

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav klinické rehabilitace

Adam Boyko

Rehabilitace pacientů s poškozením brachiálního plexu

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Kateřina Wolfová

Olomouc 2024

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

Olomouc 25. dubna 2024

Adam Boyko

Tímto bych rád vyjádřil velké poděkování vedoucí mé bakalářské práce, paní Mgr. Kateřině Wolfové, za její trpělivost, vstřícnost a věcné připomínky. Především chci ale poděkovat za čas, který mi během zpracovávání této práce věnovala.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Rehabilitace pacientů s poškozením brachiálního plexu

Název práce: Rehabilitace pacientů s poškozením brachiálního plexu

Název práce v AJ: Rehabilitation of patients with injury of brachial plexus

Datum zadání: 2023-11-30

Datum odevzdání: 2024-04-25

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav klinické rehabilitace

Autor práce: Adam Boyko

Vedoucí práce: Mgr. Kateřina Wolfová

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

Abstrakt v ČJ: V této bakalářské práci rozebírám téma rehabilitace pacientů s poškozením brachiálního plexu. Cílem práce je zpracovat zadané téma z ergoterapeutického pohledu, přičemž jej doplním o další terapeutické metody. Práce poskytuje přehled o rehabilitaci pacientů s poškozením brachiálního plexu, jsou zde obecně rozebrána témata jako anatomie brachiálního plexu, vybraná traumatická a netraumatická poranění a možnosti chirurgické léčby. Hlavní část práce se zaměřuje na diagnostiku, rehabilitační testování a především terapii, která je rozebrána zejména z pohledu ergoterapie. V závěru se věnuji sumarizaci výsledků vědeckých studií.

Abstrakt v AJ: In this bachelor's thesis, I discuss the topic of rehabilitation of patients with injury of brachial plexus. The main goal of the thesis is to process the assigned topic from an occupational therapy point of view, while I will supplement it with other therapeutic methods. The thesis provides an overview of the rehabilitation of patients with injury of the brachial plexus, anatomy of the brachial plexus, selected traumatic and non-traumatic injuries and surgical treatment options are discussed here. The main part of the work focuses on diagnosis, rehabilitation testing and, above all, therapy, which is analyzed mainly from the perspective of occupational therapy. In the end, I summarize the results of scientific studies.

Klíčová slova v ČJ: brachiální plexus, ergoterapie, poranění brachiálního plexu, rehabilitace, terapie

Klíčová slova v AJ: brachial plexus, occupational therapy, injury of brachial plexus, rehabilitation, therapy

Rozsah: 47 stran

Obsah

Obsah	6
Úvod	8
1 Periferní nervový systém	9
1.1 Stavba a fyziologie	9
1.2 Typy nervového poranění	10
1.3 Degenerace a regenerace	10
2 Anatomie plexus brachialis	12
2.1 Pars supraclavicularis	12
2.2 Pars infraclavicularis	12
3 Vybraná poškození brachiálního plexu.....	14
3.1 Traumatická poranění	14
3.1.1 Úraz na dopravním prostředku	14
3.1.2 Poškození brachiálního plexu po luxaci ramene	14
3.1.3 Poporodní paréza	15
3.1.4 Duchennova-Erbova paréza.....	16
3.1.5 Dejerině-Klumke paréza.....	16
3.2 Netraumatická poranění.....	17
3.2.1 Idiopatická brachiální neuritida	17
3.2.2 Syndrom horní hrudní apertury	18
3.2.3 S rakovinou spojená brachiální plexopatie.....	19
3.3 Chirurgická léčba.....	19
3.3.1 Použití štěpu	20
3.3.2 Nervový transfer	20
3.3.3 Přenos šlach	20
3.3.4 Svalový přenos	21
3.3.5 Neurolyza.....	21

4	Rehabilitace pacientů s poškozením brachiálního plexu	22
4.1	Diagnostika	22
4.1.1	Zobrazovací metody	22
4.1.2	Histaminový test	23
4.1.3	Elektromyografie	24
4.2	Rehabilitační testování	24
4.2.1	Výběr motorických testů pro horní končetinu	25
4.2.2	Vyšetření senzorických funkcí	26
4.2.3	Svalový test	27
4.3	Vlastní rehabilitace a vybrané terapeutické přístupy	28
4.3.1	Proprioceptivní neuromuskulární facilitace	31
4.3.2	Constraint Induced Movement Therapy	31
4.3.3	Robotická rehabilitace	31
4.3.4	Fyzioterapie	33
5	Sumarizace výsledků vědeckých studií	35
	Závěr	40
	Bibliografie	41
	Seznam zkratek	47

Úvod

Poranění brachiálního plexu je problémem, který zásadně ovlivňuje člověka v jeho životě. Tento problém může postihnout lidi všeho věku, ať již nově narozené nebo již dospělé jedince. Má různou etiologii, traumatickou a netraumatickou, obě formy se dále blíže rozdělují na konkrétnější diagnózy. Po diagnostice a před a po případném chirurgickém výkonu se přistupuje k fázi rehabilitaci.

Cílem rehabilitace je v tomto případě zejména obnovení původní funkce horní končetiny nebo pokud to není možné, tak alespoň zachování jejího nynějšího stavu. Primárně rehabilitace však usiluje o maximální možné zlepšení kvality života pacienta. Důležitá je spolupráce multidisciplinární týmu.

Tato práce poskytuje přehled o rehabilitaci pacientů s brachiálním plexem, jsou zde obecně rozebrány i periferní nervy, anatomie brachiálního plexu, vybrané traumatická a netraumatická poranění, možnosti chirurgické léčby. Dále je rozebrána fáze rehabilitace zejména z pohledu ergoterapie. V závěru se věnuji sumarizaci výsledků vědeckých studií a to zejména z rehabilitačního pohledu.

1 Periferní nervový systém

Bavíme-li se o nervech, tak tyto útvary rozdělujeme dle morfologie na centrální a periferní nervový systém, zkráceně taktéž CNS a PNS. Periferní nervový systém je tvořen hlavovými nervy, míšními kořeny a nervovými pleteněmi, které jsou označovány jako tzv. plexy. Veškeré tyto útvary jsou tvořeny velkým počtem nervových vláken, jenž jsou blíže rozebrány v následujících podkapitolách.

1.1 Stavba a fyziologie

Základem periferních nervů jsou zárodečné listy mezenchym, který vytváří perineurium a epineurium, a neurální lišta produkující endoneurální Schwannovy buňky (Kaiser & Haninec, 2012, p. 42).

Nervové vlákno se skládá z axonu a Schwannových buněk pokrytých vlastní laminou basalis. Axon jako takový je ve vnitřní vrstvě tvořen axoplazmou, kde se nacházejí orgány jako mitochondrie, axoplazmatické retikulum, části cytoskeletu a další. Obalem tohoto vnitřního uskupení je pak axolema. Schwannovy buňky vytvářejí vícevrstvý bělavý obal okolo axonu, který se nazývá myelinová pochva. Nejedná se o celistvý obal, ale nachází se v něm zářezy vznikající na podkladě kontaktu Schwannových buněk, po kterých přeskakují nervové vzruchy, tzv. Ranvierovy zářezy. Mezi dvěma těmito zářezy se objevuje prostor, jenž se nazývá internodální segment, ten je přímo úměrně delší tloušťce internodia. U větších vrstev s delším internodiem se přenáší nervový vzruch rychleji, rychlost může dosahovat až 120 m/s. Pokud se bavíme o Ranvierových zářezech, tak je důležité zmínit, že se nejedná pouze o místo přenosu vzruchu, ale i o místo, ze kterého vychází kolaterální dělení axonu (Kaiser & Haninec, 2012, p. 42; Mourek, 2012, pp. 477-479).

U nemyelizovaných nervových vláken chybí místa Ranvierových zářezů a jejich myelinová pochva je tvořena záhyby Schwannových buněk. Takovéto záhyby obalují několik vláken zároveň. Zároveň je zde i pomalejší rychlost přenosu vzruchu, která se pohybuje u těchto tenčích v rozmezí od 0,5 až do 2 m/s (Kaiser & Haninec, 2012, p. 42; Mourek, 2012, pp. 480-481).

Kromě toho, že Schwannovy buňky poskytují myelin pro obalení nervového vlákna, jsou i producentem růstových faktorů, které slouží k jeho obnově. Distální i proximální segment je vystaven působení neurotrofinu a je tak tvořeno ideální prostředím pro reinervaci (Kaiser & Haninec, 2012, p. 43).

Pravidlem pro šíření vzruchu po nervovém vlákně je, že se šíří bez dekrementu, tj. ztráty amplitudy, a vedení je ortodonní, tzn. vždy jedním směrem. Smyčky šířící informace jsou

oboustranné, vzruch se ovšem šíří pouze jedním směrem, jelikož na membráně je refrakterní fáze příslušného akčního potenciálu. Typ šíření je buďto saltatorní, tj. skokové, nebo, pro nervová vlákna neobsahující pochvu z myelinu, kontinuální (Mourek, 2012, pp. 482-483).

1.2 Typy nervového poranění

Poranění se dělí dle Seddona do tří kategorií a to neuropraxie, axonotmeze a neurotmeze (Lee K MD & Wolfe W MD, 2000, p. 244).

Neurapraxie se charakterizuje jako místní poškození myelinu bez přerušení průběhu nervu či degenerace ve vzdálenějších etapách jeho průběhu, často se tomu tak děje po předcházející kompresi v určité oblasti jeho průběhu. Dochází zde většinou k rychlé léčbě překračující svou rychlostí termín regenerace. Jako příklad je možno uvést „obrně sobotní noci“, kdy dochází k útlaku nervus radialis, ta se může léčit jednak rychle a bez následků, jednak ale může dospět i do stádia, kdy dochází k degeneraci tohoto nervu. Klinickými znaky neuropraxie jsou například převážně motorická obrna, pozůstatek elektrické dráždivosti svalu zůstává netknutý, subjektivní senzorické požitky (necitlivost, brnění, pálení), objektivní senzorické poruchy jsou částečné, obvykle minimální, v rámci vnímání doteku, bolesti, tepla či chladu. Často se setkáváme s poruchou vnímání postury či vibrací, potivost bývá ve větší většině případů zachována (Lee K MD & Wolfe W MD, 2000, p. 244; Seddon, 1942, p. 238).

Axonotmezi popisujeme jako ztrátu kontinuity axonu, přičemž ale jeho pojivová tkáň zůstala do jisté míry zachovalá. Nejtypičtějším případem je obrna nervus radialis vznikající jako komplikace při zlomeninách humeru (Lee K MD & Wolfe W MD, 2000, p. 244; Seddon, 1942, p. 237-238).

Neurotmeze je nejzávažnějším z těchto tří typů poranění. Jde o kompletní rupturu nervu, jejímž výsledkem je úplná motorická i senzitivní obrna vyúsťující v atrofii a ztrátu elektrické dráždivosti u svalů, kde byla inervace přerušena (Seddon, 1942, pp. 237-238).

1.3 Degenerace a regenerace

Po poranění nervu dochází v místě proximálního axonu k degeneraci buněk manifestující se jejich bobtnáním a chromatolýzou, buněčné jádro je pak posunuto do periferie, k těmto dějům dochází během prvních šesti hodin od úrazu. Záleží na místě a rozsahu poranění, v případě proximálnějšího poranění se můžeme bavit o degeneraci Schwannových buněk, snížení objemu myelinu a průměru axonu. Máme dva případy, o kterých lze v rámci této degenerace hovořit, prvním je postižení minimálního rozsahu, kdy dochází ke změnám ve vzdálenosti do prvního Ranvierova zářezu. U druhého případu hovoříme o celém průběhu axonu až k buněčnému tělu. Pro druhý, rozsáhlejší, případ platí, že je kromě úrazu také

účastníkem procesu programovaná smrt neuronu, u proximálního segmentu poté dojde k Wallerově degeneraci a jeho fagocytóze. U poranění v distálních etážích dochází k morfologickým změnám až v případě axonotmezí, kdy se objevuje i Wallerova degenerace. Celistvost axonu a jeho vodivost upadá mezi 48 až 96 hodinami po zranění, k rozpadu myelinu pak dojde mezi 36 až 48 hodinami. Do 24 hodin Schwannovy buňky podstupují mitózu, přičemž se tvoří dceřinné buňky, jenž nejsou diferencované, mající za úkol rozkladné a opravné procesy. Dodávají makrofágům části axonů a myelinu, celý proces degradace zabere přibližně 5 až 8 týdnů, přičemž jeho konečným produktem jsou endoneuria vyplněná Schwannovými buňkami – pozůstatky nervového vlákna. U neurotmezí je typický zánět v dané oblasti přetrnutí, nacházíme zde taktéž edém a krvácení. Spojení přerušeným částem nervového vlákna u neurotmezí brání vytvořená jizva (Kaiser & Haninec, 2012, p. 43; Lee K MD & Wolfe W MD, 2000, p. 245).

Pokud došlo k poranění lehčího rázu, regenerace začíná ihned. Jinak je tomu však u těch horších, kdy k léčba nastupuje až po Wallerově degeneraci. U neurapraxií a axonotmezí nacházíme jistou formu funkční opravy vždy, zákonitě však po axonální reparaci, přičemž poranění pak nenese funkční či morfologické následky. Při těžší formě poranění, kdy dojde k poruše endoneuria, se axony větví částečně do okolní tkáně nebo neadekvátních neurálních trubic. Z toho plyne, že míra funkčnosti je omezena a míra tohoto omezení pak závisí na rozsahu zranění (Kaiser & Haninec, 2012, p. 43).

První známky regenerace se mohou objevit v období až do 12 měsíců od úrazu. Kompletní zhojení se odehrává řádově v období několika měsíců, důležité je, aby došlo k adekvátní reparaci v oblastech neuronu, proximálního segmentu, místě poranění, distálního segmentu a cílového orgánu. Právě to je podstatné pro funkčnost celku. Důležitým ukazatelem regenerace je opačný děj chromatolýzy, kdy dojde přesně k opačným událostem týkající se jádra a ostatních částí, než tomu bylo u degenerace. Během prvního dne lze u mírnějších poranění pozorovat regeneraci, jinak je tomu však u těch komplikovanějších, kdy se i po dobu několika měsíců nemusí dít nic. Srůstání nervu je podmíněno činností filopodií na axonech, které naléhají na Schwannovy buňky, což vede k navádění axonů k neurální trubici, se kterou následně srůstá (Kaiser & Haninec, 2012, p. 43).

2 Anatomie plexus brachialis

Plexus brachialis je nervová pletěň, která vzniká spojením předních míšních kořenů C5 až Th1. Někdy vznikají odchylky od normálního popisu, kdy se k těmto částem přidává také míšní kořen vycházející z oblasti C4 a Th2 (Pejkova et al., 2021, p. 91).

Tato nervová pletěň se nachází v oblasti zadního krčního trojúhelníku, kde formuje tři svazky, jenž se nazývají truncus superior, který je formován z nervů C5 a C6, truncus medius, jenž tvoří vlákna z C7 a truncus inferior z oblastí C8 a Th1. Plexus brachialis má vztah ke klíční kosti, díky tomuto ohraničení se dělí na 2 části, konkrétně pars supraclavicularis a pars infraclavicularis (Pejkova et al., 2021, pp. 92-93).

2.1 Pars supraclavicularis

Jedná se o část plexu, která obsahuje smíšené nervy s větším zastoupením somatomotorických vláken. Pars supraclavicularis se odděluje od zbytku nervové pletěně v trigonum omoclaviculare a vlákna přichází ke svalům lopatky, svalům thorakohumerálním a spinohumerálním (Hudák et al., 2017, p. 342).

Konkrétními nervy této části plexus brachialis jsou nervus dorsalis scapulae jdoucí k angulus superior scapulae a inervující musculus levator scapulae, musculus rhomboideus major a minor, nervus thoracicus longus, jehož vlákna jdou po boční straně hrudníku k musculus serratus anterior a nervus subclavius vyskytující se pod klíční kostí, kde se dostává ke stejnojmennému musculus subclavius. Dále se do této skupiny řadí nervus suprascapularis končící svým průběhem ve fossa infraspinata scapulae a ve svém průběhu odevzdává motorická vlákna pro musculus infraspinatus a supraspinatus, přičemž inervuje senzitivně ramenní kloub. Posledními nervy z této oblasti jsou nervus pectoralis medialis a lateralis odcházející v trigonum clavipectorale k musculus pectoralis major a minor, nervus subscapularis jdoucí k musculus subscapularis a musculus teres major, nervus thoracodorsalis nacházející na boční straně lopatky, kde inervuje musculus latissimus dorsi a rami musculares (Hudák et al., 2017, p. 342; Pejkova, 2021, pp. 92-93).

2.2 Pars infraclavicularis

Formuje se pod klíční kostí a musculus pectoralis minor. Řadí se sem tři větve: fasciculus lateralis (spojením truncus superior a truncus medius), fasciculus medialis (vychází z truncus inferior) a fasciculus posterior (spojení truncus superior, inferior i medius). Názvy těchto větví mají přímý vztah s pažní tepnou, jmenují se podle toho, v jaké pozici vůči této tepně leží. Fasciculus lateralis se dělí na radix lateralis nervi mediani a nervus musculocutaneus, fasciculus medialis se rozděluje na nervus cutaneus brachii medialis a nervus cutaneus antebrachii

medialis, nervus ulnaris a radix medialis nervi mediani. Fasciculus posterior pokračuje jako nervus axillaris a nervus radialis (Pejkova et al., 2021).

Nervus musculocutaneus prochází skrz musculus coracobrachialis a následně mezi musculus biceps brachii a musculus brachialis, které všechny inervuje. Vydává rami musculares a pokračuje na předloktí jako nervus cutaneus antebrachii lateralis inervující senzitivně laterální polovinu předloktí. Dalším nervem je nervus medianus sestupující s arteria brachialis na předloktí, kde se vnořuje do hlubších vrstev až mezi musculus flexor digitorum superficialis a profundus. Probíhá dále na akrum pod retinaculum flexorum a dělí se na své senzitivní větve. Na předloktí vydává větve pro inervaci svalů zevních dvou vrstev předloktí, musculus flexor pollicis longus a musculus pronator quadratus a senzitivní větev do kůže v oblasti karpálního tunelu. Ve dlani inervuje většinu svalů thenaru, senzitivně zásobuje 3 a půl prstu na palmární straně z radiální strany a poskytuje motorické větve pro první 2 muscoli lumbricales. Nervus ulnaris jde po vnitřní straně paže a je ve svém průběhu hmatný na zadní části mediální epikondylu humeru. Sestupuje po předloktí a běží přes retinaculum flexorum do karpu. Motoricky inervuje musculus flexor carpi ulnaris, musculus flexor digitorum profundus pro 4. a 5. prst, veškeré svaly hypothenaru, muscoli interossei, 3. a 4. musculus lumbricalis, musculus adductor pollicis a caput profundum musculi flexoris pollicis brevis. Senzitivní zásobování odpovídá kůži na ulnární straně hypothenaru jak na palmární, tak i dorzální straně. Dále ulnární, kožní části na dorzu ruky, kde inervuje navíc 2 a půl prstu, na palmární straně inervuje 1 a půl. Senzitivními nervy jsou i nervus cutaneus brachii et antebrachii medialis, první zmíněný inervuje kůži na mediální a částečně dorzální straně paže, druhý stejně tak, akorát je tomu tak na předloktí a přidává se i na přední stranu. Nervus axillaris je motorickým nervem pro musculus deltoideus a musculus teres minor, senzitivním pro oblast musculus deltoideus a laterální, přední část paže. Posledním zmíněným nervem bude nervus radialis, který prochází na zadní straně paže, v oblasti lokte pak jde z ulnární na radiální stranu a končí v ruce. Je motorickým nervem pro musculus triceps brachii a musculus anconeus, svaly na radiální a zadní straně předloktí. Jeho oblastí pro senzitivní zásobení je kůže na zadní a laterální části paže, loketní kloub, zadní strana předloktí a radiální polovina karpální krajiny. Vydává konečné senzitivní větve pro 2 a půl prstu na zadní straně akra z radiální strany (Číhák, 2004, pp. 519-524).

3 Vybraná poškození brachiálního plexu

Etiologie poškození brachiálního plexu je různorodá, můžeme ji rozdělit na základní dvě oblasti, traumatická a netraumatická poranění. Tyto druhy se od sebe liší způsoby vzniku, kdy u traumatických působí síly zevního prostředí na vznik některého poškození, u netraumatických to bývají vnitřní procesy, které negativně ovlivní nervovou pletěň. V této kapitole jsou k oběma druhům poranění přiřazeny a následně rozebrány i konkrétní formy, se kterými se lze setkat.

Poslední podkapitola je zaměřena na chirurgické přístupy, které lze využít při rekonstrukci nervů.

3.1 Traumatická poranění

Jde o poranění ovlivňující život a projevující se i na pacientově psychice, jeho psychosociální a finanční stránce. Pro diagnostiku závažnosti tohoto problému je třeba zjistit několik informací, které by mohly specifikovat i rozsah a později řešení, kterým se bude poranění řešit. Patří mezi ně například čas uběhlý od poranění, mechanismus vzniku, rychlost, při které vzniklo. Neměly by být opomíjeny ani další struktury, které mohly být poraněny při vzniku traumatu, například mozek, spinální mícha, plíce, páteř, klíční kost, natržení rotátorové manžety a další (Wu et al., 2022, p. 708).

Násilné rozevření úhlu mezi krkem a ramenem s addukovanou horní končetinou častěji vede k poškození supraclavikulární části brachiálního plexu, totéž rozevření v oblasti scapulohumerální s hyperabdukovanou horní končetinou vede naopak k poranění jeho infraclavikulární části (Wu et al., 2022, p. 708).

3.1.1 Úraz na dopravním prostředku

Nehody při velké rychlosti ohrožují supraclavikulární oblast jak pregangliovou, tak i postgangliovou, typicky se jedná o úrazy na motorce či v motorovém vozidle. Nízkoenergetické nehody jsou spojeny s infraclavikulární částí postgangliovou a sem řadíme například pády (Wu et al., 2022, p. 709).

Při těchto traumatických poraněních se přiklání k chirurgickému zákroku v případě přetržení míšního kořene či postgangliového problému bez možnosti standardní léčby formou terapie. Operační okno se udává v rozmezí 3 až 6 měsíců od traumatu (Wu et al., 2022, p. 713).

3.1.2 Poškození brachiálního plexu po luxaci ramene

Tento typ poškození se projevuje přechodnou ztrátou síly v oblasti postižené končetiny až po trvalé ochrnutí spojené s chronickou bolestí a nemožností tuto končetinu využívat v aktivitách, které patří do každodenního života (Gutkowska et al., 2020, p. 407).

Neurologické problémy spojené s poškozením brachiálního plexu se vyskytují u 5,4% až 55% všech luxací. Nejpočetnějšími skupinami v tomto procentuálním rozpětí jsou starší ženy, u nichž došlo k luxaci při pádu na horní končetinu a mladí muži po incidentu spojeném s vysokoenergetickým nárazem (Gutkowska et al., 2020, p. 408).

Ze dvou částí, na které se plexus dělí, pars infraclavicularis a pars supraclavicularis, je častěji postižena právě pars infraclavicularis a to zejména neuropraxií a axonotmezi. Kompletní přetržení nervů se pak vyskytuje zhruba u méně než 3% pacientů. Častěji bývá postiženo vícero nervů příslušné oblasti, než že došlo k izolovanému poškození pouze některého z nich. Nejčastěji ze všech nervů, které můžeme v brachiálním plexu najít, je poškozen nervus axillaris a to jak izolovaně, tak i ve spojení s některými dalšími nervy (Gutkowska et al., 2020, p. 412).

Potřeba operačního výkonu se vyskytuje u 13% až 18% pacientů, přičemž je třeba provedení tohoto výkonu od 3 do 6 měsíců, jestliže se neobjevují žádné známky postupného uzdravování (Gutkowska et al., 2020, p. 417).

3.1.3 Poporodní paréza

Postižení brachiálního plexu u novorozenců se vyskytuje u 0,4 až 4 na 1000 nově narozených dětí. Etiologie je různá, může být způsobena komplikovaným porodem, makrosomií, vícečetným porodem, protrahovaným porodem nebo porodem koncem pánevním. Ani porod za pomoci císařského řezu nevylučuje riziko poporodní parézy, ale výrazně snižuje jeho pravděpodobnost z 2% na 0,02%. Ke spontánní rekonvalescenci dochází v 75% až 90% případů a obvykle se tak děje během prvních 3 měsíců v průměru u 77%. Uzdravení do 1 roku bylo zjištěno u 20% a u 3% přetrvává funkční postižení brachiálního plexu i po 1 roce života (Fogel et al., 2021, pp. 1590-1593, Hale et al., 2010, p. 322).

Dopad poporodní parézy závisí na místě, kde došlo k poškození, zda v pregangliové či postgangliové oblasti. Horší možností je pregangliové poškození, neboť s sebou nese tu nejhorší prognózu pro obnovu, zotavení motorických funkcí horní končetiny. Obecně platí, že později se jako důsledek výpadku motorických funkcí může k příznakům přidat i dysbalance, omezení síly a vznik kontraktur měkkých tkání a kloubů, přičemž může dojít i k deformaci glenohumerálního kloubu (Hale et al., 2010, p. 323).

Jestliže dítě nevykazuje známky samovolného uzdravování v čase, přistupuje se k mikrokirurgickým výkonům, do kterých se řadí neurolyza, použití štěpů a nervové transfery. U přetrvávajících potíží jsou indikovány sekundární operační výkony zahrnující zásahy nitrokloubní, artroskopické uvolnění přední části kloubu, a mimokloubní, prodlužování šlach a

šlachové transfery. U dětí s dysplázií ramenního kloubu se provádí derotační osteotomie (Buterbaugh & Shah, 2016, pp. 421-423).

3.1.4 Duchennova-Erbova paréza

Dochází k poranění v oblasti plexus brachialis, konkrétně již na úrovni předních míšních kořenů oblasti C5 a C6, přičemž dojde k paralýze horní končetiny. Klasickým případem, kdy dojde k této paréze, je nadměrné rozevření úhlu mezi hlavou a ramenem, děje se tomu tak nejčastěji při excesivní laterální flexi a trakci ramene. U dospělých se to může stát po pádu na rameno, přičemž dojde k paréze musculus deltoideus, musculus biceps brachii, musculus brachialis a musculus brachioradialis. Z toho plyne, že kromě abdukce ramene je omezena i flexe a supinace předloktí. Horní končetina se dostává do takzvané „waites’s tip position“ manifestující se addukcí a vnitřní rotací paže, extenzí a pronací předloktí a flexí zápěstí. Tuto parézu mohou provázet i poruchy senzorky ramene, zevní plochy paže a předloktí (Carr-Hyde & Wessely, 2003, p. 37; Basit et al., 2023, p. 2).

Jedná se o je jedno z nejčastějších neurologických postižení týkajících se nově narozených dětí. Duchenneova-Erbova paréza se vyskytuje u 0,9 a 2,6 případů na 1000 nově narozených (Basit et al., 2023, pp. 1-2).

Nejčastěji dochází k tomuto typu parézy kvůli zvolené porodnické technice, při které probíhá trakce za krční oblast během komplikovaného porodu. Největšími dvěma rizikovými faktory jsou však zaklínění ramene dítěte při porodu o os pubis rodičky a nadměrný vzrůst dítěte (Basit et al., 2023, p. 2).

Poškození může být v rozpětí od méně závažných stavů až po závažnější. Vyskytuje se neurapraxie, axonotmeze a neurotmeze. Nejlehčím z nich je neurapraxie, kdy dojde ke kompletnímu zhojení a obnovení nervu, závažnější je axonotmeze, u které dojde k narušení axonu a myelinové pochvy, kdy míra obnovy závisí na rozsahu poškození. Nejhorší z nich je neurotmeze, při které se přetrhne axon již u kořenů míšních a následkem je ireverzibilní poškození axonu, myelinové pochvy a podpůrných struktur nervu (Basit et al., 2023, p. 2).

Chirurgická intervence je poslední možností, ke které se přistupuje, jestliže nefunguje hydroterapie, ergoterapie či fyzioterapie. Obnáší dekompresi nervu a zavedení nervového štěpu (Basit et al., 2023, p. 4).

3.1.5 Dejerinové-Klumke paréza

Tato paréza zahrnuje postižení brachiálního plexu v jeho nižších kořenových etážích, konkrétně se hovoří o kořenech C8 a Th1, může být mimo jiné postižen i oddíl krčních sympatických ganglií. Nejčastější příčinou vzniku bývá tah do hyperabdukce, následky mohou

být různorodé, neboť vše závisí na intenzitě onoho tahu. Incidenci lze vyvodit přibližně v rámci této studie, kdy z 4538 pacientů potýkajících se s polytraumatem se týkalo právě 1,2% případů brachiálního plexu, kdy 38% z nich postihovalo kořeny C8 a Th1. Z toho plyne, že incidence paréz spodního typu je méně častá než parézy horního typu (Merryman & Varacallo, 2023, pp. 1-2).

Projevy mohou být různé a závislé na míře poškození nervu, tj. neurapraxie, axonotmeze a neurotmeze, od poklesu svalové síly až po svalovou atrofii, konečným stavem může být takzvaná „dráповitá ruka“, která se manifestuje flektovaným zápěstím společně s flektovanými prsty postižené ruky. Dalším příznakem může být i bolest vyzařující z oblasti krku a postupně jdoucí po mediální straně paže až k prstům dlaně. Všechny tyto zmíněné projevy se objevují v příslušných inervačních oblastech postižených kořenů, tedy C8 a Th1. Jestliže jsou komprimovány i sympatická ganglia, dochází ke vzniku Hornerova syndromu, který se skládá ze tří klinických příznaků. Jsou to ipsilaterální ptóza, mióza a anhidróza (Merryman & Varacallo, 2023, pp. 2-3).

3.2 Netraumatická poranění

Tento typ úrazu se vyznačuje tím, že nebyl způsoben pomocí vnějšího násilí, ale v důsledku některého z vnitřních procesů v těle či na základě jiné etiologie. V rámci netraumatických úrazů je v této kapitole uvedena idiopatická brachiální neuritida, syndrom horní hrudní apertury a plexopatie spojené s rakovinou.

3.2.1 Idiopatická brachiální neuritida

Označuje se tak syndrom neznámé příčiny, též známý jako Parsonage-Turner syndrom nebo neuralgická amyotrofie, postihující zejména spodní část brachiálního plexu. Může být napadena ale i jeho horní část nebo plexus celý. Tato neuritida se může objevit i bilaterálně a větší prevalenci nacházíme u mužů a mladších jedinců. Typicky se vyznačuje přechodnou akutní bolestí v oblasti ramene, jenž odeznívá za několik dnů až týdnů, navazuje na ni nebolestivá paréza, která pomalu ale jistě po určité době také ustupuje (Gonzalez-Alegre et al., 2002, p. 81, Sumner, 2009, p. 150).

Klinicky se idiopatická brachiální neuritida nejčastěji manifestuje akutní, těžkou bolestí, unilaterální bolestí ramene přecházející do horní končetiny a trvající několik dnů až týdnů. Po odeznění bolesti nastupuje oslabení svalů ramenního pletence a horní končetiny. Podléhajícími svaly jsou musculus deltoideus, supraspinatus, infraspinatus, serratus anterior a biceps brachii, svaly ruky jsou postiženy méně často. U vyjmenovaných svalů dochází obvykle k postupné atrofii, jejich motorická funkce se navrácí v době od 6 do 18 měsíců. Mezi méně časté příznaky

se řadí hypestézie, u 15% případů, bilaterální postižení, v 1/3 případů, a postižení jednoho nervu či větévky. Tato neuritida může postihovat i kaudální hlavové nervy a nervus phrenicus. U dětí je průběh většinou bezbolestný, proces uzdravení je méně příznivý, ale když k němu dojde, probíhá rychle a plně. Jsou u nich častěji postižené hlavové nervy (Gonzalez-Alegre et al., 2002, p. 82).

Zvolíme-li konzervativní léčbu, přistupuje se k ní ve 2 fázích. V první fázi se potýkáme s hyperalgezií, je proto třeba, aby pacient užíval analgetika. Studie Monteiro dos Santos et al. (2015) uvádí, že nebyly využity protizánětlivé kortikosteroidy z důvodu neznámé etiologie, poté je dodáno, že tento postup se ani nedoporučuje, přestože by mohla zmírnit bolest během akutní fáze a urychlit proces zesílení. Jakmile skončí první fáze a bolest odezní, je úkolem druhé fáze obnovení a udržení rozsahu pohybu a zvýšení síly. Ve studii je popsáno, že u pacientů, rehabilitujících 14 měsíců, vzrostla troficita a síla, 6 z 8 pacientů uvedlo, že oproti zdravé končetině nevidí v síle a bolesti žádný rozdíl. Uvádí se, že bolest odeznívá v 80% až 90% případů, častěji však nedochází k obnově původní síly. V některých případech byla třeba i chirurgická léčba, kdy se provedl přenos šlachy jako pozdní léčba ztráty síly (Monteiro dos Santos et al., 2015, p. 340)

3.2.2 Syndrom horní hrudní apertury

Jedná se o syndrom, kdy dochází k útlaku brachiálního plexu, což může a nemusí být spojeno také s útlakem arteria subclavia a vena subclavia. Nejčastěji bývá postižena právě nervová pletěň a to v 90% případů, ve 3% až 5% procentech se vyskytuje postižení venózní a u méně než 1% procenta postižení arteriální. Syndrom horní hrudní apertury se dle incidence objevuje v rozmezí 3 až 80 případů na 1000 lidí (Masocatto et al., 2019, p. 2).

Klasickými příznaky poškození plexus brachialis jsou bolest, parestezie v prstech a celková slabost v postižené horní končetině. Při palpačním vyšetření cítí pacient obvykle bolest v oblasti brachiálního plexu, musculus trapezius, muscoli scaleni, a na přední stěně hrudníku, není to však pravidlem. Příznaky se zhoršují během aktivity, u kterých dochází k přetěžování, například je tomu tak u zvedání těžkých předmětů, může k tomuto problému docházet ale i u aktivit, u kterých je třeba mít horní končetiny v prodloužení. U 76% pacientů se také objevuje bolest v oblasti okcipitální (Masocatto et al., 2019, p. 3).

K chirurgickému výkonu se přistupuje zřídka, ale není vyloučen, využívá se jej u symptomatických kostních abnormalit, u problémů s cévami, ztráty citlivosti s gradující bolestí v horní končetině, což může mít za následek její znečistlivění. Chirurgická alternativa je využita také při selhání klasické léčby. Dochází k chirurgické dekompresi nervu, potažmo i arterie a

vény pomocí adekvátního typu výkonu, například supraclavikulární, infraclavikulární nebo přední a zadní thorakoplastika (Masocatto et al., 2019, p. 6).

3.2.3 S rakovinou spojená brachiální plexopatie

U jedinců postižených rakovinou může, z důvodu šíření metastáz nebo sekundárně ozařováním nádorů, docházet k brachiální plexopatii (Khadilkar & Khade, 2013, p. 15).

Výskyt metastáz do brachiálního plexu je vyšší u starších pacientů, přičemž nejčastějšími lokalitami, odkud metastázy pochází, jsou plíce a prsa. Šíří se přes axilární mízní uzliny nebo méně často jako lymfomy, sarkomy či melanomy. Manifestace těchto metastáz může být různá. Mohou se projevovat bolestí v oblasti ramenního pletence, která se přenáší do paže, změnou prahu bolesti z důvodu účinku některých látek a neustálé stimulace nociceptorů, kompresí nebo napadením některé z částí brachiálního plexu nádorem. Hornerův syndrom se dle studie objevuje přibližně v polovině případů (Khadilkar & Khade, 2013, p. 15).

Radioterapie je účinnou metodou léčby rakoviny, nese však i svá rizika jako je například poškození úseků DNA a dalších buněčných organel. Tyto orgány jsou posléze buďto odstraněny pomocí apoptózy nebo opraveny. Další problémy pro člověka závisí na výšce dávky vpravené do těla během terapie. Jedním z těchto nově vzniklých problémů, nejčastěji při ozařování nádoru plic a prsou, je brachiální plexopatie, která se objevuje u pacienta po několika měsících a letech. V první fázi změn dochází k elektrofyziologickým a histochemickým změnám, ve druhé fázi pak k fibrotickým změnám okolo nervů s jejich následnou kompresí, což mívá za následek vznik neuropatií. Tyto neuropatie jsou různého rozsahu a dělí se na několik stupňů od 1 do 4, kdy 1 znamená mírné obtíže a 4 naopak obtíže těžké. Řadí se sem parestzie horní končetiny, bolest, slabost a motorické poruchy v oblasti krku a oblasti supraclavikulární. Následky těchto fází se léčí medikamenty a podpůrnými terapiemi (Shabeeb et al., 2020, pp. 110-113).

3.3 Chirurgická léčba

Akutní případy by měly být nejprve chirurgicky prozkoumány v co nejkratším čase od jejich vzniku, jedním z důvodů je i to, že ještě po dobu 72 hodin obsahuje nerv neurotransmitery, které pomáhají s identifikací jeho distálního konce. U čistých ran je možno přistoupit k operaci okamžitě, u těch méně čistých se čeká od několika dnů až do 3 týdnů, aby mohly být provedeny adekvátní operační výkony vzhledem k povaze poškození a pozdějších projevů, které se uvnitř rány mohou objevit (Fox & Mackinnon, 2011, p. 111).

Poranění brachiálního plexu lze řešit řadou chirurgických, léčebných přístupů, mezi něž se řadí například přímé prozkoumání a oprava nervu či použití štěpu, distální přenos nervů nebo

šlach nebo volný přenos svalů. Vhodný postup závisí na několika faktorech vzhledem k pacientovi, kam patří věk, zdravotní stav, požadovaná funkce a požadovaná rychlost zotavení, k povaze zranění, do které patří počet poraněných kořenů, nervů, typ poranění a doba uplynutá od vzniku poranění. Fox & Mackinnon (2011) uvádí, že nejhorším úrazem je ten, který postihuje celý brachiální plexus, protože v době, kdy byl článek vydán, neexistovala žádná jasná a definitivní forma rekonstrukce, která by přispěla k jeho opravě (Fox & Mackinnon, 2011, p. 111).

3.3.1 Použití štěpu

Použití štěpu je vhodné, když nelze oba konce nervu přiblížit bez napětí a došlo k poranění vícero nervů zároveň, to vše za předpokladu nedostatku dárců šlach nebo nervů. Štěpy jsou metodou, jenž se využívá při rekonstrukci nervů s jednou funkcí, tím je myšlen například senzorický nerv nebo u poranění v blízkosti cílového orgánu, kde je prostor pro vložení štěpu (Fox & Mackinnon, 2011, p. 112).

3.3.2 Nervový transfer

Tento typ chirurgické léčby obnáší přenos postradatelného, zdravého nervu do oblasti, kde je zapotřebí obnovení jiného nervu s důležitější funkcí. Výhodou nervového transferu je, že dochází k jeho přizpůsobení i mimo zónu jizvení a snižuje se doba regenerace k tomu, aby se dosáhl k cílovému orgánu. Stěžejní je výběr vhodného dárce, nerv by měl být v synergii s příjemcem kvůli snadnější reedukaci pohybů a také v koaptaci, aby nemusel být použit štěp pro spojení (Wu et al., 2022, pp. 713-714).

Typickými nervy použitými pro transfer je nervus accesorius, 11. hlavový nerv, a nervus dorsalis scapulae nahrazující nervus suprascapularis, dalším je některá z větví nervus radialis inervující triceps, jenž se transferuje za nervus axilaris. Dalšími nervy pro obnovu nervus axilaris mohou být nervus pectoralis medialis, nervi intercostales či větve z nervus medianus nebo ulnaris. Větve nervus medianus a nervi intercostales mohou být také použity pro obnovu nervus musculocutaneus a to jako jednotný nebo dvojitý nervový transfer, který se typicky používá u poranění v oblastech C5-C6 či C5-C7 (Wu et al., 2022, p. 714).

3.3.3 Přenos šlach

Jedná se o hojně využívanou metodu, u které jsou terapeuti obeznámeni se správnou rehabilitací po chirurgickém výkonu. Po operaci je pacient v operovaném místě imobilizován. Navazující rehabilitace může ovšem začít díky této metodě dřív, v průběhu několika týdnů, oproti nervovým transferům, kdy se k ní přechází až po několika měsících. Metoda přenosu šlach má však svá omezení. Bavíme se o ztrátě možnosti obnovy citlivosti a některé

z motorických funkcí. Chirurgický výkon vyžaduje velkou zónu disekce, což vede k rozsáhlému jizvení, tuhnutí a „spékání“ tkání. Oproti nervovému transferu jde o poměrně hrubší formu zákroku. Kontraindikací přenosu šlach je významná předoperační ztuhlost oblasti, protože po následné imobilizaci, kdy by došlo ještě k většímu zatuhnutí, by byla rehabilitace velmi náročná (Fox & Mackinnon, 2011, p. 112).

3.3.4 Svalový přenos

Je to procedura, jenž se v posledních letech, společně s mikrochirurgickými technikami a mikroneurálními adaptacemi, rozvinula hlavně z důvodu obnovy funkce horní končetiny. Přistupuje se k ní, jestliže pacient po 9 až 12 měsících po traumatu nepokročil klinicky či funkčně vstříc uzdravení. Nejčastějšími svaly používanými pro svalový přenos jsou musculus rectus femoris a musculus gracilis, za nimi jsou to musculus latissimus dorsi, musculus pectoralis major a musculus tensor fasciae latae. Nervy použité pro obnovu motorické funkce jsou nervus accesorius, nervi intercostales, nervus suralis a svazky z nervus ulnaris (Pejkova et al., 2021, p. 100).

3.3.5 Neurolyza

Neurolyza je typ chirurgického výkonu, který se dále dělí na zevní a vnitřní neurolyzu. Zevní neurolyza se snaží o uvolnění a odstranění struktur, který utlačují či deformují nerv. Primárním cílem je, aby se mohl nerv fyziologicky pohybovat vzhledem k pohybům končetiny. Jestliže bylo potvrzeno, že nerv je poškozen ve své vnitřní části a zevní obal zůstal bez poškození, přistupuje se k vnitřní neurolyze, kdy se uvolňují jednotlivé nervové svazečky po předchozím protnutí epineuria (Farhadi et al., 2022, p. 882; Wu et al., 2022, p. 713).

4 Rehabilitace pacientů s poškozením brachiálního plexu

Pro většinu pacientů je postižení v oblasti brachiálního plexu indikací k započetí rehabilitace vedené ergoterapeutem či fyzioterapeutem, přičemž oba tyto obory se v intervencích prolínají a doplňují jeden druhého (Smania et al., 2012, p. 495).

Styl terapie se odvíjí od několika faktorů, kdy se jedná především o čas uplynulý od onoho poranění a momentální schopnosti pacienta, se kterými do rehabilitačního prostředí přichází (Smania et al., 2012, p. 495).

4.1 Diagnostika

Při diagnostice problémů v oblasti brachiálního plexu, míšních kořenů, které jej tvoří či nervů z něj vycházejících se využívá řady metod, kdy v následujících několika kapitolách rozeberu právě tři z nich. Mezi tyto metody se řadí zobrazovací metody, histaminový test a elektromyografie.

4.1.1 Zobrazovací metody

Typickou diagnostickou metodou pro zjištění problému v této anatomické struktuře jsou zobrazovací metody. Po úrazu v oblasti krku a ramenního pletence se zobrazovací metody zaměřují právě na tyto dvě lokality, neměla by být však opomenuta cervikální část páteře, ramenní pletenec, humerus a hrudník. Větší zřetel je třeba brát na cervikální část páteře, neboť zde se objevující fraktury mohou porušit míchu, přičemž fraktura processus transversus tohoto obratle může způsobit avulzi míšního kořene. Pozornosti by neměly uniknout ani fraktury claviculy, které mohou poukazovat na poškození brachiálního plexu (Sakellariou et al., 2014, p. 6).

Výpočetní tomografie společně s myelografickou obdobou této zobrazovací metody jsou vynikajícími prostředky pro odhalení nervového poranění. Tento typ zobrazování je vhodné využít mezi třemi až čtyřmi uplynulými týdny od zranění z toho důvodu, že je třeba, aby tělo vstřebalo krevní sraženiny a mohla být odhalena pseudomeningokéla, která indikuje kořenovou avulzi, jenž je zobrazena pomocí myelografické výpočetní tomografie (Sakellariou et al., 2014, p. 7).

Další zobrazovací metodou, kterou lze využít při diagnostice, je magnetická rezonance. Jedná se o neinvazivní metodu, která má oproti výpočetní tomografii své výhody, mezi které se řadí zobrazení většího spektra poškození, nikoliv jen těch týkajících se kořenů či zobrazení pseudomeningokél. Dokáže zobrazit téměř celý brachiální plexus, přičemž je schopen ukázat i posttraumatické neuromy společně se zánětlivou odpovědí a otokem okolních struktur. Navzdory svým pozitivům i zde můžeme nalézt některá negativa, tím je například opomenutí

lézí ležících v hlubších etážích z důvodu nízkého rozlišení a nepřesnosti snímků. Dále pak může kvalitu snímků narušit i pohyb těla vyšetřovaného, přičemž za takový pohyb lze považovat například polykání, třes či pohyb cerebrospinální tekutiny (Sakellariou et al., 2014, p. 7).

4.1.2 Histaminový test

Histaminový test je jedním z řady diagnostických nástrojů, který se využívá při diagnostice míšního poranění a zjištění, zda se jedná o pregangliové či postgangliové poranění. Funguje na bázi vegetativní reakce příslušného dermatomu po injekčním vpravení histaminu, kdy dojde, na základě Lewisovi trojice zánětlivých odpovědí, k zánětlivé odpovědi založené na axonálním reflexu, který vypadá tak, že příslušná oblast dermatomu sekundárně zčervená. Dalšími reakcemi jsou nebo mohou být taktéž piloerekce a pocení. Bavíme-li se o pregangliovém postižení, tak zde lze hodnotit test jako pozitivní, neboť dojde k reakci onoho dermatomu na vpravený histamin. Při postgangliové lézi dojde k přerušení neurovegetativní inervace kožní oblasti a zčervenání zde není přítomno (Serman-Neto et al., 2020, pp. 1-3).

V této době se test využívá méně z důvodu větší přístupnosti nových metod používaných před operací, jako jsou například ty zobrazovací. Dalším důvodem může taktéž být i nedostatek informací týkajících se spolehlivosti v odhalení pregangliové léze (Serman-Neto et al., 2020, p. 3).

Při porovnání se zobrazovacími metodami došla studie k tomu, že dochází ke shodě téměř u všech kořenových avulzí kromě oblasti C6, což je nejspíš způsobeno absencí informací z operace v rámci oblasti tohoto kořene. Kromě toho test měl také nižší specifitu u kořenů C8 až Th1 skrze nízkou zásobu autonomními nervy z hrudní oblasti, což může být další obavou účinnosti tohoto testu v klinické praxi. Když se vrátíme k problému týkající se kořene C6, tak může být na vině případ obou typů léze a to jak pregangliové, tak i post gangliové. Z toho důvodu se mohla i postižení v obou oblastech jevit pouze jako postgangliová, proto je třeba histaminový test používat jako doplněk k ostatním metodám, nikoliv samostatně (Serman-Neto et al., 2020, p. 3).

Výsledky, se kterými přichází studie Serman-Neto et al. (2020), by se daly interpretovat tak, že histaminový test může být užitečný při diagnostice kořenových potíží v C5, stejně tomu tak může být i u kořene C7. Zde nelze ale brát informaci moc směrodatně, protože není dostatek důkazů k prokázání. Použití testu se nezdá být adekvátní v případě podezření na avulzi C6 z výše uvedených důvodů, tedy možné přítomnosti pregangliové i postgangliové léze, taktéž není úplně doporučeno jeho použití při diagnostice C8 a Th1 (Serman-Neto et al., 2020, pp. 3-4).

4.1.3 Elektromyografie

Jedná se o diagnostickou metodu, která funguje na bázi měření elektrické aktivity svalu nebo nervu, kdy jsou do předem vybraného místa vpraveny malé, jehličkové elektrody. Naměřené hodnoty se mohou srovnávat s normami populace, což může pomoci odhalit například problémy v oblasti páteře. Výsledky z elektromyografu lze pozorovat buďto na obrazovce, kde se objevují čáry připomínající osciloskop nebo audioformou přes reproduktor. Další funkcí elektromyografu je přímá stimulace svalu či skupiny svalů pomocí elektrod za účelem odhalení místa problému. Normálně fungující sval je v klidovém stavu bez elektrické aktivity, ta stoupá až s jeho kontrakcí. U postižených svalů dochází k odchylkám ve velikosti elektrické aktivity, popřípadě v čase potřebném k odpovědi (Dondelinger, 2010, p. 128).

U uzavřených poranění se provádí elektromyografie po 3 až 4 týdnech od operace z důvodu vymizení elektrického vedení a po proběhnutí Wallerovy degenerace. Testování se provádí po dobu několika měsíců, aby se mohl určit průběh reinervace nebo denervace (Sakellariou et al., 2014, p. 7).

Elektromyografie vyšetřuje svaly jednak v klidu, a jednak při zapojení do aktivity. Změny doprovázející denervace lze odhalit v průběhu 10 až 14 dnů u proximálnějších svalů, u těch distálních je tomu pak v rozmezí 3 až 6 týdnů. Naopak regeneraci napovídají znaky jako snížené množství fibrilací, výskyt nových potenciálů a zvýšené množství aktivních motorických jednotek (Sakellariou et al., 2014, p. 7).

4.2 Rehabilitační testování

Díky testování lze v rámci rehabilitace vyšetřit nynější funkčnost horní končetiny a položit tak základ pro možné zlepšování. Data se zaznamenávají, přičemž se testy opakují v určitých časových intervalech pro ověření, zda došlo k posunu v rámci terapie, potažmo jak velkému.

Mělo by probíhat za stejných podmínek a za přítomnosti stejného terapeuta. Minimalizujeme tak nežádoucí odchylky, které by mohly vzniknout. Terapeut si výsledky zaznamenává a konzultuje s pacientem v průběhu terapie, přičemž v rámci posledního sezení je vhodné testování opakovat, aby bylo možné srovnat testované parametry na začátku a na konci rehabilitace. Výsledky mohou být pak i motivujícím faktorem pro další zlepšování v soukromém životě pacienta.

4.2.1 Výběr motorických testů pro horní končetinu

Box and Block test

Zakládá se na testování funkční obratnosti horní končetiny, kdy má pacient za úkol přesunout co nejvíce dřevěných kostek z jedné strany sady na druhou za 1 minutu, přičemž tyto strany jsou od sebe odděleny dřevěnou přepážkou. Celkově obsahuje testovací sada 150 dřevěných kostek, které mohou být vybírány v libovolném pořadí, přičemž kritériem pro započítání přesunu je, aby špičky pacientových prstů překonaly svislou rovinu přepážky. Díky své jednoduchosti, spolehlivosti, rychlosti provedení a objektivní měřitelnosti se jedná o užitečný měřicí nástroj. Naproti svým kladům má ale také svá omezení jako jsou velký rozptýl trajektorií, po kterých pacient jde s cílem překonat přepážku, nebo použití menších rozsahů pohybů, než je třeba u aktivit běžného života (Kontson et al., 2017, p. 2).

Jebsen Taylorův test

Využívá se k hodnocení funkčního použití horní končetiny s důrazem na aktivity, do nichž se pacient zapojuje během jeho každodenního života. Je to komplexní sada testů, při kterém se hodnotí řada parametrů, jsou to jemná motorika, zručnost, rozsah pohybu, svalová síla a koordinace při vykonávání aktivit. Krivošíková (2011a) uvádí, že test obsahuje 7 úkolů: psaní krátké věty, otáčení pěti karet, sbírání drobných předmětů a jejich vložení do plechovky, stavění věže z menších žetonů, zvedání velkých lehkých a těžkých předmětů (zvedání pěti prázdných a pěti půlkilových plechovek na desku). Stejně jako u ostatních testů i zde srovnáváme výsledky s normami odpovídající věku, pohlaví a dominance končetiny (Krivošíková, 2011a, pp. 201-202).

Purdue Pegboard test

Jedná se o standardizovaný test koncipovaný pro testování obratnosti pacienta vzhledem k jeho věku. Skládá se z dřevěné desky, ve které se vedle sebe nacházejí dvě řady o 25 otvorech, které jsou od sebe vzdálené 1 cm. V horní etáži desky jsou 4 vyhloubeniny, kam patří jednotlivé součástky používané při testu – kolíčky, podložky a trubičky. Testování spočívá v tom, že si pacient sedne na židli před testovací sadu, přičemž je povoleno, aby si nanečisto vyzkoušel, jak provádět jednotlivé úkoly, které jsou v testu 4 – zasazování kolíčků dominantní končetinou, poté nedominantní, následně oběma a posledním úkolem je kompletování všech dílků z vyhloubenin. Začíná nejprve dominantní horní končetinou, kdy při prvním úkolu má pacient zasadit co nejvíce kolíčku do jednotlivých děr v časovém intervalu 30 sekund. Poté opakuje nedominantní končetinou a následně oběma zároveň. Na závěr kompletuje dílky oběma rukama v pořadí trubička, podložka, trubička, podložka, pro poslední úkol platí časový interval měření

1 minuta. Pokud pacient během testování upustí některý z dílků, nevrací jej ani nesbírá. Výsledky testování jsou srovnány s normami odpovídající věkovému zařazení (Lawson, 2019, p. 376).

Test manipulačních funkcí podle Vyskotové

Je standardizovaným hodnotícím nástrojem, který se skládá ze 17 subtestů. Spadá do něj hodnocení monomanuálních i bimanuálních činností, které se testují na stavebnici Ministav, jenž obsahuje 5 objektů, u kterých pacient plní řadu podúloh. Jsou to jehla, kostka, dům, jehlan a mumie. U jehly má pacient provlékat dřevěnou jehlu skrze jehlan s pěti zkosenými otvory, kdy tuto úlohu vykonává nejprve oběma rukama a následně pouze jednou, kdy ta druhá objekt přidržuje. Druhým objektem je kostka, která se skládá ze 3 hranolů o stejných rozměrech, kdy je ke spodnímu dílu upevněna dřevěná osa, na ni navazují 2 části s uprostřed vyvrtaným otvorem. Každý díl má na své stěně umístěné kolíčky. Úkolem je složit a rozložit objekt oběma rukama, poté složit a rozložit jednou rukou, kdy se začíná tou dominantní a poslední úlohou je složení kostky dle vzoru. Třetím objektem je dům, jenž je složen ze 4 dřevěných dílů, ty mají na svých stranách různé geometrické tvary, podle kterých jej má vyšetřovaná osoba za úkol sestavit tak, aby si jednotlivé díly odpovídaly. Dům má být zvednut rukou nad objekt mumie dlaňovým úchopem, poté špetkovým, poslední úkol je složení objektu dům. Předposledním objektem je jehlan skládající se ze 3 částí, vrchní část je opatřena dřevěnou osou s uprostřed vyvrtaným důlkem, ta prochází skrze ostatní 2 části. Součástí prostředního dílku je dřevěný kolík, který zapadá do důlku osy vrchní části a spolu vytváří zámek, který drží jehlan pohromadě. Subtesty pro jehlan je jeho rozložení a složení oběma rukama, poté složení a rozložení nejprve dominantní rukou, následně nedominantní. Poslední úlohou Testu manipulačních funkcí je objekt mumie skládající se ze 7 částí, které spolu dohromady dávají tvar připomínající mumii. Spodní část je nejširší a její součástí je dřevěná osa, na kterou se zasouvají ostatní části, první dvě se zužují, poté dochází k rozšíření ve středové části a následuje opět zúžení. Mumie se nejprve rozkládá, poté skládá a na závěr se složí dle vzoru. Výsledné hodnoty se porovnávají s normami pro daného jedince v populaci (Vyskotová & Macháčková, 2013, pp. 409-437).

4.2.2 Vyšetření senzorických funkcí

Pro vyšetření senzorických funkcí se používá řada testů, pro vyšetření bolesti a reakce na dotek lze využít špendlík či vatou. Postupuje se dle daných dermatomů a zaznamenává se reakce na každý podnět, jenž testovaná osoba cítila i necítila (Smania et al., 2012, p. 490).

Dalším způsobem je testování propriocepce, tedy vnímání vlastního jeho těla. Blíže se jedná o nízkourovňové a vysokoúrovňové vnímání. Nízkourovňovými se rozumí ty, které se rozeznávají pomocí testů na rozeznání, diskriminaci či spojení proprioceptivního vjemu. Vysokoúrovňové proprioceptivní vnímání lze chápat jako schopnost transformace informace o poloze končetiny do informace o polohách ve vnějším světě. Příkladem může být odhadování objemu mléka v kartonové krabici dle tíhy, kterou na proprioceptory končetiny působí, když jej zvedáme (Héroux et al., 2022, p. 813).

Mezi senzorické funkce patří diskriminační cití, jde o dvoubodovou diskriminaci, kterou definoval Weber v roce 1835 jako potřebnou vzdálenost, kdy jde od sebe dva body rozeznat jako dva odlišné vjemy. Studie tvrdí, že ze 370 pacientů po operaci bylo 50% schopno rozeznat dvoubodovou diskriminaci na vzdálenost 10mm či méně. Zdraví jedinci by měli rozlišit dva body od sebe ve vzdálenosti 3mm. Obecně platí, že i přes hojné využívání tohoto testu chybí jeho standardizace, a proto se od sebe výsledky výzkumů mohou odlišovat. Příkladem problémového parametru skrz jeho různorodost a nejednotnou standardizaci, je tlak, který je aplikován do dvou bodů při vyšetření diskriminačního cití (Lundborg, 2004, pp. 418-420; Smania, 2012, p. 490).

Příkladem komplexního, standardizovaného testu pro vyšetření senzitivních funkcí je Quantitative sensory testing, zkráceně QST. Kromě většiny výše uvedených funkcí, tedy bolesti, tlaku a diskriminačního cití, slouží také k testování percepce teploty, vibrace a doteku. Celkově je vyšetřeno v rámci těchto funkcí 13 jednotlivých parametrů, kvantifikuje se tak somatosenzorická funkce nervového systému. Quantitative sensory testing je využíván na zaškolených pracovištích, trvá přibližně 1 hodinu a podává výpovědní hodnotu o negativních či pozitivních jevech v rámci vyšetřených parametrů. Tento typ testování má své výhody i nevýhody, kdy mezi výhody patří například vysoká míra korelace při testování pravé a levé poloviny těla a dbání na zvýšenou bolestivost a vnímání u pacientů vyššího věku. Mezi nevýhody bychom řadili ne vždy jasnou interpretaci a s tím spojené nepřijetí výsledků širokou veřejností, dále k nim patří závislost na pacientovi a složitost vyšetřování některých parametrů (Mücke et al., 2021, pp. 153-160).

4.2.3 Svalový test

Jedná se o vyšetřovací metodu, která slouží k vyšetření síly stanovených svalů či svalových skupin, informuje nás o míře postižení periferních nervů, odhalujeme nám pacientovy hybné stereotypy a může být podkladem pro terapii v rámci reedukace pohybových

vzorů, kdy využíváme pohybů popsaných v jednotlivých kapitolách knihy (Janda et al., 2004, p. 13).

Dle svalového testu se testují jednotlivé pohyby za pomoci odporu nebo aspektů a dle toho se rozeznává, do kterého ze stupňů se pacient řadí. Pro 5. a 4. stupeň platí, že musí překonat odpor kladený terapeutem, pro 3. je tomu tak, že musí překonat odpor kladený gravitací, dalším, 2. stupněm, je, že pohybuje segmentem s vyloučením gravitace, 1. stupeň znamená, že pozorujeme pouze záškub svalu a stupeň 0 se popisuje jako nulová aktivita. Za číslo se může přidávat znaménko + či -, tím přidáváme nebo ubíráme přibližně 5% až 10% síly (Janda et al., 2004, pp. 13-15).

Vyšetření dle svalového testu je komplexního charakteru, neboť kromě základních vyšetřovaných parametrů je třeba si všímat i dalších sounáležitostí jako je způsob, jakým byl pohyb proveden a časové zapojení jednotlivých svalů do pohybu. Kromě zjištění míry závažnosti periferní parézy se svalový test zaměřuje i na funkční oslabení svalu, takzvané pseudoparézy, které většinou snižují svalovou sílu do stupně 4, popřípadě 3. Nevýhodou svalového testu je, že je zatížen chybou subjektivního hodnocení z důvodu manuálního provádění, dále vypovídá zejména o momentálním, okamžitém stavu pracujícího svalu nebo svalové skupiny, což má za následek, že nelze hodnotit například unavitelnost vyšetřovaného jedince (Janda et al., 2004, pp. 13-14)

V knize jsou popsány kromě hlavních svalů vykonávající pohyb také jejich synergisté, tedy svaly dopomáhající pohybu, antagonisté, svaly které vykonávají protichůdný pohyb, svaly fixační, jenž fixují potřebné segmenty při provádění pohybu a svaly neutralizační, ty neutralizují nežádoucí, druhý pohyb, který může pracující sval provádět (Janda et al., 2004, pp. 15-16).

4.3 Vlastní rehabilitace a vybrané terapeutické přístupy

Ergoterapie se zaměřuje na individualizaci terapie vzhledem k možnostem a přáním pacienta, využívá aktivit každodenního života a inspiruje se zaměstnáním, které je pacientovi vlastní. Při rehabilitaci brachiálního plexu se terapeut snaží o minimalizaci následků po poškození této pleteně či nějaké její části, maximalizaci naplnění funkční kapacity postižené končetiny, edukaci pacienta a poskytnutí psychické podpory během jejího trvání. Konkrétně se lze bavit o zvládnutí bolestivosti, otoku, ztuhlosti, maximalizaci aktivního rozsahu pohybu do míry, kam je to možné, somatosenzorickém a funkčním tréninku, posílení svalů postižené horní končetiny, zavedení kompenzačních mechanismů a tak dále (Cole et al., 2020, p. 529).

Krivošíková (2011b) uvádí, že ergoterapeutický program je sestaven tak, aby terapie vedla ke zlepšení či upravení funkce končetiny. Ergoterapie využívá především funkčních činností z oblastí aktivit každodenního života, ve kterých bývá horní končetina zapojena. Jedná se o oblékání, čištění zubů, mytí obličeje a tak podobně. V rámci terapie je možno využít i modelovací hmoty, jenž slouží k posílení svalů horní končetiny. Další možností je například skládání puzzle nebo stavebnice s cílem zlepšit jemnou motoriku. Kromě rehabilitace motorických schopností pacienta je vhodné mu doporučit možnosti polohování horní končetiny a edukovat ho v její senzorické stimulaci. Pokud je třeba, terapeut doporučí pacientovi některou z kompenzačních pomůcek, která by mu mohla pomoci v jeho běžném životě (Krivošíková, 2011b, pp. 27-64).

Ergoterapie je ve studii Bismak (2020) nedílnou součástí komplexního léčebného přístupu u pacientů s traumatickými a kompresivně-ischemickými neuropatiemi horní končetiny. Během rehabilitace se terapeuti zaměřují na obnovu a posílení schopnosti pacientů provádět běžné denní činnosti a manipulovat s předměty. Tato terapeutická metoda zahrnuje širokou škálu aktivit, včetně cvičení zaměřených na posílení svalů a zlepšení pohyblivosti a masáží vedoucích ke zlepšení cirkulace a uvolnění svalového napětí. Ergoterapeuti spolupracovali během rehabilitace také s fyzioterapeuty, kteří používali specializované přístroje k podpoře rehabilitace, mechanoterapii pro posílení svalů a zlepšení koordinace pohybů a hydroterapii pro podporu pohyblivosti a relaxaci. Studie Bismak (2020) ukázala, že ergoterapie hrála klíčovou roli ve zlepšení výsledků motorické terapie u pacientů s poraněními periferních nervů. V kombinaci s různými terapeutickými metodami, jako je kinezioterapie, masáže, fyzioterapie, mechanoterapie a hydroterapie, byla dosažena intenzivnější obnova funkce horní končetiny a zlepšení schopnosti pacientů vykonávat každodenní činnosti. Ergoterapie přispěla k celkovému zlepšení kvality života těchto pacientů a stala se tak klíčovým prvkem v procesu rehabilitace traumatických a kompresivně-ischemických neuropatií horní končetiny (Bismak, 2020, pp. 20-21).

Rehabilitaci, zahrnující neurotrofickou terapii, je vhodné zařadit u stavů, jenž vyžadují operaci, už v rámci předoperační péče. Další rehabilitace následují po chirurgickém výkonu, kdy je snaha obnovit neurologickou funkci, která je omezena. Rehabilitační intervence působí na jedince po poranění brachiálního plexu ve vícero směrech. Navrací mu troficitu, potencuje nervovou regeneraci, uvolňuje zatuhlé klouby a obnovuje rozsahy pohybu, které byly omezeny (Li et al., 2023, p. 2).

Pooperační péče se zaměřuje na ochranu místa, kde byl zákrok proveden, a ošetření tkáně, která jím byla postižena, příkladem jsou jizvy. Snažíme se navíc o maximální motorické a funkční vytižení, které je v aktuálním stavu možné (Cole et al., 2020, p. 529).

Při zahájení motorické reedukace je potřeba, aby měl pacient zafixovanou postiženou horní končetinu z důvodu vyhnutí se nežádoucím pohybům vycházejícím z kloubů, nad nimiž nemá kontrolu. Standardním postupem je obnova pasivního i aktivního rozsahu pohybu ve stanovených kloubech, aktivní asistence při vykonávání pohybu a celkové posílení svalů horní končetiny. Průběh silového tréninku závisí na aktuálním klinickém stavu pacienta, dle toho se dále rozhoduje, jak bude cvičební jednotka vypadat, jak velká míra asistence bude pro pacienta potřeba a jak velký odporu je vhodné pacientovi při aktivitě klást. Tato studie tvrdí, že na motorickou reedukaci má velký vliv ergoterapie, neboť smysluplná činnost, kterou pacient využije v aktivitách běžného života a pomůže mu začlenit se zpět do svého života, má pozitivní vliv na kvantitu a kvalitu budované svalové hmoty oproti aktivitám, které smysl postrádají. Během těchto aktivit by se mělo dbát i na flexi v lokti, rameni a extenzi v zápěstí, to by mělo zvýšit míru soběstačnosti v aktivitách, které člověk vykonává (Li et al., 2023, pp. 2-4).

Somatosenzorická reedukace a desenzibilizace se zakládá na kortikální plasticitě, neboť z důvodu postižení vláken, poskytující tento vjem, došlo ke změně podstaty již známých senzoryckých impulsů jdoucích do asociativní kůry mozkové. Vychází se z nynější fáze, ve které se obnova nervových vláken, A-beta vlákna dělí se na pomalá a rychlá, nachází. V časných fázích se přistupuje k používání podnětů vyvolaných tupým hrotem v distální části končetiny, neboť se tak stimulují pomalá A-beta vlákna. V pozdějších fázích, kdy pacient rozezná pohybující se taktilní podnět od toho působícího na jednom místě, se zahrnuje do somatosenzorické rehabilitace také rozeznávání předmětů o různých velikostech, dále rozdílnost ostrého a tupého podnětu a aktivity zahrnující pinzetový úchop (Davis & Mendoza, 2015, s. 789-790; Smania et al., 2012, s. 497).

Negativním faktorem ovlivňující rehabilitaci může být bolest, konkrétně se s tímto přidruženým symptomem dle studie setkáváme v 67% až 71% případů. Obvykle se jedná o neuropatickou bolest a to v 95% případů, kdy tato bolest vznikla na podkladě traumatu či neuropatie hybného systému. Dalším typem bolesti je nociceptivní, v tomto případě jsou aktivovány nociceptory, jejichž excitace je zodpovědná za bolestivý fenomén. Nociceptivní bolest může nastat například po poranění brachiálního plexu spojeným s tendinitidou, pooperační lézí či myofasciální bolestí. V některých případech se lze setkat s centrální senzitivizací, tento proces ovlivňuje vnímání bolesti, zvyšuje a chronifikuje ji v postižených

oblastech. Centrální senzitivizace zvyšuje citlivost somatosenzorických systémů a vnímání bolestivých podnětů. Naproti tomu ale dochází ke snížení prahové hodnoty a zvýšení zpracování periférního vstupu, což má za následek sekundární hyperalgezii mimo denervovanou oblast. Léčba farmakologickou cestou není moc účinná a 25% pacientů trpí neuralgickou bolestí roky. Neuralgická bolest může být léčena chirurgicky za pomoci neuromodulačních a neuroablativních technik, kdy příkladem může být léze v oblasti zadního kořene zmírňující paroxysmální bolesti. Zmírnění bolesti, zejména té přetrvávající, dopomáhá i kortexová stimulace a spinální stimulace, která je u některých pacientů taktéž efektivní cestou (Park et al., 2017, p. 8).

4.3.1 Proprioceptivní neuromuskulární facilitace

PNF je terapeutický přístup na neurofyziologickém podkladě, který se zabývá motorickou kontrolou a učením. Jeho základem je práce s proprioceptivním systémem lidského těla, cílem je za pomoci tohoto systému podpořit facilitaci a inhibici svalové kontrakce. Využívá se k protahování zkrácených svalových skupin a navýšení rozsahu pohybu v potřebných kloubech. Při jednom opakování PNF cviku se očekává nárůst rozsahu pohybu v kloubu o 3° až 9°, přičemž studie upozorňuje na to, že literatura je v trvání účinků PNF na rozsah pohybu nesourodá. Po ukončení PNF technik dochází k úpadku rozsahu pohybu relativně rychle, proto by bylo vhodné zachovat jejich aplikaci nejméně 2x týdně (Deodhe et al., 2023, p. 2; Sharman et al., 2006, pp. 930-935).

4.3.2 Constraint Induced Movement Therapy

Terapie nuceného používání, neboli CIMIT, je terapeutickou metodou využívanou v rehabilitaci pro obnovu motorické funkce postižené končetiny. Funguje na principu omezení zdravé horní končetiny v 90% dne po dobu minimálně 2 týdnů. Během této doby pacient vykonává aktivity pomocí postižené končetiny, což má za následek zvýšení unilaterální kapacity a bimanuálních schopností na základě kortikální reorganizace. Pro omezení mohou být využity různé předměty jako například dlahy nebo rukavice. Jako upravené verze jsou uváděny také mCIMIT, neboli modifikovaný CIMIT, a hCIMIT, hybridní CIMIT (Hoare et al., 2019, pp. 16-17).

4.3.3 Robotická rehabilitace

Jedná se o novodobý typ rehabilitačního přístupu, který vznikl na základě vývoje nových technologií, konkrétně těch týkající se odvětví počítačového, robotické asistence a virtuální reality. Obecně lze robotické nástroje používané v rehabilitaci definovat jako reprogramovatelný, multifunkční nástroj sloužící k různým rehabilitačním výkonům na základě

řady naprogramovaných pohybů. Využívají se k provádění pasivních pohybů za účelem mobilizace horní končetiny, k aktivně asistované terapii, která může být u motoricky schopnějších pacientů orientována třeba i na pouhý feedback ze senzorických čidel zabudovaných v přístroji. Nástroje robotické rehabilitace se dají nastavit individuálně pro každého pacienta dle odlišností v rámci impairmentu na horní končetině a stability trupu (Jakob et al., 2018, pp. 189-190).

Příkladem robotického, počítačového systému je Pablo©Plus System, který byl vyvinut ve spolupráci s ergoterapeuty za účelem rehabilitace horní končetiny. Kombinuje moderní terapeutické metody na bázi evidence-based s motivujícími prvky pro větší aktivaci pacienta a možností zaznamenávání průběhu terapie. Jedná se o vhodný nástroj zejména pro neurologické a ortopedické pacienty s motorickým deficitem. Pablo©Plus System se zakládá na principech motorického učení, terapie by měla být hlavně aktivní ze strany pacienta, intenzivní a zaměřená na specifické úkoly. Systém umožňuje pracovat v terapii formou shapingu, tedy na bázi postupného zvyšování náročnosti dle motorické úrovně a lze jej nastavovat podle aktuální síly pacienta. Kromě zaměření na jednu končetinu systém umožňuje vést terapii i bilaterálně. Terapie s Pablo©Plus System probíhá prostřednictvím softwaru, který obsahuje různé terapeutické hry zaměřené na podporu motorického učení a opětovné získávání funkcí horní končetiny. Systém nabízí jednorozměrné terapeutické hry pro zařízení Pablo©Handle a dvourozměrné terapeutické hry pro Pablo©Multiboard a Multiball. Každý terapeutický modul obsahuje deset různých úrovní s různými variacemi, akustickou a vizuální zpětnou vazbu a různými možnostmi modulace. Terapeut může předem nastavit, zda má pacient hrát hru v režimu síly s její kontrolou nebo v režim pohybu, kdy se onen pohyb učí, přičemž také vybírá, o jaký typ pohybu se bude jednat. Ovlivňuje styl úchopu nebo s jakou silou mají být cvičení provedena. Tímto způsobem je terapie individuálně přizpůsobena potřebám každého pacienta a umožňuje efektivní rehabilitaci horních končetin prostřednictvím opakovaného a cíleného cvičení s důrazem na funkční pohyby a motorické učení (Hartwig, 2011, pp. 1-3).

Dalším nástrojem užívaným v robotické rehabilitaci je Armeo®Spring. Přístroj je kombinací roboticky asistované terapie a virtuální reality podněcující motorické učení a zlepšení funkčního stavu horní končetiny. Jedná se o přístroj inspirovaný pasivní ortézou „T-WREX“, který odlehčuje končetinu za pomoci ergonomických a polohovatelných opěrek umožňující přirozený pohyb v prostoru v různých stupních volnosti. Armeo®Spring umožňuje flexi, extenzi a abdukci, addukci v ramenním kloubu, dále flexi a extenzi v loketním kloubu a supinaci, pronaci předloktí společně s tréninkem úchopu a zvýšením svalové síly. Terapeut

může tento nástroj omezit pouze na určité osy pohybu nebo nechat pacientovi absolutní volnosti, kdy může končetinou pohybovat dle své libosti. Poskytuje možnost odlehčení horní končetiny pomocí svého exoskeletonu. Terapie probíhá na bázi různých her, které jsou specifické pro určité pohyby, přičemž lze ovlivňovat parametry jako míru dopomoci a obtížnost. Zpětnou vazbu poskytují senzory zabudované v exoskeletonu v oblastech, které odpovídají kloubům (El-Shamy & Alsharif, 2017, p. 322).

Při porovnání roboticky asistované a individuální, manuální terapie je ve studii Jakob et al. (2018) uvedeno že terapie, kdy byla 30 minut prováděna manuální, na kterou následně navazovala 30 minutová terapie robotická, je ve své účinnosti rehabilitace motorických funkcí horní končetiny stejná jako 2 po sobě jdoucí manuální terapie. Další výhodou je ekonomická stránka, kdy kombinovaná terapie vychází o 50% levněji oproti na sebe navazujícím intervencím, při kterých je užito pouze manuálních schopností terapeuta (Jakob et al., 2018, p. 189).

4.3.4 Fyzioterapie

De Santana Chagas et al. (2022) ve své práci sumarizoval výsledky studií týkajících se traumatického poškození brachiální plexu. Spojil studie z 15 zemí o celkovém počtu 593 pacientů, kdy 83% z nich byli muži. Věková hranice byla 18 let a více. Fyzioterapeutická rehabilitace probíhala u pacientů za použití různých technik, nejčastěji bylo využito kinezioterapie zahrnující cviky pro zvýšení rozsahu pohybu, sekundárně pak zmírnění kontraktur, bolesti a otoku, a navýšení svalové síly. Většina studií, ale postrádá informace o frekvenci, délce trvání a intenzitě cvičení, proto je nejasné, které cviky mohou být mezi ostatními účinnější. Mezi další použité metody patřila metoda elektrotermální a fototerapeutická. Bylo ovšem využito i ultrazvuku, elektrostimulace, biofeedbacku, transkutánní elektrické nervové stimulace a laserové terapie. Manuální terapie byla taktéž důležitou součástí terapeutických intervencí. Tato technika zahrnovala různé manuální postupy, jako je masáž, mobilizace nebo měkké techniky a techniku PNF. Další technikou používanou při léčbě byla senzorická reedukace a robotická terapie, ze které fyzioterapeuti následně čerpali výsledky díky biofeedbacku. Ve výsledku je popsáno, že zvýšení či zachování rozsahu pohybu, i pasivního, je důležitým parametrem, na který je třeba dbát během celého rehabilitačního období. Důležité je funkční použití končetiny a motorická reedukace z důvodu nabrání většího počtu motorických jednotek během pohybu. Kromě fyzických aspektů je třeba během terapie dbát i na sociální a pracovní prostředí pacienta, neboť motivace k návratu může být důležitou složkou využitou během terapií. Výše zmíněné metody jsou efektivní při rehabilitaci

brachiálního plexu, otázkou ovšem zůstává, která metoda je v průběhu času nejvíce stimulující (de Santana Chagas et al., 2022, pp. 121-148).

5 Sumarizace výsledků vědeckých studií

Důležitým faktorem je již správná diagnostika. Nedá se úplně určit jednotná diagnostická metoda, která by fungovala u všech typů poranění brachiálního plexu. Každé poranění má svá specifika a liší se od sebe, což tvrdí i Sakellariou et al. (2014). Ten popisuje, že pouhá radiografie, výpočetní tomografie, CT myelografie a magnetická rezonance s nebo bez použití kontrastní látky je velmi užitečnou metodou, když se každá z nich použije k diagnostice ve správný čas a správným způsobem. Během vyhledávání diagnostických přístupů k brachiálnímu plexu jsem narazil nejvíce na využití magnetické rezonance jako zobrazovací metody, kterou Gilcrease-Garcia et al. (2020) ve své studii zmiňuje jako pravděpodobně nejlepší zobrazovací metodu, která funguje jako biomarker pro demyelinizační onemocnění a zánětlivé stavy. Přestože magnetická rezonance nahrazuje postupně výpočetní tomografie, i ta nachází stále své uplatnění v diagnostice pregangliových poranění u novorozenců (Gilcrease-Garcia et al., 2020, p. 1712; Sakellariou et al., 2014, p. 8).

Na diagnostiku navazuje, ne však vždy, chirurgické řešení. Dle výsledků, které shrnuje studie Armas-Salazar et al. (2022), je skrze obnovu motorických funkcí u dospělých neurolyza. Upozorňuje však, že je třeba provést prospektivní, randomizovanou, kontrolovanou studii pro ověření výsledků. Zároveň je třeba srovnat tento postup s nynějšími chirurgickými trendy jako je nervový přenos či použití štěpu. Studie Gutkowska et al. (2020) podporuje tvrzení, že neurolyza je optimální volbou. Tvrdí, že u pacientů po neurolyze je potřeba méně času pro získání svalové síly než u těch, kde byla provedena operace s využitím štěpu (Armas-Salazar et al., 2022, pp. 417-418; Gutkowska et al., 2020, pp. 419-420).

U rehabilitace poranění brachiálního plexu se využívá celá řada terapeutických metod a přístupů. Tvrzení podkládá studie Brito et al. (2022), která tvrdí, že tato kvalitativní studie ukazuje, jak pestrá a komplexní terapie provází pacienty s poraněním brachiálního plexu. K poskytnutí maximální možné péče je žádoucí, aby se na rehabilitaci podílel celý multidisciplinární tým. Účastníci studie tvrdili, že je pro ně důležité, aby byl brán zřetel více na biopsychosociální faktory než na ty biomedicínské. To podporuje i studie McDonald & Pettigrew (2014), kde je napsáno, že jedním z hlavních problémů, který lidé s traumatickým poraněním brachiálního plexu řeší, je jejich zaměstnání, neboť největší incidence je v této studii u osob produktivního věku. Právě pomoc ergoterapeuta je v tomto případě velmi potřeba skrze poradenství. Terapeut hodnotí zbylý pracovní potenciál a ideální pracovní zařazení pacienta. Ukázalo se totiž, že pracovní neschopnost vede k profesní deprivaci a to výrazně ovlivňuje psychiku pacienta. Obecně je primárním cílem ergoterapie to, aby bylo lidem umožněno se

zapojit do aktivit jejich každodenního života. Je toho dosaženo díky adekvátní rehabilitaci, poradenství a úpravě prostředí, kdy je člověku umožněno lépe participovat na věcech, které jsou pro něj smysluplné (Brito et al., 2022, p. 272; McDonald & Pettigrew, 2014, pp. 151-152).

Li et al. (2023) ve své studii zdůrazňuje důležitost role ergoterapeuta v rehabilitačním odvětví, zejména pak u pacientů, kteří se potýkají s poraněním brachiálního plexu. Uvádí, že terapie se zakládá na provádění aktivit za účelem osamostatnění pacienta, zvýšení schopnosti adaptability a zvýšení motivace vrátit se k rodině a do společnost. Mezi tyto aktivity patřilo například skládání ručníků, pití vody, zvedání plastových tašek nebo krájení pomocí kuchyňského náčiní. Bylo potvrzeno, že došlo ke zlepšení funkce a motorických schopností postižené horní končetiny. Cole et al. (2020) říká, že zvýšení síly, rozsahu pohybu a funkčnosti horní končetiny nutně neznamena zlepšení v rámci využívání končetiny během každodenních aktivit. Dodává, že neexistuje dostatek důkazů, které by podkládaly, že pouhé posílení svalů horní končetiny se bude manifestovat do efektivnějšího využití končetiny v aktivitách běžného života. Naproti tomu uvádí, že je to právě ergoterapie a její intervence, během kterých se provádějí smysluplné aktivity a aktivity zaměřené na splnění nějakého úkolu, ty jsou efektivnější v oblasti motorického učení a zvýšení výkonnosti. Ve studii Cole et al. (2020) je zmíněno, že cílem bylo rozšířit znalosti o ergoterapii zaměřené speciálně na poranění brachiálního plexu. Bylo zjištěno, že tento styl terapie má na pacienty pozitivní účinek, je však potřeba dalšího výzkumu, aby se ukotvili faktory provázející terapii jako je intenzita cvičení, délka časové jednotky a techniky použité při terapii (Cole et al., 2020, pp. 536-537; Li et al., 2023, p. 4).

Zhou et al. (2012) uvádí, že komplexní terapie probíhala jak před, tak i po chirurgickém zákroku. Byly použity techniky zahrnující elektrickou stimulaci nervů a svalů, konkrétně šlo o transkutánní elektrickou stimulaci, pomocí které excitovali denervované svaly a snažili se urychlit regeneraci nervu. Ergoterapie zde hrála roli v provádění pasivních pohybů v oblasti ramene, lokte, zápěstí, dlaně a prstů. Poté se přešlo k provádění aktivních pohybů a nakonec měl pacient za úkol cvičit proti odporu, dokud nedošlo k obnově funkce končetiny. Poslední z částí terapie byla masáž Tuina, což je tradiční čínská masáž, která pozitivně ovlivňuje prostřednictvím fyziologických pochodů, nervových reflexů a regulace tělních tekutin krevní oběh a napomáhá k obnově postižené tkáně. Bylo potvrzeno, že kombinace těchto technik je účinnou volbou při rehabilitaci brachiálního plexu, přičemž podporuje regeneraci nervu, působí preventivně na svalovou atrofii a zvyšuje rozsah pohybu v rameni, lokti, zápěstí, dlani a pstech (Zhou et al., 2012, pp. 2518-2519).

Studie Werner et al. (2021) porovnávala účinnost metody CIMT a standardní péče. Účastníkům byl během metody CIMT aplikován měkký sádrový obvaz na nepostiženou horní končetinu, který jim byl ponechán po dobu 21 dní. Během této doby byli pečovatelé instruováni, jak s obvazem nakládat dle potřeby. Kritéria pro zařazení byla unilaterální paréza, minimální věk 12 měsíců, schopnost chůze na začátku studie, schopnost aktivně spolupracovat během terapií a během hodnocení. Dalším z kritérií byla ochota rodiny účastnit se intervence a poskytovat kontrolní informace o účastnících. Hlavním z kritérií bylo však aktuální absolvování ergoterapie zaměřené na novorozeneckou parézu plexus brachialis po dobu nejméně 1 hodiny týdně, přičemž se očekávalo, že v ní budou pokračovat po dobu dalších 8 týdnů. První 3 týdny cvičili s avizovaným obvazem a terapie pokračovala i následujících 5 týdnů po jeho odstranění. Terapeuti zaznamenávali výsledky účastníků, k tomu získali záznamy od rodičů, které se týkaly domácích, rehabilitačních programů dětí zapojených do studie. Výsledky studie naznačují, že terapie nuceného používání je účinnější než standardní péče při zlepšování bimanuálních aktivit u dětí s poporodní parézou plexus brachialis. Bylo zjištěno, že po CIMT došlo ke zlepšení výkonu v bimanuálních aktivitách se střední velikostí efektu. Navíc se zvýšil počet jednotek v hodnocení AHA (Assisting Hand Assessment), jenž bylo užito na začátku studie, po 8 týdnech a na závěr po 16 týdnech. Jedná se o hodnotící metodu využívanou u dětí s unilaterálním postižením horní končetiny. Funguje na bázi pozorování dítěte při bimanuálních aktivitách. Během toho je dítě nahráváno na kameru, video je následně hodnoceno v rámci 20 položek, kdy je možné získat u každé z nich 1 až 4 body. Mezi položky patřila například koordinace, využití postižené končetiny a úchop a jeho uvolnění. Dosažené skóre je následně převedeno na stupnici od 0 do 100 a hodnoceno. V této studii došlo ke zvýšení skóre u CIMT o 7,1 jednotky od původního, kontrolního skóre, což překračuje prahovou hodnotu 5 jednotek pro stanovení minimálně klinicky důležitého rozdílu. U standardní péče došlo ke zvýšení o 2,3 jednotky (Holmefur et al., 2023, s. 1-3; Werner et al., 2021, s. 2-4).

Sicari et al. (2022) se zaměřuje na využití modifikovaného CIMT, tedy mCIMT, který je vhodnější verzí pro dětské pacienty. Blíže je rozebrán případ dvou dívek ve věku 6 a 7 let s Duchennovou-Erbovou parézou, kterým byl aplikován botulotoxin typu A. Pod ultrazvukovým vedením jim bylo aplikováno 20 jednotek botulotoxinu typu A do musculus biceps brachii ve dvou místech a 15 jednotek do musculus pectoralis major, také ve 2 místech. Cílem bylo omezit kokontrakce a získat motorickou kontrolu nad postiženou horní končetinou. Následně byly zmíněné svaly po dobu 10 minut protahovány. Následoval protokol metody mCIMT. Během terapeutických intervencí byla zdravá končetina omezena overalem do pozice paralelní s hrudníkem. Overall byl opatřen suchým zipem z důvodu menší excitace dětského

pacienta. Terapie probíhaly 1x denně po dobu 30 minut, přičemž celá dávka byla rozdělena do 8 týdnů. Hodnocení stavu bylo provedeno před, během a po tomto období. Rodiče byli instruováni k dalšímu cvičení doma po skočení intervencí. Na hodnocení aspektů týkajících se stavu pacienta bylo využito řady různých klinických testů a škál, konkrétně se jednalo o stupnice Medical Research Council pro sílu svalů, Gilbert Shoulder Score pro pohyb ramen, Gilbert-Raimondi Score pro funkci lokte, Raimondi Hand Score, Nine-Hole Peg Test pro obratnost a Mallet Scale pro hodnocení rozsahu pohybu ramene. Na základě výsledků studie bylo zjištěno, že terapie vedla ke zlepšení extenze, abdukce a addukce postižené končetiny. Během terapie však nebyly zaznamenány žádné změny ve skóre Medical Research Council pro sílu svalů. Funkční zlepšení, které bylo dosaženo díky mCIMT, přetrvávalo až 6 měsíců po skončení léčby. Rodiče pacientů také hlásili významné zlepšení v provádění denních aktivit a v bimanuálních činnostech. Tyto výsledky naznačují, že terapie mCIMT ve spojení s botulotoxinem typu A může být účinnou metodou k posílení motorických dovedností a funkční nezávislosti u dětí s Duchennovou-Erbovou parézou (Sicari et al., 2022, pp. 44-46).

Studie de Santana Chagas et al. (2021) porovnávala přístup PNF oproti konvenčnímu fyzioterapeutickému přístupu, přičemž jsou probandi s traumatickým poškozením brachiálního plexu ve věku 18 do 65 let rozděleni do dvou skupin. Během 12 měsíců probíhaly dvakrát týdně terapeutické intervence o délce 40 minut. Součástí protokolu PNF byla řada manuálně funkčních aktivit jako například holení či pití vody, těmto aktivitám zároveň předcházela příprava o 9 úkolech zaměřených na aktivaci těla probanda. 10. aktivitou byl nácvik jednodušších cviků v nižší pozici se zaměřením strukturální úroveň, přičemž bylo využíváno několika z pilířů PNF a to rytmickou stabilizaci nebo třeba dynamický zvrát. V 11. aktivitě se již aplikuje plnění funkčních úkolů, kdy se využívá různých předmětů, třeba kartáčku nebo kelímku, pro lepší simulaci aktivit každodenního života. Celý tento proces byl nastaven tak, že každá z aktivit byla prováděna po 2 až 3 sériích po 5 až 8 opakováních, kdy během sérií stejného cviku byla pauza 1 minutu a mezi sériemi různých cviků 2 minuty. Součástí klasické fyzioterapeutické intervence bylo provádění cviků po jasně daném počtu opakování a sérií a pauzami rozvrženými stejně jako u PNF cvičení, konkrétně šlo o aktivně asistované pohyby zevní rotace, flexe a abdukce v rameni a flexi v lokti, dále posílení svalů s využitím odporu, motorickou reedukaci, protažení a relaxaci zkrácených a přetížených svalů. Výsledkem studie je, že PNF je vhodnou, efektivní a dobře proveditelnou rehabilitační metodou pro horní část brachiálního plexu, jestliže se vhodně zvolí intenzita, frekvence a progresivní techniky využívané v rámci PNF během terapie, neboť se musí ke každému pacientovi přistupovat individuálně (de Santana Chagas et al., 2021, pp. 3-8).

V robotické terapii dle studie De Miguel-Rubio et al. (2023) bylo u pacientů s poporodní parézou brachiálního plexu použito vícero technologických nástrojů včetně Arneo®Spring Pediatric, videoher opatřených kontrolními senzory, E-LINK Upper Limb Exerciser, mirror terapie ve spojení s virtuální realitou a videohry na Nintendo Wii. Bylo zjištěno, že terapie s Arneo®Spring Pediatric vykazuje u pacienta zlepšení ve funkčních aktivitách, což u E-LINK exerciseru a Nintendo Wii tvrdit nelze. Ve výsledku studie tvrdí, že robotická terapie je vhodná jako doplněk ke standardní rehabilitaci, neboť nebylo zjištěno nic, co by tvrdilo, že robotická terapie je efektivnější než ta klasická. Opak tvrdí El-Shamy & Alsharif (2017), neboť dle výsledků z jejich studie vyplývá, že pacienti došli k lepším výsledkům v rámci zvýšení rozsahu pohybu a svalové síly u robotické rehabilitace oproti klasické fyzioterapii (De Miguel-Rubio et al., 2023, pp. 11-13; El-Shamy & Alsharif, 2017, pp. 324-325).

Nelze vyvodit jednotný, univerzální terapeutický postup pro všechna poškození brachiálního plexu. Každé z nich je vlastním způsobem specifické a je k třeba k němu přistupovat individuálně. Rehabilitační protokol je proto třeba zvolit vzhledem k přáním pacienta a jeho funkčnímu stavu. Nejlepší možností se však jeví spolupráce multidisciplinárního týmu, neboť je tak pacientovi poskytnuta maximální dostupná péče vedoucí ke zpětnému začlenění do jeho života, na který byl před úrazem zvyklý.

Závěr

Rehabilitace poranění brachiálního plexu je náročný, ale zásadní proces, který má za cíl obnovit funkci postižené horní končetiny a zlepšit kvalitu života pacienta. V rámci této práce byly prozkoumány periferní nervy, anatomie brachiálního plexu, mechanismy vzniku poranění, diagnostické metody a hlavní léčebné postupy včetně chirurgických a rehabilitačních přístupů.

Ergoterapie, fyzioterapie a ostatní terapeutické metody hrají klíčovou roli v procesu rehabilitace, posilují svaly, zlepšují pohyblivost kloubů a pomáhají snižovat bolest. Důležitá je také multidisciplinární spolupráce mezi zdravotnickými profesionály, aby byl rehabilitační proces co nejefektivnější a přizpůsoben individuálním potřebám každého pacienta. Nedílnou součástí terapie je i správná komunikace.

Je nezbytné, aby měli pacienti přístup ke kvalitním a specializovaným rehabilitačním službám. Mohou tak dosáhnout co nejlepšího funkčního výsledku a návratu k běžnému životu. Vzdělávání a osvěta o poranění brachiálního plexu jsou také důležité pro zlepšení diagnostiky, léčby a dlouhodobé péče o pacienty.

Bibliografie

- Armas-Salazar, A., García-Jerónimo, A., Villegas-López, F., Navarro-Olvera, J., & Carrillo-Ruiz, J. (2022). Clinical outcomes report in different brachial plexus injury surgeries: a systematic review. *Neurosurgical Review*, 45, 417-418. <https://doi.org/10.1007/s10143-021-01574-6>
- Basit, H., Ali, C., & Madhani, N. (2023). Erb Palsy (pp. 1-4). StatPearls Publishing. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30020632/>
- Bismak, O. (2020). Effectiveness of the program for restoring the function of the upper limb in traumatic and compression-ischemic injuries of the peripheral nerves and brachial plexus. *Slobozhanskyi Herald of Science and Sport*, 8(1), 20-21. <https://doi.org/10.15391/sns.v.2020-1.002>
- Brito, S., White, J., Hill, B., & Thomacos, N. (2022). Effective long-term management of brachial plexus injury following surgery: What is needed from hand therapists' perspectives. *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*, 35(2), 272. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2022.01.006>
- Buterbaugh, K., & Shah, A. (2016). The natural history and management of brachial plexus birth palsy. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 9(4), 421-423. <https://doi.org/10.1007/s12178-016-9374-3>
- Carr-Hyde, R., & Wessely, M. (2003). "Waiter's tip" (Erb's) palsy: a case report and literature review. *Clinical Chiropractic*, 6(1), 37. [https://doi.org/10.1016/S1479-2354\(02\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S1479-2354(02)00002-0)
- Cole, T., Nicks, R., Ferris, S., Paul, E., O'Brian, L., & Pritchard, E. (2020). Outcomes after occupational therapy intervention for traumatic brachial plexus injury: A prospective longitudinal cohort study. *Journal of Hand Therapy*, 33(4), 529-537. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2019.08.002>
- Čihák, R. (2004). Plexus brachialis. In *Anatomie 3* (2., pp. 519-524). Grada Publishing.
- Davis, D., & Mendoza, P. (2015). Chapter 50 - Rehabilitation of Patients with Peripheral Nerve Injuries. In *Nerve and Nerve injuries* (2 ed., pp. 789-790). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802653-3.00099-3>
- De Miguel-Rubio, A., Alba-Rueda, A., Millán-Salguero, E., De Miguel-Rubio, M., Moral-Munoz, J., & Lucena-Anton, D. (2023). Virtual Reality for Upper Limb Rehabilitation in Patients With Obstetric Brachial Palsy: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized

Controlled Trials. *Journal of Medical Internet Research*, 25, 11-13. <https://doi.org/10.2196/47391>

de Santana Chagas, A., Wanderley, D., de Oliveira Ferro, J., de Moraes, A., de Souza, F., da Silva Tenório, A., & de Oliveira, D. (2022). Physical therapeutic treatment for traumatic brachialplexus injury in adults: A scoping review. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12566>

de Santana Chagas, A., Wanderley, D., Moté Barboza, P., Pereira Martins, J., de Moraes, A., de Souza, F., & de Oliveira, D. (2021). Proprioceptive neuromuscular facilitation compared to conventional physiotherapy for adults with traumatic upper brachial plexus injury: A protocol for a randomized clinical trial. *Physiotherapy Research International*, 26(1), 3-8. <https://doi.org/10.1002/pri.1873>

Deodhe, N., Dhage, P., & Harjpal, P. (2023). Functional Electrical Stimulation in Conjunction With Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) Technique to Improve Upper Limb Function in Traumatic Brachial Plexus Injury: A Case Report. *Cureus*, 15(10), 2. <https://doi.org/10.7759/cureus.46386>

Dondelinger, R. (2010). Electromyography—An Overview. *Biomedical Instrumentation & Technology*, 44(2), 128. <https://doi.org/10.2345/0899-8205-44.2.128>

El-Shamy, S., & Alsharif, R. (2017). Effect of virtual reality versus conventional physiotherapy on upper extremity function in children with obstetric brachial plexus injury. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 17(4), 322-325. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29199193/>

Fogel, I., Katz, A., Sela, H., & Lebel, E. (2021). Brachial plexus birth palsy: incidence, natural-course, and prognostic factors during the first year of life. *Journal of perinatology : official journal of the California Perinatal Association*, 41(7), 1590-1593. <https://doi.org/10.1038/s41372-021-00972-4>

Fox, I., & Mackinnon, S. (2011). Adult peripheral nerve disorders: nerve entrapment, repair, transfer, and brachial plexus disorders. *Plastic and reconstructive surgery*, 127(5), 111-112. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e31820cf556>

Gilcrease-Garcia, B., Deshmukh, S., & Parsons, M. (2020). Anatomy, Imaging, and Pathologic Conditions of the Brachial Plexus. *RadioGraphics*, 40(6), 1712. <https://doi.org/10.1148/rg.2020200012>

Gonzalez-Alegre, P., Recober, A., & Kelkar, P. (2002). Idiopathic brachial neuritis. *The Iowa orthopaedic journal*, 22, 81-84. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1888382/>

- Gutkowska, O., Martynkiewicz, J., Urban, M., & Gosk, J. (2020). Brachial plexus injury after shoulder dislocation: a literature review. *Neurosurgical Review*, 43(2), 407-420. <https://doi.org/10.1007/s10143-018-1001-x>
- Hale, H., Bae, D., & Waters, P. (2010). Current Concepts in the Management of Brachial Plexus Birth Palsy. *The Journal of Hand Surgery*, 35(2), 322-323. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2009.11.026>
- Hartwig, M. (2011). Fun and evidence - computer-based arm rehabilitation with the Pablo®Plus System. In *Tyromotion*. <https://tyromotion.com/wp-content/uploads/2020/11/HartwigM-2011-Fun-and-evidence-computer-based-arm-rehabilitation-with-the-PabloPlus-System.pdf>
- Héroux, M., Butler, A., Robertson, L., Fisher, G., & Gandevia, S. (2022). Proprioception: a new look at an old concept. *Journal of Applied Physiology*, 132(3), 813. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00809.2021>
- Hoare, B., Wallen, M., Thorley, M., Jackman, M., Carey, L., & Imms, C. (2019). Constraint-induced movement therapy in children with unilateral cerebral palsy. *The Cochrane database of systematic reviews*, 4(4), 16-17. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004149.pub3>
- Hudák, R., Kachlík, D., Beňová, B., Čepelík, M., Douda, L., Halal, M., Miletín, J., & Volný, O. (2017). Pars supraclavicularis. In R. Hudák, D. Kachlík, B. Beňová, M. Čepelík, L. Douda, M. Halal, J. Miletín & O. Volný, *Memorix anatomie* (4., pp. 342-345). Triton.
- Jakob, I., Kollreider, A., Germanotta, M., Benetti, F., Cruciani, A., Padua, L., & Aprile, I. (2018). Robotic and Sensor Technology for Upper Limb Rehabilitation. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*, 10(9), 189-190. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.07.011>
- Janda, V., Herbenová, A., Jandová, J., & Pavlů, D. (2004). Část obecná. In *Svalové funkční testy* (1., pp. 13-16). Grada.
- Kaiser, R., & Haninec, P. (2012). Degenerace a regenerace periferního nervu. *Československá fyziologie*, 61(1), 42-43. https://www.researchgate.net/publication/228080303_Degeneration_and_regeneration_of_the_peripheral_nerve
- Khadilkar, S., & Khade, S. (2013). Brachial plexopathy. *Annals of Indian Academy of Neurology*, 16(1), 15-16. <https://doi.org/10.4103/0972-2327.107675>
- Kontson, K., Marcus, I., Myklebust, B., & Civillico, E. (2017). Targeted box and blocks test: Normative data and comparison to standard tests. *PLoS One*, 12(5), 2. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177965>

- Krivošíková, M. (2011a). Hodnocení jemné motoriky. In *Úvod do ergoterapie* (1., pp. 201-202). Grada Publishing. <https://www.bookport.cz/e-kniha/uvod-do-ergoterapie-1706384/>
- Krivošíková, M. (2011b). Ergoterapie funkční. In *Úvod do ergoterapie* (1., pp. 27-64). Grada Publishing. <https://www.bookport.cz/e-kniha/uvod-do-ergoterapie-1706384/>
- Lawson, I. (2019). Purdue Pegboard Test. *Occupational Medicine*, 69(5), 376. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqz044>
- Lee K MD, S., & Wolfe W MD, S. (2000). *Peripheral Nerve Injury and Repair: JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. LWW. Retrieved 2023-11-06, from https://journals.lww.com/jaaos/fulltext/2000/07000/peripheral_nerve_injury_and_repair.5.aspx
- Li, H., Chen, J., Wang, J., Zhang, T., & Chen, Z. (2023). Review of rehabilitation protocols for brachial plexus injury. *Frontiers in Neurology*, 14, 2-4. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1084223>
- Masocatto, N., Da-Matta, T., Prozzo, T., Couto, W., & Porfirio, G. (2019). Síndrome do desfiladeiro torácico: uma revisão narrativa. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 46(5), 2-6. <https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20192243>
- McDonald, J., & Pettigrew, J. (2014). Traumatic Brachial Plexus Injury: The Lived Experience. *British Journal of Occupational Therapy*, 77(3), 151-152. <https://doi.org/10.4276/030802214X13941036266586>
- Merryman, J., & Varacallo, M. (2023). Klumpke Palsy. In *StatPearls* (pp. 1-3). StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531500/>
- Monteiro dos Santos, R., Monteiro dos Santos, S., Carneiro Leal, F., Gomes Lins, O., Magalhães, C., & Mertens Fittipaldi, R. (2015). Parsonage-Turner syndrome. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 50(3), 340. <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2015.04.002>
- Mourek, J. (2012). Neurofyziologie. In J. Mourek, *Fyziologie - učebnice pro studenty zdravotnických oborů* (2., pp. 477-483). Grada. <https://www.bookport.cz/e-kniha/fyziologie-1438867/>
- Mücke, M., Cuhls, H., Radbruch, L., Baron, R., Maier, C., Tölle, T., Treede, R., & Rolke, R. (2021). Quantitative sensory testing (QST). English version. *Der Schmerz*, 35(3), 153-160. <https://doi.org/10.1007/s00482-015-0093-2>
- Park, H., Lee, G., Kim, I., & Chang, J. (2017). Brachial Plexus Injury in Adults. *The Nerve*, 3(1), 8. <https://doi.org/10.21129/nerve.2017.3.1.1>

- Pejkova, S., Filipce, V., Peev, I., Nikolovska, B., Jovanoski, T., Georgieva, G., & Srbov, B. (2021). Brachial Plexus Injuries – Review of the Anatomy and the Treatment Options. *PRILOZI*, 42(1), 91-100. <https://doi.org/10.2478/prilozi-2021-0008>
- Sakellariou, V., Mazis, G., Stavropoulos, N., Kotoulas, H., Kyriakopoulos, S., Tagkalegkas, I., & Sofianos, I. (2014). Brachial Plexus Injuries in Adults: Evaluation and Diagnostic Approach. *International Scholarly Research Notices*, 6-8. <https://doi.org/10.1155/2014/726103>
- Seddon, H. (1942). A Classification of Nerve Injuries. *British Medical Journal: A Classification of Nerve Injury*, 2(4260), 237-238. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.4260.237>
- Shabeeb, D., Musa, A., Keshavarz, M., Mihandoust, E., Hassanzadeh, G., & Najafi, M. (2020). Brachial Plexopathy as a Complication of Radiotherapy: A Systematic Review. *Current Cancer Therapy Reviews*, 16(2), 110-113. <https://doi.org/10.2174/1573394715666190724102937>
- Sharman, M., Cresswell, A., & Riek, S. (2006). Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching : mechanisms and clinical implications. *Sports medicine*, 36(11), 930-935. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636110-00002>
- Sicari, M., Longhi, M., D'Angelo, G., Boetto, V., Lavorato, A., Cocchini, L., Beatrici, M., Battiston, B., Garbossa, D., Massazza, G., & Titolo, P. (2022). Modified constraint induced movement therapy in children with obstetric brachial plexus palsy: a systematic review. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 58(1), 44-46. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.21.06886-6>
- Smania, N., Berto, G., Marchina, E., Midiri, A., Roncari, L., Zenorini, A., Ianes, P., Picelli, A., Waldner, A., Faccioli, S., & Gandolfi, M. (2012). Rehabilitation of brachial plexus injuries in adults and children. *Rehabilitation in the disorders of the peripheral nerve*, 48(3), 490-495. <https://www.minervamedica.it/en/getfreepdf/MVpIalhUQ3dMcXFMOWkzcmV3NnpEYmJvdy9RU3l5UUpmYmRpenpJQzJFZHRvNUxrb1lNSERLR1A1UVdMak5UdQ%253D%253D/R33Y2012N03A0483.pdf>
- Sterman-Neto, H., Heise, C., Siqueira, M., Martins, R., Tavares, P., & Foroni, L. (2020). Effectiveness of the histamine test for diagnosing root avulsion in patients with traumatic brachial plexus injury. *Interdisciplinary Neurosurgery*, 20, 4. <https://doi.org/10.1016/j.inat.2019.100637>
- Sumner, A. (2009). Idiopathic brachial neuritis. *Neurosurgery*, 65(4), 150. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000345355.59438.D1>

- Vyskotová, J., & Macháčková, K. (2013). Test manipulačních funkcí. In *Jemná motorika: Vývoj, motorická kontrola, hodnocení a testování* (1., pp. 409-437). Grada. <https://www.bookport.cz/kniha/jemna-motorika-1048/>
- Werner, J., Berggren, J., Loiselle, J., & Lee, G. (2021). Constraint-induced movement therapy for children with neonatal brachial plexus palsy: a randomized crossover trial. *Developmental medicine and child neurology*, 63(5), 2-4. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14741>
- Wu, K., Spinner, R., & Shin, A. (2022). Traumatic brachial plexus injury: diagnosis and treatment. *Current Opinion in Neurology*, 35(6), 708-714. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000001124>
- Zhou, J., Gu, Y., Xu, X., Zhang, S., & Xin, Z. (2012). Clinical research of comprehensive rehabilitation in treating brachial plexus injury patients. *Chinese Medical Journal*, 125(14), 2518-2519. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0366-6999.2012.14.022>

Seznam zkratek

ADL – Activities of Daily Living

CIMT – Constraint Induced Movement Therapy

CNS – centrální nervový systém

hCIMT – hybridní Constraint Induced Movement Therapy

mCIMT – modifikovaný Constraint Induced Movement Therapy

QST - Quantitative sensory testing

PNF – Proprioceptivní neuromuskulární facilitace

PNS – periferní nervový systém