

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD
Ústav klinické rehabilitace

Ivana Růčková

Využití virtuální reality u dětí s dětskou mozkovou obrnou

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Anita Můčková, Ph.D.

Olomouc 2021

Anotace

Typ práce: Bakalářská práce

Název práce v ČJ: Využití virtuální reality u dětí s dětskou mozkovou obrnou

Název práce v AJ: The use of virtual reality in children with cerebral palsy

Datum zadání: 2021-01-31

Datum odevzdání: 2021-04-25

VŠ, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav klinické rehabilitace

Autor: Růčková Ivana

Vedoucí: Mgr. Anita Můčková, Ph.D.

Oponent: Mgr. Alena Svobodová

Abstrakt v ČJ: Dětská mozková obrna je neprogresivní neurologické onemocnění s různorodým klinickým obrazem a řadou nejen motorických postižení. Kromě konvenčních přístupů se do terapie začleňují nové metody a postupy. Bakalářská práce se zabývá využitím virtuální reality v rehabilitaci dětí s dětskou mozkovou obrnou, snaží se objevit její potenciál a efektivitu. První část se věnuje problematice onemocnění, zahrnuje etiopatogenezi, rozlišení jednotlivých forem, diagnostiku a standardní léčebné postupy. Druhá část sumarizuje současné poznatky o využití virtuální reality v terapii dětské mozkové obrny a jejím vlivu na hrubou motoriku, balanci, chůzi, funkci horní končetiny, posturální kontrolu a kognitivní funkce. Práce byla vypracována s použitím české i zahraniční literatury. Formy rehabilitace s využitím virtuální reality zlepšují pohyblivost, balanci, chůzi, motorické i kognitivní funkce u dětí s dětskou mozkovou obrnou. Ve srovnání s konvenční terapií je virtuální prostředí pro děti atraktivnější a motivující, což zvyšuje intenzitu tréninku a délku terapie.

Abstrakt v AJ: Cerebral palsy refers to a group of non-progressive neurological disorders. Although the symptoms of cerebral palsy vary, all individuals have problems in motor and other function. There are currently many new and modern methods which support conventional rehabilitation. This bachelor thesis investigates the effectiveness and potential benefits of virtual reality in helping children with cerebral palsy. The first part focuses on etiopathogenesis, classification, diagnostics and standard medical treatment and procedures. The second part summarizes current informations about virtual reality intervention in rehabilitation process of

cerebral palsy. Virtual-reality-based training can influence gross motor skills, balance, gait, upper limb function, postural control or cognitive deficits. In this thesis were used Czech and foreign literature. Virtual reality seems to be an effective intervention for improving motor and cognitive function in children with cerebral palsy. These systems have the potential to motivate patients in the rehabilitation process and increase the frequency and duration of the exercises.

Klíčová slova v ČJ: dětská mozková obrna, virtuální realita, virtuální prostředí, efektivita terapie, rehabilitace

Klíčová slova v AJ: cerebral palsy, virtual reality, virtual environment, effectiveness of therapy, rehabilitation

Rozsah práce: počet stran/počet příloh: 59 stran/10 příloh

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen elektronické a bibliografické zdroje uvedené v referenčním seznamu.

Olomouc 25. dubna 2021

.....

podpis autora

Poděkování

Děkuji své vedoucí Mgr. Anitě Můčkové, Ph.D. za vstřícnost, cenné a odborné rady, pozitivní přístup a zejména veškerý čas věnovaný mé bakalářské práci.

Obsah

Úvod	8
1. Dětská mozková obrna	9
1.1 Definice onemocnění.....	9
1.2 Historie	9
1.3 Etiopatogeneze	9
1.4 Rizikové faktory	10
1.5 Neuropatofyziologie.....	10
1.6 Epidemiologie	11
1.7 Klasifikace DMO	11
1.8 Formy DMO	12
1.8.1 Hemiparetická forma DMO	12
1.8.2 Diparetická forma DMO	13
1.8.3 Kvadruparetická forma DMO	15
1.8.4 Dyskinetická forma DMO.....	16
1.8.5 Ataktická forma DMO	17
1.8.6 Neobvyklé formy DMO	18
1.9 Vyšetření	18
1.9.1 Posturální aktivita	19
1.9.2 Posturální reaktivita	20
1.9.3 Primitivní reflexologie	20
1.9.4 Svalový tonus.....	20
1.9.5 General movements	20
1.10 Diagnostika.....	21
1.10.1 Zobrazovací metody	21
1.10.2 Pomocné vyšetřovací metody	22

1.10.3 Diferenciální diagnostika	22
1.11 Hodnocení DMO	23
1.12 Terapie.....	23
1.12.1 Kinezioterapie	24
1.12.2 Operační terapie	25
1.12.3 Farmakoterapie	26
2. Virtuální realita v terapii dětí s DMO.....	27
2.1 Technologie v terapii DMO	27
2.2 Virtuální realita	27
2.3 Virtuální realita ve fyzioterapii	27
2.3.1 Systémy virtuální reality v neurorehabilitaci	28
2.3.2 Aplikace virtuální reality v neurorehabilitaci	28
2.4 Efektivita terapie s využitím virtuální reality u DMO	29
2.4.1 Vliv virtuální reality na hrubou motoriku.....	30
2.4.2 Vliv virtuální reality na rovnováhu.....	30
2.4.3 Vliv virtuální reality na chůzi	32
2.4.4 Vliv virtuální reality na jemnou motoriku a funkci horní končetiny	34
2.4.5 Vliv virtuální reality na kognitivní funkce	36
Závěr.....	38
Referenční seznam.....	39
Seznam zkratk.....	54
Přílohy	55

Úvod

Vzhledem k pokroku dnešní doby a neustálému rozvoji moderních technologií se nám otevírají nové možnosti jak v medicíně, tak také ve fyzioterapii. Nejen terapeuti, ale i pacienti se mohou obohatit o něco nového, kreativního, zábavného a pro nemocné často atraktivnějšího. Virtuální realita pacientům zprostředkovává různé situace z každodenního života a umožňuje jejich nácvik, čehož lze využít u mnoha různých diagnóz.

Ve své práci se zaměřuji na možnosti využití virtuální reality v terapii dětí s dětskou mozkovou obrnou, její efektivitu a možný přínos do oboru rehabilitace. Přestože se jedná o poměrně mladou metodu, mohla by v budoucnu znamenat velký pokrok. Poskytuje bezpečné prostředí pro pacienta a umožňuje trénink jeho motorických funkcí, které by nebylo možné reálně provést.

Nejdříve se práce zabývá uvedením do problematiky onemocnění dětské mozkové obrny a poté přechází k pojmu virtuální reality a vlivu virtuálního prostředí na pacienta. Popisuje několik benefitů a výhodných vlastností této formy terapie.

K získání potřebných odborných informací a poznatků ze studií byly použity online databáze PubMed, Medline a Cochrane. Na základě klíčových slov byly vyhledávány studie publikované nanejvýš před deseti lety. Vzhledem k cíli mé práce byly použity pouze studie zaměřující se na efektivitu virtuální reality v léčbě dětské mozkové obrny. V rámci orientace v problematice onemocnění byly použity české i zahraniční publikace a odborné články definující teoretické poznatky dané neurologické diagnózy.

1. Dětská mozková obrna

1.1 Definice onemocnění

Dětská mozková obrna (DMO) je termín, který vzhledem k různorodým klinickým příznakům a etiopatogenezi označuje heterogenní skupinu dětí nejen s motorickým postižením. Jedná se o trvalou poruchu pohybu, posturálních a motorických funkcí způsobených neprogresivní lézí, postižením nebo abnormalitou nezralého a vyvíjejícího se dětského mozku. Často je doprovázena poruchami komunikace, vnímání, chování, smyslů, kognitivních funkcí, epilepsií a sekundárními muskuloskeletálními změnami (Panteliadis, 2018, pp. 13-14). Léze centrálního nervového systému (CNS) způsobuje sekundární poruchy ve smyslu abnormálního svalového tonu, deformace skeletu, myastenii, amyotrofie, poruchy koordinace a rovnováhy (Bilde et al., 2011, p. 1-2; Gormley, 2001, p. 5). Mezi progresivní změny pohybového aparátu patří kostní torze a kontraktury vyvíjející se v průběhu dětství a dospívání (Morgan et al., 2019, p. 1599).

DMO řadíme mezi neurovývojové syndromy postihující descendentní nervová vlákna a motoriku jako takovou. Mnohým etiologickým faktorům lze předcházet včasnou prevencí, diagnostikou a terapií (Kraus a kol., 2004, p. 21).

1.2 Historie

DMO poprvé popsal William Little v roce 1862, proto se jí původně říkalo tzv. Littleova nemoc. Byla považována za poruchu, která se u dětí objevila v průběhu prvního roku života, ovlivnila vývojové dovednosti a nezlepšila se v průběhu času. Little ji také spojoval s nedostatkem kyslíku při porodu. Později v roce 1897 Sigmund Freud navrhl, že původ DMO může být zakořeněn ve vývoji mozku intrauterinně, kde různé faktory ovlivňují a působí na vyvíjející se plod (Accardo, 1982, p. 453). Samotná porodní asfyxie byla považována za příčinu DMO až do 80. let 20. století, kdy biomedicínský výzkum zjistil, že tato etiologie je pouze jednou z mnoha (Jones et al., 2007, p. 147).

1.3 Etiopatogeneze

DMO obvykle vzniká na podkladu jednorázového poškození mozku v průběhu jednoho z následujících období – prenatalně, v průběhu porodu, postnatálně (Kraus a kol., 2004, p. 36). Do jednoho roku života probíhá spontánní vývoj novorozence velice intenzivně, proto je také riziko vzniku DMO v tomto období vyšší (Pfeiffer, 2007, p. 247). Prenatální příčiny

převažují – vyskytují se až v 75-80 % případů. Pouze 10-15 % DMO vzniká v průběhu porodu. Postnatální a genetické faktory jsou příčinou v menší míře (Bialik, Givon, 2009, pp. 78-79).

1.4 Rizikové faktory

Mnoho stavů a rizikových faktorů spojených s DMO lze opět rozdělit na ty, jež se vyskytují během porodu, v prenatalním a postnatálním období. DMO může být výsledkem jedné nebo více etiologií, přičemž ve většině případů je obtížné skutečnou příčinu určit. Dokonce u více než 30 % jsou etiologie i rizikové faktory neznámé (Jones et al., 2007, pp. 147-148; Rosenbaum, 2003, p. 970). Ve většině případů stojí za rozvojem postižení problémy vyskytující se během nitroděložního vývoje, vrozené poruchy, asfyxie, předčasný porod apod. (Jones et al., 2007, p. 147).

Prenatální příčiny jsou obtížně hodnotitelné a často nejasné. Rozvoji DMO může přispět řada rizikových faktorů, jako je hypoxie, genetické vady, metabolické poruchy, vícečetná těhotenství, intrauterinní infekce, teratogenní expozice, trombofilie, malformace mozkových struktur, toxiny, mateřská horečka, chorioamnionitis, trauma v abdominální oblasti, systémová hypertenze v těhotenství, hypotrofie placenty, dysfunkce štítné žlázy aj. (Jones et al., 2007, pp. 147-148; Odding, Roebroek, Stam, 2006, pp.187-188; Kraus a kol., 2004, p. 35).

Naopak v průběhu porodu mohou nastat různé komplikace zahrnující mechanická poškození mozkové tkáně, fraktury lebečních kostí, mozková krvácení nebo aspiraci plodové vody, které už nám dávají jasnější etiologii a novorozence řadí mezi rizikové. Postnatálně vedou k rozvoji obrazu DMO různá traumata, meningitidy, encefalitidy toxické látky či infekce (Bialik, Givon, 2009, pp. 78-79).

Jednotlivé případy DMO mohou mít genetickou i negenetickou etiologii a mohou se překrývat s jinými neurovývojovými poruchami. Současné hromadící se důkazy ukazují, že potenciální genetickou etiologii lze identifikovat u 10-30 % jedinců s DMO – patogenní genetické varianty nacházíme častěji u dětí bez rozpoznaných rizikových faktorů prostředí (De Luca et al., 2019a, p. 473).

1.5 Neuropatofyziologie

V neuropatofyziologii poškození CNS hraje významnou roli faktor ischemie spolu s hypoxií. Pro příklad můžeme uvést, že ischemie trvající jednu hodinu omezuje perfuzi mozku o 10 % a známky poškození se objevují asi u 10 % neuronů mozkové kůry. Pokud však ischemie trvá dvojnásobně delší dobu, nastávají ischemické změny až u 70 % neuronů kortexu – dochází tedy

k difuznějšímu rozptýlení léze (Kraus a kol., 2004, p. 50). Zjednodušeně se jedná o patofyziologický proces zahrnující hypoxii s ischemií, posthypoxickou reperfuzi, oxidační stres a vystupňovanou zánětlivou reakci organismu vedoucí k poškození plodu, popř. novorozence (Kraus a kol., 2004, p. 56).

Současná data ukazují, že správně stanovená těžká akutní hypoxie (dle daných mezinárodních kritérií) v průběhu porodu představuje menšinu případů vzniku DMO. U mnoha jedinců je proto patogeneze onemocnění nejasná, i když jsou známy a přesně vymezeny prenatální rizikové faktory (De Luca et al., 2019a, p. 473).

Je důležité zdůraznit, že lokalizace a rozsah léze spolu s načasováním poškození mozku, jsou rozhodující pro klinický obraz DMO, morbiditu a mortalitu (Panteliadis, 2018, p. 32).

1.6 Epidemiologie

Za posledních 40 let vzrostla prevalence DMO na hodnotu 2-3/1000 narozených dětí. V tomto časovém období se zvýšil podíl kojenců s nízkou porodní hmotností a také hemiplegie, zatímco podíl diplegie se snížil. Častější výskyt je u znevýhodněných socioekonomických populací. Většina pacientů má spastický syndrom. 25-80 % DMO má přidružená poškození a onemocnění, např. epilepsie se vyskytuje ve 20-40 % případů, častěji u hemiplegiků a tetraplegiků. Až 80 % pacientů má poruchu řeči, u poloviny dětí je problém s trávením a sebenasycením. Nízká zraková ostrost je hlášena až u 75 % všech dětí. Chronickou bolest uvádí více než čtvrtina dospělých. Také až u čtvrtiny dochází k předčasnému zastavení růstu, problémy s podváhou či nadváhou jsou přítomny u poloviny dětí (Odding, Roebroek, Stam, 2006, p. 189). Téměř 30 % postižených má poruchu kognitivních funkcí (Jones et al., 2007, p. 148).

1.7 Klasifikace DMO

Jak již bylo uvedeno, DMO je způsobena neprogresivním defektem nezralého dětského mozku. Působení daného inzultu vyvolává mozkové léze, které jsou velice rozmanitého charakteru, a projevují se specifickými a odlišnými syndromy. Klinicky se příznaky onemocnění v průběhu života mění až do obrazu plně rozvinuté DMO obvykle do dvou let věku dítěte. Zejména muskuloskeletální systém podléhá výrazným změnám, které lze zachytit jako patologické odchylky ve vývoji (Kraus a kol., 2004, pp. 67-68).

Z hlediska etiologie, topografie a typu motorického postižení je DMO heterogenní skupina postižení (Morgan et al., 2019, p. 1599). V důsledku toho je popsána řadou variabilních

klasifikací, přičemž nejznámější jsou založeny na anatomicko-topografických poznatcích (Bialik, Givon, 2009, pp. 77-78).

Morgan et al. (2019, p. 1599) rozlišuje několik motorických typů: spastický (85 %), dyskinetický (7 %) a ataktický (4 %). Zda mezi ně klasifikovat také hypotonický typ (3 %), je na uvážení, protože existuje řada mezinárodních neshod ohledně jeho zařazení mezi formu DMO. Spastický motorický typ je výsledkem defektů a poškození v kortikospinálních drahách a popsán jako poškození horních motorických neuronů. Lze jej dále rozdělit dle topografie na unilaterální formu (hemiparéza 40-60 %) a bilaterální formu (diparéza 10-36 %, kvadruparéza 24-31 %), monoparéza a triparéza se objevují vzácně. Dyskinetický, ataktický a hypotonický typ nejsou topograficky klasifikovány. Jedná se o formy tzv. extrapyramidové, které jsou způsobeny poškozením neuronů mimo pyramidové dráhy, a to na úrovni bazálních ganglií (BG) a mozečku (Jones et al., 2007, pp. 148-149; Morgan et al., 2019, p. 1599).

Na základě funkčních motorických schopností a závažnosti postižení lze onemocnění klasifikovat do pěti úrovní dle škály zvané Gross Motor Function Classification System (GMFCS), popř. Bimanual Fine Motor Function Classification (BFMFC), které jsou celosvětově užívané a spolehlivé (Morgan et al., 2019, p. 1599; Bialik, Givon, 2009, p. 78).

Ukázalo se, že je třeba zohlednit také další charakteristiky postižení, aby vytvořený klasifikační systém podstatně přispěl k porozumění, pochopení a zvládání daného onemocnění (Leviton et al., 2006, p. 480).

1.8 Formy DMO

1.8.1 Hemiparetická forma DMO

Hemiparetická forma DMO je typicky výsledkem změn a infarktu v povodí arteria cerebri media (ACM), periventrikulárních lézí, mozkových malformací nebo posthemoragické porencefalie, kdy je integrita a vývoj korových motorických oblastí a kortikospinálního traktu (KST) narušena (Uvebrandt, 1988, p. 32; Cioni et al., 1999, pp. 249-250; Gerloff et al., 2004, p. 854; Bleyenheuft et al., 2007, p. 1503; Bleyenheuft, Gordon, Steenbergen, 2013, pp. 32-33).

Hemiparéza se rozvíjí kontralaterálně od postižené mozkové hemisféry s časovým odstupem od porodu. Obraz centrální hemiparézy (viz příloha č. 1, p. 55) zahrnuje flekční držení horní končetiny a extenční postavení stejnostranné dolní končetiny (podobné Wernicke-Mannovu držení) (Pfeiffer, 2007, p. 253). Horní končetina je postižena závažněji než dolní, případný pohyb je nedokonalý (Bialik, Givon, 2009, p. 78). Postižený ramenní pletenec je pokleslý v addukci a vnitřní rotaci u těla, předloktí pronované a v semiflexi, zápěstí v palmární

flexi, prsty extendované a palec v addukčním držení. Ruka není schopna funkčního úchopu, je hypotonická až plegická. Dolní končetina je typicky ve vnitřní rotaci, addukci, extenzi s equinózním postavením v hlezenním kloubu, pánev v anteverzi, pánevní pletenec povytažen a předkloněn. Růstová hypotrofie a fixní kontraktury mají za následek zkrácení končetiny. Její postižení se u dítěte projeví až při pokusech o chůzi (Kraus a kol., 2004, p. 70).

Chůze je podobná pacientům po cévní mozkové příhodě (CMP) s výjimkou cirkumdukce pánve – vzhledem k hypogenezi paretické poloviny a zkrácení postižené končetiny není třeba vyrovnávat výraznou cirkumdukcí a elevací pánve (Pfeiffer, 2007, p. 253). Nemocný přenáší těžiště na zdravou stranu a došlapuje na špičku (Pfeiffer, 2007, p. 253; Kraus a kol., 2004, p. 70).

Na celé paretické polovině těla je postiženo povrchové i hluboké propioceptivní cití, výrazně je narušena stereognózie a diskriminační citlivost. Z kraniálních nervů bývá postižen nervus facialis (Bialik, Givon, 2009, p. 78). Deformity páteře se rozvíjí do obrazu kyfózy a skoliózy typu C. Pyramidové jevy zánikové jsou pozitivní (Pfeiffer, 2007, p. 253). Častým přidruženým onemocněním doprovázející hemiparetickou formu DMO je epilepsie (Seidl, 2008, p. 144). Objevují se poruchy zraku, homonymní hemianopsie, mírné až středně závažné postižení kognitivních funkcí a komunikačních schopností. Jedinci s tímto postižením bývají obvykle nezávislí v péči o sebe, neobjevují se sfinkterové poruchy (Jones et al., 2007, p. 148).

Hemiparéza se většinou manifestuje mezi 4.-5. měsícem po narození. Mezi první projevy patří jednostranný pokus o úchop, predilekce zdravé strany, otáčení na břicho přes paretickou stranu, nemožnost zvládnout polohu na čtyřech. U dítěte je déle přítomný reflexní úchop na horní končetině, přestože na dolní předčasně vyhasíná (Kraus a kol., 2004, p. 70).

Pacienti se obvykle dožívají dospělého věku a lehčí formy DMO je v běžném životě nemusí omezovat. Těžší formy s sebou nesou zejména vertebrogenní obtíže v podobě bolestí nosných kloubů a radikulárních iritací. Značnou limitací je přetrvávající epilepsie (Kraus a kol., 2004, p. 89).

1.8.2 Diparetická forma DMO

Diparetická forma (spastická diparéza) je jednou z nejčastějších a její typický obraz se rozvíjí zejména u dětí narozených předčasně obvykle do jednoho až dvou let života (Pešová, Šamalik, 2006, p. 62; Pfeiffer, 2007, p. 252). Nejčastější etiologií u dětí s prematuritou, nízkou porodní hmotností a diparézou jsou periventrikulární léze a intraventrikulární hemoragie s dilatací mozkových komor. Konkrétně periventrikulární leukomalacie (PVL) způsobuje ischemické poškození mozku a postihuje jednak centrální motorická vlákna pro dolní končetiny probíhající

z mediálních oblastí hemisfér laterálně od postranních komor, ale také optická vlákna, což zapříčiňuje vznik zrakových obtíží (Kraus a kol., 2004, pp. 74-76; Mundkur, Sankar, 2005, p. 866). K lézi periventrikulární oblasti vede i produkce cytokinů při zánětlivém procesu (např. mateřská chorioamnitis) (Mundkur, Sankar, 2005, p. 866).

Vzhledem k faktu, že horní končetiny jsou z hlediska funkčního i anatomického více zralé, je jejich postižení mírnějšího charakteru, než je tomu u dolních končetin, které jsou kratší a povšechně slabší. Rozvinutá spasticita adduktorových svalů, a tedy i vnitřních rotátorů dolních končetin spolu s flekčním postavením kolenních a kyčelních kloubů a zhoršenou dorzální flexí nohou způsobuje digitigrádní (nůžkovitou) chůzi (viz příloha č. 2, p. 55). Z důvodu zkrácení musculus iliopsoas je pánev v anteverzním postavení, hypertrofie m. rectus femoris vyvíjí tah a uložení patelly kraniálně (tzv. patella alta), kolena jsou v rekurvaci, m. triceps surae zkrácen (Kraus a kol., 2004, pp. 75-76). Rozvíjí se torzní deformity nohou znesnadňující stoj i chůzi, např. pes equinovarus a pes planovalgus, příčná i podélná klenba se bortí a předonoží v pronaci je zatěžováno více než jiné oblasti nohy (viz příloha č. 3, p. 56) (Pfeiffer, 2007, pp. 252-253; Mundkur, Sankar, 2005, p. 866). Vadné držení těla, skoliózy, neschopnost napřímění osového skeletu, protrakce ramen, flekční držení loktů a kloubů ruky spolu s typickým postavením dolních končetin vede ke vzniku fixních kontraktur, nejčastěji tricepsu, hamstringů a flexorů kyčle (Kraus a kol., 2004, p. 75).

Jsou výbavné patologické pyramidové reflexy, úchopový reflex na dolní končetině předčasně vyhasíná, objevuje se mírné postižení intelektu (Pfeiffer, 2007, pp. 252-253). Čítí na dolních končetinách bývá zachováno (Seidl, 2008, p. 144).

S PVL, a tedy i spastickou diparézou je spojen strabismus, nystagmus, různé stupně slepoty a fatické poruchy (Mundkur, Sankar, 2005, p. 867).

Po úvodním hypotonickém stadiu nastává u novorozenců stadium dystonie s difúzně rozloženým hypertonem a mimovolními generalizovanými pohyby. Vývoj vzpřimování dítěte je opožděný. Při otáčení na břicho nedochází k nároku a flexi dolní končetiny, dítě není schopno samostatného vzpřímeného sedu. K diagnostice onemocnění často dochází až okolo jednoho roku dítěte, kdy se více projeví patologie a asymetrie v pohybovém vývoji (Kraus a kol., 2004, p. 77; Miller, 2005, pp. 42-43).

V průběhu života je dítě schopno díky zachované úchopové funkci horních končetin sebeobsluhy a vertikalizace s jejich pomocí. Asymetrická chůze vyžaduje kompenzaci v podobě francouzských holí nebo vozíku. Přetěžování nosných kloubů vede k vertebrogenním obtížím a bolestivým deformitám. Automatický močový měchýř s sebou nese úskalí inkontinence (Kraus a kol., 2004, p. 90).

1.8.3 Kvadraparetická forma DMO

U těžké kvadraparetické formy je léze mozkových struktur difuznější, postihuje všechny končetiny a trup, přičemž horní končetiny jsou oslabeny více (viz příloha č. 4, p. 56). Součástí jsou poruchy čítí, kognitivní deficit, mentální retardace a epilepsie (Pešová, Šamalík, 2006, p. 63).

Spektrum závažnosti postižení je široké. Obecně se kvadraparéza řadí mezi nejtěžší formy DMO v závislosti na rozsahu léze obou hemisfér či mozkového kmene (Pfeiffer, 2007, p. 254). Defekty mozkové tkáně mohou vznikat na podkladě cystické degenerace mozku (polycystická encefalomalacie), akutní hypoxie následkem asfyxie při porodu, kortiko-subkortikální atrofie nebo vývojových abnormalit mozku – pro příklad lze uvést rozštěp mozkových hemisfér neboli schizencefálii. Příčiny a nálezy v mozkové tkáni jsou obvykle rozmanité a nejednoznačné (Mundkur, Sankar, 2005, p. 866; Bialik, Givon, 2009, p. 78).

Z důvodu poškození tractus corticobulbaris se rozvíjí centrální léze kraniálních nervů. Klinicky pak pozorujeme pseudobulbární syndrom s typickými příznaky (Pfeiffer, 2007, p. 254; Bialik, Givon, 2009, p. 78). Chabá orální motorika limituje pacienta v řečové funkci, má obtíže s polykáním, opakovanou aspirací potravy a sliněním (Mundkur, Sankar, 2005, p. 866). Děti také často trpí podvýživou (Charney, Stallings, Zemel, 1995, p. 833). Asi u poloviny případů se vyskytuje zrakové postižení z důvodu atrofie optického nervu. Sluchové vady nejsou výjimkou. Poruchy intelektu bývají většinou závažné. Zdá se, že vyšší stupeň motorického postižení souvisí s vyšší frekvencí výskytu dalších komplikací. Přidružené komorbidity nemusí být zjevné již v raném věku, a proto je nutná jejich monitorace pro případnou včasnou intervenci (Shevell, Venkateswaran, 2008, pp. 220-221).

Kvadraparetická forma je podobná bilaterální hemiparetické DMO (viz příloha č. 5, p. 57). Postižení dolních končetin odpovídá diparéze. Spastické držení je však více vyjádřeno na horních končetinách, které ztrácí schopnost funkčního úchopu. Se značným motorickým deficitem, omezenou pohyblivostí a asymetrickým držením trupu i končetin se rozvíjí fixní vazivové kontraktury, deformity kloubů a kostí, skoliózy a vývojové abnormality. Není možná vertikalizace s pomocí horních končetin, stoj je nejistý a chůze nemožná (Kraus a kol., 2004, pp. 78-79). Pacienti nejsou schopni sebeobsluhy a často jsou odkázáni na invalidní vozíky. Neopomenutelným problémem je dysartrie, která je značnou limitací v komunikaci a sociální interakci (Kraus a kol., 2004, p. 90).

1.8.4 Dyskinetická forma DMO

Dyskinetická forma je známa jako extrapyramidové postižení, které zahrnuje dvě základní pohybové poruchy: dystonii a choreoatetózu (Bialik, Givon, 2009, p. 78). Po spastické DMO je nejčastějším motorickým typem. Narozdíl od jiných forem má charakteristickou etiologii a rozvíjí se při neprogresivní lézi BG, thalamu nebo obou struktur současně. Dyskinetická forma může mít mnoho příčin včetně perinatální hypoxie, asfyxie, novorozenecké hyperbilirubinémie, abnormálního vývoje mozku, intrakraniálního krvácení, CMP nebo mozkové infekce nastávající při předčasném porodu i porodu v termínu. Postnatální příčiny v novorozeneckém období jsou vzácné. Pro dyskinetickou mozkovou obrnu jsou charakteristické abnormální pohyby nebo pozice spojené se sníženou regulací svalového tonu, zhoršenou kontrolou pohybu a koordinací (Himmelman et al., 2017, p. 741). Lze pozorovat rigiditu, choreoatetózu, atetoidní a dystonické pohyby (viz příloha č. 6, p. 57) (Mundkur, Sankar, 2005, p. 867). Dyskinetická DMO může být extrapyramidová dystonicko-dyskinetická nebo atetózní forma (Kraus a kol., 2004, p. 81).

Motorické poruchy jsou u této formy DMO závažné a nemotorické komorbidity běžné. Více než polovina pacientů má kombinaci těžkého intelektuálního postižení, dysartrie až anartrie, obtíže s komunikací, grimasování, epilepsii, sluchové a zrakové vady. V důsledku dysfagie, neoptimálního příjmu stravy, gastroezofageálního refluxu a problémů s krmením trpí asi 50 % nemocných malnutricí a podváhou. Tento stav je ovlivněn také vysokým výdejem energie, který je připisován mimovolným pohybům a narušenému chodu trávicího traktu. Zácpa nebo naopak inkontinence moči a stolice, respirační obtíže, poruchy spánku, psychické problémy, deprese a bolest představují další limity v životě pacienta. Rozvíjí se degenerativní a muskuloskeletální změny, deformity osového skeletu, skoliózy a zhoršuje se motorika (Himmelman et al., 2017, pp. 741-742). I když jsou fixní kontraktury běžné u spastických forem, u extrapyramidových typů DMO jsou spíše výjimkou (Mundkur, Sankar, 2005, p. 867).

Dystonie je výraznější a závažnější než choreoatetóza, což má zásadní vliv na každodenní činnost, kvalitu života a účast v sociální sféře. Mohou ji zhoršovat nespecifické podněty, včetně emocí, kognitivních úkolů, stresu, bolesti a úmyslu se hýbat. Naopak vždy poleví se spánkem. Dystonie ovlivňuje zejména držení těla, mobilitu, funkci ruky, orální motoriku a v menší míře i neverbální komunikaci. Lze říci, že trvalé svalové kontrakce typické pro dystonii omezují funkční schopnosti v mnohem větší míře než hyperkinetické znaky choreoatetózy. Obě pohybové poruchy se vyskytují generalizovaně ve všech oblastech těla (paže, nohy, trup, krk, ústa, oči) s vyšším vyjádřením na horních končetinách a podstatně rostou s aktivitou. Přestože patofyziologie dystonie i choreoatetózy není dosud známa, objevuje se několik hypotéz:

za jejich vznikem stojí ztráta inhibice způsobená nerovnováhou mezi přímou (excitační) a nepřímou (inhibiční) dráhou BG, dysfunkce senzorického zpracování a zhoršená plasticita v oblasti BG (Himmelman et al., 2017, p. 741).

K rozvoji klinického obrazu nedochází bezprostředně po narození. Dítě je obvykle zpočátku hypotonické, dystonie a abnormální pohyby se objevují mezi 5.-10. měsícem věku (Kraus a kol., 2004, p. 83). Nález může ukončit svou progresi až ve věku od 1 do 3 let (Mundur, Sankar, 2005, p. 867). U novorozenců pozorujeme často dystonické projevy ve smyslu přehnaného tzv. dystonického otevření úst, úlekových reakcí, pozitivního Moro reflexu, přetrvávajícího úchopového reflexu, výbavnosti novorozeneckých reflexů nebo nemožnosti vydržet v určité poloze po delší dobu. Následuje rozvoj mimovolních pohybů končetin a atetóza převažující na akrech. Proměnlivý svalový tonus a zhoršená kontrola trupu ztěžuje ontogenetický vývoj dítěte vedoucí k neschopnosti stoje a chůze. Pouze malá část pacientů zvládá samostatnou lokomoci a chůzi (Kraus a kol., 2004, p. 83).

V dospělém věku představuje největší deficit orofaciální problematika a postižení verbální komunikace. Svalový aparát páteře je přetěžován mimovolními a abnormálními pohyby, proto se velice brzy objevují četné vertebrogenní obtíže (Kraus a kol., 2004, p. 90). Příčinou předčasného úmrtí bývá respirační selhání způsobené aspirací a pneumonií (Himmelman et al., 2017, p. 741).

1.8.5 Ataktická forma DMO

Ataktická neboli cerebellární forma DMO je způsobena neprogresivní lézí a deficitem mozečku (Graham et al., 2005, p. 479). Jedná se o heterogenní skupinu, jejíž výskyt není příliš častý. Z hlediska etiologie převažují prenatální, ale i genetické faktory (Kraus a kol., 2004, p. 84).

Základní charakteristikou je ataxie označující ztrátu řádné svalové koordinace a podstatné narušení cílené motoriky ve smyslu hypermetrie a intenčního tremoru. Pohyby jsou prováděny s abnormální silou, rytmem a přesností (Bialik, Givon, 2009, p. 78). Vzhledem k pozdějšímu dozrávání cerebelárních struktur jsou prvotní příznaky patrné až dítě začíná chodit okolo 1-2 let věku a objevují se postupně s maturací mozečku nestabilní chůzí o široké bazi (Schwabová Paulasová, Daňková, 2018, p. 132; Kraus a kol., 2004, p. 84). Je narušena řečová komunikace a projev dítěte je nesrozumitelný. Cerebelární formu provází opožděný psychomotorický vývoj a u poloviny pacientů i epilepsie (Kraus a kol., 2004, pp. 84-85).

1.8.6 Neobvyklé formy DMO

Hypotonická (popř. atonická) forma DMO je charakterizována generalizovaným snížením svalového tonu, které přetrvává do 2-3 let věku, a není výsledkem primárně svalové poruchy nebo léze periferního nervu. U většiny dětí je předchůdcem dalších forem DMO – postupně se rozvíjí spasticita, dyskineze či ataxie se vznikem reziduí výše zmíněných klinických obrazů. Nejčastěji v návaznosti na hypotonickou formu DMO se objevují mozečkové deficity s inkoordinací při vykonávání rychlých úmyslných pohybů a ataxií (Maria, Menkes, Sarnat, 2006, pp. 403-404).

Hypotonie se u dětí vyskytuje méně často než spasticita, avšak může přecházet v hypertonus. Spasticita obvykle začíná distálně a s pomalou progresí pokračuje proximálně (Miller, 2005, p. 126-127). V případě, že hypotonická forma DMO přetrvává do dětství v důsledku rozsáhlých malformací mozku a nenastoupení maturačních změn vedoucích ke vzniku spasticity či dystonie, jedná se o nejtěžší formu DMO (Kraus a kol., 2004, p. 87). Provází ji nízká motorická kontrola s nedostatečnou stabilitou a hypermobilitou kloubů. Primárně jsou afektovány svaly, které jsou povšechně slabé, ochablé a nedokážou generovat dostatečnou svalovou sílu. V důsledku nedostatečné pevnosti dochází ke vzniku instabilit, dislokacím kloubům, deformitám, skoliózám apod. Kosti trpí osteopenií, osteoporózou a jsou vystaveny riziku opakovaných fraktur (Miller, 2005, pp. 126-127). Bývá popisováno také značné snížení intelektu (Trojan, 2005, p. 167). Při postižení mozkového kmene může dojít k rozvoji oftalmoplegie, ptózy, faciální diplegie, absenci fotoreakce zornice a dávivého reflexu (Kraus a kol., 2005, p. 87).

1.9 Vyšetření

DMO je klinická diagnóza stanovená na základě odběru mateřské, porodnické a perinatální anamnézy s důrazem na možné rizikové faktory, pravidelného screeningu novorozence a důkladného neurologického vyšetření s přezkoumáním vývojových milníků dítěte (Mundkur, Sankar, 2005, p. 867).

V minulém století převládala myšlenka, že se jedná o tzv. neviditelný handicap, a proto koncept včasné diagnostiky DMO u kojenců nebyl zdůrazňován. Dnes ale víme, že prvotní příznaky lze odhalit již v raných měsících života, a proto je všeobecně zastáván názor, že brzké stanovení diagnózy a neprodlené zahájení léčby jsou nezbytné pro minimalizaci dopadů zdravotního postižení (Morgan et al., 2019, p. 1599).

Vzory různých forem DMO se objevují postupně a u kojenců do 6 měsíců je obvykle obtížné je diagnostikovat s výjimkou velmi závažných případů (Mundkur, Sankar, 2005, p. 867). K odhalení diagnózy slouží především vyšetření pediatra a dětského neurologa, často však patologické nesymetrické odchylky v pohybovém vývoji odhalí rodiče (Trojan, 2005, pp. 134-135).

Protože je pohybový vývoj geneticky programovaný a víceméně i stereotypní, spočívá vyšetření ve sledování pohybových reakcí a reflexních odpovědí dítěte, odchylek od normy a srovnání kalendářního věku s věkem vývojovým (Angerová a kol., 2017, p. 250).

Pro děti vykazující při spontánním motorickém vývoji abnormální odchylky je vytvořena odstupňovaná klinická jednotka zvaná centrální koordinační porucha (CKP). Z CKP se nemusí rozvinout DMO, jedná se spíše o souhrn rizik než diagnózu. Dle stupně CKP se provádí neurologický screening a pomocná vyšetření (Kolář, 2009, p. 394).

Zakladatel České školy dětské neurologie, prof. Ivan Lesný, ve spolupráci s doc. Vladimírem Vlachem vypracovali dokonalé neurologické vyšetření novorozence, které dostalo celosvětového uznání podobně jako vývojová kineziologie a terapie dítěte vytvořená prof. Václavem Vojtou (Pfeiffer, 2007, p. 250). Neurologický screening zahrnuje jednak pravidelné a opakované vyšetření psychomotorického vývoje dle doc. Vlacha v prvním roce života – hodnocení stavu vědomí, spontánních projevů dítěte, svalového tonu, posturálního a lokomočního vývoje dítěte spolu s reflexy, a za druhé neurokineziologické vyšetření dle prof. Vojty obsahující sedm polohových zkoušek, které odhalují hybné poruchy dítěte (Kraus a kol., 2004, p. 93; Pfeiffer, 2007, p. 250). Prof. Vojta vytvořil komplexní rámec hodnotící několik základních hledisek: posturální aktivitu, posturální reaktivitu, primitivní reflexologii a svalový tonus (Kolář, 2009, p. 394).

1.9.1 Posturální aktivita

Posturální aktivita je spontánní motorika dítěte, zaměřuje se na opěrnou motoriku se vzpřimovacími a antigravitačními funkcemi a cílenou motoriku s hodnocením kvality úchopu a lokomoce. Je přesně kineziologicky definována, v rámci dané pohybové aktivity sledujeme kvalitu provedení a odchylky od normy. Posturální aktivita v jednotlivých fázích vývoje zahrnuje např. držení těla, schopnost opory, držení a otáčení hlavičky, přetočení ze zad na bříško, postupné vzpřimování a lokomoci (Kolář, 2009, pp. 95-105).

1.9.2 Posturální reaktivita

Posturální reaktivita se vyšetřuje pomocí polohových reakcí, kdy provokovaná změna polohy vyvolá reakci celého těla. Standardně využíváme 7 polohových testů: trakční test, Landauova reakce, axilární vis, Vojtova sklopná reakce, horizontální závěs podle Collisové, vertikální závěs dle Collisové, reakce podle Peipera a Isberta (Kolář, 2009, pp. 105-111).

1.9.3 Primitivní reflexologie

Primitivní reflexy, které u zdravých kojenců vyhasínají do šesti měsíců věku, přetrvávají u dětí s DMO déle (Mundkur, Sankar, 2005, p. 867). Jejich perzistence a vybavitelnost i po tomto období značí patologii a je odrazem abnormální kontroly a nezralosti CNS (Jones et al., 2007, pp. 149-150). Tyto nepodmíněné reflexy jsou řízeny na úrovni spinální a kmenové (Kolář, 2009, p. 111). Klinicky dle autorů Mundkur, Sankar (2005, pp. 867) jsou nejužívanější: Moroova reakce dále asymetrický tonický šijový reflex (ATŠR), dlaňo-čelistní reflex (Babkinův) a úchopový reflex (grasp reflex).

1.9.4 Svalový tonus

Mezi časné příznaky DMO je mimo zpoždění motorického vývoje i abnormální svalový tonus ve smyslu snížení (hypotonie) nebo i zvýšení (hypertonie, spasticita) různé distribuce.

U mnoha hypotonických kojenců dochází v průběhu času do 2-3 let k rozvoji spasticity či dystonie (Mundkur, Sankar, 2005, p. 867).

1.9.5 General movements

Prechtlova metoda kvalitativního hodnocení tzv. globálních pohybů (general movements, GM) slouží jako doplňkové neurologické vyšetření. Jedná se o objektivní a spolehlivý diagnostický nástroj pro včasné rozpoznání mozkové dysfunkce. Plod, novorozenec i kojenec mají během prvních měsíců života repertoár spontánních centrálně generovaných pohybových vzorců, z nichž právě GM jsou nejefektivnější pro hodnocení integrity CNS (Prechtl, 1997, pp. 1-2; Bernhardt et al., 2011, p. 633). Lze je pozorovat od 9. týdne gravidity, kdy se jedná o tzv. fetální pohyby, až do 5. měsíce života dítěte (Prechtl, 2001, p. 839). GM se týkají celého těla, vyznačují se proměnlivým sledem pohybů paží, nohou, trupu, krku a hlavy, jejich intenzita, síla a rychlost začíná a končí postupně. Díky častým změnám směru a rotace podél os končetin jsou pohyby plynulé, elegantní, komplexní a variabilní (Bernhardt et al., 2011, p. 633). Jejich kvalita se mění, jestliže je porušen nervový systém (Prechtl, 1990, p. 154). V rámci hodnocení

popisujeme řadu abnormálních vzorců: chudý repertoár GM, hypokineze, chaotické, křečovité synchronizované GM (Kolář, 2009, p. 95).

Charakter GM se okolo 9. týdne po narození mění v tzv. fidgety movements (FM), vrtkavé, neklidné, nepokojné pohyby. Jedná se o elegantní, proměnlivé, cirkulární pohyby krku, trupu a končetin střední rychlosti s variabilním zrychlením ve všech směrech. Při hodnocení se popisuje, zda jsou v normě, abnormální nebo chybějící (Bernhardt et al., 2011, p. 634). Odchyly a patologie jsou významné pro predikci neurologického postižení (Kolář, 2009, p. 95).

1.10 Diagnostika

Diagnóza DMO není snadná, bývá stanovena dle výše uvedených kritérií na základě relativně dlouhého období klinického pozorování (Kopyta, Sadowska, Sarecka-Hujar, 2020, p. 1508). K přiblížení etiologie využíváme také další pomocná vyšetření (Muntau, 2009, p. 523).

1.10.1 Zobrazovací metody

Magnetická rezonance (MR) CNS se doporučuje u předčasně narozených dětí a kojenců, u nichž ukazuje abnormality mozku, odhaluje anatomické anomálie charakteristické pro jednotlivé typy DMO, umožňuje lepší pochopení patogeneze, přispívá ke zjištění etiologie poškození CNS a strukturálně-funkčních souvislostí (Kopyta, Sadowska, Sarecka-Hujar, 2020, pp. 1508-1509; De La Cruz et al., 2017, p. 57). V roce 2016 byl pro děti s DMO publikován systém klasifikace zobrazování magnetickou rezonancí (MRICS). Jeho cílem je umožnit klinickým lékařům i specialistům jednoduchou interpretaci a klasifikaci výsledků MR mozku (Kopyta, Sadowska, Sarecka-Hujar, 2020, p. 1509; De La Cruz et al., 2017, p. 58).

Sonografické vyšetření CNS je méně častou zobrazovací metodou ve srovnání s MR a je indikováno u hemoragických lézí, PVL a multicystických encefalopatií (Muntau, 2009, p. 523). Určení etiologie prostřednictvím této zobrazovací metody nemusí být vždy přesné, proto jsou žádoucí i jiná vyšetření (Kraus a kol., 2004, p. 115).

Výpočetní tomografie využívající rentgenového záření a zobrazující měkkou tkáň mozkovou s rozlišením bílé a šedé hmoty je méně častou metodou z důvodu zatížení pacienta zářením, a tedy nemožnosti jej vícekrát opakovat v krátkém časovém období (Velemínský, Tomšíková, 2008, p. 93; Bartůněk a kol., 2016, p. 143).

1.10.2 Pomocné vyšetřovací metody

Elektroencefalografie (EEG) má význam u dětí s výskytem křečí, hypoxických lézí a vrozených vývojových vad kortexu (Muntau, 2009, p. 523). Videomonitoring EEG slouží k diagnostice epilepsie a kategorizaci záchvatů (Kopyta, Sadowska, Sarecka-Hujar, 2020, p. 1510).

Genetické a metabolické testy se provádí, pokud jsou v rodinné anamnéze dětské neurologické poruchy mající spojitost s rozvojem DMO (Mundkur, Sankar, 2005, p. 867). Hodnocení koagulace je indikováno u hemiparéz s prokázanými infarkty a pro vyloučení koagulopatie a CMP (Muntau, 2009, p. 523).

Kompletní hodnocení dítěte s DMO by mělo zahrnovat posouzení souvisejících deficitů, jako je vyšetření zraku, sluchu (audiometrie), řeči, senzorických projevů, hodnocení oromotorických funkcí a kognitivních funkcí (Mundkur, Sankar, 2005, pp. 867-868). Vzhledem k častým kognitivním poruchám se provádí pravidelné hodnocení psychomotorického vývoje a psychologické testy (Cans et al., 2007, p. 35).

Nelze opomenout ortopedické vyšetření z důvodu subluxací a dislokací kloubů, deformit, kontraktur a skolióz způsobených svalovou dysbalancí a spasticitou v průběhu vývoje (Mundkur, Sankar, 2005, p. 868).

1.10.3 Diferenciální diagnostika

DMO je třeba odlišit od jiných onemocnění podobné povahy a průběhu. Řada neurovývojových poruch v raném období života může být dočasná, zatímco progresivní motorické poruchy mohou mít zejména ve svém úvodu podobný klinický obraz jako DMO. Vezmeme-li v úvahu zrání CNS, plasticitu mozku, měnící se klinické projevy a obtížnou diferenciální diagnostiku, pak stanovení konečné diagnózy nelze v některých případech provést dříve než za několik let (Kopyta, Sadowska, Sarecka-Hujar, 2020, pp. 1510, 1512). Těžší formy DMO lze rozpoznat i v prvních týdnech života kojence, naopak jiné mají tzv. silent period neboli období, kdy potenciální diagnóza DMO nemá výrazné neurologické příznaky (Kraus a kol., 2004, p. 110). Definitivní diagnóza se nestanovuje na základě jediného aspektu, ale je výsledkem opakovaných vyšetření a hodnocení dítěte (O'Shea, 2008, p. 817). DMO je z hlediska diferenciální diagnostiky nutné odlišit od neurodegenerativních onemocnění, metabolických poruch a geneticky podmíněných postižení CNS (Jones et al., 2007, p. 149).

1.11 Hodnocení DMO

Pro hodnocení funkční motorické schopnosti jedince s neurologickým postižením vyvinul Palisan a kol. celosvětově uznávanou, široce užívanou a spolehlivou škálu zvanou Gross Motor Function Classification System (GMFCS) (Bialik, Givon, 2009, p. 78). Definuje závažnost motorického postižení, limitace, úroveň hrubé motoriky a mobility dítěte a hodnotí jeho nezávislost při provádění základních motorických funkcí (volní hybnost, sed, chůze samostatná nebo s kompenzačními pomůckami, přesuny, lokomoce) (Morgan et al., 2019, p. 1599; Cameron et al., 2006, p. 427; Kopyta, Sadowska, Sarecka-Hujar, 2020, p. 1507). Popisuje pět stupňů (viz tabulka č. 1, p. 59) dle způsobu lokomoce pro pět věkových kategorií (2 roky, 2-4 roky, 4-6 let, 6-12 let, 12-18 let) (Barlett, 2008, p. 744). Mimo jiné se používá jako nástroj k predikci dlouhodobé mobility a motorického vývoje u DMO (Bailes et al., 2018, pp. 1264-1265).

Protože stupnice GMFCS postrádá hodnocení obratnosti rukou, doporučuje se ji doplnit o tzv. Bimanual Fine Motor function (BFMF) vyjadřující schopnost úchopu a manipulace s předměty oběma rukama nezávisle na sobě (Andersen et al., 2016, pp. 1-2). Další variantou je tzv. The Manual Ability Classification System (test manuálních schopností, MACS) (Eliasson, Krumlind-Sundhorm, Ohrvall, 2014, p. 185). Na úrovni tělesné struktury a funkce lze použít Asworthovu škálu pro hodnocení spasticity (Kraus, 2011, p. 222).

1.12 Terapie

Pro léčbu DMO je klíčové časné určení diagnózy a intenzivní rehabilitace, multidisciplinární přístup a spolupráce (Seidl, 2008, p. 144). Velmi významnou část léčby tvoří fyzioterapie, ergoterapie, logopedie, speciální pedagogika a podpora psychologického odborníka (Muntau, 2009, p. 523). V rehabilitaci se soustředíme na rozvoj hybnosti zejména reflexními postupy a mechanismy. Včasná rehabilitační léčba přispívá ke zlepšení klinického obrazu nemoci, kvality života a životních podmínek (Seidl, 2008, p. 144). V raném věku je našim cílem co nejvíce ovlivnit mozkovou tkáň, zejména s využitím její neuroplastické funkce, a osvojit pacientovi nové motorické vzory (Kolář, 2009, p. 399). Vhodné jsou veškeré metody na reflexním a neurofyziologickém podkladě. V poslední době se klade důraz na multisenzorickou stimulaci dítěte, která se dotýká všech lidských smyslů. Smyslové podněty velice příznivě stimulují CNS a podporují rozvoj psychomotoriky. Zejména v řešení sekundárních poruch a komplikací má své uplatnění operační chirurgická léčba (Muntau, 2009, p. 523).

1.12.1 Kinezioterapie

Kinezioterapie zahrnuje obnovení ztracených pohybových vzorců nebo tvorbu nových, které mohou kompenzovat nenávratně ztracené funkce prostřednictvím motorických aktivit. Důležité je osvojení takových dovedností, jež se přirozeně objevují v různých fázích vývoje, v jejich fyziologickém sledu. V terapii DMO existuje mnoho specializovaných neurofyziologických rehabilitačních metod. Dvě hlavní jsou: neurovývojová léčba (NDT, Bobath terapie) a Vojtova reflexní lokomoce (VRL) (Kopyta, Sadowska, Sarecka-Hujar, 2020, pp. 1513-1514).

V novorozeneckém a kojeneckém věku se jeví jako vhodná metoda Vojtovy reflexní lokomoce s facilitací a aferentní stimulací daných spouštěvých zón vyvolávající automatické lokomoční pohyby (Trojan, 2005, p. 142). Vojtova metoda nevyžaduje vědomou spolupráci pacienta a je založena na dvou základních pohybových prvcích (globálních vzorech): reflexní plazení a reflexní otáčení (Annegret, Vojta, 2010, pp. 4-5). Přesná výchozí poloha a cílený zásah na periférii vyvolá také přesnou motorickou odpověď (Kolář, 2009, p. 266). VRL ovlivňuje řízení tak, že podněty vysílané do CNS aktivují přirozené a vrozené schopnosti pacienta a zapojují je do spontánního pohybu (Kolář, 2009, p. 272). Cílem VRL je zlepšení kvality dosavadních vzorců, globální změna v držení těla, zlepšení koordinace pohybů a stimulace vývoje lokomoce a vzpřimování. U aplikace Vojtovy metody je stanovena frekvence cvičení čtyři krát denně a délka cvičení je dle věku a tolerance dítěte. Předpokladem úspěšné terapie je zkušenost terapeuta a správná edukace rodiny (Kolář, 2009, p. 272; Trojan, 2005, pp. 147-148).

Dále lze zmínit Bobath koncept pro děti s DMO, jehož základem je podrobné vyšetření, klade se důraz na správný handling a senzomotorickou stimulaci (Trojan, 2005, p. 142). „Cílem terapie je posílit soběstačnost a samostatnost dítěte“ (Kolář, 2009, p. 400). Vede k inhibici vývojově starých reflexů a facilitaci vývojově mladších vzpřimovacích mechanismů dle ontogenetického sledu, využívá stimulační techniky, nejčastěji tzv. tapping nebo brushing (Trojan, 2005, p. 151). Terapie je prováděna po celý den, předchází ji kvalitní vyšetření a komplexní hodnocení toho, co dítě zvládne samo, s dopomocí či nedokáže vůbec. Využívá handling, principy zevní opory, kompenzačních pomůcek, motivaci dítěte pro hru a správné polohování (Kolář, 2009, p. 400). Do terapeutického procesu je zapojena rodina i celý tým pečující o dítě. Ve srovnání s VRL předpokládá metoda manželů Bobathových i spolupráci dítěte (Trojan, 2005, p. 151).

Po absolvování některé z reflexních terapií lze navázat metodikou profesora Tardieu zabývající se také sociální integrací, intelektem, vzděláním a chováním dítěte

z psychologického hlediska. Na základě různých testů srovnává, zda se dítě chová jako průměrně zdravé nebo se u něj objevují známky opožděného vývoje (Trojan, 2005, p. 163).

Metoda dle Petöho vychází z předpokladu, že porucha učení je základ pro motorickou poruchu (Kolář, 2009, p. 400). Konduktivní pedagogika si klade za cíl soběstačnost pacienta. Dítě vlastní aktivitou překonává handicap. Využívá různé formy stimulačních faktorů: zábavné učení, kognitivní trénink, rytmické zvukové projevy, úprava prostředí a nábytku, rozvíjí sociální vazby, práci ve skupinách a působí motivačně (Kolář, 2009, p. 312).

Castillo Morales je neurofyzilogicky orientovaný koncept sloužící k orofaciální terapii zejména u hypotonických pacientů. Prostřednictvím stimulace dutiny ústní, jazyka, rtů a mimických svalů tonizuje orofaciální muskulaturu, má význam pro psychomotorický vývoj dítěte, rozvoj řečových funkcí, korekci dýchání a pozitivní ovlivnění dysfagie (Bendová, Zíkl, 2011, pp. 118-119).

V terapii DMO mají své místo také facilitační Metodika dle Margaret Roodové, multisenzorická stimulace podle Affolterové nebo proprioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF) s využitím diagonálních pohybů. Technika Collisové poskytuje rodičům instruktáž, jak s dítětem v běžném každodenním životě zacházet (Kolář, 2009, p. 307).

1.12.2 Operační terapie

Aktivní léčba spasticity je nutná v prevenci vzniku bolestivých kontraktur, muskuloskeletálních deformací a pro podporu optimální funkce (O'Shea, 2008, p. 822). V případě neúčinnosti konzervativních metod pro ovlivnění spasticity se přistupuje k invazivním neurochirurgickým operacím: kontinuální intratekální infuze baklofenu prostřednictvím pumpy, selektivní dorzální rhizotomie zahrnující přerušení části aferentních nervových vláken v lumbosakrální oblasti a snižující spasticitu zejména na dolních končetinách a selektivní periferní neurotomie s přerušením části vláken periferního nervu inervujících určitou svalovou skupinu (Kjaersgaard-Hansen et al., 2015, p. 499; Chen et al., 2018, p. 413; Mazroue et al., 1997, p. 251).

Důležitou roli v rámci terapeutického procesu pacientů s DMO hraje ortopedická korekce osteoartikulárních deformit narušujících sed, stoj i chůzi (Berker, Yalcin, 2008, p. 1219). Z dynamických kontraktur se postupně stávají statické vyžadující operační uvolnění (Gallo, 2011, p. 67). Nejčastější intervence jsou prováděny v okolí kyčelního kloubu zaměřující se zejména na addukční kontraktury vedoucí k subluxaci až luxaci kloubu. V případě kolenního kloubu je častá flekční kontraktura hamstringů, v oblasti nohy se vytváří různé deformity typu pes equinus (Gallo, 2011, p. 67). Kontraktury lze korigovat chirurgickými postupy pro

uvolňování a prolongaci šlach. Osteotomie upravuje varózní, valgózní a torzní deformity, artrodéza pak stabilizuje klouby a segmenty. Spinální fúze upravuje deformity páteře. Korekce kloubů podporuje zvýšení stability a opory, usnadňuje lokomoci a chůzi (Berker, Yalcin, 2008, p. 1219). Ortopedická terapie musí být integrována do dlouhodobé péče o pacienta s DMO a veškeré intervence musí být individuálně plánované a časované (Sharan, 2017, p. 250).

Z hlediska technické ortopedie se využívají různé typy ortéz, kompenzační pomůcky a korzety pro zlepšení chůze, funkce horních končetin a stabilizaci trupu (Gallo, 2011, p. 67).

Chirurgická léčba řeší i gastroenterologickou problematiku (poruchy výživy, gastroezofageální reflux, obstrukce) vyžadující speciální terapeutické postupy (Huls et al., 2017, p. 243).

1.12.3 Farmakoterapie

Farmakoterapie je v terapii DMO suplementární, uplatňuje se k ovlivnění spasticity omezující aktivní i pasivní pohyb, dystonie nebo epilepsie. Aplikace botulotoxinu injekčně do postižených svalových skupin brání uvolňování acetylcholinu na nervosvalové ploténce, dojde k chemické denervaci, vzniku obrny a snížení svalového napětí. Indikace jsou vždy posuzovány individuálně, nejčastěji jsou to hypertonie (spasticita) a dystonie způsobující sekundární deformity pohybového aparátu, kontraktury a omezenou hybnost. V případě generalizované spasticity se užívá baklofen a benzodiazepinové deriváty (diazepam, tetrazepam) (Aisen, Delgado, Hirtz, 2010, p. 337).

Medikamentózní léčba je metodou první volby v léčbě epilepsie. Vzhledem k faktu, že epilepsie u dětí s DMO je často na léky rezistentní a účinnost farmak je u DMO nižší než u dětí s izolovanou epilepsií, může se jednat o velkou terapeutickou výzvu. Průběh epilepsie a její léčba do značné míry závisí na typu a závažnosti DMO (Kopyta, Sadowska, Sarecka-Hujar, 2020, p. 1515). K léčbě epilepsie se přistupuje dle obecných pravidel antiepileptické terapie (Muntau, 2009, p. 523).

2. Virtuální realita v terapii dětí s DMO

2.1 Technologie v terapii DMO

Zejména v posledním desetiletí došlo za podpory inženýrských výzkumů, technického pokroku a komerce k prudkému rozvoji nových technologií a systémů v oblasti zdravotní péče. Využívají se různé robotické technologie s cílem zlepšení kvality pohybu, poskytnutím zpětné vazby a rozmanitou typologií (přístroje pro trénink chůze, horní končetinu, dolní končetinu a další). U pacientů s poruchami řeči jsou klíčové augmentativní a alternativní komunikační systémy podporující nebo zcela nahrazující běžné dorozumívání. Některé robotické systémy byly vyvinuty s úmyslem pomáhat s pohybovými aktivitami v rámci běžných denních činností (activity of daily living, ADL), socializací a podporou nezávislosti u lidí s motorickým deficitem (Krebs, Volpe, 2013, pp. 287; Reyes, Niedzwecki, Gaebler-Spira, 2020, pp. 117-121; Scarton et al., 2018, pp. 2-3). Přestože k integraci virtuální reality (VR) do oblasti medicíny došlo teprve nedávno, našla své uplatnění zejména v neurorehabilitaci (Gatica-Rojas, Rebolledo, 2014, pp. 888-889).

2.2 Virtuální realita

Virtuální realita je definována jako „použití interaktivních stimulací vytvořených pomocí počítačového hardwaru a softwaru k tomu, aby se uživatelé měli možnost zapojit do prostředí, která se zdají být podobná reálným objektům a událostem“ (Weiss et al., 2004, p. 12).

2.3 Virtuální realita ve fyzioterapii

Kolem pojmu VR ve fyzioterapii se v průběhu její poměrně krátké historie rozmohla řada diskusí, debat a konferencí (Riva, Wiederhold, Mantovani, 2019, p. 82). Poprvé byla VR integrována do rehabilitace v roce 1990 a od té doby se neustále vyvíjí (Aran et al., 2020, pp. 45-46). V dnešní době pro svůj potenciál oslovuje stále více příznivců, a proto ji pokládáme za jeden z inovativních přístupů v rehabilitaci (Riva, Wiederhold, Mantovani, 2019, p. 82). Pro tento typ terapie se využívá nejrůznějších přístrojů, technik a metod, které podléhají neustálému zdokonalování.

2.3.1 Systémy virtuální reality v neurorehabilitaci

Virtuální realitu lze považovat za pokročilou formu interakce člověka s počítačem, která umožňuje uživatelům ponořit se do uměle vytvořeného virtuálního prostředí (Crocetta et al., 2018, p. 2). Konstrukce a dostupnost systémů VR se mnohdy liší. Některé studie používají interaktivní komerční videohry, jiné zase speciálně upravenou technologii, která je přizpůsobena terapeutickým účelům, zahrnuje analýzu pohybu a umožňuje zpětnou vazbu pro pacienta i terapeuta (Gaebler-Spira, Niedzwecki, Reyes, 2020, pp. 117-118). VR dělá rutinní cvičení a terapii poutavou, umožňuje vysoký počet opakování, je pro pacienta zábavná a bezpečná. Simulací reálného úkolu lze dosáhnout vysoké motivace a maximalizace zapojení dítěte do rehabilitace (Galvin, Levac, 2011, p. 113). Klíčovou vlastností aplikace VR je interakce s virtuálním světem v reálném čase pomocí aktivace různých multisenzorických vstupů (audiovizuální, vestibulární, propioceptivní, taktilní, čichový). V praxi se využívají rozhraní VR: Nintendo® Wii, Sony PlayStation 2, X Box Kinect a EyeToy s aplikací speciálně vyvinutých her určených pro terapeutické účely (Gatica-Rojas, Rebolledo, 2014, pp. 888-889). VR sama o sobě se skládá ze speciálních brýlí s obrazovkami vysokého rozlišení a dvou ručních ovladačů, popř. senzorů umístěných na končetinách. Celý systém je kompatibilní s počítačovou VR, může být doplněn o různé zevní opory držící trup nebo fixující dolní končetiny. Specializované systémy VR využívají různé hry – pohyb ruky jedince zrcadlí ruka Avatara ve virtuálním prostředí, což se využívá např. pro selektivní trénink pronace a supinace předloktí. Komerční systémy VR pak zprostředkovávají prvky všeobecně známých her (bowling, fotbal, plážový volejbal) do virtuálního prostředí. Každá aplikace klade určité nároky na provedení a zaměřuje se na dosažení různých cílů (ovlivnění balance, přenos těžiště, chůze, aktivní pohyby v daných kloubech, kontrola končetin nebo trupu) (viz tabulka č. 2, p. 59) (Sang-Duck et al., 2018, p. 96).

2.3.2 Aplikace virtuální reality v neurorehabilitaci

Využití VR a její aplikace je částečně založeno na změnách neuroplasticity a pozorované reorganizaci neurálních sítí v mozkové tkáni jedince (Gatica-Rojas, Rebolledo, 2014, p. 889). Efektivita senzomotorického tréninku spočívá v zapojení rozsáhlých motorických a percepčních oblastí kůry prostřednictvím zpětné vazby (Gaebler-Spira, Niedzwecki, Reyes, 2020, p. 120). Mechanismy neurálních změn a aktivace na kortikální a subkortikální úrovni stále nejsou jasně definovány (Le et al., 2014, p. 1628).

2.4 Efektivita terapie s využitím virtuální reality u DMO

Tento druh terapie využívá interaktivních stimulací reagujících na pohyb uživatele a je zpětně ovlivňován reakcí dítěte, které může interagovat ve virtuálním prostředí při vykonávání funkčních aktivit. Huber et al. (2019, pp. 11-13) shrnul několik atributů vedoucích ke zlepšení efektu rehabilitace: systém VR spolu s různými hrami vytváří dětem prostředí s nastavitelnou délkou trvání, intenzitou a frekvencí cvičení. Poskytuje jim prostředí podobné reálnému světu, takže děti mohou provádět postupy specifické pro daný úkol. Ve virtuálním prostředí lze snadno upravit obtížnost úkolu, aby byl dostatečnou výzvou pro dítě. Výhodné je také získání okamžité akustické a vizuální zpětné vazby související s prováděným úkolem či výsledky. Hry prostřednictvím VR poskytují dětem příležitost zaměřit se na úlohy s cílem optimalizovat motorické učení, což může časem vést k změnám neuroplasticity mozku. Zároveň zvyšují motivaci dítěte a zapojení rodinných příslušníků, vrstevníků, učitelů a terapeutů do hry. Tento fakt příznivě ovlivňuje sociální interakci dítěte. Ve virtuálním prostředí lze upravit nebo odstranit různé bariéry okolního prostředí. Proto je optimálním cílem této intervence pomoci dětem ve zvyšování participace a postupným překonáváním a přizpůsobováním se enviromentálním překážkám prostřednictvím interakce ve virtuálním prostředí přenášet získané dovednosti do reálného světa. Díky těmto atributům může tedy VR účinně zlepšit narušenou strukturu a funkci těla dítěte (zlepšit rozsah pohybu, zvýšit svalovou sílu) a snížit limitující faktory a aktivity (zlepšení dosahu, úchopové funkce nebo schopnosti pohybu). Ovlivňuje také „osobní faktory“ dítěte (zvýšená motivace a sebevědomí) (Fanchiang, Howard, Chen, 2018, pp. 64-65).

Intenzita tréninku je jedním z klíčových prvků pro efektivní rehabilitaci, proto důležitou výhodou VR je potenciál ke zvýšení intenzity terapie. Děti upřednostňují výběr hry a zábavné aktivity před vykonáváním běžných cvičení v rámci typické rehabilitační relace.

Je možné, že se děti s kognitivní nebo závažnou smyslovou či motorickou poruchou nebudou moci aktivně účastnit tohoto specifického způsobu tréninku. Při sestavování plánu výcviku s využitím VR musí být brán ohled na individuální pohybové deficity. Soustředíme se na jednoduché i bimanuální činnosti, na progresi zvyšování časové i prostorové obtížnosti úkolu, výběr aktivity dle věku a zájem nemocného.

Trénink ve virtuálním prostředí má velký potenciál být součástí kádru rehabilitačních možností, protože může vést k intenzivnějšímu tréninku s relativně nízkými náklady. Vzhledem k dostupnosti komerčních systémů se může stát také užitečným domácím programem (Hung, Gordon, 2018, pp. 334-335).

2.4.1 Vliv virtuální reality na hrubou motoriku

Jak už bylo řečeno, děti s DMO mají značný motorický deficit, který je limituje v lokomoci, ADL a sociální participaci. Mezi nejvíce omezující faktory hrubé motoriky patří posturální stabilita (Bax et al., 2005, p. 571). Motorický trénink ve virtuálním prostředí umožňuje simulovat komponenty reálného fyzického světa a individuálně je upravovat výběrem nejvhodnějšího motorického pohybu a funkce pro daného jedince. Studie Arnoni et al. (2019, p. 194) se zaměřila na zkoumání účinků intervence založené na VR prostřednictvím aktivních videoher a jejich vlivu na posturální stabilitu a hrubou motoriku dětí s mírným stupněm DMO. Hodnocení a porovnání výsledků probíhalo dle škály GMFCS. Výsledky studie ukázaly, že terapie založená na VR zlepšuje hrubou motoriku dětí s mírnou DMO, oproti tomu však ani po osmi týdnech terapie děti nevykazovaly ve vzpřímeném stoji větší posturální stabilitu.

Aran et al. (2020, pp. 6-7) výrazně přispěl svými poznatky o tom, že používání VR dramaticky zlepšilo hrubé motorické funkce dětí s DMO stejně jako jejich úroveň nezávislosti v ADL. Funkční stav jedince v běžných denních činnostech je v rehabilitaci významný z hlediska péče o sebe, přesunů, lokomoce, komunikace a sociální interakce. Proto je častým cílem a motivací pacientů zlepšení samostatnosti pro každodenní aktivity. Studie prokázala, že došlo ke statisticky podstatnému zlepšení nejen z hlediska rovnováhy, ale i rychlosti a hbitosti, bilaterální koordinace a síly.

Navíc také doplnil, že v průběhu osmitýdenního procesu terapie VR byl mimo výrazné zlepšení hrubé motoriky pozorován i rozvoj jemné motoriky (Aran et al., 2020, p. 51). VR lze tedy považovat za slibnou adjuvantní intervenci vedoucí ke zlepšení hrubých motorických funkcí u dětí s DMO doplňující rutinní terapii (Arnoni et al., 2019, pp. 193-194).

Postupné zdokonalování systémů VR znamená možnost přenosu do domácího prostředí a větší intenzitu opakování, čímž je podpořena účinnost terapie (Jinlong, Zhanbing, 2019, p. 3885).

2.4.2 Vliv virtuální reality na rovnováhu

Rovnováha neboli balance je základním prvkem, který pomáhá jedincům učit se a dosahovat nových úrovní motorických dovedností (Chen et al., 2013a, p. 917). Je důležitá pro rozvoj chůze a je považována za důležitý indikátor pro hodnocení motoriky u dětí s DMO (Loprinzi et al., 2019b, p. 102). Udržování rovnováhy vyžaduje nepřetržité zpracovávání dat z několika systémů, tzn. vestibulárního, zrakového a propioceptivního. U neurologických onemocnění jako je DMO jsou rovnovážné funkce narušeny. Virtuální prostředí v tréninku balance uživateli poskytuje neustálé vizuální informace využitelné jako senzorickou zpětnou vazbu

vestibulárnímu systému k vytvoření kvalitních účelných pohybů. Navíc trénink společně s virtuální postavou na obrazovce poskytuje možnost zrcadlení a modulování pohybů v reálném čase (Kong et al., 2019, p. 1152). Terapie založená na VR má pozitivní roli ve zlepšování rovnováhy u dětí s DMO. Je však třeba věnovat pozornost i dlouhodobému dopadu VR na bilanci a doplnění parametrů terapie (délka, frekvence a počet opakování, celková doba trvání terapeutického procesu) pro vytvoření kompletního teoretického základu intervence (Loprinzi et al., 2019a, p. 4161). Přestože nebyly pozorovány žádné nežádoucí účinky, je doporučeno využívat systémy VR jako doplněk ke konvenční terapii rovnováhy (Lambregts, Van de Port, Warnier, 2020, p. 8).

Meyns et al. (2017, pp. 39-40) věnovali pozornost dětem s DMO po ortopedické operaci dolních končetin, u kterých bylo narušení rovnováhy zřetelné a invalidizující. Prostřednictvím škály Trunk Control Measurement Scale (TCMS) hodnotili rovnováhu dětí v sedu před, v průběhu a na konci hospitalizace v rehabilitačním centru, kdy běžná konvenční fyzioterapie byla doplněna o trénink VR. TCMS je platný a spolehlivý nástroj pro hodnocení statické a dynamické rovnováhy vsedě a je speciálně vyvinut pro děti s DMO (Meyns et al., 2017, p. 40; Heyrman et al., 2011, p. 2625). Hodnocení statické rovnováhy v sedě zahrnuje pět položek (např. schopnost vzpřímeného sezení a držení po dobu 10 sekund), dynamická rovnováha je pak složena ze dvou částí: selektivní ovládání pohybu (např. otáčení horního trupu s hlavou fixovanou ve výchozí poloze) a dynamické dosahové aktivity (např. dosah dopředu a do strany). Každý úkol je klasifikován a ohodnocen maximálně čtyřmi body. Celkové skóre TCMS je 58 bodů, přičemž vysoké skóre odráží dobrou rovnováhu. Z VR systému byl použit Nintendo Wii Balance Board se speciálně vyvinutými hrami pro řešení dané problematiky, kdy se děti prostřednictvím letadla museli pohybem horní poloviny trupu mediolaterálně vyhnout překážkám. V další hře se pak zaměřili na sundávání boxů z police a v neposlední řadě odkrývali a odhalovali obrázek prostřednictvím pohybů horních končetin v prostoru (anteroposteriorně a mediolaterálně). Vše vykonávali za předpokladu vzpřímeného sezení na balanční desce a neustálého instruování fyzioterapeutem. Zahrnutí tréninku prostřednictvím VR do běžné fyzioterapie vede ke zlepšení rovnováhy u dětí s DMO po ortopedické operaci dolních končetin. Klíčovým prvkem je také zvýšení motivace dítěte a tím i zvýšený počet opakování a lepší funkční výsledky terapie důležité pro ovlivnění neuroplasticity (Meyns et al., 2017, p. 40). Také Porter a Wade (2012, p. 128) v randomizované studii tvrdí, že počítačové hry zahrnující pohyby a naklánění horní části těla mohou zlepšit rovnováhu v sedu u dětí s DMO.

Kromě menších dětí s DMO lze VR využít také u adolescentů prostřednictvím ambulantní rehabilitace. Adolescenti reagují i na krátkodobý, vysoce intenzivní trénink prostřednictvím VR a vylepšují tak svůj pohybový repertoár a strategie. Zlepšení rovnovážných dovedností vyrovnává funkční omezení, vede k lepším motorickým výkonům a umožňuje účast na fyzické a sportovní aktivitě mezi vrstevníky. Studie Brien a Sveistrup (2011, pp. 264-265) zkoumala účinek intenzivního tréninkového programu VR na rovnováhu a mobilitu u dětí s DMO ve věku od 13 do 18 let s mírným stupněm postižení a klasifikovanou úrovní GMFCS I. Primárně užitými aplikacemi byly: fotbal, snowboard, Sharkbait a Zebra Crossing v kombinaci se slovním vedením terapeuta k pochopení cíle úkolu. Aplikace vyžadovaly balanci, koordinaci, přesouvání těžiště, nepředvídatelné změny poloh do podřepu, bočního výpadu, jednooporového stoje a poskoky. Výsledky krátkodobé intenzivní intervence ukázaly zlepšení rovnováhy a motorických dovedností s přenosem a integrací do situací každodenního reálného života.

2.4.3 Vliv virtuální reality na chůzi

V rámci DMO se rozvíjí řada muskuloskeletálních změn a sekundárních poruch, např. spasticita, svalové kontraktury, kostní deformity, svalová slabost a poruchy koordinace postihující zejména dolní končetiny (Alsaif, Alsenany, 2015, p. 2001). Chůze a její časoprostorové charakteristiky (rychlost, délka kroku, kadence) jsou tedy zřetelně narušeny (Armend, Bonnefoy-Mazure, Decoulon, 2016, p. 449; Fanchiang, Howard, Chen, 2018, p. 65). Fyzická inaktivita způsobena těmito deficity zvyšuje riziko dalších problémů: bolest, dekubity, omezení pohyblivosti segmentů a sociální izolace. Děti s DMO mají tendenci k nižší vytrvalosti a svalové síle, limitací je i snížená kardiorepirační zdatnost (Ghai, Shashank, 2019, p. 236). Všechna tato fakta vyjadřují nutnost motivace pacienta k rehabilitaci a pohybové intervenci. Inovativní přístup může představovat trénink ve virtuálním prostředí. Nedávné studie uvádějí příznivý vliv tréninkových strategií ve VR, které významně ovlivňují chůzi u dětí s DMO (Fanchiang, Howard, Chen, 2018, p. 71; Inzelberg et al. 2018, p. 1017). Jejich autoři naznačují, že tento způsob terapie může pacientovi umožnit získání motorické dovednosti při interakci se situacemi z reálného života (Effenberg, Ghai, Ghai, 2018, p. 303). Pro ovlivnění chůze je klíčová multisenzorická zpětná vazba pro uživatele i terapeuta, facilitace motorického plánování a vnímání, možnost nastavení obtížnosti úkolu a prostředí VR, oprava chybných pohybových vzorů či volba kognitivní zátěže dle schopností daného jedince (Levin, Saposnik, 2011, pp. 1380-1381).

Metaanalýzy odhalily pozitivní vliv tréninku na rychlost chůze, délku kroku, kadenci a hrubé motorické funkce (Ghai, Shashank, 2019, p. 236). Zlepšení časoprostorových

parametrů chůze lze navíc připsat podstatným změnám síly a kinematiky v oblasti kotníků a kolenních kloubů (Bonato et al., 2010, p. 436). Podle Chen et al. (2013b) může trénink založený na VR podstatně zvýšit isokinetickou svalovou sílu a množství fyzické aktivity vykonávané dětmi s DMO. Na základě informací od Ghai a Shashank (2019) lze říci, že trénink ve VR zlepšuje výkon při chůzi u dětí s DMO za předpokladu efektivního dávkování terapie: doba trvání je v rozsahu od 20 do 30 minut, opakování nejvýše čtyřikrát týdně po dobu více než osmi týdnů.

Některé studie uvádí zvýšené aktivace v primární, sekundární motorické, senzomotorické a premotorické kůře u pacientů s DMO po tréninku ve VR (Cameirao et al., 2010, pp. 1-2; Bagce et al., 2011, p. 8118).

V současné době je možné použití pohybových interaktivních her v domácím prostředí např. prostřednictvím Nintendo Wii Fit. Děti s DMO tak vykonávají pravidelnou fyzickou aktivitu, která je pro ně motivující a zábavná. Dochází proto ke zvýšení funkční svalové síly, zlepšení základních motorických dovedností a efektivit chůze (Alsaif, Alsenany, 2015, p. 2001).

Naproti tomu Biffi et al. (2018) v Nizozemsku vytvořili speciální intervenci zaměřenou na chůzi prováděnou v interaktivní laboratoři Gait Real-time Analysis Interactive Lab (GRAIL). Systém GRAIL je inovativní platforma integrující běžecký trenažér s 180° projekční plochu cylindrického tvaru založená na VR (viz příloha č. 7, p. 58). Trénink na běžeckém pásu je řazen mezi tradiční fyzioterapeutickou proceduru, která se osvědčila jako účinný prostředek k dosažení chůze a lepších pohybových vzorců díky aktivnímu opakování specifického úkolu pro podporu motorického učení. V poslední době je tato standardní léčba doplněna o moderní technologie, konkrétně o systémy VR. GRAIL systém se užívá pro hodnocení a rehabilitaci dětí s DMO a dalších neurologických pacientů. V rámci čtyřtýdenního tréninku děti absolvovaly cvičení ke zlepšení schopnosti chůze a rovnováhy pomocí poutavých prostředí VR (přenos zátěže během lyžování, vyhnutí se překážkám, střílení míčů na cíl, chůze v podřepu apod.).

Intervence prostřednictvím systému GRAIL se ukázala v terapii chůze u dětí s DMO jako účinná. Na základě hodnocených parametrů vedla ke zlepšení mobility, hrubé motorické funkce, vytrvalosti, balance, celkové koordinace a plynulosti lokomoce. Chůze účastníků se zlepšila také z hlediska kinematických parametrů. Byly pozorovány pozitivní změny ve schopnosti přenášet těžiště, v práci s rovnováhou a udržení jednooporového zatížení (Biffi et al., 2018, pp. 1382-1383).

Trénink s využitím kombinace běžeckého pásu a virtuálního prostředí je v rehabilitaci hrubé motoriky a chůze efektivnější než pouhá terapie na běžeckém trenažéru bez VR (Hwang

et al., 2016, pp. 217-218). Experimentální výsledky ukazují, že technologie VR v terapii může zlepšit účinnost rehabilitace dětí s DMO o více než 30 %. Oproti konvenční terapii se zaměřuje především na dalekosáhlé účinky. Pravidelným, správně indikovaným a dávkovaným tréninkem s využitím VR lze v některých případech zlepšit mobilitu dolních končetin až o 80 % (Gao et al., 2021, p. 1).

Jedním z hlavních problémů DMO je snížená selektivní kontrola pohybu (Gage, Novacheck, 2001, p. 266). Změněné selektivní motorické ovládání pánve a trupu brání efektivní chůzi a tím i činnostem každodenního života. Slibnou záležitostí by mohla být hra zvaná Goblin Post Office (GPO) odvozená z koncepčního rámce Targeted Training ve virtuálním rehabilitačním systému Caren. Podstatou tréninku je ovládání pohybu létajícího draka selektivními rotačními pohyby pánve kolem svislé osy nezávisle na trupu (viz příloha č. 8, p. 58). Zpětnou vazbu poskytuje optoelektronický systém připojený v oblasti hrudní páteře a pánve. Těsnější spojení pánve s trupem se jeví jako kompenzační mechanismus, který umožňuje dítěti vylepšit kontrolu pánve nepřímo tím, že ji uzamkne k lépe kontrolovanému trupu. Terapie prostřednictvím GPO ve virtuálním prostředí vede ke zlepšení izolované rotace pánve nezávisle na trupu. Po absolvování rehabilitačního programu je pohyb více kontrolovaný a vytváří lepší předpoklady pro chůzi (Barton, Foster, Hawken, 2013, p. 15).

2.4.4 Vliv virtuální reality na jemnou motoriku a funkci horní končetiny

DMO doprovází od raného stádia života motorické poruchy, posturální obtíže a změny svalového tonu způsobující omezený pohyb horních i dolních končetin a rozvoj deformit. Tyto problémy přispívají k omezenému využívání končetin v ADL. V důsledku postižení horní končetiny od ramenního kloubu až k akrální části je narušena i jemná motorika ruky – manipulace s hračkami, psaní, kreslení apod. U dětí s DMO se mohou vyvinout dlouhodobé strukturální a funkční obtíže, jako je trvalé držení palce v ruce, dislokace metakarpofalangeálního kloubu, snížený růst nebo svalová slabost horní končetiny. Deformace mají za následek neschopnost opozice palce, narušení úchopových funkcí, snížení bilaterální obratnosti rukou, zanedbávání postižené končetiny a případně i spoléhání se na ostatní, aby dokončili funkční činnost či aktivitu. Nejvýraznější jsou problémy u hemiparetické formy DMO. VR může dětem pomoci při získávání nových motorických a funkčních dovedností. Horní končetina jako celek má nezastupitelnou roli v nezávislosti při běžných denních činnostech. Ramenní kloub poskytuje končetině stabilitu, aby mohly být vykonávány jemné motorické funkce v oblasti akra. Kortikální reprezentace rukou je vyšší, než je tomu u proximálních částí končetiny (Mohan et al., 2018, pp. 426-427).

Ke zkoumání účinků VR na hrubou i jemnou motoriku dětí s DMO byla navržena studie Aran et al. (2020) sledující i nezávislost jedinců v běžných denních činnostech. U dětí s hemiparetickou formou DMO využila pohybového senzoru a virtuálního prostředí Kinect Xbox. Osmítýdenní intervence VR se skládala z pěti různých her, přičemž žádná z nich neměla přímý vliv na rozvoj jemných motorických funkcí: Air challenge vyžadovala pohyby horních končetin a trupu pro dosažení kontrolních stanovišť podobně jako Boxing trainer se správným zacílením úderů, dále Wall breaker podobný tenisu, kdy s každým odrazem a prodlevou maximálně tři sekund dochází k bourání zdi, Jet run kladl nároky na pohyby a rychlé reakce celého těla, a v poslední řadě Super kick odehrávající se ve fotbalovém prostředí. Mimo výrazný pokrok v hrubých motorických funkcích jsme pozorovali vylepšení jemné motoriky u dětí s DMO v koordinaci horní končetiny, obratnosti, vizuální a motorické kontrole, rychlosti reakce a odpovědi. Vybrané hry kladly nároky na výše zmíněné aspekty. Byla nutná koordinace pohybů zápěstí, loktů i ramen narušující patologický vzor flexe-pronace typický pro děti s hemiparézou. Neustálé opakování pohybu spojené s vizuální zpětnou vazbou ve VR a slovními povely terapeuta umožnilo dětem analyzovat a opravit pohybové chyby během tréninku, což se odrazilo v jejich jemné motorické koordinaci (Aran et al., 2020, pp. 45-47). Chen et al. (2007, p. 1453) zjistil, že opakovaným procvičováním ve VR děti zlepšily koordinaci oko-ruka, což se odráží v jejich vizuomotorických dovednostech a jemné motorice.

Dysfunkce v zapojení horní končetiny do ADL nemusí spočívat pouze v nedokonalé jemné motorice, zhoršené manipulaci a uchopové funkci, ale také v dosahových aktivitách (Chen et al., 2007, p. 1442; Bax et al., 2005, p. 573). Ty jsou u dětí s DMO trhavé, pomalejší, energeticky náročné a nepřímé s řadou odchylek (Chang et al., 2005, pp. 381-382; Hulstijn et al., 2000, p. 230). Čtyřtýdenní individualizovaný tréninkový program VR dle Chen et al. (2007, pp. 1445-1453) zahrnoval specializovanou formu terapie zaměřenou na horní končetinu a komerční systémy Eye Toy-Play a PlayStation 2. Ve výcvikovém programu na rehabilitaci horní končetiny mělo dítě za úkol dosáhnout a uchopit předem stanovený pohybující se cíl (např. motýla). Přitom získávalo vizuální zpětnou vazbu – s přibližováním ruky k cíli se barva měnila z šedé na žlutou a poté na červenou, i sluchovou zpětnou vazbu – při zasažení jiného pevného objektu se objevil zvuk úderu či bouchnutí. V uvedené hře bylo možné přizpůsobit nastavení dovednostem dítěte: výběr z různých letových cest motýla (přímá, klikatá, spirální, náhodná), volba rychlosti (pomalá, střední, rychlá), velikost předmětů a požadované úhly ohnutí prstů pro uchop nebo zachycení vytvářející různé stupně obtížnosti. Systém Eye Toy-Play využil osm komerčně dostupných her k terapeutickým účelům (např. Slam Stream, UFO, Boxing Clump, Bubbles apod.). Všechny hry spočívaly v procvičování pohybů paže

a dosahování na různé předměty všemi směry. Vyžadovaly rychlé reakce a kombinované pohyby v ramenním kloubu (abdukce s flexí nebo abdukce s extenzí). Intervence virtuální realitou vedla u dětí s DMO ke zlepšení kontroly horní končetiny. Dosahové aktivity byly více kvalitní, zejména u jedinců s mírnějším kognitivním postižením a dobrou spoluprací. V některých případech byly účinky VR zachovány i několik týdnů po rehabilitačním procesu. Opakování praxe a nácviku úkolu vylepšuje koordinaci svalových synergií a postupně se objevuje efektivní vzor dosahování vyznačující se rychlejším, přímějším a plynulejším pohybem (Chen et al., 2007, pp. 1445-1453).

Výsledky studií jsou slibné a naznačují, že VR by se měla používat v léčebných a rehabilitačních přístupech. Aby však děti s DMO dosáhly nezávislosti v každodenních činnostech, musí efektivně využívat horní a dolní končetiny. Doporučuje se preference her zaměřených na jemnou motoriku. VR je vhodný doplněk ke tradiční terapii zahrnující oblékání, krmení, hraní stolních a míčových her, psaní či malování (Aran et al., 2020, p. 47). Intenzivní intervence povede ke zlepšení funkce ruky spíše než méně častá a nepravidelná terapie s využitím VR (Mohan et al., 2018, p. 432).

2.4.5 Vliv virtuální reality na kognitivní funkce

Léze CNS ovlivňují typickou vývojovou trajektorii kognitivních funkcí a vedou ke kognitivním poruchám (Boyd, Vermeulen, Weierink, 2013, p. 1679). U DMO se jich vyskytuje řada: narušené zpracování informací, poruchy pozornosti, koncentrace, paměti a učení, exekutivních a řečových funkcí. Proto se lékaři, zdravotníci a terapeuti snaží o celkové zvýšení funkční kapacity (motorické, kognitivní, sociální, vzdělávací) jedince s DMO (Aran et al., 2020, pp. 45-46). Kognitivní rehabilitace je metoda umožňující lidem s poraněním mozku a kognitivními obtížemi kompenzovat poškození a snaha o obnovení normální funkce (De Luca et al., 2019b, p. 581). Pro kognitivní rehabilitaci existují různé terapeutické přístupy. Jedním z nich je terapie založená na VR, která může usnadnit spolupráci s pacientem oproti běžným kognitivním testům a cvičením v rámci ergoterapie. Aran et al. (2020) se zaměřil na zkoumání vlivu VR na kognitivní funkce dítěte s DMO. Využívali čtyři různé hry ve virtuálním prostředí, které zahrnovaly skákání, vychylování těla, naklánění trupu vpřed či do stran, kopání do míče apod. Po desetitýdenní intervenci došlo ke zlepšení kognitivních funkcí u dětí s DMO ve všech dílčích kognitivních zkouškách: prostorové vnímání, vizuální zpracování informací, praktické a exekutivní funkce, myšlení a pozornost. VR se jeví jako vhodný doplněk ke konvenční terapii, a proto se v kognitivních rehabilitačních procesech a výzkumu doporučuje použití různých systémů VR.

Multisenzorická stimulace tréninku s VR ve skutečnosti podporuje obnovení exekutivních procesů, vizuo-prostorového vnímání a orientace, mnestických funkcí, pozornosti a behaviorálních schopností u pacientů s neurologickými poruchami (De Luca et al., 2019b, p. 581). Terapie VR může usnadnit kognitivní rehabilitaci a zvýšit účinky konvenčních přístupů. Vede k posílení kognitivních funkcí globálně (De Luca et al., 2019b, p. 430; Calabro et al., 2017, p. 5). Složitými mechanismy souvisejícími s reaktivací mozkových neurotransmiterů, cholinergními a dopaminovými systémy podporuje plastické funkce mozkové tkáně (Calabro et al., 2017, p. 11; De Luca et al., 2017a, p. 793). Schopnost mozku transformovat svou neurální organizaci prostřednictvím interakce s vnějším prostředím je základem kognitivní rehabilitace (Bramanti, Calabro, De Luca, 2016, p. 890). Výhodou užití virtuálního prostředí je vytvoření pozitivní a motivující zkušenosti pro dítě s DMO (De Luca et al., 2017a, p. 793; De Luca et al. 2017b, p. 584). Nelze jej však využít u dětí s těžkou kognitivní poruchou, protože i přes možnost upravení obtížnosti a výběr z mnoha her, vyžaduje trénink s užitím VR určitou míru kognitivních dovedností a může být pro dítě s DMO složitý (De Luca et al., 2019b, p. 460).

Studie Pourazar et al. (2017) zkoumala, jak používání systémů VR ovlivňuje zlepšení reakční doby u dětí s DMO. Reakční doba se vyšetřuje za účelem vyhodnocení intelektuálních funkcí, např. u pacientů s poruchou senzomotorických funkcí nebo centrální dyskinezí. Jedná se o latentní dobu od prezentace stimulu po provedení rychlého pohybu a je odrazem aktivity CNS. U dětí s DMO je motorická příprava na této úrovni narušena a reakční doba zpomalená. Terapeutická intervence využívala Xbox 360 Kinect obsahující trojrozměrné senzory pro sledování těla a detekci pohybu v prostoru a poskytující vizuální zpětnou vazbu. Systém byl propojen se speciálním přístrojem pro měření specifických parametrů reakční rychlosti a doby. Terapie probíhala 25 minut v tiché místnosti. Na obrazovce se objevovaly barevné stimuly v nepravidelném intervalu od 2 do 4 sekund. Děti se po zobrazení stimulu snažily reagovat tak rychle, jak byly schopné, za pomoci ručního ovladače s tlačítkem nebo nožního pedálu. Ve hrách byly použity prvky bowlingu a golfu. Dle studie se po čtyřtýdenním tréninkovém programu s VR u experimentální skupiny reakční doba zlepšila ve srovnání s kontrolní skupinou. Proto se VR jeví jako slibný nástroj začleněný do rehabilitačního procesu (Pourazar et al., 2017, pp. 516-519).

Závěr

Tato bakalářská práce zcela určitě rozšířila můj pohled na pojetí fyzioterapie i možnosti rehabilitace. Přestože se virtuální realita neustále zdokonaluje a vyvíjí, představuje ohromný potenciál v terapii DMO i rehabilitaci dalších neurologických diagnóz.

Na základě výsledků zahraničních studií lze říci, že ve srovnání s jinými intervencemi se VR ve fyzioterapii jeví jako účinná pro zlepšení motorické funkce dětí s DMO. Studie zkoumající efektivitu této formy rehabilitace prokázaly určitý vliv na zlepšení pohyblivosti, posturální kontroly, motoriky a kognitivních funkcí. Můžeme ji tedy považovat za slibný zásah zlepšující rovnováhu i motorické schopnosti dětí a dospívajících s DMO.

Tato forma terapie také motivuje pacienty, je pro ně atraktivní a budí v nich touhu vyzkoušet a poznat něco nového, což může vést ke zvýšení intenzity tréninku. Různé systémy a typy her rovněž podporují multisenzorickou stimulaci dítěte. Jedinými limitujícími faktory by mohla být nákladnost a pořizovací cena komplexního systému spolu s potřebným odborným vedením terapeuta a správným dávkováním terapie.

Některé ze studií srovnávaly rozdíly mezi terapií s využitím VR a konvenční intervencí. Na základě výsledků se přikláněli k názoru, že během běžné rehabilitační relace byly pokroky pomalejší a méně výraznější než při využití virtuálního prostředí. Zde se nabízí možnost pokračovat ve srovnání efektivity těchto dvou forem fyzioterapie jako téma pro diplomovou práci. Využití VR v terapii neurologických diagnóz začíná mít své opodstatněné místo, ale vzhledem k faktu, že se neustále rozvíjí, je nutné dlouhodobé sledování a další výzkum.

Referenční seznam

ACCARDO, P. J. 1982. Freud on diplegia: Commentary and translation. *American Journal of Diseases of Children*. 136(5), 452-456. ISSN 2374-3018. Dostupné z: doi: 10.1001/archpedi.1982.03970410070017.

ADDE, L., MORGAN, C., NOVAK, I. et al. 2017. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: advances in diagnosis and treatment. *JAMA Pediatrics*. 171(9), 897–907. ISSN 2168-6211. Dostupné z: doi: 10.5167/uzh-149328.

AISEN, M., DELGADO, M. R., HIRTZ, D. 2010. Report of the quality standards subcommittee of the American Academy of Neurology and the Practice Committee of the Child Neurology Society. Practice parameter: pharmacologic treatment of spasticity in children and adolescents with cerebral palsy (an evidence-based review). *Neurology*. 74(4), 336–343. ISSN 1526-632X. Dostupné z: doi: 10.1212/WNL.0b013e3181cbcd2f.

ALEXANDROV, A., FROLOV, A., MASSION, J. 2004. Why and how are posture and movement coordinated? *Progress in brain research*. 143, 13-27. ISSN 1875-7855. Dostupné z: doi: 10.1016/S0079-6123(03)43002-1.

ALSAIF, A. A., ALSENANY, S. 2015. Effects of interactive games on motor performance in children with spastic cerebral palsy. *Journal of physical therapy science*. 27(6), 2001-2003. ISSN 2187-5626. Dostupné z: doi: 10.1589/jpts.27.2001.

ANDERSEN, G. L., ELVRUM, A. K., HIMMELMANN, K. et al. 2016. Bimanual Fine Motor Function (BFMF) classification in children with cerebral palsy: aspects of construct and content validity. *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics*. 36(1), 1–16. ISSN 1541-3144. Dostupné z: doi: 10.3109/01942638.2014.975314.

ANGEROVÁ, Y., DRUGA, R., PFEIFFER, J. a kol. 2017. *Rehabilitace motoriky člověka: Fyziologie a léčebné postupy*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0084-2.

ANNEGRET, P., VOJTA, V. 2010. *Vojtův princip* (3. vyd.). Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2710-3.

ARAN, O. T., KÖSE, B., SAHIN, S. et al. 2020. The Effects of Virtual Reality on Motor Functions and Daily Life Activities in Unilateral Spastic Cerebral Palsy: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *Games for health journal*. 9(1), 45-52. ISSN 2161-7856. Dostupné z: doi: 10.1089/g4h.2019.0020.

ARMAND, S., BONNEFOY-MAZURE, A., DECOULON, G. 2016. Gait analysis in children with cerebral palsy. *EFORT Open Reviews*. 1(12), 448–460. ISSN 2058-5241. Dostupné z: doi: 10.1302/2058-5241.1.000052.

ARNONI, J. L. B., PAVAO, S. L., SILVA, F. P. S. 2019. Effects of virtual reality in body oscillation and motor performance of children with cerebral palsy: A preliminary randomized controlled clinical trial. *Complementary Therapies in Nursing and Midwifery*. 35, 189-194. ISSN 1744-3881. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2019.02.014>.

BAGCE, H., SALEH, S., QIU, Q. et al. 2011. Mechanisms of neural reorganization in chronic stroke subjects after virtual reality training. *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC*. 8118–8121. ISSN 2694-0604. Dostupné z: doi: 10.1109/IEMBS.2011.6092002.

BAILES, A. F., BELLOWS, D. M., GANNOTTI, M. et al. 2018. Caregiver knowledge and preferences for gross motor function information in cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 60(12), 1264–1270. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: 10.1111/dmcn.13994.

BARLETT, D., PALISANO, R. J., ROSENBAUM, P. L. et al. 2008. Content validity of the expanded and revised gross motor function classification system. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 50(10), 744–750. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1469-8749.2008.03089.x.

BARTON, G. J., FOSTER, R. J., HAWKEN, M. B. 2013. The effects of virtual reality game training on trunk to pelvis coupling in a child with cerebral palsy. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 10(1), 15. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-15>.

BARTŮŇEK, P., HECZKOVÁ, J., JURÁSKOVÁ, D. a kol. 2016. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-9-328-8.

BAX, M., GOLDSTEIN, M., ROSENBAUM, P. et al. 2005. Review Proposed Definition and Classification of Cerebral Palsy. *Developmental medicine and child neurology*. 47(8), 571–576. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1017/S001216220500112X>.

BAYONA, N., MARSHALL, S., TEASELL, R. et al. 2007. Motor impairment rehabilitation post acquired brain injury. *Brain Injury*. 21(2), 133–160. ISSN 1362-301X. Dostupné z: doi: [10.1080/02699050701201383](https://doi.org/10.1080/02699050701201383).

BENDO VÁ, P., ZIKL, P. 2011. *Dítě s mentálním postižením ve škole*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3854-3.

BERKER, A. N., YALCIN, M. S. 2008. Cerebral Palsy: Orthopedic Aspects and Rehabilitation. *Pediatric Clinics of North America*. 55(5), 1209-1225. ISSN 0031-3955. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2008.07.011>.

BERNHARDT, I., HILFIKER, R., MARBACHER, M. et al. 2011. Inter- and intra-observer agreement of Prechtl's method on the qualitative assessment of general movements in preterm, term and young infants. *Early Human Development*. 87(9), 633-639. ISSN 0378-3782. Dostupné z: doi: [10.1016/j.earlhumdev.2011.04.017](https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2011.04.017).

BIALIK, G. M., GIVON, U. 2009. Cerebral Palsy: classification and etiology. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 43(2), 77-80. ISSN 1017-995X. Dostupné z: doi: [10.3944/AOTT.2009.77](https://doi.org/10.3944/AOTT.2009.77).

BIFFI, E., GAGLIARDI, CH., TURCONI, A. C. et al. 2018. Immersive Virtual Reality to Improve Walking Abilities in Cerebral Palsy: A Pilot Study. *Annals of Biomedical Engineering*. 46, 1376-1384. ISSN 1573-9686. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1007/s10439-018-2039-1>.

BILDE, P. E., KLIJM-DUE, M., PETERSEN, L. Z. et al. 2011. Individualized, home-based interactive training of cerebral palsy children delivered through the Internet. *BMC Neurology*. 11(32). ISSN 1471-2377. Dostupné z: doi: [10.1186/1471-2377-11-32](https://doi.org/10.1186/1471-2377-11-32).

BLEYENHEUFT, Y., COSNARD, G., GRANDIN, C. B. et al. 2007. Corticospinal dysgenesis and upper-limb deficits in congenital hemiplegia: a diffusion tensor imaging study. *Pediatrics*. 120(6), 1502–1511. ISSN 1098-4275. Dostupné z: doi: 10.1542/peds.2007-0394.

BLEYENHEUFT, Y., GORDON, A. M., STEENBERGEN, B. 2013. Pathophysiology of impaired hand function in children with unilateral cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 55(4), 32-37. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1111/dmcn.12304>.

BONATO, P., MIRELMAN, A., PATRITTI, B. L. et al. 2010. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait and Posture*. 31(4), 433–437. ISSN 1879-2219. Dostupné z: doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.01.016.

BOYD, R. N., VERMEULEN, R. J., WEIERINK, L. 2013. Brain structure and executive functions in children with cerebral palsy: a systematic review. *Research in Developmental Disabilities*. 34(5), 1678–1688. ISSN 1873-3379. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ridd.2013.01.035.

BRAMANTI, P., CALABRO, R., DE LUCA, R. 2016. Cognitive rehabilitation after severe acquired brain injury: current evidence and future directions. *Neuropsychology Rehabilitation*. 28(6), 879-898. ISSN 1464-0694. Dostupné z: doi: 10.1080/09602011.2016.1211937.

BRIEN, M., SVEISTRUP, H. 2011. An Intensive Virtual Reality Program Improves Functional Balance and Mobility of Adolescents With Cerebral Palsy. *Pediatric Physical Therapy*. 23(3), 258-266. ISSN 1538-005X. Dostupné z: doi: 10.1097/PEP.0b013e318227ca0f.

CALABRO, R. S., NARO, A., RUSSO, M. et al. 2017. Robotic gait training in multiple sclerosis rehabilitation: can virtual reality make the difference? Findings from a randomized controlled trial. *Journal of Neurological Sciences*. 377, 25-30. ISSN 0022-510X. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.jns.2017.03.047>.

CAMEIRAO et al. 2010. Neurorehabilitation using the virtual reality based Rehabilitation Gaming System: methodology, design, psychometrics, usability and validation. *Journal of*

NeuroEngineering and Rehabilitation. 7(48), 1-14. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi: 10.1186/1743-0003-7-48.

CAMERON, D., PALISANO, R. J., ROSENBAUM, P. L. et al. 2006. Stability of the gross motor function classification system. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 48(6), 424–428. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: 10.1017/S0012162206000934.

CANS, CH., DOLK, H., PLATT, M. J. et al. 2007. Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology. Supplement*. 109, 35–38. ISSN 1758-9428. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1469-8749.2007.tb12626.x.

CIONI, G., PAOLICELLI, P. B., SALES, B. et al. 1999. MRI and clinical characteristics of children with hemiplegic cerebral palsy. *Neuropediatrics*. 30(5), 249–255. ISSN 1439-1899. Dostupné z: doi: 10.1055/s-2007-973499.

CROCETTA, T. B., MASSETTI, T., DA SILVA, T. D. et al. 2018. The Clinical Utility of Virtual Reality in Neurorehabilitation: A Systematic Review. *Journal of central nervous system disease*. 10, 1179573518813541. ISSN 1179-5735. Dostupné z: doi: 10.1177/1179573518813541.

DE LA CRUZ, J., HIMMELMANN, K., HORBER, V. et al. 2017. MRI classification system (MRICS) for children with cerebral palsy: development, reliability and recommendations. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 59(1), 57–64. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: 10.1111/dmcn.13166.

DE LUCA, A. M., LEWIS, S., MACLENNAN, A. H. et al. 2019a. Genetic or Other Causation Should Not Change the Clinical Diagnosis of Cerebral Palsy. *Journal of Child Neurology*. 34(8), 472-476. ISSN 1708-8283. Dostupné z: doi: 10.1177/0883073819840449.

DE LUCA, R., MAGGIO, M. G., MARESCA, G. et al. 2019b. The Growing Use of Virtual Reality in Cognitive Rehabilitation: Fact, Fake or Vision? A Scoping Review. *Journal of the National Medical Association*. 111(4), 457-463. ISSN 1943-4693. Dostupné z: doi: 10.1080/23279095.2017.1338571.

DE LUCA, R., NARO, A., RUSSO, M. et al. 2017a. Effects of virtual reality-based training with BTs-nirvana on functional recovery in stroke patients: preliminary considerations. *The International Journal of Neuroscience*. 128(9), 791-796. ISSN 1563-5279. Dostupné z: doi: 10.1080/00207454.2017.1403915.

DE LUCA, R., PICCOLO, A., TORRISI, M. et al. 2017b. Improving poststroke cognitive and behavioral abnormalities by using virtual reality: a case report on a novel use of nirvana. *Applied Neuropsychology. Adult*. 25(6), 581-585. ISSN 2327-9109. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1080/23279095.2017.1338571>.

EFFENBERG, A. O., GHAI, I., GHAI, S. 2018. “Low road” to rehabilitation: a perspective on subliminal sensory neuroprosthetics. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*. 14, 301–307. ISSN 1178-2021. Dostupné z: doi: 10.2147/NDT.S153392.

ELIASSON, A. C., KRUMLINDE-SUNDHOMR, L., OHRVALL, A. M. 2014. The stability of manual ability classification system over time. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 56(2), 185–189. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: 10.1111/dmcn.12348.

FANCHIANG, H. D., HOWARD, A., CHEN, Y. 2018. Effectiveness of Virtual Reality in Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Physical Therapy*. 98(1), 63-77. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi: 10.1093/ptj/pzx107.

FLACHS, E. M., GRANILD-JENSEN, H. B., RACKAUSKAITE, G. et al. 2015. Predictors for early diagnosis of cerebral palsy from national registry data. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 57(10), 931–935. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: 10.1111/dmcn.12760.

GAEBLER-SPIRA, D., NIEDZWECKI, CH., REYES, F. 2020. Technological Advancements in Cerebral Palsy Rehabilitation. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*. 31(1), 117-129. ISSN 1558-1381. Dostupné z: doi: 10.1016/j.pmr.2019.09.002.

GAGE, J. R., NOVACHECK, T. F. 2001. An update on the treatment of gait problems in cerebral palsy. *Journal of pediatric orthopedics*. Part B. 10 (4), 265–274. ISSN 1473-5865. Dostupné z: doi: 10.1097/01202412-200110040-00001.

GALLO, J. a kol. 2011. *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 9788024424866.

GALVIN, J., LEVAC, D. 2011. Facilitating clinical decision-making about the use of virtual reality within paediatric motor rehabilitation: Describing and classifying virtual reality systems. *Developmental Neurorehabilitation*. 14(2), 112-122. ISSN 1751-8431. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.3109/17518423.2010.535805>.

GAO, CH., LIU, J, WU, Y. et al. 2021. Systematic Evaluation of the Effect of Rehabilitation of Lower Limb Function in Children with Cerebral Palsy Based on Virtual Reality Technology. *Journal of Healthcare Engineering*. 2021, 1-11. ISSN 20402295. Dostupné z: doi: 10.1155/2021/6625604.

GATICA-ROJAS, V. G., REBOLLEDO, G. M. 2014. Virtual reality interface devices in the reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological disease. *Neural regeneration research*. 9(8), 888-896. ISSN 1876-7958. Dostupné z: doi: 10.4103/1673-5374.131612.

GERLOFF, CH., GRODD, W., STAUDT, M. et al. 2004. Reorganization in congenital hemiparesis acquired at different gestational ages. *Annals of Neurology*. 56(6), 854-863. ISSN 1531-8249. Dostupné z: doi: 10.1002/ana.20297.

GHAJ, I., SHASHANK, G. 2019. Virtual Reality Enhances Gait in Cerebral Palsy: A Training Dose-Response Meta-Analysis. *Frontiers in neurology*. 10, 236. ISSN 1664-2295. Dostupné z: doi: .3389/fneur.2019.00236.

GORMLEY, M. J. 2001. Treatment of neuromuscular and musculoskeletal problems in cerebral palsy. *Pediatric Rehabilitation*. 4(1), 5-16. ISSN 1363-8491. Dostupné z: doi: 10.1080/13638490151068393.

GRAHAM, H. K., HOWARD, J., SOO, B. et al. 2005. Cerebral palsy in Victoria: Motor types, topography and gross motor function. *Journal of Paediatrics and Child Health*. 41(9-10), 479-483. ISSN 1440-1754. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1111/j.1440-1754.2005.00687.x>.

HEYRMAN, L., MOLENAERS, G., VERHEYDEN, G. et al. 2011. A clinical tool to measure trunk control in children with cerebral palsy: The Trunk Control Measurement Scale. *Research in Developmental Disabilities*. 32(6), 2624–2635. ISSN 1873-3379. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ridd.2011.06.012.

HIMMELMANN, K., LIN, J. P., MONBALIU, E. et al. 2017. Clinical presentation and management of dyskinetic cerebral palsy. *The Lancet Neurology*. 16(9), 741-749. ISSN 1474-4422. Dostupné z: doi: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(17\)30252-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(17)30252-1).

HUBER, M. E., LEVAC, D. E., STERNAD, D. 2019. Learning and transfer of complex motor skills in virtual reality: a perspective review. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 16(121), 1-15. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi: 10.1186/s12984-019-0587-8.

HULS, J., ROMANO, C., VAN WYNCKEL, M. et al. 2017. European society for paediatric gastroenterology, hepatology and nutrition guidelines for the evaluation and treatment of gastrointestinal and nutritional complications in children with neurological impairment. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 65(2), 242–264. ISSN 1536-4801. Dostupné z: doi: 10.1097/MPG.0000000000001646.

HULSTIJN, W., MEULENBROEK, R. G., VAN THIEL, E. et al. 2000. Kinematics of fast hemiparetic aiming movements toward stationary and moving targets. *Experimental Brain Research*. 132(2), 230–242. ISSN 1432-1106. Dostupné z: doi: 10.1007/s002219900331.

HUNG, Y. C., GORDON, A. M. 2018. Virtual reality training for children with unilateral cerebral palsy. *Development Medicine & Child Neurology*. 60(4), 334-335. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1111/dmcn.13699>.

HWANG, S., HWANG, W., CHO, CH. et al. 2016. Treadmill Training with Virtual Reality Improves Gait, Balance, and Muscle Strength in Children with Cerebral Palsy. *The Tohoku journal of experimental medicine*. 238(3), 213-218. ISSN 1349-3329. Dostupné z: doi: 10.1620/tjem.238.213.

CHANG, J. J., WU, T. I., WU, W. L. et al. 2005. Kinematical measure for spastic reaching in children with cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*. 20(4), 381–388. ISSN 1879-1271. Dostupné z: doi: 10.1016/j.clinbiomech.

CHARNEY, E. B., STALLINGS, V. A., ZEMEL, B. S. 1995. Body composition in children with spastic quadriplegic cerebral palsy. *The Journal of pediatrics*. 126(5), 833-839. ISSN 1097-6833. Dostupné z: doi: 10.1016/s0022-3476(95)70424-8.

CHEN, B. P. J., MUNGER, M. E., WANG, K. K. et al. 2018. Selective dorsal rhizotomy in ambulant children with cerebral palsy. *Journal of Children's Orthopaedics*. 12(5), 413–427. ISSN 1863-2548. Dostupné z: doi: 10.1302/1863-2548.12.180123.

CHEN, C. L., CHEN, C. Y., SHEN, I. H. et al. 2013a. Validity, responsiveness, minimal detectable change, and minimal clinically important change of Pediatric Balance Scale in children with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities*. 34(3), 916-922. ISSN 1873-3379. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ridd.2012.11.006.

CHEN, C. L., CHEN, C. Y., LIAW, M-Y. et al. 2013b. Efficacy of home-based virtual cycling training on bone mineral density in ambulatory children with cerebral palsy. *Osteoporosis International*. 24(4), 1399–1406. ISSN 1433-2965. Dostupné z: doi: 10.1186/1743-0003-7-48.

CHEN, Y. P., CHUANG, T. Y., KANG, L. J. et al. 2007. Use of virtual reality to improve upper-extremity control in children with cerebral palsy: a single-subject design. *Physical Therapy*. 87(11), 1441-1457. ISSN 1538-6724. Dostupné z: doi: 10.2522/ptj.20060062.

INZELBERG, R., PORRAS, D. C., SIEMONSMA, P. et al. 2018. Advantages of virtual reality in the rehabilitation of balance and gait: systematic review. *Neurology*. 90(22), 1017–1025. ISSN 1526-632X. Dostupné z: doi: 10.1212/WNL.0000000000005603.

JINLONG, W., ZHANBING, R. 2019. The Effect of Virtual Reality Games on the Gross Motor Skills of Children with Cerebral Palsy: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *International journal of enviromental research and public health*. 16(20), 3885. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi: 10.3390/ijerph16203885.

JONES, M. W., MORGAN, E., SHELTON, J. E., THOROGOOD, CH. 2007. Cerebral Palsy: Introduction and Diagnosis (Part 1). *Journal of Pediatric Health Care*. 21(3), 146-152. ISSN 0891-5245. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1016/j.pedhc.2006.06.007>.

KJAERGAARD-HANSEN, L., OVERGARD, T. M., SOE, M. et al. 2015. Positive experience with intrathecal baclofen treatment in children with severe cerebral palsy. *Danish Medical Journal*. 62(1), A4999. ISSN 2245-1919. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25557334/>.

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

KONG, Z. W., SZE, T. M., YU, J. et al. 2019. Tai Chi as an Alternative Exercise to Improve Physical Fitness for Children and Adolescents with Intellectual Disability. *International journal of environmental research and public health*. 16(7), 1152. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi: 10.3390/ijerph16071152.

KOPYTA, I., SADOWSKA, M., SARECKA-HUJAR, B. 2020. Cerebral Palsy: Current Opinion on Definition, Epidemiology, Risk Factors, Classification and Treatment Options. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*. 16, 1505-1518. ISSN 1178-2021. Dostupné z: doi: 10.2147/NDT.S235165.

KRAUS, J. 2011. Dětská mozková obrna. *Neurologie pro praxi*. 12(4), 222-224. ISSN 1803-5280. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2011/04/02.pdf>.

KRAUS, J. 2004. *Dětská mozková obrna*. Praha: Grada. ISBN 80-247-1018-8.

KREBS, H. I., VOLPE, B. T. 2013. Rehabilitation robotics. *Handbook of clinical neurology*. 110, 283-294. ISSN 0072-9752. Dostupné z: doi: 10.1016/B978-0-444-52901-5.00023-X.

LAMBREGTS, S., VAN DE PORT, I., WARNIER, N. 2020. Effect of Virtual Reality Therapy on Balance and Walking in Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Developmental neurorehabilitation*. 23(8), 502-518. ISSN 1751-8431. Dostupné z: doi: 10.1080/17518423.2019.1683907.

LE, L., PEIMING, CH., YURONG, M. et al. 2014. Virtual reality training improves balance function. *Neural regeneration research*. 9(17), 1628-1634. ISSN 1876-7958. Dostupné z: doi: 10.4103/1673-5374.141795.

LEVIN, M., SAPOSNIK, G. 2011. Virtual reality in stroke rehabilitation: a meta-analysis and implications for clinicians. *Stroke*. 42(5), 1380–1386. ISSN 1524-4628. Dostupné z: doi: 10.1161/STROKEAHA.110.605451.

LEVITON, A., PANETH, N., ROSENBAUM, P. et al. 2006. A report: the definition and classification of cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology. Supplement*. 49(6), 480. ISSN 1758-9428. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17370477/>.

LOPRINZI, P. D., REN, Z., WU, J. 2019a. The Rehabilitative Effects of Virtual Reality Games on Balance Performance among Children with Cerebral Palsy: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16(21), 4161. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi: 10.3390/ijerph16214161.

LOPRINZI, P. D., YU, J. J., ZOU, L. et al. 2019b. Superior effects of modified Chen-style Tai Chi versus 24-Tai Chi on cognitive function, fitness, and balance performance in adults over 55. *Brain sciences*. 9(5), 102. ISSN 2076-3425. Dostupné z: doi: 10.3390/brainsci9050102.

MARIA, B. L., MENKES, J. H., SARNAT, H. B. 2006. *Child neurology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 0781751047.

MAZROUE A. R., MSADDI, A. K., SHAHWAN, S. et al. 1997. Microsurgical selective peripheral neurotomy in the treatment of spasticity in cerebral-palsy children. *Stereotactic and Functional Neurosurgery*. 69(1-4), 251–258. ISSN 1423-0372. Dostupné z: doi: 10.1159/000099884.

MEYNS, P., PANS, L., PLASMANS, K. et al. 2017. The Effect of Additional Virtual Reality Training on Balance in Children with Cerebral Palsy after Lower Limb Surgery: A Feasibility Study. *Games for health journal*. 6(1), 39-48. ISSN 2161-7856. Dostupné z: doi: 10.1089/g4h.2016.0069.

MILLER, F. 2005. *Cerebral palsy*. Wilmington: Springer Science&Business Media. ISBN 0-387-20437-7.

MOHAN, V., PEIRSON, J., RATHINAM, CH. et al. 2018. Effectiveness of virtual reality in the treatment of hand function in children with cerebral palsy: A systematic review. *Journal of hand therapy: official journal of the American Society of Hand Therapists*. 32(4), 426-434. ISSN 1545-004X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jht.2018.01.006.

MORGAN, C., NOVAK, I., VELDE, A. T. et al. 2019. Early Diagnosis and Classification of Cerebral Palsy: An Historical Perspective and Barriers to an Early Diagnosis. *Journal of Clinical Medicine*. 8(10), 1599. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi: 10.3390/jcm8101599.

MUNDKUR, N., SANKAR, CH. 2005. Cerebral palsy – definition, classification, etiology and early diagnosis. *Indian journal of pediatrics*. 72(10), 865-868. ISSN 0973-7693. Dostupné z: doi: 10.1007/BF02731117.

MUNTAU, A. 2009. *Pediatric (4. vyd.)*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2525-3.

ODDING, E., ROEBROECK, M. E., STAM, H. J. 2006. The epidemiology of cerebral palsy: Incidence, impairments and risk factors. *Disability and Rehabilitation*. 28(4), 183-191. ISSN 1464-5165. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1080/09638280500158422>.

O'SHEA, T. M. 2008. Diagnosis, Treatment and Prevention of Cerebral Palsy in Near-Term/Term Infants. *Clinical obstetrics and gynecology*. 51(4), 816-828. ISSN 1532-5520. Dostupné z: doi: 10.1097/GRF.0b013e3181870ba7.

PANTELIADIS, CH. P. 2018. *Cerebral Palsy: A multidisciplinary Approach*. Thessaloniki: Springer International Publishing AG. ISBN 978-3-319-67857-3.

PEŠOVÁ, I., ŠAMALÍK M. 2006. *Poradenská psychologie pro děti a mládež*. Praha: Grada. ISBN 80-247-1216-4.

PFEIFFER, J. 2007. *Neurologie v rehabilitaci: pro studium a praxi*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1135-5.

PORTER, D., WADE, W. 2012. Sitting playfully: Does the use of a centre of gravity computer game controller influence the sitting ability of young people with cerebral palsy? *Disability and Rehabilitation. Assistive Technology*. 7(2), 122–129. ISSN 1748-3115. Dostupné z: doi: 10.3109/17483107.2011.589485.

POURAZAR, M., MIRAKHORI, F., BAGHERZADEH, F. et al. 2017. Use of virtual reality intervention to improve reaction time in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Developmental Neurorehabilitation*. 21(8), 515-520. ISSN 1751-8431. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1080/17518423.2017.1368730>

PRECHTL, H. F. 1990. Qualitative changes of spontaneous movements in fetus and preterm infant are a marker of neurological dysfunction. *Early Human Development*. 23(3), 151–158. ISSN 1872-6232. Dostupné z: doi: 10.1016/0378-3782(90)90011-7.

PRECHTL, H. F. 1997. State of the art of a new functional assessment of the young nervous system. An early predictor of cerebral palsy. *Early Human Development*. 50(1), 1-11. ISSN 1872-6232. Dostupné z: doi: 10.1016/s0378-3782(97)00088-1.

PRECHTL, H. F. 2001. General movement assessment as a method of developmental neurology: new paradigms and their consequences. The 1999 Ronnie MacKeith lecture. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 43(12), 836–842. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: 10.1017/s0012162201001529.

REYES, F., NIEDZWECKI, CH., GAEBLER-SPIRA, D. 2020. Technological Advancements in Cerebral Palsy Rehabilitation. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*. 31(1), 117-129. ISSN 1558-1381. Dostupné z: doi: 10.1016/j.pmr.2019.09.002.

RIVA, G., WIEDERHOLD, B. K., MANTOVANI, F. 2019. Neuroscience of Virtual Reality: From Virtual Exposure to Embodied Medicine. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*. 22(1), 82-96. ISSN 2152-2723. Dostupné z: doi: 10.1089/cyber.2017.29099.gri.

ROSENBAUM, P. 2003. Cerebral palsy: What parents and doctors want to know. *British Medical Journal*. 326(7396), 970-974. ISSN 1756-1833. Dostupné z: doi: 10.1136/bmj.326.7396.970.

SANG-DUCK, K., SUN-HAE, S., SUN-HYE, J. et al. 2018. Does virtual reality training using the Xbox Kinect have a positive effect on physical functioning in children with spastic cerebral palsy? A case series. *Journal of pediatric rehabilitation medicine*. 11(2), 95-101. ISSN. 1875-8894. Dostupné z: doi: 10.3233/PRM-160415.

SCARTON, A., SEVERINI, G., VAN HEDEL, H. J. A. et al. 2018. Advanced Robotic Therapy Integrated Centers (ARTIC): an international collaboration facilitating the application of rehabilitation technologies. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 15(1), 1-16. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi: 10.1186/s12984-018-0366-y.

SEIDL, Z. 2008. *Neurologie pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2733-2.

SHARAN, D. 2017. Orthopedic surgery in cerebral palsy: Instructional course lecture. *Indian Journal of Orthopaedics*. 51, 240-255. ISSN 0019-5413. Dostupné z: https://doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho_197_16.

SHEVELL, M. I., VENKATESWARAN, S. 2008. Comorbidities and clinical determinants of outcome in children with spastic quadriplegic cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*. 50(3), 216-222. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1469-8749.2008.02033.x.

SCHWABOVÁ PAULASOVÁ, J., DAŇKOVÁ, M. 2018. Ataxie. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 81(2), 131-149. ISSN 1802-4041. Dostupné z: doi: 10.14735/amcsnn2018131.

TROJAN, S. 2005. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka. 3., přeprac. a dopl. vyd.* Praha: Grada. ISBN 80-247-1296-2.

UVEBRANDT, P. 1988. Hemiplegic cerebral palsy. Aetiology and outcome. *Acta Paediatr Scand Suppl*. 345, 1–100. ISSN 0300-8843. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1651-2227.1988.tb14939.x.

VELEMÍNSKÝ, M., TOMŠÍKOVÁ, Z. 2009. *Vybrané kapitoly z pediatrie* (6. vyd.). České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta. ISBN 978-80-7394-182-6.

WEISS PL, RAND D, KATZ N. et al. 2004. Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 1, 12. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi: 10.1186/1743-0003-1-12.

Seznam zkratek

ACM	arteria cerebri media
ADL	activity of daily living
ATŠR	asymetrický tonický šíjový reflex
BFMFC	Bimanual Fine Motor Function Classification
BG	bazální ganglia
CKP	centrální koordinační porucha
CMP	cévní mozková příhoda
CNS	centrální nervová soustava
DMO	dětská mozková obrna
EEG	elektroencefalografie
FM	fidgety movements
GM	general movements
GMFCS	Gross Motor Function Classification System
GPO	Goblin Post Office
GRAIL	Gait Real-time Analysis Interactive Lab
KST	kortikospinální trakt
MACS	The Manual Ability Classification System
MR	magnetická rezonance
MRICS	Magnetic Resonance Imaging Classification System
NDT	neurovývojová terapie
PNF	proprioceptivní neuromuskulární facilitace
PVL	periventrikulární leukomalacie
TCMS	Trunk Control Measurement Scale
VR	virtuální realita
VRL	Vojtova reflexní lokomoce

Přílohy



Příloha č. 1: Charakteristické držení při hemiparetické formě DMO podobné Wernicke-Mannovu držení (Kraus a kol., 2004, p. 70)



Příloha č. 2: Charakteristické držení při diparetické formě DMO, digitigrádní chůze (Kraus a kol., 2004, p. 75)



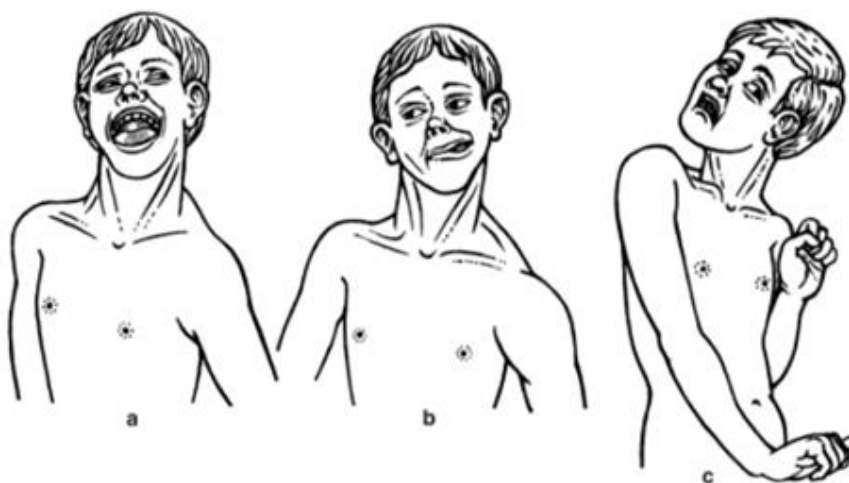
Příloha č. 3: Postavení, držení a deformity dolních končetin při diparetické formě DMO (Kraus a kol., 2004, p. 76)



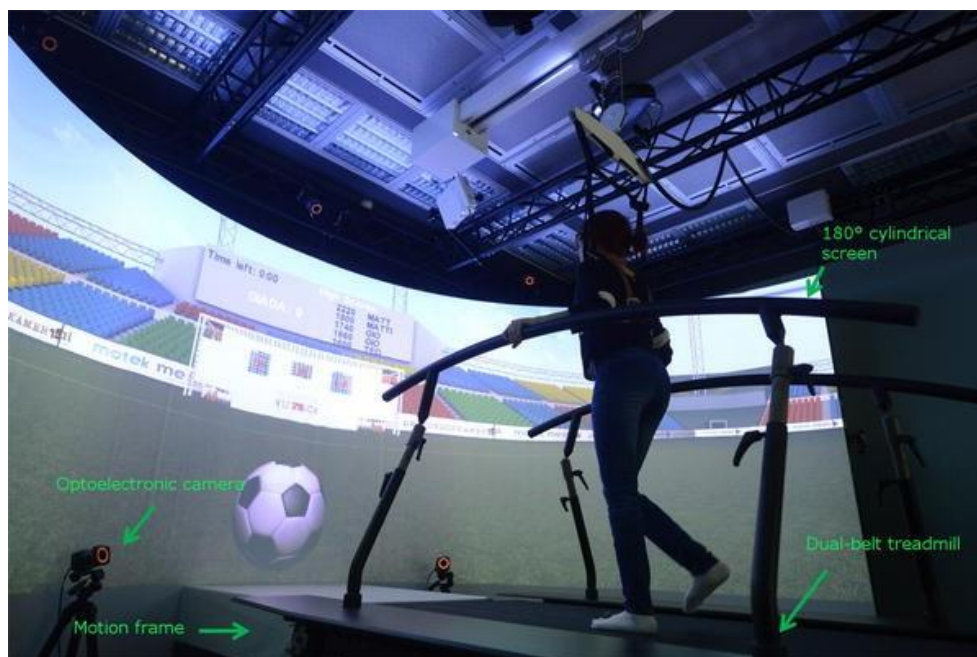
Příloha č. 4: Znázornění asistovaného stoje u dítěte s mírnějším stupněm kvadriparetické formy DMO (Kraus a kol., 2004, p. 80)



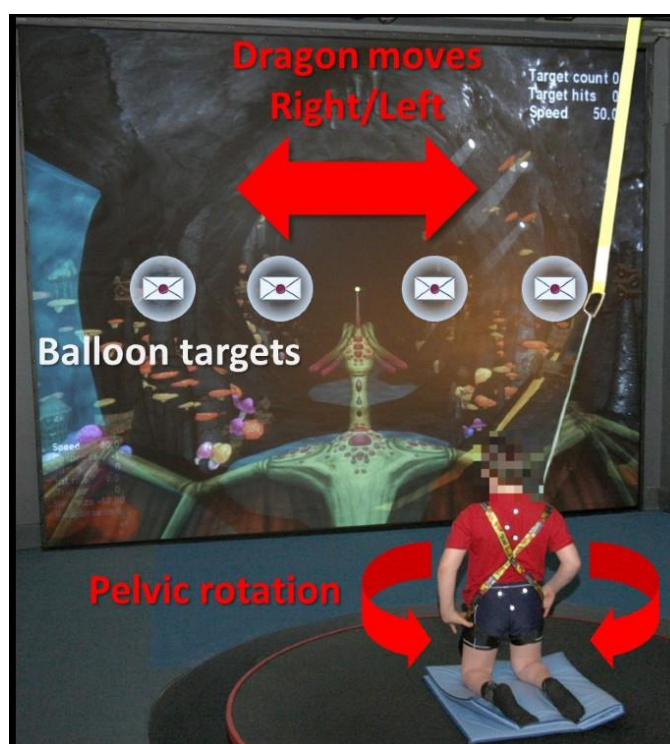
Příloha č. 5: Obraz těžké kvadraparetické formy DMO (Kraus a kol., 2004, p. 80)



Příloha č. 6: Obraz dyskinetické formy DMO s: a) atetózou, b) dystonií, c) grimasováním (Kraus a kol., 2004, p. 82)



Příloha č. 7: Systém GRAIL (Biffi et al., 2018, p. 1378)



Příloha č. 8: Systém GPO (Barton, Foster, Hawken, 2013, p. 15)

Tabulka č. 1: Stupně lokomoce dle GMFCS (Cameron et al., 2006, p. 424)

Stupeň	Charakteristika
I	samostatná chůze bez kompenzačních pomůcek
II	samostatná chůze s mírným omezením
III	chůze s lokomočními prostředky
IV	samostatný pohyb je omezený, využití invalidního vozíku
V	neschopnost samostatného pohybu, invalidní vozík, asistence druhé osoby

Tabulka č. 2: Znázornění her a aplikací s požadavky na provedení a dosažení cílů terapie (Sang-Duck et al., 2018, p. 97)

Table 2 Virtual reality training using Xbox Kinect	
Games using Xbox Kinect	Performed main movements
Soccer In this game, a player moves his/her lower extremity, head and neck and trunk, and shifts his/her body to the right or left in a standing posture when kicking a ball in the virtual soccer field.	– Active movement of hip flexion, hip abduction, hip external rotation, hip internal rotation, knee flexion, knee extension, ankle dorsiflexion, and ankle plantarflexion – Weight-shifting and weight-bearing training – Balance training
Beach volley ball In this game, a player moves his/her upper extremity and lower extremity, and shifts his/her body to the right or left in a standing posture when spiking a ball in the virtual beach volley ball court.	– Active movement of hip flexion, hip abduction, hip external rotation, hip internal rotation, knee flexion, knee extension, ankle dorsiflexion, and ankle plantarflexion – Weight-shifting and weight-bearing training – Balance training
Bowling In this game, a player moves his/her upper extremity, lower extremity and trunk, and shifts his/her body to the right or to the left in a standing posture when rolling a ball.	– Active movement of hip flexion, hip abduction, hip external rotation, hip internal rotation, knee flexion, knee extension, ankle dorsiflexion, and ankle plantarflexion – Weight-shifting and weight-bearing training – Balance training