

# Ozljede lumbosakralne kralježnice i utjecaj biomehanički ispravnih pokreta na rehabilitaciju

---

Šoša, Amir

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Splitu, Kineziološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:280228>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-01**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Stručni prijediplomski studij kineziologije /  
smjer Kineziterapija

**OZLJEDE LUMBOSAKRALNE  
KRALJEŽNICE I UTJECAJ  
BIOMEHANIČKI ISPRAVNIH POKRETA  
NA REHABILITACIJU**

(ZAVRŠNI RAD)

**STUDENT:**

Amir Šoša

**MENTOR:**

Dr.sc. MIODRAG SPASIĆ

Split, 2023

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. CILJ RADA .....	3
3. ANATOMIJA KRALJEŽNICE .....	4
3.1. Anatomija kralježnice.....	4
3.2. Funkcionalna anatomija .....	6
3.3. Longissimus, iliocostalis i multifidi .....	8
3.4. Rotatori i Intertransversarii.....	9
3.5. Latissimus dorsi .....	9
3.6. Rectus abdominis, Obliquesi i Transversus abdominis .....	9
3.7. Psoas major .....	10
3.8. Quadratus lumborum.....	11
3.9. Mišići kuka.....	11
3.10. Ligamenti.....	12
3.11. Torakolumbalna ili lumbodorzalna fascija .....	12
4. MEHANIZMI OZLJEDA I OPTEREĆENJE KRALJEŽNICE .....	14
5. TESTIRANJE.....	21
6. REHABILITACIJA.....	28
7. DISKUSIJA .....	33
8. ZAKLJUČAK .....	36
9. POPIS TABLICA.....	37
10. POPIS SLIKA .....	38
11. LITERATURA.....	39

## SAŽETAK

Biomehantički ispravni pokreti predstavljaju ključnu ulogu u rehabilitaciji kralježnice, s ciljem poboljšanja funkcionalnosti i smanjenja boli. Ovi pokreti temelje se na razumijevanju anatomske strukture kralježnice, biomehanike i fiziologije tijela kako bi se postigao optimalan oporavak. Rehabilitacija kralježnice fokusira se na vraćanje normalnog pokreta i funkcije kralježnice nakon ozljeda ili operacija. Biomehantički ispravni pokreti su posebno dizajnirane vježbe koje se provode pod nadzorom stručnjaka za rehabilitaciju. Njihov cilj je pravilno pozicioniranje i vraćanje stabilnosti kralježnice te pokretljivost ostalih struktura. Kroz izvođenje biomehantički ispravnih pokreta, postiže se jačanje mišića koji podržavaju kralježnicu, poput trbušnih i leđnih mišića. Ojačani mišići pružaju dodatnu podršku kralježnici, smanjujući pritisak na diskove i ligamente. Također se poboljšava stabilnost kralježnice, smanjujući rizik od daljnjih ozljeda. Ovi pokreti igraju ključnu ulogu u prevenciji ponovnih ozljeda kralježnice. Kroz redovito izvođenje biomehantički ispravnih pokreta, pacijenti razvijaju svjesnost o pravilnom držanju tijela i pokretima, što pomaže i sprječava neadekvatna opterećenja kralježnice. Važno je istaknuti da bi izvođenje biomehantički ispravnih pokreta trebalo biti individualno prilagođeno svakom pacijentu, uzimajući u obzir specifičnosti njihove ozljede ili stanja kralježnice. Rehabilitacija kralježnice trebala bi se provoditi pod stručnim nadzorom kako bi se osiguralo pravilno izvođenje pokreta i maksimalni terapijski učinak.

**Ključne riječi:** anatomija, oporavak, disk, bol, stabilnost, test, funkcija

## **ABSTRACT**

Injuries of the lumbosacral spine and the impact of biomechanically correct movements on rehabilitation

Biomechanically correct movements play a crucial role in spinal rehabilitation, aiming to improve functionality and reduce pain. These movements are based on understanding the anatomical structure of the spine, biomechanics, and physiology of the body to achieve optimal recovery. Spinal rehabilitation focuses on restoring normal movement and function of the spine after injuries or surgeries. Biomechanically correct movements are specially designed exercises performed under the supervision of rehabilitation experts. Their goal is to properly position and restore stability of the spine and mobility of other structures. By performing biomechanically correct movements, the muscles supporting the spine, such as the abdominal and back muscles, are strengthened. Strengthened muscles provide additional support to the spine, reducing pressure on the discs and ligaments. It also improves spinal stability, reducing the risk of further injuries. These movements play a key role in preventing recurring spinal injuries. Through regular performance of biomechanically correct movements, patients develop awareness of proper body posture and movements, which helps prevent improper loading of the spine. It is important to note that the execution of biomechanically correct movements should be individually tailored to each patient, taking into account the specificities of their injury or spinal condition. Spinal rehabilitation should be conducted under professional supervision to ensure proper execution of movements and achieve maximum therapeutic effect.

**Key words:** anatomy, recovery, disc, pain, stability, test, function

## 1. UVOD

Više od 80 % odrasle svjetske populacije pati od bolova u lumbosakralnoj kralježnici. Niz čimbenika može utjecati na pojavu navedene boli. Neki od mogućih uzročnika boli mogu biti: bolovi uzrokovani staničnim disfunkcijama, boli uzrokovane mehaničkim faktorima do bolova uzrokovanih socijalnim čimbenicima.

Svaka osoba je individua, sastavljena od čitavog niza različitih faktora koji mogu utjecati na pojavu boli te je potrebno svaku osobu sagledavati kao individuu sa specifičnim problemom. Ne postoji univerzalni uzročnik boli u kralježnici pa tako ne postoji ni univerzalni pristup liječenju i oporavku. Kako je onda moguće da je američka udruga liječnika (AMA), propisala 1990. godine da je ROM (raspon pokreta) jedini indikator zdrave i bezbolne kralježnice te je uvela u terapiji postizanje određenog ROM-a kao zlatnog standarda u rehabilitaciji? Srećom, znanstvena zajednica se potrudila i dokazima pobila navedeno, što je AMA i ispravila na način da je 2008. godine napustila ROM teoriju te prihvatila teoriju zasnovanu na individualnoj dijagnozi. Iako je u teoriji to promijenjeno, u praksi se učvrstio zastarjeli način te on sada, polako ali postupno biva napušten.

Činjenica je da, kod određenih osoba koje imaju povećanu mobilnost kralježnice, ROM princip ne funkcionira nego povećava bolno stanje. Postoje brojni dokazi i radovi koji pokazuju da princip stabilnosti kod osoba s povećanom mobilnosti djeluje značajno bolje od ROM pristupa. Saal i Saal , (1989) u svome radu ističu da je ključan element u rehabilitaciji dinamička stabilizacija kralježnice koja zahtjeva pedantnu tehniku izvođenja vježbi, prvo u proniranom i supiniranom položaju pa zatim u zahtjevnijim položajima s neutralnom pozicijom kralježnice. Neutralna pozicija kralježnice ne zahtjeva 0° lordoze, već se kralježnica postavlja bezbolan i pacijentu što ugodniji položaj. S vremenom se pokušava doći do neutralne pozicije kralježnice koja se koristi u svakodnevnom životu, a vježbanjem se u takvome položaju pokušava stvoriti motorički zapis koji će ostati za korištenje u budućnosti. Nadalje dodaje da se istežanja vrše isključivo s neutralnom pozicijom kralježnice te da se istežu glutealna regija te mišići natkoljenice. Sve ovo je u suprotnosti s ROM pristupom koji kralježnicu izbacuje iz neutralne pozicije narušavajući potrebnu stabilnost i ispravan motorički zapis. Battie i

sur., (1990) u svojem istraživanju ukazuju na to da povećani ROM kralježnice zapravo povećava rizik od nastanka ozljeda iste. Nadalje u radu se navodi da postoji vrlo malo dokaza u prilog tradicionalnom pristupu u kojemu je povećanje opsega pokreta u kralježnici ključno u rehabilitaciji bolnih sindroma iste. Studijom su pokazali da smanjena fleksibilnost i mobilnost kralježnice nije faktor rizika za nastanak problema s kralježnicom u budućnosti, a postoji mogućnost da smanjena fleksibilnost i mobilnost kralježnice upućuje na prijašnje ozljede iste. Nadalje, u svom radu Burton, Tillotson, i Troup, (1989) u zaključku naglašavaju da nije moguće tvrditi da su čvrsta i stabilna leđa nedostatak. Isto tako zaključuju da je nedostatak mobilnosti ali i stabilnosti potencijalno rizičan za nastanak problema s lumbalnosakralnim dijelom kralježnice. Kako to da se onda i dalje držimo toga da svima nedostaje mobilnosti i postavljamo ROM u središte rehabilitacijskih programa svih ozljeda kralježnice? Svaka ozljeda kralježnice je priča za sebe i kao što je već naglašeno ono što pomaže jednom pacijentu može značajno pogoršati stanje drugoga.

Da bi se ozljeda uspješno rehabilitirala mora se znati točan uzrok nastanka ozljede kao što to u svom radu opisuju McGill i Ikeda (Ikeda i McGill, 2012.). Cilj njihove studije bio je provjeriti kako promjena različitih biomehaničkih faktora utječe na povećanje ili smanjenje boli u osoba s bolovima u donjem djelu leđa. Zaključak studije je da se smanjenje boli u leđima može trenutno postići promjenama u mišićnoj aktivaciji te obrazcu i načinu na koji se pojedinac kreće s naglaskom na pojedinac. Svaka individua je priča za sebe kao što je već ranije naglašeno te joj je tako potrebno i pristupiti.

Ovim radom pokušat će se dokazati da je korištenje ispravnih biomehaničkih obrazaca kretanja, koji su prilagođeni pojedincu, u procesu oporavka ključno za uspješan oporavak osoba koje su odlučile pokušati rehabilitirati kralježnicu neoperativnim putem.

## **2. CILJ RADA**

Glavni cilj ovoga rada, kao što je već u uvodu spomenuto, bit će pokušati objasniti zašto je individualni pristup u procesu neoperativne rehabilitacije ozljeda lumbosakralnog dijela kralježnice ključan, te na koji način korištenje biomehanički ispravnih obrazaca kretanja može pomoći u tome. Sekundarni cilj ovog rada je objasniti zašto tradicionalni pristup u terapiji loše funkcionira te na koji način određene terapijske postupke modificirati kako bi bili učinkovitiji.

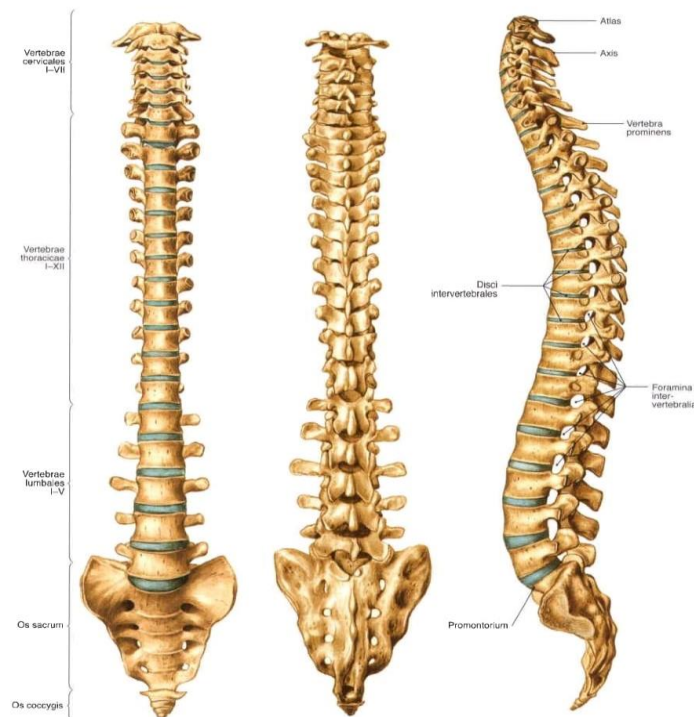


### 3. ANATOMIJA KRALJEŽNICE

Dobro je poznato kako izgleda kralježnica i strukture koje je okružuju. Na početku ove cjeline bit će riječi o anatomiji kralježnice i okolnih struktura kakvu učimo već godinama. Kasnije u radu govorit će se i o funkcionalnoj anatomiji, a obje ove cjeline bit će potrebne da bi se razjasnili mehanizmi koji dovode do ozljede. Bitno je to jer da bi se postavila prava dijagnoza i pravilno rehabilitirala ozljeda ili ozljede, mora se znati koji su mehanizmi, odnosno mehnički ili biomehanički obrasci, doveli do ozljeda kako bi se preveniralo daljnje pogoršanje stanja i kako bi se vratila funkcija.

#### 3.1. Anatomija kralježnice

Kralježnica ili columna vertebralis je koštani stup koji se nalazi na posteriornoj strani našega tijela. Dužina varira ovisno o karakteristikama osobe od 60-75 cm u prosjeku.



Slika 1 Anteriorni, posteriorni i lateralni prikaz kralježnice

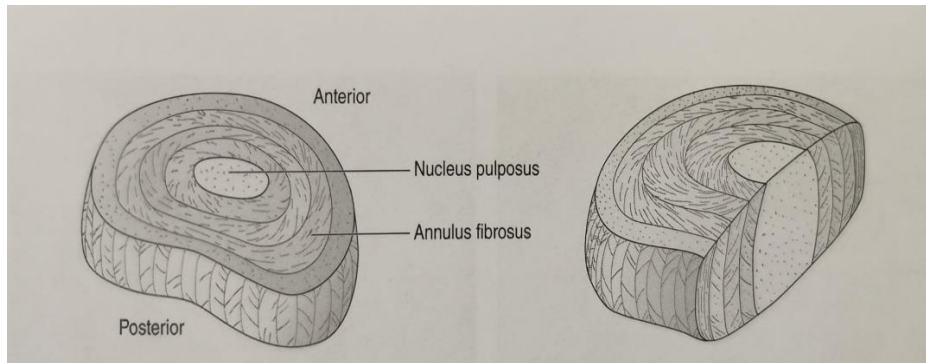
Izvor: Sobotta, Atlas of Human Anatomy, Volume 2, Trurk, Viscera, Lower Limb, 14. izdanje, (2006), str. 004.

Osnovna funkcija kralježnice je zaštita djela centralnog živčanog sustava, a isto tako ona omogućava uspravan stav. Kralježnica se sastoji od 33 – 34 kralješka koji su topografski podijeljeni prema regijama tijela. Tako postoji cervikalni ili vratni dio kralježnice koji se sastoji od 7 kralježaka, thoracalni ili prsni dio kralježnice koji se sastoji od 12 kralježaka. Dio koji ovim radom dominira je lumbalni ili slabinski dio koji se sastoji od 5 kralježaka te sakralni ili križni dio koji se sastoji od 5 međusobno, u sacrum odnosno križnu kost, sraslih kralježaka. Na kraju, najkaudalniji dio kralježnice čini os coccygis odnosno trtična kost koja se sastoji od tri do četiri međusobno srasla kralješka. Osim između prva dva cervikalna kralješka, te u sakralnom i trtičnom djelu, između kralježaka se nalaze diskovi. To znači da sveukupno u kralježnici postoji 23 diska i to 6 u cervikalnom, 12 u torakalnom i 5 u lumbalnom djelu. Kralježnica odraslog čovjeka nije ravna nego ima svoje krivulje. Tako se razlikuju cervikalna lordoza, torakalna kifoza, lumbalna lordoza i sakralna kifoza. Razni spojevi između kralježaka čine otvore kroz koji prolaze živci. Središnji otvor ili centralni vertebralni kanal je kanal kroz koji prolazi medula spinalis sa svojim završetkom koji se nalazi na razini L2. Od tamo se nastavlja i ima razgranati izgled te od tuda dolazi i naziv cauda equina ili prevedeno s latinskog na hrvatski, konjski rep. S prednje strane kralježnica je okruglog oblika, a taj oblik tvore trupovi kralježaka i intervertebralni diskovi.

Kralježak ili vertebrae sastoji se od nekoliko dijelova. Trup kralješka valjkastog je oblika i njegov vanjski dio građen je od čvrstog i kompaktnog koštanog tkiva. Gornja i donja ploha drugačije su strukture i dominantno se sastoje od nešto mekšeg hrskavičnog tkiva koje je najtanje u svojem središnjem djelu (Roberts, Menage, i Urban, 1989). Oni u zaključku svog rada navode da je tkivo pokrovnih ploha mekše i poroznije kako bi trup kralješka mogao biti prehranjen hranjivim tvarima kao što su glukoza i kisik. Orijentacija i smjer trabekula (tanki dijelovi kostiju koji tvore spongioznu ili spužvastu kost) je okrenut u smjeru trajektorije stresa, odnosno smjeru kojim se opterećenje prenosi kroz svakodnevne zadatke (Gallois i Japoit, 1925). Struktura tijela kralješka je spongiozna odnosno spužvasta što znači da se sastoji od vertikalnih trabekula koje povezuju dvije pokrovne plohe te od poprečnih trabekula koje vertikalne stupove drže zajedno.

Intervertebralni disk je ovalnog oblika, a može biti i oblika zrna graha. Sastoji se od dva dijela i to vanjskog dijela koji se naziva annulus fibrosus i unutarnjeg dijela koji se naziva nucleus pulposus. Annulus fibrosus građen je od kolagenih vlakana koja su postavljena u

koncentrične prstenove. Unutar prstenova kolagena vlakna su postavljena koso u odnosu na susjedne prstenove što znači da svaki drugi prsten ima jednako postavljena kolagena vlakna. Unutarnji sloj, koji nije jasno odijeljen od vanjskog naziva se nucleus fibrosus i želatinaste je konzistencije.



Slika 2 Intervertebralni disk s prikazom slojeva nucleus pulposusa i annulus fibrosusa  
Izvor: Stuart McGill, Low back disorders (2016), str. 61.

Bočnu stranu kralježnice tvore lukovi kralježaka i između njih se nalaze otvori kroz koje prolaze živci i krvne žile.

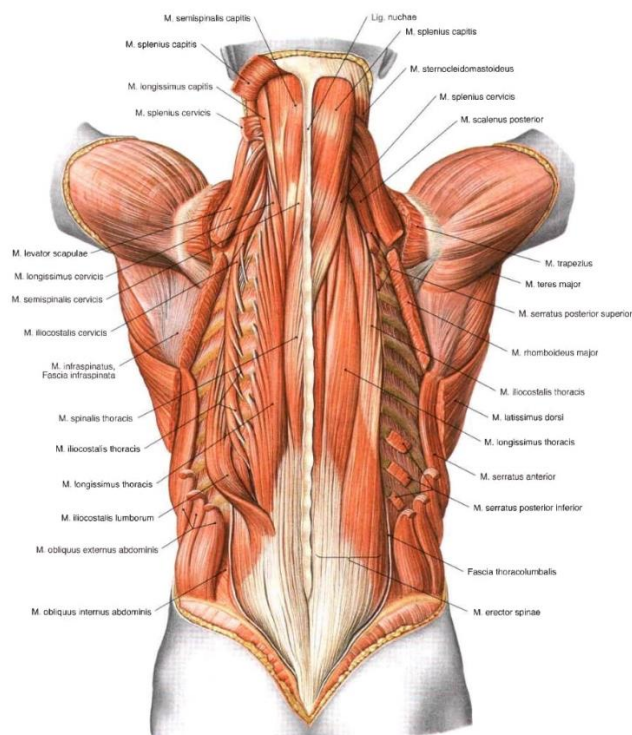
Stražnju stranu kralježnice čine lukovi i processus spinosus ili šiljasti nastavci koji tvore spinalni greben. Na stražnjoj strani nalaze se fasetni zglobovi i to po dva na svakom nivou izuzev spoja između atlasa i axisa te sraslih kralježaka sakralne i trtične kosti. Fasetni su zglobovi pravi sinovijalni zglobovi koji imaju površine pokrivena sinovijalnom tekućinom. Između dvije zglobne plohe nalazi se maleni menisk koji omogućuje bolje prijanjanje zglobnih ploha. Cijeli zglob obavija zglobna čahura. Pedicle i laminae se također nalaze na posteriornoj strani kralježnice. To su fleksibilni segmenti koji imaju mogućnost neznatnog pomicanja tijekom fleksije i ekstenzije (Bedzinski 1992). Segmenti kralježnice su, kada se spušta prema kaudalno sve veći i sve masivniji. Ispod razine L5 nalazi se sacralna ili zdjelična kost te na kraju os coccygis ili trtična kost.

### 3.2. Funkcionalna anatomija

Osnovna funkcija čovjeka je kretanje, bilo da se radi o kretanju radi pronalaska hrane, kao što je to u prošlosti bio slučaj ili nečemu drugome. Čovjek je stvoren za kretanje i oduzme li se čovjeku ta sposobnost, osuđen je na propadanje. Kao što je već poznato u

triu kosti, zglobovi i mišići, glavnu ulogu u pokretanju tijela imaju upravo mišići. U ovom dijelu rada pokušat će se objasniti kako mišići stvarno funkcioniraju u pokretu, a pokušat će se i maknuti od temeljne pretpostavke da mišići rade isključivo ekstenziju i fleksiju ovisno o polazištu i hvatištu. Isto tako objasnit će se funkcija ligamenata i funkcija torakolumbalne fascije.

Kada se promatra kretanje čovjeka, primjećuje se da središnji dio tijela dominantno miruje, dok se većina kretnji događa u zglobovima kuka, koljena i nekim drugim zglobovima ako govorimo o donjim, te u zglobu ramena, lakta ako govorimo o gornjim ekstremitetima. Mišići trupa imaju primarnu ulogu da zaustave pretjerano kretanje središnjeg dijela tijela. Oni nisu niti agonisti, niti su antagonisti nego stabilizatori, koji omogućuju generiranje sile u nekom drugom području. Ako je sve ovo poznato, zašto se mišići trupa još uvijek rehabilitiraju i treniraju kroz pokrete koje u stvarnom životu, prosječan čovjek rijetko ili nikada ne koristi?



Slika 3 Duboki mišići leđa

Izvor: Sobotta, Atlas of Human Anatomy, Volume 2, Trurk, Viscera, Lower Limb, 14. izdanje, (2006), str. 028.

### 3.3. Longissimus, iliocostalis i multifidi

Grupa je to ekstezora koji se nalaze na postertiornoj strani trupa. Iako se u knjigama iz anatomije longissimus i iliocostalis često prikazuju cjelovito i odvojeno, Bogduk (1980) ih u svome radu „A reappraisal of the anatomy of the human lumbar erector spinae“ dijeli na torakalnu regiju oba mišića i isto tako na lumbalnu regiju oba mišića. Torakalni dio mišića hvata se za rebra i kralježnicu i ima kratak kontraktilni dio mišića s dugom tetivom koja putuje gotovo paralelno s kralježnicom gdje se hvata na posteriorni dio sacruma i medialni dio ilijačne krijeste. Oni putuju blizu površine kože te na taj način, s minimumom sile ostvaruju najveći krak sile i moment ekstenzije te minimalnu kompresiju na kralježnicu. Lumbalni dio je drugačiji i anatomski i funkcionalno. On kreće s posteriornog dijela sakruma i ilijačne krijeste te se za kralješke hvata na transverzalne nastavke, te procesus mammillary te procesus accessory. Svaki je kralježak povezan sa zasebnim vlaknima svakog od ovih mišića. Njihovo djelovanje nije u istome smjeru kao i smjer osi kompresije već posteriorno i kaudalno što im omogućuje da na gornji, susjedni kralježak djeluju preko momenta ekstenzije i da generiraju smicajne sile. Te posteriorne sile omogućuju anuliranje smicajnih sila koje djeluju na gornji dio tijela u trenutku kada se nešto želi podići pod pretostavkom da se fleksija tj. pregibanje tijela prema naprijed događa zbog fleksije u zglobu kuka, a ne u lumbalnoj kralježnici. Ukoliko se fleksija izvodi kroz lumbalnu kralježnicu, a ne u zglobu kuka s neutralno postavljenom lumbalnom kralježnicom javit će se dva značajna problema. Glavni ekstenzori kralježnice, longissimus thoracis i iliocostalis lumborum imat će smanjeni krak sile kojim djeluju, povećati će se kompresivne sile te će se opterećenje prenijeti na pasivne strukture kralježnice (McGill, Hughson, i Parks, 2000). Drugi veliki problem je taj što ti isti mišići neće biti u mogućnosti neutralizirati smicajne sile zbog toga što vlakna mišića više neće biti koso postavljena tj. postavljena na način da se odupiru istima već paralelno s osi kompresije. Multifidusi su maleni mišići koji se nalaze na postertiornoj strani kralježnice te polaze s jednog kralješka hvatajući se na susjedni ili čak na dva do tri segmenta iznad. Multifidusi imaju potpuno drugačiju ulogu od longissimusa i iliocostalisa. Oni su postavljeni paralelno s linijom kompresije ili u nekim slučajevima u smjeru prema naprijed i kaudalno. Multifidusi imaju gotovo isključivo segmentalno djelovanje i to u

smjeru ekstenzije, rotacije i lateralne fleksije na način da ispravljaju ili potpomažu malene nestabilnosti koje se segmentalno javljaju.

### 3.4. Rotatori i Intertransversarii

Maleni su to mišići, koji spajaju susjedne kralješke. Naziv rotatori govori da su oni primarni rotatori kralježnice, a naziv intertransversarii govori o položaju između dva processus transversus te daje naslutiti da se radi o lateralnim fleksorima kralježnice. Međutim postoje brojni autori koji se ne slažu s navedenim. Prof. Stuart McGill u svojoj knjizi *Low back disorders* (2016) govori da ti mišići imaju jako mali poprečni presjek te da zbog toga mogu proizvesti silu od samo nekoliko newtona. Drugi razlog za sumnju je taj da djeluju kroz jako mali krak sile te je zbog toga njihov doprinos rotacijama minimalan. Međutim ti mišići imaju nešto drugo. Oni su prožeti mišićnim vretenima te su za razliku od multifidusa, 4.5 do 7.3 puta bogatiji istima (Nitz i Peck, 1986). To je još jedan razlog, zašto prof. McGill i suradnici vjeruju da je njihova uloga uglavnom proprioceptivnog, a ne pokretačkog karaktera.

### 3.5. Latissimus dorsi

Iako ne spada u prave mišiće leđa, nemoguće je ne spomenuti latissimus dorsi. Osim što se hvata na procesus spinosus lumbalnih kralježaka preko torakolumbalne fascije, hvata se i na humerus što mu omogućava veliki krak sile. Na taj način može značajno pridonijeti stabilizaciji kralježnice napinjući torakolumbalnu fasciju.

### 3.6. Rectus abdominis, Obliquus i Transversus abdominis

Rectus abdominis je mišić koji se nalazi na anteriornoj strani trupa. Glavni je fleksor trupa, a posebno je aktivan tijekom „Trbušnjaka“ (Juker, McGill, i Kropf, 1998). Podijeljen je intersekcijским tetivama što mu daje oblik pločica. Takav izgled mišića omogućuje lateralni prijenos sila oko abdomena (Porterfield i DeRosa, 1998), a njegov oblik mu omogućuje da ostane cjelovit i da ga sile koje djeluju oko trupa ne oštete. Uokolo oko rectus abdominis nalazi se abdominalna fascija koja ga spaja lateralno s aponeurozom abdominalnog zida koja se sastoji od tri sloja. Aponeuroza je povezana s pectoralnim mišićem što je od neizmjerne važnosti za način vježbanja i rehabilitacije.

Vanjski obliques, unutarnji obliques te transversus abdominis izuzetno su bitni mišići. Sva tri mišića su uključena u fleksiju, pogotovo jer su vezani za lineu semilunaris koja usmjerava silu koju obliquesi proizvode prema rectusu te na taj način povećava krak sile fleksije (McGill, 1996). Isto tako, oni su uključeni u rotacije trupa (McGill, 1991a, 1991b), lateralne fleksije (McGill, 1992), a kod axialnog pritiska imaju ulogu stabilizatora kralježnice (Juker, McGill i Kropf, 1998). Obliquesi su uključeni i u aktivno disanje i to dominantno pri aktivnom izdisaju (Henke, K.G., Sharratt, M.T., Pegelow, D., i Dempsey, J.A. 1988). Kada je riječ o transversus abdominisu mnogi vjeruju da je on najbitniji mišić u stabilizaciji kralježnice. Richardson, Jull, Hodges, i Hides (1999) su otkrili da kod osoba koje imaju probleme sa leđima transversus ima usporenu aktivaciju prilikom brzih pokreta rukom. Njihova je hipoteza bila da se prvo mora aktivirati trup pa tek onda ide brzi pokret ruke. To je točno, međutim Silifies, Mehta, Smith i Karduna (2009) su otkrili da to nije slučaj samo s transversus abdominisom. Isti scenarij se događa i s ostalim mišićima trupa prilikom brzih pokreta ruku kod određenih problema s leđima tako da je nepravredno naglašavati da je transversus glavni u stabilizaciji kralježnice. Isto tako nikada nije dokazano da se to kašnjenje događa bilateralno tako da to nema puno veze sa stabilnosti. Samo kašnjenje od 10 do 30 ms neće imati značajan utjecaj na svakodnevni život i normalne aktivnosti. Nadalje Juker, McGill i Kropf (1998) su dokazali veliku sličnost između transversus abdominisa i unutarnjeg obliquesa te da aktivacija transversusa gotovo uvijek za sobom povlači aktivaciju unutarnjeg obliquesa. Svi nabrojani mišići rade zajedno, ali istovremeno imaju i individualne funkcije. Rectusi su fleksori, obliquesi su rotatori, a mogu pomoći fleksiji te zajedno s transversusom tvore remen oko cijelog abdomena gdje je prednji dio sastavljen od abdominalne fascije a stražnji od thorakolumbalne fascije. Sve ovo uz dodatni intraabdominalni pritisak rezultira stabilnijom i čvršćom kralježnicom.

### 3.7. Psoas major

Psoas major je mišić koji prolazi preko svih lumbalnih kralježaka i kuka te se hvata medijalno na femuru. Njegova glavna uloga je fleksija kuka, međutim on sudjeluje i u stabilizaciji kralježnice ali je nužno objasniti kako. Andersson, E., Oddsson, L., Grundstorm, H., Nilsson, J., i Thorstensson, A. (1995); Juker, McGill, i Kropf (1998); i Juker, McGill, Kropf i Steffen, (1998) dokazuju da psoas major nije stabilizator kralježnice osim u slučaju kada iliacus želi flektirati kuk na način da napravi značajan

anteriorni tilt. Samo u tom slučaju psoas se javlja i postaje stabilizator kralježnice, sprječavajući povećanje lumbalne lordoze. Sama promjena položaja lumbalne kralježnice nije pokazivala nikakvu aktivnost psoasa mjerena EMG-om, međutim značajna aktivacija psoasa postignuta je jednostavnim podizanjem noge u stojećem položaju. Sve ovo navodi na to da je psoas mišić koji izvodi fleksiju u kuku i povremenu stabilizaciju kralježnice kako je ranije navedeno. Isto tako to dokazuje da su psoas i iliacus dva odvojena mišića s vrlo različitim ulogama te ih je potrebno prestati prikazivati kao jedan mišić, tj. kao iliopsoas (Santaguida i McGill, 1995).

### 3.8. Quadratus lumborum

Quadratus lumborum je mišić koji je bitan stabilizator kralježnice. Kada se govori o kolapsu muskulature i nestabilnosti trupa, prva nestabilnost koja se javlja je lateralna (Lucas i Bresler, 1961). U tom segmentu stabilnosti značajno pomaže quadratus lumborum.

### 3.9. Mišići kuka

Gotovo je nemoguće završiti dio o mišićima, a da se ne spomene okolna muskulatura. Obzirom da je tema rada utjecaj biomehanički ispravih pokreta na rehabilitaciju, mora se spomenuti da zdravlje kralježnice uvelike ovisi o kvalitetnoj funkciji zdjelice i kuka.

Gluteus maximus je glavni ekstenzor i vanjski rotator kuka, dok medius i minimus rade primarno abdukciju i internu rotaciju. Isto tako, to su glavni mišići koji u suradnji s quadratus lumborumom održavaju stabilnost zdjelice pri hodu. Fascija gluteus maximusa prelazi sacroiliacalni zglob te služi za prijenos opterećenja. Isto tako gluteus je mišić koji u zatvorenom kinetičkom lancu značajno sudjeluje u ekstenziji u zglobu koljena. Mišići nazvani deep six (piriformis, vanjski i unutarnji obturator, gemellus superior i inferior te quadratus femoris) značajni su u vanjskoj rotaciji kuka i kontroli unutarnje rotacije istog. Nemoguće je ne spomenuti i mišiće zadnje lože (biceps femoris, semimembranosus i smeitendinosus) koji su značajni u ekstenziji natkoljenice, fleksiji potkoljenice, dok u kretanju sprečavaju klizanje potkoljenice prema naprijed ekscentričnom kontrakcijom. Sve ovo treba uzeti u obzir kada se ulazi u proces rehabilitacije i treninga te kada se isti planiraju i programiraju.



### 3.10. Ligamenti

Ligamentni sustav dio je pasivnog sustava stabilnosti zglobova. Kako se kralježnica pokreće kroz ravnine, ligamenti i ostali dijelovi pasivnog sustava stabilnosti se nalaze pod opterećenjem jer se istežu do svojih granica, a ako se te granice pređu dolazi do ozljeda pasivnih struktura. Osim stabilizacijske uloge, ligamentozni sustav ima i značajnu proprioceptivnu ulogu (Solomonow, M., Zhou, B.H., Harris, M., Lu, Y., & Baratta, R. V. 2000).

Longitudinalni ligamenti su ligamenti kralježnice koji se protežu uzdužno po kralježnici naslanjajući se na trup kralješka s anteriorne i posteriorne strane. Vezani su za trupove kralješka, a isto tako i za anulus međukralješničkog diska.

Ligament flavum je žuti ligament koji se nalazi posteriorno u odnosu na spinalni kanal. Karakterizira ga građa koja je otprilike 80% elastina, a 20% kolagena. Značajno je to za njegovu funkciju.

Intraspinous je ligament koji se nalazi između dva procesus spinosus. Njegova vlakna protežu se koso i nisu paralelna sa smjerom kompresijske sile. Njegova koso položena vlakna pomažu aktivnim strukturama u opiranju posteriornim smicajnim silama.

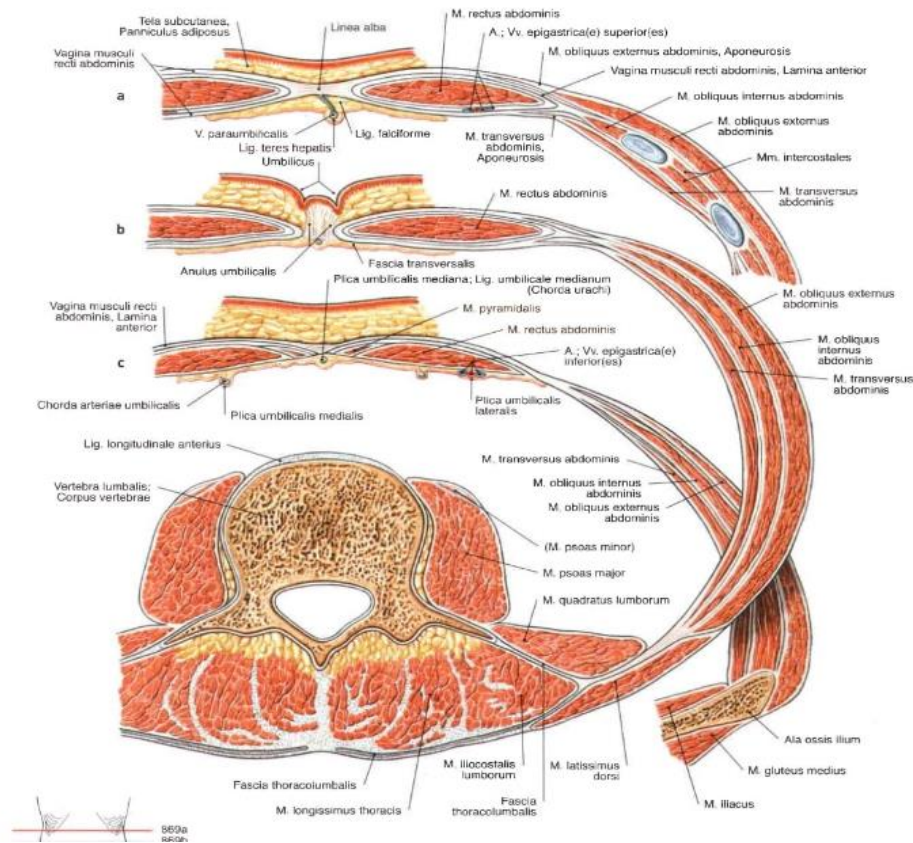
Supraspinous je ligament koji se nalazi posteriorno i dodiruje vrhove procesus spinosus. Njegova vlakna su postavljena paralelno sa smjerom kompresijskih sila te se zajedno s interspinosusom značajno opire fleksiji.

Intertransversalni ligament je ligament koji spaja transversus procesuse. Uza sve ligamente važno je spomenuti i fasetnu kapsulu koja obavija fasetni zglob i osjetljiva je na fleksiju i rotaciju kralježnice te često zna biti uzrok boli.

### 3.11. Torakolumbalna ili lumbodorzalna fascija

Lumbodorzalna fascija hvata se na procesus spinosus lumbalnih kralješaka s izuzetkom L5 kod mnogih ljudi. Fascija se također hvata i na PSIS (posterior superior iliac spine), a dio fascije prelazi preko sredine što sugerira da ista sudjeluje u prijenosu sila te da zajedno s abdominalnim mišićima tvori pojas oko trupa. Transversus abdominis i unutarnji

obliques imaju preko lumbodorzalne fascije svoje pripoje na kralješcima, a isto se može reći za latissimus dorsi. Aktivacijom mišića latissimus dorsi te internog obliquesa i transversus abdominis dolazi do dodatne stabilizacije lumbalnog segmenta kralježnice. Torakolumbalna fascija zajedno sa svim mišićima anteriorne i lateralne strane trupa tvori omotač koji omogućava stabilnost i funkciju trupa.



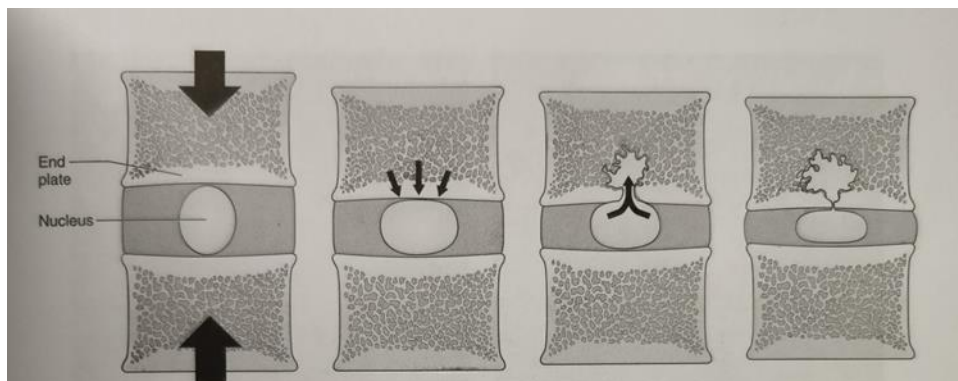
Slika 4 Prikaz presjeka mišića trupa i torakolumbalne fascije

Izvor: Sobotta, Atlas of Human Anatomy, Volume 2, Trunk, Viscera, Lower Limb, 14. izdanje, (2006), str. 072.

#### 4. MEHANIZMI OZLJEDA I OPTEREĆENJE KRALJEŽNICE

U prošlom poglavlju opisana je anatomija i građa kralježnice. U ovom dijelu bit će objašnjeno kako anatomija i građa kralježnice uz određena opterećenja i naprezanja mogu dovesti do ozljeda i koje su najčešće ozljede iste.

Kao što je već rečeno ranije u poglavlju 3.1 tijelo kralješka građeno je od čvrstog vanjskog dijela i hrskavičnog dijela koje se nazivaju pokrovne plohe. Kada na kralježnicu koja nije pozicionirana u poziciju velike fleksije i ekstenzije, stavimo preveliko kompresivno opterećenje, ona će početi kolabrirati upravo na pokrovnim plohama tijela kralješka. Nucleus pulposus međukralježničkog diska je nekompresibilna tekućina te će se on utisnuti u tijelo kralješka stvarajući oštećenje na poroznim pokrovnim ploham (Brinckmann, Biggemann, i Hilweg, 1989). Nadalje, u svome radu (Gunning, Callaghan, i McGill, 2001) pretpostavljaju ranije napisano, a to je da će pod kompresivnim aksijalnim pritiskom prvo kolabrirati pokrovna ploha kralješka, a ne međukralježnički disk.



Slika 5 Kolabriranje pokrovne plohe trupa kralješka

Izvor: Stuart McGill, Low back disorders (2016), str. 55.

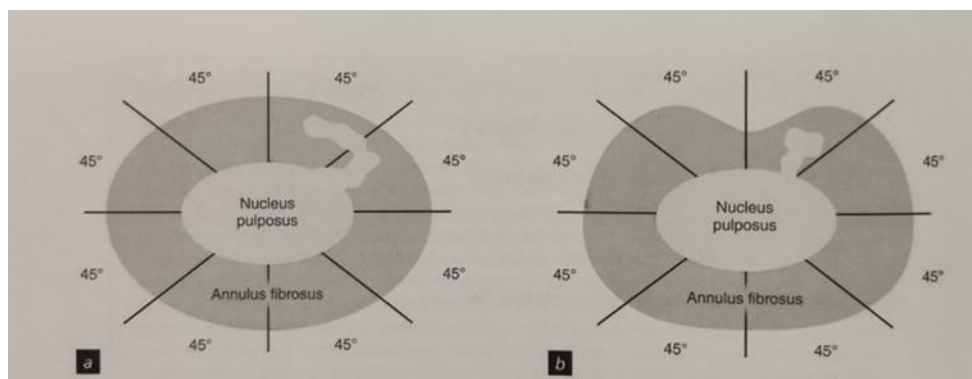
U svojem radu na cervikalnim kralježnicama mladih svinja (najsličnija lumbalnom segmentu ljudi), pretpostavljaju da će pokrovna ploha kolabrirati prva, a točno mjesto kolabriranja bit će ovisno o stupnju hidracije međukralježničkog diska. Što je disk dehidriraniji, to će ispupčenje u pokrovnju plohu biti centralnije. Sve ovo navodi na zaključak da međukralježnički disk nije glavni u apsorpciji kompresijskih sila već da je to upravo kralješak, točnije tijelo kralješka. Tijelo kralješka građeno je od poroznog tkiva

koje tvore uzdužni i poprečni trabekuli. Kod prevelikog aksijalnog pritiska, poprečne trabekule počinju popuštati te se u jednom trenutku slome (Fyhrie, i Schaffler, 1994). Isto tako, navedene ozljede se mogu dogoditi i kada na tkivo opetovano djelujemo silom daleko manjom od sile koju je potrebno aplicirati da bi se ozljeda dogodila odjednom. Čak i s malim opterećenjem, dovoljno velik broj ponavljanja uzrokovat će ozljedu. Kada se dogodi da se na kralježnicu aplicira veliko aksijalno opterećenje i disk i kralježnica se deformiraju kako bi savladali opterećenje. Kada opterećenje prijeđe razinu koju se može tolerirati, pokrovna ploha kralješka se počinje utiskivati u tijelo kralješka uzrokujući frakturu. Te frakture mogu biti dovoljno velike da nucleus pulposus prođe kroz njih i migrira u tijelo kralješka (McGill 1997). U praksi se te frakture nazivaju Schmorlove hernije, a nastaju gotovo isključivo aksijalnim pritiskom kada je kralježnica blizu svoje neutralne pozicije. Često je ovaj problem popraćen gubitkom visine diska zbog migracije nucleusa u samo tijelo kralješka. Kod većine schmorlovih hernija anulus ostaje netaknut te je to jedan od načina za dijagnozu. Gubitak visine diska može dovesti do toga da su spinalni živci pritisnuti zbog sužavanja prostora te na taj način ova ozljeda može imati slične simptome klasične diskus hernije. Česta popratna pojava schmorlovih hernija su takozvane Modic promjene. Modic promjene očituju se na dva načina. Prvi način je reakcija tijela na stranu supstancu koja se našla u tijelu kralješka. U ovom slučaju ta strana supstanca je nucleus koji je migrirao u tijelo kralješka te izazvao upalni proces. Drugi način je taj da, zbog gubitka visine diska, dva kralješka često dolaze u kontakt oštećujući jedan drugog. Najčešće se to događa u fleksiji kada dođe do kontakta anteriornih trupova kralješaka.

Posteriorne ozljede kralježnice generalno su vezane za fasetne zglobove, pedicle i laminae koje su, kao što je već objašnjeno fleksibilni koštani dijelovi. Postoje brojni mogući uzroci ozljeda posteriornih segmenta kralježnice. Jedan od njih su svakako smicajne sile koje često mogu dovesti do spondilolisteze. Isto tako ozljede ovih elemenata mogu biti izazvane i postavljanjem kralježnice u krajnje pozicije tj. u položaj najveće fleksije i ekstenzije. Ciklično mijenjanje položaja iz pune fleksije u ekstenziju i obrnuto, uz dodatak brzine može dovesti do zamora materijala i ozljede. Smicajne sile mogu biti posteriorne i anteriorne. Promatrajući cervikalne kralježnice svinja Yingling i McGill (1999b) zaključuju da posteriorne smicajne sile mogu uzrokovati ozljede ligamenata, ali isto tako i ozljedu samog kralješka, odvajanjem pokrovnih ploha od ostatka tijela kralješka. Anteriorne smicajne sile češće dovode do spondilolisteze, a prosječna granica

iznad koje strukture dožive kolaps i pucaju je između 2000N i 2800N (Cripton i sur. 1995). Iako kolaps sustava nastaje u tom rasponu opterećenja, ozljedu je moguće stvoriti i pri značajno nižim opterećenjima. U tom slučaju već 500N kroz duži vremenski period može dovesti do ozljede (Norman i kolege 1998).

Ozljede intervertebralnog diska su vro česte. Kao što je već spomenuto u polavlju 3.1 intervertebralni disk je građen od kolagenih vlakana koji se nalaze u koncentričnim krugovima oko jezgre diska. Diskovi u principu omogućavaju blage rotacije te nam pomažu da se tijelo odupre opterećenju. Vanjska ovojnica ili anulus fibrosus ima mogućnost da se nosi s aksijalnim opterećenjem kada je kralježnica u neutralnom položaju. Međutim zarotira li se kralježnica i doda li se aksijalno opterećenje, kapacitet će značajno pasti upravo zbog kosog položaja jednih vlakana u odnosu na druge u susjednim koncentričnim krugovima. To onemogućava jednu polovicu vlakana da pomaže drugoj u kontroli opterećenja. Nucleus pulposus ima značajnu ulogu u održavanju visine diska. Gubitak visine diska dovodi do značajnih problema s ostalim strukturama kralježnice. Ukoliko kralježnicu stavimo pod opterećenje koje prelazi sposobnost organizma da se nosi s njime, nucleus će se utisnuti prema gore, anteriorno ili posteriorno, ovisno o smjeru dolaska sile i položaju kralježnice. Ukoliko je kralježnica u neutralnoj zoni (niti flektirana, niti ektendirana) doći će do pritiska na pokrovne plohe. Ukoliko je flektirana, nucleus će krenuti posteriorno, a ukoliko je kralježnica u ekstenziji, nukleus će krenuti anteriorno uzrokujući prvo mikro, a zatim i veća oštećenja anulusa. Brojni faktori utječu na ozljede diska. Jedan od faktora koje u svojem radu ističu Adams i Dolan (2005) je veličina diska.



Slika 6 Migracije nucleus pulposusa u diskovima različitih oblika

Izvor: Stuart McGill, Low back disorders (2016), str. 62.

Oni navode da će veći disk puno lakše doživjeti herniju ako se učestalo savija. Isto tako u dijelu u kojemu ovaj rad govori o anatomiji, spominju se dva oblika diska. O obliku diska ovisi na koji način će se anulus raslojavati i stvarati puteve kroz koje će onda nucleus migrirati od centra prema van. Količina stresa koju anulus podnosi ovisi o distanci od neutralne osi, što u prijevodu znači da će deblji i veći diskovi podnositi puno više stresa prilikom savijanja i rotacija. Kod ovalnih diskova, koji bolje podnose rotacije i savijanja, curenje nukleusa kroz anulus nije pravocrtno već nucleus difuzno prolazi kroz anulus. Diskovi grahastog izgleda fokusiraju stres na jednu od strana konkavnog dijela diska, koji se nalazi uz kraljeznički kanal. Iz tog razloga nucleus kroz anulus prolazi, više-manje, pravocrtno i to posterolateralno. Neoštećen disk pod prevelikim aksijalnim opterećenjem može vertikalno migrirati u tijelo kralješka kroz male frakture na pokrovnim ploham. U tom slučaju, kada disk izgubi na visini, anulus fibrosus se počne raslojavati i to u smjeru prema van i prema unutra. Tako se stvaraju novi putevi kroz koje će preostali nucleus prodirati uzrokujući pravu herniju diska (Adams i Dolan, 1995). Hernijacija diska najčešće se događa uslijed kumulativne traume, prevelikog opterećenja i jako rijetko će se ista dogoditi bez opetovanih i često ponavljanih fleksija. Isto tako, valja naglasiti da sama fleksija, kao na primjer kod sjedenja, neće dovesti do same hernije diska, međutim, kada je već jednom disk ozlijeđen, fleksija u sjedenju će dovesti do pogoršanja stanja. To dovodi do zaključka da će se diskus herniju najlakše izazvati opetovanim fleksijama kralježnice uz dodatak kompresivne sile. Callaghan i McGill (2001) u svojoj studiji naglašavaju da je broj fleksija koje se izvedu puno bitniji od kompresivnih sila koje djeluju. Pri 260N kompresije uspjeli su napraviti hernijaciju diska tek na 85000 fleksija. Kada su povećali silu na 867N bilo je potrebno 22000 do 28000 ciklusa fleksija, a s 1472N broj fleksija se smanjio na 5000 do 9500 ciklusa. Kada se promatraju hernije, vidljivo je da se one pojavljuju, dominantno posteriorno međutim, kod različitih ljudi na različitim mjestima na disku. U svojoj knjizi, *Low back disorders* (2016) Stuart McGill naglašava da je smjer hernije uvijek suprotan od smjera fleksije. Isto tako naglašava da su rotacije zaseban problem te da stvaraju dodatan stres između susjednih prstenova anulusa koji imaju koso postavljena vlakna jedna u odnosu na drugi te na tom području nastaju oštećenja. Oba oštećenja, i unutar samoga prstena, i između dva prstena se mogu promatrati kao traume koje nisu plod jednog, već kumulativnih oštećenja. Stavi li se pak kralježnicu pod torzijske sile, značajno se smanjuje mogućnost diska da se nosi s kompresijskim silama što valja imati na umu kada se dizajnira rehabilitacijski program (Aultman, C.D., Drake, J., Callaghan, J.P., i McGill, S.M. 2004).

Uloga ligamenata gotovo je uvijek ograničavanje pokreta. Oni su pasivni stabilizatori zgloba i kao takvi često bivaju ozljeđeni kod postavljanja zgloba u krajnji raspon pokreta kao i kod djelovanja sila koje su iznad mogućnosti da se s njima nosi. Sharma, Langrama i Rodriguez (1995) su u svom radu pokazali da je supraspinalni ligament onaj koji se najviše opire fleksiji, a ne posteriorni longitudinalni ligament kako se ranije mislilo. Ligament interspinosus je onaj koji najčešće strada prilikom agresivnog pomicanje zdjelice prema naprijed i pri stvaranju posterionih smicajnih sila, kao na primjer pri padu na stražnjicu. Tomu svakako pridonosi i potpuno flektirana kralježnica. Ozljede ligamenata česte su kod sportaša koji dovode kralježnicu u krajnje opsege pokreta, a isto tako i kod djelovanja velikih sila, kao što je na primjer pad ili sudar. Isto tako, naglo postavljanje kralježnice blizu ili u poziciju krajnjeg opsega pokreta dovodi do promjena u proprioceptivnom sustavu ligamenata (Solomonow, M., Zhou, B.-H., Harris, M., Lu, Y., i Baratta, R. V. 2000). Ligamentozni sustav može biti pod utjecajem upalnih procesa nakon opetovanih fleksija, što je dokazano u radu (D'Ambrosia i sur., 2010). Naime on je pronašao povišene protuupalne citoksine u ligamentima čak 7 sati nakon fleksijskog opterećenja što upućuje na mogućnost ozlijede uslijed opetovanih ili prolongiranih fleksija bez velikog dodatnog opterećenja.

Osobe koje pate od bolova u donjem dijelu leđa, posebice od bolova izazvanih promjenama na diskovima, često imaju bolove kod dugog stajanja, sjedenja itd. Kod dnevnih i profesionalnih aktivnosti neminovne su dvije stvar. Prva stvar je da se one moraju izvoditi bilo radi posla ili radi svakodnevnih obaveza, a druga je da svaka od njih stvara određeno opterećenje na donji dio leđa. Osobe koje imaju bolne simptome prilikom prolongiranog stajanja imaju veću mogućnost da razviju dublje probleme s donjim dijelom leđa u budućnosti (Nelson-Wong i Callaghan, 2014). Neosporna je činjenica da velik postotak ljudi svoj posao obavlja sjedeći. Za razliku od stajanja, pritisak na intervertebralne diskove prilikom sjedenja značajno raste (Nachemson, 1966). Sjedenje kod većine dovodi do fleksije lumbalne kralježnice. Potpuna fleksija kralježnice dovodi do značajnog stresa na vanjski omotač diska međutim kod zdrave kralježnice, bez dodatnog opterećenja na taj način u laboratorijskim uvjetima nije moguće izazvati hernijaciju diska (Wilder, Pope, i Frymoyer, 1988). Iako herniju diska nije bilo moguće izvesti u laboratorijskim uvjetima bez dodatnog opterećenja sjedenje može pogoršati

stanje kod osoba koje već imaju postojeće ozljede diska. Tijekom podizanja tereta, mišići i ligamenti pomažu u održavanju posture te značajno reduciraju i smanjuju opterećenje postavljeno na kralježnicu. U knjizi *Low back disorders* (2016) Stuart McGill navodi sljedeće: podiže li se opterećenje od 27 kg kroz čučanj, na kralježnicu će se aplicirati moment od 450Nm. Sile proizvedene od strane tkiva koje podupire ovaj pokret iznosit će 7000N što je dovoljno da se stvore početna oštećenja na slabijim osobama. Za potrebe uspoređivanja, mladi prosječni muškarac ima nešto veću toleranciju i oštećenja kralježnice se ne bi trebala događati sve do razine od 12 do 15kN (Adams i Dolan, 1995). Iz ovog razloga nužno je znati kako i koliko će se kompresivne i smicajne sile mišići prilikom potpomaganja održavanju posture prenijeti na kralježnicu. Stanje će se dodatno pogoršati ukoliko se ne koristi strategija čučnja kao u primjeru, nego se potpuno flektira kralježnica. Tada se opterećenje prebacuje s aktivnih stabilizatora na pasivne. Ligamenti i ostale pasivne strukture postaju preopterećene što u konačnici može uzrokovati ozljede. Hodanje je još jedna aktivnost koja se svakodnevno koristi. Iako je hodanje generalno sigurna aktivnost i sile koje djeluju na kralježnice nisu visoke, hodanje kod nekih pacijenata stvara bol. Brzina hoda i njihanje ruku značajno utječe na aktivaciju tkiva koje podupiru kralježnicu (Callaghan, Patla i McGill, 1999). To može biti jedan od razloga zašto brzo hodanje s rukama koje su aktivne ( ne vise uz tijelo nego se iz ramena njišu), potencijalno pomaže u otklanjanu boli kod nekih pacijenata. Iako će riječi o rehabilitaciji biti kasnije u ovom radu, nemoguće je poglavlje o opterećenjima koje kralježnica podnosi završiti bez da se spomenu opterećenja prilikom vježbanja koje je sastavni dio svake kineziterapije. Američki NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health 1981) postavio vršnu granicu od 3300N kompresije koju kralježnica može tolerirati bez da se izlaže povećanoj opasnosti od ozlijede. Obzirom da se u svrhu rehabilitacije koristi jako puno vježbi, u narednoj tablici bit će navedene samo neke, te će se prikazati koja kompresijska opterećenja iste stavljaju na kralježnicu pri jednom ponavljanju.



Tablica 1 - opterećenja tijekom abdominalnih vježbi

	MIŠIĆNA AKTIVNOST			
	Moment (Nm)	Rectus abdominis (%MVC)*	Vanjski Obliques	Kompresija (N)
Trbušnjaci sa ispruženim nogama	148	121	70	3506
Trbušnjaci sa pogrčenim nogama	154	103	70	3350
Curl - up sa fiksiranim nogama	92	87	45	2009
Curl - up sa slobodnim nogama	81	67	38	1991
Trbušnjaci sa nogama u zraku	114	78	42	2392
Podizanje ispružene noge	102	57	35	2525
Podizanje pogrčene noge	82	35	24	1767
Podizanje ispružene noge iz visa	107	112	90	2805
Podizanje pogrčene noge iz visa	84	78	64	3313
Bočni most	72	48	50	2585

\*MVC – vrijednost mišićne kontrakcije koja je kod dinamičkih vježbi veća od 100%

Izvor: Podaci preuzeti iz knjige Low back disorders (2016.), Stuart McGill

Tablica 2 - opterećenja prilikom standardnih vježbi potiska i povlačenja

VJEŽBA	KOMPRESIJA (N)
Standardni sklek	1838
Jednoručni sklek	5848
Sklek sa povišenja	6224
Sklek sa pljeskom	4699
Zgibovi nathvat	2852,3
Zgibovi pothvat	2679,8
TRX veslanje	2287,6

Izvor: Podaci preuzeti iz knjige Low back disorders (2016.), Stuart McGill

## 5. TESTIRANJE

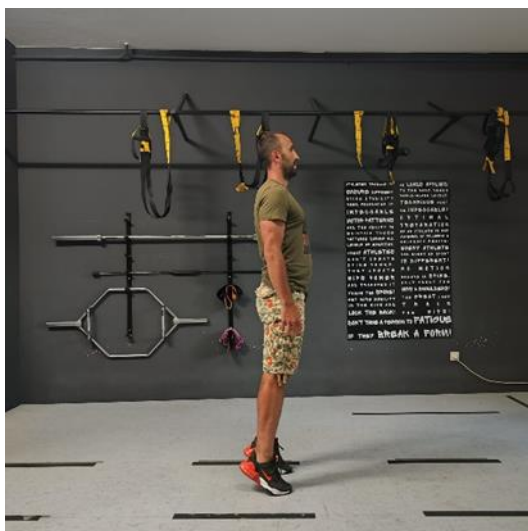
Ranije u ovom radu, u poglavlju mehanizmi ozljeda i opterećenje kralježnice, opisano je ukratko kako ozljede nastaju i koji su glavni uzroci istih. Sve do sada napisano potvrđuje tezu da ne postoji nespecifična ozljeda leđa. Većinom su specifične i to zbog brojnih faktora koji mogu utjecati na pojavu istih. Testiranje se provodi upravo u svrhu dijagnosticiranja vrste ozljede koju pojedinac ima te u svrhu otkrivanja mehanizama koji su doveli do iste, respektirajući individualne karakteristike pojedinca. Pacijent je individua koja se može od druge osobe razlikovati po brojnim stvarima. Neke od njih su, dob, spol, zanimanje, prethodna tjelesna aktivnost, sportsko iskustvo, ciljevi rehabilitacije, mehanizmi nastanka ozljede, razina boli, psihološki i zdravstveni status te po mnogim drugim kategorijama. Upravo iz tog razloga je prije samoga testiranja bitno provesti anketni upitnik i intervju te saznati što je moguće više stvari o pacijentu i ozljedi. Tijekom intervjua promatra se postura osobe u svakodnevnim zadacima. Promatra se način hodanja, sjedenja, ustajanja sa stolice, ležanja, otvaranja vrata, podizanja određenih predmeta kako bi se stekao uvid u potencijalni problem. Prema Stuartu McGillu (2016) osobe su često „zaključane“ u bolnim pozicijama. Kada se promatra kako osoba sjedi, osobe kojima bol izaziva fleksija sjedit će u položaju flektirane kralježnice i obrnuto. Osobe koje teže toleriraju ekstenziju biti će hiperekstendirane. Postura u stajanju jednako je bitna, pogotovo za osobe kojima posao zahtjeva dugotrajno stajanje. Palpacija ekstenzora otkrit će mnogo toga. Ukoliko su ekstenzori konstantno napeti, nužne su korekcije u posturi.



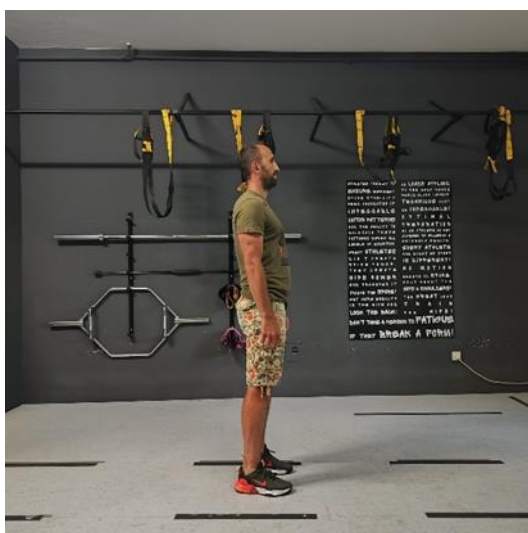
Slika 7 Palpacija lumbalnih ekstenzora

Iako će većina ljudi osjetiti olakšanje kada legne u krevet, mnogima baš to predstavlja problem. Način ležanja ovisi o individualnim karakteristikama osobe, njezinim anatomskim obilježjima te o karakteristikama madraca i jastuka. Obzirom da je hodanje jedan od nezaobilaznih dnevnih zadataka, apsolutno je nužno provjeriti način na koji osoba hoda. Pogrbljeno hodanje, s vrlo malo ili bez mahanja rukama, sitni koraci, sporo hodanje te loš odnos između rebara i zdjelice u smislu pretjeranog kretanja u toj regiji znakovi su da upravo hodanje može biti uzrok bolova u leđima. Tek nakon svega ovoga prelazi se na testiranje s ciljem preciznijeg određivanja dijagnoze. Testirati osobu provokativnim testovima ne znači pogoršati joj stanje nego samo i isključivo inicirati pojavu boli kroz određeni pokret ili ukoliko je bol konstantno prisutna pokušati je neznatno pojačati. Kada je riječ o testovima koji provociraju pojavu boli ili neznatno pojačavaju istu, redoslijed korištenja bit će ovisan o anketi i intervjuu te o posturi. Već iz tog uvodnog dijela dijagnostike može se otprilike zaključiti u kojem smjeru će ići daljnje testiranje koje će za cilj imati precizirati dijagnozu kako bi rehabilitacija bila što uspješnija. U knjizi *Low back disorders* Stuart McGill (2016) daje neke primjere provokacijskih testova koji su smišljeni i napravljeni tako da simuliraju sile koje su potencijalno dovele do ozljede. Iako valja naglasiti da se temeljem samo jednog testa ne može postaviti dijagnoza, bilo koji od narednih testova može dati uvid u mehanizam nastanka ozljede i pravca u kojemu će ići rehabilitacija.

Test „Pad na pete“ dizajniran je tako da stvori aksijalne kompresijske sile kojima bi se mogle otkriti ozljede pokrovnih ploha tijela kralješaka ukoliko osoba pri izvođenju stoji s kralježnicom u neutralnoj poziciji. Ovim testom stavljamo na kralježnicu opterećenje koje je otprilike dva i pol puta veće od opterećenja koje uzrokuje vlastita težina. Ukoliko osobu postavimo u položaj nešto izraženije ekstenzije te napravimo testiranje koje isprovocira nelagodu ili bol, možemo zaključiti da su posteriorni dijelovi kralješka kompromitirani. Najčešće se tu radi o posteriornom dijelu tijela kralješka, fasetnim zglobovima ili o kompresiji živca zbog smanjenog prostora kanala. Test „Pad na pete“ izvodi se tako da se osoba u uspravnom stavu, i opuštenih trbušnih mišića, podigne na prste i naglo spusti dole, udarajući petama o tlo. Ukoliko se bol javi na bilo kojem mjestu test je pozitivan, a nivo ozljede se određuje dodatnim testovima. Ukoliko se bol javi na više mjesta potrebno je daljnje testiranje.

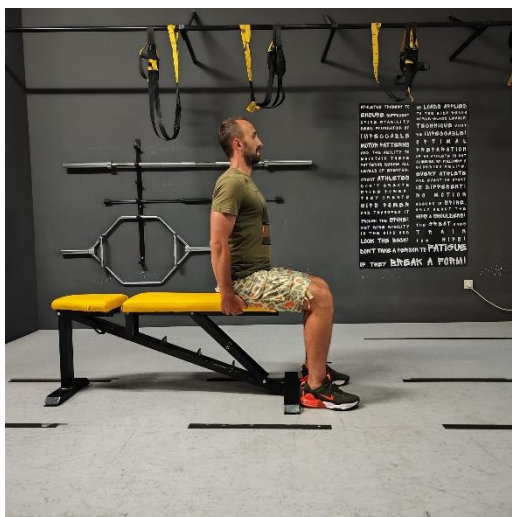


Slika 8.1 Test pad na pete



Slika 8.2 Test pad na pete

Test „Sjedeća kompresija“ je test kojim se želi provjeriti mijenja li se bol, koja je uzrokovana aksijalnom kompresijom, pod promjenom posture. Test se izvodi na način da pacijent sjedne na stolicu u uspravnom stavu s neutralnom kralježnicom i povuče rukama za stolicu prema gore, „utiskujuće“ svoje tijelo u stolicu stvarajući kompresiju. Isto se može ponoviti s raznim promjenama u položaju kralježnice.



Slika 9.1 Test sjedeće kompresije s kralježnicom u neutralnom položaju



Slika 9.2 Test sjedeće kompresije s kralježnicom flektiranom položaju

Svaki od testova dat će svoju specifičnu dijagnozu. U ovom slučaju će npr. bol kod fleksije i kompresije ukazivati na posteriornu ozljedu diska dok će bol prilikom ekstenzije ukazivati na potencijalnu ozljedu fasetnih zglobova ili posteriornih dijelova pokrovnih ploha.

Testovi koji ukazuju na probleme s ekstenzijom mogu se izvoditi na više načina. Jedan od najpoznatijih je McKenziev položaj u kojemu osoba leži potrbuške i podiže se na ruke stavljajući kralježnicu u hiperekstenziju. Iako je ovo test za ozljede koje izaziva ekstenzija, ukoliko kod pacijenta dođe do olakšanja postoji mogućnost da osoba ima posteriorni problem s diskom. Kao što je u radu više puta naglašeno, svaka ozljeda je priča za sebe pa tako i ovdje. Iako osoba ima posteriorni problem s diskom, hoće li

McKenzie poza pomoći ili odmoći ovisi o visini diska (ukoliko je smanjena doći će do smanjenja otvora za prolaz živaca, lakšeg dodirivanja i iritiranja fasetnih zglobova i ostalih posteriornih dijelova kralježnice), obliku diska i smjeru oštećenja. Ukoliko pacijent ne može tolerirati poziciju u kojoj leži na trbuhu ili u kojoj podiže tijelo prema gore, može se zaključiti da uz probleme s diskom ima još problema te da nije nužno disk glavni izvor boli. Ukoliko je tome tako, prelazi se na daljnje testiranje kroz ekstenzijske testove u stojećem položaju, s lateralnim fleksijama i rotacijama kako bi se utvrdilo o čemu je riječ.



Slika 10 Test stojeće ekstenzije, lateralne fleksije i rotacije

Jedna od najčešćih posteriornih ozljeda je spondilolisteza. Test kojim se može posumnjati na spondilolistezu provodi se na slijedeći način. Pacijent leži potrbuške na stolu. Terapeut prima osobu oko gležnjeva i provodi trakciju silom od otprilike 90N. Nakon toga terapeut podiže noge pacijetu tako da mu podigne koljena od podloge. Test može biti pozitivan na dva načina. Prvi je da kod same trakcije pacijent osjeti nelagodu ili bol što dovodi do zaključka da ima problema s nestabilnosti u određenom segmentu kralježnice. Ukoliko se bol javi tek nakon podizanje koljena od podloge može se posumnjati na spondilolistezu.



Slika 11 Test za spondilolistezu

Testovi koji pokazuju da je bol uzrokovana negativnim utjecajem smicajnih sila izvode se tako osoba legne potrbuške na rub stola da mu noge vise sa stola i dodiruju tlo, a da mu je kralježnica u neutralnoj poziciji. Vrlo je bitno insturirati pacijenta da se potpuno opusti jer aktivacija mišića može promijeniti rezultate testa. Terapeut zatim kreće s davanjem laganog pritiska na kost sacruma. Zatim se penje gore s pritiskom i stavlja isti pritisak na svaki procesus spinosus tj. na L5 zatim L4, L3, L2 i L1. Ukoliko osoba osjeti bol, test je pozitivan.



Slika 12 Test smicajnih sila

Test kojim se testira bol u sakroilijakalnom zglobo izvodit se tako da pacijent leži na leđima. Terapeut nakon toga zamoli pacijenta da podigne sakrum u zrak te stavlja stisnutu šaku na mjesto gdje će sakrum doći kada se pacijent spusti. Ukoliko već samo spuštanje s neutralnom pozicijom kralježnice izaziva bol test se smatra pozitivnim, a ukoliko ne,

brzim stiskanjem šake i pulsirajućom silom nastoji se isprovocirati bol. Test je pozitivan ukoliko pacijent prijavi bol.

Niti jedan od ovih testova nije sam sebi dovoljan da bi se samo temeljem jednoga postavila dijagnoza. Nakon svih ovih testova prelazi se na neurološke testove, testove kojima se ispituju refleksi, miotomi i dermatomi. Rade se testovi izdržljivosti i motorne kontrole i svi oni dodatno se prilagođavaju pojedincu (npr. jake kompresivne sile u testovima kompresije neće biti stavljene na osobu koja ima osteoporozu). Dijagnoza temeljena na mehaničkom testiranju postavlja se tek onda kada više različitih pokazatelja govori da je riječ o istoj ozljedi. Na kraju se postavljena dijagnoza uspoređuje s nalazima liječnika te se postavlja baza za rehabilitaciju.



## 6. REHABILITACIJA

Da bi se izvršila uspješna rehabilitacija potrebno je postaviti pravu dijagnozu. Rehabilitacijski proces započinje odmah po postavljanju dijagnoze. Iako je vježbanje sastavni dio rehabilitacije, nemoguće je ne spomenuti i drugi ključan faktor u rehabilitaciji, a to je otklanjanje uzroka boli. Mehanički testovi koji su bili spomenuti u prethodnom poglavlju služe za postavljanje precizne dijagnoze međutim oni služe i za otkrivanje pokreta i sila koje uzrokuju bol. Prvi korak uspješne rehabilitacije je redukcija pokreta i sila koje uzrokuju i pogoršavaju bol. Ukoliko ih je nemoguće reducirati ili maknuti iz svakodnevnog života, onda ih je potrebno modificirati kako bi prestale iritirati i dodatno oštećivati već ozlijeđeno tkivo. Da bi se to postiglo potrebno je postaviti kralježnicu u bezbolan položaj tj. položaj koji neće stvoriti dodatno oštećenje kralježnice. Najčešće je to neutralna pozicija kralježnice u kojoj kralježnica zadržava svoje prirodne krivulje i prilikom koje je postavljen najmanji pritisak na pasivne strukture. Iako je već u radu nekoliko puta spomenuta neutralna pozicija kralježnice u ovom djelu definirat će se stupnjevi slobode unutar kojih je moguće raditi modifikacije kod različitih ljudi i različitih bolnih stanja. Ti stupnjevi slobode podrazumijevaju da je kralježnica i dalje u neutralnom položaju tj. u položaju u kojem je postavljen minimalan stres na istu što značajno pridonosi procesu oporavka. Joan Scannell i Stuart McGill (2003) govore da postoji neutralna zona lumbalne kralježnice zdravih osoba te da ona iznosi 20° sveukupne amplitude fleksije i ekstenzije. Kada se govori o osobama s određenim problemima, to odstupanje može biti značajno manje zbog specifičnosti ozljeda. O specifičnost ozljede ovisiti će i rehabilitacijski program. Bez obzira na vrstu ozljede nužno je uspostaviti pokrete koji će biti manje opterećujući za kralježnicu. Zbog velikog broja primjera iz prakse u idućih nekoliko rečenica, prikazat će se na koji način reagirati ukoliko se na testiranju koje je opisano u prethodnom poglavlju pojavi bol. U testu „Pad na pete“ bilo je prikazano na koji način otkriti ozljede pokrovnih ploha kralježaka te eventualnu ozljedu posteriornih dijelova trupa kralješa. Ukoliko je ozljeda pokrovnih ploha trupa kralješka u pitanju, osoba se upućuje da izbacila sva moguća aksijalna opterećenja do zarastanja ili da, ukoliko je to neminovno, nauči metodu aktivacije trupa kroz bracing. Ukoliko se bol javlja kod hiperekstendirane kralježnice, radi se na osvještavanju, tj. na promjeni posture te na aktivaciji inhibiranih mišića te inhibiciji konstantno facilitiranih mišića kako bi se posturalna deformacija vratila unutar neutralne zone. Kada se govori o testu „Sjedeće kompresije“ u njemu se generalno nastoji vidjeti postoji li ozljeda pokrovnih trupova

kralješaka te ukoliko test provedemo kroz flektiranu i ekstenđiranu kralješnicu postoje li posteriorne ozljede diska za fleksiju ili posteriornih elemenata za ekstenziju. Obzirom da se ovim testom djelomično dobijaju slični rezultati kao i prethodnim, u ovom djelu objasniti će se samo problem boli kod fleksije i kompresije. Ona ukazuje na posteriornu ozljedu diska te će se osoba uputiti da u prvo vrijeme izbjegava fleksije pod opterećenjem. Osobu će se morati naučiti kako da koristi strategiju kuka te da kroz obrazac hip hingea obavlja dnevne obaveze poput podizanja tereta, osobne higijene i slično.



Slika 13 Hip hinge

Ukoliko je ozljeda posteriornog dijela diska u pitanju, početna McKenzieva pozicija, tj. pozicija ležanja na trbuhu može stvoriti rasterećenje i biva uključena u proces rehabilitacije. Pronalazak ozljede fasetnih zglobova radi se u stojećem stavu kroz ekstenziju, lateralnu fleksiju i rotaciju. Osobu s takvim problemom svakako će se uputiti da izbjegava lateralna sagibanja i ekstenziju te će ga se naučiti kako da se rotacije u prvo vrijeme izvode dominantno kroz kuk kako bi se smanjila iritacija zglobova. To vrijedi i za rotacije u stojećem i za rotacije u ležećem položaju. Test za spondilolistezu zbog djela u kojem se izvodi trakcija može poslužiti i za testiranje osoba koje imaju određenu nestabilnost u nekom segmentu kralješnice ili pretjeranu krutost. Ukoliko trakcija izaziva bol, zaključuje se da osoba ima nestabilnost i takvu osobu se upućuje da poradi na stabilnosti kralješnice kroz vježbe koje će biti opisane kasnije dok kod osoba kojima trakcija izaziva olakšanje daje se savjet da više puta u danu pokušaju napraviti trakciju kralješnice te ti pacijenti mogu biti upućeni na korekciju posture i eventualno tretmane masaže i opuštanja napetih mišića. Spondilolisteza je stanje koje pak zahtjeva smanjenje mobilnosti dijela kralješnice kroz aktivaciju mišića trupa te korištenja „hip hingea“ u

situacijama kada mora podići određeni teret kako bi se smanjio utjecaj smicajnih sila koje mogu pogoršati stanje. Utjecaj smicajnih sila može isto tako negativno djelovati i bez da je u pitanju spondilolisteza. Kod bolova u sakroilijakalnom zglobu, preporuke bi bile da osoba izbjegava iskorake te naravno ovisno o pojedincu da pokuša aktivirati trbušnu muskulaturu prilikom hoda jer ona ujedno stabilizira i zdjelicu te na taj način zglob postaje manje iritiran. Obzirom da je broj osoba koje pate od bolova u donjem dijelu leđa vrlo velik nemoguće je dati sve upute u ovakvom radu. Generalne smjernice su da se svakodnevne aktivnosti očiste od pokreta koji izazivaju bol te da se u rutinu uvedu pokreti koji će biti bezbolni i neopterećujući za kralježnicu. Tek nakon toga kreće se s vježbama koje ponovno moraju biti prilagođene individualnim potrebama pojedinca.

Vježbe koje će biti prepisane određenoj osobi ovise o stanju te osobe, razini boli, godinama, spolu, prethodnom sportskom iskustvu, dodatnim ozljedama itd. U ovom radu pokušat će se opisati zašto neke vježbe djeluju a neke ne kada je u pitanju rehabilitacija ozlijeđene kralježnice. Čest je slučaj da u rehabilitaciji kralježnice budu propisane svima iste vježbe. Najčešće propisane vježbe su vježbe za povećanje opsega pokreta te vježbe jačanja područja trupa. Već je u uvodnom djelu ovoga rada objašnjeno zašto ROM pristup ne funkcionira. Puno je efikasnije posvetiti pažnju izdržljivosti i snazi te jakosti trupa. Vježbe koje se najčešće propisuju u standardnoj terapiji znaju pogoršati stanje iz razloga što su neadekvatno propisane i konstruirane. U Tablici 1. postavljenoj u 4. poglavlju napisana su opterećenja pri samo jednom ponavljanju. Jedna od najčešće propisanih vježbi je klasični Trbušnjak koji pri jednom ponavljanju s opruženim nogama stvara kompresiju na kralježnicu od 3506N dok s nogama flektiranim u koljenima i kukovima je to opterećenje nešto niže i doseže 3350N. Isto tako flektirana kralježnica kod osoba s posteriornim ozljedama diska stvara dodatan pritisak i pogoršava ozljedu. Druga često korištena vježba je klasičan Leđnjak u kojemu osoba leži potrbuške te podiže gornji dio trupa i noge u zrak, stvarajući pritom kompresiju na kralježnicu od oko 6000N pri jednom ponavljanju. Hiperekstendirana kralježnica će stvoriti dodatan stres na posteriorne dijelove kralježnice, prvenstveno na fasetne zglobove i posteriorne dijelove tijela kralješka kod osoba sa smanjenom visinom diska.



Slika 14 . Klasičan Leđnjak

Cilj gotovo svakog vježbanja, a pogotovo vježbanja u svrhu rehabilitacije je aktivirati mišiće i stvoriti superkompencaciju i adaptaciju tkiva sa što manje štete. Aktivacija mišića trupa može se postići s vrlo malo vježbi i s tolerantnijim kompresivnim opterećenjem kralježnice. Stuart McGill u svojoj knjizi Back Mechanic (2015) preporučuje izvođenje tri vježbe koje aktiviraju sve mišiće trupa. Modificirani Trbušnjak za aktivaciju rectus abdominis, Bočni upor za quadratus lumborum, oblique i transversus abdominis te Ptica-pas za aktivaciju leđnih ekstenzora. Vježbe su popularno nazvane BIG 3.



Slika 15.1 BIG 3 - Modificirani Trbušnjak



Slika 15.2 BIG 3 – Bočni upor



Slika 15.3 BIG 3 – Ptica-pas

Svaka od ovih vježbi može i mora biti modificirana shodno potrebama pacijenta. Isto tako mora biti izvedena preciznom tehnikom kako bi učinak bio pozitivan i kako se ne bi stvarali dodatna opterećenja na kralježnicu. Uz rehabilitaciju kralježnice neophodno je postići mobilnost kuka i aktivaciju mišića koji pridonose samoj stabilnosti kralježnice. Prije svega tu se misli na gluteus maximus, medius i minimus te mišić latissimus dorsi. Potonji ima značajnu ulogu u stabilizaciji kralježnice preko svojeg pripoja na istu preko torakolumbalne fascije. Početnu aktivaciju gluteusa moguće je postići kroz vježbu Stražnji most, a mediusa kroz vježbu Školjka, dok je latissimus dorsi poželjno aktivirati veslanjem na TRX ili drugim trakama. Ovo su generalne smjernice koje moraju biti modificirane prema individualnim karakteristikama i potrebama pacijenta.

## 7. DISKUSIJA

U poglavlju diskusija bit će iznesena mišljena autora rada o saznanjima koja je stekao proučavajući znanstvene radove i članke na temu ozljeda kralježnice. Kao što je već nekoliko puta navedeno u radu svaka je osoba individua tako i pristup svakoj osobi mora biti individualan. Ono što pomaže jednoj osobi u značajnoj mjeri može odmoći drugoj. Ozljede lumbosakralne kralježnice treba sagledavati kao i sve druge ozljede lokomotornog sustava te svakoj treba pristupiti kao da je posebna. Zastarjeli načini rehabilitacije ne uzimaju u obzir individualne karakteristike pojedinca te specifičnost ozljede. Isto tako u rehabilitaciju kralježnice nužno je uvesti učenje pokreta koji se izvode na svakodnevnoj bazi, a ne stvaraju dodatno oštećenje i dodatnu bol. U pogledu vježbanja i rehabilitacije bitno je znati odgovor na pitanje zašto. Zašto osobi koja nema dovoljnu stabilnost davati vježbe istezanja? Zašto osobi koja ima posteriornu ozljedu diska dati da radi opetovane i opterećujuće fleksije kralježnice? Situacija se još više pogoršava kada osobi koja ima posteriornu ozljedu diska i određene nestabilnosti zadajemo vježbu u kojoj pokušava u stojećem položaju dohvatiti nožne prste ili kada ležeći na leđima pokušava privući koljena prsima. Dva su razloga zbog koji bi se to moralo izbaciti iz programa rehabilitacije. Upravo je fleksija kralježnice i dovela do nestabilnosti i posteriorne ozljede diska jer pritiskom na disk s anteriorne strane raslojavaju se posteriorni slojeve anulusa te se nukleus potiskuje prema posteriorno pogoršavajući stanje ozljede. Umjesto toga poželjno bi bilo stabilizirati kralježnicu u neutralnoj poziciji kako bi nucleus ponovo migrirao na svoje mjesto a kralježnica dobila na stabilnosti. Ukoliko je nema u nekim slučajevima može biti uzrok bola. Zašto osobi sa spondilolistezom dati da izvodi mrtvo dizanje kad se zna da će smicajne sile negativno utjecati na ozljedu. U ovom slučaju bolja varijanta bi bila vježba Ptica pas koja će aktivirati ekstenzore leđa i posteriorni kinetički lanac a neće nužno stvoriti smicajne sile koje idu iz smjera posteriorno prema anteriorno, a koje mogu pogoršati situaciju. Druga opcija bi bila vježba Stražnji most u kojoj sile djeluju obrnuto tj. od anteriorno prema posteriorno a klijent im se opire pokušavajući zadržati neutralnu poziciju kralježnice i istovremeno ekstendirati kuk te aktivirati stražnji kinetički lanac. Zašto osobi s ozljedom fasetnog zgloba davati da izvodi hiperekstenziju kralježnice. Vježba koja se često vidi u copy paste programima rehabilitacije kralježnice je Leđnjak. Klasičnim načinom izvođenja pri jednom ponavljanje na kralježnicu se stavlja kompresija od oko 6000N. U poglavlju ovog rada pod nazivom Mehanizmi ozljeda i opterećenje kralježnice navedena su vršna opterećenja koja su sigurna za kralježnicu i

preko kojih ne bi trebalo ići. Ona su gotovo duplo manja od opterećenja koja na kralježnicu budu stavljena ukoliko se propiše izvođenje Leđnjaka. Vršna opterećenja iznose oko 3300N. Jedna od najčešće propisanih rehabilitacija je i plivanje. Je li to pravo rješenje opet ovisi od problema do problema. Dok će osobi koja je kruta i u konstantnom spazmu plivanje goditi osoba koja je nestabilna u lumbosakralnom segmentu plivanje će pogoršati situaciju. Zašto? Voda je generalno medij koji je nestabilan u smislu da ljudi puno lakše mogu kontrolirati segmente tijela na površini gdje imaju stabilan oslonac nego gdje plutaju. Recept za katastrofu je osobu kojoj fali stabilnosti staviti u nestabilne uvjete. Poštujući osnovne principe u kineziologiji osobe bi trebale prvo savladavati lakše, pa teže, jednostavnije pa složenije i isto tako stabilnije pa nestabilnije uvjete. Jesu li Yoga i Pilates rješenje? Ovisi. I u Yogi i u klasičnom Pilatesu postoje segmenti koji mogu situaciju s bolnim leđima olakšati ali i otežati. Stavi li se klijent koji ima posteriorno oštećenje diska u klasičan Pilates ozljeda bi se mogla pogoršati. Stavi li se klijent s nestabilnom kralježnicom u sistem treninga koji koristi elemente Yoge, situacija bi se mogla pogoršati. Kvalitetnom modifikacijom i prilagodbom klijentu i njegovom individualnom problemu i Yoga i Pilates mogu pronaći mjesto u rehabilitaciji. Iako se zbog kompleksnosti ne može generalizirati, prvi cilj rehabilitacije bolova u lumbalnosakralnoj kralježnici je u većini slučajeva život bez bolova. Je li uvijek moguće konzervativnom putem postići oporavak? Odgovor na ovo pitanje je složen i ovisi o kompleksnosti ozljede. Operativno liječenje svakako bi trebao predložiti liječnik i to u situacijama kada uz probleme s leđima dolazi i do neuroloških problema koji su vezani uz nemogućnost kontrole stolice i urina, u slučajevima trauma kao što je na primjer prometna nesreća, kada su bolovi nesnošljivi i traju duži vremenski period bez ikakvog poboljšanja itd. U ostalim slučajevima uvijek se prvo preporuča konzervativna terapija. Razlog tome je što operacijsko liječenje često puta ne dovede do zadovoljavajućeg rezultata. Siepe i sur. (2010) otkrivaju da klasične fuzije dovode do artritisa susjednih fasetnih zglobova. Zamjene diska, umjetnim diskom dovode do ozljeda fasetnih zglobova na istom nivou (Hellum i sur., 2012). Pretpostavka je da će umjetni disk simulirati iste kretnje koje ima i prirodni disk no to se ne događa te zbog toga fasetni zglobovi trpe veliki stres zbog kojega s vremenom postanu preosjetljivi i bolni. Nguyen, T.H., Randolph, D.C., Talmage, J., Succop, P., i Travis, R. (2011) objavljuju studiju u kojoj su kroz tri godine pratili ljude s povijesti bolova u leđima. 725 osoba je bilo podvrgnuto fuziji te se od njih 725 kroz dvije godine na posao vratilo svega 27% osoba. Za razliku od njih, 725 osoba bilo je podvrgnuto konzervativnom liječenju te se 67% ljudi vratilo na posao. Zbog navedenih činjenica preporuka je da se, osim u slučaju

hitnosti i nužde, uvijek prvo provede konzervativan terapija koja bi mogla dati zadovoljavajuće rezultate. Upravo zbog toga bitno je napraviti dobru procjenu stanja kroz kvalitetan intervju i testiranje te temeljem dobivenih rezultata organizirati terapijsko vježbanje sukladno individualnom stanju pojedinca i njegovoj kliničkoj slici. Pitanja koja su nužna da bi se stvorio dobar plan i program terapijskog vježbanja su sljedeća. Koji mehanizmi su ti koji uzrokuju ili pogoršavaju bol? Koji mehanizmi olakšavaju postojeće stanje? Koji kineziološke operatore će se koristiti u rehabilitaciji? Kada se odgovori na ta pitanja reducirat će se upotreba kinezioloških operatora koji imaju dvojbenu učinkovitost te će i ozljede koje se mogu sanirati neoperativnim putem rjeđe završavati na kirurškom stolu.



## 8. ZAKLJUČAK

Ozljede lumbosakralne kralježnice u najvećem broju slučajeva imaju svoju mehaničku pozadinu. Svakodnevnim pokretima koji su biomehanički upitno ispravni, aktivna i pasivna tkiva postaju preopterećena. Adekvatna stabilnost, izdržljivost i jakost neophodni su za zdravlje kralježnice. Pretjerana pokretljivost u izravnoj je vezi s povećanim rizikom od nastanka bolnih sindroma u donjem dijelu leđa. Kralježnica nije konstruirana kao kuglasti zglob ramena ili kuka te zahtjeva potpuno drugačija pravila kako bi ostala neozlijeđena. Ovim radom nastojalo se to i dokazati te objasniti zašto pokreti koji su biomehanički prihvatljivi igraju značajnu ulogu kako u prevenciji, tako i u rehabilitaciji ozljeda lumbosakralne kralježnice.

Biomehanički ispravni pokreti imaju ključnu ulogu u rehabilitaciji kralježnice. Oni poboljšavaju funkcionalnosti, smanjuju bol, jačaju mišiće i povećavaju stabilnosti kralježnice te sprječavaju ponavljanje ozljeda. Redovito izvođenje ovih pokreta može značajno poboljšati kvalitetu života pacijenata s problemima s bolnom kralježnicom.

## **9. POPIS TABLICA**

Tablica 1 - opterećenja tijekom abdominalnih vježbi .....	20
Tablica 2 - opterećenja prilikom standardnih vježbi potiska i povlačenja .....	20

## 10. POPIS SLIKA

Slika 1 Anteriorni, posteriorni i lateralni prikaz kralježnice .....	4
Slika 2 Intervertebralni disk s prikazom slojeva nucleus pulposusa i annulus fibrosusa .....	6
Slika 3 Duboki mišići leđa .....	7
Slika 4 Prikaz presjeka mišića trupa i torakolumbalne fascije.....	13
Slika 5 Kolabriranje pokrovne plohe trupa kralješka .....	14
Slika 6 Migracije nucleus pulposusa u diskovima različitih oblika .....	16
Slika 7 Palpacija lumbalnih ekstenzora .....	21
Slika 8.1 Test pad na pete .....	23
Slika 8.2 Test pad na pete .....	23
Slika 9.1 Test sjedeće kompresije s kralježnicom u neutralnom položaju .....	24
Slika 9.2 Test sjedeće kompresije s kralježnicom flektiranom položaju .....	24
Slika 10 Test stojeće ekstenzije, lateralne fleksije i rotacije .....	25
Slika 11 Test za spondilolistezu .....	26
Slika 12 Test smicajnih sila .....	26
Slika 13 Hip hinge .....	29
Slika 14 . Klasičan Leđnjak.....	31
Slika 15.1 BIG 3 - Modificirani Trbušnjak .....	31
Slika 15.2 BIG 3 – Bočni upor .....	31
Slika 15.3 BIG 3 – Ptica-pas .....	32

## 11. LITERATURA

American Medical Association (1990) Guides to the evaluation of permanent impairment (3rd edition) staviti izdavača.

Adams, M.A., i Dolan, P. (1995) Recent advances in lumbar spinal mechanics and their clinical significance. *Clinical biomechanics*, 10 (1): 3.

Adams, M.A., i Dolan, P. (2005) Spine biomechanics. *Journal of biomechanics*, 38: 1972-1983.

Andersson, E., Oddsson, L., Grundstorm, H., Nilsson, J., i Thorstensson, A. (1995) The role of the psoas and iliacus muscle for stability and the movement of the lumbar spine, pelvis and hip. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 5: 10-16.

Aultman, C.D., Drake, J., Callaghan, J.P., i McGill, S.M. (2004) The effect of static torsion on the compression strength of the spine: An invitro analysis using a porcine spine model. *Spine*, 29 (15): E304-309.

Battie, M.C., Bigos, S.J., Fisher, L.D., Spengler, D.M., Hansson, T.H., Nachemson, A.L., i Wortley, M.D. (1990) The role of spinal flexibility in back pain complaints within industry: A prospective study. *Spine*, 15: 768-773.

Bedzinski, R. (1992) Application of speckle photography methods to the investigations of deformation of the vertebral arch. In: Little, E.G. (Ed.), *Experimental mechanics*. New York: Elsevier.

Bogduk, N. (1980) A reappraisal of the anatomy of the human lumbar erector spinae. *Journal of anatomy*, 131 (3): 525.

Brinckmann, P., Biggemann, M., i Hilweg, D. (1989) Prediction of compressive strength of human lumbar vertebrae. *Clinical biomechanics*, 4 (Suppl. 2) S1-S27.

Burton, A.L., Tillotson, K.M., i Troup, J.D.G. (1989) Prediction in low back trouble frequency in a working population. *Spine*: 14: 939-946

.

Callaghan, J.P., i McGill, S.M. (2001) Intervertebral disc herniation: Studies on a porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with compressive forces. *Clinical biomechanics*, 16(1): 28-37.

Callaghan, J.P., Patla, A.E., I McGill, S.M. (1999) Low back three-dimensional joint forces, kinematics and kinetics during walking. *Clinical biomechanics*, 14: 203-216.

Cripton, P., Berlemen, U., Visarino, H., Begeman, P.C., Nolte, L.P. i Prasad, P. (1995) Response of the lumbar spine due to shear loading. In: *Injury prevention through biomechanics* (p. 111). Detroit: Wayne State University.

D'Ambrosia, P., king, K., Davidson, B., Zhou, B., Lu, Y., i Solomonow, M. (2010) Pro-inflammatory cytokines expression increases following low and high magnitude cyclic loading of lumbar ligaments. *European spine journal*. Doi:10.1007/s00586-010-137104.

Fyhrie, D.P. i Schaffler, M.B. (1994) Failure mechanisms in human vertebral cancellous bone. *Bone*, 15 (1): 105-109.

Gallois, J., and Japioz, T. (1925) Arhitecture interieure des vertebres du point de vue statique et physiologique. *Rev Chir (Paris)*, 63:687-708.

Gunning, J.L., Callaghan, J.P., i McGill, S.M. (2001) The role of prior loading history and spinal posture on the compressive tolerance and type of failure in the spine using porcine trauma model. *Clinical biomechanics* 16 (6): 471-480.

Hellum, C., Berg, L., Gjertsen, O., Johnsen, L.G., Neckelmann, G., Storheim, K., Keller, A., Grundes, O., i Espeland, A. (2012) Adjacent level degeneration and facet arthropathy after disc prosthesis surgery or rehabilitation in patients with chronic low back pain and degenerative disease. *Spine*, 37 (25): 2063-2073.

Henke, K.G., Sharratt, M.T., Pegelow, D., i Dempsey, J.A. (1988) Regulation of end-expiratory lunge volume during exercise. *Journal of applied physiology*, 64: 135-146.

Ikedo, D., i McGill, S.M. (2012) Can altering motions, postures and loads provide immediate low back pain relief: A study of four cases investigating spine load, posture and stability. *Spine*, 37 (23): E1469-E1475.

Juker, D., McGill, S.M., i Kropf, P. (1998) Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during cycling. *Journal of applied biomechanics*, 14 (4): 428-438.

Juker, D., McGill, S.M., Kropf, P., i Steffen, T. (1998) Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Medicine & science in sports & exercise*, 30 (2): 301-310.

Lucas, D., i Bresler, B. (1961) Stability of the ligamentous spine. Tech. Report No. 40, Biomechanics Laboratory, University of California, San Francisco.

McGill, S.M. (1991a) Electromyographic activity of the abdominal and low back musculature during the generation of isometric and dynamic axial trunk torque: Implications for lumbar mechanics. *Journal of orthopaedic research*, 9: 91.

McGill, S.M. (1991b) The kinetic potential of the lumbar trunk musculature about three orthogonal orthopaedi axes in extreme postures. *Spine*, 16 (7): 809-815.

McGill, S.M. (1996) A revised anatomical model of the abdominal musculature for torso flexion efforts. *Journal of biomechanics*, 29 (7): 973-977.

McGill, S.M. (1997) Biomechanics of low back injury. Implications on current practice and the clinic (Invited paper). *Journal of biomechanics*, 30 (5): 465-475.

McGill, S.M., Hughson, R.L., i Parks, K. (2000) Changes in lumbar lordosis modify the role of the extensor muscles. *Clinical biomechanics*, 15 (1): 777-780.

McGill, S.M. (2015) Back mechanic: The step-by-step McGill Method to fix back pain. Waterloo, ON: Backfitpro Inc.

McGill, S.M. (2016). Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation. Human Kinetics 107 Bradford Road Stanningley Leeds LS28 6AT, United Kingdom.

Nachemson, A. (1966) The load on lumbar discs in different positions of the body. *Clinical orthopaedics and related research*, 45: 107.

National institute for occupational safety and health (NIOSH). (1981) Work practices guide for manual lifting. NIOSH publication No. 81-122. Washington, DC: U.S. department of health and human services (DHHS).

Nelson-Wong, E., I Callaghan, J. (2014) Transient low back pain development during standing predicts future clinical low back pain in previously asymptomatic individuals. *Spine*, 39 (6): E379-E383.

Nguyen, T.H., Randolph, D.C., Talmage, J., Succop, P., i Travis, R. (2011) Long terme outcomes of lumbar fusion among workers' compensation subjects: A historical cohort study. *Spine*, 36 (4)-. 320-331.

Nitz, A.J. i Peck, D. (1986) Comparasion of muscle spindle concentrations in large and small human epaxial muscles acting in parallel combinations. *American surgeon*, 52: 273-277.

Norman, R.W. Wells, R., Neumann, P., Frank, J., Shannon, H., i Kerr, M. (1998) A comparicon of peak vs. Cumulative physical work exposure factors for the reporting of low back pain in the automotive industry. *Clinical biomechanics*, 13: 561-573.

Porterfield, J.A., i DeRosa, C. (1998) Mechanical low back pain: Perspectives in functional anatomy. Philadelphia: W.B. Saunders.

Richardson, C., Jull, G., Hodges, P., i Hides, J. (1999) Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain. Edinburgh: Churchill Livingstone.

Roberts, S., Menage, J., i Urban J.P.G. (1989) Biomechanical and structural properties of the cartilage end-plate and its relationship to the intervertebral disc. *Spine*, 14:166.

Saal, J.A., i Saal, J.S. (1989) Nonoperative treatment of herniated lumbar intervertebral disc with radiculopathy: An outcome study. *Journal of Biomechanics*, 14: 431-437.

Santaguida, S., i McGill, S.M. (1995) The psoas major muscle: A three dimensional mechanical modelling study with respect to the spine based on MRI measurement. *Journal of biomechanics*, 28: 339-345.

Scannell, J., i McGill S.M. (2003) Lumbar posture – Should, and can, it be modified? A study of passive tissue stiffness and lumbar position in activities of daily living. *Physical therapy*, 83 (10): 907-917.

Siepe, C.J., Zelenkov, P., Sauri-Barraza, J-C., Szeimies, U., Grubinger, T., Tepass, A., Stabler, A., i Mayer, M. (2010) The fate of facet joint and adjacent level disc degeneration following total lumbar disc replacement: A prospective clinical, x-ray, and magnetic resonance imaging investigation, *Spine*, 35 (22): 1991-2003.

Silifies, S.P., Mehta, R., Smith, S.S., i Karduna, A.R. (2009) Differences in feedforward trunk muscle activity in subgroups of patients with mechanical low back pain. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 90 (7): 1159-1169.

Sobotta, Atlas of Human Anatomy, Volume 2, Trunk, Viscera, Lower Limb, 14. izdanje, (2006).

Solomonow, M., Zhou, B.H., Harris, M., Lu, Y., i Baratta, R. V. (2000) The ligamentomuscular stabilizing system of the spine. *Spine*, 203: 2552-2562.

Wilder, D.G., Pope, M.H. i Frymoyer, J.W. (1988) The biomechanics of lumbar disc herniation and the effect of overload and instability. *Journal of spinal disorders*. 1 (1): 16.



Yingling, V.R. i McGill, S.M. (1999b) Anterior shear of spinal motion segments: Kinematics, kinetics and resulting injuries observed in a porcine model. *Spine*, 24 (18): 1882-1889.