Univerzita Karlova

Lékařská fakulta v Plzni

Studijní program: ortopedie

Radiologické, histochemické a histologické změny m. erector spinae u pacientů se zlomeninou torakolumbální páteře léčenou otevřenou a miniinvazivní stabilizací

Radiological, histochemical and histological changes of m. erector spinae by patients with a fracture of thoracolumbal spine treated with open or miniinvasive stabilisation

Disertační práce

Školitel: doc. MUDr. Jiří Matějka, Ph.D.

Plzeň, 2021 **MUDr. Tomáš Matějka**

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem řádně uvedl a citoval všechny použité prameny a literaturu. Práce vznikla za podpory grantu GAUK 764214. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Plzni, 17. 2. 2021 MUDr. Tomáš Matějka

Abstrakt

V dnešní době jsou miniinvazivní operace součástí moderní medicíny a v posledních letech částečně nahrazují otevřené metody. Cílem této práce bylo porovnání radiologických, histochemických a histologických změn m. erector spinae u pacientů se zlomeninou torakolumbální páteře léčenou otevřenou (OPEN) a miniinvazivní (MISS) stabilizací. Účelem nebylo jednu metodu vyhodnotit jako lepší nebo horší, šlo pouze o porovnání a zjištění výhod a nevýhod jednotlivých operací. Během studie jsme porovnávali jak výše zmíněné rozdíly v kvalitě m. erector spinae, tak laboratorní změny svalových enzymů, porovnávali jsme délku operací, přesnost zavedení jednotlivých šroubů, krevní ztráty, kyfotizaci segmentů a intenzitu osvitu. Byla ustanovena hypotéza, že poškození svalů ve všech faktorech bude nižší u MISS než u OPEN.

Do prospektivní randomizované studie bylo zařazeno celkem 38 pacientů se zlomeninou typu A a B podle klasifikace dle Vaccara, 19 bylo operováno MISS a 19 OPEN metodou. Průměrný věk celé skupiny byl 46,4 roků (18 – 68), průměrný věk u MISS výkonů byl 42,6 (18 – 66), u OPEN byl 48,7 (19 – 68). U všech pacientů zařazených do studie bylo diagnostikováno pouze monotrauma TL páteře. Pokud byla diagnostikována i jiná poranění, tito pacienti nebyli do studie zařazeni.

Odběr svalových vzorků byl během stabilizace a extrakce odebrán z oblasti zlomeniny pokaždé z jiné strany a odeslán k histologickému a histochemickému vyšetření. Zjišťoval se rozdíl v intenzitě fibrotických a atrofických změn a poměr zastoupení jednotlivých svalových vláken u jednotlivých metod. V další části studie se porovnával stav svalů na předoperačně provedené nukleární magnetické rezonanci (MRI) se stavem na MRI provedeným 3 měsíce po extrakci implatátů. Opět jsme hodnotili rozdíly v množství fibrotizace a atrofie svalů u obou metod. K porovnání laboratorních hodnot svalových enzymů jsme intervalově odebírali kreatinkinázu (CK) a myoglobin (MYO) v perioperačním období, a to až několikrát denně do normalizace hladin. Hodnoty délky výkonu, krevních ztrát a intenzity osvitu jsme čerpali z perioperačních záznamů. Změny segmentální křivky a míru kyfotizace obratle jsme získali z velikostí úhlů měřených intervalově po dobu celé studie, a to ihned po úrazu a až dva roky po vynětí implantátů.

Z výsledků jsme zjistili a potvrdili hypotézu, že jak v histologickém a histochemickém obraze, tak v obraze MRI, je svalový korzet poškozen vyšší měrou u OPEN než u MISS. V biochemické části studie na rozdíl od předpokladu, že sval bude při operaci méně poškozen u MISS než u OPEN, se ukázal přesný opak. Hladiny svalových enzymů během MISS výkonu stoupaly téměř do dvojnásobné výše než u OPEN. Důvodem je zřejmě vyšší lokální zhmoždění svalstva a vývoj minikompartmentu u nedrenovaných MISS výkonů. Výsledky u délky operace a přesné lokace transpedikulárních šroubů nepotvrdily rozdíl mezi metodami, krevní ztráty byly

podstatně vyšší u OPEN, míra ozáření podstatně vyšší u MISS a srovnatelně u obou metod jsme shledali míru ztráty korekce jednotlivých křivek páteře v čase.

Miniinvazivní operace mají své místo v léčbě zlomenin TL páteře, ale ne pro všechny typy poranění. Nejsou vhodné tam, kde je nutná dekomprese a kvalitní zadní spondylodéza. MISS výkony jednoznačně šetří páteřní svalový korzet v dlouhodobém sledování.

Obsah

Seznam zkratek 8
1 ÚVOD 9
2 CÍL PRÁCE 10
2.1 Hypotéza 10
3 TEORETICKÉ POZNÁMKY 10
3.1 Anatomie a biomechanika páteře 10
3.2 Svaly páteře 12
3.2.1 První vrstva – povrchová 12
3.2.2 Druhá vrstva 13
3.2.3 Třetí vrstva 14
3.2.4 Čtvrtá vrstva - hluboká 15
3.3 Mikroanatomie spinálních svalů 15
3.4. Diagnostika poranění páteře 18
3.4.1 Anamnéza 18
3.4.2 Klinické vyšetření 18
3.4.3 Radiodiagnostické zobrazovací metody 18
3.5 Klasifikace zlomenin torakolumbální páteře 19
3.5.1 Magerlova dvousloupcová klasifikace 19
3.5.1.1 Zlomeniny typu A 20
3.5.1.2 Zlomeniny typu B 20
3.5.1.3 Zlomeniny typu C 21
3.5.2 Klasifikace dle Vaccara 21
3.6 Možnosti léčby zlomenin torakolumbální páteře 23
3.6.1 Konzervativní léčba 23
3.6.2 Operační léčba 23
4 VLASTNÍ STUDIE 27
4.1 Metodika a materiál 27
4.1.1 Soubor 28
4.1.2 Operační postup 31
4.1.2.1 Otevřená stabilizace OPEN 31
4.1.2.2 Miniinvazivní stabilizace MISS 32
4.1.2.3 Extrakce implantátů 32
4.1.2.4 Pooperační sledování 33

4.1.2.5 Statistické metody u operačních hodnot....33
4.1.3 Zobrazovací metody....33
4.1.3.1 Metoda radiodiagnostického hodnocení změny kvality svalů pomocí MRI....34
4.1.3.1.1 Statistické metody....35
4.1.3.2 Metoda hodnocení správného zavedení šroubů....35
4.1.3.3 Metoda měření osvitu při skiaskopii....36
4.1.3.4 Metoda radiodiagnostického hodnocení změny kyfotizace obratle....36
4.1.3.4.1 Statistické metody....37
4.1.4 Laboratorní metody (Biochemická část studie)....38
4.1.4.1 Metodika odběru a hodnocení laboratorních vzorků....39
4.1.4.2 Statistická metodika u biochemické části studie....39
4.1.5.Metoda bioptického vyšetření....40
4.1.5.1 Metodika získání vzorků....40
4.1.5.2 Příprava preparátu....40
4.1.5.3 Statistické metody....41
4.2 Výsledky....42
4.2.1 Operační část studie....42
4.2.1.1 Výsledky hodnocení krevních ztrát....42
4.2.1.2 Výsledky hodnocení délky výkonu....43
4.2.1.3 Výsledky hodnocení pooperační bolesti....44
4.2.2 Radiodiagnostická část studie (zobrazovací metody)....46
4.2.2.1 Výsledky radiodiagnostického hodnocení změn kvality svalů pomocí MRI....46
4.2.2.2 Výsledky radiodiagnostického hodnocení správného zavedení šroubů....51
4.2.2.3 Výsledky měření osvitu při skiaskopii....52
4.2.2.4 Výsledky radiodiagnostického hodnocení změny kyfotizace obratle....54
4.2.3 Laboratorní (biochemická) část studie....60
4.2.4 Výsledky histologické a histochemické části studie....66
4.2.4.1 Statistická analýza a její výsledky u histochemie a histologie....66
4.2.4.1.1 Výsledek pro fibrózu....66
4.2.4.1.2 Hodnocení změn typů vláken....69
4.2.4.1.3 Výsledek pro typy vláken....69
4.2.5 Komplikace....78
4.3 Diskuze....80
4.3.1 Operační část studie....80
4.3.1.1 Diskuze k hodnocení krevních ztrát....80
4.3.1.2 Diskuze k hodnocení délky výkonu....80

4.3.1.3 Diskuze k hodnocení intenzity bolesti po operaci 80
4.3.2 Radiodiagnostická část studie....81
4.3.2.1 Diskuze k hodnocení změn svalů v obraze MRI 81
4.3.2.2 Diskuze k hodnocení správného zavedení šroubů 82
4.3.2.3 Diskuze k měření intenzity osvitu 83
4.3.2.4 Diskuze k hodnocení změn úhlů kyfotizace obratle a segmentu....83
4.3.3 Diskuze k laboratorní (biochemické) části studie....85
4.3.4 Diskuze k histologické a histochemické části studie....86
4.3.5 Souhrnná diskuze ke všem částem studie 87
5 ZÁVĚR A POTVRZENÍ HYPOTÉZ 89
Seznam použité literatury 90
Seznam obrázků 98
Seznam tabulek....101
Poděkování 102

SEZNAM ZKRATEK

AO - Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (Nadace pro výzkum zlomenin)

AP - předozadní

ATPáza - adenosintrifosfatáza

CK - kreatinkináza

CT - počítačová tomografie

EX, EXS – extrakce implantátů

FRS = ST - primární stabilizace zlomeniny

FSU - functional spinal unit = funkční spinální jednotka

FU - follow up (následné sledování)

HE - hematoxylin-eosin

MISS - mininvazivní stabilizace

MRI - magnetická rezonance

MYO - myoglobin

NADH - nikotinadenindinukleotidáza

OPEN - otevřená stabilizace

PA - zadopřední

PLIF - posterolateral interbody fusion

RTG - rentgenové vyšetření

SDH - sukcinátdehydrogenáza

SKA - segmental kyphotic angle (úhel kyfotizace segmentu)

SKIA - skiaskopie

ST - primární stabilizace zlomeniny

TL - torakolumbální

TLIF - transforaminal interbody fusion

VAS - Visual Analoque Scale

VBKA - vertebral body kyphotic angle (úhel kyfotizace obratlového těla)

1 ÚVOD

V posledních letech dochází k rozvoji miniinvazivních výkonů na páteři. Od standardních otevřených stabilizací dvou segmentů, přes monosegmentální stabilizace, vertebroplastiky, kyfoplastiky, stentoplastiky, se nyní nově vyvíjejí a rozvíjejí miniinvazivní instrumentační stabilizace torakolumbální (TL) páteře. Při současném trendu moderní medicíny pokoušet se operovat co nejméně invazivně, dochází k vývoji mnoha nových implantátů a zavádějí se nové techniky stabilizace páteře. Toto se děje nejen v traumatologii páteře, ale i segmentu onemocnění páteřního sloupce, jako jsou degenerativní onemocnění, deformity, nádory a záněty. V každé z těchto částí spondylochirugie probíhá diskuze, jaké jsou indikace k mininvazivní stabilizaci, jaké výhody a nevýhody tato metoda operování přináší, jaké jsou její limity [3,5,15,20,22,24,33,63,72,75,80]. Jistě se najdou indikace, kdy je miniinvazivita vhodná a proveditelná, ale i indikace, kdy je perkutánní výkon nemyslitelný, jako jsou operace pro nádor, zánět a deformity dětské páteře. V traumatologii páteře je tato kontroverze nejvyšší. Základním faktorem stabilizace páteřního sloupce, nejen pro úraz, je spondylodéza, fúze páteře, kterou mininvazivním výkonem nelze provést. Nicméně existují poranění, kdy stabilizujeme zejména přední sloupec a zadní je možno podpořit perkutánním výkonem. Dále jsou typy zlomenin, zejména pouze kostní léze, kdy není zcela nezbytné spondylodézu provést. Protože se traumatologii páteře na našem pracovišti věnujeme, rozhodli jsme se zjistit rozdíly mezi jednotlivými postupy, a to nejen v perioperačním období, ale i dlouhém úseku po operaci.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této disertační práce je porovnání otevřené a miniinvazivní stabilizace TL páteře pro úraz několika parametry. Zejména se práce věnuje rozdílům mikroanatomie paraspinálních svalů, změnám hladin svalových enzymů v souvislosti s operačním výkonem. Práce dále porovnává rozdíly v délce operace, osvitu skiaskopií, lokace šroubů. Dále se věnuje dlouhodobým změnám ve svalech v obrazu MRI, porovnává rozdíly v tvarech obratlů a křivek páteře u obou typů operací.

V teoretickém úvodu je pojednáno o anatomii a biomechanice páteře, následně diagnostice, klasifikaci a možností léčby zlomenin TL páteře. V souvislosti s vlastní studií je popsána anatomie a histologie svalů páteře a následně je představena metodika a výsledky této studie s diskuzí.

2.1 Hypotéza

byla ustanovena tak, že se předpokládá:

1) větší míra poranění svalového korzetu při otevřené stabilizaci než při miniinvazivním výkonu (část studie histologická a radiodiagnostická – MRI),

2) vyšší hodnoty svalových enzymů v krvi při otevřené stabilizaci v těsném pooperačním období (část studie biochemická),

3) rozdílné hodnoty v technických údajích operace (doba výkonu, intenzita osvitu, kvalita zavedení šroubů, krevní ztráty, pooperační bolest, tvar obratle a segmentální křivka).

3 TEORETICKÉ POZNÁMKY

3.1 Anatomie a biomechanika páteře

Torakolumbální páteř je tvořena dvanácti hrudními (hrudní kyfóza) a pěti bederními obratli (bederní lordóza). Tělo hrudního obratle má na transverzálním řezu částečně trojúhelníkový tvar, dorzálně je spojeno obloukem protáhlými pedikly, z oblouku vybíhají horní a dolní fasety (artikulační výběžky) s kloubními plochami orientovanými frontálně. Z oblouku dále vycházejí výběžky (transversální a spinózní), které tvoří plochu pro svalové úpony. Na tělech a příčných výběžcích jsou styčné plochy pro úpon žeber.

Tělo bederního obratle má ledvinovitý tvar, dorzálně je taktéž spojeno pedikly, které tvoří oblouk obratle, ze kterého vybíhají výběžky a artikulační plochy. Příčné výběžky tvoří výběžky mammilární, důležité pro orientaci při zavádění transpedikulárních šroubů. Vývojově zakrnělá žebra tvoří kostární výběžky nesprávně označované na bederní páteři jako transverzální,

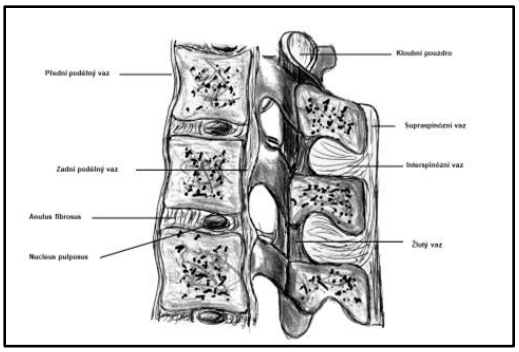
dorzálně vycházejí výběžky spinózní jako u obratlů hrudní páteře. Pedikly bederních obratlů jsou mohutnější, fasetární klouby mají artikulační plochy orientovány sagitálně. V místě torakolumbálního přechodu (segment T12/L1) se mění orientace kloubních ploch a zároveň chybí stabilizační vliv skeletu hrudníku. Tato oblast je nejmobilnější z celé T/L páteře, a proto zde nejčastěji dochází k poranění obratlů.

Funkční spinální jednotka

Dva sousední obratle spojené meziobratlovou ploténkou, klouby, vazy a svaly tvoří tzv. funkční spinální jednotku (functional spinal unit - FSU), **obrázek 1**. V tomto pohybovém segmentu probíhají pohyby ve směru flexe/extenze, inklinací a rotací. Pohyb ve FSU aktivně ovlivňují svaly a pasivně ligamentózní struktury. Svaly jsou proto aktivními stabilizátory jednotlivých FSU a tím celé páteře a kompletní vazivový aparát s klouby je pasivním stabilizátorem. Oba tyto stabilizační prvky se doplňují a vytvářejí tak správné postavení jednotlivých FSU a páteře jako celku. Protože pasivní stabilizátory reagují na změny stability konstatně a většinou se nemění v krátkém časovém úseku, tak reakci na rychlé změny zajišťují svaly jako aktivní dynamické stabilizátory. Kvalita svalů tak výrazně ovlivňuje rychlou reakci na zátěž páteře, která je abnormální. Svaly mají různé typy vláken, které tuto stabilitu zajišťují [43, 46].

Kombinací kvalitních statických a dynamických stabilizátorů tato anatomická stavba páteře umožňuje její základní funkce, a to nosnou, pohybovou a protektivní pro nervové struktury.

Pro správnou funkci páteře je zásadní její stabilita, která je definovaná jako „kvalita, díky které si páteřní struktury udržují svoji kohezi ve všech fyziologických pozicích páteře“ [8,18, 28]. Nestabilita je naopak „patologický proces, který může vést k posunu obratlů za jejich normální fyziologický limit“ [38]. Nestability je pak možné dělit na akutní (trauma), subakutní (tumor, nesprávně léčené trauma) nebo chronická (degenerativní změny, nesprávně léčené zlomeniny, olistéza) [53].



Obrázek 1 - Funkční spinální jednotka, volně dle Matějky [53]

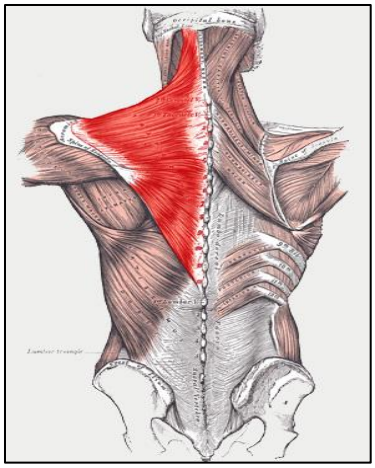
3.2 Svaly páteře

Stabilita páteře je udržována souborem statických a dynamických stabilizátorů. V případě zcela správného anatomického a fyziologického vývoje statických stabilizátorů jsou dynamické stabilizátory, tj. posturální svaly, odpovědny za udržování postoje, působí tedy proti gravitaci, dále svaly začínají, udržují a mění směr pohybu páteře. Důležitou funkcí svalů páteře je neustálá kontrola těžiště trupu a celé postavy, a proto při prudkých pohybech končetin jsou odpovědny za udržení rovnováhy těla.

Svaly páteře se dělí na 4 vrstvy [9,10]:

3.2.1 První vrstva – povrchová

Funguje nejen jako stabilizátor páteře, ale také ovládá pohyb končetin, **obrázek 2 - 3**.



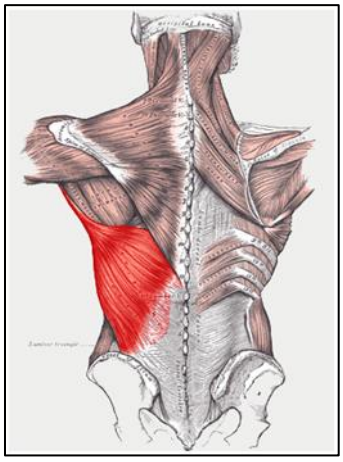
- **Musculus trapezius**

Začátek svalu: týlní kost, trnové výběžky krčních a hrudních obratlů (po T 12 včetně)

Úpon svalu: clavicula, lopatka (akromion, hřeben)

Funkce svalu: zdvihá ramena nad jejich úroveň, táhne lopatku k páteři

Obrázek 2 – Musculus trapezius, volně dle Čiháka [10]



- **Musculus latissimus dorsi**

Začátek svalu: kost kyčelní, kost křížová, hrudní a bederní obratle

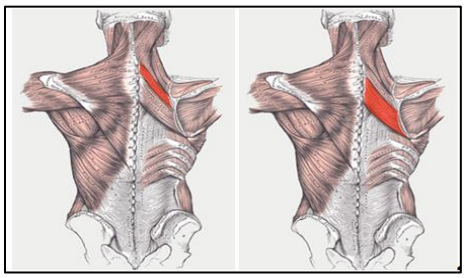
Úpon svalu: kost pažní

Funkce svalu: připažení, zapažení

Obrázek 3 – Musculus latissimus dorsi, volně dle Čiháka [10]

3.2.2 Druhá vrstva

Stejně jako první ovládá i pohyb končetiny, **obrázek 4, 5**.



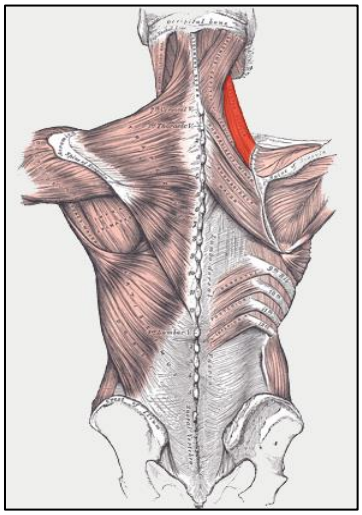
- **Musculus rhomboideus**

Začátek svalů: krční a hrudní obratle

Úpon svalu: vnitřní okraj lopatky (okraj blíže k páteři)

Funkce svalu: táhnou lopatku k páteři a nahoru

Obrázek 4 - Musculi rhomboidei - minor et major, volně dle Čiháka [10]



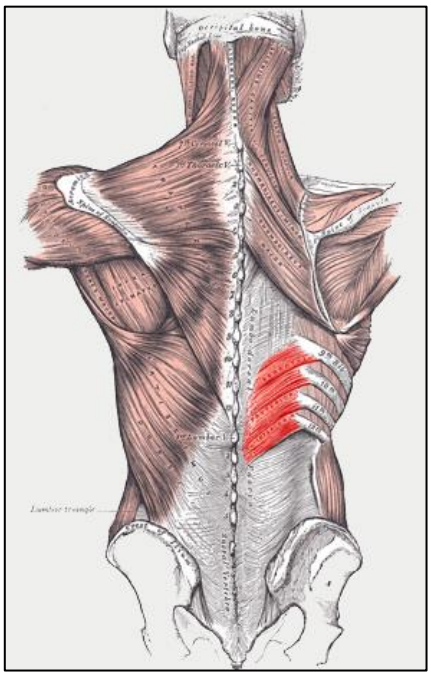
- **Musculus levator scapulae**

Začátek svalu: krční obratle – sval začíná vysoko na krční páteři
Úpon svalu: lopatka
Funkce svalu: zdvih lopatky

Obrázek 5 - Musculus levator scapulae, volně dle Čiháka [10]

3.2.3 Třetí vrstva

Stabilizuje páteř, ovládá pohyby hrudníku, **obrázek 6**.



- **Musculus serratus posterior superior et inferior**

Začátek svalu: proc. spin

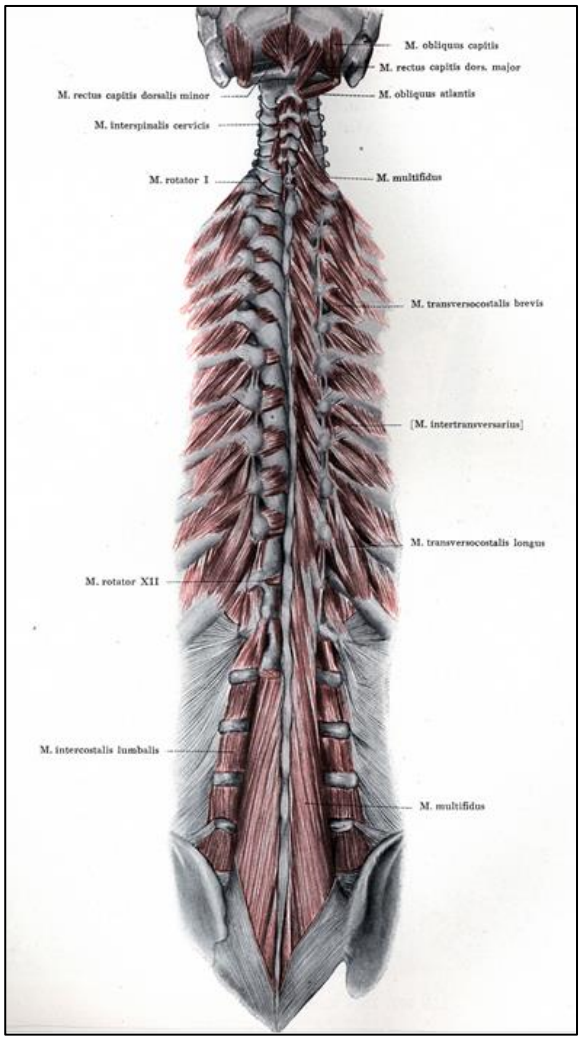
Úpon svalu: žebra
Funkce svalu: pomocné dýchací svaly

Obrázek 6 - Musculus serratus posterior superior et inferior, volně dle Čiháka [10]

3.2.4 Čtvrtá vrstva - hluboká

Mají podélný průběh po obou stranách od křížové kosti směrem k týlní krajině. Čím jsou uloženy hlouběji a blíže k páteři, tím jsou kratší. Souhrně se nazývají m. erector spinae. Jejich funkcí je extenze páteře. Tato vrstva je zobrazena na **obrázku 7**. Dělí se na:

- **Spinotransverzální systém**
  - Musculus splenius
  - Musculus longissimus
  - Musculus iliocostalis
- **Spinospinální systém**
  - Musculus spinalis
- **Transversospinální systém**
  - Musculus transversospinalis
    - Musculus semispinalis
    - Musculi multifidi
    - Musculi rotatores



Obrázek 7 - Čtvrtá svalová vrstva, volně dle Raubera a Kopsche [66]

3.3 Mikroanatomie spinálních svalů

Příčně pruhované svalstvo, a tedy i svaly trupu obsahují dva základní typy vláken, která jsou označeny jako typ I a typ II, **obrázky 8 - 10**, a to na základě jejich funkčních a metabolických vlastností [42,43,44,45,46,53,54,55].

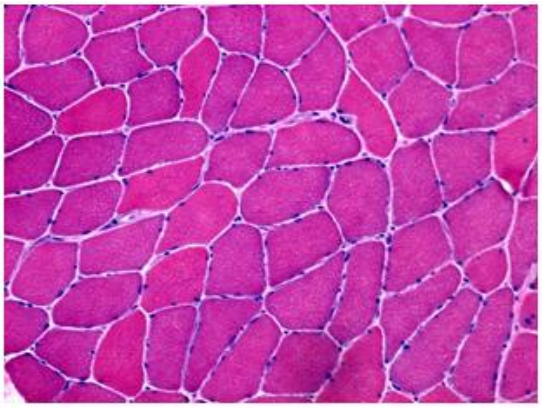
- **Typ I (vlákna červená)** – pomalá, tonická vlákna s nízkou aktivitou myozinové adenosintrifosfatázy (ATPázy) a prolongovanou dobou stahu a nízkou maximální rychlostí, vysokou hodnotu oxidativního metabolizmu a nižší úrovní glykolýzy.
- **Typ II (bílá vlákna)** – rychlá, fázická vlákna, mají vysokou aktivitu ATPázy, krátkou dobu stahu, vyšší úroveň glykolýzy, nízký oxidativní metabolizmus. Vlákna druhého typu lze rozdělit na následující podskupiny:
    - IIA,
    - IIB (nyní označovaná jako IIX),
    - IIC.

Vlákna IIX mají obecně vyšší intenzitu všech dříve zmíněných vlastností než typ IIA. Velmi zřídka se objevující vlákna IIC jsou ve svých vlastnostech lokalizována mezi typy IIA a IIX. U zdravých lidí, kteří nikdy neměli bolest v zádech, je zastoupení jednotlivých typů vláken u mužů a žen ve svalu m. erector spinae prakticky shodné a je následující, **tabulka 1**:

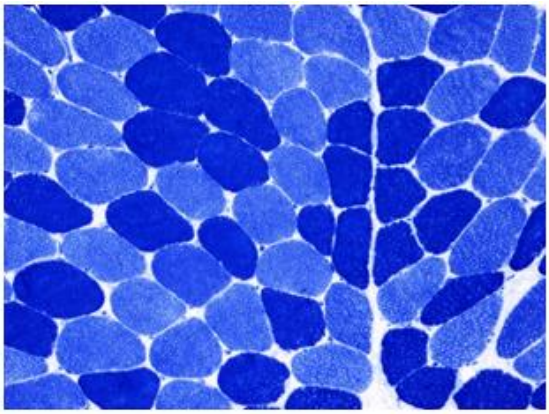
Tabulka 1 - Zastoupení jednotlivých svalových vláken

	MUŽI (v %)	**ŽENY (v %)**
TYP I	66,1	66,5
TYP IIA	24,4	24,6
TYP IIX (B)	7,9	8,2
TYP II C	0,6	0,2

Z tohoto vyplývá převaha pomalých vláken, která jsou odpovědná za dlouhotrvající stah a tedy i za ekonomický metabolizmus posturálních svalů, což je důležité pro udržování správné polohy trupu a tím i celé postavy [53].

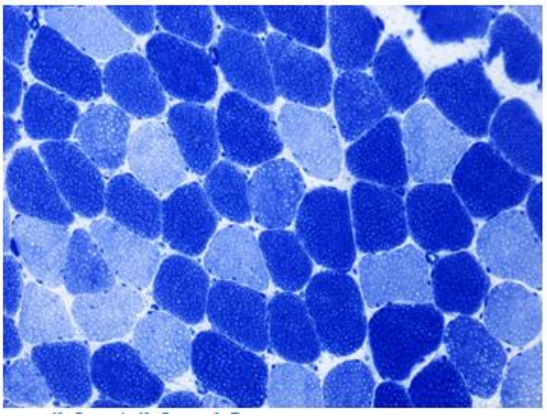


Obrázek 8 - Svalový preparát normálního spinálního svalu barvený hematoxylinem-eosinem (HE). Zvětšení 100x. Jádra jsou uložena periferně, struktura vláken homogenní



Obrázek 9 - Svalový preparát normálního spinálního svalu připraven rutinní histochemickou metodou k důkazu adenosintrifosfatázy (ATPázy) při pH 9,4. Zvětšení 100x

.



Obrázek 10 - Svalový preparát zdravého spinálního svalu připravený histochemickou metodou průkazu ATPázy s preinkubací při pH 4,6. Zvětšení 100x. Tato metoda prokazuje jednotlivé typy vláken následovně: Typ I je zbarven tmavě modře a Typ IIA je zbarven světle modře

3.4. Diagnostika poranění páteře

3.4.1 Anamnéza

Základem diagnostiky jakéhokoliv onemocnění či poranění je odebrání anamnézy. V tomto případě jde o zjištění mechanismu úrazu, intenzity násilí a přidružených onemocnění.

3.4.2 Klinické vyšetření

Při podezření na poranění páteře pacienta nevertikalizujeme a vyšetřujeme v horizontální poloze. Na boku pohledem zjišťujeme přítomnost defigurace, otoku, hematomu, poranění kožního krytu. Poklepová bolestivost TL páteře utvrzuje podezření na poranění obratle a palpační vyšetření spinózních výběžků a interspinózních prostor dává podezření na poranění zadního sloupce u flekčně distrakčních typů zlomenin. Dále vyšetřujeme pohyb a citlivost dolních končetin k vyloučení motorického či senzitivního poranění. Toto je klasifikováno dle Frankela [16].

Frakenlova klasifikace:

A – kompletní míšní léze, úplné poškození motoriky a senzitivní inervace,
B – kompletní motorická léze a ztráta citlivosti pod poraněným segmentem,
C – motorická funkce zachována, ale nepoužitelná, polohocit zachován,
D – funkčně využitelná motorická funkce, ale oslabená, částečně nebo plně zachovaná senzitivita,
E – normální motorická i senzitivní funkce.

3.4.3 Radiodiagnostické zobrazovací metody

Základním vyšetřením u poranění páteře je nativní RTG snímek v předozadní a bočné projekci. Zde lze zhodnotit výšku obratlového těla, meziobratlové prostory, poranění výběžků, distanci mezi spinózními výběžky při poranění interspinózních ligament. Při degenerativních nestabilitách páteře využíváme funkční snímky páteře, kdy při flexi a extenzi páteře sledujeme pohyb mezi obratli vůči sobě navzájem.

Při diagnostice poranění páteře je nepostradatelné CT vyšetření, které mnohem lépe zobrazuje kostní poranění a napomáhá k diagnostice a klasifikaci zlomenin. Pokud je nejistá diagnostika po CT vyšetření, doplňujeme vyšetření magnetickou rezonancí, která zobrazí poranění měkkých tkání (disky, vazy, otok a hematom měkkých tkání, stav míchy). MRI je vždy indikováno a je mandatorní při poraněních páteře s neurologickou lézí a dále u všech degenerativních onemocnění.

3.5 Klasifikace zlomenin torakolumbální páteře

Cílem klasifikace zlomenin je určení závažnosti poranění a určení následného terapeutického postupu. Klasifikace zlomenin vychází z biomechanického modelu páteře. První dvousloupcovou teorii vytvořil v roce 1963 Holdsworth [25], který označil jako nestabilní zlomeninu takovou, která má poraněný zadní sloupec. Následovala teorie Whitesidesova [79], který páteř přirovnal k jeřábu, kde zadní tenzní lano udržuje přední část jeřábu v zatížení tak, aby břemeno nepřevážilo jeřáb dopředu. Praskne-li zadní lano (analogon zadních páteřních struktur), jeřáb se zhroutí, stejně tak páteř přepadá do kyfózy. S další významnou klasifikací přišel Denis v roce 1983 [12], který použil třísloupcovou teorii a rozděluje následující typy nestabilit:

- nestabilita mechanická (1. stupeň) – jde o poranění osteoligamentózních struktur páteře,
- nestabilita neurologická (2. stupeň) – jde o poranění nervových struktur u stabilních poranění osteoligamentózních,
- nestabilita kombinovaná (3. stupeň) – jde o kombinaci těžkého poranění nervových a osteoligamentózních struktur u luxačních zlomenin.

V roce 1993 byla vydána Magerlova dvousloupcová klasifikace [41], kterou AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese Fragen, Davos, Švýcarsko) přijala jako oficiální klasifikaci zlomenin TL páteře.

3.5.1 Magerlova dvousloupcová klasifikace

Zlomeniny jsou rozděleny do 3 hlavních typů [41]:

- ***A typ**:* poranění předního sloupce bez poranění zadních struktur (kompresní, štěpné a tříštivé zlomeniny těla obratle),
- ***B typ*:** poranění předního sloupce i zadního sloupce distrakcí (flekčně-distrakční zlomeniny, Chanceho zlomenina a hyperextenční poranění),
- ***C typ:*** poranění typu A nebo B s rotací.

Tyto typy se dále dělí na skupiny 1 - 3 a další podskupiny, se vzrůstajícím písmenem a číslem stoupá míra nestability zlomeniny a závažnost poranění. Toto dělení je vodítkem pro další léčbu.

3.5.1.1 Zlomeniny typu A

Jsou charakterizovány poraněním pouze předního sloupce různého charakteru, zadní sloupec je intaktní.

- A1 Impakce

Různé typy komprese těla obratle bez poranění zadního sloupce, zadní stěna obratle není porušena, časté při osteoporóze.

- A2 Štěpné zlomeniny (split)

Rozpolcení těla obratle nejčastěji ve frontální rovině s různou intenzitou dislokace.

- A3 Tříštivé zlomeniny (burst)

Tříštivá zlomenina obratlového těla s typickým retropulzovaným fragmentem do páteřního kanálu.

3.5.1.2 Zlomeniny typu B

Přední sloupec poraněn flekčním a axiálním násilím nebo hyperextenzí (poranění typu A nebo meziobratlové ploténky), zadní sloupec distrakcí. Distrakce nemusí být na RTG snímku patrna po spontánní repozici zlomeniny vleže na zádech, z toho vyplývá nebezpečí „podklasifikování“ zlomeniny a následné neadekvátní léčby s možností vzniku chronické nestability. Zlomeniny typu B jsou klasifikovány následovně:

- B1 Zadní léze převážně vazivová (flekčně distrakční poranění)

Dochází k subluxaci, nestabilitě ve flexi i střihu a až k přední dislokaci, jde o vysoce nestabilní zlomeniny s nutností operační léčby posterolaterální instrumentovanou spondylodézou a často náhradou poraněné ploténky.

- B2 Zadní léze převážně kostní (flekčně distrakční poranění)

Vzácnější zlomeniny, hojení je kvalitní, protože zlomenina prochází pouze kostní tkání.

- B3 Přední disrupce disku (hyperextenční poranění)

Častěji se vyskytuje na sníženě pohyblivé páteři, např. při ankylózující spondylitidě nebo difúzní idiopatické skeletální hyperostóze, při vysoké energii násilí a u obézních [49,52].

3.5.1.3 Zlomeniny typu C

Tyto zlomeniny jsou nejzávažnější poranění s největší mírou nestability, často při polytraumatech, provázené mnohočetnými zlomeninami příčných a kostálních výběžků, zlomeninami žeber, sterna, jsou spojeny s těžkými neurologickými lézemi, léčení je pokud možno vždy operační. Jsou klasifikovány následovně:

- C1 Poranění typu A spojené s rotací,
- C2 Poranění typu B spojené s rotací,
- C3 Rotačně střižné poranění.

Tyto zlomeniny měly v Magerlově klasifikaci velké množství podskupin, a tím se tato klasifikace stala v typu C velmi nepřehlednou, proto byla zjednodušena týmem pod vedení Alexandra Vaccara [71].

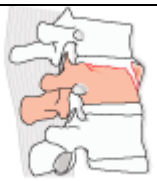
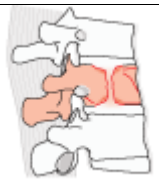
3.5.2 Klasifikace dle Vaccara

Nejnovější klasifikace, vydaná v roce 2014 a v dnešní době oficiálně používaná, je klasifikace dle Vaccara z roku 2013 [71]. Uznává princip dvousloupcové teorie a základní dělení na zlomeniny typ A, B a C, **tabulky 2 - 5**. Vychází z Magerlovy klasifikace a je pro orientaci značně zjednodušena, protože zde chybí dělení druhého a třetího řádu a jsou zde drobné a poměrně logické změny.

Tabulka 2 - Typologie zlomenin volně dle Vaccara

TYP A	Poranění předního sloupce s kompresí	
TYP B	Poranění předního a zadního sloupce s distrakcí	
TYP C	Poranění předního i zadního sloupce s translací	

Tabulka 3 - Zlomeniny typu A

Typ A0	Jednoduché zlomeniny příčných a spinózních výběžků	
Typ A1	Komprese obratlového těla	
Typ A2	Split a pincer zlomeniny těla	
Typ A3	Burst zlomenina kraniální části těla obratle (inkompletní burst)	
Typ A4	Kompletní burst zlomenina	

Tabulka 4 - Zlomeniny typu B

Typ B1	Kostěné poranění předního i zadního sloupce	
Typ B2	Osteoligamentózní poranění	

Typ B3	Extenční typ poranění	

Tabulka 5 - Zlomeniny typu C

Typ C	Translační poranění	

3.6 Možnosti léčby zlomenin torakolumbální páteře

Principem léčby poraněné páteře je obnovení její nosné, pohybové a protektivní funkce včetně zachování funkce nervových struktur. Cílem je návrat ztracených neurologických funkcí, udržení stávajících neurologických funkcí, zachování či znovuobnovení stability páteře, ohled na komfort pacienta s možností časné rehabilitace, minimalizace vzniku chronické posttraumatické nestability páteře.

3.6.1 Konzervativní léčba

Ke konzervativní léčbě obecně jsou indikovány zlomeniny bez neurologické léze, bez většího stupně nestability a deformity, typicky poranění typu A1.1, A1.2 dle Magerla [41] s malým stupněm kyfózy, někdy A2.1, A2.2, A3.1 dle charakteru na CT obrazech a s přihlédnutím k celkovému stavu pacienta, totéž v případě zlomeniny typu B2.1. Zahrnuje funkční léčbu, fixaci ortézou nebo korzetem. Funkční léčba spočívá v krátkodobém klidovém režimu na lůžku, nejlépe do doby odeznění největších bolestí a následné včasné mobilizaci a rehabilitaci zádového a břišního svalstva. Ke stabilizaci se nejčastěji používají pro torakolumbální páteř preformované ortézy a 3-bodové korzety (Jewett), které jsou doporučovány nejen ke konzervativní léčbě, ale i k doléčování po operačních výkonech. Pacienty je nutno intervalově klinicky a rentgenologicky kontrolovat k časnému odhalení původně skryté nestability a eventuální kyfotizace a k provedení následné adekvátní operační léčby.

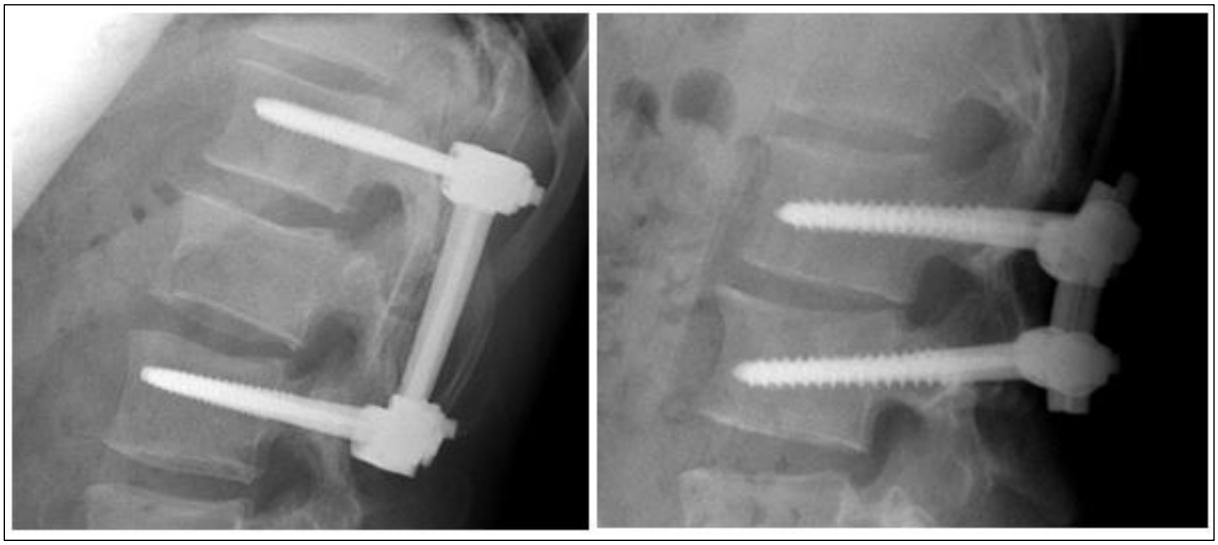
3.6.2 Operační léčba

Principem operační léčby je dosažení repozice, trvalé stabilizace a v případě útlaku nervových struktur dekomprese. Dle Magerla [40] jsou cíle operační léčby následující:

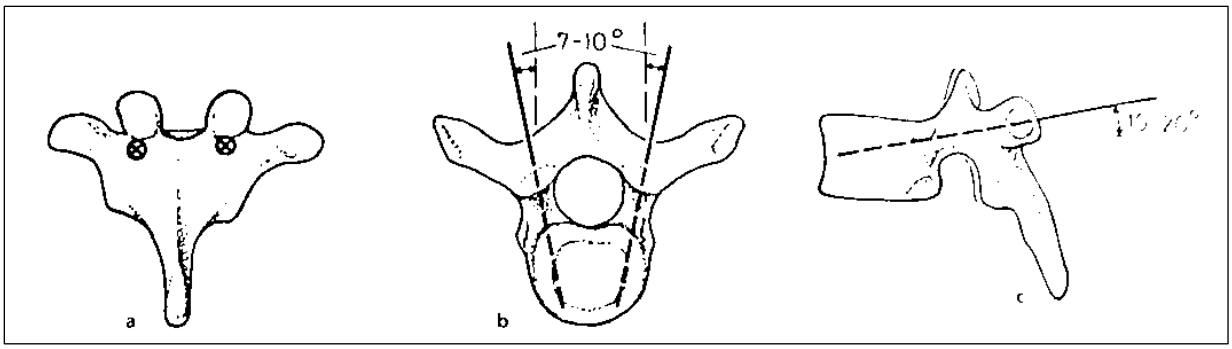
- návrat neurologických funkcí,
- udržení dosud zachovalých neurologických funkcí,
- zachování či znovuobnovení stability páteře,
- komfort pro pacienta během léčby.

Zavedení Dickova vnitřního fixatéru v r. 1982, **obrázek 11**, umožnilo prudký rozvoj operativy a metod stabilizace páteře a zdokonalování repozičních technik pomocí transpedikulární fixace [32]. Tato fixace může stabilizovat pouze jeden segment páteře, pokud zůstává prostor pro umístění transpedikulárních šroubů do nepostižené části obratlového těla, potom je nazývána fixací monosegmentální, nebo stabilizuje více sousedních segmentů v závislosti na charakteru zlomeniny či počtu poraněných obratlů, pak jde o stabilizaci bisegmentální a více, **obrázek 12**.

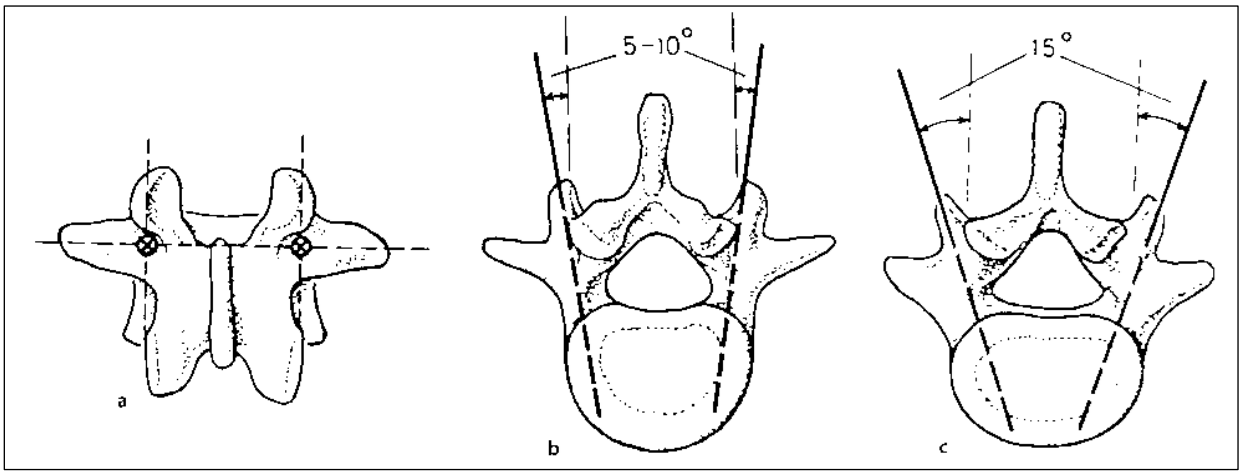
Obrázek 11 - Fotografie Dickova fixátoru, volně dle Matějky [53]



Obrázek 12 - Bisegmentální fixace / Monosegmentální fixace



Obrázek 13 - Schéma zavádění transpedikulárních šroubů na hrudní páteři, volně dle Aebi [2]



Obrázek 14 - Schéma zavádění transpedikulárních šroubů na bederní páteři, volně dle Aebi [2]

Páteřní kanál bývá zúžen útlakem fragmentů z obratlového těla u tříštivých zlomenin, kdy fragmenty ze zadní plochy obratlového těla tlačí na přední plochu míchy, mohou poranit durální vak a vlastní nervovou tkáň. Dekomprese a repozice fragmentu lze dosáhnout nejdéle do 24 hodin od úrazu metodou tzv. ligamentotaxe, přičemž čím déle od úrazu, tím menší pravděpodobnost správné a dostatečné repozice díky organizaci hematomu. Principem je provedení lordotizace a distrakce. Zadním přístupem pomocí transpedikulárně zavedených šroubů, **obrázek 13, 14**, a instrumentária se provede manipulace na šroubech a tím dojde k obnovení výšky obratlového těla a napnutím obou podélných vazů k repozici úlomků. Po delší době od úrazu již efektivita této metody často není dostatečná. Další možností je revize kanálu po laminektomii s odstraněním úlomků nebo jejich zaražením zpět do obratlového těla. Prostá laminektomie (odstranění obratlového oblouku) bez stabilizace způsobí další destabilizaci páteře a tím i zhoršení nervové léze, je proto bezpodmínečně nutné doplnit ji fúzí.

Implantát stejně jako v klasické končetinové traumatologii nezajistí trvalou stabilizaci, ta je možná jen zhojením zlomeniny a vytvořením kvalitní pevné fúze kostní tkání, tj. spojení

sousedních obratlů na principu přemosťující spondylodézy s využitím kostních štěpů autologních, homologních nebo alogenních náhražek typu tricalciumfosfátu.

Indikace k operační léčbě jsou absolutní a relativní. Absolutními jsou existence časového intervalu mezi úrazem a vznikem neurologické léze, progrese původně nekompletní nervové léze, otevřená poranění. Relativními jsou zúžení páteřního kanálu o 50 % a více i bez neurologického postižení, kyfotizace páteře větší než 20º či snížení přední hrany obratlového těla o více než 50 %, nestabilní zlomeniny páteře.

V současnosti se preferuje spíše aktivnější přístup, indikace k operaci je založena na charakteru a typu zlomeniny dle Vaccarovy klasifikace [71], uznané od roku 2015 jako oficiální klasifikace AO. Přítomnost neurologického deficitu je impulzem k provedení urgentního výkonu maximálně do šesti hodin od úrazu. Čím dříve je provedena dekomprese, tím je větší šance na zachování existujících nervových funkcí i návrat funkcí poškozených. I v případě transverzální míšní léze operace usnadní další ošetřování poraněného, umožní včasnou rehabilitaci a zabrání rozvoji chronické spinální nestability.

4 VLASTNÍ STUDIE

Hlavním cílem tohoto projektu je porovnání poranění m. multifidus během otevřené a miniivazivní stabilizace TL páteře sledováním biochemických, histologických, histochemických a grafických změn svalů u obou typů stabilizace. Dalším, spíše vedlejším, cílem je zjištění kvality stabilizace, správnosti zavedení šroubů, intenzita osvitu a míra kyfotizace po vynětí kovů.

4.1 Metodika a materiál

Tato studie byla zahájena v roce 2014 a byla podpořena grantem GAUK 764214. Studie byla schválena lokální etickou komisí, všichni pacienti podepsali informovaný souhlas. Randomizace byla provedena náhodným výběrem obálkovou metodou. Do studie byli zařazeni pacienti s monotraumatem TL páteře. Pacienti byli operováni otevřeným nebo miniinvazivním způsobem stejným implantátem (USS a MISS USS – DePuy Synthes, Švýcarsko).

Vstupní podmínky (Inclusion criteria):

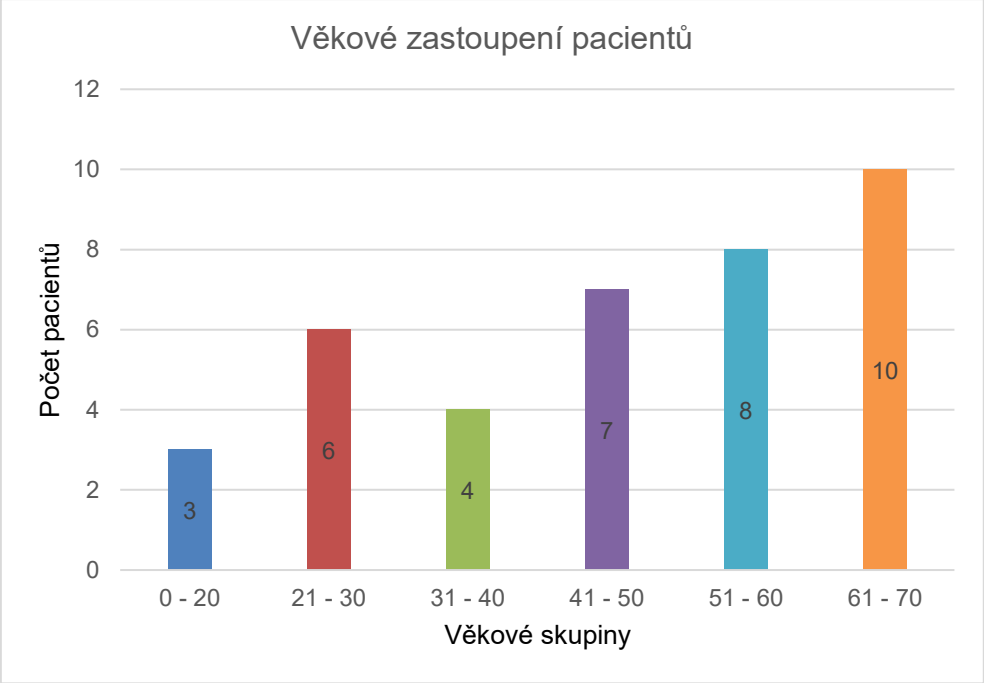
- věk 18 – 70,
- zlomenina dle Vaccaro A nebo B typu,
- žádná předchozí operace na páteři,
- žádné neurologické poranění,
- žádná přidružená poranění,
- podepsání Informovaného souhlasu.

Podmínky pro vyřazení (Exclusion criteria):

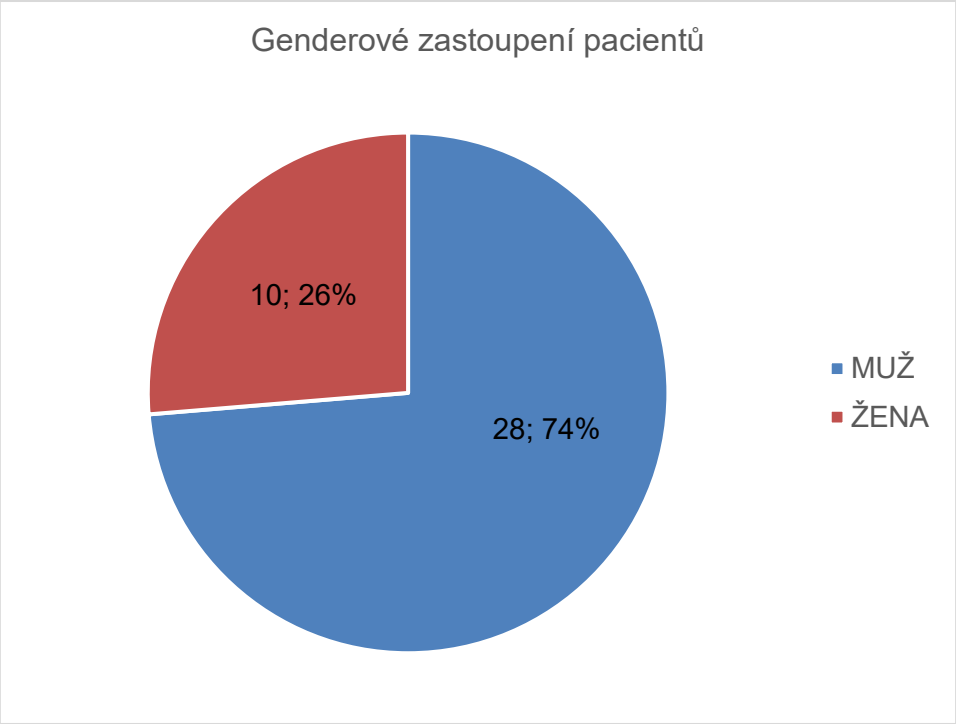
- jakákoli myopatie,
- jakékoli přidružené poranění,
- souběžná medikace anabolickými steroidy,
- všeobecné kontraindikace k operaci,
- nemožnost splnění intervalu 48 hodin od úrazu k operaci.
- poranění nervových struktur,
- předchozí operace na hrudní a bederní páteři v anamnéze,
- předchozí konzervativně léčená zlomenina páteře,
- nemožnost splnění intervalu 30 minut od získání svalového vzorku do jeho zamražení.

4.1.1 Soubor

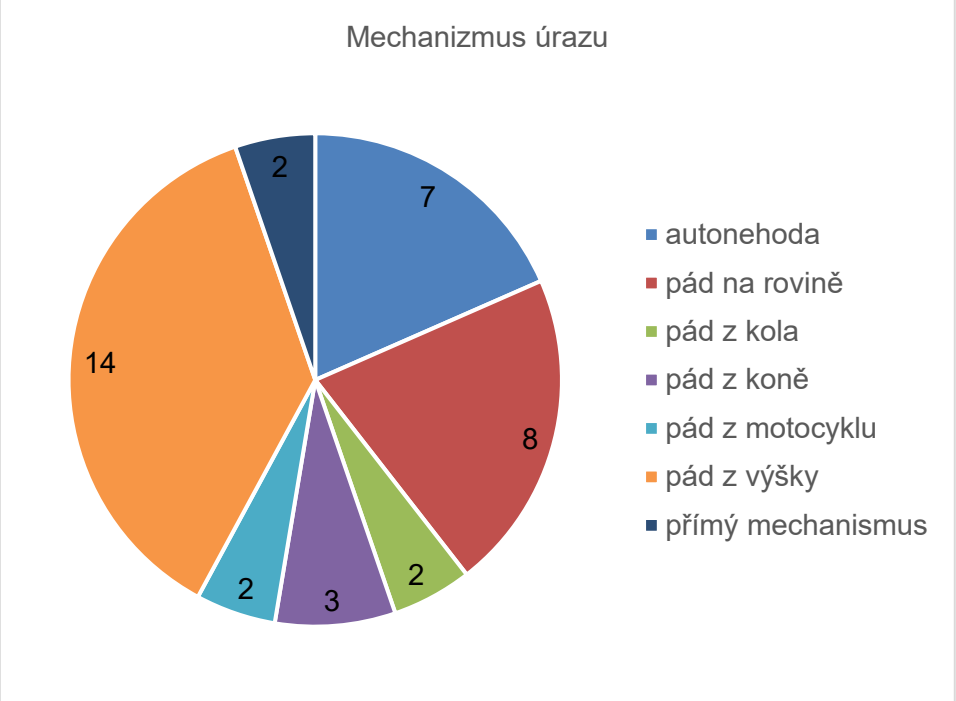
Prospektivní randomizovaná studie zahrnovala 2 sledované skupiny pacientů s poraněním hrudní a bederní páteře. Bylo zahrnuto celkem 38 pacientů se zlomeninou typu A a B podle klasifikace dle Vaccara, z toho bylo 27 zlomenin typu A a 11 typu B. 19 bylo operováno MISS a 19 OPEN metodou. Průměrný věk celé skupiny byl 46,4 roků (18 – 68), průměrný věk u MISS výkonů byl 42,6 roků (18 – 66), u OPEN byl 48,7 roků (19 – 68). Žen bylo 10, mužů 28. Další charakteristiky souboru jsou v grafech, **obrázky 15 - 19**.



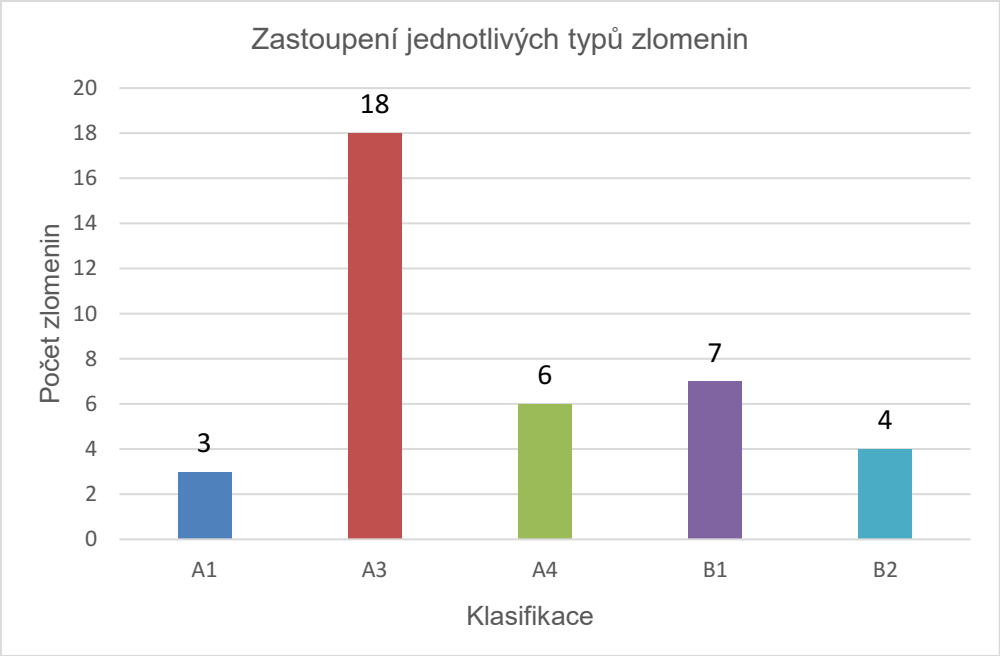
Obrázek 15 - Zastoupení pacientů dle věku



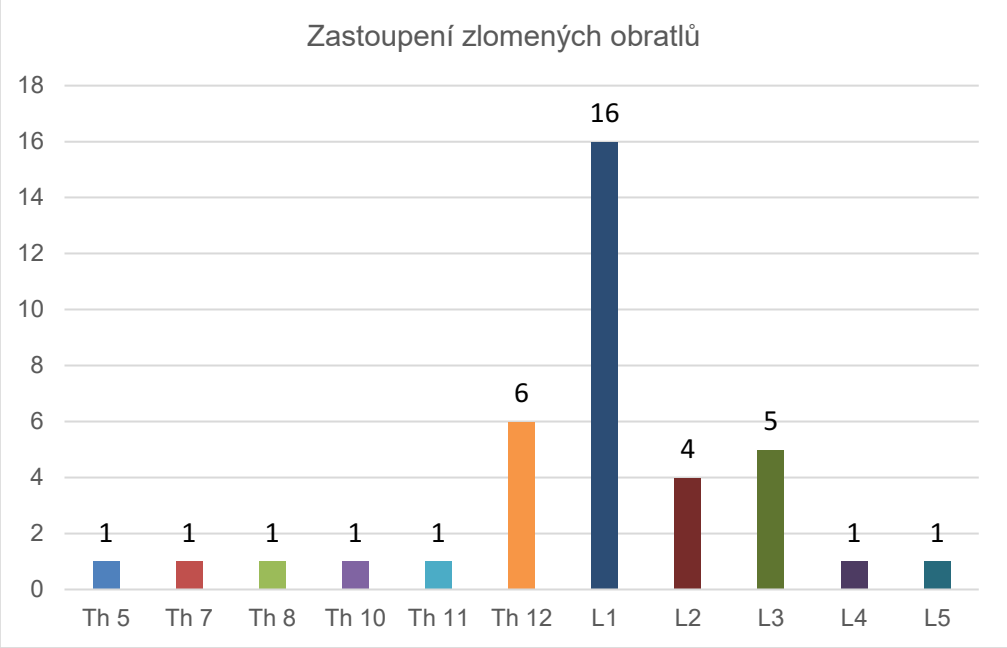
Obrázek 16 - Zastoupení pacientů dle pohlaví



Obrázek 17 - Mechanizmus úrazu



Obrázek 18 - Počet typů zlomenin



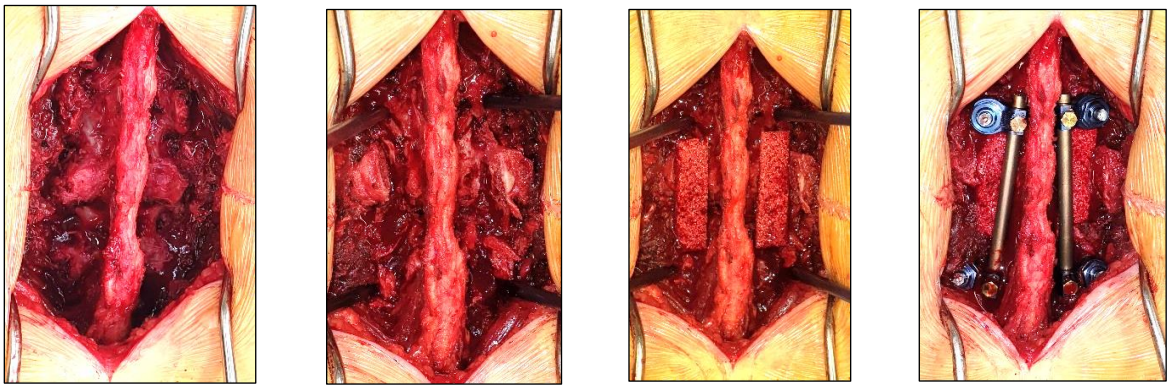
Obrázek 19 - Počet poranění jednotlivých obratlů

4.1.2 Operační postup

Operace pro úraz byly provedeny v pronační poloze s pečlivě vypodloženým tělem tak, aby nedošlo k tlaku na riziková místa (spiny) a k tlaku na svalový korzet, což by mohlo ovlivnit výši hladiny svalových enzymů. Během operací byly měřeny ztráty krevní, doba a intenzita osvitu, doba vlastní operace.

4.1.2.1 Otevřená stabilizace OPEN

Při otevřené stabilizaci (OPEN) jsme přistupovali k páteři střední podélnou incizí nad spinózy instrumentovaných a poraněného obratle, chránili jsme vazy supra- i inter- spinózní. Svaly byly co nejlépe a nejšetrněji subperiostálně odpreparovány a odtaženy laterálně a ve své pozici udržovány 2 retraktory. Šrouby byly zavedeny pod kontrolou jednoho skiaskopického přístroje v laterální projekci a po zavedení zkontrolovány i v projekci zadopřední. Po dokončení instrumentace jsme provedli posterolaterální spondylodézu tak, že byly sneseny klouby dézovaných obratlů ve frontální rovině s tím, že fragmenty faset si ponechaly svoji část kloubního pouzdra. Tím bylo zachováno cévní zásobení snesených částí faset. Obnaženou spongiózu fragmentů kloubů jsme přiložili k sobě. Dále jsme snesli zadní část transverzálních výběžků, dekortikovali zadní část lamin a vše překryli páskou s osteokonduktivním beta-tricalcium fosfátem napuštěným krví pacienta. (ChronOS Strip, DePuy Synthes, West Chester, PA, USA), **obrázek 20**. Ztráty krevní jsme měřili jako hodnotu odsáté krve do sběrné nádoby. Následně byla provedena sutura svalové fascie a svalů ke spinózům, dále podkoží a kůže. Rána drenována dvěma odsavnými dreny k stranám instrumentace a odpad do drenů byla hodnota pooperačních ztrát krve. Po operaci byli pacienti předáni do péče jednotky intenzívní péče a následující den na standardní oddělení a započata mobilizace.



Obrázek 20 - seriálový - Otevřený výkon a postup při spondylodéze

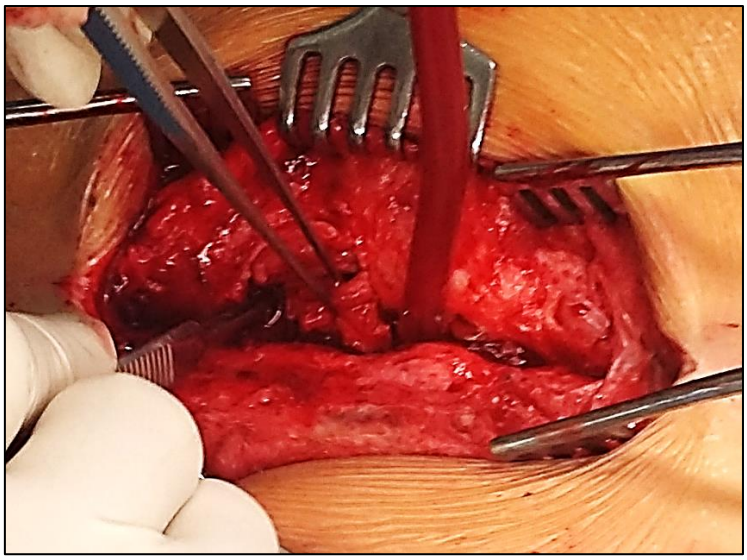
4.1.2.2 Miniinvazivní stabilizace MISS

Při miniinvazivní metodě (MISS) byly provedeny 4 podélné kožní řezy cca 2 cm dlouhé, zhruba 3 cm od střední čáry a tupě proniknuto pomocí instrumentaria pro miniinvazivní stabilizaci k entry pointům pro zavedení šroubů, kontrola byla prováděna pomocí dvou skiaskopických přístrojů současně v laterální a zadopřední projekci **obrázek 21**. Po zavedení šroubů byly vloženy spojky a tyče protaženy svaly a upevněny do spojek. To vše přes tubusy instrumentaria. Ranky nebyly drenovány a byla provedena sutura fascie, podkoží a kůže. U mininvazivní metody byly krevní ztráty prakticky neměřitelné, nepřekročily 25 ml. Ztrátu jsme se snažili odhadnout nasátím krve do stříkačky. Pacienti byli sledováni první den na jednotce intenzívní péče a druhý den po překladu na standardní oddělení mobilizováni.

Obrázek 21 - Miniinvazivní výkon - na obrázcích patrny 2 skiaskopické přístroje, 4 malé incize a zaváděcí tubusy

4.1.2.3 Extrakce implantátů

Při extrakci implantátů (EX), kterou jsme indikovali nejdříve 12 měsíců po primární stabilizaci pro úraz, jsme postupovali operačně podobným způsobem u obou metod, to znamená pečlivou a šetrnou skeletizací u otevřené metody a perkutánní extrakcí u miniinvazivní metody, **obrázek 22**. Zde je nutno se zmínit, že extrakce miniinvazivně zavedeného materiálu je překvapivě obtížná a klade nároky na operatéra větší než při vynětí klasicky zavedeného implantátu. Také byla patrna větší intenzita zhmoždění svalů uložených těsně kolem šroubů a spojek v místě incizí.



Obrázek 22 - Patrné změny (zjizvení) svalů u otevřené metody při extrakci a odběr vzorku svalu

4.1.2.4 Pooperační sledování

Všichni pacienti byli po operaci umístěni na jednotku intenzívní péče a intervalově byly odebírány vzorky krve pro biochemické vyšetření kreatinkinázy (CK) a myoglobinu (MYO) jak uvedeno níže v metodice sledování biochemických parametrů a zároveň hodnoceno Visual Analoque Scale (VAS). Intervaly pro VAS byly 1x před operací, den operace a následující den 3x denně, 3. – 7. den 2x denně a poté 2. a 6. týden po operaci a následně 3., 6., a 12. měsíc po operaci.

4.1.2.5 Statistické metody u operačních hodnot

Testování bylo provedeno neparametrickým dvoustranným Wilcoxonovým sum rank testem ekvivalentním Mann-Whitney U testu. Rozsah náhodného výběru (počet probandů) obou metod je menší než 20. Z důvodu vícenásobného porovnání byla provedena Bonferroniho korekce. Za statisticky významné jsou považovány hodnoty na hladině významnosti menší než 0,5 ($p < 0,5$). Výpočty byly provedeny toolboxem Statistics and Machine Learning Toolbox programu MATLAB.

4.1.3 Zobrazovací metody

Při příjmu bylo standardně provedeno rentgenové (RTG) vyšetření v předozadní (AP) a bočné projekci. Následně počítačová tomografie (CT) vyšetření na přístroji CT Somatom Definition Flash (Siemens Healthcare, Forchheim, Německo). V rámci studie jsme indikovali předoperačně magnetickou rezonanci (MRI) pro zobrazení měkkých tkání. Po zhojení zlomeniny před vynětím implantátů bylo opět provedeno CT vyšetření pro kontrolu zhojení

zlomeniny, míry kyfotizace páteře a kontroly transpedikulárního zavedení šroubů. Nejdříve tři měsíce od vynětí bylo opět provedeno vyšetření magnetickou rezonancí a následně byly porovnány pooperační změny ve svalech v operované oblasti s rezonancí provedenou předoperačně.

Během otevřené stabilizace bylo použito 1 C rameno Siemens Arcadis (Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Germany) a to převážně z bočné projekce. Zadopřední skiaskopická kontrola byla provedena po zavedení šroubů. Při miniivazivním způsobu stabilizace byly použity 2 C ramena (PA + bočná projekce), jak již uvedeno výše.

4.1.3.1 Metoda radiodiagnostického hodnocení změny kvality svalů pomocí MRI

Vyšetření magnetickou rezonancí bylo provedeno na přístroji Magnetom SKYRA 3T (Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Germany). Nezávislým radiodiagnostikem byly sledovány hodnoty nárůstu atrofie a fibrózy svalového korzetu před operací pro úraz a po vynětí implantátů.

Atrofie svalů byla hodnocena ve smyslu progrese po operaci vůči stavu před operací, přičemž stav před operací byl hodnocen jako výchozí a označen hodnotou 0. Hodnocení bylo provedeno v pěti stupních, a to od stavu bez vytvoření atrofie po operaci (0 bodů) až po velmi pokročilou atrofii (4 body), s možností volby mezistupňů (0,5 bodu). Hodnocení probíhalo z T2 vážených sekvencí v axiální rovině a vycházelo z progrese tukové tkáně ve svalu (která je T2 hypersignální) a regrese svalové tkáně (která je naopak hyposignální). Tedy od stavu beze změny - 0 až po převahu tukové tkáně s minimálními rezidui svalové hmoty – trámců (stupeň 4).

Atrofie: 0 - bez atrofie, 1 - mírná atrofie, 2 - středně významná, 3 - pokročilá atrofie, 4 velmi pokročilá atrofie.

Fibróza svalů, byla hodnocena z vyšetření po operaci v porovnání s nálezem před operací, přičemž stav před operací byl stejně jako u atrofie hodnocen jako výchozí a označen hodnotou 0, a to z T1 vážených sekvencí před a po podání kontrastní látky, na kterých je nejlépe patrná fibrotická tkáň a byl hodnocen rozsah fibrotických změn ve svalu na axiálních řezech (tedy plochu postižení svalu), opět v 5 stupních, s možností volby mezistupňů. Od stavu bez fibrózy (0 bodů) až po velmi rozsáhlou fibrózu (4 body), která postihovala celou plochu svalu. Fibróza je na T1 w.i. hyposignální a postkontrastně se sytí, tedy zvyšuje svoji intenzitu signálu.

Fibróza: 0 - bez fibrózy, 1 - mírná fibróza, 2- středně významná, 3 - pokročilá, 4 - velmi rozsáhlá.

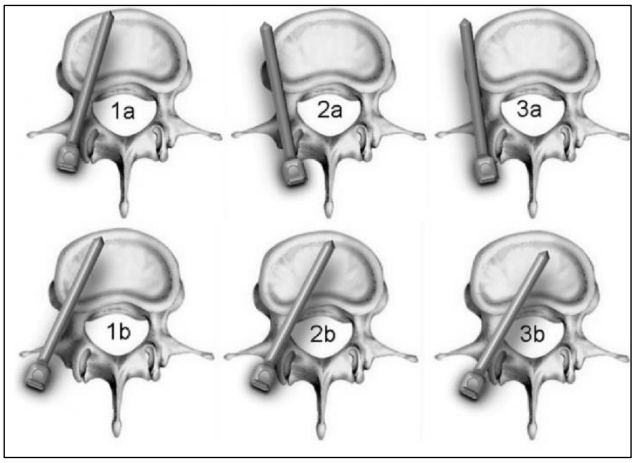
U atrofie i fibrózy bylo následně bodové hodnocení převedeno na procenta vyjadřující množství atrofie či fibrózy vnitřních extenzorů páteře.

4.1.3.1.1 Statistické metody

Byl použit test normality, a dále byl použit neparametrický text, konkrétně Wilcoxon rank sum test.

4.1.3.2 Metoda hodnocení správného zavedení šroubů

Zavedení šroubů do pediklů bylo hodnoceno na podkladě CT vyšetření provedeného jeden den před vynětím implantátů, tj. nejméně rok od primární operace. Byla použita metoda dle Zdichavského, **obrázek 23, tabulka 6** [83,84].



Obrázek 23 - Schéma malpozic zavedení transpedikulárních šroubů, volně dle Zdichavského [83,84]

Tabulka 6 - Hodnocení malpozic transpedikulárních šroubů

1a	Polovina a více průměru šroubu je uložena v *pediklu a v obratlovém těle*
1b	Polovina a více průměru šroubu je uložena *laterálně od pediklu* a současně v *obratlovém těle*
2a	Polovina a více průměru šroubu je uložena *v pediklu* a současně *laterálně od obratlového těla*
2b	Polovina a více průměru šroubu je uložena *v pediklu* a současně *mediálně od obratlového těla*
3a	Polovina a více průměru šroubu je uložena *laterálně od pediklu* a současně *laterálně od obratlového těla*
3b	Polovina a více průměru šroubu je uložena *mediálně od pediklu* a současně *mediálně od obratlového těla*

4.1.3.3 Metoda měření osvitu při skiaskopii

Otevřený operační výkon byl prováděn pod kontrolou jednoho skiaskopického přístroje a to v bočné projekci, po zavedení šroubů bylo jejich uložení ještě kontrolováno v projekci zadopřední.

Miniinvazivní operace byla prováděna pod kontrolou 2 přístrojů tak, aby zavádění šroubů bylo simultánně kontrolováno.

Skiaskopické přístroje automaticky vyhodnocovaly intenzitu a dobu osvitu a zaznamenaly je do vyšetřovacího protokolu, ze kterého jsme následně vycházeli.

4.1.3.4 Metoda radiodiagnostického hodnocení změny kyfotizace obratle

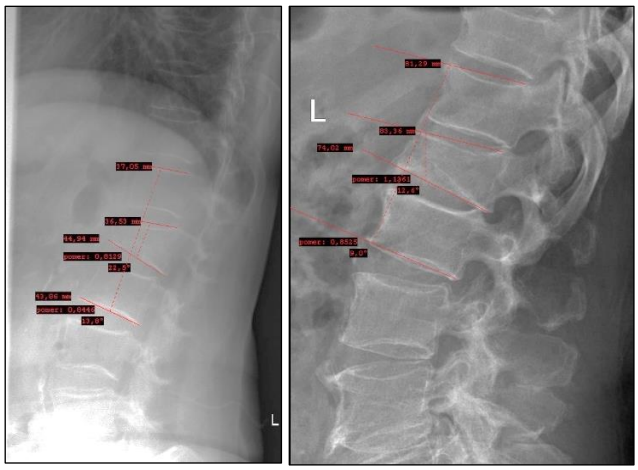
Tyto hodnoty byly považovány také za nepřímý důkaz přítomnosti fúze. Nemohli jsme hodnotit vznik fúze mezi jednotlivými operačními metodami, protože u MISS spondylodéza nebyla prováděna. Hodnota repozice obratlového těla byla zjišťována změnou úhlu kyfózy (vertebral body kyphotic angle – (VBKA), což je úhel kyfotizace obratlového těla a SKA (segmental kyphotic angle) což je úhel kyfotizace segmentu v intervalech:

1) úraz,
2) při uvedení do pronační polohy před operací v celkové anestezii skiaskopicky,
3) po operační stabilizaci zlomeniny na operačním sále skiaskopicky,
4) 6 měsíců po operaci,
5) 12 měsíců po operaci,
6) 3 měsíců po vynětí implantátů,
7) 2 roky po vynětí implantátů.

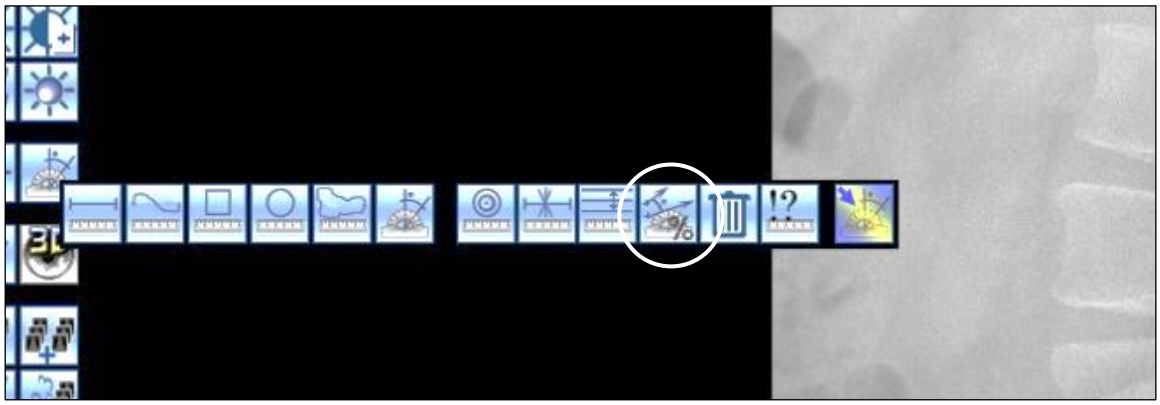
Hodnoty jednotlivých úhlů u metody OPEN a MISS i jednotlivých typu poranění (A, B typ) byly porovnány a statisticky zhodnoceny a porovnány mezi sebou zejména v intervalech:

1) úraz – stabilizace, tj. úspěšnost repozice,
2) úraz – dva roky po extrakci, tj. ztráta repozice,
3) stabilizace – dva roky po extrakci, tj. opět ztráta repozice.

Zjištění velikosti úhlu bylo provedeno systémem měření vzdálenosti dvou bodů a úhlů, které umožňuje digitální nemocniční informační systém používaný v naší nemocnici – Medicalc4, **obrázek 24, 25**:



Obrázek 24 - Naměřené hodnoty úhlů kyfotizace v nemocničním informačním systému



Obrázek 25 - Lišta ovládacích prvků v nemocničním systému s detailem ikony měření úhlů

4.1.3.4.1 Statistické metody

Byl proveden jednostranný Wilcoxonův testu, s korekcí dvoustranným Wilcoxonovým testem. Test byl použit jako párový (pair_test) nebo nepárový (unpair_test).

4.1.4 Laboratorní metody (biochemická část studie)

Jako míru odpovědi na intenzitu poranění svalového korzetu jsme zvolili zjištění intervalových změn hladin dvou základních svalových enzymů, kreatinkinázy a myoglobinu [56].

Kreatinkináza, systematickým názvem ATP: kreatin *N*-fosphotransferasa (EC 2.7.3.2), je enzym, který katalyzuje vratnou fosforylaci kreatinu: kreatin + ATP ↔ kreatinfosfát + ADP.

Má tedy význam pro energetický význam svalu – kreatinfosfát slouží jako pohotovostní zásoba energie ve svalu. Kreatinkináza se nachází v kosterním i srdečním svalu, dále v mozkové tkáni.

Kreatinkináza je *dimer*, tj. skládá se ze dvou podjednotek, které jsou dvojího typu: M (muscle) a B (brain). Kombinací těchto podjednotek vznikají tři ***izoenzymy CK: MM, MB a BB***. Izoenzym BB se vyskytuje v mozku a vzhledem k existenci hematoencefalické bariéry ho nalézáme v krvi jen vzácně. Může být však produkován tkání některých nádorů, vysoká aktivita je v hladké svalovině dělohy. Někdy bývá i součástí makrokreatinkinázy. Izoenzym MM nacházíme v kosterním i srdečním svalu. Hybridní izoenzym MB je rovněž obsažen v obou typech příčně pruhovaného svalstva, liší se však jeho podíl na celkové aktivitě CK: zatímco v kosterním svalu tvoří izoenzym CK-MB jen několik procent celkové CK, v myokardu to je až 40 %. Aktivita izoenzymu CK-MB v myokardu stoupá při jeho ischemickém poškození a přetížení, např. při hypertenzi.

Příčiny zvýšení aktivity CK v séru

- *Onemocnění kosterních svalů*: progresivní svalová dystrofie (desítky až stovky μkat/l; pozorujeme trvalé zvýšení, dokud nejsou svaly nahrazeny vazivem), polymyozitida, úrazy se zhmožděním svalů, intramuskulární injekce, krvácení do svalů, tkáňová hypoxie u nemocných v šoku, otrávených oxidem uhelnatým a z jiných příčin, maligní hypertermie, hypotyreóza. Aktivita CK stoupá po dlouhotrvajícím svalovém výkonu, zejména u netrénovaných osob, dále u křečových stavů a těžce dušných jedinců (svalová námaha).
- *Onemocnění srdečního svalu*: u infarktu myokardu, po operacích na srdci. Dříve stanovovaný izoenzym CK-MB je dnes nahrazen stanovením kardiospecifického troponinu T nebo I (cTnT, cTnI).

Myoglobin je svalová bílkovina, tvořená jedním peptidickým řetězcem. Má poměrně malou velikost molekuly (molekulová hmotnost asi 17,1 kDa) a obsahuje navázanou jednu molekulu hemu. Tím se dostáváme k významu myoglobinu: váže ve svalu kyslík a představuje tak nejnutnější zásobu kyslíku pro počátek svalové práce. Myoglobin způsobuje červenou barvu svalů.

Po poškození svalů se z nich uvolňuje a dá se prokázat v krevním séru. Příčiny tohoto nálezu jsou identické se zvýšením aktivity kreatinkinázy, přesto však existuje rozdíl zejména v dynamice. Myoglobin se ze svalů uvolňuje dříve a naopak přetrvává v krvi kratší dobu – pro svou malou molekulu prochází glomerulem a ztrácí se do moči. Příliš vysoká koncentrace myoglobinu v moči (např. po rabdomyolýze) může působit toxicky na tubuly ledvin; myoglobin může v tubulech i precipitovat, zejména při kyselém pH moči. Eliminace myoglobinu do moči je ztížena při poruše funkce ledvin (snížení glomerulární filtrace). Molekuly myoglobinu z kosterního svalu a z myokardu mají identické složení. S ohledem na tyto vlastnosti enzymů byla zvolena následně popsaná metodika.

4.1.4.1 Metodika odběru a hodnocení laboratorních vzorků

Pro stanovení hladin enzymů kosterního svalstva byla intervalově odebírána žilní krev 1 hodinu před operací jako standardní výchozí hodnota, 1 hodinu po operaci a následně dále v den operace 4 náběry po 6 hodinách, následující den 3 náběry po 8 hodinách, dále 2 náběry po 12 hodinách denně, a poté 1 x denně do normalizace hodnot nebo do dimise. Celkem jsme při primární operaci pro úraz získali od každého pacienta minimálně 16 vzorků krve pro zjištění hodnot hladin kosterních enzymů po operaci.

Katalytická koncentrace kreatinkinázy (CK, EC 2.7.3.2) byla stanovena enzymatickým UV-testem, koncentrace myoglobinu elektrochemiluminiscenční imunoanalýzou (ECLIA). Pro oba analyty byly užity soupravy firmy Roche Diagnostics, měření probíhalo na analytickém systému Cobas 8000 – kreatinkináza na modulu c702, myoglobin na modulu e602 firmy Roche Diagnostics (Basel, Švýcarsko).

Při vyjímání implantátů jsme opět intervalově odebírali vzorky krve na vyšetření hladin CK a MYO, nyní již však v méně frekventních intervalech, zejména z důvodů diskomfortu pacientů z opakovaných venepunkcí. Vzorky byly odebírány 1 hodinu před operačním výkonem, 1 hodinu po něm a dále 3 x po 8 hodinách. Následovaly 2 odběry po 12 hodinách a následně 1x denně do dimise nebo stabilizace hodnot. Celkem bylo při extrakci získáno minimálně 8 vzorků krve od každého pacienta.

4.1.4.2 Statistická metodika u biochemické části studie

Hodnoty hladin enzymů byly zpracovány statistickou metodou. Byl použit Wilcoxonův test (ekvivalentní s Mannovým – Whitneyovým testem).

1) Byl porovnán nárůst hodnot koncentrace enzymů kreatinkinázy a myoglobinu v krvi po primárním výkonu pro úraz, to je při stabilizaci (ST) s nárůstem hodnot koncentrací těchto enzymů po extrakci (EX), a to jak pro metodu miniinvazivní, tak otevřenou.

2) Byl porovnán nárůst hodnot koncentrace enzymů CK a MYO v krvi po stabilizaci prováděnou metodou MISS s nárůstem hodnot koncentrací těchto enzymů po stabilizaci metodou OPEN.

3) Byl porovnán nárůst hodnot koncentrace enzymů CK a MYO v krvi po extrakci prováděnou metodou MISS s nárůstem hodnot koncentrací těchto enzymů po extrakci metodou OPEN.

Nárůst hodnot byl počítán pro každého pacienta zvlášť jako rozdíl mezi maximálně dosaženou hodnotou koncentrace daného enzymu v průběhu měření (tj. jedná se rozdíl mezi maximální hodnotou ze všech provedených náběrů fáze ST, resp. EX, a výchozí, předoperační hodnotou naměřenou před fází ST, resp. EX.

4.1.5 Metoda bioptického vyšetření

4.1.5.1 Metodika získání vzorků

Pacient operovaný pro zlomeninu hrudní nebo bederní páteře po uvedení do celkové anestezie je uveden do pronační polohy. Operační řez u OPEN je veden podélně v dlouhé ose nad spinózními výběžky. V první fázi operace nebyla použita elektrokoagulace, aby nebyly svaly poškozeny kauterem. Při primární operaci pro úraz, stabilizaci (ST) byl vzorek svalu velikosti cca 2x1 cm odebrán z levé strany svalového korzetu ze středu svalového valu a uložen na gázu. Při a při extrakci materiálu (EX) byl sval odebrán ze strany pravé. Stejně bylo postupováno u MISS, kde kožní incize pro zavedení šroubů byla zvětšena tak, aby byla možnost odebrání stejně kvalitního vzorku ze stejného místa. Bločky byly okamžitě transportovány do laboratoře ve stejné budově ke zmrazení a přípravě preparátu [50,51].

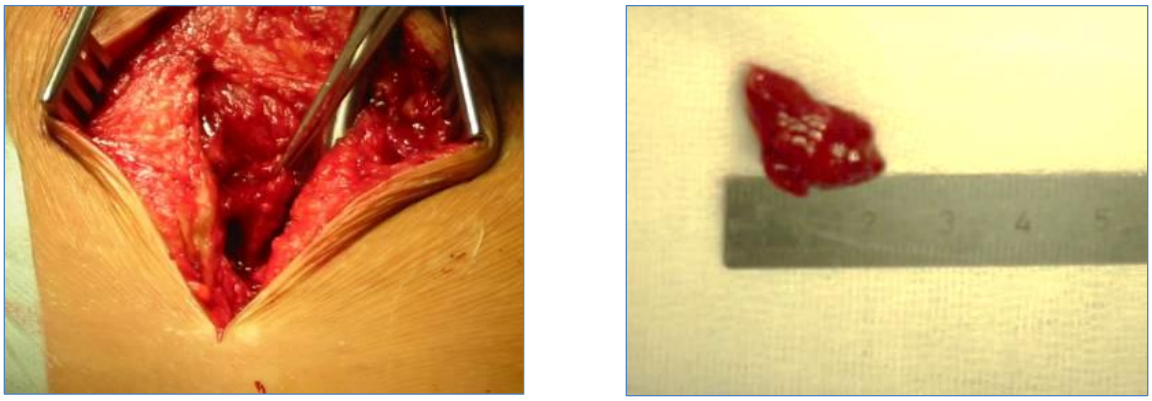
4.1.5.2 Příprava preparátu

Všichni pacienti byli operováni jako první v pořadí, tj. kolem 8,00 hodin. Předtím v předstihu byla upozorněna laboratoř zpracovávající vzorek svalu, v kolik hodin bude doručen. Svalová biopsie je okamžitě po odebrání dopravena do laboratoře v nativním stavu na gáze (v Petriho misce) bez fixační tekutiny a zmražena v nádobě s tekutým dusíkem (-180 °C), tak, že do dusíku vložíme box s izopentanem a necháme vychladit na požadovanou teplotu (cca -150 °C) a následně sval na korkové podložce zmrazíme ve vychlazeném roztoku izopentanu tak, jak popsal Lukáš [39]. Zmrazenou tkáň okamžitě převedeme do kryostatu a zde se připraví preparáty krájením a histochemickou úpravou na průkaz adenosintrifosfatázy (ATPázy) při 9,4 pH, preinkubací při 4,6 pH a preinkubací při 4,3 pH. Další metodou je průkaz nikotinadenindinukleotidázy (NADH) a sukcinátdehydrogenázy (SDH). ATPáza je myofibrilární enzym a NADH a SDH jsou enzymy mitochondriální. Ve vzorku byl zjišťován poměr jednotlivých svalových vláken – type I (slow-twich oxidative), type IIA (fast-twich oxidative glycolytic), nad type IIB (fast-twich glycolytic or intermediate). V jednom řezu bylo vždy vyšetřeno 300 vláken a zařazeno do jednotlivých typů a přepočteno na 100 vláken.

Výskyt fibrózy byl zjišťován v obrazu barveném hematoxylinem-eosinem (HE) a to v percentuálním zastoupení fibrózních vláken oproti svalovým.

Vlákna byla dále podrobena zjištění, zda neobsahují patologické změny typu atrophy (atrofie), internal nuclei (vnitřních jader), hypertrophy (hypertrofie), angulated fibers (zaúhlená vlákna), kolísání atrofických a hypertrofických vláken (oscillation) v HE obrazu, core-targetoid fibers (centrální jádra) v ATP obrazu, moth-eaten appearance (vzhled jakoby vykousání moly) v NADH obrazu. Tyto změny jsme zjišťovali s vědomím jejich menší specifičnosti, nicméně signalizují do určité míry patologické změny [50].

Odběr svalového vzorku m. multifidus probíhá na začátku operace. Skalpelem odebíráme vzorek svalu o velikosti cca 2x1 cm z levé strany v oblasti zlomeniny a okamžitě ho odesíláme do bioptické laboratoře k dalšímu zpracování. Druhý, kontrolní, svalový vzorek je odebírán stejným způsobem při vynětí implantátů v oblasti zlomeniny, ale z pravé strany a je také okamžitě odeslán k bioptickému vyšetření, **obrázek 22, 26**. Poté se porovnávají histochemické změny jednotlivých svalových vzorků po otevřené a miniinvazivní metodě.



Obrázek 26 - Odběr svalového vzorku m. multifidus při otevřené stabilizaci, místo a vzorek

4.1.5.3 Statistické metody

Byly provedeny tak, že všechny dvouvýběrové testy byly počítány dvouvýběrovým Wilcoxonovým testem (ekvivalentní s Mannovým – Whitneyovým testem) a všechny párové testy byly počítány jednovýběrovým Wilcoxonovým testem z důvodu neprokázání normality rozdělení, ze kterých pochází vyhodnocovaná data. Všechny testy byly počítány nástrojem MATLAB Statistics Toolbox.

4.2 Výsledky

4.2.1 Operační část studie

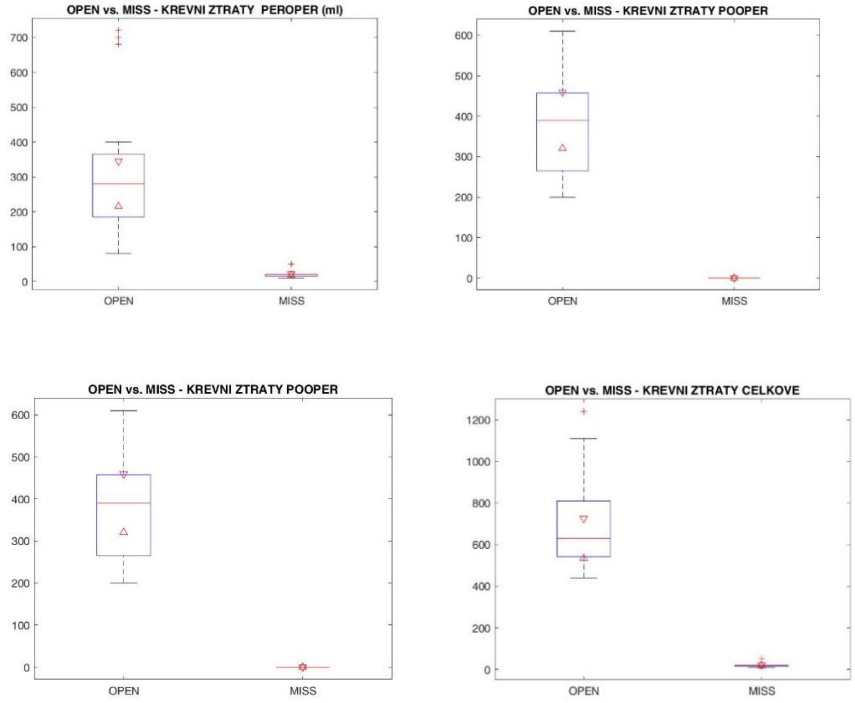
4.2.1.1 Výsledky hodnocení krevních ztrát

Byly zhodnoceny u celé kohorty 38 pacientů. Předpokládali jsme ztráty u otevřené metody větší, což se nakonec potvrdilo. Během otevřené operace byla krevní ztráta peroperačně s mediánem 280 ml, pooperačně do odsavných drenů s mediánem 390 ml, celkové ztráty s mediánem 630 ml. U miniinvazivní metody jsou průměrné krevní ztráty pod 25 ml. Pokud bychom neodebírali svalový vzorek, který způsobuje největší krvácení během této metody, byly by ztráty téměř nulové. U miniinvazivní metody nepoužíváme odsavnou drenáž, takže pooperační ztráty již nejsou měřitelné.

Byly zjišťovány rozdíly (mediánů) mezi metodami OPEN a MISS u následujících veličin a bylo zjištěno že:

Statisticky významně se liší na hladině významnosti $p < 0{,}0001$ mediány těchto veličin, **obrázek 27**:

1. krevní ztráty peroperační (medián MISS 20 ml, medián OPEN 280 ml),
2. krevní ztráty pooperační (medián MISS 0 ml, medián OPEN 390 ml),
3. krevní ztráty celkové (medián MISS 20 ml, medián OPEN 630 ml).

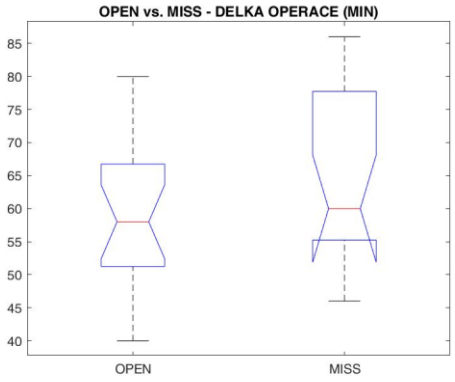


Obrázek 27 - Box ploty krevních ztrát u jednotlivých metod stabilizace

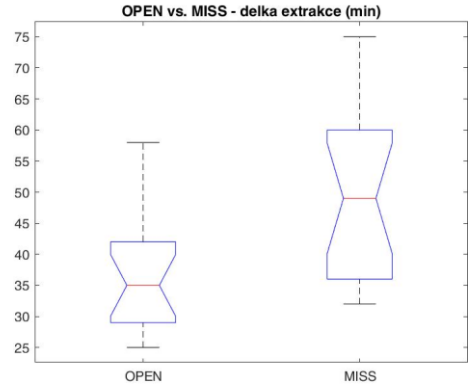
4.2.1.2 Výsledky hodnocení délky výkonu

Byly zhodnoceny u celé kohorty 38 pacientů. Při primární otevřené stabilizaci (řez - sutura) byla 57 minut (v rozmezí 80 – 40 minut). U miniinvazivní metody byla průměrná délka operace 64 minut (rozmezí 86 - 46 minut). Při extrakci byla průměrná doba operace u OPEN 37 minut (v rozmezí 58 – 25 minut) a u MISS 50 minut (v rozmezí 75 – 32 minut). Do obou metod je také započítán čas odběru svalového vzorku.

Statistickou metodou popsanou výše statisticky významná odlišnost (p > 0,05) nebyla prokázána u délky operace v minutách. A ani u délky operace při extrakci v minutách (p = 0,056 s Bonferroniho korekcí, p = 0,003091 bez Bonferroniho korekce). **obrázek 28, 29.**



Obrázek 28 - Box plot porovnání délky operace u jednotlivých metod stabilizace



Obrázek 29 - Box plot porovnání délky operace při extrakci implantátů

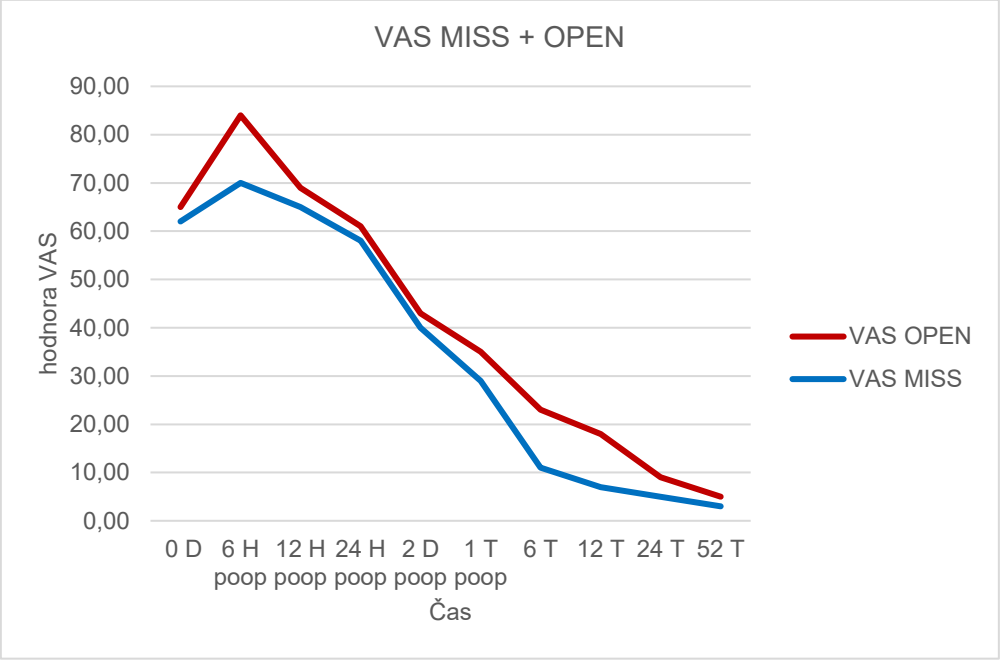
4.2.1.3 Výsledky hodnocení pooperační bolesti

Byly zjišťovány rozdíly (mediánů) mezi metodami OPEN a MISS, **obrázek 30, 31**. Statisticky významně se lišily na hladině významnosti $p < 0{,}0001$ mediány následujících veličin:

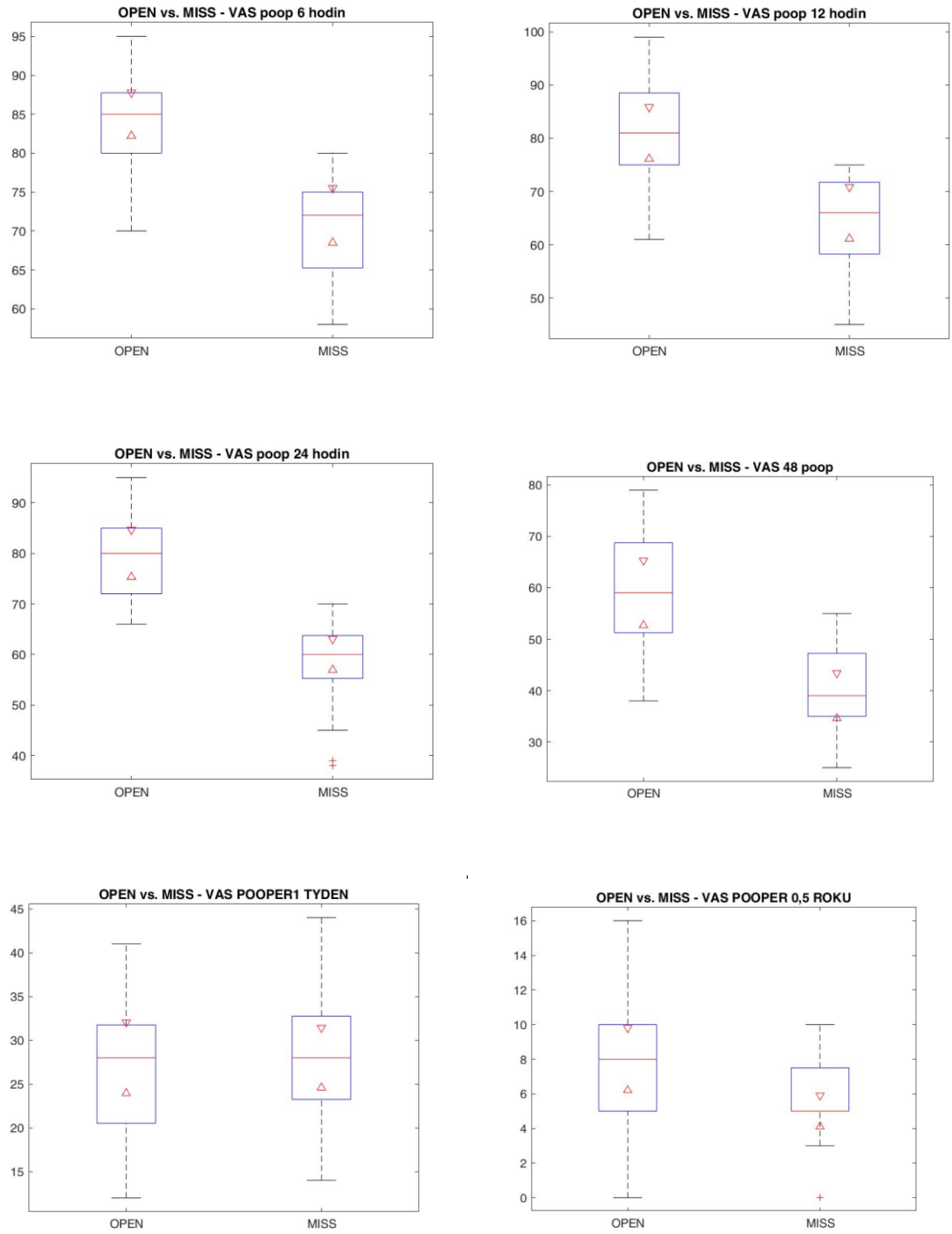
- VAS 6 hodin po operaci (medián MISS 72, medián OPEN 85),
- VAS 12 hodin po operaci (medián MISS 66, medián OPEN 81),
- VAS 24 hodin po operaci (medián MISS 60, medián OPEN 80),
- VAS 48 hodin po operaci (medián MISS 39, medián OPEN 59),
- VAS 6 týdnů po operaci (medián MISS 12, medián OPEN 23),
- VAS 12 týdnů po operaci (medián MISS 6, medián OPEN 18).

Kdežto statisticky významná odlišnost ($p > 0{,}05$) nebyla prokázána u těchto veličin:

- VAS po úrazu,
- VAS 1 týden po operaci,
- VAS 26 týdnů po operaci,
- VAS 52 týdnů po operaci.



Obrázek 30 - Hodnoty VAS u OPEN a MISS ve sledovaných časech



Obrázek 31 – Seriálový - Box ploty vyjadřující nejdůležitější rozdíly ve vnímání bolesti dle VAS v čase

Z výše uvedeného je patrno, že intenzita bolesti je po úrazu a před operací stejná, nicméně operační výkon miniinvazivně provedený snižuje intenzitu bolesti po dobu 3 měsíců s výjimkou prvního týdne po operaci, kdy dochází k počátku intenzivnější rehabilitace. Po 3 měsících se intenzita bolesti u obou metod vyrovnává a blíží se nule.

4.2.2 Radiodiagnostická část studie (zobrazovací metody)

4.2.2.1 Výsledky radiodiagnostického hodnocení změn kvality svalů pomocí MRI

Z počtu 38 primárně zařazených do studie a operovaných se k závěrečné kontrole MRI nejméně 15 měsíců po úrazu dostavilo celkem 32 operovaných, z toho shodně 16 OPEN a 16 MISS. Průměrný věk hodnocené skupiny byl 45,4 roků (18 – 68), u MISS výkonů byl 44,8 (18 – 66), u OPEN byl 46,9 (19 – 68). Mužů bylo 21, žen 11. Výsledky této části studie jsou uvedeny v následujících tabulkách a grafech, **tabulka 7, 8** a **obrázek 32 - 37**.

Tabulka 7 - Hodnoty změn svalového korzetu v MRI obraze u jednotlivých pacientů

Atrofie MISS (%)	Fibróza MISS (%)	Atrofie OPEN (%)	Fibróza OPEN (%)
62,5	75	25	25
25	62,5	75	50
62,5	62,5	37,5	75
37,5	25	25	50
37,5	37,5	37,5	37,5
25	12,5	0	12,5
12,5	12,5	37,5	50
37,5	62,5	0	62,5
25	12,5	37,5	75
75	62,5	25	62,5
75	62,5	87,5	75
25	25	0	50
25	25	25	62,5
62,5	25	0	37,5
25	50	50	62,5
37,5	25	12,5	62,5
Průměr 40,6 Median 37,5	**Průměr 39,8 Median 31,3**	**Průměr 29,7 Median 25,0**	**Průměr 53,1 Median 56,3**

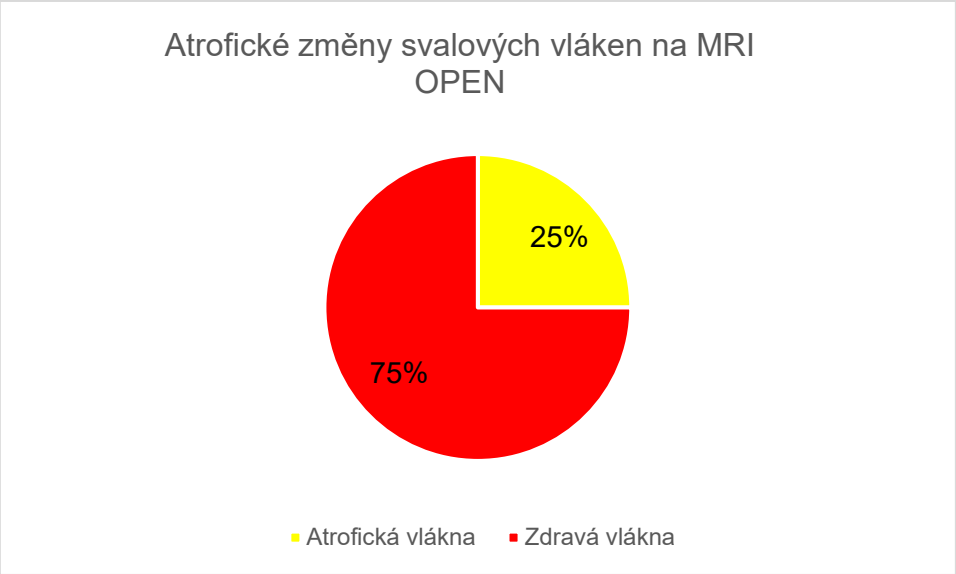
Tabulka 8 - Výsledky statistického hodnocení změn svalů v MRI obraze u OPEN a MISS

MEDIÁN	OPEN	MISS	p
Atrofie (%)	25	37,5	0,103
Fibróza (%)	56,25	32,25	0,049

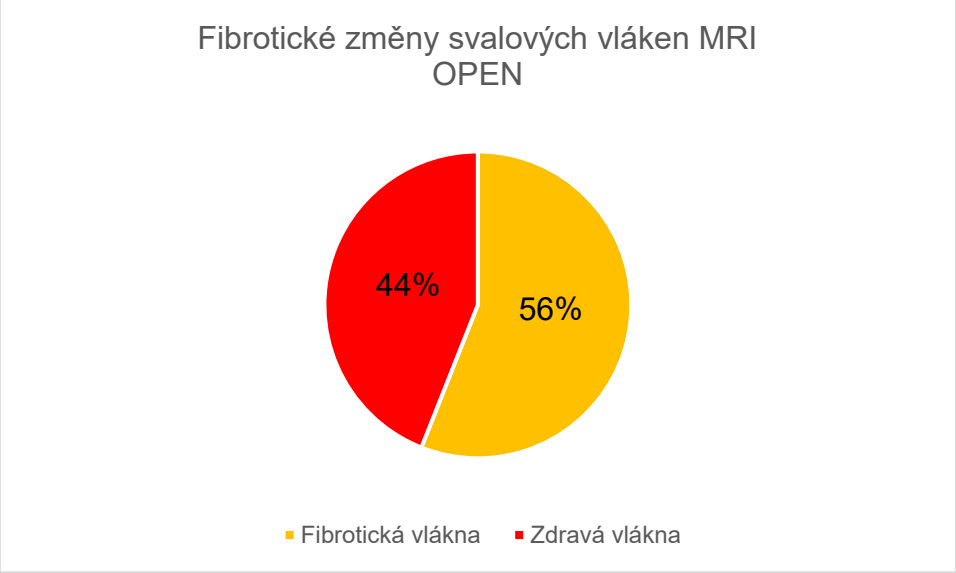
Test normality nepotvrdil normalitu dat, proto byl použit neparametrický text, konkrétně Wilcoxonův (Wilcoxon rank sum) test a jím bylo zjištěno, že hodnota (medián) fibrotických změn je u OPEN vyšší než u MISS na hladině významnosti p = < 0,05.

U atrofických změn jsou výsledky spíše opačné (medián atrofie OPEN je nižší než MISS), statistická významnost je ale malá p > 0,1, takže statisticky se jedná o nevypovídající hodnotu.

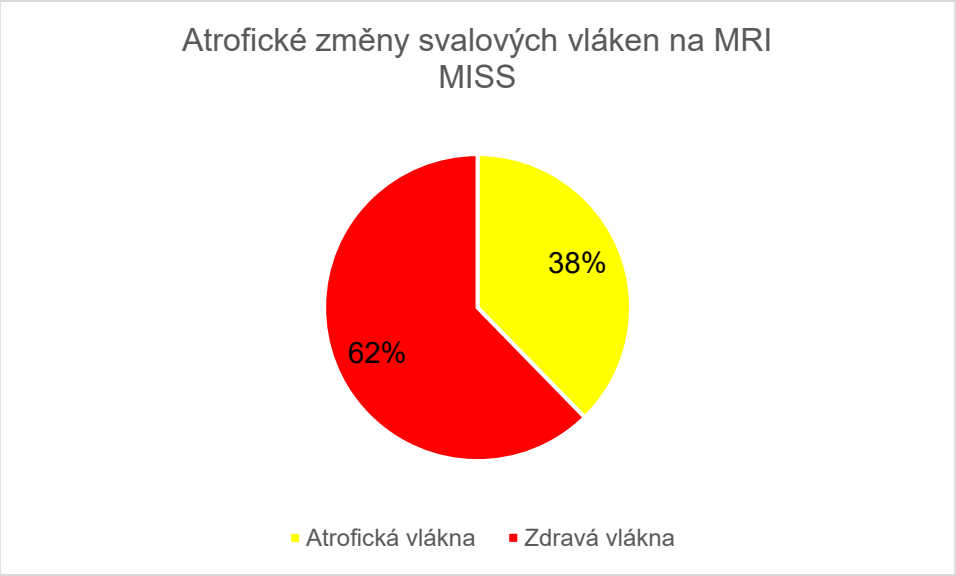
Z tabulky 8 vyplývá, že hodnota (mediánu) vzniku fibrózy je u OPEN větší než u MISS (p < 0,05).



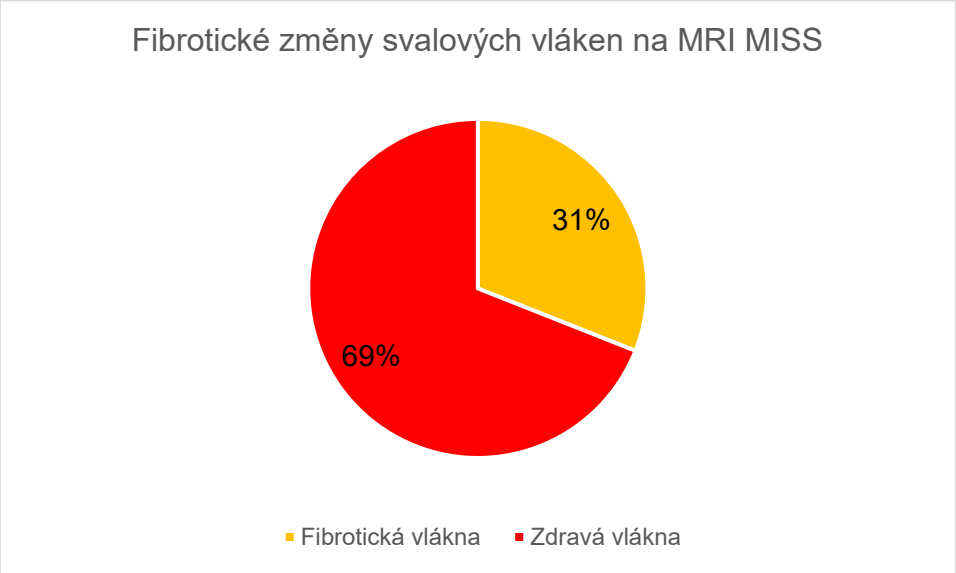
Obrázek 32 - Výsledky vzniku atrofie svalů v MRI obraze u OPEN



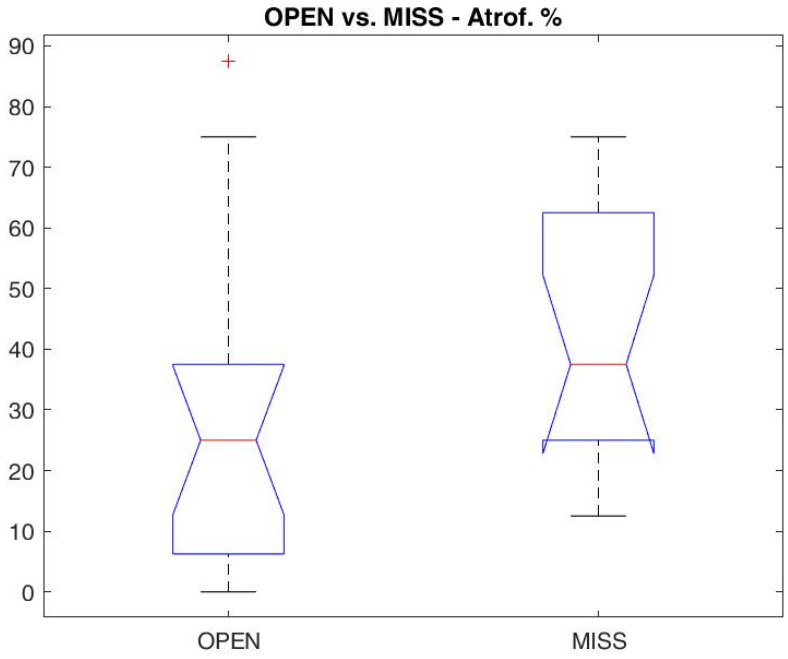
Obrázek 33 - Výsledky vzniku fibrózy svalů v MRI obraze u OPEN



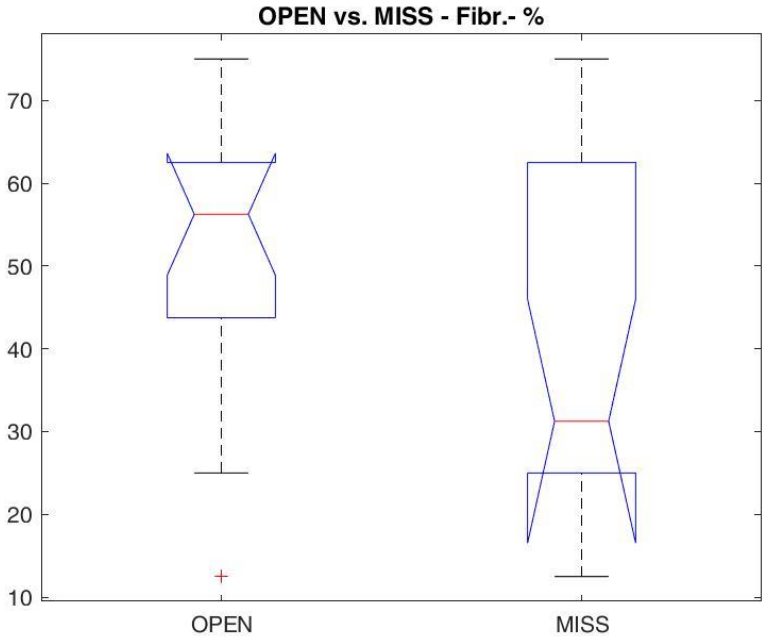
Obrázek 34 - Výsledky vzniku atrofie svalů v MRI obraze u MISS



Obrázek 35 - Výsledky vzniku fibrózy svalů v MRI obraze u MISS

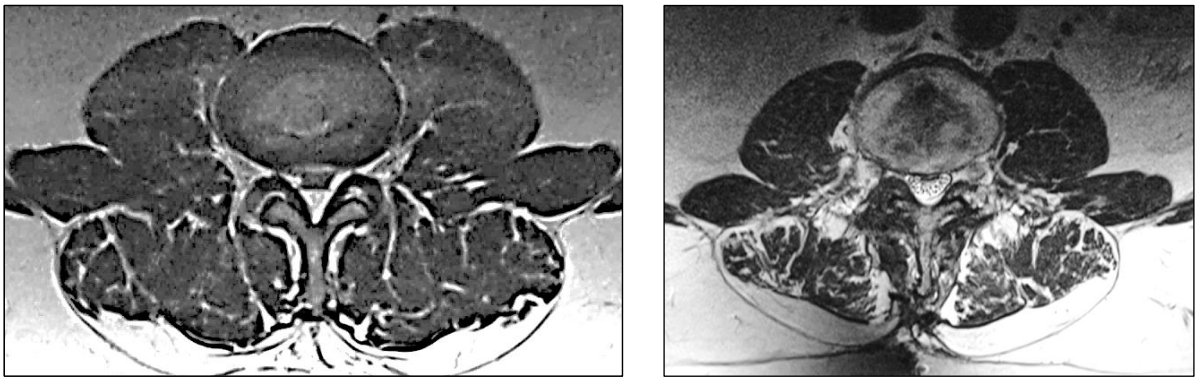


Obrázek 36 - Box plot výsledků vzniku atrofie svalů v MRI obraze

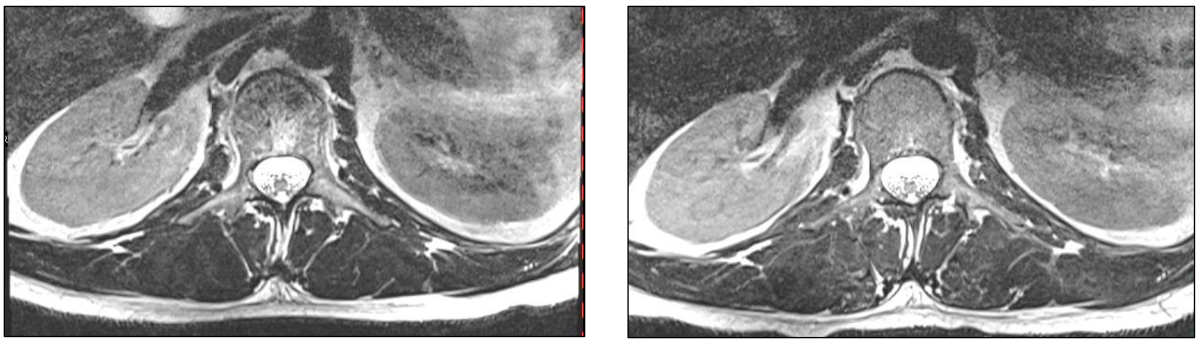


Obrázek 37 - Box plot výsledků vzniku fibrózy svalů v MRI obraze

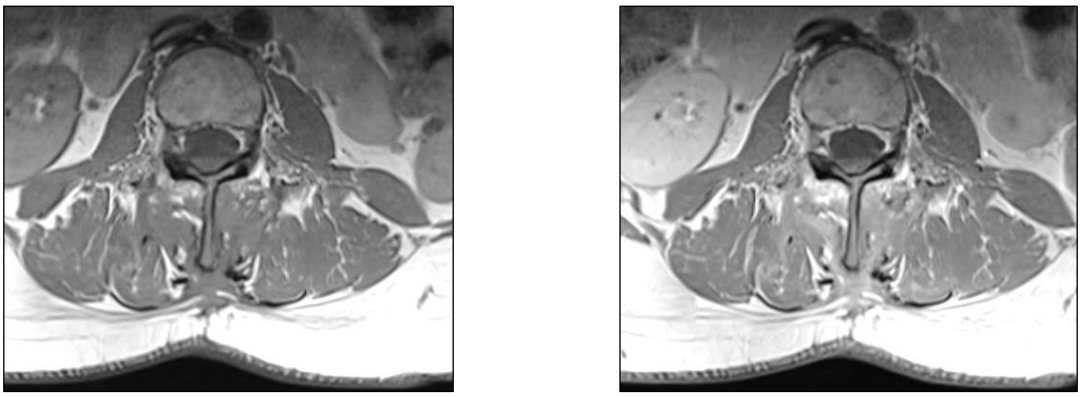
Na níže uložených obrázcích představujeme MRI nálezy u pacientů s minimáními nebo výraznými změnami v MRI obraze svalového korzetu u jednotlivých metod operace, **obrázek 38 - 40**.



Obrázek 38 - Je patrný výrazný rozdíl v atrofii svalů před operací pro úraz a po vynětí implantátů u OPEN metody v T2 vážených sekvencích.



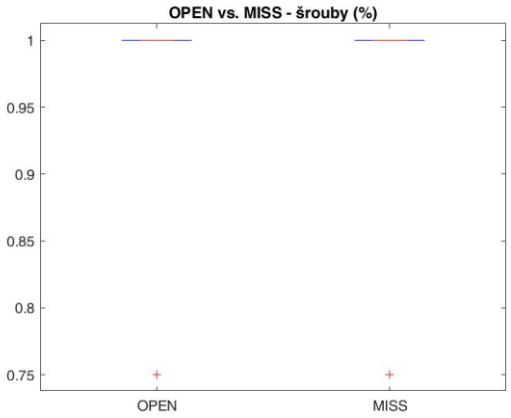
Obrázek 39 - Je patrný minimální rozdíl v atrofii svalů před operací pro úraz a po vynětí implantátů u MISS metody T2 vážených sekvencích.



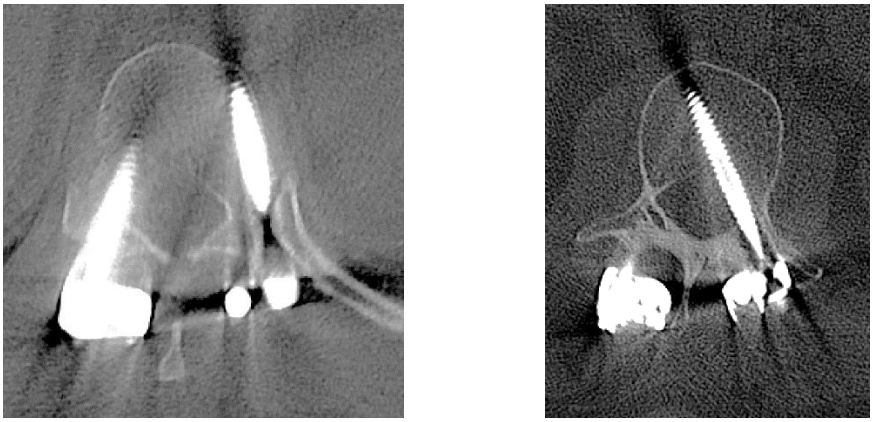
Obrázek 40 - Je patrno výrazné barvení fibrotického svalu v T1 vážených sekvencí a to před a po podání kontrastní látky u pacientky po OPEN metodě

4.2.2.2 Výsledky radiodiagnostického hodnocení správného zavedení šroubů

Zhodnocení správného postavení šroubů se podařilo u 35 pacientů, z toho 17 u OPEN metody a 18 u MISS. 3 pacienti odmítli kontrolní CT. Dle Zdichavského hodnocení [83,84] byly ze 72 zavedených šroubů u MISS nalezeny 4 šrouby nesprávně zavedené, a to 3x typ 2B a 1x typ 2A. U OPEN z celkového počtu 68 zkontrolovaných šroubů byl nesprávně zaveden pouze jeden a to podle typu 2B. Statistickým šetřením nebyla prokázána významná odlišnost (p > 0,05), **obrázky 41, 42**.



Obrázek 41 - Box plot výsledků hodnocení kvality zavedených šroubů



Obrázek 42 - Malpozice šroubů v našem souboru, vlevo 2A dle Zdichavského (u MISS) a vpravo 2B dle Zdichavského (u MISS)

4.2.2.3 Výsledky měření osvitu při skiaskopii

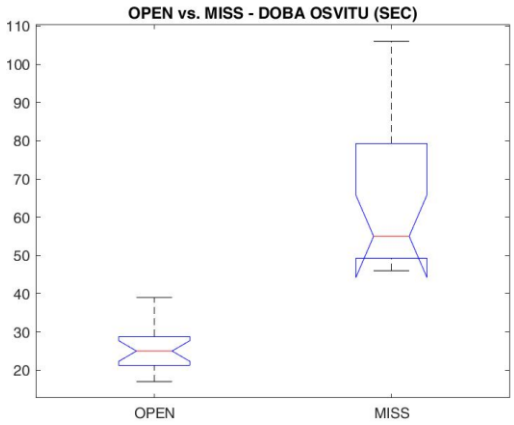
Naměřené hodnoty jsou patrny v **tabulce 9**:

Tabulka 9 - Hodnoty doby a intenzity osvitu u obou typů operačního výkonu

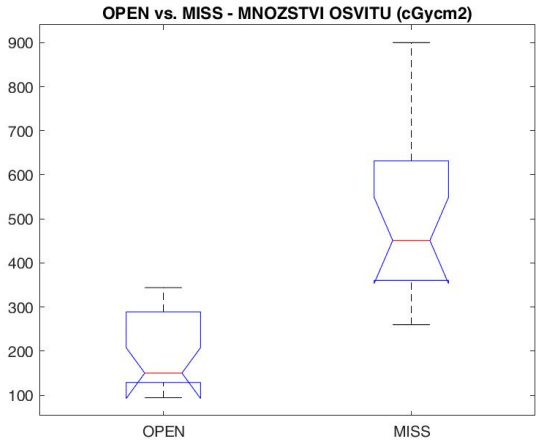
DOBA OSVITU MISS (C)	MNOŽSTVÍ OSVITU MISS	DOBA OSVITU OPEN (sec)	MNOŽSTVÍ OSVITU OPEN (cGycm²)
95	698	24	292
82	674	25	224
82	570	24	131
88	900	25	298
49	400	31	119
47	296	17	128
106	660	20	150
51	500	34	322
46	385	28	300
55	291	32	280
49	260	29	220
71	640	25	100
46	451	20	150
50	436	22	94
51	607	17	128
56	370	21	150
69	335	22	146
52	471	28	162
56	357	39	344
63,21053	**489,5263**	**25,42105263**	**196,7368421**

Z této tabulky je patrno, že u MISS jsme naměřili průměrnou dobu záření 63 s a 490 cGy.cm² se součtem z obou přístrojů. Kdežto u OPEN pouze 25 s a 197 cGy.cm² z jednoho přístroje.

Statistickým šetřením bylo zjištěno, že hodnoty se významně liší na hladině významnosti $p < 0{,}0001$ u doby osvitu (sec) při mediánu MISS 55 s a mediánu OPEN 25 s a i u množství osvitu (cGy/cm²) při mediánu MISS 451 cGy/cm² a mediánu OPEN 150 cGy/cm^2, **obrázek 43, 44**.



Obrázek 43 - Box plot výsledků hodnocení doby osvitu u jednotlivých typů operace



Obrázek 44 - Box plot výsledků hodnocení intenzity osvitu u jednotlivých typů operace

4.2.2.4 Výsledky radiodiagnostického hodnocení změny kyfotizace obratle

Níže uložené **tabulky 10 - 13** označují výsledky měření jednotlivých úhlů u obou typů výkonu a obou typů zlomenin a zároveň barvy vyjadřují, které hodnoty byly srovnávány pro statistické hodnocení, které je vyjádřeno v tabulce **14**.

Tabulka 10 - Výsledky měření úhlů u OPEN u A typu zlomeniny

Typ zlomeniny	Po úrazu		Na břiše v CA		Po stabilizaci		6M po operaci		12M po operaci		Po extrakci		2 roky po extrakci	
	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA
A4	6,9	0,0	0,9	0,0	1,3	0,0	2,1	0,0	2,7	0,0	3,2	0,0	3,9	0,0
A3	20,4	15,3	9,3	8,1	5,7	1,3	6,0	1,3	6,1	1,3	7,6	1,3	8,0	1,5
A3	11,6	17,9	5,1	2,1	1,5	-7,1	9,4	12,4						
A3	33,2	5,5	10,8	-7,8	0,5	-20,8								
A4	17,5	18,1	10,5	4,2	0,9	-2,5	10,6	6,7	10,7	12,7	11,6	17,0	11,9	18
A4	14,6	14,0	4,5	7,4	4,2	3,8	5,9	9,3	6,8	10,8	7,4	23,1	7,6	23,5
A3	16,1	5,1	6,8	5,0	0,1	-6,1	0,8	-2,0	2,0	-2,0	2,8	-2,1	3	-2,1
A3	15,7	22,1	11,6	19,9	10,0	17,2	12,8	23,7	12,8	26,0	13,0	26,8	13,2	26,8
A3	22,5	13,8	15,5	7,2	6,3	1,6	6,6	9,3	6,9	9,5	10,5	12,3	11	12,9
A3	22,4	17,8	6,7	6,0	3,6	1,0	8,6	9,3	8,7	9,3	9,4	9,4	9,6	9,5
A3	12,2	16,5	6,9	8,9	1,8	2,3	6,6	9,5	6,8	9,5	6,2	9,3	7	10,1
Průměrná hodnota	**17,6**	**13,3**	**8,0**	**5,5**	**3,3**	**-0,8**	**6,9**	**8,0**	**7,1**	**8,6**	**8,0**	**10,8**	**8,4**	**11,1**

Tabulka 11 - Výsledky měření úhlů u MISS u A typu zlomeniny

Typ zlomeniny	Po úrazu		Na břiše v CA		Po stabilizaci		6M po operaci		12M po operaci		Po extrakci		2 roky po extrakci	
	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA
A1	12,8	6,5	8,1	2,9	6,5	1,4	6,4	1,6	7,1	8,9	12,6	9,1	12,8	9,2
A3	22,8	8,3	8,6	2,9	2,7	1,0	3,0	1,2	3,2	1,2	6,3	4,2	6,5	4,3
A3	26,0	7,2	7,7	1,1	0,9	1,0	6,6	5,0	6,8	5,1	8,4	5,9	8,6	4,3
A3	26,8	5,5	10,7	5,1	2,4	5,0	6,2	5,9	6,3	6,0	7,2	8,0	7,5	8,0
A3	11,5	8,2	4,7	6,2	0,9	1,2	2,2	2,3	2,2	2,3	3,5	3,1	3,9	3,8
A3	6,0	5,6	1,3	-7,5	0,3	-9,5	2,2	-2,7	3,8	-1,6	3,8	-1,7	4,0	-2,0
A3	20,6	15,6	12,6	13,1	4,0	4,8	3,9	7,1	8,8	11,1	9,5	12,6	9,6	12,9
A4	9,7	15,9	5,0	13,1	3,7	12,9	6,4	16,3	9,0	16,5	9,7	18,2	10,1	18,9
A1	18,5	12,5	10,0	0,5	3,2	-5,4	10,0	28,0	13,7	21,9	12,7	24,3	11,9	5,4
A4	27,0	1,0	19,7	-4,0	1,6	-9,2	2,2	-9,0	2,3	-9,0	5,7	-2,4	5,7	-2,3
A4	12,7	15,7	6,8	6,0	3,7	0,3	7,9	6,5	11,5	6,8	11,9	8,1	12,6	9,0
A3	16,2	12,4	11,6	9,8	4,0	3,4	6,1	4,1	6,3	4,1	8,7	5,0	8,9	5,1
A3	18,1	11,7	5,4	1,2	2,5	1,0	5,8	5,9	6,1	6,0	9,8	10,0	10,0	10,0
A3	18,0	12,2	9,0	4,0	3,5	-2,0	5,6	-1,0	5,6	-1,0	6,2	1,0	6,2	2,7
A3	16,1	13,0	5,9	4,3	2,6	0,5	6,7	6,1	10,1	7,7	10,2	7,8	10,2	7,9
A1	20,6	12,2	17,6	4,5	6,9	0,6	8,3	4,2						
Průměrná hodnota	**17,7**	**10,2**	**9,0**	**4,0**	**3,1**	**0,4**	**5,6**	**5,1**	**6,9**	**5,7**	**8,4**	**7,5**	**8,6**	**6,5**

Tabulka 12 - Výsledky měření úhlů u OPEN u B typu zlomeniny

Typ zlomeniny	Po úrazu		Na břiše v CA		Po stabilizaci		6M po operaci		12M po operaci		Po extrakci		2 roky po extrakci	
	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA
B2	7,8	0,2	5,8	-1,9	5,0	-3,9	4,9	-4,0	5,5	-4,0	5,5	-4,1	5,5	-4,2
B2	13,5	14,2	7,8	10,6	5,3	7,7	5,4	8,5	6,3	9,1	6,9	9,3	7	9,3
B2	11,5	13,8	9,2	11,3	7,7	9,1	8,9	11,0	9,0	11,0	12,5	18,9	12,5	22,1
B1	22,5	16,8	6,9	5,5	3,2	1,5	7,1	7,6	7,2	7,6	7,3	7,9	7,2	8
B1	12,7	21,8	10,3	18,8	6,5	16,9	20,9	22,9	21,0	26,5	20,5	29,6	20,9	30
B1	8,5	-15,3	2,1	-22,4	0,1	-25,2	0,2	25,1	0,2	25,0	0,1	13,5	0,1	-11,5
B1	13,6	17,8	12,5	12,8	6,9	8,8	10,2	12,2	10,4	12,3	15,0	14,7	15,3	14,9
B1	20,4	19,1	6,5	6,8	0,9	3,0	5,7	10,1	5,6	10,8	6,6	15,8	6,6	15,8
Průměrná hodnota	**13,8**	**11,1**	**7,9**	**6,2**	**4,5**	**2,2**	**7,9**	**11,7**	**8,2**	**12,3**	**9,3**	**13,2**	**9,3875**	**10,55**

Tabulka 13 - Výsledky měření úhlů u MISS u B typu zlomeniny

Typ zlomeniny	Po úrazu		Na břiše v CA		Po stabilizaci		6M po operaci		12M po operaci		Po extrakci		2 roky po extrakci	
	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA	VBKA	SKA
B2	6,9	-9,5	2,7	-11,2	1,9	-15,5	1,8	-11,1	2,0	-11,2	2,0	-6,8	2	-6,6
B1	24,4	8,1	17,1	0,6	10,7	-5,6	10,6	-2,2	12,1	1,5				
B1	11,2	12,6	7,3	6,7	5,5	4,6	23,5	24,0	23,4	24,0	23,5	25,0	23,4	25,2
Průměrná hodnota	**14,2**	**3,7**	**9,0**	**-1,3**	**6,0**	**-5,5**	**12,0**	**3,6**	**12,5**	**4,8**	**12,8**	**9,1**	**12,7**	**9,3**

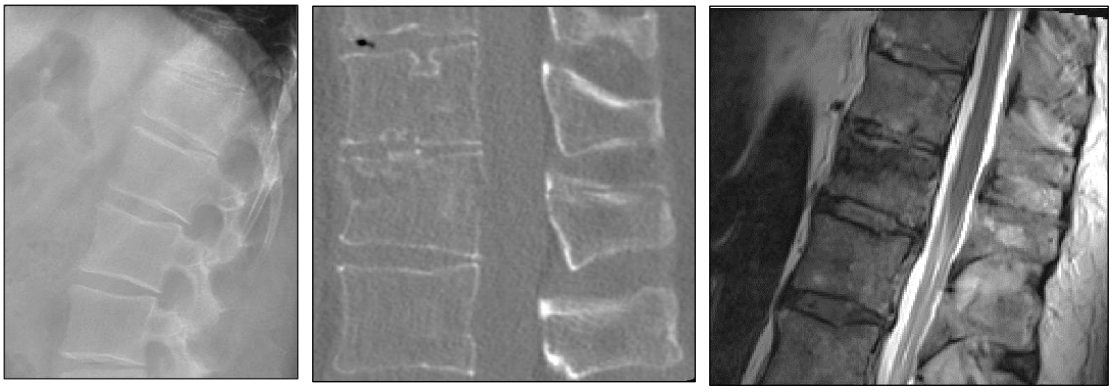
Tabulka 14 - Statistika výsledků hodnocení změn úhlů obratlového těla. Všechny červeně označené hodnoty jsou statisticky významné

TABULKA VÝSLEDKŮ: ÚHLY: X vs. Y:test s ID 1 až 36 je test rozdílů mediánů úhlů mezi úrazem, stabilizací a extrakcí , test s ID 37 až 54 je test rozdílů mediánů ROZDÍLŮ MEZI ÚHLY (např. rozdíl mezi extrakcí a stabilizací) mezi typy A a B, test s ID 55 až 66 je test rozdílů mezi MISS a OPEN). p-left a p-right jsou p-hodnoty jednostranného Wilcoxonova testu, p pak p-hodnota dvoustarnného Wilcoxonova testu. Test je buď párový (pair_test) nebo nepárový (unpair_test).									
ID:	Y:	X:	MEDIAN X:	MEDIAN Y:	p-left:	p-right:	p:		
1	OPEN+MISS A Po úrazu VBKA	(vs. OPEN+MISS A Po stabilizaci VBKA)	17.500000	2.700000	1.000000	0.000000	0.000000	X >= Y	pair_test
2	OPEN+MISS A Po úrazu SKA	(vs. OPEN+MISS A Po stabilizaci SKA)	12.400000	1.000000	1.000000	0.000000	0.000000	X >= Y	pair_test
3	OPEN+MISS A Po stabilizaci VBKA	(vs. OPEN+MISS A 2Y po extrakci VBKA)	2.950000	8.750000	0.000000	1.000000	0.000000	X < Y	pair_test
4	OPEN+MISS A Po stabilizaci SKA	(vs. OPEN+MISS A 2Y po extrakci SKA)	1.000000	7.950000	0.000000	1.000000	0.000000	X < Y	pair_test
5	OPEN+MISS A 2Y po extrakci VBKA	(vs. OPEN+MISS A Po úrazu VBKA)	8.750000	16.850000	0.000000	1.000000	0.000001	X < Y	pair_test
6	OPEN+MISS A 2Y po extrakci SKA	(vs. OPEN+MISS A Po úrazu SKA)	7.950000	12.450000	0.003267	0.996905	0.006534	X < Y	pair_test
7	OPEN A Po úrazu VBKA	(vs. OPEN A Po stabilizaci VBKA)	16.100000	1.800000	1.000000	0.000488	0.000977	X >= Y	pair_test
8	OPEN A Po úrazu SKA	(vs. OPEN A Po stabilizaci SKA)	15.300000	1.000000	1.000000	0.000977	0.001953	X >= Y	pair_test
9	OPEN A Po stabilizaci VBKA	(vs. OPEN A 2Y po extrakci VBKA)	3.600000	8.000000	0.001953	1.000000	0.003906	X < Y	pair_test
10	OPEN A Po stabilizaci SKA	(vs. OPEN A 2Y po extrakci SKA)	1.300000	10.100000	0.003906	1.000000	0.007813	X < Y	pair_test
11	OPEN A 2Y po extrakci VBKA	(vs. OPEN A Po úrazu VBKA)	8.000000	16.100000	0.001953	1.000000	0.003906	X < Y	pair_test
12	OPEN A 2Y po extrakci SKA	(vs. OPEN A Po úrazu SKA)	10.100000	15.300000	0.156250	0.875000	0.312500	X < Y	pair_test
13	MISS A Po úrazu VBKA	(vs. MISS A Po stabilizaci VBKA)	18.050000	2.950000	1.000000	0.000015	0.000031	X >= Y	pair_test
14	MISS A Po úrazu SKA	(vs. MISS A Po stabilizaci SKA)	11.950000	1.000000	1.000000	0.000015	0.000031	X >= Y	pair_test
15	MISS A Po stabilizaci VBKA	(vs. MISS A 2Y po extrakci VBKA)	2.700000	8.900000	0.000031	1.000000	0.000061	X < Y	pair_test
16	MISS A Po stabilizaci SKA	(vs. MISS A 2Y po extrakci SKA)	1.000000	5.400000	0.000031	1.000000	0.000061	X < Y	pair_test
17	MISS A 2Y po extrakci VBKA	(vs. MISS A Po úrazu VBKA)	8.900000	18.000000	0.000183	0.999878	0.000366	X < Y	pair_test
18	MISS A 2Y po extrakci SKA	(vs. MISS A Po úrazu SKA)	5.400000	11.700000	0.001801	0.998444	0.003601	X < Y	pair_test
19	OPEN+MISS B Po úrazu VBKA	(vs. OPEN+MISS B Po stabilizaci VBKA)	12.700000	5.300000	1.000000	0.000488	0.000977	X >= Y	pair_test
20	OPEN+MISS B Po úrazu SKA	(vs. OPEN+MISS B Po stabilizaci SKA)	13.800000	3.000000	1.000000	0.000488	0.000977	X >= Y	pair_test
21	OPEN+MISS B Po stabilizaci VBKA	(vs. OPEN+MISS B 2Y po extrakci VBKA)	5.150000	7.100000	0.001953	1.000000	0.003906	X < Y	pair_test
22	OPEN+MISS B Po stabilizaci SKA	(vs. OPEN+MISS B 2Y po extrakci SKA)	3.800000	12.100000	0.001953	0.999023	0.003906	X < Y	pair_test
23	OPEN+MISS B 2Y po extrakci VBKA	(vs. OPEN+MISS B Po úrazu VBKA)	7.100000	12.100000	0.161133	0.862305	0.322266	X < Y	pair_test
24	OPEN+MISS B 2Y po extrakci SKA	(vs. OPEN+MISS B Po úrazu SKA)	12.100000	14.000000	0.624023	0.393555	0.787109	X < Y	pair_test
25	OPEN B Po úrazu VBKA	(vs. OPEN B Po stabilizaci VBKA)	13.100000	5.150000	1.000000	0.003906	0.007813	X >= Y	pair_test
26	OPEN B Po úrazu SKA	(vs. OPEN B Po stabilizaci SKA)	15.500000	5.350000	1.000000	0.003906	0.007813	X >= Y	pair_test
27	OPEN B Po stabilizaci VBKA	(vs. OPEN B 2Y po extrakci VBKA)	5.150000	7.100000	0.007813	1.000000	0.015625	X < Y	pair_test
28	OPEN B Po stabilizaci SKA	(vs. OPEN B 2Y po extrakci SKA)	5.350000	12.100000	0.007813	0.996094	0.015625	X < Y	pair_test
29	OPEN B 2Y po extrakci VBKA	(vs. OPEN B Po úrazu VBKA)	7.100000	13.100000	0.097656	0.925781	0.195313	X < Y	pair_test
30	OPEN B 2Y po extrakci SKA	(vs. OPEN B Po úrazu SKA)	12.100000	15.500000	0.421875	0.628906	0.843750	X < Y	pair_test
31	MISS B Po úrazu VBKA	(vs. MISS B Po stabilizaci VBKA)	11.200000	5.500000	1.000000	0.125000	0.250000	X >= Y	pair_test
32	MISS B Po úrazu SKA	(vs. MISS B Po stabilizaci SKA)	8.100000	-5.600000	1.000000	0.125000	0.250000	X >= Y	pair_test
33	MISS B Po stabilizaci VBKA	(vs. MISS B 2Y po extrakci VBKA)	3.700000	12.700000	0.250000	1.000000	0.500000	X < Y	pair_test
34	MISS B Po stabilizaci SKA	(vs. MISS B 2Y po extrakci SKA)	-5.450000	9.300000	0.250000	1.000000	0.500000	X < Y	pair_test
35	MISS B 2Y po extrakci VBKA	(vs. MISS B Po úrazu VBKA)	12.700000	9.050000	0.750000	0.500000	1.000000	X >= Y	pair_test
36	MISS B 2Y po extrakci SKA	(vs. MISS B Po úrazu SKA)	9.300000	1.550000	1.000000	0.250000	0.500000	X >= Y	pair_test
37	OPEN+MISS A Po úrazu - Po stabilizaci VBKA	(vs. OPEN+MISS B Po úrazu - Po stabilizaci VBKA	14.500000	6.700000	0.990815	0.009625	0.019249	X >= Y	unpair_test
38	OPEN+MISS A Po úrazu - Po stabilizaci SKA	(vs. OPEN+MISS B Po úrazu - Po stabilizaci SKA)	11.200000	8.000000	0.914365	0.088216	0.176432	X >= Y	unpair_test
39	OPEN+MISS A Po stabilizaci - 2Y po extrakci V	(vs. OPEN+MISS B Po stabilizaci - 2Y po extrakci VB	-5.000000	-4.400000	0.281991	0.730496	0.563982	X < Y	unpair_test
40	OPEN+MISS A Po stabilizaci - 2Y po extrakci S	(vs. OPEN+MISS B Po stabilizaci - 2Y po extrakci SK	-7.450000	-10.850000	0.887069	0.117769	0.235538	X >= Y	unpair_test
41	OPEN A Po úrazu - Po stabilizaci VBKA	(vs. OPEN B Po úrazu - Po stabilizaci VBKA)	14.700000	7.450000	0.907822	0.099098	0.198195	X >= Y	unpair_test
42	OPEN A Po úrazu - Po stabilizaci SKA	(vs. OPEN B Po úrazu - Po stabilizaci SKA)	14.000000	7.750000	0.956775	0.047617	0.095234	X >= Y	unpair_test
43	OPEN A Po stabilizaci - 2Y po extrakci VBKA	(vs. OPEN B Po stabilizaci - 2Y po extrakci VBKA)	-3.400000	-4.400000	0.481283	0.555821	0.962567	X >= Y	unpair_test
44	OPEN A Po stabilizaci - 2Y po extrakci SKA	(vs. OPEN B Po stabilizaci - 2Y po extrakci SKA)	-8.500000	-9.650000	0.518717	0.518717	1.000000	X >= Y	unpair_test
45	MISS A Po úrazu - Po stabilizaci VBKA	(vs. MISS B Po úrazu - Po stabilizaci VBKA)	14.100000	5.700000	0.976264	0.031992	0.063983	X >= Y	unpair_test
46	MISS A Po úrazu - Po stabilizaci SKA	(vs. MISS B Po úrazu - Po stabilizaci SKA)	10.450000	8.000000	0.643963	0.396285	0.792570	X >= Y	unpair_test
47	MISS A Po stabilizaci - 2Y po extrakci VBKA	(vs. MISS B Po stabilizaci - 2Y po extrakci VBKA)	-5.600000	-9.000000	0.529412	0.529412	1.000000	X >= Y	unpair_test
48	MISS A Po stabilizaci - 2Y po extrakci SKA	(vs. MISS B Po stabilizaci - 2Y po extrakci SKA)	-6.900000	-14.750000	0.985294	0.029412	0.058824	X >= Y	unpair_test
49	OPEN A Po úrazu - 2Y po extrakci VBKA	(vs. OPEN B Po úrazu - 2Y po extrakci VBKA)	7.000000	4.400000	0.814809	0.211724	0.423447	X >= Y	unpair_test
50	OPEN A Po úrazu - 2Y po extrakci SKA	(vs. OPEN B Po úrazu - 2Y po extrakci SKA)	0.900000	3.100000	0.663513	0.371493	0.742986	X < Y	unpair_test
51	MISS A Po úrazu - 2Y po extrakci VBKA	(vs. MISS B Po úrazu - 2Y po extrakci VBKA)	7.610000	-3.650000	0.955882	0.066176	0.132353	X >= Y	unpair_test
52	MISS A Po úrazu - 2Y po extrakci SKA	(vs. MISS B Po úrazu - 2Y po extrakci SKA)	4.000000	-7.750000	0.992647	0.014706	0.029412	X >= Y	unpair_test
53	OPEN+MISS A Po úrazu - 2Y po extrakci VBKA	(vs. OPEN+MISS B Po úrazu - 2Y po extrakci VBKA	7.455000	3.600000	0.963893	0.039333	0.078665	X >= Y	unpair_test
54	OPEN+MISS A Po úrazu - 2Y po extrakci SKA	(vs. OPEN+MISS B Po úrazu - 2Y po extrakci SKA	3.650000	0.000000	0.941029	0.063662	0.127323	X >= Y	unpair_test
55	OPEN A+B Po úrazu VBKA	(vs. MISS A+B Po úrazu VBKA)	14.600000	18.000000	0.232677	0.771737	0.465353	X < Y	unpair_test
56	OPEN A+B Po úrazu SKA	(vs. MISS A+B Po úrazu SKA)	15.300000	11.700000	0.988581	0.011887	0.023775	X >= Y	unpair_test
57	OPEN A+B Po stabilizaci VBKA	(vs. MISS A+B Po stabilizaci VBKA)	3.600000	3.200000	0.514389	0.491365	0.982731	X >= Y	unpair_test
58	OPEN A+B Po stabilizaci SKA	(vs. MISS A+B Po stabilizaci SKA)	1.500000	1.000000	0.793159	0.211010	0.422020	X >= Y	unpair_test
59	OPEN A+B 2Y po extrakci VBKA	(vs. MISS A+B 2Y po extrakci VBKA)	7.600000	8.900000	0.462762	0.543985	0.925523	X < Y	unpair_test
60	OPEN A+B 2Y po extrakci SKA	(vs. MISS A+B 2Y po extrakci SKA)	10.100000	5.400000	0.918820	0.083833	0.167666	X >= Y	unpair_test
61	OPEN A+B Po úrazu - Po stabilizaci VBKA	(vs. MISS A+B Po úrazu - Po stabilizaci VBKA)	10.400000	13.700000	0.260129	0.744552	0.520257	X < Y	unpair_test
62	OPEN A+B Po úrazu - Po stabilizaci SKA	(vs. MISS A+B Po úrazu - Po stabilizaci SKA)	11.200000	10.200000	0.767311	0.237148	0.474297	X >= Y	unpair_test
63	OPEN A+B Po stabilizaci - 2Y po extrakci VBKA	(vs. MISS A+B Po stabilizaci - 2Y po extrakci VBKA	-4.000000	-5.600000	0.934553	0.070032	0.140064	X >= Y	unpair_test
64	OPEN A+B Po stabilizaci - 2Y po extrakci SKA	(vs. MISS A+B Po stabilizaci - 2Y po extrakci SKA)	-8.500000	-7.400000	0.204136	0.800505	0.408272	X < Y	unpair_test
65	OPEN A+B Po úrazu - 2Y po extrakci VBKA	(vs. MISS A+B Po úrazu - 2Y po extrakci VBKA)	6.500000	7.300000	0.354190	0.658394	0.708380	X < Y	unpair_test
66	OPEN A+B Po úrazu - 2Y po extrakci SKA	(vs. MISS A+B Po úrazu - 2Y po extrakci SKA)	2.900000	3.300000	0.354190	0.658394	0.708380	X < Y	unpair_test

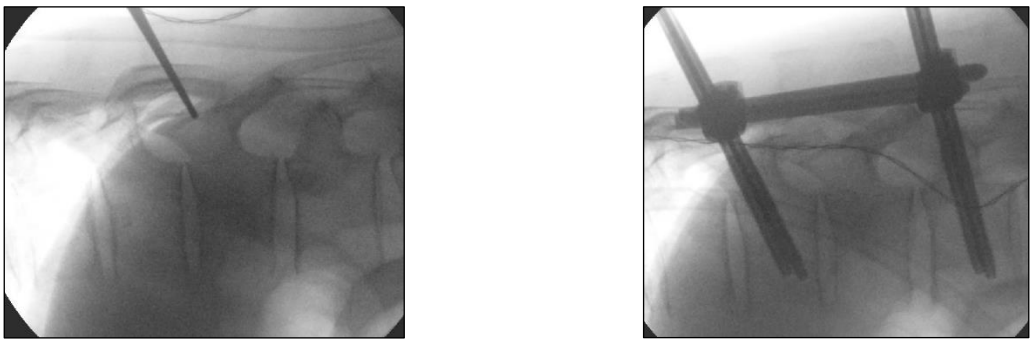
Statistické hodnocení dokázalo, **tabulka 14**, že VBKA a SKA po úraze se statisticky významně mění, tj. zlepšuje, hned po stabilizaci, tj. repozici u obou metod. V průběhu léčení se úhly statisticky významně nemění, protože je přítomen implantát a obratel se hojí a segment stabilizuje. Důležité je, že po vynětí implantátu ani v intervalu po dvou letech nedochází ke statisticky významné ztrátě korekce, a to u obou operačních metod a u obou zastoupených typů poranění, tj. typu A i B, s výjimkami, které mohou vybočit z průměru, **obrázek 45 - 48**. Dále je patrno, že významné rozdíly mezi MISS a OPEN se prokázat nepodařilo. To neznamená, že rozdíl mezi nimi není, jen se jej nepodařilo prokázat statisticky významně. Odlišnost MISS a OPEN byla vyšetřována tak, že bylo testováno, zda se liší mezi těmito dvěma metodami rozdíly úhlů po úrazu a po stabilizaci, po stabilizaci a po extrakci, popř. i po úrazu a po extrakci.

Následují příklady jednotlivých typů operačních výkonů u zlomenin typu B. Snažíme se ukázat, že některé typy zlomenin není vhodné léčit miniinvazivně pro nemožnost provedení spondylodézy a následně vzniklé fúze.

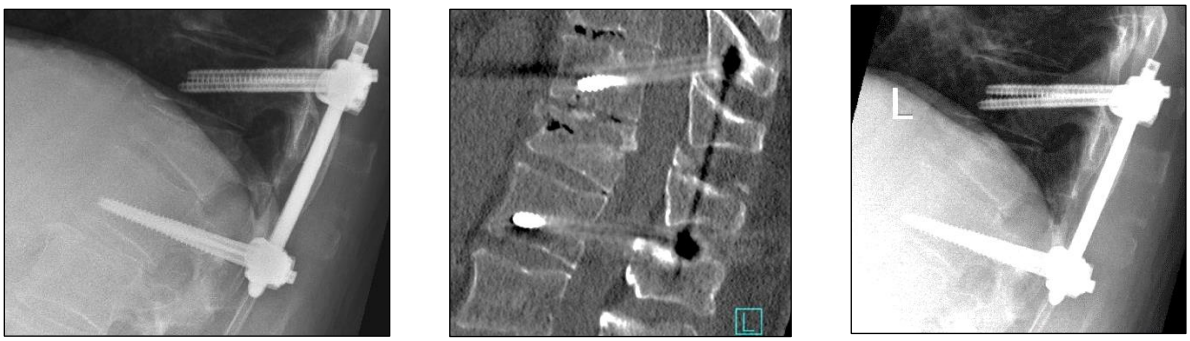
Níže uvedené **obrázky 45 - 48** ukazují pacienta po MISS stabilizaci zlomeniny 12. hrudního obratle typu B.



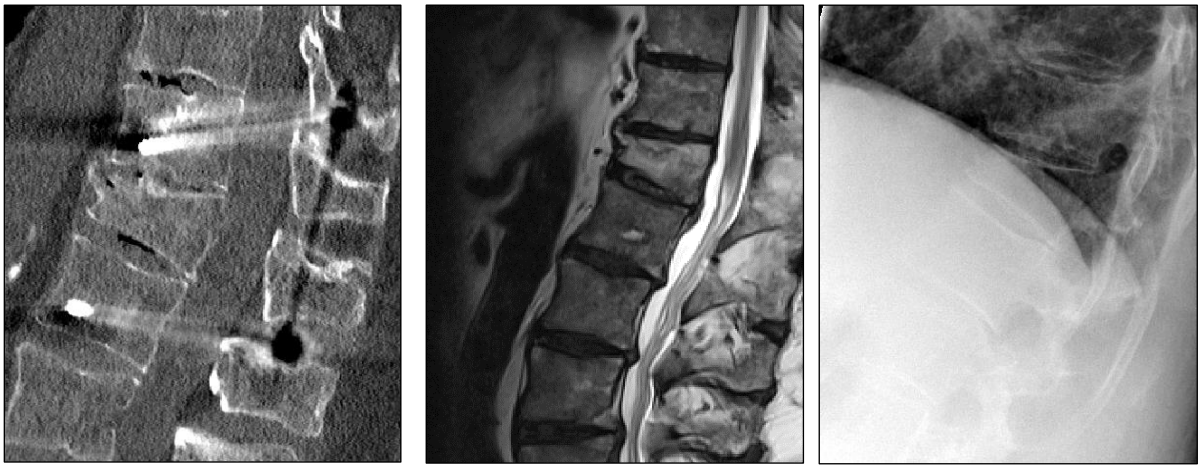
Obrázek 45 - RTG, CT a MRI těsně po úrazu



Obrázek 46 - SKIA po uložení do pronační polohy a po operaci stabilizací MISS, obratel rozvinut, zlomenina není patrna.

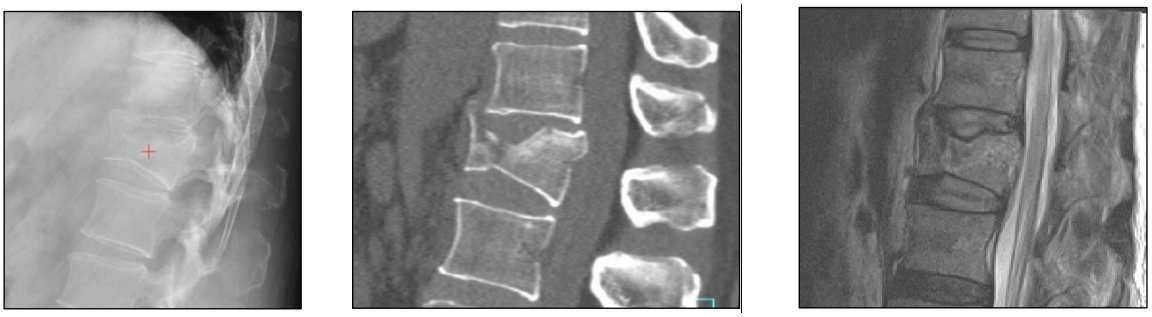


Obrázek 47 - RTG, CT 6 týdnů po operaci a RTG 6 měsíců po operaci jasně dokazují, že implantát bez fúze není schopen sám udržet repozici. Jak na CT, tak i na RTG je patrný rozestup štěpné linie spinózního výběžku, ale postavení po 6 měsících je stejné jako po 6 týdnech

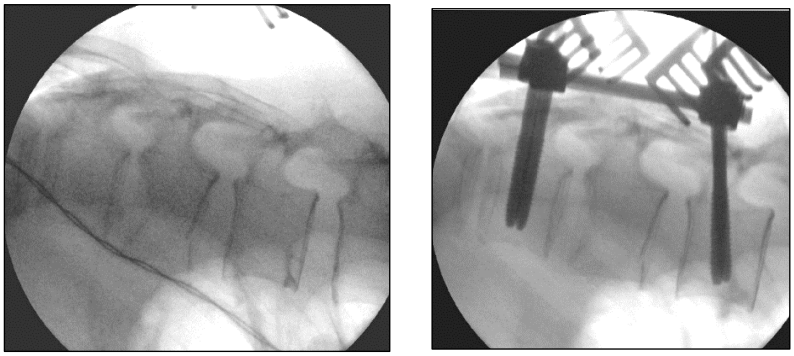


Obrázek 48 - CT rok po operaci, MRI 4 měsíce po extrakci a RTG 2 roky po extrakci dokazují, že k selhání došlo v krátké době po stabilizaci, protože VBKA i SKA jsou již téměř neměnné

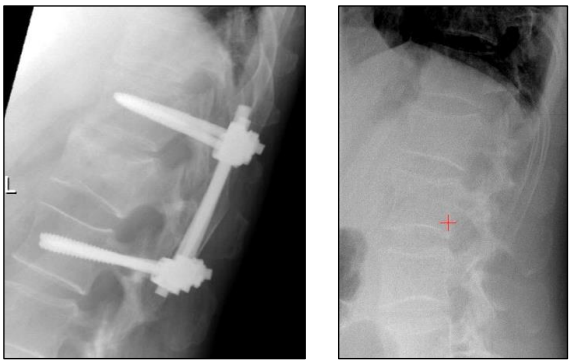
Obrázky 49 - 51 seriálově zobrazují pacienta po OPEN výkonu u B typu zlomeniny T12. Je patrna úrazová kyfotizace, po uložení do pronační polohy se obratel spontánně rozvíjí a po operaci s repozicí a fúzí prakticky dosahuje normálního tvaru, který přetrvává i 2 roky po vynětí implantátů.



Obrázek 49 - RTG, CT a MRI po úrazu ukazují B typ zlomeniny T12 s kyfotizací VBKA i SKA s linií lomu procházející spinózem T11



Obrázek 50 - SKIA po uložení do pronační polohy – obratel se částečně rozvíjí pouhou polohou, tj. lordotizací na operačním stole. SKIA po stabilizaci



Obrázek 51 - RTG před vynětím implantátů a RTG 2Y po vynětí kovů ukazují normální tvar obratlového těla bez ztráty repozic

4.2.3 Laboratorní (biochemická) část studie

Při primární operaci pro úraz jsme získali hodnoty hladin obou enzymů u všech 38 pacientů v plném rozsahu. Při extrakci implantátů jsme získali plnohodnotný počet vzorků u 16 pacientů po otevřené stabilizaci a u 16 pacientů po miniinvazivní stabilizaci [56].

Statistická analýza byla provedena následovně a byly dosaženy tyto výsledky:

Maximální hodnota koncentrace byla u všech pacientů dosažena v těchto intervalech:

ST CK MISS mezi 3. až 10. náběrem - **(tabulka 15, obrázek 52)**,

ST CK OPEN mezi 4. až 7. náběrem - **(tabulka 15, obrázek 52)**,

EX CK MISS mezi 3. až 4. náběrem - **(tabulka 16, obrázek 53)**,

EX CK OPEN mezi 3. až 5. náběrem - **(tabulka 16, obrázek 53)**,

ST MYO MISS mezi 3. až 4. náběrem - **(tabulka 17, obrázek 54)**,

ST MYO OPEN mezi 2. až 5. náběrem - **(tabulka 17, obrázek 54)**,

EX MYO MISS vždy při 2. náběru - **(tabulka 18, obrázek 55)**,

EX MYO OPEN vždy při 2. náběru - **(tabulka 18, obrázek 55)**.

Výsledek statické analýzy:

Nárůst hodnot (přesněji medián nárůstu hodnot) obou enzymů (CK a MYO) je u metody MISS vyšší než u metody OPEN jak ve fázi stabilizace (ST), tak i ve fázi extrakce (EX).

Nárůst hodnot (přesněji medián nárůstu hodnot) obou enzymů (CK a MYO) je u obou metod (MISS a OPEN) vyšší pro fázi stabilizace (ST) oproti fázi extrakce (EX) **(obrázek 56, 57)**.

Všechny výsledky jsou statisticky významné s p-hodnotou < 0.05. Všechny testy byly počítány nástrojem MATLAB Statistics Toolbox.

Tabulka 15 - Perioperační hodnoty (μkat/l) krevního enzymu CK při primárním stabilizačním výkonu u MISS a OPEN operací

Den	Pořadí vzorku	ST_CK průměrně MISS (μkat/l)	ST_CK průměrně OPEN (μkat/l)
1	1 preop	3,48	4,79
1	2	8,11	7,00
1	3	15,87	10,41
1	4	22,01	12,30
1	5	25,37	13,06
2	6	28,68	12,70
2	7	29,95	11,40
2	8	26,75	10,03
3	9	26,08	8,63
3	10	23,39	7,04
4	11	17,24	6,18
4	12	16,45	5,25
5	13	11,11	4,02
6	14	11,36	4,01
7	15	8,89	4,04
8	16	5,80	4,22

Tabulka 16 - Perioperační hodnoty (μkat/l) krevního enzymu CK při extrakci u MISS a OPEN operaci

Den	Pořadí vzorku	EX_CK průměrně MISS (μkat/l)	EX_CK průměrně OPEN (μkat/l)
1	1 preop	1,1	1,7
1	2	3,4	3,7
1	3	7	4,9
1	4	7,8	5,1
2	5	6,9	4,9
2	6	6,1	4,3
3	7	5,4	3,4
4	8	4,5	2,8

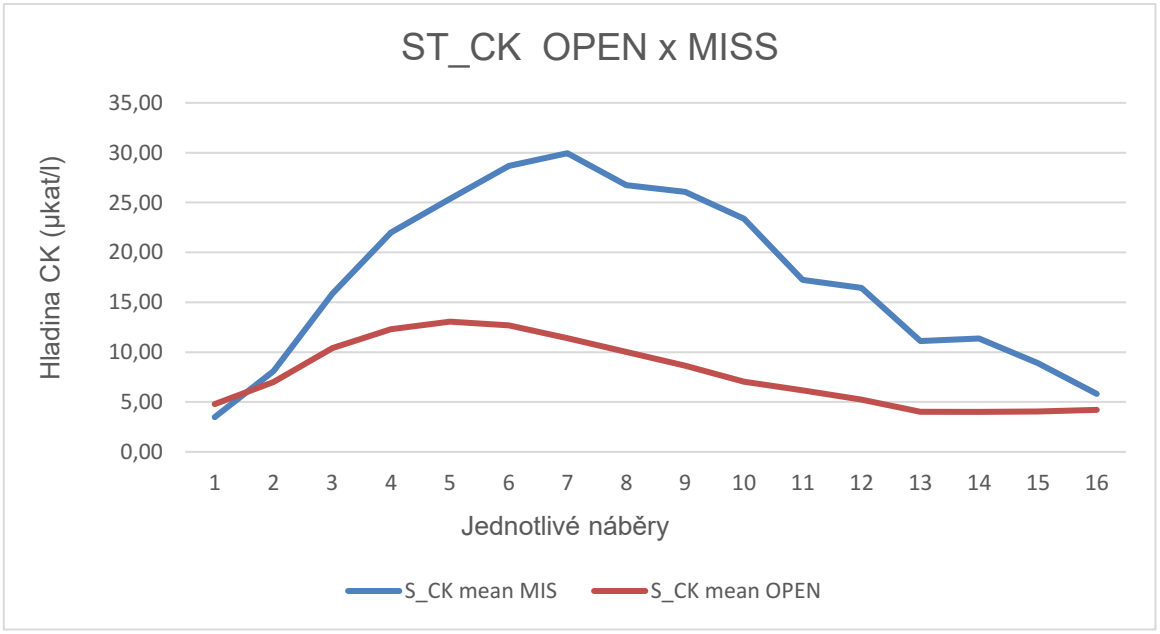
Tabulka 17 - Perioperační hodnoty (μg/l) krevního enzymu MYO při primárním stabilizačním výkonu u MISS a OPEN operaci

Den	Pořadí vzorku	ST_MYO průměrně MISS (μg/l)	ST_MYO průměrně OPEN (μg/l)
1	1 preop	43,91	51,79
1	2	602,68	438,77
1	3	756,36	358,46
1	4	728,51	270,68
1	5	594,78	211,84
2	6	461,93	176,3
2	7	365,8	145,32
2	8	250,7	109,3

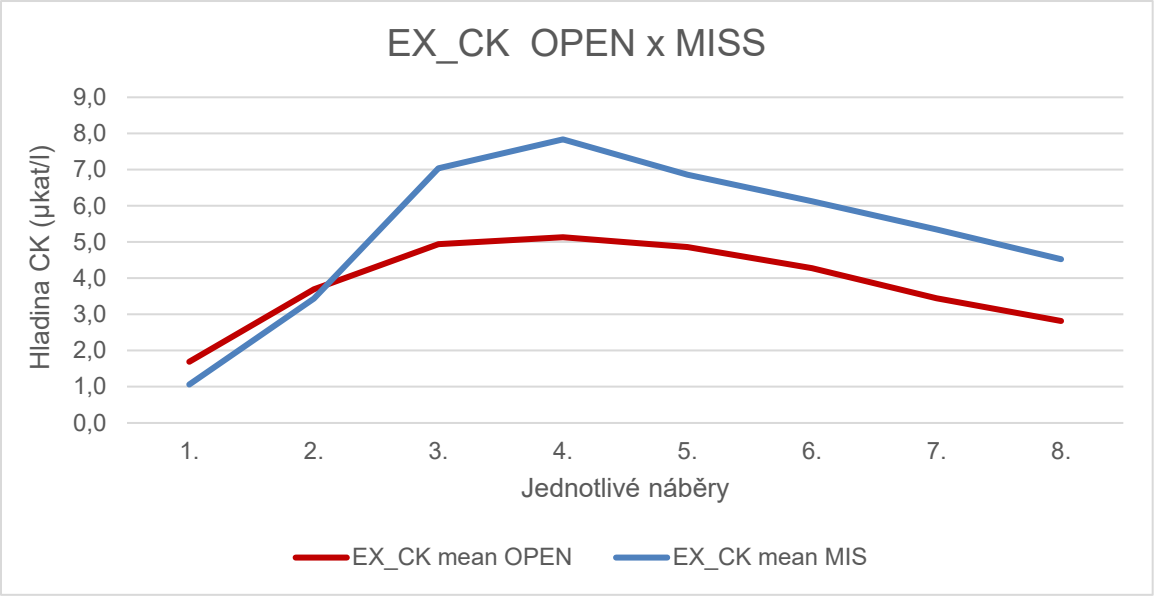
3	9	192,2	102,91
3	10	148,97	79,54
4	11	115,99	67,67
4	12	90,32	65,16
5	13	71,99	62,02
6	14	66,49	72,46
7	15	60,64	76,76
8	16	63,17	82,18

Tabulka 18 - Perioperační hodnoty (µg/l) krevního enzymu MYO při extrakci u MISS a OPEN operaci

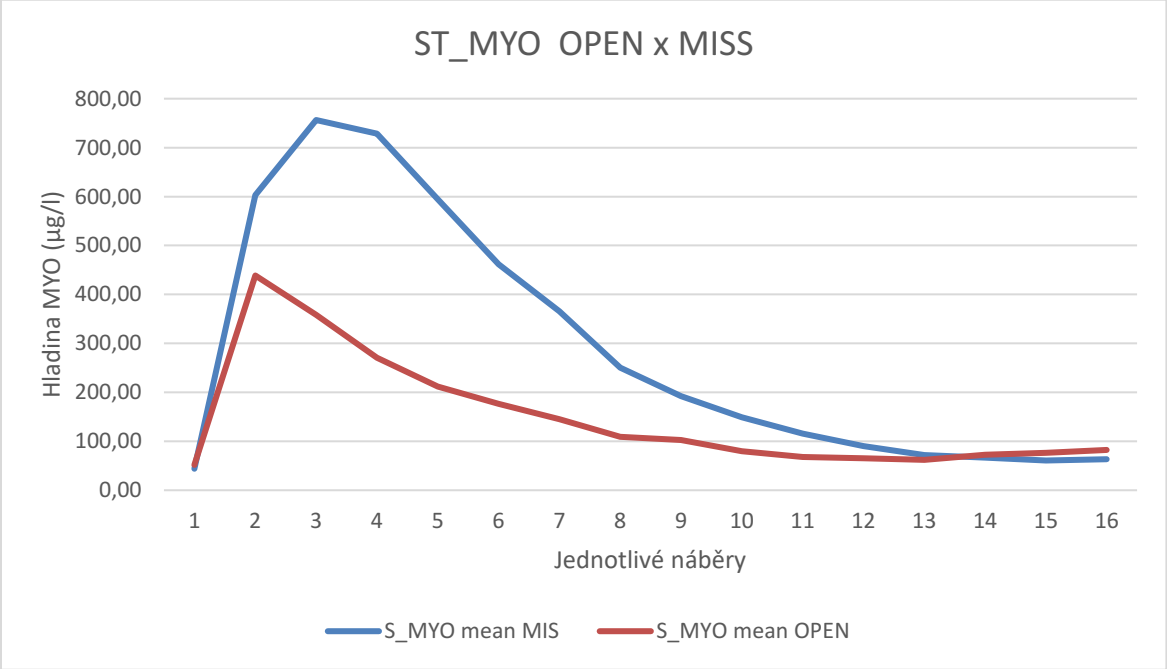
Den	**Pořadí vzorku**	**EX_MYO průměrně MISS** (µg/l)	**EX_MYO průměrně OPEN** (µg/l)
1	1 preop	30,0	43,1
1	2	358,6	240,8
1	3	215,8	133,2
1	4	156,0	94,2
2	5	107,1	75,6
2	6	66,8	57,6
3	7	50,6	47,1
4	8	37,1	35,1



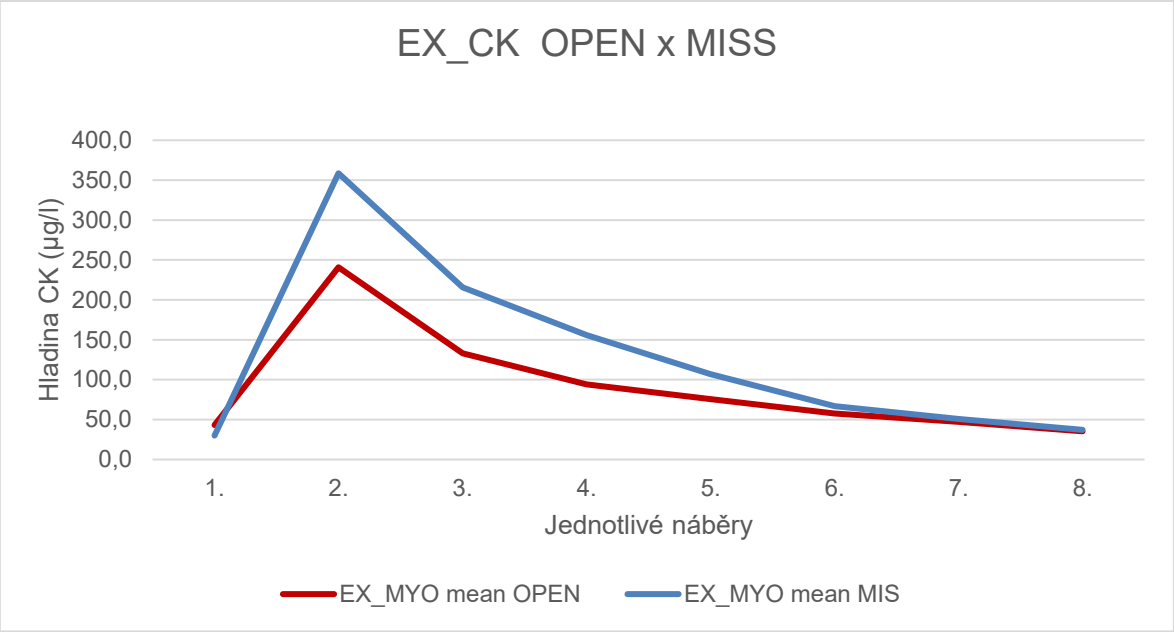
Obrázek 52 - Perioperační hodnoty (µkat/l) krevního enzymu CK při primárním stabilizačním výkonu u MISS a OPEN operací



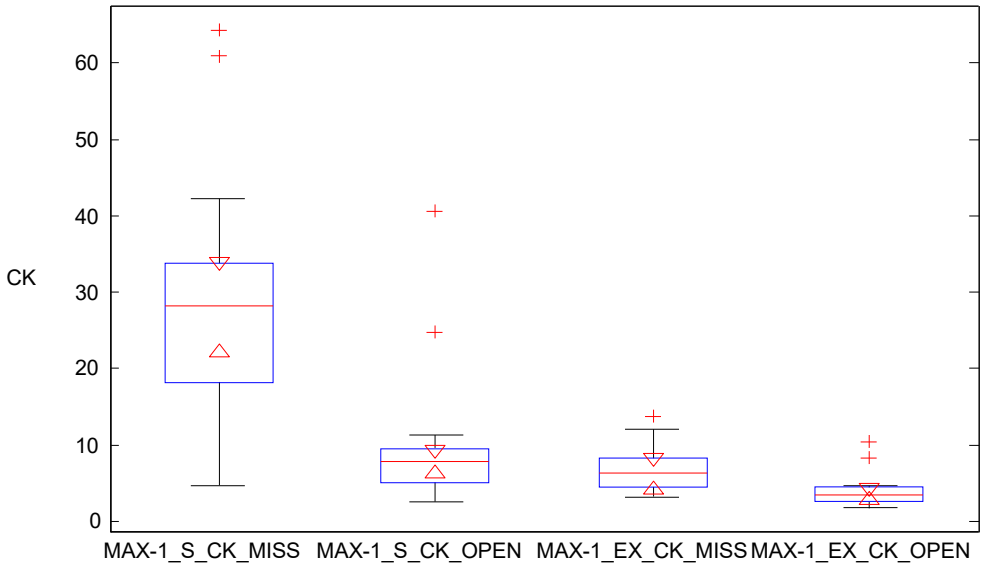
Obrázek 53 - Perioperační hodnoty (µkat/l) krevního enzymu CK při extrakci u MISS a OPEN operaci



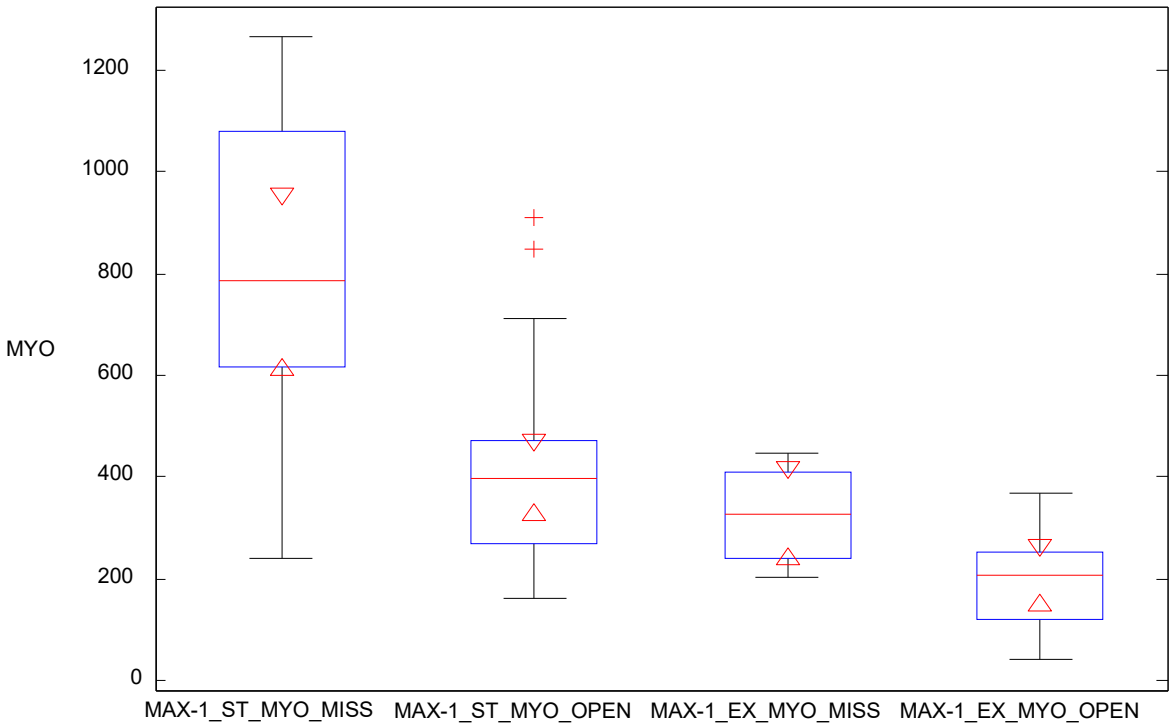
Obrázek 54 - Perioperační hodnoty (µg/l) krevního enzymu MYO při primárním stabilizačním výkonu u MISS a OPEN operaci



Obrázek 55 - Perioperační hodnoty (µg/l) krevního enzymu MYO při extrakci u MISS a OPEN operaci



Obrázek 56 - Box plot hladin CK (µkat/l) při primárním výkonu (ST) a při extrakci (EX) u MISS a OPEN operací



Obrázek 57 - Box plot hladin MYO (µg/l) při primárním výkonu (ST) a při extrakci (EX) u MISS a OPEN operací

4.2.4 Výsledky histologické a histochemické části studie

4.2.4.1 *Statistická analýza a její výsledky u histochemie a histologie*

Byla provedena tak, že všechny dvouvýběrové testy byly počítány dvouvýběrovým Wilcoxonovým testem (ekvivalentní s Mannovým – Whitneyovým testem) a všechny párové testy byly počítány jednovýběrovým Wilcoxonovým testem z důvodu neprokázání normality rozdělení, ze kterých pochází vyhodnocovaná data. Všechny testy byly počítány nástrojem MATLAB Statistics Toolbox

Hodnocení změn fibrózy:

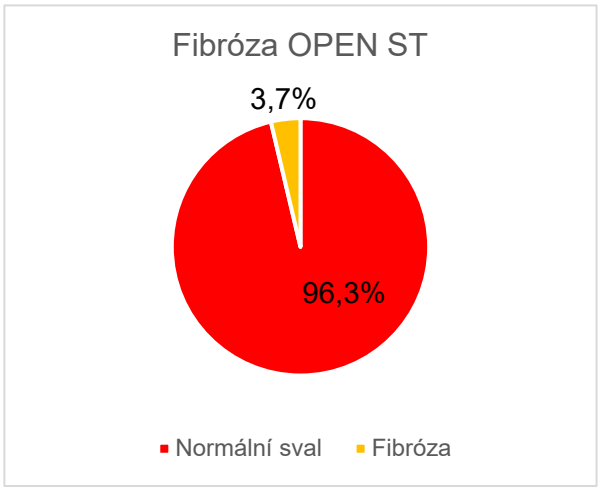
1. Byly porovnány hodnoty fibrózy (v %) ve fázi ST s hodnotami fibrózy (v %) naměřenými v době EX; neboli bylo testováno, zda jsou hodnoty fibrózy (v %) ve fázi EX větší oproti hodnotám fibrózy (v %) ve fázi ST, a to jak pro metodu MISS tak OPEN. Porovnání hodnot fibrózy (v %) ve fázi EX s hodnotami fibrózy (v %) naměřenými ve fázi ST bylo počítáno párovým testem (jednovýběrovým Wilcoxonovým testem).

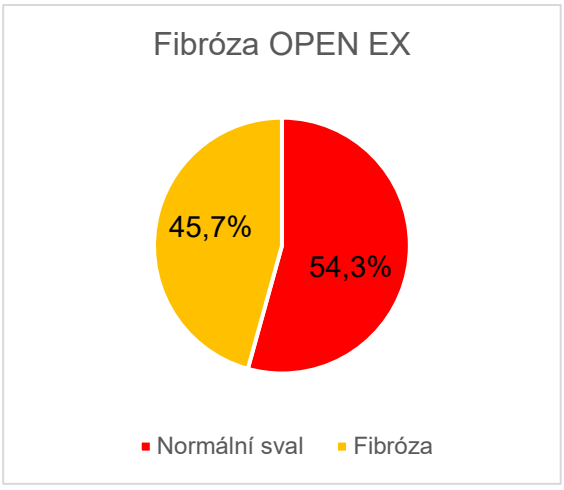
2. Rozdíly neboli nárůsty hodnot fibrózy (v %) ve fázi EX oproti hodnotám fibrózy (v %) naměřenými ve fázi ST obdržené dle bodu 1 pro metody MISS a OPEN byly použity pro porovnání, jak se tyto rozdíly liší při aplikování metodou MISS a metodou OPEN. Neboli bylo testováno, zda jsou nárůsty hodnot fibrózy (v %) ve fázi EX oproti hodnotám fibrózy (v %) naměřenými ve fázi ST obdržené dle bodu 1 u metody OPEN větší než u metody MISS.

4.2.4.1.1 Výsledek pro fibrózu

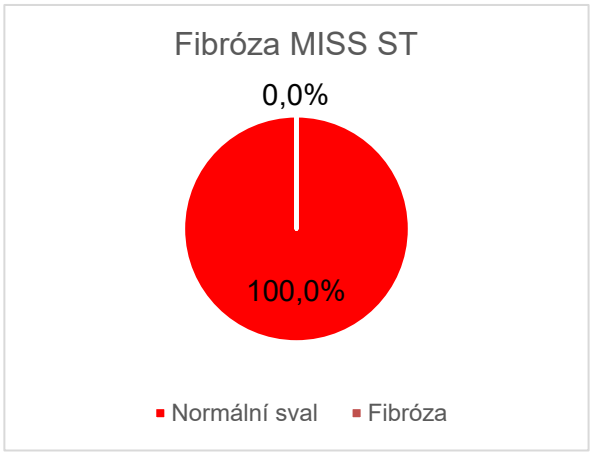
1. Hodnoty fibrózy (v %) ve fázi EX jsou statisticky významně větší oproti hodnotám fibrózy (v %) ve fázi ST u metody OPEN (p = 0.0000610351).

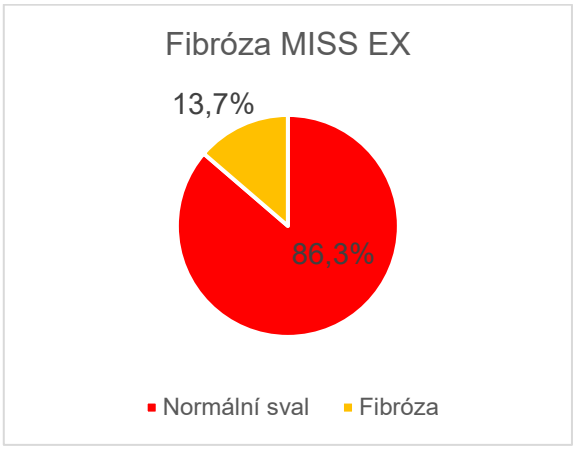
2. Hodnoty fibrózy (v %) ve fázi EX jsou statisticky významně větší oproti hodnotám fibrózy (v %) ve fázi ST u metody MISS (p = 0.0312500000).
3. Nárůsty hodnot fibrózy (v %) ve fázi EX oproti hodnotám fibrózy (v %) naměřenými ve fázi ST (obdržené dle prvního bodu 1) jsou u metody OPEN větší než u metody MISS (p =0.000322453). Pokud uvažujeme, že medián rozdílů ST a EX u OPEN oproti MISS je nenulový, tak bylo zjištěno, že se liší významně, p < 0.05 (p = 0.0006449063) **obrázek 58 – 61**.



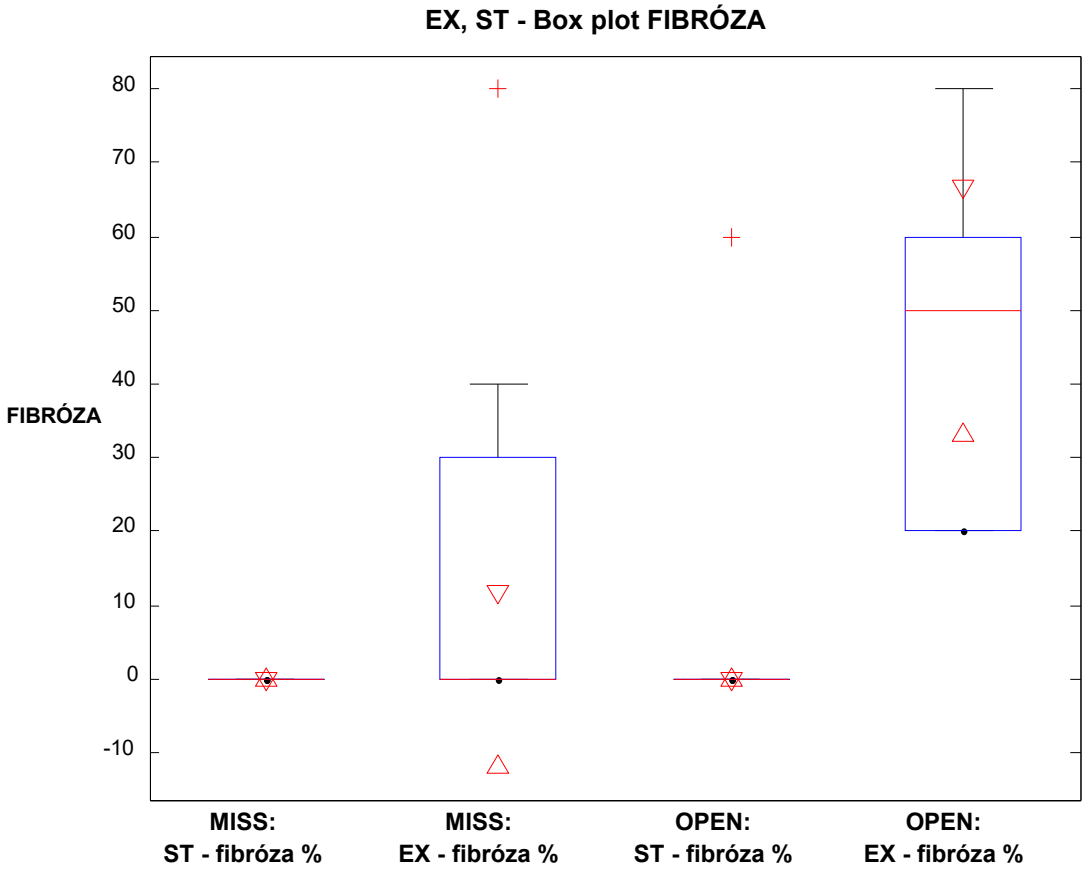


Obrázek 58 - Srovnání vzniku a množství fibrózy u OPEN

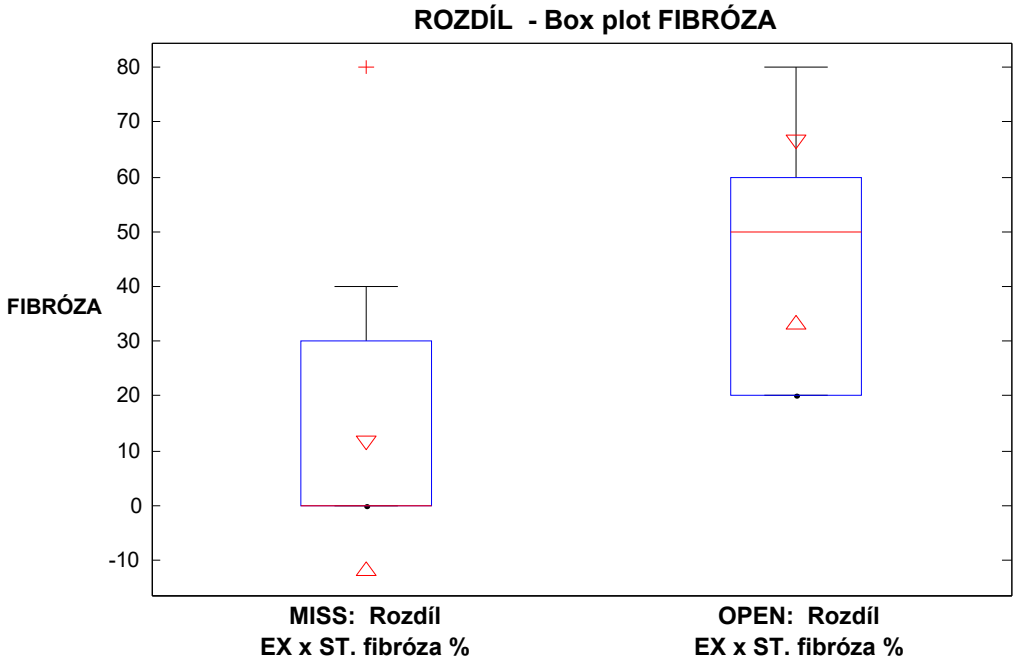




Obrázek 59 - Srovnání vzniku a množství fibrózy u MISS



Obrázek 60 - Box plot pro fibrózu u OPEN a MISS výkonu



Obrázek 61 - Box plot rozdíl fibrózy u OPEN a MISS výkonu

4.2.4.1.2 Hodnocení změn typů vláken

1. Byly porovnány hodnoty vlákna typu I ve fázi ST s hodnotami vlákna typu I naměřenými v době EX; neboli bylo testováno, zda jsou hodnoty vlákna typu I ve fázi EX větší oproti hodnotám vlákna typu I ve fázi ST, a to jak pro metodu MISS, tak OPEN.

2. Byly porovnány hodnoty vlákna typu I ve fázi ST s hodnotami vlákna typu I naměřenými v době EX; neboli bylo testováno, zda jsou hodnoty vlákna typu I ve fázi EX menší oproti hodnotám vlákna typu I ve fázi ST, a to jak pro metodu MISS, tak OPEN.

3. Byly porovnány hodnoty vlákna typu I ve fázi ST s hodnotami vlákna typu I naměřenými v době EX; neboli bylo testováno, zda jsou hodnoty vlákna typu I ve fázi EX odlišné od hodnot vlákna typu I ve fázi ST, a to jak pro metodu MISS, tak OPEN.

4. Bylo testováno, zda jsou nárůsty hodnot vlákna typu I ve fázi EX oproti hodnotám vlákna typu I naměřenými ve fázi ST obdržené dle prvního bodu 1 shora u metody OPEN větší než u metody MISS.

5. Bylo testováno, zda jsou nárůsty hodnot vlákna typu I ve fázi EX oproti hodnotám vlákna typu I naměřenými ve fázi ST obdržené dle prvního bodu 1 shora u metody OPEN menší než u metody MISS.

6. Bylo testováno, zda jsou nárůsty hodnot vlákna typu I ve fázi EX oproti hodnotám vlákna typu I naměřenými ve fázi ST obdržené dle prvního bodu 1 shora u metody OPEN odlišné od metody MISS.

4.2.4.1.3 Výsledek pro typy vláken

Vlákno typu I:

1. Hodnoty vlákna typu I ve fázi EX jsou statisticky významně menší oproti hodnotám vlákna typu I ve fázi ST u metody OPEN (p = 0.0234375000).

2. Hodnoty vlákna typu I ve fázi EX jsou statisticky významně odlišné (jejich medián se liší) oproti hodnotám vlákna typu I ve fázi ST u metody OPEN (p = 0.0468750000).

3. Všechny ostatní 4 testy pro vlákna typu I uvedené výše pak dopadly statisticky nevýznamně ($p > 0.05$).

Vlákno typu II A:

Všechny testy pro vlákna typu IIA uvedené výše dopadly statisticky nevýznamně ($p > 0.05$).

Vlákno typu II B:

Všechny testy pro vlákna typu IIB uvedené výše dopadly statisticky nevýznamně ($p > 0.05$).

Všechny výsledky jsou statisticky významné s *p*-hodnotou < 0.05.

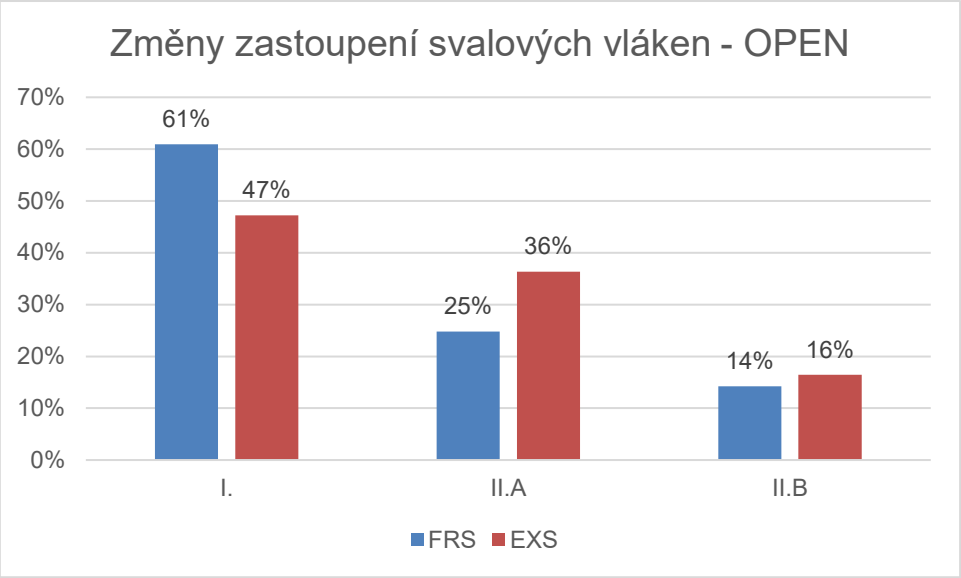
Ve skupině MISS nebyla přítomna fibróza v žádném primárním vzorku ST, tedy v 0 %. V kontrolním vzorku při EX byla fibróza přítomna v 13,75 %. V OPEN skupině byla fibróza v primárním vzorku ST přítomna v 3,75 %, ale v kontrolním vzorku EX ve 45,71 %. Tím bylo statisticky zjištěno, že hodnoty nárůstu fibrózy v EX vzorku u OPEN jsou významně větší než ve vzorku EX MISS při $p < 0.05$ ($p = 0{,}000322453$).

Typy vláken u MISS se v obou vzorcích téměř nelišily – typ I: 70,31 % x 67,33 %, typ IIA: 19,63 x 22,33, typ IIB: 10,06 x 10,33 a statisticky byly tyto změny nevýznamné.

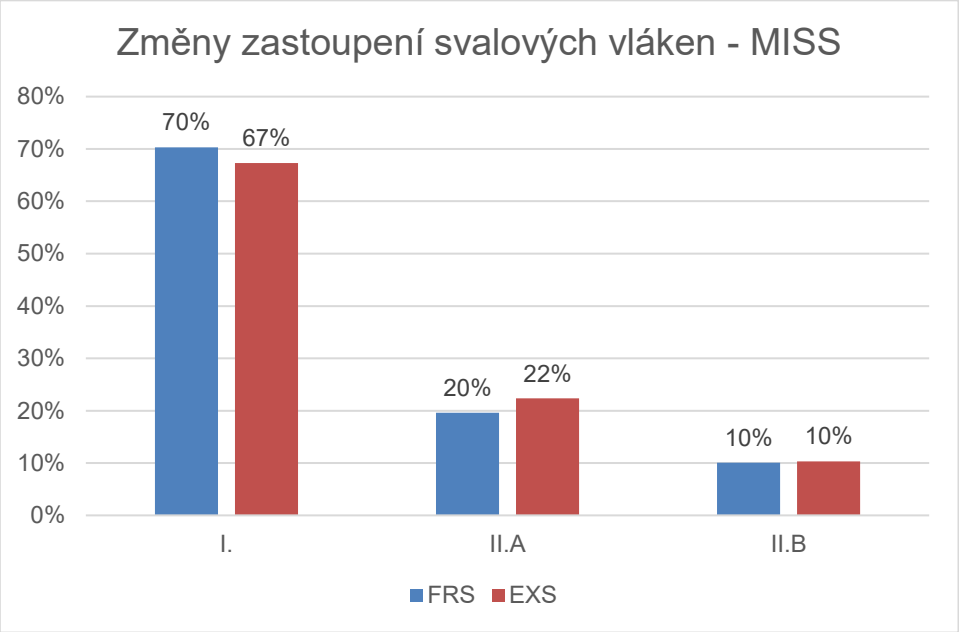
Kdežto u OPEN se lišil výrazně zejména typ I: 60,94 % x 47,23 %. Počet vláken typu I byl u druhého vzorku (EX) významně nižší než ve vzorku prvním (ST) a to statisticky významně, $p < 0.05$ ($p = 0{,}0234375000$) při nárůstu zejména vlákna typu IIA, méně již vláken IIB. Typ IIA: 24,81 x 36,36, typ IIB: 14,25 x 16,45. V OPEN skupině také bylo nalezeno mnohem větší procento patologických architektonických změn vláken, **tabulka 19, obrázek 62 - 67**.

Tabulka 19 - Počet typů vláken u OPEN and MISS výkonu

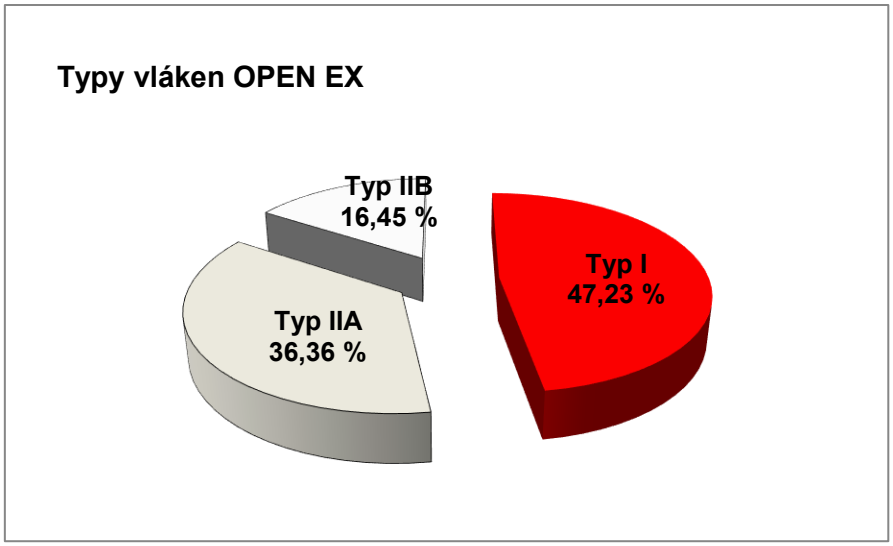
	ST			**EX**		
	I.	**II.A**	**II.B**	**I.**	**II.A**	**II.B**
OPEN	60,94%	24,81%	14,25%	47,23%	36,36%	16,45%
MISS	70,31%	19,63%	10,06%	67,33%	22,33%	10,33%

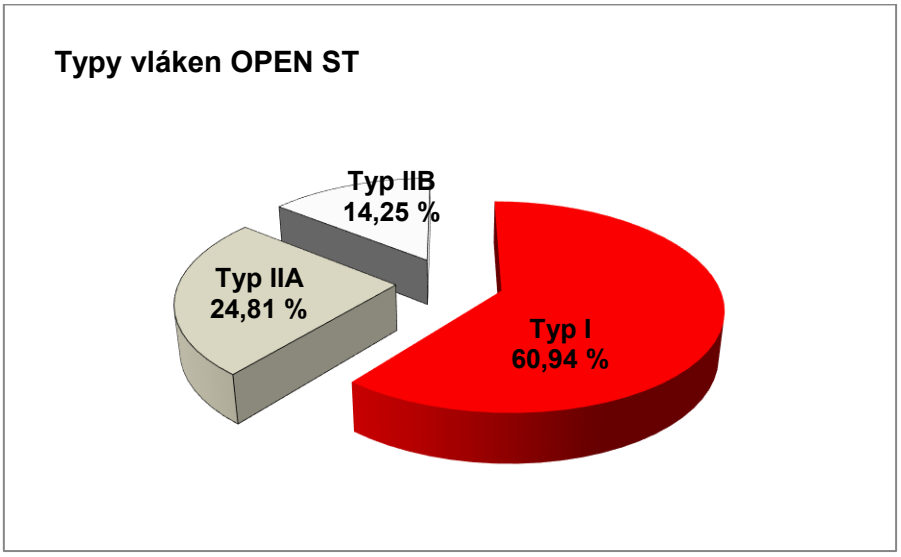


Obrázek 62 - Změny zastoupení svalových vláken - OPEN

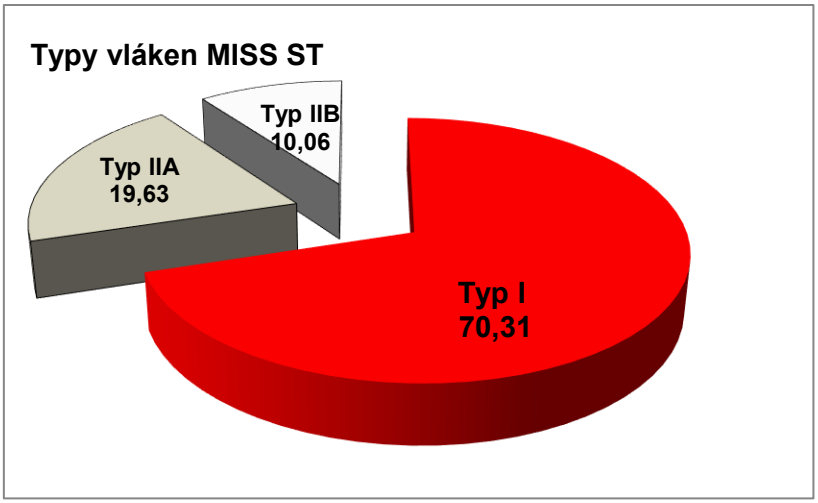


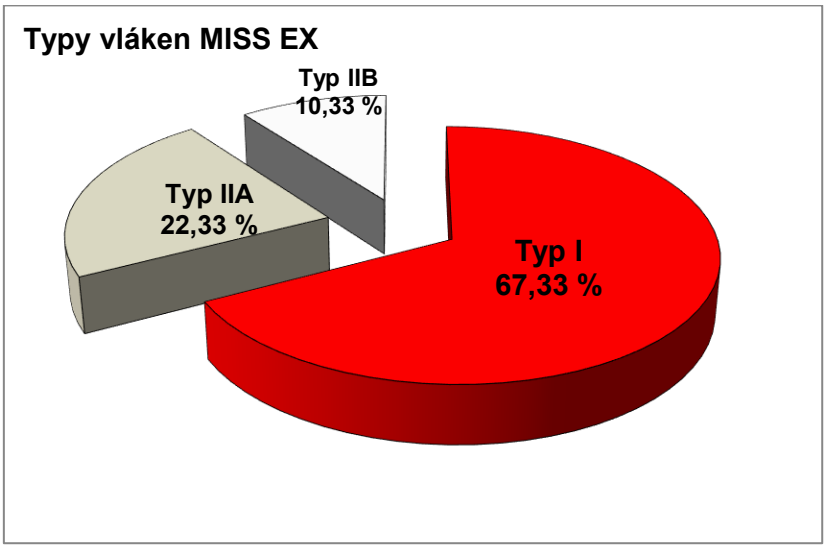
Obrázek 63 - Změny zastoupení svalových vláken – MISS



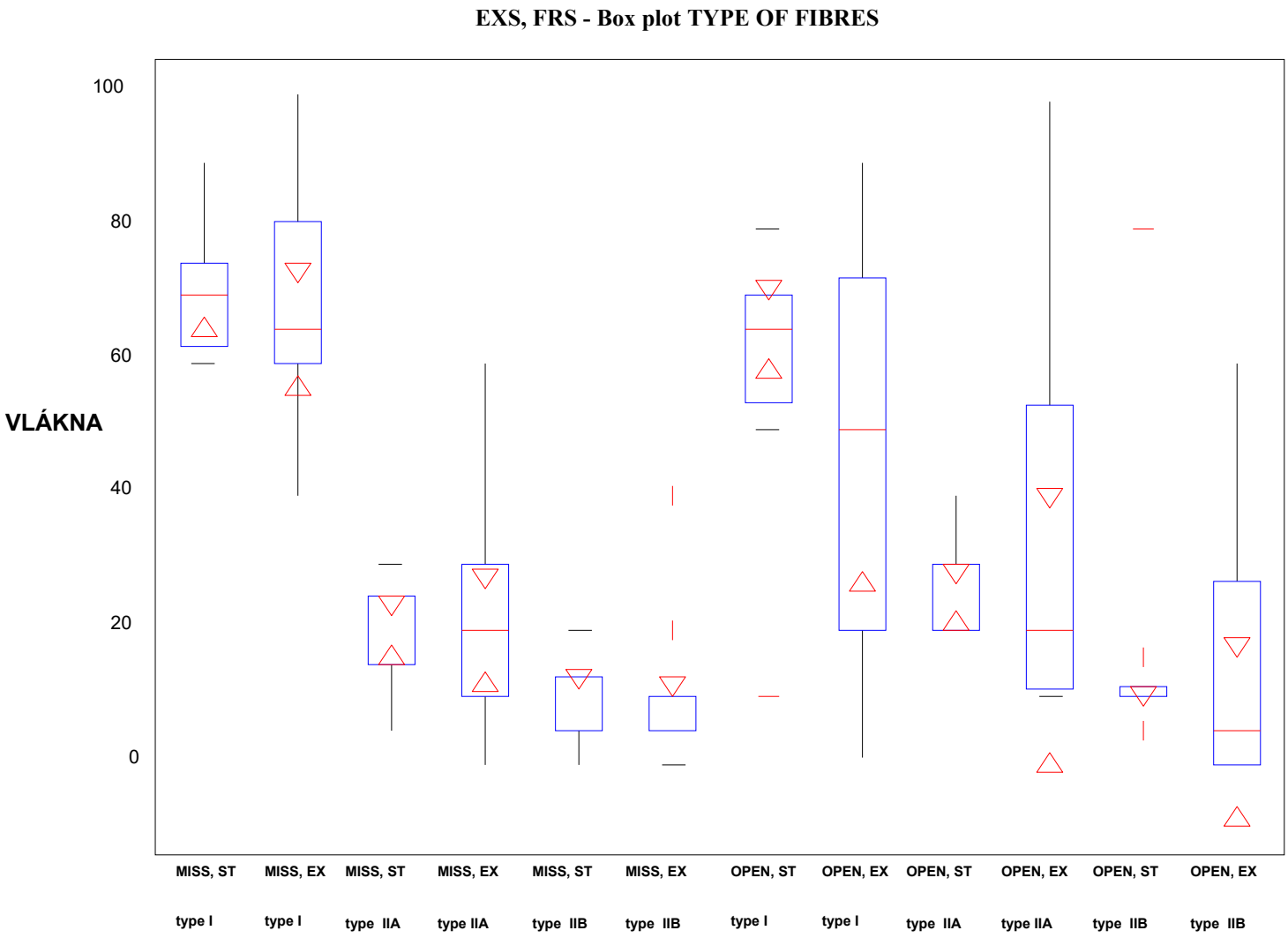


Obrázek 64 - Srovnání změn v počtu jednotlivých typů vláken u OPEN výkonu

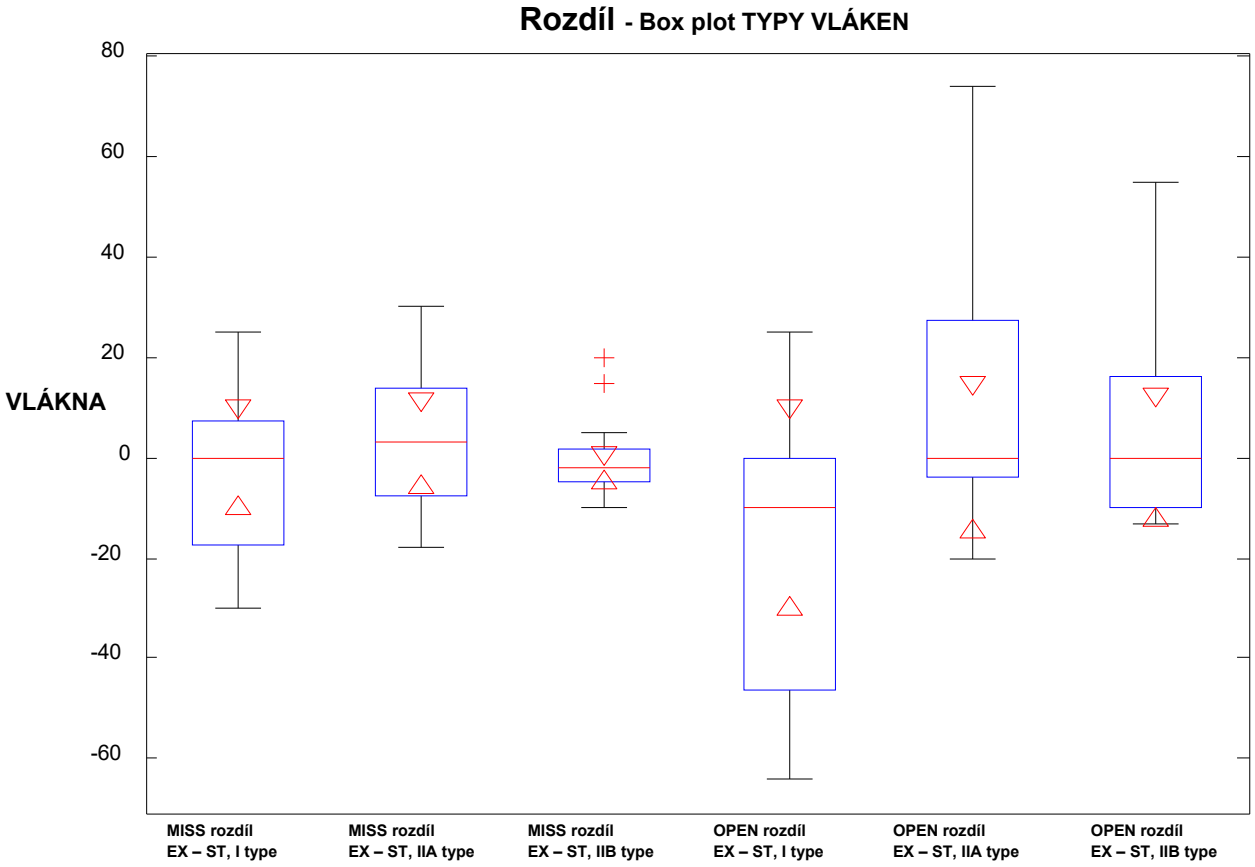




Obrázek 65 - Srovnání změn v počtu jednotlivých typů vláken u MISS výkonu

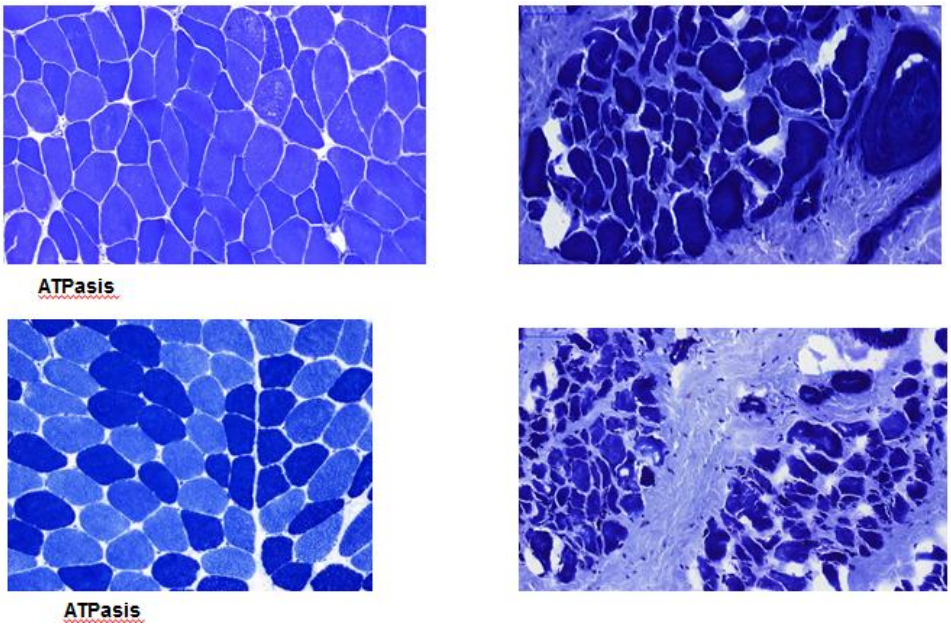


Obrázek 66 - Box plot typy vláken u OPEN and MISS výkonu

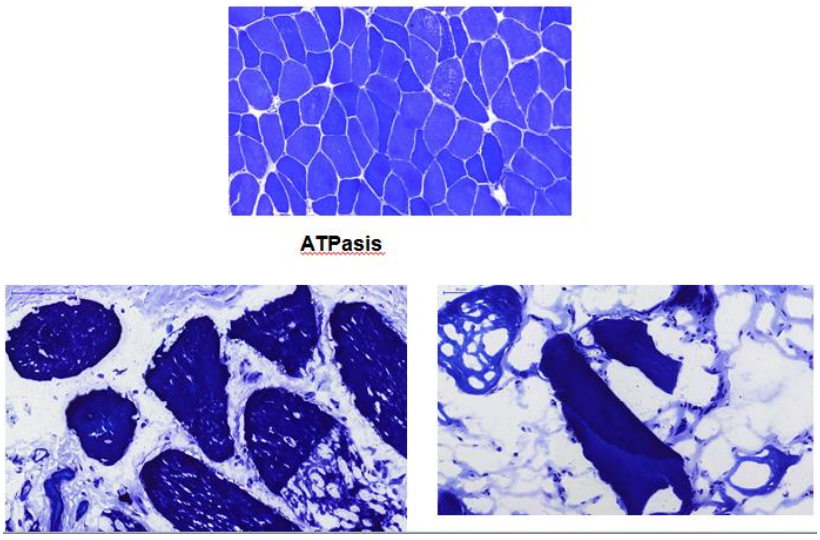


Obrázek 67 - Box plot rozdílu v typech vláken u OPEN a MISS výkonu

Při otevřené metodě přesto dochází v porovnání s miniinvazivní metodou k jistým změnám ve svalových vláknech. U OPEN dochází k časté atrofii a fibrotizaci svalových vláken. Následkem těchto změn dochází k hypertrofii zbylých svalových vláken, **obrázek 68, 69**.

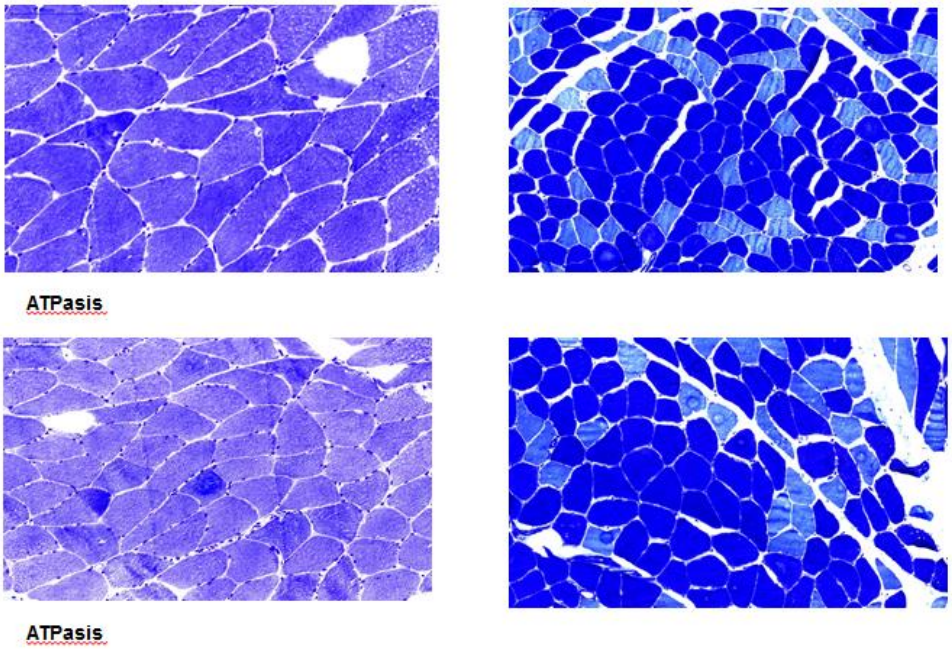


Obrázek 68 - Histochemické změny u otevřené metody s fibrotizací vláken, přítomná je značná atrofie a hypertrofie svalových vláken, vlevo sval před stabilizací (ST), vpravo po operaci (EX)

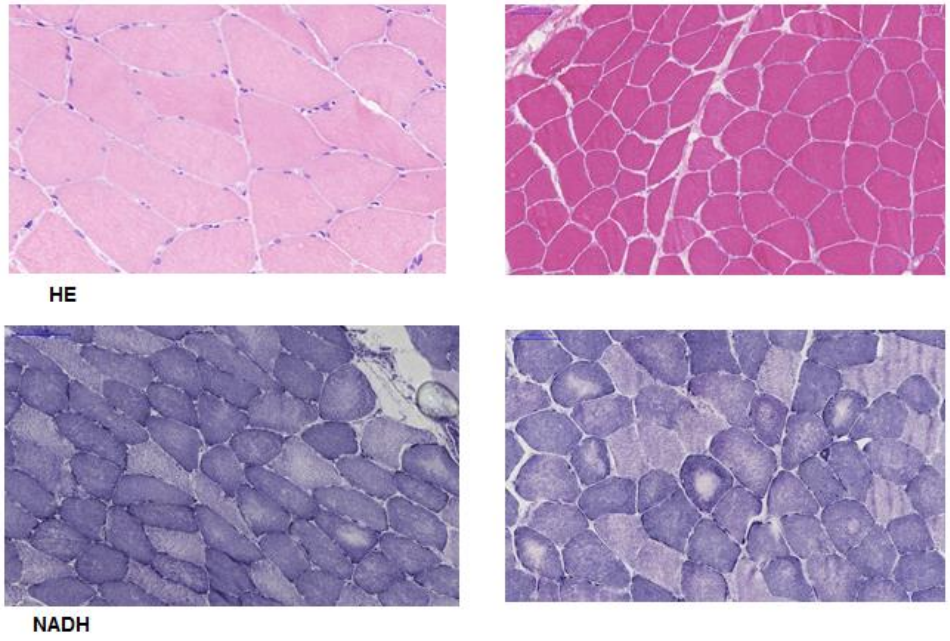


Obrázek 69 - Histochemické změny u otevřené metody – patrna fibrotizace, atrofie a hypertrofie vláken, nahoře sval před stabilizací (ST), dole po operaci (EX)

U miniinvazivní metody je atrofie a fibrotizace vláken naprosto minimální. Protože není nutné nahrazovat fibrotická a atrofická vlákna, nedochází zde ani k tak výrazné hypertrofii ostatních vláken, **Obrázek 70, 71**.



Obrázek 70 - Histochemické změny u MISS metody. Minimální fibrotizace vláken, bez výrazné atrofie a hypertrofie svalových vláken, vlevo sval před stabilizací (ST), vpravo po operaci (EX)

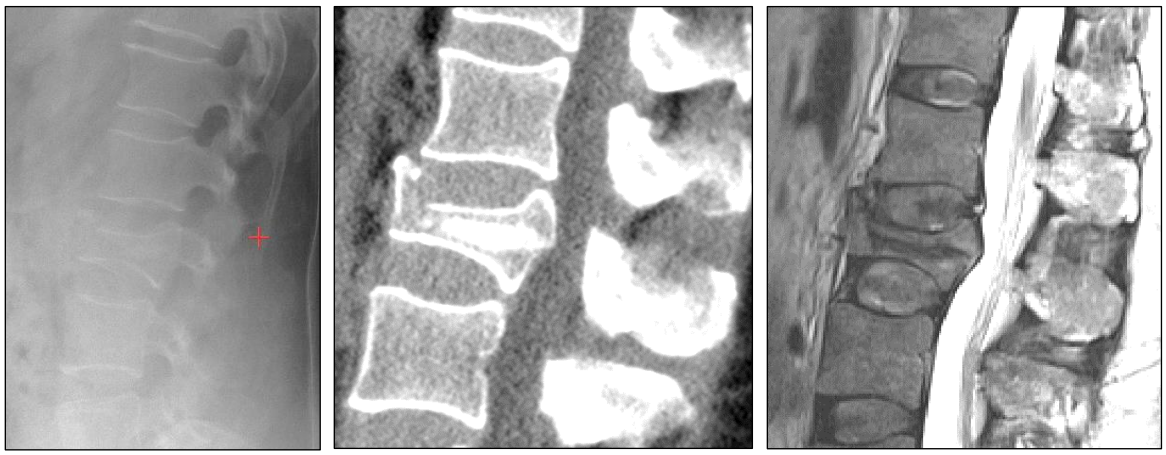


Obrázek 71 - Histochemické změny u miniinvazivní metody. Vlevo předoperační nález, vpravo pooperační nález s naprosto minimálními změnami ve struktuře svalové tkáně

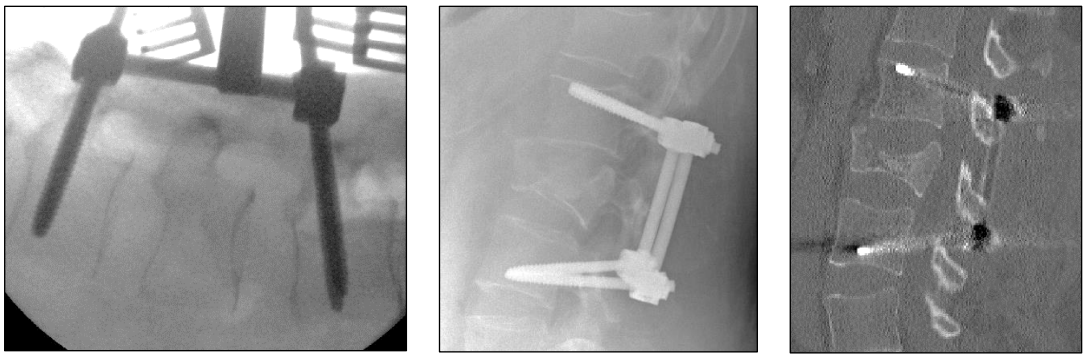
4.2.5 Komplikace

Nezaznamenali jsme žádnou povrchní ani hluboku infekci, žádné závažné komplikace celkové, například trombózu žil DK, embolizaci, močový infekt.

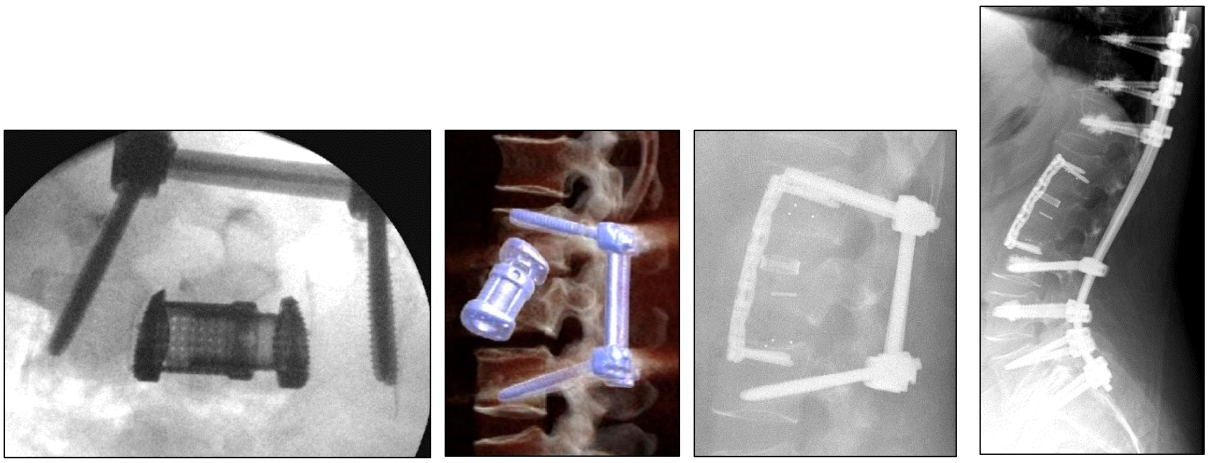
Během studie došlo pouze k jedné závažné komplikaci u pacienta po OPEN výkonu, týkající se selhání instrumentace a vyvinuvších se následných komplikací celkových. Pacient byl díky této komplikaci vyřazen ze studie. Jednalo se o padesátiletého obézního pacienta se zlomeninou obratle L2 typu dle Vaccaro A3 (Magerl AO A2.3). Po 6 týdnech došlo k selhání instrumentace díky přehlédnuté těžké osteoporóze. Proto byla nejdříve provedena stabilizační operace s náhradou obratlového těla, byl podpořen přední sloupec. Pro arytmii nemohlo být pokračováno zadním výkonem, vynětí instrumentace a náhrada novou, augmentovanou. V pooperačním období pacient upadl a na kontrolním RTG byl zjištěn posun klícky, proto byla provedena další reoperace a nová náhrada obratlového těla, opět pouze z retroperitoneálního přístupu. Následně došlo u pacienta v pooperačním období k vytvoření píštěle na břiše v místě jizvy a byla provedena resutura a několikatýdenní podávání ATB intravenózně. Nemohla být proto okamžitě provedena nová zadní stabilizace, která provedena s odstupem několika týdnů a to dlouhou augmentovanou instrumentací se současnou stabilizací nestability L5/S1 pro chronickou, bolestivou spondylolistézu. Následné seriálové **obrázky 72 - 74** dokumentují tento případ a komplikaci v časosběrném rentgenologickém sledu.



Obrázek 72 - RTG, CT a MRI po úrazu. Chybné zhodnocení míry osteoporózy vedlo k zařazení do studie, randomizaci do OPEN a neprovedení augmentace cementem



Obrázek 73 - SKIA po operaci prokazuje správnou repozici a uložení šroubů, po 6 týdnech již RTG a CT prokazuje selhání instrumentace, přesto pacient bez potíží



Obrázek 74 - SKIA po 1. reoperaci s plánovanou zadní stabilizací ve stejné době, pro arytmii neuskutečněné. Po pádu po několika dnech došlo k dislokaci náhrady těla a provedena akutní reoperace s výměnou klícky, která byla v těsném kontaktu s aortou. Po tomto výkonu došlo k infektu v ráně po retroperitoneálním přístupu a zadní stabilizace musela být odložena o několik týdnů. Na posledním RTG je stav 3 roky po poslední reoperaci, pacient již bez potíží

4.3 Diskuze

4.3.1 Operační část studie

4.3.1.1 Diskuze k hodnocení krevních ztrát

Perioperační ztráty krve byly jedním z faktorů, který byl snadno předvídatelný. Protože při OPEN operaci se krev odsává a zachycuje do kalibrovaného kontejneru a pooperačně jsou zavedeny odsavné dreny, tak krvácení bylo možno přesně změřit. Při MISS však toto nebylo možné, odsáváním se zachytilo několik málo mililitrů, jejichž množství i v kalibrovaném kontejneru bylo obtížné změřit a pooperační dreny nebyly použity. Proto byl proveden odhad a ztráty byly odhadnuty tak, aby nebyly nulové. Ve shodě s ostatními autory [20, 22, 24, 67, 76] jsme zjistili, že veškeré měřené hodnoty krevních ztrát se statisticky významně lišily, čímž se potvrdila hypotéza a předpoklad vyšších krevních ztrát u OPEN výkonů.

4.3.1.2 Diskuze k hodnocení délky výkonu

Délka operačního výkonu byla hodnota, která byla ovlivněna několika faktory. Pro předpoklad delšího OPEN výkonu byla nutnost skeletizace, provedení posterolaterální fúze a následná sutura svalů, fascie, podkoží a kůže. Toto vše odpadá u MISS, ale na rozdíl od srovnávaného OPEN je obtížnější nalezení správného entry pointu pro šroub a tím i delšího zavádění šroubů. Stejně tak kompletizace instrumentace protažením tyčí a upevnění do svorek je obtížnější a delší. Nicméně tyto časové rozdíly se vzájemně vyrovnaly a nebyla tak prokázána statistická odlišnost mezi oběma metodami stabilizace. Podobně Grass nezjistil statisticky významný rozdíl mezi délkou výkonu u MISS a OPEN, přesto, že používal rozdílné implantáty [22]. Stejně tak Kreinest neměl satisticky významný rozdíl v této sledované veličině [33]. Na rozdíl Gong, Han a Wang B. [20, 23, 75] prokázali statisticky významně kratší dobu operace u MISS a také Sun [67] v metaanalýze studií srovnávajích MISS a OPEN zjistil, že délka operací byla kratší u MISS než OPEN.

4.3.1.3 Diskuze k hodnocení intenzity bolesti po operaci

V této části studie se potvrdila hypotéza, že intenzita bolesti bude nižší u MISS než u OPEN. Nicméně z výsledků je patrno, že rozptyl hodnot byl vyšší než se očekávalo. U MISS tento jev byl nejspíše způsoben níže zmíněným minikompartment syndromem u nedrenovaných miniinvazivních stabilizací a u OPEN rozsáhlejším operačním výkonem. Přesto, že rozptyl byl vyšší, mediány se vyrovnaly a statisticky se tak naše hypotéza potvrdila. Podobné nálezy popsali Grass, Sun a Wang. [22, 67, 75]

4.3.2 RDG část studie

4.3.2.1 Diskuze k hodnocení změn svalů v obraze MRI

V naší studii jsme stanovili hypotézu, že při stabilizaci zlomeniny páteře bude svalový korzet páteře méně poškozen při metodě MISS v porovnání s metodou OPEN. Jedním z cílů toto dokázat byla i metoda zjištění atrofie a fibrózy svalů změnou signálu na MRI. Z výsledků je patrno, že se nám podařilo tuto hypotézu statisticky významně potvrdit u fibrotických změn, ne však u atrofických změn, kde naopak byla atrofie menší u OPEN než u MISS, nicméně nebyla statisticky významná. Tímto výsledkem jsme potvrdili i náš předchozí výzkum, který prokázal statisticky významnou změnu v intenzitě fibrózy u OPEN oproti MISS v obrazu histologickém a histochemickém [50]. Naproti tomu Fan [14] se ve svém výzkumu pokusil srovnat hodnoty enzymu kreatinkinázy (CK) těsně po operaci u MISS (28 pacientů) a OPEN (31 pacientů) s MRI stavem svalů po jednom roce od operace. Zde na rozdíl od naší předchozí studie se tento rozdíl nepotvrdil. Zatímco Fan nalezl souvislost mezi méně zvýšenou hladinou u MISS a méně vyjádřenou fibrotizací svalů na MRI u MISS výkonu, nám se naopak podařilo zjistit, že u MISS jsou hladiny CK a MYO po primárním výkonu pro úraz statisticky vyšší než u OPEN [56]. Naše skupiny byly menší, ale sledovali jsme hladinu enzymů mnohem delší dobu, a to až do normalizace, ke které došlo u MYO 3. a u CK 5. den po operaci. Jun-hui [27] srovnal stav svalů po otevřeném zadním výkonu a šetrnějším Wiltseho přístupu a dokázal, že i v tomto případě šetrnější operační přístup signifikantně snížil rozsah atrofie a fibrózy v MRI obraze s odstupem 12 měsíců od operace.

Experimentální studii na novozélandských bílých králících provedl Zhi-Jun [86], kdy podobně jako v naší studii porovnal MRI a histologické výsledky u OPEN a MISS operovaných zvířat a došel k podobným závěrům jako my v našich studiích [50, 56].

Další nález publikoval Ghiasi [19], který sledoval MRI změny svalů u skupiny 6 operovaných pacientů otevřeným zadním přístupem pro degenerativní onemocnění, kterou kontroloval se skupinou 6 zdravých dobrovolníků. Domníváme se, že naše srovnávané kohorty pacientů potvrzují tuto hypotézu vyšší mírou validity. Naproti tomu Ntikilina [60] srovnala se svým týmem skupinu 27 pacientů s OPEN metodou instrumentace páteře a 65 s MISS metodou. MRI nález hodnotila s odstupem nejméně 1 roku po vynětí implantátů a opět potvrdila statisticky významný rozdíl hodnot fibrózy a atrofie mezi OPEN a MISS metodou ve prospěch MISS výkonu, kde tyto hodnoty byly podstatně nižší než u OPEN. Další autoři srovnávali jiné operační typy operačních výkonů a diagnóz a došli k souhrnnému závěru, že spinální miniinvazivní výkony v jakékoli formě snižují nález atrofie paraspinálního svalstva v obraze MRI [6, 11, 62, 63, 70, 76, 80].

4.3.2.2 Diskuze k hodnocení správného zavedení šroubů

K zavedení šroubů správně transpedikulárně je mnoho metod. Lze je zavést tak zvaně free-hand, kdy kontrola pozice je provedena až po jejich zavedení, což je nejriskantnější metoda, dále pod kontrolou skiaskopického přístroje v jedné nebo dvou projekcích simultánně nebo pod CT navigovanou kontrolou. V naší studii byl při OPEN metodě použit jeden skiaskopický přístroj v bočné projekci pro zavedení šroubů a následně kontrola v zadopřední projekci po otočení přístroje. Tato metodika zkracuje operační výkon, protože v otevřené ráně přesně vidíme landmarky pro zavedení šroubů. Při MISS operaci landmarky pouze palpujeme nástrojem a nevidíme je. Protože palpační kontrola nedosahuje kvality vizuální, je nutno použít simultánně druhý skiaskopický přístroj, a to nejen pro kontrolu zavádění šroubů, ale také pro zkrácení výkonu. Neustálé přetáčení jedno přístroje vede k prodloužení operace, zvyšuje možnost snížení sterility výkonu a hlavně také hrozí ztráta pozice nástroje pro zavedení šroubu při otáčení. Z výsledků je patrno, že naprostá většina šroubů byla v naší studii zavedena správně a rozdíl mezi nesprávně zavedenými šrouby u MISS a OPEN nebyl statisticky významný. Mason [48] srovnal ve své metaanalýze 30 studií procento správně zavedených šroubů u jednotlivých metod radiologické kontroly. U konvenční skiaskopie nalezl pouze 68,1% podíl správně zavedených šroubů, u dvoudimenzionální navigované skiaskopie 84,3 %, a u třídimenzionální navigace 95,5 % správně zavedených šroubů. Procento u konvenční skiaskopie tak, jak ji provádíme my, neodpovídá našim výsledkům. Zajímavý nález u zlomenin hrudní páteře publikoval Božík [5], kdy nalezl pouze 76 % šroubů zavedených přesně do pediklu při skiaskopické metodě, což se blíží hodnotám zjištěných Masonem, nicméně Božík sledoval pouze zavedení šroubů u zlomenin hrudní páteře, kde je zavedení obtížnější. Ostatní šrouby byly zavedeny tak, že porušovaly vnitřní nebo zevní kortiku pediklu, ale toto lze u úzkých hrudních pediklů předpokládat. Džupa [13] zhodnotil zavedení šroubů pod CT navigací a v žádném úseku páteře nenalezl jediný nesprávně uložený šroub. Podobně jako předchozí autoři, Walker [73] srovnal zavedení šroubů do hrudní páteře, kde nalezl 14,7 % nesprávně zavedených šroubů při skiaskopické kontrole, ale v bederní páteři pouze 2,6 % malpozic šroubů. V našem souboru byly u MISS ne zcela anatomicky zavedeny šrouby 3x do hrudní páteře a jednou do bederní a u OPEN 1 šroub nesprávně zaveden do hrudní páteře. Grass [22] srovnal OPEN a MISS metodu stabilizace hrudní a bederní páteře a nalezl 94 % zcela správně zavedených šroubů u MISS, ale pouze 88 % u OPEN, nicméně pouze 1 šroub u každé z obou metod byl ve skupině 3 dle Zdichavského [83, 84]. Podobné výsledky popsal také Mark s Winderem [47]. Z výsledků našeho výzkumu a z literatury lze konstatovat, že není velkého rozdílu v malpozici šroubů u MISS a OPEN metody stabilizace páteře. Při zavedení CT navigace se přesnost zavedení šroubu blíží 100 %. Podobně jako u robotických výkonů, které srovnával s konvenční skiaskopií Gao [17] ve své metaanalýze.

4.3.2.3 Diskuze k měření intenzity osvitu

Jak již bylo uvedeno výše, používáme při OPEN výkonu pouze jeden skiaskopický přístroj, kdy zavádíme šrouby pouze za kontroly v bočné projekci a po zavedení jejich postavení kontrolujeme v projekci zadopřední. Při MISS zavádíme šrouby pod simultánní kontrolou dvou přístrojů v obou projekcích. Vždy u obou metod jsme použili kontrolu pouze jednotlivými skiagrafickými expozicemi statickými obrazy. Nikdy nebyla použita kontinuální skiaskopie. Toto vše ovlivňuje intenzitu radiace. Z našich výsledků je patrno, že MISS statisticky významně překračuje intenzitu radiace v porovnání s OPEN u konvenční skiaskopie. Našli jsme v dostupné literatuře pouze dvě práci, které konstatují, že u MISS je srovnatelná radiační zátěž s OPEN při využití toho typu skiaskopie. Jednu publikoval Wild [80], kde udává medián radiační zátěže u MISS 4,1 minuty a u OPEN 2,2 minuty, což však nepovažuje za statisticky významné. Druhou publikoval Grass [22], který však používal pouze jeden skiaskopický přístroj, a ve které zjistil medián ozáření u MISS v čase 88 sekund u OPEN 79 vteřin a toto také nepovažuje za statisticky významné. Kaminski [29] publikoval výsledky, ve kterých zjistil více než dvojnásobné zatížení pacienta a personálu zářením u OPEN. Wanek [74] konstatoval ve své práci statisticky významné zvýšení radiace u MISS, nicméně potvrdil, že při jednodobém ozáření pacienta a při kumulovaném ozáření personálu jde o minimální dávky a tyto zdaleka nepřesahují roční hygienické normy ani při velkém počtu stabilizačních výkonů. Jiná srovnání přinášejí další publikace. Nelson [59] srovnal 2 typy peroperační kontroly zavedení šroubů, a to skiaskopii s peroperační CT navigací. Jednoznačně nižší radiační zátěž byla u CT navigovaného výkonu. Gao [17] ve své metaanalýze mimo jiné srovnával radiační zátěž u robotických výkonů v porovnání se skiaskopií a taktéž došel k závěru, že tato metoda významně snižuje ozáření pacientů a personálu. Všechna tato zjištění naznačují trend snižování radiační zátěže u OPEN i MISS náhradou konvenční skiaskopie za CT navigované nebo robotické výkony.

4.3.2.4 Diskuze k hodnocení změn úhlů kyfotizace obratle a segmentu

Operace na páteři nejenom pro úraz by měla být kombinací repozice, stabilizace (což je instrumentace implantátem) a spondylodézy, neboli fúzí. Základním požadavkem by měla být kvalitní fúze, jejíž vznik umožňuje dlouhodobě stabilní segment, tj. segment instrumentovaný. U OPEN metod není o tomto požadavku pochyb, v otevřené operační ráně je posterolaterální spondylodéza snadno proveditelná, dekortikací a kostními štěpy, kostními náhražkami jako je například tricalcium fosfát. U miniinvazivních výkonů toto není možné. Je však možné provést v jedné době, nebo dvoudobě, spondylodézu přední. V našem souboru jsme proto nesledovali radiodiagnosticky přítomnost a kvalitu fúze, protože u MISS nebyla prováděna. Proto nelze statisticky kvalitu fúze srovnat. Nicméně jsme nepřímo zjišťovali kvalitu zhojení tím, že jsme srovnali změny úhlů obratle (VBKA) a segmentálních úhlů (SKA) v jednotlivých fázích studie.

Z výsledků je patrno, že při otevřené metodě je snažší repozice obratlového těla a tím i segmentu, a to i přesto, že obratel se částečně spontánně reponuje při uložení poraněného do pronační polohy, a to u typu A i B dle Vaccara. Co je důležité, že 2 roky po extrakci implantátů nedošlo ke statisticky významnému zhoršení úhlů VBKA i SKA s drobnými výjimkami u B typu poranění u MISS metody. Ve statistické analýze toto nebylo dostatečně významně prokazatelné. Nicméně i jednotlivé případy ztráty korekce u B typu poranění signalizují, že metoda MISS není vhodná pro stabilizaci tohoto typu zlomeniny, a to hlavně v důsledku nemožnosti provedení zadní spondylodézy. V literatuře se objevují výsledky podobných studií jako je naše. Naše studie potvrdila nálezy Gonga [20], kdy u obou metod stabilizace došlo k výraznému zlepšení VBKA i SKA po repozici a mírnou ztrátu korekce v dlouhodobém follow-up (FU). Nicméně v naší studii jsme zjišťovali změny úhlů v delším časovém intervalu. Gong pouze jeden rok od stabilizace, ale v naší studii jsme se zaměřili i na nález 2 roky po vynětí instrumentace, nicméně změny úhlů se příliš nelišily a nebyly statisticky významné. Ještě delší dobu sledování měl Wild [80] a to až v průměru 68 měsíců. Přesto, že vyjímal implantáty v průměru 10 měsíců po primární operaci, došel k podobným výsledkům jako v naší studii. Stejně tak Wang [75] došel k podobným závěrům, kdy srovnal OPEN a MISS u velkých kohort pacientů (56 MISS a 49 OPEN), nicméně se nezmiňuje, zda a jakým způsobem prováděl spondylodézu a do souboru zařadil i poraněné s neurologickým postižením. Velkou metaanalýzu provedl Sun [67] a zjistil, že ztráta korekce je u MISS větší než u OPEN napříč všemi sledovanými studiemi. V práci Fitschen-Oestern [15] je deklarováno, že MISS metoda je vhodná pro určité typy poranění, zejména A typu a při správné indikaci a provedení nedochází ke statisticky významné ztrátě korekce úhlů, což potvrzuje i náš názor, že je možno MISS metodu použít tam, kde není nutná posterolaterální spondylodéza a nebo je provedena přední fúze, podobně jak referuje Pesenti [61].

4.3.3 Diskuze k laboratorní (biochemické) části studie

S ohledem na výše uvedenou charakteristiku a chování obou enzymů v krvi, kdy se kreatinkináza uvolňuje do krve pomaleji a také se pomaleji vylučuje, kdežto myoglobin se uvolňuje a vylučuje rychleji, bylo zjištěno u obou skupin (otevřené i miniinvazivní stabilizace) nárůst hladiny MYO a její vrchol již v den operace (den 0), kdy se také jeho hladina začala snižovat již po 24 hodinách po operaci a to u primárního výkonu i při extrakci. Hladina CK se pomaleji zvyšovala a kulminovala až následující den po operaci (pooperační den 1) u obou typů operačních přístupů a to i při primoimplantaci a extrakci. Hladiny MYO se stabilizovaly na výchozí předoperační hodnotě při operaci pro úraz 3. pooperační den a hladiny CK až 5. pooperační den. Po extrakci se hladiny MYO stabilizovaly také 3. pooperační den, ale hladiny CK v tuto dobu byly ještě několikrát vyšší.

Velmi překvapivé zjištění bylo, že oproti hypotéze, že budou hlavně stoupat hladiny při otevřené stabilizaci, došlo k naprostému opaku. Oba enzymy byly na vyšších hodnotách u miniinvazivního přístupu při stabilizaci páteře pro úraz, ale i při extrakci [56].

Toto je v rozporu s dostupnou literaturou. Nicméně to lze vysvětlit metodikou zjišťování hladin enzymů u dříve publikovaných studií. Linzer [36] srovnával miniPLIF a openPLIF operaci a odebíral vzorky den před operací a 1., 3., a 7. pooperační den. Zjistil vyšší hladinu myoglobinu u openPLIF (464,4 µg/l) ve srovnání s miniPLIF (369,2 µg/l) 1. pooperační den a již 3. pooperační den se hladiny vyrovnávaly. Stejně tak hladiny CK vzrostly 1. pooperační den u openPLIF na 24,5 µkat/l respektive 22,4 µkat/l u miniPLIF. Vyšší hladiny CK setrvávaly do 3. dne a 7. den byly již na normálních hodnotách. Kumbhare [34] na skupině 6 mužů a 6 žen po otevřené operaci na bederní páteři hodnotil hladiny CK v intervalech před, těsně po operaci a poté 6, 12 hodin po operaci a ráno následující den, 2., 4. a 6. pooperační den. Podobně jako u ostatních studií vzrostly hladiny CK až den po operaci na nejvyšší hodnoty a přetrvávaly 2 – 4 dny, rychleji klesaly u žen, u kterých také nedosahovaly takových hodnot jako u mužů. Waschke [77] mimo jiné ve své studii zjišťoval hladiny CK a MYO při otevřených lumbálních operacích v dlouhých intervalech (před operací, 2. den po operaci a v den dimise) a zjistil, že nejvyšší hladina byla 2. pooperační den u obou enzymů. Zde se domníváme, že zjištěním pouze 3 hodnot hladiny enzymů je studie degradována. Arts [3] srovnával hladinu CK pouze ve 2 vzorcích u klasické mikrodiskektomie a endoskopické diskektomie a zjistil prakticky stejné navýšení hladiny CK 1. den po operaci oproti hodnotě před operací u obou skupin. Kawaguchi [30] porovnal hladiny CK (v intervalu před operací, 1., 3., 7., 14. a 21. den po operaci) u předních a zadních výkonů na páteři a zjistil nárůst hladin mezi 1. a 3. dnem po operaci a návrat k normě 7. pooperační den. Hladiny byly signifikantně vyšší u zadních otevřených přístupů než u předních. Adogwa [1] sledoval pouze hladinu CK u miniTLIF a openTLIF a

intervaly zjišťování hladin enzymů byly den před operací a poté 1., 7. den a 6, 12 a 24 týdnů po operaci. Podobně jako u naší studie zjistil, že 1. pooperační den se zvýšily hladiny CK u miniTLIF (628,07 U/L) na rozdíl od openTLIF (291,42 U/L) a 7. den již byly srovnatelné. Bohužel nesledoval hladiny myoglobinu. Tento jev vysvětluje iatrogenním postoperačním kompartment syndromem vzniklým nedrenováním rány při miniinvazivní operaci, většímu otoku a tlaku v paraspinálních svalech a tím zvýšené hladiny CK. Nicméně konstatuje, že tento vzestup neměl vliv na konečné výsledky.

Pokud vezmeme v potaz, že minimum studií srovnávalo klasické otevřené metody stabilizace a miniinvazivní zavedení prakticky stejného implantátu a že většina studií [26, 30, 31, 34, 35] zjišťovala pouze změny hladin CK a že intervaly odebírání vzorků byly vzhledem k metabolické aktivitě enzymů nastaveny poměrně málo frekventně, můžeme konstatovat, že naše studie svou metodikou odpověděla na předem vyslovenou hypotézu a to, že tato hypotéza neplatí. Vyvrátili jsme předpoklad, že enzymy kosterních svalů se budou zvyšovat větší měrou u otevřených výkonů. Podobné výsledky, ale pouze u CK, měl Adogwa [1]. Naše studie jeho názor potvrdila i chováním dalšího z enzymů – myoglobinu. Domníváme se ve shodě s Adogwou, že tomuto jevu může napomoci iatrogenní minikompartment syndrom svalů v pooperačním období, nedrenování ran, ale i větší zhmoždění svalů při zavádění šroubů přes tubusy u malých incizí, kdy tubusy pronikají k entry pointům poměrně násilně a svaly v oblasti miniincize zhmoždí větší intenzitou než při klasické skeletizaci. Toto však platí pouze pro perioperační období. Poškození svalů při MISS výkonech je lokální v místě zavádění šroubů, kdežto při OPEN výkonech v celém rozsahu skeletizace. V dlouhodobém sledování poškození svalového korzetu se dá předpokládat větší rozsah změn u OPEN [56].

4.3.4 Diskuze k histologické a histochemické části studie

Paraspinální svaly, ale i veškeré kosterní svalstvo, obsahují dva základní typy vláken, které jsou označeny jako typ I a II na základě jejich funkčních a metabolických vlastností. Typ I (takzvaná červená vlákna) – pomalá, tonická vlákna – mají nízkou aktivitu myozinové ATPázy a nízkou maximální rychlost a prolongovanou dobu stahu a dále se vyznačují nižší úrovní glykolýzy a vysokou hodnotou oxidativního metabolizmu. Typ II (takzvaná bílá vlákna) – rychlá, fázická vlákna, mají vysokou aktivitu ATPázy, rychle se kontrahují, mají nízký oxidativní metabolizmus a vyšší úroveň glykolýzy. Vlákna druhého typu jsou dále rozdělena na typ IIA, IIB. V běžné zdravé populaci je zastoupení jednotlivých typů vláken v paraspinálních svalech, jak je zjistila Mannion [43], u mužů typ I 65,0 %, typ IIA 24,2 %, typ IIB 10,8 %. U žen je zastoupen typ I v 63,6 %, typ IIA v 26,9 %, IIB 9,5 %. Z toho vyplývá, že zastoupení jednotlivých typů vláken je velmi podobné u mužů a žen. Stejně tak Rantanen [65] zjistil podobné hodnoty v distribuci svalových vláken ve spinálním svalstvu bez výrazného rozdílu u

pohlaví. Podobně Thorstensson [69] zjistil, že relativní zastoupení vláken I. typu je stejné u obou pohlaví. V literatuře jsme nalezli práce týkající se zjištění mikrospických změn paraspinálních svalů u herniace disku [4, 57, 68, 81, 82, 85, 87], dále u degenerativní skoliózy [64, 78], u nestabilní páteře při spondylolistéze [51] a idiopatické skoliózy [7, 45]. U patologických změn páteře zjistil Bylund [7] vyšší zastoupení vláken I. typu na konvexní straně skoliotické křivky. Převahu vláken typu II ve svalu multifidus u pacientů s bolestmi v zádech při porovnání se skupinou zdravých osob zjistil Mazis [58], na rozdíl od něho však Goubert [21] ve své systematické studii neshledal zásadní rozdíly v distribuci svalových vláken u pacientů s chronickými bolestmi v zádech. V naší studii [50] bylo shledáno, že při OPEN výkonu dochází ke statisticky významnému zvýšení hodnot fibrózy svalů oproti MISS a dále ke statisticky významným změnám v percentuálním zastoupení vláken typu I a II a to tak, že u OPEN výkonu klesá počet vláken typu I oproti typu II, která vlákna typu I nahrazují. Lze proto konstatovat, že v průběhu přetrvávající izometrické kontrakce se „pomalé svaly“ chovají energeticky velmi ekonomicky tím, že spotřebují méně energie na stejný výkon při porovnání s „rychlými svaly“. V průběhu dynamického pohybu „pomalé svaly“ provádějí kontrakci pomaleji a s menší silou než „rychlé svaly“. V kosterních svalech jsou zastoupeny v určitém poměru jak svaly typu I, tak svaly typu II, což dovoluje jednotlivým svalům a jejich skupinám se do určité míry specializovat. U pacientů s bolestmi v zádech a nestabilitou nebo po operaci pro úraz se dá předpokládat rozvoj změn v poměru jednotlivých svalových vláken mezi typem tonickým a fázickým. Převaha pomalých vláken typu I znamená v normálních paraspinálních svalech, že odpovídají za déletrvající stah a tím i zajišťují správný ekonomický metabolizmus paraspinálních svalů. Toto je nezbytné pro udržování správné polohy trupu a tím i celé postavy. Po operaci dochází ke zvýšení procenta typu II proto, že svaly jsou nuceny rychle reagovat na podněty ke stabilizaci páteře [50, 51].

4.3.5 Souhrnná diskuze ke všem částem studie

Miniivazivní metody v medicíně jsou novým trendem, který je velmi aktuální. Výhody této metody jsou jednoznačné, a to především v minimálních krevních ztrátách a minimálním poranění svalových vláken, což potvrdilo naše očekávání. Značnou nevýhodou této metody je nemožnost provedení dorzální fúze a proto je otázkou, jak se bude chovat zlomenina za rok či dva po extrakci implantátů. Zda nebude docházet ke kyfotizaci z důvodu neprovedené dorzální fúze. Dle výsledků studie z oddělení traumatologie v Regensburgu [37] je miniivazivní metoda vhodná ke korekci traumatologické kyfózy s eventuální možností provedení ventrální fúze. Dlouhodobé sledování potvrdilo dobré výsledky této metody. Nicméně zde nejsou uvedeny výsledky po extrakci implantátů, kde nelze vyloučit riziko pozdější kyfotizace. Obdobná studie byla provedena kolegy z neurochirurgického oddělení 1. Lékařské fakulty univerzity Karlovy [72], kde délka operací a krevní ztráty jsou velmi podobné našim výsledkům.

Co se týká kvality repozice poraněného obratle, je u obou metod velmi dobrá, tzn. repoziční kvality obou typů instrumentarií dovolují reponovat obratel k téměř normálnímu tvaru. Na tomto faktu se však v naší studii podílela také prakticky okamžitá operace provedená do 24 hodin v pronační poloze, kdy již uložení poraněného do této polohy na operačním stole částečně reponovalo obratel, jako ukazují hodnoty úhlů VBKA a SKA uvedených v tabulkách ve výsledcích této části studie.

Další nevýhodou MISS výkonů je množství rentgenového záření během stabilizace, které je až trojnásobné oproti otevřené metodě. Je nutné myslet nejen na operovaného, pro kterého je toto ozáření výjimečné a neděje se denně, ale zejména na celý operační tým. Zde by bylo velkým přínosem použití navigačních systémů, které by omezily množství osvitu na minimum a pravděpodobně i zvýšily procento správně zavedených šroubů u této metody. Tyto navigační systémy se již na mnoha pracovištích používají.

Dle našich pozorování ve shodě s výsledky studie Vaňka [72] není signifikantní rozdíl v procentuální úspěšnosti zavedených šroubů u obou metod.

Zajímavých a překvapivých výsledků jsme dosáhli v biochemické části studie. Velmi překvapující bylo zjištění dvakrát vyšších hladin myoglobinu a třikrát vyšších hladin CK u miniinvazivní metody. Domníváme se, že tyto výsledky jsou způsobeny tupou preparací svalů a užíváním dilatátorů s následným podvlékáním spojovací tyče, oproti ostré skeletizaci pomocí koagulace užívané u otevřené metody a dále vznikem kompartment syndromu nižší intenzity u nedrenovaného svalstva u této metody stabilizace.

Dále se potvrdilo naše očekávání výsledků histologického a histochemického vyšetření. Oproti téměř normálnímu nálezu svalové tkáně u miniinvazivní metody jsme u otevřené metody zaznamenali velké množství fibrotizace, atrofie velké části svalových vláken a hypertrofie pozůstalých vláken.

5 ZÁVĚR A POTVRZENÍ HYPOTÉZ

Naše hypotéza se potvrdila v částech studie týkající se mikroanatomie paraspinálních svalů, obrazu svalů na magnetické rezonanci, což potvrdilo výrazné změny ve svalech po otevřeném operačním výkonu. Na rozdíl od toho se naprosto nepotvrdila domněnka, že svalstvo bude více traumatizováno během operace klasickou otevřenou metodou a tím se zvýší hladiny svalových enzymů. Zde naopak došlo ke zcela obrácenému jevu, kdy u miniinvazivní stabilizace byly hladiny podstatně vyšší. Osvit skiaskopickým přístrojem při mininvazivní metodě je podstatně vyšší, malpozice šroubů bez výraznějšího rozdílu, stejně tak délka operace.

Indikace miniinvazivní metody jsou stabilní zlomeniny typu A1, A2, A3 a B1. U typu A4, B2, B3 a C je na místě opatrnost při indikaci této metody a lze doporučit převážně stabilizovat otevřeně, právě z důvodu možnosti provedení dorzální fúze, která je u těchto typů zlomenin zásadní podmínkou k dosažení dobrého výsledku.

Otevřená stabilizace zlomenin je standardní metoda, která má dlouhodobě dobré výsledky jak z pohledu zhojení zlomeniny i následné kvality života. Větší krevní ztráty a větší poranění zádového svalstva v porovnání s miniinvazivní metodou je evidentní a potvrdilo naše očekávání. Jednoznačnou výhodou této metody je možnost provedení kvalitní dorzální fúze, což z našeho hlediska je důležitou součástí dobré stabilizace. Otevřenou metodou je možné odoperovat jakýkoliv typ zlomeniny a v případě potřeby je možná i revize páteřního kanálu.

Z celkových výsledků se domníváme, že otevřená stabilizace zlomenin bude ještě dlouhou dobu hlavní metodou volby ve stabilizaci zlomenin, ale miniivazivní stabilizace si najde své indikace a uplatnění.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ADOGWA, O., JOHNSON, K., MIN, E.T., ISSAR, N., CARR, K.R., HUANG, K. Extent of intraoperative muscle dissection does not affect long-term outcomes after minimally invasive surgery versus open-transforaminal lumbar interbody fusion surgery: A prospective longitudinal cohort study. *Surg Neurol Int.* 2012; 3(Suppl 5): S355–S361.
2. AEBI M., THALGOTT J.S., WEBB J.K. *AO/ASIF Priciples in Spine Surgery.* iss.1, Berlin: Springer, 1998. ISBN 978-3-540-62763-0.
3. ARTS, M., BRAND, R., van der KALLEN, B., LYCKLAMA à NIJEHOLT, G., PEUL, W. Does minimally invasive lumbar disc surgery result in less muscle injury than conventional surgery? A randomized controlled trial. *Eur Spine J.* 2011 Jan;20(1):51-57.
4. BAJEK, S., BOBINAC, D., BAJEK, G., VRANIC, T.S., LAH, B., DRAGOJEVIC, D.M. Muscle fiber type distribution in multifidus muscle in cases of lumbar disc herniation. *Acta Med Okayama* 2000; 54 (6): 235-41.
5. BOŽÍK, M., MAGALA, M., HEGER, T., MATEJIČKA, D., BAKA, J., ŠIMKO P., Transpedikulárna stabilizácia zlomenín hrudnej chrbtice. *Acta Chir Orthop Traum Cech*. 2014, 81, 140 – 151.
6. BRESNAHAN, L.E., SMITH, J.S., OGDEN, A.T., QUINN, S., CYBULSKI, G.R., SIMONIAN, N., NATARAJAN, R.N., FESSLER, R.D., FESSLER, R.G. Assessment of paraspinal muscle cross-sectional area after lumbar decompression: minimally invasive versus open approaches. *Clin Spine Surg.* 2017 Apr;30(3): E162-E168. doi: 10.1097/BSD.0000000000000038.
7. BYLUND, P., JANSSON, E., DAHLBERG, E., ERIKSSON, E. Muscle fiber types in thoracic erector spinae muscles. Fiber types in idiopathic and other forms of scoliosis. *Clin Orthop Relat Res* 1987; 214: 222-8.
8. CRISCO, J.J., PANJABI, M.M. The intersegmental and multisegmental muscles of the lumbar spine. A biomechanical model comparing lateral stabilizing potential. *Spine (Phila Pa 1976)* 1991; 16: 793-9.
9. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1* – 3. vydání. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-2473-817-8, str. 367 – 377.
10. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1* – 3. vydání. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-2473-817-8, str. 368.
11. DATTA, G., McGREGOR, A.H., MEHDI-ZADEH, S., KHALIL, N., HUGHES, S.P. The impact of intermittent retraction on paraspinal muscle function during lumbar surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010; Sep 15; 35(20): E1050-7.

12. DENIS, F.: The Three-column Spine and its Significance in the Classification of Acute Thoracolumbar Spinal Injuries. *Spine* 1983,8: 817-831.
13. DŽUPA, V., KRBEC, M., KADEŘÁBEK, R., RUSNÁK, R., DOUŠA, P., SKÁLA-ROSENBAUM, J., FRIDRICH, F., BÁČA, V., GRILL, R. Peroperační CT navigace u operací páteře a pánve: první zkušenosti. *Rozhl Chir.* 2013;92(7):379-84.
14. FAN, S., HU, Z., ZHAO, F., ZHAO, X., HUANG, Y., FANG X. Multifidus muscle changes and clinical effects of onelevel posterior lumbar interbody fusion: minimally invasive procedure versus conventional open approach. *Eur Spine J* 2010; 19:316-24.
15. FITSCHEN-OESTERN, S., SCHEUERLEIN, F., WEUSTER, M., KLUETER, T., MENZDORF, L., VAROGA, D., KOPETSCH, C., MUELLER, M., van der HORST, A., SEEKAMP, A., BEHRENDT, P., LIPPROSS, S. Reduction and retention of thoracolumbar fractures by minimally invasive stabilisation versus open posterior instrumentation. *Injury.* 2015 Oct; 46 Suppl 4:S63-70.
16. FRANKEL H.L., HANCOCK D.O., HYSLOP G. et al. The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. I. *Paraplegia.* 1969;7:179–192.
17. GAO, S., LU, Z., FANG, H. Robot-assisted and conventional freehand pedicle screw placement: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur Spine J.* 2018 Apr;27(4):921-930.
18. GARDNER-MORSE, M., STOKES, I.A., LAIBLE, J.P. Role of muscles in lumbar spine stability in maximum extension efforts. *J Orthop Res* 1995; 13: 802-8.
19. GHIASI, M.S., ARJMAND, N., SHIRAZI-ADI, A., FARAHMAND, F., HASHEMI, H., BAGHERI, S., VALIZADEH, M. Cross-sectional area of human trunk paraspinal muscles before and after posterior lumbar surgery using magnetic resonance imaging. *Eur Spine J* 2016 Mar; 25(3):774-82.
20. GONG, Y., FU, G., LI, B., LI, Y., YANG, X. Comparison of the effects of minimally invasive percutaneous pedicle screws osteosynthesis and open surgery on repairing the pain, inflammation and recovery of thoracolumbar vertebra fracture. *Exp Ther Med.* 2017, Nov; 14(5):4091-4096.
21. GOUBERT, D., van OOSTERWIJK, J., MEEUS, M., DANNEELS, L. Structural changes of lumbar muscles in non-specific low back pain. *Pain Physician 2016*; 19> E985-E1000.
22. GRASS, R., BIEWENER, A., DICKOPF, A., RAMMELT, S., HEINECK, J., ZWIPP, H. Perkutane dorsale versus offene Instrumentation bei Frakturen des thorakolumbalen Übergangs. Eine vergleichende prospektive Untersuchung. *Unfallchirurg*. 2006 Apr;109(4):297-305.

23. HAN, G., HE, C., SHAO, L. Analysis on curative effect of percutaneous minimally invasive spinal internal fixation with pedicle screw rod system for thoracolumbar fracture. *Biomedical Research (India)* 2017;28(15):6848–6851.
24. HELTON, L., DEFINO, A., HERTON, R.T., ALTACILIO, C., NUNES, A., BARBOSA, M.N., ROMERO, V. Open versus minimally invasive percutaneous surgery for surgical treatment of thoracolumbar spine fractures- a multicenter randomized controlled trial: study protocol. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019, 31;20(1):397.
25. HOLDSWORTH, F.: Fractures, Dislocations and Fracture-Dislocations of the Spine. *J Bone Jt Surg*, 1970, 52-A: 1534-1551.
26. HOUTEN, J.K., TANDON, A. Comparison of postoperative values for C-reactive protein in minimally invasive and open lumbar spinal fusion surgery. *Surg Neurol Int*. 2011; 2: 94.
27. JUNHUI, L., ZHENBAO, P., WENBIN, X., LU, H., SHENGUYN, L., SHUNWU, F., FENDONG, X. Comparison of pedicle fixation by the Wiltse approach and the conventional posterior open approach for thoracolumbar fractures, using MRI, histological and electrophysiological analyses of the multifidus muscle. *Eur Spine J.* 2017 May;26(5):1506-14.
28. KAIGLE, A.M., WESSBERG, P., HANSSON, T.H. Muscular and kinematic behaviour of the lumbar spine during flexion-extension. *J Spinal Disord* 1998; 7: 185-205.
29. KAMINSKI, L., CORDEMANS, V., CARTIAUX, O., van CAUTER, M. Radiation exposure to the patients in thoracic and lumbar spine fusion using a new intraoperative cone-beam computed tomography imaging technique: a preliminary study. *Eur Spine J.* 2017, 26(11):2811-2817.
30. KAWAGUCI, Y., MATSUI, H., TSUJI, H. Changes in serum creatine phosphokinase MM isoenzyme after lumbar spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997, 1;22(9):1018-1023.
31. KOTIL, K., TUNCKALE, T., TATAR, Z., KOLDAS, M., KURAL, A., BILGE, T. Serum creatine phosphokinase aktivity and histological changes in the multifidus muscle: a prospective randomized controlled comparative study of discectomy with and without retraction. *J Neursurg Spine* 2007;6(2):121-125.
32. KRBEC, M., BARTONÍČEK, J., ČECH, O., STEHLÍK, J.: Užití Dickova vnitřního fixatéru při léčení zlomenin torakolumbální páteře. *Acta Chir Orthop Traum Cech*. 1992, 59: 203-210.
33. KREINEST, M., RILLIG, J., GRÜTZNER, P.A., KÜFFER, M., TINELLI, M., MATSCHKE, S. Analysis of complications and perioperative data after open or percutaneous dorsal instrumentation following traumatic spinal fracture of the thoracic

and lumbar spine: a retrospective cohort study including 491 patients. *Eur Spine J.* 2017;26(5):1535–1540.

34. KUMBHARE, D., PARKINSON, W., DUNLOP, B. Validity of serum creatine kinase as a measure of muscle injury produced by lumbar surgery. *J Spinal Disord Tech*. 2008;21(1):12-20.
35. KUMBHARE, D., PARKINSON, W., DUNLOP, B., RYAN, E., DENKERS, M., SHAH, A.A. Biochemical measurement of muscle injury created by lumbar surgery. *Clin Invest Med.* 2007;30(1):32-40.
36. LINZER, P., FILIP, M., JUREK, P., ŠÁLEK, T., GAJDOŠ, M., JARKOVSKÝ, J. Comparison of biochemical response between the minimally invasive and standard open posterior lumbar interbody fusion. *Neurol Neurochir Pol*. 2016; 50(1):16-23.
37. LOILBL, M., KORSUN, M., REISS, J., GUEORUIEV, B., NERLICH, M., NEUMANN, C. Spinal fracture reduction with a minimal-invasive transpedicular Schanz Screw system: clinical and radiological one-year follow-up. *Injury.* 2015 Oct;46 Suppl 4:S75-82.
38. LOUIS, R. Spinal Stability as Defined by the Threecollumn Spine Concepts. *Anat Clin.* 1985, no. 7, 33–42.
39. LUKÁŠ, Zdeněk, FEIT, Josef. *Úvod do bioptické myopatologie.* 1st ed. In LF MU Brno: Masaryk University Publishing;1996. ISBN 80-210-1294-3.
40. MAGERL F. Chirurgie des Wirbelsaule – gestern und heute. *Swiss. Med.*, 1985; 7: 29–45.
41. MAGERL, F., AEBI, M., GERTZBEIN, S.D., HARMS, J., NAZARIAN, S.A.: Comprehensive Classification of Thoracic and Lumbar Injuries. *Eur Spine J* 1994, 3: 184-201.
42. MANNION, A.F. Fibre type characteristics and function of the human paraspinal muscles, normal values and changes in association with low back pain. *J EMG Kinesiol* 1999; 9: 363-77.
43. MANNION, A.F., DUMAS, G.A., COOPER, R. G., ESPINOSA, F.J., FARIS M.W., STEVENSON, J.M.: Muscle Fibre Size and Type Distribution in Thoracic and Lumbar Region of Erector Spinae in Healthy Subjects without Low Back Pain: Normal Values and Sex Differences. *J Anat* 1997,180: 505-513.
44. MANNION, A.F., KAESSER, L., WEBER, E., RHYNER, J., DVORAK, J., MÜNTENER, M. Influence of age and duration of symptoms on fibre type distribution and size of the back muscles in chronic low back pain patients. *Eur Spine J* 2000; 9: 273-81.
45. MANNION, A.F., MEIER, M., GROB, D., MÜNTENER, M. Paraspinal muscle fibre type alterations associated with scoliosis: and old problem revisited with new evidence. *Eur Spine J* 1998; 7: 289-93.

46. MANNION, A.F., WEBER, B.R., DVORAK, J., GROB, D., MÜNTENER, M.: Fibre Type Characteristics of the Lumbar Paraspinal Muscles in Normal Healthy Subjects and in Patients with Low Back Pain. *J Orthop Res* 1997,15: 881-886.
47. MARK, J., WINDER, G., GILHOOLY, P. Accuracy of minimally invasive percutaneous thoracolumbar pedicle screws using 2D fluoroscopy: a retrospective review through 3D CT analysis. *J Spine Surg.* 2017, 3(2):193-203.
48. MASON, A., PAULSEN, R., BABUSKA, J.M., RAJPAL, S., BURNEIKIENE, S., NELSON, E.M., VILLAVICENCIO, A.T. The accuracy of pedicle screw placement using intraoperative image guidance systems. *J Neurosurg Spine.* 2014 Feb;20(2):196-203.
49. MATĚJKA, J., SKÁLA-ROSENBAUM, J., KRBEC, M., ZEMAN, J., MATĚJKA, T., ZEMAN, P. Poranění hrudní a bederní páteře typu B3 dle AO-ASIF. *Acta Chir Orthop Traum Cech.*, 2013, vol. 80, No. 5, 335-340.
50. MATĚJKA, J., ZEMAN, J., BELATKA, J., ZEMAN, P., MATĚJKA, T. Histochemical and histological changes of paraspinal muscles in patients with thoracic and lumbar spine fractures treated with open and minimally invasive stabilisation. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2019; 32(5): 803-810.
51. MATĚJKA, J., ZŮCHOVÁ, M., KOUDELA, K. Changes of muscular fibre types in erector spinae and multifidus muscles in the unstable lumbar spine. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2006; 19(1), 1-5.
52. MATĚJKA, J.: Hyperextensionsverletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule. *Zentralblatt für Chirurgie*, 2006,131: 75-79.
53. MATĚJKA, Jiří. *Diagnostika a léčba nestabilit torakolumbální páteře*. Plzeň: Nava, 2008, ISBN 978-80-7211-292-0.
54. MATĚJKA, Jiří. *Mikroanatomie spinálních svalů.* V Nestability torakolumbální páteře. Lékařská Fakulta v Plzni, Univerzita Karlova. Disertační práce, 2003, str. 23.
55. MATĚJKA, Jiří. *Nestability torakolumbální páteře*. Lékařská Fakulta v Plzni, Univerzita Karlova. Disertační práce, 2003.
56. MATĚJKA, T., ZEMAN, J., BELATKA, J., RACEK, J., MATĚJKA, J. Creatin kinase and myoglobin levels as indicator of perioperative muscle damage during open and mini-invasive stabilization of thoracic and lumbar spine fracture, a prospective randomized study. *Acta Chir Orthop Traum Cech*. 2020; 87(1):9–16.
57. MATTILA, M., HURME, M., ALARANTA, H., PALJARVI, L., KALIMO, H., FALCK, B., LEHTO, M., JARVINEN, M. The multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation. A histochemical and morphometric analysis of intraoperative biopsies. *Spine (Phila Pa 1976)* 1986; Sep; 11(7): 732-8.

58. MAZIS, N., PAPACHRISTOU, D.J., YOUBOULIS, P., TYILLINAKIS, M., SCOPA, C.D., MEGAS, P. The effect of different physical activity levels on muscle fiber type distribution on lumbar multifidus. A biopsy study on low back pain patients groups and healthy control subjects. *Eur J Phys Rehabil Med* 2009; 45: 459-67.
59. NELSON, E.M., MONAZZAM, S.M., KIM, K.D., SIEBERT, J.A., KLINEBERG, E.O. Intraoperative fluoroscopy, portable X-ray, and computed tomography: patient and operating room personnel radiation exposure in spinal surgery. *Spine J*. 2015, 15(4):799-800.
60. NTILIKINA, Y., BAHLAU, D., GARNOS, J., SCHULLER, S., WALTER, A., SCHAEFFER, M., STEIB, J.P., CHARLES, Y.P. Open versus percutaneous instrumentation in thoracolumbar fractures: magnetic resonance imaging comparison of paravertebral muscles after implant removal. *J Neurosurg Spine* 2017; 27(2):235-241.
61. PESENTI, S., GRAILLON, T., MANSOURI, N., RAKOTOZANANI, P., BLONDEL, B., FUENTES, S. Minimal Invasive Circumferential Management of Thoracolumbar Spine Fractures. *Biomed Res Int.* 2015; doi:10.1155/2015/639542.
62. PISHNAMAZ, M., SCHEMMANN, U., HERREN, CH., HORST, K., LICHTE, P., HILDEBRANDT, F., PAPE, H., KOBBE, P. Muscular changes after minimally invasive versus open spinal stabilization of thoracolumbar fractures: A literature review. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2018; 18(1):62-70.
63. PISHNAMAZ, M., OIKONOMIDIS, M., KNOBE, K., HORST, H.C., PAPE, H., KOBBE, P. Open versus percutaneous stabilization of thoracolumbar spine fractures: A short-term functional and radiological follow-up. *Acta Chir Orthop Traum Cech*. 2015; 82(4):274-81.
64. RAMBSBACHER, J., THEALLIER-JANKO, A., STOLTENBURG-DIDINGER, G., BROCK, M. Ultrastructural changes in paravertebral muscles associated with degenerative spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001; Oct 15; 25(20): 2180-4.
65. RANTANEN, J., RISSANEN, A., KALIMO, H. Lumbar muscle fiber size and type distribution in normal subjects. *Eur Spine J* 1994; 3(6): 331-5.
66. RAUBER, Anton, KOPSCH, Friedrich. *Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen*. 15. Auflage, Leipzig: Georg Thieme-Verlag, 1939.
67. SUN, X.Y., ZHANG, X.N., HAI, Y. Percutaneous versus traditional and paraspinal posterior open approaches for treatment of thoracolumbar fractures without neurologic deficit: a meta-analysis. *Eur Spine J.* 2017 May;26(5):1418-1431.
68. TAYLOR, H., McGREGOR, A.H., MEDHI-ZADEH, S., RICHARDS, S., KAHN, N., ZADEH, J.A., HUGHES, S.P. The impact os self-retaing retractors on the paraspinal

muscles during posterior spinal surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002; Dec 15; 27(24): 2758–62.

69. THORSTENSSON, A., CARLSSON, H. Fibre type in human lumbar back muscles. *Acta Physiol Scand* 1987; 131(2): 195-202.
70. TONOMURA, H., HATTA, Y., MIKAMI, Y., IKEDA, T., HARADA, T., NAGAE, M., KOIKE, H., HASE, H., KUBA, T. Magnetic resonance imaging evaluation of the effects of surgical invasiveness on paravertebral muscles after muscle-preserving interlaminar decompression (MILD). *Clin Spine Surg.* 2017 Mar;30(2): E76-E82. doi: 10.1097/BSD.0b013e31829eb9de.
71. VACCARO A.R., ONER, C., KEPLER, C.K., DVORAK, M., SCHNAKE, K., BELLABARBA, C. AOSpine Thoracolumbar Spine Injury Classification System. *Spine* 2013; 23: 2028-37.
72. VANEK, P., BRADAC, O., KONOPKOVA, R., de LACY, P., LACMAN, J, BENES, V. Treatment of thoracolumbar trauma by short-segment percutaneous transpedicular screw instrumentation: prospective comparative study with a minimum 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine.* 2014 Feb;20(2):150-6.
73. WALKER, C.T., XU, D.S., GODZIK, J., TURNER, J.D., URIBE, J.S., SMITH, W.D. Minimally invasive surgery for thoracolumbar spinal trauma. *Ann Transl Med* 2018;6(6):102.
74. WANEK, T., ADAMUS, M., NOVÁK, V., HOMOLA, M. Porovnání peroperační radiační expozice při otevřené a miniinvazivní transpedikulární fixaci hrudní a bederní páteře. *Česk Slov Neurol N* 2013; 76/109(5). 606-613.
75. WANG, B., FAN, Y., DONG, J., WANG, H., WANG, F., LIU, Z., LIU, H., FENG, Y., CHEN, F., HUANG, Z., CHEN R., LEI, W., WU, Z. A retrospective study comparing percutaneous and open pedicle screw fixation for thoracolumbar fractures with spinal injuries. *Medicine (Baltimore).* 2017 Sep;96(38): e8104. doi: 10.1097/MD.0000000000008104.
76. WANG, H.L., LU, F.Z., JIANG, J.Y., MA, X., XIA, X.L., WANG, L.X. Minimally invasive lumbar interbody fusion via MAST Quadrant retractor versus open surgery: a prospective randomized clinical trial. *Chin Med J* 2011; 124:3868-74.
77. WASCHKE, A., HARTMANN, C., WALTER, J., DÜNISCH, P., WAHNSCHAFF, F., KALFF, R. Denervation and atrophy of paraspinal muscles after open lumbar interbody fusion is associated with clinical outcome--electromyographic and CT-volumetric investigation of 30 patients. *Acta Neurochir (Wien)*. 2014; Feb 156(2):235-244.

78. WEBER, B.R., GROB, D., DVORAK, J., MÜNTENER, M. Posterior surgical approach to the lumbar spine and its effect on the multifidus muscle. *Spine (Phila Pa 1976)* 1997; Aug 1; 22(15): 1765–72.
79. WHITESIDES, T.E.: Traumatic Kyphosis of the Thoracolumar Spine. *Clin Orthop* 1977,128: 78-92.
80. WILD, M.H., GLEES, M., PLIESCHNEGGER, C., WENDA, K. Five-year follow-up examination after purely minimally invasive posterior stabilization of thoracolumbar fractures: a comparison of minimally invasive percutaneously and conventionally open treated patients. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2007, Jul;127(5):335-43.
81. YOSHIHARA, K., NAKAYAMA, Y., FUJII, N., AOKI, T., ITO, H. Atrophy of the multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation: histochemical and electromyographic study. *Orthopaedics* 2003; 26(5): 493–5.
82. YOSHIHARA, K., SHIRAI, Y., NAKAYAMA, Y., UESAKA, S. Histochemical changes in the multifidus muscle in patients with lumbar intervertebral disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001; Mar 15; 25(6): 622-6.
83. ZDICHAVSKY, M., BLAUTH, M., KNOP, C., GRAESSNER, M., HERRMANN, H., KRETTEK, C., BASTIAN, L. Accuracy of Pedicle Screw Placement in Thoracic Spine Fractures: Part I: Inter- and Intraobserver Reliability of the Scoring System. *Eur J Trauma.* 2004; 30:234–40.
84. ZDICHAVSKY, M., BLAUTH, M., KNOP, C., LOTZ, J., KRETTEK, C., BASTIAN, L. Accuracy of Pedicle Screw Placement in Thoracic Spine Fractures: Part II: A Retrospective Analysis of 278 Pedicle Screws Using Computed Tomographic Scans. *Eur J Trauma.* 2004; 30:241–7.
85. ZHAO, W.P., KAWAGUCI, Y., MATSUI, H., KANAMORI, M., KIMURA, T. Histochemistry and morphology of the multifidus muscle in lumbar disc herniation: comparative study between diseased and normal sides. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000; Sep 1; 25(17): 2191-99.
86. ZHI-JUN, H., WEN-BIN, X., SHUAI, C., ZHI-JIE, Z., FENG-DONG, Z., XIAO-JING, Y., JI-YIN, W., LI-LI H., FENG, J., GUO-XIANG, F., DAN-JU, W., SHUN-WU, F., XIANG-QIAN, F. Accuracy of magnetic resonance imaging signal intensity ratio measurements in the evaluation of multifidus muscle injury and atrophy relative to that of histological examinations. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014 May 1;39(10): E623-9.
87. ZHU, X.Y., PARNIANPOUR, M., NORDIN, M., KAHANOVITZ, N. Histochemistry and morphology of erector spinae muscle in lumbar disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976)* 1989; Apr; 14(4): 391-7.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Funkční spinální jednotka 11
Obrázek 2 - Musculus trapezius 12
Obrázek 3 – Musculus latissimus dorsi.....12
Obrázek 4 - Musculi rhomboidei - minor et major 13
Obrázek 5 - Musculus levator scapulae.....13
Obrázek 6 - Musculus serratus posterior superior et inferior.....14
Obrázek 7 - Čtvrtá svalová vrstva.....15
Obrázek 8 - Svalový preparát normálního spinálního svalu 17
Obrázek 9 - Svalový preparát normálního spinálního svalu 17
Obrázek 10 - Svalový preparát zdravého spinálního svalu 17
Obrázek 11 - Fotografie Dickova fixátoru.....24
Obrázek 12 - Bisegmentální fixace / Monosegmentální fixace.....24
Obrázek 13 - Schéma zavádění transpedikulárních šroubů na hrudní páteři 25
Obrázek 14 - Schéma zavádění transpedikulárních šroubů na bederní páteři 25
Obrázek 15 - Zastoupení pacientů dle věku 28
Obrázek 16 - Zastoupení pacientů dle pohlaví 29
Obrázek 17 - Mechanizmus úrazu.....29
Obrázek 18 - Počet typů zlomenin.....30
Obrázek 19 - Počet poranění jednotlivých obratlů 30
Obrázek 20 - Otevřený výkon a postup při spondylodéze.....31
Obrázek 21 - Miniinvazivní výkon 32
Obrázek 22 - Patrné změny (zjizvení) svalů u otevřené metody 33
Obrázek 23 - Schéma malpozic zavedení transpedikulárních šroubů.....35
Obrázek 24 - Naměřené hodnoty úhlů kyfotizace 37
Obrázek 25 - Lišta ovládacích prvků v nemocničním systému.....37
Obrázek 26 - Odběr svalového vzorku m. multifidus při otevřené stabilizaci.....41
Obrázek 27 - Box ploty krevních ztrát u jednotlivých metod stabilizace 42
Obrázek 28 - Box plot porovnání délky operace u jednotlivých metod stabilizace.....43
Obrázek 29 - Box plot porovnání délky operace při extrakci implantátů.....43
Obrázek 30 - Hodnoty VAS u OPEN a MISS ve sledovaných časech 44
Obrázek 31 - Box ploty vyjadřující nejdůležitější rozdíly ve vnímání bolesti 45
Obrázek 32 - Výsledky vzniku atrofie svalů v MRI obraze u OPEN 47
Obrázek 33 - Výsledky vzniku fibrózy svalů v MRI obraze u OPEN.....47
Obrázek 34 - Výsledky vzniku atrofie svalů v MRI obraze u MISS.....48
Obrázek 35 - Výsledky vzniku fibrózy svalů v MRI obraze u MISS 48

Obrázek 36 - Box plot výsledků vzniku atrofie svalů v MRI obraze 49
Obrázek 37 - Box plot výsledků vzniku fibrózy svalů v MRI obraze.....49
Obrázek 38 - MRI - rozdíl atrofie svalu u metody OPEN.....50
Obrázek 39 - MRI - rozdíl atrofie svalu u metody MISS 50
Obrázek 40 - MRI nálezy ve svalech před a po operaci.....50
Obrázek 41 - Box plot výsledků hodnocení kvality zavedených šroubů 51
Obrázek 42 - Malpozice šroubů v CT obraze.....51
Obrázek 43 - Box plot výsledků hodnocení doby osvitu.....53
Obrázek 44 - Box plot výsledků hodnocení intenzity osvitu 53
Obrázek 45 - RTG, CT a MRI těsně po úrazu.....57
Obrázek 46 - SKIA po uložení do pronační polohy a po operaci stabilizací MISS.....57
Obrázek 47 - RTG, CT snímky 58
Obrázek 48 - CT rok po operaci, MRI 4 měsíce po extrakci a RTG 2 roky po extrakci dokazují, že k selhání došlo v krátké době po stabilizaci. 58
Obrázek 49 - RTG, CT a MRI po úrazu ukazují B typ zlomeniny T12 s kyfotizací VBKA i SKA s linií lomu procházející spinózem T11 59
Obrázek 50 - SKIA po uložení do pronační polohy 59
Obrázek 51 - RTG před vynětím implantátů 59
Obrázek 52 - Perioperační hodnoty (μkat/l) krevního enzymu CK při primárním stabilizačním výkonu u MISS a OPEN operací 62
Obrázek 53 - Perioperační hodnoty (μkat/l) krevního enzymu CK při extrakci u MISS a OPEN operaci 63
Obrázek 54 - Perioperační hodnoty (μg/l) krevního enzymu MYO při primárním stabilizačním výkonu u MISS a OPEN operaci.....63
Obrázek 55 - Perioperační hodnoty (μg/l) krevního enzymu MYO při extrakci u MISS a OPEN operaci 64
Obrázek 56 - Box plot hladin CK (μkat/l) při primárním výkonu (S) a při extrakci (EX) u MISS a OPEN operaci 64
Obrázek 57 - Box plot hladin MYO (μg/l) při primárním výkonu (S) a při extrakci (EX) u MISS a OPEN operaci 65
Obrázek 58 - Srovnání vzniku a množství fibrózy u OPEN.....67
Obrázek 59 - Srovnání vzniku a množství fibrózy u MISS 67
Obrázek 60 - Box plot pro fibrózu u OPEN a MISS výkonu 68
Obrázek 61 - Box plot rozdíl fibrózy u OPEN a MISS výkonu 68
Obrázek 62 - Změny zastoupení svalových vláken - OPEN.....71
Obrázek 63 - Změny zastoupení svalových vláken – MISS 71
Obrázek 64 - Srovnání změn v počtu jednotlivých typů vláken u OPEN výkon 72

Obrázek 65 - Srovnání změn v počtu jednotlivých typů vláken u MISS výkonu 73
Obrázek 66 - Box plot typy vláken u OPEN and MISS výkonu.....74
Obrázek 67 - Box plot rozdílu v typech vláken u OPEN a MISS výkonu 75
Obrázek 68 - Histochemické změny svalů u otevřené metody.....76
Obrázek 69 - Histochemické změny svalů u otevřené metody.....76
Obrázek 70 - Histochemické změny svalů u MISS metody. 77
Obrázek 71 - Histochemické změny svalů u miniinvazivní metody. 77
Obrázek 72 - RTG, CT a MRI po úrazu 79
Obrázek 73 - SKIA po operaci 79
Obrázek 74 - RTG, CT po 1. reoperaci s následnou migrací klícky a RTG podefinitivním výkonu 79

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Zastoupení jednotlivých svalových vláken....16
Tabulka 2 - Typologie zlomenin dle Vaccara....21
Tabulka 3 - Zlomeniny typu A....22
Tabulka 4 - Zlomeniny typu B....22
Tabulka 5 - Zlomeniny typu C....23
Tabulka 6 - Hodnocení malpozic transpedikulárních šroubů....35
Tabulka 7 - Hodnoty změn svalového korzetu v MRI....46
Tabulka 8 - Výsledky statistického hodnocení změn svalů v MRI obraze....46
Tabulka 9 - Hodnoty doby a intenzity osvitu u obou typů operačního výkonu....52
Tabulka 10 - Výsledky měření úhlů u OPEN u A typu zlomeniny....54
Tabulka 11 - Výsledky měření úhlů u MISS u A typu zlomeniny....54
Tabulka 12 - Výsledky měření úhlů u OPEN u B typu zlomeniny....55
Tabulka 13 - Výsledky měření úhlů u MISS u B typu zlomeniny....55
Tabulka 14 - Statistika výsledků hodnocení změn úhlů obratlového těla....56
Tabulka 15 - Perioperační hodnoty (μkat/l) krevního enzymu CK při primárním stabilizačním výkonu u MISS a OPEN operací....61
Tabulka 16 - Perioperační hodnoty (μkat/l) krevního enzymu CK při extrakci u MISS a OPEN operaci....61
Tabulka 17 - Perioperační hodnoty (μg/l) krevního enzymu MYO při primárním stabilizačním výkonu u MISS a OPEN operaci....61
Tabulka 18 - Perioperační hodnoty (μg/l) krevního enzymu MYO při extrakci u MISS a OPEN operaci....62
Tabulka 19 - Počet typů vláken u OPEN and MISS výkonu....70

Poděkování

Na tomto místě vyjadřuji poděkování mnoha osobám, bez jejichž pomoci by tato práce vznikala mnohem obtížněji. Především musím poděkovat svému školiteli doc. MUDr. Jiřímu Matějkovi, Ph.D., který mne po celou dobu odborně vedl, předával své zkušenosti a pomáhal při přípravě disertační práce a publikací. Dále je nezbytné vyjádřit dík přednostovi naší kliniky a zároveň předsedovi Oborové rady ortopedie, doc. MUDr. Tomáši Pavelkovi, Ph.D. za podporu v průběhu studia.

Nelze se nezmínit o významné pomoci při zpracování histochemických a histologických vzorků svalu, které provedla MUDr. Miloslava Zůchová z Bioptické laboratoře v Plzni. Dále patří poděkování MUDr. Janě Cibulkové z Kliniky zobrazovacích metod v Plzni, která provedla hodnocení změn svalů v obraze nukleární magnetické rezonance.

Významnou měrou pomohl vzniku této práce pan prof. ing. Luděk Müller, Ph.D. z Katedry kybernetiky Západočeské univerzity v Plzni. Byl velmi ochotným a vysoce odborným strůjcem veškeré statistické analýzy.

V neposlední řadě děkuji prof. MUDr. Jaroslavu Rackovi, DrSc., přednostovi Ústavu klinické biochemie a hematologie v Plzni za významnou pomoc při sledování hladin svalových enzymů.

Nelze nepoděkovat také mojí manželce Zuzaně, která mne podporovala a pomohla při závěrečné grafické úpravě textu.