

Univerzita Karlova v Praze

2. lékařská fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2014

Milan Gašpárek

Univerzita Karlova v Praze

2. lékařská fakulta

Porovnanie medzisvalovej koordinácie počas dynamických testov pomocou
povrchovej elektromyografie

Diplomová práca

Autor: Milan Gašpárek, obor fyzioterapie
Vedoucí práce: Mgr. Petra Valouchová, Ph.D.

Praha 2014

Bibliografický záznam: GAŠPÁREK, Milan. *Porovnanie medzisvalovej koordinácie počas dynamických testov pomocou povrchovej elektromyografie* Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2014. Vedoucí diplomové práce Mgr Petra Valouchová, Ph.D.

Abstrakt

Ciele: V diplomovej práci hodnotíme pohybové stereotypy u pacientov s ľavostranným koreňovým syndrómom na podklade hernie medzistavcovej platničky L4/L5 alebo L5/S1 a kontrolnou skupinou s cieľom overiť jednak predpokladanú stranovú asymetriu medzi vybranými svalmi, a jednak zmeny v postupnosti zapojenia týchto svalov.

Súbor: Štúdie sa zúčastnilo 10 pacientov s ľavostranným koreňovým syndrómom spôsobeným herniou medzistavcovej platničky L4/5 alebo L5/S1 (7 mužov, 3 ženy, priemerný vek $37,4 \pm 10,67$ rokov). Kontrolnú skupinu tvorilo 6 zdravých jedincov bez vertebrogénnych problémov (2 muži, 4 ženy, priemerný vek $27,4 \pm 2,6$ rokov)

Metodika: U oboch skupín bola pomocou SEMG zaznamenaná aktivita vybraných svalov, počas špecifických testov zameraných na stabilizačnú funkciu pohybového systému.

Analýza dát: Signifikantnosť rozdielu medzi experimentálnou a kontrolnou skupinou bola vypočítaná pomocou dvojvýberového t-testu. Pri testovaní štatistických hypotéz bola zvolená hladina významnosti $p = 0,05$.

Výsledky: U niektorých svalov sme dokázali štatisticky významnú asymetriu medzi pravou a ľavou stranou u pacientov s koreňovým syndrómom. Významné rozdiely sa nám podarilo zistiť v postupnosti zapojenia svalov medzi skupinou s herniou a kontrolnou skupinou.

Záver: U pacientov s herniou platničky bola počas posturálnych testov zaznamenaná zmena v aktivite a postupnosti zapojenia (timing) niektorých svalov, čo čiastočne potvrdzuje hypotézu, že sa u týchto pacientov vytvárajú náhradné pohybové stereotypy.

Kľúčové slová: posturálna stabilizácia, dynamické testy, povrchová elektromyografia, hernia,

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovných služeb.

Bibliographic identification: GASPAREK, Milan. Comparison of intramuscular coordination during dynamic tests using surface electromyography Prague: Charles University, 2nd Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2013. 84 p. Supervisor Mgr. Petra Valouchová, Ph.D.

Abstract:

Objectives: We evaluate the movement patterns of left-sided radicular syndrome patients on the basis of intervertebral disc herniation L4/L5 or L5/S1 and test group to verify expected verge asymmetry between selected muscles and changes in their timing.

Participants: 10 patients with left-sided radicular syndrome caused by intervertebral disc herniation were objects of the reserarch L4/L5 or L5/S1 (7 men, 3 women, average age $37,4 \pm 10,67$ years old). 6 healthy individuals without vertebrogenic problems were part of the reserarch (2 men, 4 women, average age $27,4 \pm 2,6$ years old)

Methods: During specific tests focused on stabilizing function of musculoskeletal system, selected muscles activity was recorded for both groups by SEMG

Data analysis: The variation significance between experimental and test group was evaluated by two-tailed t-test. Significance level of $p=0.05$ was selected for statistical hypothesis testing.

Results: We have proved statistically significant asymmetry between right and left side for patients with radicular syndrom. Significant variations were found for muscles timing between group with herniation and test group.

Conclusion: Selected muscles activity and involvement sequence changes (timing) were found for patients with intervertebral disc herniation during postural tests, which partially confirms the hypothesis that alternative movement patterns are formed for these patients.

Keywords: postural stabilization, dynamic tests, surface electromyography, hernia,

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prehlasujem, že som diplomovú prácu spracoval samostatne pod vedením Mgr. Petry Valouchovej Ph.D., uviedol všetky použité literárne a odborné zdroje a dodržiaval zásady vedeckej etiky.

V Praze dne:

Poděkování autora

Ďakujem pani Mgr. Petre Valouchovej Ph.D. za trpezlivosť, cenné rady a návrhy pri vedení mojej diplomovej práce. Ďalšie poďakovanie patrí pánovi Lubomírovi Štepánkovi za pomoc pri štatistickom spracovaní dát a výsledkov.

Obsah

1	PREHLAD POZNATKOV	11
1.1	KINEZIOLÓGIA CHRBTICE.....	11
1.1.1	Anatomické parametre.....	11
1.2	POSTURÁLNE FUNKCIE	12
1.2.1	Posturálna stabilizácia	12
1.2.2	Segmentálna stabilizácia chrbtice.....	12
1.2.3	Neutrálna poloha.....	13
1.2.4	Segmentálna nestabilita	13
1.2.5	Vývoj stabilizácie panvy a chrbtice.....	13
1.2.6	Posturálna funkcia bránice.....	14
1.2.7	Výšetrenie posturálnej stabilizácie	15
1.3	MOTORICKÉ STEREOTYPY	19
1.3.1	Motorické vzory	20
1.3.2	Pohybové stereotypy.....	20
1.4	DEGENERÁCIA INTERVERTEBRÁLNEHO DISKU	20
1.4.1	Herniácia disku.....	21
1.4.2	Koreňový syndróm	21
1.5	ZMENY V MOTORICKOM CHOVANÍ	23
1.5.1	Zmeny motorického riadenia.....	23
1.5.2	Nábor svalov.....	25
1.5.3	Aktivita svalov počas patologickej situácie.....	26
1.5.4	Dolný skrížený syndróm.....	26
1.5.5	Vrstvový syndróm	27
1.5.6	Zmeny na úrovni mozgovej kôry.....	28
1.6	ZMENY SENZORICKÝCH FUNKCIÍ.....	29
1.6.1	Zmeny propiocepcie.....	29
1.6.2	Zmeny kožnej citlivosti	30
1.6.3	Nocicepcia, bolesť a autonómny nervový systém	30
1.7	PORUCHA PSYCHIKY	31
2	CIELE A HYPOTÉZY	32
3	METODIKA.....	33
3.1	CHARAKTERISTIKA VYŠETROVANÉHO SÚBORU.....	33
3.2	PRIEBEH MERANIA	34
3.3	POPIS VYBRANÝCH POHYBOVÝCH STEREOTYPOV	35
3.4	SPRACOVANIE VÝSLEDKOV MERANIA	36
3.4.1	Úprava EMG signálu	36
3.4.2	Vyhodnotenie EMG signálu	36
3.4.3	Štatistické spracovanie dát.....	37
4	VÝSLEDKY	38
4.1	HYPOTÉZA Č. 1.....	38
4.2	HYPOTÉZA Č. 2.....	39
4.3	HYPOTÉZA Č. 3.....	40
4.4	HYPOTÉZA Č. 4.....	42
4.5	HYPOTÉZA Č. 5.....	46
5	DISKUSIA	50
5.1	DISKUSIA K TEORETICKEJ ČASTI	50
5.2	DISKUSIA K TEORETICKEJ ČASTI	53
5.3	LIMITY ŠTÚDIE.....	56

6	ZÁVER	57
7	REFERENČNÝ ZOZNAM	58
8	ZOZNAM PRÍLOH	62
9	PRÍLOHY.....	63

Zoznam použitých skratiek

CNS – centrálny nervový systém

č. – číslo

DF – dorzálna flexia

DK – dolná končatina

EMG – elektromyografia

H – hypotéza

HK – horní končatina

KS – kontrolní skupina

LBP – low back pain

LDK – ľavá dolná končatina

Lp – bedrová chrbtica

m. – musculus

MJ – motorická jednotka

n. – nervus

p – hodnota p (statistická významnosť)

PDK – pravá dolná končatina

SEMG – povrchová elektromyografia

μ V – mikrovolt

Úvod

Bolesti chrbta sú dnes jednou z najčastejších príčin návštevy lekára. Pomocou moderných zobrazovacích metód bolo postupne preukázaných mnoho príčin, ktoré bolesti chrbta spôsobujú. K najčastejším určite patrí poškodenie medzistavcovej platničky spôsobujúce kompresiu nervového koreňa, ľudovo nazývané ischias. Pohľad na etiológiu a patogenézu tohto ochorenia sa neustále vyvíja. Zmena v diagnostike, ktorá nastala použitím kontrastného rádiologického vyšetrenia chrbtice, ktoré umožnilo objektívne diagnostikovať herniu medzistavcovej platničky, priniesla aj možnosť chirurgickej liečby. Nemali by sme však zabúdať, že poškodenie platničky je v konečnom dôsledok výsledok pôsobenia vonkajších a v prvom rade vnútorných síl. Dnes vieme, že herniu medzistavcovej platničky nájdeme asi v 20%-30% vykonaných rádiologických vyšetrení u zdravých jedincov. Vidíme, že u veľkého počtu osôb sa môžu vyskytovať asymptomatické hernie, ktoré sú bez neurologického nálezu, pretože vplyvom funkčných reakcií má chrbtica značné kompenzačné možnosti. Dôležitá je tiež skutočnosť, že u mnohých pacientov trpiacich bolesťou chrbta nedokážeme ani dnešnými metódami diagnostikovať žiadne štrukturálne nálezy alebo len také, ktoré sa ukazujú ako málo relevantné.

Jedna z hlavných príčin, prečo nedokážeme diagnosticky postihnúť nedostatočne vyznačenú väzbu medzi morfológickým a neurologickým nálezom a rozsahom subjektívnych ťažkostí, spočíva v nedostatočnej znalosti veľmi zložitých funkčných zmien, ktoré nachádzame pri klinickom vyšetrení. (Kolář, 2009)

Táto diplomová práca vznikla s cieľom vedecky objektivizovať funkčné zmeny pohybového systému, ktoré pozorujeme pri hernii medzistavcových platničiek. Týmto spôsobom by sme chceli čiastočne prispieť k lepšiemu pochopeniu tohto ochorenia. V teoretickej časti sa snažíme o súhrn poznatkov z dostupnej literatúry a klinickej praxe. Vo výskumnej časti sa budeme snažiť pomocou povrchovej elektromyografie overiť naše hypotézy, porovnaním dvoch výskumných skupín.

1 Prehľad poznatkov

1.1 Kineziológia chrbtice

Telá stavcov sú spojené medzistavcovými diskami a medzistavcovými kĺbmi. Tvar kĺbových plôch je v jednotlivých úsekoch chrbtice rôzny, je daný typom, rozsahom pohybu a funkciou daného úseku. Ešte je tu veľká individuálna variabilita. Kĺbové puzdra intervertebrálnych kĺbov sú voľné, najvoľnejšie v krčnej časti a najpevnnejšie v hrudnej časti. Do kĺbov z nich v prednej a zadnej časti zasahujú meniskoidné útvary synoviálnej membrány. Vyrovnávajú nezhodné zakrivenie kĺbových plôch.

Chrbtica sa postupne vyvíja, u plodu je zakrivená kyfoticky (primárne zakrivenie), podobne je tomu aj u novorodenca. Lordózy (sekundárne zakrivenie) vznikajú až neskôr aktivitou extenzorov, spočiatku nie sú stabilné a fixujú sa až okolo 5 roku života. V dospelosti je chrbtica v sagitálnej rovine dva krát esovito prehnutá. Konvexitou vpred krčná lordóza (s vrcholom v úrovni C3-4) a bedrová lordóza (s vrcholom v úrovni L5), konvexitou vzad hrudná kyfóza a sakrum. Zakrivenie chrbtice v sagitálnej rovine má zásadný význam pre posturálne funkcie a perovacie pohyby. Posturálna vyváženosť s minimom svalovej aktivity je závislá na kvalite riadiacich mechanizmov, regionálnych a globálnych anatomických parametroch.

Pohyblivosť chrbtice je daná súčtom pohyblivosti medzi jednotlivými segmentmi. Medzi jednotlivými stavcami je pohyb veľmi malý. Rozsah pohybu je priamo úmerný výške medzistavcových platničiek a schopnosti platničiek deformovať sa. Tiež je ovplyvnený stavom mäkkých tkanív a svalov, tvarom a sklonom stavcových výbežkov a kĺbových plôch.

1.1.1 Anatomické parametre

Charakter mezenchymálnych tkanív a anatomické parametre sú významné faktory, ktoré ovplyvňujú stabilizáciu kĺbov počas pôsobenia vonkajších síl. Medzi poruchy lokálnych anatomických parametrov významne ovplyvňujúcich stabilitu chrbtice patria dysplastické zmeny sakrálnej kosti a piateho bedrového stavca a torzný a kolodiafyzárny uhol bedrového kĺbu. Za regionálne anatomické parametre považujeme tie, ktoré sú vymedzené viacerými segmentmi. Anatomické vzťahy môžeme rozdeliť na závislé a nezávislé na polohe. Za konštantné môžu byť považované až po ukončení rastu. Na rozdiel od svalovej funkcie túto situáciu cvičením zásadným spôsobom neovplyvníme, ale môžeme ju čiastočne kompenzovať.

1.2 Posturálne funkcie

Pri hodnotení posturálnych funkcií, resp. pri určovaní stupňa závažnosti poruchy, je hlavným problémom neexistencia noriem spôsobená rozdielnym pohľadom jednotlivých autorov. F. Véle udáva, že stanovenie jedného štandardu pre správne držanie tela je nemožné, lebo pre každého je správne držanie odlišné. Aby sme mohli definovať „ideálnu posturu“ musíme vychádzať z biomechanických, anatomických a neurofyziologických funkcií a prepojenie týchto funkcií chápať v kontexte motorického vývoja. (Kolář, 2009)

Jedným z hlavných obecných princípov motorickej ontogenézy je vývoj postury, schopnosť kvalitného nastavenia polohy v kĺboch, ich spevnenie prostredníctvom koordinovanej svalovej aktivity a vývoj nákročnej a opornej funkcie.

V priebehu posturálnej ontogenézy sa v prvej fáze motorického vývoja vyvíja držanie osového orgánu v lordoticko-kyfotickom zakrivení, nastavuje sa postavenie panvy a hrudníku. To je umožnené rovnovážnou súhrou medzi extenzormi chrbtice, flexormi krku a vnútrobrušným tlakom (ide o súhru medzi bránicou, brušnými svalmi a svalmi panvového dna). Na to nadväzuje vývoj cielenej fázickej hybnosti, t.j. lokomócie.

1.2.1 Posturálna stabilizácia

Posturálnu stabilizáciu chápeme ako aktívne (svalové) držanie segmentov tela proti pôsobeniu vonkajších síl riadené centrálnym nervovým systémom. Jedná sa o funkciu automatickú, ktorá je prítomná počas akéhokoľvek pohybu trupu a končatín, pri dýchaní aj pri zadržaní dychu. Nie je viazaná len na určitú polohu alebo rozsah pohybu, ale viaže sa na celý rozsah pohybu. (Hodges, 2001; Gandevia, 2002; Kolář, 2009)

1.2.2 Segmentálna stabilizácia chrbtice

Dodnes je uznávaným východiskovým modelom Panjabiho biomechanická štúdia, v ktorej autor popisuje tri zložky stabilizačného systému: pasívne štruktúry zabezpečujúce pasívnu stabilitu, aktívne štruktúry zabezpečujúce dynamickú stabilitu a centrálné riadiace mechanizmy, ktoré na základe spätnej väzby vyhodnocujú aktuálne požiadavky na stabilitu chrbtice, a za týmto účelom koordinujú aktivitu svalov.

1.2.3 Neutrálna poloha

Neutrálnou polohou nazývame, také nastavenie dvoch susedných segmentov, kedy sú sily pôsobiace v kĺbe rovnomerne rozložené na styčných plochách. Kĺbové puzdro je najmenej napnuté a väzy sú uvoľnené. Neutrálna poloha umožňuje svalom vyvinúť maximálnu silu a zabezpečuje ideálne statické zaťaženie v kĺbe. Viazá sa na celý rozsah pohybu v kĺbe.

Predstavíme si neutrálnu polohu pri pohybe, môžeme ju chápať ako výsledok aktívnej svalovej stabilizácie, teda dynamickej centrácie. Jej rozsah musí byť neustále udržiavaný riadiacou funkciou centrálnych nervových štruktúr. Prepojuje sa tu anatomické myslenie s neurofyziologickým. (Kolář, 2009)

1.2.4 Segmentálna nestabilita

Nestabilita segmentov je charakterizovaná rozšírením neutrálnej polohy, stratou pasívne podpory, ktorá odpovedá posunu až strate fyziologickej bariéry a prípadnému nástupu anatomickej bariéry. Ak nie je táto strata kompenzovaná primeranou svalovou stabilizáciou, stáva sa tento úsek chrbtice zraniteľným a dochádza k opakovaným mikrotraumám v oblasti hlbokých svalov, chrupaviek, intervertebrálnych kĺbov, medzistavcových diskov a ďalších mäkkých tkanív. Je potrebné si uvedomiť, že za vznikom nestability je väčšinou porucha v dynamickej stabilizácii, t.j. svalovej koaktivácii.

1.2.5 Vývoj stabilizácie panvy a chrbtice

Stabilizáciu panvy a chrbtice v neutrálnej polohe pozorujeme počas motorického vývoja najskôr v 3. mesiaci na chrbte a bruchu bez diferenciácie končatín. V polovici 5. mesiaca sa začína objavovať nakročenie jednej dolnej končatiny v polohe na bruchu. Počas 5. a 6. mesiaca dozrieva stabilizácia panvy a chrbtice v polohe na boku. Začína sa diferencovať nákročná a oporná funkcia končatín. Vo funkcií sa objavujú predné a zadné šikmé svalové reťazce. V 7. mesiaci sa dieťa dostáva z brucha na štyri. Z polohy na chrbte sa dostáva do šikmého sedu. Panva sa začína postupne dostávať do vertikálnej polohy. V 8.-9. mesiaci v sede a vzpriamenom kľaku, potom v stoj. Zo stoja sa najskôr vyvíja chôdza vo frontálnej rovine. Neskôr na ňu nadväzuje medzi 12.-14. mesiacom samostatná bipedálna lokomócia.

Samotný stoj je pre ročné dieťa veľmi nestabilný a kladie výrazné nároky na jeho posturu. Preto trvá zhruba ešte 2 roky, kým posturálne vzory dozrejú a pevne sa zafixujú.

V troch rokoch sa znižuje hyperlordóza a mizne vyklenuté bruško. Postupne sa zužuje báza stoja a formuje sa pozdĺžna klenba. Stabilizácia chrbtice v sagitálnej rovine je jedným z najvýznamnejších funkčných etiopatogenetických faktorov spôsobujúcich bolesť chrbta vrátane koreňových syndrómov.

Nevieme povedať, do akej miery sa s týmito funkciami rodíme a do akej miery sa tieto funkcie učíme. Vojta predpokladal, že globálny vzor je naprogramovaný a uložený v CNS nad mozgovým kmeňom, takže bude jeho aktivácia prostredníctvom aferencie do CNS radená skrížene. Ľavá hemisféra bude oslovená z pravej strany a pravá hemisféra z ľavej strany.

Plánovaný pohyb chrbtice je možný len pri dobrom vzpriamení v koreňových kĺboch. Čiastočné vzory, ktoré vidíme počas reflexného otáčania a reflexného plazenia sa objavujú spontánne počas motorickej ontogenézy a opačne. Tieto vzory by mali byť základom pre hodnotenie posturálnych schopností jedinca. Prístupnosť posturálnych vzorov závisí na miere ich neustáleho vybavovania a používania.

1.2.6 Posturálna funkcia bránice

Posturálnu funkciu bránice rádiologicky demonštroval už v roku 1970 Skládal et al. Najviac poukázal na fakt, že aktivácia bránice má súvislosť s pohybom dolných končatín. (Kolář et al., 2009)

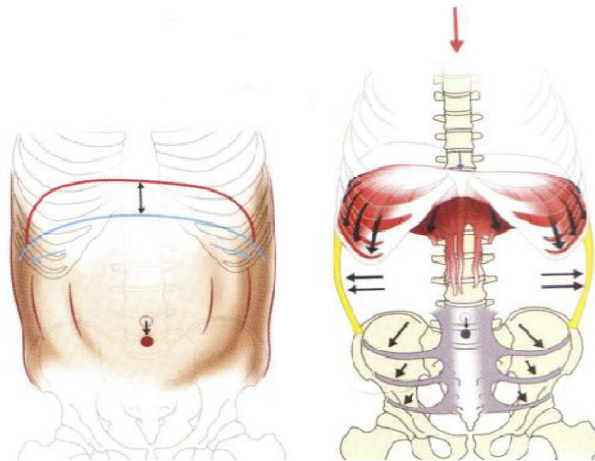
Hodges et al. (1997), Hodges a Gandevia (2000) zmerali aktivitu bránice pri pohybe končatín pomocou EMG. Výsledky týchto prác dokazujú, že kontrakcia bránice predchádza pohyb končatín približne o 20 ms. V následných štúdiách dospeli k záveru, že posturálna funkcia bránice sa objavuje nezávisle na jej respiračnej funkcii. Ďalej popisujú zmeny intrabdominálneho tlaku počas koordinovanej aktivity bránice a brušných svalov pri pohybe končatín.

Podobné výsledky dosiahli aj český autori (Čumpelík, 2007; Kolář, 2009; Rychnovský, 2010) pri sledovaní aktivity bránice pomocou magnetickej rezonancie. V týchto prácach sa opäť potvrdilo, že bránica nemá len funkciu dychového svalu, ale aktivuje sa aj nezávisle na dýchaní. Ďalším zistením bolo, že posturálna aktivita bránice sa v niektorých prípadoch líšila, čo potvrdzuje fakt, že jej funkcia je u jedincov s bolesťami chrbta narušená.

Pri kľudovom nádychu klesá bránica asi o 1,5 cm, počas zvýšených dychových nárokov môže však klesať až o 6-10 cm, čo môže nastať aj nezávisle na dýchaní pri posturálne náročnej činnosti. (Neumann, 2002, s 372, Ganong 1999, s.540) Tým vytvára

spolu brušnými svalmi a panvovým dnom intrabdominálny tlak, ktorý stabilizuje stred tela v neutrálnom postavení, a tak vytvára ideálne nastavenie pre fázickú hybnosť končatín a zabraňuje preťaženiu štruktúr pohybového aparátu. Bránica má pravdepodobne aj priamy vplyv na stabilitu konkrétnych stavcov bedrovej chrbtice, prostredníctvom svalových vlákien, ktoré sa na ne upínajú. (Shirley et al., 2003) Okrem toho stabilizuje orgány v brušnej dutine. Pri kyfotickej hrudnej chrbtici a vpadnutom hrudníku nikdy nebude funkcia bránice ideálna. Správna aktivita bránice je možná len za predpokladu, že bránica, panvové dno a ústne dno sú v horizontálnom nastavení. Lordóza pokračuje z bedrovej časti až do strednej hrudnej chrbtice a hrudník je v kaudálnom postavení, t.j. kľúčne kosti sú sklonené 20° až 25° kaudálne od horizontály a dolné rebrá nevystupujú ventrálne.

Z pohľadu ontogenézy sa posturálna funkcia bránice, tak ako ju vidíme za ideálnych podmienok aj v dospelosti objavuje približne v 3. mesiaci. Jej nevýhodou je, že väčšina ľudí si bránicu ani neuvedomuje a nevie s ňou vedome pracovať. Dýchanie aj postúra sú riadené automaticky, opakované niekoľko tisíc krát za deň, preto keď sa zmenia tieto stereotypy je pre mnohých ľudí skoro nemožné ich vlastnou vôľou zmeniť. Morfologicky je bránica ideálne prispôbená svojim funkciám. Je zložená prevažne z červených svalových vlákien a jej centrálna časť je z väzivovej membrány. Takže dokáže pracovať nepretržite 24 hodín denne.



Obrázok č. 1 Kontrakcia bránice a brušných svalov za fyziologickej situácie (Kolář, 2009, s. 142).

1.2.7 Vyšetrenie posturálnej stabilizácie

U pacientov s herniou disku, ale aj inými morfológickými zmenami na chrbtici vždy pozorujeme odchýlky v stabilizačnej funkcii svalov v porovnaní s vývojovým modelom stabilizácie. Ide o svalovú nerovnováhu pri zapojení svalov do stabilizačnej funkcie. Tým sú

jednotlivé segmenty pri pohybe nedostatočne fixované, alebo sú fixované v nevýhodnom postavení. To vedie k výraznému chronickému preťaženiu a k nedostatočnej svalovej ochrane jednotlivých segmentov chrbtice počas pohybu, pri statickom zaťažení a pri pôsobení vonkajších síl. Poruchu v zapojení svalov môžeme vyšetriť sadou testov. Používané testy nehodnotia silu svalov, tak ako je to pri svalovom teste, ale hodnotia kvalitu ich zapojenia a posúdia funkciu svalov počas stabilizácie.

Hodnotíme:

- a) či kĺb zostáva počas stabilizácie v neutrálnom postavení
- b) akou mierou sa pri stabilizácii zapájajú hlboké a povrchové svaly, a či ich aktivita odpovedá potrebnej sile
- c) či sa pri stabilizácii nadmerne neaktivujú svaly, ktoré mechanicky nesúvisia s daným pohybom
- d) symetriu, resp. asymetriu zapojenia stabilizačných svalov a timing ich zapojenia
- e) ako sa zmení stereotyp dýchania, alebo či nedochádza k zadržaniu dychu

Základom vyšetrenia je posúdenie svalovej súhry zabezpečujúcej stabilizáciu chrbtice, panvy a trupu ako základného rámu pohybu končatín. (Kolář, 2005, 2009)

U väčšiny pacientov s vertebrogénnymi poruchami sledujeme charakteristické odchýlky v stabilizačnej funkcii svalov. Ich odhalenie umožňuje vyšetrenie provokovanej posturálnej aktivity.

Extenčný test

Východzia poloha: pacient leží na bruchu, horné končatiny sú pozdĺž tela alebo pokrčené a opreté o lakte.

Priebeh testu: pacient zdvihne hlavu nad podložku a vykoná pohyb do miernej extenzie chrbtice, v ktorej pohyb zastaví.

Fyziologická koordinácia: pri extenzií sa aktivuje paravertebrálne svalstvo v rovnováhe s laterálnou skupinou brušných svalov. Najskôr sa zapájajú hlboké extenzory a až pri väčších silových nárokoch sa zapájajú svaly povrchové. Panva zostáva v strednom postavení a opora je na úrovni symfýzy.

Prejavy nedostatočnej stabilizácie: pri extenzií sa výrazne aktivuje paravertebrálne svalstvo v oblasti Th/L prechodu. Neaktivuje sa laterálna skupina brušných svalov. Hrudná chrbtica sa pohybuje ako celok bez segmentálnej extenzie. Panva sa preklápa do anteverzie a opora sa prenáša na úroveň pupku. Lopatky sa posúvajú kraniálne a rotujú dolným uhlom von. Významným patologickým prejavom je hyperaktivita ischiokrurálnych svalov spojená aj

s aktivitou m. triceps surae. Zvýšená aktivita v strednej časti stehenných svalov a lýtka svedčí o dráždení z oblasti S1, u koreňa L5 sa zvyšuje aktivita laterálnej časti stehenných svalov. Na strane koreňového dráždenia je zvýšená kontrakcia veľkého sedacieho svalu.

Test extenzie v bedrovom kĺbe

Východzia poloha: pacient leží na bruchu, horné končatiny sú pozdĺž tela.

Priebeh testu: pacient nadvihne jednu dolnú končatinu nad podložku.

Fyziologická koordinácia:

Prejavy nedostatočnej stabilizácie: nezapájajú sa gluteálne svaly a laterálna skupina brušných svalov. Prehlbuje sa lumbálna lordóza, panva sa klopí do antevertzie a rotuje k dvíhajúcej sa DK. Oblasť Th/L prechodu a hrudnej chrbtice sa kyfotizuje, nadmerne sa aktivujú extenzory chrbtice v oblasti Th/L prechodu.

Náklon na štyroch

Východzia poloha: poloha na štyroch (pacient sa opiera o dlane a kolená, chodidlá sú nártom na podložke)

Priebeh testu: pacient vykoná mierny náklon trupu nad horné končatiny

Fyziologická koordinácia: zápästia, lakťové a ramenné kĺby a lopatky zostávajú v neutrálnom postavení. Za tohto predpokladu sa dlane opierajú o podložku rovnomerne celou plochou. Lopatky sú v kaudálnom postavení, chrbtica je napriamená, hlava je v predĺžení chrbtice a panva v neutrálnom postavení. Hrudník je v kaudálnom postavení fixovaný k lopatkám. Členkové, kolenné a bedrové kĺby sú v centrovanom postavení v jednej osi. Predkolenia ležia na podložke.

Prejavy nedostatočnej stabilizácie: pri náklone trupu pozorujeme pohyb panvy do antevertzie, kraniálny pohyb hrudníka a konkavity v oblasti tajlov. Lopatky sa elevujú, posúvajú smerom k chrbtici a otáčajú dolnými uhlami von. Nadmerne sa aktivujú extenzory krčnej chrbtice. Opora o dlane sa posúva do oblasti hypothenaru a lakte sa flektujú, ramená sa otáčajú do vnútornej rotácie. Známkou výraznej insuficiencie je nadzvihnutie a vonkajšia rotácia predkolení, dorzálna flexia chodidla s everziou.

Medved'

Východzia poloha: poloha na štyroch (pacient sa opiera o dlane a kolená, nohy sú opreté o špičky na šírku ramien).

Priebeh testu: vyšetrovaný preniesie oporu z kolien na špičky a zdvíha kolená od podložky.

Fyziologická koordinácia: zápästia, lakt'ové a ramenné kĺby a lopatky zostávajú v neutrálnom postavení. Za tohto predpokladu sa dlane opierajú o podložku rovnomerne celou plochou. Lopatky sú v kaudálnom postavení, chrbtica je napriamená, hlava je v predĺžení chrbtice a panva v neutrálnom postavení. Hrudník je v kaudálnom postavení fixovaný k lopatkám. Členkové, kolenné a bedrové kĺby sú v centrovanom postavení v jednej osi. Stred kolien smeruje nad tretí prst.

Prejavy nedostatočnej stabilizácie: pri nadvihnutí kolien nad podložku dochádza k podsadeniu panvy, kyfotizácii bedrovej a hrudnej chrbtice, reklinácii krčnej chrbtice. Lopatky sa elevujú, laterálny okraj a dolný uhol odstávajú od hrudníka. Ramená sú vo vnútornej rotácii, opora o dlane je viac v oblasti hypothenaru. Hrudník uniká kraniálne a brušné svaly sa vťahujú koncentricky predovšetkým v oblasti nad pupkom. Femury sú vo vnútornej rotácii, kolená mimo stredu chodidiel a členky vo valgóznom postavení.

Test hlbokého drepu

Východzia poloha: pacient sa postaví s chodidlami na šírku ramien.

Priebeh testu: vyšetrovaný spraví zo stoja pomaly hlboký drep. Ramená a kolená nesmú počas drepu presiahnuť rovinu vymedzenú prednou časťou chodidla.

Fyziologická koordinácia: chrbtica zostáva napriamená. Panva zostáva v neutrálnej polohe, stredy kolien smerujú k 3. prstu po celú dobu drepu. Opora nohy je rovnomerne rozložená na celú plošku a prsty. Ramená, hlava a ruky zostávajú uvoľnené.

Prejavy nedostatočnej stabilizácie: v priebehu pohybu dochádza k lordotizácii, resp. kyfotizácii chrbtice. Panva sa preklápa do anteverzcie, resp. retroverzcie. Kolená sa vtáčajú smerom dnu a opora sa prenáša na mediálnu plochu chodidla. V krčnej chrbtici sa objaví extenzia a hypertonus extenzorov krčnej chrbtice. Dochádza k elevácii ramien a protrakcii lopatiek. Pri výraznejšej insuficiencii nie je pacient schopný drep vykonať.

Testom pre posturálnu stabilitu môže byť akákoľvek pozícia, záleží len na fyzioterapeutovi ako dokáže čítať informácie, ktoré mu telo pacienta poskytuje.

1.3 Motorické stereotypy

Funkciu svalstva nemôžeme chápať len podľa mechanických zákonov, jej výsledkom je síce mechanický pohyb, ale funkciu nejde odvodiť len podľa začiatku, úponu a priebehu svalových vlákien alebo veľkosti svalu. Je treba poznať akým závislostiam riadenia jednotlivý sval podlieha v rámci zložitých reflexných pohybových mechanizmov a vzťahov.

Aktivácia svalov počas pohybu /hlavne jej stupeň/ je veľmi často individuálne rozdielna a závisí na tom ako si jednotliviec individuálne svoje motorické stereotypy vypracoval.

Teória motorických stereotypov je podkladom stručného vyjadrenia, že mozog nepracuje na princípe aktivácie jedného svalu alebo svalových skupín, ale na princípe celkových pohybov. (Jackson, 1931)

Dynamický stereotyp predstavuje dočasne nemennú sústavu podmienených a nepodmienených reflexov, ktorá vzniká na podklade stereotypne sa opakujúcich podnetov. Vnútorne prostredie sa stále mení, čomu sa musí organizmus stále prispôbovať. Tento proces sa deje pomocou plasticity CNS. Plasticita umožňuje tvorbu a fixáciu stále nových a nových podnetových variant, bez toho aby skôr vytvorené varianty vymizli. (Hrbek a Hrbek, 1956) Fixácia pohybových stereotypov vedie k ich ľahšiemu vyvolaniu. Ak sú už raz stereotypy fixované, ide ich len veľmi ťažko prebudovať.

Pohybové stereotypy sú rozdeľované na stereotypy prvého a druhého radu. Motorické stereotypy prvého rádu sú dané anatomicky a predstavujú základnú pohybovú maticu, ktorá je zhruba pre všetkých jedincov rovnaká. Stereotypy druhého rádu vznikajú na podklade vypracovania funkčných spojení, toto vypracovanie je individuálne a je vysvetlením veľkej pohybovej variability a špecificity.

Kvalita pohybových stereotypov a stupeň ich fixácie sú závislé na rade faktorov, z ktorých najdôležitejšie sú dva:

- a) vlastnosti centrálnych zložiek pohybového systému a
- b) spôsob ako boli a sú pohybové stereotypy vypracované, posilňované a korigované.

Vieme, že pohyb vykonávajú svaly s takzvanou antagonistickou funkciou. Ale nejde tu o antagonizmus v tom zmysle, že by sa ich účinnosť pri súčasnom dráždení navzájom rušila, naopak ich dokonalou reguláciou sa ich výkonnosť fyziologicky znásobuje. Sval, ktorý je anatomickou jednotkou, nemusí byť a obvykle ani nie je funkčnou jednotkou (Kolař,32)

Na povrchu každého motoneurónu je približne 5500 synapsí. Alfamotoneuróny predstavujú konečnú spoločnú dráhu z mnohých systémov, ktoré majú vzťah k hybnosti.

Ďalšou cestou, ktorá ovplyvňuje hybnosť sú vzruchy idúce z gama-motoneurónov, ktoré vysielajú vlákna k svalovým vretienkam. Tieto vzruchy pôsobia reflexnou cestou na synapsy alfa-motoneurónov a vyvolávajú kontrakciu, buď priamo alebo k nej spolu s ďalšími synaptickými vplyvmi prispievajú.

1.3.1 Motorické vzory

Chápeme ako pohybové reakcie CNS na presne definované podnety. Do motorických vzorov radíme jednoduché reflexy na miechovej a kmeňovej úrovni, ale aj senzomotorické funkčné vzťahy usporiadané na vyšších úrovniach riadenia, ktoré sa realizujú v priebehu zrenia CNS. Neurofyziologický hierarchický koncept, podľa ktorého počas vývoja dieťaťa pozvoľne nastupuje vplyv mozgovej kôry, ktorá potlačuje prejavy miechových a subkortikálnych reflexov.

1.3.2 Pohybové stereotypy

Predstavujú dočasne nemennú sústavu podmienených reflexov, ktorá vzniká na podklade pohybového učenia. Vonkajší podnetový stereotyp vedie k vzniku vnútorného stereotypu nervových dejov. Automatizuje sa nie len vlastný pohyb, ale aj jeho posturálne zaistenie. Naše bežné pohyby sú tak vykonávané automaticky a neuvedomele, čo často spôsobuje, že niektoré svaly používame nedostatočne a iné naopak celodenne preťažujeme. Hybné stereotypy nie sú strnulé, ale podliehajú vývoju v priebehu času a to v závislosti ako na zmenách vo vnútri organizmu, tak i na zmenách vonkajších podmienok. Schopnosť prebudovať stereotypy klesá s vekom, aj keď individuálne rozdiely sú veľké.

1.4 Degenerácia intervertebrálneho disku

Ide o zmenu architektúry disku s typickou stratou gelatinóznej štruktúry nucleus pulposus a fibrózou disku s depozitmi amyloidov a lipofuchsinu. Prvou známkou degenerácie je vznik trhlín v centrálnej časti disku, ktoré sa postupne zväčšujú a pokračujú periférne do anulus fibrosus. Výsledkom je dutina vo vnútri disku a zníženie jeho výšky, ktoré je identifikovateľné pri rádiologickom vyšetrení.

1.4.1 Herniácia disku

Dodnes existujú konverzné názory na to, ktorý z činiteľov je v patogenéze herniácie disku najpodstatnejší. Vo vývoji vzniku je podstatné, že dôjde k natrhnutiu anulus fibrosus, spravidla na zadnej strane a časť pulpóznej hmoty sa vytlačí do chrbticového kanálu, a to laterálne paramediálne alebo mediálne.

Rozsah poruchy medzistavcovej platničky môžeme rozdeliť do 4 kategórií:

- 1) bulging
- 2) protúzia
- 3) extrúzia
- 4) extrúzia so sekvestráciou

Pre klinický význam herniácie platničky je podstatný fakt, že herniácia medzistavcovej platničky je prítomná asi u 20-30% vykonaných rádiologických vyšetrení u neurologicky asymptomatických jedincov. Títo jedinci však nie sú nikdy asymptomatický funkčne. Nové štúdie poukazujú na závislosť nálezu na polohe, v ktorej sa robí vyšetrenie. V tejto súvislosti sa stretávame s pojmom mäkký disk. Najčastejšie sa stretávame s herniou medzistavcových platničiek v bedrovej časti chrbtice a to v úrovni L5/S1 a L4/5. Jedinci s herniou platničky môžu byť v dôsledku kompenzačných mechanizmov organizmu úplne bez ťažkostí. Herniu disku je preto nutné vidieť vždy v klinickom obraze a funkčných súvislostiach. (Kolář, 2009)

1.4.2 Koreňový syndróm

Koreňové syndrómy majú anamnesticky veľa spoločného s inými vertebrogénnymi ochoreniami, ale vyznačujú sa určitými zvláštnosťami. Vznikajú v dôsledku kompresie nervového koreňa intervertebrálnym diskom, osteofytom, cystou, nádorom, pri zúžení chrbticového kanála alebo medzistavcového otvoru. Vo väčšine prípadov predchádza bolesti, vyžarujúcej do končatín, bolesť v krížoch. Najčastejšou príčinou koreňových syndrómov na dolných končatinách je hernia intervertebrálneho disku v úrovni medzi L5/S1 alebo L4/L5. Najčastejšou príčinou hernie je preťaženie tohto úseku chrbtice vlastnými vnútornými silami, pri nedostatočnej koaktivácii svalov.

Pacienti udávajú subjektívne problémy ako ostrú bolesť chrbta vyžarujúcu do príslušného dermatómu daného koreňa, poruchy citlivosti v dermatóme príslušného koreňa. Bolesť sa zhoršuje pri zvýšení tlaku v brušnej dutine pri kašli, kýchaní, stolici alebo smiechu.

Bolesť aj porucha citlivosti sú presne lokalizované. Ďalšími poruchami, ktoré pacienti popisujú sú: odcudzenie, neobratnosť a slabosť danej končatiny, zakopávanie a pády.

Objektívne pozorujeme ochranný posturálny vzor, antalgické držanie trupu. Typické je držanie v kyfóze s vybočením k strane lézie, čo môžeme vysvetliť tak, že pri tomto držaní dochádza k rozšíreniu medzistavcových otvorov v dolnej časti chrbtice. Dynamika postihnutého segmentu je výrazne obmedzená. Lewit udáva, že toto obmedzenie pohybu a antalgické držanie tu nebýva následkom blokády príslušného úseku chrbtice a že takáto blokáda môže úplne chýbať. Ďalej v rámci neurologického vyšetrenia môžeme zistiť oslabenie až vymiznutie príslušných reflexov jednotlivých koreňov, poruchy citlivosti v dermatóme, svalové oslabenie a záškľby svalových vlákien na končatinách. Pozitívne bývajú napínacie manévry na postihnutý koreň.

Koreňový syndróm L5

Najčastejšou príčinou kompresie koreňa L5 je laterálna hernia disku L4/L5. Vyznačuje sa vyžarovaním bolesti po vonkajšej ploche dolnej končatiny, ďalej po narte k prvému až tretiemu prstu. V príslušnom dermatóme býva hypestézia. Nebýva zmenený žiadny z bežne vyšetrovaných reflexov. Najčastejšie oslabenými svalmi sú m. extensor hallucis longus a m. extensor digitorum brevis. Zisťujeme nielen zníženie svalovej sily, ale aj hypotóniu v porovnaní s druhou stranou. Pri chronických léziách môžeme tiež pozorovať hypotóniu a atrofiu v hornej tretine m. tibialis anterior. Býva oslabená dorzálna flexia chodidla a extenzia prstov. Pacient má problémy s chôdzou po pätách. Oslabené bývajú aj vonkajšie rotátory bedrového kĺbu. Zisťujeme zvýšený odpor pri pretiahnutí medziprstnej kožnej riasy medzi 1. - 2. a 2. - 3. prstom.

Koreňový syndróm S1

Príčinou postihnutia koreňa S1 býva laterálna hernia disku v segmente L5/S1. Bolesť vyžaruje po posterolaterálnej ploche stehna a lýtku k vonkajšiemu členku a ďalej po vonkajšej ploche chodidla k malíčku a 4. prstu. V príslušnom dermatóme sa objavuje porucha citlivosti. Oslabenie pozorujeme na peroneálnych svaloch a lýtkovom svale, ďalej sú postihnuté sedacie svaly a flexory prstov. Býva znížený až vyhasnutý reflex Achillovej šľachy. Pacient má problémy s chôdzou po špičkách. Pri ťažších léziách dochádza aj k zhoršeniu stability na postihnutej končatine. Zvýšený odpor môžeme zistiť pri pretiahnutí medziprstnej kožnej riasy medzi 3.-4. a 4.-5. prstom.

1.5 Zmeny v motorickom chovaní

Bolestivá interpretácia nocicepcie vedie k vedomej aj nevedomej zmene pohybového chovania. Pri vnímaní bolesti sa snaží človek šetriť segment pohybovej sústavy, ktorý bolesť vyvoláva, zaujíma úľavovú polohu a obmedzuje vedome všetku svoju činnosť. (Véle, 1997, s.79)

Adaptácia v oblasti motorického chovania býva prospešná len v období akútnej bolesti a má iba krátkodobé trvanie. Jej zlyhanie alebo nedostatočnosť v tejto fáze, rovnako ako aj pretrvávanie dlhšiu dobu, predstavuje riziko ďalšieho poškodzovania tkanív a nervového systému. Stratégie slúžiace k eliminácii bolestivého podnetu sú rôzne. Napríklad obranné reflexy, zníženie novej rýchlosti a sily pohybu, zmeny v svalovom napätí a svalovej aktivite s cieľom obmedzenia pohybu v bolestivom segmente alebo zmeny v distribúcii zaťaženia, ktoré vedú k odľahčeniu narušenej štruktúry a zníženiu bolesti. Niektoré mechanizmy sú koordinované z nižších úrovní CNS, iné komplexnejšie, vyžadujú plánovanie a vyššie spracovanie. (Hodges, 2011)

Pohyb trupu je všeobecne pre pacientov s vertebrogénnymi poruchami v porovnaní so zdravými jedincami namáhavejší a často zhoršuje bolesť. Ako potenciálne vysvetlenie tohto faktu sa javí napr. skutočnosť, že pohyb stimuluje nociceptory v bolestivej oblasti, alebo že je vďaka poškodeniu štruktúr v danej oblasti narušená propioceptívna informácia. Prípadne dôjde k zmene informácie vedenej do mozgu v priebehu vedenia, chybnéj interpretácie v mozgu a následne chybné zvolenej motorickej stratégii a zmenenému vzorcu chovania, možno aj vďaka strachu z bolesti alebo zranenia. Iné možné vysvetlenie, ktoré ale zatiaľ nebolo podložené, je neschopnosť mozgu integrovať aktuálne telesné schéma a prebiehajúci motorický proces. (Bray, Moseley, 2011)

1.5.1 Zmeny motorického riadenia

Skoršie štúdie uvádzali vysvetlenie poruchy, funkcie trupového svalstva a vertebrogénnych ťažkostí pacientov, hlavne v strate sily a vytrvalostnej schopnosti svalov v oblasti bedrovej chrbtice. V poslednej dobe sa však autori postupne prikláňajú k teórii poruchy riadiacich funkcií CNS. (Hodges, Mosely, 2003)

Lumbálna oblasť je rozsiahly a zložitý región, ktorý potrebuje pre správne fungovanie, stabilizáciu a pohyb veľmi presné a jemné riadenie a kontrolne mechanizmy.

Už Panjabi v 90. rokoch napísal, že svaly trupu musia mať síce dostatočnú silu a vytrvalosť, aby zaistili adekvátnu stabilizáciu chrbtice, ale vlastná činnosť svalového systému je závislá na vyššom centru riadenia – CNS. (Panjabi, 1992)

Ďalšie výskumy dokázali, že prítomnosť bolesti vedie k inhibícii alebo oneskoreniu aktivácie určitých svalov alebo svalových skupín a tým dôjde k narušeniu ich synergickej funkcie. To má za následok zmeny v nábore motorických jednotiek a aktivácií svalových vlákien počas funkčného pohybu. Prítomnosť tejto inhibície bola preukázaná hlavne v hlboko uložených svaloch, ktorých synergická funkcia je zodpovedná za kontrolu stabilizácie príslušných kĺbov. (Sterling et al., 2001)

Aktivácia trupových svalov predchádza akémukoľvek pohybu končatín, čím je zaistená stabilita trupu a pri následnom pôsobení reakčných síl vyvolaných pohybom končatín nedôjde k vychýleniu ťažiska a strate stability (feedforward-posturální anticipácie). K tomu je správna interpretácia aferentných signálov prichádzajúcich do mozgu z periférie a správne fungujúce riadiace mechanizmy CNS (feedback-senzorická spätná väzba).

Hodges a Richardson popísali u pacientov s bolesťami chrbtice zmeny v začiatku aktivácie hlbokých svalov a povrchových vrstiev trupových svalov, ktorých aktivita by mala predchádzať pohybu končatín. Najvýraznejšie zmeny vo feedforward aktivácií boli zaznamenané na m. transversus abdominis u pacientov s LBP sa tento sval zapájal s výrazným oneskorením. Oproti tomu u zdravých jedincov bez bolesti chrbtice kontrakcia m. transversus abdominis predchádzala aktivácií svalov vykonávajúcich pohyb končatín. Toto oneskorenie bolo sledované aj experimentálne po vstreknutí soľného roztoku do m. longissimus v oblasti L4, ale aj u jedincov, ktorí mali v anamnéze LBP, ale v súčasnej dobe nemali subjektívne žiadne bolesti.

Autori sa domnievajú, že tieto výsledky svedčia o poruche motorickej kontroly, ktorej dôsledkom je znížená schopnosť stabilizácie chrbtice. (Hodges, Richardson, 1996)

Ďalej bolo pozorované napr. zníženie tonickej aktivity m. transversus počas opakovaného pohybu končatín pri experimentálne indukovanej bolesti (Cresswell et al., 1992) alebo zmeny EMG aktivity m. rectus abdominis, u pac. s LBP pri úlohe vťahnúť brušnú stenu (O'Sullivan et al., 1998)

Hoci sú tieto zmeny v motorickom riadení väčšinou iniciované vznikom bolesti a poškodením tkaniva, nie je výnimkou, že pretrvávajú aj po odznení akútnej fázy, a tak vedú k chronizácii musculoskeletálnych problémov. (Sterling et al., 2001)

Na rozdiel od svalov končatín majú trupové svaly ešte ďalšie funkcie ako je stabilizácia a pohyb trupu. Porucha v ich riadení má dopad aj na respiračné, tráviace, urogenitálne a vyprázdňovacie funkcie. (Hodges, Gandevia, 2000)

1.5.2 Nábor svalov

Svalovú funkciu musíme chápať ako akési vyjadrenie funkcie CNS. V tejto súvislosti nepovažujeme za výkonný orgán motoriky sval, ale motorickú jednotku. Sval vnímame funkčne ako pokračovanie nervu, súčasť celého NS a nie ako izolovanú jednotku. (Kolář, 2009) Motorické jednotky sa líšia počtom svalových vlákien a druhom funkcie.

Aferentná signalizácia má pre realizáciu pohybu tak veľký význam, že bez nej nejde koordinovaný pohyb vôbec vykonať. Centrifugálnych dráh je podstatne viac ako centripetálnych, čo zodpovedá uvedenému predpokladu.

Motoneurón zásobujúci svalové vlákna je nielen zdrojom riadiacich procesov, ale tiež producentom látok, ktoré udržiavajú kontraktilné štruktúry svalových vlákien.

Ak je porušená funkcia jedného svalu, je len otázkou času, kedy sa celý reťazec oslabí alebo úplne vyradí z funkcie. Je známe, že najneskôr po 6 týždňoch od výpadku svalu sa vytvárajú náhradné motorické vzorce, ktoré podliehajú svojim vlastným zákonitostiam. Noxa sa stáva zároveň poškodením aj príčinou. Reakcie CNS je prispôsobenie sa (habituácia) náhradným vzorom a následné ukladanie vzorov do pamäti, ako je vidieť u lumbaga, kde náhradný pohybový vzor pretrváva aj po odstránení príčiny.

Svalstvo svojím spôsobom predstavuje tú časť hybného systému, do ktorej sa nejakým spôsobom všetky poruchy hybnosti /ak už centrálné alebo periférne/ premietajú. (Janda, 1974) Kortikálna časť hybného systému, ako fylogeneticky najmladšia časť predstavuje najfragilnejšiu časť motorického systému. Funkciu svalstva nemôžeme chápať len podľa mechanických zákonov, jej výsledkom je síce mechanický pohyb, ale funkciu nejde odvodiť len podľa začiatku, úponu a priebehu svalových vlákien alebo veľkosti svalu. Je treba poznať akým závislostiam riadenia jednotlivý sval podlieha v rámci zložitých reflexných pohybových mechanizmov a vzťahov. Aktivácia svalov počas pohybu (hlavne jej stupeň) je veľmi často individuálne rozdielna a záleží na tom, ako si jednotliviec individuálne svoje motorické stereotypy vypracoval.

1.5.3 Aktivita svalov počas patologickej situácie

Mnoho informácií získame pozorovaním paravertebrálneho svalstva. Pravá a ľavá strana by mala byť za ideálnych podmienok plne symetrická. Potom porovnávame lumbosakrálny a thorakolumbálny úsek chrbtice. Fyziologicky by mal byť lumbosakrálny úsek výraznejší, t.j. jeho bruško viac prominuje. Ak je thorakolumbálny segment výraznejší, až hypertrofický a lumbosakrálny segment dokonca oploštený, je to neklamnou známkou toho, že lumbosakrálny prechod je nedostatočne fixovaný a že pacient si navykol na stereotyp, v ktorom fixuje trup až v stredných úsekoch hrudnej chrbtice. Je to predpokladom nefyziologicky zvýšených nárokov na L/S prechod chrbtice so vznikom nestabilného kríža. (Janda, 1984) Porucha adaptácie a vznik konfliktných situácií môže vyústiť v neurotický stav. A tak sa opäť uzatvára jeden *circulus vitiosus*: na insuficientnom teréne s neschopnosťou vypracovať presné motorické stereotypy vznikne neurotický syndróm, ktorý zase sám o sebe je faktorom, ktorý zhoršuje vypracovanie kvalitných dynamických stereotypov.

Z mnohých klinických a experimentálnych prác vyplýva, že niektoré svaly majú predilekčnú schopnosť k útlmovej aktivite a iné zas k zvýšenej aktivite. Odchýlky funkčného stavu svalov nie sú náhodné, ale považujeme ich naopak za zákonité. To nám umožňuje predvídať ich vývoj a zasiahnuť kým ešte nevznikol zreteľný patologický obraz.

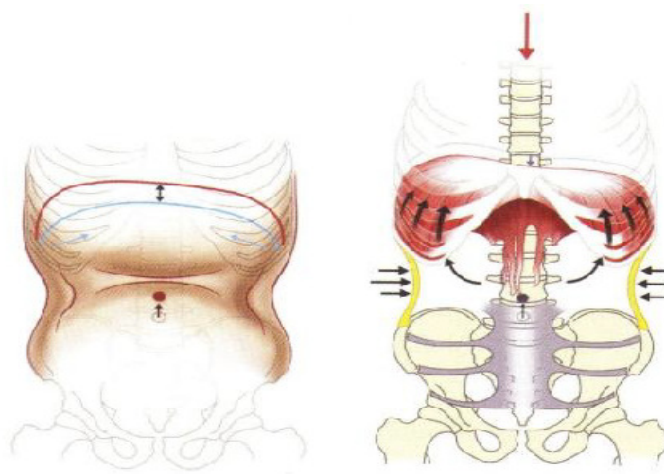
Prvé systematické usporiadanie tejto dysbalančnej predispozície vykonal V. Janda. Rozloženie porúch svalového napätia je natoľko charakteristické, že hovoríme o syndrómoch – horný a dolný skrížený syndróm a vrstvový syndróm.

1.5.4 Dolný skrížený syndróm

Pre tento syndróm je typické skrátenie flexorov bedrových kĺbov a vzpriamovačov trupu v lumbosakrálnych segmentoch. Pozorujeme útlm sedacích a brušných svalov. Dochádza k preťaženiu lumbosakrálnych segmentov najmenej v dvoch smeroch, ventrodorzálnom a laterálnom. Danowski a Wratney dokázali, že v puberte u dievčat dochádza k prechodnému, niekoľko rokov trvajúcemu, výraznému zníženiu svalového tonusu a sily gluteálnych svalov. U chlapcov sú tieto zmeny menej zrejme, avšak tiež dokázateľné. Oslabenie panvového svalstva je nepochybne následkom hormonálnych vplyvov. Podľa autorov sa svalová sila a tonus do troch rokov upraví. Antikoncepčné preparáty vyvolávajú hormonálne zmeny podobné tehotenstvu. Tri roky sú dostatočne dlhá doba, aby sa pohybové stereotypy v oblasti panvy a bedrových kĺbov prebudovali a zafixovali. Vytvorí sa tak terén, ktorý priamo inklinuje k vzniku bolestivých vertebrogénnych syndrémov.

1.5.5 Vrstvový syndróm

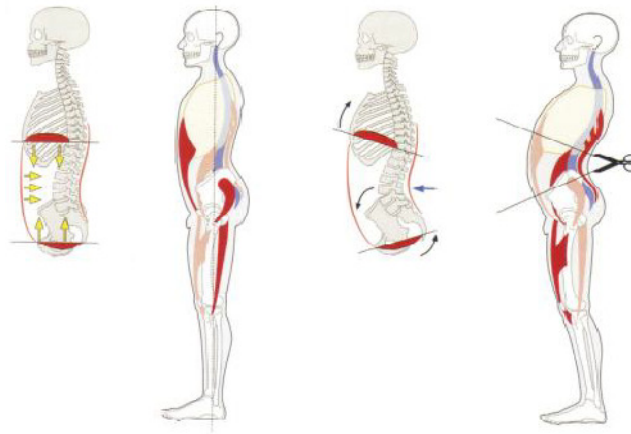
Ide o striedanie svalovej hypertónie a hypotónie. Na dorzálnej strane sa striedajú vo vrstvách hypertrofické a hypertonické ischiokrurálne svaly, ďalej hypotrofické gluteálne svaly a lumbosakrálny segment vzpriamovačov trupu, nasleduje vrstva hypertrofických vzpriamovačov trupu v oblasti Th/L prechodu, potom vrstva oslabených medzilopatkových svalov a hypertrofická horná časť m. trapezius. Na prednej strane ďalej vidíme skrútenie flexorov bedrových kĺbov, oslabenie dolnej časti brušných svalov, skrútenie prsných svalov a kývačov hlavy.



Obrázok č. 2 Inverzná funkcia bránice (syndróm presýpacích hodín) (Kolář, 2009, s. 143).

Novšie sa do klinickej praxe postupne zavádzajú termíny ako syndróm presýpacích hodín a syndróm roztvorených nožníc. Za patologické situácie pozorujeme pri spevnení trupu náhradné posturálne vzory. Typickým prejavom insuficiencie stabilizačného systému je náhradný dychový vzor, pri ktorom dochádza k neprimeranému zapojeniu pomocných dýchacích svalov. Hrudník sa vyznačuje obmedzenou dynamikou a je v nádychovom postavení, ktoré spôsobujú predovšetkým prsné a skalenové svaly. Nachádzame oploštené medzirebrové priestory medzi 5. až 10. rebrom. Pri nádychovom postavení hrudníka sa bránica dostáva do vertikálnej polohy, tým dochádza k väčšej aktivite dorzálnej časti a nedostatočnej aktivite kostálnej a sternálnej časti. Niekedy pozorujeme až inverznú funkciu bránice. Nevyvážená aktivita brušných svalov sa prejaví brušnou diastázou, nedostatočnou aktivitou dorzolaterálnej a dolnej časti a konkavitami v oblasti slabín. Na chrbte pozorujeme hyperaktivitu paravertebrálneho svalstva v oblasti Th/L prechodu. Za tejto patologické

situácie dochádza pri spevnení trupu k rozpojeniu panvy a hrudníku, tým k nárastu vnútorných síl pôsobiacich v oblasti lumbosakrálneho prechodu. Chybný nábor svalov pri stabilizácii je fixovanou funkciou, ktorá je automaticky zapojená do všetkých pohybov, ktoré jedinec vykonáva.



Obrázok č. 3 vľavo fyziologická situácia, vpravo syndróm roztvorených nožníc (Kolář, 2009, s. 45)

1.5.6 Zmeny na úrovni mozgovej kôry

U pacientov s chronickou bolesťou chrbta boli v porovnaní so zdravými jedincami zistené zmeny na neurochemickej úrovni v dorzolaterálnej oblasti prefrontálnej kôry, frontálnej kôre, thalame a v prednej časti cingula. (Wand et al., 2011; Sidall et al. 2006) Rozsah týchto zmien sa zvyšuje priamoúmerne jednak s dĺžkou trvania a intenzitou bolesti, ale je ovplyvnený aj pocitom úzkosti a mierou depresívneho ladenia pacientov. (Grachev et al., 2003) Grachev podobné zmeny pozoroval aj u niektorých neurodegeneratívnych ochorení.

Porovnaním objemu šedej a bielej hmoty mozgu boli zistené štrukturálne zmeny v niektorých špecifických oblastiach. Autori popisujú úbytok šedej hmoty v dorzolaterálnej časti prefrontálnej kôry, thalame, mozgovom kmeni, somatosenzorickej kôre a zadnej časti parietálneho kortexu u jedincov trpiacich bolesťou. (Wand et al., 2011)

Najrýchlejšie a najvýraznejšie zmeny však prebiehajú na funkčnej úrovni mozgovej kôry. Donedávna bola neuroplasticita spojená s vývojom jedinca v prvých rokoch života. Dnes už vieme, že aj dospelý mozog je schopný významných zmien v zmysle neuroplasticity CNS. Funkčná reorganizácia senzorickej a motorickej arey bola popísaná u neuropatickej aj muskuloskeletálnej bolesti. Tieto funkčne anatomické zmeny CNS potom ovplyvňujú bolestivé aj nebolestivé aferentné signály prichádzajúce do somatosenzorického systému,

rovnako tak ako motorické eferentné výstupy. Ku kortikálnej reorganizácii môže dôjsť jednak pri zvýšenej stimulácii, tak aj následkom deaferentácie. (Flor, 2003) Väčšina rehabilitačných metód využíva stimuláciu rôznych receptorov, čím ovplyvňuje tok aferentných vstupov, takže sa plasticity priamo dotýkajú. Fyzioterapeut nepracuje len so štruktúrou, ale ovplyvňuje predovšetkým funkcie. Stimuláciou týchto funkcií potom dochádza spätne k ovplyvneniu štruktúr a to hlavne v CNS.

1.6 Zmeny senzorických funkcií

Ďalším dôležitým faktorom, ktorý ovplyvňuje riadenie motoriky je senzorický systém. Neadekvátny aferentný vstup má vplyv na všetky úrovne motorického riadenia od jednoduchej reflexnej odpovede až po komplexné pohybové stereotypy. (Taimela et al., 1999) V literatúre boli u pacientov s bolesťou chrbtice popísané poruchy propiocepcie (Gill, Callaghan, 1998), poruchy taktilného vnímania a grafestézie v oblasti chrbtice (Wand et al. 2010), poruchy telesnej schémy (Moseley, 2008) a ďalšie.

Význam senzorických funkcií potvrdzuje aj fakt, že nervový systém obsahuje niekoľkonásobne viac centripetálnych vlákien ako centrifugálnych. Spätaná väzba dáva aktuálne informácie o prebiehajúcich dejoch. Bez spätnej väzby v niekoľkých etážach riadenia nie je možný jemný pohyb. Akákoľvek zmena senzorickej informácie prichádzajúcej z periférie naruší riadiace funkcie a prejaví sa v motorike. (Hodges, Moseley, 2003)

1.6.1 Zmeny propiocepcie

Proprioceptory sú senzory umožňujúce detekovať vzájomnú polohu a pohyby jednotlivých častí tela. Patria sem: Ruffinihoformné a Pacinihoformné telieska v kĺbových puzdrách a väzoch, svalové vretienka a Golgiho šľachové telieska a Ruffinihoformné telieska v kóriu. Hlavnú úlohu budú mať svalové vretienka uložené v extenzoroch bedrovej chrbtice a brušných svaloch.

Pri poranení štruktúr v dolnej časti chrbtice, hernii disku alebo podstupenej operácii je príčina tejto dysfunkcie pripísaná poškodeným proprioceptorom v danej oblasti. (Parkhurst, Burnett 1994; Gill, Callegan, 1998) Následne dochádza k uprednostňovaniu funkcie mechanoceptorov a nociceptorov pred proprioceptormi, ktoré tak neposkytujú adekvátne informácie o polohe a pohybe jednotlivých segmentov chrbtice. (Nevcomer et Al.,2000)

Poruchy propiocepce sa však objavujú aj bez prítomnosti degeneratívneho, či akéhokoľvek iného poškodenia štruktúr pohybového aparátu. (Sterling et al., 2001). Príčinu tejto poruchy môžeme hľadať v reflexných zmenách a autonómnej inervácii svalových proprioceptorov. Signály zo svalového vretienka sa podieľajú na rôznych telesných funkciách, ako sú miechové a supraspinálne reflexy, kontrola a koordinácia pohybu, vnímanie polohy a pohybu tela. Zmeny v aktivite svalového vretienka vyvolané sympatikom sprostredkovávajú spolu s γ -motoneurónmi nastavenie dráždivosti α -motoneurónov, čo ovplyvní svalový tonus. Zmeny v tonuse sympatiku budú mať pravdepodobne za následok motorickú a propioceptívnu dysfunkciu.

1.6.2 Zmeny kožnej citlivosti

Kožná citlivosť predstavuje dôležitú súčasť aferentného setu, ktorý CNS vyhodnocuje a odpovedá na motorickými prejavmi a zmenami vo funkcií pohybového aparátu. U pacientov s bolesťami býva taktilné vnímanie porušené v zmysle zníženého vnímania taktilného podnetu alebo mislokalizácie. Hodnotenie poruchy vnímania kožnej citlivosti sa obvykle vyšetruje pomocou dvojbodovej diskriminácie alebo grafestezie. (Lotze, Moseley, 2007) Významnú úlohu tu hrá tiež sympatikus, ktorého stimulácia ovplyvňuje pálenie kožných aferencií.

1.6.3 Nocicepcia, bolesť a autonómny nervový systém

Nociceptory sú voľné nervové zakončenia uložené v koži, svaloch a kĺboch. Rozoznávame tri druhy nociceptorov: mechanoceptory, termoceptory a polymónadne nociceptory. Vedenie informácie z nociceptorov sprostredkované nemyelinizovanými vláknami C alebo slabo myelinizovanými vláknami A δ . Každá bolesť je sprevádzaná vegetatívnymi zmenami – zmenou mobility, prekrvenia, senzitivity a sudomotoriky.

Poruchy v spracovaní nocicepcie sa manifestujú vyššou náchylnosťou k chronickým ťažkostiam a sú jednou z hlavných príčin zlyhania adaptačných mechanizmov. Existuje mnoho spôsobov, ktorými môže funkčná reorganizácia mozgu produkovať pretrvávajúcu bolesť pri absencii významnej periférnej patológie. Jedným z nich je zníženie inhibície bolesti. Ďalším predpokladom je reaktivácia pamäťových stôp bolesti alebo centrálne produkovaná bolesť na základe senzorickej nejednotnosti pri pohybe.

1.7 Porucha psychiky

Vplyvom stresovej záťaže môže dôjsť k dekompenzácií klinicky asymptomatickej hernie disku, pravdepodobne vplyvom vegetatívnych reflexov a hormonálnej aktivity. Zároveň tento stav negatívne ovplyvňuje naštartovanie reparačných mechanizmov organizmu a tým dochádza k predlžovaniu liečby. Sťažuje spoluprácu s pacientom a jeho motiváciu k aktívnej účasti na liečbe. Pacienti pod vplyvom stresovej záťaže reagujú neadekvátne jednak na bolestivý vnem počas klinického vyšetrenia, ale aj na poskytované informácie o ochorení.

2 Ciele a hypotézy

Po preštudovaní literatúry boli na základe poznatkov zhrnutých v teoretickej časti stanovené ciele a hypotézy.

Cieľom nášho výskumu bolo zistiť, aké sú stranové rozdiely priemernej aktivity svalov trupu a dolných končatín u jedincov s ľavostrannou herniou medzistavcovej platničky (ľavostranným koreňovým syndrómom) v porovnaní so zdravými jedincami a následne zistiť, či sa namerané hodnoty u týchto dvoch súborov nejakým spôsobom významne odlišujú.

V ďalšej časti výskumu sme si dali za cieľ zistiť, ako sa líši postupnosť (timing) svalov trupu a dolných končatín u jedincov s herniou a zdravých jedincov.

V tretej časti sme sa snažili zistiť, aké sú stranové rozdiely v aktivite svalov v % medzi svalmi na pravej s ľavej polovici tela a následne tieto rozdiely porovnať medzi oboma skupinami.

Hypotézy

H 1

Predpokladáme, že u skupiny osôb s herniou budú štatisticky významné rozdiely v porovnaní EMG aktivity svalov na pravej a ľavej strane.

H 2

Predpokladáme, že skupina osôb s herniou bude v porovnaní so skupinou zdravých vykazovať štatisticky významné rozdiely v porovnaní EMG aktivity vybraných svalov.

H 3

Predpokladáme, že skupina osôb s herniou bude v porovnaní so skupinou zdravých vykazovať štatisticky významné rozdiely v timingu vybraných svalov.

H 4

Predpokladáme, že u skupiny osôb s herniou bude väčšia asymetria v aktivite svalov pravej a ľavej strany ako u skupiny bez hernie.

H 5

Aktivita šikmých brušných svalov bude predchádzať aktivitu extenzorov chrbtice v oblasti Th/L prechodu.

3 Metodika

3.1 Charakteristika vyšetrovaného súboru

Pre účely tejto diplomovej práce bolo pomocou elektromyografie vyšetrených 16 probandov, z toho 8 žien a 8 mužov. Vekový rozptyl sa pohyboval medzi 23 až 55 rokmi. Priemerný vek bol 28 +/-3 roky. Probandi boli oboznámení s priebehom merania a súhlasili s použitím osobných údajov pre účely tejto práce.

Meranie prebiehalo na dvoch rozdielnych súboroch. Jeden súbor predstavovali probandi, s koreňovým syndrómom na podklade hernie platničky v rovni L4/L5 alebo L5/S1 preukázanou pomocou MRI. Druhý súbor predstavovala kontrolná skupina, ktorá nevykazovala žiadne klinické symptómy spojené s herniou platničky.

Z celkového počtu 16 probandov tvorilo kontrolnú skupinu 6 probandov. Zaradení do tohto súboru mohli byť len probandi, ktorí v anamnéze neudávali žiadne symptómy spojené s vertebrogénnymi ochoreniami, nemali diagnostikovanú skoliózu, mali intaktné bedrové, kolenné a členkové kĺby a nepodstúpili nijakú ťažkú operáciu. Aktuálne problémy s pohybovým aparátom neudával ani jeden zo 6 probandov.

Druhý súbor predstavovala skupinu 10 probandov, ktorí trpia chronickými bolesťami chrbtice. V rámci terapie podstúpili fyzioterapiu, fyzikálnu terapiu a farmakoterapiu. Žiadny z probandov nepodstúpil operáciu chrbtice ani inú vážnu operáciu. Stranovo neboli významné odchýlky v dĺžke DKK, nebola diagnostikovaná skolióza, ani iné deformity chrbtice, či dolných končatín. Aktuálne problémy s bedrovou chrbticou udávalo 10 probandov z desiatich.

3.2 Priebek merania

Meranie prebiehalo vo funkčnej vyšetrovni na Klinike rehabilitácie a telovýchovného lekárstva 2. LF UK v Motole.

Pre meranie elektromyografickej aktivity sme vybrali 6 nasledujúcich svalov na pravej a ľavej strane:

m. obliquus externus abdominis l. dx. et l.sin.

m. erector spine Th/L l. dx. et l.sin.

m. gluteus maximus l. dx. et l.sin.

m. biceps femoris l. dx. et l.sin.

mm. semitendinosus/semimebranosus l. dx. et l.sin.

mm. adductores l. dx. et l.sin.

Miesto uloženia elektród bolo určené na základe izometrickej aktivity svalov a palpačného vyšetrenia. Pokožka bola v mieste nalepenia elektród zbavená ochlpenia, očistená abrazívnou pastou, omytá vodou a vysušená. K zachyteniu signálu bol použitý 16 kanálový polyelektromyograf Myosystem 1400A firmy Noraxon s EKG elektródami od firmy Tyco-Kendall s Ag/AgCl povrchom o veľkosti 48x43 mm. Na každý sval boli nalepené dve elektródy paralelne s priebehom svalových vlákien, ktoré boli zastrihnuté, tak aby vzdialenosť stredov medzi dvoma elektródami neprekročila 2 cm. Zemniaca elektróda bola uložená nad pravou spina ilica anterior superior. Následne boli k elektródam pripojené príslušné zvody, ktoré boli páskou prichytené na telo. Na záver bolo správne zapojenie overené aktivitou jednotlivých svalov.

3.3 Popis vybraných pohybových stereotypov

Pre naše meranie sme vybrali tieto dynamické testy: extenzia trupu, test extenzie v bedrovom kĺbe, medveď, náklon trupu na štyroch a hlboký drep. (príloha č. 1)

Poradie pri meraní bolo dodržané rovnako u každej osoby. Probandi boli pred každým testom inštruovaní o priebehu testu, vyskúšali si ho raz skúšobne a potom test vykonali päť krát za sebou na zvukový signál. Pohyb bol zaznamenaný pomocou EMG.

Extenzia trupu

Proband leží na bruchu so špičkami mimo lehátka, ruky má voľne vedľa seba. Na signál nadvihne hlavu nad podložku a pokračuje do miernej extenzie trupu, kde pohyb zastaví a pomaly pokladá trup a hlavu späť na lehátko.

Test extenzie v bedrovom kĺbe

Východzia poloha ako pri extenzii trupu. Proband na signál nadvihne ľavú dolnú končatinu nad lehátko. Pohyb sa snaží vykonať len v bedrovom kĺbe, bez pohybu chrbtice a panvy.

Náklon trupu na štyroch

Proband je na lehátku na štyroch s kolenami položenými na šírku panvy, v bedrových kĺboch má 90°. Horné končatiny sú na šírku ramien a opierajú sa o otvorené dlane. Na signál sa plynule nakloní trupom nad opreté dlane a vráti sa späť do základnej polohy.

Medveď

Východzia poloha je na štyroch. V bedrových kĺboch je 90° flexia, mierna abdukcia a vonkajšia rotácia, chodidlá sú od seba na šírku panvy, v dorzálnnej flexii opreté o prednú časť.

Horné končatiny sú na šírku ramien opreté o otvorené dlane. Na signál proband nadvihne kolená nad podložku a pomaly vráti späť.

Hlboký drep

Proband sa postaví na šírku ramien, pred sebou má lehátko, o ktoré sa môže v prípade nestability pridržať. Na signál pomaly vykoná hlboký drep, tak aby kolená ani ramená nepresiahli pomyselnú hranicu prednej časti chodidiel.

3.4 Spracovanie výsledkov merania

3.4.1 Úprava EMG signálu

K vyhodnoteniu nameraných dát z elektromyografu bol použitý softvér MyoResearch XP Master Edition 1.08.. Prvým krokom bola vizuálna kontrola kvality záznamu, aby sme odstránili prípadne vzniknuté artefakty, ktoré by mohli ovplyvniť výsledné hodnoty nameraných dát. U trupových svalov (m. obliquus externus abdominis l. dx. et sin. a chrbtové svaly v oblasti Th/L prechodu) bola vykonaná redukcia EKG signálu, pomocou funkcie „ECG reduktion“. Druhým krokom bola úprava pomocou full wave rectification, tj. prevedenie hodnôt signálu do hodnôt absolútnych, čím prejde k presunu hodnôt pod bazálnou líniou do pozitívnej fázy (Rodová, 2001, Hamill 2009). V treťom kroku sme signál spracovali pomocou funkcie smoothing, ktorá slúži k utlmeniu vysokofrekvenčných odchýliek signálu (vzniknutých superpozíciou MUAP). Pre smoothing bol u všetkých probandov použitý algoritmus vyhladenia pomocou strednej kvadratickej hodnoty (RMS) s posuvným oknom 50 ms.

3.4.2 Vyhodnotenie EMG signálu

U takto upravených dát boli nastavené markery, ktoré slúžili k ohraničeniu hodnoteného úseku krivky. Ich umiestnenie bolo rovnaké v prípade oboch analýz Average activation a Standart Timing analysis.

Pre získanie priemernej strednej hodnoty aktivity svalu meraného úseku v mikrovoltoch bola použitá Average activation. U každého svalu bola získaná priemerná aktivita z 5 meraných úsekov, hodnoty boli zapísané do tabuľky a boli zistené stranové rozdiely v aktivite daného svalu v uV a v percentách.

V prípade „Standart Timing analysis“ bol spracovaný pomocou markerov rovnaký úsek krivky. Z uvedených hodnôt v mikrosekundách bol stanovený priemerný časový údaj z 5 meraní a podľa výsledkov bolo stanovené poradie aktivity svalov u každého skúmaného pohybu. Zistené poradie aktivity jednotlivých svalov bolo zaznamenané do tabuliek v programe Microsoft Office Excel.

3.4.3 Štatistické spracovanie dát

Hodnoty získané vyhodnotením EMG signálu boli pomocou softvéru MyoResearch XP Master Edition 1.08 exportované do programu Microsoft Office Excel k ďalšiemu spracovaniu. Pre štatistické účely boli vybrané priemerné hodnoty svalovej aktivity pre daný sval počas jednotlivých pohybových stereotypov. Pre získanie normalizovanej podoby dát boli tieto hodnoty vzťahované k priemernej kľudovej aktivite nameranej v ľahu na bruchu.

Pre štatistické spracovanie bol použitý program Microsoft Office Excel 2007 s doplnkom aplikácie Analytické nástroje. Normalizované hodnoty boli podrobené testom pre ozrejmenie normálneho (gasussovského) rozloženia pomocou funkcie šikmost' a špicatosť. Pre odhalenie štatistickej významnosti medzi jednotlivými svalmi bol použitý dvojvýberový párový t-test. K porovnaniu timingu bol použitý taktiež párový t-test. Pri porovnaní medzi kontrolnou skupinou a skupinou s herniou disku bol použitý dvojvýberový nepárový t-test. K rozhodnutiu, či zvoliť t-test s rovnosťou alebo nerovnosťou rozptylu bolo použité testovanie pomocou f-testu.

Všetky stanovené hypotézy boli testované na hladine významnosti 95 percent. Minimálna hranica štatistickej významnosti musela spĺňať podmienku, že hodnota p je menšia ako 0,05.

4 VÝSLEDKY

Výsledky získané z anamnézy a kineziologického rozboru

Spracovaním údajov z anamnézy boli zistené nasledujúce údaje. V 8 prípadoch mali probandi niekoľkoročné bolesti v dolnej časti chrbtice, 2 mali problémy menej ako rok, hernia medzistavcovej platničky bola u všetkých probandov potvrdená magnetickou rezonanciou. Pacienti v rámci terapie podstúpili fyzioterapiu, fyzikálnu terapiu, infúziu terapiu, analgetiká, bedrový pás, žiadny z probandov nepodstúpil operáciu chrbtice ani DKK, stranovo neboli významné odchýlky v dĺžke DKK, a u žiadneho nebola zistená skolióza a ani iné deformity chrbtice a dolných končatín.

4.1 Hypotéza č. 1

Prvá hypotéza znela: Skupina osôb s herniou bude vykazovať štatisticky významné rozdiely v porovnaní EMG aktivity svalov medzi pravou a ľavou stranou.

Pri porovnaní EMG aktivity svalov u skupiny s herniou počas testov sa naše predpoklady potvrdili v 13 prípadoch. Potvrdil sa náš predpoklad, že pri dráždení nervových koreňov dochádza k hyperaktivite ischiokrurálnych svalov na strane hernie (semisvaly $p = 0,026$). Ako najcitlivejší sa z testov javí test extenzie trupu, čiastočne potom test náklonu trupu na štyroch, kde sme nemerali hodnoty blízke štatistickej významnosti.

Nehodnotili sme testy extenzie v bedrovom kĺbe, pretože ide o jednostrannú aktivitu, čo znemožňuje porovnanie pravej a ľavej strany.

Ďalej sme namerali štatisticky významné hodnoty aktivity adduktorov počas medveďa a hlbokého drepu ($p = 0,019$; $p = 0,006$)

Na základe získaných výsledkov môžeme hypotézu č. 1 len čiastočne potvrdiť, pretože sme očakávali vedľa zmien v aktivite ischiokrurálnych svalov aj zmeny v aktivite extenzorov chrbta a gluteálnych svaloch. Všetky hodnoty štatistickej významnosti sú uvedené v Tabuľke 1

Tabuľka 1 Hodnoty štatistickej významnosti (hodnota p) pre porovnanie pravej a ľavej strany pacientov s herniou

	ext. trupu	ext. LDK	ext. PDK	náklon	medveď	Hlboký drep
m. obliquus ext. abd sin. et dx.	0,77392	0,33584	0,83144	0,69117	0,36947	0,63706
m. erector trunci Th/L sin. et dx.	0,13084	0,01158	0,07065	0,35742	0,20179	0,71307
m. glut. maximus sin. et dx.	0,15101	0,0093	0,01163	0,52381	0,89772	0,15075
m. biceps femoris sin. et dx.	0,073751	0,002916	0,002542	0,076783	0,85937	0,88801
Semisvaly sin. et dx.	0,02632	0,00548	0,00043	0,09356	0,22164	0,5348
mm. aductores sin. et dx.	0,21455	0,12135	0,05654	0,10206	0,01961	0,00668

(Tmavo vyznačené štatisticky významné hodnoty)

4.2 Hypotéza č. 2

Druhá hypotéza znela: Skupina osôb s herniou v porovnaní so skupinou zdravých, bude vykazovať štatisticky významné rozdiely v aktivite vybraných svalov.

Pri porovnaní EMG aktivity svalov medzi pacientami s herniou a kontrolnou skupinou počas dynamických testov bola zaznamenaný štatisticky významný rozdiel v 8 prípadoch. Signifikantne väčšie odchýlky sme namerali na ľavej strane paravertebrálnych svaloch počas náklonu na štyroch, medveď a hlbokého drepu ($p = 0,049$; $p = 0,007$; $p = 0,056$). Čím potvrdzujeme predpoklad vyššej dráždivosti extenzorov trupu v oblasti Th/L prechodu na strane hernie. Ďalšie štatisticky významné hodnoty nachádzame pri porovnaní ischiokrurálnych svalov (m. biceps femoris l. sin., $p = 0,032$; semisvaly l. dx., $p = 0,042$), počas testu extenzie v ľavom bedrovom kĺbe a šikmých brušných svalov (m. obliquus abdominis ext, l. sin., $p = 0,054$ a $p = 0,049$) počas testu extenzie LDK a medveďa. Všetky hodnoty štatistickej významnosti sú uvedené v Tabuľke 2

V siedmich prípadoch môžeme teda hypotézu č. 2 potvrdiť. Medzi EMG aktivitou zvyšných svalov pri porovnaní oboch skupín nie sme schopní potvrdiť našu hypotézu, štatisticky významné rozdiely nenachádzame (Tabuľka 2). Všetky hodnoty štatistickej významnosti sú uvedené v Tabuľke 2

Tabuľka 2 Hodnoty štatistickej významnosti (hodnota p) pre porovnanie oboch skupín

	extenzia trupu	extenzia LDK	extenzia PDK	náklon na štyroch	medved'	hlboký drep
m. obliquus abd. ext. l. sin.	0,169	0,054	0,727	0,612	0,407	0,182
m. obliquus abd. ext. l. dx.	0,135	0,413	0,349	0,470	0,049	0,418
ext. chrbta Th/L l. sin.	0,142	0,843	0,319	0,049	0,007	0,056
ext. chrbta Th/L l. dx.	0,383	0,222	0,398	0,323	0,946	0,987
m. glut. max. l. sin.	0,201	0,999	0,752	0,766	0,682	0,455
m. glut. max. l. dx.	0,125	0,078	0,355	0,104	0,728	0,153
m. biceps femoris l. sin.	0,088	0,032	0,231	0,254	0,352	0,476
m. biceps femoris l. dx.	0,166	0,506	0,077	0,330	0,485	0,717
semisvaly l. sin.	0,478	0,062	0,888	0,580	0,784	0,616
semisvaly l. dx.	0,971	0,042	0,071	0,273	0,062	0,965
mm. adductores l. sin	0,818	0,147	0,362	0,960	0,650	0,841
mm. adductores l. dx.	0,180	0,902	0,626	0,863	0,978	0,735

(Tmavo vyznačené štatisticky významné hodnoty)

4.3 Hypotéza č. 3

Tretia hypotéza znela: Skupina osôb s herniou v porovnaní so skupinou zdravých bude vykazovať štatisticky významné rozdiely v timingu vybraných svalov.

Pri porovnávaní timingu vybraných svalov boli zaznamenané štatisticky významné rozdiely medzi kontrolnou skupinou a pacientmi s herniou v 5 dynamických testoch (extenzia LDK, extenzia PDK, náklon na štyroch, medved', hlboký drep). Počas testu extenzie trupu sme nezaznamenali signifikantne významné odchýlky v timingu svalov medzi kontrolnou skupinou a pacientmi s herniou. Štatistické hodnoty na hladine významnosti 0,05 pacienti vykazovali v 22 prípadoch. Všetky hodnoty štatistickej významnosti sú uvedené v Prílohe 2

Poradie zapojenia testovaných svalov je uvedené v Tabuľke 3 a 4

Tabuľka 3 Medián poradia zapojenia všetkých vybraných svalov u skupiny s herniou a kontrolnou skupinou počas vybraných posturálnych testov.

	extenzia trupu		extenzia LDK		extenzia PDK	
	zdravý	chorý	zdravý	chorý	zdravý	chorý
m. obliquus abd. ext. l. sin.	6,5	8	3,5	6	3	8
m. obliquus abd. ext. l. dx.	8	9,5	5,5	9	6	10
ext. chrbta Th/L l.sin.	1,5	1,5	7	4,5	4	3
ext. chrbta Th/L l. dx.	2	2,5	3	3	5	4
m. glut. max. l. sin.	10	9,5	5	6	12	10
m. glut. max. l. dx.	10,5	9,5	12	10	7	5
m. biceps femoris l. sin.	4	2,5	2	1	10	11
m. biceps femoris l. dx.	4	5	11	10	1	1
semisvaly l. sin.	7	5	1	2	11	12
semisvaly l. dx..	5,5	6	10	12	2	2
mm. adductores l. sin	11	9	8,5	6,5	8,5	6
mm. adductores l. dx.	10	10,5	8	9	8	7

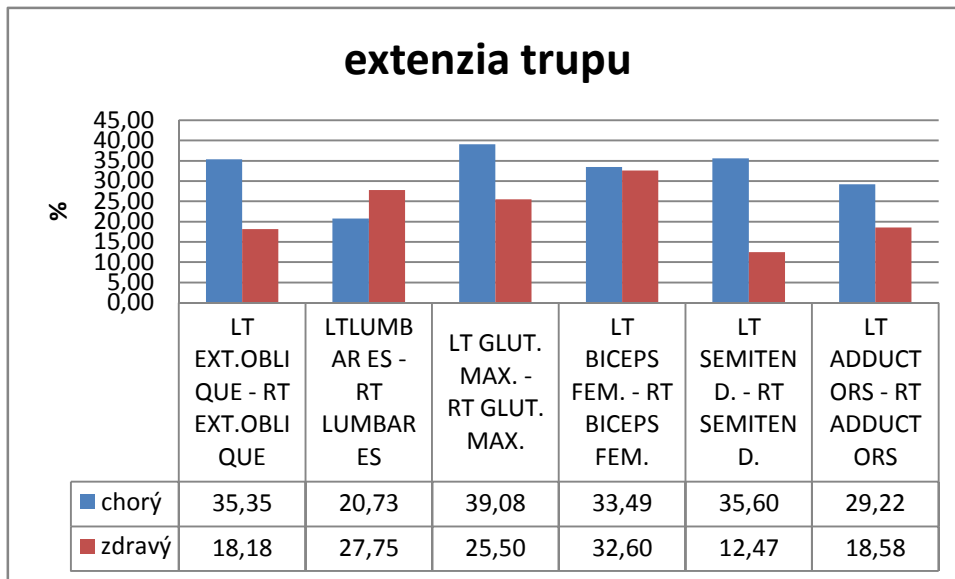
Tabuľka 4 Medián poradia zapojenia všetkých vybraných svalov u skupiny s herniou a kontrolnou skupinou počas vybraných posturálnych testov.

	náklon na štyroch		medved'		hlboký drep	
	zdravý	chorý	zdravý	chorý	zdravý	Chorý
m. obliquus abd. ext. l. sin.	1,5	4,5	1	2	9,5	7
m. obliquus abd. ext. l. dx.	1,5	2,5	3	1	9	9
ext. chrbta Th/L l.sin.	9	6,5	11	10	3	1
ext. chrbta Th/L l. dx.	10	5,5	8	9	2,5	4
m. glut. max. l. sin.	11	11	9,5	11,5	11,5	10,5
m. glut. max. l. dx.	12	12	9,5	12	11	9,5
m. biceps femoris l. sin.	7	4,5	2,5	7	4	9
m. biceps femoris l. dx.	8	4,5	4	3,5	6	10
semisvaly l. sin.	5	9,5	5	5,5	2,5	7
semisvaly l. dx..	6	9,5	6,5	4	5	6
mm. adductores l. sin	5	8,5	8,5	6,5	7,5	3
mm. adductores l. dx.	4,5	6,5	8	7	7	2

4.4 Hypotéza č. 4

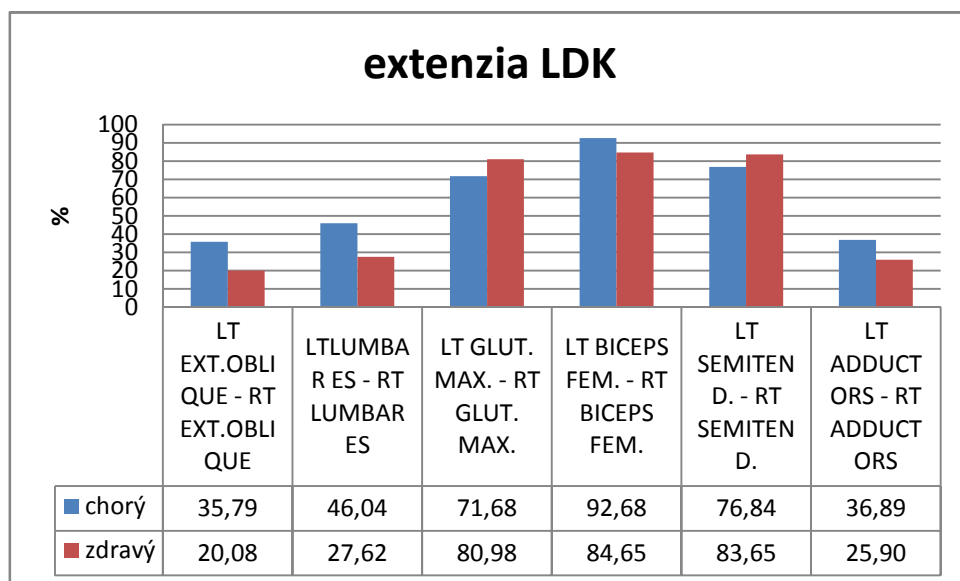
Štvrtá hypotéza znela: U skupiny osôb s herniou bude väčšia asymetria v aktivite svalov pravej a ľavej strany ako u skupiny bez hernie.

Počas extenzie trupu dochádza k výraznejším rozdielom v aktivite u šikmých brušných svalov, gluteálnych svalov a semisvalov u skupiny s herniou. (Graf 1)



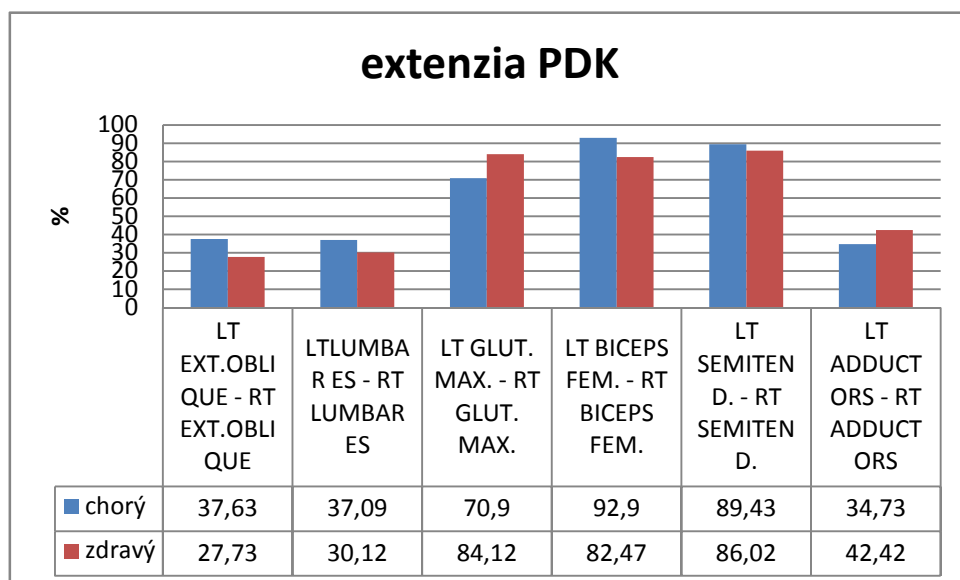
Graf 1 Porovnanie rozdielu svalovej aktivity ľavej a pravej strany tela medzi probandami s herniou disku a kontrolnou skupinou v (%) počas extenzie trupu

Počas extenzie LDK nebol výraznejší rozdiel v aktivite svalov medzi skupinou s herniou a kontrolnou skupinou. (Graf 2)



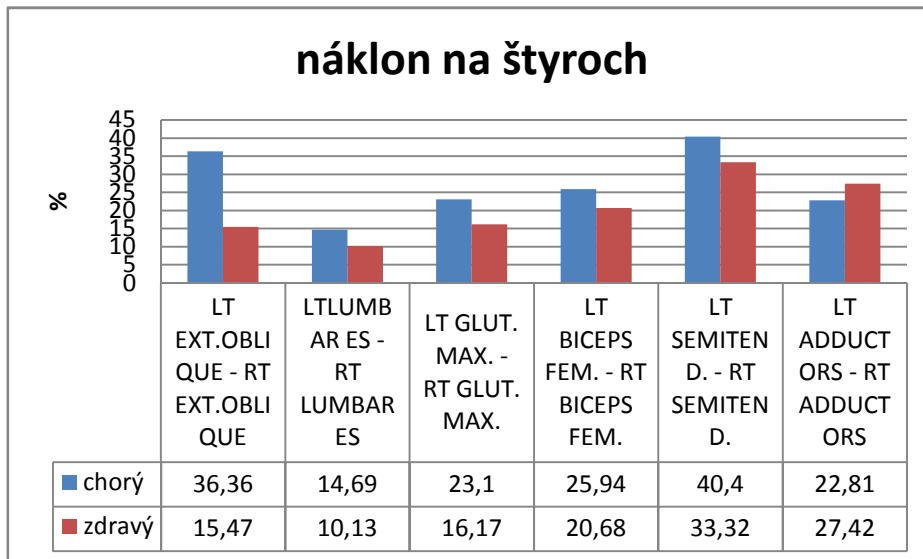
Graf 2 Porovnanie rozdielu svalovej aktivity ľavej a pravej strany tela medzi probandami s herniou disku a kontrolnou skupinou v (%) počas extenzie LDK

Počas extenzie PDK nebol výraznejší rozdiel v aktivite svalov medzi skupinou s herniou a kontrolnou skupinou. (Graf 3)



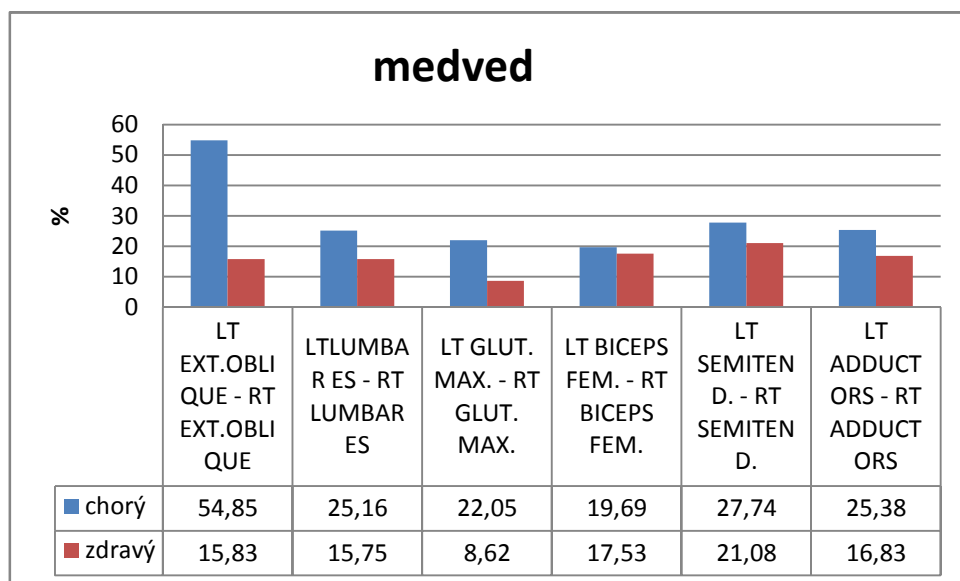
Graf 3 Porovnanie rozdielu svalovej aktivity ľavej a pravej strany tela medzi probandami s herniou disku a kontrolnou skupinou v (%) počas extenzie PDK

Počas náklonu na štyroch bola výraznejší asymetria v aktivite u šikmých brušných svalov. U zvyšných svalov nebol výraznejší rozdiel v aktivite medzi skupinou s herniou a kontrolnou skupinou. (Graf 4)



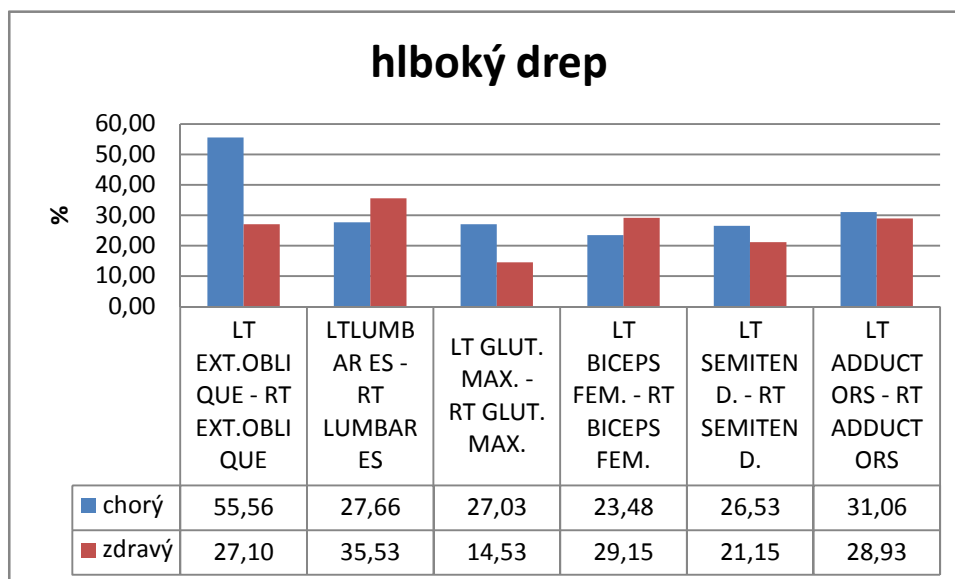
Graf 4 Porovnanie rozdielu svalovej aktivity ľavej a pravej strany tela medzi probandami s herniou disku a kontrolnou skupinou v (%) počas náklonu na štyroch

Počas prechodu zo štyroch do medveď bola výraznejší asymetria u šikmých brušných svalov a sedacích svalov. U zvyšných svalov nebol výraznejší rozdiel v asymetrií medzi skupinou s herniou a kontrolnou skupinou. (Graf 5)



Graf 5 Porovnanie rozdielu svalovej aktivity ľavej a pravej strany tela medzi probandami s herniou disku a kontrolnou skupinou v (%) prechodu zo štyroch do medveďa

Počas hlbokého drepu bola zaznamenaná výraznejšia asymetria u šikmých brušných svalov a gluteálnych svalov. U zvyšných svalov nebol výraznejší rozdiel v asymetrii medzi skupinou s herniou a kontrolnou skupinou. (Graf 6)



Graf 6 Porovnanie rozdielu svalovej aktivity ľavej a pravej strany tela medzi probandami s herniou disku a kontrolnou skupinou v (%) počas hlbokého drepu (squat)

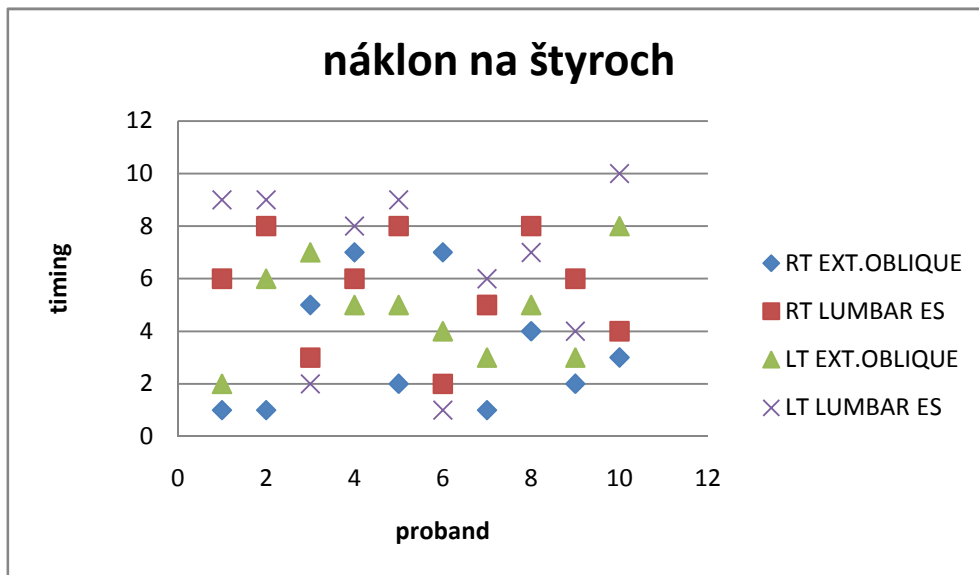
4.5 Hypotéza č. 5

Piata hypotéza znela: aktivita šikmých brušných svalov bude predchádzať aktivitu extenzorov chrbtice v oblasti Th/L prechodu.

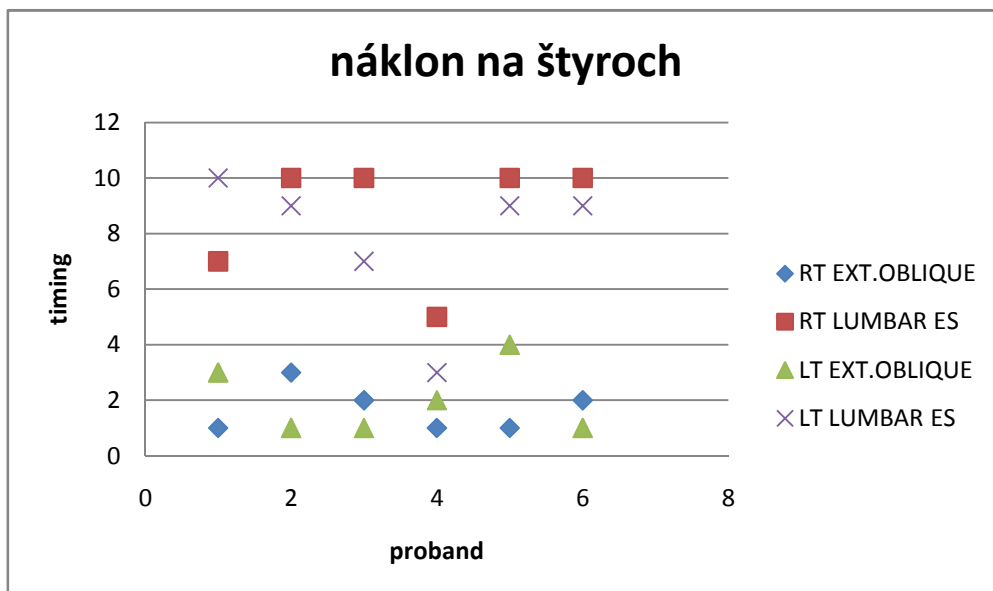
Z nameraných hodnôt môžeme túto hypotézu potvrdiť v prípade testu náklonu na štyroch a medveď. V týchto testoch predchádzala aktivita šikmých brušných svalov aktivitu svalov chrbta. V ostatných testoch (extenzia trupu, extenzia LDK, extenzia PDK, hlboký drep) sa objavila aktivita šikmých brušných svalov až po aktivite svalov chrbta. Poradie zapojenia brušných svalov a svalov chrbta je uvedené v Tabuľke 5. Grafické znázornenie na grafe 7 až 10, zvyšné grafy príloha

Tabuľka 5 Medián poradia zapojenia šikmých brušných svalov a extenzorov chrbta v oblasti Th/L prechodu počas vybraných posturálnych testov.

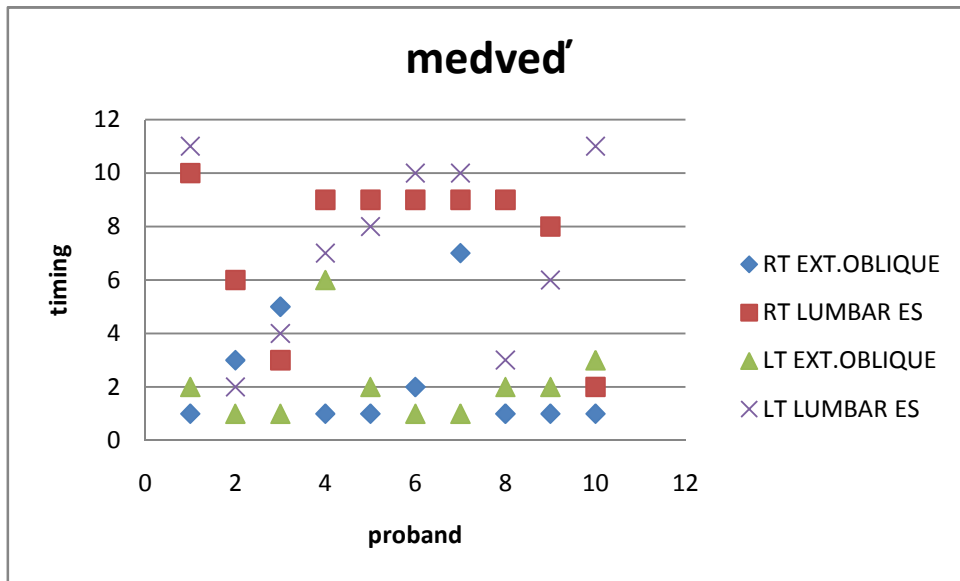
	m. obliquus. abd. ext. l sin	m. obliquus. abd. ext. l dx	ext. chrbta Th/L l. sin	ext. chrbta Th/L l. dx.
Extenzia trupu	8	9,5	1,5	2,5
Extenzia LDK	6,5	9	4	3
Extenzia PDK	7,5	10	3	4
Náklon na štyroch	5	2,5	7,5	6
medveď	2	1	10	9
Hlboký drep	6,5	8,5	1	4



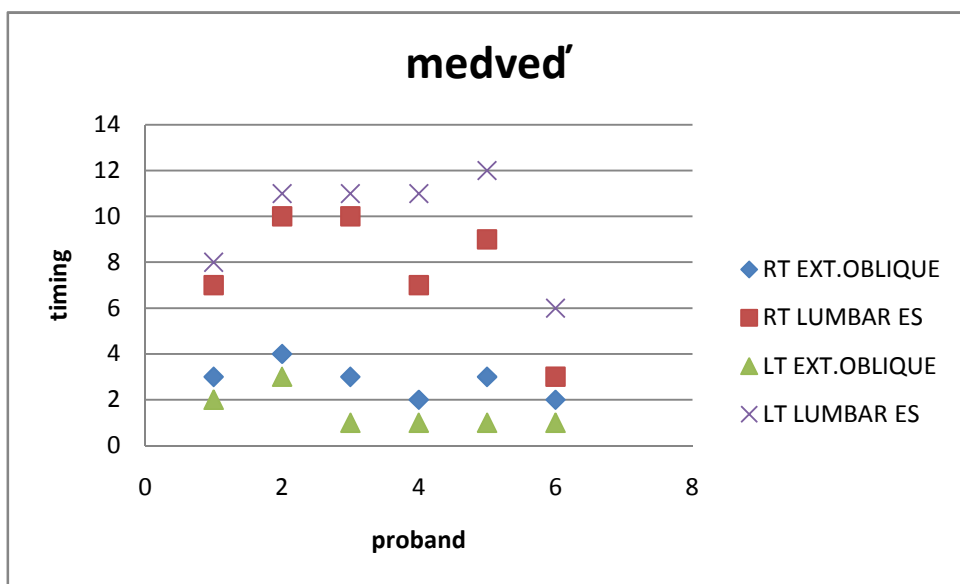
Graf 7 timing šikmých brušných svalov a svalov chrbta (pacienti s herniou)



Graf 8 timing šikmých brušných svalov a svalov chrbta (kontrolná skupina)



Graf 9 timing šikmých brušných svalov a svalov chrbta (pacienti s herniou)



Graf 10 timing šikmých brušných svalov a svalov chrbta (kontroln sákupina)

Na základe získaných hodnôt sme si dali za cieľ porovnať aktivitu šikmých brušných svalov u pacientov s herniou a kontrolnou skupinou. Zistili sme, že m. obliquus externus abdominis sa u zdravých jedincov zapája skôr v troch nami meraných testoch (extenzia LDK, extenzia PDK, náklon na štyroch) V zvyšných troch sme nezistili výraznejší rozdiel v aktivácii tohto svalu medzi oboma skupinami.

Tabuľka 6 Medián poradia zapojenia šikmých brušných svalov u skupiny s herniou a kontrolnou skupinou počas vybraných posturálnych testov.

	zdravý		chorý	
	m. obliquus. abd. ext. l sin.	m. obliquus. abd. ext. l dx.	m. obliquus. abd. ext. l sin.	m. obliquus. abd. ext. l dx.
Extenzia trupu	6,5	8,5	8	9,5
Extenzia LDK	3,5	5,5	6,5	9
Extenzia PDK	3	6	7,5	10
Náklon na štyroch	1,5	1,5	5	2,5
Medved'	1	3	2	1
Hlboký drep	9,5	9	6,5	8,5

5 Diskusia

5.1 Diskusia k teoretickej časti

Koncept stability chrbtice začal byť v literatúre popisovaný v 70. rokoch 20. storočia. V tejto dobe sa teoretizovalo o možnostiach, že poškodenie chrbtice a s ním súvisiace bolesti by mohli byť zapríčinené postupnou degeneráciou kĺbov a mäkkých tkanív, spôsobenou repetitívnymi mikrotraumami, vznikajúcimi na základe nedostatočnej kontroly spinálnych štruktúr. S postupným rozvojom tejto teórie sa objasnilo, že stabilita je dynamický proces, ktorý obsahuje zaistenie statických pozícií, ale aj kontrolovaný pohyb. (Barr et al., 2005)

Východzí model stability chrbtice, ktorý sa skladá z troch vzájomne závislých subsystémov (pasívny, aktívny, riadiaci) popísal Panjabi (1992). Svalová aktivita trupového svalstva predstavuje aktívnu časť, ktorá je riadená a kontrolovaná centrálnym nervovým systémom. Pasívnu časť predstavujú stavce, medzistavcové platničky a facetové kĺby, väzy a kĺbové puzdra. Panjabi považuje tieto tri komponenty za vzájomne na sebe závislé a schopné kompenzovať deficity jednotlivých zložiek medzi sebou. Nestabilita, tak môže byť výsledkom porušenia tkaniva, nedostatočnej svalovej aktivity a výdrže alebo nedostatočnej nervosvalovej kontroly, často však kombináciou všetkých troch častí. (Barr et al., 2005)

My sme sa v tejto práci zamerali sa na výskum funkčných zmien, ktoré dávajú predpoklad vzniku štrukturálnych lézií následkom čoho sa organizmus ďalej prispôbuje aktuálnemu nálezu a to tým, že vytvára náhradné funkčné stereotypy, čo opätovne vedie k preťaženiu anatomických štruktúr a postupnému zhoršovaniu morfológického nálezu. Takto vzniká uzavretý kruh, kedy na insuficientnom teréne s neschopnosťou vypracovať presné motorické stereotypy vznikne neurotický syndróm, ktorý je sám o sebe faktorom zhoršujúcim vypracovanie kvalitných dynamických stereotypov.

Z týchto faktov sa zdá byť pravdepodobné, že za väčšinou bolestivých syndrómov pohybového aparátu bude porucha v riadení motoriky. V súlade s Kolárom sa prikláňam k názoru, že práve porucha percepcie vlastného tela môže byť primárnou príčinou patologických a neekonomických pohybových vzorov, ktoré preťažujú určité oblasti a nakoniec vedú k chronickým bolestiam chrbtice. (Kolář et al., 2009)

Hodges prišiel s novou teóriou, ktorá sa snaží vysvetliť adaptáciu (na úrovni jednak motoneurónov, tak aktivácie celého svalstva) nervového systému v oblasti senzomotorickej kontroly, ktorá sprevádza bolestivý stav. Táto teória zahŕňa popis redistribúcie aktivity v rámci jedného

svalu alebo medzi svalmi, zmenenú reaktivitu (aktivitu a napätie svalov), motorické riadenie, zmeny v kortikálnej reprezentácii a ďalšie javy, meniace somatosenzorickú kontrolu a motorický výstup pacientov s vertebrogénnymi poruchami. Tento model motorickej adaptácie na bolesť poskytuje komplexnejšie vysvetlenie doterajších klinických pozorovaní a zdá sa byť najpresnejší. (Hodges, 2011)

Elektromyografické štúdie austrálskych autorov riešia aktiváciu hlboko uložených svalov (m. transversus abdominis a m. multifidus a bránice). Väčšina autorov sa zhoduje na tom, že aktivácia týchto svalov predchádza pohybu končatín. Tým sa stáva zo stredu tela konštrukcia, ktorá stabilizuje úpony povrchových svalov vykonávajúcich pohyb. Pri vyšetovaní v klinickej praxi sú nám prístupnejšie povrchové svaly, ktorých funkciu môžeme jednoducho vypočítať pri akomkoľvek pohybe pacienta alebo sadou špecifických testov zameraných na posturálnu stabilizáciu. Napríklad hypertrofia a hyperaktivita paravertebrálneho svalstva nás upozornia na nadmerné pôsobenie vnútorných síl v spodnej časti chrbtice. V tomto čase môžu byť všetky štruktúry chrbtice neporušené, ale postupným repetitívnym pôsobením týchto síl dôjde k traumatizácii tejto oblasti, a k rozvoju vertebrogénneho syndrómu. Tým, že pozorujeme abnormálne funkcie povrchových svalov vieme odvodiť aj insuficienciu v hlbokých svaloch.

Pre správnu funkciu svalov stabilizujúcich chrbticu nestačí, že sa sval zvládne koncentricky aktivovať, teda priblížiť svoje úpony. Považujeme za dôležité, aby sval vedel pracovať v excentricko – koncentrickom režime, ako to vidíme napríklad u brušných svalov pri sploštení bránice. Pri koncentrickej aktivite dochádza k destabilizácii posturálneho systému, tým že sval skrakuje svoju dĺžku a zmenšuje plochu, mení postavenie jednotlivých segmentov. Zatiaľ, čo počas excentrickej kontrakcie sa sval predlžuje a rozkladá do šírky na čo najväčšiu plochu, vzniká situácia, kedy sa úpony od seba oddávajú, čo si vieme dobre predstaviť na končatinách, ale horšie na trupe. Tým sa sval do úponu oprie a odtláča oba konce od seba, čím v spolupráci s intrabdominálnym tlakom dochádza k napriamaniu chrbtice, čo pozorujeme ako predĺženie trupu.

Pri hodnotení testu extenzie trupu bola sledovaná predovšetkým oblasť od lopatiek po ischiokrurálne svaly. Najvýraznejšou známkou nestability je anteverzia panvy a hyperlordóza bedrovej chrbtice. Táto dysfunkcia je spojená predovšetkým s nedostatočnou funkciou bránice, brušnej steny a panvového dna, ako funkčnej jednotky. Ďalším významným faktorom je kyfotická hrudná chrbtica bez segmentálnej extenzie a tuhý hrudník. Pri extenzii chrbtice sa hrudná chrbtica pohybuje ako jeden blok, čo vedie k zvýšenej aktivite

povrchových paravertebrálnych svalov a lokálnej hypermobilitate pod a nad týmto úsekom chrbtice. Neschopnosť segmentálnej extenzie sa neprejaví len pri pohybe do záklonu, ale znižuje aj rotabilitu hrudnej chrbtice. Čím je stabilizačná funkcia trupových svalov horšia, tým vyššiu vidíme aktivitu na periférií, s cieľom kompenzovať túto nestabilitu. Testom extenzie hodnotíme kvalitu stability v sagitálnej rovine.

Test extenzie v bedrovom kĺbe bol jediným stranovo asymetrickým testom. Tým patrí podľa môjho názoru, k jednému z najnáročnejších a najšpecifickejších pre hodnotenie posturálnej stability. Hodnotí stabilitu panve a bedrovej chrbtice v predo - zadnom smere a v smere rotácie. Stereotyp extenzie v bedrovom kĺbe popísal Janda. Ako prvý sa aktivuje gluteus maximus a ischiokrurálne svaly, potom kontralaterálne paravertebrálne svaly bedrovej chrbtice, následne homolaterálne, ďalej kontralaterálne extenzory hrudnej chrbtice a homolaterálne. Pri výraznejšej poruche stereotypu pozorujeme iradiáciu aktivity až na horné končatiny. Pri našich meraniach sa u kontrolnej skupiny ako prvé najčastejšie zapájali ischiokrurálne svaly, potom kontralaterálne extenzory bedrovej chrbtice, ďalej šikmé brušné svaly na strane extenzie, gluteálne svaly, homolaterálne extenzory bedrovej chrbtice a šikmé brušné svaly na kontralaterálnej strane. U pacientov s herniou bola najčastejšie zmena v tom, že po aktivite kontralaterálnych extenzory nasledovali homolaterálne extenzory, potom gluteus maximus a šikmé brušné svaly. Z toho vyplýva, že pri koreňovom syndróme najcitlivejšie reaguje brušná muskulatúra, čo sa zhoduje s tvrdením Jandu: „ Porušená funkcia ventrálnej muskulatúry poukazuje na motorickú poruchu, tento fakt je zrejmy mimo iné pri poškodení medzistavcovej platničky“

Z pohľadu posturálnej stability hodnotíme, ako je pacient schopný udržať jednotlivé segmenty v neutrálnom postavení. Pri teste extenzie v bedrovom kĺbe boli najčastejšími abnormálnymi odpoveďami anteverzie panvy, nestabilita L/S prechodu a rotácia panvy na strane hernie. Tým vznikajú počas extenzie v bedrovom kĺbe výraznejšie strižné sily, pôsobiace v oblasti dolnej časti chrbta.

Pri hodnotení stability bedrovej chrbtice pomocou testu náklonu na štyroch sledujeme predovšetkým postavenie hrudníka, panvy a predkolení. U všetkých testovaných pacientov sme pozorovali rozpojenie panvy a hrudníku, pri čom dochádza k anteverzii panvy a kraniálnemu pohybu hrudníku (resp. vertikalizácii osi bránice a panvového dna). Pri tomto postavení nevzniká v brušnej dutine dostatočný vnútrobrušný tlak, ktorý by stabilizoval chrbticu. Na chrbte pozorujeme nevyváženú aktivitu medzi paravertebrálnymi svalmi a dorzolaterálnou časťou brušných svalov. Na dolných končatinách hodnotíme ako známku výraznej nestability hyperaktivitu ischiokrurálnych svalov. Počas náklonu u niektorých

pacientov vidíme nadvihnutie a vytočenie predkolení do vonkajšej rotácie. Táto patológia je spôsobená neschopnosťou relaxovať ischiokrurálne svaly, zapojiť ich excentricky a zmeniť ťah dystálnym smerom. Podobný obraz vidíme aj počas abnormálneho motorického vývoja.

Test polohy medveďa bol pre niektorých pacientov v porovnaní s kontrolnou skupinou silovo náročnejší. Všetci pacienti počas testu používali náhradný pohybový vzor, pre ktorý bolo typické podsadenie panvy a kyfotizácia bedrovej a hrudnej chrbtice. Na dolných končatinách sme pozorovali pohyb kolien do valgozity. U niektorých pacientov, bolo na začiatku testu vidieť, ako pri prechode do polohy odľahčujú ľavú dolnú končatinu.

Pri hodnotení testu hlbokého drepu sme najskôr zistili, či sú ho pacienti schopný vykonať bez opory o horné končatiny alebo len s oporou. Pacienti, ktorý potrebovali oporu mali tendenciu počas testu podsadiť panvu a kyfotizovať chrbticu a padať dozadu. Mali výrazne skrátene lýtčkové svaly, horšiu schopnosť izolovaného pohybu panvy v bedrových kĺboch a prenosom ťažiska trupu. Pacienti, ktorý nepotrebovali oporu mali zas tendenciu k anteverzii panvy a lordotizácii bedrovej chrbtice. Na dolných končatinách sme pozorovali vnútornú rotáciu v bedrových kĺboch a prenos opory na mediálnu časť chodidla.

5.2 Diskusia k teoretickej časti

Z empirických zistení a preštudovaním literatúry sme dospeli k predpokladu, že sa v dôsledku reakcií na vzniknutú poruchu, objavujú posturálne zmeny svalovej funkcie (ochranný posturálny vzor), ktoré vykazujú určité zákonitosti na základe ontogenetického/fyloenetického hľadiska. V praktickej časti sme chceli tieto teoretické poznatky overiť vyšetrením skupiny pacientov s herniou medzistavcovej platničky a porovnaním ich výsledkov so vzorkou zdravej populácie. Naším cieľom bolo dokázať, či bude v posturálnej stabilizácii počas dynamických testov štatisticky významný rozdiel medzi oboma skupinami.

V rámci tohto výskumu sme hodnotili testy zamerané na oblasť problémov, teda bedrovú chrbticu a dolné končatiny. Pomocou povrchovej elektromyografie sme hodnotili aktivitu vybraných svalov. V dostupnej literatúre sme nenašli žiadne podobné štúdie, s ktorými by sme mohli naše výsledky porovnať.

Diskusia k hypotéze č. 1

V hypotéze č. 1 sme chceli dokázať, že pri dynamických testoch bude rozdielna aktivita svalov medzi pravou a ľavou stranou u skupiny s herniou platničky. Predpokladali sme, že zmeny svalovej aktivity sa budú týkať predovšetkým paravertebrálnych svalov, gluteálnych a ischiokrurálnych svalov.

Zaznamenali sme štatisticky významnú odchýlku v prípade semisvalov počas testu extenzie trupu, čo sa zhoduje s našim klinickým predpokladom, že na strane iritácie nervového koreňa bude zvýšená svalová aktivita. Podobný nález sme očakávali u paravertebrálnych a gluteálnych svalov, čo sa však nepotvrdilo. Môžeme povedať, že test extenzie trupu bol najšpecifickejší z použitých testov. Hodnoty blízke štatistickej významnosti sme namerali pri teste náklonu na štyroch.

Ďalej sme zaznamenali štatisticky významnú odchýlku v prípade adduktorov počas testu hlbokého drepu a medveďa. Svalová aktivita adduktorov bola vyššia na strane iritácie, čiže vľavo.

Diskusia k hypotéze č. 2 a 4

V hypotéze č. 2 a 4 sme porovnávali svalovú aktivitu medzi kontrolnou skupinou a pacientami s herniou počas dynamických testov. Chceli sme tak dokázať, že počas koreňového dráždenia dochádza k špecifickým zmenám v svalovej aktivite.

Naše predpoklady sa potvrdili v prípade m. obliquus ext. abdominis l. sin. v jednom prípade. Počas testu extenzie LDK dochádza k vyššej aktivite tohto svalu u pacientov s koreňovým syndrómom v porovnaní s kontrolnou skupinou. Ďalej v prípade aktivity extenzorov trupu bola u pacientov s herniou v porovnaní s kontrolnou skupinou nižšia aktivita počas náklonu a medveďa a vyššia počas hlbokého drepu. Počas testu extenzie LDK dochádza k výraznejšej svalovej aktivite m. biceps femoris u pacientov s koreňovým dráždením, a zároveň k štatisticky významnému rozdielu v kontralaterálnych semisvaloch. Zvýšená aktivita kontralaterálnych semisvalov pravdepodobne vzniká na reflexnom podklade.

Pri porovnaní asymetrie v aktivite pravej a ľavej strany u kontrolnej skupiny a pacientov s herniou sa naše predpoklady potvrdili v prípade aktivity šikmých brušných svalov počas testu extenzie trupu, náklonu na štyroch, medveďa a hlbokého drepu. Ďalej

počas testu extenzie pre gluteus maximus a semisvaly. Vo všetkých prípadoch bola výraznejšia asymetria v aktivite u pacientov s herniou.

Diskusia k hypotéze č. 3 a 5

V hypotéze č. 3 a 5 sme chceli dokázať zmeny v timingu vybraných svalov počas dynamických testov, medzi kontrolnou skupinou a pacientmi s herniou.

V literatúre je postupnosť zapojenia svalov, počas dynamických testov popísaná len pri teste extenzie v bedrovom kĺbe, ktorý nezahŕňa brušnú muskulatúru. Pri vyhodnotení poradia vychádzali z hodnôt mediánu pre jednotlivé svaly, ktoré sú uvedené v Tabuľke 3 a 4

Podľa našich predpokladov sa aktivita niektorých svalov u skupiny pacientov líši. Nás zaujímal predovšetkým timing brušných, chrbtových a ischiokrurálnych svalov. Počas testu extenzie trupu sme pozorovali skorší timing ischiokrurálnych svalov na ľavej strane a neskorší nástup šikmých brušných svalov. Počas testu extenzie LDK sa ako prvé aktivovali u oboch skupín ischiokrurálne svaly, čo pokladáme za normálne. Ďalej sa u kontrolnej skupiny zapájali ext. chrbta Th/L l. dx. (medián 3), m. obliquus ext. abd. l. sin. (medián 3,5), gluteus max. l. sin. (medián 5), m. obliquus ext. abd. l. dx. (medián 5,5), ext. chrbta Th/L l. sin. (medián 7). Poruchu timingu vidíme u pacientov v zapojení ext. chrbta Th/L l. sin. (medián 4,5) a šikmých brušných svaloch (medián 6 a 9). Pri náklone na štyroch vidíme oneskorenie v timingu m. obliquus ext. abd. l. sin. 4,5 vs 1,5; skorší nástup extenzorov chrbtice 6 vs 10 a m. biceps fem. 4,5 vs 7. Počas testu medveďa pozorujeme oneskorenie v aktivite m. biceps femoris l. dx. medián 2,5 vs 7 u skupiny s herniou. Pri teste hlbokého drepu pozoruje oneskorenie celej skupiny ischiokrurálnych u pacientov s herniou.

5.3 Limity štúdie

Táto práca má niekoľko limitujúcich faktorov, ktoré mohli mať vplyv na dosiahnuté výsledky a môžu brániť zobecneniu získaných faktov.

Na prvom mieste uvádzam relatívne malý počet skúmaných jedincov ($n = 16$) nie je dostačujúci k tomu, aby sme mohli naše závery považovať za obecné platné. Ďalším nedostatkom môže byť vekové rozmedzie probandov (23-55)

V závere je treba poznamenať fakt, že na vzniku elektromyografického signálu sa podieľa väčší počet faktorov. Faktory ovplyvňujúce elektromyografický signál nie sú dané len fyziologickým rozdielom, ale tiež metodickým postupom a spracovaním signálu. Všetky tieto faktory mohli nejakým spôsobom ovplyvniť EMG signál a namerané výsledky môžu byť preto čiastočne skreslené. Dôležitým aspektom EMG je, že zaznamenávame vždy činnosť len určitého počtu motorických jednotiek. Vyšetrenie preto nikdy nepodá informáciu o činnosti celého svalu, čo je potrebné pri hodnotení a interpretácii EMG záznamu zohľadniť.

6 Záver

Teoretická časť diplomovej práce podáva prehľad súčasných poznatkov o zložitých funkčných zmenách pohybového aparátu, ktoré nachádzame pri klinickom vyšetrení vertebrogénnych pacientov. Tým čiastočne prispievame k vyznačeniu nedostatočnej väzby medzi morfológickým a neurologickým nálezom a subjektívnym ťažkosťami. Ďalej boli popísané zmeny v štruktúrach CNS a jednotlivých zložiek somatosenzorického systému.

Výsledky praktickej časti sa zhodujú s poznatkami, získanými z literatúry a klinickej praxe len čiastočne. Je nutné však podotknúť, že objektivizovať veľmi zložité funkčné vzťahy nie je ani v dnešnej dobe jednoduché.

V súlade so súčasnými poznatkami sme u skupiny pacientov dokázali rozdiely v svalovej aktivite vybraných svalov, predovšetkým ischiokrurálnych svalov, šikmých brušných svalov a extenzorov chrbtice, počas dynamických testov v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Pri hodnotení timingu svalov sme zistili oneskorenie aktivity šikmých brušných svalov voči dorzálnnej muskulatúre v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Rovnako pri hodnotení symetrie resp. asymetrie vybraných svalov dochádza k výraznejšej asymetrii v aktivite šikmých brušných svalov, ischiokrurálnych svalov a čiastočne gluteálnych svalov.

Tieto zistenia, ktoré sme v práci uviedli, prispievajú ku komplexnejšiemu pohľadu na vznik a vývoj vertebrogénnych ochorení. V úvahách o prevencii a terapii vertebrogénnych porúch vychádzame zo základného predpokladu, že akútny koreňový syndróm predstavuje okamžitú dekompenzáciu vzťahov vnútri pohybového systému a psychiky jedinca, dekompenzáciu ktorá sa mohla pripravovať už roky. Táto dekompenzácia je vyjadrená nielen v zmenách funkcie kĺbov a hrubo porušenej funkcií svalov, ale hlavne v porušení riadiacich funkcií centrálného nervového systému. Najdôležitejšie je však tieto poruchy posudzovať individuálne s veľkým ohľadom na osobnosť pacienta a jeho život.

Referenčný zoznam

ALLAT, J.P. Low pain, sciatica and lumbar intervertebral disc herniation. *Rheumatology in Europe*. 1994, roč. 23, č. 2, s. 55-57. ISSN 1021-8564.

BARR KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: core concepts and current literature, Part 1. *Am J Phys Med Rehabil*. 2005 Jun;84(6):473-80.

CRESSWELL, A. et al. Observations on intra-abdominal pressure and patterns of abdominal intramuscular activity in man. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1992, roč. 144, s. 409-418. ISSN 1365-201X

Cholewicki J, Juluru K, McGill SM. Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *J Biomech*. 1999 Jan;32(1):13-7.

Cholewicki J, Panjabi MM, Khachatryan A. Stabilizing function of trunk flexorextensor muscles around a neutral spine posture. *Spine*. 1997 Oct 1;22(19):2207-12.

FLOR, H. Cortical reorganisation and chronic pain: implications for rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2003, roč. 41, č. 5, s. 66–72. ISSN 1650-1977.

FLOR, H. et al. Extensive reorganization of primary somatosensory cortex in chronic back pain patients. *Neuroscience Letters*, 1997, roč. 224, č. 1, s. 5-8. ISSN 0304-3940.

GANONG, W.F. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vyd. Praha: Galén, 2005, 890 s. ISBN 80-7262-311-7.

GRACHEV, I.D.; FREDRICKSON, B.E.; APKARIAN, A.V. Abnormal brain chemistry in chronic back pain: an in vivo proton magnetic resonance spectroscopy study. *Pain*, 2000, roč. 89, č. 1, s. 7-18. ISSN 1872-6623.

GILL, K.P.; CALLAGHAN, M.J. The measurement of lumbar proprioception in individuals with and without low back pain. *Spine*, 1998, roč. 23, č. 3, s. 371-377. ISSN 1528-1159.

HODGES, P.W. Pain and motor control: From the laboratory to rehabilitation, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2011, č. 21, s. 220–228. ISSN 1050-6411.

HODGES, P.W.; GANDEVIA, s. Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. *Journal of Physiology*, 2000, roč. 522, s. 165–175. ISSN 1469-7793.

HODGES, P.W.; MOSELEY, G.L. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2003, roč. 13, č. 4, s. 361–370. ISSN 1050-6411.

HODGES, P.W.; RICHARDSON, C.A. Inefficient muscular stabilisation of the lumbar spine associated with low back pain. *Spine*, 1996, č. 21, s. 2640-2650. ISSN 1528-1159.

HODGES, P.W.; RICHARDSON, C.A. Feedforward contraction of transversus abdominis in not influenced by the direction of arm movement. *Experimental Brain Research*, 1997, roč. 114, s. 362–370. ISSN 1432-1106.

HODGES PW, Eriksson AE, Shirley D, Gandevia SC. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *J Biomech*. 2005 Sep;38(9):1873-80.

HODGES PW, Gandevia SC. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *J Appl Physiol*. 2000 Sep;89(3):967-76.

HODGES P, Cresswell A, Thorstensson A. Preparatory trunk motion accompanies rapid upper limb movement. *Exp Brain Res*. 1999 Jan;124(1):69-79.

HODGES PW, Richardson CA. Transversus abdominis and the superficial abdominal muscles are controlled independently in a postural task. *Neurosci Lett*. 1999

Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine*. 1996 Dec 1;21(23):2763-9.

HODGES PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine* 1996 Nov 15;21(22):2640-50.

JANDA V. *Základy kliniky funkčních (neparetických) hybných poruch*. 1984, 1. vyd, česky, Ústav pro další vzdělávání stř. zdravot. pracovníků / Učební texty, Brno, 139 stran

KOLÁŘ P. Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů - diagnostika. *Rehabil fyz Léč* 2006;13(4):155-70.

KOLÁŘ P. Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce páteře - terapie. *Rehabil fyz Léč* 2007;14(1):3-17.

KOLÁŘ, P. Diferenciace svalové funkce z hlediska posturální podstaty. *Med. Sport. Boh. Slov*. 1996, roč. 1, č. 4-8, s. 4-8. ISSN ??

KOLÁŘ, P. Systematizace svalových dysbalance z pohledu vývojové kineziologie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2001, roč. 8, č. 4, s. 152-164. ISSN 1211-2658.

KOLÁŘ, P. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Galén, 2009, 713 s. ISBN 978-807-2626-571.

KOLAR P, Neuwirth J, Sanda J, Suchanek V, Svata Z, Volejnik J, et al. Analysis of diaphragm movement during tidal breathing and during its activation while breath holding using MRI synchronized with spirometry. *Physiol Res*. 2009;58(3):383-92.

KOLAR P, Sulc J, Kyncl M, Sanda J, Neuwirth J, Bokarius AV, et al. Stabilizing function of the diaphragm: dynamic MRI and synchronized spirometric assessment. *J Appl Physiol*. 2010 Oct;109(4):1064-71.

KRÁLÍČEK, P. Úvod do speciální neurofyzologie. Praha: Karolinum, 2004, 227 s. ISBN 80-246-0350-0.

LEWIT, K. Rehabilitace u bolestivých poruch pohybové soustavy. Rehabilitace a fyzikální lékařství. Česká lékařská společnost J. E. Purkyně, 2001, roč. 8, č. 1, s. 4-17. ISSN 1211-2658

McNeill W. Core stability is a subset of motor control. J Bodyw Mov Ther. 2010 Jan;14(1):80-3.

MURPHY DR, Byfield D, McCarthy P, Humphreys K, Gregory AA, Rochon R. Interexaminer reliability of the hip extension test for suspected impaired motor control of the lumbar spine. J Manipulative Physiol Ther. 2006 Jun;29(5):374-7.

McGILL SM. Lumbar spine stability: mechanism of injury and restabilization. In: Liebenson C, editor. Rehabilitation of the spine : a practitioner's manual. 2nd ed. Philadelphia, London: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 93-111.

MOSELEY GL, Hodges PW, Gandevia SC. Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements. Spine 2002 Jan 15;27(2):E29-36.

O'SULLIVAN PB, Beales DJ. Changes in pelvic floor and diaphragm kinematics and respiratory patterns in subjects with sacroiliac joint pain following a motor learning intervention: a case series. Man Ther. 2007 Aug;12(3):209-18.

PÁNEK, D., et al. Rychlost vedení akčního potenciálu svalu jako identifikátor nástupu svalové únavy v povrchové elektromyografii. Rehabilitace a fyzikální lékařství. 2009a, roč. 16, č. 3, s. 96-101. ISSN 1211-2658.

PÁNEK, D., et al. Počítačové zpracování dat získaných pomocí povrchového EMG. Rehabilitace a fyzikální lékařství. 2009b, roč. 16, č. 4, s. 177-180. ISSN 1211-2658.

PANJABI MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. J Spinal Disord. 1992 Dec;5(4):383-9; discussion 397.

PANJABI MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. J Spinal Disord. 1992 Dec;5(4):390-6; discussion 397.

RICHARDSON CA, Jull GA. Muscle control-pain control. What exercises would you prescribe? Man Ther. 1995 Nov;1(1):2-10.

SAPSFORD RR, Hodges PW. Contraction of the pelvic floor muscles during abdominal maneuvers. Arch Phys Med Rehabil. 2001 Aug;82(8):1081-8.

SHARMA, N.K. et al. Neurochemical Analysis of Primary Motor Cortex in Chronic Low Back Pain. Brain Science, 2012, č. 2, s. 319-331, ISSN 2076-3425.

SHIRLEY D, Hodges PW, Eriksson AE, Gandevia SC. Spinal stiffness changes

throughout the respiratory cycle. *J Appl Physiol.* 2003 Oct;95(4):1467-75.

STERLING, M. et al. The effect of musculoskeletal pain on motor activity and control. *The Journal of Pain*, 2001, roč. 2, č. 3, s. 135-145. ISSN 1526-5900.

VÉLE, F. *Kineziologie pro klinickou praxi*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 1997. 272 s. ISBN 80-7169-256-5.

VOJTA, V., PETERS, A. *Vojtův princip: svalové souhry v reflexní lokomoci a motorické ontogenezi*. Praha: Grada Publishing, 1.vyd. 1995, 184 s. ISBN 80-7169-004-X.

VOJTA, V., PETERS, A. *Vojtův princip*. Praha: Grada, 2010, 180 s. ISBN 978-802-4727-103.

Voráčková H, Šafářová M. Klek s oporou o dlaně - nový test posturální stabilizace. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca* 2011;20(1):31-8.

WAND, B.M. et al. Cortical changes in chronic low back pain: Current state of the art and implications for clinical practice. *Manual Therapy*, 2011, roč. 16, s. 15-20. ISSN 1356-689X.

Zoznam príloh

Príloha č. 1: Fotodokumentácia dynamických testov.....	63
Príloha č. 2: Súhrn získaných p – hodnôt.....	66
Príloha č. 3 Tabuľka s aktivačným poradím svalov.....	69
Príloha č. 4 Súhrn získaných p - hodnôt pri porovnaní timingu.....	75

Prílohy

Príloha č. 1: Fotodokumentácia dynamických testov



Test extenzie trupu



Test extenzie v bedrovom kĺbe



Test náklonu na štyroch



Test medveďa



Test hlbokého drepu

Príloha č.2 Súhrn získaných p - hodnôt pri porovnaní rozdielu hodnôt EMG aktivity v uV u oboch skupín probandov. (Tmavo vyznačené štatisticky významné hodnoty, svetle hodnoty blízke hladine štatistickej významnosti)

Pohyb	Názov svalu	P-hodnota
extenzia trupu	m.obliques externus abd. l. dx.	0,135788
	m.obliques externus abd. l. sin.	0,169727
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	0,3836
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	0,14271
	m.gluteus maximus l. dx.	0,12559
	m.gluteus maximus l. sin.	0,20177
	m. biceps femoris l. dx.	0,16631
	m. biceps femoris l. sin.	0,08838
	semisvaly l. dx.	0,97102
	semisvaly l. sin.	0,47851
	mm. adductores l. dx.	0,18062
	mm. adductores l. sin.	0,81825
extenzia LDK	m.obliques externus abd. l. dx.	0,4133
	m.obliques externus abd. l. sin.	0,05452
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	0,22273
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	0,84328
	m.gluteus maximus l. dx.	0,07876
	m.gluteus maximus l. sin.	0,99993
	m. biceps femoris l. dx.	0,50636
	m. biceps femoris l. sin.	0,03244
	semisvaly l. dx.	0,04269
	semisvaly l. sin.	0,06266

	mm. adductores l. dx.	0,90222	
	mm. adductores l. sin.	0,14755	
extenzia PDK	m.obliques externus abd. l. dx.	0,34985	
	m.obliques externus abd. l. sin.	0,72715	
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	0,39828	
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	0,31939	
	m.gluteus maximus l. dx.	0,35548	
	m.gluteus maximus l. sin.	0,75236	
	m. biceps femoris l. dx.	0,077	
	m. biceps femoris l. sin.	0,23179	
	semisvaly l. dx.	0,0715	
	semisvaly l. sin.	0,88895	
	mm. adductores l. dx.	0,62662	
	mm. adductores l. sin.	0,36252	
	náklon na štyroch	m.obliques externus abd. l. dx.	0,47003
		m.obliques externus abd. l. sin.	0,61204
svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.		0,32311	
svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.		0,04952	
m.gluteus maximus l. dx.		0,10414	
m.gluteus maximus l. sin.		0,76692	
m. biceps femoris l. dx.		0,3304	
m. biceps femoris l. sin.		0,25471	
semisvaly l. dx.		0,27351	
semisvaly l. sin.		0,58009	
mm. adductores l. dx.	0,86316		

	mm. adductores l. sin.	0,96011
Medved'	m.obliques externus abd. l. dx.	0,04928
	m.obliques externus abd. l. sin.	0,407
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	0,94668
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	0,00733
	m.gluteus maximus l. dx.	0,72852
	m.gluteus maximus l. sin.	0,68282
	m. biceps femoris l. dx.	0,48519
	m. biceps femoris l. sin.	0,35254
	semisvaly l. dx.	0,06262
	semisvaly l. sin.	0,78488
	mm. adductores l. dx.	0,97829
	mm. adductores l. sin.	0,6507
	Squat	m.obliques externus abd. l. dx.
m.obliques externus abd. l. sin.		0,18226
svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.		0,98785
svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.		0,0562
m.gluteus maximus l. dx.		0,15308
m.gluteus maximus l. sin.		0,45591
m. biceps femoris l. dx.		0,717
m. biceps femoris l. sin.		0,47608
semisvaly l. dx.		0,96538
semisvaly l. sin.		0,61685
mm. adductores l. dx.		0,73577
mm. adductores l. sin.	0,84181	

--	--	--

Príloha č. 3 Tabuľka s aktivačným poradím svalov pri extenzii trupu

Proband	m.obliques externus abd. l. dx.	m.obliques externus abd. l. sin.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	m.gluteus maximus l. dx.	m.gluteus maximus l. sin.	m. biceps femoris l. dx.	m. biceps femoris l. sin.	semisvaly l. dx.	semisvaly l. sin.	mm. adductores l. dx.	mm. adductores l. sin.
1.	10	8	2	3	12	11	5	1	6	4	9	7
2.	11	12	3	1	9	10	5	2	6	4	8	7
3.	8	7	4	3	11	12	2	1	9	5	10	6
4.	8	9	2	5	1	10	6	3	4	7	12	11
5.	10	9	3	1	7	6	2	4	8	5	11	12
6.	10	8	1	2	3	7	6	4	9	5	11	12
7.	9	3	2	1	10	12	4	5	6	8	11	7
8.	9	7	4	1	10	8	5	2	6	3	12	11
9.	3	8	2	1	12	9	5	4	11	6	10	7
10.	11	8	3	4	9	7	2	1	5	6	10	12

Proband	m.obliques externus abd. l. dx.	m.obliques externus abd. l. sin.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	m.gluteus maximus l. dx.	m.gluteus maximus l. sin.	m. biceps femoris l. dx.	m. biceps femoris l. sin.	semisvaly l. dx.	semisvaly l. sin.	mm. adductores l. dx.	mm. adductores l. sin.
1.	9	4	5	2	10	6	8	1	11	3	12	7
2.	9	6	2	4	11	5	10	1	12	3	7	8
3.	11	9	1	3	6	8	10	4	12	2	7	5
4.	5	8	4	7	12	9	11	3	10	1	6	2
5.	12	8	3	4	9	5	7	1	11	2	6	10
6.	10	9	3	4	7	5	11	1	12	2	6	8
7.	7	6	3	5	12	9	11	1	10	4	8	2
8.	12	4	3	5	8	6	7	2	11	1	10	9
9.	8	7	3	4	9	6	10	1	12	2	11	5
10.	9	6	2	5	11	7	8	1	12	3	10	4

Tabuľka s aktivačným poradím svalov pri extenzií LDK

Tabuľka s aktivačným poradím svalov pri extenzií PDK

Proband	m.obliques externus abd. l. dx.	m.obliques externus abd. l. sin.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	m.gluteus maximus l. dx.	m.gluteus maximus l. sin.	m. biceps femoris l. dx.	m. biceps femoris l. sin.	semisvaly l. dx.	semisvaly l. sin.	mm. adductores l. dx.	mm. adductores l. sin.
1.	8	2	3	5	9	12	1	6	4	11	7	10
2.	4	7	6	3	5	10	1	11	2	12	8	9
3.	12	8	4	3	7	11	2	6	1	10	9	5
4.	10	8	5	4	3	11	2	11	1	9	7	12
5.	11	6	4	3	5	10	1	9	2	12	7	8
6.	10	9	3	4	5	8	1	11	2	12	7	6
7.	10	7	2	6	5	9	4	12	1	11	3	8
8.	4	7	6	1	5	11	2	10	3	12	8	9
9.	9	8	4	3	5	10	1	11	2	12	7	6
10.	11	8	4	2	5	10	1	9	3	12	7	6

Tabuľka s aktivačným poradím svalov pri náklone na štyroch

Proband	m.obliques externus abd. l. dx.	m.obliques externus abd. l. sin.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	m.gluteus maximus l. dx.	m.gluteus maximus l. sin.	m. biceps femoris l. dx.	m. biceps femoris l. sin.	semisvaly l. dx.	semisvaly l. sin.	mm. adductores l. dx.	mm. adductores l. sin.
1.	1	2	6	9	12	11	3	7	5	10	8	4
2.	1	6	8	9	12	11	3	5	4	7	10	2
3.	5	7	3	2	9	12	1	8	10	11	6	4
4.	7	5	6	8	11	12	2	3	1	4	10	9
5.	2	5	8	9	11	12	1	7	6	3	4	10
6.	7	4	2	1	12	11	6	5	10	8	3	9
7.	1	3	5	6	12	11	2	4	9	10	7	8
8.	4	5	8	7	12	11	3	2	10	1	6	9
9.	2	3	6	4	12	11	8	7	9	10	1	5
10.	3	8	4	10	11	12	6	2	5	9	7	1

Tabuľka s aktivačným poradím svalov pri prechode zo štyroch do medved'

Proband	m.obliques externus abd. l. dx.	m.obliques externus abd. l. sin.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	m.gluteus maximus l. dx.	m.gluteus maximus l. sin.	m. biceps femoris l. dx.	m. biceps femoris l. sin.	semisvaly l. dx.	semisvaly l. sin.	mm. adductores l. dx.	mm. adductores l. sin.
1.	1	2	10	11	12	7	3	8	4	5	9	6
2.	3	1	6	2	8	12	10	9	7	5	11	4
3.	5	1	3	4	11	12	6	6	8	8	10	2
4.	1	6	9	7	11	12	3	10	2	5	4	8
5.	1	2	9	8	12	11	4	3	9	7	6	5
6.	2	1	9	10	11	12	4	3	6	7	5	8
7.	7	1	9	10	11	12	2	8	4	6	3	5
8.	1	2	9	3	12	11	8	4	10	5	6	7
9.	1	2	8	6	12	11	3	7	4	5	9	10
10.	1	3	2	11	12	10	5	7	4	9	8	6

Tabuľka s aktivačným poradím svalov pri hlbokom drepe (squat)

Proband	m.obliques externus abd. l. dx.	m.obliques externus abd. l. sin.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	m.gluteus maximus l. dx.	m.gluteus maximus l. sin.	m. biceps femoris l. dx.	m. biceps femoris l. sin.	semisvaly l. dx.	semisvaly l. sin.	mm. adductores l. dx.	mm. adductores l. sin.
1.	10	7	8	1	11	6	4	12	9	2	5	3
2.	9	11	5	1	7	8	3	10	12	4	2	6
3.	12	1	3	4	10	11	6	5	8	7	9	2
4.	5	3	4	1	10	12	11	8	9	6	2	7
5.	8	4	7	2	10	11	1	12	9	6	5	3
6.	12	8	4	1	2	6	11	9	7	10	3	5
7.	6	5	2	1	10	11	7	8	12	9	4	3
8.	7	6	5	4	9	8	12	11	3	10	2	1
9.	11	12	7	9	1	10	5	6	3	4	2	8
10.	7	7	4	1	11	12	9	9	5	5	2	3

Príloha č. 4 Súhrn získaných p - hodnôt pri porovnaní timingu u oboch skupín probandov. (Tmavo vyznačené štatisticky významné hodnoty, svetle hodnoty blízke hladine štatistickej významnosti)

Pohyb	Názov svalu	P-hodnota
extenzia trupu	m.obliques externus abd. l. dx.	0,282595
	m.obliques externus abd. l. sin.	0,906659
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	0,163146
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	0,674774
	m.gluteus maximus l. dx.	0,083232
	m.gluteus maximus l. sin.	0,31264
	m. biceps femoris l. dx.	0,457688
	m. biceps femoris l. sin.	0,966771
	semisvaly l. dx.	0,366947
	semisvaly l. sin.	0,086486
	mm. adductores l. dx.	0,354134
	mm. adductores l. sin.	0,666168
extenzia LDK	m.obliques externus abd. l. dx.	0,009488
	m.obliques externus abd. l. sin.	0,313529
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	0,017832
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	0,016655
	m.gluteus maximus l. dx.	0,196214
	m.gluteus maximus l. sin.	0,554522
	m. biceps femoris l. dx.	0,105113
	m. biceps femoris l. sin.	0,047915
	semisvaly l. dx.	0,023195
semisvaly l. sin.	0,251509	

	mm. adductores l. dx.	0,110861	
	mm. adductores l. sin.	0,074851	
extenzia PDK	m.obliques externus abd. l. dx.	0,043034	
	m.obliques externus abd. l. sin.	0,021894	
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	0,390131	
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	0,904804	
	m.gluteus maximus l. dx.	0,581627	
	m.gluteus maximus l. sin.	0,177208	
	m. biceps femoris l. dx.	0,018099	
	m. biceps femoris l. sin.	0,305129	
	semisvaly l. dx.	0,001404	
	semisvaly l. sin.	0,559764	
	mm. adductores l. dx.	0,115617	
	mm. adductores l. sin.	0,806218	
	náklon na štyroch	m.obliques externus abd. l. dx.	0,068806
		m.obliques externus abd. l. sin.	0,014653
svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.		0,545651	
svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.		0,000319	
m.gluteus maximus l. dx.		0,318106	
m.gluteus maximus l. sin.		0,315383	
m. biceps femoris l. dx.		0,006122	
m. biceps femoris l. sin.		0,399015	
semisvaly l. dx.		0,806218	
semisvaly l. sin.		0,077835	
mm. adductores l. dx.	0,134979		

	mm. adductores l. sin.	0,573607
Medved'	m.obliques externus abd. l. dx.	0,481893
	m.obliques externus abd. l. sin.	0,853646
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.	0,036897
	svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.	0,307488
	m.gluteus maximus l. dx.	0,433068
	m.gluteus maximus l. sin.	0,423131
	m. biceps femoris l. dx.	0,393658
	m. biceps femoris l. sin.	0,114409
	semisvaly l. dx.	0,247202
	semisvaly l. sin.	0,001064
	mm. adductores l. dx.	0,262534
	mm. adductores l. sin.	0,032968
	squat	m.obliques externus abd. l. dx.
m.obliques externus abd. l. sin.		0,068852
svaly chrbta v oblasti Th/L l. dx.		0,056461
svaly chrbta v oblasti Th/L l. sin.		0,532369
m.gluteus maximus l. dx.		0,027887
m.gluteus maximus l. sin.		0,011627
m. biceps femoris l. dx.		0,014512
m. biceps femoris l. sin.		0,476289
semisvaly l. dx.		0,170211
semisvaly l. sin.		0,000254
mm. adductores l. dx.		0,012506
mm. adductores l. sin.		0,032589

