UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Katedra fyzioterapie

PROBLEMATIKA ŘETĚZENÍ SVALOVÉHO HYPERTONU

Diplomová práce

Vedoucí práce:
Mgr. Jitka Čemusová

Vypracovala:
Bc.Tereza Šimáková

Praha 2007

SOUHRN

Název práce: Problematika řetězení svalového hypertonu.
Name of physis: Problematics Of Muscle Chains

Cíle práce: Získat ucelený přehled a zpracovat problematiku „zřetězeného hypertonu" ve smyslu „funkčních" poruch pohybového aparátu. Shromáždit teoretické informace týkající se podkladů vysvětlujících jednotlivé principy vzniku „zřetězeného hypertonu" a porovnat názory a přístupy českých i zahraničních odborníků na definování svalového hypertonu a jeho možné „řetězení". V rámci tohoto ověřit uvedené hypotézy.

Metoda: Předkládaná diplomová práce je teoretická studie zpracovaná formou literární rešerše. Základním postupem je získání dostatečného množství informací týkající se tématu a jejich následné zpracování. Zdrojem se největší měrou staly publikované články v odborných periodikách, monografiích a elektronických databázích (nejvíce zdrojů pochází z databáze Národní lékařské knihovny). Práce je rozdělena do několika kapitol, které na sebe logicky navazují a celá problematika je shrnuta v závěrečné diskuzi.

Výsledky: Shledala jsem nedostačující množství zahraniční literatury věnující se problematice řetězení svalového hypertonu. Je vidět zřejmé „specifikum funkčního pojetí" poruch pohybového aparátu českých odborníků, které nemá ve světě obdoby. Dominantní úlohu v procesu vzniku řetězení a následného šíření svalového hypertonu mají neuro-anatomické podklady, zejména řídící funkce CNS. Popisované řetězce jsou vysvětlovány především na empirickém podkladu.

Klíčová slova: svalový hypertonus, řetězení svalů, svalové řetězce
Key words: muscle hypertone, chain reaction, muscle chains

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace.

V Pardubicích dne 9. září 2007 ..... Šimáková

Bc. Tereza Šimáková

Chtěla bych poděkovat vedoucí diplomové práce Mgr. Jitce Čemusové za odborné vedení při zpracování této diplomové práce, přínosné konzultace a praktické rady, které mi vždy ochotně a se zájmem poskytovala. Dále děkuji všem, kteří mi byli v tomto záměru nápomocni, zejména pak rodině a paní Bc. Vlastě Rašpličkové.

EVIDENČNÍ LIST KNIHOVNY

Svoluji k zapůjčení této diplomové práce ke studijním účelům.

Prosím o evidenci vypůjčovatelů a řádnou citaci převzaté literatury.

Jméno a příjmení:	Číslo OP:	Datum vypůjčení:	Poznámka:

OBSAH

1. Úvod 1

2. Cíl a hypotézy práce 3

2. 1. Úkoly práce 3

2. 2. Hypotézy práce 4

3. Metodologie práce 4

4. Hlavní část 6

4.1. Úvod do problematiky „řetězení" svalového hypertonu aneb vymezení pojmů ...6

4.2.1. Anatomicko – biomechanické podklady 10

4.2.1.1. Složky pohybového aparátu a jejich základní anatomicko-biomechanické charakteristiky 10

4.2.1.1.1. Charakteristika pojivových tkání 10

4.2.1.1.1.2. Základní mechanické vlastnosti tkání pohybového systému 13

4.2.1.1.2. Kosti 16

4.2.1.1.3. Svaly 17

4.2.1.1.3.1. Stavba a základní vlastnosti příčně pruhovaných svalů 18

4.2.1.1.2. Vazy 23

4.2.1.1.3. Svalové šlachy 24

4.2.1.1.5.1. Přechod sval – šlacha 25

4.2.1.1.5.2. Spojení šlacha-kost, kost-šlacha 26

4.2.1.1.4. Fascie 27

4.2.1.1.4.1. Funkční anatomie fascií 28

4.2.1.1.6.1.1. Fascie hlavy a krku 28

4.2.1.1.6.1.2. Fascie hrudníku a břišní fascie 29

4.2.1.1.6.1.3. Fascie zádové 31

4.2.1.1.6.1.3.1. Klinický význam thorakolumbální fascie 32

4.2.1.1.6.1.4. Fascie horních a dolních končetin 35

4.2.1.2. Význam logistické funkce v řetězení svalového hypertonu 35

4.2.2. Neuroanatomické podklady 37

4.2.2.1. Motorická jednotka 37

4.2.2.2. Tonické a fázické svaly 39

4.2.2.3. Diferenciace svalové funkce, pracovní režim svalů 44

4.2.2.4. Vliv propriorecepce na funkci svalů 46

4.2.2.5. Řízení motoriky 47
4.2.2.5.1. Autonomní řízení 48
4.2.2.5.2. Řízení na úrovni míšní 49
4.2.2.5.3. Řízení na úrovni subkortikální 52
4.2.2.5.4. Retikulární formace 53
4.2.2.5.5. Mozkový kmen 54
4.2.2.5.6. Bazální ganglia 54
4.2.2.5.7. Thalamická jádra a hypothalamus 55
4.2.2.5.8. Mozeček 55
4.2.2.5.9. Řízení na úrovni kortexu 56
4.2.2.6. „Kontrola" svalového tonu 57
4.2.2.2.6.1. Rozdělení svalového hypertonu podle příčiny vzniku 58
4.2.2.6.1.1. Hypertonus vzniklý na základě dysfunkce limbického systému 58
4.2.2.6.1.2. Dysfunkce na úrovni míšního segmentu – dysfunkce reflexního oblouku ... 60
4.2.2.6.1.3. Hypertonus na základě vnitřní inkoordinace ve svalu – trigger point 60
4.2.2.6.1.4. Hypertonus podmíněný bolestivou iritací 61
4.2.2.6.1.5. Svalové zkrácení (muscle stiffnes), svalové zatuhnutí (muscle tightness) 62
4.2.2.6.2. Rozdělení svalového tonu podle hermachové 62
4.3. Problematika rozporu mechanického versus neuroanatomického hlediska principu řetezení svalového hypertonu 63
4.3.1. Charakteristika pojmu „řetězení" poruch funkce 63
4.3.2. Poruchy funkce pohybového systému 67
4.3.3. Mechanický výklad vzniku zřetězení poruch 72
4.3.4. Kybernetický výklad vzniku řetězení poruch funkce 75
4.3.5. Integrace mechanického a kybernetického výkladu vzniku řetězení poruch funkce... 79
4.4. Příklady různého pojetí „řetězení" svalů 79
4.4.1. „Řetězení" dle Doc.MUDr. Františka Véleho, CSc. 79
4.4.1.1. Příklady řetězení svalů 80
4.4.2. „Řětězení" dle Prof. MUDr. Karla Lewita, DrSc. 83
4.4.2.1. Příklady řetězení svalů 84
4.4.3. „Řetězení" dle Ludmily Mojžíšové 88
4.4.3.1. Příklady řetězení svalů 89
4.4.4. „Řetězení" z pohledu vývojové kineziologie 93
4.4.4.1. Příklady řetězení svalů 95

4.4.5. „Řetězení“ spoušťových bodů DLE Travellové a Simonse 98
4.4.5.1. Příklady řetězení svalů 99
4.4.6. „Řetězení“ dle Dr. med. Aloise Brüggera 100
4.4.6.1. Příklad řetězení svalů 101
4.4.7. „Řetězení“ vycházející z francouzského konceptu Meziéres 102
4.4.7.1. Příklad řetězení svalů 102
4.4.8. „Řetězení“ vzniklá na podkladě viscerovertebrálních vztahů 103
4.4.8.1. Příklad řetězení svalů 104
5. Diskuze 105
6. Výsledky práce – hodnocení hypotéz 117
7. Závěr 118
8. Seznam tabulek 120
9. **Seznam obrázků** 120
10. Seznam literatury 121

1. ÚVOD

Pro napsání diplomové práce s tématikou svalových řetězců jsem se rozhodla proto, že jsem chtěla porozumět funkčním souvislostem mezi segmenty od sebe vzdálenými. Původně jsem chtěla v diplomové práci sledovat efekt terapie prováděné na akru dolní končetiny při bolestech hlavy cervikogenního původu, s čímž mám v praxi dobré zkušenosti. Z tohoto záměru sešlo, ale jelikož jsem již při zpracování rešeršního seznamu k tomuto původnímu tématu řešila nedostatek literatury, která by vysvětlila podstatu vzdáleného účinku terapie a propojení jednotlivých segmentů, rozhodla jsem se od tématu příliš nevzdalovat a napsat diplomovou práci shrnující problematiku „řetězení svalového hypertonu".

Pojmy „zřetězený hypertonus" , „řetězení poruch funkce", „svalové řetězce", „řetězení činnosti svalů" či „svalová dysbalance" jsou velice rozšířené a v problematice diagnostiky a terapie funkčních poruch pohybového systému nepostradatelné. Ve fyzioterapeutické praxi je běžně užíváme a jsou základními kameny oboru „funkčních patologie pohybového aparátu". Tyto empirií opakovaně ověřené fenomény jsou však mezi odborníky neustále diskutovány, různě definovány a vysvětlovány různými mechanismy.

Svaly souvisejí navzájem mechanicky svalovými snopci, vytvářejí funkční řetězce nebo smyčky a propojují vzdálenější oblasti, takže mechanicky integrují činnost systému jako celku. Svalové řetězce nejsou realizovány pouze strukturálně, ale mají i programovou organizaci v CNS a jejich funkci je proto možno ovlivňovat i vůlí a měnit ji učením. Existence svalových řetězců chápaná jak na podkladě mechanickém – strukturálním či neuroanatomickém – řídícím nám v praxi slouží k pochopení, diagnostice a terapii funkčních poruch pohybovéha aparátu. [95]

Dnes již víme, že každá porucha funkce i porucha struktury pohybového aparátu vzniklá na periferii vyvolá centrální odpověď a v této souvislosti pak vzniká soubor tzv. funkčních změn, které můžeme klinicky vyšetřovat a následně na podkladě analýzy pohybu provádět adekvátní terapii. Každá porucha struktury a funkce se nejprve projeví v místě svého výskytu, kde lze na základě postupů manuální medicíny diagnostikovat hyperalgetickou kožní zónu a změny posunlivosti fascií, svalový spazmus a jeho

nejčastější formu – spoušťový bod („trigger point"), kloubní blokádu, bolestivé body na periostu. Tyto změny nejsou omezené jen na určitý segment, ale působí též na úrovni centrální. Na této úrovni se projevují jako změny statiky a pohybového chování (změny provádění pohybových stereotypů). Také se hovoří o tom, že funkce pohybové soustavy se realizuje prostřednictvím pohybových programů. Jsou to geneticky dané pohybové vlohy pro automatické ovládání polohy těla (posturální funkce), které jsou bází pro další teleologické pohybové programy. [6,13,56]

V rámci chápání fukce svalů a jejich řetězení je třeba vycházet vždy také z organizační funkce CNS. V této souvislosti je nutné sval definovat v termínech klasické kineziologie, tj. z hlediska toho zda je flexorem, extenzorem, rotátorem, agonistou, antagonistou, synergistou apod., a je třeba jej studovat, popisovat a ovlivňovat s přihlédnutím k jeho neurofyziologické podstatě. S tím úzce souvisí i vysvětlení vzniku systémově uspořádaných svalových dysbalancí, které vychází z existence dvou typů svalových vláken – tonických a fázických. [44]

Tato práce vznikla tedy za účelem podat ucelený rešeršní náhled na často diskutovanou problematiku řetězení svalového hypertonu, jakožto jednoho z projevů funkčních poruch pohybového systému.

2. CÍL A HYPOTÉZY PRÁCE

Cílem této rešeršní studie je získat ucelený přehled a zpracovat problematiku „zřetězeného hypertonu" ve smyslu „funkčních" poruch pohybového aparátu. Dílčím cílem je shromáždit teoretické informace týkající se podkladů vysvětlujících jednotlivé principy vzniku „zřetězeného hypertonu" a porovnat názory a přístupy českých i zahraničních odborníků na definování svalového hypertonu a jeho možné „řetězení". V rámci tohoto ověřit níže uvedené hypotézy.

2.1. ÚKOLY PRÁCE

V zájmu optimálního postupu při zpracování diplomové práce jsem si vytyčila následující úkoly:

1. Podle klíčových slov vyhledat z českých i zahraničních informačních zdrojů pokud možno úplné a relevantní informace vztahující se k tématu diplomové práce pokud možno ne starší 10 let. Jako informační zdroje budou využity primární i sekundární zdroje, monografie, odborné časopisy i zdroje internetové.

2. Získané informace průběžně zpracovávat a třídit do jednotlivých kapitol v rámci rešeršního přístupu a stanovených hypotéz.

3. Shrnout zjištěné informace a podat ucelený rešeršní náhled na problematiku řetězení svalového hypertonu ve smyslu funkčních poruch pohybového systému a v diskuzní části podat osobní názor na tuto problematiku.

2.2. HYPOTÉZY PRÁCE

1. Předpokládám, že pojem „zřetězený hypertonus“ je pojmem užívaným převážně v české odborné literatuře a že v zahraniční literatuře je nerozšířen nebo používán minimálně.

2. Předpokládám, že na vznik „zřetězeného hypertonu“ má dominantní vliv hledisko neuroanatomické před hlediskem mechanickým.

3. Předpokládám, že popisované způsoby řetězení svalového hypertonu jsou vysvětlovány na empirickém podkladu a chybí dostatečné vysvětlení neuroanatomického hlediska.

3. METODOLOGICKÝ POSTUP

Předkládaná diplomová práce je teoretická studie zpracovaná formou literární rešerše, zaměřená na shrnutí aktuálních poznatků v oblasti problematiky „řetězení“ svalového hypertonu v rámci diagnostiky a terapie funkčních poruch pohybového aparátu a to nejen v České republice, ale v celosvětovém měřítku. Základním postupem je získání dostatečného množství informací týkající se tématu a jejich následné zpracování.
Data budou získávána z různých informačních zdrojů – oborové bibliografie, referátové časopisy, online a offline databáze (PubMed, Medline), katalogy knihoven (Národní lékařská knihovna, knihovna FTVS UK), webové stránky (www.tmjournal.com, atd.), učebnice, příručky, významné monografie, periodika (tituly odborných časopisů – Rehabilitace a fyzikální lékařství, Rehabilitácia, Physical therapy, journal of Rehabilitation medicine, Clinical biomechanics , aj.), elektronických konferencí, novin, věstníků, zpravodajů, bulletinů UNIFY), výzkumné a vývojové zprávy, diplomové, rigorózní a disertační práce, elektronické dokumenty přístupné prostřednictvím internetu.

Výsledek sběru dat bude validní s ohledem na přesnost citace informačních zdrojů, kterou se zaručuji. Nepředpokládám vysokou finanční náročnost při získávání a zpracovávání dat k použití pro tuto diplomovou práci, limitem však může být nedostatek přístupných zdrojů informujících o stavu poznání problematiky v některých zemích. Omezením shledávám jazykovou bariéru. Zdroje informací jsem schopna hledat samozřejmě v jazyce českéma slovenském, dále v anglickém a obtížněji v jazyce francouzském.

Shromážděná data budou roztříděna podle jejich obsahu do jednotlivých kapitol a podkapitol, která v závěru diplomové práce zanalyzuji a doplním vlastním kritickým náhledem v závěrečné diskuzi a vyjádřím se k uvedeným hypotézám.

4. HLAVNÍ ČÁST

4.1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY „ŘETĚZENÍ“ SVALOVÉHO HYPERTONU ANEB VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ

Tato kapitola je sestavena pro snažší porozumění následujícího textu, nabízí abecední seznam některých používaných termínů a stručný popis jejich významu v rámci různých autorů, se kterými se v textu této práce ztotožňuji.

Aferentní set – kombinace aferencí, impulzů ze všech receptorů – všech aferentních zdrojů; konkrétní aferentní set vyvolá konkrétní (pohybovou) reakci organismu. [10]

Agonista - sval vykonávající určitý pohyb [56]; souhlasně působící [105]

Anizotropie - závislost fyzikálních vlastností látek na směru, ve kterém se měří [64], jedna ze základních charakteristik biologických tkání

Antagonista - „protihráč“, jehož působení je k jinému svalu protichůdné, sval vykonávající pohyb v opačném směru než agonista [56,78]

Anticipace - předjímání, předvídání; anticipace pohybu – představa pohybu [64,96]

Atituda - účelově orientovaná poloha [95]; cíleně orientovaná postura nesoucí v sobě informace o pohybovém záměru [10,95]

Biokybernetika - hraniční věda mezi kybernetikou a biologií zabývající se procesy řízení , uložením, zpracováním a využíváním informací v živých soustavách [52]

Centrovaný kloub – funkčně dynamicky centrovaný kloub je kloub v takovém postavení, které umožňuje optimální statické zatížení, má v dané poloze maximální kontakt kloubních ploch, střed hlavice je na středu jamky, při zatížení neprodukuje nocicepci, v centrovaném postavení kloubu dochází k významnému oslovení receptorů – součást aferentního setu [10,44]

Distenze - lokalizovaná porucha pohybové soustavy, mající svojí bezprostřední příčinu v mechanickém namáhání kloubních struktur, které je důsledkem posunutí – dislokace, či deformace příslušných segmentů a je zde zřejmý také vliv svalové dysbalance [68,53]

Ereismatický pohyb – podpůrný pohyb; projevuje se staticky posturální motorikou sloužící stabilizaci polohy těla provázené pocitem jistoty. Patří do kategorie hrubé motoriky. [95]

Fázické motoneurony – velké alfa-motoneurony, vedou vzruchy rychleji, mají kratší trvání záškubu než tonické motoneurony, inervují rychlá, bílá svalová vlákna (tvoří **Fázické motorické jednotky**), práh dráždivosti je vyšší než u malých tonických alfa motoneuronů [88]

Fázické svaly – svaly s převahou fázických motorických jednotek, zajišťují rychlý pohyb [97,19]

Funkční - vztahující se k účelu, k fungování činnosti něčeho [64]

Funkční porucha – stav porušené funkce systému, reverzibilní porucha bez přítomnosti strukturálních změn, není nikdy lokalizovaná, nepostihuje pouze jednu strukturu – řetězí se a postihuje celou pohybovou soustavu, jako celek; [59]

Ideokinetický pohyb – zamýšlený pohyb; projevuje se specificky plánovanou motorikou spojenou s komunikací s okolním společenstvím; je „řízen"představou a patří do kategorie jemné motoriky. [95]

Koaktivace, kokontrakce - současná kontrakce antagonistů za účelem stabilizace segmentu [56]

Kybernetika - teorie informace, sdělování a řízení; nauka o řízení, zakladatel Wiener [64, 95]

Logistika - zásobování; logistická složka pohybového aparátu nastavuje a udržuje podmínky pro činnost vnitřního prostředí, jedná se o metabolismus látek. [96]

Motorická jednotka – základní funkční a strukturální prvek motoriky; skládá se z motoneuronu v předním rohu míšním spojeného neuritem se skupinou kontraktilních vláken ve svalu; jde tedy o soubor všech svalových vláken inervovaných jedním motoneuronem [2,95,77]

Nocicepce - signalizace škodlivých – bolestivých podnětů [56]

Osový orgán – je tvořen „pohybovou soustavou soustředěnou kolem páteře", řadíme sem hlavu – páteř – pánev a z hlediska vývojové kineziologie i klíčové – kořenové klouby ramenní a kyčelní. [10]

Pohybový vzor (pattern, stereotyp) - ustálený sled několika pohybových fází nebo pohybových celků, který se během pohybové činnosti stereotypně opakuje [97]

Pohybový program – soubor pohybových vzorů, vytvářejících spolu určitý komplexní sekvenční funkční celek (např.vzpřímení se z polohy vleže do polohy vstoje) [97];

Postura - klidová poloha těla vyznačující se určitým uspořádáním (konfigurací) segmentů [95]

Posturální motorika – udržuje nastavenou polohu jednotlivých segmentů těla; je vnímána pouze jako pocit posturální jistoty; jedná se o motorické chování člověka v gravitačním poli; zajišťuje výchozí polohu, atitudu, stabilizuje průběh pohybu a zajišťuje polohu konečnou, která je výchozí posturou pro další pohybovou sekvenci. [10,95]

Posturální reaktivita – dle Vojty se jedná o automatické přizpůsobení polohy hlavy trupu a končetin změně polohy těla jako celku (polohové reakce) tj."provokovaná posturální reaktivita"; uplatňuje se však i v účelové motorice člověka, tj. „účelová posturální reaktivita" – jde o automatické přizpůsobení tělesných segmentů potřebám pohybového záměru, tzn., že je součástí všech pohybů – jedná se o tvorbu atitudy. [10,95]

Propriocepce - aference ze svalových a kloubních receptorů zodpovědná za jemné řízení intenzity pohybu a infomování CNS o aktuálním stau pohybové soustavy.[2,95], schopnost nervového systému zaznamenat změny vznikající ve svalech a uvnitř těla pohybem a svalovou činností [105]

Punctum fixum – opěrný bod, umožňuje lokomoci [103]

Receptor - buňka, skupin buněk nebo orgán, jejichž funkcí je zaznamenat stav a změny v organismu nebo v zevním prostředí a informovat o nich vyšší centra nebo na ně rovnou reagovat [105]

Reflexní pohyb – asynchronní motorická reakce vznikající bezprostředně po podnětu, podnět je sice CNS registrován, ale není zde zpracován, jde tedy o bezprostřední a přímou odpověď efektoru na daný podnět [97]

Senzomotorika – výraz pro „závislost" pohybu na senzorické a senzitivní aference [95]

Senzor - termín používaný jako synonymum pro receptor [105]

Senzorický - smyslový, zahrnuje smyslové podněty jako čich, chuť zrak [105]

Senzitivní - citlivý, senzitivní systém přijímá podněty z vnějšího i vnitřního prostředí, zahrnuje vnímání bolesti, chladu, tepla, dotyku, tlaku, pohybu a polohy částí těla [2,105]

Spoušťový bod (trigger point) – funkční hypertonus vzniklý na podkladě vnitřní inkoordinace ve svalu, jde o přesně lokalizované, hyperiritabilní místo palpovatelné ve staženýh svalovýh vláknech; různé typy – akutní, latentní, .. [15,75,86]

Stereognostická funkce – schopnost prostorového vnímání a kontaktu se zevním prostředím, bez pomoci zraku, ve vztahu k našemu tělesnému schématu [48]

Strukturální porucha - má přesně vymezenou lokalizaci a tkáň, kterou zasahuje nebo z které vzniká, klinicky se projevuje poruchou funkce, pokud žádnou funkci neporušují, jsou klinicky němé, lze prokázat viditelné změny struktury [59]

Synergie - součinnost, spolupráce; součinnost svalů při vykonávání určitého pohybu [64]

Synergismus - ve stejném smyslu, společně pracující. Neurofyziologická souhra koncentrických a excentrických kontrakcí během průběhu pohybu. Funkční synergisté jsou například svaly zádové a břišní, vnitřní a zevní rotátory ramenních kloubů. [78]

Teleokinetický pohyb – účelový pohyb; projevuje se dynamicky plánovanou fázickou motorikou sloužící změně polohy segmentů nebo celého těla při lokomoci za účelem dosažení zamýšleného cíle. Patří spolu s ereismatickým pohybem do kategorie hrubé motoriky. [95]

Tonické motoneurony - malé alfa-motoneurony, inervují červená svalová vlákna, vedou vzruchy pomaleji (tvoří **tonické motorické jednotky**), mají delší trvání záškubu než fázické motoneurony, práh dráždivosti je nižší než u fázických, velkých alfa motoneuronů [88]

Tonické svaly – svaly s převahou tonických motorických jednotek, zajišťují statické, polohová funkce; též označení „posturální" [19,95]

Viskozita - odpor tekutiny ke smykové deformaci, vazkost, přilnavost [64]

4.2. MOŽNÉ EXISTENCE „ZŘETĚZENÝCH SPASMŮ" – HLEDÁNÍ PODKLADŮ

4.2.1. ANATOMICKO – BIOMECHANICKÉ PODKLADY

Tuto část diplomové práce jsem rozdělila z důvodu větší přehlednosti na 2 základní kapitoly: Anatomicko – biomechanické podklady a Neuro - anatomické podklady výkladu vzniku řetězení.

4.2.1.1. SLOŽKY POHYBOVÉHO APARÁTU A JEJICH ZÁKLADNÍ ANATOMICKO-BIOMECHANICKÉ CHARAKTERISTIKY

Vlastní pohybový systém člověka je funkční komplex, složený ze tří podsystémů: **Opěrného a nosného** (kosti, klouby, vazy), **hybného – efektorového** (kosterní svaly) a **řídícího – koordinačního** (receptory, centrální a periferní nervový systém).
Logistické funkce pohybového systému zajišťuje především trávicí, dýchací a oběhový systém. Pohybový aparát je tedy tvořen kostmi, chrupavkami, vazy, svaly, šlachami, synovií, burzami a fasciemi. Klíčové tkáně opěrného a podpůrného systému představují pojiva , základem efektorového systému je svalová tkáň a řídící systém je složen z tkáně nervové. [19,27]

4.2.1.1.1 CHARAKTERISTIKA POJIVOVÝCH TKÁNÍ

Pojivové tkáně jsou klíčovými tkáněmi opěrného a podpůrného subsystému pohybového aparátu, kterýje embryologicky odvozen z embryonálního mezenchymu. Mezenchym pochází převážně ze středního zárodečného listu – mezodermu, odkud pochází i svalová tkáň. Pro celistvost, nervová tkáň pochází ze zevního zárodečného listu – ektodermu. [19,27]
Pojivová tkáň je složena z pojivových buněk, ležících uvnitř mezibuněčné hmoty. Základním morfologickým znakem všech pojivových tkání je přítomnost velkého množství mezibuněčné hmoty, kterou produkují metabolicky aktivní buňky pojiv.

Především vlastnosti této mezibuněčné hmoty, respektive jejích stavebních složek, určují biologické a mechanické vlastnosti jednotlivých typů pojiv. Mezibuněčná hmota se skládá z beztvaré, amorfní substance a vláknité, fibrilární komponenty. Touto fibrilární komponentou jsou kolagenní, elastické a retikulární fibrily, které se liší pružností, pevností a dalšími vlastnostmi. Charakter mezibuněčné matrix (vláknitá, fibrilární komponenta) a typ buněk určují tři hlavní typy pojiv (tabulka č.: 1), a to **vazivo**, **chrupavku** a **kost.** [7,19,27]

Typy pojiv	**Hlavní buněčné typy**	**Fibrilární komponenta**	**Amorfní substance**
vazivo	Fibroblast/fibrocyt Retikuloblast/retikulocyt Lipoblast/lipocyt	Kolagenní vlákna Retikulární vlákna Elastická vlákna	Viskózní gel
chrupavka	Chondroblast/chondrocyt	Kolagenní vlákna Elastická vlákna	Tuhá, pevná, pružná
kost	Osteoblast/osteocyt Osteoklast	Kolagenní vlákna	Tvrdá, pevná, pružná

Tabulka č.: 1

Základní stavební komponenty pojiv [19]

Základem pojivových tkání je dlouhý lineární protein **kolagen**, který je hlavní stavební složkou **kolagenních vláken** a který se v extracelulárním materiálu pojivových tkání vyskytuje nejčastěji. Tvoří asi 30% suché hmotnosti těla. Základem kolagenu jsou repetitivní sekvence aminokyselin vytvářející polypeptidové řetězce. Propletením tří řetězců navzájem vznikne trojitý šroubovitý provazec nazývaný tropokolagen. Spojováním šroubovitých provazců tropokolagenu vznikají mikrofibrily; dlouhé lineární struktury speciálně navržené tím způsobem, aby odolávaly zatížení v tahu. Mikrofibrily jsou k sobě spojovány pomocí kovalentních příčných vazeb (cross-linking) a vytvářejí kolagenní vlákna. Fyzikální vlastnosti určitého kolagenního vlákna jsou dány stupněm svázání molekul tropokolagenu příčnou vazbou; čím větší je toto sesítění, tím je vlákno tužší. Stupeň propletení pomocí vazeb je určován částečně geneticky a z určité části je

ovlivněn metabolicky. Tento fakt vysvětluje, proč jsou někteří jedinci pružnější a ohebnější než ostatní. Pevnost a pružnost kolagenních vláken závisí i na periodickém žíhání mikrofibril. Mikrofibrily kolagenních vláken asi poloviční tloušťky než jsou kolagenní vlákna vytvářejí **retikulární vlákna.** [19,27,74]

Kolagenní fibrily jsou velmi ohebné a pevné na tah, ale málo pružné, nevětví se a často se vyskytují ve svazcích. Kolagenní vlákna se prodlužují jen o 8 – 10% své délky, ale unesou zatížení až 50N na 1mm. [19,27,74]

Rozličné tkáně obsahují různé typy kolagenu, které jsou definovány určitým složením polypeptidových řetězců ve šroubovici. U obratlovců bylo doposud detekováno 12 typů kolagenu, produkovaných různými buňkami. U člověka jsou nejlépe popsány kolageny typu I.- IV. (viz.tabulka č. 2). [19,74]

Typ kolagenu	**Zastoupení v organismu**	***Vlastnosti***
I. typ	Kůže, šlachy, aponeurózy, kosti, kloubní pouzdra, vazivová chrupavka, dentin	*Pevnost v tahu, ohebnost, odolnost na tlak*
II. typ	Kloubní a elastická chrupavka	*Odolnost na střídavý tlak*
III. typ	Hladké svaly, tepny, děloha, játra, plíce, ledviny, slezina; vazivový skelet kosterních svalů;	*"kostra" buněčných orgánů ;Jedná se o tzv.kolagen ran a defektů (v hojící tkáni se tvoří jako první)*
IV.typ, V. typ	*Bazální membrány oddělující některé buňky od pojiva, placenta, plodové obaly*	*Málo spolehlivých údajů*

Tabulka č.: 2

Typy kolagenu [19]

Další bílkovinou, která tvoří základ fibrilárních struktur pojivových tkání a tím určuje jejich vlastnosti, je **elastin**, hlavní součást **elastických vláken.** Molekula elastinu je složena z podjednotek tropoelastinu. Mikrofibrily elastinu nejsou, na rozdíl od mikrofibril kolagenu, výrazně směrově orientovány, tudíž jejich mechanická pevnost v

tahu je minimální. Základní biomechanickou vlastností elastinu je **pružnost**. Každá molekula elastinu se natahuje a smršťuje jako pružina a celý komplex molekul se chová jako pás gumy. Této vlastnosti je využito ve stavbě pohybového systému především v kombinaci s kolagenními vlákny. Elastická vlákna "temperují" vlastnosti kolagenu, snižují spotřebu energie potřebnou pro zpětnou deformaci vazivových struktur. Díky tomu se například protažený vaz, fascie nebo kloubní pouzdro s menší energetickou ztrátou vrací do svého původního stavu.Elastická vlákna jsou reversibilně roztažitelná až o 100-150%. Při větším natažení praskají a ve stáří jejich elasticita rychle klesá.
Převážně z elastických vláken (asi 71% hmoty) jsou tvořena lig.flava, spojující obratle.
[19,27,74]
Fyzikální vlastnosti pojivových tkání také určují minerály a anorganické složky. Nepoškozená pohybová soustava se chová jako diferencovaný funkční celek. To znamená, že i když je reakce pohybové soustavy celostní, intenzita rakce není ve všech skaldebních částech stejná.
[19,27]

4.2.1.1.1.2. ZÁKLADNÍ MECHANICKÉ VLASTNOSTI TKÁNÍ POHYBOVÉHO SYSTÉMU

Je nutné si uvědomit celou řadu odlišností živých biologických materiálů a jejich vlastností oproti materiálům technickým (umělým). Veškeré vlastnosti jsou výrazně interindividuální a závislé na okamžitém stavu osoby i na její komplexní historii (pohlaví, genetické předpoklady, věk, výživa, životní styl, pracovní zatížení aj.). Obecně je řadíme mezi materiály **viskoelastické**, **anizotropní** a **nehomogenní**. **Viskoelasticita** je vlastnost závislá na čase; chování viskoelastické tkáně je kombinací viskozity a elasticity a je charakterizována fenomény creep a relaxace, nelineárním průběhem zátěžové křivky závislé na době trvání a rychlosti deformace. Viskoelastický materiál, na rozdíl od elastického, vykazuje ztrátu energie ve formě tepla při každém zatížení. Příkladem viskoelastické tkáně je většina organických materiálů, jako jsou kosti, vazy, šlachy, pasivní svaly. **Anizotropními** materiály jsou takové látky, jejichž mechanické vlastnosti jsou různé z různých směrů působení (měření). V lidském těle nenalezneme žádnou izotropní látku, protože každá tkáň je vysoce specifická a schopná

odolávat specifickému zatížení. **Nehomogenita** biologických tkání znamená jejich nestejnorodost, nerovnoměrné rozložení hmoty. [67,69,106]

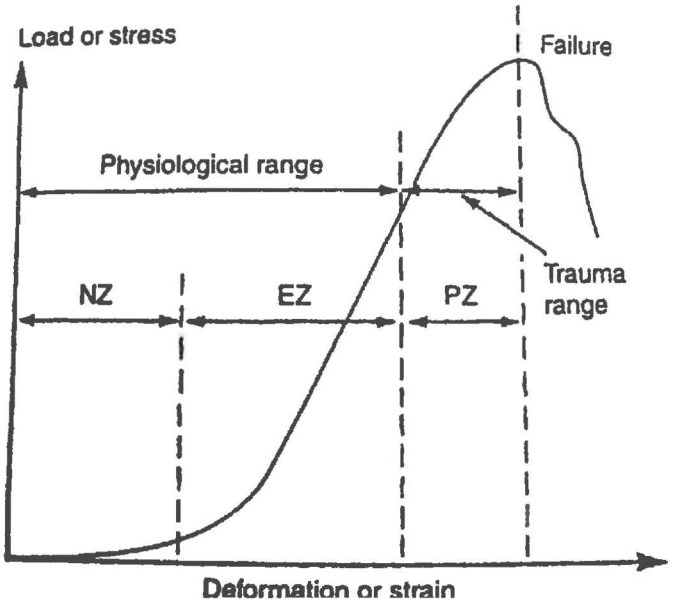
Mechanické vlastnosti biomateriálů jsou do značné míry dány stavbou a uspořádáním tkáně. Základním stavebním prvkem jsou vlákna elastinu a kolagenu. Elastin se vyznačuje značnou schopností elasticity - **elasticita** (pružnost) je schopnost materiálu vrátit se po odeznění vnější zátěže do původního tvaru (až 150%), kolagen naopak značnou **tuhostí** (zjednodušeně schopnost odolávat deformacím) a **pevností** v tahu (**pevnost** neboli mez pevnosti je mezní zatížení, které pokud je překročeno způsobí destrukci materiálu). **Plasticita** (tvárnost) je schopnost materiálu uchovat deformace i po vymizení vnější zátěže. Mez pružnosti je hraniční hodnota napětí tvořící přechod mezi deformacemi pružnými a plastickými. [67,69,106]

Míra zastoupení jednotlivých vláken a jejich prostorové uspořádání výrazně určují výsledné mechanické vlastnosti, které jsou navíc ovlivněny množstvím amorfní mezibuněčné hmoty – především tekutiny a např. u kosti přítomností minerálních látek. [67,69]

Relaxace a creep

Jsou dlouhodobé odezvy viskoelastických materiálů, za které považujeme i biologické tkáně a orgány. Při aplikaci vnější síly v průběhu času, se při nezměněných podmínkách projevuje pozvolný nárůst deformace, který nazýváme tečení neboli creep. Po uplynutí určitého času se deformace (či zátěžná síla) ustálí na konstantní hodnotě. Tzv.creepový efekt je volné protahování, resp.stlačování v čase při stále stejné, konstantní zátěži. Napěťová relaxace znamená klesání tahu v čase při konstantním prodloužení. [69,67] V praxi to znamená například to, že je-li vazivová tkáň nadměrně zatěžována, lze očekávat změnu struktury, tedy změnu deformační.

Biologické tkáně se vyznačují viskoelastickými vlastnostmi a nelineárním průběhem zátěžové křivky [67]:



Obrázek č. 7.

Zátěžová křivka.

Převzato z [69]

Únava materiálu je snižování meze pevnosti způsobené cyklickým opakováním působení vnější zátěže. Mez únavy je hodnota mechanického napětí, která pokud není překročena, je možné materiál zatěžovat neomezeným počtem cyklů. Cyklická zátěž může být popsána nejrůznějším průběhem opakujícího se silového zatížení – např. obdélníkový, trojúhelníkový, sinusovka či jejich libovolná kombinace. Obecně je považován za harmonický takový průběh působících sil, který je možné rozložit na součet několika goniometrických funkcí s rozdílnou amplitudou a frekvencí. Podle porovnání smyslu a velikosti amplitudy a střední hodnoty rozeznáváme různé typy cyklického zatížení.[69,106,67]

Nadměrná zátěž vazivové a svalové tkáně nad fyziologickou mez v rámci cyklického zatížení musí nutně vést k deformačním změnám. Tyto se pak projeví na změně funkce pohybového systému v jeho jednotlivých částech i celku.

4.2.1.1.2. KOSTI

Pro efektivní a přitom rozmanitý pohyb je nezbytná pevná opora – jakýsi "pevný bod v prostoru", na který se upínají svaly. Z funkčního i vývojového hlediska členíme kostru na **osový skelet** (lebka, páteř, kostra hrudníku) a **skelet končetin** (kostra pletence horní a dolní končetiny a kostra volných končetin). Kost je vždy účastníkem pohybu, byť pasivním. Každý pohyb má také na kost a přeneseně na celý skelet svůj vliv. Kosti tvoří kostru těla a kostní tkáň patří mezi nejtvrdší ze všech pojivových tkání. Kostní tkáň se zkládá z osteocytů a mezibuněčné hmoty, která obsahuje složku organickou – ossein a složku anorganickou – minerální. Minerální složka dodává kosti tvrdost a pevnost při zachování určité pružnosti, která je podmíněna složkou organickou. [19,27,74]

Podle uspořádání kolagenních fibril rozlišujeme kost vláknitou, v níž tvoří fibrily nepravidelné pletivo a kost lamelární, kde je kostní hmota uspořádána do lamel. Kosti dospělého jedince jsou téměř výhradně tvořeny kostí lamelární. Rozlišujeme hutnou kostní tkáň (kortikální, kompaktní kost) a houbovitou kostní tkáň (spongiózní kost, trámčina). **Kortikální kost** je hustá, vysoce kalcifikovaná a konstruována tak, aby vzdorovala kompresivnímu zatížení. Schopnost odolávat zatížení v tahu a torzi je daleko menší. Na koncích dlouhých kostí a na místech připojení šlach a vazů je **kost spongiózní**. Uspořádání a průběh jejich trámců odpovídá převažujícímu směru sil, které kost zatěžují. Působí jako přenašeče zatížení z kloubní plochy do níže položené diafyzální kortikální kosti. Stejně jako při přetížení celé kosti je důsledkem je fraktura, při přetěžování trabekul v mikroskopickém měřítku vznikají mikrofraktury. Mezi mechanickými vlastnostmi kostí vyniká tedy zejména pevnost, která je dána strukturou kostní tkáně a tvarem celé kosti. Svoji mikrostrukturou se navzájem odlišují kosti různých míst pohybového aparátu a dochází také k "pevnostní specializaci" uvnitř jedné, anatomicky ohraničené kosti. [7,42,19,27,67]

Ačkoliv je tvar a velikost kosti geneticky determinován, konečná podoba je ovlivněna působením vnějších faktorů. Kost je formována v závislosti na zatížení. [19,74] S tímto faktem souvisí i to, že značný vliv na tvar kosti a její morfologickou zralost má ontogeneze posturální funkce fázických svalů. Kolář tvrdí [48], že **formativní vliv svalů** ovlivňuje vývoj všech anatomických struktur, jako například úhel anteverze krčku femuru, kolodiafyzární úhel, rotaci bérců, úhel tibiálního plató, podélnou a příčnou

klenbu nohy, horizontální postavení klíčních kostí a vývoj jejich torze, fyziologické zakřivení páteře atd.. znamená to, že vlivem dozrávání posturálních funkcí fázického systému (ve čtyřech letech) jsou vytvořeny i předpoklady k plné morfologické zralosti skeletu. [48]

Jako příklad nám může sloužit morfologie nohy. V novorozeneckém období podélná osa kalkaneu odstupuje v závislosti na podélné ose talu laterálně a pata má vysoké postavení, protože kalkaneus se ještě neposunul pod talus. Svou pozici pod talem získává kalkaneus teprve až v souvislosti s posturálním vývojem funkce krátkých svalů nohy a také bércových svalů. Pozice (držení) je změněna vývojem svalové funkce. Držení klenby je proto zajištěno teprve ve čtyřech letech, kdy je dokončen vývoj posturální funkce všech svalů, které ji zajišťují. [48]

Dalším příkladem je vývoj anteverzního a kolodiafyzárního úhlu kyčelních kloubů. V novorozenecké fázi vývoje není ještě k dispozici posturální funkce abduktorů a zevních rotátorů kyčelního kloubu. Ta se objevuje v určitých porcích okolo šestého týdne života. Posturální aktivita těchto svalů umožňuje nejen změnu držení, ale ovlivňuje i tvar anteverzního a kolodiafyzárního úhlu. Za předpokladu, že není tato funkce k dispozici, dojde v kyčelním kloubu ke zvýšené anteverzi a valgozitě. [48]

4.2.1.1.3. SVALY

Svalová tkáň je typická svou dominantní vlastností – kontraktilitou, která generuje sílu. Svalová tkáň obecně zajišťuje řadu funkcí. Mění tvar orgánů i celého těla, umožňuje pohyb, účastní se přijímání potravy, dýchání a rozmnožování a umožňuje verbální i neverbální komunikaci.

U obratlovců rozlišujeme čtyři typy svalové tkáně, lišící se stavbou, funkcí, lokalizací a typem řízení:

- Orgánová, hladká svalovina (svalovina stěny orgánů a cév). Základní stavební jednotkou je svalová buňka, kontrakce je vyvolána podněty vedenými autonomními vlákny, hormony nebo mechanickými stimuly;
- Kosterní, příčně pruhovaná svalovina (svalovina převážně začínající a upínající se na kostře a svalovina ve stěně některých trubicovitých orgánů). Základní

stavební jednotkou je mnohojaderné svalové vlákno. Kontrakci vyvolávají podněty vedené míšními nebo některými hlavovými nervy;

- Srdeční, příčně pruhovaná svalovina (svalovina srdeční stěny a tzv.excitomotorického srdečního systému). Základní stavební jednotkou je svalová buňka, obsahující příčně pruhovaná myofilamenta. Kontrakce je automatická, vyvolaná iontovými přesuny.
- Nespecifický kontraktilní systém (systém endotelových a myoepitelových buněk ve stěnách cév a žláz).

Obecnou vlastností všech čtyř typů svaloviny je schopnost zkrácení – smrštění – kontrakce. Morfologickým předpokladem této schopnosti je především existence tzv.kontraktilních proteinů – myozinu a aktinu, tvořících základ myofibril svalových vláken nebo svalových buněk. Podmínkou každého řízeného pohybu je existence specificky dráždivé plazmalemy, schopné iniciovat kontrakci, obvykle na podnět přiváděný nervem. [7,19]

4.2.1.1.3.1. STAVBA A ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI PŘÍČNĚ PRUHOVANÝCH SVALŮ

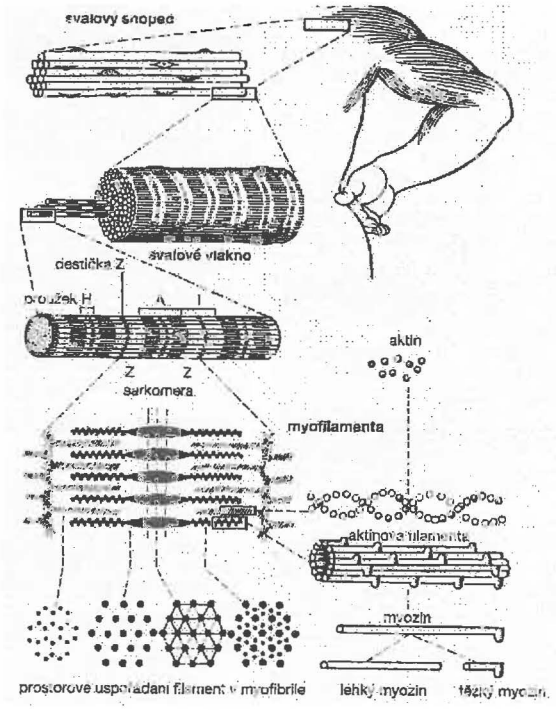
Kosterní sval je funkční, aktivní složkou a výkonným orgánem pohybového systému. Příčně pruhovaný sval se většinou svou šlachou upíná ke kosti, některé svaly sice na kosti začínají, ale upínají se do kůže (např. svaly mimické), jiné svaly se upínají do kloubních pouzder či fascií. V místě úponu sval generuje pohyb. Svaly jsou jediným efektorem , který má organismus k dispozici. Svaly nejsou na těle rozloženy rovnoměrě. Přibližně 56% hmotnosti svalů připadá na svaly dolních končetin, 28% na svaly horních končetin a 16% na svaly hlavy a trupu. [7,19,74]

Kosterní sval je tvořen třemi složkami (obrázek č.1.)**:**

- Základní anatomickou jednotkou kosterního svalu jsou **příčně pruhovaná svalová vlákna – myofibry**, na jejich povrchu je sarkolema a uvnitř v sarkoplazmě mnohačetná jádra, buněčné organely a podélně uložená vlákénka -

myofibrily, kolem nichž jsou podélně i příčně orientovaná sarkoplasmatická retikula ("zásobárna" vápenatých a hořečnatých iontů). Tmavé a světlé úseky myofibril vytvářejí příčné pruhování. Úseky myofibryl vytvářejí sarkomery – kontraktilní jednotky svalových vláken. Sarkomery se skládají z bílkovin Aktinu a Myozinu, které realizují kontrakci sarkomery. Pomocí těchto bílkovin se realizuje zkrácení svalu a generace tahu. Sval má také schopnost vracet se do své původní délky – je pružný. Na molekulové úrovni tuto elasticitu zajišťují zejména bílkoviny titin a nebulin. [19,42]

- **Vazivo** (Endomysium je řídká vazivová tkáň, která vyplňuje prostor mezi těmito vlákny. Silnější pojivovou tkání je perimysium, které obklopuje jednotlivé svalové fascikly a je spojeno s epimysiem, které obaluje celý sval).
- **Logistické komponenty (cévy a nervy).** [19]



Obrázek č.:1 Stavba kosterního svalu. Přejato z [19]

Z hlediska makrostruktury rozlišujeme ve kosterní sval na tři části:

- Začátek svalu – origo (obvykle proximální část svalu, kterou je sval pomocí šlachy připojen ke kosti)
- Hlavu svalu – caput musculi (masitá část svalu)
- Úpon svalu – insertio (místo připojení svalu ke kosti)

[7,19,74]

Tvary svalů mohou být dle směru průběhu svalových vláken různé:

- Vřetenovitý sval – nejčastější typ, může mít více hlav (m.biceps brachii, m.quadriceps, ..)
- Plochý sval – tenké bříško rozprostřené do plochy (svaly břišní stěny, m.platysma)
- Kruhovitý sval – snopce stočeny do kruhu (svaly kolem tělních otvorů – např.: m.orbicularis oculi)
- Svěrače – podobný kruhovitému svalu, obtáčí nějaký vývod (Např.: m.sphincter urethrae)
- Tvary svalů a z nich odvozené názvy odpovídající geometrickým tvarům a sněrům (Např.: m.piriformis – hruškovitý, m.gracilis – štíhlý)

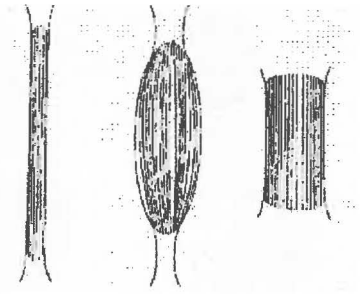
[7,19,74]

Vnitřní prostorové uspořádání svalových vláken uvnitř svalového bříška a jejich sklon vzhledem k úponové šlaše rozhoduje o výsledném směru tahu svalu. Toto uspořádání je různě komplikované a nazývá se zpeřenost svalu (pennation). [28,42]

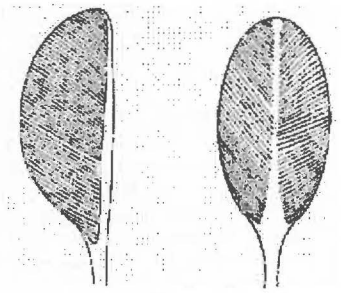
Podle strukturálního uspořádání svalových vláken tedy rozlišujeme svaly nezpeřené a zpeřené:

Nezpeřené svaly – mají svalové i šlachové snopce uspořádané paralerně, tj.ve stejném směru = ve směru tahu svalu, ve směru podélné osy svalu. Na svalové snopce navazují šlachy. Jedná se např. o m.rectus abdominis, m.sartorius, biceps brachii. (obrázek č.2)

Zpeřené svaly – mají svalové snopce uspořádány šikmo k průběhu hlavního tahu svalu, nebo-li svalová vlákna uvnitř svalu odstupují v určitém úhlu od podélné osy svalu. Každé svalové vlákno ve zpeřeném svalu sbíhá k jedné či více šlachám. Podle toho, zda je šlacha umístěna uprostřed sbíhajících se svalových snopců nebo je posunuta k jednomu okraji svalu, rozlišujeme svaly dvouzpeřené, jednozpeřené nebo mnohozpeřené. Jedná se například o m.tibialis posterior, m.rectus femoris, m.deltoideus. (obrázek č.3) [28,42]



Obrázek č.2
Nezpeřené svaly. Převzato z [28]



Obrázek č.3
Zpeřené svaly. Převzato z [28]

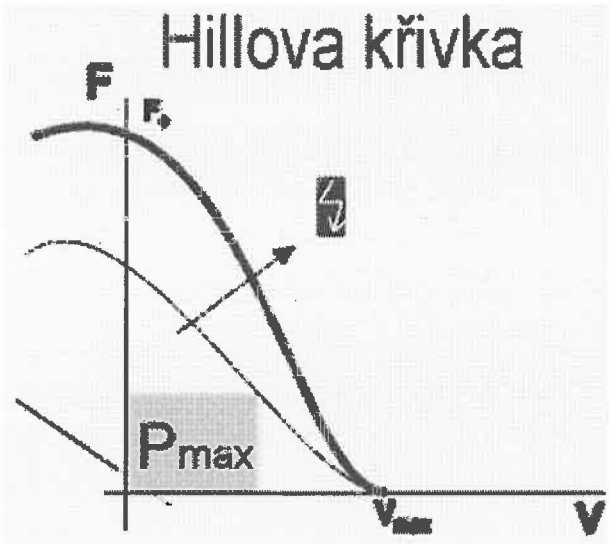
Toto rozdílné uspořádání svalových vláken uvnitř svalu a orientace svalových vláken vůči svalovým šlachám ovlivňuje sílu svalové kontrakce a rozsah pohybu v příslušném pohybovém segmentu. Pokud dojde k svalové aktivitě ve svalu s paralerním uspořádáním svalových vláken, nedochází primárně ke zkrácení svalu jako výsledek zkrácení délky svalových vláken. Pokud však dojde ke zkrácení svalových vláken ve zpeřeném svalu, výrazně se zvětšuje úhel udstupu od šlachy a svalová vlákna rotují okolo šlachově – svalových spojů. Svaly s paralerně uspořádanými svalovými vlákny umožňují provést větší rozsah pohybu daného segmentu než srovnatelně velké zpeřené svaly. Vzhledem k délce svalu je možný rozsah zkrácení zpeřeného svalu vždy menší než u svalu s vlákny paralerními. Zpeřené svaly díky svému vnitřnímu uspořádání a většímu množství svalových vláken jsou schopny vygenerovat větší svalovou sílu.
[28,42]

Funkcí svalů dochází k vzájemnému přibližování úponových kostních struktur, čímž je v globální pojetí organismu umožněn pohyb jednotlivých částí těla nebo jejich stabilizace. Svaly fungují jako dynamické – stále aktivní stabilizátory, a tímto způsobem doplňují statickou stabilizační funkci vazů. Svaly se mohou zkrátit až o 50 % své původní délky. Napětí vznikající při kontrakci svalu může být aktivní nebo pasivní. Aktivní tonus vytvářejí kontraktilní elementy, jmenovitě aktin a myozin a pasivní tonus určují elastické vlastnosti nekontraktilních tkání uvnitř svalu. Síla svalové kontrakce je vztažena k mnoha faktorům včetně délky trvání, rychlosti kontrakce a směru, kterým se tkáň při kontrakci pohybuje. [19,27,42]
Svalové kontrakce tak rozdělujeme na **koncentrické** (zkrácení), **excentrické** (prodloužení) a **izometrické**, kdy se délka svalu nemění. [74]

Svalová vlákna inervovaná z jednoho motoneuronu tvoří **motorickou jednotku**. Motorická jednotka je základní strukturálním i funkčním prvkem motoriky. Počet vláken v jednotce se velmi liší a záleží na jemnosti pohybu svalu. Nejmenší jednotky jsou zřejmě v okohybných svalech (kolem deseti), největší v zádových svalech (až dva tisíce). Svalová vlákna jedné motorické jednotky jsou uspořádána difusně ve větší části svalu. To umožňuje, aby při určitém napětí svalu mohly pracovat jen některé jednotky a ostatní „odpočívaly", přičemž se v aktivitě postupně střídají. (více o funkci motorických jednotek v kapitole 5.2.) [42,95]

Hillova rovnice a křivka svalové kontrakce. Hillova rovnice vychází z energetické bilance svalové kontrakce, při které se kromě vlastní mechanické energie uvolňuje v důsledku probíhajících chemických reakcí také teplo. Výkonová bilance při zavedení konstant úměrnosti pak představuje vlastní Hillovu rovnici. Zobrazením Hillovy rovnice v souřadném systému v-F (rychlost-síla) je Hillova křivka popisující výkonové charakteristiky kosterního svalu. Popisuje funkci svalu v brzdném a hnacím režimu a je z ní možné odvodit aktuální mechanický výkon produkovaný svalem v závislosti na vnější zátěži a aktivním stavu svalu. Při zvýšené míře stimulace se zvyšuje izometrická síla, maximální rychlost kontrakce ale zůstává stejná. S přibývající schopností konat velmi rychlou kontrakci klesá schopnost přenášet vyšší silové zatížení. Každý bod na křivce příslušející určitému stupni stimulace představuje vlastní režim kontrakce.

Plocha obdélníku tvořená součinem velikosti síly a rychlosti (F.v) odpovídá příslušnému výkonu. Maximální výkon je dosažen při zatížení svalu třetinovou silou, než je síla odpovídající maximální izometrické kontrakce při daném stupni stimulace. Účinnost svalu je asi 17%. [67]



Obrázek č.4.
Hillova křivka. Převzato z [67]

Vlastnosti pasivního a aktivního svalu. Pevnost v tahu neaktivního svalu je závislá na pevnosti konstrukčních a podpůrných struktur (sarkolema, vazivo) a na pevnosti vnitřních struktur svalového vlákna. Aktivní sval se vyznačuje vyšší tuhostí než sval pasivní (bez volní nervosvalové stimulace). Tuhost svalu narůstá se stupněm excitace. Nárůst síly, kterou je sval schopen přenášet aktivní kontrakcí, je závislý na míře aktuálního protažení svalu. Schopnost svalu působit aktivní sílu pro přenášení břemene totiž závisí na míře zasunutí aktomyozinového komplexu, tedy na délce sarkomery. Viskoelastické vlastnosti svalu umožňují svalu měnit v rámci časové závislosti svůj tvar, délku. [67,27,7,106,74]

Rozdělení svalů z hlediska funkce, pracovní režim svalů, popis řízení svalové činnosti bude obsahem kapitoly číslo 4.2.2. Neuro – anatomické podklady řetězení.
Dělení svalů z hlediska jejich mikrostruktury na základě mikroskopických, histochemických a fyziologických vlastností svalů není předmětem této práce. Případně bych odkázala na literaturu ze seznamu citované literatury, např. 7,19,74,82.

4.2.1.1.4. VAZY

Vazy představují pasivní stabilizátory kloubů a umožňují vzájemné připojení svalové a kostní tkáně a také komunikaci kostí navzájem. Vazy a další struktury kloubního pouzdra jsou tvořeny tuhou vazivovou tkání. Ligamenta obsahují kolagenní fibrily a různé množství fibril elastických. Převažující množství kolagenních fibril zajišťuje pevnost v tahu a elastické fibrily dodávají vazivu pružnost. Snopce kolagenních vláken probíhají rovnoběžně ve směru působícího tahu, což zajišťuje značnou pevnost vazů při zatížení. Jakmile se vaz nebo tkáně kloubního pouzdra připojují ke kosti, dochází k postupné změně kolagenních vláken na vazivovou chrupavku, na zvápenatělou vrstvu chrupavky a konečně kost. Určení místa poškození určitého vazu závisí na délce trvání doby, během které byla tato struktura zatěžována. Vazy odolávají pomalé zátěži lépe než rychlému přetížení, a proto vede příliš prudké zatížení k poškození uvnitř vazů. Chronické přetěžování naproti tomu způsobí lézi poblíž úponu vazu na kostěný povrch. Vazy mají významný podíl na vytváření pasivních odporů kloubu. Vynikají pevnostními vlastnostmi. S ohledem na jejich pevnostně deformační charakter jsou viskózně elastickým materiálem. [19,27,42,69]

Některé vazy, jako např. ligamentum flavum mezi obratlovými oblouky, obsahují velké množství elastických fibril. Ligamentum flavum je díky obsahu elastických fibril velmi pružné, může být protaženo, ale nedokáže odolávat velkému tahovému zatížení. Naopak přední zkřížený vaz kolenního kloubu neobsahuje téměř žádná elastická vlákna, a proto může při malém prodloužení odolávat zatížení v tahu. Tyto vlastnosti předurčují přední zkřížený vaz jako výbornou stabilizační strukturu kolenního kloubu. Nejvíce uvolněné bývají vazy v polovině rozsahu pohybu kloubu. Přetržení vazu vede k velké nestabilitě kloubu a zvýšenému namáhání kloubních ploch, protože samotné pouzdro synoviálního kloubu je ve skutečnosti slabou vazivovou strukturou. Vazy mají velmi špatné cévní zásobení, a proto se poměrně obtížně hojí. [19,27,42,67]

4.2.1.1.5. SVALOVÉ ŠLACHY

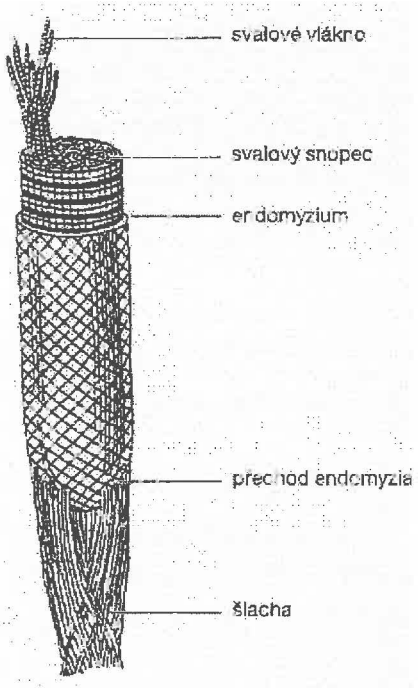
Šlachy – tendo - připojují svaly k dalším strukturám a jsou podobně jako vazy složeny z kolagenu, základní mezibuněčné hmoty a buněk. Ploché šlachy označujeme názvem aponeurózy. Kolagenní vlákna jsou orientována přísně lineárně ve směru tahu šlachy, protože šlachy byly navrženy k přenosu síly svalových kontraktilních tkání na kosti a další tkáně jako kůže a vazy, ke kterým se upínají. Kolagenní vlákna jsou u krátkých šlach uspořádána rovnoběžně a u dlouhých šlach lehce šroubovitě. Díky šroubovitému uspořádání je tahový záběr kontrahujícího se svalu měkký a pružný. Tato vlákna vytváří husté a silné svazky, mezi nimiž jsou stlačeny buňky šlachy. Jednotlivé svazky jsou pospojovány řídkým vazivem ve větší celky. Udává se, že šlachy dokážou odolávat nejméně 2x větší síle, než jsou svaly schopny vyvinout. Sval je upnut na kost prostřednictvím šlachy, vazy – ligamenta tvoří zesílená místa kloubních pouzder. Primární svazky kolagenních vláken jsou stočeny v sekundární svazky, podobně jako lano. Šlacha přechází ve vazivovou tkáň svalu. Reologické vlastnosti jsou silně závislé na podílu základních strukturálních komponent: kolagenu a elastinu. Liší se výrazně umístěním, stářím a zátěžovou historií. Vazy i šlachy jsou uzpůsobeny přenášení zatížení v tahu a vzhledem k viskoelastickým vlastnostem se projevuje jak tečení, tak zpevnění podle způsobu aplikace vnějšího zatížení.[27,42,19,106,67]

4.2.1.1.5.1. PŘECHOD SVAL – ŠLACHA

Šlacha tvoří se svalem funkční komplex se značnými viskoelastickými vlastnostmi. Podle uspořádání svalových vláken a jejich připojení ke šlaše je přenášena síla ze svalu na vlastní kost. [19]

Místem spojení svalu a šlachy je svalově-šlachová junkce (spojení). Vazivo kosterního svalu, především vazivo obalující svalová vlákna, přechází do vmezeřeného vaziva šlachy. Tento přechod neprobíhá v jedné rovině, ale svalová vlákna a vlákna šlachy se mezi sebe schodovitě zasouvají. Tah svalových snopců je proto při kontrakci přenášen plynule a kaskádovitě na vazivo svalu, na vazivo šlachy a teprve potom na vlastní vlákna šlachy. Toto zajišťuje nejen obrovskou pevnost tohoto spojení (sval se trhá dříve než místo přechodu), ale také pružný a elastický přenos síly svalové kontrakce na skelet.

Svalově-šlachové jednotky představují tahové struktury, a proto mohou být poškozeny uvnitř svalu, v místě úponu na kost nebo v oblastijejich spojení. K porušení obvykle dochází v místě přechodu dvou odlišných materiálů (tj. svalově – tendinózní spoj).



Obrázek č.5.
Přechod šlacha – sval.
Převzato z [19]

Některé šlachy jsou obklopeny tubulárním pláštěm, nazývaným šlachová pochva nebo vagina synovialis. Toto "pouzdro" má dvojitou stěnu, tvořenou dvěma do sebe přecházejícími synoviálními listy. Pochvy se vytvářejí především v místech průchodu dlouhé šlachy úzkým osteofibrózním kanálkem a často jsou pokryty ještě fibrózním obalem. Zajišťují plynulý a klouzavý pohyb šlachy, protože slouží jednak jako vodiče a zároveň k promazávání šlach při pohybu. Při zánětu šlachové pochvy dochází k zaseknutí nebo omezení pohybu šlachy a klinicky závažné může být charakteristické šíření tohoto zánětu v průběhu pochvy na vzdálenější místa. [27,19,42,107]

4.2.1.1.5.2. SPOJENÍ ŠLACHA-KOST, KOST-ŠLACHA.

Spojení šlachy a kosti – svalový úpon (insertio) nebo svalový začátek (origo) se realizuje buď pomocí periostu nebo přímým přechodem vláken šlachy do kostní kompakty. Do periostu kosti se upínají především šlachy oválného a kruhovitého průřezu a šlachy jdoucí do oblasti kostních diafýz, např.m.pectoralis major. Tento klasický úpon šlachy do kosti má centrální a periferní zónu. Do kostní kompakty se přímo upínají šlachy těch svalů, které jdou do míst nekrytých periostem. Jde o místa typu drsné čáry na stehenní kosti a jiné drsnatiny a hrboly, kde koncová vlákna plošších úponových šlach jsou přímo zalita do mineralizované kostní kompakty. [19,27]
Úpon šlachy svalu ke kosti není nikdy v jediném bodě, ale tvoří různě velikou plošku,

což trochu komplikuje a zhoršuje přesnost výpočtů sil, které zde působí. Navíc, část vazivových vláken šlachy zarůstá do kostní tkáně, druhá část přechází do okostice, čímž se tah šlachy přenáší a rozkládá na poměrně velkou plochu kosti. Vzdálenost úponu svalu od osy kloubu, kolem které se děje pohyb, je rozhodující pro výpočet síly, kterou sval působí rotační pohyb v kloubu. Je to rameno páky, jehož délka určuje velikost vyvinuté síly. Úhel úponové šlachy svalu k podélné ose kosti, ke které se šlacha upíná, je druhým faktorem pro výpočet síly. Čím kolmější tento úhel je, tím větší sílu k pohybu kosti sval vyvine. Největší sílu tedy budeme očekávat při úhlu 90 stupňů. Tento úhel se během pohybu pochopitelně mění. [7,19,27,42,67,74]

4.2.1.1.6. FASCIE

Fascie jako integrální součást svalového systému nejsou v našem patogenetickém uvažování začleněny tak, jak by si to zasloužily přesto, že jedna z nejužívanějších terapeutických technik, myofasciální uvolnění, myofascial release, předpokládá přímé ovlivnění fascie a je také více než pravděpodobné, že i při postizometrické relaxaci působíme významně na fascii. Ostatně správná funkce fascie je základním předpokladem správné funkce svalu. [39]

Rozlišujeme tři druhy povázek: povrchová, hluboká a subserózní fascie, které jsou tvořeny řídkou až hustou vazivovou tkání. Povrchové fascie obalují jednotlivé svaly, celé skupiny svalů a povrch těla nebo jeho části. Hluboká fascie leží pod povrchovou a subserózní fascií a obklopuje hrudní, břišní a pánevní orgány.

Povrchová fascie je řídká a velmi tenká vrstva připojená ke spodní vrstvě kůže, obsahující tuk, cévy a nervy.

Hluboká fascie má hustou konzistenci, je tuhá a skládá se ze dvou vrstev. Perimysium, perichondrium a periost představují nejhlubší vrstvy hluboké fascie. Tato fascie slouží k propojení různých svalových skupin, a proto je-li tažena zkráceným svalem, může vyvolat tah ve vzdálených oblastech. Hluboká fascie odděluje svalové skupiny zajišťující stejnou funkci, např. flexory a extenzory nohy a některé svaly mívají v této fascii svůj počátek. [27,39,74]

4.2.1.1.6.1. FUNKČNÍ ANATOMIE FASCIÍ

Vazivo na povrchu většiny svalů (perimisium externum) souvisle pokrývá svaly a formuje povázku svalovou – fascii. Perimysium internum (endomysium)– vazivo obalující jednotlivá svalová vlákna – orientací svých vláken přispívá ke správné funkci vláken svalových. Fascie obalují nejen jednotlivé svaly, ale i celé svalové skupiny a povrch každého oddílu těla. Tato fascie se pak nazývá fascie povrchová. Pomocí vazivových přepážek – sept – ohraničují i různě velké prostory (osteofibrózní kanály a fasciální prostory), ve kterých leží celé skupiny svalů, často představující určité funkční celky. Fascie chybí pouze u svalů mimických a u zevního svěrače konečníku. V kontaktních štěrbinách mezi fasciálními prostory probíhají kmeny a cévy nervů. Dále viz kapitola 4.1.1.5. [7,19,74]

4.2.1.1.6.1.1. FASCIE HLAVY A KRKU

Hlava nemá diferencovaný souvislý fasciální kryt. Mimické svaly se upínají přímo do kůže, nemají svou fascia propria – s vyjímkou m.buccinator a ani v obličeji není proto vytvořena fasciální vrstva. To má praktický vliv v tom, že na obličeji nejsou vytvořeny přirozené překážky proti šíření hnisavých procesů.

Žvýkací svaly mají fascie dobře vytvořené, v některých místech od nich svalové snopce přímo začínají.

Nejvýraznější fascií hlavy je **fascia temporalis** – tuhá aponeuróza začínající od os frontale a parietale. Štěpí se na dva listy - lamina superficialis a profunda, které se upínají na zevní a vnitřní okraj arcus zygomaticus. S horním okrajem splývá galea aponeurotica.

Fascia parotidea splývá zčásti s **fascií masseterica** kryjící m.masseter. Kaudálně přechází fascia masseterica do povrchové krční fascie.

Fascia buccopharyngea kryje m.buccinator. Přechází do vaziva hltanu. [7,19,74]

Fascia interpterygoidea je vazivová ploténka mezi oběma mm.pterygoidei. Nejde o pravou fascii, někteří autoři ji ani neřadí mezi fascie [19]. [7,74]

Krční fascie se dělí na **Fascia colli superficialis,** která je rozepjata od okraje mandibuly, processus mastoideus a occiputu až po incisura jugularis sterni, clavikulu a acromion. Zaujímá do sebe m.sternocleidomastoideus a m.trapezius. Obaluje tedy krční svaly, kromě m.platysma, který je povrchněji. V rozsahu m.trapezius se nazývá **fascia nuchae.** Kaudálně přechází v povrchovou fascii hrudní a ve fascii deltového svalu. Srůstá se zevní plochou jazylky, čímž je rozdělena na **pars suprahyoidea** – kryje suprahyoidní svaly a **pars infrahyoidea** – jde na přední plochu sterna a klavikuly a bez ostré hranice pokračuje ve fascia pectoralis.

Fascia colli media (fascia/lamina praetrachealis) jde jako široký trojúhelník od jazylky po infrahyoidních svalech, které spojuje, obaluje a s nimiž se upíná na zadní plochu sterna, dorzolaterálně splývá a fascií superficialis cervicales, je připojena i k hluboké krční fascii.

Fascia colli profunda (fascia/ lamina praevertebralis) kryje hluboké-praevertebrální svaly krční a laterálně přechází na mm.scaleni – **fascia scalenorum,** m.levator scapulae a kryje pak pod m.trapezius i hluboké svalstvo šíjové. Pruh mírně zesílené fascie jdoucí od příčného výběžku 6.a 7. krčního obratle na první žebro se nazývá **Sibsonova fascie.** [7,19,74]

4.2.1.1.6.1.2. FASCIE HRUDNÍKU A BŘIŠNÍ FASCIE

Hrudní fascie – fasciae thoracis jsou nepříliš silné povázky kryjící zevní a vnitřní povrch hrudní stěny.

Fascia pectoralis superficialis začíná na sternu a klavikule, kryje m. pectoralis major, kaudálně přechází bez ostré hranice do fascia superficialis abdominis. Laterokaudálně přechází do tenké fascie kryjící m.serratus anterior a dále dorzálně přechází ve fascii dorsi superficialis. Přes sulcus deltoideopectoralis – přes úponovou část m.pectoralis major přechází do fascie kryjící m. deltoideus. V podpažní jamce expanduje do axilární fascie.Z okraje plica axillaris anterior přechází na m. latissimus dorsi dvěma zesílenými oblouky: arcus axillaris anterior na mediální straně jámy podpažní a arcus brachialis, který na paži přebíhá napříč přes nervově cévní svazek pažní. Oba fasciální oblouky mohou být zesíleny i snopci svalovými. Mezi těmito dvěma oblouky leží fascie axilární,

jež je řídká a mnohonásobně proděravělá – lamina cribrosa – prostupy cév a uzlin mízních. [7,19,74]

Fascia clavipectoralis (fascia pectoralis profunda) je hluboký fasciální list uložený pod m. pectoralis major. Začíná na klavikule, zaobaluje m. subclavius a přechází na m. pectoralis minor. Z jeho laterálního okraje pokračuje až na m.coracobrachialis. Mediálně a kaudálně se fascie vytrácí v perichondriu žeberních chrupavek, splývá s fasciemi mezižeberních svalů a kaudálním směrem se spojuje s povrchovou fascií m.pectoralis major a spojené fascie pokračují do povrchové fascie břišní. V místě sulcus deltoideopectoralis je tato fascie proděravěna prostupem v.cephalica a arteria thorakoacromialis. Laterální část fascie – mezi.m.pectoralis minor a coracobrachialis tvoří vnitřní ohraničení přední axilární řasy.

Fascia endothoracica- hluboká hrudní fascie- je jemná, vystýlá celou dutinu hrudní včetně hrudní plochy bránice. [7,19,74]

Fascie břišní – fasciae abdominis.

Fascia abdominis subcutanea je podkožní břišní fascie, zahuštěná vrstva vaziva uložená asi ve dvou třetinách tloušťky tukového podkožního vaziva. Kraniálně se vytrácí v úrovni pupku. Kaudálně překračuje lig.inguinale a srůstá s povrchovou fascií stehna – fascia lata femoris. [7,19,74]

Fascia abdominis superficialis je vlastně fascie m.obliquus externus abdominis, který kryje v celém jeho rozsahu. Je pevně přirostlá na crista iliaca, na spina iliaca anterior superior, na lig.inguinale a na linea alba. [7,19,74]

Fascia transversalis (endoabdominalis) pokrývá vnitřní povrch břišní stěny. Je sice převážně fascií m.transversus abdominis, ale pod tento název se zahrnuje i fascie na spodní ploše bránice, fascie m.quadratus lumborum a fascie m.iliopsoas. Má tedy úsek brániční, lumbální, transversální a iliacký. Kaudálně z ní pokračuje fascie vystýlající dno pánevní. M.transversus a m.obliquus internus abdominis nedosahují až na lig.inguinale, fascia transveralis až k němu dosahuje a je v těchto místech silnější. Zesílení políčko v oblasti pupku považujeme za fascia umbilicalis. [7,19,74]

Aponeurotické útvary břišní stěny – linea alba, vagina musculorum rectorum.

Linea alba je vazivový pruh vzniklý spojením pochev obou přímých břišních svalů. V horní části je širší, ale tenčí, kaudálně se zužuje a nabírá na tloušťce. Je rozepjata od ventrální plochy proc.xyphoideus a upíná se na kraniálním okraji symfýzy a na přilehlých částech os pubis, kde tvoří lig.triangulare. Povrchová fascie břišní adheruje k linea alba v celé její délce. [74]

Vagina musculorum rectorum – pochva přímých svalů břišních tvoří hutné vazivové pozdro zaobalující mm.recti abdominis. Pochva má list přední a zadní. V horní části břišní stěny je přední list tvořen aponeurózou m.obliquus externus abdominis a předním listem aponeurózy m.obliquus internus abdominis. Zadní list je tvořen zadní částí aponeurózy m.obliquus internus abdominis a aponeurózou m.transversus abdominis. V dolní části břišní stěny je přední list tvořen aponeurózou m.obliquus externus abdominis a aponeurózou m.transversus abdominis. Zadní list je tvořen pouze endoabdominální fascií, přechod je ostrý.

Všechny aponeurotické listy pochvy přímých břišních svalů se ve střední čáře spojují a vytvářejí lineu albu. [74]

4.2.1.1.6.1.3. FASCIE ZÁDOVÉ

Fasciae dorsi jsou slabé vazivové listy. V podstatě jde o vlastní fascie jednotlivých svalů. Fasciální charakter má pouze fascia thoracolumbalis, která má z hlediska fyzioterapie značný klinický význam a proto jí zde budu věnovat více pozornosti než fasciím ostatním. [19,39]

Fascia superficialis dorsi pokrývá povrch zad a je ve většině svého rozsahu totožná s fasciemi povrchových svalů zádových. V krajině týlní se nazývá **fascia nuchae** , pokračuje zpředu z povrchové fascie krční jednak na povrch m.trapezius a jednak pod povrch m.trapezius. Kaudálně přechází do fasciálního obalu m.latissimus dorsi. Kaudomediálně splývá s povrchovým listem hlubokých svalů zádových a jmenuje se fascia lumbodorsalis.

Fascia lumbodorsalis (thoracolumbalis, thoracodorsalis).

Funkčně patří thorakolumbální fascie do složitého systému, který se souhrnně nazývá

zadní vazivový systém. Tradičně pak se thorakolumbální fascie považovala pouze za strukturu, sloužící více méně jen pro začátek m. transversus abdominis, m. latissimus dorsi a snad i pro m.obliquus abdominis internus. V posledních letech se však zájem o ni podstatně zvýšil, a to hlavně pro její stabilizační funkci, kterou hraje zejména při předklonu a následném vzpřímení. [39]

Thorakolumbální.fascie přímo obaluje svaly lumbálního úseku. Z anatomického hlediska se dělí na dva listy, které mezi sebou obklápějí hluboké zádové svaly.

Povrchový list – **lamina superficialis** – je současně aponeurotickým začátkem m.latissimus dorsi, vychází od trnů hrudních a lumbálních obratlů a rozpíná se od lumbosakrální oblasti až do oblasti hrudní tak daleko, že dosahuje až k m. splenius, tj. do výše Th5. V lumbální oblasti se rozpíná od erektorů trupu od 12. žebra po crista iliaca a v sakrální oblasti pak od střední čáry až po spina ilica posterior superior cristae iliacae. Z hlediska statiky a dynamiky páteře, a tedy i klinické problematiky, je ,tato vrstva významnější, a proto se o ní v literatuře mnohem více diskutuje.

Hluboký list – **lamina profunda (aponeurosis lumbalis)** – je tuhá aponeurotická blána, která stojí frontálně před komplexem hlubokého svalstva zádového, mezi ním a m.quadratus lumborum. Tato vrstva je tenká, odvíjí se od fascie m. quadratus lumborum a upíná se ná přední plošky lumbálních transverzálních výběžků. Představuje vlasně laterální prodloužení ligg. intertransversalia.

Lamina profunda je připojena k posledním žebrům, na proc costarii bederních obratlů a na zadní okraj crista iliaca.Laterálně na zevním okraji hlubokého svalstva zádového, splývají spolu lamina superficialis a lamina profunda fasciae thoracolumbalis. Ze zevního okraje tohoto spojení začíná m.transversus abdominis. [7,19,39,74]

4.2.1.1.6.1.3.1. KLINICKÝ VÝZNAM THORAKOLUMBÁLNÍ FASCIE

Funkčně se někdy thorakolumbální fascie rozděluje na tzv aktivní a pasivní část. Aktivní je napojena na svalstvo, zvláště břišní, pasivní se rozprostírá mezi os ilium a trny L4 a L5 a přispívá tak ke stabilizaci lumbopánevní oblasti.

Klinicky je důležitá její stavba, neboť povrchnější vlákna probíhají kaudomediálně a hlubší kaudolaterálně, tedy výrazně mřížovitě. To vysvětluje její pružnost, ale také její značnou tendenci ke zkrácení.

Povrchový list tvoří aponeurotický začátek m. latissimus dorsi. Proto také změny m. latissimus dorsi, jako je např. jeho spasmus následkem přetížení při repetitivních pohybech horní končetinou, mohou vyvolávat poruchy v daleko větším rozsahu, než to odpovídá lokalizaci vlastního svalu. Tento sval tak přímo nebo nepřímo může způsobit symptomatologii od ramenního kloubu přes lopatku a střední hrudní páteř, thorakolumbální přechod až po segmenty lumbální a dále do oblasti pánve, zvláště v oblasti crista iliaca. Vliv m. latissimus dorsi cestou thorakolumbální fascie na pánev je tak silný, že - což je všeobecně známo - paraplegik se zachovaným m. latissimus dorsi, tedy s lézí pod C6, je schopen určité lokomoce pomocí rotace pánve. [39,7]

Dále lze vcelku shrnout, že thorakolumbální fascie, její povrchový a hluboký list, tvoří „retinaculum", do kterého jsou zádové svaly jakoby zabaleny. Je tedy nasnadě, že její retrakce může vést ke kompresi zádového svalstva se současným ovlivněním cirkulace cirkulace v těchto svalech. To ve svých důsledcích může vyústit v degeneraci svalových vláken. Tato koncepce by alespoň zčásti vysvětlila, proč při zkrácení zádových struktur dochází k oslabení zádových svalů. Lze si ovšem rovněž snadno představit opačný proces, že totiž naopak hypertonus a "ztluštění" vzpřímovačů trupu povede ke kompresi v silném a málo poddajném fasciálním vaku. [39,95]

Povrchový list představuje současně začátek m. transversus abdominis, což vysvětluje přímý vliv tohoto svalu na lumbální trny obratlové a tím na biomechaniku lumbální páteře. [7,39]

Tato tři základní fakta mají zásadní význam pro biomechaniku lumbální oblasti s přímými důsledky pro její kliniku ve vztahu k řetězení svalových dysfunkcí.

Thorakolumbální fascie představuje významného spoluhráče svalstvu na dorzální ploše trupu, a to zvláště při předklonu a zpětném napřímení. Působí jako součást mechanismu přídatných sil při předklonu, napřimování a zvedání břemen a to třemi mechanismy, Jandová popisuje takto [39]:

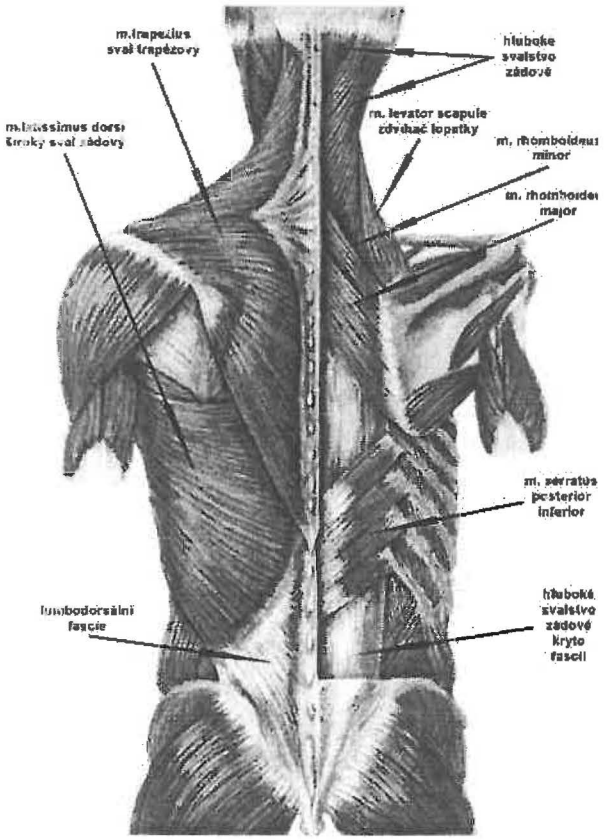
- Přímé napojení fascie na trny L4 a L5 a os ilium představuje základní fixační mechanismus lumbosakrální oblasti a doplňuje stabilizační funkci interspinosních a iliolumbálních vazů.
- Napojení fascie na m. transversus abdominis umožní jakési "protiflekční" působení m.transversus abdominis. Tomu napomáhá zmíněná mřížovitá struktura této fascie; která působí jako korzet, zabraňující klopení dolních

lumbálních obratlů a přispívá k jejich stabilizaci.

- Povrchová fascie působí jako vak zádových svalů, který v okamžiku svalové aktivity brání jejich rozpětí, a tím přispívá naopak k zvýšení jejich tenze, takže působí analogicky jako vazivový aparát.

Zvýšení tahu thorakolumbální fascie a následné zvýšení "protiflekční" schopnosti zádového svalstva, spolu s kontrakcí m. transversus abdominis umožňují dlouhotrvající tah nebo napětí thorakolumbální fascie během zvedání. Thorakolumbální fascie je v tomto smyslu účinná i v případě, kdy ostatní mechanismy - jako vazivový nebo svalový - jsou oslabeny. [39]

Thorakolumbální fascie je tedy strukturou, která se výrazně podílí na stabilizaci trupu a to zvláště při předklonu. Působením na břišní svaly přispívá k tomu, že se břišní svaly stávají současně stabilizátory trupu a tím ve skutečnosti synergisty zádových svalů. Z hlediska funkce a se zřetelem na dosažení maximální pevnosti páteře je třeba v pohybovém programu brát tuto synergistickou roli daleko více v úvahu než dosud. Jde vlastně o analogickou situaci, jako jsou vztahy mezi extenzory a flexory kolena pro zámkový kolenní mechanismus. Elastičnost thorakolumbální fascie je nezbytnou podmínkou pro správnou funkci jak veškerého zádového, tak ale i břišního svalstva. Proto terapeutické zaměření v tomto směru je zásadní, a to hlavně u chronických bolestivých syndromů, kde lze očekávat, že strukturální změny periferních tkání budou výrazné. Zkrácené ischiokrurální svaly při předklonu zabraňují anteversi pánve, tím přispívají k zvýšenému tahu na thorakolumbální fascii a tak mohou být zdrojem bolestí v kříži. [7,38,39,35]



Obrázek č.6. Thorakolumbální fascie.
Převzato z [85]

4.2.1.1.6.1.4. FASCIE HORNÍCH A DOLNÍCH KONČETIN

Fascie horních končetin. Povrchová fascie hrudní přechází na horní končetinu do fascie m.deltoideus, připojené k akromionu, klavikule a na spina scapulae. Zezadu na tuto fascii přechází povrchová fascie zádová. Z povrchu m.deltoideus pokračuje fascie na paži jako fascia brachii, dále fascia antebrachii a fascia manus. [7,19,74]

Fascie dolních končetin. Tyto fascie obalují v souvislé vrstvě svalstvo dolní končetiny a jsou označovány podle krajin, které kryjí, jako fascie hýžďových svalů a stehna, fascie bérce a fascie nohy. Fascie jednotlivých krajin v sebe navzájem přecházejí. [7,19,74]

4.2.1.2. VÝZNAM LOGISTICKÉ FUNKCE V ŘETĚZENÍ SVALOVÉHO HYPERTONU

„Logistickou infrastrukturu pohybové funkce" podle Véleho [96] tvoří zásobovací systém, zajišťující zásobování potřebnými chemickými látkami a udržuje konstantní podmínky pro práci vnitřního prostředí. [95] Základní procesy látkové přeměny se odehrávají v tekutinách – v krevní plazmě, v lymfě, v tkáňovém moku nebo v mozkomíšním moku. [19]

Logistika je řízena rozsáhlou sítí autonomního nervového systému, který je propojen autonomní neurony lokalizovanými v postranních rozích míšních a zajišťuje zásobování potřebnými látkami pro metabolické pochody a odstraňování metabolitů v jednotlivých tkáních a systémech organismu. Autonomní neurony ovlivňují tedy i cirkulaci a funkci vnitřních orgánů podle požadavků CNS. Tím vzniká obousměrný vztah mezi motorickými výkonnými orgány, pokožkou, vnitřními orgány a mozkem. [95]

Cévní zásobení svalu, jak krevními, tak lymfatickými cévami je pro funkci a trofiku svalu nezbytné. U zdravého svalu vede prolongovaná izometrická kontrakce svalu a extrémní zkrácení svalové fascie ke zvýšení napětí ve svalu, které postihuje především kapilární síť a venózní a lymfatický odvodní systém.[95]

Zásobení svalu arteriální krví s vyšším tlakem probíhá středem svalu. Odvod lymfatickými a venózními cévami prochází pod povrchovou fascií, která při kontrakci svalu tlačí na odvodní systém. Proto delší izometrická kontrakce zhoršuje podmínky venózního i lymfatického odvodu a to se projevuje nejprve únavou, poklesem síly, pocitem tlaku a nakonec bolestí až úplným selháním svalu. Lymfatický oběh odstraňuje ze svalu tkáňové zbytky vzniklé během pohybu. Poruchy lymfatického oběhu vedou k lokálnímu městnání v určitých úsecích svalu, hmatných jako zduřelé pruhy citlivé na palpaci. Např.u aktivního trigger pointu bylo biochemickým rozborem prokázáno hromadění humorálních mediátorů zánětu a cholinergních látek (interleukin, acetylcholin, serotonin, bradykinin, substance P, tumor necrosis faktor atd.), což je přisuzováno zejména lokální ischémii, hypoxii a následné lymfostáze a venostáze. [88,95,86,83]

Pro plynulé zásobení svalu je nutná rytmická kontrakce a relaxace svalu podporující periferní oběh. Motorický systém je podle kardiologů nazýván druhým, periferním srdcem. Oběhová insuficience způsobuje hypoxii projevující se v mírném stupni vznikem parestezie na akrech končetin, způsobené tlakem na nervová vlákna. Později přechází parestezie do bolesti způsobené drážděním receptorů v cévní intimě. Chronická insuficience vede k organickým změnám ve svalu a tím ke zhoršení jeho funkce. [95]

Lymfatické cévy jsou přítomny téměř ve všech tkáních, chybí však v epitelech, CNS, placentě, skléře, rohovce, čočce, sklivci, chrupavce a kostech.[3,4,18,70] Na toku lymfy se podílejí především stahy svaloviny ve stěně lymfatických kolorektorů, které mohou být ovlivňovány regulací napětí stěn mízních cév a to cestou nervovou. Tento mechanismus pulzujících kolektorových úseků je považován v transportu lymfy za nejefektivnější. Pokud je chlopňový a svalový aparát mízních cév nefunkční, přebírá hlavní čerpací funkci aktivita pohybového systému, tj. kosterní svaly. Tok lymfy je ovlivňován také filtračním tlakem a rychlostí tvorby intersticiální tekutiny z krevních kapilár, dále jsou pro pohyb lymfy významné respirační pohyby s negativním intrathorakálním tlakem při vdechu a negativním nasávacím tlakem velkých žilních kmenů či hydrostatický tlak ve stoji a pulzace tepen. Je zde tedy patrno i funkční propojení lymfatickéhosystému s motorickým systémem. [7,18,70,21,25]

Cévní zásobení svalů je úměrné metabolické aktivitě svalů. Mikrocirkulace krve ve svalu závisí nejen na okamžitém stavu propustnosti krevního řečiště, ale je určována i okolím krevního řečiště, tj.stupněm napětí svalu. Dynamické nebo statické zatížení svalu proto výtnamně ovlivňuje přesun krve uvnitř svalu. **Cévní zásobení šlach** je velmi chudé. Dlouhé šlachy mají samostatné cévy, kratší šlachy dostávají cévy i ze svalových bříšek a z periostu v místě úponu šlachy ke kosti. Velké úseky šlach jsou často vyživovány pouze difuzí. [19]

4.2.2. NEUROANATOMICKÉ PODKLADY

4.2.2.1. MOTORICKÁ JEDNOTKA

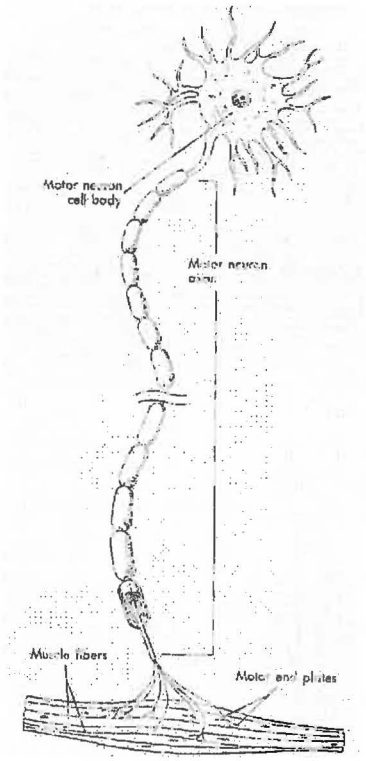
Motorická jednotka je základním funkčním i struktuálním prvkem motoriky. Je definována jako soubor svalových vláken, které jsou inervovány jedním motoneuronem. Je to komplex složený z motoneuronu v předním rohu míšním, kde svými dendrity souvisí s míšní interneuronovou sítí a přichází zde do přímého styku s drahami , kterými přicházejí signály jak z centra, tak z periferie. Tyto signály končí na facilitačních nebo inhibičních synapsích motoneuronu, kde při překročení prahu dráždivosti vzniká vzruch šířící se neuritem ke skupině svalových vláken reagujících synchronním záškubem, který se po krátké době uvolní. [95,77]

Jde o nejmenší komponentu, kterou lze samostatně aktivovat. Mezi terminálním vláknem a svalovým vláknem je vždy jedna synapse – nervosvalová ploténka. Motorické jednotky představují tedy periferní motoneuron, který zahrnuje motoneurony předních rohů míšních (nebo jim odpovídající jádra mozkových nervů), přední kořeny míšní, spinální nervy, pleteně, periferní nervy (včetně mozkových nervů), nervosvalové ploténky a svaly. [2,77,96]

Motorická jednotka pracuje rytmicky kvantovým způsobem podle zákona „vše nebo nic". V aktivním stavu dochází ke zkácení svalových vláken (aktivace – „vše"). V klidovém stavu má sval svoji klidovou délku (relaxace – „nic"). Motorická jednotka

je zdrojem nejen řídících vzruchů, ale i látek, které udržují kontraktilní strukturu svalových vláken. Má tedy i trofickou funkci. [77,96]

Motorická jednotka je funkčním i strukturálním celkem a nelze proto oddělovat řídící nervy od svalů. Sval má po funkční stránce blíže k nervu než k ligamentu nebo kosti, se kterou je většinou sdružován morfologicky v anatomických atlasech. Termín neuromuskulární porucha je tedy logičtější než termín myoskeletální porucha. Vlastnosti svalových vláken určují, podle výsledků četných experimentů (Gutmann), příslušné motoneurony. Motorické jednotky rozdělujeme na fázické (rychlejší) a na tonické (pomalejší) podle charakteru záškubu a funkce příslušné motorické jednotky. [77,95]



Obrázek č. 8. Motorická jednotka.

Převzato z [28]

4.2.2.2. TONICKÉ A FÁZICKÉ SVALY

První systematické uspořádání svalů podle tendence ke zkrácení a k oslabení podal Janda (1965) [36]. Podle Jandy se jedná se o dva svalové systémy s protikladnými funkcemi. Jednou z rozhodujících vlastností svalů je jejich antigravitační funkce. Janda zde rozděluje tyto systémy na tonický a fázický, s tím, že tonické svaly, které mají tendeni vytvářet kontraktury, resp.zkrácení, plní především činnost posturální, antigravitační. Vzniká zde otázka, kterou polohu z fyziologického hlediska lze považovat za primární, tedy od které lze očekávat hlavní formativní vliv na hybnou soustavu, od které polohy lze odvodit jejich posturální, vlastní antigravitační funkci. Janda hypoteticky pvažuje za nejzákladnější polohu člověka stoj na jedné končetině, jako derivát nejtypičtějšího lidského pohybového projevu. Vychází z toho, že zhruba 85% krokového cyklu stojíme ve skutečnosti na jedné noze. Svaly podílející se na udržení vzpřímeného stoje v dané fázi kroku, tedy na jedné dolní končetině, lze pak považovat za posturální v pravém slova smyslu. [33,36]

Tato koncepce například vysvětluje rozpory, které vedly k tomu, že někteří autoři (Waghemacker, Dumoulin, Spy) [36] považovali m.gluteus medius a minimus za posturální sval. Ale na základě analýzy stoje na jedné noze byla dokázána hlavní stabilizační funkce m.tensor fasciae latae, který pomocí iliotibiálního traktu a silného vazivového aparátu umožňuje, aby se člověk na tento aparát přímo zavěsil. Při vzpřímeném stoji jsou pak ostatní abduktory kyčelního kloubu prakticky vařazeny. Opačná situace je na vnitřní straně kyčelního kloubu, kde z důvodu slabého vazivového aparátu posturální funkci zastávají stehenní adduktory. [36]

Typickými svaly s tendencí ke zkrácení jsou dle Jandy především tyto („posturální“) svaly:	Typickými svaly s tendencí k oslabení jsou dle Jandy především tyto („fázické“) svaly :
- m. triceps surae - m. tibialis posterior - m.rectus femoris - m. iliopsoas - m. tensor fasciae latae - ischiocrurální svaly - adduktory stehna (hlavně jednokloubové) - m. quadratus lumborum - m. piriformis - paravertebrální svaly zádové - m. pectoralis major et minor - m. sternocleidomastoideus - m. trapezius horní část - m. levator scapulae - žvýkací svaly - krátké extenzory šíje - na horních končetinách flexory a vnitřní rotátory (vzhledem k dynamické funkci horních končetin - méně významné)	- m. tibialis anterior - m. gluteus maximus et medius - m. rectus abdominis - střední a dolní část m. trapezius - mm. scaleni - m. longus colli - m. deltoideus - m. digastricus

Tabulka č. 3. Přehled tonických a fázických svalů dle Jandy [33,36]

Na skutečnost, že funkce může ovlivnit charakteristiku svalu poukazuje studie (Denny Brown, 1929) [36] demonstrující rozdílné chování m.pectoralis major u různých druhů ptáků. U stěhovavých ptáků představuje klasický posturální sval, kdežto u ptáků nezvyklých létat na dlouhé vzdálenosti, jde o sval převážně fázického charakteru. Svědčí to o tom, že se u člověka mísí faktory morfologické, fylogenetické a zejména funkční.[36]

Mezi systémem tonických a fázických svalů existují však morfologické a funkční odlišnosti. Tyto odlišnosti se týkají řídícího systému, neboť vlastnosti svalových vláken určují svalové motoneurony. Je proto lépe hovořit o motorických jednotkách tonických a fázických. **Tonické motoneurony**, malé alfa-motoneurony, inervují červená svalová vlákna, vedou vzruchy pomaleji, **fázické motoneurony,** velké alfa-motoneurony, vedou vzruchy rychleji, inervují rychlá, bílá svalová vlákna. Práh dráždivosti velkých alfa motoneuronů je vyšší než u malých alfa motoneuronů. U člověka jsou v každém svalu zastoupeny oba druhy motorických jednotek v různém poměru. Hovoříme proto o svalech smíšených a podle převahy zastoupení motorických jednotek rozlišujeme svaly tonické (posturální) a fázické (kinetické). [95,88,44,19,77]
Neurologické a funkční rozdělení těchto dvou částí svalového systému znovu formuluje Kolář [44] ve vazbě na jmenované autory se zdůrazněným akcentem na aspekt vývojově kineziologický. V motorických vzorech a hybných stereotypech sleduje úrovně aferentace a řízení pohybu ve vztahu ke stupni zrání CNS. V raných stádiích motorického vývoje sledujeme převahu tonické složky. Zralost struktur CNS pro integrační odpověď je prozatím malá a řízení pohybu se odehrává převážně na segmentální až kmenové úrovni. Motorické vzory pracující na suprasegmentální úrovni řízení postupně získávají převahu nad primitivnějšími řídícími mechanismy a stanovují rovnováhu mezi tonickou a fázickou složkou svalového systému. Automaticky se tak děje pouze u pohybově zdravě se vyvíjejících jedinců, tj. přibližně u 70% populace, jak uvádí Vojta [44,46,103].

Hlavní funkční rozdíl je v časovém řazení obou systémů do držení těla, tj.v jejich posturální integraci. Svaly, které inklinují k oslabení, svaly fázické, jsou ve své posturální funkci (z pohledu zajišťování držení) z fylogenetického, resp.

ontogenetického hlediska mladší než svaly s tendencí ke kontrakturám. Svou posturální funkcí jsou také vázány na vývojově mladší morfologii skeletu, kterou zároveň podmiňují ve vývoji. Jde o velmi mladou, a tím i velmi fragilní jednotku hybného systému. Podstatné je, že fázický systém reaguje v posturální funkci, jako celek. Jeho aktivací se automaticky mění celkové držení těla. Konkrétně, objeví-li se například v držení těla hluboké flexory krku (při aktivním zvednutí hlavičky ve 4.-6.týdnu života), tak automaticky nastupují do posturální funkce i ostatní fázické svaly, tj.zejména zevní rotátory a abduktory ramene a kyčelního kloubu, hluboké extenzory páteře, dolní fixátory lopatek a další. Jde vždy o globální model. [10,44,48]

Zjednodušeně je možno konstatovat, že obě dvě skupiny svalů mají do určité míry tendenci k celkové společné odpovědi ve smyslu svalové balance – fylogeneticky starší systém má globálně sklon ke zkrácení všech svých komponent, obdobně systém mladší má tendenci ke globálnímu oslabení. Každá jmenovaná skupina svalů tedy tvoří samostatnou funkční jednotku se všemi důsledky. Oslabením některého ze svalů posturálně mladšího systému dochází automaticky ke změně postavení v kloubu a k reflexní iradiaci této inhibice do celého systému. Vzniká celková převaha svalstva antagonistického systému, tj. v posturální funkci fylogeneticky (ontogeneticky) staršího. Opačně, tonizací některého ze svalů fylogeneticky mladších (fázický systém) dochází automaticky k útlumu v celém tonickém systému. Tímto je možné definovat reflexní propojenost mezi svaly zcela vzdálenými.

V tomto funkčním uspořádání můžeme říci například to, že pro horní část m.trapesius jako zástupce tonického systému není pouze dolní část m.trapesius, ale například i m.vastus medialis, jako reprezentant fázické, vývojově mladší funkční jednotky. Stejně tak například oslabením m. serratus anterior dochází k oslabení hlubokýc flexorů krku, hýžďových svalů a dalších svalů příslušného systému. Jde o reflexní propojenost mezi svaly organizované na suprakmenové úrovni. [44,46,48].

Do fylogeneticky staršího - tonického systému patří dle Koláře především:	Do fylogeneticky mladšího – fázického systému patří dle Koláře především:
- m. adductor pollicis - m. flexor digiti minimi - mm.interossei palmares - m.palmaris longus - m.flexor digitorum superficialis et profundus - m.flexor capi ulnaris et radialis - m.pronator tres et quadratus - m.biceps brachii caput breve - m.brachioradialis - m.ticeps brachii caput longum - trapezius – horní část - m. pectoralis major aet minor - m.subscapularis - m.teres major - m.latissimus dorsi - m.coracobrachialis	- m. abductor pollicis brevis et longus - m.opponens pollicis - mm.interossei dorsales - m.extensor digiti minimi - m. extensor carpi radialis longus et brevis - m. extensor carpi ulnaris - m. extensor digitorum - m. anconeus - m. triceps brachii caput laterale et mediale - m. teres minor - m. infraspinatus - m. supraspinatus - m. serratus anterior - m. deltoideus - m. biceps brachii caput longum - m. trapezius – dolní a střední část - mm. rhomboidei - m. latissimus dorsi - břišní svaly - extenzory a zevní rotátory kyčelního kloubu - m. vastus medialis et lateralis - abduktory kyčelního kloubu - m. gastrocnemius - peroneální svaly - m. longus colli - m. longus capitis - m. rectus capitis anterior

Tabulka č.4. Přehled tonických a fázických svalů dle Koláře. [44]

Systematizace svalových dysbalancí je tvořena podle určitého modelu, je charakteristická tak, že je Jandou řazena do syndromů – horní a dolní zkřížený syndrom, syndrom etáží. Zkrácení tonických svalů je vysvětlováno přetížením ve smyslu jejich převážně antigravitačního působení a postupnou adaptací na denní pohybový režim. Mechanismem reciproční inervace na úrovni segmentální je pak oslabován antagonistický sval fázického charakteru [95, 96, 36].

4.2.2.3. DIFERENCIACE SVALOVÉ FUNKCE, PRACOVNÍ REŽIM SVALŮ

Při definování svalové funkce je nutné vždy vyjít ze dvou rovin pohledu. Na jedné straně je třeba definovat sval, jako anatomickou jednotku (viz.kapitola 4.1.) a na druhé straně je nutné vyjít z neurofyziologické interpretace, tzn.definovat sval, jako jednotku funkční.[45] Z hlediska účelového rozeznáváme vedle svalu jako základní kineziologické jednotky ještě i vyšší jednotky. „Funkční svalová skupina" představuje skupinu svalů kolem kloubu a zahrnuje sval hlavní – **agonistu**, a svaly pomocné – **synergisty.** Sval působící v opačném směru pohybu než agonista se označuje jako **antagonista.** Agonista spolu s antagonistou spolu tvoří partnerskou dvojici, ve které existuje vztah reciproční inhibice (agonista inhibuje antagonistu, více viz kapitola 4.2.3.2.). Platí to ale s určitým omezením pro fázický pohyb, protože při vyšší svalové aktivitě agonisty je vždy v antagonistovi určité svalové napětí. Současná aktivace obou partnerů se nazývá „**kokontrakce**" nebo **ko-aktivace**. [95, 96, 98]

Inhibice nebo koaktivace antagonisty závisí na charakteru pohybu. Při pomalém pohybu, kdy převládá spíše držení, je koaktivace vždy přítomna. Při rychlém, balistickém pohybu převládá aktivace agonisty a inhibice antagonistya ke koaktivaci dochází teprve ke konci pohybu, aby se zabránilo poškození kloubu. V některých skupinách svalů je koaktivace stabilní součást funkce, v těchto případech se antagonisté označují jako stabilizátory. Schopnost koaktivace svalů nastává až v pozdější fázi motorické ontogeneze, až se prosadí kortikální řídící funkce a nabude schopnosti míšní struktury inhibovat a ovládat.[96, 97]

Nejstarší pohled na motoriku jedince byl mechanistický a bral v úvahu pouze koncentrické kontrakce. Takto realizovaný pohyb by však připomínal loutku, protože by postrádal „brzdu". Klíčový význam pro hladký průběh pohybů mají partnerské vztahy

mezi antagonistickými skupinami svalů. Havlíčková tvrdí, že.:" V obecném pohledu jde o míru angažovanosti příslušných svalových skupin ve smyslu koncentrické a excentrické kontrakce, při udržení zaujaté polohy pak kontrakcemi izometrickými." [29] V pohledu na funkci svalu podle Koláře[44, 45, 50], který čerpá zejména z učení Vojty [103,104] a vychází ze zásad vývojové kineziologie, které rozpracoval, se vychází z geneticky určené funkce svalu, která se uplatňuje v průběhu posturální ontogeneze. Funkce svalu je zde odvozena z vývoje automatického ovládání polohy těla. Důležitým kritériem je směr tahu svalových vláken, což se odvíjí od lokalizace puncta fixa a puncta mobile. Směr tahu, který je nasměrován distálně „od těla", je novým kritériem svalové funkce. Distální směr tahu je nevyhnutelným předpokladem lokomoce. Například během motorického vývoje v 5.a 6.měsíci dochází k aktivaci lokomočních modelů, kdy se ve funkci oběvují dva šikmé břišní řetězce a probíhá vývoj otáčení ze zad na břicho. Během otáčení ze zad na břicho se stává jedna dolní končetina opěrnou a druhá nákročnou. Obdobně je tomu u horních končetin. Je dokončen reciproční pohybový vzor. U opěrných končetin je tah svalů směřován distálně. Svalové punctum fixum je distálně a punctum mobile proximálně. U nákročných končetin je tomu opačně, punctum fixum je proximálně a punctum mobile distálně. V daném vývojovém období se tak objevuje diferenciace svalového tahu. U opěrných končetin probíhá pohyb jamky vůči hlavici a u nákročných končetin je tomu opět opačně, tj. hlavice se pohybuje vůči jamce. [103, 44, 45]

Abychom porozuměli funkci svalu a tím ji mohli správně diagnostikovat a ovlivňovat, nestačí sval vymezit jako anatomickou jednotku, ale je nutné definovat sval také jako jednotku funkční. Z anatomické interpretace je možné pochopit funkci svalu pouze v omezené formě, neboť se zde nepočítá s obsahem funkce, která je určena řídícími procesy centrálního nervového systému. V této souvislosti nestačÍ funkci svalu odvodit z jejího začátku a úponu, ale musíme brát v úvahu geneticky určený pohybový účel, který vyplývá z funkce centrálního nervového systému. V rámci začlenění svalu do naprogramovaných motorických vzorů na supraspinální úrovni vidíme, že sval neplní pouze jeden funkční účel, ale je ve své funkci diferencován. Svaly, které při určitém pohybovém účelu jsou synergisty, mohou být při jiném pohybu antagonisty apod.. [44, 95]

4.2.2.4. VLIV PROPRIOCEPCE NA FUNKCI SVALU

Aference ze svalových a kloubních receptorů se označuje jako propriocepce a je zodpovědná za jemné řízení intenzity pohybu a infomování CNS o aktuálním stau pohybové soustavy. [2, 95, 96]

Svalové vřeténko je hlavním proprioceptivním orgánem svalu. Dělí se na tonická a fázická. Vřeténka jsou tvořena svazkem upravených kontraktilních svalových vláken, které vazivově souvisí s normálními svalovými vlákny inervovanými spouštěcím motorickým systémem alfa. Svalové vřeténko sleduje délku svalu, protože s ním vazivově souvisí, a stimuluje se jeho protahováním. Svalové vřeténko má svoji vlastní motorickou inervaci, která podléhá centrální kontrole. [95, 96, 2, 88, 77]

Aktivita polárních oblastí svalového vřeténka, řízená z retikulární formace předchází vlastní pohybovou aktivaci motoneuronů a tvoří navigační a přípravnou část pohybu. Toto se děje ve spolupráci s mozečkem z důvodu řízení pohybové koordinace. Vřeténko podává informace nejen o statických, ale i o dynamických parametrech funkce, tj.o změně délky svalu a o rychlosti, s jakou se délka svalu mění. Při rychlejším protažní svalu jsou svalová vřeténka schopna vyvolat šlachový reflex vznikající aktivací reflexního oblouku. [77, 95]

Golgiho šlachové tělísko snímá tah na šlaše svalu. Receptor se aktivuje protažením šlachy, ale napětí na šlaše musí být podstatně vyšší, než je nutné k podráždění svalového vřeténka. Má tedy vyšší práh dráždivosti a nelze ho dopředu měnit, jako práh dráždivosti svalového vřeténka. Tento receptor vlastní sval inhibuje a antagonistu facilituje. Druhostranného agonistu facilituje a jeho antagonistu inhibuje. Působí tedy proti funkci vřeténka, ale může se uplatnit inhibičně, přesáhne-li napětí na šlaše určitou mez, a proto působí jako pojistka nedovolující překročit stanovenou mez svalové aktivace, která by mohla systém poškodit. Oba receptory slouží jako automatický ochranný míšní servomechanismus sloužící k předcházení drobných traumat, která by mohla vzniknout příliš silnou aktivitou svalu, kdyby ke konci pohybového rozsahu nebyla včas šlachovým tělískem utlumena. [2, 96, 77]

Kloubní receptory reagují na změny napětí v kloubním pouzdru, které vznikají napínáním pouzdra na konvexní straně a jeho řasením na konkávní straně. Kloubní receptory s pomalou adaptací signalizují polohu kloubních segmentů, fungují jako

goniometr. Kloubní receptory s rychlou adaptací reagují na změnu rychlosti pohybu v kloubu a působí jako tachometr. Kloubní receptory podávají tedy informace statické i dynamické. [88, 95]

Kontrakce svalu může být vyvolána buď přímým podnětem z alfa motoneuronů nebo nepřímo z gama motoneuronů. Část vláken ze svalových vřetének, která končí na motoneuronech, se podílí na monosynaptických natahovacích reflexech, část, která jde přes interferony, na polysynaptických reflexech (viz v dalších kapitolách). [2]
Souhrou těchto recepčních systémů je zajišťována dokonalá informace o stavu napětí, kontrakci a zatížení všech svalů v každém okamžiku. Všechny proprioceptivní údaje jsou tedy součástí zpětnovazebních informací o průběžném stavu pohybového segmentu, které jsou nutné pro řízení průběhu pohybu. Současně ale i slouží k přednastavení dráždivosti. K řízení pohybu přispívají i receptory snímající např.rozložení tlaku na planta pedis při stoji nebo na pánvi při sedu. [88, 95, 96]

4.2.2.5. ŘÍZENÍ MOTORIKY

Řízení pohybu lze popsat jako účelové organizování aktivity pohybové soustavy k dosažení zamýšleného cíle. Pro snažší orientaci v řídících procesech lze použít hierarchii řídícího procesu, kterou uvedl Véle a která vznikla na základě fylogenetického vývoje, jenž vedl u člověka postupně k diferencování motoriky vyžadující vývoj stále složitějších řídících úrovní. U člověka rozlišujeme čtyři hlavní řídící úrovně :

1. autonomní úroveň řídící základní biologické funkce,
2. spinální úroveň pro základní ovládání svalů – zdrojů fyzikální síly,
3. subkortikální úroveň pro posturální a lokomoční motoriku,
4. kortikální úroveň pro účelovou ideokinetickou motoriku.

Jednotlivé úrovně nelze od sebe izolovat, protože se všechny při každém pohybu na procesu řízení hierarchicky podílejí. [95]
Princip hierarchie řídících procesů se uplatňuje v souvislosti s ontogenezí CNS, která je předpokladem ontogeneze motorické. Čápová tvrdí, že: „Postupný proces ontogeneze vzpřimování přímo odráží proces zrání CNS ex uteri, od úrovně řízení dominantně na

spinální úrovni, přes úroveň kmenovou až po nejvyšší etáž - kortex. Jednotlivé vývojové stupně motorické ontogeneze přímo souvisí s ontogenezí CNS, tzn. s postupným zapojováním dominance stále vyšších řídících etáží. Platí zde postupná hierarchie, při níž nižší etáže neztrácejí svůj význam a každá vyšší etáž kontroluje a řídí etáž nižší."[10]

Motorický systém se z hlediska vlivu CNS na řízení pohybu dělí na **nastavovací systém-gama** a **spouštěcí systém-alfa. Gama systém** připravuje a nastavuje podmínky pro realizaci pohybu a předchází aktivitu alfa-systému, který pohyb spouští. **Alfa-systém** spouští volní pohyb a řídí jeho průběh. Jeho dráhy vychízejí z kortikálních oblastí, ale i z některých struktur subkortikálních (viz dále). [95]

Iniciace pohybu nevychází přímo z primárního motorického kortexu, ale mozek, jako celek, je organizátorem a integrátorem přípravy pohybu. Iniciátorem je limbický systém. Výstupním orgánem mozku pro realizaci pohybu je motorická area kortexu – homunculus. Podnětem k pohybu jsou stimuly z receptorů, ze subkortikálních struktur, z alokortikálního limbického systému i z vnitřních orgánů. [95, 96]

Analytická a integrační dokonalost jednotného motorického funkčního systému způsobuje, že nesmírné množství vstupních informací (prakticky ze všech exteroceptorů, proprioceptorů a interoceptorů)mnje po porovnání s předchozími zkušenostmi (motorické paměťové stopy, „senzorická paměť") převáděno na relativně jednoduchý, přitom však z hlediska účelnosti dokonalý vzorec výstupní informace zprostředkované motorickými neurony jader mozkového kmene a alfa-motoneurony předních míšních rohů. [87, 88]

4.2.2.5.1. AUTONOMNÍ ŘÍZENÍ

Autonomní řízení biologického systému udržuje základní životní pochody a řídí autonomně funkci vnitřních orgánů. Řadí se sem ty části centrálního a periferního nervstva, které inervují hladkou svalovinu orgánů, cév, kůži, srdce a žlázy. Autonomní nervový systém zajišťuje „logistickou infrastrukturu pohybové funkce", což představuje zásobovací systém, zajišťující zásobování potřebnými chemickými látkami a udržování konstantních podmínek pro práci vnitřního prostředí. Rozděluje se anatomicky i fyziologicky na sympatikus a parasympatikus. [19, 95]

4.2.2.5.2. ŘÍZENÍ NA ÚROVNI MÍŠNÍ

Mícha představuje nejnižší reflexní ústředí a je jediným oddílem CNS, v němž je v dospělosti zachována primitivní segmentace. Tato segmentace se netýká vnitřní struktury šedé a bílé míšní hmoty, ale manifestuje se izolovanými výstupy míšních nervů. Lidská míchaje ve své činnosti podřízena vyšším oddílům mozkového kmene a hemisférám. [88]

Mícha je na dvou místech vřetenovitě rozšířena. Krční rozšíření (intumescentia cervicalis) je mezi obratli C3 – Th2 s maximem ve výši C5. Toto rozšíření zahrnuje segmenty C3 – Th1. Bederní rozšíření (intumescentia lumbalis) je mezi obratli Th10 – L2 (s maximem při Th12) a zahrnuje segmenty LI – S2. Z intumescencí jsou inervovány končetiny a zvětšení míšního průřezu je podmíněno zmnožením šedé hmoty míšní.

V intumescencích jsou již pevně "zamontovány zárodky primitivních pohybových vzorů", jako je krokový mechanismus při lokomoci a úchop. [88, 95]

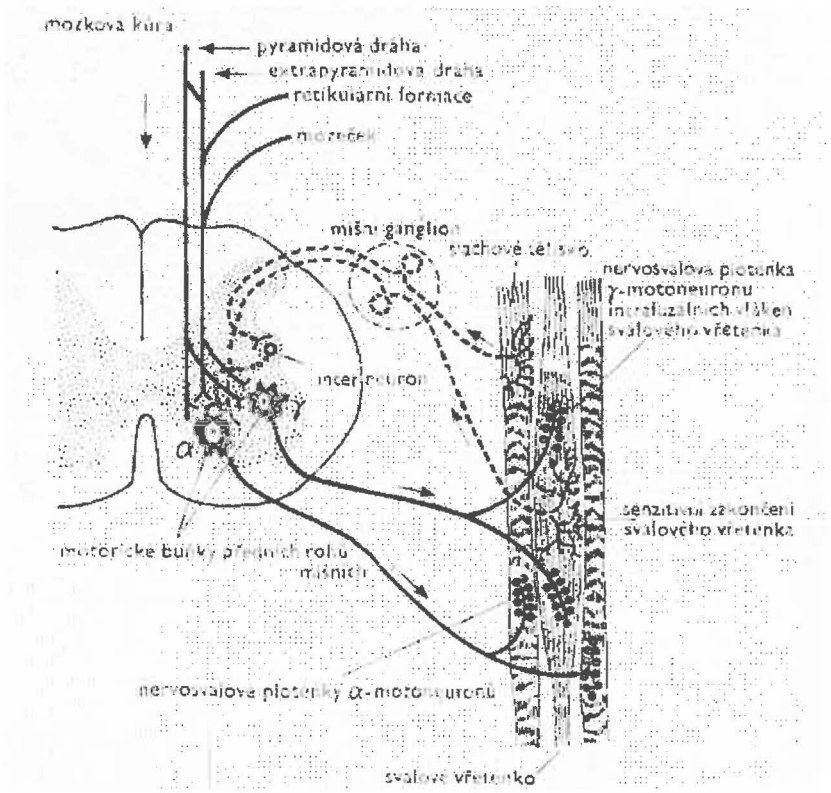
Z každé poloviny míchy vystupují dvě řady míšních kořenů, které se spojují do 31 párů míšních nervů. Sloupec míšní tkáně, ze kterého se konstituuje jeden pár míšních nervů, se označuje jako míšní segment. Hranice mezi segmenty je udávána jako myšlená čára uprostřed mezi výstupem posledního předcházejícího a prvního následujícího vlákna sousedních míšních kořenů. Pro členění míchy do segmentů jsou důvody praktické, vnitřní struktura šedé a bílé hmoty míšní tvoří kontinuum, bez zřejmých známek segmentace. Míšních segmentů (podobně jako míšních nervů) je 31 a dělí se na 8 krčních, 12 hrudních, 5 bederních, 5 křížových a 1 kostrční. Spojením příslušných předních (motorických) a zadních (senzitivních) míšních kořenů vzniká 31 párů míšních nervů. [19, 88]

Šedá hmota míšní obsahuje skupiny neuronů tvořící funkční centra, tzv. jádra, propojená vzájemně do spinální neuronové sítě komunikující obousměrně jak s mozkem, tak s periferií. Přední rohy míšní jsou motorické povahy a zadní jsou senzorické povahy. [95]

Bílá hmota míšní tvoří spojovací vedení mezi jednotlivými míšními senzorickými i motorickými centry a mezi periferií a vyššími řídícími centry. Zadní míšní provazce obsahují převážně vzestupná vláknaaxonů, postranní a přední provazce obsahují kromě vzestupných provazců, majících původ v míšní šedi, i významné sestupné svazky přicházející z jader mozkového kmene a z mozkové kůry.[88, 95, 96]

Míšní neuronová síť má obousměrné spojení s řídícími subkortikálními, kortikálními oblastmi a se senzory ze svalů, šlach, kloubů a pokožky (viz kapitola 4.2.2.4.), ale dostávají se do ní i informace z vnitřních orgánů. Vnitřní dráhy míšní propojují mezi sebou horizontálně obě poloviny míšní a vertikálně obě intumescence a vytváří vzájemnou vazbu mezi horními a dolními končetinami. Vlivy z vyšších etáží CNS a z proprioceptorů se koordinují na úrovni spinální míchy, a to především na úrovni spinálních interneuronů, a formují se do své konečné výstupní podoby funkcí alfa-motoneuronů. Alfa-motoneurony představují konečnou "společnou dráhu" mnoha somatických soustav. [88, 95]

Míšní motoneurony. V předních míšních rozích jsou uložena těla a dendrity motoneuronů, jejichž axony tvoří spolu s pregangliovými autonomními vlákny přední míšní kořeny. Rozlišují se **alfa-motoneurony** inervující extrafuzální svalová vlákna a tjsou součástí nejnižší jednotky výstupního orgánu motoriky – motorické jednotky a menší **gama-motoneurony** inervující intrafuzální svalová vlákna proprioceptorů - svalových vřetének. **Gama systém** je závislý na stupni natažení svalu a má charakter autoregulačního zpětnovazebního systému. Gama systém se významně uplatňuje při posturálních reflexech, při udržování a řízení svalového tonu, je řízen retikulární formací, jejím prostřednictvím se uplatňují také regulační vlivy mozečku a bazálních ganglií i kortexu. **Míšní interneurony** představují významnou integrační oblast páteřní míchy. Jsou substrátem pro vznik polysynaptických reflexů a složitějších motorických míšních programů. "Centrální instrukce" jsou přiváděny hlavně k interneuronům, přímých spojů vedoucích k motoneuronům je mnohem méně. Interneurony jsou zvláště četné v oblastech míšních intumescencí a mají četné funkce, např. se podílejí na reciproční inervaci.[77, 88, 95]



Obrázek č. 9. Motorická a senzitivní inervace svalů.

Převzato z [88]

Souhrnně lze říci, že při řízení hybnosti na úrovni páteřní míchy se uplatňují čtyři základní principy:

1. princip reciproční inervace, tj. při každé fyziologické aktivaci agonistů nastává přiměřený útlum antagonistů,
2. princip záporné zpětné vazby, který brání nadměrné aktivaci neuronů, prostřednictvím inhibičních interneuronů,
3. princip převahy vyšších oddílů CNS, které jsou vybaveny možnostmi dokonalejšího řízení pohybu,
4. princip konečné společné dráhy, tj. všechny nervové vlivy, které způsobují svalovou kontrakci, se uplatňují ve své konečné podobě prostřednictvím alfa-motoneuronů (motorická jednotka).

Míšní alfa-motoneurony nemají jednotnou strukturu. Podle rozměrů buněčných těl je dělíme na velké a malé alfa-motoneurony. Velké alfa-motoneurony mají větší rychlost

vedení vzruchu a inervují rychlá (fázická) svalová vlákna.Malé alfa-motoneurony vedou vzruchy pomaleji a zásobují pomalá (tonická) svalová vlákna. Práh dráždivosti velkých alfa-motoneuronů je vyšší než u malých alfa-motoneuronů.

Na motoneurony jednoho míšního segmentu se sbíhá velké množství informací jak z proprioreceptorů a exteroreceptorů, tak z jiných míšních segmentů a vyšších oddílů CNS .

Na povrchu každého z motoneuronů je průměrně 5 500 synapsÍ. Podněty mají excitační a inhibiční charakter. Všechny tyto vlivy konvergují a určují činnost alfa-motoneuronů. Souhrou uvedených dějů je zajišťováno jak dokonalé řízení proprioreceptivních reflexů v zájmu řízení polohy a postoje, tak i všechny úmyslné pohyby.

Základní impuls k úmyslnému pohybu je vyslán drahou kortikospinální z mozkové kůry. Jemné řízení intenzity svalové kontrakce během pohybu se však děje za přímé účasti proprioreceptivních reflexů a gama-systému. U pomalých pohybů se předpokládá větší podíl gama-systému než u pohybů rychlých. [88, 95]

4.2.2.5.3. ŘÍZENÍ NA ÚROVNI SUBKORTIKÁLNÍ

Subkortikální úroveň řízení nastavuje a řídí funkce nadřazené spinální úrovni. Subkortikálním strukturám se připisuje vývojově starší motorika, realizují méně diferencované funkce již automatizované, instinktivní nebo reflexní povahy. Podílí se na řízení podpůrné motoriky kořenové a axiální (hrubá motorika), zj.na udržování systému posturální motoriky. [95, 96]

Dle Véleho [95] subkortikální úroveň řízení zahrnuje:

1. „Přednastavení úrovně: logistiky, excitability motoneuronů, výchozí postury,
2. adaptaci na podmínky vnitřního a zevního prostředí v průběhu pohybu,
3. „vyhlazování"hrubé funkce spinálních servomechanismů,
4. udržování orientované polohy v gravitačním poli,
5. automatizaci opakivaných pohybových úkonů a jejich kontolu,
6. vytváření náhradních pohybových schémat při nocicepci".

„Subkortex"má zásadní vliv na posturální funkci i na průběh pohybových vzorů. Při poruše tohoto stupně řízení pohybu je narušena linearita nejen držení těla a fázická hybnost, nastavení svalového tonu a oslovování pohybových vzorů, ale i jemná motorika a artikulace řeči. [95]

Subkortikální řídicí centra vyrovnávají hrubší změny dráždivosti působené činností míšního servomechanismu (receptory ve svalech, kloubech, gama systém). Subkortikální struktury tím vyhlazují průběh pohybu a ponechávají plný vliv spinálního servomechanismu jenom nouzovým situacím, kdy je nutno zasáhnout okamžitě, aby nedošlo k traumatu, protože na složitý centrální řídicí proces "nezbývá dostatek času". [95]

Zhoršení vlivu centrálních řídících mechanismů na míšní neuronovou síť se projeví zhoršením kontroly polohy i pohybu v podobě centrálních příznaků (rigidita, spasticita,..). Narušená linearita pohybu, vznik patologické bariéry či svalový spasmus může být periferního původu (nociceptivní signalizace ze svalů, jizev,..), ale i původu centrálního. Při poruše centrálních řídících struktur nebo aferencí z vnitřních orgánů, jako je tomu například při spasmu břišní stěny u apendicitidy. Tyto poruchy centrálního původu bývají většího rozsahu než periferní poruchy, ale mohou být zpočátku pouze lokálně omezené. [95]

4.2.2.5.4. RETIKULÁRNÍ FORMACE

Retikulární formace tvoří důležitý integrační funkční systém. Prostřednictvím množství anatomicky definovaných spojů má řadu funkčních vztahů k míšní šedi, ke kmenovým strukturám, k mozečku a k mozkové kůře. [88] V tomto řídicím centru se shromažďují všechny aferentní senzorické signály ze smyslových receptorů a odtud vycházejí dráhy nastavující v míše úroveň excitability motoneuronů, v mozkovém kmeni úroveň logistiky, v limbickém systému intenzitu emoce provázející smyslové vjemy a v neokortexu nastavuje úroveň bdělosti a racionální kontroly pohybu. Retikulární formace připravuje pod vlivem senzorických aferencí podmínky pro pohyb.[95] Retikulární formace je nezbytně nutná pro vědomou činnost člověka i pro řadu dějů subjektivně neuvědomovaných. Účastní se řízení proprioceptivních reflexů, postojových reakcí, vzpřimovacích reflexů a úmyslných pohybů. Řídí vztahy mezi podrážděním a útlumem,

činnost synergistů a antagonistů, vztahy mezi flexory a extenzory, mezi reflexy proprioceptivními a exteroceptivními. Má těsný vztah k regulacím humorálním. [88]

4.2.2.5.5. MOZKOVÝ KMEN

Toto centrum řídí logistiku, tj. zpracovávání přijímaných látek a jejich přeměnu v energetické substance i vylučování odpadních látek a podílí se i na organizaci základních motorických funkcí. Vychází odtud tractus vestibulospinalis a tractus rubrospinalis pro řízení rovnováhy a pohybu v pletencích končetin. Zabezpečuje předpoklady pro funkci složitějších pohybových vzorů, které zajišťují určitou pohybovou autonomii, ale nemohou být úspěšně používány bez korové kontroly, která jim dodává přesnosti a orientaci na cíl. Anatomicky se k mozkovému kmeni řadí prodloužená mícha, most varolův a střední mozek. Řízení motorických funkcí na úrovni mozkového kmene se účastní retikulární formace, motorická jádra hlavových nervů, vestibulární aparát a vestibulární jádra, substantia nigra, nucleus ruber a oliva inferior. [88, 95]

4.2.2.5.6. BAZÁLNÍ GANGLIA

Tato podkorová jádra jsou schopna vytvářet již jednoduché programy, nastavují svalový tonus, ovlivňují posturální funkci, vybírají potřebné pohybové vzory uložené v mozkové kůře, které se po jejich výběru odesílají do motorických areí v mozkové kůře a odtud descendentními motorickými drahami do míchy, kde aktivují příslušné svaly. Jejich poruchy jsou reprezentovány dvěma hlavními syndromy hypotonicko-hyperkinetickým (atetóza nebo chorea) a hypertonicko-hypokinetickým (parkinsonský syndrom) nebo různými lokalizovanými i difuzními dystoniemi. [88, 95]

Dle Véleho [95, 96]se bazální ganglia pokládají za funkční generátor pomalých pohybů spojený s posturální funkcí. Bazální ganglia se pokládají i za orgán hrubě nastavující svalový tonus, proti mozečku, který nastvuje svalový tonus jemně.

Pro řízení motorické aktivity mají z bazálních ganglií největší z význam jádra striatopalidového komplexu, nucleus subthalamicus a substantia nigra. [88]

4.2.2.5.7. THALAMICKÁ JÁDRA A HYPOTHALAMUS

Tyto struktury participují na senzomotorických vztazích při koordinaci jak posturálně lokomoční, tak i jemné pohybové mechaniky. Mají spojení s nucleus dentatus cerebela, s Betzovými buňkami kortexu, s retikulární formací a bazálními ganglii. Ovlivňují jemnou akrální motoriku. [88, 95]

4.2.2.5.8. MOZEČEK

Mozeček je pokládán za funkční generátor rychlých pohybů. Tento složitý orgán vytváří paralelní obousměrné spojení kůry mozku s mozečkem a pohybovými orgány a přicházejí do něj aferentní senzorické signály (tracti spinocerebellares). Mozeček dostává kromě informací proprioceptivních a exteroceptivních ještě informace z kortexu o zamýšleném pohybu. Zajišťuje tak časoprostorovou orientaci a díky možnosti dopředné vazby (feed forward) je schopen krátkodobé predikce stavu podmínek zevního prostředí a tím přispívá k orientaci pohybu podle aktuální situace tohoto prostředí. Obousměrné spojení mezi mozkem a mozečkem umožňuje jednak průběžnou korekci pohybu, jeho koordinaci a tím úspěšné dosažení zamýšleného pohybového cíle. Předpokládá se, že rozhoduje o správném časovém sledu při zapojování jednotlivých svalů (timing pohybu) v průběhu pohybu. Inhibicí nadbytečných aktivací svalů zpřesňuje a koordinuje pohyb, přispívá k jeho ekonomizaci a tím zlepšuje pohybový výkon.Všechny výstupní mozečkové dráhy působí inhibici příslušných mozekových nebo kmenových jader, pro tuto inhibiční funkci je mozrček přirovnáván k sochaři, který odstraňováním přebytečného materiálu z kamenného bloku vytváří sochu podle své představy. Mozeček je nástrojem mozku pro koordinaci pohybu a zdrojem časování jednotlivých svalů v průběhu pohybu. Mozeček ovlivňuje také úroveň celkového svalového tonu. [95, 96]

Podle vývojových stupňů rozeznáváme u mozečku **archicerebellum**, nejstarší část mozečku, mající vztah k posturálním funkcím (funkčně nazýván vestibulární mozeček), **paleocerebellum,** se vztahem k pohybům v kořenových kloubech, analyzuje především signály z proprioreceptorů, má úzký vztah k řízení svalového tonu (funkčně nazýván spinální mozeček) a **neocerebellum**, nejnovější část, mozečkové hemisféry, se vztahem k obratným akrálnm, ideokinetickým pohybům (funkčně cerebrální mozeček). [88, 95]

4.2.2.5.9. ŘÍZENÍ NA ÚROVNI KORTEXU

Mozkové kůře se připisuje integrační a paměťová funkce nutná pro vytvoření potřebných pohybových vzorů jako základ pohybových programů. Kortikální systém je určen pro řízení diferencované činnosti, která není pouhou reakcí na zevní podnět, ale slouží k cílenému ovládání zevního prostředí. Kortikální motorická centra řídí lokomoční i posturální motoriku a jsou základem pro řízení obratné, jemné motoriky a sdělovací motoriky. [95]

Kortikální úroveň je nadřazeným orgánem řízení volní ideokinetické motoriky realizující pohybovým aparátem představu pohybu vytvořenou v mysli. Realizace je provázena emocí a současně je kontrolována racionální úvahou o provedení pohybu. Informace o záměru účelového pohybu se promítá do celé pohybové soustavy a ovlivňuje držení těla i celé pohybové chování. Ideokinetický pohyb je iniciován představou cíle a promítá se do něj stav mysli a charakter osobnosti jedince. Jak je známo, při "depresi" je tendence k flekčnímu držení trupu a při dobré náladě naopak k extenčnímu držení. [95, 96]

Neokortex spolupracuje s alokortikálním limbickým systémem a se subkortikálními řídícími centry. Limbický systém je aktivní při každém pohybu. Emocí ovlivňuje intenzitu pohybové reakce i tvorbu paměťových stop pro fixaci pohybových programů. [10, 95]

Kortikální kontrola pohybu umožňuje změnit režim reciproční inhibice na spinální úrovni na koaktivaci a používat obou režimů střídavě nebo současně, jak to právě vyžaduje stabilizace zaujaté polohy potřebná pro přesně cílený ideomotorický fázický pohyb, nebo nutnost rychlé změny polohy. Možnost rychlé změny pohybových režimů značně rozšiřuje pohybové spektrum a tím i obratnost. V období posturální ontogeneze je motorika kvalitativně omezena právě pro neschopnost změny pohybového režimu pro snížený vliv kortikálních struktur na spinální neuronovou síť. [95]

Kortikální úroveň řízení (kortikálně – subkortikální okruhy řízení) je zodpovědná za nastavení **atitudy**. Pojem atituda lze vysvětlit na základě citátu Magnuse, který zní: "Každý konkrétní pohyb začíná z přesně definované postury, má definovatelný průběh a končí v dané poloze konečné, přičemž postura následuje pohyb jako stín." Jako atitudu označujeme tedy posturu cíleně orientovanou, účelovou, která v sobě nese informace o

pohybovém záměru. Je předpokladem "optimálně" provedeného, cíleného pohybu. Pro praxi to znamená, že kineziologickou analýzou atitudy při známém pohybovém záměru jsme schopni velmi pravděpodobně odhadnout, jaký bude průběh pohybu i poloha konečná. Atituda je zajišťována posturální motorikou a její nastavení ovlivňuje limbický systém, dřívější zkušenost, veškerá aference včetně nocicepce. [10, 94]

4.2.2.6. „KONTROLA" SVALOVÉHO TONU

Svalový tonus je reflexně udržované napětí svalu, je předpokladem veškeré hybnosti a má velký význam v koordinaci pohybu. Na jeho regulaci se podílí všechny regulační okruhy pohybového systémuje, jako systém pyramidový i extrapyramidový, mozeček, retikulární formace, spinální motorický okruh. [2, 88] Svalový tonus je tedy proměnlivé napětí ve svalu závislé na stavu CNS, související palpačně s konzistencí svalu a turgorem okolních tkání. [97] V klinické praxi je svalové napětí palpačním fenoménem, který se projevuje v pohybovém chování svalu i celé hybné soustavy. Souvisí s koordinací svalových skupin i s řízením pohybu, není izolovaným fenoménem neboť souvisí s napětím okolních tkání a jejich stav se navzájem ovlivňije. Každý jedinec má svůj individuální základní svalový tonus, který lze pozorovat už u kojence. Tento základní tonus je výrazem celé bytosti a zahrnuje projevy, jako například vnímavost a dráždivost, interpretaci vnímaného, charakterové ladění osobnosti i jiné, a může během života prodělávat změny. Je značně ovlivňován také hormonálními změnami. [31, 32] Změny svalového tonu přichází vždy při změnách aktivity CNS, pro úzký vztah tonu k nervové soustavě. Ve spánku je svalový tonus nižší než v bdělém stavu, protože v noci klesá aktivita gama systému řízeného retikulární formací. Značný vliv na svalový tonus mají spinální systém, retikulární formace, bazální ganglia a mozeček. Tonus svalový závisí i na momentálním stavu mysli a na aktivitě limbického systému. Proto je třeba uvažovat o příčinách změny tonu nejen lokálně, ale i celkově. [88, 95]

4.2.2.6.1. ROZDĚLENÍ SVALOVÉHO HYPERTONU PODLE PŘÍČINY VZNIKU

Z etiologického hlediska můžeme rozlišit příčiny hypertonu na **organické** (spasticita jako porucha centrálního motoneuronu, rigidita je pojem vyhrazený pro hypokinetickohypertonický syndrom) a **funkční**, který bude podrobněji popsán v následujícím textu.

4.2.2.6.1.1. HYPERTONUS VZNIKLÝ NA ZÁKLADĚ DYSFUNKCE LIMBICKÉHO SYSTÉMU

Vlivem dlouhodobého působení stresu na lidský organismus se objevuje svalový hypertonus popisovaný Jandou [34] jako hypertonus vzniklý na podkladě dysfunkce limbického systému.
K limbickému systému řadíme dráhy dvou hlavních limbických složek: archikortexu (hipokampální formace), periarchikortexu a amygdaly. Obě složky mají bohaté spoje s paleokortexem, neokortexem a mnoha podkorovými strukturami, jako je např. talamus, hypotalamus, retikulární formace, chemické struktury mozkového kmene. [8,88, 95]

Limbický systém má v zásadě pět funkcí: [6, 34]

1) působí jako startér volního pohybu, rozhoduje o aktivitě, iniciaci pohybu,
2) z funkčního hlediska je nejvyšším regulátorem svalového tonu, hlavně ve smyslu plus,
3) ovlivňuje práh vnímání bolesti a schopnost vyrovnat se s bolestí,
4) ovlivňuje svalový systém, zejména v oblasti šíje,
5) ovlivňuje naše emoce, zodpovídá za individuální chování;

Limbický systém reguluje emoční stavy – strach a zlost, charakterovou poddajnost či vzpurnost, sexuální chování, určuje uvědomování si sebe samého zaznamenáváním a vnímáním viscerosenzitivních impulzů a v poslední době byla objevena i jeho podstatná účast v mechanismu paměti. [6]

Podle nových poznatků lze pokládat limbický systém, který rozhoduje o celkovém zaměření pohybu, za nejstarší motorický systém, který má velmi difúzní vliv na celou motoriku a ovlivňuje i emoce a vegetativní systém. Je považován spíše za systém motivující pohyb (emotional brain) než za systém, který ho řídí. [95]

Pro diagnostiku hypertonu vzniklého na podkladě dysfunkce limbického systému jsou typické nálezy v následujících oblastech [6, 34]:

a) mimické a žvýkací svalstvo, klinickým korelátem je bruxismus, je jednou z hlavních příčin dysfunkce temporomandibulárního kloubu;

b) ramenní pletenec a šíje, kde rozhodující jsou:

- hluboké krátké extenzory šíje, které obsahují 4x více proprioreceptorů, než ostatní svaly, jsou považovány za proprioceptivní orgány, které udržují rovnováhu a vzpřímený stoj,
- m. trapezius, jeho horní část,
- m. levator scapulae;

c) lumbální pletenec – zejména při nespecifických bolestech v kříži, kdy se nedaří najít odpovídající příčinu;

d) svaly pánevního dna a pánve vůbec, často se u žen jedná o funkční nespecifické obtíže – dysmenoreu, frigiditu, funkční sterilitu, u mužů o bolesti testes, mikční poruchy apod.

Klinický obraz hypertonického svalu při dysfunkci limbického systému [6, 34, 75] **:**

- sval spontánně nebolí, ale je v něm pociťováno určité napětí,
- je bolestivý na tlak a hlubokou palpaci,
- svalový hypertonus postihuje oblast, která není přesně ohraničena na anatomickou definici svalu,
- přechod mezi oblastí hypertonu a normotonu je pozvolný,
- je nápadný rozdíl hypertonu v závislosti na poloze těla, je nápadný pokles svalového tonu v poloze vleže (spoje limbického systému s retikulární formací a přímá vazba na svalové vřeténko),
- je nápadná klidová aktivita na EMG .

4.2.2.6.1.2. DYSFUNKCE NA ÚROVNI MÍŠNÍHO SEGMENTU – DYSFUNKCE REFLEXNÍHO OBLOUKU

Pravděpodobně se jedná o poruchu funkce vmezeřených neuronů na míšní úrovni. Dochází ke zvýšení svalového tonu a zkrácení svalu následkem opakovaného přetěžování. Za této situace se předpokládá, že jde o prodlouženou, dlouhodobou nebo trvalou hyperiritabilitu svalového vlákna. [34]

Klinický obraz svalu [6, 34, 75] **:**

- není klidová EMG aktivita
- je postižení anatomicky definovaného svalu
- významnou úlohu hraje Sheringtonův zákon (antagonistická svalová skupina je utlumena)
- sval je spontánně bolestivý, protažení tohoto svalu bolest zvyšuje

4.2.2.6.1.3. HYPERTONUS NA ZÁKLADĚ VNITŘNÍ INKOORDINACE VE SVALU – TRIGGER POINT

Podkladem tohoto hypertonu je rozdíl mezi schopností svalu a nároky na něj kladenými. Svalovou kontrakcí dochází k aktivaci motorických jednotek. Při zvýšeném nároku na svalový systém dochází ke zrychlení činnosti motorických jednotek a k tzv. „synchronizaci". Jde o pokus nervového systému zvýšit počet aktivovaných motorických jednotek. Jestliže se aktivují ve stejném čase, pak je na EMG zřejmá „superaktivita", kterou střídají úseky minimální aktivity. Objektivním obrazem je tremor, typický například u pacientů při testování oslabených břišních svalů. Je-li určitá svalová skupiny predilekčně přetěžována, je trvale v hypertonu se sníženým prahem dráždivosti. Svalová kontrakce se stane neekonomickou, výsledkem se stane oslabení svalu díky trigger pointu. Dochází k izolované poruše relaxace (dekontrakce) několika svalových vláken. Trvale kontrahovaná vlákna jsou hůře prokrvována, takže vzniklé metabolity dráždí nociceptory, bolest opět zvyšuje primární poruchu relaxace a vzniká pomyslný „circulus vitiosus". [34, 75]

Klinický obraz svalu [34, 75]:

- Spasmus postihuje pouze část svalového bříška, svalová vlákna v sousedství jsou v útlumu; dochází k neekonomické svalové kontrakci, která vede k aktivaci svalových vláken ve spasmu a zároveň k prohloubení útlumu hypotonických vláken svalových
- je klidová EMG aktivita
- dochází k zánětlivým změnám v okolí spasmu vlivem omezené cirkulace
- trigger point má snížený práh dráždivosti, při podráždění vyvoláme záškub
- tato kontrakce působí permanentní tah za svalový úpon a je nejčastěji příčinou entezopatií
- pasivní i aktivní protažení svalu vyvolá bolest, bolest se zvyšuje i při silné izometrické kontrakci

  (Více o TrP v kapitole 4.4.5.)

4.2.2.6.1.4. HYPERTONUS PODMÍNĚNÝ BOLESTIVOU IRITACÍ

Jde o svalové zkrácení následkem nociceptivního dráždění z oblasti kůže, svalu, kloubu, ale i vnitřních orgánů. Příkladem je například svalová tuhost břišní stěny u apendicitidy (defanse musculaire), paravertebrální spasmy při akutním lumbagu, antalgická skolióza, akutní úrazy. [6, 34]

Klinický obraz svalu:

- tento hypertonus je závislý na stupni dráždivosti
- rozsah není omezen na anatomicky definovaný sval, je ohraničen v příslušné oblasti odpovídající nociceptivnímu dráždění
- je zaznamenána klidová EMG aktivita

[6, 34]

4.2.2.6.1.5. SVALOVÉ ZKRÁCENÍ, SVALOVÉ ZATUHNUTÍ

Dochází ke snížení prahu dráždivosti motorických jednotek, sval tedy reaguje kontrakcí na submaximální podnět. V rámci pohybových stereotypů je takovýto sval aktivován dříve a více než je žádoucí nebo se zapojuje i do takových pohybů, při kterých by měl být dokonce v útlumu.. Jedná se o sval, který je v klidu kratší, obtížně nebo vůbec se nedosáhne jeho plné protažitelnosti. Dochází ke změně elasticity, vzniklé na podkladě hypertrofie vmezeřeného vaziva, ke které dochází následkem degenerace svalových vláken, která jsou v dlouhodobém zkrácení. Svalové zkrácení ovlivňuje zásadním způsobem kvalitu svalové kontrakce i tím výkonnost celého svalového systému. Takto hypertonický sval má negativní vliv na funkci kloubu, se kterým anatomicky souvisí a je podkladem zřetězených svalových dysbalancí. [34, 75]

Klinický obraz svalu [6, 34, 75]**:**

- citlivost až bolestivost při palpaci
- snížena protažitelnost a elasticita
- oslabení svalové síly (oslabení ve zkrácení)
- nulová EMG aktivita
- snížen práh dráždivosti

4.2.2.6.2. ROZDĚLENÍ SVALOVÉHO TONU PODLE HERMACHOVÉ

Hermachová na základě svých klinických zkušeností rozdělila charakter svalového napětí do tří skupin. **Hypotonus** – od optimálního napětí se liší sníženým odporem při palpaci a nedostatečnou elasticitou. Sval se chová jako oslabený a snadno dojde k jeho přetížení. Má tendenci k nedostatečnému prokrvení a hypotrofii. **Hypertonus** (s hypertrofií) – proti optimálnímu svalu má zvýšený, neelastický odpor víceméně v celé mase svalu, chová se jako silný, hyperaktivní sval. Není schopen relaxovat a jeho napětí není adaptabilní. **Hypertonus s atrofií** – lokální, tvrdý a často bolestivý hypertonus, je jakoby rozdělen do tuhých provazců a oddělen od okolních tkání. Chová se jako oslabený, není schopen relaxovat a adekvátně spolupracovat při pohybu. Zde lze nalézt TrP. Tento typ hypertonu je srovnatelný s funkčním hypertonem vzniklým na základě vnitřní inkoordinace uvnitř svalu.[31]

4.3. PROBLEMATIKA ROZPORU MECHANICKÉHO VERSUS NEUROANATOMICKÉHO HLEDISKA PRINCIPU „ŘETĚZENÍ“ SVALOVÉHO HYPERTONU

4.3.1. CHARAKTERISTIKA POJMU „ŘETĚZENÍ“ PORUCH FUNKCE

Klinický obsah pojmu „řetězení“ poruch funkce je znám, a to zejména díky prof. Lewitovi a prof. Jandovi, kteří jsou považováni za nejvýznamnější zakladatele oboru „funkční patologie pohybového systému“. [94]

Poruchy jednotlivých segmentů a částí pohybového systému se obvykle neobjevují samostatně, ale většinou zároveň s poruchami jiných částí a na jiných etážích. Je možné se pouze dohadovat, zda termín „(z)řetězení“ byl při svém vzniku veden představou sériového propojení ve svalově – šlachových smyčkách, což vede k mechanistické představě, že jednotlivé topograficky sousedící struktury (svaly, šlachy, úpony, fascie) si určitou „poruchu“ mezi sebou „předávají“. [94]

Podle Otáhala a Tichého J. [68] rozumíme pojmem „zřetězený“, z biomechanického hlediska, uspořádání „v řadě“ za sebou, tj. sekvenční-sériové uspořádání, s časovými, prostorovými nebo funkčními vztahy. Proto se zdá, že je výhodnější pro obecné, ještě nerozlišené situace používat termín konfigurace a pro již identifikované, časově sousledné či funkčně navazující svalové spasmy se doporučuje používat výhradně termín „zřetězený“. O tzv.“zřetězených spasmech“ je tedy, podle Otáhala a Tichého J., opodstatněné hovořit jen tehdy, jsou – li splněny podmínky „funkční návaznosti a přiřazenosti“. Tato „tvrdá“ podmínka vyžaduje pečlivé experimentální sledování jak funkčních, tak morfologických, biomechanických a symptomatologických souvislostí. Je třeba neustále hledat nové nástroje , které by tento složitý problém umožnily řešit – přednostní šíření poruchy systému po konkrétních „stezkách“, problém identifikace kauzální přiřazenosti fenoménů při hromadném výskytu atd.. [68]

Označení „řetězec“ se běžně používá pro tzv. biokinetické (biokinematické) řetězce. Jedná se o biomechanické neboli pohybové řetězce. V biomechanických publikacích se setkáváme s označením kinematické řetězce. Šíření svalové dysbalance v „funkčních řetězcích“ je umožněno právě biomechanickými aspekty takto popisovaných řetězců.

Např. redundance pohybového řetězce, tzn.nadbytečnost ve smyslu funkční rezervy či existujících možností, která závisí zejména na stupních volnosti v kloubu, paradoxně umožňuje vznik patologie, která by nevznikla, měl–li by pohybový systém k dispozici jen jediný způsob vykonání určitého pohybu. Takto, prostřednictvím tvorby náhradních (neoptimálních) pohybových programů za účelem překonání překážky v realizaci cíle, někteří autoři popisují šíření poruch funkce. [16, 17, 68, 94]

Je obtížné v literatuře vystopovat, kdo pro tento jev poprvé použil termín „(z)řetězený". V anglosaské literatuře je spíše používán, i když velmi zřídka, termín „pattern", čemuž by v češtině odpovídal termín „vzorec". S termínem „chains" se můžeme setkat u Lewita a některých dalších, jím zřejmě ovlivněných autorů [94] a také u představitelů u nás méně známých kineziterapeutických konceptů vycházejících ze základního konceptu francouzské kineziterapeutky F. Mézieresové – Metoda Méziéres, na níž dále navazují koncepty „globální posturální reedukace" (P.Souchard) , metoda svalových řetězců (L.Busquet) a další koncepty, které jsou však založené výhradně na biomechanickém výkladu „řetězení" svalové funkce. [5, 26, 71, 73]

O svalových smyčkách se na základě klinického vyšetření pohybového aparátu zmiňuje Kolář [44] při detekci tzv. trigger points, jejichž vznik a lokalizaci hypoteticky předpokládá na základě kontroly nocicepce. Centrální nervový systém, řídící motoriku je nastaven určitou výchozí polohou těla (ať fyziologickou či neoptimální, nefyziologicku) a tento vstupní signál, poloha jednotlivých segmentů pohybového sytému, vyvolává odezvu v celé pohybové soustavě. Konstantní celková reakce je výsledkem centrálně řízeného programu, projevujícího se v souhře svalových řetězců, vedoucí k udržení postury. [44, 46, 103]

Při prostudování posledních článků Jandy a Lewita [35,57,60] je zřejmé, že Lewit nepopírá význam svalově – šlachových smyček, ale za hlavní pokládá řídící vliv CNS, který se uplatňuje, dle Lewita, prostřednictvím motorických programů. Základním cílem těchto programů je udržet posturu a umožnit tak provedení pohybu. Je zřejmé, že tento názor je výrazně ovlivněn teorií Vojtovy reflexní lokomoce, kdy zapojování anatomicky vzdálených svalů spatřujeme při globálních pohybových vzorech, ať přirozených nebo uměle vyvolaných, v nichž Vojta [103] popisuje aktivaci dokonce celého příčně pruhovaného svalstva, což ostatně Lewit sám uvádí [59] a také je zde

zřejmý vliv konceptu „Diagnostiky a terapie funkčních onemocnění pohybového systému" švýcarského neurologa a psychiatra dr. Brüggera. [72, 94]

Naproti tomu Janda , který uvádí EMG prokazatelnost aktivity ve všech svalech těla a ne jen u těch, jež vykonávají daný pohyb [36] , klade při řetězení poruch důraz právě na svalově – šlachové smyčky a přímé anatomické propojení jednotlivých struktur pohybového systému pomocí vaziva [35]. V některých textech to vyznívá, jako by úloha CNS zůstávala stranou a nebyla rozhodující ani důležitá [35, 94], v jiných textech však Janda význam propriocepce, senzomotoriky a řídících funkcí CNS zdůrazňuje. [35, 36, 37, 94]

Ze zahraničních autorů, kteří potvrzují existenci svalových řetězení, uvedu například studii Valentina a Melita z Itálie 1991 [92], kteří poukazují s pomocí EMG vyšetření na funkční souvislosti existující mezi žvýkacími svaly a svaly na noze, přesněji m.tibialis anterior, m.gastrocnemius a m.peroneus longus. Po úpravě poruchy skusu a tím ovlivnění svalové práce žvýkacích svalů, došlo ke změně aktivity výše jmenovaných svalů, což bylo viditelné na EMG záznamu. Výrazně se to projevilo především na m.gastrocnemius a m.peroneus longus, změna aktivity m.tibialis anterior byla minimální. [92]

Další významnou studií, která dokazuje spojitost vzdálených segmentů pohybového aparátu prostřednictvím svalového řetězení je studie provedená skupinou fyzioterapeutů na univerzitě v Madridu, pod vedením Fernandese de las Peňas.[22] Tato studie dokazuje funkční vztah mezi flexory kolenních kloubů a svaly žvýkacími. Studie sleduje okamžitý efekt PIR ischiokrurálních svalů u subjektů se spoušťovými body v m.masseter. Studie byla provedena na padesáti probandech, kteří splňovali podmínky výběru, což obnášelo zj. přítomnost spoušťových bodů v m.masseter (dle všech kritérií Simonse [86], viz kapitola 4.4.5.), neprodělanou myofasciální terapii v poslední době a například absenci traumat orofaciální krajiny a oblasti Cp v anamnéze. U probandů byla sledována 2 kritéria – rozsah aktivního otevření úst a míra citlivosti TrP v m.masseter při palpaci. Probandi byli rozděleni do dvou skupin, kontrolní skupina byla bez intervence. Probandům ve druhé skupině byla provedena PIR ischiokrurálních svalů ipsilaterální dolní končetiny a za 2 minuty po každé intervenci bylo provedeno měření. Výsledky měření prokázaly pozitivní efekt této intervance. U probandů ošetřených PIR došlo ke zvětšení rozsahu pohybu při aktivním

otevření úst a k ústupu aktivity TrP v m.masseter. V kontrolní skupině nebyla zaznamenána žádná změna. Pro více informací o metodologii a provedení studie odkazuji na literaturu [22]. Autoři tohoto výzkumu přisuzují dosažený efekt funkčnímu vztahu mezi flexory kolenního kloubu a žvýkacími svaly, který je zprostředkován existencí svalových řetězců. Tyto řetězce autoři popisují jako „synergicko-agistickou" funkční skupinu svalů, jenž sledují stejný cíl. Při popisu konkrétních svalových řetězců Fernandéz vychází z publikací Soucharda a Basqueta [5,71]. Rozděluje hlavní dlouhé svalové řetězce na: „dynamický – flekční řetězec" (zde nalézá funkční spojitost mezi „hemstringy" a m.masseter v jejich fázické funkci – „dynamičtí agonisté", je popsán v kapitole 4.4.7.1.) a „statický - zadní řetězec" (zde poukazuje na synergisticko–agonistický vztah mezi ischiokrurálními svaly a m.masseter v jejich antigravitační funkci – „statičtí agonisté"). Kromě tohoto uvažuje Fernandés [22] také o vlivu centrálních inhibičních okruhů, které prostřednictvím aktivace nervových struktur v mozku snižují napětí ve svalech. Fernandés se také zmiňuje o principu iradiace (známého z PNF; znamená iradiaci svalové aktivity silnějších svalových komponent do slabších svalů), jako o možnosti vysvětlení účinku intervence mezi tak vzdálenými oblastmi pohybového systému, jako jsou svaly na obličeji a svaly na dolní končetině.[22]

Problematice řetězení činnosti svalů se u nás ve svých publikací věnuje Véle [96, 98, 101], který uvádí následující: „Svaly se mohou pouze zkrátit přiblížením svých úponů a nabýt opět původní délky. Umožňují udržet jak polohu segmentů proti vlivu zevní síly, tak i provádět pohyb. Při pohybu působí vždy několik svalů současně a tím tvoří svalové skupiny se společnou funkcí. Vazivovými nebo kostními strukturami jsou jednotlivé svaly propojeny do širších funkčních celků, jako je např.osový orgán nebo končetiny. Svaly propojující kostní segment se dvěma pevnými strukturami tvoří svalovou smyčku, která přitahuje pohyblivý segment k jednomu či druhému opěrnému bodu nebo fixuje pevně jeho pozici vůči opěrným bodům. Takto fixovaný kostní segment se stává oporou pro jiný pohybující se segment. Spojení svalů do jednoduchých smyček nebo složitějších řetězců integruje jejich funkci. Proto je nutno při analýze pohybu vycházet nejen z jednotlivých svalů působících přímo na segment podle svalového testu, ale i ze svalových řetězců působících zároveň na více segmentů určujících konečný průběh pohybu, do kterého je jednotlivý sval začleněn. Není proto

vhodné hodnotit pouze funkci jednoho svalu danou anatomickým popisem jeho úponů, vyčleněného z funkční svalové skupiny, která pracuje při analyzovaném pohybu jako partnerský celek. Nelze se zaměřovat v terapii nebo i tréninku pouze na posilování jednotlivých svalů jako samostatných elementů hodnocených svalovým testem, ale je třeba přihlížet k funkci svalových řetězců, které dávají pohybu jeho konečný účelový průběh." [95]

Teoreticky lze tedy rozlišovat svalové řetězce po stránce strukturální a funkční. Strukturální svalové řetězce jsou dány anatomickým průběhem svalových vláken a fascií. Funkční svalové řetězce jsou dány tvorbou motorických „programů", které jsou ovlivněny nejčastějším způsobem pohybové aktivity jedince. Tyto motorické programy vytvářejí vzájemné funkční vztahy určitých svalových skupin, projevující se svalovou souhrou, označovanou za funkční svalové řetězce. [95, 101]

4.3.2. PORUCHY FUNKCE POHYBOVÉHO SYSTÉMU

Jelikož pojem funkční porucha v souvislosti s řetězením svalů nelze vynechat, považuji za vhodné podat alespoň stručné shrnutí významu tohoto často používaného termínu.

Prvním a základním úkolem v široké problematice poruch nejen pohybové soustavy je rozlišení poruchy strukturální a funkční. Ačkoli oba typy poruchy mají jiná patofyziologická pravidla, nejedná se o dvě zcela nezávislé skutečnosti. [35, 59, 56] Poruchy struktury mají přesně vymezenou lokalizaci a tkáň, kterou zasahují nebo z které vznikají. Mechanismus působící bolest je u poruch struktury dán typem "patologie" a při jejich terapii záleží na vhodném léku nebo operaci. Poruchy struktury se klinicky projevují poruchou funkce, čili mohou být jejich příčinou. Takovou strukturální poruchou může být např. diskogenní léze nebo aktivní jizva. Pokud žádnou funkci nenarušují, jsou klinicky němé. Fyzioterapie se však i v případě poruchy strukturální zaměřuje zejména na ovlivnění funkce pohybového aparátu. Poruchy nebo změny funkce jsou výsledkem součinnosti více úseků pohybového systému. Hovoříme také o tzv. řetězení funkčních poruch. Řetězení je základní vlastností funkčních poruch. [59,60]

Mechanismem působícím bolest je zde zvýšené napětí svalových tkání. Cílem diagnostiky funkční poruchy je určení jejího patogenetického řetězce a jeho

relevantních článků. Na volbě relevantního článku závisí úspěšnost terapie. U poruch funkce se také přímo uplatňuje psychický faktor, neboť pohybová soustava je efektorem volní nervové činnosti. Porucha funkce je mnohem složitější než porucha struktury, protože odpovídá programu, který zahrnuje celý organismus. Dlouhotrvající porucha funkce může vést k poruchám struktury jako je tomu např. u artrotických kloubních změn. [59, 69, 94, 95]

Poruchy funkce nacházíme na periferní i centrální úrovni. Na úrovni periferní se jedná zejména o svalový spasmus, kloubní blokády, hyperalgetické kožní zóny a změny posunlivosti fascií. Významný je i opak, tedy zvýšená pohyblivost a hypotonie. Na úrovni centrální (mimosegmentální) to jsou zejména změny "posturální motoriky" a pohybových stereotypů. Všechny uvedené změny funkce, lokální i centrální, mají společný patomechanismus, čili působí změny v napětí tkání pohybové soustavy. Jelikož nociceptory jsou umístěny ve svalech a jejich úponech, při úponech šlach a vazů, v kloubních pouzdrech, na meningeálních strukturách a kořenových pochvách, tedy všude tam, kde vzniká napětí, vzniká bolest tehdy, hrozí-li přetížení pohybových struktur, například při dlouhodobém tzv.ochranném držení, při kterém si pacient bolest nemusí uvědomovat, ale organismus zaujímá podvědomě, na úrovni subkortexu, změněné pohybové vzory a držení těla (např. nevědomé kulhání při coxartróze). Bolest vzniká za účelem varovat a tedy chránit před vznikem strukturálních, patologických změn. [5, 59, 95]

Na základě přítomnosti změn napětí tkání lze z biomechanického hlediska, podle Ťupy, přirovnat funkční poruchy měkkých tkání pohybového aparátu (kůže, fascie, svaly, kloubní pouzdra, vazy) ke změně jejich tuhosti. Tuhost je v biomechanickém slova smyslu definována jako "odpor biomateriálu k protažení" a právě omezení protažitelnosti měkkých tkání je jedním z projevů funkční poruchy. Např. ztráta kloubní vůle neznamená nic jiného než změnu tuhosti kloubu, která je způsobena jak spasmem svalových vláken, tak také viskoelastickými vlastnostmi svalu. [91]

Za funkční poruchu je tedy možné zjednodušeně označit poruchu funkce, u které není možné (zatím?) jako příčinu určit strukturální poruchu. Tento pragmatický přístup vychází z premisy, že o všem lze pochybovat, ale téměř nic, nelze s jistotou vyloučit a shoduje se s Jandovým výkladem funkční patologie. [35, 94, 95] Lewit však uvádí, že funkční poruchy mají zcela jiná patofyziologická pravidla a za nejdůležitější kritéria

považuje reverzibilnost, chybění strukturálních změn a vlastnost zřetězení. Možnost vyvolat zřetězení poruch funkce ovšem neupírá ani primární strukturální lézi.[59, 56] Podle Jandy je však třeba brát v úvahu i více než pravděpodobnou závislost vzniku funkční poruchy na existenci poruchy strukturální. Funkční porucha může mít svůj podklad ve strukturálních změnách, které nemusejí být nikterak markantní. Může se jednat například "pouze" o mikrotraumata pohybového aparátu či počínající onemocnění vnitřního orgánu. Jestliže bychom přijali tuto Jandovu koncepci, pak by byla terapie funkční poruchy často jen terapií symptomatickou a nikoliv kauzální, i když většinou jedinou možnou. Že tomu tak pravděpodobně je, dokládá skutečnost častých recidiv. Jako příklad může sloužit syndrom malé mozkové dysfunkce, kde nepochybná mikroléze centrálního nervového systému je predisponujícím faktorem pro vznik bolestivých funkčních poruch. Jiným příkladem může být spina bifida oculta, která donedávna byla považována pouze za kosmetický defekt, ale dnes je považována za rizikový faktor bolestí v kříži s předpokládanou anatomickou změnou ligamentózního aparátu v křížové oblasti a funkční insuficiencí lumbosakrální oblasti. Je tedy důležité při vyšetření analyzovat každý detail a popisovat sebemenší anatomickou odchylku, i když třeba její význam nedovedeme v současnosti ocenit. Tyto morfologické změny většinou nejsou jedinou příčinou bolestí, ale představují terén, předpokad, na kterém akutní bolestivý syndrom vznikne, nebo jsou faktorem přispívajícím ke chronicitě či recidivám obtíží. [35, 36]

Spíše terminologický problém je v tom, že jsou jako rovnocenné střídavě používány pojmy "funkční porucha" a "porucha funkce" a jsou stavěny do protikladu k pojmům "strukturální", resp. "patomorfologická" porucha (léze, onemocnění). Přitom ale Lewit logicky uvádí, že poruchy strukturální se klinicky projevují poruchami funkce. [56, 59, 13] Je zřejmé, že aby nedocházelo k nedorozumění, je vhodnější používat pojem "porucha funkce" jako nadřazený a zahrnující jak poruchy strukturálního, tak funkčního původu. Snad všichni autoři se shodují v tom, že i teoreticky čistě funkční porucha může časem přejít do poruchy strukturální. Je to v souladu se známou tezí "funkce formuje orgán" a s faktem, že pohyb má formativní vliv na strukturu orgánů a tato struktura je bází pohybu, ale současně i jeho omezujícím faktorem. [10, 98] Na druhé straně ale bývá přehlížena skutečnost, že i zcela jasně strukturální porucha má díky řetězení svoji "funkční složku". Otáhal uvádí s tímto související možný postupný sled

událostí a vzájemných souvislostí, jenž má různou konfiguraci v různých regionech axiálního systému, které spolu morfologicky i funkčně komunikují s ohledem na biomechanická hlediska, jako návaznost dislokace, distenze – bolestivý syndrom – funkční změny – tvarové změny. Distenze mají svojí bezprostřední příčinu v mechanickém namáhání kloubních struktur, které je důsledkem posunutí – dislokace, či deformace příslušných segmentů. [94, 16, 68]

Shrnutí funkčního přístupu dle Lewita [60, 56], který v tomto souhrnu čerpal ze svých klinických zkušeností a práce Brüggera:

- Je třeba určit, zda jde o poruchu čistě funkční či převážně strukturálně patologickou, pokud jde o smíšenou poruchu, je nutné určit relevantnost jednoho či druhého faktoru.
- Funkce je stejně reálná jako struktura, tak jak je fyziologie stejně reálná, jako anatomie.
- Poruchy struktury bývají vymezeny co do lokalizace a subtrátu, zatímco poruchy funkce jsou výsledkem poruchy souhry četných úseků pohybové soustavy , tj."zřetězení" funkčních poruch – pohybové soustavy jako celku (holistický aspekt).
- I při poruchách struktury dochází ke změnám funkce, kterými se totiž poruchy struktury klinicky projevují (klinický nález koreluje s poruchou funkce).
- Klinicky se poruchy funkce projevují přímo, poruchy struktury, pokud nemění funkci, bývají němé.
- Změny struktury nemusí však být jenom klinicky němé, ale mohou být zcela irelevantní vzhledem k potížím nemocného (týká se to například degenerativních změn , ale i mnohých výhřezů disků).
- Fyzioterapie se zaměřuje především na poruchy funkce i tam, kde je příčina strukturální (např.u výhřezů destiček či koxartrózy)
- Cílem diagnózy je u strukturální poruchy stanovit lokalizaci a substrát.
- Cílem diagnózy u funkční poruchy je určit patogenetický řetězec funkčních poruch a určit jeho relevantní článek (články).
- Mechanismus působící bolest u strukturální poruchy je dán typem

"patologie".

- Mechanismus působící bolest u poruchy funkce je zvýšené napětí v postižených strukturách pohybové soustavy.
- Poruchy funkce jsou v podstatě reverzibilní. Při jejich úspěšné léčbě lze proto dosáhnout okamžité úpravy určitého článku v řetězci.
- Při (úspěšné) terapii strukturálních poruch pokračujeme v započaté terapii do vyhojení, nebo se rozhodujeme pro operační výkon.
- Při (úspěšné) terapii poruch funkce se při kontrolním vyšetření zaměřujeme na jiný článek patogenetického řetězce, pokud jsme nedosáhli úpravy již léčeného článku, musíme se nad svým postupem znovu zamyslet.
- U poruchy struktury záleží tedy na vhodném léku nebo na operaci, u poruchy funkce na volbě relevantního článku v patogenezi.
- Proto, kdo léčí poruchu funkce v místě bolesti, je ztracen!
- Moderní technika se stále vylepšuje, pokud jde o diagnostiku struktury, naproti tomu u poruch funkce bývá málo užitečná, a často odvádí pozornost od relevantní funkce.
- Psychický faktor je velmi významný u každého onemocnění. U poruch funkce jde však o vliv přímý. Pohybová soustava je totiž efektorem volní činnosti. Bolest i relaxace jsou současně somatickými i psychickými jevy.
- Vztah příčiny a následků jsou u strukturálních poruch přímočaré, u poruch funkce často zaměnitelné: svalový spasmus – kloubní blokáda, bolest – změna pohybového stereotypu atd.

Z uvedeného vyplývá, že funkce pohybového systému je ještě složitější než struktura. Funkce odpovídá totiž programu, který nutně zahrnuje celý organismus, a proto lze strukturu přirovnat k "hardwaru" a funkci k "softwaru".

4.3.3. MECHANICKÝ VÝKLAD VZNIKU ŘETĚZENÍ PORUCH

Mechanický (také biomechanický či mechanistický) výklad řetězení je postaven pouze nebo především na anatomických vztazích a biomechanických principech. V odborné veřejnosti je běžný a pracuje s ním celá řada uznávaných autorů, např. Travellová, Mojžíšová, Meziérová aj.. Přednostmi tohoto výkladu jsou poměrná jednoduchost a názornost a možnost využít přesně definované svalově – šlachové smyčky. [94]

Tyto smyčky názorně popsal Véle, který ale ve stejné práci vyslovil názor, že zřetězení svalových funkcí je důsledkem řízení pohybu nervovou soustavou. [95, 101]

Véle rozlišuje svalové smyčky a svalové řetězce. **Svalovou smyčku** tvoří skupina dvou svalů upínajících se na dvě vzdálená pevná místa (puncta fixa). Mezi oba svaly je včleněn „pohyblivý" kostní segment (punctum mobile), jehož poloha je vyvažována tahem obou svalů. Je to volnější druh spojení kostních segmentů než běžný kloub. Svaly ve smyčce působí na vmezeřený pohyblivý segment jako otěže, mezi kterými je pohyblivý segment „dynamicky" zavěšen tak, že ho lze jak fixovat, tak jím cíleně pohybovat ve směru tahu svalů. [95]

Svalový řetězec vzniká vzájemnou fyzikální i funkční vazbou několika svalů nebo smyček propojených mezi sebou fasciálními, šlachovými i kostními strukturami do řetězce tvořícího samostatný složitý útvar, jehož funkce je programově řízena z CNS. Těchto řetězců může pracovat současně několik a tím se značně rozšiřuje adaptabilita a flexibilita pohybové soustavy jako celku. Spojení jednoduchých řetězců do složitých komplexů umožňují široké ploché fascie, které mají na hrudníku šikmý směr a vytváří zkřížená funkční spojení. Tyto řetězce mají zpevňující a stabilizační význam a probíhají jak po ventrální, tak po dorzální ploše těla. Smyčky a řetězce jsou mechanicky a funkčně (programovány centrálně) propojeny. Je zde tedy zastoupen i kybernetický výklad vzniku řetězení poruch funkce. Zřetězené svaly nemusí pracovat synchronně ve všech svých článcích a CNS umožňuje sekvenční zapojování jednotlivých článků podle předem programovaného časového rozvrhu (timing), kterým se pohyb svalů koordinuje a tím se dosahuje přesnosti pohybu při úspoře energie. [95, 101]

Existence funkčních smyček a řetězců umožňuje vznik vzdálené přenesené motorické poruchy. Např. hypertonus ischiokrurálních svalů může být spojen s nerovnováhou ve

smyčce m.peroneus brevis, m.tibialis posterior, která působí jako otěže na postavení klenby nohy. Stejně je tomu tak i na horní končetině, kde existuje vztah mezi akrem ruky a kořenem končetiny a cervikální páteří. [95]

Na základě výsledků svých prací se k mechanistickému pojetí podkladu vzniku „řetězení" poruch funkce přiklání např. Ťupa, který považuje za nepřímý důkaz o spíše omezeném vlivu nervového řízení na vznik rozsáhlejších „řetězení" funkčních poruch v pohybovém aparátu existenci tzv. orgánových vzorců. Při podrobnějším pohledu na jejich popis je zřejmé, že dochází k reflexní odezvě nemocného orgánu pouze v místech, které odpovídají jeho segmentové autonomní inervaci. Zde by se dalo poukázat na podobnost s výkladem Headových hyperalgických zón, proto odkazuji na kapitolu 4.4. 8. této diplomové práce a odbornou literaturu [6, 19,56, 95]. Dále Ťupa [90] uvádí výsledky výzkumů, které také napovídají, že „řetězení" poruch funkce pohybového aparátu se děje významnou měrou na mechanickém podkladě. Jako příklad udává vliv dysfunkce pánevního dna na funkci křížokyčelních kloubů a lumbosakrální oblast, vliv postavení křížové kosti a kostí pánevních na postavení a rotace kyčelních kloubů a vliv vzdálených struktur na postavení pánve. Např. zmenšením nadměrné tuhosti m.coccygeus (např.jeho protažením u syndromu kostrče a pánevního dna) ruší okamžitě po zákroroku „patologickou" situaci v oblasti SI kloubů. Přitom obě oblasti spadají inervačně k jiným segmentům míchy. Svaly pánevního dna jsou inervovány převážně ze segmentu S3, zatímco oblast SI kloubů maximálně po segment S1. [8, 90]

K mechanickému pojetí výkladu řetězení se v některých svých pracích přiklání i Janda, který klade důraz právě na svalově-šlachové smyčky a přímé anatomické propojení jednotlivých struktur pohybového systému pomocí vaziva. Tvrdí, že tyto morfologické vztahy jsou důležité zejména mezi trupem a končetinami. Přitom je třeba vzít v úvahu pohybový systém jako celek, nikolov sledovat jen jednotlivé tkáně. Je třeba si všímat anatomických souvislostí mezi jednotlivými částmi celého pohybového aparátu, zj.mezi jednotlivými svaly, které tvoří funkčně anatomické smyčky a vazivový aparát, který se na těchto smyčkách podílí. Všechny tyto struktury tvoří funkční jednotku. Např. v oblasti pánve, trupu a dolních končetin tvoří veškeré vazivové struktury kontinuální vazivový obal, který Janda nazývá jakousi „punčochou", v níž jsou uloženy kostěné struktury lumbosakrální oblasti a větší svaly, které reprezentují hlavní svaly v této oblasti (dle Jandy např. m.multifidus, gluteus maximus nebo biceps femoris), mají různé

úpony k tomuto prodlouženému ligamentóznímu vaku. Tento mechanismus byl nazván Vleemingem (1989) self locking, samouzavírající zámek a porucha jeho funkce se zdá být klíčová při vzniku bolestí v kříži. [35]

Janda zde vysvětluje i mechanismus „S reflexu" z hlediska porozumění jeho strukturálnímu podkladu. Šlacha m.biceps femoris často přechází přes tuberositas ischiadica a napojuje se na lig.sacrotuberale a v některých případech až na jeho horní část. Šlachy nejhlubší vrstvy m.multifidus často sahají až k horní ploše lig.sacrotuberale. Tento vaz pokračuje na spina iliaca post. sup., překračuje ji a pokračuje jako lumbální mezisvalová aponeuróza. Tato aponeuróza představuje přímé spojení s příčnými lumbálními výběžky cestou m.iliocostalis lumborum a m.longissimus lumborum a na processii spinosi cestou m.multifidus. M.gluteus maximus navazuje na lumbodorzální fascii a přes ni na m.latissimus dorsi, čímž dochází k ovlivnění funkce horní končetiny. Tyto funkčně anatomické smyčky ukazují, že např.m.biceps femoris má přímé funkčně anatomické spojení prakticky na celou páteř a m.gluteus maximus ovlivňuje funkci horní končetiny. Z tohoto je zřejmé např.to, že při útlumu m.gluteus maximus, při testování stereotypu extenze v kyčli, dochází ke zvýšené aktivaci mimo jiné m.latissimus dorsi a zvýšené aktivci svalstva pletence ramenního. Tyto anatomické vztahy pomáhají pochopit svalovou aktivitu extenzorů dolní končetiny, která nastane jako odpověď na podráždění paravertebrálního svalstva při vašetřování „S-reflexu". [35]

„Zřetězení" dle Jandy probíhá v analogickém sledu. Janda tvrdí, že jestliže pro „zřetězení" nenajdeme anatomicko funkční podklad, pak je to spíše pro naši neznalost a musíme se pokusit najít anatomickou korelaci. [35, 36]

Na biomechanické hledisko upozorňují Otáhal a Tichý J.[68], kteří ve své práci poukazují na extrémní proměnnou tuhost podél „osové kostry", což z čistě mechanického hlediska vymezuje riziková místa v různých regionech pohybového systému, které spolu morfologicky a funkčně souvisí a která jsou zejména tam, kde dochází k náhlé změně poddajnosti. Jsou to například přechod mezi pánevním pletencem a lumbální částí páteře. Tuhost pánevního komplexu je dána především jeho tvarovými vlastnostmi, tedy konstrukcí, ale až potom pohyblivostí v SI spojení a sponě stydké. Zcela naopak je tomu v oblasti lumbální páteře, kdy její odolnost vůči tvarovým změnám je dána zejména silnou masou svalů, které „přemosťují" abdominální část mezi

hrudníkem a pánví. Tyto argumenty potvrzují rizikové místo přechodu L5-S1, což je v souladu s klinickmi nálezy vertebrogenních pacientů. Obdobně přechod mezi horní částí hrudníku (tuhost je opět dána především konstrukcí základní smyčky: obratel, žebro, prsní kost, žebro, obratel) a krční páteře vykazuje obdobné vlastnosti. Podobná situace je na přechodu atlantooccipitálního skloubení. [68]

Nedostatky mechanického výkladu jsou zřejmé především při hledání přímých anatomických vazeb mezi topograficky dosti vzdálenými strukturami. Je také obtížné vysvětlit dva typické fenomény: „přeskakování" některých součástí řetězce, představovaného zde svalově-šlachovou smyčkou a dále lokalizaci maxima poruchy funkce, tedy klíčový článek celého řetězce. Pokud by porucha funkce byla opravdu „štafetovitě" předávána mezi anatomicky propojenými strukturami, pak by neměla vynechat žádný článek řetězce. Maximum poruchy funkce (a bolesti) by se mělo nacházet v místě primární poruchy, která by se předáváním měla spíše tlumit. Nic z toho však ve funkční patologii a při řetězení poruch funkce neplatí. [58, 59]

4.3.4. KYBERNETICKÝ (NEURO-ANATOMICKÝ) VÝKLAD VZNIKU ŘETĚZENÍ PORUCH FUNKCE

Kybernetický výklad zdůrazňuje rozhodující úlohu CNS při řízení motorické aktivity. Všechny součásti pohybového systému jsou centrálně řízeny nervovým a endokrinním systémem. Řídící systém pracuje na základě určitých programů, které volí a modifikuje podle aktuální situace. Pokud je funkce určité části pohybového systému „oslabená" nebo zcela „chybí", zvolí řídící systém jiný postup (program) tak, aby byl původní cíl splněn.[10,13,16,94]

Pokud tedy existuje překážka v realizaci určité strategie dosažení cíle (například nocicepcí), je obejita (kompenzována) výběrem jiné strategie se stejným cílem. Je pravděpodobné, že náhradní režim, právě proto, že je náhradní, je neoptimální vzhledem k funkci fyziologické a v nějakém článku opět selže. Tak vzniká sekundární funkční porucha. V zájmu uskutečnění pohybového záměru je nahrazen dalším režimem s následným možným šířením nefyziologické pohybové aktivity. Zde je tedy funkce systému obětována ve prospěch dosažení cíle. Problémy pak nastanou v okamžiku, kdy náhradní řešení a jejich důsledky přesáhnou možnost kompenzace organismu. Tyto náhradní pohybové programy jsou charakteristické tím, že je doprovází abnormální

svalový tonus ve smyslu hypertonie či hypotonie, zaručená mikrotraumatizace vlivem neekonomického zatěžování a vznik nociepčního dráždění. Je proto nežádoucí pohybovat se v tzv.náhradních pohybových vzorech. [10,44,94]

Díky této možnosti substituce a kompenzace však může plnit organismus jako celek své motorické a další funkce i při různé míře poškození svých jednotlivých součástí. Toto použití „náhradního"programu je však více zatěžující a pokud je tato zátěž nadměrná, dochází k dalším poruchám funkce v dalších segmentech pohybového aparátu. To je podstatou řetězení. V této koncepci mají zásadní význam aferentní podměty, přicházející do CNS z periferie a motorické programy přicházející z CNS do periferie. Mezi odborníky nepanuje shoda v názorech, jak dalece jsou motorické programy vrozené a jakou mírou se na nich podílí motorické učení. [10,13,94]

Ukázalo se, že řetězení lze nejlépe pochopit ve světle vývoje extenčního držení kojence za prvních tří měsíců. Rozhodující úlohu zde hraje stabilizující kokontrakce agonistů a antagonistů zajišťující vzpřímené držení i nejvhodnější, centrované, postavení končetinových kloubů. [44,48,58] Z hlediska vývojové kineziologie hovoříme na jedné straně o motorických, geneticky daných programech [44,46,57,58,103] či, podle Čápové, geneticky preformovaných elementech vytvářejících tzv. bazální programy [10], ve kterých je zakódována funkce svalu, resp.svalových synergií, které se realizují teprve zráním CNS. Na druhé straně se nervová soustava projevuje prostřednictvím motorických funkcí, které vznikají na základě motorického učení. Schopnost motorického učení a napodobování nastupuje v třetím trimenomu, mezi sedmým a osmým měsícem. Mimické napodobování přichází však již kolem dvou měsíců věku dítěte. Proto, budeme-li uvažovat o případné terapii motorických funkcí, je dobré začít s využíváním geneticky daných programů co nejdříve, nejlépe do zahájení třetího trimenomu, samozřejmě s ohledem na diagnózu a stav dítěte. [10,44,103]

Poruchy funkce mohou existovat jak v oblasti organické („hardware"), tj.strukturální, tak i v oblasti geneticky fixované – fixed patterns („firmware"), tj.vrozené, ale i v oblasti neorganické, tj. v oblasti naučených programů („software"). [98]

Rozhodující součástí motorických programů je zaujetí a udržení postury. Zásadní význam má chápání postury jako aktivního držení řízeného CNS podle určitého programu a realizovaného prostřednictvím pohybového systému v mezích daných anatomickými a biomechanickými principy. Znalosti anatomie a biomechaniky jsou

nutné, samy o sobě ale nestačí. Zásadní význam řídícího systému ve svém konceptu zdůrazňuje Brügger a formou globálních vzorců také Vojta, Kolář, Čápová a další. Styčný bod zde zaujímá tzv.atituda, tedy pro plánovaný pohyb přednastavená postura. Pojem atituda lze vysvětlit na základě citátu Magnuse, který zní: "Každý konkrétní pohyb začíná z přesně definované postury, má definovatelný průběh a končí v dané poloze konečné, přičemž postura následuje pohyb jako stín." Atituda je zajišťována posturální motorikou, kterou si neuvědomujeme, ale pociťujeme ji jako pocit posturální jistoty. Posturální motorika pracuje i v době, kdy je pohyb jedince ještě většinou zcela reflexní a schopnost motorického učení ještě není vyvinuta. Posturální motorika tedy zajišťuje výchozí polohu – atitudu, stabilizuje průběh pohybu a zajišťuje polohu konečnou, která je výchozí polohou pro další pohybovou sekvenci a to vše vůči gravitačnímu vlivu. [10, 44, 48, 103]

Systematizace svalových dysbalancí z hlediska vývojové kineziologie spočívá v existenci dvou svalových systémů – tonického a fázického, zejména v jejich rozdílném časovém řazení do držení těla, tj. v jejich posturální integraci. Svaly, které inklinují k oslabení, tzv. svaly fázické (převaha zastoupení fázických motorických jednotek), jsou ve své posturální funkci (z pohledu zajišťování držení) z ontogenetického hlediska mladší než svaly posturální (převaha zastoupení tonických motorických jednotek), s tendencí ke kontrakturám. Pro kliniku je zásadní, že zapojením svalů do „posturálních funkcí" se dostáváme ke zcela odlišné součinnosti svalů, než máme na kmenové a spinální úrovni. Motorické programy organizované do kmenové úrovně mají reciproční charakter řízení, tzn. v odpovědi je aktivován sval jakožto agonista a inhibován jeho antagonista. Aktivací vyšších zrajících etáží CNS se objevuje koaktivace. Podstatné je, že fázický systém reaguje v posturální funkci jako celek, jako systém. Jeho aktivací se automaticky mění celkové držení těla, jde vždy o globální model. Oslabením některého ze svalů posturálně mladšího systému dochází automaticky ke změně postavení v kloubu a k reflexní iradiaci této inhibice do celého systému. Vzniká celková převaha svalstva antagonistického systému, tj.v posturální funkci ontogeneticky staršího. A naopak, tonizací některého ze svalů ontogeneticky mladšího dojde k inhibici v celém tonickém systému. Zapojením této integrační úrovně řízení je nastavena jiná kategorie reflexních vztahů, čímž lze definovat reflexní propojenost mezi svaly zcela vzdálenými. Jde o reflexní propojenost mezi svaly

organizovanou na suprakmenové úrovni řízení. Systémové postuální oslabení fázického systému vidíme také při stárnutí (ochabuje extenční funkce osového orgánu). Systém má jakoby tendenci k návratu k fylogeneticky staršímu, stabilnějšímu novorozeneckému modelu držení. Také při psychických obtížích se ukazuje dominance ontogenicky staršího svalového systému, o čemž svědčí tendence k flekčnímu držení např. při depresivních stavech. Při dysfunkci kloubu můžeme sledovat vzory ochranného držení, kdy opět sledujeme, že za patologické situace je první oslabení v dimenzi odpovídající ontogeneticky mladšímu vývojovému stupni držení, tj. oslabení extenzorů.
[44, 36, 10, 97]

Vedle systémového uspořádání dysbalancí mezi svaly s ontogeneticky mladší a starší posturální funkcí existují ještě systematizovaná zřetězení mezi lokálními změnami svalového napětí, mezi trigger pointy. Jejich vznik lze hypoteticky předpokládat na základě kontroly nocicepce, opět spatřujeme v jejich propojení jistý stereotyp. Dle Koláře a Lewita [44,57] je trigger point vždy součást svalových smyček, jejichž základem je posturální ontogeneze a její vztah k lokomočnímu vzoru. Zařazením funkce svalů do programu lokomočního vzoru (tj. vrozený, centrálně determinovaný program) je možné definovat nový pohled na uspořádání řetězců a tím systematizovat reflexní propojenost trigger pointů. Využití principů posturální ontogeneze a reflexní lokomoce spojuje mechanické a kybernetické hledisko vzniku zřetězení poruch funkce. Propojení trigger pointů lze odečíst ze synergie stabilizačních funkcí svalů, respektive jejich částí, které odpovídají držení vázanému na určitou fázi geneticky determinovaného lokomočního vzoru. Konkrétní příklad řetězení Trp dle Koláře je uveden v kapitole 4.4.1. [44] Trigger pointy postihují svaly jen v určitých jejich vláknech a protože některé svaly jsou ploché, trigger point zabírá jen malou část velkých svalů. Tato reakce se řetězí, má tendenci se projevit v celé pohybové soustavě a to s převahou na jedné straně. Trigger pointy nacházíme jak v hyperaktivních, převážně posturálních svalech, tak ve svalech inhibovaných, fázických. [44,57]

4.3.5. INTEGRACE MECHANICKÉHO A KYBERNETICKÉHO VÝKLADU VZNIKU ŘETĚZENÍ PORUCH FUNKCE

Přes všechny výhody, které nabízí kybernetický výklad nelze přehlédnout , že funkce pohybového systému je realizováma prostřednictvím struktury. Motorický program včetně udržování postury může být realizován pouze prostřednictvim konkrétních anatomických struktur tak, aby byl v souladu s principy biomechaniky. [94]
Proto jsou svalově – šlachové smyčky a biomechanické principy integrální součástí i kybernetického modelu řetězení poruch funkce pohybového systému. Nejsou ale považovány za jediný faktor, jako je tomu při mechanickém výkladu. Pohybový systém je řízen CNS, ale může vykonat pouze to, co mu anatomický substrát a biomechanické principy umožňují. Proto je nutné a výhodné oba výklady, kybernetický a mechanistický, sloučit do jednoho modelu, který lze označit např.: „posturální". To je možné pouze za předpokladu, že „postura" je chápána jako aktivní proces držení, nikoli jen struktura tvořená kostrou a svalově – šlachovými smyčkami. Nelze opomenout ani nejvyšší úroveň funkce CNS – psychiku v rámci mechanismu vzniku a řetězení funkčních poruch pohybového systému. [32, 44, 56, 94, 98]

4.4. PŘÍKLADY RŮZNÉHO POJETÍ „ŘETĚZENÍ" SVALŮ

4.4.1. „ŘĚTĚZENÍ" dle Doc.MUDr. Františka VÉLEHO, CSc.

Pojmem „svalový řetězec" , tak jak ho popisuje Véle se rozumí dva nebo více svalů, které jsou funkčně vzájemně svázány. Jednoduchá svalová smyčka ovlivňuje elementární funkci jednoho kostního segmentu. Svalová myčka je tvořena skupinou dvou svalů, které se upínají na dvě vzdálená místa, představující puncta fixa, místa opory pro sval a mezi svaly je kostní segment, který svaly buď fixují nebo s ním cíleně pohybují. Několik smyček se „řetězí" do komplexního funkčního celku, který ovládá skupinu segmentů tvořící vyšší funkční celek, jako např. horní sektor krční páteře, ramenní pletenec nebo celou končetinu. Svalový řetězec vzniká vzájemnou fyzikální i funkční vazbou několika svalů nebo svalových smyček propojených mezi sebou fasciálními, šlachovými i kostními strukturami. Těchto řetězců může pracovat současně

několik a tím se značně rozšiřuje adaptabilita a flexibilita pohybové soustavy jako celku. Zřetězené svaly nemusí pracovat synchronně ve všech svých článcích, podle Véleho dochází k možnosti tzv. „přeskakování" článku v řetězci. Funkce svalu odvozená pouze z jeho úponů je zkreslená, protože nezohledňuje vliv okolních svalů a vliv řídící složky pohybového aparátu na jeho funkci. [95, 101]

Spojení jednoduchých řetězců do složitých komplexů umožňují široké ploché fascie, které mají na hrudníku šikmý směr, takže se kříží a vytvářejí zkřížená funkční spojení např. mezi ramenním pletencem jedné strany a pánevním pletencem strany druhé. Tyto řetězce mají dle Véleho stabilizační význam a probíhají jak po přední, tak po zadní straně trupu. [101]

Podle Véleho [95] je tedy řetězení činnosti svalů umožněno strukturální bází – anatomickou strukturou, ale činnost těchto „fyzicky" propojených svalů je řízena programovou aktivitou nervové soustavy, která ovládá účelově – teleologicky – zamýšlený pohybový projev - teleokinezi. Činnost svalových řetězců a funkční souvislosti jednotlivých svalů mezi sebou je řízena CNS a je nedílnou součástí pohybových programů používaných v běžné denní činnosti. CNS je schopen vytvořit „programově funkční propojení" i několika svalových řetězců, které spolu strukturálně přímo nesouvisí. Zřetězené svaly nemusí pracovat synchronně ve všech článcích řetězce, CNS umožňuje sekvenční zapojování jednotlivých článků podle předem programovaného timingu, kterým se pohyb svalů koordinuje a tím se dosahuje přesnosti pohybu při úspoře energie. [95]

Při popisu funkce jednotlivých smyček vychází Véle z práce Hoepkeho z roku 1976 „Das Muskelspiel des Menschen". [95,98]

4.4.1.1. PŘÍKLADY ŘETĚZENÍ SVALŮ

- **Řetězce spojující zkříženě pletenec ramenní s pletencem pánevním**

Zadní strana: humerus jedné strany – **m.latissimus dorsi** – *fascia thoracolumbalis* – páteř – crista iliaca druhé strany – *fascia glutea* – **m.gluteus maximus** – *fascia lata* – **m.tensor fasciae latae** – fibulární strana kolene druhé strany.

Přední strana: humerus jedné strany – **m.pectoralis major** – *fascia superficialis pectoralis – fascia superficialis abdominis – vagina musculorum rectorum – linea alba*

– **mm.obliquii abdominis** - *lig. inguinale* – *fascia lata femoris* – **m.tensor fasciae latae** – koleno druhé strany. [95,101]

- **Řetězec spojující nohu s hrudníkem**

Os cuneiforme I – **m.peroneus longus** – tibia – *fascia cruris* – **m.biceps femoris** + **m.adductor longus** – **m.obliquus abdominis internus** – **m.obliquus abdominis externus** (druhé strany) – hrudník (až pletenec ramenní přes fascii pectoralis a horní končetina opačné strany). [95,101]

- **Svalové smyčky udržující podélnou klenbu nohy jako „třmen“**

Smyčka m.tibialis anterior – m.peroneus longus:

Fibula – **m.peroneus longus** – metatars I. – os cuneuforme I. – **m.tibialis anterior** – tibia.

Smyčka m.tibialis posterior – m.peroneus brevis:

Fibula – **m.peroneus brevis** – calcaneus – os cuboideum – **m.tibialis posterior** – tibia. [95,101]

- **Dlouhý řetězec mezi pánví a lýtkem**

Pánev (spina iliaca) – **m.rectus femoris** – tibia – **m.semitendinosus** + **m.semimembranosus** – pánev (tuber ischiadicum) – fibula – **m.biceps femoris** – pánev (tuber ischiadicum). [95,101]

- **Krátký řetězec mezi pánví a femurem**

Os ilium – **m.gluteus maximus** – femur – **m.iliacus** – os ilium – femur – **m.psoas** – lumbální páteř – os sacrum – os ilium. [95,101]

Krátké a dlouhé řetězce na sebe navazují a vzniká funkční vazba mezi jednotlivými segmenty, která dává větší možnosti adaptability.

- **Příklad dlouhého řetězce popisovaného vzhledem k aktivitě svalů při určitém typu pohybu**

Řetězec při záklonu se vzpažením:
Svaly aktivující pohyb: **m.tibialis anterior** (naklání lýtko dopředu – dorziflexe nohy) - **m.semitendinosus** + **m.biceps brachii** (flektují koleno, femur tak směřuje nazad, pánev se sklání nazad) – **m.erector spinae** (záklon páteře) – **m.trapesius** (záklon šíje).
Svaly brzdící a návratné: **M.triceps surae** (tlačí plantu k zemi, lýtko a stehno dozadu) – **m.gracilis** + **m.semitendinosus** + **m.sartorius** + část **adductores femoris** (táhnou symfýzu dopředu a dolů) – **m.rectus abdominis** (přibližuje sternum a tím i hrudník k symfýze) – **m.pectoralis major** („připažuje dopředu") – **svaly jazylkové** (brání záklonu šíje)
Vzpažení probíhá prostřednictvím smyčky: **m.rhomboideus** – scapula – **m.serratus anterior.**

Tento svalový systém tvoří uzavřený funkční řetězec, který vatváří „rovnováhu"mezi záklonem a předklonem, omezuje rozsah záklonu a umožňuje zpětný návrat do výchozí polohy. [95,101]

Véle dále uvádí řetězec při úklonu se vzpažením, řetězec při „mostu", při „váze", svalové řetězce v osovém orgánu, řetězce mezi trupem a lopatkou a další. [95,101]

4.4.2. „ŘETĚZENÍ" dle Prof. MUDr. Karla LEWITA, DrSc.

Lewit nepopírá význam svalově-šlachových smyček, ale za hlavní pokládá řídící vliv CNS. Konstatuje, že i v této problematice empirie předběhla vědecké pochopení. Na základě dřívějších dostupných poznatků se Lewit pokusil odkrýt zákonitosti „řetězení"funkčních poruch a popisoval řetězce podle základních funkcí pohybové soustavy. Patří sem **chůze**, která se týká na prvním místě dolních končetin, pánve a dolní části trupu, dále **stabilizace**, která se týká trupu a krku s hlavou, **dýchání**, které se týká horních končetin a ramenního pletence s krkem, **příjem potravy a řeč**, což se týká orofaciální soustavy a krku. Lewit uvádí, že toto zpracování popisu řetězců si neklade za úkol s konečnou platností popsat velmi důležitý jev zřetězení funkčních poruch pohybového aparátu a udává i značnou možnost variability u jednotlivých případů. V tomto světle pojímané řetězce v podstatě empirické poznatky do určité míry systematizovaly, ale z hlediska fyziologie je nevysvětlily ani dostatečně neupřesnily. Výhodou tohoto systematického popisu řetězců podle základních funkcí je možnost rychlé orientace v pohybovém systému a tím snadnější vyhledávání hlavního článku patogenetického řetězce. [56,58,60]

Velký pokrok nastal, když se začaly uplatňovat poznatky z vývojové kineziologie, jak ji vypracoval **Vojta** [103] a později rozvinul **Kolář**[44,46,48]. Podle Lewita [57], který se k tomuto pojetí teorie vzniku řetězců přiklání, tento přístup nabízí adekvátní teoretickou odpověď a přesnější výsledky v této problematice. Hraje zde rozhodující roli stabilizující kokontrakce agonistů a antagonistů zajišťující posturální ontogenezi vedoucí ke vzpřímenému držení těla. Podrobnější popis tohoto pojetí v kapitole 4.4.4..

4.4.2.1. PŘÍKLADY ŘETĚZENÍ SVALŮ [56,60]

- **Řetězce podle „základních funkcí"**

Lewit zde popisuje konkrétní svaly, v kterých můžeme nalézt hypertonus, dále úponovou bolest, která souvisí se zvýšeným napětím svalů aktivních při dané činnosti a kloubní dysfunkce přilehlých kloubů. Tento popis má sloužit jednak pro popis konkrétního řetězce svalového hypertonu a jednak pro snažší orientaci v pohybovém

aparátu při diagnostice a terapii, proto zde Lewit uvádí kromě svalů ještě lokalizaci úponové bolesti a kloubní blokády.

Chůze – stojná fáze :

Zvýšené napětí: flexory prstů a chodidla, m.triceps surae, ischiokrurální svaly, mm.glutaei, m.piriformis, m.levator ani, lumbální m.erector spinae

Úponová, přenesená bolest: ostruha patní, Achillova šlacha, hlavička fibuly, tuber ossis ischii, crista iliaca, trochanter maior, trny L4-S1

Kloubní dysfunkce: drobné klouby chodidla, hlezenní kloub, hlavička fibuly, SI kloub, dolní bederní páteř, hlavové klouby

Chůze – švihová fáze:

Zvýšené napětí: extenzory prstů a chodidla, flexory kyčle, adduktory, mm.recti abdominis, thoracolumbální erectores spinae

Úponová, přenesená bolest: pes anserinus, patela, trochanter minor, symfýza, mečík

Kloubní dysfunkce: koleno, kyčel, SI kloub, horní Lp, Th/L přechod

Trup – stabilizace:

Zvýšené napětí ve svalových párech:

mm.SCM X krátké extenzory hlavových kloubů

mm.scalenni a hluboké flexory krční X m.levator scapulae a m.trapezius a m.erector spinae a žvýkací svaly

m.iliopsoas a ,m.rectus abdominis X m.erector spinae a m.quadratus lumborum

Bolestivé úpony: zadní oblouk a příčné výběžky atlasu, laterální hrana trnu obratle C2, linea nuchae, jazylka, mediální konec klíční kosti, horní okraj lopatky, mečík, symfýza, poslední žebra, crista iliace

Kloubní dysfunkce:hlavové klouby, C/Th přechod, Th/L přechod, L/S přechod, SI klouby, klouby nohy

Horní typ dýchání:

Výsledkem tohoto složitého řetězce může být až syndrom horní hrudní apertury.

Zvýšené napětí: horní úsek m.rectus abdominis a mm.obliquii abdominis, mm.pectorales, mm.scaleni, m.SCM, krátké extenzory šíje, m.levator scapulae, m.trapezius – horní část, žvýkací svaly

Úponová, přenesená bolest: zadní oblouk a příčné výběžky atlasu, laterální hrana trnu C2, linea nuchae, mediální konec klíční kosti, horní hrana lopatky, sternokostální spojení, úhel prvních žeber

Kloubní dysfunkce: hlavové klouby, cervikotorakální přechod, horní žebra, hrudní páteř

Úchop – extenzní fáze:

Zvýšené napětí: mm.extensores carpi radialis et ulnaris, mm.extensores digitorum, svalstvo thenaru, m.supinator, m.biceps brachii., m.supraspinatus, m.infraspinatus, mm.rhomboideii

Úponová, přenesená bolest: processus styloideus radii, epicondylus radialis humerii, tuberculum majus, margo superior scapulae, trn C2

Kloubní dysfunkce: loketní kloub, akromioklavikulární kloub, střední Cp, C/Th přechod, první žebra

Úchop – flexní fáze:

Zvýšené napětí: mm.flexores carpi radialis et ulnaris, mm.lumbricales, mm.interosseii, m.pronator teres, m.pronator quadratus, m.subscapularis, mm.pectorales, m.SCM, mm.scaleni

Úponová, přenesená bolest: ulnární epikondylus humeru, mediální konec klíční kosti, sternokostální spojení, Erbův bod, příčné výběžky atlasu, trny obratlů C/Th přechodu, úhly prvních žeber

Kloubní dysfunkce: karpální kůstky, loketní kloub, glenohumerální kloub, C/Th přechod, první žebra, hlavové klouby

Příjem potravy, řeč:

Zvýšené napětí: m.masseter, m.temporalis, mm.pterygoidei lateralis et medialis, m.digastricus, m.SCM, krátké extenzory šíje, m.trapezius, m.levator scapulae, hluboké flexory šíje, mm.pectorales

Úponová, přenesená bolest: jazylka, zadní oblouk a příčné výběžky atlasu, processus spinosus C2, linea nuchae, mediální konec klíční kosti, margo superior scapulae, horní žebra

Kloubní dysfunkce: temporomandibulární kloub, hlavové klouby, C/Th přechod, první žebra

- **„Nociceptivní řada“** [56,60]

Spoušťové body jsou přímou odpovědí na nociceptivní podnět a pravidelně se objevují ve fyziologických antagonistech. Proto určitému trigger pointu ve fyziologickém flexoru odpovídají jen zcela vymezená vlákna, v nichž nalézáme trigger point v extenzoru, případně abduktoru, při postižení adduktoru. Tato reakce se však neomezuje na segment, ale má tendenci se řetězit v celé pohybové soustavě a to s převahou na jedné straně. Trigger pointy se vyskytují jak v hyperaktivních, převážně posturálních svalech, tak v inhibovaných, převážně fázických svalech. Je-li „nociceptivní řada“ plně rozvinutá, zahrnuje trigger pointy spíše rovnovážně, tzn., že nemění držení těla a bývá převážně po jedné straně, podstatně častěji po straně pravé. Nejčastěji nalézáme spoušťové body v těchto svalech:

Spoušťové body na krku: mm.SCM, mm.scaleni, krátké extenzory šíje, mm.splenii, horní část m.levator scapulae a m.trapezius

Spoušťové body na hrudníku: m.pectoralis major et minor (nejčastěji s úpony na 4.-6.žebro), m.subscapularis, mm.rhomboideii, střední část m.trapezius, m.serratus anterior, m.iliocostalis, bránice

Spoušťové body v oblasti břišní/bederní: mm.obliquii abdominis, m.rectus abdominis, m.psoas major, m.iliacus, m.quadratus lumborum, m.longissimus

Spoušťové body v oblasti pánevního pletence: mm.gluateii (maximus, medius, minimus), mm.adductores femoris (zj.krátké adduktory), m.rectus femoris, m.semitendinosus, m.semimembranosus, m.biceps femoris, m.tensor fasciae latae, zevní rotátory kyčelního kloubu, svaly pánevního dna

Spoušťové body na dolní končetině: dlouhé extenzory chodidla a prstců, m.triceps surae, krátké flexory a extenzory planty

Spoušťové body v oblasti ramenního pletence: m.subscapularis, m.infraspinatus, m.deltoideus, m.teres major, m.latissimus dorsi, m.biceps brachii, m.triceps brachii

Spoušťové body na horní končetině: pronátory, supinátory, extenzory a flexory na předloktí, krátké flexory a extenzory ruky.

Tzv. **"nociceptivní řetězec, řada"** je pozorován u těžších bolestivých stavů, jakými jsou například kořenové syndromy. Pozorujeme zde spoušťové body od m.SCM a krátkých extenzorů šíje, m.pectoralis major (vleže na zádech aspekcí pozorujeme prominenci většinou pravého ramenního kloubu), šikmé břišní svaly, m.iliopsoas, m.quadratus lumborum, adduktory, ischiokrurální svaly, krátké svaly planty, po dorzální straně gluteální svaly, erektory páteře, mezilopatkové svaly a trapézové svaly. Vše převážně po jedné straně, při diskrétnější palpaci lze vypalpovat některé spoušťové body také na druhé straně, avšak „nociceptivní řada" je zde v neúplné formě. [56,60]

- **Řetězec spojený s předsunutým držením těla**

Typicky se pánev promítá před chodidla, pletenec ramenní před pánev a hlava před osu ramenních kloubů. Jedná se o řetězec , u něhož značně důležitou roli hraje břišní svalstvo, pokud (vzácněji) není způsoben blokádou hlavových kloubů.

Spoušťové body nalézáme v přímých břišních svalech a jejich úponech, zvláště na symfýze (bolest na symfýze a mečíku), zvýšené napětí zádového a šíjového svalstva, blokády hlavových kloubů, hypertonus v m.glutaeus maximus a m.biceps femoris, blokáda caput fibulae, blokády drobných kloubů nohy (dysfunkce kloubů nohy alespoň na jedné straně). [56]

- **Řetězec způsobený dysfunkcí hlubokých stabilizačních svalů**

Jádrem je především spoušťový bod v bránici, svalech pánevního dna, hlubokých břišních a zádových svalech a hlubokých flexorech krku. Dále reagují dlouhé svaly na trupu – m.erector spinae, m.quadratus lumborum, někdy m.rectus abdominis.

Směrem kraniálním palpujeme lokální hypertonus v mm.pectorales, m.subscapularis, horních fixátorech ramenního pletence, mm.scalenni, m.SCM a často výrazně ve žvýkacích svalech.
Směrem kaudálním sledujeme lokální hypertonus v adduktorech kyčelních kloubů, m.biceps femoris caput longum (fibula) až po chodidla.
Reakce může být oboustranná , ale ne symetrická. [56]

- **Krátký řetězec při omezené rotaci trupu**

Charakteristický řetězec při omezené rotaci trupu – spoušťový bod v m.psoas major, m.quadratus lumborum a v thorakolumbální části m.erector spinae na opačné straně (při omezené rotaci trupu vlevo – palpační nález vpravo). [56]

4.4.3. „ŘETĚZENÍ" dle Ludmily MOJŽÍŠOVÉ

Mojžíšová na základě vlastních osobních zkušeností došla k poznatku, že jednotlivé části lidského organismu spolu úzce souvisí, navzájem se ovlivňují a jejich funkce nelze chápat izolovaně. Vycházela z předpokladu, že všechny orgánové funkce jsou souhrnně pod trvalým vlivem nejvyšší úrovně řízení CNS, tj. pod vlivem psychickým. [Véle in 53]
Ze svých zkušeností poznala, že „osový orgán" má ústřední úlohu v motorice a že jeho dysfunkce jsou velmi častou příčinou bolestivých poruch pohybového aparátu. Při diagnostice a terapii si nevšímala pouze obratlů, ale zajímala se i o funkci celého hrudníku včetně žeber a jejich kloubních spojení. Zvýšenou pozornost věnovala distálnímu úseku páteře, tj. pánvi a funkci pánevního dna. [53]
Na základě dlouholetého pozorování a praktických zkušeností z klinické praxe, popsala Mojžíšová řetězce svalových spasmů opakující se při funkčních blokádách a „distenzích" ve vybraných spojích osové kostry. Autoři, kteří se zasloužili o shrnutí praktických zkušeností Ludmily Mojžíšové (Hnízdil, Novotná, Otáhal, Tichý J.) a tato zřetězení popsali, používají termínu „distenze", přičemž fenomén distenze je zde chápán, jako lokalizovaná porucha pohybové soustavy způsobená svalovou dysbalancí. V knize Léčebné rehabilitační postupy Ludmily Mojžíšové [53] jsou uvedeny syndromologie jednotlivých distenzí a doslova se zde píše, že „ „Distenze" v oblastech

sternokostálních skloubení způsobuje iritaci nervových pletení a pravděpodobně v důsledku nepatrného posunu má za následek spasmy některých svalů a bolest pociťovanou v určité vzdálenosti od místa podráždění." [79]

4.4.3.1. PŘÍKLADY ŘETĚZENÍ SVALŮ

Při popisu řetězců svalových spasmů podle Mojžíšové jsem vycházela z monografie: Léčebné rehabilitační postupy Ludmily Mojžíšové [53], z materiálů z kurzu Terapie funkční ženské sterility metodou Ludmily Mojžíšové, vedeného PhDr.Jarmilou Novotnou, Phd. [11]

- **„distenze" sternoklavikulárního spojení**

Řetězec svalových spasmů: m.sternocleidomastoideus
Klinické projevy: bolest temene hlavy, omezená rotace hlavy
Periferní projekce: bolest hlavy

- **„distenze" akromioklavikulárního spojení**

Řetězec svalových spasmů: m.trapesius – horní část, m.coracobrachialis
Klinické projevy: bolestivé vzpažení, palpační bolestivost proc.spinosus C7 a střední porce m.deltoideus
Periferní projekce: palpační bolestivost laterálního epikondylu humeru, bolest I. a II. prstu, zvýšená citlivost meziprstní řasy mezi I.a II.prstem příslušné horní končetiny, lokalizace odpovídá zhruba areae radiculares míšních kořenů C6 a C7.

- **„distenze" v oblasti spojení I.žebra s kostí hrudní**

Řetězec svalových spasmů: m. scalenus anterior, m. sternocleidomastoideus, paravertebrální svaly v oblasti C1 – Th1
Klinické projevy: omezený pohyb Cp všemi směry, bolest hlavy do temene, periorbitálně, do ucha téže strany a do čela – v inervační oblasti n.trigeminus, blokové postavení obratle Th1
Periferní projekce: palpačně citlivá meziprstní řasa mezi II.a III.prstem, možný spasmus stř.části m.triceps brachii a palpační citlivost na dorzální straně horní končetiny až k II.a III.prstu

- **„distenze" v oblasti spojení II.žebra s kostí hrudní**

Řetězec svalových spasmů: m.scalenus medius, m.supraspinatus, paravertebrální spasmus hlubokého zádového svalstva v oblasti C2 až Th2

Klinické projevy: závratě, bolest hlavy, blokové postavení obratle Th2

Periferní projekce: bolest po dorzální straně paže až po III.a IV.prst a palpačně citlivá meziprstní kožní řasa III.a IV.prstu

- **„distenze" v oblasti spojení III.žebra s kostí hrudní**

Řetězec svalových spasmů: m.scalenus posterior, m.pectoralis minor – jeho horní partie, m.levator scapulae, paravertebrální spasmus hlubokých zádových svalů v rozsahu obratlů C3 – Th3 a Th3 – L3

Klinické projevy: Bolesti zubů, ucha, zvonění v uších, bolest do brady, při velkém spazmu m. pectoralis minor - utlačení cév, nervů – brnění do celé HK, od C3 potíže s polykáním, s nosohltanem, od L3 horší funkce ledvin, bolest vnitřního kolena, bolest na ulnárním condylu loketniho kloubu – oštěpářský loket, při zřetězení spazmu 3., 4. a 5. žebra – syndrom zmrzlého ramene, blokové postavení obratle Th3

Periferní projekce: od TH3 parestezie na zbývající pol. IV. a celý V. prst, palpačně citlivá meziprstní řasa mezi IV.a V.prstem, palpační citlivost v průběhu m.sartorius a mediální části kolene

- **„distenze" v oblasti spojení IV.žebra s kostí hrudní**

Řetězec svalových spasmů: m.pectoralis minor, paravertebrální svaly v oblasti Th4

Klinické projevy: bolestivá parasternální oblast, levá strana – „veretbrokardiální"syndrom, arytmie, astma bronchiale, pravá strana - dechové potíže, pocit dušení, kašel, stavy po infekci, obě žebra - snížená imunita, blokové postavení obratle Th4

Periferní projekce: bolest ramenního kloubu, palpačně citlivý processus coracoideus

- **„distenze" v oblasti spojení V.žebra s kostí hrudní**

Řetězec svalových spasmů: m. pectoralis minor, m. obliquus abdominis externus, m.pectineus, spasmus paravertebrálních svalů od TH5 až do S4

Klinické projevy: bolest při sezení, bolest do kyčle, retroverze pánve - obtížná chůze, problémy s trávením zácpa, průjem, blokové postavení obratle Th5

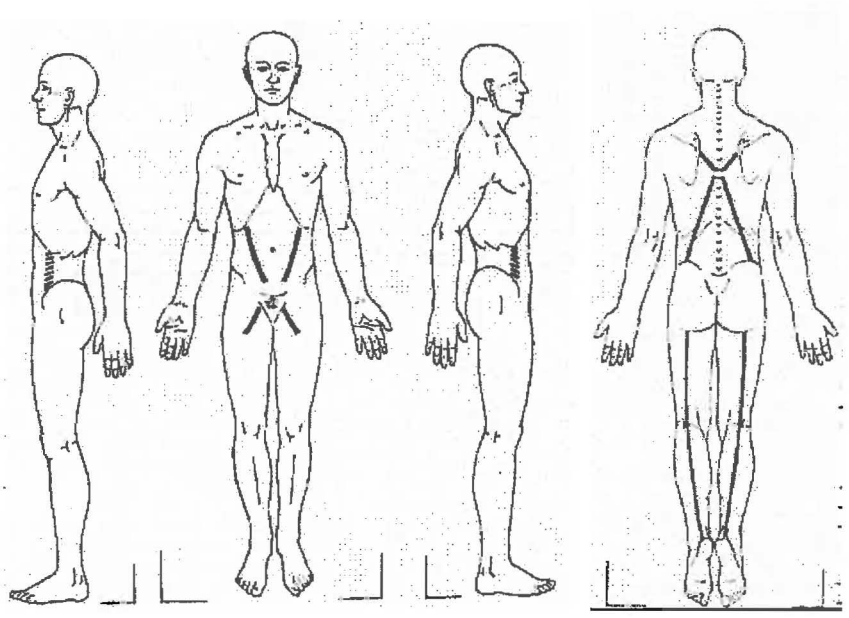
Periferní projekce: spasmus m.gastrocnemius caput lateralis, pseudoradikulární bolest v dermatomu L5

- **„distenze" v oblasti spojení VI.žebra s kostí hrudní**

Řetězec svalových spasmů: m.rectus abdominis – jeho laterální část, mm.adductores ve střední části mediální plochy stehna, m.trapesius – jeho vzestupná partie jdoucí od Th6 po spina scapulae, paravertebrální spasmus hlubokého zádového svalstva od obratle Th6 až po zadní okraj lopaty kosti kyčelní, spastický provazec hmatný ve střední části zadní plochy stehna a pokračující středem bérce až ke kosti patní, někdy též spasmus partie m.gluteus maximus

Klinické projevy: bolestivá fossa poplitea, hrbol sedací, spazmus svalů středem stehna, lýtka až do achilovy šlachy, omezen pohyb až do kyčelního kloubu., často má pocit jako když mu někdo tahá patellu nahoru, od L4 – bolest na vnitřní str. lýtka,palpačně bolestivá oblast symfýzy, blokové postavení obratle Th6

Periferní projekce: bolest kolenního kloubu, tah achilovy šlachy



Obrázek č. 10

Distenze v oblasti VI. sternokostálního spojení – svalové spasmy

Přejato z [53]

- **„distenze“ v oblasti spojení VII.žebra s kostí hrudní**

Řetězec svalových spasmů: m.rectus abdominis – mediální část, mm.adductores – na mediální straně stehna, s velkou pravděpodobností m.adductor longus a m.gracilis, m.trapesius – vzestupná vlákna jdoucí od Th7 po spinu scapulae, paravertebrální spasmus hlubokého zádového svalstva jdoucí od obratle Th7 laterokaudálně k zevnímu okraji lopaty kosti kyčelní

Klinické projevy: palpačně bolestivá bývá symfýza a oblast třísel, často i zevní okraje lopaty kosti kyčelní, Pod L4 bolest na vnitřní straně lýtka, bolesti mm. peronei, v oblasti m. tensor fasciae latae, bolest a blokáda hlavičky fibuly, od bloku C7 může jít bolest prostředkem deltoidu až k úponu deltoidu, když se spojí C7 s acromioclaviculárním skloubení – tenisový loket, bolest a porucha funkce, blokové postavení obratle Th7 a L4

Periferní projekce: bolesti v lampasu až do 5. prstu na DK

- **„distenze“ v oblasti sakroiliakálních kloubů a kostrče**

Řetězec svalových spasmů: m.levator ani - především m.pubococcygeus (většinou pravý), m gluteus maximus – snopce začínající na kostrči (pars coccygea), adduktory stehna (většinou vpravo)

Klinické projevy: z posunu os sacrum nepruží obratel L5 vlevo, vazy z L5 na L4 rotují a L4 je vpáčen dopředu vpravo, L4 paravertebrálně souvisí s Th1 a Th1 s C1, nalézáme svalové snopce v m.levator scapulae, segment L3 je v útlaku, zepředu mezi pupkem a spina iliaca anterior inferior palpujeme reflexní odezvu spasmu břišního svalstva z L4 vpravo a vedle pupku vlevo ze segmentu L3, pánev v rotaci, retroverzi a lateroflexi.

4.4.4. „ŘETĚZENÍ" Z POHLEDU VÝVOJOVÉ KINEZIOLOGIE

Z principů vývojové kineziologie, založené profesorem Vojtou, vychází Kolář, který tuto problematiku dále rozpracoval, a k němuž se postupně přiklání i Lewit. Pro vysvětlení systematizace uspořádání lokálních změn svalového napětí se jeví klíčová otázka svalových smyček a svalových řetězců. Dle Koláře [44] tvoří základ tohoto řetězení kineziologie posturální ontogeneze a její vztah k lokomočnímu vzoru (reflexní otáčení a plazení), čímž je možné definovat nový pohled na uspořádání svalových řetězců a tím systematizovat reflexní propojenost lokálního hypertonu. [44,48]

Na základy vývojové kineziologie a kineziologické souvislosti navázala Čápová, která vypracovala terapeutický koncept „bazálních programů ve fyzioterapii". Společným zdrojem konceptu dle Čápové a Vojtovy reflexní lokomoce je obsáhlá kineziologická analýza ontogenezy vzpřimovacích mechanismů. Z hlediska „oslovení" jednotlivých motorických prvků (programů) však nelze tento koncept s reflexní lokomocí dle Vojty srovnávat. [9,10]

Ačkoliv se praktické přístupy i některá teoretická východiska těchto autorů liší a problematice řetězení a funkční diferenciace svalů se věnuje Kolář, oba koncepty vycházejí ze společných souvislostí založených zejména na znalosti vývojové kineziologie, proto jsem si dovolila tyto autory zařadit do stejné kapitoly.

Podrobný popis jednotlivých stádií motorické ontogeneze by vydal na samostatnou kapitolu a ani není předmětem této diplomové práce, proto zde odkazuji např. na práce již jmenovaných autorů Vojty, Koláře a Čápové. [10,44,103,104]

V této kapitole bych chtěla podat pouze náhled na tuto problematiku a uvést některé nové aspekty uspořádání svalových řetězců.

Podle Koláře [44,46,47] se ukazuje, že: „ Klíčem pro pochopení funkčních souvislostí, tj.i zřetězení funkčních poruch, na mimosegmentální úrovni je centrální program, který uzrává v průběhu posturální ontogeneze. Prostřednictvím tohoto programu jsou definovány vztahy mezi jednotlivými články organismu. Tento geneticky fixovaný program se stává aktivní v době, kdy se konstantně objeví orientační mechanismy (ve 4.-6. týdnu života) a dítě potřebuje cíleně orientovanou motoriku. Prostřednictvím zrání

programu se začíná uplatňovat synchronní aktivita mezi svaly s antagonistickou funkcí. Hovoříme o svalové ko-aktivitě. Vzniká rovnovážná ko-aktivita mezi dvěma funkčními jednotkami, mezi systémem tonickým, který převládá v novorozeneckém stádiu a fázickým, který se do držení těla zapojuje v době uzrání optické orientace. Dokončení vývoje rovnovážné ko-aktivity, která optimalizuje statické zatížení kloubů, je dokončeno koncem třetího měsíce života dítěte." [44,46,47] Čápová uvádí [10], že „dokonalá" ko-aktivace svalů s antagonistickou funkcí je možná až v 5.měsíci života dítěte, kdy je dítě schopno optimální ko-aktivace ventro–dorzální trupové muskulatury vleže na zádech.

Kolář [46]tvrdí, že: „ Pro pochopení funkčních souvislostí je zásadní, že základní model zajištění polohy, který má též formativní vliv na anatomické struktury je možné vyvolat prostřednictvím reflexní stimulace podle Vojty [103] již v novorozeneckém období, kdy tomu ještě neodpovídá stav anatomických struktur. Vzájemné propojení mezi kineziologickým obsahem programu a anatomickými strukturami (fasciemi, šlachami, svaly, klouby apod.) nám umožňuje opodstatnit právě strukturální uspořádání anatomických struktur – propojení fascií, uspořádání průběhu svalových vláken, anatomickou propojenost mezi svalem, kloubem a vazivovým systémem. Je zde tedy opodstatněno i anatomické zřetězení jednotlivých částí pohybového aparátu, zj.svalů." [46]

„Styčný bod" v tomto pojetí představuje tzv.**atituda**, což je cíleně orientovaná postura a její „kvalita" je zodpovědná za „kvalitu" plánovaného pohybu. Více o atitudě je psáno v kapitole 4.2.3.4.. Pro pochopení této problematiky je důležité přesné definování **puncta fixa** a **puncta mobile**, které určuje směr tahu svalových vláken v dané situaci.

Bude- li těžiště trupu při reflexním plazení přeneseno laterálně, kraniálně a dorzálně, tzn.proti gravitaci směrem k punctum fixum (tj.loket a koleno druhé strany), musí být směr tahu určitého svalu a svalové skupiny směrován také k punctum fixum – k pevnému bodu. Je-li tělo punctum mobile a pohybuje se k punctum fixum na končetině, vykonává muskulatura v oblasti v oblasti klíčových kloubů takovou práci, že trup se pohybuje k opěrnému bodu. Směr tahu svalu je distálně k svalovým úponům. Směr tahu, který je nasměrován distálně „od těla", je novým kritériem svalové funkce. Distální směr tahu je nevyhnutelným předpokladem lokomoce. Jako konkrétní příklad uvedeme m.biceps brachii, který ve fázické funkci vede svůj směr svalového tahu

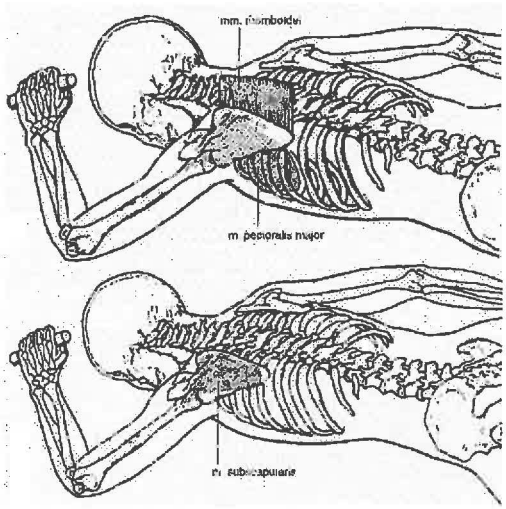
k lopatce. V reflexním plazení dle Vojty má horní končetina (tedy i m.biceps brachii) na čelistní straně opěrnou funkci. Je součástí držení trupu, přenesení těžiště a funkce lokomoční. Punctum fixum je na lokti a m.biceps brachii se stává současně synergistou vzpřimovací muskulatury v thorakálním úseku. [103,45]Více o diferenciaci svalové funkce v kapitole 4.2.2.3..

Propojení lokálních změn svalového napětí lze, podle Koláře, odečíst ze synergie stabilizačních funkcí svalů, respektive jejich částí, které odpovídá držení vázanému na určitou fázi geneticky determinovaného lokomočního komplexu. Reflexní změny ve smyslu lokálního hypertonu – spoušťového bodu, nejsou tak omezeny pouze na konkrétní sval, ale je funkčně ovlivněná celá svalová smyčka, kterou můžeme odvodit z polohové fáze daného lokomočního vzoru. Během jednotlivých poloh (dílčí atituda) v průběhu lokomočního modelu (reflexní otáčení, plazení) je aktuálně zapojena stabilizační funkce svalu (jeho částí), která funkčně odpovídá příslušnému úhlovému nastavení. Například danému úhlovému nastavení v nákročné fázi horní končetiny při reflexním plazení odpovídá aktivita v přesně vymezených porcích svalů. Znamená to, že v rozdílné výši abdukce horní končetiny bude aktivovaná rozdílná část břišních svalů, adduktorů lopatek, ale také adduktorů a abduktorů kyčelního kloubu apod.. Podle Koláře jde o základní princip zřetězení - provázanosti stabilizačních funkcí svalů, respektive jejich částí. [44]

4.4.4.1. PŘÍKLADY ŘETĚZENÍ SVALŮ

Příklad řetězení spoušťových bodů [44]

Najdeme – li spoušťový bod v **m.pectineus,** pak najdeme spoušťový bod i v odpovídající části jeho antagonisty, tzn.v zadní části **m.gluteus medius,** ale také v části **m.pectoralis major** inzerující k 5.žebru , horní části **m.subscapularis** a v **adduktorech lopatky** inzerujících na úroveň segmentu Th5/6.



Obrázek č.11

Synergie m.pectoralis major, m.subscapularis a mm.rhomboidei

Převzato z [103]

- **Diagonální řetězce zajišťující „funkční propojení horního a dolního trupu" dle Čápové** [10]

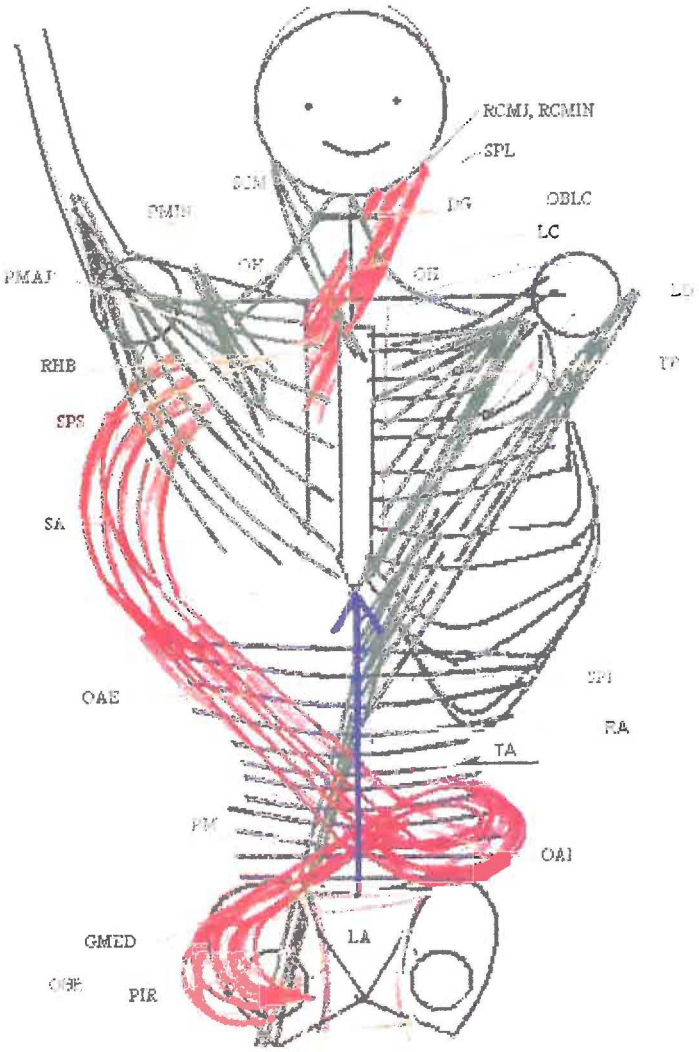
Tyto řetězce se podle Čápové optimálně zapojují od 5.měsíce motorické ontogeneze a účastní se „flekční synergie a zátěžové dechové mechaniky". Jedná se například o řetězec: m.capitis posterior major et minor dx. – m.obliquus capitis superior dx. – m.semispinalis capitis dx. – m.splenius capitis dx. – mm.rhomboidei sin. – m.serratus posterior superior sin. – m.serratus anterior sin. – m.obliquus abdominis externus sin. – m.obliquus abdominis internus dx. – m.gluteus medius sin. – m.piriformis sin. – m.obturatorius internus sin. – m.levator ani.. Dále viz obrázek č.: 12

- **Svalové smyčky funkčně dynamicky stabilizující lopatku dle Čápové** [10]

mm.rhomboidei – m.serratus anterior

mm.serratus anterior – m.trapezius pars transversa a ascendens

m.serratus anterior (kaudální snopce) – m.trapezius (kaudální snopce) – m.levator scapulae – m.pectoralis minor – m.omohyoideus



m.rectus cap. maj.	RCMJ
m.rectus cap. min	RMIN
m.splenius cap.	SPL
m.obliquus cap.	OBLC
m.longus colli	LC
mm.rhomboidei	RHB
m.serratus post.sup.	SPS
m.serratus ant.	SA
m.obl. abd. ext.	OAE
m.transversus abd.	TA
m.obl. abd. int.	OAI
m.gluteus med.	GMED
m.piriformis	PIR
m.obturator int.	OBI
m.levator	LA

m.psoas maj.	PM
m.serratus post. inf.	SPI
m.latissimus dors.	LD
m.trapezius	TR
m.omohyoideus	OH
m.digastricus	DG
m.sternocleidomastoideus	SCM
m.pectoralis min.	PMIN
m.pectoralis maj.	PMAJ
m.rectus abd.	RA

Obrázek č.12 „Diagonální, kontralaterální, kraniokaudální a ventrodorzální řetězce dle Čápové" Převzato z [10]

4.4.5. „ŘETĚZENÍ" SPOUŠŤOVÝCH BODŮ DLE TRAVELLOVÉ A SIMONSE

Myofasciální trigger point – spoušťový bod, je přesně lokalizované, hyperiritabilní místo v zatvrdlém pruhu („taut band"), který je tvořen staženými svalovými vlákny kosterního svalu. Myofasciální trigger pointy jsou jednou z nejčastějších příčin svalové bolesti a jedná se o jednu z možných variant funkčních poruch pohybového systému a myofasciální bolestivý syndrom je nejčastější bolestivé svalové onemocnění.[1,15,76]
Termín trigger point poprvé použila Travellová v roce 1924, jako označení pro bolestivou svalovou lézi a toto označení se rozšířilo zejména v sedmdesátých letech 20.století, kdy Simons a Travellová publikovali studie o efektu terapie spoušťových bodů. Na základě svých výzkumů publikovali Trigger Point Manual, který je doposud nejdůležitější klinickou souhrnnou prací o myofasciálních spoušťových bodech. [15]
Mezi nejdůležitější klinické charakteristiky spoušťových bodů patří: lokalizovatelný bolestivý bod v palpovatelném pruhu stažených svalových vláken jehož komprese vyvolává lokální a přenesenou bolest („refered pain"), rychlá palpace vyvolá záškub („twich response"). Rozeznáváme trigger pointy myofasciální, kožní, fasciální, ligamentózní a periostální. Základním dělením spoušťových bodů rozlišujeme **spoušťový bod aktivní**, charakterizovaný spontánní bolestivostí nebo bolestí při pohybu, je často zdrojem specifických autonomních příznaků (vasokonstrikce, hypersekrece apod.) a **latentní spoušťový bod,** což je senzitivní bod ve svalu s diskomfortem objevujícím se jen při kompresi či vlivem zevního působení (chlad, opakované přetěžování atd.), klinicky nemanifestuje spontánní bolest.[15,56,86,66,83]
Dále rozlišujeme myofasciální spoušťové body **primární** (místo hyperiritability ve svalu nebo ve fascii, které bylo aktivováno akutním nebo chronickým přetížením, nevzniká v důsledku aktivity spoušťových bodů v jiných svalech), **satelitní** (stane se aktivním v důsledku jeho umístění v oblasti přenesené bolesti jiného spoušťového bodu), **sekundární** (stane se aktivním z důvodu přetěžování svalu, který nahrazuje funkci prvotně postiženého svalu) a **sdružené** (vznikají jako odpověď na kompenzační přetěžování , zmenšení rozsahu pohybu nebo jako odpověď na přenesené fenomény vznikající reakcí spoušťový bod v jiném svalu). [86]

Problematika spoušťových bodů je velice obsáhlá a vydala by na samostatnou práci. Existuje mnoho studií zabývajících se etiopatogenezí vzniku trigger pointů a patofyziologií trigger pointů, mnoho biochemických, elektrofyziologických a histologických studií i studií popisujících efekt různých terapeutických přístupů.[15,86,76]

„Řetězení spoušťových bodů" mezi jednotlivými svaly je v pojetí myoskeletální medicíny opět záležitostí obsáhlého empirického sledování a popisovaným řetězcům spoušťových bodů chybí neurofyziologické zdůvodnění. [44]

4.4.5.1. PŘÍKLADY ŘETĚZENÍ SVALŮ [86]

M.deltoideus

Pokud nalézáme spoušťový bod v předních vláknech m.deltoideus shledáváme přítomnost dalších spoušťových bodů v klavikulární části m.pectoralis major, v m.triceps brachii, m.latissimus dorsi a v zadní porci m.deltoideus.

Při spoušťových bodech v zadních vláknech m.deltoideus nalézáme další spoušťové body v dlouhé hlavě m.triceps brachii, v m.latissimus dorsi a v m.teres major.

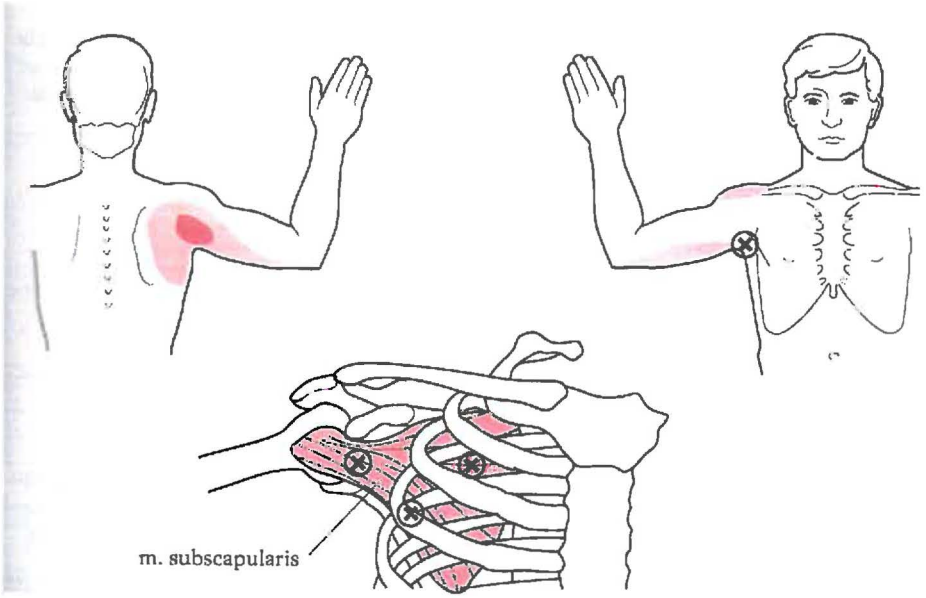
V obou případech bývají spoušťové body v m.infraspinatus a m.supraspinatus.

M.pectineus

Při nálezu spoušťového bodu v m.pectineus nalézáme další spoušťové body v m.iliopsoas, m.adductor longus, brevis a magnus a v m.gracilis.

M.subscapularis

Při nálezu spoušťového bodu v m.subscapularis nalézáme další spoušťové body v m.pectoralis major, m.teres major, m.latissimus dorsi, dlouhé hlavě m.triceps brachii a v předních a zadních vláknech m.deltoideus.



Obrázek č.13

Spoušťové body a oblast přenesené bolesti m.subscapularis.

Převzato z [27]

4.4.6. „ŘETĚZENÍ“ dle Dr. med. Aloise BRÜGGERA

Dle Brüggerova konceptu („Diagnostika a terapie funkčních poruch pohybového systému.“) se primárně nepřičítá většina onemocnění pohybového systému strukturálním onemocněním, ale centrálně nervovým organizovaným ochranným mechanismům mozku. Tyto ochranné mechanismy jsou nastartovány prostřednictvím nociceptivní aferentní signalizace při chybných zatíženích a tento nociceptivní input vede ke změnám pohybového chování. Arthromuskulární systém reaguje reflektonickou cestou změnou tonusu svalového. [78]

V centru terapeutického snažení je dosažení vzpřímeného držení těla, které je podle autorova názoru charakterizováno přítomností thorakolumbální lordózy, dosahující od os sacrum po Th5 obratel. [72]

Pro zaujmutí korigovaného či vzpřímeného držení těla je zapotřebí vzájemná souhra svalů v rámci svalových smyček či tzv.funkčních skupin svalů. V Brüggerově konceptu jsou tedy pro terapii a diagnostiku velmi významné „svalové smyčky“, které Brügger popsal a definoval. Pro pochopení globálního charakteru veškerých pohybů lidského

těla je velice důležitá velká diagonální svalová smyčka, která spojuje horní končetinu jedné strany s dolní končetinou druhé strany a dysfunkce smyčky manifestuje kdekoliv v jejím průběhu, vedle této pak horizontální svalová smyčka a smyčka palec – atlas. [72]

4.4.6.1. PŘÍKLAD ŘETĚZENÍ SVALŮ

- **Velká diagonální svalová smyčka dle Brüggera** [72]

Skládá se z funkčních svalových skupin, které jsou spojeny v sérii, a zahrnuje 6 složek:
1.svaly zajišťující zvedání hrudníku (m.rectus abdominis, m.obliquus abdominis externus, m.transversus abdominis, m.errectos spinae v Th oblasti, m.pectoralis maior)
2. zevní rotátory kloubu ramenního (m.infraspinatus, m.teres minor, m.deltoideus pars spinalis)
3. fixátory lopatky
4. funkční skupina břišních svalů
5. svaly provádějící klopení pánve vpřed
6. funkční třmen nohy (m.tibialis posterior, m.peroneus longus)

- **Horizontální svalová smyčka dle Brüggera** [72]

Ventrální část: mm.pectorales maior et minor
Dorzální část: mm.rhomboidei, m.trapezius střední část

- **Smyčka palec – atlas** [72]

Spojuje m.opponens pollicis s krátkými extenzory šíje: m.opponens pollicis – pronátory a flexory zápěstí – flexory lokte – vnitřní rotátory ramenního kloubu – m.levator scapulae – krátké extenzory šíje.

4.4.7. „ŘETĚZENÍ“ VYCHÁZEJÍCÍ Z FRANCOUZSKÉHO KONCEPTU MEZIÉRES

Koncept francouzské kineziterapeutky Meziéresové se stal základem pro navazující koncepty, jako je například koncept „globální posturální reedukace“ Ph.Soucharda či „metoda svalových řetězců“ L.Busqueta. Pro bližší seznámení s těmito koncepty odkazuji na literaturu číslo [5,71,73] ze seznamu literatury této diplomové práce.
Tyto koncepty vycházejí z toho, že základním základním předpokladem pro obnovení či znovunabytí „normální“funkce pohybového aparátu je „normalizace morfologických vlastností těla“ (hovoří se o „fyzioterapii morfologických odchylek“). Velký důraz je kladen na globální chápání pohybového aparátu a jeho svalových řetězců, což umožňuje mimo jiné ovlivňovat a odhalit i vzdálené příčiny obtíží. [71]

4.4.7.1. PŘÍKLAD ŘETĚZENÍ SVALŮ

- **Velký dorzální řetězec dle Meziérové** [71,73]

Jde od spodní části lebky, přes šíji, oblast zad, hýždě a dolní končetiny až do prstců a je považován za hlavního původce většiny poruch držení těla.

- **Přední bederní řetězec dle Meziérové** [71,73]

Hlavními součástmi tohoto řetězce jsou m.iliopsoas a m.diaphragma.

- **Pažní řetězec dle Meziérové** [71,73]

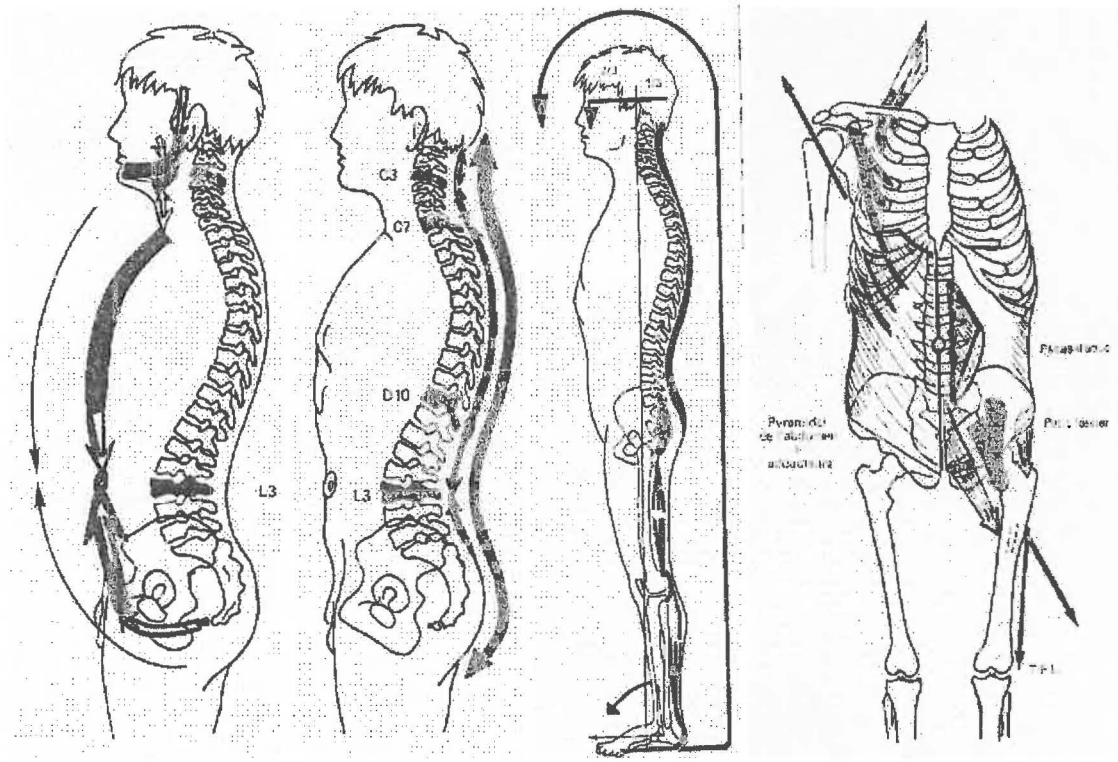
Tento řetězec se skládá z flexorů a pronátorů horní hončetiny a vede od přední strany ramene k palmární straně ruky.

- **Cervikální flekční řetězec dle Basquetta** [5,22]

m.temporalis, m.pterygoideus medialis, m.masseter, m.stylohyoideus, m.thyrohyoideus, m.sternohyoideus, m.subclavius , m.platysma v celém jejím rozsahu.

- **Flekční řetězec dolní končetiny dle Basquetta** [5,22]

m.iliopsoas, m.obturatorius, m.semimembranosus, m.semitendinosus, m.popliteus, m.gastrocnemius, m.extenzor digitorum longus, mm.lumbricales, m.quadratus plantae, m.flexor hallucis brevis, m.flexor digiti minimi.



Obrázek č.14

Řetězce dle Busqueta: „přímý přední, přímý zadní, antigravitační velký řetězec a zkřížený přední řetězec"

Převzato z [5]

4.4.8. „ŘETĚZENÍ" VZNIKLÁ NA PODKLADĚ VISCEROVERTEBRÁLNÍCH VZTAHŮ

Porucha funkce vnitřního orgánu může vyvolat, a také ve velké většině vyvolává, změny v pohybové soustavě, a to nejen v příslušném inervačním segmentu, ale prakticky v celém pohybovém systému. Hovoříme o tzv. visceroverteb rálních syndromech. Sekundární změny vzniklé v segmentu pak zpětně mohou ovlivnit funkci vnitřního orgánu. Vzniká tak circulus vitiosus, který je mimo jiné výrazem toho, že pohybový aparát zrcadlí změny kdekoliv v organismu. [56,95] V současné době se stále více mluví o tzv."viscerálním vzorci" či „viscerálním řetězci". Rozumíme tím skutečnost, že viscerální onemocnění působí nociceptivní stimulací reakci v pohybové soustavě, která je charakteristická pro jednotlivé viscerální orgány. Jak interocepce, tak

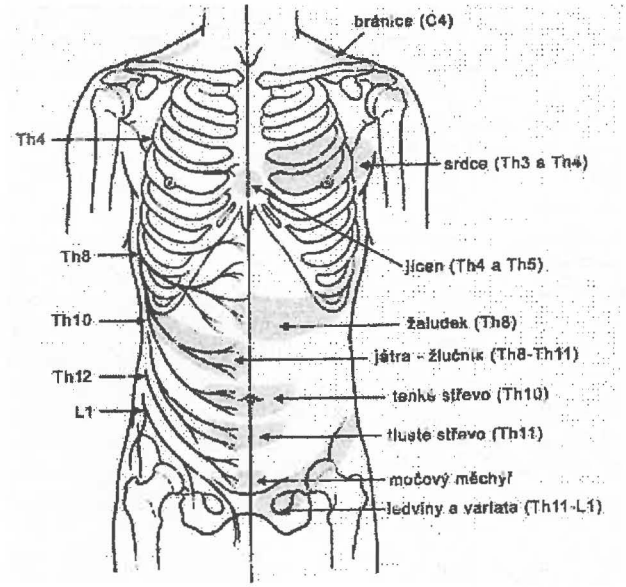
nocicepce ovlivňují posturální funkci a promítají se na povrch těla do oblasti **Headových zón**. Tyto zóny jsou typické pro projekci vnitřních orgánů na pokožku a kde dochází k tonusovým změnám. Po odeznění viscerálního onemocnění tento vzorec nebo řetězec může přetrvávat a prodlužovat tak obtíže nemocného. [5,56,95]

Jelikož je toto téma velice obsáhlé, uvedu pouze příklad typického nálezu svalových spasmů, vzhledem k tématu diplomové práce, u jednoho z onemocnění vnitřních orgánů – onemocnění srdce.

4.4.8.1. PŘÍKLAD ŘETĚZENÍ SVALŮ

Srdce, vertebrokardiální syndrom [56,11]

Typický svalový spasmus a spoušťové body v m. pectoralis major a minor vlevo, v čáře medioklavikulární a axilární, ve vzpřimovačích trupu v oblasti střední hrudní páteře zj.mezi Th4-Th8 na obou stranách, významné spoušťové body v mm. scaleni., m.serratus anterior a v m. subscapularis, zvýšené napětí a spoušťové body horní porce m.trapezius; Headovy zóny pro oblast srdce – střední Th páteř, III.-IV.mezižebří (segment Th3 a Th4) [lewit , capko]



Obrázek č.15
Headovy zóny.
Převzato z [95]

5. DISKUZE

V této části práce bych chtěla shrnout teoretické poznatky a vyjádřit se k jednotlivým kapitolám diplomové práce. Pokusím se podat vlastní názor na problematiku řetězení svalového hypertonu a formou „kritického pohledu" se zaměřím na jednotlivá pojetí výkladu řetězení svalů, která jsou uvedena v této práci.

Pojmy „zřetězený hypertonus", „řetězení poruch funkce" či „svalové řetězce" jsou velice rozšířené a jsou základními kameny oboru „funkční patologie pohybového aparátu". Alespoň minimální povědomí o existenci těchto svalových smyček a řetězců propojujících vzdálenější oblasti pohybového aparátu a integrující činnost systému jako celku, je v současnosti pro běžnou klinickou praxi fyzioterapeutů nepostradatelnou součástí většiny diagnostických a terapeutických postupů.

Úvodní kapitola slouží snažšímu pochopení textu a je vypracována formou stručného abecedního seznamu jednotlivých termínů objevujících se v textu. Pro ucelený výčet všech pojmů vztahujících se k této tématice by ovšem bylo potřeba věnovat této kapitole mnohem více prostoru, což vzhledem k celkovému zaměření práce nebylo vhodné.

V nejobsáhlejší části popisuji teoretické, anatomicko – biomechanické a neuo – anatomické údaje, které považuji za důležité pro hledání podkladů k vysvětlení existence zřetězených spasmů. Tuto kapitolu složenou více méně z poznatků anatomie, kineziologie, biomechaniky, fyzioterapie, neurologie a dalších medicínských oborů považuji za souhrn základních, zajisté ne však zcela kompletních informací, potřebných pro pochopení jak strukturálních souvislostí mezi jednotlivými částmi pohybového systému a jejich základních biomechanických vlastností, tak pro porozumění principu řízení motoriky a vlivu jednotlivých etáží CNS na pohybový aparát.

V kapitole anatomicko – biomechanických podkladů vzniku řetězení svalového hypertonu popisuji, že klíčovými tkáněmi opěrného subsystému pohybového aparátu jsou pojivové tkáně, jejichž základem je dlouhý lineární protein kolagen, který je hlavní stavební složkou kolagenních vláken. Kolagenní fibrily jsou velmi ohebné a pevné na tah, ale málo pružné. Další významnou bílkovinou určující biomechanické vlastnosti pojivových tkání je elastin, jehož základní vlastností je pružnost. Charakter fibrilární

komponenty a typ pojivových buněk určují tři hlavní typy pojiv, vazivo, chrupavku a kost. Základem efektorového subsystému pohybového aparátu je svalová tkáň, jejíž dominantní vlastností je kontraktilita generující sílu a viskoelastické vlastnosti dané vazivovou infrastrukturou svalu. Mechanické vlastnosti biologických tkání (elasticita, tuhost, pevnost, plasticita) jsou dány stavbou a uspořádáním tkáně. Obecně jsou to materiály viskoelastické, anizotropní a nehomogenní [19,7,27,67,42,69,106] Tyto vlastnosti tkání určují základní funkce a charakter jednotlivých subsystémů pohybového aparátu. Z hlediska řetězení svalů nás zajímá vnitřní uspořádání svalových vláken uvnitř svalu, tvar svalu, funkční komplex šlachy a svalu – připojení svalových vláken ke šlaše a přenos síly ze svalu na vlastní kost. Spojení šlachy a kosti tvoří svalový úpon nebo svalový začátek. Tyto svalově šlachové a šlachově kostní junkce uskutečňují propojení kostních segmentů. Skupina dvou svalů upínajících se na dvě vzdálená místa a spojující mezi sebou kostní segment, vytváří svalové smyčky, které popsal Véle. [19,95,101]

Jelikož tato práce jako celek je směřována ke zdůraznění tendence šíření svalového hypertonu pomocí fascií, je fasciím, jejich funkci a anatomi, v textu věnován poměrně velký prostor. Fascie, jako integrální součást svalového systému, nejsou v našem patogenetickém uvažování začleněny tak, jak by si to zasloužily, ačkoliv je zřejmé, že správná funkce fascie je základním předpokladem správné funkce svalu. [39] Dle mého názoru hrají fascie v otázce šíření svalového hypertonu z hlediska mechanického pojetí klíčovou roli. Široké ploché fascie umožňují spojení jednoduchých svalových smyček a řetězců do složitých komplexů spojujících vzdálené segmenty pohybového aparátu. Značný význam vazivových struktur, především fascií popisuje Janda [35], který zdůrazňuje mechanické hledisko řetězení poruch funkce. Ve své práci např.popisuje, že dochází k ovlivnění funkce horní končetiny přes m.gluteus maximus, „cestou" thorakolumbální fascie nebo, že m.biceps femoris je funkčně anatomickou smyčkou přes fascie dolní končetiny a fascie zad spojen s prakticky celou páteří. Klinický význam thorakolumbální fascie zdůrazňuje ve svých pracích také Jandová [38,39,40]. Povrchový list thorakolumbální fascie tvoří aponeurotický začátek m. latissimus dorsi, a proto změny m. latissimus dorsi mohou vyvolávat poruchy v daleko větším rozsahu, než to odpovídá lokalizaci vlastního svalu. Tento sval tak přímo nebo nepřímo může způsobit symptomatologii od ramenního kloubu přes lopatku a střední hrudní páteř, thorakolumbální přechod až po segmenty lumbální a dále do oblasti pánve, zvláště v

oblasti crista iliaca. Povrchový list představuje současně začátek m. transversus abdominis, což vysvětluje přímý vliv tohoto svalu na oblast lumbální páteře. Podle Jandové, s kterou se v tomto ztotožňuji, je elasticnost thorakolumbální fascie nezbytnou podmínkou pro správnou funkci jak veškerého zádového, tak ale i břišního svalstva. Také zkrácené ischiokrurální svaly přispívají k zvýšenému tahu na thorakolumbální fascii a tak mohou být zdrojem bolestí v kříži i v segmentech vzdálených ,"propojených" thorakolumbální fascií. [7,35,36,74]

Osobně se domnívám, že značnou roli v řetězení svalového hypertonu, kromě výše jmenovaných údajů, představuje směr průběhu fasciálních pruhů a jejich souvislost se směrem průběhu svalových vláken svalů, které s fascií místně souvisí. O těchto vztazích jsem však při zpracování této práce nenalezla konkrétní informace..

Kapitolu zaměřenou na stručný popis "logistické infrastruktury" pohybového systému jsem zařadila do diplomové práce proto, že se domnívám, že každá změna napětí svalu ovlivní cirkulaci krve a lymfy ve svalu a naopak při poruchách prokrvení svalu dochází ke zhoršení funkce svalu, která je taktéž spojena se změnou svalového tonu. U zdravého svalu vede prolongovaná izometrická kontrakce svalu a extrémní zkrácení svalové fascie ke zvýšení napětí ve svalu, které postihuje především kapilární síť a venózní a lymfatický odvodní systém.[95] Chronická oběhová insuficience vede k organickým změnám ve svalu a tím ke zhoršení jeho funkce. [95,96] Toto potvrzuje Jandová [39] ve své studii klinického významu thorakolumbální fascie, ktde popisuje, že při retrakci thorakolumbální fascie může dojít ke kompresi zádového svalstva se současným ovlivněním cirkulace cirkulace v těchto svalech. To ve svých důsledcích může vyústit v degeneraci svalových vláken. Tato koncepce by alespoň zčásti vysvětlila, proč při zkrácení zádových struktur dochází k oslabení zádových svalů. Lze si ovšem rovněž snadno představit opačný proces, že totiž naopak hypertonus a zbytnění vzpřímovačů trupu povede ke kompresi v silném a málo poddajném fasciálním vaku, který je tvořen povrchovým a hlubokým listem thorakolumbální fascie. [35,39,32] Dalším příkladem velice těsného vztahu logistické funkce ve svalu a svalovou funkcí, respektive svalovým napětím je příklad funkčního hypertonu vzniklého na základě vnitřní inkoordinace ve svalu, kdy ve svalu vznikají spoušťové body, vyznačující se poruchou relaxace – dekontrakce. Zde dochází k tomu, že trvale kontrahovaná svalová vlákna jsou hůře prokrvována, takže vzniklé metabolity se hromadí ve svalu a dráždí nociceptory. Bolest

zhoršuje primární poruchu relaxace a vzniká pomyslný „circulus vitiosus".[75] Tento bolestivý stav má vliv na celkové pohybové chování, dochází ke změnám pohybových stereotypů, které jsou přizpůsobeny antalgickému držení a to je podkladem vzniku šíření svalového hypertonu. Domnívám se také, že při difúzním hypertonu, vzniklém na podkladě dysfunkce limbického systému, při dlouhodobém působení stresu na organismus, dojde ke změnám vnitřního prostředí a k ovlivnění autonomního nervového systému. Toto ovlivní hladkou svalovinu ve stěnách cév, dojde k vasokonstrikci, snížení průtoku krve ve svalech a tím se zhorší jejich funkce, což se opět projeví na pohybovém systému, jako celku a toto poukazuje na význam logistických funkcí v řetězení svalového hypertonu.

V kapitole věnované shrnutí neuro – anatomických podkladů je hned na začátku popsána motorická jednotka, jakožto základní funkční i strukturální prvek motoriky. Je to nejjednodušší vyjádření toho, že nelze oddělovat řídící nervy od svalů. Sval má po funkční stránce blíže k nervu než k ligamentu nebo kosti, se kterou je většinou sdružován morfologicky v anatomických atlasech. Termín neuromuskulární porucha je tedy logičtější než termín myoskeletální porucha.[95] Následuje kapitola zabývající se tonickou a fázickou funkcí svalů. První systematické uspořádání svalů podle tendence ke zkrácení a k oslabení podal Janda (1965) [36], který považuje za „posturální" svaly v pravém slova smyslu ty svaly, které se podílejí na udržení vzpřímeného stoje na jedné noze. Vychází z toho, že 85% krokového cyklu stojíme na jedné noze. Mezi systémem tonických a fázických svalů existují však morfologické a funkční odlišnosti. Tyto odlišnosti se týkají řídícího systému, neboť vlastnosti svalových vláken určují svalové motoneurony, potažmo motorické jednotky. U člověka jsou v každém svalu zastoupeny oba druhy motorických jednotek v různém poměru. Hovoříme proto o svalech smíšených a podle převahy zastoupení motorických jednotek rozlišujeme svaly tonické (posturální) a fázické (kinetické). [95,96,44,48,19,77,88]

Neurologické a funkční rozdělení těchto dvou částí svalového systému znovu formuluje Kolář [44] se zdůrazněným akcentem na aspekt vývojově kineziologický, sleduje zj. řízení pohybu ve vztahu ke stupni zrání CNS. Hlavní funkční rozdíl je v časovém řazení obou systémů do držení těla, tj.v jejich posturální integraci. Svaly, které inklinují k oslabení, svaly fázické, jsou ve své posturální funkci (z pohledu zajišťování držení) z fylogenetického, resp. ontogenetického hlediska mladší než svaly s tendencí ke

kontrakturám. Na základě systémového uspořádání mezi svaly s ontogeneticky starší a mladší posturální funkcí Kolář vysvětluje uspořádání svalových dysbalancí, které koresponduje s Jandovými zkříženými a vrstvovými syndromy. [44,46,36,33] Další kapitola je věnována pracovnímu režimu svalů, tedy popisu funkce svalů a její diferenciace, jak ji popisuje na základě principů vývojové kineziologie. Abychom porozuměli funkci svalu a tím ji mohli správně diagnostikovat a ovlivňovat, nestačí sval vymezit jako anatomickou jednotku, ale je nutné definovat sval také jako jednotku funkční. Z anatomické interpretace je možné pochopit funkci svalu pouze v omezené formě, neboť se zde nepočítá s obsahem funkce, která je určena řídícími procesy centrálního nervového systému. V této souvislosti nestačí funkci svalu odvodit z jejího začátku a úponu, ale musíme brát v úvahu geneticky určený pohybový účel, který vyplývá z funkce centrálního nervového systému. V rámci začlenění svalu do naprogramovaných motorických vzorů na supraspinální úrovni vidíme, že sval neplní pouze jeden funkční účel, ale je ve své funkci diferencován. Svaly, které při určitém pohybovém účelu jsou synergisty, mohou být při jiném pohybu antagonisty apod.. Kolář vychází ze znalostí vývojové kineziologie, přesného popisu reflexní lokomoce dle Vojty. Důležitým kritériem je směr tahu svalových vláken, což se odvíjí od lokalizace puncta fixa a puncta mobile. Směr tahu, který je nasměrován distálně „od těla", je novým kritériem svalové funkce. Distální směr tahu je nevyhnutelným předpokladem lokomoce.[44,45,48]

Následující kapitoly popisují řízení motoriky na jednotlivých etážích CNS. Je zde uplatňován princip hierarchie řídících procesů, který se uplatňuje v souvislosti s ontogenezí CNS, která je předpokladem ontogeneze motorické. Čápová tvrdí, že: „Postupný proces ontogeneze vzpřimování přímo odráží proces zrání CNS ex uteri, od úrovně řízení dominantně na spinální úrovni, přes úroveň kmenovou až po nejvyšší etáž - kortex. Jednotlivé vývojové stupně motorické ontogeneze přímo souvisí s ontogenezí CNS, tzn. s postupným zapojováním dominance stále vyšších řídících etáží. Platí zde postupná hierarchie, při níž nižší etáže neztrácejí svůj význam a každá vyšší etáž kontroluje a řídí etáž nižší."[9,10] U člověka rozlišujeme čtyři hlavní řídící úrovně : autonomní úroveň řídící základní biologické funkce, spinální úroveň pro základní ovládání svalů – zdrojů fyzikální síly, subkortikální úroveň pro posturální a lokomoční motoriku, kortikální úroveň pro účelovou ideokinetickou motoriku. Jednotlivé úrovně

nelze od sebe izolovat, protože se všechny při každém pohybu na procesu řízení hierarchicky podílejí. [95]

V poslední části kapitoly shrnující neuro-anatomické teoretické podklady svalového řetězení je podán stručný popis řízení svalového napětí a základní rozdělení svalového hypertonu podle příčiny vzniku. Základní dělení funkčního hypertonu vychází z rozdělení dle Jandy [34] a je představováno pěti typy svalových hypertonů vzniklých bez organické příčiny. Jedná se o hypertonus v zniklý na podkladě dysfunkce limbického systému, hypertonus vzniklý dysfunkcí reflexního oblouku, hypertonus vzniklý na základě vnitřní inkoordinace ve svalu (TrP), hypertonus podmíněný bolestivou iritací a svalové zkrácení. [6,34,75] Všechny tyto typy hypertonu mohou být považovány za jednu z forem funkční poruchy pohybového aparátu, jejich stav je reverzibilní (kromě již vzniklé vazivové přestavby u svalového zkrácení). Hermachová na základě svých klinických zkušeností považuje za nejtěžší formu svalového hypertonu tzv.hypertonus s atrofií, jenž je totožný s hypertonem vzniklým na základě inkoordinace uvnitř svalového vlákna – s přítomností Trp.

Shrnutí těchto teoretických podkladů je velmi obtížné z důvodu velkého množství informací, jelikož v organismu tzv.všechno souvisí se vším a pohybový aparát je toho důkazem. Dle mého názoru je nepřesné rozčlenit aspekty řetězení svalového hypertonu na tyto dvě skupiny – anatomicko – biomechanické a neuro – anatomiké, protože jsem zastáncem holistického přístupu k celému organismu a respektuji fakt, že pohybový systém pracuje jako jeden celek řízený nervovou soustavou. Toto dělení je v této práci uvedeno z důvodu objasnění hlavního rešeršního zaměření studie, čímž je problematika rozporu mechnického versus neuroanatomického hlediska principu „řetězení" svalového hypertonu.

Klinický obsah pojmu „řetězení" poruch funkce je znám zejména díky prof. Lewitovi a prof. Jandovi, kteří jsou považováni za nejvýznamnější zakladatele diagnostiky a terapie „funkční patologie pohybového systému". [94] Tento obor se však vyvíjel bezmála půl století a u jeho zrodu stál prof. Starý a prof. Jirout, jak uvádí Lewit. [59] Je možné se pouze dohadovat, zda termín „(z)řetězení" byl při svém vzniku veden představou sériového propojení ve svalově – šlachových smyčkách, což vede k mechanistické představě, že jednotlivé topograficky sousedící struktury (svaly, šlachy, úpony, fascie) si určitou „poruchu" mezi sebou „předávají". [94]

Z pohledu biomechaniky se rozumí pod pojmem „zřetězený" uspořádání „v řadě" za sebou, tj. sekvenční-sériové uspořádání, s časovými, prostorovými nebo funkčními vztahy. [69] Je obtížné v literatuře vystopovat, kdo pro tento jev poprvé použil termín „(z)řetězený". V anglosaské literatuře je spíše používán, i když velmi zřídka, termín „pattern", čemuž by v češtině odpovídal termín „vzorec". S termínem „chains" se můžeme setkat u Lewita a některých dalších, jím zřejmě ovlivněných autorů [94] a také u představitelů u nás méně známých kineziterapeutických konceptů vycházejících ze základního konceptu francouzské kineziterapeutky F. Mézieresové. [7I,73,6] Problematikou vzniku a existence „řetězení" svalových funkcí a svalového hypertonu se zabývá poměrně málo autorů, mezi něž patří výhradně čeští odborníci, mezi něž patří zejména Véle, Lewit, Janda a Kolář. V zahraniční literatuře jsou „pouze" studie, které sice dokazují existenci svalových řetězců, prostřednictvím nichž se vysvětluje například vzdálený efekt terapie, ale podstata vzniku „řetězení" je zde opomíjena. Příkladem jsou například studie Valentina a Melita [92] nebo Fernandese de las Peñas [22], které obě dokazují funkční fztah mezi svaly orofaciální oblasti a svaly dolních končetin.

Jelikož v této práci popisuji především řetězení svalového hypertonu, jako jedné z možných forem funkční poruchy pohybového aparátu, pokládala jsem za nezbytné, zařadit kapitolu, kde jsou vymezeny základní charakteristiky funkčních poruch. Základem je zde rozlišení poruchy funkce a poruchy struktury pohybového aparátu a jejich vzájemný vztah. V této problematice jde především o konfrontaci názorů Jandy a Lewita [58,59,60,35,36], která vyústila Lewitovým shrnutím funkčního přístupu. [56,59] Lewit za nejdůležitější kritéria funkčních poruch považuje reverzibilnost, chybění strukturálních změn a vlastnost zřetězení. Možnost vyvolat zřetězení poruch funkce ovšem neupírá ani primární strukturální lézi.[56,59] Podle Jandy je však třeba brát v úvahu i více než pravděpodobnou závislost vzniku funkční poruchy na existenci poruchy strukturální [35] kdežto Lewit [60] tvrdí, že funkce je stejně reálná jako struktura, tak jak je fyziologie stejně reálná, jako anatomie. Důležité je brát v potaz i obrácenou souvislost, která je vyjádřena známou tezí "funkce formuje orgán", což konkrétně v tomto pojetí znamená, že porucha funkce může způsobit poruchu struktury.

Po prostudování literatury a příspěvků různých autorů, zabývajících se problematikou svalového řetězení je zřejmé, že se názory na principy vzniku řetězení liší a procházejí určitým vývojem. Zásadní rozpor shledávám ve výkladu vzniku řetězení svalového

hypertonu. Na jedné straně stojí mechanický princip vzniku řetězení, nazýván též principem mechanistickým či biomechanickým. Tento výklad řetězení je postaven pouze nebo především na anatomických vztazích a biomechanických principech. V odborné veřejnosti je běžný a pracuje s ním celá řada uznávaných autorů, např. Travellová, Mojžíšová, Meziérová aj.. Přednostmi tohoto výkladu jsou poměrná jednoduchost a názornost a možnost využít přesně definované svalově – šlachové smyčky. [94] K mechanickému pojetí výkladu řetězení se v některých svých pracích přiklání i Janda, který klade důraz právě na svalově-šlachové smyčky a přímé anatomické propojení jednotlivých struktur pohybového systému pomocí vaziva. Tvrdí, že tyto morfologické vztahy jsou důležité zejména mezi trupem a končetinami. Přitom je třeba vzít v úvahu pohybový systém jako celek, nikolov sledovat jen jednotlivé tkáně. Je třeba si všímat anatomických souvislostí mezi jednotlivými částmi celého pohybového aparátu, zj.mezi jednotlivými svaly, které tvoří funkčně anatomické smyčky a vazivový aparát, který se na těchto smyčkách podílí. Všechny tyto struktury tvoří funkční jednotku. [35] Svalové smyčky a řetězce názorně popsal Véle, který ale ve stejné práci vyslovil názor, že zřetězení svalových funkcí je důsledkem řízení pohybu nervovou soustavou. [95,101]

Na straně druhé stojí princip kybernetického výkladu, který zdůrazňuje rozhodující úlohu CNS při řízení motorické aktivity. Podle zásad tohoto principu jsou všechny součásti pohybového systému centrálně řízeny nervovým a endokrinním systémem. Řídící systém pracuje na základě určitých programů, které volí a modifikuje podle aktuální situace. Pokud je funkce určité části pohybového systému „oslabená" nebo zcela „chybí", zvolí řídící systém jiný postup (program) tak, aby byl původní cíl splněn. [94,95,10] Podle Koláře, ke kterému senázorově staví Lewit [44,57] se ukázalo, že že řetězení lze nejlépe pochopit ve světle vývoje extenčního držení kojence za prvních tří měsíců života. Rozhodující úlohu zde hraje stabilizující kokontrakce agonistů a antagonistů zajišťující vzpřímené držení i nejvhodnější, centrované postavení končetinových kloubů. Rozhodující součástí motorických programů je zaujetí a udržení postury. Zásadní význam má chápání postury jako aktivního držení řízeného CNS podle určitého programu a realizovaného prostřednictvím pohybového systému v mezích daných anatomickými a biomechanickými principy. Znalosti anatomie a biomechaniky jsou nutné, samy o sobě ale nestačí. Zásadní význam řídícího systému ve svém

konceptu zdůrazňuje Brügger a formou globálních vzorců také Vojta, Kolář, Čápová a další. Styčný bod zde zaujímá tzv.atituda, tedy pro plánovaný pohyb přednastavená postura. Pojem atituda lze vysvětlit na základě citátu Magnuse, který zní: "Každý konkrétní pohyb začíná z přesně definované postury, má definovatelný průběh a končí v dané poloze konečné, přičemž postura následuje pohyb jako stín." Atituda je zajišťována posturální motorikou, kterou si neuvědomujeme, ale pociťujeme ji jako pocit posturální jistoty. Posturální motorika pracuje i v době, kdy je pohyb jedince ještě většinou zcela reflexní a schopnost motorického učení ještě není vyvinuta. Posturální motorika tedy zajišťuje výchozí polohu – atitudu, stabilizuje průběh pohybu a zajišťuje polohu konečnou, která je výchozí polohou pro další pohybovou sekvenci a to vše vůči gravitačnímu vlivu. [10,44,95,98,103]

S tímto vysvětlením vzniku svalových řetězení se ztotožňuji a myslím si, že přináší do této problematiky možnost uplatnění neurofyziologických principů, což vede k ústupu od empiricky zjískávaných podkladů a přináší možnost konkrétního, racionálního vysvětlení podstaty vzniku řetězení svalového hypertonu, jakožto projevu poruchy funkce pohybového aparátu. Je však třeba brát na zřetel to, že funkce pohybového aparátu je realizována prostřednictvím struktury a konkrétní, teleokinetický pohyb musí být vždy v souladu s anatomickými strukturami a biomechanickými principy. Proto jsou svalově – šlachové smyčky a biomechanické principy integrální součástí i kybernetického modelu řetězení poruch funkce pohybového systému. Nejsou ale považovány za jediný faktor, jako je tomu při mechanickém výkladu. Pohybový systém je řízen CNS, ale může vykonat pouze to, co mu anatomický substrát a biomechanické principy umožňují. Proto je nutné a výhodné oba výklady, kybernetický a mechanistický, sloučit do jednoho modelu. To je možné pouze za předpokladu, že „postura" je chápána jako aktivní proces držení, nikoli jen struktura tvořená kostrou a svalově – šlachovými smyčkami.

Dále bych se chtěla vyjádřit k jednotlivým pojetím řetězení svalů, která jsou uvedena v závěrečné kapitole hlavní části diplomové práce.

Svalové smyčky a řetězce popsané doc.Vélem [95,101] představují onu zmiňovanou propojenost mechanického a kybernetického chápání vzniku řetězení funkce svalů. Proto je toto pojetí mému chápání nejbližší. Véle zdůrazňuje úlohu řídících složek pohybového aparátu na jeho funkci a to včetně složky nejvyšší – psychiky, která

významně ovlivňuje funkci pohybového systému. Podle Véleho [95] je tedy řetězení činnosti svalů umožněno strukturální bází – anatomickou strukturou, kde hlavní integrační roli hrají u dlouhých řetězců ploché fascie, ale činnost těchto „fyzicky" propojených svalů je řízena programovou aktivitou nervové soustavy, která ovládá účelově – teleologicky – zamýšlený pohybový projev - teleokinezi. Činnost svalových řetězců a funkční souvislosti jednotlivých svalů mezi sebou je řízena CNS a je nedílnou součástí pohybových programů používaných v běžné denní činnosti. Teleologický charakter pohybu vysvětluje vynechání některého ze strukturálních článků konkrétního řetězce, zřetězené svaly nemusí pracovat synchronně ve všech svých článcích. Dle Véleho dochází k „přeskočení" některého ze svalů v řetězci a „přerušení strukturálně – anatomické" kontinuity řetězce za účelem provedení účelového pohybu. Jako se takto šíří svalová funkce, dochází stejným principem k šíření svalového hypertonu. Véle také zdůrazňuje důležitost správného nastavení výchozí, cíleně orientované postury – atitudy, která je „zodpovědná" za kvalitu prováděného pohybu a dále zdůrazňuje pravidlo hierarchie řízení motoriky. Tímto se ztotožňuje s hlavními prvky, z kterých vychází také principy „řetězení" odvozené z vývojové kineziologie respektive reflexní lokomoce dle Vojty. Čápová, která svůj terapeutický a diagnostický koncept založila na principech vývojové kineziologie uvádí doc. Véleho jako osobnost, jejíž „učení" ji v mnohém ovlivnilo a na jeho neurofyziologických poznatcích, vedle učení prof. Vojty a doc.Vlacha, „staví" teoretický základ svého konceptu. Véle zdůrazňuje, jak již bylo zmíněno, značnou roli psychických funkcí a stavu mysli, což v kontextu se svalovým řetězením souvisí zejména s přítomností difúzního hypertonu při dysfunkcích na úrovni limbického systému, např.při dlouhodobém působení stresu na organismus. Je otázkou, zda i difúzní hypotonie nesouvisí se stavem limbického systému a nastavením psychických funkcí. Dále je známa převaha vývojově staršího svalového systému u lidí trpících depresivními stavy a jejich tendence k celkovému flekčnímu držení. Na základě těchto zkušeností si troufám tvrdit, že na celkový svalový tonus, který se taktéž podílí na poloze jednotlivých segmentů a ovlivňuje pohybový systém jako celek, má vliv i temperament pacienta, jakožto vrozený základ osobnosti. Celkové napětí, jak tvrdí Hermachová [32], je vrozený, silně individuální fenomén vypovídající mimo jiné o charakteru osobnosti pacienta dané jeho vrozeným temperamentem. Toto téma je již však nad rámec problematiky této diplomové práce.

Názor prof. Lewita na „řetězení svalového hypertonu" prošel určitým vývojem. Nejprve se pokusil odkrýt zákonitosti „řetězení"funkčních poruch a popisoval řetězce podle základních funkcí pohybové soustavy. Lewit uvádí, že toto zpracování popisu řetězců si neklade za úkol s konečnou platností popsat velmi důležitý jev zřetězení funkčních poruch pohybového aparátu a udává i značnou možnost variability u jednotlivých případů [56]. Výhodou této systematizace založené na empirii je rychlá orientace v pohybovém systému. Jedná se vlastně také o uspořádání svalů podílejících se na teleologickém pohybu, tudíž se jedná o integraci mechanického a řídícího systému. Popis většiny řetězení podle Lewita, zj. řetězec při předsunutém držení nebo řetězec při horním typu dýchání, jsou podle mého názoru přínosné pro klinickou praxi, zejména pro odhalení klíčového článku řetězce při diagnostickýh či terapeutických postupech manuální medicíny.

Lewit nepopírá význam svalově-šlachových smyček, ale za hlavní pokládá řídící vliv CNS. V posledních letech se však Lewit přiklání k principům vycházejícím z vývojové kineziologie a následuje názory doc. Koláře.

Dle Koláře [44] tvoří základ řetězení svalového hypertonu kineziologie posturální ontogeneze a její vztah k lokomočnímu vzoru (reflexní otáčení a plazení), čímž je možné definovat nový pohled na uspořádání svalových řetězců a tím systematizovat reflexní propojenost lokálního hypertonu. [44,46] Na základy vývojové kineziologie a kineziologické souvislosti navázala také Čápová, která vypracovala terapeutický koncept „bazálních programů ve fyzioterapii". Jelikož jsem absolvovala odborný kurz „bazálních programů ve fyzioterapii", mám k tomuto pojetí poměrně blízko a přikláním se k tomuto konceptu také proto, že je zaměřen na práci „s kortexem" , jak říká sama Čápová, tudíž je nutná vědomá spolupráce pacienta. Oba principy vyžadují důkladnou znalost vývojové kineziologie, zejména ontogenezi vzpřimování, která souvisí s přesným definováním opěrného bodu, od kterého se poté na základě očekávaného lokomočního prvku „odečítají" svalové souhry a řetězce. Toto se děje s přísným respektováním zákonů o řízení motoriky, s velkým důrazem na správné nastavení atitudy a vytvoření optimální aferentace. Vzájemné propojení mezi kineziologickým obsahem programu (dle Koláře reflexního lokomočního vzoru, dle Čápové „geneticky daných prvků bazálních programů") a anatomickými strukturami (fasciemi, šlachami, svaly, klouby apod.) nám umožňuje opodstatnit uspořádání anatomických struktur –

propojení fascií, uspořádání průběhu svalových vláken, anatomickou propojenost mezi svalem, kloubem a vazivovým systémem. Je zde tedy opodstatněno i anatomické zřetězení jednotlivých částí pohybového aparátu, zj.svalů. Orientace v těchto principech, které dávají možnost vysvětlení vzniku svalového řetězení na neurofyziologickém podkladě, předpokládá dokonalou znalost řízení motoriky, ontogenezi vzpřimování, ale i anatomických a biomechanických aspektů pohybového aparátu. Jde tedy opět o integrační úroveň mechanického a kybernetického (neuroanatomického) pojetí principu řetězení. Pravděpodobně proto, že se jedná o poměrně mladý terapeutický směr, nenašla jsem v dostupné literatuře jiná konkrétně popsaná zřetězení, než jsem uvedla v kapitole 4.4.4..

Řetězení spoušťových bodů podle Travellové a Simonse, které je uspořádáno do praktického manuálu [86], nemá, na rozdíl od předchozího typu výkladu řetězení, neurofyziologické opodstatnění. Je tedy popsáno na základě empirií získaných poznatků a pozorování, ale považuji ho opět za velize přínosný a v praxi používaný materiál vhodný pro diagnostiku i terapii. Rovněž řetězení popsaná Ludmilou Mojžíšovou shledávám velkým přínosem pro klinickou praxi.

Řetězení dle dr. Brüggera je opět příkladem integračního stupně pojetí výkladu svalových řetězců se zdůrazněnou dominancí řídícího principu. Představitelé „francouzské školy", vycházející z konceptu posturální reedukace metody Meziéres [71,72,5] jsou zástupci čistě mechanického principu výkladu svalových řetězců. Funkce svalových řetězců popisovaných těmito autory jsou odvozovány z anatomických a morfologických vlastností svalů a kostěných struktur. Je zde kladen důraz na globální chápání pohybového aparátu a autoři berou na vědomí jedinečnost morfologických projevů poruch pohybového aparátu, proto terapeutické postupy vždy individuálně upravují. Posledním popisovaným typem řetězení jsou tzv." viscerální vzorce". Viscerální onemocnění onemocnění vyvolává reflexní reakci v segmentu, včetně svalového spasmu. V tomto případě je omyl v diferenciální rozvaze velmi nebezpečný. Proto je třeba tento specifický typ řetězení brát na vědomí při diagnostice a terapii.

6. VÝSLEDKY PRÁCE – HODNOCENÍ HYPOTÉZ

Cílem této rešeršní studie bylo získat a zpracovat problematiku „zřetězeného hypertonu“ ve smyslu „funkčních“ poruch pohybového aparátu. Dílčími cíly a úkoly bylo shromáždit teoretické informace, které by pomohly vysvětlit podklady jednotlivých principů vzniku „zřetězeného hypertonu“ a porovnat názory a přístupy českých i zahraničních odborníků na definování svalového hypertonu a jeho možné „řetězení“. Těchto cílů bylo dosaženo, ale shledala jsem toto téma natolik rozsáhlým, že nebylo možné zabývat se jednotlivými oddíly práce do důsledků a vyvozovat podrobné závěry.

Z předpokladů daných v hypotézách na začátku práce jsem došla k těmto závěrům:

Předpokládám, že pojem „zřetězený hypertonus“ je pojmem užívaným převážně v české odborné literatuře a že v zahraniční literatuře je nerozšířen nebo používán minimálně. Tato hypotéza se zcela potvrdila. Zdá se, že „funkční“ přístup je v tomto směru doménou a specifikem „české školy“. Zahraniční literaturu věnovanou otázkám „řetězení“ svalového hypertonu, jako jedné z forem funkčních poruch pohybového aparátu jsem našla ve zcela zanedbatelném množství.

Předpokládám, že na vznik „zřetězeného hypertonu“ má dominantní vliv hledisko neuroanatomické před hlediskem mechanickým. Tato hypotéza se také potvrdila. Je zřejmá dominantní úloha řídících funkcí CNS v procesu vzniku řetězení a šíření svalových dysbalancí.

Předpokládám, že popisované způsoby řetězení svalového hypertonu jsou vysvětlovány na empirickém podkladu a chybí dostatečné vysvětlení neuroanatomického hlediska. Tato hypotéza se potvrdila částečně. Většina popisovaných způsobů řetězení vznikla na základě empirických poznatků a pozorování, ale nové principy vysvětlující vznik svalových řetězců na základě vývojové kineziologie, se snaží vysvětlit vznik řetězení na podkladě neuroanatomickém, respektive neurofyziologickém.

7. ZÁVĚR

Sepsání této práce považuji za přínosné zejména v tom, že se jedná o ucelený souhrn základních teoretických podkladů, které jsou podstatné pro vysvětlení principu „řetězení" svalového hypertonu a měla by pomoci zorientovat se v této problematice.

Tato rešeršní práce by mohla být chápána, jako jedna z pilotních studií na téma „problematiky řetězení svalového hypertonu", protože toto téma doposud nebylo systematicky shrnuto a zpracováno.

Studie by mohla sloužit jako teoretický podklad pro další, podrobnější průzkum této problematiky, zabývající se více do hloubky konkrétními principy řetězení svalů, detailnějším popisem svalových řetězců a hledající další možná opodstatnění „řetězového" šíření svalového hypertonu.

Je zajímavé, že v rešeršní části, zabývající se problematikou rozporu mechanického a kybernetického, tj. neuro-anatomického výkladu principu řetězení je převážná většina názorů čerpána z literatury českých autorů a to zejména doc. Véleho, prof. Lewita, prof. Jandy a doc. Koláře, protože jsem nenalezla téměř jiné dostupné zdroje literatury, které by se touto tématikou zabývaly. Toto svědčí nejenom o nedostatku zahraniční literatury, ale také o vyjímečném přínosu těchto osobností pro obor fyzioterapie.

8. SEZNAM ZKRATEK

aj.	a jiné, a jiní
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
bilat.	bilaterální, oboustranně, oboustranný
C, Cp	krční, krční páteř
C/Th	cervikothorakální
CNS	centrální nervová soustava
č.	číslo
DK, DKK	dolní končetina, dolní končetiny
EMG	elektromyografie
HK, HKK	horní končetina, horní končetiny
lig.	ligamentum
Lp	bederní, bederní páteř
LS	lumbosakrální
m.	musculus
m. SCM	musculus sternocleidomastoideus
n.	nervus
např.	například
NS	nervový systém
PIR	post izometrická relaxace
PNF	proprioceptivní neuromuskulární facilitace
proc.	processus
respektive	respektive
s.	segment
SI	sakroiliakální
skl.	skloubení
TrP	trigger point
Th, Thp	hrudní, hrudní páteř
Th/L	thorakolumbální

tab.	tabulka
tzn.	to znamená
tj.	to je
vyd.	vydání
zj.	zejména

9. SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Základní stavební komponenty pojiv.
Tabulka č. 2: Typy kolagenu.
Tabulka č. 3: Přehled tonických a fázických svalů Jandy.
Tabulka č. 4: Přehled tonických a fázických svalů dle Koláře.

10. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č.1: Stavba příčně pruhovaného svalu
Obrázek č.2: Paralerní uspořádání svalových vláken
Obrázek č.3: „Zpeřené" uspořádání svalových vláken
Obrázek č.4: Hillova křivka
Obrázek č.5: Přechod šlacha - sval
Obrázek č.6: Thorakolumbální fascie
Obrázek č.7: Zátěžová křivka
Obrázek č.8: Motorická jednotka
Obrázek č.9: motorická a senzitivní inervace svalů
Obrázek č.10: Distenze v oblasti VI.sternokostálního spojení – svalové spasmy
Obrázek č.11: Synergie m.pectoralis major, m.subscapularis a mm.rhomboideii
Obrázek č.12: „Diagonální, kontralaterální, kraniokaudální a ventrodorzální řetězce podle Čápové"
Obrázek č.13: Spoušťové body a oblast přenesené bolesti m.subscapularis
Obrázek č.14: Řětězce dle Busqueta
Obrázek č.15: Headovy zóny

10. SEZNAM LITERATURY

1. Alvarez, J.D., Rockwell, P.G.: *Trigger points: Diagnosis and management.* American Family Physicians, vol 65, no. 4, 2002, p. 653 – 660, ISSN 0002 – 8388.
2. Ambler, Z.: *Neurologie pro studenty lékařské fakulty.* 4. vyd. Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-246-0080-3.
3. Balzarini, A., Lualdi, P., Lucarini, C., Ferla, S., Galli, M., Grivellini, M., Deconno, F.: *Biomechanical evaluation of scapular girdle in patients with chronic arm lymphedema.* Lymphology, 2006, vol. 39, no. 3, p. 132-140. ISSN 0024-7766.
4. Bechyně, M., Bechyňová, R. *Mízní otok-lymfedém : komplexní terapie*. 1.vyd. Praha : Phlebomedica, 1996. 315 s. ISBN: 80-9012981-1.
5. Busquet, L.: *Les chaines musculaires. Tome 1. Tronc et colonne cervicale.* 4.ed., Frison-Roche, Paris, 1997, 125p., ISBN 2 – 87671 – 7.
6. Capko, Ján.: *Základy fyziatrické léčby.* 1. vyd. Praha: Grada, 1998. 396 s. ISBN 80-7169-341-3.
7. Čihák R.: *Anatomie 1*. 2. upr. a dopl. vyd. Praha : Grada Publishing, 2001. 496s. ISBN: 80-7169-970-5.
8. Čihák R.: *Anatomie 3*. 1.vyd. Praha : Grada Publishing, 1997. 656s. ISBN: 80-7169-140-2.
9. Čápová, J.: *Posturální terapie na bázi vývojové kineziologie* [online].© neuvedeno. [cit. 27. 4. 2007]. Dostupné z <www.rehacentrumjimramov.cz/clanek2.php >.
10. Čápová, J.: *Bazální programy ve fyzioterapii*. Odborný kurz. Jimramov, 2007.
11. Čemusová, J.: *Diferenciální diagnostika v oblasti krční a hrudní páteře*. Přednáška. Katedra fyzioterapie. FTVS UK. Praha 2006.
12. Čemusová, J. Ústní sdělení. Katedra fyzioterapie, FTVS UK, Praha, 2007.
13. Dobeš, M., Michková, M.: *Učební text k základnímu kurzu diagnostiky a terapie funkčních poruch pohybového aparátu (měkké a mobilizační techniky)*. Domiga , Havířov, 1997.

14. Donald, J.: Identification and treatment of postural dysfunction. [online].© neuvedeno. [cit. 21. 3. 2007]. Dostupné z <http://www.greatnewstory.com/web/print.jsp?message=143>.

15. Douchová, A.: *Myofasciální trigger point – poznatky ze stáže v USA.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 1, 1999, str. 26 - 28, ISSN 1211 – 2658.

16. Dvořák, R.: *Některé toretické poznámky k problematice otevřených a uzavřených biomechanických řetězců.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 1, 2005, str. 12-17, ISSN 1211 – 2658.

17. Dvořák, R.: *Otevřené a uzavřené biomechanické řetězce v kinezioterapeutické praxi.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 1, 2005, str. 18-22, ISSN 1211 – 2658.

18. Dylevský I. *Lymfa Míza.* 1.vyd. Olomouc : Nakladatelství Poznání, 2006. 110s. ISBN 80-86606-42-2.

19. Dylevský, I., Druga, R., Mrázková, O. *Funkční anatomie člověka.* 1.vyd. Praha : Grada Publishing, 2000. 644 s. ISBN 80-7169-681-1.

20. Dylevský, I.: *Obecná kineziologie.* Grada Publishing, 2007. 192 s. ISBN 978-80-247-1649-7.

21. Elišková, M., Eliška, O.: *Morfologie, fyziologie a patofyziologie lymfatických cév a uzlin vzhledem k lymfedému.* Medica Revue, 1997, roč. 4, č. 11, s. 14-18. ISSN 1210-9673.

22. Fernandes, D. L. P.: *The immediate effect of hamstring muscle stretching in subject'trigger points in the masseter muscle.* Journal of musculosceletal pain, vol.14, no.3, 2006, p.27-35, ISSN 1540 - 7012.

23. Fernandes, D. L. P.: *Musculosceletal disorders in mechanical neck pain: Myofascial trigger points versus cervical joint dysfunction – A clinical study.* Journal of musculosceletal pain, vol.13, no.1, 2005, p.27-35, ISSN 1540 - 7012.

24. Fernandes, D. L. P.: *Trigger points in the suboccipital muscle and forward head posture in tension – type headache.* Headache, vol.46, no.3, 2006, p.454 – 460, ISSN 0017 – 8748.

25. Fung, Y.C.: *Biomechanic Motion, flow, stress and growth.* NY : Springer-Verlag, 1990. 590 s. ISBN: 0-387-97124-6.

26. Global Postural Re-Education. [online].© [cit. 27. 6. 2007]. Dostupné z < http://www.drguedes.med.br/english/news_rpg.htm>.
27. Gross, J. M., Fetto, J., Rosen, E.: *Vyšetření pohybového aparátu.* Nakladatelství Triton s.r.o., Praha, 2005. 599s. ISBN 80- 7254-720-8.
28. Hall, S.,J.: *Basic biomechanic.* 2nd.ed., MOSBY – year book, 1995.
29. Havlíčková, L.: *Význam excentrické kontrakce pro posturu.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 1, 1999, str. 9-14, ISSN 1211-2658.
30. Hermachová, H.: *Dysfunkce svalů pánevního dna.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 1, 1995, str. 32-34, ISSN 1211 – 2658, ISSN 1211 – 2658.
31. Hermachová, H.: *O svalovém napětí a jeho ovlivnění ve fyzioterapii.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 3, 1999, str. 108-110, ISSN 1211 – 2658.
32. Hermachová, H.: Přednášky: „Forma-funkce-facilitace.", FTVS UK Praha, 2005 - 2006.
33. Janda, V.: *Funkční svalový test.* 1. vyd. Praha. Grada, 1996. 328 s. ISBN 80-7169-208-5.
34. Janda, V.: *Differential diagnosis of muscle tone in respekt of inhibitory techniques.* Back pain, An international Review J. K. Paterson and L.Burn, London: Ed. Kluwer Acad. Press, 1999, ps. 196-199.
35. Janda, V.: *Ke vztahům mezi strukturálními a funkčními změnami pohybového systému.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 1, 1999, str. 6 - 8, ISSN 1211 – 2658.
36. Janda, V.: *Základy kliniky funkčních (neparetických) hybných poruch.* Ústav pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků v Brně, Brno, 1984. 139s. ISBN 57-855-84.
37. Janda, V, Vávrová, M.: *Senzomotorická stimulace.* Základy proprioceptivního učení. Rehabilitácia, č. 3, 1992, str. 14-34.
38. Jandová, J.: *Dysfunkce thorakolumbálního přechodu jako skrytá příčina dysfunkce dolní krční páteře.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 1, 1996, str. 23 - 24, ISSN 1211-2658.
39. Jandová, J.: *Klinický význam thorakolumbální fascie..* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 1, 1996, str. 16 - 18, ISSN 1211-2658.

40. Jandová, J.: *Thorakolumbální přechod – ano či ne.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 1, 1999, str. 15-17, ISSN 1211-2658.

41. Kasík, J. a kol. *Vertebrogenní kořenové syndromy.* 1.vyd. Praha : Karolinum, 2002. 224 s. ISBN 80-247-0142-1.

42. Karas, V., Otáhal, S.: *Základy biomechaniky pohybového aparátu člověka.* Nakladatelství Karolinum, Praha, 1991. ISBN 382-193-91.

43. Kendall, H. O., Kendall, F. P., Wadsworth, G. E.: *Muscle testing and function.* Sec.ed. Baltimore, London, 1971, 284s. ISBN 683 – 0457 – 1.

44. Kolář, P.: *Systematizace svalových dysbalancí z pohledu vývojové kineziologie.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 4, 2001, str. 152-164, ISSN 1211 – 2658.

45. Kolář, P.: *Diferenciace svalové funkce z hlediska posturální podstaty.* Medicina sportiva Bohemica a Slovaca, 1996, č.1, str,4-8, ISSN 1210 – 5481.

46. Kolář, P.: *Senzomotorická podstata posturálních funkcí jako základ pro nové přístupy ve fyzioterapii II.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č.4, 1998, str. 142-147, ISSN 1211-2658.

47. Kolář, P. : *Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů – diagnostika.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, 2006, roč. 13, č. 4, s.155-170. ISSN 1211-2658.

48. Kolář, P. in Kraus, J. a kol.: *Dětská mozková obrna.* 1. vyd. Praha: Grada, 2004. 348s. ISBN 80-247-1018-8.

49. Kolář, P.: *Význam vývojové kineziologie pro manuální medicínu.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 4, 1996, str. 152 - 155, ISSN 1211-2658.

50. Kolář, P., Kerner, J.: *Funkce svalu v rámci aferentních souvislostí.* Medicina sportiva Bohemica a Slovaca, č. 4., 1995, str. 38-41. ISSN 1210 – 5481

51. Kolář, P., Lewit, K.: *Význam hlubokého stabilizačního systému v rámci vertebrogenních obtíží.* Neurologie pro praxi, 2005, roč. 6, č. 5, s. 238-240. ISSN 1213-1814.

52. Kolektiv autorů: *Ilustrovaná encyklopedie.* Encyklopedický dům, spol.s.r.o., Praha 1995, 1.-3.svazek, ISBN 80-901647-3-0.

53. Kolektiv autorů: *Léčebné rehabilitační postupy Ludmily Mojžíšové.* Grada Publishing 1996, ISBN 80-7169-187-9.

54. Kříž, V,: *Kybernetická a mechanická teorie vertebrogenních potíží, použitelná v rehabilitci a ke komunikaci s pacientem.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 3, 1998, str. 101-106.

55. Kříž, V.: *Poruchy cerviko-thorakálního přechodu i jejich vzdálené příznaky.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, 2006, roč. 13, č.2, s.99-104. ISSN 1211-2658

56. Lewit, K.: *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně.* 5. vyd. Praha: Sdělovací technika, spol. s. r. o. ve spolupráci s ČLS J. E. Purkyně, 2003. 411 s. ISBN 80-86645-04-5.

57. Lewit, K.: *Některá zřetězení funkčních poruch ve světle koaktivačních vzorců na základě vývojové kineziologie.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 4, 1998, str. 148-151, ISSN 1211 – 2658.

58. Lewit, K.: *Chain reactions in the locomotor systém in the light of co-activation patterns based on developmental neurology.* Journal ot Orthopaedic Medicine, vol.21, 1999, p.52 – 57.

59. Lewit, K.: *Vztah struktury a funkce v pohybové soustavě.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 3, 2000, str. 99-101, ISSN 1211 – 2658.

60. Lewit, K.: *Rehabilitace u bolestivých poruch pohybové soustavy.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č.1, 2001, str. 4-17, ISSN 1211 – 2658.

61. Lewit, K.: *Pohybový systém a jeho součást u migrén.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, 2005, roč. 12, č. 3, s. 103-105. ISSN 1211-2658.

62. Lewit, K., Olšanská, Š.: *Klinický význam aktivních jizev.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, 2003, roč. 10, č. 4, s. 129-132. ISSN 1211-2658.

63. Liebenson, G.et al.: *Rehabilitation of the spine. A practitioner's manual.* Williams and Wilkins company, LA, California, 1996, 432p., ISBN 0-683-05032-X.

64. Linhart, J.: *Slovník cizích slov pro nové století.* Dialog, Litvínov, 2005, 412s., ISBN 80-85843-61-7.

65. Marek, J. a kol.: *Syndrom kostrče a pánevního dna.* Praha, nakl. Triton 2000, ISBN 80-7254-137-4.

66. McPartland, J. M.: *Travell Trigger points – Molecular and osteopathic perspectivas.* JAOA review article, vol.104, no.6, 2004, p.244 – 249.

67. OTÁHAL, S. a kol. Patobiomechanika a patokineziologie. Kompendium. Praha: Fakulta tělesné výchovy a sportu. Katedra anatomie a biomechaniky. [online]

[cit.17.června2007].URL<http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk/kompendium/kineziologie/special.php>.

68. Otáhal, S., Tichý, J.: *Zřetězené spasmy – aspekt neurologický a biomechanický.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č.4, 1996, str. 174-178, ISSN 1211 – 2658.
69. Panjabi, M., White, A.A.: *Biomechanics in the musculosceletal systém.* USA, Churchill Livingstone, 2001, 196 ps, ISBN 0-443-06585-3.
70. Páč L., Veverková L. *Anatomie kardiovaskulárního a lymfatického systému.* 1. vyd. Brno : Masarykova univerzita, 2004, 56 s. ISBN 80-210-3540-4.
71. Pavlů, D.: *Význam postury v kineziterapeutických konceptech zaměřených na poruchy pohybového aparátu.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 1., 1999, str.18 – 20, ISSN 1211 – 2658.
72. Pavlů, D.: *Cvičení s Thera – Bandem se zřetelem ke konceptu dle Brüggera.* Akademické nakladatelství CERM, Brno 2004, 99s. ISBN 80 – 7204 – 334 – X.
73. Pavlů, D.: *Speciální fyzioterapeutické koncepty a metody. Koncepty a metody spočívající převážně na neurofyziologické bázi.* Akademické nakladatelství Cerm, Brno, 2002, ISBN 80 – 7204 – 266 – 1.
74. Petrovický, P. a spol.: *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi. I.svazek. Pohybové ústrojí.* Martin : Osveta, 2001, 480s. ISBN: 80-8063-046-1.
75. Prokešová, M.: *Terapie svalových spasmů.* Lékařské listy, 2005, č. 29, str. 3-5.
76. Puršlová, L., Horka, P.: *Myofascial pain syndrom, současné názory na existenci, etiologii a terapii.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č.3, 1996, str. 114-116, ISSN 1211-2658.
77. Rasch, P., Burke, R. K.: *Kinesiology and applied anatomy. The science of human movement.* 4.ed., Philadelphia, Lea and Fibinger, 1971, ISBN 0–8121– 0342–7.
78. Rock, C.M., Petak – Krueger, S.: *Agisticko-excentrické kontrakční postupy k ovlivnění funkčních poruch pohybového systému.* Akademické nakladatelství CERM, Brno 2000, 144s., ISBN 3–905407–01–9.
79. Rokyta, M., Kříž, N., Buřitová, J., Mojžíšová, L.: *Rehabilitační metoda Ludmily Mojžíšové očima fyziologa.* Ústav fyziologie a klinické fyziologie, 3.LFUK, Praha, 1992. 107 s. ISBN 80-85467-68-2.
80. Romano, T. J.: *Other soft tissue pain conditions.* Journal of musculosceletal pain, vol.14, no.3, 2006, p.86 – 93, ISSN 1540 - 7012.

81. Rychlíková, E. *Funkční poruchy kloubů končetin.* 1. vyd. Praha : Grada Publishing, 2002. 256 s. ISBN 80-247-0237-1.

82. Scott, W., Stevens, J., Binder – Macleod, S.A.: *Human skeletal muscle fibre type classifications.* Physical therapy, no.81, 2001, p.1810 – 1816.

83. Simons, G. D., Dommerholt, J.: *Myofascial pain yndrome – trigger points.* J.of musculosceletal pain, vol.14, no.3, 2006, p.77 – 86, ISSN 1540 - 7012.

84. Suchomel, T., Lisický, D.: *Progresivní dynamická stabilizace bederní páteře.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 3, 2004, str. 128-136, ISSN 1211-2658.

85. Svaly zádové. [online].© neuvedeno. [cit. 2. 8. 2007]. Dostupné z <http://www.ronnie.cz/c-540-svaly-zadove.html> .

86. Travell, J.G., Simons, D.G.: *Myofascial pain and dysfunction: the trigger manual.* 2.ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1999.

87. Trojan, S., Druga, R., Pfeiffer, J., Votava, J. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka.* 2.vyd. Praha : Grada Publishing, 2001. 228 s. ISBN: 80-2470-031-3.

88. Trojan, S., Druga, R., Pfeiffer, J.: *Centrální mechanismy řízení – teorie, poruchy a léčebná rehabilitace.* Praha, Avicenum, 1991, 255s., ISBN 80-201-0054-7.

89. Trojan, S. a kol. *Lékařská fyziologie.* 3. vyd. Praha : Grada Publishing, 1999. 616 s., ISBN 80-7169-788-5.

90. Ťupa, F.: *Řetězení v pohybovém aparátu.* Rehabilitácia, vol.34, č.1, 2001, ISSN 0375 – 0922.

91. Ťupa, F.: *Tuhost svalu a její komponenty.* . Rehabilitace a fyzikální lékařství, č.4, 2000, str. 162-165, ISSN 1211-2658.

92. Valentino, B., Melito, F.: *Functional relationships between the muscles of mastication and the muscles of the leg. An electromyographic study.* Institute of Human Anatomy, Faculty of medicine and surgery, University of Naples, Italy.

93. Vařeka, I.: *Posturální stabilita (I. část) terminologie a biomechanické principy.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 4, 2002, str. 115-121, ISSN 1211-2658.

94. Vařeka, I., Dvořák, R.: *Posturální model řetězení poruch funkce pohybového systému.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č. 1, 2001, str. 33-37, ISSN 1211 – 2658.

95. Véle F. *Kineziologie-Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy.* 2.vyd. Praha : Triton, 2006, 375s. ISBN 80-7254-837-9.

96. Véle, F.: *Kineziologie pro klinickou praxi.* 1.vyd. Praha: Grada publishing, 1997. 272 s. ISBN 80-7169-256-5.

97. Véle, F.: *Kineziologie posturálního systému.* 1.vyd. Praha: Karolinum, 1995. ISBN 80-7184-100-5.

98. Véle, F.: *Přednášky kineziologie a neurofyziologie, neurologické vyšetření ve fyzioterapii,* FTVS UK Praha, 2003 - 2007.

99. Véle, F.: *Účelové řízení pohybu v rehabilitaci.* Mezinárodní konference „ Pohyb a zdraví" , Olomouc 11. - 14. září 1999.

100. Véle, F.: *Kineziologický pohled na vztah dechových pohybů k prevenci posturálních poruch a vadného držení.* Rehabilitace a fyzikální lékařství, č 1, 2003, str.4-6, ISSN 1211-2658.

101. Véle, F.: *Řetězení svalových funkcí.* Studijní materiály, nedatováno.

102. Vojta, V.: *Vyjadřovací schopnost vývojové kineziologie.* Rehabilitace a fyzikální lékřství, č. 1, 1997, str. 7 - 10, ISSN 1211 – 2658.

103. Vojta, V., Peters, A.: *Vojtův princip: svalové souhry v reflexní lokomoci a motorická ontogeneze.* 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 1995. 181s. ISBN 80-7169-004-X

104. Vojta, V. *Mozkové hybné poruchy v kojeneckém věku. Včasná diagnóza a terapie.* 1. vyd. Praha : Grada Avicenum, 1993. ISBN 80- 85424-98-3.

105. Vokurka, M., Hugo, J.: *Praktický slovník medicíny.* Maxdorf s.r.o., Praha 2004, 7.vyd., 490 s., ISBN 80-7345-009-7.

106. Winter, J. M., Crago, P. E.: *Biomechanics and neural control of posture and movement.* New York, Springer Verlag 2000, ISBN 0–387–94974–7.