

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav klinické rehabilitace

Karolína Morbitzerová

Roboticky asistovaná rehabilitace horní končetiny

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. MUDr. Petr Konečný, Ph.D., MBA

Olomouc 2024

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

Olomouc 8.5.2024

Karolína Morbitzerová

Chtěla bych moc poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu MUDr. Petrovi Konečnému, Ph.D., MBA za odborné vedení, pomoc a rady při zpracování této bakalářské práce.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská

Téma práce: Roboticky asistovaná rehabilitace horní končetiny

Název práce: Roboticky asistovaná rehabilitace horní končetiny

Název práce v AJ: Robotically assisted rehabilitation of the upper limb

Datum zadání: 2023-01-31

Datum odevzdání: 2024-05-08

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Ústav klinické rehabilitace

Autor práce: Karolína Morbitzerová

Vedoucí práce: doc. MUDr. Petr Konečný, Ph.D., MBA

Oponent práce: Mgr. Hana Haltmar

Abstrakt v ČJ: Tato bakalářská práce se zabývá problematikou roboticky asistované rehabilitace horní končetiny. Cílem bylo podat ucelený přehled o současných moderních možnostech robotické terapie horní končetiny. A především zjistit, jaké jsou výhody a nevýhody robotické rehabilitace a porovnat její účinnost s konvenčním terapeutickým přístupem. Všechny informace byly získány v rámci vyhledávací rešerše. Hlavním výsledkem této bakalářské práce je, že roboticky asistovaná rehabilitace horní končetiny je stejně účinná jako konvenční terapie. V některých oblastech se dokonce jeví jako lepší varianta terapie.

Abstrakt v AJ: This bachelor's thesis deals with the issue of robotically assisted rehabilitation of the upper limb. The aim was to give a comprehensive overview of the current modern possibilities of robotic therapy of the upper limb. And above all, to find out what are the advantages and disadvantages of robotic rehabilitation and compare its effectiveness with a conventional therapeutic approach. All information used in the thesis was obtained during research. The main result of this bachelor's thesis is that robotically assisted rehabilitation of the upper limb is as effective as conventional therapy. In some areas, it even appears to be a better option for therapy.

Klíčová slova v ČJ: robotická rehabilitace, funkce horní končetiny, technologie ve zdravotnictví, umělá inteligence, robotika

Klíčová slova v AJ: robotic rehabilitation, function of the upper limb, technology in healthcare, artificial intelligence, robotics

Rozsah: 50/10

Obsah

ÚVOD	7
1. OBECNÁ ČÁST.....	8
1.1. ANATOMIE A KINEZIOLOGIE HORNÍ KONČETINY	8
1.1.1. <i>Pletenec horní končetiny</i>	8
1.1.2. <i>Volná horní končetina</i>	8
1.2. FUNKCE HORNÍ KONČETINY	11
1.2.1. <i>Typy úchopů</i>	11
1.2.2. <i>Specifika ruky</i>	12
1.3. TYPICKÉ PORUCHY A ZRANĚNÍ HORNÍ KONČETINY	12
1.3.1. <i>Vrozené poruchy horních končetin</i>	12
1.3.2. <i>Získané traumatické a degenerativní postižení</i>	12
1.3.3. <i>Onemocnění měkkých tkání</i>	13
1.3.4. <i>Akutní a chronická onemocnění tepen horní končetiny</i>	13
1.3.5. <i>Onemocnění nervového systému</i>	13
1.4. METODY KONVENČNÍ REHABILITACE HORNÍ KONČETINY	14
1.4.1. <i>Kinezioterapie</i>	14
1.4.2. <i>Fyzikální terapie</i>	16
1.4.3. <i>Manipulační léčba</i>	16
1.5. TECHNOLOGIE VE ZDRAVOTNICTVÍ.....	18
1.5.1. <i>Umělá inteligence</i>	18
1.5.2. <i>Umělá inteligence ve zdravotnictví</i>	20
1.5.3. <i>Využití robotů ve zdravotnictví</i>	20
1.5.4. <i>Technologie v rehabilitaci</i>	21
1.6. ZAŘÍZENÍ PRO REHABILITACI HORNÍ KONČETINY	23
1.6.1. <i>Dělení terapeutických robotů</i>	23
1.6.2. <i>Principy robotických zařízení</i>	24
1.6.3. <i>Robotická zařízení pro horní končetinu</i>	25
1.6.4. <i>Indikace</i>	32
1.6.5. <i>Kontraindikace</i>	33
2. RECENTNÍ VÝSLEDKY KLINICKÝCH STUDIÍ.....	34
2.1. SROVNÁNÍ S KONVENČNÍ TERAPIÍ.....	34
2.1.1. <i>Účinky roboticky asistované rehabilitace u pacientů po CMP</i>	34
2.1.2. <i>Účinky roboticky asistované rehabilitace u pacientů s Parkinsonovou chorobou</i>	35
2.1.3. <i>Účinky roboticky asistované rehabilitace u pacientů s roztroušenou sklerózou</i>	36
2.1.4. <i>Účinky roboticky asistované rehabilitace po úrazech</i>	37
2.1.5. <i>Účinky roboticky asistované rehabilitace po amputaci</i>	38
2.2. BUDOUCNOST	39
ZÁVĚR.....	41
REFERENČNÍ SEZNAM	42
SEZNAM ZKRATEK	49
SEZNAM PŘÍLOH	50

Úvod

Poruchy hybnosti a motoriky v oblasti horní končetiny jsou typické především u neurologických pacientů. Největší omezení pociťují pacienti v rámci běžných denních aktivit, kdy mohou mít problémy s jindy lehkými úkoly, jako je udržení předmětů v ruce, oblékání nebo osobní hygiena. Tyto potíže nejsou jenom fyzické, ale často významně ovlivňují i psychiku pacienta. S touto problematikou by mohla pomoci roboticky asistovaná rehabilitace. Dnes, díky technologickým a medicínským pokrokům, se v rámci terapie běžně využívají robotická zařízení. Roboticky asistovaná rehabilitace je založena na principu motorického učení společně s motorickou a kognitivní účastí pacienta. Podává zpětnou vazbu terapeutovi i pacientovi a zaznamenává progres v terapii, a tím pacienta motivuje.

Obecná část bakalářské práce popisuje poruchy horní končetiny, možnosti tradiční terapie, současné postavení moderních technologií ve zdravotnictví a v rehabilitaci, dále je popsáno rozdělení terapeutických robotů horní končetiny, rozdíly mezi nimi a jejich možné využití.

Kapitola recentní výsledky klinických studií se zaměřuje na účinky roboticky asistované rehabilitace v porovnání s konvenčním terapeutickým přístupem u různých diagnóz. Jedná se o onemocnění centrálního nervového systému, jako jsou cévní mozková příhoda, Parkinsonova nemoc a roztroušená skleróza. Dále pak také periferní postižení jako například úrazy a amputace. Poslední kapitola popisuje budoucnost umělé inteligence a postavení moderních technologií na poli medicíny.

Cílem bakalářské práce „Roboticky asistovaná rehabilitace horní končetiny“ je podat ucelený přehled o současných moderních možnostech terapie horní končetiny pomocí robotiky. A především zjistit, jaké jsou výhody a nevýhody robotické rehabilitace a porovnat její účinnost s konvenčním terapeutickým přístupem.

K vyhledávání odborných studií a informací byly využity vědecké online databáze PubMed, EBSCO, DynaMed Plus, MEDLINE Complete a MEDLINE Ovid. Celkem bylo využito 53 zdrojů, z toho 9 knih, 32

článků v anglickém jazyce, 1 novinový článek a webové stránky výrobců robotických zařízení pro rehabilitaci horní končetiny. Vyhledávání studií probíhalo od dubna 2023 do března 2024.

Klíčová slova: robotická rehabilitace, funkce horní končetiny, technologie ve zdravotnictví, umělá inteligence, robotika

1. OBECNÁ ČÁST

1.1. Anatomie a kineziologie horní končetiny

1.1.1. Pletenec horní končetiny

Horní končetina je spojena s kostrou trupu pomocí pletence horní končetiny, který tvoří lopatka (scapula) a kost klíční (clavicula). Ty jsou vzájemně propojeny pomocí akromioklavikulárního kloubu a vazy. Lopatka je fixována především okolními svaly. Klíční kost je spojena k osově kostře k manubrium sterni pomocí sternoklavikulárního kloubu, která je doplněná vazy (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 262). Clavicula má zakřivený esovitý tvar. Během pohybu v ramenním kloubu rotuje kolem své osy až o 45°. Díky tomu probíhá ve sternoklavikulárním skloubení pohyb ve všech třech stupních volnosti. Zároveň při pohybu v rameni klíční kost opisuje tvar kužele, přičemž vrchol tohoto kužele je ve sternoklavikulárním skloubení (Kolář, 2020, s. 144). Pletenec horní končetiny je k hrudníku připojen tak, že vzájemně vytváří trojboký útvar, který se nazývá podpažní jáma (fossa axillaris). Mediální stranu prostoru tvoří stěna hrudní a musculus (m.) serratus anterior, přední stranu prsní svalstvo, zadní stranu lopatka a m. subscapularis a vrcholem je kloub ramenní (articulatio humeri) (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 262).

Ke svalům horní končetiny se z vývojového hlediska řadí i svaly spinohumerální a svaly thorakohumerální. Jedná se o svaly, které mají svou funkci spojenou s pletencem horní končetiny a s kloubem ramenním (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 428). Mezi svaly spinohumerální patří m. trapezius, m. latissimus dorsi, mm. rhomboidei a m. levator scapulae (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 367). Ke svalům thorakohumerálním se řadí m. pectoralis major, m. pectoralis minor, m. suclavius a m. serratus anterior. Tyto svaly jsou inervovány z horní větve plexus brachialis pars supraclavicularis (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 378.).

1.1.2. Volná horní končetina

Kostru volné horní končetiny vytváří kost pažní (humerus), kost vřetenní (radius), kost loketní (ulna), kosti zápěstní (ossa carpalia), kosti záprstní (ossa metacarpalia), kosti prstů (ossa digitorum) a kosti sesamkové (ossa sesamoidea). Spojení horní končetiny je tvořeno klouby a vazivovým spojením (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 247-261).

Svaly vlastní horní končetiny jsou ty, které začínají na kostře končetiny a zároveň se na ní i upínají. Tyto svaly se dělí na ramenní a lopatkové, svaly paže, předloktí a ruky. Jsou inervovány nervy z plexus brachialis pars infraclavicularis (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 428).

Ramenní kloub

Ramenní kloub vytváří spojení hlavice humeru s cavitas glenoidalis lopatky. Okolí je doplněno pomocí labrum glenoidale, což je chrupavčitý lem, který rozšiřuje kloubní jamku. Nicméně jamka je mnohem menší než hlavice kloubu, což umožňuje velký rozsah pohybu. Kloub ramenní je nejpohyblivějším kloubem v lidském těle a jedná se o kloub kulovitý volný. Kloubní pouzdro je zesíleno pomocí vazů a šlach v okolí. Klinicky se soubor zesilujících šlach a vazů nazývá rotátorová manžeta. Mezi tyto svaly patří m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres minor a m. subscapularis (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 264-265). V rámci ramenního pletence je z hlediska rehabilitace nutné zmínit také „nepravé“ klouby. Jedná se o spojení skapulothorakální a subakromiální. Skapulothorakální kloub je spojení mezi přední stranou lopatky a hrudníkem pomocí intersiticiálního vaziva. Díky tomuto spojení je umožněn klouzavý pohyb, což je základem pro pohyb lopatky. Subakromiální spojení je označení pro prostor pod oblastí akromionu, úpony svalů rotátorové manžety, kloubním pouzdem a spodní plochou deltového svalu. V tomto prostoru se nachází řídké vazivo a bursy (Kolář et. al., 2020, s. 145-146).

Mezi svaly ramenní a lopatkové patří m. deltoideus, m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres minor, m. teres major a m. subscapularis. Funkce těchto svalů se vztahuje především k ramennímu kloubu a zároveň doplňují funkci svalů spinohumerálních a thorakohumerálních (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 428).

Ramenní kloub umožňuje všechny typy pohybů – flexe, extense, abdukce, addukce, zevní a vnitřní rotace. Všechny další pohyby vznikají na základě kombinace těchto základních pohybů. Pohyby do 90 ° probíhají čistě v ramenním kloubu, při pohybu nad 90 ° již dochází k současné rotaci a pohybu lopatky (Naňka, Elišková, Eliška, 2019, s. 36).

Loketní kloub

Loketní kloub je kloubem složeným, protože se zde potkávají tři kosti – humerus, radius a ulna, které se vzájemně spojují. Spojení mezi humerem a radiem se nazývá articulatio humeroradialis a jedná se o kloub kulovitý. Humerus a ulna se spojují v kladkový kloub articulatio humeroulnaris. Spojení ulny a radia je na dvou místech, rozlišuje se articulatio radioulnaris proximalis a distalis. Tyto kosti jsou zároveň spojeny pomocí vazivové tkáně membrana interossea antebrachii, která zajišťuje soudržnost obou kostí. Proximální spojení ulny a radia je kloubem kolovým. Distální radioulnární skloubení je kloubem válcovým a je natolik volné, že umožňuje pohyb ulny kolem radia, čímž dochází ke vzniku pronace a supinace. Kloub loketní je doplněn i vazy (Naňka, Elišková, Eliška 2019, s. 36).

Hlavní funkcí svalů paže je flexe v loketním kloubu. Zároveň svou funkcí doplňují i pohyb v kloubu ramenním. Svaly paže vytváří dvě skupiny – přední a zadní. Mezi svaly přední skupiny se řadí m. biceps brachii, m. coracobrachialis, m. brachialis. Zadní skupinu vytváří sval m. triceps brachii. (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 433).

Svalstvo předloktí se dělí na tři skupiny – přední, zadní a laterální. Jednotlivé skupiny jsou odděleny pomocí intermuskulárních sept. Do přední skupiny patří m. pronator teres, m. flexor carpi radialis, m. palmaris longus, m. flexor carpi ulnaris, m. flexor digitorum superficialis a profundus, m. flexor pollicis longus a m. pronator quadratus. Zadní skupina obsahuje svaly m. extensor digitorum, m. extensor digiti minimi, m. extensor carpi ulnaris, m. abductor pollicis longus, m. extensor pollicis brevis a longus a musculus extensor indicis. Mezi svaly laterální skupiny patří m. brachioradialis, m. extensor carpi radialis longus a brevis a m. supinator (Naňka, Elišková, Eliška, 2019, s. 65-72).

Základním postavení v kloubu je extense. Z ní je umožněná flexe 130° (Naňka, Elišková, Eliška, 2019, s. 37).

Klouby ruky

Klouby ruky jsou poskládány do jednotlivých řad za sebou. Nejproximálnějším je spojení radia s proximální řadou karpálních kostí. Dále se nachází mediokarpální kloubení, kde se setkává proximální a distální řada karpálních kostí. Mezi jednotlivými karpálními kůstkami jsou klouby interkarpální, které spojují jednotlivé kůstky mezi sebou. Distálněji jsou uloženy klouby karpometakarpální, které spojují karpální kůstky s bazemi metakarpů. Další jsou klouby metakarpofalangové a klouby interfalangové (Naňka, Elišková, Eliška, 2019, s. 37-38).

Karpální kosti se dělí do proximální a distální řady. Řadu proximální vyváří os pisiforme, os triquetrum, os lunatum a os scaphoideum. Distální jsou os trapezium, os trapezoideum, os capitatum a os hamatum. Metakarpálních kostí je celkem pět. Články prstů jsou na palci dva a tři na ostatních prstech (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 255-258).

Klouby radiokarpální, mediokarpální a karpometakarpální pracují jako jeden funkční celek. Jedná se o kulovitý nebo elipsovité kloub. Možné pohyby jsou palmární a dorsální flexe, radiální a ulnární dukce a cirkumdukce, která vzniká kombinací pohybů (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 276). Metakarpofalangové skloubení umožňuje pohyby do flexe, extense, abdukce, addukce, rotace a cirkumdukce (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 279). Interfalangové klouby pak jen flexi a extensi (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 281).

Speciálním kloubem je karpometakarpální kloub palce. Jedná se o sedlový kloub a dovoluje flexi, extensi, abdukci, addukci, mírnou rotaci a kombinací těchto pohybů je možnost postavit palec do oposice vůči ostatním prstům (Čihák, Grim, Fejfar, 2011, s. 272-276).

Svaly ruky se dělí na svaly thenaru, hypothenaru a svaly středního prostoru. Mezi svaly thenaru patří m. abductor pollicis brevis, m. flexor pollicis brevis, m. opponens pollicis, m. abductor pollicis. Svaly hypothenaru jsou m. palmaris brevis, m. abductor digiti minimi, m. flexor digiti minimi brevis, m. opponens digiti minimi. Do svalů středního prostoru se řadí mm. interossei palmares a dorsales a mm. lumbricales (Naňka, Elišková, Eliška, 2019, s. 70-72).

1.2. Funkce horní končetiny

Mezi hlavní funkce horních končetin patří schopnost úchopu a manipulace, což je důležité pro práci a komunikaci. Pro správnou funkci horních končetin je důležitá a nezbytná posturální stabilita axiálního systému, aby došlo k zajištění stability nutnou pro manipulaci. V porovnání s dolními končetinami je funkce horních svázána s osovým systémem daleko volněji. Horní končetiny se společně ovlivňují, jelikož obě tvoří uchopovací orgán a jsou součástí uzavřeného kinematického řetězce. Právě díky tomuto společně působí při manipulaci. Dominantní končetina zaujímá hlavní funkci a druhostranná končetina potom její funkci doplňuje a podporuje.

Horní končetina se z pohybového hlediska dá rozdělit na tři hlavní pohybové komponenty – pohyb v oblasti pažního pletence a ramene, pohyb v oblasti lokte a pohyb o oblasti akra (Véle, 1997, s. 229).

1.2.1. Typy úchopů

Hlavní funkcí ruky je funkce úchopu. Existuje zhruba šest hlavních typů, přičemž pro čtyři z nich je nutná funkce palce. Varianty úchopu jsou – štípcový, pinzetový, klepeto, úchop celou rukou, úchop mezi dlaní a prsty a úchop interdigitální.

Štípcový úchop je složený z terminální fáze opozice palce a ukazováku, kdy dochází k úchopu mezi konečky prstů. Díky tomuto je člověk schopný uchopit jemné věci. Pro tento úchop je nutná práce flexorů (m. flexor pollicis longus a m. opponens pollicis pro palec, m. flexor digitorum profundus pro druhý prst). Tento úchop se využívá například pro uchopení jehly nebo matičky.

Pinzetový úchop je úchop mezi distální bříška palce a druhého prstu. Pro správné provedení je nutná funkce m. flexor digitorum superficialis pro ukazovák a m. flexor pollicis brevis, m. abductor pollicis brevis, m. interosseus I., m. adductor pollicis a m. opponens pollicis pro palec. Využívá se při držení tužky nebo papíru.

Dalším typem je klepeto. Jde o úchop s laterální opozicí. Při tomto jde bříško palce pro palcové hraně druhého prstu. Je potřebná funkce obou prvních mm. *interossei*, *m. flexor pollicis brevis*, *m. adductor pollicis* a *m. opponens pollicis*. Jedná se o poměrně silný úchop.

Úchop celou rukou je úchop palmární se zámkem palce. Je nutná neporušená funkce extensorů i flexorů ruky a všechny svaly palce.

Bez nutné funkce palce je úchop mezi dlaní a prsty (digitopalmární). Potřebná neporušená funkce flexorů i extensorů. Využívá se například při uchopení páky brzdy.

Posledním typem je úchop interdigitální (mezi prsty). Jde o úchop drobných předmětů, kdy je nutná práce všech skupin mm. *interossei* (Véle, 1997, s. 251-253).

1.2.2. Specifika ruky

Správná funkce ruky závisí na schopnosti rozpoznávání předmětů pohmatem (stereognozie). Hlavním zdrojem informací jsou receptory v kůži a proprioreceptory. Velmi důležitý je *n. medianus*, jelikož poskytuje velkou část senzoryckých informací. Při jeho poruše dochází k motorickému poškození ruky, ovšem velkou roli hraje právě poškození z důvodu zhoršené prostorové orientace. Ruka je velmi specifická, jemná a flexibilní a umožňuje provedení velmi složitých úkonů i bez kontroly zrakem.

V případě reedukace komplexní funkce ruky je důležité spojit pohyby s danými úkoly. Pomocí výběru vhodné pracovní činnosti se ruka učí, procvičuje, zdokonaluje a posiluje právě díky tomu, že musí řešit různé situace (Véle, 1997, s. 253).

1.3. Typické poruchy a zranění horní končetiny

1.3.1. Vrozené poruchy horních končetin

Vrozené vady vznikají na nejrůznějším podkladě a často není příčina známá. Existují určité rizikové faktory pro rozvoj vývojových vad. Tyto faktory se dělí na vnitřní, které jsou dány geneticky, a vnější (ionizační záření, hypoxie plodu, biologické mutageny, poruchy výživy atd.). Pro určení prognózy je důležité období, kdy porucha vznikla. Zda došlo ke vzniku během období embryogeneze a diferenciaci pohybového a nervového aparátu, nebo až ve fetálním období. Mezi příklady vrozených poruch horních končetin patří – Sprengelova deformita lopatky, vrozený pakloub *claviculy*, vrozená luxace loketního kloubu nebo hlavičky *radia*, radioulnární synostóza, vrozený zkrat *radia*, *manus vara congenita*, kamptodaktylie, klinodaktylie, syndaktylie, hypoplazie palce (Kolář et al., 2020, s. 417-419).

1.3.2. Získané traumatické a degenerativní postižení

Degenerativní onemocnění kloubů je získané onemocnění. Primárně dochází k postižení chrupavky, dále kost v oblasti chrupavky a okolní měkké tkáně. Ke vzniku dochází na základě

dlouhodobého chronického přetěžování. Nejčastějším onemocněním je pak osteoartróza (Kolář et al., 2020, s. 427).

V rámci traumatologických poruch pak dochází k postižení měkkých tkání i skeletu. Řadí se sem kontuze, poranění šlach, svalové křeče, namožení, natržení nebo natažení svalu, zlomeniny atd. (Kolář et al., 2020, s. 435-440). V rámci horní končetiny pak například glenohumerální luxace, zlomeniny proximálního humeru, glenohumerální instabilita, zlomeniny (Kolář et al., 2020, s. 470), luxace lokte, zlomenina distálního humeru (Kolář et al., 2020, s. 483), pakloub os naviculare, nestabilita zápěstí (Kolář et al., 2020, s. 485).

1.3.3. Onemocnění měkkých tkání

Onemocnění měkkých tkání z přetížení je skupina onemocnění, kam patří poruchy kloubního pouzdra, vazů, šlach a burz. Nejčastějším postižením je onemocnění šlach. V rámci horní končetiny se pak jedná o tendinózu rotátorové manžety, radiální a ulnární epikondylalgie, Morbus de Quervain a stenózující tenosynovialitida flexorů prstů (Kolář et al., 2020, s. 424-425).

1.3.4. Akutní a chronická onemocnění tepen horní končetiny

Onemocnění tepen se obecně dělí na akutní a chronické. K akutnímu uzávěru tepny dochází na základě dvou možností. První možnost nastává u pacientů s embolií do končetinových tepen. Druhá varianta vzniká u pacientů s trombózou tepny. Nejčastěji dochází ke vzniku trombózy na základě aterosklerózy (Zeman et. al. 2014, s. 364).

Mezi chronické cévní poruchy horní končetiny se řadí Raynaudův syndrom, ischemie prstů nebo bolest při pohybu. Tyto poruchy jsou způsobeny nedostatečným prokrvením. Pro Raynaudův syndrom je typické záchvatovité zblednutí, cyanóza a bolest v konečcích prstů. Další poruchou mohou být uzávěry tepen prstů, vzniklé na podkladě Buergerovy nemoci nebo drobnými emboly, nebo syndrom hrudní apertury (TOS). TOS vzniká při útlaku nervově cévního svazku v axillárním kanálu (Zeman et. al, 2014, s. 352-353).

Další možností poruchy cév vzniká na základě poranění cévy (Zeman et al. 2014, s. 366).

1.3.5. Onemocnění nervového systému

Poruchy nervového systému se dělí na poškození v oblasti periferní a centrální. Následně vzniklý klinický obraz je pak dán místem a rozsahem poškození. Záleží ovšem i na věku, kondici, zdravotním stavu a dalších onemocnění pacienta (Kolář et al., 2020, s. 303).

Výsledný klinický obraz periferního poškození u horní končetiny pak může být například u periferní obrny nervů – n. musculocutaneus, n. radialis, n. ulnaris, n. medianus (Kolář et al., 2020, s. 333)

Postižení centrálního nervového systému postihují mozek nebo míchu. Tím dochází ke vzniku poruchy motoriky, rovnováhy a kognitivních funkcí. Onemocnění pak způsobují potíže s volným pohybem končetin, poruchy chůze a rovnováhy, a tím snižují funkční kapacitu jedince. Pacienti s tímto postižením mají potíže ve vykonávání aktivit denního života (ADL), jelikož často bývají postiženy horní končetiny ve smyslu snížení svalové síly, vzniku spasticity, slabost svalů a snížená motorická zručnost. Nejčastější onemocnění centrálního nervového systému jsou pak – dětská mozková obrna (DMO), cévní mozková příhoda (CMP) nebo roztroušená skleróza (RS) (Cortés-Pérez, 2021).

1.4. Metody konvenční rehabilitace horní končetiny

1.4.1. Kinezioterapie

Pojem kinezioterapie, nebo také pohybová léčba, je cílený pokus o vyvolání žádoucího a prospěšného léčebného efektu. Vychází ze základů znalostí fyziologie a kineziologie. Pomocí kinezioterapie dochází k ovlivnění pohybové soustavy. Pohybovou léčbu lze provádět v různém prostředí a za různých podmínek (Krhutová et al., 2017, s. 27).

Cvičení založené na neurofyziologickém podkladě

Při terapii pacientů s neurologickým postižením se při cvičení využívá důležitá schopnost nervového systému, a to plasticita. Neuroplasticita je schopnost se proměnit v závislosti na okolních podmínkách, zkušenostech a na čase. Díky tomuto dochází ať už k pozitivním nebo negativním změnám v rámci nervového systému. V rámci terapie je tak důležité vědět, že existují určité kompenzační strategie a funkční rezervy, které je potřeba využít. Pacient tak může postupně nahradit nebo rozvinout ztracené funkce, a tím dosáhnout co největší soběstačnosti (Kolář et al., 2020, s. 303-304). Mezi metody založené na neurofyziologickém podkladě patří – Bobath koncept, Vojtova reflexní terapie, Senzomotorická stimulace, Proprioreceptivní neuromuskulární facilitace (PNF), a mnohem více (Kolář et al., 2020, s. 311-317).

Cvičení založené na biomechanickém podkladě

Pomocí rehabilitačního cvičení dochází k odstranění nebo kompenzaci poruch funkce. Mezi ortopedické poruchy se řadí otok, funkční změny tkání, omezení rozsahu pohybu (ROM), hypermobilita nebo porucha regulačních nervových mechanismů. Pro terapii ovlivnění otoku se využívá ošetření měkkých tkání, techniky manuální lymfodrenáže nebo fyzikální terapie (například vakuum kompresivní terapie).

Při změnách v oblasti měkkých tkání dochází ke vzniku reflexních změn, změn posunlivosti tkání nebo svalového tonu. V rámci léčby se pak využívají techniky měkkých tkání, kožní řasa, manuální uvolnění fascií, protažení, relaxace, trakce, šetrné mobilizace, reflexní nebo klasická masáž. Z fyzikální terapie se pak volí ultrazvuk, středofrekvenční a vysokofrekvenční proudy, laser atd. (Kolář et al., 2020, s. 412).

V rámci léčebné terapie pro omezený ROM je cílem, aby pacient zvládl stejný rozsah jako před vznikem poškození, popřípadě byl schopen takového rozsahu, aby byl co nejvíce soběstačný. Podmínkou je, aby se zvětšování rozsahu pohybu nedělo na úkor stability. Velký význam zde mají mobilizační techniky, techniky měkkých tkání pro ovlivnění zkrácení svalů, dále se zde velmi účinně využívají techniky PNF a DNS, popřípadě cvičení v anestezii nebo redres (Kolář et al., 2020, s. 414)

Hypermobilita je zvětšený rozsah kloubní pohyblivosti v aktivním, pasivním pohybu i v rámci joint play nad fyziologickou hranici. Existují různé typy hypermobility – kompenzační, při neurologickém onemocnění, konstituční a lokální patologická (posttraumatická). Při terapii je cílem dosáhnout co největší stability segmentu. Během cvičení dochází k facilitaci svalů, související s daným segmentem, a také svalů, které vytváří během pohybu punctum fixum. Vhodné jsou techniky jako aproximace do kloubu, rytmická stabilizace, centrované pozice kloubů, cvičení v rámci uzavřených kinematických řetězců a senzomotorický trénink (Kolář et al., 2020, s. 414-415).

Nervový systém se podílí na tom, jakým způsobem bude svalový systém v případě poruchy nebo ohrožení reagovat. Pokud dojde například ke špatnému došlapu, záleží na nastavení našeho systému, jak rychle nebo jak kvalitně na problém zareaguje. Při poruše regulačního systému jsou tak podmíněny různá ortopedická onemocnění. Tím pádem i při výběru léčby musí terapeut vycházet z toho, že daný problém nelze řešit pouze lokálně. Během terapie dochází pomocí reflexních postupů ke změně vnitřní síly pacienta. Cílem je zapojit kloubní segment do celkového schématu pacienta a tím zlepšit reakci těla na případně vzniklé ohrožení. Využívají se balanční cvičení a pomůcky pro zlepšení sensorické aferentace, důležité je také nácvik stabilizační funkce svalů. Toto cvičení zároveň slouží jako prevence před návratem poruchy či jejím vznikem (Kolář et al., 2020, s. 415-417).

Měkké techniky

Na začátek je důležité si uvědomit, že měkké tkáně jsou součástí svalů, obklopují pohybovou soustavu a díky nim je možný pohyb dalších tkání vůči sobě. Je proto zásadní, aby terapeut ošetřil okolní měkké tkáně pro dosažení normalizace elasticity a pohyblivosti. Pro správné ošetření měkkých tkání je nutné najít výchozí předpětí a bez změny v rámci tahu

nebo tlaku se čeká na fenomén tání. Tento fenomén se může dostavit do několika sekund nebo naopak i po více minutách. V praxi se využívají různé formy, jako protažení kůže, pojivové řasy (v rámci podkoží, svalstva nebo jizev), působení tlakem, nebo hluboké fascie (Lewit, 2003, s. 216-217).

1.4.2. Fyzikální terapie

Mezi procedury klasické konvenční terapie se řadí fyzikální terapie. Obzvláště velmi vhodná je v kombinaci s dalšími léčebnými postupy. Fyzikální terapie má hojně využití pro své regenerační, antiedematózní, analgetické či trofické účinky. Vždy je ovšem důležité znát a mít na vědomí všechny kontraindikace. Pro zmírnění otoku a podporu venózního návratu se používá zejména mechanoterapie (masáže, vakuum-kompresivní terapie, ultrazvuk, hloubková oscilace) a termoterapie. Pro tlumení bolesti je vhodné využít vodoléčbu, termoterapii, elektroléčbu nebo magnetoterapii. Se snížením bolesti souvisí také ovlivnění reflexních změn. Pro ty se volí kombinovaná terapie, rázová vlna nebo reflexní masáže. Pomocí fyzikální terapie je možné pozitivně ovlivnit i hojení jizvy, například pomocí polarizovaného záření (Krhutová et al., 2021, s. 91).

1.4.3. Manipulační léčba

Původní myšlenka o principu manipulační léčby byla založena na předpokladu, že při manipulaci dochází k tzv. napravování (repozici) při subluxaci. Od této teorie se později z důvodu rentgenového vyšetření upustilo, jelikož pro podpoření této myšlenky nebyl dostatek důkazů. Následující výzkumy ukazují, že neexistují absolutní nebo neutrální postavení mezi klouby. Jde pouze o to, dostat klouby do takového postavení, které je nejvýhodnější za nastolených podmínek. Při manipulaci dochází k obnově funkce (obnově pohyblivosti mezi klouby). Zpravidla, při odstranění poruchy, dochází k obnově pohyblivosti, dosahuje se symetričnosti, s čímž souvisí i ústup bolesti. Manipulační metody lze rozdělit do dvou skupin, a to na mobilizační a nárazové (Lewit, 2003, s. 26).

Velmi důležité je ovšem znát zásady pro úspěšnou manipulaci. Pacientova poloha musí být relaxovaná. Část, kde se provádí terapie musí být přístupná a druhá musí být fixovaná buď terapeutem, nebo zaujatou polohou. Velmi důležité je postavení terapeuta – pohodlné, stabilní, pohyb manipulace vždy vychází z těla. Mobilizace se nesmí provádět přes dva klouby a ruce terapeuta by měly být co nejbliž kloubní šterbině. Zásadní pro manipulaci a mobilizaci je předpětí. Pokud terapeut najde první lehké předpětí (bariéru), musí vydržet, dokud pacient doopravdy nepovolí (Lewit, 2003, s. 171-172).

V rámci manipulace jsou dvě varianty toho, jak obnovit normální pohyblivost po dosažení bariéry – pírujícíím pohybem, či vyčkávám v předpětí (mobilizace) nebo během relaxace dojde k nárazu (manipulaci) (Lewit, 2003, s. 172).

Mobilizace je tedy založena na principu vyhledání předpětí a následného pružení či vyčkání v bariéře, kde se čeká na fenomén tání. Postupně pohyblivost zvětšuje, jelikož původní bariéra mizí. Ovšem pokud byl v kloubu omezen rozsah pohybu, je důležité myslet na následující – terapeut nesmí během mobilizace opouštět dobité území, z hlediska léčby je nutné zpětné zapružení (kloub se musí vrátit k fyziologické bariéře) (Lewit, 2003, s. 172).

Nárazová manipulace je rychlá a nenásilná o velmi malém rozsahu. Provádí se ve směru dosaženého předpětí a manipulace. Je velmi důležité, aby pacient opravdu zrelaxoval, a aby bylo předpětí dosaženo minimální silou. Náraz musí vždy vycházet přímo z předpětí. Během nárazové manipulace dochází k zvukovému fenoménu lupnutí (Lewit, 2003, s. 174).

Ošetření trigger pointů ve svalech

Trigger pointy (TRP, myogelosis, fibrositis, místní hypertonus, aj.) jsou spoušřové body ve svalech. Jsou to místa, kde se pomocí palpace, detekuje místo zvýšeného napětí. Uvnitř jsou svalová vlákna v kontrakci, kdežto zbytek svalových vláken je v dekontrakci. Při přebrnknutí přes TRP dochází k záškubu ve svalu, který je možný detekovat na elektromyografu (EMG). Tento bod může vyvolávat přenesenou bolest do okolí a vegetativní příznaky. Dělí se na aktivní a latentní. TRP lze ošetřit pomocí technik postizometrické relaxace, tlakem, reciproční inhibicí nebo spray and stretch (Lewit, 2003, s. 96).

Relaxační techniky pro svaly

Postizometrická svalová relaxace (PIR) je metoda vhodná pro terapii svalových spasmů a TRP. Tato technika je výborná pro relaxaci svalu, ale zároveň se dá uplatnit i v rámci mobilizace. V rámci provedení musí terapeut najít bariéru. V této pozici pak pacient zatlačí minimálním odporem proti směru pohybu. Tento tlak je nutné podržet alespoň deset vteřin. S výdechem se pak pacient postupně uvolní a terapeut čeká na fenomén tání. Během fáze relaxace se svalová vlákna dostávají do dekontrakce, a tím terapeut nachází nové předpětí (Lewit, 2003, s. 230-231). Jedná se o lokálně cílenou techniku (Krhutová et al., 2011, s. 64).

Antigravitační relaxace (AGR) je obdoba PIR s využitím gravitace. Je nutné, aby byl pacient v pozici, kdy může gravitační složku ideálně použít. Během fáze aktivace je postup stejný jako u PIR. Pak ve fázi relaxace dojde k intenzivnímu protažení svalu vlivem působení gravitace. Vhodné pro autoterapii (Krhutová et al., 2011, s. 64).

Postpacilitační inhibice (PFI) je metoda zaměřená na relaxaci svalových vláken, která jsou tuhá a bolestivá, díky funkční poruše. Tento bod je hůře prokrvený, čímž dochází i ke zhoršení metabolismu v dané oblasti. Následkem toho pak dochází k nadměrnému dražení chemoreceptorů. Ve finále se porucha projevuje jako TRP. Jakákoliv metoda, která se opírá o PFI má dvě složky – fáze aktivace svalových vláken a následná inhibice. Během aktivace se aktivují vlákna, která mají nižší práh dráždivosti. Následně v relaxační fázi tlumí svou aktivitu, díky čemuž dochází k úpravě svalové délky, lepšímu prokrvení a zlepšení metabolismu (Krhutová et al., 2011, s. 64).

Muscle energy technics (MET) je technika, která se využívá k protažení celého svalu a intersticiálního vaziva. Postup je opět stejný jako u PIR, ovšem odpor musí být zde mnohem větší, aby došlo k aktivaci všech vláken v daném svalu (Krhutová et al., 2011, s. 64).

Agonisticko-excentrická kontrakce (AEK) je technika, která je zaměřená na principu aktivace antagonisty za cílem útlumu hypertonických svalových vláken agonisty. Nejdřív se musí objasnit místo předpětí svalu, který obsahuje hyperaktivní svalová vlákna. Pacient pak provede volní kontrakci antagonistů zjištěných vláken a terapeut excentrickou kontrakci antagonisty (Krhutová, 2011, s. 64).

1.5. Technologie ve zdravotnictví

1.5.1. Umělá inteligence

Koncept umělé inteligence (AI) poprvé představil americký profesor John McCarthy v roce 1956. Hlavním principem vzniku bylo tvrzení, že počítače mohou přesně napodobit kognitivní funkce lidí – učení a řešení problémů. Stroje využívají výpočetní algoritmy, díky kterým zlepšují své schopnosti. Základními kameny je koncept hlubokého učení a umělé neuronové sítě, které simulují síť lidského mozku a shlukují obrazy (Beyaz, 2020, s. 654).

AI je předmětem mnoha diskusí. Význam tohoto pojmu je ovšem těžké přesně definovat, jelikož jednotná definice neexistuje. Například v rámci jednoho slovníku se objevuje i více definic pojmu umělá inteligence. Jedná se o obor v oblasti informatiky, zabývající se vývojem počítačových programů, které jsou schopné myslet jako člověk, učit se, uvažovat a opravovat se. Jde o koncept, při kterém dochází k vylepšování strojů tak, aby získaly určité schopnosti, jako je učení, přizpůsobování se, nebo schopnost se opravit. Přičemž všechny tyto schopnosti jsou považovány za lidskou inteligenci. Dále může být pojem AI chápán jako rozšíření lidské inteligence pomocí počítačů. Stejně tak jako byla v minulosti fyzická síla rozšiřována pomocí mechanických strojů. AI také lze definovat jako studium technik, určené

pro efektivnější používání počítačových systémů pomocí vylepšených programů (Beyaz, 2020, s. 654).

Nicméně definice se v průběhu času měnily, jelikož dochází k neustálému vývoji. V každém případě jde o napodobování inteligentního lidského chování. Nejedná se o jednoduchou úlohu, jelikož počítačový program musí být schopný zvládnout spoustu úkolů, proto, aby byl nazván jako inteligentní. Systémy se dále mohou dělit do různých kategorií – systémy, které myslí jako lidé, systémy, které se chovají jako lidé, systémy, které myslí racionálně a systémy, které jednájí racionálně (Kok et. al., 2009).

Historie umělé inteligence

Úplně první program AI vytvořil už v roce 1951 Christopher Strachey. Jednalo se o úplný začátek AI a v tomto období šlo převážně o akademický výzkum. O pět let později v roce 1956 na konferenci v Dartmouthu pojem umělé inteligence použil John McCarthy. Právě tato konference se považuje za začátek moderní éry AI. Později v 60. a 70. letech minulého století byl výzkum v této oblasti zaměřen na systémy založené na pravidlech a expertní systémy. V rámci tohoto se ovšem opustilo z důvodu nutnosti a potřeby většího výpočetního výkonu a dat. V 80. a 90. letech 20. století došlo ke změně výzkumu, který se přesunul ke strojovému učení a neuronovým sítím. Tato změna pak strojům umožnila učit se ze získaných dat a dále postupně zlepšovat výkon systému. Právě v této době vznikl systém Deep Blue, který porazil v roce 1997 šachového mistra světa Garryho Kasparova.

Na přelomu 20. a 21. století se výzkum v oblasti AI zaměřil na zpracování přirozeného jazyka, tedy na spolupráci mezi počítači a lidmi právě pomocí přirozeného jazyka, a na počítačové vidění. Díky tomuto došlo k vývoji virtuálních asistentů (Siri, Alexa). Tyto systémy rozumí přirozenému jazyku a jsou schopny reagovat na potřeby uživatelů.

Dnes se AI promítá do nejrůznějších oblastí. Mění zdravotnictví, finance, dopravu a její vliv a dopad se bude postupně zvyšovat. V akademickém prostředí se AI využívá pro inteligentních počítačových programů, které jsou schopny se přizpůsobit požadavkům a potřebám každého studenta. Tyto výukové systémy postupně zlepšily dosažené výsledky v nejrůznějších předmětech. V oblasti výzkumu je dnes AI důležitá v rámci analýzy velkých datových souborů a identifikaci vzorců. Díky tomuto došlo k průlomovým objevům v oblastech oborů genetiky a v objevování léků. V rámci zdravotnictví se pomocí AI vyvíjí diagnostické nástroje a personalizované léčebné plány (Alowais et al., 2023).

1.5.2. Umělá inteligence ve zdravotnictví

Rychlý vývoj a pokrok v oblasti AI vyvolává diskusi napříč zdravotnictvím, zda v budoucnu stroje nenahradí lékaře. V roce 2020 se uvádělo, že přibližně 90 % všech znalostí od začátku lidské historie až po současnost bylo shromážděno během posledních dvou let. Navíc se neustále snižuje počet dní, které vedou k novým objevům na poli medicíny (Beyaz, 2020, s. 653). Nicméně v dohledné době pravděpodobně lékaře AI nenahradí. Ovšem dnes AI výrazně může lékařům pomoci při rozhodování, nebo dokonce může v určitých oblastech zdravotní péče nahradit lidský úsudek (Jiang, et. al., 2017, s. 230). Americká lékařská asociace definovala postavení AI v oblasti zdravotnictví jako „rozšířenou inteligenci“. AI by měla být navrhována tak, aby dokázala posílit lidskou inteligenci. Tímto se zdůrazňuje spolupráce mezi člověkem a strojem (Chen, Decary, 2020, s. 12).

Výhody AI jsou častým tématem. Systémy jsou schopné se díky sofistikovaným algoritmům učit funkce ze zdravotnických dat. Tyto získané a naučené poznatky jsou potom stroje schopné využít v klinické praxi. Navíc mají schopnost se učit a opravovat se pomocí zpětné vazby. Díky systémům AI se také může snížit počet diagnostických a terapeutických chyb, které jsou jinak v klinické praxi nevyhnutelné (Jiang et al., 2017, s. 230). Proto je důležité zajistit dokumentaci a dále poskytovat informace o úkolu AI v klinické praxi, aby poskytovatelé zdravotní péče měli dostatek znalostí a nástrojů pro efektivní implementaci v péči o pacienty (Alowais et al., 2023).

1.5.3. Využití robotů ve zdravotnictví

Využití lékařských robotů je široké. Roboti jsou často používáni v oblasti chirurgie, rehabilitace, sociální interakce atd. Z nejvíce používaných lékařských robotů jsou chirurgičtí roboti s podporou umělé inteligence. Jejich systémy jsou schopné analyzovat data z předoperačních lékařských záznamů a na základě toho potom během operace dokážou fyzicky řídit chirurgický nástroj. Tyto přístroje se používají v rámci neurologických, ortopedických nebo laparoskopických operací. V porovnání klasické chirurgické operace s roboticky asistovanou chirurgií je robotická méně invazivní. Což může zkrátit pobyt pacienta v nemocnici, zároveň je tu i menší riziko komplikací a také chyb (Chen, Decary, 2020, s. 12).

Význam a vznik slova robot

Slovo „robot“ zaznělo už v roce 1920, kdy tento pojem byl poprvé použit v divadelní hře R.U.R., jejímž autorem je spisovatel Karel Čapek. Přesná definice slova „robot“ ovšem neexistuje. Jedná se o naprogramovaný stroj, který je schopný v jisté míře samostatnosti plnit úkoly v závislosti na vnějším okolí a na požadavcích uživatele (Navrátil et al., 2022, s. 13-15).

Nicméně se slovem „robot“ nepřišel sám Karel Čapek, ale jeho bratr malíř Josef Čapek. V roce 1933 vydal Karel Čapek článek v Lidových novinách, kde popisuje vznik tohoto označení. Když autor dramatu R.U.R. přišel s myšlenkou na tuto hru, běžel jako první za svým bratrem, který v tu chvíli stál na štaflích a maloval na plátně. Karel Čapek stručně popsal svůj nápad, ovšem vyjádřil určité obavy ohledně toho, jaké má použít označení pro umělé dělníky. Původní nápad byl „Laboři“, ovšem s tímto autor úplně nesouhlasil. Na to mu odpověděl Josef, který měl jeden štětec mezi rty a druhým maloval, ať je pojmenuje jako „Roboti“. Tímto způsobem tedy vzniklo slovo „robot“, které Karel Čapek přivedl svým dílem k životu (Lidové noviny, 1933).

„Roboti nejsou lidé. Jsou mechanicky dokonalejší než my, mají úžasnou rozumovou inteligenci, ale nemají duši. Výrobek inženýra je technicky vytříbenější než výrobek přírody.“

- Karel Čapek

1.5.4. Technologie v rehabilitaci

V posledních letech došlo k velmi rychlému technologickému pokroku, což se projevilo i v oblasti rehabilitace. Změna nastala především u rehabilitace horních končetin a terapie virtuální realitou, kde se nyní hojně využívají počítačové technologie a roboticky podporovaná zařízení (Jakob et al., 2018, s. 189). Cílem těchto nových rehabilitačních systémů je zvýšit intenzitu léčby a nabídnout pacientům další možnosti rehabilitačního cvičení. To zahrnuje interaktivní systémy, které se zobrazují ve virtuální realitě, dále roboticky asistovanou rehabilitaci a telerehabilitaci (Everard et al., 2022, s. 531)

Virtuální realita

Virtuální realita je velice slibná počítačová technologie, která nabízí možnost interakce se simulovaným multisenzorickým prostředím. Cílem je zvýšit intenzitu rehabilitace a podat zpětnou vazbu o výkonu pacienta. Existují dvě varianty virtuální reality. První možností je interakce pacienta s digitálním prostředím pomocí obrazovky, čímž si pacient uvědomuje realitu. Druhá varianta plně promítá pacienty do virtuálního prostředí například pomocí helmy (Everard et al., 2022, s. 531).

System virtuální reality má obecně pozitivní účinky na učení prostorových úloh. Nicméně se nabídla otázka, zda senioři či pacienti s kognitivními a smyslovými poruchami nečelí obtížím s vnímáním trojrozměrnosti prostředí virtuální reality. Výzkum potvrdil, že se u pacientů po CMP objevily poruchy stereovize a následně poruchy posouzení vzdálenosti a hloubky v prostředí virtuální reality (De Crignis et al., 2023).

Grafika virtuální reality může napodobovat reálné prostředí, což je velmi prospěšné při nácviku pracovních činností nebo ADL. Virtuální scény ovšem mohou také simulovat fiktivní svět. Ty mohou být nápomocné například při terapii nácviku relaxačních technik. Velmi zásadní je i parametr imerze, což je úplnost vjemů. Čím větší imerze jen, tím je i větší stupeň intenzity prožitku jedince o tom, že se doopravdy nachází ve virtuálním prostředí. Ovládní virtuální reality může být uskutečněno pomocí nejrůznějších typů ovládacích zařízení, od obyčejné klávesnice až po systémy se senzory pohybu (Navrátil et al., 2022, s. 107-108)

Telerehabilitace

Telerehabilitace je poskytování rehabilitačních služeb prostřednictvím informačních a komunikačních technologií. Jedná se o léčebnou možnost pro pacienty, kteří nemohou navštěvovat terapie v nemocnici. Jejím cílem je zvýšit intenzitu léčby a poskytovat rehabilitaci navíc ke klasické konvenční terapii. Využívá k poskytování domácí rehabilitace zařízení jako jsou například chytré telefony, tablety nebo videokamery (Everard et al., 2022, s. 531).

Roboticky asistovaná rehabilitace (RAR)

Robot je definován jako „přeprogramovatelný, multifunkční manipulátor, který byl navržený tak, aby pohyboval materiálem, součástmi nebo specializovanými zařízeními prostřednictvím proměnných naprogramovaných pohybů, aby pomohl danému úkolu (Everard et al., 2022, s. 531).

RAR se stala důležitou součástí terapie a zlepšení mobility. Přístroje, které se dnes používají, jsou založeny na principu, kdy využívají schopnosti motorického učení společně s motorickou a kognitivní účastí pacienta (Pournajaf et al., 2023).

Robotická rehabilitace má oproti klasické konvenční terapii určité výhody. Systémy, které se nyní využívají, zajistí intenzivní opakovatelný trénink bez výrazné závislosti na terapeutovi. (Taravati et al., 2022, s. 1177). Robotická zařízení doplňují a usnadňují terapii díky tomu, že pomáhají provádět přesné a opakované manuální cvičení, která běžně zajišťují terapeuti. Což může výrazně pomoci i z hlediska časového vytížení (Shi et al., 2021). Přístroje dále poskytují také senzorickou zpětnou vazbu (vizuální nebo sluchová), což může pomoci pacienta motivovat do další terapie a zlepšit svůj výkon (Taravati et al., 2022, s. 1177).

I přes to, že přibývá čím dál více důkazů o účinnosti RAR, vystává otázka ohledně užitečnosti v reálném životě. Jeden z hlavních problémů je to, že chybí standardizovaný protokol a mezi používanými roboty jsou rozdíly. Velká rozmanitost studií tak ztěžuje vyhodnocení závěru, a to jak z pohledu účinnosti, tak z hlediska doby i intenzity, která je potřebná pro to, aby změna nastala. Studie ukazují zlepšení funkce horní končetiny, ale většina

z nich nedokáže ukázat změny v každodenním životě nebo jemnou motoriku ruky (Taravati et al., 2022, s. 1178).

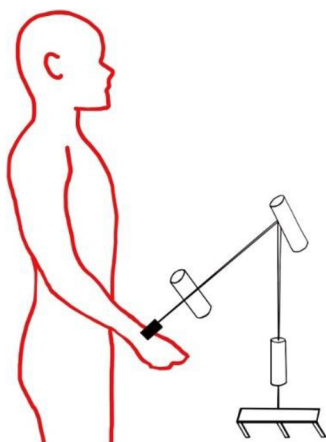
1.6. Zařízení pro rehabilitaci horní končetiny

1.6.1. Dělení terapeutických robotů

Terapeutické roboty můžeme dělit do několika různých kategorií podle jejich programování, způsobu řízení, nebo podle rozdílů jejich manipulátorů. Roboti mohou být vybaveni manipulátory s pevným programem, synchronními manipulátory nebo manipulátory s pružným programem. Dále existují roboti adaptivní a kognitivní. Adaptivní roboti jsou schopni reagovat na vnější okolí. Kognitivní roboti mají určitou míru umělé inteligence (Navrátil et al., 2022, s. 24). Přístroje se mohou dělit i podle toho, na jaký segment se zaměřují. To znamená, že existují zařízení určená na pohybovou terapii horních končetin, dolních končetin a zařízení pro komplexní pohybovou terapii. Kromě toho se roboti dělí skupin podle úrovně jejich podpory, což jsou systémy, které zajišťují plně vedený pohyb, aktivní pohyb s dopomocí a volný pohyb, kdy je interakce mezi pacientem a robotem minimální (Navrátil et al., 2022, s. 29).

Dále mohou být přístroje rozdělené do dvou kategorií podle mechatronických systémů a vzájemného působení člověk – stroj, a to na systém koncových efektorů a exoskeletonů (Pournajaf et al., 2023).

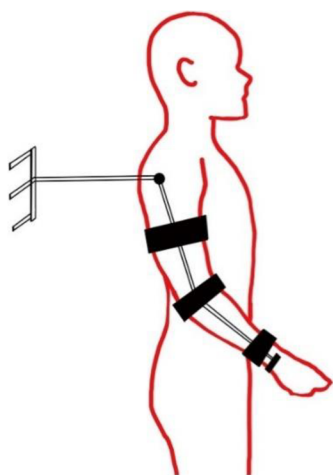
Roboti s koncovým efektozem mají omezený vzájemný kontakt pouze na efektor. Jako příklad může být uveden pedál mezi mechanickou strukturou a předmětem (Pournajaf et al., 2023). V rámci těchto systémů jsou pohyby generovány z nejdálnějšího segmentu končetiny, tudíž neexistuje žádné zarovnání mezi dalšími klouby pacienta a robotem (viz obrázek 1) (Molteni et al., 2018, s. 175).



Obrázek 1

Koncový efektor pro rehabilitaci horních končetin (Molteni et al., 2018, s. 175)

Exoskeletony mají konstrukci, která vychází přímo ze znalosti biomechaniky a antropometrie. Pacient má přístroj připevněný k tělu. Ve výsledku jde o kompenzační pomůcku, která zlepšuje sílu svalů tam, kde není dostatečná. Robotické exoskeletony mají zdroj energie a jsou doplněny dalšími funkcemi. Mohou být podporou pro celé tělo, nebo pouze určitý segment. Aktivní exoskelet reaguje na podnět, kterým může být například aktivace nervu, poté přebere většinu energie nutnou pro provedení pohybu (Navrátil et al., 2022, s. 25). V rámci systému exoskeletonů existuje shoda mezi roboty a klouby pacienta (viz obrázek 2). Každý kloub je tak veden po trajektorii, která je už předem naprogramovaná. Tito roboti se dále mohou dělit podle počtu kloubů, které ovládají, anebo na unilaterální a bilaterální roboty (Molteni et al, 2018, s. 175).



Obrázek 2

Exoskeleton pro rehabilitaci horních končetin (Molteni et al, 2018, s. 176)

1.6.2. Principy robotických zařízení

Pro správně provedenou a efektivní terapii je nutné respektovat základní principy roboticky asistované rehabilitace. Terapii smí provádět pouze proškolený odborník. Je důležité, aby terapeut správně zapojil daný robotický systém a nastavil parametry terapie přesně dle instrukcí a návodu výrobce stroje. Dále je nutné znát kontraindikace terapie a zvážit její vhodnost, stejně tak dbát na bezpečnostní opatření. Vždy je důležité brát v potaz to, že každý pacient je individuální, každý tudíž může terapii vnímat jinak či na ni jinak i reagovat. Proto je nutné vždy nastavit intenzitu a náročnost terapie dle možností daného pacienta. Aby byla terapie co nejefektivnější, mělo by postupně docházet ke zvyšování její náročnosti – prodloužení terapie (maximálně ovšem 30 minut), postupně zvyšovat míru soběstačnosti, díky snížení asistence, nebo postupným zvyšováním rozsahu nebo rychlosti. Velmi velkou roli hraje i motivace a spolupráce pacienta (Kolářová et al., 2019, s. 108).

1.6.3. Robotická zařízení pro horní končetinu

Gloreha

Gloreha je robotický přístroj určený pro rehabilitaci horní končetiny. Má tvar rukavice, na kterou se přenáší mechanická síla přes pružný nosník. Generátor energie není spolu s robotem připevněn k ruce pacienta, ale je oddělen. Díky tomu potom váha přístroje nepůsobí během terapie na ruku pacienta (Villafañe et al., 2018, s. 96).

Jedná se o roboticky asistovanou rukavici, která využívá stále se opakujících pohybů, kdy cílem je obnovení hybnosti, zlepšení cití, snížení edému a svalového napětí. Gloreha pracuje v několika módech – pasivní, pasivně aktivní a herní mód. Pasivní mód je určen pro pacienty, kteří nemají schopnost aktivního pohybu. Pasivně aktivní mód pacientům pouze dopomáhá. Přístroj dokáže rozpoznat, kdy pacient došel do svého maximálního limitu rozsahu a v případě potřeby pomůže. Herní mód se využívá u pacientů, kteří zvládají plný aktivní rozsah, ale je potřeba zaměřit se u na rychlost, přesnost, provedení pohybu a svalovou kondici ruky (Navrátil et al., 2022, s. 134-135).

Robotický přístroj Gloreha má široké spektrum využití u neurologických pacientů s motorickým nebo i kognitivním deficitem. Mezi nejčastější indikace patří: CMP, poranění mozku, míchy, DMO, Parkinsonova choroba, periferní neuropatie nebo poruchy vývoje. Nicméně tyto přístroje se mohou využívat i jako podpora při léčbě pacientů s onemocněním pohybového systému a také v pooperačním stádiu. Zařízení se může použít v subakutní i chronické fázi. Mezi klinické přínosy patří například: udržování a zlepšení kloubního rozsahu, stimulace propriorecepce, zvýšení funkční nezávislost, prevence srůstů, kontraktur a poškození, která jsou způsobená imobilizací, zvýšení koordinace, obratnost, síly, zlepšení metabolismu lymfatického i krevního oběhu a mnoho dalších. Existují různé typy terapeutických robotů od společnosti Gloreha – systém Crescendo, Maestro, Aida, Sinfonia, Aria a Concerto (Gloreha, 2023).

V České republice je systém Gloreha jedním z nejvíce používaných robotických zařízení v oblasti neurorehabilitace. Během posledních 5 let došlo k cca 30 instalacím (Navrátil et al., 2022, s. 138). Tato zařízení se využívají denně v nemocnicích i rehabilitačních centrech po celém světě. Přístroje Gloreha jsou nejmodernější, nejúčinnější a pro pacienty nejvíce přívětivou technologií, která se používá v rámci motorické rehabilitace horní končetiny a neurokognitivní regenerace. Mohou být součástí kterékoliv fáze rehabilitačního procesu (Gloreha, 2023).

Gloreha Sinfonia

Gloreha Sinfonia je nejmodernější přístroj určený k funkční rehabilitaci ruky (Gloreha, 2023). Jedná se o druh robotického zařízení, které je určeno k neuromuskulární rehabilitaci horní končetiny (viz obrázek 3). Zařízení obsahuje kompletní sadu rukavic, součástí je i příslušenství určené na mobilizaci prstů, dále rovnátka, dynamická podpora, která podepírá paži, stimulační software se 3D animací, hlasový průvodce, dotyková obrazovka s video a audio efekty (Bressi et al., 2023). Jedná se o velmi unikátní přístroj, jelikož obsahuje bimanuální mód, který umožňuje pacientovi trénovat zároveň obě horní končetiny. Díky senzorické rukavici, která je na zdravé končetině, se daný pohyb přenesse do druhé rukavice na postižené končetině. Výsledkem je poté pohyb, který se stává téměř identickým na obou končetinách (Navrátil et al., 2022, s. 135).

Zařízení je určeno na distální část končetiny. Pacienti jsou schopni díky tomuto přístroji trénovat ADL jako například dosah, uchopení nebo přenášení předmětů v trojrozměrném prostoru. Jako příklad můžeme uvést dovednost sám se napít z láhve. Musíme být schopni dosáhnout na předmět, uchopit ho, zvednout ho, dostat ho až k ústům a potom zase láhev položit zpět na místo (Lee et al., 2021).

Gloreha Sinfonia může pomoci pohybu jednotlivých článků prstů v pasivním režimu, kdy všechny pohyby vykonává pouze zařízení, dále v režimu aktivně asistovaném nebo plně aktivním. (Bressi et al., 2023). V rámci pasivního režimu je flexe a extenze prstů generována rukavicí dle určených parametrů. Aktivně asistovaný režim je založený na principu, kdy rukavice pacientovi pomůže v případě potřeby. Je nutné, aby pacient sám zahájil motorický úkol, robot aktivitu sleduje a následně dle potřeby pomůže. Tento typ zařízení navíc obsahuje i indikátory výkonnosti, které poskytují zpětnou vazbu o samostatnosti pacienta. Aktivní režim využívá hry, při kterých pacient trénuje svírání a otevírání rukou, flexi a extenzi rukou i jednoho prstu. (Gloreha, 2023).

Gloreha poskytuje spoustu typů cvičení s multisenzorickou zpětnou vazbou. Využívá 3D animace, zvukové efekty, hudbu, navádění hlasem, aby došlo k zapojení pacienta (Gloreha, 2023). Před zahájením cvičení se na monitoru ukáže, jak pohyb vypadá ve 3D simulaci a zároveň zobrazuje pohyb i při jeho cvičení (Bernocchi et al., 2018, s. 115).

Tato rukavice navíc detekuje všechna data, tudíž má terapeut zpětnou vazbu o motorickém výkonu pacienta. Díky tomu může sledovat aktivní i pasivní ROM (range of motion – rozsah pohybu), rychlost pohybu, koordinaci, a dokonce i zlepšení funkce pohybu při provádění cvičení (Bressi et al., 2023). Gloreha Sinfonia je vhodná pro široké spektrum pacientů, včetně těch dětských (Gloreha, 2023).



Obrázek 3

Robotická rukavice Gloreha Sinfonia (Bressi et al., 2023).

Gloreha Aria

Gloreha Aria se řadí mezi speciální přístroje. Jedná se o nerobotickou technologii, ačkoliv bývá za robotickou označována. Tento typ robota totiž neobsahuje pohon, který by umožnil provedení pohybu i pacientům, jejichž schopnost pohybu je nulová. Gloreha Aria využívá zevní opory pro odlehčení horní končetiny, díky tomu pak může být využit zbytkový potenciál pacientovy hybnosti (viz obrázek 4) (Navrátil et al., 2022, s. 138).

Přístroj umožňuje kognitivní cvičení a interaktivní hry, které jsou zaměřené na volné pohyby paže, zápěstí a rukou. Cvičení je založeno na aktivních pohybech, které detekuje specifický senzor, díky tomu pacient i terapeut získávají okamžitou zpětnou vazbu o vývoji výkonu (Gloreha, 2023).

Pacient se zapojuje do hry, vede postavu při provádění úkolů, nebo ovládá kurzor při řešení kvízů. Náročnost je různá a mění se, buď dle nastavení terapeutem, nebo podle výkonu pacienta. Přístroj je dále kalibrován podle hmotnosti paže a podle zbytkového potenciálu kontroly a pohybu pacienta. Systém navrhuje cvičení, která jsou inspirovaná testy a aktivitami pro neuropsychologickou léčbu, k tréninku selektivní a dělené pozornosti, vizuálně prostorových průzkumných dovedností, paměti, atd (Gloreha, 2023).

Dále se do skupiny nerobotické rehabilitace řadí koncept Armeo Spring (Navrátil et al., 2022, s. 138).



Obrázek 4

Nerobotická technologie Gloreha Aria (Gloreha, 2023)

Amadeo

Moderní robotický systém Amadeo je bezpečný, snadno použitelný, lehce nastavitelný, spolehlivý a validní přístroj. Na základě dostupných důkazů se jeví jako jedna z nejlepších variant pro neurorehabilitaci ruky v CMP. Robot se používá pro léčbu úchopových pohybů, zlepšení kinetických a kinematických parametrů související s flexí a extenzí. Je možné jej využívat i s dalšími technologickými technikami, tradičními pracovními, fyzioterapeutickými nebo neurorehabilitačními přístupy. Díky tomuto dochází ke zlepšení zpětné vazby (Serrano-López Terrada et al., 2023).

Robot Amadeo se skládá s malých páček a kolejnič, ke kterým jsou připevněny distální články prstů pomocí magnetů. Přístroj umožňuje navolit různý odpor při flexi a extenzi každého prstu při měřeních pasivních i aktivních rozsahů pohybu (Serrano-Lopez-Terradas, Seco-Rubio, 2022).

V praxi se Amadeo využívá pro zhodnocení rozsahu pohybu, zhodnocení svalové síly, léčby a spasticity, pro pohybovou terapii, trénink citlivosti nebo povrchovou EMG. Podporuje řešení spasticity, umožňuje trénink na bázi EMG, díky čemuž je možná aktivní terapie i bez svalové síly. Cílem je obnovit motorické schopnosti, reedukaci pohybových vzorů a zlepšení koordinace. Zařízení se dá využít při rehabilitaci u dětí i dospělých ve všech fázích rehabilitace. Podporuje léčbu spasticity i testování hmatové citlivosti, nabízí možné pasivní, asistované i aktivní režimy terapie. Dále je možné nastavit výšku stolu, polohu ruční jednotky v pronaci a supinaci, nebo rozložení pohybu jednotlivých prstů (viz obrázek 5) (Tyromotion, 2024).



Obrázek 5
Robotický přístroj Amadeo (Tyromotion, 2024)

Diego

Robotický přístroj Diego je robotické zařízení, které během terapie využívá odlehčení hmotnosti končetiny. Při terapii se využívá pohyb v 3D pohybu a zároveň pomocí spojení s virtuální realitou umožňuje funkční trénink podle individuálních potřeb pacienta. Virtuální realita podporuje kognitivní rehabilitaci, a díky tomu dochází ke stimulaci neuroplastických změn v mozku. Využívá se především pro nácvik ztracených funkcí paže a ramena u neurologických a ortopedických, dětských i geriatrických pacientů. Systém dále hodnotí ROM, distální podpora systému ulehčuje zahájení pohyby, podporuje optimální mobilizaci paží, hodnotí a ukazuje pokrok v rehabilitaci. Přístroj obsahuje dvě ramenní jednotky, které jsou individuálně nastavitelné pro každého pacienta. Zároveň je robot přístupný i pro vozíčkáře (Tyromotion, 2024).

Jedna nebo obě horní končetiny jsou spojeny se zápěstními nebo loketními popruhy s lany, která jsou ovládána čtyřmi motory vybavených senzory. Pomocí distální podpory zápěstí a lokte se zvyšuje proximální stabilita trupu a ramen, což pomáhá snižovat kompenzační mechanismy. Dosahové aktivity pak lze trénovat jako celek (zvedání, dosah, přenášení), nebo je možné zacílit na konkrétní kloubní pohyb na úrovni postižení. Výhodou je také to, že terapeut má možnost věnovat se dalším aktivitám, jako je například facilitace lopatky a ovládání trupu během tréninku (Jakob et al., 2018).



Obrázek 6

Robotický systém Diego (Tyromotion, 2024)

Myro

V rámci terapie je důležité, aby úkoly co nejvíce odpovídaly skutečnými situacím a ADL. Multisenzorický systém Myro obsahuje velkou plochu, kterou lze přizpůsobit v prostoru (viz obrázek 7). Umožňuje trénink hrubé motoriky (vybrat a umístit) a jemné motoriky (grafomotorická cvičení, jako obkreslování šablon prstem). Pracovní desku lze upravit dle omezení a funkčního problému. Je tedy možné ji naklonit, umístit vertikálně (pro zvedání a přesun), nebo nechat jako klasickou desku stolu pro nácvik dosahu a přesunu. Během terapie dochází k interakci s digitálním povrchem a lze jej ovládat ve třech režimech – skutečnými předměty, silou (zatlačením) a dotykem (Jakob et al., 2018).

Systém Myro je vysoce přizpůsobivý, poskytuje pracovní prostor i pro více osob zároveň a lze jej využít v kombinaci s robotickým systémem Diego. Zajišťuje úkolově orientovanou rehabilitaci se senzory na povrchu a reálnými objekty a zlepšuje motoriku, aktivní rozsah pohybu a je základem pro kreativní terapii. Využívá se u pacientů neurologických a ortopedických, od dětských až po geriatrické. Systém se používá pro terapii u pacientů zejména s deficitem motorických funkcí, koncentrace, selektivní pozornosti, zrakové a prostorové percepce a prostorově percepční schopnosti (Tyromotion, 2024).



Obrázek 7
Terapeutická plocha Myro (Tyromotion, 2024)

Pablo

System Pablo je určený pro interaktivní terapii celého těla (ruka, prsty, paže, dolní končetiny, trup i hlava). Jedná se o bezdrátový terapeutický přístroj, který obsahuje senzory pro jednostranný i oboustranný trénink. Pablo je zařízení, které umožňuje intenzivní trénink ve všech fázích neurologické rehabilitace a mohou ho využívat pacienti všech věkových kategorií. Jedná se o pohybový senzor, díky kterému se pacient znovu učí pohyby horní části těla, paže, ruky a prstů, včetně úchopů, dosahových aktivit, svírání a zvedání, nácvik tréninku pronace, supinace, extenze a flexe zápěstí. Pablo zároveň měří sílu funkce ruky a aktivní rozsah pohybu horní končetiny. Díky citlivosti pohybových senzorů jsou viditelné i minimální pohyby. System umožňuje interaktivní pohybový trénink s audiovizuální zpětnou vazbou (Tyromotion, 2024).

U motorických postižení v oblasti horní končetiny Pablo napomáhá k aktivaci svalových skupin, správným souhrám, a hlavně ke koordinovanému funkčnímu zapojení. Což je ideální pro nácvik činností ADL. Navíc i díky využití virtuální reality a herního prostředí jsou pacienti více motivováni a dochází i ke stimulaci kognitivních funkcí. Kromě terapie se dá přístroj Pablo využít i v rámci diagnostiky (Navrátil et al., 2022).

Existují různé varianty cvičení, kde se využívají různé pomůcky. Pablo Handsensor umožňuje měření síly úchopu a uvolnění ruky a prstů ve všech třech osách pohybu (viz obrázek 8). Pacienti tak mohou nacvičovat ADL (otevření láhve, otáčení klíčem nebo například zvednutí mince). Dále přístroj Pablo Multi-ball podporuje nácvik pronace a supinace, extensi a flexi zápěstí (viz obrázek 9). Pohybový senzor se dá připojit k Multi-ballu. Ruka je k míči připevněna díky pružnému upevňovacímu systému. Pablo Multiboard mohou využít i těžce postižení pacienti, jelikož se přístroj používá k vedení a podpoře opakovaných cvičení distálních a proximálních segmentů (viz obrázek 10). Díky tomu se pacienti učí vyhýbat kompenzačním mechanismům (Ectron, 2023).



Obrázek 8
Pablo Handsensor (Ectron, 2023)



Obrázek 9
Pablo Multi-ball (Ectron, 2023)



Obrázek 10
Pablo Multiboard (Ectron, 2023)

1.6.4. Indikace

Jako velice efektivní se RAR ukázala pro terapii u stavů po úrazech, operacích nebo obnově pohybu právě u neurologických poruch, způsobené postižením mozku, míchy nebo periferních nervů. Mezi nejčastější indikace pro zvolení RAR patří tyto diagnózy: stavy po CMP, kraniotraumatech, extirpací míšních a mozkových tumorů, neuromuskulární onemocnění – roztroušená skleróza, Parkinsonova choroba, DMO, dále neúplné míšní léze, periferní parézy, Sudeckův syndrom, traumata horní končetiny a pooperační stavy (Konečný, Wolfová, 2021, s. 101-102).

1.6.5. Kontraindikace

Pro RAR ovšem existují obecné kontraindikace, které je nutné znát. Zpravidla se jedná o kognitivní deficit, nemožnost přizpůsobit exoskeleta pacientovi, poruchy zevního kožního krytu, výrazné omezení pasivní pohyblivosti v daném segmentu, těžká spasticita, výrazné mimovolní pohyby, nestabilní životní funkce, akutní infekční onemocnění, hořečnaté onemocnění, kontinuální infuzní léčba, umělá plicní ventilace, nespolupráce či agresivita pacienta. V rámci robotické rehabilitace chůze hraje roli i hmotnost pacienta (Kolářová et al., 2019, s. 107).

2. Recentní výsledky klinických studií

2.1. Srovnání s konvenční terapií

2.1.1. Účinky roboticky asistované rehabilitace u pacientů po CMP

Studie č. 1

Studie číslo 1 porovnávala účinky RAR a tradiční terapie. Byla zaměřena na schopnost pacientů se napít. V rámci studie byly analyzovány data celkem 19 pacientů s CMP. Jednalo se o pacienty ve věku od 40–85 let s ischemickou či hemoragickou CMP. Vybraní jedinci byli schopni provést zadaný úkol bez ohledu na kvalitu pohybu nebo kompenzační strategie. Pacienti byli dále rozděleni do dvou kategorií – robotická skupina a skupina konvenční terapie. Terapie probíhaly denně 45 minut, pětkrát týdně o celkovém počtu sezení 30.

Robotická skupina využívala v rámci terapie sady robotických zařízení – z USA – Motore, Humanware, Stuart, FL, z Rakouska – Amadeo, Diego, Pablo. Během terapie pacienti plnili jak fyzické, tak i kognitivní úkoly. Navíc byla během sezení využita i vibrační terapie díky systému Amadeo. Každý pacient během terapie využíval stejný přístroj, ovšem parametry byly uzpůsobeny každému pacientovi individuálně.

V rámci konvenční skupiny terapie vycházela z doporučené literatury. Během terapie se využívala cvičení orientovaná na konkrétní úkoly, senzomotorickou restrukturalizaci, inhibici spasticity a funkční zlepšení za využití tréninku ve 3D prostoru. Cílem bylo zabránit vznikajícím kontrakturám, inhibovat spasticitu a zlepšit motorickou funkci. Každá terapie byla přizpůsobená individuálně danému pacientovi.

Každý účastník seděl u stolu, opřený oběma rukama o podložku a sklenice byla umístěna 40 cm od pacienta. Nejprve byl provádět statický pokus a po zaznění signálu, každý pacient po sklenici sáhl, uchopil ji, dostal k ústům a napil se. Poté ji položil zpět do výchozí polohy. Celkem bylo hodnoceno pět fází – natažení, uchopení sklenice, přesun sklenice k ústům, pití a přesun sklenice zpět na určené místo. Zkoumané indexy pro každou fázi byly – doba trvání úkolu pro posouzení účinnosti, poměr délky pro posouzení účinnosti, čas do vrcholu k posouzení plánování, maximální rychlost, rozsah pohybu ramene a lokte pro posouzení prostorového držení těla, Log-dimensionless Jerk a spektrální délka oblouku.

Klinickým výsledkem studie bylo, že se obě skupiny, jak robotická, tak konvenční, zlepšily v oblasti motorické funkce, síly horních končetin a mobility bez rozdílu. To znamená, že robotická rehabilitace byla v tomto případě ekvivalentní jako klasická konvenční terapie, pokud jde o zvýšení rozsahu pohybu, zlepšení aktivit běžného života a lepší zotavování (Germanotta et al., 2023).

Studie č. 2

Další studie porovnávala klinické účinky RAR a trénink s terapeutem. Celkem bylo hodnoceno 35 studií o počtu 2241 účastníků. Terapie byla zaměřena na poruchy motoriky paže, kapacitu, ADL a sociální participaci po CMP. Bylo zjištěno, že terapie s robotem byla lepší v tréninku motoriky paže. Rozdíly mezi podskupinami (typy robotů, typ pokusu) nebyly zásadní. V rámci tréninku kapacity horní končetiny, ADL a sociální participace nebylo zaznamenáno, že by RAR byla spojena s výrazným zlepšením, ovšem nebyla ani horší než tradiční rehabilitace (Chen, Decary, 2020).

Studie č. 3

Cílem této studie bylo zhodnotit účinnost robotického tréninku chůze u pacientů v subakutní fázi a výsledky porovnat s konvenční terapií. Rychlost chůze je klíčovým ukazatelem výkonnosti chůze po CMP. Tím má rychlost vliv na snížení zátěže postižením. Na tomto základě pak vznikl předpoklad toho, že by se rychlost chůze měla zlepšit u pacientů, kteří absolvují RAR.

V rámci rehabilitační intervence byl kombinován nácvik chůze s terapií horních končetin, nácvikem funkčních úkolů a posilování svalů. Pro RAR byli využiti roboti s koncovým efektozem, tak exoskeleton.

Primárním cílem bylo zhodnotit rychlost chůze. Z výsledků bylo zjištěno, že RAR byla účinnější než konvenční terapie v rámci terapie rychlosti i vytrvalosti, rovnováže a výkonu ADL. Přesněji z dat vyplývá, že na konci studie byly hodnoty RAR dvakrát vyšší než ve druhé skupině (Pournajaf, 2023).

2.1.2. Účinky roboticky asistované rehabilitace u pacientů s Parkinsonovou chorobou

Studie č. 1

Parkinsonova choroba je neurologické onemocnění, mezi jehož nejčastější důsledky patří poruchy chůze. Výsledný klinický obraz je široký, od šoupání chodidel, ztuhlost kloubní, flekční postavení pánve a trupu, zpomalení pohybu (bradykineze), omezení pohybu horních končetin při chůzi, nebo poruchy změny směru a rychlosti. Hlavním cílem rehabilitace je tudíž obnova chůze pro zlepšení kvality života nemocného. V rámci terapie se často využívá trénink na běžícím páse, jelikož dochází ke zlepšení kognitivních i motorických vlastností. Vystává tak otázka, jakou účinnost má RAR na chůzi v porovnání s terapií na běžecím páse.

Pacienti byli rozděleni do dvou skupin. Každá skupina pak podstoupila celkem 20 terapií. Během studie byly analyzovány tyto parametry – střední rychlost, délka a šířka kroku, kadence a % postoj. Během studie bylo zjištěno, že RAR zlepšuje vzorec chůze z hlediska

časoprostorových parametrů a také z pohledu kinematiky, především v úrovni pánve a kyčle. Oproti tomu u pacientů, kteří absolvovali terapii na běžecím páse došlo pouze ke zlepšení délky kroku. Tudíž lze říci, že RAR je velmi účinná u pacientů s mírnou Parkinsonovou chorobou (Galli et.al., 2016, s. 163-169).

Studie č. 2

Cílem studie bylo zhodnotit účinnost robotického zařízení Armeo na obratnost ruky a celkové motorické funkce u pacientů s diagnózou Parkinsonovy choroby v porovnání s klasickou terapií. Studie probíhala od července 2019 do března 2020. Pacienti byli náhodně zařazeni do dvou skupin – konvenční terapie a RAR. Terapie trvala 45 minut pro každou končetinu, 6 dní v týdnu, celkem 8 týdnů. Bylo zjištěno, že robotická terapie zaznamenala lepší výsledky v testu obratnosti ruky, hybnosti horní končetiny a v hodnocení motorické schopnosti horní končetiny provádět selektivní pohyby. Obě skupiny se zlepšily, co se týče rozsahu intenzity bolesti. Z výsledků vyšlo najevo, že oba typy terapií jsou schopny zlepšit funkce horní končetiny, avšak RAR nabízí pacientům určité výhody, co se týče zručnosti, celkového pohybu a zátěže s postižením (Raciti et al., 2022).

Studie č. 3

Další systematický výzkum hodnotil vliv virtuální reality na rovnováhu a chůzi pacientů s Parkinsonovou chorobou. Tato studie byla provedena v květnu 2023 a bylo do ní zahrnuto celkem 20 studií. Většina z těchto výzkumů trvala 5-6 týdnů a pacienti absolvovali 2-3 terapie týdně a průměrném trvání 30-60 minut. Některé studie potvrdily zlepšení rovnováhy u pacientů s Parkinsonovou chorobou. Jiné pak pozorovaly i zlepšení v oblasti trvání, rychlosti, délky, kadence a šířku kroku při chůzi. Většina výzkumů, kde se porovnávala konvenční terapie s terapií pomocí virtuální reality prokázala zlepšení u obou skupin. Ovšem z výsledků vyplynulo, že účinněji působí terapie virtuální realitou, jelikož byly stimulovány také kognitivní a smyslové funkce pacientů (Rodríguez-Mansilla et al., 2023).

2.1.3. Účinky roboticky asistované rehabilitace u pacientů s roztroušenou sklerózou

Studie č. 1

Roztroušená skleróza je onemocnění centrální nervové soustavy. Zhruba 76 % pacientů s touto diagnózou má poruchy funkce horních končetin. Cílem této studie bylo porovnat účinnost robotické rehabilitace a klasické terapie. Studie byla prováděna od ledna 2018 do prosince 2019 a celkem se jí účastnilo 30 pacientů. Skupina RAR využívala pro terapii systém Pablo. Druhá skupina pak absolvovala senzomotorický trénink se zaměřením na ovládání úchopů a zlepšení jemné motoriky ruky. V rámci analýzy klinických škál (Barthel index, stupnice závažnosti únavy...) po čtyřech týdnech tréninku dosáhly obě skupiny zlepšení bez

významného rozdílu mezi nimi. Ovšem analýza účinnosti pak odhalila, že ve srovnání s původní hodnotou bylo procento zlepšení vyšší u pacientů s RAR než u konvenční terapie. Dále bylo hodnoceno celkem 22 pohybů horních končetin (ohyb ramen, extenze, abdukce ramene, flexe, extenze lokte, předloktí...) a bylo zjištěno, že u pacientů s RAR bylo významné zlepšení u 20 z 22 hodnocených. U pacientů s konvenční terapií došlo k výraznému zlepšení jen u 12 z 22 (Tramontano, et al. 2020, s. 333-341).

Studie č. 2

Hlavním cílem studie bylo porovnat účinek RAR za použití zařízení Amadeo s tréninkem bez robotické asistence. Mimoto studie zkoumala i tréninkové efekty na obratnost ruky a funkci horních končetin, invaliditu a kvalitu života. Výzkum probíhal tři roky od března 2014 do března 2017. Každý pacient absolvoval terapii po 50 minutách, dvakrát v týdnu po dobu pěti týdnů. Trénink skupiny bez robotického zařízení se skládal z mobilizace kloubů horní končetiny, facilitace pohybů a aktivních úkolů, cvičení na svalovou sílu ve flexi a extenzi, obratnosti a motoriky. Z výsledných údajů bylo zjištěno, že mezi zkoumanými skupinami nebyly žádné významné rozdíly. Obě skupiny vykazovaly významné zlepšení výkonnosti (Gandolfi et al., 2018).

Studie č. 3

U pacientů s roztroušenou sklerózou se kromě postižení horních končetin objevují i poruchy chůze. Cílem této studie bylo porovnat efektivitu robotického tréninku chůze (Lokomat) oproti konvenční terapii chůze. Studie se účastnilo 17 pacientů, kteří absolvovali pět sezení za týden po dobu pěti týdnů. Konvenční trénink byl založen na metodě PNF, nácviku chůze, s pomůckami a bez a na různém povrchu. Bylo zjištěno, že RAR výrazně zlepšuje rychlost a vytrvalost chůze oproti klasické terapii. Stejně tak hodnocení motorických parametrů dolních končetin (zvýšení pohyblivosti, snížení spasticity) bylo vyšší u RAR (Sconza et al., 2021).

2.1.4. Účinky roboticky asistované rehabilitace po úrazech

Studie č. 1

Tato studie se zabývala vlivem roboticky asistované terapie u pacientů s poraněním míchy způsobené popálením elektrickým proudem. Poranění míchy se vyskytuje zhruba u 2-5 % popálených pacientů. Pro RAR byl zvolen přístroj Subar, což je exoskeleton, který pomáhá zlepšit chůzi nemocných. Do terapie bylo navíc zahrnuté posilovací a protahovací cvičení dolních končetin, mobilizace a reedukace chůze pomocí konvenčního tréninku. Celkově terapie trvala 90 minut, pět dní v týdnu, celkem dvanáct týdnů.

Byly prezentováni dva pacienti. U prvního došlo po dokončení cyklu ke zlepšení svalové síly, ROM dolních končetin a chůze. U druhého pacienta se chůze neobnovila, nicméně došlo ke zlepšení svalové síly a ROM.

Z výsledků není možné přesně určit, zda došlo ke zlepšení vlivem RAR, jelikož byla terapie kombinovaná s konvenčním tréninkem. Navíc je nutné do studie zahrnout více účastníků. Na základě těchto poznatků by mohla být v budoucnu provedena další studie, aby došlo k potvrzení či vyvrácení, zda je RAR účinnější než konvenční terapie (Lee et al., 2023).

Studie č. 2

Jako následek úrazu páteře nebo okolí může vzniknout poškození míchy. Tyto poruchy pak vedou k dočasné nebo trvalé ztrátě citlivosti, motorických funkcí a síly pod místem zranění. Zhruba 62 % všech poranění míchy tvoří postižení v oblasti krku, což způsobuje poruchy horních končetin, a tím i potíže s ADL. Cílem této studie bylo získat důkazy o účinnosti RAR u pacientů s krčním postižením míchy. Výzkum probíhal v období od ledna 2010 do ledna 2022. Po zhodnocení všech kritérií bylo hodnoceno celkem sedm studií.

Bylo zjištěno, že u účastníků čtyř studií došlo k výraznému zlepšení funkce horní končetiny, úchopu, síly a celkové motorické funkce. Lepších výsledků dosahovali pacienti s mírným až středně těžkým deficitem. Další studie pak prokázaly, že RAR se ukázala jako bezpečná forma terapie, která snížila aktivní asistenci terapeutů a má pozitivní účinky na funkci horní končetiny a kvalitu pohybu ve srovnání s konvenční terapií. Ovšem z výsledků vyplývá, že zlepšení svalové síly, úchopu a rozsahu pohybu není tak významné (Ho et al., 2023).

2.1.5. Účinky roboticky asistované rehabilitace po amputaci

Studie č. 1

Amputace je velký zásah do života pacienta, který jej omezuje při vykonávání ADL. V současné době došlo k výraznému zlepšení technologie neuroprotéz, a tím i ke zlepšení funkční kapacity protetických pomůcek. Ovšem skoro 50 % pacientů upouští od protéz z důvodu špatné kompatibility mezi nimi a přístrojem. Potenciálním řešením problému by mohla být virtuální protetická rehabilitace.

Z výsledků bylo zjištěno, že virtuální realita je účinná pro protetickou rehabilitaci, jelikož pacienti mohou zkušenosti z nácviku ve virtuálním světě přenést i do ovládání skutečných protéz. Navíc lze jednotlivé komponenty kombinovat, a tím usnadnit učení v klinické praxi i mimo ni. Spojení vizuální a somatosenzorické zpětné vazby má potenciál pro vytvoření protézy ve virtuálním prostoru (Liu et al., 2023).

Studie č. 2

Aktuálně dostupné typy protéz nesplňují očekávání pacientů a spousta z nich od jejich nošení upouští. Důvodem je nedostatečná funkce a pohodlí. Proto je velkým tématem výzkum zlepšení integrace senzorické zpětné vazby do protetických pomůcek. Existují různé klinické studie o implantaci elektrodoových systémů, které dokázaly, že pacienti detekují určitou zpětnou vazbu z protetické končetiny. Další možností jsou pak regenerační periferní nervová rozhraní. Ty mají schopnost aktivovat aferentní dráhy pomocí biologických prostředků. Díky těmto systémům pak dochází ke zlepšení funkce a kontroly. Jedná se ale o průkopnické studie, které by mohly zlepšit život pacientům po amputaci (Roche et al., 2023, s. 182-190).

2.2. Budoucnost

Cílem zdravotní péče je zlepšit zdraví populace, zkušenosti pacientů a zdravotníků při poskytování péče a snížit rostoucí náklady na péči. Problémem je však nedostatek pracovních sil a také neustále se zvyšující nároky na kvalitu zdravotní péče. AI a moderní technologie mají za cíl rozšířit a posílit lidskou inteligenci a zároveň zlepšit účinnost a efektivitu lidské interakce. I přes to, že je spousta produktů stále ve fázi vývoje, má použití AI ve zdravotnictví obrovský potenciál (Bajwa et al., 2021). Dnes moderní technologie poskytují několik výhod, jako je zlepšení diagnostiky, přesnosti, lepší účinnosti a snížení nákladů, dále také dochází k nahrazení některých činností, které jinak provádí lidé, a tím pádem i k eliminaci emocionálního kontaktu mezi lékaři a pacientem. Otázkou tedy zůstává, jaká bude budoucnost moderních přístrojů? Důležitým mezníkem je technologická singularita (TS). Jedná se o hypotetický bod v čase, kdy se očekává, že AI překoná lidskou inteligenci. Dle propočtů by k tomuto mělo dojít někdy v roce 2040–2050. Tím se otevírá debata, zda dojde k nahrazení lidí přístroji, a také o možných sociálních, právních a etických dopadech.

Je zde několik problémů a otázek, nad kterými je potřeba se zamyslet. Pokud dojde k lékařskému pochybení, kdo bude podléhat trestní odpovědnosti? Pokud dojde k TS, jakým způsobem budou systémy nakládat s daty? Měly by rozhodovat moderní přístroje, nebo lidé, jakožto bytosti s nižší inteligencí? Ve zdravotnické sféře se lidé dennodenně rozhodují o životě a smrti. Je tedy z praktického hlediska v pořádku nechat tuto možnost méně inteligentnějším bytostem? Z etického hlediska je v dnešním měřítku ovšem nemožné nechat rozhodovat AI.

Přístroje jsou založeny na učení a interpretaci dat, s čímž souvisí také otázka ohledně bezpečnosti a soukromí pacientů. Nicméně vzhledem k složitosti a rozmanitosti lidských nemocí, je velice nepravděpodobné, že by existoval kompletní soubor dat, který by sloužil jako vstup pro modely AI. Jakým způsobem se dokáže AI přizpůsobit se ukáže v budoucnu.

Z pohledu dnešních dostupných informací se zdá, že při překročení TS nedojde k plné autonomii systémů AI. V současné době spolu lidé a přístroje tvoří biotechnologicko-sociální systém, kdy se oba účastníci vyvíjí společně. Na základě této domněnky, nelze přemýšlet o budoucnosti dnešními standardy. Existuje názor, že je příliš nebezpečné poskytovat strojům autonomii, zvláště bez řešení jejich omezení. Je velmi pravděpodobné, že v budoucnosti dojde k tomu, že se přístroje stanou inteligentnějšími, ovšem nenahradí lékaře, ale naopak jim umožní se více soustředit na jiné důležitější aspekty v péči o pacienty. Důležitý je také fakt, že zdravotníci musí neustále přijímat moderní technologie a změny, které přináší. Nicméně všechny služby, ať už s AI nebo bez, se budou vždy řídit základními principy lidskosti a zaměřovat se na pacienta (Shuaib, Arian, Shuaib, 2020).

Závěr

Díky rychlému vývoji v oblasti moderních technologií a umělé inteligence je roboticky asistovaná rehabilitace zajímavou a přínosnou alternativou pro praxi. Robotická rehabilitace přináší spoustu výhod. Systémy jsou schopny zajistit intenzivní opakovatelný trénink bez výrazné závislosti na terapeutovi. Přístroje doplňují a usnadňují terapii díky tomu, že pomáhají provádění přesných a opakovaných manuálních cvičení, která běžně provádí terapeuti. Díky tomuto může výrazně dojít ke snížení zdravotnických pracovníků z hlediska časového vytížení. Přístroje dále poskytují také vizuální nebo sluchovou zpětnou vazbu, což může pomoci pacienta namotivovat do další terapie. Výhodou je také to, že je možné každého robota přizpůsobit pacientovi individuálně.

Cílem bakalářské práce bylo podat ucelený přehled o současných moderních možnostech terapie horní končetiny pomocí robotiky. A především zjistit, jaké jsou výhody a nevýhody robotické rehabilitace a porovnat účinnost s konvenčním terapeutickým přístupem.

Recentní výsledky klinických studií se zabývaly účinkem robotické terapie oproti tradičnímu terapeutickému přístupu. U většiny studií bylo zjištěno, že roboticky asistovaná rehabilitace horní končetiny byla stejně účinná jako terapie vedená konvenčním přístupem. Nicméně určité studie poukázaly na to, že při terapii pomocí virtuální reality byly navíc stimulovány také kognitivní a smyslové funkce, navíc robotická rehabilitace měla určité výhody v oblasti zručnosti a celkového zatížení. V rámci studií o účinnosti roboticky asistované rehabilitace u dolní končetiny bylo zjištěno, že došlo k výraznému zlepšení (až dvakrát vyšší hodnoty) v rámci terapie rychlosti i vytrvalosti, rovnováže a výkonu ADL než u konvenční terapie.

Z této práce vyplívá, že roboticky asistovaná rehabilitace je stejně účinná jako konvenční terapie. V některých oblastech se dokonce jeví, jako lepší varianta terapie. Robotika a moderní technologie mají v dnešním zdravotnictví důležitou funkci. Lidé a stroje společně tvoří biotechnologicko-sociální komplex a jejich společným cílem je co nejkvalitnější péče o pacienta.

Velkým tématem je ovšem výzkum zlepšení integrace senzorické zpětné vazby do protetických pomůcek. Existují různé klinické studie o implantaci elektrodových systémů, nebo o regeneračních periferních nervových rozhraních. Jedná se ale o průkopnické studie, které by mohly zlepšit život pacientům po amputaci. Tato problematika by pak mohla posloužit jak téma pro další práci. Potenciální výzvou se tak stává etický aspekt využití robotické rehabilitace v budoucích letech, včetně přístupnosti technologií pro širokou populaci pacientů a ekonomické hledisko jejich uplatnění.

Referenční seznam

ALOWAIS, S. A., S. S. ALGHAMDI, N. ALSUHEBANY, T. ALQAHTANI, A. I. ALSHAYA, S. N. ALMOHAREB, A. ALDAIREM, M. ALRASHED, H.A. BADRELDIN, A. M. ALBEKAIRY, K. BIN SALEH, MS. AL YAMI, S. AL HARBI, 2023. Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC medical education* [online]. **23**(1), [cit. 2023-11-24]. ISSN 1472-6920. Dostupné z: doi:10.1186/s12909-023-04698-z

BAJWA, Junaid, Usman MUNIR, Aditya NORI a Bryan WILLIAMS, 2021. Artificial intelligence in healthcare: transforming the practice of medicine. *Future Healthcare Journal* [online]. 2021-07-16, **8**(2), 188-194 [cit. 2024-03-19]. ISSN 2514-6645. Dostupné z: doi:10.7861/fhj.2021-0095

BERNOCCHI, Palmira, Chiara MULE', Fabio VANOGLIO, Giovanni TAVEGGIA, Alberto LUISA a Simonetta SCALVINI, 2018. Home-based hand rehabilitation with a robotic glove in hemiplegic patients after stroke: a pilot feasibility study. *Topics in Stroke Rehabilitation* [online]. 2018-02-17, **25**(2), 114-119 [cit. 2023-05-01]. ISSN 1074-9357. Dostupné z: doi:10.1080/10749357.2017.1389021

BEYAZ, Salih, 2020. A brief history of artificial intelligence and robotic surgery in orthopedics & traumatology and future expectations. *Joint Diseases and Related Surgery* [online]. 2020-09-23, **31**(3), 653-655 [cit. 2023-10-10]. ISSN 2687-4784. Dostupné z: doi:10.5606/ehc.2020.75300

BRESSI, Federica, Laura CRICENTI, Marco BRAVI, Fabiana PANNUNZIO, Francesca CORDELLA, Martina LAPRESA, Sandra MICCINILLI, Fabio SANTACATERINA, Loredana ZOLLO, Silvia STERZI, Benedetta CAMPAGNOLA, 2023. Treatment of the Paretic Hand with a Robotic Glove Combined with Physiotherapy in a Patient Suffering from Traumatic Tetraparesis: A Case Report. *Sensors* [online]. **23**(7) [cit. 2024-04-04]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s23073484

CORTÉS-PÉREZ, Irene, Noelia ZAGALAZ-ANULA, Desirée MONTORO-CÁRDENAS, Rafael LOMAS-VEGA, Esteban OBRERO-GAITÁN a María Catalina OSUNA-PÉREZ, 2021. Leap Motion Controller Video Game-Based Therapy for Upper Extremity Motor Recovery in Patients with Central Nervous System Diseases. A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sensors* [online]. **21**(6) [cit. 2024-02-17]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s21062065

ČIHÁK, Radomír, GRIM, Miloš a Oldřich FEJFAR, ed. *Anatomie I*. Třetí. Grada. ISBN 978-80-247-3817-8.

DE CRIGNIS, Alexandra Charlotte, Salome-Thamar RUHNAU, Matthias HÖSL, Jérémy LEFINT, Tamara AMBERGER, Jürgen DRESSNANDT, Hans BRUNNER a Friedemann MÜLLER, 2023. Robotic arm training in neurorehabilitation enhanced by augmented reality – a usability and feasibility study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [online]. **20**(1) [cit. 2023-08-23]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi:10.1186/s12984-023-01225-5

Ectron [online]. [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: <https://www.ectron.co.uk/pablo-hand-arm-therapy1>

EVERARD, Gauthier, Louise DECLERCK, Christine DETREMBLEUR, Sophie LEONARD, Glenn BOWER, Stéphanie DEHEM a Thierry LEJEUNE, 2022. New technologies promoting active upper limb rehabilitation after stroke: an overview and network meta-analysis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. **58**(4), 530-548 [cit. 2023-08-23]. ISSN 1973-9087. Dostupné z: doi:10.23736/S1973-9087.22.07404-4

GALLI, Manuela, Veronica CIMOLIN, Maria Francesca De PANDIS, Domenica Le PERA, Ivan SOVA, Giorgio ALBERTINI, Fabrizio STOCCHI a Marco FRANCESCHINI, 2016. Robot-assisted gait training versus treadmill training in patients with Parkinson's disease: a kinematic evaluation with gait profile score. *Functional Neurology* [online]. 163-170 [cit. 2024-02-20]. ISSN 0393-5264. Dostupné z: doi:10.11138/FNeur/2016.31.3.163

GANDOLFI, Marialuisa, Nicola VALÈ, Eleonora Kirilova DIMITROVA, Stefano MAZZOLENI, Elena BATTINI, Maria Donata BENEDETTI, Alberto GAJOFATTO, Francesco FERRATO, Matteo CASTELLI, Maruo CAMIN, Mirko FILIPPETTI, Carola DE PAOLI, Elena CHEMELLO, Alessandro PICELLI, Jessica CORRADI, Andreas WALDNER, Leopold SALTUARI, Nicola SMANIA, 2018. Effects of High-intensity Robot-assisted Hand Training on Upper Limb Recovery and Muscle Activity in Individuals With Multiple Sclerosis: A Randomized, Controlled, Single-Blinded Trial. *Frontiers in Neurology* [online]. 2018-10-24, **9**(905) [cit. 2024-02-25]. ISSN 1664-2295. Dostupné z: doi:10.3389/fneur.2018.00905

GERMANOTTA, Marco, Laura CORTELLINI, Sabina INSALACO a Irene APRILE, 2023. Effects of Upper Limb Robot-Assisted Rehabilitation Compared with Conventional Therapy in Patients with Stroke: Preliminary Results on a Daily Task Assessed Using Motion Analysis. *Sensors* [online]. **23**(6) [cit. 2023-04-25]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s23063089

Gloreha [online], 2023. [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <https://www.gloreha.com/clinical-indications-and-benefits/>

Gloreha [online], 2023. [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <https://www.gloreha.com/clinical-indications-and-benefits/>

Gloreha [online], 2023. [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <https://www.gloreha.com/gloreha-aria/>

HO, Jocelyn Sze-wing, Koko Shaau-yiu KO, Sheung Wai LAW a Gene Chi-wai MAN, 2023. The effectiveness of robotic-assisted upper limb rehabilitation to improve upper limb function in patients with cervical spinal cord injuries: a systematic literature review. *Frontiers in Neurology* [online]. 2023-8-9, **14** [cit. 2024-02-27]. ISSN 1664-2295. Dostupné z: doi:10.3389/fneur.2023.1126755

CHEN, Mei a Michel DECARY, 2020. Artificial intelligence in healthcare: An essential guide for health leaders. *Healthcare Management Forum* [online]. **33**(1), 10-18 [cit. 2024-03-19]. ISSN 0840-4704. Dostupné z: doi:10.1177/0840470419873123

JAKOB, Iris, Alexander KOLLREIDER, Marco GERMANOTTA, Filippo BENETTI, Arianna CRUCIANI, Luca PADUA a Irene APRILE, 2018. Robotic and Sensor Technology for Upper Limb Rehabilitation. *PM&R* [online]. **10**(9S2), 189-197 [cit. 2023-05-01]. ISSN 1934-1482. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmrj.2018.07.011

JIANG, Fei, Yong JIANG, Hui ZHI, Yi DONG, Hao LI, Sufeng MA, Yilong WANG, Qiang DONG, Haipeng SHEN, Yongjun WANG, 2017. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology* [online]. 2017-12-20, **2**(4), 230-243 [cit. 2023-10-10]. ISSN 2059-8688. Dostupné z: doi:10.1136/svn-2017-000101

KOK, Joost N., Egbert J. W. BOERS, Walter A. KOSTERS, Peter VAN DER PUTTEN a Mannes POEL, 2009. Artificial Intelligence: Definition, Trends, Techniques and Cases. *Eolss.net* [online]. [cit. 2023-10-10]. Dostupné z: <https://www.eolss.net/Sample-Chapters/C15/E6-44.pdf>

KOLÁŘ, Pavel, [2020]. *Rehabilitace v klinické praxi*. Druhé vydání. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-500-9

KOLÁŘOVÁ, Barbora, Jiří STACHO, Martina JIRÁČKOVÁ, Petr KONEČNÝ a Lucie NAVRÁTILOVÁ, 2019. *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci*. 2., přepracované a doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-5403-0.

KONEČNÝ P., WOLFOVÁ K., 2021, Robotické rehabilitační technologie. In: VYSKOTOVÁ, Jana, Ivana KREJČÍ a Kateřina MACHÁČKOVÁ, 2021. *Terapie ruky*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-5767-3.

KRHUTOVÁ, Zdeňka, Jana VYSKOTOVÁ, Jarmila KRISTINÍKOVÁ a Jolana KONDZIOLKOVÁ, 2011. *Úvod do kinezioterapie*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-092-6.

LEE, Hsin-Chieh, Fen-Ling KUO, Yen-Nung LIN, Tsan-Hon LIOU, Jui-Chi LIN a Shih-Wei HUANG, 2021. Effects of Robot-Assisted Rehabilitation on Hand Function of People With Stroke: A Randomized, Crossover-Controlled, Assessor-Blinded Study. *The American Journal of Occupational Therapy* [online]. 2021-01-01, 75(1), [cit. 2023-04-23]. ISSN 0272-9490. Dostupné z: doi:10.5014/ajot.2021.038232

LEE, Seung-Yeol, Cheong-Hoon SEO, Yoon-Soo CHO a So-Young JOO, 2023. Clinical Utility of Robot-Assisted Gait Training in Patients with Spinal Cord Injury Caused by Electrical Burns: A Case Report. *Journal of Clinical Medicine* [online]. 12(23) [cit. 2024-02-27]. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm12237220

LEWIT, Karel, 2003. *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně*. 5. přeprac. vyd. Praha: Sdělovací technika ve spolupráci s Českou lékařskou společností J.E. Purkyně. ISBN 80-86645-04-5.

Lidové noviny. 1933. ISSN 1802-6265.

LIU, Xiangyu, Di ZHANG, Ke MIAO, Yao GUO, Xinyu JIANG, Xi ZHANG, Fumin JIA, Hao TANG, Chenyun DAI, 2023. A Review on the Usability, Flexibility, Affinity, and Affordability of Virtual Technology for Rehabilitation Training of Upper Limb Amputees. *Bioengineering* [online]. 10(11) [cit. 2024-02-29]. ISSN 2306-5354. Dostupné z: doi:10.3390/bioengineering10111301

MOLTENI, Franco, Giulio GASPERINI, Giovanni CANNAVIELLO a Eleonora GUANZIROLI, 2018. Exoskeleton and End-Effector Robots for Upper and Lower Limbs Rehabilitation: Narrative Review. *PM&R* [online]. **10**(9S2), 174-188 [cit. 2023-08-21]. ISSN 1934-1482. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmrj.2018.06.005

MOTIONrehab [online]. [cit. 2024-04-02]. Dostupné z: <https://www.motionrehab.co.uk/intensive-neurological-rehabilitation-centre/>

NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA, 2019. *Přehled anatomie*. Čtvrté vydání. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-450-7.

NAVRÁTIL, Leoš a Aleš PŘÍHODA, 2022. *Robotická rehabilitace*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0665-3.

POURNAJAF, Sanaz, Rocco Salvatore CALABRÒ, Antonino NARO, Michela GOFFREDO, Irene APRILE, Federica TAMBURELLA, Serena FILONI, Andreas WALDNER, Stefano MAZZOLENI, Antonella FOCACCI, Francesco FERRARO, Donatella BONAIUTI, Marco FRANCESCHINI, 2023. Robotic versus Conventional Overground Gait Training in Subacute Stroke Survivors: A Multicenter Controlled Clinical Trial. *Journal of Clinical Medicine* [online]. **12**(2) [cit. 2024-02-24]. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm12020439

RACITI, Loredana, Loris PIGNOLO, Valentina PERINI, Massimo PULLIA, Bruno PORCARI, Desiree LATELLA, Marco ISGRÒ, Antonio NARO, Rocco Salvatore CALABRÒ, 2022. Improving Upper Extremity Bradykinesia in Parkinson's Disease: A Randomized Clinical Trial on the Use of Gravity-Supporting Exoskeletons. *Journal of Clinical Medicine* [online]. **11**(9) [cit. 2024-02-24]. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm11092543

RODRÍGUEZ-MANSILLA, Juan, Celia BEDMAR-VARGAS, Elisa María GARRIDO-ARDILA, Silvia Teresa TORRES-PILES, Blanca GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, María Trinidad RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ, María Valle RAMÍREZ-DURÁN a María JIMÉNEZ-PALOMARES, 2023. Effects of Virtual Reality in the Rehabilitation of Parkinson's Disease: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine* [online]. **12**(15) [cit. 2024-02-25]. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm12154896

ROCHE, Aidan D., Zachary K. BAILEY, Michael GONZALEZ, Philip P. VU, Cynthia A. CHESTEK, Deanna H. GATES, Stephen W. P. KEMP, Paul S. CEDERNA, Max ORTIZ-CATALAN, Oskar C. ASZNMANN, 2023. Upper limb prostheses: bridging the sensory gap. *Journal of Hand Surgery (European Volume)* [online]. **48**(3), 182-190 [cit. 2024-02-29]. ISSN 1753-1934. Dostupné z: doi:10.1177/17531934221131756

SCONZA, Cristiano, Francesco NEGRINI, Berardo DI MATTEO, Alberto BORBONI, Gennaro BOCCIA, Ignas PETRIKONIS, Edgaras STANKEVIČIUS a Roberto CASALE, 2021. Robot-Assisted Gait Training in Patients with Multiple Sclerosis: A Randomized Controlled Crossover Trial. *Medicina* [online]. **57**(7) [cit. 2024-02-25]. ISSN 1648-9144. Dostupné z: doi:10.3390/medicina57070713

SERRANO-LÓPEZ TERRADAS, Pedro Amalio, Teresa CRIADO FERRER, Iris JAKOB a Jose Ignacio CALVO-ARENILLAS, 2023. Quo Vadis, ruční robot Amadeo? Randomizovaná studie s prediktivním modelem zotavení ruky u subakutní mrtvice. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. **20** (1) [cit. 2024-04-06]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph20010690

SERRANO-LOPEZ-TERRADAS, Pedro-Amalio a Rafael SECO-RUBIO, 2022. Effectiveness of robotic therapy in the proximal and distal rehabilitation of the upper limb in patients after stroke using the Amadeo® and Armeo® devices: a systematic review of randomized clinical trials (Efectividad de la terapia robótica en la rehabilitación proximal y distal del miembro superior en personas tras un ictus con los dispositivos Amadeo® y Armeo®. *Sage Journals* [online]. **43**(1) [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1080/02109395.2021.2009677>

SHI, Xiang Qian, Ho Lam HEUNG, Zhi Qiang TANG, Zheng LI a Kai Yu TONG, 2021. Effects of a Soft Robotic Hand for Hand Rehabilitation in Chronic Stroke Survivors. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* [online]. **30**(7) [cit. 2023-05-01]. ISSN 1052-3057. Dostupné z: doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105812

SHUAIB, Abdullah, Husain ARIAN a Ali SHUAIB, 2020. The Increasing Role of Artificial Intelligence in Health Care: Will Robots Replace Doctors in the Future? *International Journal of General Medicine* [online]. **13**, 891-896 [cit. 2024-03-19]. ISSN 1178-7074. Dostupné z: doi:10.2147/IJGM.S268093

Stargen [online], 2008. [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: <https://www.stargen-eu.cz/rehabilitace/horni-koncetina/pristroje-rady-tyro/amadeo/>

TARAVATI, Sahel, Kazim CAPACI, Hale UZUMCUGIL a Goksel TANIGOR, 2022. Evaluation of an upper limb robotic rehabilitation program on motor functions, quality of life, cognition, and emotional status in patients with stroke: a randomized controlled study. *Neurological Sciences* [online]. **43**(2), 1177-1188 [cit. 2023-05-01]. ISSN 1590-1874. Dostupné z: doi:10.1007/s10072-021-05431-8

TRAMONTANO, Marco, Giovanni MORONE, Sara DE ANGELIS, Laura CASAGRANDE CONTI, Giovanni GALEOTO a Maria Grazia GRASSO, 2020. Sensor-based technology for upper limb rehabilitation in patients with multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *Restorative Neurology* [online]. **38**(4), 333-341 [cit. 2024-02-24]. ISSN 0922-6028. Dostupné z: doi:10.3233/RNN-201033

Tyromotion [online]. [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: <https://tyromotion.com/en/products/myro/>

Tyromotion [online]. [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: <https://tyromotion.com/en/products/pablo/>

Tyromotion [online]. [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: <https://tyromotion.com/en/products/diego/>

Tyromotion [online]. [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: <https://tyromotion.com/en/products/amadeo/>

VÉLE, František, 1997. *Kineziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada. ISBN 80-7169-256-5.

VILLAFANE, Jorge H., Giovanni TAVEGGIA, Silvia GALERI, Luciano BISSOLOTTI, Chiara MULLÈ, Grace IMPERIO, Kristin VALDES, Alberto BORNONI, Stefano NEGRINI, 2018. Efficacy of Short-Term Robot-Assisted Rehabilitation in Patients With Hand Paralysis After Stroke: A Randomized Clinical Trial. *HAND* [online]. **13**(1), 95-102 [cit. 2023-08-21]. ISSN 1558-9447. Dostupné z: doi:10.1177/1558944717692096

ZEMAN, Miroslav a Zdeněk KRŠKA, 2014. *Speciální chirurgie*. 3., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-128-5.

Seznam zkratk

ADL – aktivity denního života

AEK – agonisticko-excentrická kontrakce

AGR – antigravitační relaxace

AL – umělá inteligence

CMP – cévní mozková příhoda

DMO – dětská mozková obrna

EMG – elektromyografie

m. – musculus

MET – muscle energy technic

PFI – postpacilitační inhibice

PIR – postizometrická relaxace

PNF – proprioreceptivní neuromuskulární facilitace

RAR – roboticky asistovaná rehabilitace

ROM – rozsah pohybu

RS – roztroušená skleróza

TOS – syndrom horní hrudní apertury

TRP – trigger points

TS – technologická singularita

Seznam příloh

Obrázek 1 Koncový efektor pro rehabilitaci horních končetin (Molteni et al., 2018, s. 175)	23
Obrázek 2 Exoskeleton pro rehabilitaci horních končetin (Molteni et al, 2018, s. 176)	24
Obrázek 3 Robotická rukavice Gloreha Sinfonia (Bressi et al., 2023)	27
Obrázek 4 Nerobotická technologie Gloreha Aria (Gloreha, 2023)	27
Obrázek 5 Robotický přístroj Amadeo (Tyromotion, 2024)	28
Obrázek 6 Robotický systém Diego (Tyromotion, 2024)	29
Obrázek 7 Terapeutická plocha Myro (Tyromotion, 2024)	30
Obrázek 8 Pablo Handsensor (Ectron, 2023)	32
Obrázek 9 Pablo Multi-ball (Ectron, 2023)	32
Obrázek 10 Pablo Multiboard (Ectron, 2023)	32