

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

**Bc. Alena Mejsnarová**

**Senzomotorická kontrola u pacientů  
s chronickými bolestmi zad**

*Diplomová práce*

Praha 2013

Autor práce: **Bc. Alena Mejsnarová**

Vedoucí práce: **prof. PaedDr. Pavel Kolář, Ph.D.**

Oponent práce: .....

Datum obhajoby: **2013**

## Bibliografický záznam

MEJSNAROVÁ, Alena. *Senzomotorická kontrola u pacientů s chronickými bolestmi zad*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2013. 84 s. Vedoucí diplomové práce prof. PaedDr. Pavel Kolář, Ph.D.

## Abstrakt

**Cíle:** V diplomové práci porovnááme kvalitu grafestezie, propiocepce a somatognozie u pacientů s low back pain (LBP) a kontrolní skupiny s cílem ověřit jednak předpoklad deficitu těchto funkcí v důsledku chronické bolesti, a jednak možný vliv intenzity a délky trvání bolesti na změny výše uvedených funkcí.

**Soubor:** Studie se zúčastnilo 20 pacientů s chronickým LBP (9 mužů, 11 žen, průměrný věk  $47,3 \pm 8,9$  let). Kontrolní skupinu tvořilo 20 zdravých jedinců bez dlouhodobých bolestí v oblasti bederní páteře (9 mužů, 11 žen, průměrný věk  $45,7 \pm 8,8$  let).

**Metodika:** U obou skupin byla pomocí několika objektivizačních specifických testů vyšetřena grafestezie, propiocepce a somatognozie. Dále vyplnili probandi dotazník bolesti SF-MPQ McGillovy univerzity a dotazník se základními anamnestickými údaji.

**Analýza dat:** Signifikantnost rozdílů mezi experimentální a kontrolní skupinou byla vypočítána pomocí dvouvýběrového nepárového t-testu. Při testování statistických hypotéz byla volena hladina významnosti  $p = 0,05$ .

**Výsledky:** Prokázali jsme statisticky významnou dysfunkci u skupiny pacientů při testování grafestezie a propiocepce ve srovnání se zdravou skupinou. Signifikantní rozdíl mezi podskupinou pacientů s nižší a vyšší intenzitou bolesti se ukázal při vyšetření grafestezie na zádech a polohocitu na horní končetině. Vztah somatosenzorických funkcí k délce trvání bolesti byl zaznamenán v přesnosti grafestezie v oblasti bederní páteře a v odhadu šířky boků při vyšetření somatognozie.

**Závěry:** U pacientů s LBP byl zaznamenán deficit v dílčích somatosenzorických testech, což částečně potvrzuje hypotézu, že tito jedinci mají narušenou senzomotorickou kontrolu.

## Klíčová slova

senzomotorická kontrola, low back pain, grafestezie, propiocepce, somatognozie, chronická bolest

## Bibliographic identification

MEJSNAROVÁ, Alena. *Sensorimotor control in patients with chronic back pain*. Prague: Charles University, 2<sup>nd</sup> Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2013. 84 p. Supervisor prof. PaedDr. Pavel Kolář, Ph.D.

## Abstract

**Objectives:** To investigate and compare the graphesthesia, proprioception and somatognosis acuity in patients with chronic low back pain and a control group. The aim is to prove a deficit of these functions as a result of chronic pain and to find a possible influence of pain intensity and duration on sensorimotor control.

**Participants:** Twenty patients with chronic LBP (9 men and 11 women, average age  $47,3 \pm 8,9$  years) and 20 age- and sex-matched healthy controls participated in this study.

**Methods and Measures:** Several specific tests were used to investigate the graphesthesia, proprioception and somatognosis in both groups. All the probands filled the Short-Form McGill Pain Questionnaire and a questionnaire with basic anamnestic data. Differences between the experimental and control groups were measured and compared using two-tailed unpaired t-test.

**Results:** Differences exist among individuals with chronic LBP and healthy individuals in sensorimotor control. Statistically significant deficits ( $p < 0,05$ ) were found in the group of patients in functional tasks of graphesthesia and proprioception. A significant difference between subgroups of patients with lower and higher intensity of pain was proved in graphesthesia tests in the lumbar region and proprioception test in upper limb. Relationship between somatosensory functions and duration of pain was observed in graphesthesia accuracy in the lumbar region and in one test of somatognosis.

**Conclusions:** This study defines the sensorimotor deficits present in individuals with LBP compared to the healthy group.

## Keywords

sensorimotor control, low back pain, graphesthesia, proprioception, somatognosis, chronic pain

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením prof. PaedDr. Pavla Koláře, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne .....

.....

Bc. Alena Mejsnarová

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěla poděkovat především panu prof. PaedDr. Pavlu Kolářovi, Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady při vedení mé diplomové práce. Za pomoc při realizaci výzkumu chci rovněž poděkovat MUDr. Nadě Petrové z Centra výzkumu a léčby bolestivých stavů ve FN Motol a prof. PhDr. Aleně Vališové, CSc. Dále bych chtěla poděkovat PhDr. Petru Knotkovi, CSc. za konzultace k problematice bolesti, Lubomíru Štěpánkovi za pomoc při statistickém zpracování dat a samozřejmě všem dobrovolníkům, kteří se zúčastnili vyšetření. Největší dík ale patří Petrovi.

# Obsah

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>7</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>1 PŘEHLED POZNATKŮ .....</b>	<b>9</b>
1.1 SOMATOSENZORICKÝ SYSTÉM.....	9
1.1.1 Jednotlivé modalitty čítí.....	9
1.1.2 Somatosenzorické dráhy a korové projekce.....	12
1.1.3 Význam somatosenzorické aference.....	14
1.2 BOLEST .....	14
1.2.1 Korová projekce bolesti .....	15
1.2.2 Vnímání bolesti.....	16
1.3 CHRONICKÉ BOLESTI ZAD.....	16
1.3.1 Patofyziologické mechanismy bolestí zad .....	17
1.3.2 Proces chronizace bolesti .....	17
1.4 DŮSLEDKY CHRONICKÉ BOLESTI .....	18
1.4.1 Změny v motorickém chování .....	19
1.4.2 Změny motorického řízení .....	20
1.4.3 Změny svalové aktivity .....	21
1.4.4 Změny ve svalových vláknech .....	22
1.4.5 Změny posturální stability, porucha rovnováhy .....	22
1.4.6 Změny v reakčních časech .....	23
1.4.7 Změny senzoričických funkcí .....	24
1.5 MOZKOVÁ KŮRA A JEJÍ VZTAH K BOLESTI .....	29
1.5.1 Řízení motoriky.....	29
1.5.2 Mozková kůra .....	30
1.5.3 Korové funkce.....	30
1.5.4 Korová plasticita .....	31
1.5.5 Změny v mozkové kůře.....	32
1.5.6 Chronická bolest zad a kortikální reorganizace.....	35
1.5.7 Klinické důsledky změn v mozku .....	37
<b>2 CÍLE A HYPOTÉZY .....</b>	<b>38</b>
<b>3 METODIKA .....</b>	<b>39</b>
3.1 CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÉHO SOUBORU .....	39
3.2 VYŠETŘENÍ PROBANDŮ .....	40
3.2.1 Dotazníky a anamnéza .....	40
3.2.2 Vyšetřovací postup.....	40
3.3 POPIS TESTŮ .....	41
3.3.1 GRAFESTEZIE .....	41
3.3.2 PROPRIOCEPCE .....	42
3.3.3 SOMATOGNOZIE .....	44
3.4 ANALÝZA DAT A FORMULACE HYPOTÉZ .....	45
<b>4 VÝSLEDKY.....</b>	<b>47</b>
4.1 VÝSLEDKY K HYPOTÉZE Č. 1 .....	47
4.2 VÝSLEDKY K HYPOTÉZE Č. 2 .....	50
4.3 VÝSLEDKY K HYPOTÉZE Č. 3 .....	53
<b>5 DISKUSE .....</b>	<b>57</b>
5.1 DISKUSE K TEORETICKÉ ČÁSTI .....	57
5.2 MOŽNOSTI VYUŽITÍ POZNATKŮ V TERAPII .....	60
5.3 DISKUSE K PRAKTICKÉ ČÁSTI .....	64
5.3.1 Diskuse k hypotéze č. 1.....	64
5.3.2 Diskuse k hypotéze č. 2.....	67
5.3.3 Diskuse k hypotéze č. 3.....	68
5.4 LIMITY STUDIE .....	70

<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENČNÍ SEZNAM .....</b>	<b>72</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>80</b>
<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>81</b>

## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

B - bolest

CNS – centrální nervový systém

C-Th – cerviko-thorakální

DCD - Developmental Coordination Disorder

DK/DKK – dolní končetina/y

EEG - elektroencefalografie

EMG - elektromyografie

Glx - glutamát

HK/HKK – horní končetina/y

Cho - cholin

KRBS – komplexní regionální bolestivý syndrom

LBP – low back pain

Lp – bederní páteř

m. - musculus

M1 – primární motorická kůra

M2 – sekundární motorická kůra

mI - myo-inositol

NAA - N-acetylaspartát

S1 – primární sensorická kůra

S2 – sekundární sensorická kůra

SS - somatosenzorický

SF-MPQ - Short Form McGill Pain Questionnaire

TENS – transkutánní elektroneurostimulace

VAS – vertebrogenní algický syndrom / vizuální analogová škála (vyplývá z kontextu)

## ÚVOD

Chronické bolesti zad představují v současné době velký jak medicínský, tak i společensko-ekonomický problém. Vertebrogenní algický syndrom je uváděn jako jedna z nejčastějších příčin pracovní neschopnosti i dlouhodobé invalidizace. Ačkoli je toto téma neustále předmětem zájmu mnoha studií, dosud se nepodařilo objasnit všechny příčiny přetrvávání chronické bolesti, jejichž znalost by pomohla zefektivnit terapii této diagnózy.

V etiologii dysfunkcí a chronických bolestivých stavů pohybového systému hraje důležitou roli kvalita korových funkcí. Vliv bolesti na neuromuskulární kontrolu je známý, přesné neurofyziologické mechanismy těchto změn však zatím úplně objasněny nebyly. Nelze ani jednoznačně říci, jestli bolest způsobuje poruchu v řízení motoriky, nebo zda porucha v řídicích mechanismech vede k rozvoji bolesti, případně obojí.

Tato diplomová práce vznikla s cílem ověřit hypotézu, že u jedinců trpících chronickou bolestí zad dochází ke změnám v somatosenzorickém systému, což se může projevat mimo jiné zhoršenou schopností vnímání těla a sníženou kvalitou percepce podnětů, polohy a pohybu tělesných segmentů prostřednictvím taktilního a propioceptivního vnímání. V teoretické části se snažíme tuto hypotézu podložit fakty publikovanými v odborné světové literatuře. Ve speciální části poté chceme tyto poznatky prokázat v praxi porovnáním vyšetřených grafestetických, propioceptivních a somatognostických funkcí u pacientů s chronickými bolestmi zad a kontrolní skupiny.

# 1 PŘEHLED POZNATKŮ

## 1.1 SOMATOSENZORICKÝ SYSTÉM

Již z 19. století pochází pilotní studie vědců Webera a Fechnera, kteří se zabývali oborem senzorní psychofyzika. Ve svém výzkumu zjistili, že i přes různorodost vjemů, které pociťujeme, vysílají všechny aktuálně stimulované smyslové systémy vždy jen čtyři základní typy informací o daném podnětu - jeho modalitu, lokalizaci, intenzitu a dobu trvání. Tyto 4 atributy vytvářejí společně náš senzorní vjem. Francouzský filozof Auguste Comte přišel v této době s tvrzením, že lidská mysl je po narození *tabula rasa*, tedy nepopsaný list, na kterém teprve prožitky a zkušenosti zanechávají své stopy. Další výzkumy v oblasti fyziologie smyslů však jeho myšlenky popřely. Podle novějších teorií není mysl novorozence nepopsaný list a vnímání okolního světa není jen na základě pasivního přijímání informací. Ve skutečnosti náš mozek nereaguje na všechny podněty působící v danou chvíli na organismus. Nervový systém si vybírá pouze určité části informací z každého podnětu, zatímco ostatní ignoruje, a následně tyto informace interpretuje v kontextu s předchozími zkušenostmi. (Gardner, Martin in Kandel et al., 2012, s. 412-413)

Podle kvality a složitosti podnětu lze rozeznávat čítí elementární – dotyk, tah, tlak, vibrace, bolest a syntetické – rozlišení dvou bodů (diskriminační čítí), statestezie (určení polohy), kinestezie (určení pohybu), barestezie (vnímání váhy a tlaku), planestezie (rozpoznání rovné či křivé čáry, určení tvaru geometrického obrazce) a grafestezie (rozpoznávání písmen). Patří sem i topoestezie (určení místa dotyku), somatognozie (orientace na vlastním těle) a stereognozie (rozpoznávání předmětů hmatem). (Ganong, 2005, s. 91)

### 1.1.1 Jednotlivé modality čítí

#### TAKTILNÍ ČÍTÍ (dotyk, tlak)

Receptory pro dotyk a tlak (mechanoceptory) jsou uloženy v kůži, kde detekují a transformují do podoby elektrického signálu mechanické podněty působící na povrch těla. Pro rozlišení rozdílných kvalit mechanického podnětu existuje v kůži několik typů těchto čidel. Aktivita všech v daném okamžiku podrážděných mechanoceptorů se následně v CNS spojuje v komplexní taktilní vjem, který nám umožňuje rozpoznat tvary, strukturu povrchu nebo tvrdost ohmatávaného předmětu. Hustota taktilních kožních receptorů není všude stejná. Vysoká je například na špičce jazyka, bříškách

prstů nebo na rtech, nízká naopak na zádech či chodidlech. S hustotou kožních mechanoceptorů koreluje i taktilní citlivost příslušné tělesné partie, která však závisí i na dalších faktorech. Důležitou úlohu v její determinaci mají mj. vyšší etáže CNS, především mozková kůra. (Moller, 2003, s. 116)

## TERMICKÉ ČITÍ

Termické podněty registrují termoreceptory, což jsou volná nervová zakončení aferentních nervových vláken typu A $\delta$  a C.

Podle teploty objektu, který se dostane do kontaktu s kůží, rozlišujeme chladové receptory (maximum jejich aktivace se objevuje při teplotách 10-30°C, mohou však být paradoxně podrážděny i teplotu vyšší než 45°C) a tepelné receptory (reagují na teploty 40-45°C). (Ganong, 2005, s. 93)

## HLUBOKÉ ČITÍ (propriocepce)

Propriocepce je vnímání aferentních informací přicházející z kloubů, svalů a šlach. Tyto vjemy jsou zpracovány na třech úrovních CNS – spinální, subkortikální (mozkový kmen a mozeček) a kortikální, což zajišťuje adekvátní neuromuskulární výstup pro plynulé a přesné provedení pohybu. Proprioceptivní informace je zpracována na prvních dvou úrovních nevědomě, v mozkové kůře pak za účasti vědomí. Vědomá složka proprioceptivního vnímání zahrnuje uvědomění si polohy v kloubu v klidu a během pasivního nebo aktivního pohybu tělesného segmentu. (Koumantakis et al., 2002)

Hluboké čítí má tři kvality: polohocit (statestézie), který informuje o vzájemné poloze jednotlivých částí těla a postavení kloubů, polohocit (kinestézie), registrující pohyby a rychlost pohybu, a silový smysl, umožňující odhad svalové síly a odporu během pohybu. Jako proprioceptory fungují Ruffiniformní a Paciniformní tělíška (lokalizovaná v kloubních pouzdrech a vazech), svalová vřeténka, Golgiho šlachová tělíška a Ruffiniho tělíška uložená v korigiu. (Moller, 2003, s. 80)

## GRAFESTEZIE

Grafestézie je schopnost rozeznávat číslice nebo písmena psaná na kůži s vyloučením zraku. Jde o komplexní fenomén, který zjednodušeně zahrnuje dekódování a přenos sensorického impulsu vzniklého na periférii do mozkové kůry,

jeho interpretaci a zmapování stimulu ve virtuálním prostoru a poté jeho konverzi do sémantické podoby. (Moller, 2003, s. 65)

### VIBRAČNÍ ČITÍ (palestezie)

Palestezie je schopnost vnímat rytmickou vibrační stimulaci. Přiložíme-li na povrch kůže rozezvučenou ladičku, pocítujeme bzučení nebo chvění, které je nejsilnější, když je ladička přiložena nad kosti. Tento vjem je zprostředkován receptory pro dotyk, zejména Pacciniho tělísky, ale nezbytný je současně i časový faktor. Jako vibrace je vnímán sled pravidelně se opakujících tlakových podnětů. Vibrační cití je v těsné vazbě s propiocepcí, při poškození jednoho typu cití bývá obvykle poškozen i druhý typ. (Ganong, 2005, s. 153)

### DVOUBODOVÁ DISKRIMINACE

Dvoubodová diskriminace je schopnost rozpoznat dva současné taktilní podněty od jednoho. Minimální vzdálenost potřebná pro to, aby byly vnímány dva samostatné podněty aplikované na kůži, se nazývá prostorový práh. Závisí na dotykovém cití a na korové složce, která umožňuje identifikaci jednoho nebo dvou podnětů. Jeho velikost kolísá podle místa tělesného povrchu. Nejmenší je tam, kde je největší hustota dotykových receptorů. Například na zádech musí být vzdálenost dvou bodů od sebe minimálně 65 mm, aby mohly být rozlišeny jako oddělené body, zatímco na bříškách prstů mohou být dva body vnímány odděleně už při vzdálenosti 3 mm. (Ganong, 2005, s. 154)

### STEREOGNOZIE

Stereognostickou funkci můžeme charakterizovat jako schopnost prostorového vnímání kontaktu se zevním prostředím (s vyloučením zraku) ve vztahu k našemu tělesnému schématu. Kontaktně rozeznat okolí je základním předpokladem pro účelový pohyb a úzce souvisí se schopností provádět izolovaný pohyb. (Kolář in Kraus, 2005, s. 96)

Tato schopnost závisí na relativně nepoškozeném dotykovém a tlakovém cití, ale je změněna i při poškození zadních míšních provazců. Poruchy stereognozie bývají časným příznakem poškození mozkové kůry a někdy se objevují při absenci jakéhokoliv zjiitelného defektu ve vnímání dotyku a tlaku, když je léze v parietálním laloku lokalizována posteriorně od postcentrálního gyru.

Zrání stereognostických funkcí je spojeno s vývojem motoriky. Stereognostické funkce, podobně jako motorické, uzrávají postupně v pevně daném chronologickém uspořádání. To znamená, že podle zralosti stereognostických funkcí je možné určit motorickou zralost a opačně. (Kolář in Kraus, 2005, s. 96)

### SOMATOGNOZIE, BODY SCHEMA, BODY IMAGE

Definice těchto pojmů není v literatuře zcela jednotná. Někdy vyjadřují stejnou funkci, jindy jsou striktně odděleny a popsány samostatně.

Somatognozie představuje schopnost správně identifikovat vlastní tělo a vědomí určující vztahy mezi osobou a okolím. Při zlepšení somatognozie dochází ke zlepšení pohybové kvality. (Kolář, 2007)

Tělesné schéma je definováno jako mentální prezentace vlastního těla a má tři složky: 1. kognitivní - představa o rozměrech těla jako celku, o rozměrech jednotlivých částí a jejich vzájemném poměru; 2. emotivní - vztah k vlastnímu tělu jako celku, k jeho jednotlivým částem a vztah k vlastní tělesnosti vůbec a 3. behaviorální - aktivity vedoucí k ovlivnění vzhledu našeho těla.

Body image (tělesné sebepojetí) je způsob, jakým člověk přemýšlí o svém těle, jak ho vnímá a cítí. Má vliv na chování jedince a pocit životní pohody. (Grogan, 2000) Kolář pod pojem body image označuje souhrnně funkce stereognostické, dvoubodovou diskriminaci, grafestezi, polohocit, pohybovit a další senzitivní funkce. Jen správná kvalita senzitivních funkcí zajistí dokonalou představu o vlastním těle. Kvalita tohoto vnímání do značné míry ovlivňuje i kvalitu motoriky, proto je v rehabilitaci velmi důležitá. (Kolář et al., 2009, s. 306)

#### 1.1.2 Somatosenzorické dráhy a korové projekce

Vlákna vedoucí aferentaci jednotlivých modalit čítí jdou do spinálních ganglií, odkud pokračují do zadních míšních kořenů nebo rovnou do vyšších přepojovacích center, kam jsou vedeny drahami lemniskálního (taktilní čítí a propiocepce) a anterolaterálního systému (bolest, teplo, chlad a částečně i taktilní informace) do thalamu.

Korová projekční oblast somatosenzorického systému zahrnuje tři oddíly: přední parietální korovou oblast, zadní parietální korovou oblast a sekundární somatosenzorickou korovou oblast.

Přední parietální korová oblast je uložena v gyrus postcentralis a na mediální ploše hemisféry. Zahrnuje Brodmannova pole 3a, 3b, 1 a 2. Pole 3a a 3b představují z funkčního hlediska primární somatosenzorickou kůru (S1), tj. strukturu, která dekoduje somatosenzorické informace a přeměňuje je v počitek. Oblast 3a zpracovává signály přicházející z proprioreceptorů, pole 3b z taktilních receptorů. Mechanismy zajišťující vnímání bolesti a teploty jsou zřejmě lokalizovány již na subkortikální úrovni. Pole 1 a 2 plní funkci sekundární kůry somatosenzorického systému (S2), která spojuje elementární somatosenzorické počítky (vznikající v primární somatosenzorické kůře) v komplexnější smyslový vjem.

Přední parietální korová oblast přijímá a zpracovává informace přicházející z povrchu kontralaterální poloviny těla a terminály projekčních axonů jsou charakteristicky somatotopicky uspořádány tak, že různé části těla jsou reprezentovány a uspořádány podél gyrus postcentralis. Takto jsou v gyrus postcentralis nejen detailně lokalizována vlákna z různých částí těla, ale je zde zobrazena i velikost korových percepčních oblastí pro vzruchy z jednotlivých oblastí těla, která je úměrná počtu receptorů v dané oblasti. Výsledkem je zmapování jednotlivých partií tělesného povrchu do kůry postcentrálního a paracentrálního gyru. Korové projekční oblasti pro čítí např. z chodidla nebo ze zad jsou u zdravých jedinců relativně malé, naopak mnohem větší je např. oblast odpovídající vzruchům přicházejícím z ruky a rtů. (Gardner, Martin in Kandel et al., 2012, s. 418)

Při poškození přední parietální korové oblasti je somatosenzorické čítí zhoršeno, ale nezaniká úplně. Korovou lézí trpí nejvíce jemné taktilní čítí a propiocepce, méně pak vnímání tepla, a citlivost pro bolest téměř vůbec ne. Z toho vyplývá, že percepce bolesti není zajišťována pouze somatosenzorickou kůrou, ale velkou měrou se zde podílejí i subkortikální struktury, a to především thalamus, limbický systém a retikulární formace mozkového kmene. Somatosenzorická kůra má zřejmě význam jen pro přesnější rozlišení kvality, intenzity a lokalizace bolestivých podnětů. (Králíček, 2004, s. 113)

Zadní parietální korová oblast se nachází v oblasti lobulus parietalis superior et inferior a zahrnuje Brodmannova pole 5a, 5b, 7a, 7b, 39 a 40. K somatosenzorickým funkcím má vztah pouze rostrální část této oblasti zahrnující pole 5a, 5b a 7b. Vstupní informace dostává tato část především z přední parietální korové oblasti. Hlavní informační výstup směřuje do motorických oblastí frontálního laloku. Důležitý je také reciproční spoj zadní parietální oblasti s limbickým systémem. Ve spolupráci s jeho

motivačními centry je generován takový vzorec chování, který směřuje pozornost organismu na somatosenzorický podnět působící na povrch těla.

Sekundární somatosenzorická korová oblast je lokalizována v parietálním laloku. Je recipročně propojena s výše uvedenými somatosenzorickými korovými oblastmi a ventrobazálním jaderným komplexem thalamu. Její funkce je dosud málo jasná. Pravděpodobně má vztah k taktilnímu učení a paměti.

Vnímání místa působení mechanického podnětu je umožněno somatotopickou organizací projekčních a kortikálních neuronů. Tzn. tělesný povrch je prostřednictvím specifických neuronálních spojů přesně zmapován do struktur CNS, které mají vztah k přenosu a zpracování somatosenzorických informací. (Gardner, Martin in Kandel et al., 2012, s. 420)

### 1.1.3 Význam somatosenzorické aference

Senzorická aference je důležitým kontrolním činitelem pro řízení motorické funkce. Proto tam, kde chybí povrchové i hluboké čítí, scházejí zpětnovazebné informace a motorická funkce je nedokonalá. Chybí zpětná vazba nutná pro kontrolu probíhajícího pohybu. (Véle, 2006, s. 20).

Senzitivní a motorické funkce jsou velmi úzce propojeny. Správné čítí je nezbytným předpokladem dobré kvality jakéhokoliv cíleného pohybu i opěrné motoriky. Aferentní signalizace má pro realizaci pohybu tak velký význam, že bez ní nelze koordinovaný pohyb v podstatě vůbec provést. Uvedenému předpokladu odpovídá i fakt, že počet ascendentních spinálních drah je výrazně vyšší než počet descendentních. (Kolář et al., 2009, s. 33 a 66)

Protože CNS řídí pohyb na podkladě zpracování aferentní signalizace jak z vnějšího, tak z vnitřního prostředí, je pohyb velice závislý na senzorych podnětech, odtud výraz „senzomotorika“. (Véle, 1997, s. 12)

## 1.2 BOLEST

Vnímání bolesti a reakce na ni jsou výsledkem složitých interakcí mnoha faktorů, a najít jednoznačnou definici je proto obtížné. Existuje mnoho teorií, které se snaží bolest popsat a vysvětlit. V každé z nich je zdůrazněna vždy určitá složka bolesti. Mezinárodní asociace pro studium bolesti (IASP) v roce 1979 zveřejnila definici bolesti, kterou přijala také Světová zdravotnická organizace (WHO):

„Bolest je nepříjemný smyslový a pocitový zážitek, který je spojen se skutečným nebo potenciálním poškozením tkání, anebo který je pojmy takového poškození popisován. Bolest je vždy subjektivní a je prožívána jako tělesný fenomén, a není tedy pouhým procesem senzoričského vnímání.“

### 1.2.1 Korová projekce bolesti

Na míšní úrovni existuje specifická distribuce percepce podle typu bolesti. Odtud je vedena do mozku pěti drahami - anterolaterální, spinoretikulothalamickou, spinoparabrachiohypotalamickou, spinoparabrachioamygdalární a dráhou zadních míšních provazců. Těmito drahami jsou vedeny nocicepční vzruchy do retikulární formace, amygdaly, mediálního a laterálního thalamu, parabrachiální oblasti a hypotalamu. Nocicepční vzruchy tedy procházejí strukturami, které ovlivňují vigilitu, pozornost, „nabuzení“ (arousal), afekty a motivaci.

Po dalším synaptickém přepojení pokračuje vzestupná vzrušovací aktivita do somatosenzoričského kortexu a do dalších oblastí CNS (cingulární a prefrontální kůra, zadní parietální komplex). Zde dochází k transformaci vzrušovací aktivity na psychickou úroveň, vzniká somatosenzoričská a afektivní kvalita, pocit bolesti. Zhruba současně dochází k aktivaci motorické kůry, ze které vychází descendentní vzrušovací aktivita. Tyto sestupné dráhy míří jednak zpět do laterálního thalamu, a jednak na úroveň míšních segmentů, kterými vstupují nocicepční vzruchy z periferie do CNS. Regulují tak otevírání a zavírání Melzack-Wallových vrátek na základě centrálních procesů, tedy i aktuálních psychických procesů. (Melzack, Casey, 1968, s. 429–430)

V mozkové kůře jsou signály vedoucí ostrou, přímou bolest lokalizovány v gyrus postcentralis, tupá, nespecifická bolest se nachází spíše v prefrontálních oblastech a v oblasti gyrus cinguli.

Průchod nociceptivního signálu aferentními systémy zásadní mírou ovlivňuje kontrolní systémy senzitivních drah. Celková odezva systému na nociceptivní iritaci závisí na intenzitě, rozsahu a době trvání dráždění na jedné straně a centrální modulaci nociceptivního signálu na straně druhé. Rozdílnou odezvu vyvolá také akutní ve srovnání s chronickým drážděním a záleží také, zda stimulus proniká do vědomí nebo ne. (Wall, Melzack, 1999, s. 814)

### 1.2.2 Vnímání bolesti

Percepce bolesti, stejně jako vnímání ostatních senzoričkových modalit, je výsledkem souběhu třech od sebe neoddělitelných procesů – vzniku, vedení a zpracování (modulace, interpretace) nociceptivní informace.

Bolestivý vjem může vznikat v CNS bez přítomnosti odpovídajícího periferního stimulu, ve většině případů se však jedná o výsledek dráždění periferních nocisenzorů. Pokud nociceptivní stimul pronikne do vědomí, může být vnímán jako bolest. Důležitý je fakt, že každá nociceptivní aference, která projde zadním míšním rohem, mění motorický výstup.

Za pocit bolesti a odpověď na ni (zejména motorický výstup) je zodpovědný akční systém, který je uveden v činnost při překročení určité kritické hranice integrovaných výbojů. Nemusí však být aktivován jen bolestivými podněty, reaguje i na signály z kůže a z ostatních senzoričkových systémů. Je lokalizován v retikulární formaci a limbickém systému. (Gardner et al. in Kandel et al., 2012, s. 431)

Nociceptivní systém člověka představuje složitou soustavu zahrnující periferní percepci bolestivých podnětů, jejich analýzu v CNS a složitou interakci s descendními, bolest modulujícími systémy a kortikálními systémy kognitivního a afektivního zpracování. (Kozák et al., 2002)

## 1.3 CHRONICKÉ BOLESTI ZAD

Pohled na etiologii a patogenezi vertebrogenních poruch se v posledních letech stále vyvíjí, přesto však u vysokého procenta pacientů nelze stanovit definitivní diagnózu vzhledem k nedostatečné vazbě mezi příznaky, patologickými změnami a výsledky zobrazovacích metod. Hlavním důvodem se zdá být nedostatečná znalost složitých funkčních změn, které nacházíme při klinickém vyšetření. (Kolář et al., 2009, s. 450)

Jakmile bolest ztratí signální úlohu a trvá i po odstranění její příčiny, stává se samostatným syndromem, se všemi vlastnostmi chronické nemoci. Z anglosaské literatury proniká do našich odborných publikací stále častěji termín low back pain syndrom (LBP), tedy bolesti dolní části zad.

### 1.3.1 Patofyziologické mechanismy bolestí zad

Vznik bolestí zad je výsledkem multifaktoriálního komplexního procesu, na němž se podílejí anatomické, patofyziologické a psychosociální faktory. Proto přesně zjistit zdroj bolestí u vertebrogenních obtíží je nesnadné a většinou i nemožné.

V případě, kdy vznik bolesti a dalších reflexních změn nemá jasně definovaný organický korelát a zobrazovacími metodami není prokázáno žádné strukturální poškození, se jedná o funkční poruchu způsobující bolesti zad. (Allat, 1994)

Protože pohybový aparát je podřízen naší vůli, nemá jiné možnosti, než se bránit tím, že nám působí bolest. Naše volní činnost je tak udržována v únosných mezích právě díky bolesti. Z tohoto důvodu je pohybová soustava nejčastějším zdrojem bolesti v lidském organismu a není náhoda ani fakt, že přenesená bolest z jiných systémů je většinou pocíťována v různých částech pohybového aparátu. (Lewit, 2001)

### 1.3.2 Proces chronizace bolesti

Na vzniku, rozvoji a udržování chronické bolesti se podílí celá řada mechanismů. Z neurofyziologického hlediska jde zejména o periferní a centrální mechanismy bolesti.

Mezi periferní mechanismy patří proces periferní senzitivace, kdy působením prolongovaných a opakovaných bolestivých podnětů dochází ke snížení prahu bolesti, a tedy k nadprahové stimulaci, která je promítána do vyšších struktur CNS. Periferní senzitivace se klinicky projevuje jako hyperalgezie (zvýšená reaktivita na bolestivý podnět) a alodynie (vnímání bolesti při podnětu nebolestivém). (Melzack, 2005)

Pro vývoj a udržování chronické bolesti se zdá být významnější proces centrální senzitivace. Jde o snížení descendentních inhibičních vlivů na nociceptory druhého řádu (v zadních rozích míšních) a stálou aktivitu těchto neuronů, která vede k poklesu aktivačního prahu a nárůstu klidového membránového potenciálu. Klinicky se tyto změny projevují jako sekundární hyperalgezie a alodynie. Vlivem sekundární hyperalgezie vzniká bolest prokazatelně nepoškozené tkáně. Tato situace se nejspíše vyskytuje u pacientů s chronickou bolestí, u kterých nenalezneme významnou strukturální patologii. Dále dochází pravděpodobně ke zvýšení aktivity descendentních facilitačních mechanismů a ke strukturálním a funkčním změnám na úrovni sekundárních nociceptorů (zmnožení synapsí, neurotransmiterů apod.), čímž se rozšiřuje receptorové pole v zadních rozích míšních. Tyto změny se klinicky manifestují rozšířením zóny bolesti. (Ebenbichler et al., 2001)

Flor uvádí další podstatné mechanismy podílející se na přetrvávání bolesti. Zmiňuje např. tvorbu paměťových stop bolesti, které zůstávají aktivované i po odstranění periferní patologie, a mohou tak zprostředkovávat percepci bolesti i bez přítomnosti bolestivé stimulace. Tyto skryté „pain memories“ jsou založeny na přestavbě mozkových neuronů, jejichž aktivita není přístupná vědomí, ale vede ke změnám v chování a vnímání. (Flor, 2003) Dalším podstatným faktorem majícím význam pro pochopení procesu chronizace bolesti jsou změny v kortikální reprezentaci, o kterých bude pojednáno dále.

## 1.4 DŮSLEDKY CHRONICKÉ BOLESTI

Chronická bolest zad je provázena celou řadou poruch senzoričkových a motorických funkcí. Změněná somatosenzoričková kontrola u pacientů s LBP byla popsána již v mnoha studiích, jednotliví autoři se však většinou ve vysvětlení mechanismu vzniku těchto změn neshodují. Nelze ani jednoznačně říci, jestli bolest způsobuje poruchu v řízení motoriky, nebo zda porucha v řídicích mechanismech vede k rozvoji bolesti, případně obojí. (Hodges, Moseley, 2003)

Vliv bolesti na neuromuskulární kontrolu je dobře známý. Přesné neurofyziologické mechanismy těchto změn však úplně objasněny nebyly. V literatuře jsou popsány mechanismy typu reflexní inhibice v důsledku bolesti či změny propriocepce a jiných aferentních informací, které se snaží vysvětlit poruchu neuromuskulární kontroly. Je však třeba brát v úvahu i řadu supraspinálních vlivů, které vedou k poruchám rovnovážných reakcí, posturální stabilizace, snížení reakčních schopností nebo opoždění aktivace posturálních svalů v souvislosti s pohybem končetin. (Sterling et al., 2001)

Mozkové struktury zpracovávající aferentní inputy jsou propojené se strukturami zodpovědnými za zpracování motorických informací v gyrus precentralis i postcentralis. Kromě toho existuje i těsný anatomický vztah mezi somatosenzoričkovou informací a motorickou odpovědí v primárních oblastech kůry. Například neustálý přívod nociceptivních informací do mozku (u chronické bolesti), může potenciálně ovlivnit motorickou reakci a kontrolní systémy. Stejný mechanismus platí i obráceně, kdy určitý pohyb (cvičení) může modulovat nocicepci. (Sterling et al., 2001)

Starší teorie předpokládaly relativně jednoduché mechanismy vysvětlující přizpůsobení se bolesti, jako např. přímý vstup z nociceptivní aference na motoneurony,

inhibici a facilitaci interneuronů a okruhů v míše a mozkovém kmeni nebo zvýšenou citlivost svalových vřetének. Nedávné práce však přišly se složitějšími mechanismy. Popsaly například změny v excitabilitě a organizaci motorického kortexu a komplexnější změny v plánování motorické odpovědi. (Hodges, 2011)

V následujících kapitolách budou uvedeny poruchy jednotlivých součástí systému zajišťujícího senzomotorickou kontrolu u pacientů s LBP.

#### **1.4.1 Změny v motorickém chování**

Bolestivá interpretace nocicepce vede k vědomé i nevědomé změně pohybového chování. Při vnímání bolesti se snaží postižený šetřit ten segment pohybové soustavy, který bolest vyvolává, zaujímá úlevovou polohu a omezuje vědomě svoji veškerou činnost. (Véle, 1997, s. 79)

Adaptace v oblasti motorického chování bývá prospěšná a výhodná v období akutní bolesti a má pouze krátkodobé trvání. Její selhání nebo nedostatečnost v této fázi, stejně jako její přetrvávání delší dobu, představuje riziko dalšího poškození tkání a nervového systému. Strategie sloužící k eliminaci bolestivého podnětu jsou různé. Například obranné reflexy, snížení možné rychlosti a síly pohybu, změny ve svalovém napětí a svalové aktivitě s cílem omezení pohyblivosti bolestivého segmentu nebo změny v distribuci zátěže, které vedou k odlehčení narušené struktury a snížení bolesti. Některé mechanismy jsou koordinovány z nižších úrovní CNS, jiné, komplexnější, vyžadují plánování a vyšší zpracování. (Hodges, 2011)

Pohyby trupu jsou obecně pro pacienty s LBP ve srovnání se zdravými jedinci namáhavější a často navíc zhoršují bolest. Jako potenciální vysvětlení tohoto faktu se jeví např. skutečnost, že pohyb stimuluje nociceptory v bolestivé oblasti, nebo že je díky poškození struktur v dané oblasti narušena proprioceptivní informace. Případně dojde ke změně informace vedené do mozku v průběhu vedení, chybné interpretaci v mozku a následné chybně zvolené motorické strategii a změněnému vzorci chování, možná i díky strachu z bolesti nebo zranění. Jiné možné vysvětlení, které ale zatím nebylo podloženo, je neschopnost mozku integrovat aktuální tělesné schéma a probíhající motorický proces. (Bray, Moseley, 2011)

### 1.4.2 Změny motorického řízení

Dřívější studie viděly vysvětlení poruchy funkce trupového svalstva a obtíží pacientů s LBP zejména ve ztrátě síly a vytrvalostní schopnosti svalů v oblasti bederní páteře. S postupem času se však autoři více přiklánějí k teorii možné poruchy řídicí funkce motoriky. (Hodges, Moseley, 2003)

Lumbální oblast je rozsáhlý a složitý region, který potřebuje pro správné fungování, stabilizaci a pohyb páteře velmi přesné řízení a kontrolní mechanismy.

Již Panjabi v 90. letech napsal výrok, že svaly trupu musí mít sice dostatečnou sílu a vytrvalost, aby zajistily adekvátní stabilizaci páteře, ale vlastní účinnost svalového systému je závislá na vyšším centru řízení – CNS. (Panjabi, 1992)

Další výzkumy prokázaly, že přítomnost bolesti vede k inhibici nebo opoždění aktivace určitých svalů nebo svalových skupin, a tím dojde k narušení jejich synergistické funkce. To má za následek změny v náboru motorických jednotek a aktivaci svalových vláken během funkčního pohybu. Přítomnost této inhibice byla prokázána zejména ve svalech, které jsou uloženy v hloubce kolem kloubů, a jejichž synergistická funkce je zodpovědná za kontrolu stabilizace příslušných kloubů. (Sterling et al., 2001)

Aktivace trupových svalů předchází jakémukoli pohybu končetin, čímž je zajištěna stabilita trupu a při následném působení reakčních sil vyvolaných pohybem končetiny nedojde k vychýlení těžiště a ztrátě stability (feedforward - posturální anticipace). K tomu je potřeba správná interpretace aferentních signálů přicházejících do mozku z periferie a správně fungující řídicí mechanismy CNS (feedback - senzorická zpětná vazba). Hodges a Richardson popsali u pacientů s bolestmi zad změny v začátku kontrakce hlubokých a povrchových vrstev trupových svalů, jejichž aktivace by měla předcházet pohybu končetin. Změny ve feedforward aktivaci byly zaznamenány nejvýrazněji v m. transversus abdominis. Tento sval se při pohybu končetin zapojoval u pacientů s chronickým LBP s výrazným zpožděním. Oproti tomu u zdravých jedinců bez bolestí zad kontrakce m. transversus abdominis předcházela aktivaci svalů vykonávajících pohyb končetin. Toto zpoždění bylo pozorováno i při experimentálně indukované bolesti aplikací hypertonického solného roztoku intramuskulárně do m. longissimus v oblasti L4, ale i u jedinců, kteří měli v anamnéze LBP, ale v současnosti neměli subjektivně žádné bolesti. Autoři se domnívají, že tyto výsledky svědčí pro poruchu motorické kontroly, jejímž důsledkem je snížená schopnost stabilizace páteře. (Hodges, Richardson, 1996)

Ačkoli se tato studie věnuje pouze opoždění aktivace, je to jen jeden z parametrů, který odráží změnu v řídicí funkci. Dále bylo pozorováno např. snížení tonické aktivity m. transversus abdominis během opakovaného pohybu trupu a končetin při experimentálně indukované bolesti (Cresswell et al., 1992) nebo změny EMG aktivity m. rectus abdominis u pacientů s LBP při úkolu vtažení břišní stěny. (O'Sullivan et al., 1998)

Ačkoli jsou tyto změny v motorickém řízení většinou iniciovány vznikem bolesti a poškozením tkáně, není výjimkou, že přetrvávají i po akutní fázi, a vedou tak ke chronizaci muskuloskeletálních obtíží. (Sterling et al., 2001)

Na rozdíl od svalů končetin mají trupové svaly ještě další funkce než jen stabilizace a pohyb trupu. Porucha v jejich řízení a koordinaci má proto u pacientů s LBP dopad i např. na respirační funkci nebo vyprazdňování. (Hodges, Gandevia, 2000)

### 1.4.3 Změny svalové aktivity

Jak již bylo zmíněno, při nociceptivním dráždění dochází k adaptaci, na základě které je změněna odpověď nervového systému s cílem eliminovat ohrožující podnět a ochránit příslušnou tkáň. Pro splnění tohoto cíle je k dispozici řada mechanismů. V některých případech dochází ke snížení aktivity svalů, jindy ke zvýšení, případně se kombinuje obojí. Studie reaktivity kortikálních motorických drah prokázaly, že svaly mohou být aktivovány různě. Například nociceptivní stimul v oblasti ruky zvyšuje dráždivost svalů ruky, ale zároveň snižuje dráždivost svalů proximálně v oblasti paže a šíje. Nedávné studie prokázaly podobný vliv na různou distribuci aktivity v oblasti břišních svalů při bolestech zad. Zde dochází ke snížené aktivitě m. transversus abdominis, zatímco m. obliquus externus abdominis je dráždivější. K redistribuci aktivity může dojít i v rámci jednoho svalu nerovnoměrným pálením jednotlivých motorických jednotek. U některých svalů lze adaptaci svalové aktivity předpokládat (např. na končetinách), v komplexním systému jako je trup to však tak snadno nelze. (Hodges, 2011)

Zvýšená svalová aktivita jako reakce na bolest má potenciálně protektivní význam. Prostřednictvím informace přiváděné C vlákny dochází na úrovni míchy k centrální senzitivizaci. Zvýší se aktivita excitačních interneuronů, a tím i dráždivost  $\alpha$ -motoneuronů a excitabilita svalových vřetének prostřednictvím  $\gamma$ -motoneuronů. Tyto

centrální změny na úrovni míchy přispívají k modifikaci senzorycké informace a motorické odpovědi a mohou přetrvávat i po odeznění periferní patologie. (Hodges, 2011)

Bolest může i inhibovat volní a reflexní kontrakci stejného svalu. (Ebenbichler et al., 2001) Shakespeare prokázal, že inhibice v důsledku bolesti, která způsobuje ztrátu maximální kontrakce, přetrvává i po odeznění bolesti. Reflex je způsoben inhibicí  $\alpha$ -motoneuronů v předních rozích míšních prostřednictvím aferentní vláken z postiženého kloubu. (Shakespeare et al., 1985) Hurley tento fakt zdůvodňuje tím, že při poškození kloubu dojde ke změně aferentace z postižených struktur, které tak přivádějí do míchy abnormální informaci vedoucí ke snížení excitability  $\alpha$ -motoneuronů, což má za následek snížení svalové síly příslušného svalu i po odeznění bolesti. K této inhibici nedochází jen na úrovni periferních kloubů, ale byla popsána i v případě intervertebrálních kloubů. (Hurley, 1997)

#### **1.4.4 Změny ve svalových vláknech**

Po poranění tkáně nedochází k poruše jen neuronálních kontrolních mechanismů, ale vznikají i lokální změny ve svalech, které mohou rovněž přispívat k poruše motorických funkcí a rozvoji a přetrvávání bolesti. (Sterling et al., 2001)

Histologickou analýzou lumbální porce m. multifidus byly u pacientů s výhřezem bederní meziobratlové ploténky pozorovány strukturální změny svalových vláken, kdy docházelo zejména k selektivní atrofii svalových vláken typu I. Autoři tento jev vysvětlují vlivem denervace, ischemií způsobenou svalovým spasmem nebo nadměrnou zátěží svalu. (Mattila et al., 1986).

Hides prokázal rovněž výraznou atrofii bederní části m. multifidus u pacientů s nespecifickými bolestmi zad na straně odpovídající symptomům a zjistil také, že tyto změny přetrvávají i po odeznění subjektivního pocitu bolesti. (Hides et al., 1996)

#### **1.4.5 Změny posturální stability, porucha rovnováhy**

U pacientů s chronickými bolestmi zad byla opakovaně prokázána porucha v posturální kontrole ve srovnání se zdravou populací. Tyto změny se projevují především v narušené posturální stabilitě a balančních mechanismech. Není ale zatím zcela jasné, zda horší posturální stabilita je důsledek nebo predisponující faktor LBP. Existují však důkazy, že jedinci se špatnou posturální stabilitou mají zvýšené riziko

LBP. Možným mechanismem ovlivňujícím zhoršení posturální stability je pravděpodobně snížení kvality jednotlivých modalit somatosenzorického systému, ale svou roli hrají i další faktory jako je strach z bolesti, náhradní pohybové strategie, snížená svalová síla a další. (Maribo, 2011)

Porucha rovnováhy byla prokázána u pacientů s LBP signifikantně většími výchyly center of pressure (COP) při vyšetření ve stoji na jedné i obou dolních končetinách. (Byl, Sinnott, 1991) Takala a Viikari-Juntura popsali i obrácený mechanismus, kdy při prokazatelné poruše rovnováhy má daný jedinec zvýšené riziko rozvoje LBP. (Takala, Viikari-Juntura, 2000)

#### **1.4.6 Změny v reakčních časech**

Další poruchou popsanou u pacientů s LBP jsou zpomalené reakce, což je spojeno se zvýšeným rizikem dalšího poranění muskuloskeletálního aparátu, zejména při sportu. (Hodges, Moseley, 2003) Zpomalené reakční časy lze vysvětlit mj. deficitem pozornosti při přítomné bolesti, neboť u těchto pacientů je značná část pozornosti věnována bolesti, což zpomaluje brysknost reakce. (Luoto et al., 1999)

Ve studii Venny byly u pacientů s LBP ve srovnání s kontrolní skupinou např. prokázány významně pomalejší reakce na končetinách při úkolu mačkání tlačítek v závislosti na světelném signálu, což autoři považují právě za důsledek přítomné bolesti. (Venna et al., 1994)

Popsán byl zatím přímý vliv nociceptivního nebo bolestivého stimulu na změnu v řídicích mechanismech. Bolest však může vyvolávat podobné změny i nepřímo, prostřednictvím psychosociálních aspektů bolesti, jako je afektivní složka, stres, strach či změna pozornosti. Je známo, že bolest upoutává pozornost jedince, což je prastarý mechanismus s přímým významem pro přežití organismu. Autoři této hypotézy vysvětlují dopad na řízení motoriky na této úrovni zjednodušeně tak, že u pacientů s LBP je příliš pozornosti soustředěno na bolest místo na přesnost plánování a generování pohybu, což ve svém důsledku vede k poruše koordinace pohybu. (Luoto et al., 1999)

Marras prokázal ve své studii výrazné změny v provádění motorického úkolu v klidném prostředí a pod vlivem stresogenních faktorů. (Marras et al., 2000)

Další možnou příčinou změn v oblasti řízení motoriky je strach spojený s pocitem bolesti. (Vlaeyen, Linton, 2000) U pacientů, kteří měli z bolesti výrazně větší strach, byla popsána snížená vytrvalostní schopnost paravertebrálních svalů a menší schopnost relaxace těchto svalů při flexi trupu v konečné pozici ve srovnání s jedinci, kteří strach neměli, a kontrolní skupinou. (Biederman et al., 1991)

Studie z posledních let nepotvrzují, že samotný strach z bolesti by způsoboval změny v motorickém řízení zaznamenané u pacientů s LBP, připouštějí však, že strach vyvolaný bolestí tyto změny minimálně potencuje. (Hodges, 2011)

#### **1.4.7 Změny senzoričkových funkcí**

Další důležitý faktor, který ovlivňuje přesnost řízení motoriky, je senzoričkový systém. Neadekvátní aferentní input má vliv na jakoukoli úroveň motorického řízení od prosté reflexní odpovědi až po komplexní složité pohyby, k jejichž generování je přesnost senzoričkové informace nezbytná. (Taimela et al., 1999) V literatuře byly popsány u pacientů s LBP např. poruchy propriocepce (Gill, Callaghan, 1998), poruchy taktilního vnímání a grafestezie v oblasti zad (Wand et al., 2010), poruchy body schema (Moseley, 2008) a další. Osborn a Smith dokonce popsali výskyt neglect syndromu, kdy pacienti s LBP nevnímají záda jako součást svého těla a cítí, že je nemají pod volní kontrolou. (Osborn, Smith, 2006)

Zpětná vazba zajišťovaná somatosenzoričkovým systémem poskytuje informace o probíhajících dějích pro centrum řízení. Bez zpětné vazby v několika etážích řízení není možný volní, diferencovaný a přesný pohyb. Realizuje se prostřednictvím fyziologických receptorů a jim odpovídajících drah a struktur CNS.

Jakákoli změna senzoričkové informace přicházející z periferie naruší řídicí funkci a projeví se v motorice. (Hodges, Moseley, 2003) Následně budou popsány změny jednotlivých modalit vyvolané bolestí u pacientů s LBP.

#### **ZMĚNY V TAKTILNÍM VNÍMÁNÍ**

U pacientů s chronickou bolestí bývá taktilní vnímání porušeno, a to dvěma možnými způsoby: mislokalizace nebo snížené vnímání taktilního stimulu. Mislokalizace, neboli chybné umístění podnětu na těle, je typická pro KRBS a pacienty s fantomovými bolestmi. Hodnocení poruchy vnímání taktilního stimulu se obvykle vyšetřuje pomocí grafestezie nebo dvoubodové diskriminace. (Lotze, Moseley, 2007)

Pro normální funkci percepce je nezbytná schopnost kůry neustále upravovat a přizpůsobovat rozložení senzoričtějšího homunkula v S1 oblasti. K vyšetření této schopnosti senzoričtější kůry může sloužit právě grafestezie nebo rozeznávání symbolů kreslených na záda. Schopnost rozlišit číslice psané na kůži vyžaduje nejen přesné taktilní vnímání, ale i integritu S1 a schopnost aktuální úpravy senzoričtějšího kortexu, aby se v mozku mohla vytvořit představa číslice nebo písmena, které bylo na kůži napsáno. (Wand et al., 2010)

Porucha přesnosti grafestezie a dvoubodové diskriminace v oblasti bederní páteře u pacientů s chronickými bolestmi zad byla prokázána v řadě studií. (Moseley, 2008; Luomajoki, Moseley, 2011)

Kumagai prokázala statisticky významný rozdíl v přesnosti grafestezie mezi pacienty s chronickými bolestmi v oblasti C-Th přechodu a kontrolní skupinou. Čísla byla u obou skupin respondentů psána na záda v oblasti lopatky na dominantní polovině těla. Kontrolní skupina měla při tomto vyšetření o 11,0% více správných odpovědí ve srovnání s pacienty. (Kumagai et al., 2011)

Wand vyšetřoval ve své studii práh taktilního vnímání, dvoubodovou diskriminaci a grafestezii v oblasti bederní páteře u pacientů s LBP a zdravé populace. Podle výsledků nezaznamenali signifikantní rozdíl mezi oběma skupinami v taktilním vnímání, ale v rozlišování vzdálenosti dvou bodů a čísel psaných na záda vykazovala skupina pacientů statisticky významné odchylky. Tyto výsledky potvrzují, že u pacientů s LBP jsou patrné specifické deficity senzoričtějších funkcí spojených s oblastí bederní páteře, což svědčí spíše pro kortikální než pro periferní dysfunkci jakožto příčinu jejich obtíží. (Wand et al., 2010)

U pacientů s unilaterální bolestí zad byl prokázán větší prostorový práh dvoubodové diskriminace na bolestivé straně. V případě bilaterální bolesti zad byla vnímaná vzdálenost dvou bodů výrazně větší než u zdravé kontrolní skupiny. V obou případech se vzdálenost ještě zvyšovala s rostoucí intenzitou bolesti. Tyto údaje mají významné klinické důsledky. Za prvé, vyšetření dvoubodové diskriminace se zdá být jako smysluplné a jednoduché klinické orientační hodnocení stavu S1 oblasti kůry. Za druhé, organizace S1 lze zlepšit cíleným tréninkem. A za třetí, jestliže body image souvisí s interpretací bolesti, terapie zaměřená na zlepšení tělesného schématu může snížit bolest a obráceně, léčba bolesti může normalizovat body image. (Lotze, Moseley, 2007)

Luomajoki a Moseley prokázali, že zvýšený prostorový práh dvoubodové diskriminace se vyskytuje pouze v bolestivé oblasti a koinciduje s poruchou body image. V jiných oblastech je dvoubodová diskriminace normální. (Luomajoki, Moseley, 2011)

Příčina porušené schopnosti grafestezie a dvoubodové diskriminace u pacientů s chronickými bolestmi zad pravděpodobně nesouvisí s poruchou aferentního přenosu signálu do mozkové kůry, neboť bylo u těchto pacientů prokázáno, že při elektricky evokované stimulaci kůže v oblasti zad není odpověď S1 kortexu opožděná ani snižená. (Flor et al., 1997)

Deficit se zdá být ve zpracování taktilní informace v mozku. Na vzniku poruchy tělesné percepce se podílí zejména kortikální reorganizace přítomná u pacientů s LBP. (Wand et al., 2010) I Maihöfner připisuje tyto změny reorganizaci centrálních somatických map v kůře, které vyvolal nociceptivní input. (Maihöfner et al., 2006)

Je ovšem také možné, že porucha dvoubodové diskriminace a grafestezie může být způsobena např. nedostatečnou pozorností, rušivými faktory apod. (Wand et al., 2010)

## ZMĚNY V PROPRIOCEPCI

Řada studií se již zabývala otázkou, zda mají pacienti s chronickými bolestmi zad porušené propioceptivní vnímání. Většina autorů prokázala u pacientů s LBP signifikantně větší odchylky při vyšetření polohocitu a pohybcitu v oblasti bederní páteře při flexi a extenzi trupu ve srovnání s kontrolní skupinou. (Newcomer et al., 2000; Gill, Callaghan, 1998; Lam et al., 1999; Taimela et al., 1999)

Kinestetické a statestetické vnímání je nezbytně důležitý smysl pro kontrolu a koordinaci našich pohybů. Neadekvátní aferentní informace přicházející z kloubů, svalů a šlach narušuje motorickou kontrolu, optimální timing aktivace svalů stabilizujících daný segment, a tím vystavuje tuto oblast zvýšenému riziku poškození a vzniku bolestí. (Lam et al., 1999)

Poruchy propiocepce jsou většinou popisovány v souvislosti s přímým poraněním struktur daného kloubu (kloubního pouzdra, labra, ligament nebo okolních svalů), kdy dojde k poškození receptorů zprostředkovávajících propiocepci. Jsou však popsány poruchy polohocitu a pohybcitu v postižené oblasti i u jedinců s nespecifickými bolestmi zad, kteří neprodělali žádné trauma. (Kumagai et al., 2011)

Porucha, která má za důsledek snížení schopnosti propioceptivního vnímání, se tedy netýká jen receptorů v periferních kloubech nebo na páteři, ale závisí i na intaktnosti kortikálních propioceptivních map, zejména v primární sensorické kůře. Jak již bylo zmíněno, u pacientů s bolestmi zad dochází ke kortikální reorganizaci a oblast S1 reprezentující záda je až o několik centimetrů posunuta, tudíž nemůže optimálně plnit svou funkci. (Luomajoki, Moseley, 2011)

V oblasti bederní páteře jsou propioceptivní receptory popisovány zejména v přilehlých ligamentech, facetových kloubech a meziobratlových ploténkách, ale jak se zdá, hlavní úlohu mají receptory uložené ve svalech v bederní oblasti. Role kloubních receptorů při vnímání neutrální polohy v kloubu je zpochybňována na základě faktu, že v této pozici jsou ligamenta v minimálním napětí, a hlavní sensorický vjem je tudíž přisuzován receptorům v přilehlých svalech. (Lam et al., 1999)

Vysvětlení příčiny dysfunkce propiocepce u pacientů s LBP se v současné literatuře značně liší.

V souvislosti s poraněním struktur bederní páteře, prodělanou operací nebo při výhřezu meziobratlové ploténky je příčina této dysfunkce přičítána poškozeným propioceptorům v dané oblasti. (Gill, Callaghan, 1998; Parkhurst, Burnett, 1994; SariAli et al., 2006; Hobbs et al., 2010) Následně dochází k upřednostňování funkce mechanoceptorů a nociceptorů před propioceptory, které tak neposkytují adekvátní informace o aktuální poloze nebo pohybu. (Newcomer et al., 2000)

Poruchy propiocepce byly však zaznamenány i bez přítomnosti degenerativního či jiného poškození struktur páteře, např. při experimentálně vyvolané bolesti po aplikaci hypertonického roztoku do svalu. (Sterling et al., 2001)

Neadekvátní funkce propioceptorů byla zatím popsána jen v postižené oblasti. Kumagai však popisuje i poruchu propiocepce v oblasti ramenního kloubu u pacientů s chronickými bolestmi v oblasti C-Th přechodu. Ve svém výzkumu prokázala signifikantně větší odchylky při vyšetření statestézie i kinestézie na horní končetině u těchto pacientů ve srovnání s kontrolní skupinou. Uvedená porucha může být následně jeden z faktorů vystavující tyto jedince zvýšenému riziku zranění ramenního kloubu, a to díky nekvalitní motorické kontrole a inadekvátní stabilizaci během pohybů situovaných do této oblasti. (Kumagai et al., 2011)

Otázkou zůstává, zda nejdříve dojde k poškození tkáně, v důsledku čehož je porušena i propiocepce, nebo zda je dysfunkce propioceptivního vnímání důsledkem neadekvátní motorické kontroly u pacientů s LBP.

## ZMĚNY V OBLASTI SOMATOGNOZIE, BODY SCHEMA, BODY IMAGE

Čítí je jedním ze základních předpokladů motoriky. Jen správná kvalita senzitivních funkcí nám zajistí dokonalou představu o vlastním těle. Lze tedy s jistotou tvrdit, že bez kvalitních funkcí senzitivních nemohou být ani pohybové funkce optimální. S určitým stupněm poruchy senzitivních funkcí a porušenou představou o vlastním těle se často setkáváme právě u pacientů s funkčními poruchami v oblasti pohybového systému, zejména u jedinců s chronickými bolestmi zad. (Kolář et al., 2009, s. 306)

Existuje mnoho studií, které prokazují, že jedinci s chronickými bolestmi zad mají narušené tělesné schéma. (Bray, Moseley, 2011)

Za tvorbu tělesného schématu jsou zodpovědné zejména oblasti primární a sekundární somatosenzorické kůry a primární motorický kortex. Jsou úzce spojené a tvoří funkční jednotku zodpovědnou za kontrolu a vykonávání pohybů. Somatotopická reprezentace je zajišťována laterální kortikální inhibicí, díky které informace z dané části těla uplatní excitační vliv na cílové neurony v S1 a inhibiční vliv na neurony sousední. Kortikální reprezentace funguje na principu „use it or lose it“. Tzn. cíleným tréninkem (motorickým, stejně tak jako senzorickým) se daná oblast S1 zodpovědná za trénovanou část těla zvětší, naopak deaferentací se může zmenšit. (Lotze, Moseley, 2007)

Pacienti s chronickými bolestmi zad mají změněnou kortikální reprezentaci projikující bolavá záda, což je doprovázeno poruchou propioceptivního vnímání z oblasti zad, zhoršenou motorickou kontrolou a omezenou schopností jemných koordinovaných pohybů v oblasti pánve a bederní páteře. Tito jedinci mají tudíž celkově změněnou představu o vlastním těle, narušené body image. (Moseley, 2008)

Porušenou představu o svém těle u pacientů s chronickými bolestmi zad prokázal Moseley ve své studii na názorném příkladu. Nechal probandy s LBP nakreslit obrysy svého trupu a zakreslit obratle do míst, kde je cítí. Zaznamenal, že 5 ze 6 pacientů s LBP nebylo schopno vymezení hranice celého trupu, přičemž vynechávali obrys bederní části zad, tedy místa obtíží. Žádný z pacientů nezakreslil všechny bederní obratle a linie zakreslených obratlů v případě unilaterální bolesti měla tendenci se vychylovat z osy směrem k straně bolesti. V místě, kde na kresbě chyběl obrys, byl zaznamenán rovněž vyšší prostorový práh dvoubodové diskriminace. (Moseley, 2008)

Naopak Kumagai neprokázala ve své studii poruchu body image u pacientů s chronickými bolestmi v oblasti C-Th přechodu ve srovnání se zdravými jedinci. Ve svém výzkumu hodnotila body image na základě odhadu šířky ramen, boků a úst ve vertikální rovině. U skupiny pacientů nezaznamenala při těchto testech statisticky významné odchylky. (Kumagai et al., 2011)

Moseley vysvětluje poruchy v oblasti body image několika možnými faktory. Jedním z nich je i zmiňovaná kortikální reorganizace. Pacienti s KRBS vnímají postiženou bolestivou končetinu jako větší než ve skutečnosti je, ovšem její reprezentace v primární sensorické kůře je oproti zdravé končetině menší. Naopak pacienti s bolestmi zad vnímají postiženou oblast jako menší než doopravdy je, případně ji mohou cítit jako odcizenou nebo chybějící, ale kortikální reprezentace bolavých zad je rozsáhlejší než u zdravé kontrolní skupiny. (Moseley, 2008)

U pacientů s muskuloskeletální bolestí se může vyskytovat jakákoli z těchto změn. Nicméně žádný z uvedených mechanismů se nevyskytuje samostatně, proto nikdy neposkytuje kompletní vysvětlení poruchy motorických funkcí u pacientů trpících bolestí. (Sterling et al., 2001)

## **1.5 MOZKOVÁ KÚRA A JEJÍ VZTAH K BOLESTI**

### **1.5.1 Řízení motoriky**

Sledujeme-li pohyb ve fylogenetickém vývoji druhů, pozorujeme, jak postupně s rozvojem diferencované motoriky a složitějších pohybů přibývaly i složitější řídicí úrovně motoriky. Řízení motoriky lze u člověka rozdělit do čtyř hierarchicky uspořádaných úrovní:

1. autonomní - řízení základních biologických funkcí
2. spinální - řízení výkonových orgánů motoriky
3. subkortikální - pro posturální a lokomoční motoriku
4. kortikální - řízení účelové ideokinetické motoriky

Jednotlivé řídicí úrovně nelze od sebe izolovat, protože spolu vzájemně souvisí a všechny se při každém pohybu na procesu řízení hierarchicky podílejí. (Véle, 2006, s. 75)

### 1.5.2 Mozková kůra

Kortikální úroveň je nejvyšším orgánem řízení volní ideokinetické motoriky. Pohybová funkce řízená kortikálně má charakter volního pohybu s určitým záměrem. Ideokinetická motorika je provázena vědomím a uplatňuje se při ní psychika, intelekt a osobnost jedince, proto přistupují k neurofyziologickým složkám řídicích pochodů i složky psychické. (Véle, 1997, s. 76)

Řízení na nejvyšší úrovni je uvědomělé, chtěné, úmyslné - volní. Po narození nejsou vlákna pyramidové dráhy myelinizována. Z mozkové kůry začnou vycházet podněty k úmyslným pohybům, které asi od půl roku života pozvolna získávají převahu nad podněty z bazálních ganglií, jak se axony pyramidových buněk postupně myelinizují. Volní pohyby z kortexu mohou být velmi dokonalé, ale musíme se jim naučit.

Motorické učení je do velké míry závislé na kvalitě centrálních řídicích mechanismů a neuroplasticitě CNS. Neurofyziologickými faktory, které ovlivňují kvalitu motorického učení a posturálních funkcí, jsou bezchybná multisenzorická integrace propioceptivních, zrakových, vestibulárních a kožních informací, míra excitability nervového systému, kvalita zpětnovazebných mechanismů regulujících rovnováhu, kvalita pohybové diferenciaci (selektivní hybnosti) a s tím spojená úroveň relaxačních schopností, nábor motorických jednotek a další mechanismy. (Gibbs et al., 2007)

Pohybové přizpůsobování neboli motorická adaptace je významně závislá na plasticitě mozkové kůry. Schopnost vytvářet programované pohyby, přebudovávat fixované posturální funkce a provádět pohyb v různých posturálních situacích závisí na kvalitě centrálních nervových struktur. Na kvalitě řídicích struktur záleží tvorba a fixace stále nových posturálních variant. Tato schopnost má značný význam pro pochopení recidiv bolestivých syndromů hybného systému a neúspěšné hybné reedukace poúrazových stavů kostně-kloubního aparátu. (Adib et al., 2005)

### 1.5.3 Korové funkce

Korové funkce mají 2 důležité, neoddělitelné složky:

#### 1. Gnostické (senzorické, percepční, ideatorní, ideativní) funkce

Vyjadřují schopnost uvědomění si aferentních signálů jednotlivých modalit (proprioceptivní, taktilní, vestibulární, zrakové, sluchové), zpracování senzorických informací a vytvoření představy a plánu pohybu. Porucha těchto funkcí může být buď

v chybné percepci jednoho senzoričského systému (jedné modality), nebo se může jednat o poruchu multisenzoričskou.

## 2. Exekutivní (motorické, výkonné, praktické, expresivní) funkce

Jde o realizaci pohybu - schopnost selektivní hybnosti, posturální adaptace, schopnost relaxace, silového přizpůsobení, plynulosti, rychlosti a rytmu pohybu, pohybového odhadu a rovnovážné funkce.

Propojením obou složek vzniká ideomotorická funkce, ideomotorika – pro adekvátní provedení jakéhokoli pohybu je potřeba určitá představa, plán pohybu, na základě kterého může dojít k realizaci daného motorického úkonu. (Kolář, 2012)

V souvislosti s poruchou těchto funkcí se v poslední době často hovoří o vývojové dyspraxii, nebo přesněji Developmental Coordination Disorder (DCD). U těchto jedinců pozorujeme narušené motorické učení, které se projevuje nedostatečnou schopností osvojovat si nové dovednosti, poruchami při plánování pohybu a poruchami obratnosti při provádění složitějších pohybových činností. Jde o poruchy na úrovni kortikálních a neocerebelárních center mozku. (Polatajko, Cantin, 2005) DCD bývá predisponující faktor vzniku úrazů, v dospělosti se podílí na časném vzniku degenerativních poruch, entezopatií a dalších ortopedických poruch vzniklých chronickým přetěžováním, výjimkou není ani vertebrogenní algický syndrom. (Adib et al., 2005)

### 1.5.4 Korová plasticita

Lidský mozek se skládá z mnoha miliard neuronů, což je nadměrné až předimenzované množství. Tento relativní přebytek mozkové tkáně umožňuje u člověka značnou plasticitu. Plasticita mozku dává možnost přesouvat některé získané funkce z jedné části mozkové tkáně do jiné, pokud původní tkáň byla porušena. (Pfeiffer, 2007, s. 78-79)

Ze současných poznatků vyplývá, že neuronální spojení v mozku nejsou vrozená a nezměnitelná, ale přinejmenším v korových oblastech mohou být relativně rychle změněná zkušeností, čímž odráží používání reprezentované oblasti. Experimenty na zvířatech prokázaly výrazné změny v korové plasticitě. Například je-li opici amputován prst, korová reprezentace sousedních prstů se rozšíří do oblasti, která byla nejprve určena pro reprezentaci amputovaného prstu. Jestliže je korová oblast reprezentující prst odstraněna, somatosenzoričská mapa prstů se přesune do okolní mozkové kůry. Podobné

změny probíhají i u dlouhotrvající deafferentace z určité části těla nebo naopak při častém používání např. končetiny. Tyto plastické procesy byly popsány u experimentálních zvířat, ale objevují se také u lidí. Vznikají jak v ontogenezi, tak v dospělosti. Plasticita se vyskytuje také v motorické mozkové kůře. (Ganong, 2005, s. 142)

### 1.5.5 Změny v mozkové kůře

V současné literatuře se objevuje stále více důkazů o tom, že na vzniku nebo rozvoji chronické bolesti se mohou podílet kromě periferních faktorů i změny ve vyšších mozkových centrech. Např. řada chronických bolestivých stavů je spojena s úbytkem šedé hmoty v oblastech mozku zodpovědných za zpracování akutní bolesti. Navzdory mnoha výzkumům mapujícím anatomické změny mozku vázané na chronickou bolest však zůstává stále nejasné, co úbytek šedé hmoty představuje a zda k němu dochází uniformně při jakémkoli stavu chronické bolesti nezávisle na etiologii. (Gustin et al., 2011)

S rozvojem nových zobrazovacích metod, které umožňují blíže nahlédnout do fyziologických i patologických pochodů v mozku, je potvrzována domněnka, že déletrvající bolest, tudíž i chronické bolesti zad, jsou provázeny četnými změnami v mozkové tkáni, a to jak strukturálními, tak i funkčními a neurochemickými. (Wand et al., 2011)

## NEUROCHEMICKÉ ZMĚNY

U pacientů s LBP byly ve srovnání se zdravými jedinci zaznamenány signifikantní změny na neurochemické úrovni (zvýšené nebo snížené množství určitých markerů) v dorzolaterální oblasti prefrontální kůry, thalamu a frontální kůře. (Wand et al., 2011) Siddal je prokázal ještě v přední části cingula. (Siddal et al., 2006) Rozsah těchto změn se zvyšuje přímo úměrně jednak s délkou trvání a intenzitou bolesti, ale je ovlivněn i pocitem úzkosti a mírou depresivního ladění pacientů. (Grachev et al., 2003)

Podobné změny byly pozorovány i u pacientů s některými neurodegenerativními onemocněními, čímž vznikla domněnka, zda nemůže existovat vztah mezi chronickou bolestí a degenerativními změnami mozku provázenými zánikem neuronů. (Grachev et al., 2000)

Sharma ve své studii porovnával koncentrace vybraných specifických metabolitů CNS (N-acetylaspartát (NAA) - marker nervové funkce, cholin (Cho) - charakterizující integritu buněčné membrány, myo-inositol (mI) - marker gliových buněk a glutamát (Glx) - hlavní excitační neurotransmitter v mozku) v primárním somatosenzorickém kortexu u pacientů s chronickými bolestmi zad a zdravé populace. Chtěl tak ověřit, zda existuje korelace mezi klinickými charakteristikami bolesti a změněným množstvím těchto látek. Z výsledků vyplývá, že hladina všech metabolitů v obou S1 oblastech byla snížena u osob s LBP. Signifikantně nižší byla koncentrace NAA v levé somatosenzorické (SS) oblasti a koncentrace Cho v pravé S1. Ačkoli koncentrace glutamátu nebyla signifikantně změněna u pacientů s LBP ve srovnání se zdravou skupinou, ukázalo se, že množství glutamátu v pravé SS oblasti koreluje s intenzitou bolesti. Pozitivní vztah mezi koncentrací NAA a trvání bolesti nebyl prokázán. Autoři se domnívají, že tyto změny mohou hrát roli v přetrvávání bolesti bez zjevně přítomné patologie. Výsledky přispívají k současnému porozumění podstaty kortikální senzitivace u chronické bolesti. (Sharma et al., 2011)

V další studii autoři zkoumali, zda je změněna koncentrace neurochemických látek specifických pro neurony a gliové buňky také v primární motorické kůře u pacientů s LBP. Ukázalo se, že u pacientů trpících bolestí zad je prokazatelně nižší hladina NAA v pravé primární motorické oblasti, zatímco koncentrace v levé M1 se nelišily od kontrolní zdravé skupiny. Dále byly naměřeny celkově nižší hladiny NAA a mI v celé M1 ve srovnání s kontrolní skupinou. Nebyl však prokázán žádný vztah mezi koncentracemi neurochemických látek v M1 a charakteristikou bolesti. (Sharma et al., 2012)

Příčina a význam výše popsaných změn jsou nejasné, spekuluje se o možné degeneraci neuronů v této oblasti a redukci šedé hmoty somatosenzorické kůry. Zatím neexistují důkazy o tom, že by tyto změny mohly být příčinou chronických bolestí zad. Jedná se pravděpodobně jen o jeden z důsledků těchto dlouhodobých obtíží. (Wand et al., 2011)

## STRUKTURÁLNÍ ZMĚNY

Pomocí speciálního vyšetření (voxel-based morphometry) byl porovnán objem šedé a bílé hmoty specifických mozkových struktur u pacientů s LBP a kontrolní skupiny. Výsledky prokázaly významný úbytek šedé hmoty v oblasti dorzolaterální prefrontální kůry, v thalamu, mozkovém kmeni, somatosenzorické kůře a zadní části

parietálního kortexu u pacientů trpících bolestí. (Wand et al., 2011) Schmidt-Wilcke prokázal, že na rozsah tohoto úbytku šedé hmoty má značný vliv jednak senzoričná a afektivní složka bolesti, ale i intenzita bolesti a její subjektivně vnímaná nepříjemnost. (Schmidt-Wilcke et al., 2006)

Jak se ukázalo, pacienti s chronickými vertebrogenními obtížemi mají v určitých oblastech mozku méně neuronů nebo alespoň méně neuronální hmoty ve srovnání se zdravou populací. Otázkou zůstává, co tyto změny mohou znamenat. Vzhledem k tomu, že po poranění mozku může cíleným tréninkem dojít ke zvětšení objemu šedé hmoty, lze předpokládat, že k podobné odpovědi může dojít i u jinak zdravého mozku. (Gauthier, 2008)

## FUNKČNÍ ZMĚNY

### a) změny v kortikální reprezentaci

Ačkoli se ještě donedávna myslelo, že neuroplasticita je spojena výhradně s vývojem jedince v prvních letech života, dnes již existují důkazy o tom, že i dospělý mozek je schopen výrazných změn ve smyslu neuroplasticity primárních kortikálních oblastí. Tyto poznatky hrají důležitou roli v porozumění chronické bolesti. Funkční reorganizace somatosenzorické i motorické kůry byla popsána u neuropatické i muskuloskeletální bolesti. U pacientů s LBP a fibromyálií závisí rozsah reorganizačních změn na stupni chronicity bolesti, u fantomové bolesti a dalších neuropatických bolestivých syndromů koreluje kortikální reorganizace s intenzitou bolesti. Tyto centrální změny pak ovlivňují bolestivé i nebolestivé aferentní signály přicházející do somatosenzorického systému stejně tak jako motorické eferentní výstupy. Ke kortikální reorganizaci může dojít jak v důsledku zvýšené stimulace, tak následkem deaferentace. (Flor, 2003)

### b) aktivita a reaktivní schopnosti kůry

Názory autorů na změny v reakci korových neuronů na nociceptivní podnět u pacientů s LBP ve srovnání se zdravými se značně liší. Z dosud publikovaných studií vyplývá, že je aktivita mozkové kůry v určitých oblastech u pacientů s LBP ve srovnání s kontrolní skupinou změněna, a to dokonce i při pouhé vzpomínce na bolest nebo při poslouchání slov souvisejících s bolestí. (Wand et al., 2011)

Flor např. ve svém výzkumu pozorovala, že při bolestivé stimulaci zad dochází u pacientů s LBP ke zvýšené odpovědi v odpovídající oblasti kůry. Tato zvýšená reakce

nebyla zaznamenána při stejné stimulaci jakékoli jiné části těla, případně u dráždění jiné senzorycké modalit (např. sluchová stimulace). Míra odpovědi rovněž pozitivně korelovala s délkou trvání bolesti. Pro další analýzu vztahu mezi kortikální reaktivitou a chronicitou obtíží byl učiněn další výzkum, který rozdělil pacienty na skupinu s kratším a delším trváním bolesti. Mezi těmito skupinami však nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl v kortikální odpovědi na bolestivý stimulus v oblasti zad. (Flor et al., 1997)

Relativně novým objevem je souvislost změn v primární motorické kůře s chronickým LBP. Tento vztah byl prokázán snížením excitability M1 kortexu a analgetickým účinkem po stimulaci této oblasti mozku. Nicméně neurofyziologické procesy zodpovědné za uvedené funkční změny M1 jsou doposud neznámé. (Sharma et al., 2012)

### **1.5.6 Chronická bolest zad a kortikální reorganizace**

Neuroplastické změny v CNS hrají důležitou roli v rozvoji a trvání chronické bolesti. Zatím není jasné, do jaké míry přispívají strukturální změny míchy, mozkového kmene nebo thalamu ke změnám v uspořádání kůry, ani do jaké míry kortikální reorganizace ovlivňuje nižší úroveň CNS. (Flor, 2003)

Chronická bolest (zad) vede k expanzi korové zóny reprezentující postiženou oblast na úkor reprezentace jiných částí těla, a to v mnohem větší míře než expanze zaznamenaná u cílené, ale nenociceptivní stimulace. Z toho plyne, že nociceptivní input má větší význam pro uspořádání neuronů v kůře. (Flor, 2003)

Bylo popsáno, že oblast S1, kde je promítnuta bederní část zad, je u pacientů s LBP posunuta mediálně asi o 2-3 cm a je rozšířena tak, že zasahuje do oblasti, kde jsou u zdravého jedince reprezentovány dolní končetiny. Rozsah této expanze souvisí s délkou trvání bolesti. (Flor et al., 1997)

Lloyd zaznamenal podobné nálezy u pacientů s LBP, u kterých se výrazně projevovalo depresivní ladění, což může svědčit pro fakt, že změny v S1 reprezentaci nemusí být nutně výsledkem chronické bolesti zad, jako spíše emočního dopadu obtíží na postižené jedince. (Lloyd et al., 2008)

Další studie se začaly zabývat otázkou, zda je bolest zad provázena také reorganizací v primární motorické kůře. Tento vztah byl prokázán u pacientů s fantomovými bolestmi, komplexním regionálním bolestivým syndromem (KRBS)

a později i u pacientů s chronickým LBP. U jedinců s LBP byl konkrétně popsán posteriorní a laterální posun a expanze oblasti M1 reprezentující abdominální muskulaturu. Tato reorganizace je reverzibilní a dá se změnit specifickým motorickým tréninkem. Existují důkazy, že stimulace M1 oblasti buď přímo elektrickou, nebo nepřímo transkraniální magnetickou stimulací, může nejen u pacientů s LBP zmírnit bolest. (Sharma et al., 2012) Tsao popsal posun a rozšíření motorické kortikální oblasti reprezentující hluboké stabilizátory bederní páteře (zejména m. transversus abdominis) u pacientů s chronickou bolestí zad. (Tsao et al., 2008)

Z uvedených poznatků je patrné, že u obtíží typu LBP dochází k funkčním změnám jak v somatosenzorickém, tak i v motorickém kortexu. (Sharma et al., 2012) Pacienti s LBP vykazují rovněž zvýšenou aktivitu s expanzí týkající se oblastí zodpovědných za plánování pohybu. (Jacobs et al., 2010)

Zdá se být logické, že narušení kortikální reprezentace je možnou příčinou probíhajícího patologického procesu bolesti. U fantomových bolestí a KRBS koreluje míra reorganizace S1 s mírou bolesti a její redukce je spojena s normalizací uspořádání S1 kůry, což tuto teorii podporuje. Ovšem může se stát, že mapy zaznamenávající povrch těla v S1 kortexu jsou změněny, aniž by způsobovaly bolest nebo narušovaly pohyb. Je proto pravděpodobné, že mechanismy způsobující přestavbu somatosenzorického kortexu vlivem změněného senzorkého inputu a reorganizaci spojenou s chronickou bolestí, jsou odlišné. (Bray, Moseley, 2011)

Bez ohledu na to, zda porušené tělesné schéma přispívá přímo k rozvoji a vnímání bolesti nebo ne, má jasné funkční důsledky. Například, díky porušenému tělesnému schématu dochází k chybným motorickým příkazům, které ovlivňují pohybový výstup, v důsledku kterého může být jedinec náchylnější k poranění muskuloskeletálního aparátu. (Bray, Moseley, 2011)

Posun korové reprezentace lze podle Ganonga vysvětlit tak, že korová spojení senzorkých jednotek v mozku mají extenzivní konvergenci a divergenci se spojeními, která se mohou stát slabšími, jestliže nejsou používána, a naopak silnějšími, jestliže používána jsou. (Ganong, 2005, s. 144)

Z výše uvedených poznatků je patrné, že mozková kůra a její uspořádání má nemalý vliv na progresi bolesti a její rozvinutí do chronického stádia. (Kumagai et al., 2010)

### 1.5.7 Klinické důsledky změn v mozku

Existuje mnoho způsobů, jakými se může funkční reorganizace mozku podílet na perzistenci bolesti při absenci významné periferní patologie. Jedním z nich je snížená inhibice bolesti, která způsobuje abnormálně přecitlivělý stav. Dalším předpokladem je reaktivace paměťových stop bolesti nebo centrálně generovaná bolest jako odpověď na somatosenzorickou inkongruenci během pohybu. Tyto mechanismy pravděpodobně působí současně. Bohužel zatím není známo, do jaké míry jsou tyto mozkové změny reverzibilní. Na funkční reorganizaci v somatosenzorickém a motorickém systému lze nahlížet jako na paměťové stopy bolesti, které ovlivňují další zpracování jak bolestivých, tak nebolestivých vstupů do somatosenzorického systému a rovněž jejich vliv na motorický systém. (Schmidt-Wilcke et al., 2006)

Neurochemické a funkční změny, které byly u pacientů s LBP popsány, mohou rovněž senzibilizovat neurony zodpovědné za vnímání a interpretaci nocicepce a bolesti. (Wand et al., 2011)

Giesbrecht a Battie prokázali u pacientů s LBP snížený práh pro bolest vzniklou neadekvátním mechanickým, chemickým i fyzikálním stimulem. Po aplikaci hypertonického solného roztoku do m. deltoideus vnímají pacienti s LBP bolest intenzivnější, déle trávající a lokalizují ji do rozsáhlejší oblasti ve srovnání s jedinci bez chronických bolestí zad. (Giesbrecht, Battie, 2005)

Fakt, že změny senzitivity vnímání bolesti jsou přítomny i v jiných oblastech než jen na zádech, svědčí pro příčinu obtíží těchto pacientů spíše v oblasti kůry než ve spinálních strukturách. (Wand et al., 2011)

Jak uvádí Small a Apkarian, zvýšená senzitivita u pacientů s LBP není omezena jen na somatosenzorické podněty. Autoři např. zaznamenali, že pacienti s LBP vnímají mnohem intenzivněji i některé výrazné chutě, zejména kyselost. (Small, Apkarian, 2006)

Přesné důsledky výše uvedených změn a jejich význam ve vztahu ke vzniku, rozvoji či přetrvávání bolestí není zatím zcela jasný. Většina autorů se shoduje jen na skutečnosti, že u pacientů s LBP jsou opravdu patrné změny ve struktuře a funkci mozkové kůry a tyto změny mají očividnou souvislost s klinickou manifestací obtíží. (Wand et al., 2011)

## 2 CÍLE A HYPOTÉZY

Cílem této diplomové práce je shrnout současné poznatky o neurofyziologické podstatě rozvoje chronické bolesti a jejím možném vlivu na změny jednotlivých modalit somatosenzorického systému, vlastním výzkumem ověřit naformulované hypotézy, a přispět tak ke komplexnějšímu pohledu např. na terapii těchto pacientů založenou na modulaci funkcí CNS.

Ve speciální části je na základě vyšetření pomocí několika vybraných testů porovnána kvalita grafestezie, propiocepce a somatognozie pacientů s LBP a kontrolní skupiny. Smyslem je ověřit předpoklad vlivu chronické bolesti zad na změny těchto funkcí ve smyslu narušené senzomotorické kontroly u pacientů s LBP. Tedy zda zhoršená senzomotorická kontrola u pacientů s LBP může být důsledkem chronické bolesti zad, resp., zda chronická bolest zad může být příčinou změn senzomotorické kontroly u pacientů s LBP.

Dále chceme posoudit v rámci skupiny pacientů vztah mezi intenzitou a délkou trvání bolesti a kvalitou výše uvedených funkcí.

Hypotézy:

**H1:** Jedinci s chronickými bolestmi bederní páteře budou ve vybraných testech grafestezie, propiocepce a somatognozie vykazovat větší odchylky v porovnání se zdravými.

**H2:** Míra subjektivní intenzity bolesti bude mít vliv na chybovost v daných testech.

**H3:** Délka trvání bolesti ovlivní kvalitu somatosenzorického vnímání.

Jednotlivé hypotézy ze statistického hlediska jsou formulovány podrobně v kapitole 3.4 *Analýza dat a formulace hypotéz.*

### 3 METODIKA

Výzkumná část práce, tedy vyšetřování probandů, probíhala od září 2011 do prosince 2012, převážně v prostorách lůžkového oddělení Kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství a Centra léčby bolesti ve FN Motol v Praze, a dále pak ve Vzdělávacím středisku Smilovice.

#### 3.1 Charakteristika zkoumaného souboru

Studie se zúčastnilo celkem 40 probandů, všichni ve věku 30-60 let.

Vyšetřování jedinci byli rozděleni do dvou skupin. Kontrolní skupina zahrnovala jedince, kteří netrpí chronickými bolestmi v oblasti bederní páteře (ani v jiné oblasti). Tato skupina čítala 20 respondentů (N=20), z toho 9 mužů a 11 žen, jejich průměrný věk byl  $45,7 \text{ let} \pm 8,8^1$  a průměrné BMI<sup>2</sup>  $25,9 \pm 4,3$ . 17 probandů (85%) byli praváci, 3 (15%) leváci. Žádný z těchto probandů neuzíval dlouhodobě léky ovlivňující nervový systém.

Experimentální skupinu tvořilo 20 pacientů (N=20) s low back pain (LBP) – chronickými bolestmi zad v bederní oblasti různé etiologie, jejichž bolest trvala déle než 2 roky (2-25 let). Jednalo se o pacienty hospitalizované na lůžkovém oddělení Kliniky rehabilitace a tělovýchovného lékařství nebo v Centru pro léčení a výzkum bolestivých stavů při této klinice ve fakultní nemocnici v Praze Motole. Průměrný věk jedinců v experimentální skupině byl  $47,3 \text{ let} \pm 8,9$  a průměrné BMI<sup>3</sup>  $25,4 \pm 3,7$ . Zastoupení obou pohlaví bylo shodné s kontrolní skupinou, tzn. 9 mužů a 11 žen. 18 probandů (90%) byli praváci a 2 (10%) leváci. 8 jedinců (40%) v této skupině prodělalo operaci v oblasti bederní páteře, a to v letech 1989 – 2012. Na základě hodnot skóre bolesti a vyhodnocení vizuálně analogové škály (VAS) intenzity bolesti, byli pacienti rozděleni do podskupiny s menší intenzitou bolesti (skóre 1-22, VAS  $\leq 50$  mm), kam spadalo 13 probandů (65%), a druhá byla podskupina s vyšším subjektivním skóre bolesti (skóre 23-45, VAS  $> 50$  mm) čítající 7 jedinců (35%). Dle anamnestických údajů o době trvání bolesti byla vytvořena ještě podskupina pacientů s delším trváním obtíží, tzn. déle než 10 let, což splňovalo 8 probandů (40%) a s bolestmi méně než 10 let, kam bylo zařazeno 12 respondentů (60%). Všichni vyšetřovaní se studie účastnili dobrovolně a před

<sup>1</sup> V hodnotách  $\pm x$  je počítáno s 1SD, což pokrývá 68% populace.

<sup>2</sup> Hodnoty BMI mají u kontrolní skupiny normální rozložení.

<sup>3</sup> Hodnoty BMI mají u skupiny pacientů normální rozložení.

zahájením experimentu podepsali informovaný souhlas, ve kterém byli důkladně seznámeni s průběhem a účely měření (Informovaný souhlas – příloha č. I).

## **3.2 Vyšetření probandů**

### **3.2.1 Dotazníky a anamnéza**

Před zahájením vlastního vyšetřování byl se všemi probandy vyplněn dotazník se základními anamnestickými údaji (Dotazník - příloha č. II) a standardizovaná česká verze krátké formy dotazníku bolesti McGillovy univerzity SF-MPQ (Short Form McGill Pain Questionnaire - příloha č. III). Výsledky McGillova dotazníku byly použity pro zařazení probandů trpících bolestmi do experimentální, resp. jedince bez bolestí do kontrolní skupiny, a dále k určení podskupin dle intenzity bolesti. Čím vyšší skóre bolesti, tím větší subjektivně vnímaná bolest, s maximální možnou hodnotou 45. K rozdělení těchto podskupin dále sloužila vizuální analogová škála bolesti hodnotící vnímanou intenzitu na úsečce o délce 100 mm, která byla rovněž součástí tohoto dotazníku. Všichni jedinci v kontrolní skupině zaznamenali v tomto dotazníku nulovou hodnotu aktuální bolesti.

### **3.2.2 Vyšetřovací postup**

Každý proband byl vyšetřován samostatně, v tiché, klidné místnosti, přibližně ve stejnou denní dobu. Všechny testy byly provedeny během jednoho vyšetření, bez delší přestávky mezi jednotlivými úkoly. Před zahájením každého testu byl účastníkovi daný úkol řádně vysvětlen a názorně předveden vyšetřujícím. Možnost vidět provedení testu vylučuje případné nepochopení principu testu nebo jeho nesprávné vykonání probandem. Účastníci byli rovněž před každým vyšetřením tázáni, zda nemají k danému úkolu nějaké otázky. Všechny testy všech probandů prováděl jeden vyšetřující. Pořadí testů na vyšetření grafestezie, propiocepce a somatognozie bylo náhodné, pro každého probanda bylo zvlášť losováno. Každé z těchto vyšetření zahrnovalo několik specifických testů, z nichž každý byl proveden třikrát po sobě. Výsledná hodnota použitá pro výpočty byla aritmetickým průměrem těchto tří měření. Všechny testy byly prováděny s vyloučením vizuální kontroly, tedy se zavázanýma očima vyšetřovaného. Celkový čas vyšetření jednoho probanda byl přibližně 30 minut.

Nejprve byla určena dominantní ruka, resp. dominantní polovina těla probanda, a to konfrontací závěrů dvou krátkých pokusů. Prvním byla odpověď účastníka na otázku, jakou rukou píše. Druhý test vyšetřil laterální pomoci pera umístěného na stole

před sedícím probandem, přesně ve středu vzdálenosti mezi jeho předloktími položenými na desce stolu. Dotyčný byl požádán, aby jednou rukou pero vzal a označil s ním, že píše. Z výsledků obou testů byla určena dominantní ruka každého z účastníků.

### 3.3 Popis testů

#### 3.3.1 GRAFESTEZIE

Grafestezie byla měřena na čtyřech oblastech dominantní poloviny těla každého z účastníků. Vyšetřována byla oblast bederní páteře (Lp), lopatky, dlaň a chodidlo. V případě přítomnosti radikulárního syndromu bylo vyšetřováno nepostižené chodidlo bez ohledu na dominanci končetiny. Nejdříve byla provedena instruktáž probanda a poučení o orientaci aker – na dlani a chodidle je při psaní číslic distální část nahoře a proximální dole. Na vyšetřovanou oblast bylo zavřeným fixem vždy napsáno sedm číslic v náhodném pořadí. Vybrány byly číslice 1, 2, 3, 5, 6, 8 a 9, tedy ty, které sestávají pouze z jednoho tahu, a při jejichž psaní nemusí dojít k oddálení fixu od kůže probanda. Pro každý test bylo pořadí čísel různé – čísla napsaná na kartičce byla během testu postupně losována vyšetřujícím z neprůhledného boxu. Během jednoho testu na jedné oblasti byla každá číslice napsána na kůži pouze a právě jednou. Velikost psaných číslic odpovídala velikosti vzoru napsaného na kartičce. Úkolem probanda bylo se zavazanýma očima rozpoznat číslice psané na jeho kůži. Po napsání a určení všech sedmi číslic byly kartičky vráceny zpět do boxu a test na dané oblasti se opakoval ještě dvakrát. Poté se přešlo na další oblast. Pokud vyšetřovaný nebyl schopen identifikovat číslici nebo ji určil špatně, odpověď byla považována za chybnou. Pro závěrečné výsledky byly zprůměrovány hodnoty získané při všech třech testech.

##### a) Vyšetření grafestezie na dlani dominantní ruky

Výchozí poloha: vzpřímený sed u stolu, dominantní horní končetina spočívá na desce stolu. Mírná flexe v ramenním kloubu této končetiny, flexe v lokti 100-120°, předloktí v supinaci, zápěstí v ose, dlaň směřuje ke stropu.

Úkol: vyšetřující postupně vylosoval 3x7 číslic, zavřeným fixem je psal na dlaň a zaznamenával odpovědi probanda.

##### b) Vyšetření grafestezie v oblasti bederní páteře na dominantní straně

Výchozí poloha: lež na břiše, nohy přes okraj lehátka, horní končetiny volně podél těla.

Úkol: Na oblast beder, kde vyšetřovaný udával bolest, byl nakreslen vymazatelným fixem čtverec se stranou délky 10 cm, do kterého byly psány číslice. U kontrolní skupiny byl tento čtverec nakreslen v oblasti beder dominantní poloviny těla bez udání lokality bolesti. Do čtverce bylo vepsáno 3x7 číslic, které proband rozpoznával.

c) Vyšetření grafestezie na chodidle

Výchozí poloha: lež na břiše, nohy na lehátku, horní končetiny volně podél těla.

Úkol: vyšetřující stál u vyšetřovaného chodidla (noha dominantní poloviny těla nebo v případě přítomnosti radikulárního syndromu nepostižená noha), zády k hlavě dotyčného probanda. Na chodidlo napsal 3x7 číslic v dohodnuté orientaci – distální část znamená nahoře, proximální dole. Proband čísla rozeznával.

d) Vyšetření grafestezie v oblasti lopatky na dominantní straně

Výchozí poloha: lež na břiše, nohy na lehátku, horní končetiny volně podél těla.

Úkol: na oblast lopatky byl nakreslen vymazatelným fixem čtverec se stranou délky 10 cm, do kterého vyšetřující psal 3x7 číslic podle předlohy. Proband opět hlásil, jaké číslo zaznamenal.

### 3.3.2 PROPRIOCEPCE

Pro hodnocení propiocepce byly použity tři testy hodnotící vnímání polohy a pohybu horní a dolní končetiny dominantní poloviny těla probanda v prostoru. Všechny testy byly provedeny s vyloučením zrakové kontroly a vždy se třikrát opakovaly. Z naměřených čísel byla poté vypočítána výsledná hodnota.

a) Vyšetření polohocitu na horní končetině

Výchozí poloha: vzpřímený sed u stolu, kyčelní, kolenní a hlezenní klouby v 90° flexi, celá chodidla se opírají o zem. Ramenní kloub ve středním postavení, loket a celé předloktí dominantní horní končetiny spočívá na desce stolu pokryté papírem. Předloktí je v neutrální poloze, palec směřuje ke stropu. Oči vyšetřovaného jsou zavázané.

Úkol: vyšetřující přesně obkreslil předloktí a ruku probanda na papír ležící na stole, a vyznačil tak výchozí pozici. Poté pasivně nastavil předloktí zevní rotací v ramenním kloubu o  $30^\circ$  laterálně, úhel byl měřen dvouramenným goniometrem. Osa otáčení pohybu je v loketním kloubu, který zůstává ve stejné pozici. Vyšetřovanému byla dána instrukce, aby vrátil předloktí a ruku zpět do výchozí polohy jako na začátku testu, loket se při tom nepohne z místa. Vyšetřující opět obkreslil tuto konečnou pozici předloktí a ruky. Pro hodnocení odchylky konečné od výchozí polohy byla změřena vzdálenost processus styloideus ulnae mezi oběma kresbami. Žádný z probandů neměl v minulosti poraněn nebo operován loketní ani ramenní kloub na vyšetřované končetině.

b) Nastavení úhlu v kloubu

Výchozí poloha: Leh na břicho, horní končetiny volně podél těla, nohy přes okraj lehátka. Hlava je otočená k nevyšetřované straně.

Úkol: vyšetřovaný měl za úkol s vyloučením zraku nastavit úhel  $90^\circ$  flexe v kolenním kloubu jedné dolní končetiny (buď končetina dominantní poloviny těla, nebo v případě přítomnosti radikulárního syndromu nebo v minulosti prodělané operaci nebo úrazu kolenního kloubu nepostížená dolní končetina). Vyšetřující změřil daný úhel v kolenním kloubu dvouramenným goniometrem. Střed goniometru byl umístěn do osy otáčení kolenního kloubu, tedy na laterální epikondyl femuru. Pevné rameno goniometru bylo přiloženo paralelně s podélnou osou femuru, zatímco pohyblivé rameno šlo paralelně s podélnou osou fibuly.

c) Vyšetření polohocitu na dolní končetině

Výchozí poloha: Leh na zádech, horní i dolní končetiny jsou volně položeny na lehátko, hlava je ve středním postavení.

Úkol: vyšetřující provedl pasivní flexi v kyčelním kloubu dolní končetiny s extenzí v kolenním kloubu (dolní končetina nedominantní poloviny těla nebo v případě radikulárního syndromu nepostížená končetina). Končetina byla zdvižena do výšky 30 cm nad podložku, vzdálenost byla měřena od paty. V této poloze se setrvalo 3 sekundy, poté byla končetina položena zpět na lehátko do výchozí polohy. Následně vyšetřující znovu prováděl pasivní flexi tentokrát druhé dolní končetiny a proband měl za úkol v průběhu elevace slovně určit

polohu, která odpovídala výšce dosažené před chvílí u druhé dolní končetiny. Vyšetřující pak změřil vysouvacím metrem označenou dosaženou výšku od paty k podložce. Žádný z probandů neměl v minulosti poraněn nebo operován ani jeden kyčelní kloub.

### 3.3.3 SOMATOGNOZIE

Během těchto testů bylo vyšetřováno, jakou má proband představu o svém těle. Proband měl za úkol se zavázanýma očima ve vertikální rovině pomocí horních a dolních končetin vymezit co nejpřesněji šíři svých ramen a boků. Vyšetřující poté zhodnotil, jak dalece se tato představa liší od skutečnosti. Pro zjištění objektivních rozměrů se proband po vyšetření postavil zády ke zdi pokryté papírem. Vyšetřující přiložil pravoúhlé pravítko na nejlaterálnější bod ramene v oblasti m. deltoideus na obou stranách ve stejné výšce. V těchto bodech zakreslil značky. Stejně probíhalo i označení nejširšího rozměru boků. Když proband odstoupil, změřil vyšetřující horizontální vzdálenost mezi oběma body. Naměřená hodnota byla použita jako skutečný rozměr ramen a boků, ke které byla vztažena hodnota odhadnutá, a výsledek byl zaznamenán v procentech pro objektivizaci různých tělesných proporcí jednotlivých probandů.

a) Odhad šířky ramen pomocí horních končetin

Výchozí poloha: vzpřímený stoj, flexe horních končetin v ramenních kloubech  $90^\circ$  a extenze v loketních kloubech.

Úkol: vyšetřovaný dostal do rukou tyč o průměru 2,5 cm a dlouhou 150 cm. Uchopil ji vertikálně ve spodní části tak, že dominantní ruka spočívala těsně nad nedominantní. Po zavázání očí dostal vyšetřovaný instrukci, aby ukázal šířku svých ramen tím, že bude posouvat svrchní ruku po tyči směrem nahoru až do vzdálenosti, která podle něho odpovídá nejširší vzdálenosti mezi rameny. Vzdálenost mezi rukama (mezi malíkem svrchní a ukazovákem spodní ruky) byla změřena vysouvacím metrem a zaznamenána v centimetrech.

b) Odhad šířky boků pomocí horních končetin

Výchozí poloha: vzpřímený stoj, flexe horních končetin v ramenních kloubech  $90^\circ$  a extenze v loketních kloubech.

Úkol: vyšetřovaný dostal do rukou tyč o průměru 2,5 cm a dlouhou 150 cm. Uchopil ji vertikálně ve spodní části tak, že dominantní ruka spočívala těsně nad

nedominantní. Po zavázání očí dostal vyšetřovaný instrukci, aby ukázal nejširší rozměr svých boků tím, že bude posunovat svrchní ruku po tyči směrem nahoru až do vzdálenosti, kterou subjektivně vnímá jako šířku svých boků. Vzdálenost mezi malíkem svrchní a ukazovákem spodní ruky byla změřena vysouvacím metrem a zaznamenána v centimetrech.

c) Odhad šířky ramen pomocí dolních končetin

Výchozí poloha: Leh na zádech, horní i dolní končetiny jsou volně položeny na lehátku, hlava je ve středním postavení.

Úkol: s vyloučením zrakové kontroly měl proband určit co nejpřesněji šířku svých ramen pomocí dolních končetin. Po instruktáži byla probandovi pasivně elevována extendovaná dolní končetina dominantní poloviny těla nad lehátko. Vyšetřovaný měl za úkol v průběhu elevace slovně určit polohu, ve které je vzdálenost mezi patou elevované končetiny a palcem ležící končetiny shodná s jeho představou o šířce ramen. V této poloze vyšetřující zastavil elevaci a dosažená vzdálenost byla změřena vysouvacím metrem.

d) Odhad šířky boků pomocí dolních končetin

Výchozí poloha: Leh na zádech, horní i dolní končetiny jsou volně položeny na lehátku, hlava ve středním postavení.

Úkol: proband měl s vyloučením zrakové kontroly určit co nejpřesněji šířku svých boků pomocí dolních končetin. Po instruktáži mu byla pasivně elevována extendovaná dolní končetina dominantní poloviny těla nad lehátko. Vyšetřovaný měl za úkol v průběhu elevace slovně určit polohu, ve které je vzdálenost mezi patou elevované končetiny a palcem ležící končetiny shodná s jeho představou o šířce boků. V této poloze vyšetřující zastavil elevaci a dosažená vzdálenost byla změřena vysouvacím metrem.

### 3.4 Analýza dat a formulace hypotéz

Pro statistické zpracování dat byl použit program Microsoft Office Excel 2007.

Pomocí funkce QUARTIL byly určeny odlehlé hodnoty naměřených dat:  $Q_1 - 1,5x(Q_3 - Q_1) < X_i < Q_3 + 1,5x(Q_3 - Q_1)$ , kde  $Q_1$  je 1. kvartil,  $Q_3$  3. kvartil a  $i$  ( $X_i$ ) je kterákoli hodnota z daného výběru.

K určení, zda mají naměřená data normální (gaussovské) rozložení, byla použita funkce ŠIKMOST a ŠPIČATOST.

Po ověření symetričnosti rozdělení souboru byl použit k testování hypotéz při porovnávání kontrolní a experimentální skupiny dvouvýběrový (nepárový) t-test. Ve všech testech byla volena hladina významnosti  $p = 0,05$ . Pro posouzení statisticky významné variability mezi oběma skupinami v daném testu byl použit F-test ( $p < 0,05$ ).

V návaznosti na teoretickou část práce formulujeme tyto statistické hypotézy:

#### **Hypotéza č. 1:**

**H<sub>01</sub>:** Průměrná chybovost v daném testu senzomotorické kontroly se v experimentální a kontrolní skupině signifikantně neliší.

**H<sub>11</sub>:** Průměrná chybovost v daném testu senzomotorické kontroly je v experimentální skupině signifikantně větší než u kontrolní skupiny.

#### **Hypotéza č. 2:**

**H<sub>02</sub>:** Průměrná chybovost v daném testu senzomotorické kontroly se signifikantně neliší u pacientů s různou intenzitou bolesti.

**H<sub>12</sub>:** Průměrná chybovost v daném testu senzomotorické kontroly se signifikantně liší v závislosti na míře subjektivní intenzity bolesti.

#### **Hypotéza č. 3:**

**H<sub>03</sub>:** Průměrné hodnoty výchylek v daném testu senzomotorické kontroly nejsou závislé na době trvání bolesti.

**H<sub>13</sub>:** Průměrné hodnoty výchylek v daném testu senzomotorické kontroly jsou závislé na době trvání bolesti.

Testem senzomotorické kontroly se rozumí vyšetření grafestezie, propiocepce a somatognozie, blíže vysvětlené v kapitole 3.3 *Popis testů*. Celkem jde o 11 vyšetření, proto bylo provedeno 11 statistických testů hypotéz.

Vyšší průměrná chybovost v testu znamená větší odchylky, tudíž horší senzomotorickou kontrolu.

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Výsledky k hypotéze č. 1

Formulováním hypotézy č. 1 jsme chtěli ukázat, zda budou pacienti s LBP vykazovat ve zvolených testech senzomotorické kontroly signifikantně výraznější odchylky ve srovnání se zdravými jedinci v kontrolní skupině.

Při porovnání počtu chyb a velikosti odchylek v každém z 11 klinických testů u kontrolní skupiny a skupiny pacientů s bolestmi zad byl zaznamenán statisticky významný rozdíl ve 4 testech. Signifikantně větší odchylku vykazovali pacienti s bolestmi zad při vyšetření grafestezie (Tabulka 1) na dlaní ( $p=0,04$ ), v oblasti bederní páteře ( $p=0,03$ ) a na chodidle ( $p=0,01$ ) a při vyšetření polohocitu (Tabulka 2) na dolní končetině ( $p=0,03$ ).

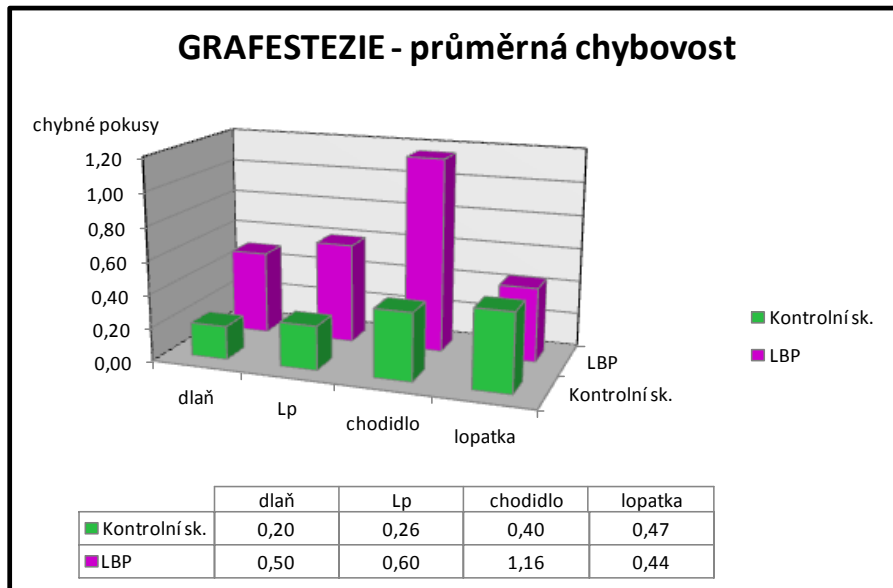
Vyšetření	Test	Počet chyb		Hladina významnosti $p$
		Kontrolní sk.	Pacienti	
GRAFESTEZIE	dlaň	0,20	0,50	0,04
	Lp	0,26	0,60	0,03
	chodidlo	0,40	1,16	0,01
	lopatka	0,47	0,44	0,46

Tabulka 1: Hodnoty hladiny významnosti pro jednotlivé testy grafestezie (červeně znázorněn signifikantní rozdíl, kdy  $p < 0,05$ )

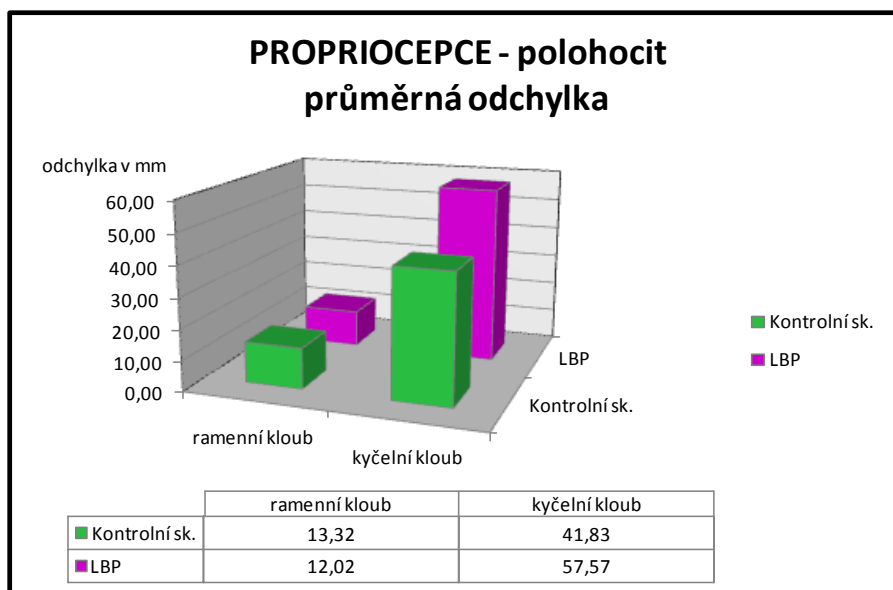
Vyšetření	Test	Průměrná odchylka		Hladina významnosti $p$
		Kontrolní sk.	Pacienti	
PRORPIOCEPCE	ramenní kloub (mm)	13,32	12,02	0,28
	kyčelní kloub (mm)	41,83	57,57	0,03
	kolenní kloub (st.)	4,65	7,25	0,17

Tabulka 2: Hodnoty hladiny významnosti pro jednotlivé testy propriocepce (červeně znázorněn signifikantní rozdíl, kdy  $p < 0,05$ )

Průměrný počet chyb ve všech testech grafestezie u obou skupin znázorňuje graf 1, průměrnou odchylku v případě propriocepce pak graf 2.



**Graf 1:** Porovnání kvality grafestezie na různých oblastech těla u pacientů s LBP a kontrolní skupiny (signifikantní rozdíl zaznamenán na dlani, Lp a chodidle)



**Graf 2:** Porovnání přesnosti polohocitu na horní a dolní končetině u pacientů s LBP a kontrolní skupiny (signifikantní rozdíl na dolní končetině)

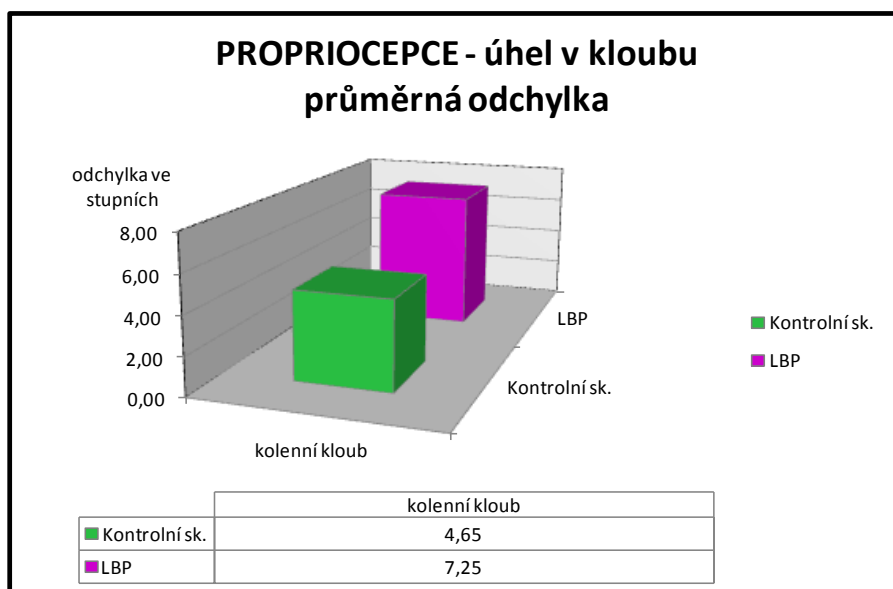
Na hladině významnosti 5% proto pro uvedené 4 testy přijímáme alternativní hypotézu  $H_1$  a můžeme zamítnout nulovou hypotézu  $H_0$ . V tabulce 1 a 2 jsou hodnoty hladiny významnosti  $p$ , které odpovídají statisticky významnému rozdílu, znázorněny červeně.

U testu grafestezie na lopatce (Graf 1), polohocitu na horní končetině (Graf 2) a při nastavení úhlu  $90^\circ$  v kolenním kloubu (Graf 3), ani u vyšetření somatognozie (Graf 4) nejsme schopni na hladině významnosti 0,05 vyloučit nulovou hypotézu,

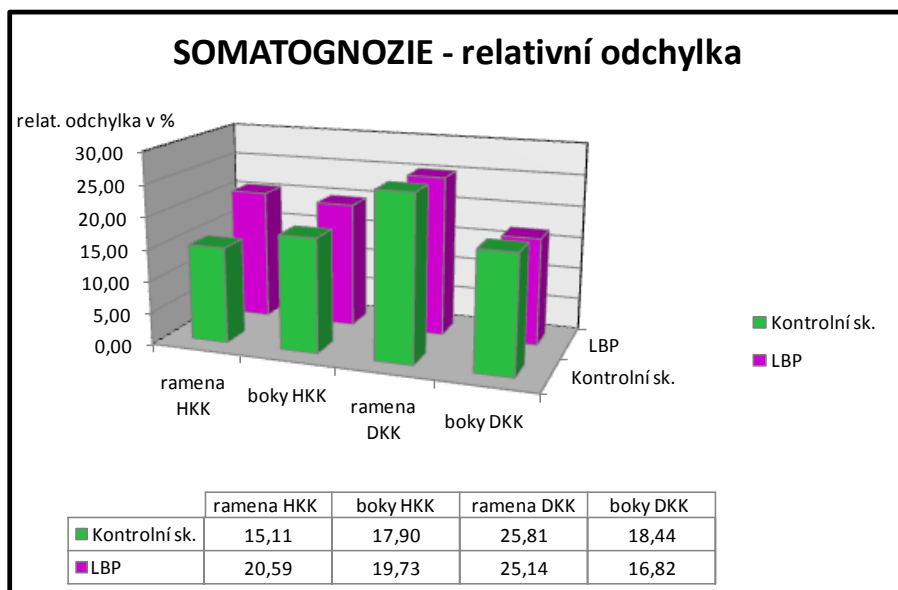
a rozdíl odchylky u obou skupin proto není statisticky významný. Z tabulky 3 je patrné, že v žádném z testů somatognozie není hladina významnosti  $p < 0,05$ .

Vyšetření	Test	Průměrná odchylka (%)		Hladina významnosti $p$
		Kontrolní sk.	Pacienti	
SOMATOOGNOZIE	ramena HKK	15,11	20,59	0,18
	boky HKK	17,90	19,73	0,47
	ramena DKK	25,81	25,14	0,42
	boky DKK	18,44	16,82	0,33

Tabulka 3: Hodnoty hladiny významnosti pro jednotlivé testy somatognozie (nezaznamenán žádný signifikantní rozdíl)



Graf 3: Porovnání odchylky při nastavení pravého úhlu v kolenním kloubu u pacientů s LBP a kontrolní skupiny (neprokázán signifikantní rozdíl)



**Graf 4: Odhad šířky ramen a boků pomocí horních a dolních končetin – porovnání odchylky u pacientů s LBP a kontrolní skupiny (bez statisticky významného rozdílu)**

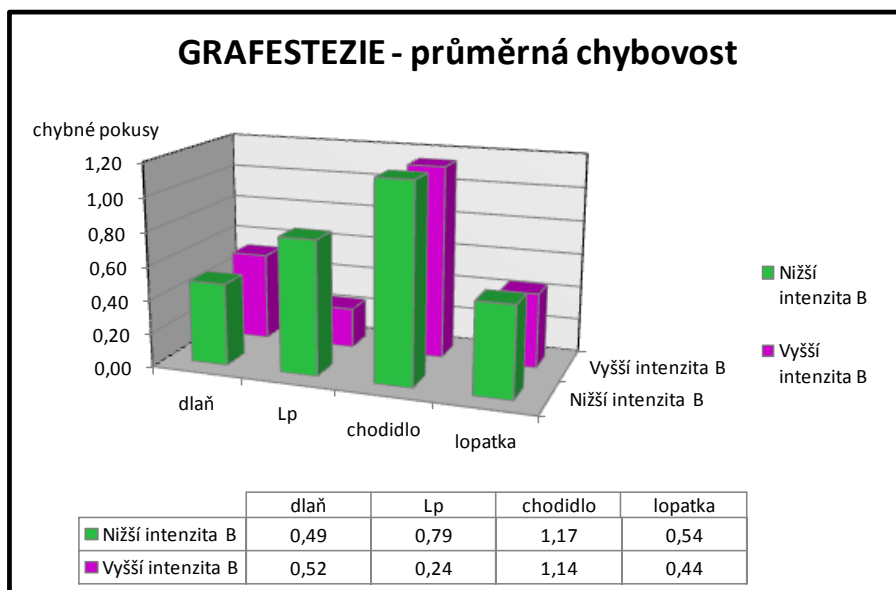
## 4.2 Výsledky k hypotéze č. 2

Hypotézou č. 2 jsme chtěli prokázat, zda existuje statisticky významný vztah mezi intenzitou bolesti (B) a kvalitou somatosenzorického vnímání.

Z naměřených hodnot a statistického zpracování dat vyplývá, že tento vztah platí opět pouze v dílčích testech senzomotorické kontroly. Signifikantní rozdíl mezi skupinou pacientů s nižší a vyšší intenzitou bolesti zad byl zaznamenán ve 2 testech. Prvním z nich je grafestezie (Tabulka 4) v oblasti Lp ( $p=0,04$ ), kde ovšem větší odchylky vykazovali pacienti s nižší intenzitou bolesti, jak je patrné v grafu 5.

Vyšetření	Test	Počet chyb		Hladina významnosti $p$
		Menší intenzita	Větší intenzita	
GRAFESTEZIE	dlaň	0,49	0,52	0,46
	Lp	0,79	0,24	0,04
	chodidlo	1,33	1,14	0,34
	lopatka	0,54	0,44	0,38

**Tabulka 4: Hodnoty hladiny významnosti pro jednotlivé testy grafestezie (červeně znázorněn signifikantní rozdíl, kdy  $p<0,05$ )**



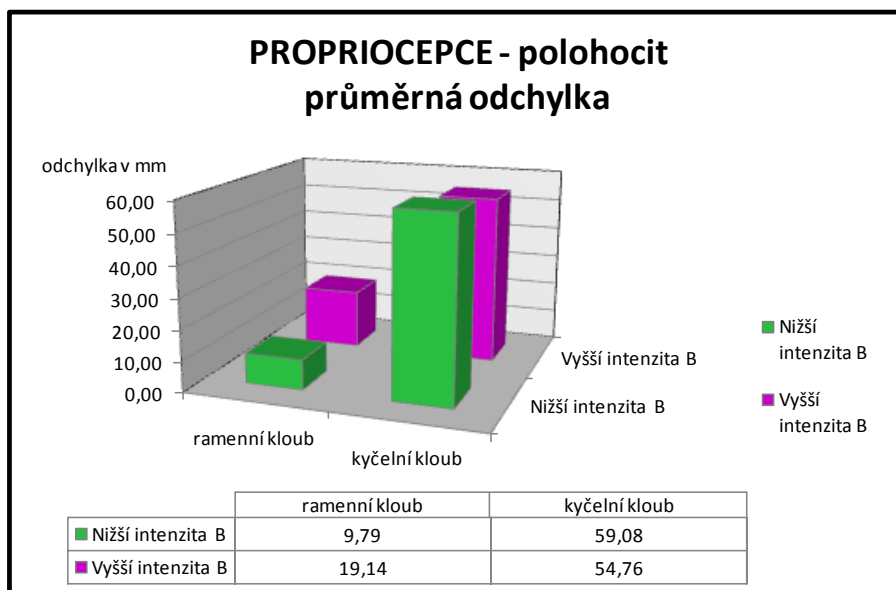
**Graf 5: Porovnání kvality grafestezie na různých oblastech těla u pacientů s vyšší a nižší intenzitou bolesti zad (signifikantní rozdíl pouze v oblasti Lp ve prospěch pacientů s menší bolestí)**

Další signifikantní rozdíl byl prokázán ve vnímání polohocitu (Tabulka 5) na horní končetině ( $p=0,02$ ), kde byli pacienti s vyšší intenzitou bolesti naopak méně přesní (Graf 6).

Vyšetření	Test	Průměrná odchylka		Hladina významnosti $p$
		Menší intenzita	Větší intenzita	
PRORPIOCEPCE	ramenní kloub (mm)	9,79	19,14	0,02
	kyčelní kloub (mm)	59,08	54,76	0,37
	kolenní kloub (st.)	8,46	5,00	0,15

**Tabulka 5: Hodnoty hladiny významnosti pro jednotlivé testy propriocepce (červeně znázorněn signifikantní rozdíl, kdy  $p<0,05$ )**

V uvedených dvou testech tedy na hladině významnosti 0,05 považujeme alternativní hypotézu  $H_1$  za platnou. Nulovou hypotézu  $H_0$  v případě uvedených dvou klinických testů zamítáme.



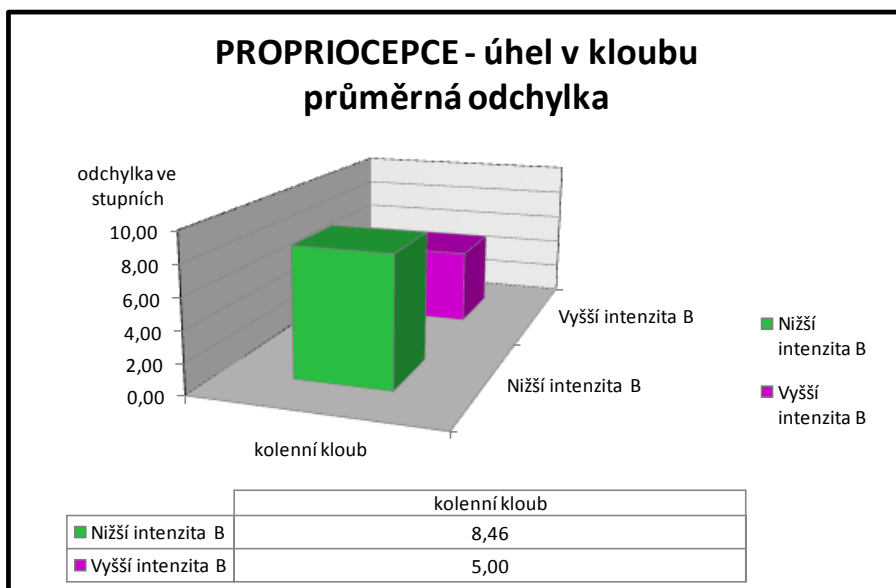
**Graf 6: Porovnání přesnosti polohocitu na horní a dolní končetině u pacientů s vyšší a nižší intenzitou bolesti zad (signifikantní rozdíl v odchylce na horní končetině)**

Při porovnávání výsledků ostatních testů (grafestezie v oblasti dlaně, chodidla a lopatky, polohocit na dolní končetině a odhady somatognozie) nejsme schopni zamítnout nulovou hypotézu ( $H_0$ ). V těchto případech jsme neprokázali statisticky významný rozdíl v přesnosti somatosenzorického vnímání ve zvolených klinických testech u pacientů s chronickými bolestmi zad v závislosti na intenzitě bolesti. Hladina významnosti  $p$  pro testy somatognozie je zaznamenána v tabulce 6.

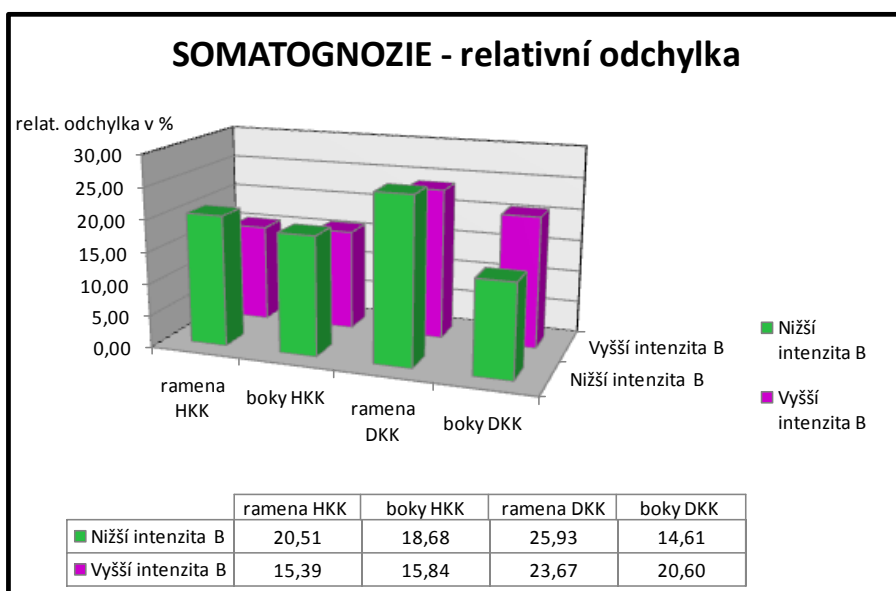
Vyšetření	Test	Průměrná odchylka (%)		Hladina významnosti $p$
		Menší intenzita	Větší intenzita	
SOMATOGNOZIE	ramena HKK	23,39	15,39	0,15
	boky HKK	21,83	15,84	0,16
	ramena DKK	25,93	23,67	0,34
	boky DKK	16,82	20,60	0,25

**Tabulka 6: Hodnoty hladiny významnosti pro jednotlivé testy somatognozie (nezaznamenán žádný signifikantní rozdíl)**

Porovnání odchylek v testech propiocepce a somatognozie je znázorněno v grafech 7 a 8.



**Graf 7: Porovnání odchylky při nastavení pravého úhlu v kolenním kloubu u pacientů s vyšší a nižší intenzitou bolesti zad (bez statisticky významného rozdílu)**



**Graf 8: Odhad šířky ramen a boků pomocí horních a dolních končetin – porovnání odchylky u pacientů s vyšší a nižší intenzitou bolesti zad (bez signifikantního rozdílu)**

### 4.3 Výsledky k hypotéze č. 3

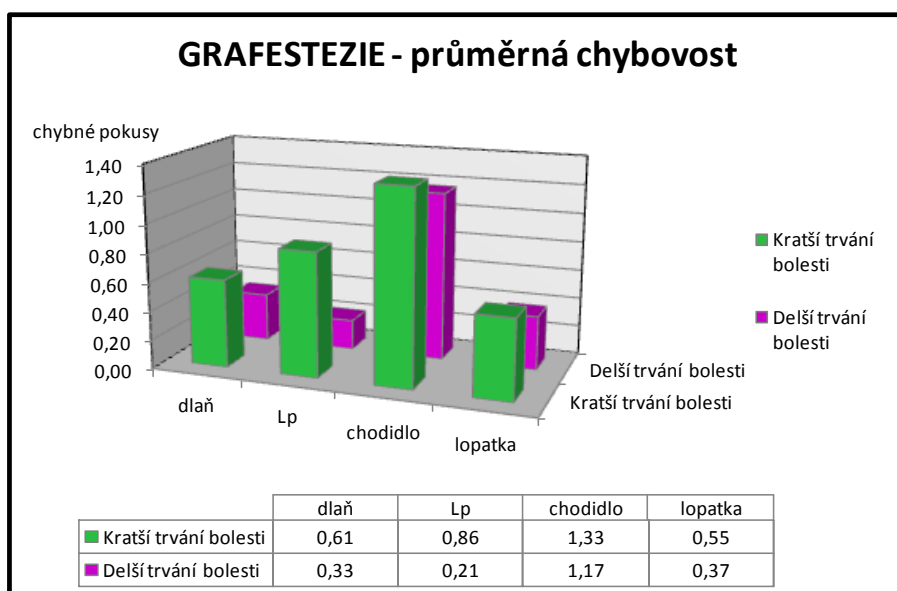
Hypotéza č. 3 měla ozřejmit možný vztah mezi délkou trvání bolestí zad a kvalitou somatosenzorického vnímání.

Na základě porovnání odchylek a chybovosti při 11 klinických testech u podskupiny pacientů s bolestmi zad trvajících méně, resp. více než 10 let, byl zaznamenán signifikantní rozdíl ve 3 dílčích testech.

Při vyšetření grafestezie měli signifikantně větší počet chyb (Tabulka 7) pacienti s kratším trváním bolestí v oblasti bederní páteře ( $p=0,01$ ) oproti déletrvajícím obtížím (Graf 9).

Vyšetření	Test	Počet chyb		Hladina významnosti $p$
		Kratší trvání B	Delší trvání B	
GRAFESTEZIE	dlaň	0,61	0,33	0,19
	Lp	0,86	0,21	0,01
	chodidlo	1,33	1,17	0,35
	lopatka	0,55	0,37	0,24

Tabulka 7: Hodnoty hladiny významnosti pro jednotlivé testy grafestezie (červeně znázorněn signifikantní rozdíl, kdy  $p < 0,05$ )

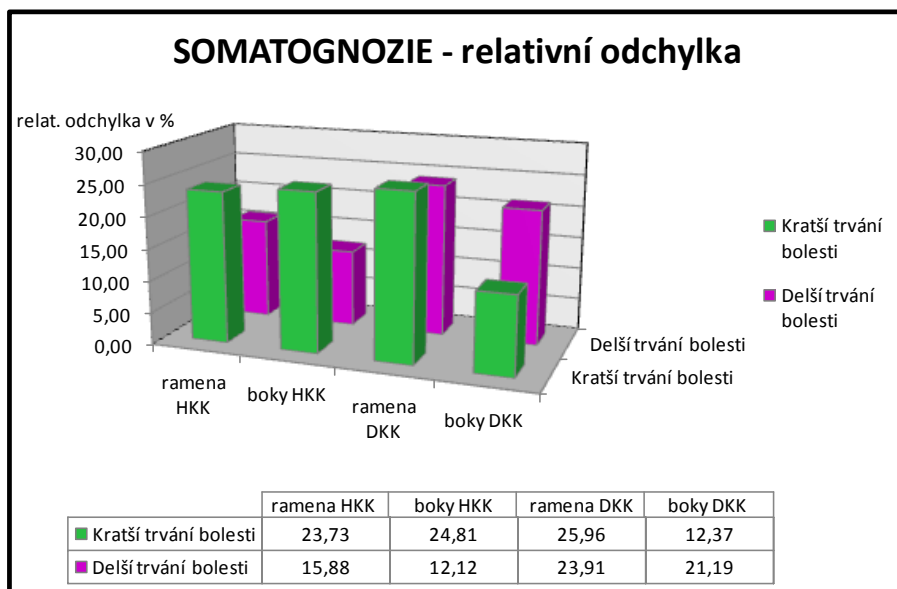


Graf 9: Porovnání kvality grafestezie na různých oblastech těla u pacientů s kratší a delší dobou trvání bolestí zad (signifikantně větší chybovost v oblasti Lp u pacientů s kratším trváním obtíží)

Další rozdíl byl zaznamenán v odhadu tělesných partií, zejména boků (Tabulka 8). Šírku boků ve vertikále horními končetinami určovali přesněji jedinci s delším trváním obtíží ( $p=0,02$ ), dolními končetinami měli naopak menší odchylky pacienti s kratším trváním bolestí ( $p=0,04$ ) (Graf 12).

Vyšetření	Test	Průměrná odchylka (%)		Hladina významnosti <i>p</i>
		Kratší trvání B	Delší trvání B	
SOMATOGNOZIE	ramena HKK	23,73	15,88	0,14
	boky HKK	24,81	12,12	0,02
	ramena DKK	25,96	23,91	0,35
	boky DKK	12,37	21,19	0,04

Tabulka 8: Hodnoty hladiny významnosti pro jednotlivé testy somatognozie (červeně znázorněn signifikantní rozdíl, kdy  $p < 0,05$ )



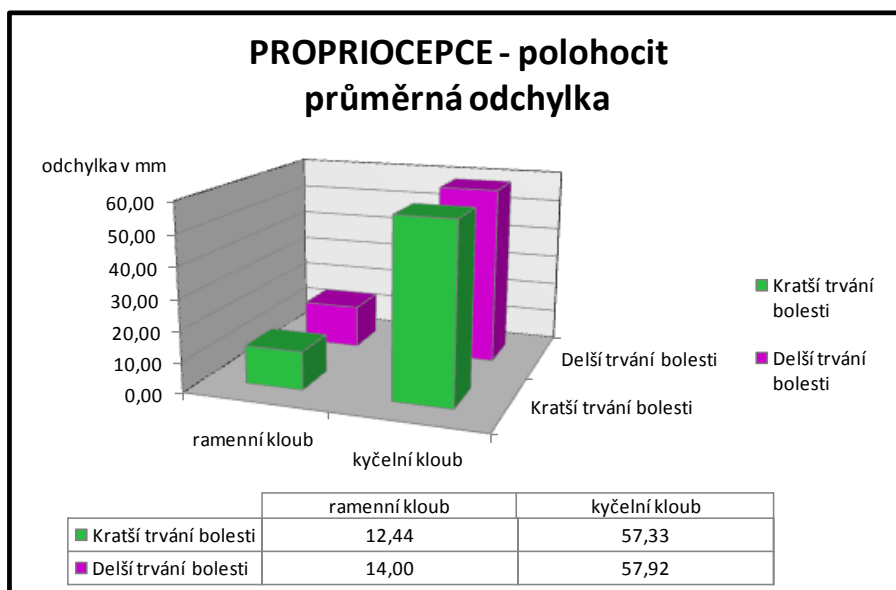
Graf 10: Odhad šířky ramen a boků pomocí horních a dolních končetin – porovnání odchylky u pacientů s kratší a delší dobou trvání bolesti zad (signifikantní rozdíly při odhadu šířky boků)

Pro uvedené 3 testy přijímáme na hladině významnosti 5% alternativní hypotézu  $H_{13}$  a můžeme zamítnout nulovou hypotézu  $H_{03}$ .

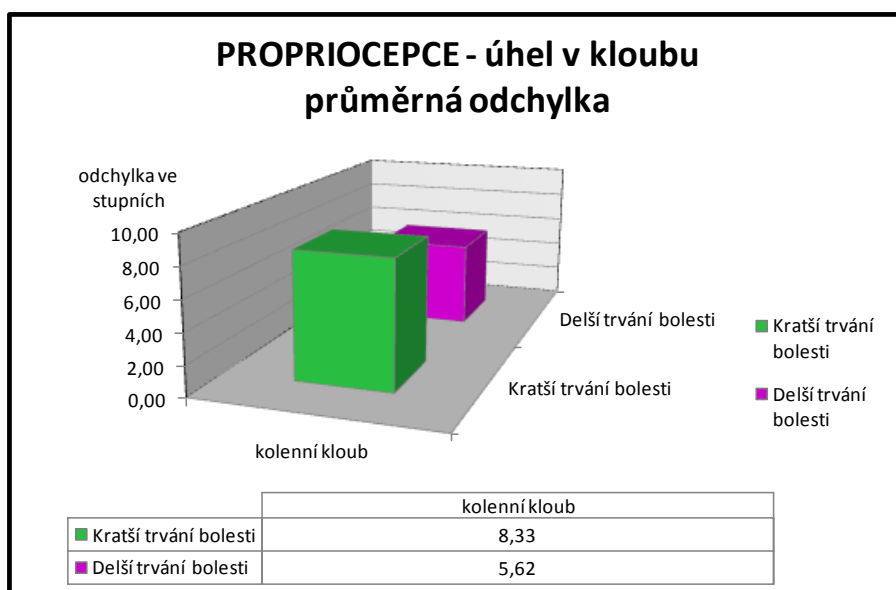
Ve zvolených testech propriocepce (graf 10 a 11) nebyl shledán statisticky významný rozdíl v kvalitě této percepce v závislosti na délce trvání bolesti zad (Tabulka 9). Na hladině významnosti 0,05 nejsme schopni zamítnout nulovou hypotézu  $H_{03}$  pro uvedené testy polohocitu.

Vyšetření	Test	Průměrná odchylka		Hladina významnosti <i>p</i>
		Kratší trvání B	Delší trvání B	
PRORPIOEPCE	ramenní kloub (mm)	12,44	14,00	0,34
	kyčelní kloub (mm)	57,33	57,92	0,48
	kolenní kloub (st.)	8,33	5,62	0,20

Tabulka 9: Hodnoty hladiny významnosti pro jednotlivé testy propriocepce (nezaznamenán žádný signifikantní rozdíl)



Graf 11: Porovnání přesnosti polohocitu na horní a dolní končetině u pacientů s kratší a delší dobou trvání bolesti zad (bez statisticky významného rozdílu)



Graf 12: Porovnání odchylky při nastavení pravého úhlu v kolenním kloubu u pacientů s kratší a delší dobou trvání bolesti zad (bez signifikantního rozdílu)

## 5 DISKUSE

### 5.1 Diskuse k teoretické části

V této práci vycházíme z předpokladu, že chronická bolest má vliv na kvalitu somatosenzorického vnímání u pacientů s LBP. Poznatky uvedené v teoretické části práce byly získány především ze zahraniční odborné literatury. Podnětem pro praktickou část této studie byla tedy především snaha ověřit, zda se naše výsledky budou shodovat se závěry výzkumů prováděných ve světě.

Na základě současných znalostí této problematiky můžeme s jistotou tvrdit, že mezi chronickou bolestí a změnami senzomotorické kontroly existuje souvislost. Není však zcela jasné, jestli bolest způsobuje poruchu v řízení motoriky, nebo zda porucha v řídicích mechanismech vede k rozvoji bolesti, případně obojí.

Panjabi publikoval studii, ve které prezentuje model poruchy řízení motoriky, která narušuje stabilizační funkci kloubů při pohybu, což vede k opakovaným mikrotraumatům a rozvoji bolesti. (Panjabi, 1992) V souladu s tímto modelem Janda píše, že jedinci s lehkým neurologickým deficitem (např. projevy lehké dyskoordinace) mají zvýšené riziko vzniku a rozvoje bolestivých stavů. (Janda in Korr, 1978, s. 31)

Polatajko popisuje diagnózu Developmental Coordination Disorder (DCD), což je porucha na úrovni kortikálních a neocerebelárních center mozku. Tito jedinci mají narušené motorické učení, které vede k chronickému přetěžování pohybového aparátu, a může se tak stát predisponujícím faktorem rozvoje nespecifických bolestí zad. (Polatajko et al., 1995)

Z těchto faktů se zdá být pravděpodobné, že příčinou bolesti je porucha v řízení motoriky. Nicméně i opak může být pravdou a existuje mnoho studií, jejichž autoři se přiklánějí k názoru, že bolest vede ke změnám v řízení motoriky. Už se však neshodují v potenciálních mechanismech těchto změn. V úvahu připadají změny excitability na úrovni míchy nebo mozkové kůry, změny v propriocepci nebo jiných aferentních systémech nebo specifické změny kortexu vyvolané bolestí. (Hodges, Moseley, 2003)

K tomu je ještě nutné dodat výzkum Wanda, který neprokázal ve své studii vztah mezi senzorickými funkcemi a klinickým obrazem pacienta, ačkoli na základě předchozích publikací, které popsaly vztah mezi poruchou taktilního vnímání a klinickým obrazem, předpokládal opak. Díky této negativní korelaci se autoři domnívají, že přítomný senzorický deficit není ani příčinou ani důsledkem přítomné bolesti a je to jen doprovodný fenomén. (Wand et al., 2010)

V souladu s Kolářem se přikláním k názoru, že právě porušená percepce vlastního těla může být primární příčinou abnormálních, neekonomických pohybových vzorů, které přetěžují určité oblasti pohybového systému a nakonec vedou k chronickým bolestem v zádech. (Kolář et al., 2009, s. 306)

Jak bylo uvedeno v práci, v mozku pacientů s chronickou bolestí dochází mj. k řadě strukturálních změn, a to nejen v kortexu, ale i v dalších oblastech, které mají co do činění s vnímáním nebo interpretací bolesti. Změny v kortikální reprezentaci jsou nejmarkantnější, na tom se shoduje většina autorů, důsledky této přestavby už však zcela zřejmé nejsou.

Studie zabývající se kortikální organizací u pacientů s bolestmi zad uvádí, že oblast S1 aktivovaná při stimulaci bolestivé oblasti je u těchto jedinců více mediálně než u zdravé kontrolní skupiny a s tímto posunem souvisí i intenzita vnímané bolesti. Lotze a Moseley vysvětlují tento posun rozšířením somatosenzorické oblasti reprezentující bolavá záda. Fenomén rozšíření dané senzorické oblasti se zdá být všudypřítomný u jakékoli chronické bolesti, kdy změněná afekce z postižené oblasti vede k přestavbě příslušné S1 arey kortexu. V současnosti nejsou známy žádné důkazy, že kortikální reorganizace vyvolává bolest, ale možné to je. Zatím byla prokázána jen skutečnost, že bolest může způsobovat korovou reorganizaci. Zvýšená kortikální excitabilita, patrná u jedinců trpících bolestí, pravděpodobně tuto reorganizaci podporuje. Toto zjištění pomáhá vysvětlit rychlou normalizaci organizace S1 arey po odstranění bolesti. (Lotze, Moseley, 2007)

Moseley a Gandevia ve své studii naopak píší, že mezi kortikálními změnami a bolestí neexistuje žádný kauzální vztah. Svě tvrzení zdůvodňují argumentem, že oba jevy mohou být pozorovány i samostatně nezávisle na sobě. Například reorganizace kortikální reprezentace ukazováčku lidí, kteří ovládají Braillovo písmo, není v tomto případě spojena s bolestí. Rovněž pacienti s KRBS a pacienti s muskuloskeletálními bolestmi jiného charakteru mají značně rozdílné změny v kortikální reprezentaci, ačkoli obě skupiny trpí bolestí. Vztah mezi bolestí a kortikální organizací označili jako variabilní také vzhledem k tomu, že rozdílné bolestivé stavy zahrnují aktivaci různých neuronálních sítí mozkové kůry. (Moseley, Gandevia, 2005)

Nejvíce pravděpodobná se zdá být teorie Wanda a O'Connella. Ti vysvětlují vliv kortikální reorganizace na přetrvávání bolesti související s pohybem tak, že díky změně v kortikální reprezentaci somatických proprioceptivních vstupů dochází k falešné signalizaci inkongruence mezi motorickým záměrem a prováděným pohybem.

Vytváření plánu pohybu v CNS je těsně spjato se senzorickými zpětnovazebnými systémy, které jsou monitorovány za účelem odhalení každé odchylky od předpokládané odpovědi. Pokud však existuje konflikt mezi motorickým výstupem a senzorickým feedbackem, lze předpokládat, že vyprodukovaná bolest bude mít funkci varujícího signálu s cílem upozornit na abnormality v rámci informačního zpracování. (Wand, O'Connel, 2008)

Rovněž McCabe publikoval, že bolest, při které není objektivně prokázané žádné poškození tkáně, může být vyvolána rozparem mezi plánem a realizací pohybu. Podle této hypotézy, stejně tak jako kinetóza může být způsobena rozporuplným senzorickým vjemem (z vestibulárního aparátu a proprioceptorů), tak i bolest může mít svůj původ v kortikální interpretaci somatických inputů, které dlouhodobě chybně signalizují nesoulad mezi motorickým úmyslem a výsledným pohybem. Chronickou bolest pak popisuje jako výsledek nesouladu mezi předpovídanou a aktuální proprioceptivní informací přicházející z periferie na základě porušení tělesných map. (McCabe et al., 2005)

Velice zajímavá je i oblast vývoje teorií, které se pokoušejí vysvětlit změny v nervovém systému doprovázející chronické bolesti. Názory vědců se s postupujícím časem výrazně měnily, dodnes však neexistuje jednotný model, který by probíhající změny vysvětlil.

Mezi původní teorie patřil například model bludného kruhu (Johansson, Sojka, 1991) nebo model adaptace na bolest (Lund et al., 1991). Tyto teorie předpokládaly relativně jednoduché mechanismy vysvětlující přizpůsobení se bolesti, jako např. přímý vstup z nociceptivní aference na motoneurony, inhibici a facilitaci interneuronů a okruhů v míše a mozkovém kmeni nebo zvýšenou citlivost svalových vřetének. Nebyly však nikdy řádně prokázány pomocí EMG, proto se od nich posléze opustilo.

Další práce již přišly se složitějšími mechanismy. U pacientů s LBP popsaly například změny v excitabilitě na různých úrovních motorického systému (změnu aktivity spinálních motoneuronů, rozdíly v excitabilitě na úrovni kůry, zejména v motorických oblastech zodpovědných za plánování pohybu a další). (Le Pera et al., 2001)

Hodges a Richardson, ale i další autoři, teorii o změněné excitabilitě popřeli. Své argumenty podložili rozborem aktivace m. transversus abdominis. Jeho aktivace by u zdravých jedinců měla předcházet pohybu končetin, ale u pacientů s LBP dochází ke zpoždění této aktivace. Pokud by toto zpoždění bylo vysvětlováno změnou excitability,

docházelo by k němu při jakémkoli pohybu končetiny, tedy ve všech směrech. Ve svém experimentu však prokázali, že toto zpoždění je při některých pohybech končetin výraznější než při jiných, nejmarkantnější je při extenzi v ramenním kloubu. Zpožděnou aktivaci zdůvodňují změnami v motorickém plánování, nikoli v excitabilitě nervového systému. (Hodges, Richardson, 1997)

Ve shodě s hypotézou o změnách v plánování pohybu publikovala řada autorů důkazy o výrazném vlivu bolesti i na supraspinální struktury, včetně důležité role mozkové kůry. (Derbyshire et al., 1997; Lorenz, Bromm, 1997; Hodges, 2001)

Sterling dále popsal teorii nazvanou model neuromuskulární aktivace, podle které jsou u pacientů trpících bolestí změněny pohybové vzory a narušen nábor motorických jednotek. Tyto změny mají pravděpodobně vliv na schopnost synergistické svalové aktivity zajišťující stabilitu kloubů a motorickou kontrolu. Jsou přítomny i v akutním stádiu bolesti, ale více patrné jsou při její chronicitě. (Sterling et al., 2001)

Hodges přišel s novou teorií, která se snaží vysvětlit adaptaci (na úrovni jak motoneuronu, tak aktivace celého svalu) nervového systému v oblasti senzomotorické kontroly, která provází bolestivý stav. Tato teorie zahrnuje popis redistribuce aktivity v rámci jednoho svalu nebo mezi svaly, změněnou reaktivitu (aktivitu a napětí svalu), motorické řízení, změny v kortikální reprezentaci a další jevy měnící somatosenzorickou kontrolu a motorický výstup pacientů s chronickou bolestí zad. Tento model motorické adaptace na bolest poskytuje mnohem komplexnější vysvětlení dosavadních klinických pozorování a zdá se být nejpřesnější. Popisuje také principy, které mohou být zahrnuty do rehabilitace muskuloskeletálních obtíží spojených s bolestí. (Hodges, 2011)

## 5.2 Možnosti využití poznatků v terapii

Chronická bolest zad již svým názvem poukazuje na problém, u něhož byla dosavadní léčba zatím neúspěšná. Jedná se o jednu z nejproblematictějších a nejobtížněji řešitelných diagnóz v oblasti pohybového systému, kde i dlouhodobá terapie a opakované pokusy o snížení bolesti často selhávají. (Wand et al., 2011)

Četnost výskytu této diagnózy v poslední době ohromně narůstá, zejména u osob v produktivním věku, což představuje bezpochyby velkou ekonomickou zátěž dnešní společnosti. Proto se vědci po celém světě snaží objevovat stále další poznatky o této problematice, na základě kterých by vymysleli novou, efektivní terapii pacientů s VAS.

Léčba LBP je ve většině případů zacílena na oblast bolesti, tedy na záda. Terapeuti se obvykle zaměřují na strukturální a funkční abnormality muskuloskeletálního systému, jakožto příčinu obtíží, a tento periferní patologický nálezn se snaží normalizovat. (Wand et al., 2011)

Z poznatků uvedených v teoretické části práce však vyplývá, že u pacientů s chronickými vertebrogenními obtížemi není porucha čistě jen v muskuloskeletálním aparátu, ale postižen je i systém nervový, a to jak sensorická, tak motorická složka, které jsou vzájemně úzce propojeny. V literatuře jsou v souvislosti s LBP popsány strukturální, funkční i neurochemické změny v mozku, poruchy řízení motoriky, posturálních mechanismů, jednotlivých modalit sensorického systému a další dysfunkce provázející chronickou bolest, které mají očividný vztah ke klinické manifestaci obtíží. Je patrné, že na perzistenci bolesti a její progresi a rozvinutí do chronického stádia má nemalý vliv zejména kortikální reorganizace. (Kumagai et al., 2011)

Nové přístupy terapeutické intervence se snaží nebrat popsané změny jako negativní faktor provázející obtíže těchto pacientů, ale naopak léčbu bolesti zaměřit na zlepšení těchto dysfunkcí. (Wand et al., 2011)

Existuje např. řada rehabilitačních konceptů, které se zaměřují na trénink senzitivních funkcí. Zásadou je, že porušené kvality cití je nutné stimulovat nejen na periférii, ale usilovat také o integraci senzitivních funkcí i na centrální kortikální a subkortikální úrovni. Jinými slovy, nestačí jen stimulovat receptory (např. hlazením apod.), ale nutná je také cílená aktivace těch oblastí CNS, kde dochází k percepci a k analýze sensorických vjemů a k jejich propojení s dalšími funkcemi motorickými, vestibulárními, k ovlivnění svalového tonu apod. Úroveň centrální integrace ovlivňují především rehabilitační techniky založené na neurofyziologickém podkladu, ale důležitý je i vědomý aktivní nácvik percepce vlastního těla v propojení s nácvikem opakovaných, přesných, jednoduchých pohybových stereotypů. (Kolář et al., 2009, s. 306)

Terapeutické přístupy zaměřené na normalizaci mozkových funkcí již byly použity u řady jiných bolestivých stavů, např. komplexní regionální bolestivý syndrom nebo fantomové bolesti končetin, jež jsou rovněž charakterizovány významnou kortikální dysfunkcí. Existují důkazy o snížení bolesti těchto pacientů po terapii využívající motorickou představu, zrcadlo jako vizuální feedback nebo trénink sensorické diskriminace. (Wand et al., 2011)

Tyto poznatky však nelze tak snadno aplikovat do terapie pacientů s LBP. Původ kortikálních dysfunkcí u pacientů s KRBS a fantomovými bolestmi byl poměrně důkladně prostudován a vztah těchto změn ke klinickému obrazu je lépe znám. Nicméně podobné studie u pacientů s LBP jsou zatím v začátcích. Neexistuje dosud dostatek znalostí o změnách mozkových funkcí a struktur, které by mohly být využity pro návrh systému terapie těchto pacientů s využitím uvedených faktů. Pro zařazení podobných postupů do rehabilitačního přístupu k pacientům s LBP je třeba ještě provést další výzkumy v této oblasti. (Wand et al., 2011)

Jak uvádí Lotze a Moseley, vztah mezi narušeným body image, kortikální reprezentací a bolestí je zřejmý. Ovšem terapeutické přístupy zaměřené na normalizaci tělesného schématu při léčbě bolestivých stavů jsou zatím v počátcích. (Lotze, Moseley, 2007)

První výsledky ukazují, že efektivní může být např. cvičení motorických představ nebo trénink dvoubodové diskriminace, a to minimálně u těch jedinců, kteří mají výrazně sníženou schopnost taktilního vnímání. (Wand et al., 2011)

U pacientů s KRBS bylo prokázáno, že každodenním tréninkem rozlišování dvou bodů na kůži se již po dvou týdnech normalizuje taktilní vnímání a dojde i k úpravě S1 reprezentace s ústupem bolestí. (Moseley, 2008)

Racionální se zdá být i názor Luomajokiho a Moseleye, kteří na základě výsledků své studie předpokládají, že cílený trénink diskriminačního čítí by mohl vést k normalizaci propriocepce v lumbosakrální oblasti a motorické kontroly u pacientů s LBP. (Luomajoki, Moseley, 2011)

Flor uvádí, že taktilní vjem může zpřesnit receptivní pole S1 neuronů, zvláště když na daný stimul jedinec zvýší pozornost nebo vnímá podnět s určitým záměrem. Tyto poznatky využila ve své studii při terapii pacientů s fantomovou bolestí po amputaci. Probandi podstoupili dvoutýdenní trénink, který spočíval v taktilní stimulaci pahýlu s cílenou pozorností na daný podnět. Terapeut přikládal na pahýl náhodně 2 různé podněty ze 4 různých stran a úkolem pacientů bylo rozeznat druh stimulu a lokalizovat ho. Tato terapie probíhala denně 90 minut. Po čtrnácti dnech se fantomová bolest u všech jedinců snížila, nebo vymizela úplně. (Flor et al., 2001)

Další studie využívající vizuální feedback k normalizaci body image byla provedena u paraplegických pacientů s těžkou neuropatickou bolestí. Terapie zahrnovala „virtuální chůzi“, kdy jedinci sledovali svoji horní polovinu těla v zrcadle a v oblasti dolních končetin měli před sebou plátno, kde byly promítány kráčející nohy.

Pacienti tak měli pocit, jakoby pozorovali sami sebe, jak jdou. Bolesti ustoupily po takovéto terapii u 4 jedinců z 5. (Lotze, Moseley, 2007)

Flor ve své studii poukazuje na možnost léčby jak muskuloskeletální, tak neuropatické chronické bolesti ovlivněním somatosenzorických bolestivých vzpomínek. K tomuto účelu navrhuje několik terapeutických metod, žádná z nich však nebyla systematicky testována a nebyl prokázán efekt na kortikální reorganizaci. Uvádí např. změnu periferního inputu, který vstupuje do oblasti mozku kódující bolestivou vzpomínku, např. s použitím EMG nebo teplotního biofeedbacku nebo přímé ovlivnění oblasti mozku zodpovědné za danou bolest využívající feedback EEG vln. Je možné i využití farmakologické intervence k ovlivnění paměťových stop v mozku. (Flor, 2003)

I přes řadu pozitivních výsledků je nutné dodat, že účinek léčby zaměřené na zlepšení sensorických funkcí není zcela jednoznačný. Existují i výzkumy, které neprokázaly přínos terapie zacílené na ovlivnění somatosenzorického systému u pacientů s LBP.

Johannsen ve své studii porovnával efekt tříměsíčního tréninku propriocepce se stejně dlouho trvajícím programem zaměřeným na prosté analytické posilování v rámci terapie pacientů s LBP. Podle výsledků nebyl významný rozdíl v efektu u těchto dvou programů. (Johannsen et al., 1995)

Ebenbichler dále prokázal u pacientů s nespecifickými bolestmi zad, že pozitivní vliv na redukci bolestí měl jakýkoli necílený trénink svalů. Hlavní podstatu tohoto závěru vidí autoři ve zvýšení hladiny endorfinů, která cvičení provází. To vede ke zlepšení nálady, modulaci vnímání bolesti a změnám strategií vyrovnání se s bolestí. (Ebenbichler et al., 2001)

Barker porovnával analgetický účinek TENS a nového přístroje FairMed, který slouží k tréninku sensorické diskriminace u dvou skupin pacientů s LBP. Neprokázali však signifikantní rozdíl v redukci bolestí mezi oběma skupinami. (Barker et al., 2008)

Podobně Guieu nezaznamenal ve své studii statisticky významný rozdíl vlivu vibrační stimulace a TENS na snížení bolesti u pacientů s LBP. (Guieu et al., 1991)

I přes nejednotnost názorů publikovaných v odborné literatuře mají terapeutické přístupy zaměřené na normalizaci sensorických funkcí pravděpodobně velký potenciál v léčbě pacientů s chronickými bolestmi zad. K učinění jednoznačných závěrů je však třeba ještě provést další studie na toto téma.

### 5.3 Diskuse k praktické části

Z empirických zjištění a prostudováním literatury jsme dospěli k předpokladu, že chronická bolest způsobuje řadu změn v nervovém systému, v jejichž důsledku dochází k poruše některých funkcí somatosenzorického systému, mimo jiné i grafestezie, propiocepce a somatognozie. V praktické části jsme chtěli tyto teoretické poznatky ověřit vyšetřením skupiny pacientů s chronickými bolestmi zad a porovnáním jejich výsledků se vzorkem zdravé populace. Naším záměrem bylo prokázat, zda bude v kvalitě grafestezie, polohocitu a ve schopnosti vnímat svoje tělo statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami.

V rámci tohoto výzkumu byly provedeny jednak testy zacílené na oblast obtíží, tedy bederní páteř, ale vyšetření jsme dále rozšířili přidáním testů zaměřených i na jiné části těla, bolestí nepostižené. Tímto jsme chtěli ověřit, zda lze uvedené poznatky o dysfunkci somatosenzorického systému zobecnit, nebo jestli je porucha vztažená jen k bolestivé oblasti.

Význam poruchy senzomotorické kontroly ve vztahu k chronické bolesti je v literatuře posledních let poměrně kontroverzním a často zmiňovaným tématem. Řada autorů se snaží vypátrat, jaký vliv mají chronické bolestivé poruchy pohybového systému na přesnost vnímání těla, případně jakou roli hraje porucha percepce ve vzniku a perzistenci bolestivých stavů.

#### 5.3.1 Diskuse k hypotéze č. 1

V hypotéze č. 1 jsme na základě faktů získaných z literatury chtěli prokázat, že při vyšetření grafestezie, propiocepce a somatognozie budou pacienti s LBP vykazovat ve srovnání s kontrolní skupinou podstatně větší odchylky a chyby. Jednotlivé testy byly prováděny na více oblastech těla, nejen v místě bolesti, jak je tomu ve většině publikovaných studií.

#### GRAFESTEZIE

V testu grafestezie byly psány číslice na 4 oblasti těla (dlaň, chodidlo, oblast bederní páteře a lopatku) s cílem prokázat poruchu taktilního vnímání i na nebolestivém místě.

Signifikantně větší odchylka se ukázala u skupiny pacientů ve 3 regionech tělesného povrchu - na dlani, v oblasti bederní páteře a na chodidle.

Tyto výsledky odpovídají závěrům studie Wanda, který prokázal statisticky významný rozdíl v chybovosti pacientů s LBP při vyšetření grafestezie v dolní části zad (v oblasti trnového výběžku L1, L3 a L5). (Wand et al., 2010) Ke stejným výsledkům došel i Moseley, který popsal poruchu taktilního vnímání u pacientů s VAS (Moseley, 2008) nebo Kumagai, která vyšetřovala grafestezii u pacientů s chronickými bolestmi v oblasti C-Th přechodu. (Kumagai et al., 2011)

Na rozdíl od publikovaných studií jsme v této práci navíc prokázali signifikantně zhoršenou funkci taktilního vnímání i v dalších oblastech, které nemají s bolestí co do činění (dlaň a chodidlo). Tento fakt není v souladu s tvrzením Moseleye, který popsal, že poruchy v přesnosti taktilního vnímání a změny tělesné percepce jsou vázány pouze na bolestivou oblast zad. (Moseley, 2008)

## PROPRIOCEPCE

Při vyšetření propioceptivních funkcí jsme zaznamenali signifikantně větší odchylku u pacientů s bolestmi zad pouze v případě polohocitu na dolní končetině.

V literatuře je publikováno několik studií, ve kterých byl testován polohocit nebo pohybecit u pacientů s chronickými bolestmi zad a porovnán se zdravou populací. Závěry však nejsou jednotné.

Náš výsledek se nejvíce podobá poznatkům publikovaným Kumagai, která zjistila statisticky významnou odchylku při vyšetření polohocitu na horní končetině u pacientů s chronickými bolestmi C-Th přechodu ve srovnání s kontrolní skupinou. (Kumagai et al., 2011)

Řada autorů prokázala u pacientů s LBP signifikantně větší výchylky v polohocitu a pohybecitu vyšetřovaného v oblasti bederní páteře při flexi a extenzi trupu ve srovnání s kontrolní skupinou. (Moseley, 2008; Gill, Callaghan, 1998; Taimela et al., 1999)

Newcomer prokázal rozdíl ve vnímání polohocitu u pacientů s LBP oproti zdravým při pohybu páteře do flexe. Naopak u pohybu do extenze vykazovali jedinci s chronickými bolestmi zad statisticky významně menší odchylky v určení výchozí polohy než jedinci bez bolestí. (Newcomer et al., 2000)

Koumantakis nezaznamenal ve své studii, kde hodnotil propiocepci při aktivních pohybech páteře do flexe, rotace a lateroflexe pomocí spinálního elektrogoniometru, žádný signifikantní rozdíl mezi skupinou pacientů s LBP a zdravou kontrolní skupinou. (Koumantakis et al., 2002)

Rovněž Lam nezjistil ve svém výzkumu signifikantní rozdíl v propriocepci mezi pacienty s LBP a zdravými dobrovolníky. Pro vyšetření kinestezie použil test vzpřimování bederní páteře z určité polohy zpět do neutrální pozice. Test odhalil tendenci pacientů s LBP tuto polohu přestřelovat, což považoval za deficit proprioceptivního vnímání. Po vyšetření zdravé populace stejným testem však nezaznamenal signifikantní rozdíly mezi oběma skupinami. (Lam et al., 1999)

Autoři se zatím neshodli, zda je funkčně významnější hodnocení proprioceptivního deficitu během pohybu iniciovaného probandem nebo během pasivního pohybu bez spoluúčasti vyšetřovaného. Více autorů se ale přiklání k názoru, že vnímání propriocepce při aktivním pohybu ve středním rozsahu může lépe ozřejmit abnormální nebo insuficientní aferentní informaci týkající se polohy a pohybu periferního kloubu. (Koumantakis et al., 2002)

V našem výzkumu nebyla prokázána dysfunkce proprioceptivního vnímání ve všech vybraných testech. K vysvětlení tohoto výsledku lze použít studii Koumantakise. Ten popisuje, že porucha propriocepce v oblasti bederní páteře nemusí být přítomna u všech pacientů s LBP, nebo že mohou v některých případech mít tyto pacienti proprioceptivní funkci naopak přesnější. Přítomnost bolesti může mít totiž podle něho v oblasti bederní páteře facilitační efekt na přesnost proprioceptivního vnímání. Bylo prokázáno, že chemické produkty zánětu ve facetových kloubech zvyšují excitabilitu fusimotorického systému inervujícího svalová vřeténka, což může ve výsledku zlepšovat proprioceptivní vnímavost. (Koumantakis et al., 2002) Ke stejným závěrům došla ve svém výzkumu Hobbs, která ovšem vyšetřovala pacienty s bolestmi v oblasti krční páteře. (Hobbs et al., 2010)

Z výsledků našich testů a uvedených prací vyplývá, že porucha proprioceptivního vnímání je vázána jen na oblast bolesti, tedy lumbosakrální region a pletenec pánevní.

## SOMATOGNOZIE

K vyšetření somatognozie jsme použili testy odhadu šířky ramen a boků ve vertikální rovině, a to pomocí horních i dolních končetin. Ani v jednom testu jsme však nezaznamenali signifikantní rozdíl v odchylce mezi pacienty s chronickými bolestmi zad a kontrolní skupinou.

Naše výsledky odpovídají studii Kumagai, která ve svém výzkumu hodnotila body image rovněž na základě odhadu šířky ramen, boků a navíc šířky úst ve vertikální

rovině. Při porovnání odhadů provedených pacienty s chronickými bolestmi v oblasti C-Th přechodu a zdravými jedinci neprokázala v žádném z těchto testů statisticky významný rozdíl. (Kumagai et al., 2011)

Naopak Moseley ve své studii prokázal u pacientů s LBP porušenou představu o svém těle, ovšem pomocí jiných testů. Tito pacienti měli nakreslit obrysy svého trupu a zakreslit obratle do míst, kde je cítí. 83% z nich nebylo schopno vymezit hranice celého trupu, přičemž vynechávali obrys bederní části zad, tedy místa obtíží. Žádný z pacientů nezakreslil všechny bederní obratle a linie zakreslených obratlů v případě unilaterální bolesti měla tendenci se vychylovat směrem ke straně bolestí. (Moseley, 2008)

### **5.3.2 Diskuse k hypotéze č. 2**

V hypotéze č. 2 jsme porovnávali výše uvedené testy u pacientů s chronickými bolestmi zad rozdělené do dvou skupin podle míry subjektivní intenzity bolesti. Chtěli jsme tak prokázat, zda existuje vztah mezi intenzitou bolesti a kvalitou senzomotorické kontroly.

#### **GRAFESTEZIE**

V naší studii byl zaznamenán signifikantní rozdíl pouze při vyšetření grafestezie v oblasti Lp. Větší chybovost vykazovali v tomto testu pacienti s nižší intenzitou bolesti. Tento výsledek však neodpovídá poznatkům získaným z literatury.

Většina studií prokázala pozitivní korelaci mezi mírou intenzity vnímané bolesti a rozsahem změn v kortikální reprezentaci (Lotze, Moseley, 2007), ve strukturální přestavbě (Schmidt-Wilcke et al., 2006) a v neurochemických markerech (Grachev et al., 2000), tudíž i mírou přesnosti somatosenzorických vjemů.

Kumagai píše, že existuje vztah mezi intenzitou bolesti a přesností taktilního vnímání, přičemž čím větší intenzita bolesti, tím patrnější dysfunkce taktilního vnímání, tedy i grafestezie. V našem vyšetření se toto neprokázalo, což může být s největší pravděpodobností způsobeno nedostatečným počtem probandů, které jsme vyšetřili. (Kumagai et al., 2011)

## PROPRIOCEPCE

Signifikantně větší odchylky byly v našem výzkumu zaznamenány při vyšetření polohocitu na horní končetině u pacientů se subjektivně vyšší intenzitou bolesti.

Tento výsledek je v souladu s poznatky Koumantakise, který popsal negativní korelaci mezi přesností propioceptivního vnímání a subjektivní intenzitou bolesti u pacientů s LBP. (Koumantakis et al., 2002)

Rovněž Kumagai prokázala souvislost mezi kvalitou propiocepce a intenzitou bolesti. (Kumagai et al., 2011)

Ovšem podobné testy, které jsme použili v naší studii, dosud v případě pacientů s LBP publikovány nebyly, proto nejsme schopni doložit, na základě jakých mechanismů byla porucha propiocepce prokázána jen na horní končetině.

## SOMATOGNOZIE

Ačkoli literatura uvádí, že jedinci s větší bolestí mají tendenci nadhodnocovat rozměry svých tělesných partií, v našem výzkumu jsme při vyšetření somatognozie nezaznamenali závislost intenzity bolesti na přesnosti odhadů relativní šířky ramen a boků. Tato neshoda může být rovněž způsobena nedostatečným počtem jedinců vyšetřených v naší studii.

### 5.3.3 Diskuse k hypotéze č. 3

Hypotézou č. 3 jsme chtěli ukázat případný vztah mezi kvalitou somatosenzorického vnímání a délkou trvání bolesti pacientů s LBP.

V literatuře je popsán vztah mezi délkou trvání bolestí a mírou změn kortikální reprezentace, přičemž ale není zcela patrné, zda déletrvající bolest má vliv na markantnější přestavbu mozkové kůry (Sharma et al., 2011) nebo zda se kortikální reorganizace podílí na chronizaci bolestí. (Kolář et al., 2009, s. 456)

Sharma prokázal u pacientů s LBP plastické změny v mozkových strukturách zodpovědných za bolest a zvýšenou aktivitu a rozšíření somatosenzorické arey reprezentující spodní část trupu (expanze do oblasti pro DKK a nohy). Tyto změny korelovaly s trváním bolesti. (Sharma et al., 2012)

## GRAFESTEZIE

Při vyšetření grafestezie jsme prokázali statisticky významný rozdíl v oblasti bederní páteře, kdy bylo podstatně více chyb zaznamenáno u pacientů s kratším trváním bolestí.

Toto zjištění nekoreluje s poznatky z literatury, kdy např. Flor uvádí, že při déletrvajících bolestech dochází k markantnější přestavbě mozkových struktur zodpovědných za interpretaci bolesti, v důsledku čehož jsou více zhoršeny i některé senzorycké funkce, např. taktilní vnímání. (Flor, 2003)

Náš výsledek lze ovšem vysvětlit fenoménem adaptace na bolest, která se u těchto jedinců postupně vyvíjí. Když má bolest delší trvání, jedinec (resp. jeho mozek) si na ni zvykne a nevěnuje jí již tolik pozornosti, která pak může být využita pro přesnější vnímání taktilního podnětu. (Luoto et al., 1999)

## PROPRIOCEPCE

Při vyšetření propiocepce jsme v žádném z vybraných testů neprokázali signifikantní rozdíl v kvalitě této percepce v závislosti na délce trvání bolestí zad.

Tento výsledek je v rozporu se studií Sharmy, který uvádí, že při déletrvajících bolestech dochází k výrazné kortikální reorganizaci a změnám v tělesném schématu, což má mimo jiné za důsledek zhoršenou propioceptivní funkci v dané oblasti. (Sharma et al., 2011) Tento poznatek však popsal jen pro oblast bolesti, tedy bederní páteř. Je proto možné, že zmíněná přestavba v kortikální reprezentaci nemá vliv na propiocepci v ostatních kloubech.

## SOMATOGNOZIE

Výsledky naměřené při vyšetření odhadu šířky tělesných partií nebyly zcela jednotné. Statisticky významný rozdíl jsme zaznamenali v případě odhadů šířky boků ve vertikální rovině. Horními končetinami určovali tento rozměr přesněji jedinci s delším trváním obtíží, dolními končetinami naopak pacienti s kratším trváním bolestí.

S podobným výsledkem ani možným vysvětlením jsme se v současné literatuře nesešli, proto bereme toto zjištění jako podnět k dalšímu výzkumu, zda se jedná pouze o náhodu, nebo má tento nálezný svoje opodstatnění.

## 5.4 Limity studie

Tato práce má několik limitací, které mohly mít vliv na dosažené výsledky a mohou bránit zobecnění získaných faktů. Navzdory tomu se však mnohé naše poznatky shodují s údaji uváděnými ve světové odborné literatuře.

Na prvním místě uvádíme relativně malý počet respondentů s chronickými bolestmi zad ( $n = 20$ ), kteří byli dále rozděleni na dvě skupiny pro účely hypotéz č. 2 a 3. I celkový počet probandů účastnících se studie ( $n = 40$ ) nebyl zcela dostačující k tomu, abychom mohli naše závěry považovat za obecně platné. Malý počet respondentů může být i důvodem, proč se všechny naše výsledky neshodují se závěry studií prováděných na toto téma jinými autory.

Dalším nedostatkem může být příliš velké rozmezí věku, které jsme zvolili jako jedno z kritérií pro výběr probandů do naší studie (30-60 let). Ovšem průměrný věk u kontrolní skupiny i skupiny pacientů byl velice podobný a ze statistického hlediska porovnatelný ( $45,7 \text{ let} \pm 8,8$  a  $47,3 \text{ let} \pm 8,9$ ).

Své nedostatky má i vyšetření propriocepce, kterou jsme v naší studii testovali v kyčelním, kolenním a ramenním kloubu, nikoli však v oblasti obtíží, tedy bederní páteře. Tento fakt zdůvodňujeme nedostatečným materiálním vybavením, které jsme měli pro účely této práce k dispozici. Propriocepci u pacientů s chronickými bolestmi zad by bylo vhodnější měřit pomocí elektrogoniometru nebo jiného přístroje umožňujícího zaznamenat polohu a její změny při pohybech v bederní páteři.

Experimentální část práce by bylo vhodné rozšířit ještě o další testy, které by pomohly zpřesnit diagnostiku poruchy senzomotorické kontroly. Z literatury vyplývá, že by se jednalo např. o vyšetření dvoubodové diskriminace (Lotze, Moseley, 2007), rychlost reakcí hodnocenou na končetinách (Venna et al., 1994) nebo vyšetření algického prahu (Wand et al., 2010).

Dále nebyly v práci zohledněny všechny údaje získané z anamnestického dotazníku. K zajímavým výsledkům by se jistě došlo posouzením eventuelní korelace mezi kvalitou grafestezie, propriocepce a somatognozie a např. počtem prodělaných operací bederní páteře, mírou pohybové aktivity nebo charakterem povolání. Tyto faktory se však všechny vzájemně ovlivňují, proto z pohledu statistiky nelze takovouto korelaci spočítat. Tento fenomén více působících faktorů se ve statistice nazývá confounding a znemožňuje výpočet korelace mezi dvěma náhodně vybranými charakteristikami v kontextu všech vlastností daného souboru.

## ZÁVĚR

Teoretická část diplomové práce podala přehled současných poznatků o vztahu somatosenzorického systému a chronické bolesti (zad). Dále zde byly popsány důsledky chronické bolesti projevující se ve změnách funkcí a struktur CNS a jednotlivých modalit senzorického systému.

Výsledky praktické části se shodují s uvedenými poznatky získanými z literatury jen částečně. Nutno však podotknout, že ani závěry výzkumů publikovaných řadou světových autorů nejsou vždy jednotné.

V souladu s publikovanými fakty jsme u skupiny pacientů prokázali signifikantní dysfunkci při testování grafestezie v oblasti dlaně, bederní páteře a chodidla a propiocepce v kyčelním kloubu ve srovnání se zdravou skupinou.

Při porovnání výsledků testů po rozdělení pacientů do dvou podskupin podle míry subjektivní intenzity bolesti nebyl zaznamenán významný rozdíl. Závislost stupně intenzity bolesti na kvalitě, resp. nekvalitě somatosenzorických funkcí jsme prokázali jen v případě polohocitu na horní končetině.

Stejně tak závislost výše uvedených senzorních funkcí na délce trvání bolesti nevyšla v našem výzkumu zcela jednoznačně. Pacienti s déletrvajícím bolestmi zad byli signifikantně méně přesní pouze v jednom z 11 klinických testů použitých v této studii. Ve srovnání se skupinou s kratším trváním bolesti vykazovali tito jedinci větší odchylky při odhadu šířky boků pomocí dolních končetin.

Tato zjištění, která jsme v práci uvedli, přispívají ke komplexnějšímu pohledu např. na terapii těchto pacientů založenou na modulaci funkcí CNS. Začlenění tréninku senzomotorických funkcí do rehabilitačního programu pacientů s chronickými bolestmi zad se zdá být efektivní pro zlepšení schopnosti zpracování senzorních informací, a tím zlepšení motorické kontroly, což je nezbytným předpokladem pro prevenci opakovaných (mikro)traumat pohybového systému spojených s chronickou bolestí.

## REFERENČNÍ SEZNAM

- ADIB, N. et al. Joint hypermobility syndrome in childhood. A not so benign multisystem disorder? *Rheumatology*, 2005, roč. 44, s. 744-750. ISSN 1462-0332.
- 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.
- BARKER, K.L. et al. Treatment of chronic back pain by sensory discrimination training.:A Phase I RCT of a novel device (FairMed) vs. TENS, *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2008, roč. 9, č. 97, s. 629-641. ISSN 1471-2474.
- BIEDERMAN, H.J. et al. Power spektrum analysis of electromyographic activity: discriminators in the differential assessment of patients with chronic low back pain. *Spine*, 1991, roč. 16, č. 10, s. 1179–1184. ISSN 1528-1159.
- BRAY, H.; MOSELEY, G.L. Disrupted working body schema of the trunk in people with back pain, *British Journal of Sports Medicine*, 2011, roč. 45, s. 168–173. ISSN 1473-0480.
- BYL, N.; SINNOTT, P. Variations in balance and body sway in middle-aged adults. *Spine*, 1991, č. 16, s. 325-330. ISSN 1528-1159.
- 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.
- DERBYSHIRE, S.W. et al. Pain processing during three levels of noxious stimulation produces differential patterns of central activity, *Pain*, 1997, roč. 73, č. 3, s. 431–445. ISSN 1872-6623.
- EBENBICHLER, G.R. et al. Sensory-motor control of the lower back: implications for rehabilitation. *American College of Sports Medicine*. 2001, roč. 33, č. 11, s. 1889-1898. ISSN 1530-0315.
- FLOR, H. Effect of sensory discrimination training on cortical reorganisation and phantom limb pain. *Lancet*, 2001, roč. 357, č. 2, s. 1763–1774. ISSN 0140-6736.
- 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.
- GAUTHIER, L.V. et al. Remodeling the brain: plastic structural brain changes produced by different motor therapies after stroke. *Stroke*, 2008, roč. 39, č. 5, s. 1520-1505. ISSN 0039-2499.
- GIBBS, J.; APPLETON, J.; APPLETON, R. Dyspraxia or developmental coordination disorder? Unravelling the enigma. *Archives of Disease in Childhood*. 2007, roč. 92, s. 534-539. ISSN: 0003-9888.
- GIESBRECHT, R.J.S.; BATTIE, M.C. A comparison of pressure pain detection thresholds in people with chronic low back pain and volunteers without pain. *Physical Therapy*, 2005, roč. 85, č. 10, s. 1085-1092. ISSN 1538-6724.
- 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.
- GUIEU, R. et al. Analgesic effects of vibrafon and transcutaneous electrical nerve stimulation applied separately and simultaneously to patients with chronic pain. *Canadian Journal of Neurological Science*, 1991, roč. 18, s. 113-119. ISSN 0317-1671.
- GUSTIN, S.M. et. al. Different Pain, Different Brain: Thalamic Anatomy in Neuropathic and Non-Neuropathic Chronic Pain Syndromes. *The Journal of Neuroscience*. 2011, roč. 31, č. 16, s. 5956 –5964. ISSN 0270-6474.
- 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.
- GRACHEV, I.D. et al. Association between dorsolateral prefrontal N-acetyl aspartate and depression in chronic back pain: an in vivo proton magnetic resonance spectroscopy study. *Journal of Neural Transmission*, 2003, roč. 110, č. 3, s. 287-312. ISSN 1435-1463.
- GROGAN, S. *Body image: Psychologie nespokojenosti s vlastním tělem*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2000. 184 s. ISBN 80-716-9907-1.
- GUSTIN, S.M. et. al. Different Pain, Different Brain: Thalamic Anatomy in Neuropathic and Non-Neuropathic Chronic Pain Syndromes. *The Journal of Neuroscience*. 2011, roč. 31, č. 16, s. 5956 –5964. ISSN 0270-6474.
- HIDES et al. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine*, 1996, roč. 21, č. 23, s. 2763-2769. ISSN 1528-1159.

- HOBBS, A.J. et al. Comparison of Lumbar Proprioception as Measured in Unrestrained Standing in Individuals With Disc Replacement, With Low Back Pain and Without Low Back Pain. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 2010, roč. 40, č. 7, s. 439-446. ISSN 0190-6011.
- 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 is not influenced by the direction of arm movement. *Experimental Brain Research*, 1997, roč. 114, s. 362–370. ISSN 1432-1106.
- HURLEY, M.V. The effects of joint damage on muscle function, proprioception and rehabilitation. *Manual Therapy*, 1997, č. 2, s. 11-17. ISSN 1356-689X.
- JACOBS, J.V.; HENRY, S.M.; NAGLE, K.J. Low back pain associates with altered activity of the cerebral cortex prior to arm movements that require postural adjustment. *Clinical Neurophysiology*, 2010, roč. 121, č. 3, s. 431-440. ISSN 1388-2457.
- JANDA, V. Muscles, central nervous motor regulation and back problems, In: Korr, I.M. *The Neurobiologic Mechanisms in Manipulative Therapy*, New York: Plenum Presspp. 1978, 488 s. ISBN 0-3063-1150X.
- JOHANNSEN, F. et al. Exercise for chronic low back pain: a clinical trial. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 1995, roč. 22, s. 52–59. ISSN 0190-6011.
- JOHANSSON, H.; SOJKA, P. Pathophysiological mechanisms involved in genesis and spread of muscular tension in occupational muscle pain and chronic musculoskeletal pain syndromes: A hypothesis. *Medical Hypotheses*, 1991, roč. 35, s. 196-203. ISSN 0306-9877
- KANDEL, E.R. et al. *Principles of Neural Science*. 5. vyd. New York: McGraw-Hill, 2012, 1760 s., ISBN 0-07-139011-1.

- KOLÁŘ, P. Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů – terapie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2007, roč. 14, č. 1, s. 3-17. ISSN 1211-2658.
- KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Galén, 2009, 713 s. ISBN 978-80-7262-657-1.
- KOLÁŘ, P. Ústní sdělení - předmět Obecné metody fyzioterapie: Základy vývojové kineziologie v manuální medicíně. 2. LF UK - Motol. 2012.
- KOUMANTAKIS, G.A. et al., Thoracolumbar Proprioception in Individuals with and without Low Back Pain: Intratester Reliability, Clinical Applicability, and Validity. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2002, roč. 32, č. 7, s. 327-335. ISSN 0190-6011.
- KOZÁK, J. Neuropatická bolest – přehled současných diagnostických možností a farmakoterapie. *Remedia*. 2002, roč. 12, č. 6, s. 397-408. ISSN 0862-8947.
- KRÁLÍČEK, P. *Úvod do speciální neurofyziologie*. Praha: Karolinum, 2004, 227 s. ISBN 80-246-0350-0.
- KRAUS, J. et al. Dětská mozková obrna. Praha: Grada Publishing, a.s., 2005. 344 s. ISBN 80-247-1018-8.
- KUMAGAI, K. et al. The Effects of Chronic Pain in the Upper Quarter on Sensorimotor Control. Presented at: 2010 CPTA Annual Conference, Oakland, October 1-2, 2010
- LAM, S.K. et al. Lumbar spine kinesthesia in patients with low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1999, roč. 29, č. 5, s. 294–299. ISSN 0190-6011.
- Le PERA, D. et al. Inhibition of motor system excitability at cortical and spinal level by tonic muscle pain. *Clinical Neurophysiology*, 2001, roč. 112, č. 9, s. 1633–1641. ISSN 1388-2457.
- 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.
- LLOYD, D. et al. Differences in low back pain behavior are reflected in the cerebral response to tactile stimulation of the lower back. *Spine*, 2008, roč. 33, č. 12, s. 1372-1377. ISSN 1528-1159.
- LORENZ, J.; BROMM, B. Event-related potential correlates of interference between cognitive performance and tonic experimental pain, *Psychophysiology*, 1997, roč. 34, č. 4, s. 436–445. ISSN 1469-8986.

- LOTZE, M.; MOSELEY, G.L. Role of Distorted body image in pain. *Current Rheumatology Reports*. 2007, roč. 9, č. 6, s. 488-96. ISSN 1534-6307.
- LUND, J.P. et al: The pain-adaptation model: A discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 1991, roč. 69, s. 683-694, ISSN 1205-7541.
- LUOMAJOKI, H.; MOSELEY, G.L. Tactile acuity and lumbopelvic motor control in patients with back pain and healthy controls, *British Journal of Sports Medicine*, 2011, roč. 45, s. 437–440. ISSN 1473-0480.
- LUOTO, S. et al. Mechanisms explaining the association between low back trouble and deficits in information processing. A controlled study with follow-up. *Spine*, 1999, roč. 24, č. 3, s. 255–261. ISSN 1528-1159.
- MAIHÖFNER, C. et al. Mislocalization of tactile stimulation in patients with complex regional pain syndrome. *Journal of Neurology*, 2006, roč. 253, č. 6, s. 772-779. ISSN 1432-1459.
- MARIBO, T. et al. Postural balance in low back pain patients: criterion-related validity of center of pressure assessed on a portable force platform. *European Spine Journal*. 2011, roč. 21, č. 3, s. 425-431. ISSN 1432-0932.
- MARRAS, W.S. et al. The influence of psychosocial stress, gender, and personality on mechanical loading of the lumbar spine. *Spine*, 2000, roč. 25, č. 23, s. 3045–3054. ISSN 1528-1159.
- MATTILA M. et al. The multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation. *Spine*, 1986, č. 1, s. 732- 738. ISSN 1528-1159.
- McCABE, C.S. et al. Simulating sensory-motor incongruence in healthy volunteers: implications for a cortical model of pain. *Rheumatology*, 2005, roč. 44, s. 509–516. ISSN 1462-0332.
- MELZACK, R. Evolution of the neuromatrix theory of pain. *Pain Practice*. 2005, roč. 5, č. 2, s. 85-94. ISSN 1533-2500.
- MELZACK R.; CASEY, K.L. Sensory, motivational, and central control determinants of pain: A new conceptual model. In: *The Skin Senses*. Kenshalo, D.; Thomas, C.C. (Eds). Springfield, 1968, 656 s. ISBN 0-39-801005-6.
- MOLLER, A.R. *Sensory Systems: Anatomy and Physiology*. 3. vyd. USA: Elsevier Science, 2003, 473 s. ISBN 0-12-504257-4.
- MOSELEY, G.L. I can't find it! Distorted body image and tactile dysfunction in patients with chronic back pain. *Pain*, 2008, roč. 140, č. 1, s. 239-243. ISSN 1872-6623.

- MOSELEY, G.L.; GANDEVIA, S.C. Sensory–motor incongruence and reports of ‘pain’. *Rheumatology*; 2005, roč. 44, s. 1083–1085. ISSN 1462-0332.
- NEWCOMER, K.L. et al. Differences in repositioning error among patients with low back pain compared with control subjects. *Spine*, 2000, roč. 25, č. 19, s. 2488-2493. ISSN 1528-1159.
- OSBORN, M.; SMITH, J.A. Living with a body separate from the self. The experience of the body in chronic benign low back pain: an interpretative phenomenological analysis. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*, 2006, roč. 20, č. 2, s. 216-222. ISSN 1471-6712.
- O’SULLIVAN, P.B.; TWOMEY, L.; ALLISON, G.T. Altered abdominal muscle recruitment in patients with chronic back pain following a specific exercise intervention. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1998, roč. 27, č. 2, s. 114–124. ISSN 0190-6011.
- PANJABI, M.M. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement, *Journal of Spinal Disorders*, 1992, roč. 5, č. 4, s. 383–389. ISSN 0895-0385.
- PARKHURST, T.M.; BURNETT, C.N. Injury and proprioception in the lower back. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1994, roč. 19, s. 282-295. ISSN 0190-6011.
- PFEIFFER, J. *Neurologie v rehabilitaci: pro studium a praxi*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2007. 352 s. ISBN 978-80-247-1135-5.
- POLATAJKO, H.J. et al. A clinical trial of the process-oriented treatment approach for children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 1995, roč. 37, č. 4, s. 310-319, ISSN 1469-8749.
- POLATAJKO, H.J., CANTIN, N. Developmental Coordination Disorder (Dyspraxia): an Overview of the State of the Art. *Seminars in Pediatric Neurology*. 2005, roč. 12, č. 4, s. 250–8. ISSN 1071-9091.
- SARIALI el-H. et al. In vivo study of the kinematics in axial rotation of the lumbar spine after total intervertebral disc replacement: long-term results: a 10-14 years follow up evaluation. *European Spine Journal*. 2006, roč. 15, s. 1501-1510. ISSN 1432-0932.
- SHAKESPEARE, D.T. et al. Reflex inhibition of the quadriceps after meniscectomy: Lack of association with pain. *Clinical Physiology*, 1985, roč. 5, s. 137-144. ISSN 1365-2281.
- SHARMA, N.K. et al. Primary somatosensory cortex in chronic low back pain – a <sup>1</sup>H-MRS study. *Journal of Pain Research*. 2011, č. 4, s. 143-150. ISSN 1526-5900.

- 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.
- SCHMIDT-WILCKE, T. et al. Affective components and intensity of pain correlate with structural differences in gray matter in chronic back pain patients. *Pain*, 2006, roč. 125, č. 1-2, s. 89-97. ISSN 1872-6623.
- SIDDALL, P.J. et al. Magnetic resonance spectroscopy detects biochemical changes in the brain associated with chronic low back pain: a preliminary report. *Anesthesia and Analgesia*. 2006, roč. 102, č. 4, s. 1164-1168. ISSN 1526-7598.
- SMALL, D.M.; APKARIAN, A.V. Increased taste intensity perception exhibited by patients with chronic back pain. *Pain*, 2006, roč. 120, č. 1-2, s. 124- 130. ISSN 1872-6623.
- 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.
- TAIMELA, S. et al. The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position. A controlled study. *Spine*, 1999, roč. 24, č. 13, s. 1322–1327. ISSN 1528-1159.
- TAKALA, E.; VIKARI-JUNTURA, E. Do functional tests predict low back pain? *Spine*, 2000, roč. 25, č. 16, s. 2126–2132. ISSN 1528-1159.
- TSAO, H.; GALEA, M.P.; HODGES, P.W. Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain: A Journal of Neurology*, 2008, roč. 131, č. 8, s. 2161-2171. ISSN 1432-1459.
- VÉLE, F. *Kineziologie pro klinickou praxi*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 1997. 272 s. ISBN 80-7169-256-5.
- VÉLE, F. *Kineziologie: Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2. vyd. Praha: Triton, 2006. 375 s. ISBN 80-7254-837-9.
- VENNA, S.; HURRI, H.; ALARANTA, H. Correlation between neurological leg deficits and reaction time of upper limbs among low-back pain patients. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 1994, roč. 26, s. 87- 90. ISSN 0036-5505.
- VLAEYEN, J.W.; LINTON, S.J. Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain: a state of the art. *Pain*, 2000, roč. 85, č. 3, s. 317–332. ISSN 1872-6623.
- WALL, P.D.; MELZACK, R. *Textbook of Pain*. 4. vyd. London: Churchill Livingstone, 1999, 1504 s. ISBN 0-4430-6252-8.

WAND, B.M.; O'CONNEL, N. Chronic non-specific low back pain – subgroups or a single mechanism? *BMC Musculoskeletal disorders*, 2008, roč. 9, č. 11, s. 131-146, ISSN 1471-2474.

WAND, B.M. et al. Tactile thresholds are preserved yet complex sensory function is impaired over the lumbar spine of chronic non-specific low back pain patients: a preliminary investigation. *Physiotherapy*, 2010, roč. 96, s. 317–323. ISSN 0031-9406.

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.

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. I: Informovaný souhlas .....	81
Příloha č. II: Dotazník.....	82
Příloha č. III: Standardizovaná česká verze krátké formy dotazníku bolesti McGillovy univerzity SF-MPQ .....	84

## PŘÍLOHY

### Příloha č. I: Informovaný souhlas

#### Informovaný souhlas

**Jméno**.....

**Datum narození**.....

Skupina:

Číslo:

Podepsáním tohoto souhlasu se stáváte součástí studie v rámci mé diplomové práce, za což Vám předem děkuji.

#### Výzkum

Práce má za cíl zmapovat Vaši senzomotorickou kontrolu, tzn. kvalitu rozlišovací schopnosti polohy, pohybu a podnětů pomocí kožního vnímání a vnímání ze svalových, šlachových a kloubních receptorů. Tyto funkce úzce souvisí s Vaší představou o vlastním těle, tedy jinak řečeno jak si uvědomujete své tělo a jeho části vůči prostoru. Výsledkem bude srovnání těchto schopností u lidí bez obtíží a u jedinců trpících dlouhodobými bolestmi zad.

#### Charakter vyšetření

Vyšetření bude trvat cca 30 min, kdy budu pomocí několika klinických testů vyšetřovat výše zmíněné funkce. Testy nejsou nijak fyzicky náročné, jde spíš o Vaši pozornost a soustředěnost během provádění úkolů.

#### Důvěrnost údajů

Veškeré údaje získané během této studie jsou přísně důvěrné a budou sloužit jen ke studijním účelům. V diplomové práci budou uvedeny pouze jako anonymní statistický souhrn.

Prohlašuji, že se studie zúčastním dobrovolně a jsem si vědom/a možnosti svoji účast kdykoli ukončit. Dále prohlašuji, že nespádám do žádné z uvedených kategorií: těhotné, nezletilí, vězni, vojáci, nesvéprávní.

V Praze dne.....

Podpis.....

**Příloha č. II: Dotazník****DOTAZNÍK**

1. Pohlaví:
  - a) muž
  - b) žena
  
2. Věk: ..... let
  
3. Uveďte prosím Vaši výšku a váhu  
.....cm  
.....kg  
  
⇒ *BMI*:
  
4. Charakter povolání:
  - a) sedavé
  - b) převážně vestoje
  - c) pohybově pestré (časté střídání static. a dynamic. zátěže)
  - d) fyzicky náročné / vrcholový sport

Pracovní poloha :

- a) vynucená
- b) často se mění
- c) otřesy

Konkrétní povolání:

.....

5. Pohybová aktivita:  
Sportujete rekreačně?
  - a) ne
  - b) ano

Co:.....

Jak často: 

- a) příležitostně
- b) 2-5 hodin do měsíce
- c) 2-5 hodin týdně

Provozoval/a jste nebo provozujete závodní sport?

- a) ne
- b) ano

Jaký:.....

V letech:.....

6. Trpíte bolestmi zad?

- a) ne, nikdy
- b) ano, ale jen jednou za čas
- c) ano, někdy, ale ne více než několik dní v roce
- d) ano, často

*a), b) => skupina 1*

*c), d) => skupina 2*

*Ot. č. 7., 8., 9. - jen v případě odpovědi 6 b) / c) / d)*

7. Bolest, kterou cítíte, je:

- a) zanedbatelná
- b) mírná
- c) střední
- d) silná
- e) nesnesitelná

8. Jak dlouho bolesti trvají?

- a) méně než 1 rok
- b) max. 3 roky
- c) víc než 3 roky

V letech:.....

9. Užíváte léky tlumící bolest?

- a) ne
- b) ano, občas
- c) ano, 1krát denně
- d) ano, 2 a víckrát denně

10. Léčíte se s nějakým (jiným) onemocněním?

- a) ne
- b) ano

Jakým: .....

11. Prodělal/a jste někdy závažné operace/ úrazy?

- a) ne
- b) ano

Jaké: .....

Kdy: .....

Operace páteře: .....

**Příloha č. III: Standardizovaná česká verze krátké formy dotazníku bolesti  
McGillovy univerzity SF-MPQ**

2010

Příjmení a jméno ..... Dnešní datum .....

Datum narození ..... Trvání bolesti v letech .....

Tyto úsečky slouží k ohodnocení pocitu, který je nadepsaný. Levý okraj znamená nepřítomnost pocitu, pravý okraj znamená nejsilnější pocit, jaký si dokážete představit. Na každé úsečce označte „|“ místo, které odpovídá tomu, co cítíte.

žádná	—————	nejhorší možná
	INTENZITA BOLESTI	
žádná	—————	nejhorší možná
	NEPŘÍJEMNOST BOLESTI	
pohoda	—————	nejhorší utrpení
	CELKOVÝ ŽIVOTNÍ POCIT	
nevyskytuje	—————	nepřetržitě
	TRVÁNÍ BOLESTI	

**SF-MPQ 2R**

Zde je seznam slov, kterými popisujeme bolest. Uveďte, prosím, u každého slova, zda charakterizuje Vaši bolest, a označte, jak je v této charakteristice intenzivní.

	žádná	mírná	střední	silná		žádná	mírná	střední	silná
TEPAVÁ	0	1	2	3	TÍŽIVÁ	0	1	2	3
VYSTŘELUJÍCÍ	0	1	2	3	CITLIVÁ NA DOTEK	0	1	2	3
BODAVÁ	0	1	2	3	ŘEZAVÁ	0	1	2	3
OSTRÁ	0	1	2	3	UNAVUJÍCÍ – VYČERPÁVAJÍCÍ	0	1	2	3
KŘEČOVITÁ	0	1	2	3	OSLABUJÍCÍ	0	1	2	3
HLODAVÁ	0	1	2	3	VZBUZUJÍCÍ STRACH	0	1	2	3
PALČIVÁ	0	1	2	3	DEPRIMUJÍCÍ – KRUTÁ	0	1	2	3
TUPÁ	0	1	2	3					