceně téměř nedostupná (CyberGlove Website: <http://www.cyberglovesystems.com/>).

### **c) Sensable Phantom**

Sensable Phantom (obrázek viz příloha 1D) je zařízení se šesti stupni volnosti. Uživatel uchopí nástroj tak zvaný stylus (předmět podobný propisovacímu peru pro ovládání dotykového displeje) a pohybem stylusu ovládá pohyb ve virtuálním prostředí. Zařízení komunikuje s počítačem pomocí USB kabelu. Hlavní výhodou tohoto zařízení pro rehabilitaci je jeho zpětná dotyková vazba. Nevýhodou je, že uživatel může zařízení ve virtuální realitě ovládat jen pomocí stylusu, a tak prsty úchopové ruky cvičit nelze. Zařízení se nejčastěji využívá v terapii a reedukaci psaní pro pacienty po cévní mozkové příhodě (Geomagic Website: <http://geomagic.com/en/products-landing-pages/sensable>; Mullins, 2005, pp. 2690 – 2694).

## 2 Virtuální realita a její benefit ve fyzioterapii

Virtuální realita je novější metoda v rehabilitaci a v současné době je využívána v mnoha rehabilitačních centrech po celém světě (Yong et al., 2010, pp. 437-441). Tato metoda se vyvinula současně s počítačem v herním průmyslu a jeho využití v rehabilitaci se zvyšuje hlavně díky klesajícím nákladům na stále dokonalejší výše zmíněné herní konzole (Nintendo Wii <sup>TM</sup> a Microsoft Kinect <sup>TM</sup>). Pomocí těchto konzolí je tato metoda umožněna. Zastánci tohoto zařízení argumentují pozitivními výsledky v motorickém učení uživatele a faktem, že tento systém dokáže snadno vytvářet vysoce intenzivní, aktivní, opakující se a úkolově orientované cvičení (Laver et al., 2012, pp. 523-530; Saposnik, Levin, 2011, pp. 1380-1386).

Tradiční rehabilitační terapie se provádí jedna ku jedné, to znamená jeden (nebo někdy i více) terapeutů pracujících s jedním pacientem. Takže náklady jsou vysoké, a to zejména pro těžké pacienty, jakou jsou například pacienti s traumatickým postižením mozku nebo poraněním míchy. Součástí terapie je i cvičení, které by si měl pacient provádět sám doma. Zde však není žádná možnost kontroly terapeutem. To má za následek různou míru dodržování předepsaného cvičebního režimu. Virtuální realita je jednou z možností řešení těchto problémů a to například za pomoci telerehabilitace, o které bude více zmíněno v kapitole 3 (Burdea, 2003, pp. 519- 520).

Virtuální rehabilitace nabízí možnost užívání jedné metody virtuální reality pro více diagnóz. Například virtuální terapie produkovaná pomocí Head Mounted Display může být využita u neurologických pacientů, hlavně u pacientů po cévní mozkové příhodě, ale i po posttraumatickém stresu nebo u dětí s poruchou pozornosti. Haptické rukavice a jimi zprostředkovaná zpětná vazba ve virtuální realitě se využívá i u pacientů k trénování svalové síly (např. mačkáním gumových míčků) nebo k trénování jemné motoriky (např. děrováním předmětu). Toto představuje rehabilitaci s virtuální realitou na vysoké funkční úrovni. U virtuální rehabilitace není potřeba žádných gumových míčků nebo žádného předmětu určeného k děrování. Vše je zajištěno pomocí haptické rukavice a softwaru, který virtuální realitu umožní a tím zajistí využití této terapie u více pacientů. To jsou výhody oproti terapii konvenční (Burdea, 2003, p. 520), avšak v tomto případě musíme brát i zřetel na ekonomickou stránku terapie. Jednoduchý gumový míček bude ekonomicky méně náročný než složitě, drahé zařízení s haptickou rukavicí a softwarem produkujícím danou virtuální realitu.

Tělesná terapie je dlouhodobá a náročná léčba. Motivace pacientů k terapii je vždy velkým problémem (Chen et al. 2009, p. 258). V posledních letech, počítačové technologie podpořily rozvoj virtuální reality a její možné terapeutické benefity. Ta se stala oblíbenou možností v několika formách terapie (Rizzo et al., 1998, p. 22), jako je snižování stresu, trénování různých dovedností (Jack et al., 2001, p. 310), snižování bolesti (Hoffman et al., 2001, pp. 229-235), telerehabilitace a jiné možnosti fyzioterapie (Burdea et al., 2000, pp. 430-432). Výzkum od Chuang et al. (2003, pp. 326-331) prokázal výrazné zvýšení času stráveného na rotopedu, ujeté vzdálenosti i kalorickém výdeji a to jak u zdravých seniorů tak i u mladých lidí, pokud byla jízda na rotopedu podpořena vizuální zpětnou vazbou ve virtuální realitě. Z toho jasně vyplývá pozitivní vliv virtuální reality díky vyšší motivaci a zábavě, kterou tato terapie nabízí. Tato motivace a zábava se dá převést ve prospěch vyšších výkonů pacientů a rychlejších pozitivních výsledků v terapii. Psychologický benefit pro pacienty, kteří měli terapii s virtuální realitou (distribuovaná na monitory před pacientem během jeho jízdy na rotopedu) nebyl do roku 2009 dostatečně zkoumán. Chen et al. (2009, pp. 258-268), právě tento psychologický benefit u pacientů po transverzální lézi míšni v oblasti L1 až S2 popisuje. Skupina podrobena terapii s virtuální realitou měla větší vytrvalost v terapeutickém sezení než skupina kontrolní. Bylo také zjištěno, že experimentální skupina je více klidná a bez napětí během terapie, dokáže lépe relaxovat a má lepší výsledky.

Další výhodou virtuální reality v rehabilitaci je, že virtuální realita dokáže dodat individuálně odstupňované cvičební jednotky přizpůsobitelné biofeedbacku (biologická zpětná vazba během terapie – krevní tlak, puls atd.), v bezpečném, příjemném a opět motivujícím prostředí (Brochard, 2010, pp. 683-687).

Virtuální realita má možnost trénovat spoustu dovedností, které uživatel nebo pacient potřebuje zdokonalit. Patří mezi ně zrakově-prostorové dovednosti, aktivity horní končetiny, ADL („aktivity denního života“ z anglického překladu „Activities of daily living“), řízení chůze, balanční cvičení atd. (Ng et al., 2013, pp. 538-551). Další výhodou terapie s virtuální realitou je její potenciál pro testování, vývoj různých modifikací a pro optimalizaci tréninku. Například chyby, které uživatel nebo pacient udělá během tréninku, jsou okamžitě viditelné a mohou být jím hned napraveny. Tato upozornění mohou zvyšovat rychlost motorické adaptace, případně zvýšit rychlost motorického učení. Virtuální realita napomáhá nejen k výše zmíněné zpětné vazbě během terapie, ale lze ji využít i jako diagnostický prostředek pro zjištění funkčnosti trénované končetiny, balančních schopností uživatele nebo k určení rychlosti chůze. Dále je zde možnost stupňovat zátěž podle individua a tím dosahovat lepších



výsledků po každé terapii až nakonec dosáhnout velice obtížných cílů (Marchal-Crespo, Reinkensmeyer, 2009, pp. 1-15; O'Malley, Sung, 2011, pp. 483-488).

Hlavní pokrok virtuální reality v rehabilitaci je ukazován ve variantách senzorů a zařízeních pro lepší zpětnou vazbu v tréninkových programech. Jak již bylo zmíněno ve výše uvedené kapitole 1.2.2, pro zrakovou kontrolu se zdokonalují displeje a způsoby projekce virtuální reality. Pro dotekovou zpětnou vazbu to jsou haptické rukavice a elektromagnetické senzory, které jsou schopné detekovat i jemný pohyb prstů ruky. Dále se vyvíjejí elektromyografické a elektroencefalografické senzory pro detekci signálů ze svalů a mozku během terapie s virtuální realitou (Brochard et al., 2010, pp. 683-687; Sisto et al., 2002, pp. 11-23). Vývoj těchto technologií se zrychluje každým rokem a každý rok přicházejí na trh nové, rychlejší a dokonalejší formy virtuální reality.

### 3 Telerehabilitace

Již několik desítek let se ve zdravotnictví využívá v různých formách telemedicína. Ze začátku se používala teleradiologie a postupem času se přidávaly i další obory medicíny, jako kardiologie (monitoring srdeční činnosti u pacientů po akutních infarktech myokardu) a psychologie. Dnes se čím dál více využívá telerehabilitace (Lange, Flynn, 2009, pp. 143-51).

Terapie probíhá pomocí videokonverzace a virtuálního prostředí. Pacient provádí cviky za pomoci virtuální reality ve virtuálním prostředí u sebe doma a terapeutovi, pomocí internetové sítě přicházejí data, o daném provedeném cviku přímo do počítače v ambulanci. Vše je velmi komplikovaný systém, kdy technika nesmí zklamat. Vyžaduje počítačovou síť s velmi nízkou latencí komunikace a přenosu dat. Výhoda je hlavně v jednoduchém překonávání i velkých vzdáleností. Pacient je kontrolován terapeutem pomocí kamerového systému. Další výhodou této formy terapie pomocí virtuální reality je, že se pacient vyskytuje v prostředí pro něj přirozeném a výsledky terapie jsou zaznamenávány a uloženy elektronicky. Pacient má možnost přístupu k těmto datům a zhlédnout pokroky, které doposud vykonal pomocí telerehabilitace. To může zvyšovat motivaci pacienta pro pokračování v dané terapii (Lange, Flynn, 2009, pp. 143-51).

## 4 Diskuze

V diskuzi se tato bakalářská práce zabývá efektivitou virtuální reality ve fyzioterapii. Z velké části popisuje využití virtuální reality pro neurologické pacienty a jejich poruchy pohybového systému. Jsou zde uvedeny i účinky terapie pomocí virtuální reality u traumatologických pacientů a u pacientek s problémem inkontinence.

### 4.1 Virtuální realita pro fyzioterapii u neurologických pacientů

V review Laver et al. (2012, pp. 523-530), kde bylo hodnoceno 13 studií zahrnujících celkem 565 lidí po cévní mozkové příhodě. Všechny 13 studií porovnávalo efektivitu terapie s virtuální realitou a konvenční způsob terapie. Sedm studií se zaměřilo na úpravu funkce a mobility horní končetiny postižené po cévní mozkové příhodě. Další 3 studie se zabývaly úpravou rychlosti chůze po cévní mozkové příhodě. A poslední 3 studie se snažily zjistit využití virtuální reality pro trénink ADL činností (např. sprchování a oblékání). Menší počet účastníků terapií s virtuální realitou si stěžovalo na bolest hlavy a nevolnost, což by mohlo být určitým limitem pro léčbu a trénink pohybových funkcí. Jiné nežádoucí účinky nebyly tímto systematickým review prokázány. Všechny 13 studií, však prokázalo lepší výsledky příklánějící se k terapiím pomocí virtuální reality a to ve všech daných testovaných oblastech. Tento review sděluje pozitivní informace o efektivnosti virtuální reality v neurologické rehabilitaci a poukazuje na potenciální možnost využití této formy terapie u pacientů po cévní mozkové příhodě, jak pro úpravu pohyblivosti a funkčnosti končetin tak i pro úpravu ADL činnosti pacienta.

Další, datem starší, je systematické review Crosbie et al.(2007, pp. 1141-1145), kde bylo hodnoceno 11 studií o rehabilitaci pomocí virtuální reality pro pacienty po cévní mozkové příhodě. Šest studií se zaměřením na trénink horní končetiny, 3 studie pro úpravu balance a chůze a 2 studie pro úpravu kognitivních funkcí mozku. Toto systematické review ve výsledku sděluje, že je zde možnost využití virtuální reality pro terapii po cévní mozkové příhodě, ale virtuální realita je stále dosti omezující a málo podobná realitě reálné. To nám znovu poukazuje na to, jak je důležité, aby se virtuální realita nadále vyvíjela a tím se i zvyšovala možnost jejího využití v terapii a rehabilitaci obecně. Ovšem musíme brát na zřetel rok tohoto provedeného výzkumu. Protože v porovnání s předchozí review, můžeme vidět velký pokrok v tomto vývoji a lepší využitelnosti virtuální reality v rehabilitaci pro pacienty po cévní mozkové příhodě.

V této kapitole byly popsány dvě systematické review, které byly použity pro úvod do této podkapitoly diskuze. Dále následují podkapitoly popisující konkrétní zaměření terapie s virtuální realitou u neurologických pacientů.

#### **4.1.1 Virtuální rehabilitace horní končetiny po cévní mozkové příhodě nebo po traumatickém poškození mozku**

Choi et al. (2014, pp. 485-493) provedli studii s 20-ti pacienty (průměrný věk 64 let). Všichni pacienti byli postiženi hemiparézou horní končetiny po prodělané cévní mozkové příhodě. Cílem studie bylo zjistit efektivnost virtuální reality Wii Sports Resort (Nintendo) pro úpravu funkčnosti a pohyblivosti postižené horní končetiny. Byli rozděleni na experimentální skupinu (10 pacientů) s danou terapií pomocí virtuální reality a kontrolní skupinu (10 pacientů) s konvenční terapií pro zvyšování svalové síly a pohyblivosti v celém rozsahu pohybu postižené horní končetiny. Obě skupiny měly terapii pětkrát týdně po dobu 30 minut v intervale čtyř týdnů. Po ukončení terapie výsledky FMA-UL (Fugl-Meyer Assessment) neukazovaly žádný signifikantní rozdíl mezi oběma skupinami. Obě skupiny však dosáhly zlepšení v pohyblivosti horní končetiny. Tato studie sice nepotvrdila lepší výsledky terapie pomocí virtuální reality oproti konvenční terapii, ale výsledky měla stejné. Tím však stále potvrzuje efektivnost a možnost využití této konkrétní formy virtuální rehabilitace v praxi nebo také možnost kombinace terapie pomocí virtuální reality a terapie konvenční.

Další o jeden rok starší studie, však poukazuje nejen na efektivnost, ale ukazuje i lepší výsledky terapie pomocí virtuální reality oproti terapii s konvenčním přístupem.

Ve studii Turolla et al. (2013, pp. 2-9) hodnotili 376 pacientů po cévní mozkové příhodě s omezenou funkčností horní končetiny. Pacienti byli rozděleni do dvou skupin. Experimentální skupina (263 pacientů) s virtuální realitou a to konkrétně VRRS® (Virtual Reality Rehabilitation System. Khymeia Group. Noventa Padovana, Italy) a kontrolní skupina (113 pacientů) s terapií konvenční na základě Bobath konceptu. Obě skupiny měly terapii ve 40-ti sezeních, pětkrát týdně po dobu čtyř týdnů. Pro obě skupiny byla terapie zaměřena na zvýšení pohyblivosti a funkčnosti horní končetiny a tím i její využitelnosti v běžných aktivitách denního života. Výsledkem bylo, že experimentální skupina po ukončení terapie vykazovala vyšší funkčnost a pohyblivost využitelnou pro ADL. Nebyly zjištěny žádné nežádoucí účinky, jako jsou bolesti hlavy nebo nevolnost.

Studie od Mumford et al.(2010, pp. 780-791) popisuje experimentální výzkum pro 3 pacienty po traumatickém poškození mozku. Tato malá skupina měla terapii zaměřenou na hybnost horní končetiny pomocí virtuální terapie s názvem Elements. Daná virtuální realita trénuje funkčnost a mobilitu horní končetiny a to hlavně přesnost a rychlost umístění předmětu na předem dané místo ve virtuálním prostředí. Výsledkem u všech tří pacientů bylo zlepšení v přesnosti i efektivitě manuálních dovedností a zlepšení rychlosti pohybu testované horní končetiny.

#### **4.1.2 Virtuální rehabilitace dolní končetiny po cévní mozkové příhodě**

Studie od Mirelman et al. (2009, pp. 169-174), zahrnovala 18 pacientů (15 mužů a 3 ženy) po cévní mozkové příhodě s hemiparézou dolních končetin. Byli rozděleni do dvou skupin, obě skupiny podstoupily terapii za pomoci robotického zařízení The Rutgers Ankle (obrázek viz příloha 2). Experimentální skupina měla však před sebou displej s projekcí virtuálního prostředí. Kontrolní skupina byla vedena v pohybech postižené dolní končetiny za pomoci instrukcí terapeuta. Terapie probíhala u obou skupin po dobu 1 hodiny, třikrát týdně v intervalech 4 týdnů. Po ukončení terapií, experimentální skupina dosahovala zlepšených výsledků v 6 Minute Walking Test a to konkrétně ve vzdálenosti, kterou pacienti ušli (experimentální skupina měla zlepšení před a po terapii, z 264 metrů na 312 metrů, kdežto kontrolní skupina měla zlepšení z 242 metrů na 243,7 metrů během celého daného testu). Dále stojí za zmínku, že experimentální skupina dosahovala menších hodnot v odpočinkovém čase během terapií a to o 11% oproti kontrolní skupině. Studie hlavně poukazuje na důležitost zpětné vazby pro pacienta během terapie. Experimentální skupina, která měla lepší vizuální zpětnou vazbu pomocí projekce virtuálního prostředí na displeji před pacientem, dosahovala lepších výsledků a tím poukazuje na důležitost zpětné vizuální vazby.

Jaffe et al. (2004, pp. 283-292) provedli studii s 20-ti pacienty (průměrný věk 61,5 let) s hemiplegií dolních končetin způsobenou cévní mozkovou příhodou. Úkolem pro pacienty byla chůze po běžícím páse přes překážky. Byli rozděleni na experimentální skupinu (10 pacientů) využívající během chůze virtuální realitu a to konkrétně Virtual Research V6 head-mounted display, který pacientovi virtuální překážky projektoval. Kontrolní skupina (10 pacientů) prováděla terapii asistovanou terapeutem v podobě chůze na běžícím páse přes pěnové překážky. Obě skupiny měly 6 terapií po dobu 1 hodiny v intervalech 2 týdnů. Jak skupina experimentální, tak skupina kontrolní dosáhla zlepšení v chůzi přes překážky, ale skupina experimentální dosáhla lepších výsledků hlavně během testu rychlé chůze

a dosahovala vyšších hodnot ve výdrži během terapie. Touto studií byl dokázán další pozitivní benefit virtuální reality v neurorehabilitaci. Především stojí za zmínku lepší hodnoty ve výdrži pacientů během terapie.

Další možnosti terapie pomocí virtuální reality popisuje studie Deutsch et al. (2004, pp. 185-186), které se zúčastnilo 6 pacientů (1 žena a 5 mužů) po cévní mozkové příhodě s hemiparézou dolních končetin. Terapie probíhala s virtuální realitou zprostředkovanou robotickým zařízením The Rutgers Ankle. Pacienti měli za úkol pomocí daného robotického zařízení ovládat, ve virtuálním prostředí projektovaném na displeji před pacientem, letadlo nebo loď. Touto formou terapie, byl pacientům zprostředkován balanční, silový, koordinační trénink a trénink na zvyšování rozsahu pohybu postižené dolní končetiny. Výsledkem bylo zlepšení rychlosti chůze o 11% z 64 kroků/min na 71 kroků/min, doba elevace dolní končetiny se snížila o 14% z 27 sekund na 23 sekund, vytrvalost chůze se zvýšila o 11% z 800 kroků/ 6 minut na 891 kroků/minut. Byla vypořádána rozdílnost výsledků v rychlosti chůze, době elevace, ale frekvence a trvání terapie si byly podobné. V této studii nebyla žádná kontrolní skupina. Intenzita tréninku se měnila na základě schopnosti pacientů. Studie tedy dokazuje zlepšení funkčnosti postižené dolní končetiny léčené pomocí terapie s virtuální realitou.

Další studie je pokračování předchozí studie v této kapitole a jejím cílem je zjištění, zda se robotické zařízení The Rutgers Ankle společně s promítajícím virtuálním prostředím, dá využít i v telerehabilitaci.

Deutsch, Lewis, Burdea (2007, pp. 30 -35) provedli studii, zda je možné využít telerehabilitaci u virtuální reality se zařízením The Rutgers Ankle. Studie se zúčastnilo 6 pacientů s hemiparézou dolních končetin po cévní mozkové příhodě. Terapie probíhala v prvních 3 týdnech pod dohledem terapeuta a následující 4 týdny pomocí telerehabilitace, kdy se terapeut nacházel ve vedlejší místnosti a komunikoval s pacientem pomocí videokonverzace. Během telerehabilitačních 4 týdnů, kdy terapie probíhala bez fyzické přítomnosti terapeuta, nedocházelo ke snížení přesnosti pohybu dolní končetiny a nesnižoval se ani čas, který pacient využíval k terapii. Efektivita a počet opakování terapie byly také beze změny. Výsledkem tedy bylo zjištění, že technologie The Rutgers Ankle lze použít pro telerehabilitaci dolní končetiny postižené hemiparézou po cévní mozkové příhodě

### **4.1.3 Virtuální realita v rehabilitaci kognitivních funkcí po cévní mozkové příhodě a traumatickém postižení mozku**

Před další studií, která popisuje efektivitu virtuální terapie u topografické dezorientace po cévní mozkové příhodě, je nutno popsat, co to topografická dezorientace je. Topografická dezorientace (z anglického překladu „Topographical disorientation“) je vážné a trvalé zhoršení prostorové orientace a navigace ve známém, ale i novém prostředí. Je znakem poškození mozku po cévní mozkové příhodě a virtuální realita poskytuje novou možnost pro vyhodnocování a rehabilitaci tohoto kognitivního postižení (Kober et al., 2013, p. 2).

Kober et al. (2013, pp. 2-13) provedli studii s 11-ti pacienty (5 mužů a 6 žen) s daným onemocněním. Studie využila promítání virtuálního prostředí reálného města na 2x2m promítací plátno. Pacienti ovládali pohyb virtuálním městem řízeným pomocí joysticku a to na slovní pokyny terapeuta v 5-ti sezeních po dobu 20 minut. Výsledkem byla lepší orientace u všech 11-ti zúčastněných pacientů během poslední terapie v porovnání se vstupní terapií. Touto studií je poukázáno na možnost využití terapie pomocí virtuální reality a promítání virtuálního prostředí pro tyto konkrétní pacienty.

Ve studii od Kim et al. (2011, pp. 450-459), byla hodnocena terapie kognitivních funkcí s 28-ti pacienty (11 mužů a 17 žen s věkovým průměrem 64 let) po cévní mozkové příhodě. Před zahájením terapie byli všichni pacienti podrobena zkoušce kognitivních funkcí K-MMSE (Korean version of the Mini-Mental Status Examination) a pacienti dosahovali bodů od 10 do 24. Byly vytvořeny 2 skupiny. Experimentální skupina (15 pacientů) měla terapii pomocí virtuální reality IREX system® (Vivid group, Toronto, Canada) a dále počítačem asistovanou terapii kognitivních funkcí Com Cog® (Maxmedica Inc., Seoul, Korea). Kontrolní skupina (13 pacientů) měla pouze danou počítačem asistovanou terapii kognitivních funkcí. Terapie v obou případech trvala po dobu 4 týdnů. Výsledkem bylo zjištění, že experimentální skupina po kontrolním měření K-MMSE dosahovala v průměru lepších a vyšších hodnot než skupina kontrolní (experimentální skupina v průměru 50,1 bodů a kontrolní v průměru 30,2 bodů). Virtuální realita v případě této studie byla evidentně efektivní a v daném mini mental testu pro kognitivní funkce vykazovali pacienti lepších výsledků. Tím nám studie poukazuje, že je zde možnost využití virtuální reality pro rehabilitaci kognice.

Ve studii Kim et al. (2011, pp. 309-315), byla hodnocena efektivnost a využití virtuální reality v podobě IREX system® pro 24 pacientů (14 mužů a 10 žen s věkovým průměrem 64,7 let) s komplikací po cévní mozkové příhodě (konkrétně postižená pravostranná hemisféra mozku) a to jednostranný neglect syndrom. Pacienti byli rozděleni do

dvou skupin (experimentální skupina s virtuální realitou a kontrolní skupina s konvenční léčbou) po 12-ti pacientech. Obě skupiny měly terapii po dobu 30 minut jedenkrát denně, 5 dnů v týdnu po dobu 3 týdnů. Experimentální skupina s virtuální realitou a kontrolní skupina s konvenční terapií (psaní, malování a forma hry puzzle). Experimentální skupina po dokončení 3 týdnů terapie vykazovala lepší výsledky v testu K-MBI (Korean version of modified Barthel index) a to 19,5 bodů versus 15,5 bodů, které vykazovali pacienti kontrolní skupiny. A i v dalším testu, konkrétně CBS (Catherine Bergego Scale – standardizovaný test pro detekci přítomnosti neglect syndromu v běžných aktivitách denního života - <http://www.strokingengine.ca/assess/cbs/>) a to 9,1 bodů experimentální skupiny oproti 4,6 bodů kontrolní skupiny. Pacienti experimentální skupiny projevovali během terapie zvýšený zájem o danou formu terapie a prokazovali zvýšenou pozornost díky obměně scén virtuálního prostředí během terapie pomocí virtuální reality IREX system®. Touto studií byl tedy dokázán jeden z benefitů virtuální terapie a to větší motivace a zvýšený zájem o terapii, pokud je zvolena touto zábavnější formou.

Studii od Dvorkin et al.(2013, pp. 1-18) se zúčastnilo 21 pacientů (17 mužů, 4 ženy s věkovým průměrem 37,8 let) s nedávným traumatickým poškozením mozku. Všech 21 pacientů podstoupilo terapii zaměřenou na zlepšení pozornosti za pomoci Virtual Reality and Robotic Optical Operations Machine (VRROOM) se systémem zpětné haptické vazby pro horní končetinu SensAble Phantom. Pacienti během 2 dnů podstoupili celkově 12 čtyřminutových úkolů zaměřených na zlepšování pozornosti. Výsledkem bylo prokázané zlepšení pozornosti u všech zúčastněných pacientů této studie a tím i vhodnost použití této formy virtuální rehabilitace pro daný kognitivní problém.

Další je studie O'Neil et al. (2013, pp. 667-680) zabývající se úpravou kognitivních funkcí u pacientů po traumatickém poškození mozku. Zde byla využita terapie pomocí herní konzole Nintendo a to formou her pro úpravu paměti, výkonných funkcí (plánování, organizování, strategie, soustředění) a pro úpravu zrakově prostorových funkcí. Studie se zúčastnilo 14 pacientů po traumatu mozku a 15 zdravých účastníků. Výsledek nebyl nijak překvapující. Zdraví jedinci měli pochopitelně lepší a větší skóre v daných hrách než zúčastnění pacienti. Ale u pacientů došlo k signifikantnímu zlepšení trénovaných kognitivních funkcí a tím studie potvrzuje možnost využití a efektivitu terapie pomocí virtuálních her u pacientů po traumatickém poškození mozku pro daný deficit.



#### 4.1.4 Virtuální realita u terapie dětské mozkové obrny

Zvolit formu virtuální reality u pacientů v dětském věku může přinést spoustu výhod. Hlavně pokud za danou formu je zvolena virtuální realita produkována herními konzolami. Mezi benefity bude, opět stejně jako u dospělých pacientů, patřit zábava a tím i zvýšená motivace v pokračování terapie.

- **Virtuální realita u terapie dětské mozkové obrny se zaměřením na horní končetiny**

Jannink et al. (2008, pp. 27-32) provedli studii s virtuální realitou EyeToy a zkoumali její využití v rehabilitaci horních končetin u dětí s dětskou mozkovou obrnou, konkrétně pro zkvalitnění motorické funkce postižené horní končetiny. Studie se zúčastnilo 10 dětí (9 chlapců a 1 dívka s věkovým průměrem 12 let). Byly rozděleny na dvě skupiny. Kontrolní skupina (5 dětí) a experimentální skupina (5 dětí). Obě skupiny podstoupily terapii po dobu 6 týdnů. Kontrolní skupina měla terapii konvenční určenou pro rehabilitaci dětí s mozkovou obrnou. Experimentální skupina podstoupila terapii za pomoci virtuální reality. Výsledkem studie bylo, že po uplynulých 6 týdnech terapie kontrolní skupina na měřených testech (Melbourne Assessment scores) neprokázala žádné nebo minimální (1-2%) zlepšení. Kdežto experimentální skupina dosáhla až 13% zlepšení na základě měřeného testu. Studie tedy tvrdí, že virtuální realita má velký potenciál pro rehabilitaci horních končetin u dětí s dětskou mozkovou obrnou, jak je vidět z výsledku testu této studie.

Další o jeden rok starší studie také zkoumala efektivitu virtuální reality pro zlepšení motorické funkčnosti horních končetin u dětí s mozkovou obrnou.

Chen et al. (2007, pp. 1441 – 1457) provedli malou studii zkoumající využití virtuální reality u dětí s dětskou mozkovou obrnou. Zaměřili se na úpravu a zkvalitnění dosahových schopností horních končetin. Jednalo se konkrétně o terapii za pomoci Digital Data Glove – haptické rukavice a software, který produkoval virtuální prostředí na obrazovku monitoru před pacientem. Studie se zúčastnily 4 děti (3 chlapci a 1 dívka ve věku 6 let), 3 ze zúčastněných měli spastickou quadraparézu a 1 měl spastickou hemiplegii. Všechny zúčastněné děti podstoupily terapii dvakrát týdně po dobu 4 týdnů. Výsledkem studie bylo zkvalitnění a zlepšení dosahových schopností u všech zúčastněných dětí.

Poslední studie této podkapitoly je starší než předešlé studie, ale výsledek byl zajímavý a pro tuto práci přínosný.

Reid (2002, pp. 141-148) provedl studii se 6-ti dětskými pacienty (9-12 let) s dětskou mozkovou obrnou. Studie se snažila zjistit efektivitu virtuální reality distribuované pomocí IREX systémem a to konkrétně pro terapii dosahových schopností horních končetin

a schopnosti stabilizovat trup. Pacienti byli rozděleni na dvě skupiny. Skupina kontrolní (3 pacienti) podstoupili konvenční rehabilitaci pod dohledem zkušeného terapeuta. Experimentální skupina (3 pacienti) měla terapii pomocí virtuální reality a to dvakrát týdně po dobu 90 minut v intervale 4 týdnů. Výsledkem bylo zlepšení dosahových schopností a zvýšení stability trupu pro obě skupiny. Experimentální skupina dosahovala signifikantně lepších výsledků nežli kontrolní skupina.

- **Virtuální realita u terapie dětské mozkové obrny se zaměřením na dolní končetiny**

Pro pacienty s dětskou mozkovou obrnou je důležitá dobrá kontrola trupu, pánevních pohybů a to pro správnou kontrolu pohybu dolních končetin, které jsou samozřejmě nutné pro umožnění běžných denních aktivit dítěte. Pacienti s dětskou mozkovou obrnou mají často sníženou schopnost modulace vazby mezi trupem a pánví, ale pohybové vzorce pánve mohou být zlepšeny tréninkem (Barton et al., 2013, p. 2).

Barton et al. (2013, pp. 2-6) provedli studii na jednom zúčastněném pacientovi s dětskou mozkovou obrnou. Zúčastněný hrál hru pomocí virtuálního systému Caren po dobu 6 týdnů. Pohyb trupu a pánve byl zaznamenáván pomocí optoelektronického přístroje Vicon 612. Výsledkem, po provedené konkrétní terapii, bylo zlepšení modulace vazby mezi hrudníkem a pánví a byla zlepšena rotace trupu. Díky tomu došlo k následnému zlepšení kontroly pohybu dolních končetin pro tohoto konkrétního dětského pacienta.

Kott, Leshner, DeLeo (2009, pp. 35-42) provedli studii s využitím běžeckého pásu a promítání virtuálního prostředí na obrazovku před pacientem a to konkrétně u 5 dětí s dětskou mozkovou obrnou (5 chlapců ve věku 7 let). Terapie byla zaměřena na funkční mobilitu a na zvýšení rychlosti chůze. Terapie probíhala po dobu 3 až 4 týdnů ve 12-ti terapiích, celkově 9 hodin. Výsledkem u všech pacientů bylo zrychlení chůze po běžeckém páse oproti vstupní terapii. Zjistilo se zlepšení funkční mobility u všech zúčastněných.

Deutsch et al. (2008, pp. 1196-1207) provedli studii s jedním pacientem (chlapec, 13 let) s dětskou mozkovou obrnou. Se zaměřením na zlepšení vizuální kontroly (koordinace oko – dolní končetina) a zlepšení posturální a funkční mobility dolních končetin. Využili herní konzole Nintendo Wii a její virtuální reality s intervencí 11-ti terapií, 60 – 90 minut po dobu 4 týdnů. Výsledkem studie bylo zlepšení jak ve vizuální koordinaci oko – dolní končetina, tak i v tom, že pacient více zatěžoval dolní končetiny během chůze. Rovněž i distribuce celkové váhy pacienta během této lokomoce byla více symetrická.

Ve studii od Luna-Oliva et al. (2013, pp. 513-521), studovali efektivitu terapie pomocí videoher zprostředkovanými herní konzolí Kinect Xbox 360 a to konkrétně u dětí s dětskou mozkovou obrnou. Studie se zúčastnilo 11 dětí s tímto postižením, kterým se do jejich běžných každodenních rehabilitačních intervencí přiřadila i tato forma terapie a to po sobě následujících 8 týdnů. Terapie byla zaměřena na úpravu stability, rychlosti chůze, běhání, skákání a na obratnost v jemné motorice ruky. Výsledkem bylo zlepšení hlavně ve stabilitě a v ADL činnostech. Na základě tohoto výsledku autoři studie potvrdili možnost využití virtuální reality i u těchto konkrétních pacientů.

Studie, jak se zaměřením na horní končetiny, trup, tak i na končetiny dolní, prokázaly možnost využití a efektivitu virtuální reality produkovanou různými druhy technologií.

#### **4.1.5 Virtuální rehabilitace pro úpravu balančních schopností u neurologických pacientů**

Ve studii od Gil-Gómez et al. (2011, pp. 2-9), se zúčastnilo 17 pacientů (11 mužů a 6 žen s věkovým průměrem 47,3 let) po poranění lebky s následným poškozením mozku. Tématem terapie bylo zlepšení balančních schopností těchto pacientů. Byli rozděleni do dvou skupin. Experimentální skupina (9 pacientů) měla balanční terapii za pomoci virtuální reality a to konkrétně eBaViR systém. Kontrolní skupina (8 pacientů) měla konvenční balanční terapii. Obě skupiny měly terapii celkově 21 hodin minimálně třikrát a maximálně pětkrát týdně. Účastníci experimentální skupiny, dosáhli lepších výsledků ve statické bilanci oproti kontrolní skupině. Experimentální skupina také vykazovala již několikrát zmíněný benefit virtuální terapie a to zvýšenou motivaci. Převážně díky prožité zábavě během terapie.

Thornton et al. (2005, pp. 989-1000) provedli studii u 27 pacientů (s věkovým rozmezím od 18 do 66 let) po traumatickém poškození mozku se zaměřením na zlepšení balančních schopností. Pacienti byli rozděleni na dvě skupiny. Obě skupiny měly terapii po dobu 6 týdnů. Pacienti v experimentální skupině (13 pacientů) měli terapii s virtuální realitou WiiBalance (Nintendo) a kontrolní skupina podstoupila konvenční balanční terapii. Výsledkem bylo zjištění, že obě skupiny prokazovaly zlepšení v balančních schopnostech po ukončení terapie, ale experimentální skupina vykazovala větší pozitivní výsledky v testech provedených na posturografu. Pacienti experimentální skupiny hlásili subjektivně větší pocit jistoty ve stabilitě po ukončení terapie a většina zúčastněných chtěla v terapii pokračovat.

Kizony et al. (2005, pp. 595-609) vypracovali studii s 13-ti pacienty (9 mužů, 4 ženy s věkovým průměrem 33,6 let) po transverzální lézi míšni. Tématem studie bylo zjistit

možnost využitelnosti a efektivnosti rehabilitace za pomoci virtuální reality GestureTek's GX-VR, která umožňuje 3 různé druhy virtuálního prostředí pro trénink a zlepšení stability v sedu. Všechna 3 virtuální prostředí a daná terapie probíhala formou hry a měla za úkol zvýšit pacientovu stabilitu během dané pozice pacienta. Všechny 13 pacientů bylo zařazeno do této formy terapie, takže kontrolní skupina v této studii chyběla. Výsledek ukazoval zlepšení stability sedu pacientů, a tím i jejich zlepšení v ADL činnostech. Ale hlavním benefitem této formy terapie, jak autoři udávají, byla opět zvýšená motivace pro pokračování v terapii i po ukončení studie.

Následující studie se netýká konkrétně neurologických pacientů, ale byla zařazena do této podkapitoly z toho důvodu, že také zkoumá využití virtuální reality pro balanční trénink. Konkrétně se zaměřila na prevenci pádů u seniorů.

Ve studii Duque et al. (2013, pp. 257-263) se zúčastnilo 70 seniorů starších 65 let se sníženou stabilitou diagnostikovanou na Falls and Fractures Clinic, Nepean Hospital (Penrith, NSW, Australia). Úkolem této studie bylo zjistit efektivnost využití virtuální reality Balance Rehabilitation Unit (BRU) pro zlepšení stability a tím prevenci proti pádům. Výhodou tohoto zařízení je, že obsahuje i posturograf díky kterému bylo umožněno mít výsledky případného zlepšení či naopak zhoršení ihned po ukončení každé terapie. Všechny 70 účastníků se zúčastnilo prvotního měření tímto posturografem a pak byli rozděleni na dvě skupiny. Kontrolní skupina (40 účastníků) měla konvenční balanční trénink. Experimentální skupina podstoupila balanční trénink díky zařízení a virtuální realitě poskytující BRU a to konkrétně formou tří interaktivních her, které měly za úkol trénovat účastníkovu posturální kontrolu, balanční stabilitu a svalovou koordinaci. Obě skupiny měly terapii dvakrát týdně po dobu 30 minut v intervale 6 týdnů. Výsledkem bylo zlepšení balanční stability u obou skupin. Experimentální skupina však vykazovala signifikantně menší strach z pádů po absolvovaných terapiích pomocí virtuální reality. Dosáhla také lepších výsledků testů pomocí daného posturografu i po 9 měsících po ukončení studie a účastníci experimentální skupiny hlásili subjektivní větší stabilitu a nenahlásili po uplynulých devíti měsících žádný pád.

Díky těmto studiím máme nyní jasnější představu o možnosti využití virtuální reality v rehabilitaci u pacientů se špatnou stabilitou. Znovu se potvrdil fakt, že pacienti podrobeni terapiím pomocí jakékoliv virtuální reality, mají větší výdrž a motivaci v pokračování v terapii. Dále se ukázalo, že virtuální realita se dá využít i jako prostředek prevence úrazů a pádů, díky tréninku balančních schopností.

#### **4.1.6 Virtuální rehabilitace balančních schopností u Parkinsonovy choroby**

Pacienti s Parkinsonovou chorobou trpí motorickými symptomy, jako jsou rigidita, bradykineze, tremor a posturální nestabilita, které vedou k vážným deficitům mobility a problémům s chůzí, balancí a přesunu z místa na místo obecně (Heuvel et al., 2013, p. 3).

Ve studii od Heuvel et al. (2013, pp.2-9), se zúčastnilo 36 pacientů s Parkinsonovou chorobou. Terapie probíhala pomocí balanční terapie s vizuálním feedbackem, který poskytovala herní konzole Nintendo Wii Fit. Všech 36 pacientů bylo rozděleno na dvě skupiny. Obě skupiny měly terapii po dobu 5-ti týdnů. Experimentální skupina (16 pacientů) měla balanční terapii s výše zmíněným virtuálním systémem a kontrolní skupina (20 pacientů) měla konvenční balanční trénink pro toto konkrétní onemocnění. Výsledek byl kontrolován pomocí posturografu a bylo prokázáno větší zlepšení balanční stability u experimentální skupiny. Autoři studie také zmiňují výhodu této konkrétní formy rehabilitace za pomoci virtuální reality a to, že herní konzole Nintendo Wii Fit dává pacientovi možnost mít řádnou terapii i v domácím prostředí po propuštění z lékařské péče, díky nízké nákladové ceně.

#### **4.1.7 Virtuální realita u terapie Ménièreovy choroby**

Ménièreova choroba je onemocnění vnitřního ucha, kdy dochází k dysfunkci endolymfatického saku. To je následně příčinou průniku endolymfy do perilymfatického prostoru a pozdější indukci depolarizace neuronu nervus vestibulocochlearis. Projevuje se vertigem, kdy jim nejčastěji předchází aura, hypakuze (ztráta percepčního kochleárního sluchu, jednostranně) a dále se tato choroba projevuje jednostranným tinnitusem (Garcia et al., 2013, pp. 367-368).

Garcia et al. (2013, pp. 366-374) provedli studii se 44 pacienty (věkové rozmezí od 18 do 60 let) s diagnostikovanou Ménièreovou chorobou. Tématem studie bylo zjistit možnost využití BRU systému s interaktivní virtuální realitou formou her, pro zlepšení stability a snížení nevolnosti způsobenou Ménièreovou chorobou. Všech 44 pacientů bylo rozděleno na 2 skupiny a to na kontrolní skupinu (21 pacientů), která měla terapii v podobě konvenční vestibulární rehabilitace, správně podané medikace a stravovací diety. Experimentální skupina měla 23 pacientů a terapie byla prováděna pomocí BRU. Obě skupiny měly terapii ve 12-ti sezeních po 45 minutách. Výsledkem bylo snížení nevolnosti a zvětšení stability u experimentální skupiny s terapií pomocí virtuální reality. Pacienti experimentální skupiny udávali po dokončení studie a terapie zlepšení kvality života, hlavně díky sníženému vertigu.

#### **4.1.8 Telerehabilitace u roztroušené sklerózy**

Ortiz-Gutiérrez et al. (2013, pp. 5697-5710) provedli studii o vhodnosti telerehabilitace pro terapii balance u 50-ti pacientů (s věkovým rozmezím od 28 do 60 let) s diagnostikovanou roztroušenou sklerózou a s poruchou stability a posturální kontroly. Byli rozděleni na 2 skupiny. Kontrolní skupina (25 pacientů) měla rehabilitaci v podobě silového tréninku, propioceptivního cvičení na balančních podložkách, facilitační cvičení chůze a strečink hlavních svalových skupin a šlach po dobu 40 minut dvakrát týdně. Experimentální skupina měla rehabilitaci za pomoci herní konzole Xbox 360 od Microsoft, která dávala pacientům za úkol terapii formou 3 her. Tyto hry trénovaly pacientovy schopnosti vyhýbání se předmětům, překračování překážek, upravovala posturu pacienta a trénovala klasické klíčové aspekty pro hraní her (změna poloh, víceúčelové pohyby, zvyšování rychlosti pohybu, zvyšování koordinace horní končetiny – oko, zvyšování koordinace dolní končetiny – oko a obratnost obecně). Tato skupina po řádných instrukcích prováděla terapii v domácím prostředí a byla kontrolována terapeutem za pomoci videokonverzace. Obě skupiny podstoupily terapii celkově po dobu 10-ti navazujících týdnů. Výsledkem bylo zjištění, že obě skupiny dosahovaly lepších výsledků v testech pro posturální stabilitu i pro kontrolu postury. Co však tato studie hlavně dokázala je, že je zde možnost využitelnosti virtuální reality a telerehabilitace pro toto konkrétní řešení potíží i u takto vážného onemocnění, jako je roztroušená skleróza.

#### **4.2 Virtuální realita v traumatologické fyzioterapii**

Ve studii Dartert, Wilken (2011, pp. 1385-1394) byl testovaný jeden pacient (muž, 24 let) po traumatickém poškození levé dolní končetiny s následnou transfemorální amputací. Studie použila k terapii biomechanických parametrů chůze u tohoto postižení virtuální realitu produkovanou systémem CAREN. Pacient prováděl chůzi s protézou po běžícím páse doprovázenou projekcí virtuálního prostředí, konkrétně lesní stezky. Terapie probíhala po dobu 3 týdnů a celkově pacient podstoupil 12 třicetiminutových terapií s pomocí této virtuální reality a virtuálního prostředí. Pacient po těchto 3 týdnech vykazoval zlepšení v biomechanických pohybech v kyčelních kloubech, pánvi a trupu během chůze. Byla provedena kontrolní měření a i následující 3 týdny po dokončení terapie pacient vykazoval stále dobré biomechanické výsledky parametrů chůze.

### **4.3 Virtuální realita při terapii inkontinence**

Studie Elliott et al. (2014, pp. 236-243), které se zúčastnilo 24 žen (věkový průměr 70,5 let) s problémem inkontinence moči, provedla terapii pomocí virtuální reality a zařízení StepMania pro posílení pánevního svalstva. Všechny 24 žen absolvovalo 1 hodinu rehabilitace v podobě posilování svalů pánevního dna a 1 hodinu tanečního tréninku za pomoci virtuální reality a to celkově 12krát. Konečným výsledkem kombinace těchto dvou forem terapií byl zredukován problém inkontinence u všech 23 pacientek, které dokončily terapii. Jedna pacientka díky zlomenině kotníku nebyla schopna dokončit všech 12 terapeutických sezení. A i zde se vyskytla zvýšená motivace v pokračování kombinace těchto terapií. Hlavním důvodem byla zábava, kterou pacientky pociťovaly během tanečního tréninku produkovaného pomocí virtuální reality.

## Závěr

I když virtuální realita je stále nedokonalá a realitě reálné se jenom podobá, ve výsledcích má obrovský potenciál v rehabilitaci neurologických i jiných onemocnění pohybových funkcí. Existuje spousta využití virtuální reality a virtuálního prostředí pro fyzioterapeutickou intervenci. Tato práce, ale nejvíce popisuje využití virtuální reality ve fyzioterapii neurologických pacientů. Svými studiemi dokazuje pozitivní výsledek působení virtuální reality ve fyzioterapii.

Obrovskou výhodou virtuální reality je skutečnost, že zvyšuje motivaci pacientů v následné terapii a to především díky zábavě a chuti pacienta, poznávat novou formu terapie. Virtuální realita poskytuje pacientům bezpečné, a jak již bylo zmíněno motivující, virtuální prostředí, které v některých případech je pro pacienta výhodnější než prostředí reálné. Některé studie použité v této bakalářské práci porovnávaly efektivitu virtuální reality a efektivitu konvenční terapie ve fyzioterapii. Převážně se přikláněly ke způsobu terapie pomocí virtuální reality.

Tato forma terapie má však i některé limity. Jedním z nich je i pořizovací cena, která je přístupná jen některým pacientům. V poslední době se však na trhu objevují i formy finančně méně náročné, hlavně díky stále se rozvíjícímu hernímu průmyslu. Dalším limitem virtuálního prostředí a virtuální reality je nedokonalá zpětná vazba pro smysly lidského těla, převážně ta vizuální. I zde je pokrok technologií každým rokem vyspělejší a virtuální realita se stále více podobá reálnému prostředí.

Tato práce nabízí možnost pokračování v porovnávání efektivit terapie s pomocí virtuální reality a terapií s konvenčním přístupem i jako téma pro diplomovou práci. Je možno rovněž využít poznatky z vyhledaných zdrojů a studií pro námět diplomové práce se zaměřením fyzioterapie pomocí virtuální reality u neurologických pacientů, a to jak v oblasti léčby svalové síly, balančních schopností i například kognitivních funkcí a roztroušené sklerózy.



## Seznam bibliografických odkazů

ADAMOVICH SV, FLUET GG, TUNIK E, MERIANS AS, 2009, Sensorimotor training in virtual reality: a review, *NeuroRehabilitation*, 2009, vol. 25, pp. 29-44, ISSN 1053-8135

AUKSTAKALNIS S, BLATNER D, 1992, Reálně o virtuální realitě – Umění a věda virtuální reality, *Jota*, 1992, ss. 23,89, ISBN 80- 85617-41-2

BARTON GJ, HAWKEN MB, FOSTER RJ, HOLMES G, BUTLER PB, 2013, The effects of virtual reality game training on trunk to pelvis coupling in a child with cerebral palsy, *J Neuroeng Rehabil.*, 2013, vol. 10, pp. 1-6, ISSN 1743-0003

BAUS O, BOUCHARD S, 2014, Moving from Virtual Reality Exposure-Based Therapy to Augmented Reality Exposure-Based Therapy: A Review, *Front Hum Neurosci*, 2014, vol. 8, pp. 1-15, ISSN 1662-5161

BOTELLA C, QUERO S, BAÑOS MR, PERPIÑÁ C, GARCÍA PALACIOS A, RIVA G, 2005, Virtual Reality and Psychotherapy, *CyberPsychology & Behavior*, 2005, vol. 8, pp. 220- 230, ISSN 1094-9313

BROCHARD S, ROBERTSON J, MÉDÉE B, RÉMY-NÉRIS O, 2010, What's new in new technologies for upper extremity rehabilitation?, *Curr Opin Neurol.*, 2010, vol. 23, pp. 683-687, ISSN 1350-7540

BURDEA G, COIFFET P, 2003, Virtual reality technology, *Wiley-IEEE Press*, 2003, pp. 67,78-81, 84, 93, 145, ISBN 978-0-471-36089-6

BURDEA G, 2003, Virtual rehabilitation--benefits and challenges, *Methods Inf Med*, 2003, vol. 42, pp. 519 – 523, ISSN 0026-1270

BURDEA GC, POPESCU V, HENTZ V, COLBERT K, 2000, Virtual Reality-Based Orthopedic Telerehabilitation, *Ieee Transactions on Rehabilitation Engineering*, 2000, vol. 8, pp. 430-432, ISSN 1063-6528

CHEN CH, JENG MC, FUNG CP, DOONG JL, CHUANG TY, 2009, Psychological Benefits of Virtual Reality for Patients in Rehabilitation Therapy, *Journal of Sport Rehabilitation*, 2009, vol. 18, pp. 258-268, ISSN 1056-6716

CHEN YP, KANG LJ, CHUANG TY, DOONG JL, LEE SJ, TSAI MW, JENG SF, SUNG WH, 2007, Use of virtual reality to improve upper-extremity control in children with cerebral palsy: a single-subject design, *Phys Ther.*, 2007, vol. 11, pp. 1441 – 1457, ISSN 0031-9023

CHUANG TY, CHEN CH, CHANG HA, LEE HC, CHOU CL, DOONG JL, 2003, Virtual reality serves as a support technology in cardiopulmonary exercise testing, *Teleoperators and Virtual Environments*, 2003, vol. 12, pp. 326-331, ISSN 1054-7460

CHOI JH, HAN EY, KIM BR, KIM SM, IM SH, LEE SY, HYUN CW, 2014, Effectiveness of commercial gaming-based virtual reality movement therapy on functional recovery of upper extremity in subacute stroke patients, *Ann Rehabil Med.*, 2014, vol. 4, pp. 485-493, ISSN 2234-0653

CHORTIS A, STANDEN P, WALKER M, 2008, Virtual reality system for upperextremity rehabilitation of chronic stroke patients living in the community, *Proc.7th ICDVRAT with ArtAbilitation*, 2008, p. 221-228, ISBN 07 049 15 006

CROSBIE JH, LENNON S, BASFORD JR, MCDONOUGH SM, 2007, Virtual reality in stroke rehabilitation: Still more virtual than real, *Disability and Rehabilitation An International Multidisciplinary Journal.*, 2007, vol. 14, pp. 1139-1146, DOI: 10.1080/09638280600960909

DARTER BJ, WILKEN JM, 2011, Gait training with virtual reality-based real-time feedback: improving gait performance following transfemoral amputation, *Phys Ther*, 2011, vol. 91, pp. 1385-1394, ISSN 1538-6724

DEUTSCH JE, BORBELY M, FILLER J, HUHN K, GUARRERA-BOWLBY P, 2008, Use of a Low-Cost, Commercially Available Gaming Console (Wii) for Rehabilitation of an Adolescent With Cerebral Palsy, *Phys Ther*, 2008, vol. 88, pp. 1196-1207, ISSN 1538-6724

DEUTSCH JE, LEWIS JA, BURDEA G, 2007, Technical and patient performance using a virtual reality-integrated telerehabilitation system: preliminary findings, *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.*, 2007, vol. 1, pp. 30 – 35, ISSN 1534-4320

DEUTSCH JE, PASERCHIA C, VECCHIONE C, MIRELMAN A, LEWIS JA, BOIAN R, BURDEA G, 2004, Improved Gait and Elevation Speed of Individuals Post-Stroke After Lower Extremity Training in Virtual Environments, *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 2004, vol. 28, pp. 185-186, ISSN 1557-0576

DUQUE G, BOERSMA D, LOZA-DIAZ G, HASSAN S, SUAREZ H, GEISINGER D, SURIYAARACHCHI P, SAHRMA A, DEMONTIERO O, 2013, Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers, *Clin Interv Aging*, 2013, vol. 8, pp. 257-263, ISSN 1176-9092

DVORKIN AY, RAMAIYA M, LARSON EB, ZOLLMAN FS, HSU N, PACINI S, SHAH A, PATTON JL, 2013, A "virtually minimal" visuo-haptic training of attention in severe traumatic brain injury, *J Neuroeng Rehabil*, 2013, vol. 10, pp. 1-18, ISSN 1743-0003

ELLIOTT V, DE BRUIN ED, DUMOULIN C, 2014, Virtual reality rehabilitation as a treatment approach for older women with mixed urinary incontinence: a feasibility study, *Neurourol Urodyn*, 2014, vol. 3, pp. 236-243, ISSN 1520-6777

GARCIA AP, GANANÇA MM, CUSIN FS, TOMAZ A, GANANÇA FF, CAOVILO HH, 2013, Vestibular rehabilitation with virtual reality in Ménière's disease, *Braz J Otorhinolaryngol*, 2013, vol. 79, pp. 366-374, ISSN 1808-8686

GIL-GÓMEZ JA, LLORÉNS R, ALCAÑIZ M, COLOMER C, 2011, Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury, *J Neuroeng Rehabil*, 2011, vol. 8, pp. 1-9, ISSN 1743-0003

GOBBETTI E, SCATENI R, 1998, Virtual reality: past, present and future, *Stud Health Technol Inform*, 1998, vol. 58, pp. 3-20, ISSN 0926-9630

GRAZIANO MS, GROSS CG, 1998, Spatial maps for the control of movement, *Curr Opin Neurobiol.*, 1998, vol. 2, pp. 195-201, ISSN 0959-4388

HALARNKAR P, SHAH S, SHAH H, SHAH H, SHAH A, 2012, A Review on Virtual Reality, *International Journal of Computer Science Issues*, 2012, vol. 9, pp. 325-330, ISSN 1694-0814

HENDERSON A, KORNER-BITENSKY N, LEVIN M, 2007, Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery, *Top Stroke Rehabil*, 2007, vol. 14, pp. 52-61, ISSN 1074-9357

HEUVEL MR, WEGEN EE, GOEDE CJ, BURGERS – BOTS IA, BEEK PJ, FAFFERTSHOFER A, KWAKKEL G, 2013, The effects of augmented visual feedback during balance training in Parkinson's disease: study design of a randomized clinical trial, *BMC Neurol*, 2013, vol. 4, pp. 2-9, ISSN 1471-2377

HOFFMAN HG, PATTERSON DR, CARROUGHER GJ, SHARAR SR, 2001, Effectiveness of virtual reality-based pain control with multiple treatments, *Clin J Pain*, 2001, vol. 17, pp. 229-235, ISSN 1536-5409

JACK D, BOIAN R, MERIANS AS, TREMAINE M, BURDEA GC, ADAMOVICH SV, RECCE M, POIZNER H, 2001, Virtual Reality-Enhanced Stroke Rehabilitation, *Ieee Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 2001, vol. 9, pp. 308-318, ISSN 1558-0210

JAFFE DL, BROWN DA, PIERSON-CAREY CD, BUCKLEY EL, LEW HL, 2004 Stepping over obstacles to improve walking in individuals with poststroke hemiplegia, *JRRD*, 2004, vol. 41, pp. 283-292, ISSN 0748-7711

JANNINK M J, Van Der WILDEN GJ, NAVIS DW, VISSER G, GUSSINKLO J, IJZERMAN M, 2008, A low-cost video game applied for training of upper extremity function in children with cerebral palsy: a pilot study, *Cyberpsychol Behav.*, 2008, vol. 1, pp. 27 – 32, ISSN 1094-9313

KAKEI S, HOFFMAN DS, STRICK PL, 2003, Sensorimotor transformations in cortical motor areas, *Neurosci Res.*, 2003, vol. 1, pp. 1-10, ISSN 0168-0102

KENNETH W, WILLS M, 2012, What Are the Different Types of Virtual Reality Technology, [online], 2012, [cit. 18. 4. 2015], dostupné z: <http://www.wisegeek.com/what-are-the-different-types-of-virtual-reality-technology.htm>

KIM BR, CHUN MH, KIM LS, PARK JY, 2011, Effect of Virtual Reality on Cognition in Stroke Patients, *Ann Rehabil Med*, 2011, pp. 450-459, ISSN 2234-0653

KIM YM, CHUN MH, YUN GJ, SONG YJ, YOUNG HE, 2011, The Effect of Virtual Reality Training on Unilateral Spatial Neglect in Stroke Patients, *Ann Rehabil Med.*, vol. 35, pp. 309-315, ISSN 2234-0653

KIZONY R, RAZ L, KATZ N, WEINGARDEN H, WEISS PL, 2005, Video-capture virtual reality system for patients with paraplegic spinal cord injury, *J Rehabil Res Dev.*, 2005, vol. 5, pp. 595-608, ISSN 0748-7711

KOBER SE, WOOD G, HOFER D, KREUZIG W, KIEFER M, NEUPER C, 2013, Virtual reality in neurologic rehabilitation of spatial disorientation, *J Neuroeng Rehabil.*, 2013, vol. 10, pp. 1-13, ISSN 1743-0003

KOTT KM, LESHNER K, DeLEO G, 2009, Combining a virtual reality system with treadmill training for children with cerebral palsy, *J CybertherRehabil.*, 2009, vol. 2, pp. 35 – 42, ISSN 1784-9983

KRAKAUER JW, GHILARDI MF, MENTIS M, BARNES A, VEYTSMAN M, EIDELBERG D, GHEZ C, 2004, Differential cortical and subcortical activations in learning rotations and gains for reaching: a PET study, *J Neurophysiol.*, 2004, vol. 2, pp. 924-933, ISSN 0022-3077

LANGE B, FLYNN SM, RIZZO AA, 2009, Game-based telerehabilitation, *Eur J Phys Rehabil Med.*, 2009, vol. 1, pp. 143-151, ISSN 1973-9095

LAVER K E, GEORGE S, THOMAS S, DEUTSCH JE, CROTTY M, 2012, Virtual reality for stroke rehabilitation, *Eur J Phys Rehabil Med*, 2012, vol. 3. pp. 523-530, ISSN 1973-9095

LLORENS R, NOÉ E, NARANJO V, BORREGO A, LATORRE J, ALCANIZ M, 2015, Tracking Systems for Virtual Rehabilitation: Objective Performance vs. Subjective Experience. A Practical Scenario, *Sensors*, 2015, vol.15, pp. 6586-6606; ISSN 1424-8220

LUNA-OLIVA L, ORTIZ-GUTIÉRREZ RM, CANO-DE LA CUERDA R, PIÉDROLA RM, ALGUACIL-DIEGO IM, SÁNCHEZ-CAMARERO C, MARTÍNEZ CULEBRAS MDEL C, Kinect Xbox 360 as a therapeutic modality for children with cerebral palsy in a school environment: a preliminary study, *NeuroRehabilitation*, 2013, vol. 4, pp. 513-521, ISSN 1053-8135

MARCHAL-CRESPO L, REINKENSMEYER DJ, 2009, Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury, *J Neuroeng Rehabil*, 2009, vol. 20, pp. 1-15, ISSN 1743-0003

MERIANAS AS, FLUET GG, QUI Q, SALEH S, LANFOND I, DAVIDOW A, ADAMOVICH SV, 2011, Robotically facilitated virtual rehabilitation of arm transport integrated with finger movement in persons with hemiparesis, *J Neuroeng Rehabil*, 2011, pp. 1-8, ISSN 1743-0003

MIRELMAN A, BONATO P, DEUTSCH JE, 2009, Effects of training with a robot/virtual reality system compared with a robot alone on the gait of individuals after stroke, *Stroke*, 2009, vol. 40, pp. 169-174, ISSN 1524-4628

MLÍKA R, JANURA M, MAYER M, 2005, Virtuální realita a rehabilitace, *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 2005, č. 3, ss. 112-118, ISSN 1211-2658

MULLINS J, MAWSON C, NAHAVANDI S, 2005, Haptic handwriting aid for training and rehabilitation, *IEEE Trans Cybern*, 2005, vol. 3, pp. 2690-2694, ISSN 2168-2275

MUMFORD N, DUCKWORTH J, THOMAS PR, SHUM D, WILLIAMS G, WILSON PH, 2010, Upper limb virtual rehabilitation for traumatic brain injury: initial evaluation of the elements system, *Brain Inj.*, 2010, vol. 5, pp. 780-791, ISSN 0269-9052

NG YS, CHEW E, SAMUEL GS, TAN YL, KONG KH, 2013, Advances in rehabilitation medicine, *Singapore Medical Journal*, 2013, vol. 54, pp. 538-551, ISSN 0037-5675

O'MALLEY MK, SUNG C, 2011, Effect of progressive visual error amplification on human motor adaptation, *IEEE Int Conf Rehabil Robot*, 2011, pp. 483-488, DOI: 10.1109/ICORR.2011.5975399

O'NEIL RL, SKEEL RL, USTINOVA KI, 2013, Cognitive ability predicts motor learning on a virtual reality game in patients with TBI, *NeuroRehabilitation.*, 2013, vol.4, pp. 667-680, ISSN 1053-8135

ORTIZ-GUITIÉRREZ R, CANO-DE-LA-CUERDA R, GALÁN-DEL-RÍO F, ALGUACIL-DIEGO IM, PALACIOS-CEÑA D, MIANGOLARRA-PAGE JCA, 2013, Telerehabilitation program improves postural control in multiple sclerosis patients: a spanish preliminary study, *Int J Environ Res Public Health.*, 2013, vol. 11, pp. 5697-5710, ISSN 1660-4601

PATTON JL, STOYKOV ME, KOVIC M, MUSSA-IVALDI FA, 2006, Evaluation of robotic training forces that either enhance or reduce error in chronic hemiparetic stroke survivors, *Exp Brain Res.*, 2006, vol. 3, pp. 368-383, ISSN 0014-4819

PELZET J, HAYHOE M, BALLARD D, SHRIVASTAVA A, 1999, Development of a virtual laboratory for the study of complex human behavior, [online], *Rochester Institute of Technology*, 1999, [cit. 10. 4. 2015], dostupné z: <http://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1372&context=other>

REID DT, 2002, Benefits of a virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy: a pilot study, *Pediatric Rehabilitation.*, 2002, vol. 3, pp. 141-148, ISSN 1363-8491

REINKENSMEYER DJ, PATTON JL, 2009, Can robots help the learning of skilled actions?, *Exerc Sport Sci Rev.*, 2009, vol. 1, pp. 43-51, ISSN 0091-6331

RIZZO AA, WIEDERHOLD M, BUCKWALTER JG, 1998, Basic issues in the use of virtual environments for mental health applications, [online], *Virtual Environments in Clinical Psychology and Neuroscience*, 1998, pp. 21-42, [cit. 22. 4. 2015], dostupné z: <http://www.cybertherapy.info/ves%20in%20clinical%20psycho/Rizzo.doc.pdf>



SAPOSNIK G, LEVIN M, 2011, Virtual reality in stroke rehabilitation: a meta-analysis and implications for clinicians, *Stroke*, 2011, vol. 42, pp. 1380-1386, ISSN 1524-4628

SISTO SA, FORREST GF, GLENDINNING D, 2002, Virtual reality applications for motor rehabilitation after stroke, *Top Stroke Rehabil*, 2002, vol. 8, pp. 11-23, ISSN 1074-9357

THORNTON M, MARSHALL S, MCCOMAS J, FINESTONE H, MCCORMICK, A, SVEISTRUP H, 2005, Benefits of activity and virtual reality based balance exercise programmes for adults with traumatic brain injury: perceptions of participants and their caregivers, *Brain Inj.*, 2005, vol.12, pp. 989-1000, ISSN 0269-9052

TUNIK E, SALEH S, ADAMOVICH SV, 2013, Visuomotor discordance during visually-guided hand movement in virtual reality modulates sensorimotor cortical activity in healthy and hemiparetic subjects, *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.*, 2013, vol. 2, pp. 198-207, ISSN 1534-4320

TUROLLA A, DAM M, VENTURA L, TONIN P, AGOSTINI M, ZUCCONI C, KIPER P, CAGNIN A, PIRON L, 2013, Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial, *J Neuroeng Rehabil*, 2013, vol. 10, pp. 2-9, ISSN 1743-0003

WEISS P, KATHZ N, 2004, The potential of virtual reality for rehabilitation, [online], *JRDD*, 2004, vol. 5, [cit. 22. 4. 2015], dostupné z: <http://www.rehab.research.va.gov/jour/04/41/5/weiss.html>

WISE SP, MOODY SL, BLOMSTROM KJ, MITZ AR, 1998, Changes in motor cortical activity during visuomotor adaptation, *Exp Brain Res.*, 1998, vol. 3, pp. 285-299, ISSN 0014-4819

YONG JL, SOON YT, XU D, THIA E, PEI FC, KUAH CW, KONG KH, 2010, A feasibility study using interactive commercial off-the-shelf computer gaming in upper limb rehabilitation in patients after stroke, *J Rehabil Med*, 2010, vol. 42, pp. 437-441, ISSN 1650-1977

<http://www.rehabmeasures.org/lists/rehabmeasures/disform.aspx?ID=908>

<http://home.novint.com/>

<http://www.cyberglovesystems.com/>

## Seznam zkratek

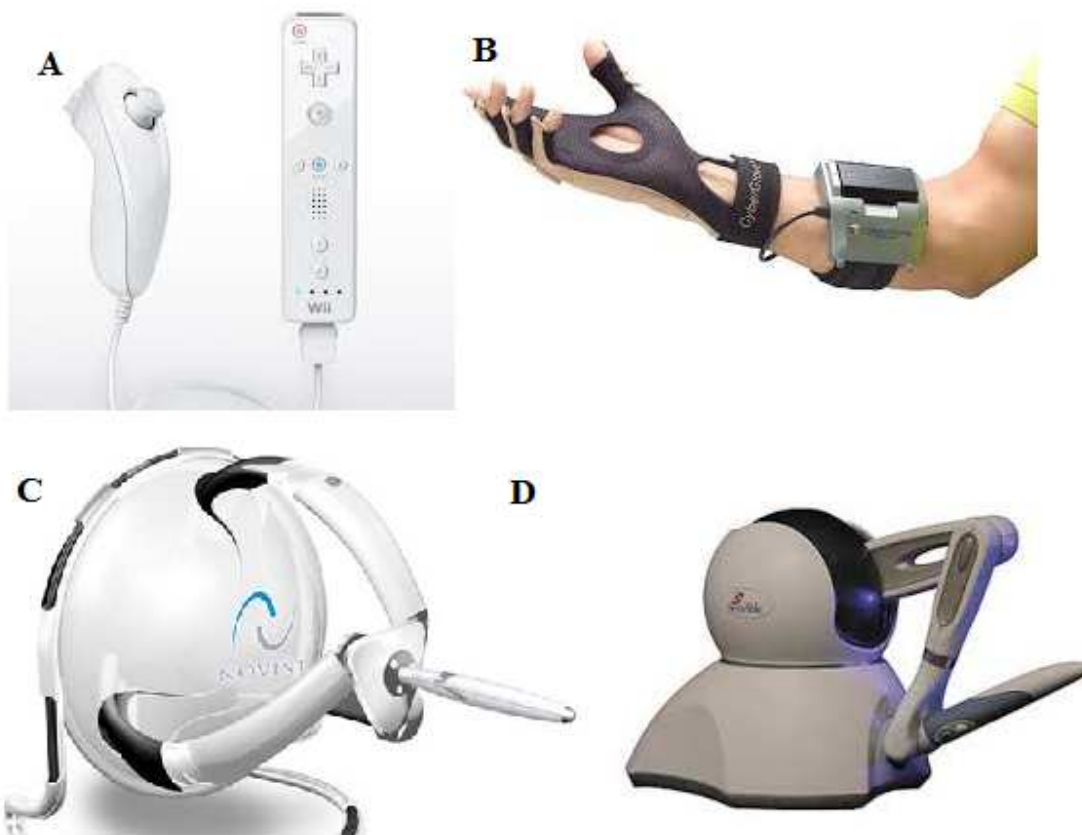
Tzv.	tak zvaný
Atd.	a tak dále
USA	United States of America
VT	Vermont
WA	Washington
RGB	red, green, blue
HMD	head mounted display
s.	strana
p.	page
např.	například
USB	Universal Serial Bus
L1	lumbální obratel
S2	sakrální obratel
ADL	activities of daily living
K-MMSE	Korean Mini-Mental State Examination
min	minuta
m	metrů
CBS	Catherine Bergego Scale
KMBI	Korean version of modified Barthel index
FMA-UL	Fugl-Meyer Assessment
VRRRS	Virtual Reality Rehabilitation System
VRROOM	Virtual Reality and Robotic Optical Operations Machine
NWS	New South Wales
BRU	Balance Rehabilitation Unit

## **Přílohy**

Příloha č. 1: Příklady zařízení virtuální reality

Příloha č. 2: The Rutgers Ankle

## Příloha č. 1: Příklady zařízení virtuální reality



Příklady zařízení virtuální reality: A – Nintedo Wii; B – CyberGlove II; C – Novint Falcon;  
D – Sensable Phantom

## Příloha č. 2: The Rutgers Ankle

