

Transosealna fiksacija tetive infraspinata ovce jednim redom sidara

Tršek, Denis

Doctoral thesis / Disertacija

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:554522>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**



Repository / Repozitorij:

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine
Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

MEDICINSKI FAKULTET

Denis Tršek

**Transosealna fiksacija tetive
infraspinata ovce jednim redom sidara**

DISERTACIJA



Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

MEDICINSKI FAKULTET

Denis Tršek

**Transosealna fiksacija tetive
infraspinata ovce jednim redom sidara**

DISERTACIJA

Zagreb, 2015.

Rad je izrađen na Medicinskom fakultetu i Veterinarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, dok je istraživanje provedeno u Zavodu za procesno inženjerstvo - Laboratorij za tehnološke operacije, Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a u sklopu znanstvenoistraživačkog projekta „Nove metode u dijagnostici i liječenju bolesti i ozljeda ramena“, voditelja i mentora prof. dr. sc. Nikole Čička.

Voditelj rada

prof. dr. sc. Nikola Čičak, dr. med.

Zahvaljujem se:

svojem učitelju i mentoru **prof. dr. sc. Nikoli Čičku** na stručnom vođenju i tehničkoj pomoći pri osmišljanju i provođenju istraživanja te na savjetima u izradi rada, kao i na strpljenju, razumijevanju i na znanstvenoj i stručnoj pomoći koju mi je pružio tijekom čitave moje ortopedske karijere,

prof. dr. sc. Draženu Matičiću i njegovom timu na ustupanju svojih resursa i na potpori u izradi rada,

prof. dr. sc. Damiru Ježeku i njegovom timu na tehničkoj podršci i stručnoj pomoći u izvođenju istraživanja,

prof. dr. sc. Damiru Semenskom na stručnoj pomoći i korisnim savjetima u pripremi pokusa,

dr. sc. Hrvoju Klobučaru na izradi crteža u radu i na pomoći u provedbi cjelokupnog istraživanja,

mojoj šogorici, **Željki Blažetić**, prof., na lektoriranju rada i šogoru **Marinu Blažetić** na tehničkoj podršci,

a rad u cijelosti posvećujem **Ani, Petri, Barbari i Mirjani** jer bez njih ništa ne bi imalo smisao.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. ANATOMIJA RAMENOG ZGLOBA	2
1.1.1. Rameni zglob	2
1.1.2. Rotatorna manšeta	3
1.2. FUNKCIONALNA ANATOMIJA RAMENOG ZGLOBA.....	5
1.3. RUPTURA ROTATORNE MANŠETE	6
1.3.1. Klinička slika rupture rotatorne manšete	7
1.3.2. Dijagnostičke metode rupture rotatorne manšete	8
1.3.3. Klasifikacija ruptura rotatorne manšete	12
1.3.4. Nekirurško liječenje rupture rotatorne manšete.....	15
1.3.5. Kirurško liječenje rupture rotatorne manšete	16
1.3.5.1. Otvorena tehnika	17
1.3.5.2. Mini-open tehnika	22
1.3.5.3. Artroskopska tehnika	23
1.3.5.3.1. Artroskopske tehnike rekonstrukcije tetive rotatorne manšete postavljanjem koštanih sidara u jednom redu	26
1.3.5.3.2. Artroskopske prenosne tehnike u rekonstrukciji tetive rotatorne manšete uz korištenje koštanih sidara	27
1.3.5.3.3. Artroskopske tehnike rekonstrukcije tetive rotatorne manšete postavljanjem koštanih sidara u dva reda	28
1.3.5.3.4. Artroskopske transosealne tehnike rekonstrukcije tetive rotatorne manšete korištenjem koštanih sidara	30
1.4. ARTROSKOPSKI ČVOROVI, KONCI I KOŠTANA SIDRA	35
1.5. ANATOMIJA RAMENA OVCE	36
1.6. BIOMEHANIKA REKONSTRUIRANE ROTATORNE MANŠETE	38
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	41
3. HIPOTEZA	42
4. MATERIJALI I METODE.....	44
4.1. MATERIJALI.....	44
4.2. METODE	45
4.2.1. Pripreme za operaciju	45
4.2.2. Operacija.....	47
4.2.2.1. Transosealna tehnika rekonstrukcije rotatorne manšete.....	49
4.2.2.2. Tehnika dva reda koštanih sidara rekonstrukcije rotatorne manšete	50
4.2.3. Histološka analiza	53
4.2.4. Mehanička analiza	54
4.3. STATISTIČKE METODE	57
5. REZULTATI.....	58

5.1. ANATOMSKE OSOBINE ŽIVOTINJA PRIJE POČETKA ISPITIVANJA.....	58
5.2. REZULTATI MEHANIČKOG ISPITIVANJA	67
5.2.1. Hvatište tetive infraspinatausa.....	67
5.2.2. Resecirani dio tetive i vrijednosti mehaničkog ispitivanja.....	70
5.2.3. Vrijednosti mehaničkog ispitivanja.....	72
6. RASPRAVA	79
7. ZAKLJUČAK.....	91
8. SAŽETAK.....	93
9. SUMMARY	96
10. POPIS LITERATURE.....	99
11. ŽIVOTOPIS	111

POPIS OZNAKA I KRATICA

- SMC - Samsung Medical Centre - klizni, okretni artroskopski čvor
- SAK - Secure Arthroscopic Knot - klizni, okretni artroskopski čvor
- MRH - Modified Racking Hitch - zapeti klizni čvor
- G1 - ispitivana grupa kod koje se tetiva infraspinata ovce rekonstruira artroskopskom transosealnom metodom primjenom dvaju koštanih sidara
- G2 - ispitivana grupa u kojoj se tetiva infraspinata ovce rekonstruira metodom postavljanja koštanih sidara u dva reda; jedno sidro postavlja se medijalno, a druga dva lateralno
- GK - kontrolna grupa kod koje se ne odvaja tetiva infraspinata od hvatišta na humerusu
- Fp - sila rastezanja koja je dovela do pucanja tetive u kidalici
- Dp - maksimalna postignuta distanca rastezanja tetive u kidalici
- Fr - maksimalna sila rastezanja pri kojoj još nije došlo do pucanja tetive u kidalici
- Dr - distanca rastezanja tetive pri kojoj je izmjerena sila, ali još nije došlo do pucanja tetive u kidalici
- I - vrijednost istezanja - razmak koji se postigne plastičnom deformacijom (istezanjem) konstrukcije tetiva-kost
- P2 - površina hvatišta tetive infraspinata (engl. *footprint*) nakon što se pokida rekonstruirana tetiva infraspinata, novonastali *footprint* nakon 3 mjeseca cijeljenja
- Sr - srednja vrijednost
- N - broj opažanja (životinja)
- SD - standardna devijacija
- IP - intervali pouzdanosti
- DoK - donji kvartil
- GoK - gornji kvartil
- Med - medijan (srednja vrijednost po položaju)

1. UVOD

Rameni zglob osobito je ranjiv zbog stresa na njegov stabilizirajući mehanizam koji tvore statički i dinamički stabilizatori. Statički stabilizatori su ligamentarno labralni kompleks, a dinamički stabilizatori su mišići rotatorne manšete⁽¹⁾.

Rotatorna manšeta u čovjeka sastoji se od četiriju mišića i njihovih tetiva. To su subscapularis, supraspinatus, infraspinatus i teres minor⁽²⁾.

Rupture tetiva rotatorne manšete, prvenstveno tetive supraspinatusa, često se susreću u osoba starijih od 40 godina. Rotatorna manšeta ključna je anatomska struktura koja omogućava dinamičku stabilizaciju glave humerusa. Gubitkom funkcije rotatorne manšete gubi se funkcija ruke.

Rotatorna manšeta smještena je između dvaju koštanih entiteta. Kranijalno se nalazi akromion skapule, a kaudalno veliki tuberkul humerusa. Zato je ona tijekom života pri pojačanom i dugotrajnom radu ruke iznad visine ramena u stalnom položaju kompresije i traumatiziranja.

1.1. ANATOMIJA RAMENOG ZGLOBA

1.1.1. Rameni zglob

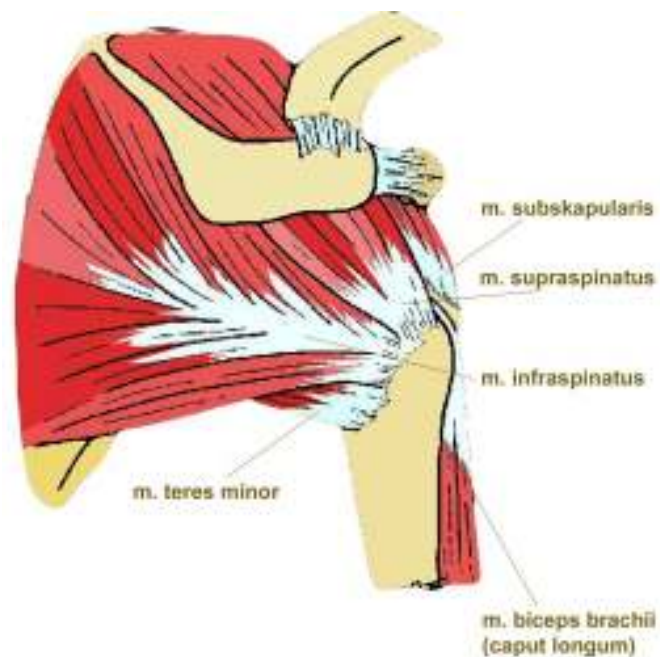
Kretnje nadlaktice, pa i cijele ruke, vrše se u području ramenog obruča i ramena istodobno u tri zglobova. Zato rameni obruč i rameni zglob moramo shvatiti i proučavati kao funkcionalnu cjelinu. Rameni zglob je najpokretljiviji zglob u ljudskom tijelu. Pokretljivost zgloba omogućuje nesrazmjer zglobnih tijela i obilatost zglobne čahure. Zbog tih je osobina zglob istodobno i relativno nestabilan. Glenohumeralni zglob osobito je ranjiv zbog golemog stresa na njegov stabilizirajući mehanizam koji tvore statički stabilizatori (ligamentarno labralni kompleks) i dinamički stabilizatori (mišići rotatorne manšete).

Mišići ramena povezuju kosti ramenog obruča i nadlaktičnu kost. Imamo ih šest, a najvažniji je m. deltoideus. Ostalih pet mišića pokriva prednju (m. subscapularis) i stražnju (m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres major, m. teres minor) stranu lopatice^(3,4).

1.1.2. Rotatorna manšeta

Rotatorna manšeta sastavljena je od četiriju mišića - subskapularis, supraspinatus, infraspinatus i teres minor te od njihovih mišićnotetivnih priključaka (slika 1.1).

Burza u subakromialnom prostoru osigurava lubrikaciju rotatorne manšete^(5,6).



Slika 1.1. Prikaz anatomije tetive rotatorne manšete

Mišić supraspinatus leži u fosi supraspinati skapule koju potpuno ispunjava. Mišić polazi s medijalne strane fose i s fascije supraspinati. Mišićne niti idu lateralno, prolaze ispod akromiona i lateralnog okrajka ključne kosti. Hvataju se tetivom na gornju fasetu velikog tuberkula nadlaktične kosti. To se područje zbog svog karakterističnog oblika naziva *footprint* (engl. footprint = otisak stopala). Tako prolazi sa stražnje strane zglobne čahure ramenog zgloba s kojom i čvrsto srašćuje. Mišić inervira supraskapularni živac, a opskrba krvlju ide preko supraskapularne arterije^(3,4).

Područje hvatišta tetive na nadlaktičnoj kosti relativno je avaskularno. Najslabija opskrba krvlju je s prednje strane tetive s artikularne strane⁽⁷⁾.

Mišić subskapularis je trokutast mišić koji pokriva prednju stranu nadlaktice, a vrh mu je na gornjem kraju nadlaktične kosti, postavljen između rebara i lopatice. Mišić polazi iz supskapularne udubine koju potpuno ispunjava. Mišićne niti skupljaju se prema gore i lateralno, prolaze ispod korakoidnog nastavka te se hvataju kratkom tetivom na mali tuberkul i manjim dijelom ispod malog tuberkula. Između ta dva dijela mišića prolazi prednja humeralna cirkumfleksna arterija. Ispod mišića provlači se aksilarni živac i stražnja humeralna cirkumfleksna arterija. Inervira ga subskapularni živac. Krvnu opskrbu dobiva preko subskapularne arterije, a dijelom i od prednje cirkumfleksne humeralne arterije⁽³⁾.

Mišić infraspinatus je trokutast mišić s bazom u fosi infraspinati koju ispunjava. Fosa infraspinati dvostruko je veća od fose supraspinati pa je i mišić dvostruko veći. Mišićne niti skupljaju se lateralno i prelaze u tetivu koja nastavlja ispod akromiona i hvata se na srednju fasetu velikog tuberkula nadlaktične kosti. Tetiva je čvrsto srasla sa zglobnom čahuricom ramenog zgloba. Mišić je inerviran od supraskapularnog živca. Krvna opskrba dolazi od supraskapularne arterije i dijelom od subskapularne arterije⁽³⁾.

Mišić teros minor malen je i obao mišić priljubljen uz donji rub mišića infraspinatusa. Mišić prolazi gornjim dijelom lateralnog ruba lopatice. Mišićne niti usmjerene su gore i lateralno i kratkom se tetivom vežu na donju fasetu velikog tuberkula nadlaktične kosti. Tetiva mišića srasla je s čahuricom zgloba. Mišić inervira aksilarni živac, a opskrbu krvlju najviše dobiva od stražnje cirkumfleksne skapularne arterije⁽³⁾.

1.2. FUNKCIONALNA ANATOMIJA RAMENOG ZGLOBA

Razumijevanje funkcionalne anatomije rotatorne manšete pomaže pri razumijevanju njenih poremećaja. Rotatorna manšeta je dinamički stabilizator glenohumeralnog zgloba. Statički stabilizatori su kapsula i labrum kompleks, uključujući glenohumeralne ligamente. Unatoč tome što mišići rotatorne manšete generiraju snagu okretanja, oni također pritišću glavu humerusa. Deltoid abducira rame. Bez rotatorne manšete, posebno u prvih 60° humeralne elevacije, nezaustavljen deltoid uzrokovao bi kranijalno kretanje glave humerusa, što rezultira subakromijalnim impigmentom⁽⁸⁾.

Mišić supraspinatus snažan je abduktor nadlaktice i pomaže deltoidnom mišiću. Pri elevaciji ruke zadržava glavu nadlaktične kosti u zglobnoj čašici i priječi udar velikog tuberkula nadlaktične kosti u akromion⁽²⁾.

Mišić subskapularis je glavni rotator nadlaktice prema unutra, a još i aducira nadlakticu. Mišić istodobno zateže zglobnu čahru ramenog zgloba. Tonus mišića djeluje kao aktivna sveza i osigurava rameni zglob⁽²⁾.

Mišić infraspinatus rotira nadlakticu prema van. Donji dio mišića spušta i aducira nadlakticu. Također djeluje na rameni zglob kao aktivna sveza pa održava stalan odnos zglobnih tijela⁽⁴⁾.

Mišić teros minor djeluje kao mišić infraspinatus i sudjeluje u rotaciji nadlaktice⁽⁴⁾.

Glenohumeralni zglob također je stabiliziran izvana tetivama mišića rotatorne manšete i dugom glavom tetive bicepsa.

Duga glava tetive bicepsa kreće od supraglenoidnog tuberkula skapule, prolazi između mišića supraspinatusa i subskapularisa, izlazi iz ramena kroz bicipitalni utor ispod transverzalnog humeralnog ligamenta i ulazi na tuberkul radijusa. Duga glava bicepsa inervirana je muskulokutanim živcem (C5-C6). Njena primarna uloga je stabilizirati i flektirati humeralnu glavu te savijati rame.

1.3. RUPTURA ROTATORNE MANŠETE

Patologija rotatorne manšete može biti uzrokovana unutarnjim ili vanjskim utjecajima. Vanjski utjecaji uključuju traumatske rupture tetiva uslijed pada ili nesreće. Unutarnje ozljede uslijed ponavljajućeg podizanja, guranja, potezanja ili bacanja također se događaju uslijed vanjskih utjecaja. Primjeri unutarnjih utjecaja uključuju lošu prokrvljenost, normalno trošenje ili degeneraciju uslijed starenja i kalcifikaciju tetiva.

Tendinitis rotatorne manšete je izraz koji se koristi za opis iritacije tetiva, ili uslijed vanjskog pritiska na akromion, ili manje uobičajeno, uslijed unutarnje patologije tetive. Iriracija obližnje burze poznata je kao subdeltoidni ili subakromijalni

burzitis. Ponavljajuće aktivnosti iznad visine glave koje rezultiraju iritacijom tetiva i burze uslijed ponavljajućeg kontakta s površinom akromiona nazivaju se impingement sindrom.

Disfunkcija rotatorne manšete najčešće je nastavak patologije koja počinje tendinitisom i burzitisom, preko parcijalne rupture do kompletne rupture jedne ili više tetiva. Iako se raniji stadiji mogu riješiti konzervativnim liječenjem, ruptura tetive može biti složenija. Te ruptуре najčešće se pojavljuju na mjestu vezanja tetive i kosti. Zbog relativno loše prokrvljenosti tog područja, ozljede tetive na tom mjestu rijetko dobro zacjeljuju. Osim toga, preostala napetost u mišićno-tetivnoj jedinici, ili mišićni tonus, vuče otkinute niti dalje od kosti, sprječavajući ponovno vezanje. Konačno, zglobna tekućina iz unutrašnjosti ramena može prodirati u otvor ruptуре i spriječiti normalni proces zacjeljivanja^(5,9-12).

1.3.1. Klinička slika ruptуре rotatorne manšete

Prvi je opisao ruptуре rotatorne manšete Smith još 1834. godine⁽¹³⁾.

Razvoj degenerativnih promjena unutar rotatorne manšete među prvima su opisivali Duplay⁽¹⁴⁾, Meyer^(15,16), Codman⁽¹⁷⁾, Neer⁽¹⁸⁾. Točan mehanizam nastanka degeneracije unutar tetiva rotatorne manšete još je uvijek tema za raspravu.

Ruptura rotatorne manšete u čovjeka daje kliničku sliku boli i otežano pokretanje ruke, odnosno slabost ruke prilikom rada u povišenom položaju. Bol se javlja prilikom podizanja ruke, a osobito između 60° i 140° elevacije ruke. Kliničkim testovima potvrđuje se puknuće pojedinih dijelova rotatorne manšete, a svi se temelje na slabosti određenih mišića tetiva koji je oštećeni.

1.3.2. Dijagnostičke metode ruptуре rotatorne manšete

Rupturu rotatorne manšete možemo dijagnosticirati pomoću kliničkog pregleda, rendgenske slike ramena, ultrazvučnog nalaza i magnetske rezonance ramenog zgloba⁽¹⁹⁾.

Kliničkih testova ima mnogo, ali najvažniji i najčešće upotrebljavani u svakodnevnoj praksi su test supraspinatusa, test infraspinatusa, znak puhača roga, test subskapularisa, Napoleonov znak i lift-off test.

Test supraspinatusa izvodi se s rukom u srednjem položaju, s nadlakticom položenom u ravnini lopatice i s fleksijom u laktu. Izražena je slabost ruke prilikom ispitivačkog pritiska na lopaticu.

Test infraspinatusa izvodi se s nadlakticom u adukciji i laktom u fleksiji od 90°. Pritiskom ispitivačeve ruke na podlakticu ispitanika u smjeru unutarnje rotacije uz otpor ispitavača uočava se slabija snaga u odnosu na suprotnu snagu.

Znak puhača roga prisutan je kada ispitanik iz položaja fleksije i abdukcije nadlaktice uz unutarnju rotaciju ramena ne može izvesti vanjsku rotaciju ramena. Ovaj test ispituje funkciju mišića teresa minora.

Test subskapularisa izvodi se s nadlakticom u abdukciji i laktom u fleksiji od 90°. Prilikom pritiska ispitivačeve ruke na podlakticu ispitanika u smjeru vanjske rotacije uz ispitanikov otpor, uočava se slabija snaga u odnosu na suprotnu stranu.

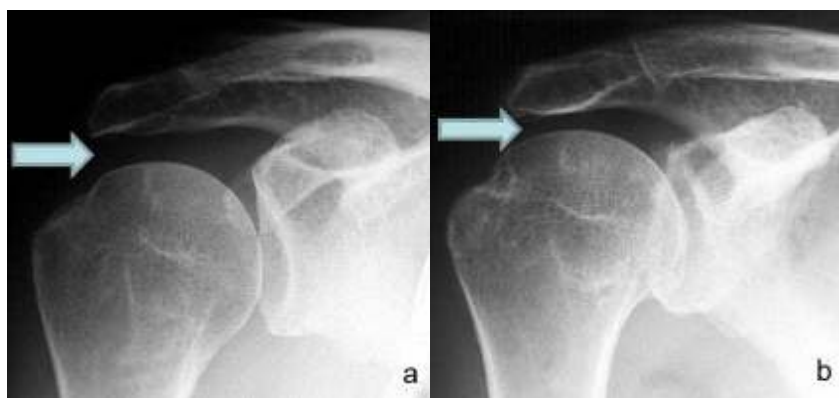
Napoleonov znak također ispituje funkciju mišića subskapularisa. Nadlaktica ispitanika ostaje u abdukciji i blagoj fleksiji, lakat u fleksiji od 90°, a dlan šake prati smjer podlaktice i pritišće trbuh ispitanika. Ako pri izvođenju ovog testa dođe do pomicanja lakta prema straga, test je pozitivan.

Lift-off test je pozitivan ako ispitanik ne može održati ruku u položaju odmaknutom od tijela. Test pokazuje leziju gornjeg ruba subskapuralnog mišića.

Rendgenski nalaz

Rutinski anterioposteriorni, aksilarni i latelarni RTG treba učiniti kao standardnu komponentu svake evaluacije ramena. Dodatno, snimka supraspinatusa, koja se radi iz latelarnog pogleda s 10° nagiba prema dolje, može se također uključiti jer daje bolji pristup akromijalnoj patologiji.

Karakteristične promjene koje uzrokuju kronično oboljenje rotatorne manšete na RTG snimci uključuju subakromijalnu sklerozu, subakromijalne osteofite, sklerozu i cistične promjene unutar velikog tuberkula, sužavanje akromiohumeralnog razmaka (manje od 5 mm) i artritis akromioklavikularnog zgloba⁽²⁰⁾. Kaneko i dr.⁽²¹⁾ koristili su rutinski RTG kako bi napravili screening masivne rupture rotatorne manšete i utvrdili da su najznačajniji pokazatelji za to kranijalna migracija humeralne glave (slika 1.2) i deformacija velikog tuberkula s osjetljivošću od 78% i specifičnošću od 98%. Avulzija ili rubna fraktura, Hill-Sachs lezija i reverzna Hill-Sachs lezija uzrokuju nestabilnost ili prethodne dislokacije.



Slika 1.2. Kranijalizacija glave humerusa, (a) normalan akromiohumeralni, (b) smanjen akromiohumeralni razmak kod rupture rotatorne manšete

Daljnji RTG modaliteti pomažu u dijagnosticiranju totalne rupture rotatorne manšete, ali mogućnost da se utvrdi tendinopatija ili djelomična ruptura manje je pouzdana.

Ultrazvučna dijagnostika

Ultrazvučna dijagnostika jedna je od najpouzdanijih metoda za evaluaciju rupture rotatorne manšete (slika 1.3). To je metoda koja uvelike ovisi o iskustvu samog dijagnostičara.



Slika 1.3. Neprikazivanje rotatorne manšete
Kod masivne rupture rotatorne manšete deltoidni mišić (D) nallježe na
glavu humerusa (H).

Glavni kriteriji za postavljanje dijagnoze ruptur rotatorne manšete su:

- neprikazivanje rotatorne manšete (dolazi kod masivnih i velikih ruptura manšete pri čemu pored tetive supraspinatusa puca i tetiva infraspinatusa),
- žarišno neprikazivanje rotatorne manšete (dolazi kod manjih ruptura manšete i najčešće u kritičnoj zoni supraspinatusa),
- prekid kontinuiteta rotatorne manšete (dolazi kod manjih ruptura manšete kada je defekt ispunjen hiperehogenim reaktivnim tkivom),
- abnormalna ehogenost same manšete.

Ehogenost može biti difuzna i tada govorimo o nepouzdanom znaku za rupturu manšete. Kada imamo žarišnu ehogenost, govorimo o manjoj potpunoj rupturi ili o parcijalnoj rupturi manšete.

Sporedni kriteriji za postavljanje dijagnoze rupture rotatorne manšete su: intraartikularni i ekstraartikularni izljev, konkavna kontura subdeltoidne burze, elevacija glave humerusa, znak nepokrivene hrskavice i iregularnost velikog tuberkula⁽²²⁾.

Magnetska rezonanca

Magnetska rezonanca (MR) ubrzano postaje glavni izbor kod pristupa rotatornoj manšeti (slika 1.4).



Slika 1.4. Prikaz potpune rupture tetive supraspinatusa magnetskom rezonancom

Brojne su prednosti magnetske rezonance: neinvazivnost, multiplantarnost te mogućnost prikaza unutarnje patologije mekog tkiva. MR ima visoku specifičnost (80-95%) i osjetljivost (97-100%) u dijagnosticiranju totalne rupture, ali malu pouzdanost u otkrivanju parcijalne rupture^(23,24). Korištenjem MR moguće je dobiti podatke o poziciji, veličini i obliku totalne rupture, kao i veličinu mišićne retrakcije. Moguće je

dobiti i informacije o povezanoj mišićnoj atrofiji, što pomaže odrediti potencijal za reparaciju⁽²⁵⁾. Otkrivanje parcijalne rupture je zahtjevnije.

1.3.3. Klasifikacija ruptura rotatorne manšete

Akutne i kronične ozljede rotatorne manšete mogu biti uzrokovane rupturama u djelomičnoj ili punoj debljini tetive.

Parcijalna ruptura

Rupture u djelomičnoj debljini tetive imaju veću incidenciju pojavljivanja nego one u punoj debljini tetive i pojavljuju se u 13 do 37% populacije (slika 1.5).

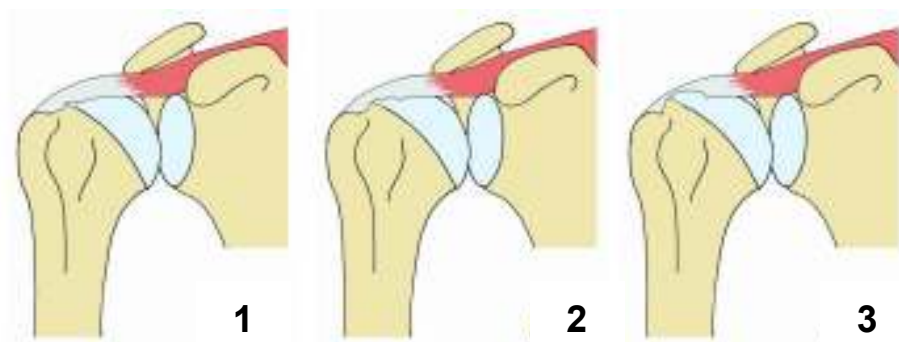


Slika 1.5. Parcijalna intraartikularna ruptura tetive supraspinatusa

Longitudinalni tetivni snop koji se nalazi na burzalnoj strani tetive ima veću sposobnost raspršivanja vučnog naprezanja od isprepletenih, tanjih niti koje se nalaze s artikularne strane tetive⁽²⁶⁾. Zbog toga je za niti na artikularnoj strani tetive vjerojatnije da će iskusiti veće naponsko opterećenje nego za one na burzalnoj strani⁽²⁷⁾. Ovaj se efekt dodatno povećava pri abdukciji gdje se smatra da rotatorna manšeta ima svojstva sličnija svom prirodnom naprezanju nego burzalnoj strani^(27, 28). Matematički modeli potvrđuju eksperimentalne zaključke i impliciraju da se

koncentracija pritiska premiješta s artikularne površine bliže mjestu insercije što povećava abdukcijski kut⁽²⁷⁾. U svakom slučaju, smatra se da prisutnost rupture na artikularnoj strani slabi preostalu intaktnu porciju mjesta insercije što povećava rizik od progresije rupture⁽²⁹⁾.

Intratetivne rupture u cijelosti su smještene unutar tetive. Patologija intratetivnih ruptura smatra se drugačijom od one na burzalnoj ili artikularnoj strani tetive jer se degeneracija tijekom dijeljenja naprezanja smatra uzrokom za ovaj tip rupture⁽³⁰⁾. Rupture burzalne strane tetive značajno su bolnije od onih s artikularne strane ili od intratetivnih ruptura⁽³¹⁾. To može biti povezano s postojanjem tekućine u zglobu, što je češće povezano s tipom rupture u djelomičnoj debljini tetive. Ellmanov klasificira parcijalne rupture na tri stupnja (slika 1.6).



Slika 1.6. Ellmanova klasifikacija parcijalne rupture; 1 - prvi stupanj, 2 - drugi stupanj, 3 - treći stupanj

Kod prvog stupnja oštećeno je manje od $\frac{1}{4}$ debljine tetive ($< 3\text{mm}$). Rupture drugog stupnja zahvaćaju $< \frac{1}{2}$ debljine cijele tetive (3-6 mm), dok parcijalne rupture trećeg stupnja zahvaćaju $> \frac{1}{2}$ debljine cijele tetive ($> 6\text{mm}$).

Parcijalne rupture Habermeyer klasificira na temelju intraartikularnog nalaza promatrajući proširenost puknutog dijela tetive u dvije ravnine, sagitalnoj i frontalnoj^(32,33).

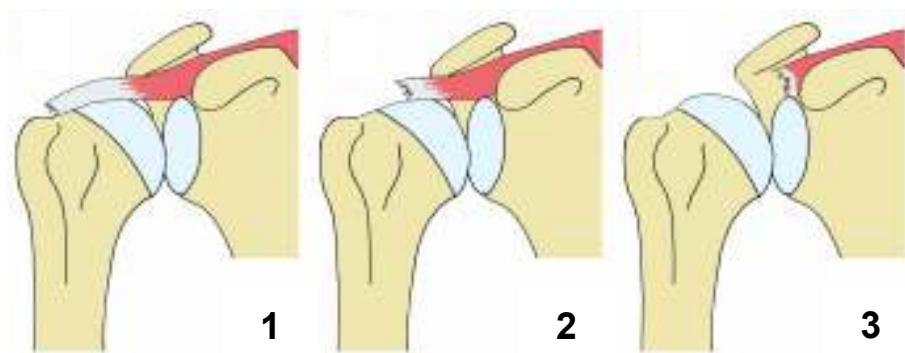
Potpuna ruptura

Jednostavno definirano, ruptura u punoj debljini tetive je otvor u tetivi koji obuhvaća cijelu debljinu tetive (slika 1.7). Incidencija pojavljivanja rupture u punoj debljini pronalazi se u 8% do 26% slučajeva. Ruptura u punoj debljini može poprimiti različite morfologije i može započeti na anteriornoj, posteriornoj ili središnjoj porciji duž širine tetive. Transverzalna ruptura u punoj debljini prikazuje se na insercijskoj strani tetive, nasuprot longitudinalnoj pukotini koja se pojavljuje duž razderane tetivne niti⁽³⁴⁾.



Slika 1.7. Potpuna ruptura tetive supraspinatusa

U kliničkoj praksi najčešće se koristi Cofieldova podjela na male (< 1 cm), srednje velike (< 3 cm), velike (3-5 cm) i masivne rupture (> 5 cm) (slika 1.8)^(32,33).



Slika 1.8 Podjela potpunih ruptura; 1 – mala ruptura, 2 – srednja ruptura, 3 – velika ruptura

Unatoč mehaničkoj superiornosti prednjeg dijela tetive, to je lokacija u kojoj se javlja gotovo 90% ruptura rotatorne manšete kod pacijenata starijih od 35 godina⁽³⁵⁾.

1.3.4. Nekiruško liječenje rupture rotatorne manšete

Bolesti rotatorne manšete predstavljaju uobičajen rezultat različitih patoloških procesa kod pacijenata različite dobi. Tretman svakog pacijenta treba biti određen individualno, uzimajući u obzir pacijentovu dob i očekivanja, stupanj poteškoća uzrokovanih stanjem te mogućnost rizika ili koristi kirurškog tretmana.

Neoperativno liječenje je glavno uporište početnog tretmana za većinu patoloških stanja rotatorne manšete⁽³⁶⁻³⁸⁾, osim ako je indicirana hitna kirurška intervencija. Rani rehabilitacijski program usko je povezan s uspješnijim oporavkom. Ključ neoperativnog tretmana je rana dijagnoza oštećenja rotatorne manšete.

Rehabilitacija se provodi u 3 osnovne faze: kontrola boli, vraćanje opsega pokreta, iniciranje mišićne snage. Wirth i dr.⁽³⁶⁾ definiraju te tri faze kao ortoterapiju. U prvoj fazi cilj je kontrolirati bol i to treba biti učinjeno u početku osiguravanjem adekvatnog oslonca.

Pacijent i terapeut trebaju raditi na način da izbjegavaju aktivnosti koje mogu izazvati pogoršanje. To može značiti izbjegavanje aktivnosti iznad glave, ali za sportaše ili radnike, to može zahtijevati i modifikaciju radne tehnike ili okoline, ili, ako to nije moguće, potpuno obustavljanje aktivnosti. Zajedno s osloncem mogu se koristiti i različite analgezijske mogućnosti. Terapeut može ponuditi masažu, krioterapiju, infracrveno zračenje, ultrazvuk, interferentnu transkutanu stimulaciju živaca ili alternativne terapije kao što su akupunktura i akupresura. Kura nesteroidnih antiinflamatornih medikamenata daje dobre rezultate, ali njihovo uzimanje mora se pažljivo provoditi, posebno kod starijih pacijenata kod kojih se sumnja na

gastrointestinalne ili bubrežne probleme. Ako svi drugi modaliteti tretmana nisu dovoljni, mogu pomoći subakromijalne kortikosteroidne injekcije. Treba voditi računa o učinku steroida na već oštećenu tetivu, a u pravilu ograničenje je na tri injekcije u minimalnom razmaku od dva mjeseca.

Kada bol oslabi, počinje druga faza u kojoj je prioritet ponovno postizanje aktivnog i pasivnog opsega pokreta. Pendularne vježbe generalno se koriste za početno istezanje. Pacijent izvodi vježbe prednje fleksije i vanjske rotacije sa supinacijom kako bi se smanjio utjecaj gravitacije. Druge vježbe uključuju korištenje kolature preko neozlijeđene ruke, hodanje po zidu i posteriorno kapsularno istezanje.

Treća faza usredotočena je na mišićno jačanje, izdržljivost i vraćanje u funkciju. Jačanje je obično usmjereno na rotatornu manšetu, deltoid i skapularne stabilizatore. Kod pacijenata s glenohumeralnom nestabilnošću rehabilitacija je fokusirana na dinamičke ramene stabilizatore uz često korištenje *biofeedbacka*. Početno jačanje postiže se zatvorenim sustavom lanaca načinjenim od elastičnih traka različite čvrstoće. Nakon toga tretman može biti više individualiziran, usmjeren na specifične radne ili sportske aktivnosti⁽⁷⁾.

1.3.5. Kirurško liječenje rupture rotatorne manšete

Kirurški tretman pacijenata s ozlijedom rotatorne manšete razmatra se nakon najmanje 6 mjeseci neuspješne konzervativne terapije. Iznimka su fiziološki mladi i aktivni pacijenti s akutnom rupturom rotatorne manšete nakon specifičnog događaja i sa značajnim funkcionalnim deficitom koji će sigurno profitirati ranim kirurškim tretmanom. Nije uobičajeno da takav pacijent vrati punu funkciju samo konzervativnim liječenjem, a značajno odgađanje operacije vodilo bi retrakciji krajeva rupture i mišićnoj atrofiji komplicirajući operaciju.

Drugi faktori također moraju biti uzeti u obzir. Pacijenti s ramenom nestabilnošću kao naglašenim uzrokom problema s rotatornom manšetom koji ne odgovaraju na prikladni konzervativni tretman, mogu profitirati stabilizacijom ramena⁽³⁹⁻⁴¹⁾.

Operativnim zahvatom mora se učiniti rekonstrukcija oštećene manšete sa sigurnom, čvrstom fiksacijom koja će omogućiti brzu mobilizaciju ruke, dozvoljavajući tako brz oporavak bolesnika uz minimalnu mogućnost rerupture. Da bismo to postigli, moramo se koristiti takvom operativnom tehnikom fiksacije koja osigurava maksimalno moguć kontakt rekonstruirane tetive na prirodnom hvatištu za kost i na taj način pridonijeti boljem prirodnom cijeljenju tetive za kost.

1.3.5.1. Otvorena tehnika

Ruptura rotatorne manšete dugo je bila prepoznavana kao nerješiv problem gornjih ekstremiteta te se smatralo da se ne može uspješno tretirati kirurškim tretmanom. Codman je 1911. godine izvijestio o prvoj otvorenoj rekonstrukciji rotatorne manšete. U preko tri desetljeća operacijske tehnike rekonstrukcije rotatorne manšete postaju sve popularnije, ali u mnogim opisanim tehnikama rezultati su varijabilni te su prikazani visoki postoci nezadovoljavajućih rezultata u nekim serijama.

Neer je izvijestio o rezultatima prednje akromioplastike u kombinaciji s mobilizacijom i repariranjem manšete 1972. godine.

Otvoreni operativni zahvati daju slabiji pregled i pristup tkivu rotatorne manšete i tehnički su manje zahtjevni. Uvjetuju nešto duži rehabilitacijski tijek zbog potrebe cijeljenja tkiva kroz koja se pristupalo mjestu puknuća tetiva. Otvorena rekonstrukcija rotatorne manšete ramena, iako danas sve manje prisutna u praksi,

još uvijek daje odlične poslijeoperacijske rezultate, posebno kod masivnih ruptura i reruptura rotatorne manšete^(42,43).

Romeo i suradnici izvještavaju o 94% poslijeoperacijskog zadovoljstva pacijenata u 4 godine poslijeoperacijskog praćenja⁽⁴⁴⁾.

U drugoj studiji, Baysal i suradnici izvještavaju da je 96% pacijenata zadovoljno ili vrlo zadovoljno rezultatima njihovog oporavka. Nakon operacije 78% pacijenata vratilo se istom poslu koji su radili prije operacije⁽⁴⁵⁾.

Pri kiruškom rješavanju rupture rotatorne menšete zlatni standard je transosealna tehnika. To je tehnika pri kojoj se prošivena tetiva fiksira za kost tako da konac provučemo kroz tunel u kosti u predjelu velikog tuberkula humerusa. Na taj način dobivamo optimalni kontakt rekonstruirane tetive za kost u predjelu prirodnog hvatišta na velikom tuberkulu (engl. footprint = otisak stopala), stvarajući uvjete za optimalno cijeljenje tetive za kost^(7,46-48).

Pacijent se nalazi u polusjedećem položaju. Najčešće se koristi anterosuperiorni poprečni pristup duž Langerovih linija kože (slika 1.9).

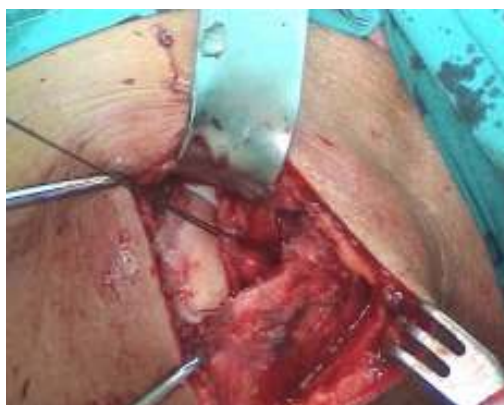


Slika 1.9. Anterosuperiorni pristup

Kroz kožu i potkožje pristupa se fasciji deltoidnog mišića koji se razdvaja između snopa prednjih i srednjih mišićnih niti. Prednji dio deltoidnog mišića odvaja se od hvatišta na akromionu subperiostalnom preparacijom.

U većini slučajeva učini se prednja akromioplastika kako bi se uklonio subakromijalni sraz i otvorio prostor za kirurški zahvat subakromijalno. Postavlja se retraktor subakromijalno i dlijetom postavljenim u ravnini tijela resecira se prednji dio akromiona u frontalnoj ravnini. Potom se vrši resekcija dlijetom kaudalne površine akromiona u transversalnoj ravnini.

Subakromijalna burza parcijalno se odstranjuje. Tetivni okrajci rupturirane rotatorne manšete debridiraju, mobiliziraju korištenjem podržnih šavova (slika 1.10),



Slika 1.10. Mobilizacija kraja rupturirane tetive s podržnim šavovima

a mjesto originalnog hvatišta rupturirane tetive (*footprint*) se osvježi (slika 1.11).

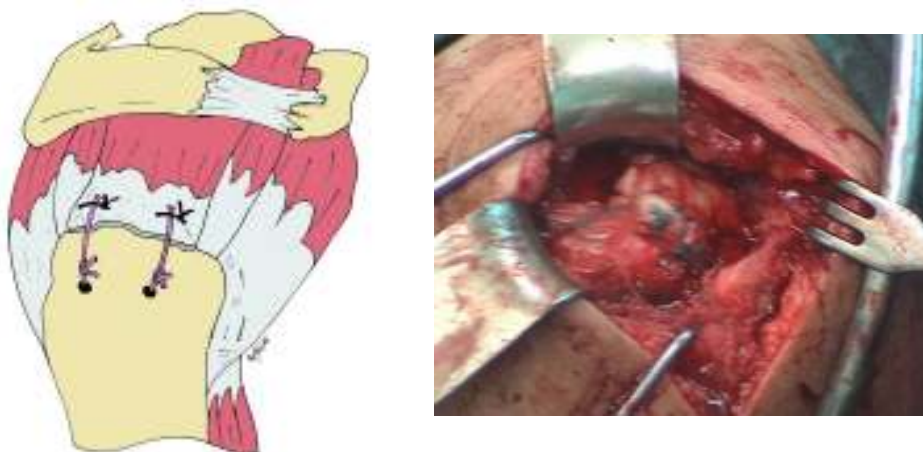


Slika 1.11. Osvježavanje originalnog hvatišta tetive dlijetom

Tetiva duge glave bicepsa kirurški se zbrinjava samo ako je oštećena ili ako je luksirana izvan intertuberkularnog sulkusa. U tom slučaju presijeca se i odstranjuje artikularni dio tetive, a njezin distalni okrajak fiksira se intraosealnim šavom u prethodno pripravljenom ležištu u intertuberkularnom žlijebu.

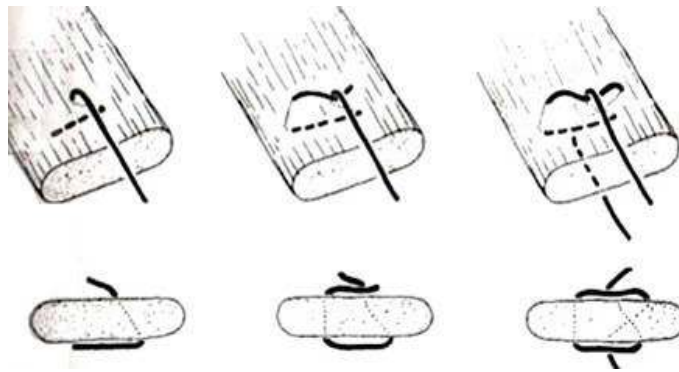
Retahirani dio rupturirane tetive treba mobilizirati s artikularne i s burzalne strane, uključujući i mobilizaciju s korakoidnog nastavka, uz presijecanje korakohumeralnog ligamenta, a straga do spine skapule.

Kroz veliki tuberkul provuku se intraoselano smješteni neresorptivni šavovi u prethodno pripremljene transosealne tunele (slika 1.12). Tako formirani tuneli u kosti moraju imati barem 1 cm dugačak koštani most između vrha velikog tuberkula i lateralnog otvora tunela te međusobni razmak od barem 1 cm kako bi otpornost na kidanje pri opterećenju bila dovoljno velika⁽⁴⁹⁾.



Slika 1.12. Otvorena transosealna rekonstrukcija rotatorne manšete

Provlačenjem konca koji prolazi kroz tetivu po principu Mason-Allenove tehnike osigurava se čvrsta i stabilna forma konca u tetivi koji ne cijepa tkivo tetive (slika 1.13).



Slika 1.13. Mason-Allenov šav tetive

Nakon što su postavljeni svi konci kroz kost i tetivno tkivo, šavovi se postavljaju na vanjsku stranu velikog tuberkula, držeći pritom ruku u položaju abdukcije. Za dobru funkciju ruke nakon zahvata od ključne je važnosti rekonstrukcija deldoidnog mišića intraosealnim šavovima na akromionu (slika 1.14)⁽⁴⁸⁾.



Slika 1.14. Rekonstrukcija deltoidnog mišića nakon otvorene rekonstrukcije rotatorne manšete

Ako je ruptura prevelika, u obzir mogu doći parcijalne rekonstrukcije ili čak transferi tetiva okolnih mišića ili tetive gornje trećine subskapularnog mišića, transfer tetive latissimus dorzi ili dijela velikog pektoralnog mišića⁽⁵⁰⁻⁵⁴⁾.

Nakon operacije preporuča se zadržati ruku u imobiliziranom položaju 4 do 6 tjedana. Kad god je to moguće, ruku treba pokušati zadržati uz tijelo jer se tako povećava kontakt tetive i *footprinta*.

1.3.5.2. Mini-open tehnika

Artroskopski asistiranu rekonstrukciju rotatorne manšete kao mini-open tehniku inicijalno su opisali Levy i suradnici u preliminarnoj studiji, a zatim ozakonili Paulos i Kody, dok su kompletno artroskopsku rekonstrukciju rotatorne manšete popularizirali Gartsman i suradnici. Artroskopsko liječenje rupture rotatorne mašete ispočetka se svodilo samo na inspekciju rotatorne manšete, debridement i artroskopsku akromioplastiku. Ako je uočena ruptura rotatorne mašete, učinila se mala incizija kože kao produžetak lateralnog portala u dužini od 4-6 cm iznad rupture. Uz razdvajanje niti deltoidnog mišića učinila se otvorena rekonstrukcija rotatorne manšete. Na taj način dobila se kombinacija artroskopske i otvorene rekonstrukcije rotatorne manšete, nazvana mini-open tehnikom, koja je djelomično otvorena tehnika.

Mnogi autori je zbog odličnih poslijeoperacijskih rezultata preporučaju kao prvi odabir pri rekonstrukciji rotatorne manšete jer nisu dobili razliku u poslijeoperacijskim rezultatima uspoređujući kompletno artroskopsku i mini-open tehniku ⁽⁵⁵⁻⁵⁷⁾.

Shinners i suradnici su uz odlične poslijeoperacijske rezultate dokazali da manja incizija kože i razdvajanje niti deltoidnog mišića ne vodi do produženja rehabilitacije u usporedbi s kompletno artroskopskom rekonstrukcijom ⁽⁵⁸⁾.

Ako uspoređujemo kompletno otvorenu i mini-open tehniku, dokazano je da se zbog manje invazivne metode dobije brža rehabilitacija kod mini-open tehnike, ali s jednakim konačnim poslijeoperacijskim rezultatima nakon 2 godine praćenja ⁽⁵⁹⁾.

Rezultati nekih studija pokazuju da artroskopska tehnika i mini open tehnika mogu dati iste odlične poslijeoperacijske rezultate, ali da je u konačnici cijena operacijskog zahvata viša kod kompletno artroskopskih tehnika i na taj način manje profitabilna ⁽⁶⁰⁾.

1.3.5.3. Artroskopska tehnika

Razvoj artroskopske tehnike uvelike je ovisio i o razvoju koštanih sidara. Uvođenje koštanih sidara pojednostavilo je artroskopsku tehniku^(61,62). Potrebna je manja disekcija tkiva što je znatno ubrzalo rehabilitaciju. Razvojem tehnike i vještina operatera skratilo se operacijsko vrijeme. Sve to zajedno učinilo je koštane ankere i artroskopske tehnike popularnima⁽⁶³⁾. Studije koje su objavljene prije dvadesetak godina kompariraju fiksacijsku tehniku korištenjem transosealnog šava i ankera ne pokazuju značajnu razliku⁽⁶⁴⁻⁶⁷⁾. Razvojem specijaliziranih artroskopskih instrumenata i kiruških vještina postalo je moguće učiniti artroskopsku rekonstrukciju. Isprva je to bila artroskopska rekonstrukcija malih ruptura rotatorne manšete, no razvojem samih koštanih sidara i specijaliziranih artroskopskih kiruških čvorova kirurzi danas mogu učiniti artroskopsku rekonstrukciju rotatorne manšete bez obzira na oblik i veličinu rupture.

Artroskopija ramena može se izvesti s pacijentom u polusjedećem ili bočnom položaju. Polusjedeći položaj je bolji ako je potrebno napraviti konverziju u otvoreni operacijski zahvat. Pacijent je u općoj anesteziji ili u kombinaciji opće i regionalne anestezije. Instrumenti se uvode u rame kroz 2 ili 3 artroskopska portala. Obavezno se učine stražnji i lateralni portal, dok se prednji portal rabi samo prema potrebi, ovisno o veličini, poziciji i obliku rupture rotatorne manšete. Na početku operacije učini se kompletna intraartikularna dijagnostika ramena. Obavezno se pregledaju tetiva bicepsa, labrum, kapsula, ligament te hrskavični pokrov glave humerusa i glenoida. Rotatorna manšeta prvo se pregleda s artikularne strane, a zatim se artroskop uvlači u subakromijalni prostor i učini se pregled rotatorne manšete s burzalne strane. Prethodno se učini uklanjanje subakromijalne burze. Prema obliku i veličini akromiona te činjenici postoji li subakromijani sindrom sraza⁽⁶⁸⁾, odlučuje se hoće li se učiniti akromioplastika, odnosno uklanjanje 5 do 10 mm prednje lateralnog

vrška akromiona zajedno s korako-akromijalnim ligamentom (slika 1.15). Cilj je dobiti glatku i poravnatu donju stranu akromiona. Time se dobiva više prostora i bolja vizualizacija pri rekonstrukciji rotatorne manšete. Dobiva se i smanjeni pritisak akromiona na rekonstruiranu rotatornu manšetu.



Slika 1.15. Abraderom se učini subakromijalna dekompresija

Nekoliko radova prijavilo je odlične kratkoročne i dugoročne poslijeoperacijske rezultate kod malih potpunih ruptura rotatorne manšete gdje se učinila samo subakromijalna dekompresija bez rekonstrukcije tetive⁽⁶⁹⁻⁷¹⁾.

Pretjerano agresivne akromioplastike treba izbjegavati jer mogu rezultirati pretjeranim pomakom glave humerusa prema naprijed i gore (anterosuperior subluksacija). Mjesto u predjelu velikog tuberkula nadlaktične kosti gdje se veže tetiva za kost (*footprint*) osvježi se abraderom ili *shaverom*. Time se potiče urastanje krvnih žila i bolje cijeljenje, odnosno bolja fiksacija tetive za kost.

Vrlo važno pri rekonstrukciji rotatorne manšete je mobilizacija ostatka rupturirane tetive. Danas se upravo zbog boljeg i jačeg opuštanja, a time i bolje mobilnosti tetive, daje prednost artroskopskim tehnikama u odnosu na otvorene tehnike rekonstrukcije⁽⁷²⁾. Najprije se tetiva oslobađa od burze i priraslica, a zatim od akromiona, baze korakoidnog nastavka i spine skapule. Ako mobilnost nije dovoljna, otvara se prednji rotatorni interval (područje između tetiva subskapularisa i supraspinatusa). Mobilizacija se može provesti i straga, u tzv. stražnjem rotatornom

intervalu, odvajanjem tetiva supraspinatusa i infraspinatusa. Dobro opuštena i mobilizirana tetiva uvjet je da se postepenim približavanjem rubova tetive uspije učiniti potpuna rekonstrukcija defekta⁽⁷³⁾.

Danas se artroskopskom tehnikom vrlo uspješno mogu rješavati velike i masivne rupture rotatorne manšete. Jones C.K. i suradnici pokazuju 88% dobrih i odličnih rezultata artroskopskom tehnikom kod velikih i masivnih ruptura, što je apsolutno usporedivo s rezultatima otvorenih tehnika⁽⁷⁴⁾.

Artroskopska rekonstrukcija rotatorne manšete za fiksaciju tetive za kost provodi se koštanim sidrima. Kod svih artroskopskih tehnika rekonstrukcije bitno je zadovoljiti uvjet da se koštana sidra u kost postave pod kutem od 45° u odnosu na uzdužnu osovinu humerusa (slika 1.16). Na taj način povećavamo čvrstoću fiksacije sidara u kosti na vlačne sile⁽⁷⁵⁾.



Slika 1.16. Smjer postavljanja koštanog sidra od 45° u odnosu na uzdužnu osovinu humerusa na mjestu prirodnog hvatišta tetive za kost

Postoji više modifikacija artroskopskih tehnika rekonstrukcije rotatorne manšete, odnosno fiksacija tetiva za kost.

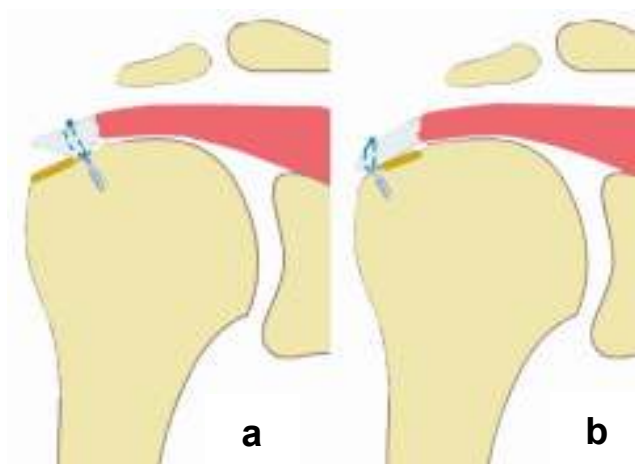
Možemo ih podijeliti na sljedeći način:

- tehnika koštanih sidara u jednom redu,
- tehnika koštanih sidara u dva reda,

- transosealna tehnika fiksacije.

1.3.5.3.1. Artroskopske tehnike rekonstrukcije tetive rotatorne manšete postavljanjem koštanih sidara u jednom redu

Ovom tehnikom koštana sidra se postavljaju na medijalni ili na lateralni rub hvatišta tetive za kost (*footprint*). Koju god metodu primijenili, mjesto hvatišta tetive za kost (*footprint*) ne može biti adekvatno obnovljeno (slika 1.17). Apreleva i suradnici utvrdili su da se originalni *footprint* korištenjem tehnike jednog reda sidara rekonstruira u samo 67% površine⁽⁷⁶⁾.



Slika 1.17. Rekonstrukcija rotatorne manšete jednim redom koštanih sidara Postavljanjem medijalno (a) ili lateralno (b) ne postiže se potpuna pokrivenost *footprint*.

Franceschi i suradnici prikazali su u randomiziranoj studiji od 60 pacijenata, nakon 2 godine praćenja da, unatoč boljoj pokrivenosti *footprint* u tehnici dva reda sidara, tehnika jednog reda sidara nije pokazala lošije kliničke poslijeoperacijske rezultate⁽⁷⁷⁾.

Operirajući 40 pacijenata tehnikom jednog reda sidara te 38 pacijenata tehnikom dva reda sidara, Park i suradnici su na temelju dobivenih rezultata zaključili da je bolje male i srednje rupture operirati tehnikom jednog reda sidara, a velike i masivne ruptures tehnikom dva reda sidara⁽⁷⁸⁾.

1.3.5.3.2. Artroskopske prenosne tehnike u rekonstrukciji tetive rotatorne manšete uz korištenje koštanih sidara

Tehnike mosta (engl. *bridging techniques*) temelje se na formiranju končane prenosnice između mjesta prolaska konaca kroz tetivu medijalno i mjesta prolaska konaca kroz koštano sidro lateralno (slika 1.18) preko koje se prenosi sila pritiska tetive prema kosti kada se ruka nalazi u položaju adukcije.



Slika 1.18. Tehnika mosta za rekonstrukciju rotatorne manšete

Tehnika postavljanja sidara lateralno s provlačenjem konaca medijalno osmišljena je kao tehnika jednog reda sidara, ali postavljenih izvan regije *footprinta*. Ova tehnika odgovara tehnici obuhvatne sveze u osteosintezi i predstavlja dinamičku vrstu fiksacije rupturirane tetive rotatorne manšete⁽⁷⁹⁾.

Nedostatak ove tehnike je gubitak kontakta tkiva tetive i kosti pri podizanju ruke u abdukciju, stoga nije uputno mobilizirati rame, osobito u ranom rehabilitacijskom razdoblju. Zbog toga se postupno razvijaju tehnike koje koriste sidra u medijalnom dijelu *footprinta* kako bi povećale kontaktnu površinu tetive i kosti u svim položajima ruke.

1.3.5.3.3. Artroskopske tehnike rekonstrukcije tetive rotatorne manšete postavljanjem koštanih sidara u dva reda

Zbog nepotpune pokrivenosti *footprinta*, odnosno malog kontakta tetive za kost kod tehnike jedog reda sidara, razvila se metoda dva reda sidara (slika 1.19). Kod te tehnike koštana sidra se postavljaju i na medijalnu i na lateralnu stranu *footprinta*. Bitno je da se sva sidra postave unutar granica *footprinta*.



Slika 1.19. Rekonstrukcija rotatorne manšete dvostrukim redom koštanih sidara

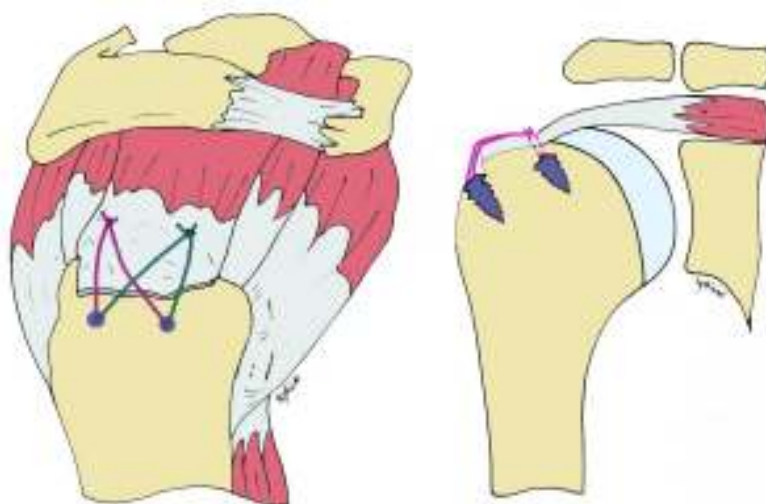
Povećanjem broja koštanih sidara nije se značajno povećala površina prijanjanja tetive za kost. Da bi se to postiglo, razvile su se različite tehnike raspodjele sidara unutar *footprinta*, a pojavilo se i različito međusobno povezivanje sidara koncima. Ako se služimo samo trima sidrima, jednim medijalno, a dvama lateralno, to nazivamo dijamantnom tehnikom rekonstrukcije.

Kod postavljanja dvaju sidara lateralno, a dvaju medijalno, međusobno ih spojimo koncima postavljenim koso i paralelno, čime povećavamo kontakt tetive i kosti. Tu tehniku nazivamo Milletova tehnika rekonstrukcije (slika 1.20)⁽⁸⁰⁾.

Zaključak studije Lo i Burkharta je da tehnika dva reda sidara osigurava adekvatno pokrivanje *footprinta*. Ona povećava područje kontakta tetive i kosti, a

time i poboljšava zacjeljivanje tetive te u konačnici poboljšava mehaničku čvrstoću reparirane rotatorne manšete⁽⁸¹⁾.

U dva zasebna pregledna članka^(82,83), uspoređujući rezultate brojnih studija prema strogo odabranim kriterijima, uspoređuju se rezultati između tehnike rekonstrukcije jednim redom koštanih sidara i tehnike dva reda koštanih sidara.



Slika 1.20. Rekonstrukcija rotatorne manšete dvostrukim redom koštanih sidara i križno postavljenim koncima između sidara

Zaključak u oba članka je bolje strukturalno zacjeljivanje kada je artroskopska rekonstrukcija rotatorne manšete izvedena tehnikom dva reda sidara u odnosu na onu izvedenu tehnikom jednim redom sidara. Međutim, malo je dokaza koji potkrepljuju bilo kakvu funkcionalnu razliku između dviju tehnika, osim možda kod pacijenata s velikim ili masivnim rupturama rotatorne manšete (veće ili jednake 3 cm). Pri donošenju odluke o upotrebi kirurške tehnike treba uzeti obzir analizu rizika s obzirom na pacijentovu dob, funkcionalne zahtjeve te druge značajke kvalitete života. Tehnika dva reda koštanih sidara može rezultirati poboljšanim strukturalnim zacjeljivanjem na mjestu rekonstrukcije rotatorne manšete kod nekih pacijenata, ovisno o veličini rupture.

Isto tako, u preglednom članku koji je obuhvatio 1252 pacijenta u 23 studije prikazano je da je značajno povećan postotak reruptura kod tehnike jednim redom sidara nego kod tehnike dva reda sidara, ali samo kod ruptura većih od 1 cm.⁽⁸⁴⁾. Pri tome na rezultat nije utjecalo jesu li se tehnike radile artroskopski ili otvorenim pristupom.

1.3.5.3.4. Artroskopske transosealne tehnike rekonstrukcije tetive rotatorne manšete korištenjem koštanih sidara

Hvatište tetive supraspinatusa na velikom tuberkulu (*footprint*) ne može se adekvatno rekonstruirati standardnom artroskopskom tehnikom jednim redom sidara. Ovom tehnikom moguće je pokriti 46% površine *footprinta*. Transosealnom tehnikom bez upotrebe sidara, otvorenom tehnikom, pokriva se 71% površine *footprinta*. Artroskopskom tehnikom dvostrukim redom sidara moguće je pokriti 100% površine *footprinta*.

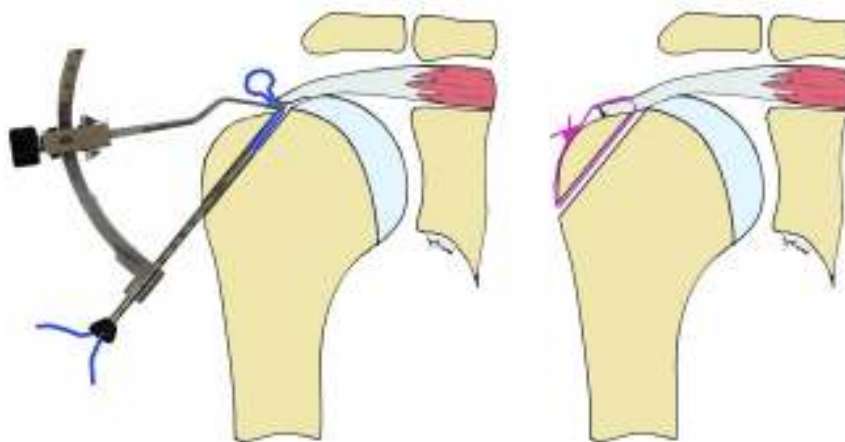
Sidro može migrirati, ispasti iz kosti kod osteoporoze u glavi humerusa kod tehnike jednim redom sidara ili dva reda sidara (slika 1.21). Artroskopskom transosealnom tehnikom sidro se stabilizira neresorptivnim koncem koji prolazi kroz veliki tuberkul. Zbog fikascije tetive supraspinatusa madrac šavom drugim krajem koncem iz sidra, dodatno se stabilizira sidro, a ujedno i povećava kontakt površina tetive s kosti čime se povećava i mogućnost cijeljenja tetive za kost, *footprint*.



Slika 1.21. Nestabilnost sidra u osteoporotičnoj kosti

Kim i suradnici prikazali su artroskopsku tehniku rekonstrukcije rotatorne manšete formiranjem ravnog koštanog tunela pomoću ravnog usmjerivača (slika 1.22).

Tim istim usmjerivačem uvede se konac uz čiju pomoć se retrogradno provuče jedan kraj drugog konca, dok se drugi kraj konca provlači kroz tetivu. Šav se postavi na lateralni kortikalis humerusa⁽⁸⁵⁾.



Slika 1.22. Artroskopska transosealna rekonstrukcijarotatorne manšete fomiranjem ravnog koštanog tunela

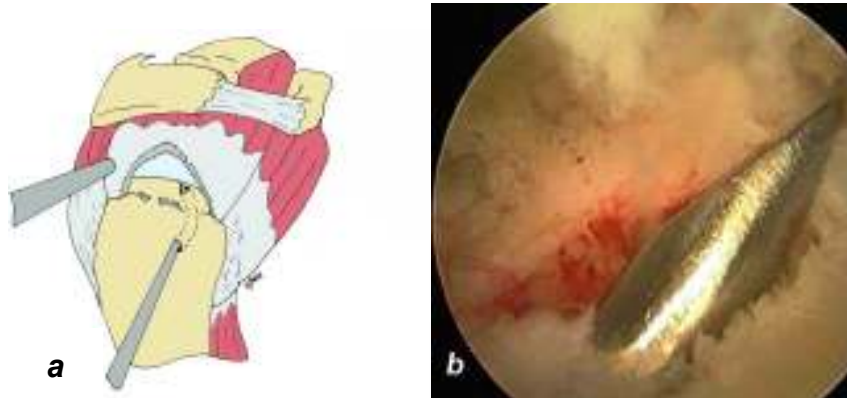
Zbog mogućnosti formiranja jedino ravnog koštanog tunela, ulazno mjesto na lateralnom kortikalisu nešto je distalnije, što može oštetiti aksilarni živac. Ako se ulaz proksimalizira, oslabljuje se koštani most i može doći do pucanja istog. Ako se koštani tunel postavi horizontalnije, može se ući u hrskavični dio glave humerusa.

Artroskopskom transosealnom tehnikom upotrebom jednog reda koštanih sidara oponaša se otvorena tehnika fikscije tetiva rotatorne manšete kojom je moguće dobiti inicijalnu mehaničku čvrstoću te pokriti cijeli *footprint*.

Čičak i suradnici objavili su kompletno artroskopsku tehniku rekonstrukcije rotatorne manšete, upotrebljavajući koštano sidro i zavnuti koštani tunel⁽⁸⁶⁾.

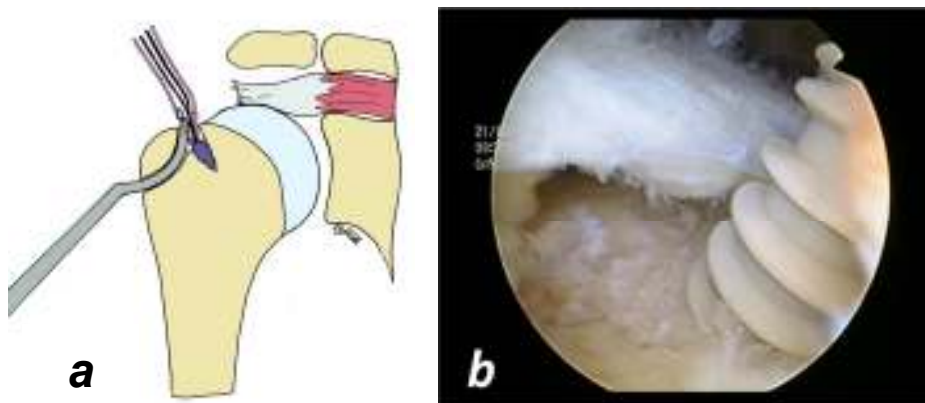
Ova tehnika u cijelosti imitira otvorenu tehniku rekonstrukcije rotatorne manšete i na taj način postiže najbolju pokrivenost originalnog *footprinta* i cijeljenje tetive na većoj površini kosti.

Najprije se zavnutim usmjerivačem napravi transosealni tunel u velikom tuberkulu humerusa (slika 1.23). Ulazno mjesto usmjerivača je 1,5 cm distalno od njegovog vrška, dok je izlazno mjesto na prijelazu *footprinta* u hrskavicu glave humerusa.



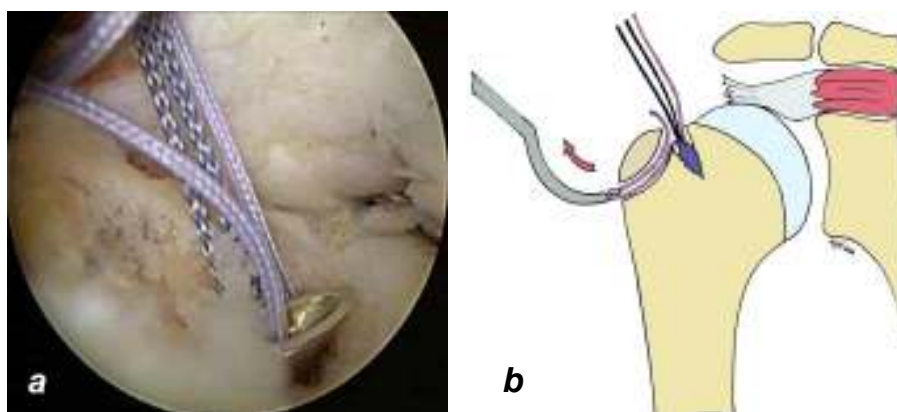
Slika 1.23. Ulazno (a) i izlazno (b) mjesto zavnutog usmjerivača u velikom tuberkulu humerusa.

Zavijenim koštanim tunelom izbjegava se ozljeda aksilarnog živca ili ulazak u hrskavični dio glave humerusa. Na izlaznom mjestu usmjerivača postavi se koštano sidro s dva konca (slika 1.24).



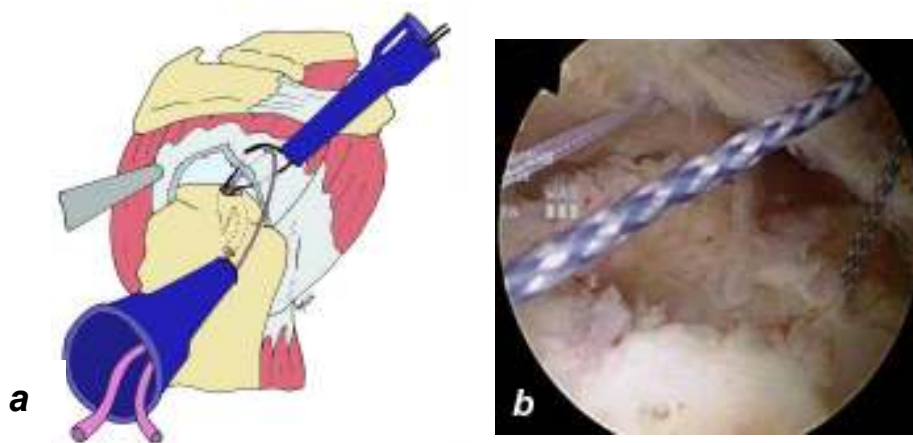
Slika 1.24. Shematski (a) i artroskopski (b) intraartikularni prikaz postavljanja koštanog sidra na medijalni rub *footprinta*

Nakon što se postavi koštano sidro hvatalicom iste zakrivljenosti kao i vodilica, kroz koštani tunel u velikom tuberkulu izvlači se jedan kraj prvog konca od dva konca koji se nalaze na koštanom sidru (slika 1.25).



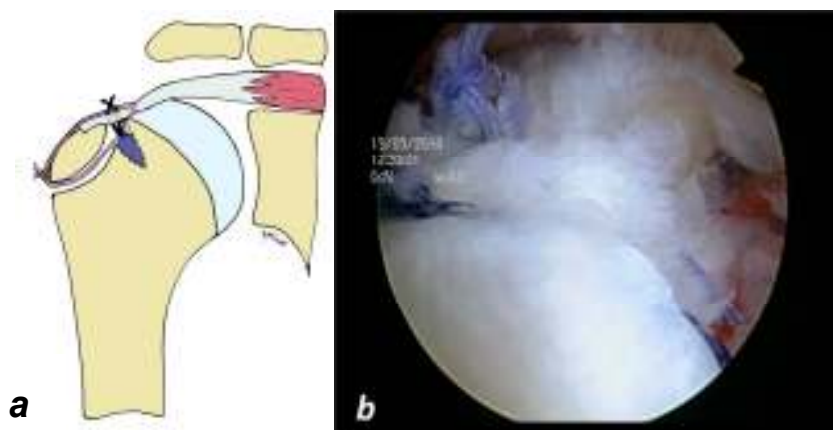
Slika 1.25. Hvatanje (a) i izvlačenje (b) konca kroz koštani tunel na humerusu

Drugi krak prvog konca provlači se kroz tetivu, medijalno. Oba kraja drugog, preostalog konca provlače se kroz tetivu ispred i straga, poprečno u odnosu na prvotno postavljene i transosealno provučeni konac (slika 1.26). Dva kraka drugog konca koja su provučena kroz tetivu provlače se u konfiguraciji madrac šava.



Slika 1.26. Shematski (a) i artroskopski (b) prikaz raspored konaca prije šivanja

Nakon provjere da se konci nisu međusobno zapetljali, najprije se veže transosealno provučeni konac s rukom u abdukciji, a zatim i drugi konac postavljen transtetivno i poprečno na prvi konac (slika 1.27).



Slika 1.27. Artroskopska transosealna rekonstrukcija tetive rotatorne manšete

Ahmad C.K. i suradnici pokazali su da transosealna tehnika, uspoređujući je s tehnikom dva reda koštanih sidara, pokazuje manja gibanja na mjestu fiksacije tetive za kost kod primarne fiksacije na kadaverima⁽⁸⁷⁾.

France i suradnici⁽⁸⁸⁾ izvijestili su o dvjema slabim točkama u transosealnoj tehnici rekonstrukcije: loša kvaliteta kosti i proklizavanje konca kroz tetivu.

Gerber i suradnici⁽⁸⁹⁾ objavili su da je kod loše kvalitete kosti *polylactide* membrana dobra za pojačanje lateralnog kortikalisa velikog tuberkula u transosealnoj

tehnici. Nekoliko studija pokazalo je da je optimalna udaljenost između dvaju tunela 10 mm i da se pojačanjem lateralnog kortikalisa u osteoporotičnih kosti postiže bolji rezultat^(89,90).

1.4. ARTROSKOPSKI ČVORovi, KONCI I KOŠTANA SIDRA

U kasnim osamdesetim godinama koštana sidra pojavila su se kao alternativa tehnici koštanog tunela s izlaznom čvrstoćom većom od čvrstoće pucanja šavnog materijala. Uvođenje koštanih sidara pojednostavilo je artroskopsku tehniku^(61,62).

Materijal koštanih sidara može biti metal, resorptivni ili neresorptivni sintetski materijal. Metalna sidra još uvijek su pouzdanija od sintetskih sidara s obzirom na pucanje i izvlačenje. Oblikom mogu biti sa ili bez navoja. Kod loše kvalitete kosti preporuča se upotreba koštana sidra s navojem.

Koštana sidra mogu na sebi imati jedan ili dva konca^(91,92). Korištenjem dvaju konaca povećavamo površinu prijanjanja tetive za kost, a time i poboljšavamo cijeljenje tetive. Konci mogu biti neresorptivni, resorptivni ili metalne žice (*fiberwire*). Neresorptivni konci (*ethibond*) su tanji, lakše se oštete, lakši su za manipulaciju, ali teže klize pri postavljanju artroskopskog čvora. Resorptivni konci, *monofilamenti* (PDS) dobro klize, ali su manje podatni pa je teže fiksirati čvor uz tetivu.

Razvoj artroskopskog čvora usko je povezan s razvojem artroskopske rekonstrukcije rotatorne manšete^(93,94). Kod otvorene tehnike operater ima dovoljno

prostora da kontrolira pritezanje čvora. Artroskopske tehnike zahtijevanju od čvora dobro klizanje i prijanjanje uz tetivu, odnosno čvor treba biti samozaključavajući.

Artroskopski čvor nazivamo odrješujući (*slip knot*) kada klizi u oba smjera i za njegovo zaključavanje moramo postaviti osiguravajuću petlju. Primjeri za odrješujući čvor su Tennessee klizni čvor i Duncanov čvor.

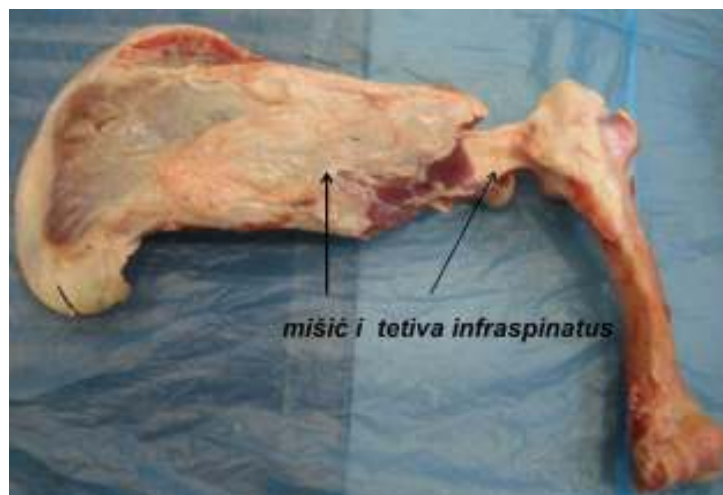
Čvor nazivamo okretni (*flip knot*) kada nakon spuštanja kroz kanilu na tetivu povlačimo slobodni krak konca i na taj se način čvor samozaključa. Primjeri za okretni klizni čvor su SMC (*Samsung Medical Centre*) čvor i SAK (*Secure Arthroscopic Knot*) čvor⁽⁹⁵⁾.

Kada se čvor jednom spusti na tetivu i više ne klizi natrag, govorimo o zapestom kliznom čvoru (*ratchet knot*). Primjeri takvog čvora su MRH (*Modified Racking Hitch*) čvor i Lafosse čvor⁽⁹⁶⁾.

1.5. ANATOMIJA RAMENA OVCE

Zbog evolucije čovjeka i uspravnog hoda teško je naći idealan model životinjske vrste koji bi građom ramenog obruča u potpunosti odgovarao ljudskom organizmu^(97,98).

Tetiva infraspinatusa u ovaca po svojem položaju i veličini od svih četveronožaca najviše sliči tetivi supraspinatusa u čovjeka (slika 1.28)^(89,99).



Slika 1.28. Anatomija ramenog obruča u ovce

Koštanu strukturu ovčjeg ramena čine lopatica, ključna kost i nadlaktična kost. Lopatica (scapula) je relativno široka, plosnata kost trokutastog oblika.

Gornji brid lopatice (*margo dorsalis*) nosi lopatičnu hrskavicu (*cartilago scapulae*). Između prednjeg brida (*margo cranialis*) i stražnjeg brida (*margo caudalis*) lopatice nalaze se unutarnja površina (*facies costalis*) s udubljenjem za subskapularni mišić (*fossa subscapularis*) i vanjska površina (*facies lateralis*) koja je grebenom (*spina scapulae*) podijeljena na dvije udubine – *fossa supraspinata* i *fossa infraspinata*. Na donjem kraju lopatičnog grebena nalazi se koštani izdanak (*akromion*). Ispod akromiona nalazi se relativno kratak vrat lopatice koji završava lopatičnom čašicom (*cavitas glenoidalis*) koja je okruglog oblika. Nadlaktična kost (*humerus*) spada među najjače kosti skeleta u ovce. Sastoji se od trupa (*corpus humeri*) i dva okrajka (*extremitas seu epiphysis proximalis et distalis*). U proksimalnom dijelu nalaze se glava (*caput humeri*) te dva koštana izbočenja (*tuberculum majus et minus*) između kojih se nalazi žlijeb (*sulcus intertubercularis*)

(100).

U području proksimalnog humerusa nalaze se hvatišta tetiva mišića rotatorne manšete. Mišić supraspinatus polazi iz istoimene fose i grebena lopatice i završava

dijeleći se na dva kraka – jači lateralni i slabiji medijalni preko kojih se hvata na *tuberculum majus et minus humeri*. Mišić *infraspinatus* leži u fosi *infraspinati*, polazeći iz nje i s lopatične hrskavice. Završava s dva dijela koji se nalaze jedan iznad drugoga. Površinski smješteni jači dio prelazi preko *tuberculum majusa* i završava na *facies infraspinati* na lateralnoj strani ramene kosti, neposredno ventralno od *tuberculum majusa*. Dublje smješteni dio ovog mišića koji se nalazi ispod površne tetive završava na medijalnoj i proksimalnoj strani *tuberculum majusa*. Mišić *infraspinatus* učvršćuje rameni zglob ovce i vrši abdukciju i ekstenziju ramena. Inerviran je od strane *n. suprascapularisa*.

1.6. BIOMEHANIKA REKONSTRUIRANE ROTATORNE MANŠETE

Cilj rekonstrukcije rotatorne manšete je postići visoku primarnu fiksacijsku čvrstoću, minimizirati pukotinske formacije, sačuvati mehaničku stabilnost pod cikličkim opterećenjem te optimizirati biologiju koštano-tetivnog sučelja sve dok manšeta biološki ne zacijeli na kost. Bili smo svjedoci evolucije u našem pristupu fiksaciji rupture rotatorne manšete od otvorenog do mini-otvorenog pa do potpuno artroskopskog. U našim artroskopskim tehnikama također smo vidjeli i promjene u tipovima ankera i konaca korištenih za rekonstrukciju, uključujući i evoluciju u tehnikama jednostrukog ili dvostrukog reda ili najnovije transosealne fiksacije. Tehnika jednim redom sidara najmanje je uspješna u restauraciji *footprinta* rotatorne manšete i najviše osjetljiva na pukotinske formacije. Tehnika dva reda sidara ima

povećano opterećenje za pucanje i minimalne pukotinske formacije⁽¹⁰¹⁻¹⁰³⁾. Transosealna rekonstrukcija ima najviše ultimativno opterećenje i otpornost na podjelu te rotacijsko opterećenje i minimalne pukotinske formacije^(104,105).

Unazad 25 godina provedena su mnoga istraživanja koja uspoređuju biomehanička svojstva čvrstoće fiksacije tetive za kost kod različitih metoda fiksacije^(88,90,106).

Sve tehnike rekonstrukcije rotatorne manšete imaju za cilj povećati pokrivenost *footprinta*, dobiti bolju inicijalnu mehaničku čvrstoću i smanjenje mikropokreta tetive u odnosu na kost te postići bolje cijeljenje rekonstruirane tetive supraspinatusa nakon završenog procesa cijeljenja.

Demirhan i suradnici ispitivali su čvrstoću konstrukcije primarno fiksirane tetive infraspinatusa u kadavera ovce kod različitih tehnika rekonstrukcije tetive. Usporedili su transosealnu tehniku s jednim šavom provučenim kroz dva tunela, tehniku s dva transosealna šava provučenih kroz dva tunela, tehniku jednog reda koštanih sidara i hibridnu tehniku koja uključuje dva koštana sidra i dva transosealna šava. Upravo je posljednja tehnika pokazala najveću primarnu čvrstoću i otpornost na pucanje⁽¹⁰⁷⁾.

Meier je u svom radu uspoređivao inicijalnu mehaničku čvrstoću reparacije tetive između tri tehnike fiksacije tetive za kost. Podijelio je 30 smznutih ramena kadavera na tehniku fiksacije dvostrukim redom sidara, tehniku fiksacije jednim redom sidara i transosealnu tehniku fiksacije tetive za kost. Dobivenim rezultatima pokazao je da je fiksacija tetive koštanim sidrima značajno čvršća nego transosealna reparacija. Nadalje, fiksacija koštanim sidrima dvostrukim redom značajno je čvršća od rekonstrukcije jednostrukim redom. Zbog toga fiksacija duplim redom može biti superiornija u odnosu na ostale tehnike jer osigurava sadržajno čvršću reparaciju koja vodi do poboljšanog biološkog zacjeljivanja⁽¹⁰⁸⁾.

Upotrebljavajući koštana sidra u fiksaciji tetive, postavlja se pitanje o broju sidara koji je adekvatan za postizanje najbolje prvo primarne, a kasnije i sekundarne čvrstoće rekonstruirane tetive. Studija Fealy i suradnika na 20 zrelih koza pokušala je dati odgovor na to pitanje. Operirali su 20 zrelih koza dvjema otvorenim tehnikama fiksacije; jednim redom koštanih sidara (2 sidra) i dva reda koštanih sidara (4 sidra). Pola koza žrtvovali su nakon 4 tjedna, a drugu polovicu nakon 8 tjedana. Rezultati su pokazali da se povećanjem broja koštanih sidara i površine tetive koja je u kontaktu s kosti na mjestu reparacije, povećava granično naprezanje puknuća reparirane tetive poslijeoperacijski nakon 4, kao i nakon 8 tjedana za manje od 10% u oba intervala. To nije statistički značajno povećanje snage na pucanje tetive. Isto tako se pokazalo da nema statistički značajne razlike u čvrstoći rekonstruirane tetive na mjestu kontakta tetive i kosti s dva ili s četiri sidra⁽¹⁰⁹⁾.

Utječe li vrijeme cijeljenja tetive na postignutu čvrstoću rekonstruirane tetive, Lewis i suradnici pokušali su evaluirati operirajući 40 ovaca dvjema tehnikama rekonstrukcije: otvorenom tehnikom resorptivnim koštanim sidrima i otvorenom transosealnom tehnikom. Čvrstoća rekonstrukcije mjerila se tako da su svi primjerci prednapregnuti s 5 N i sila je mjerena tijekom pomaka od 50 cm/min. Bilježeni su podaci sile i pomaka kako bi se izračunalo opterećenje do pucanja i čvrstoća konstrukcije kost-tetiva. Mjerenja su vršena 0., 3., 6., 9. i 12. tjedan nakon operacije. Značajna razlika (95%) bila je samo kod srednje vlačne sile u 0. tjednu, veća kod transosealne tehnike nego kod tehnike koštanim sidrima ($p=0,0261$). Nije bilo značajne razlike između srednje čvrstoće u ostalim vremenima⁽¹¹⁰⁾.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj rada je objektivizirati vrijednost transosealne tehnike rekonstrukcije tetive infraspinatusa ovce upotrebom jednog reda sidara. Studijom na ovcama ispitala bi se pokrivenost *footprinta* i mehanička čvrstoća rekonstruirane tetive nakon biološkog cijeljenja usporedbom tehnike dva reda sidara i originalnom artroskopskom transosealnom tehnikom jednim redom sidara.

3. HIPOTEZA

Originalnom artroskopskom transosealnom tehnikom jednim redom sidara može se pokriti gotovo jednaka površina hvatišta tetive supraspinatusa tzv. *footprinta* kao artroskopskom tehnikom dva reda sidara, dobiti bolja inicijalna mehanička čvrstoća i smanjenje mikropokreta tetive u odnosu na kost te postići bolje cijeljenje rekonstruirane tetive supraspinatusa nakon završenog procesa cijeljenja. Radi korištenja manjeg broja sidara olakšava se izvođenje operacije i smanjuju se troškovi.

Hvatište tetive supraspinatusa na velikom tubrekulu *footprinta* ne može se adekvatno rekonstruirati standardnom artroskopskom tehnikom jednim redom sidara. Ovom tehnikom moguće je pokriti 46% površine *footprinta*. Transosealnom tehnikom bez upotrebe sidara, otvorenom tehnikom, pokriva se 71% površine *footprinta*. Artroskopskom tehnikom dvostrukim redom sidara moguće je pokriti 100% površine *footprinta*. Sidro može migrirati, ispasti iz kosti kod osteoporoze u glavi humerusa kod tehnike jednostrukim ili dvostrukim redom sidara. Artroskopskom transosealnom tehnikom sidro se stabilizira neresorptivnim koncem koji prolazi kroz veliki tuberkul.

Zbog fikscije tetive supraspinatusa madrac šavom drugim krajem konca iz sidra dodatno se stabilizira sidro, a ujedno i povećava kontakt površine tetive s kosti čime se povećava i mogućnost cijeljenja tetive za kost, *footprint*. Ne postoji studija na

životinjama kojom se ispituje mehanička čvrstoća rekonstruirane tetive supraspinatusa upotrebom sidara.

4. MATERIJALI I METODE

4.1. MATERIJALI

Istraživanje je provedeno na 16 ženskih ovaca u dobi od 3 do 5 godina. Ovce su izabrane jer tetiva infraspinata u ovaca po svojem položaju, veličini i histološkim karakteristikama od svih četveronožaca najviše sličiti tetivi supraspinatusa u čovjeka^(89,99).

Za rekonstrukciju tetiva infraspinata u ovaca koristili smo Fastin® koštana sidra (DePuy Mitek, Johnson & Johnson) napunjenih s po dva Orthocord TM konca #2 USP (DePuy Mitek, Johnson & Johnson). Za postavljanje sidara, provlačenje i šivanje konaca te postavljanje čvorova koristi se standardni kirurški instrumentarij te svrdla za kost, pinovi i držač za postavljanje kosti u kidalicu.

Mehanička analiza zaraslih rekonstruiranih tetiva ovaca vršila se na uređaju kidalici „Universal Testing Machine“, model „TA.HD plus“ (slika 4.1), s maksimalno mogućim opterećenjem do 750 kg. Korištena je „čeljust“ ove kidalice „A/HDT – Tensile Grips“ s maksimalnom silom opterećenja od 500 kg.



Slika 4.1. Kidalica „Universal Testing Machine“, model "TA.HD plus"

Za prikaz mjerenja i grafičku podršku korišten je softverski paket „Texture Exponent“.

4.2. METODE

4.2.1. Pripreme za operaciju

Prije početka operacije u protokol za svaku ovcu posebno je zapisana šifra ovce, kojoj grupi pripada, odnosno koja tehnika rekonstrukcije će se izvršiti, datum

operacije i operater. Tehnika rekonstrukcije, odnosno grupa i operater izabrani su slučajnim odabirom.

Sve su ovce prije operacije podvrgnute vitaminizaciji, a neposredno prije operacije provedena je antibiotska profilaksa. Operacije su vršene na Klinici za kirurgiju, ortopediju i oftalmologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, u suradnji s djelatnicima klinike.

Sve su operacije vršene u aseptičkim uvjetima, uz endotrahealnu anesteziju pod nadzorom anesteziologa (slika 4.2). 24 sata prije zahvata životinje su prestale dobivati hranu. Vodu su prestali dobivati 8 sati prije početka operacije. Neposredno prije operacije daje se tetanus antiserum za profilaksu. Premedikacija je započeta primjenom 0.1 mg/kg xylazina (Xylapan), a postavljen je i venski put za primjenu lijekova.



Slika 4.2. Endotrahealna anestezija ovce pod nadzorom anesteziologa

Opća anestezija 30 minuta prije samog početka operacije izvodi se s 5 μ g/kg medetomidina (Domitor) i.m. za sedaciju i 4 mg/kg carprofena i.v. za analgeziju. Anestezija je inducirana s 2-4 mg/kg 1% propofola (Diprivan), a opća anestezija je održavana s 1% isofluranom (Forane).

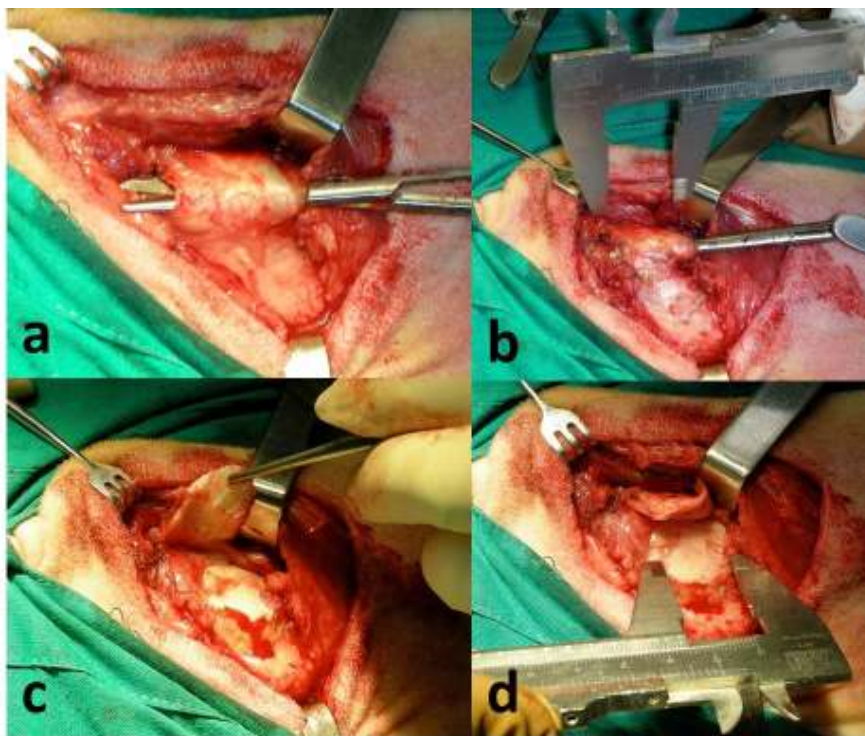
Nakon operacije isti dan daje se caprofen subkutano za analgeziju i 7mg/kg entamycina i 30000 i.j./kg penicilina G i.v. 2x dnevno.

4.2.2. Operacija

U svakoj skupini svim ovcima operirano je samo lijevo rame, dok desna ramena nisu operirana, tako da nakon 3 mjeseca posluže kao kontrolna skupna. Na taj način smo anatomske razlike između skupina sveli na statistički neznačajnu razliku, što smo mjerenjem osnovnih anatomskih obilježja i svakog ramena statistički i dokazali.

Ovce su postavljene na desni bok, a lijevo rame im je neposredno prije operacije ošišano i obrijano.

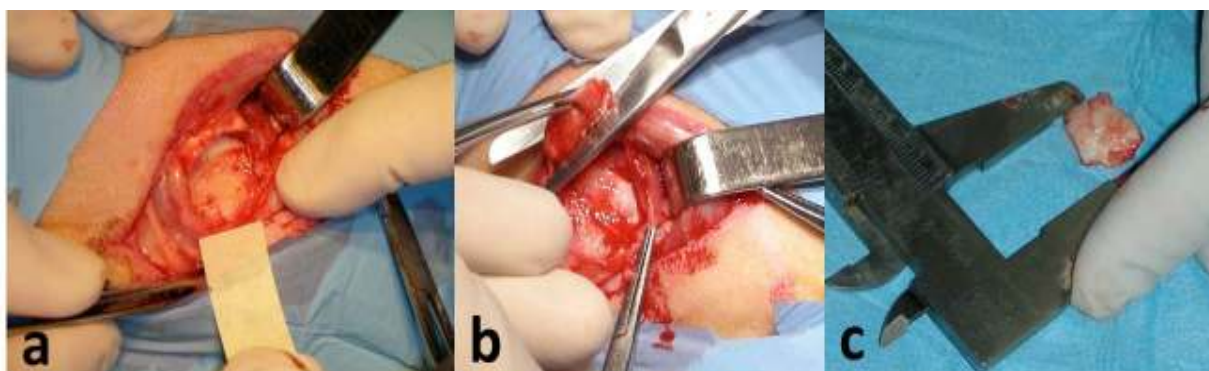
Učinjena je incizija 15 cm dužine preko gornjeg dijela na prednjoj lijevoj nozi ovce. Slijedi rez kože, potkože i fascije i prikaže se rub hvatišta tetive infraspinatusa (slika 4.3a). Izmjeri se debljina i širina tetive infraspinatusa u mm (slika 4.3b) i unese u protokol zbog anatomske usporedbe svih ovaca.



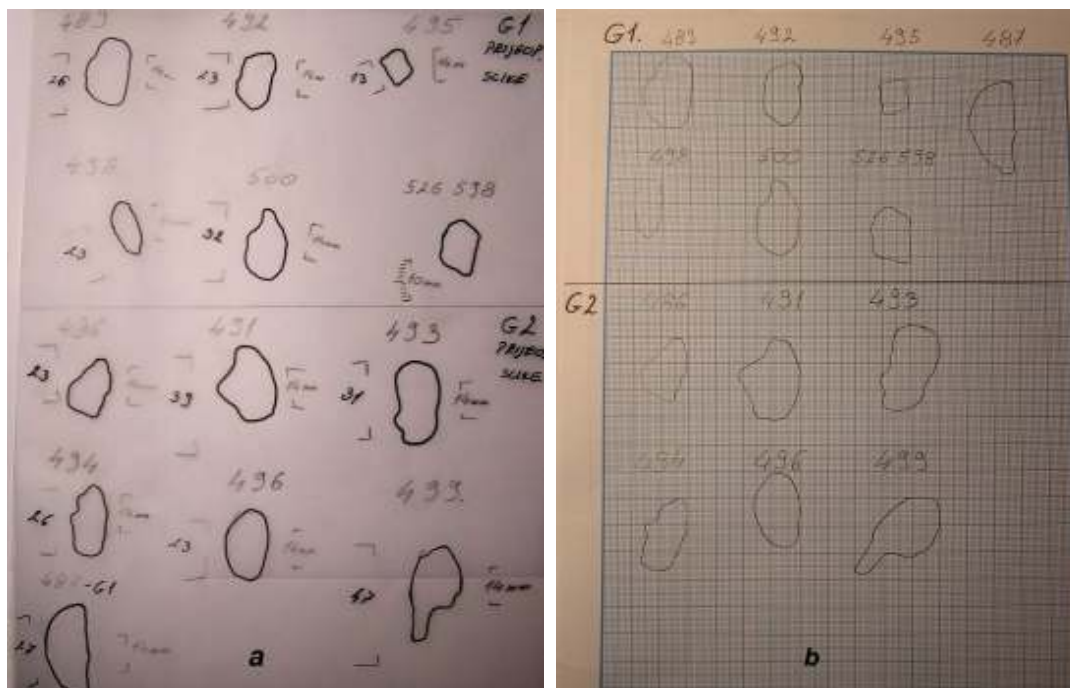
Slika 4.3. Prikazivanje tetive infraspinatusa (a), mjerenje debljine i širine tetive milimetarskim mjernikom (b), odvajanje tetive od njenog hvatišta na humerusu (c) i mjerenje veličine prirodnog hvatišta (*footprint*) na humerusu (d).

Nakon toga se oštrom nožem subperiostalno odvoji cijela širina infraspinatusa na hvatištu za veliki tuberkul (slika 4.3c). Sterilnim milimetarskim mjernikom izmjeri se širina i dužina *footprinta* i unese u protokol (slika 4.3d).

Kako bi se izračunala točna površina *footprinta*, a održala sterilnost operacijskog polja, *footprint* se fotografira zajedno sa zadanom dužinom (sterilni papir zadane dužine) (slika 4.4a). Fotografirani *footprint* se naknadno s fotografije precrtava na prozirni papir zajedno sa zadanom dužinom (slika 4.5a), a zatim se s prozirnog papira skenira na milimetarski papir zajedno sa zadanom dužinom (sterilni papir zadane dužine) (slika 4.5b). Znajući točno stvarnu širinu sterilnog papira i izmjerenu širinu sterilnog papira na fotografiji, dobivamo omjer pomoću kojeg ćemo izmjeriti stvarnu veličinu *footprinta*. Omjer veličine *footprinta* na fotografiji i stvarne veličine *footprinta* odgovara omjeru veličine sterilnog papira na fotografiji i stvarne veličine sterilnog papira. Sve se te vrijednosti unesu u protokol. Kako bi se imitirala ruptura i oštećenje tetiva infraspinatusa, u svom lateralnom dijelu resecira se za 10 mm kod svake ovce (slika 4.4b). Kako bismo bili sigurni da se kod svih ovaca resecira ista veličina tetive i na taj način ne utječe na poslijeoperacijske rezultate, mjeri se širina i dužina reseciranog dijela tetive i unese u protokol (slika 4.4c).



Slika 4.4. Fotografija *footprinta* sa sterilnim papirićem zadane širine (a), ruptura tetive imitira se resekcijom kraja tetive (b) koji se izmjeri milimetarskim mjernikom (c).



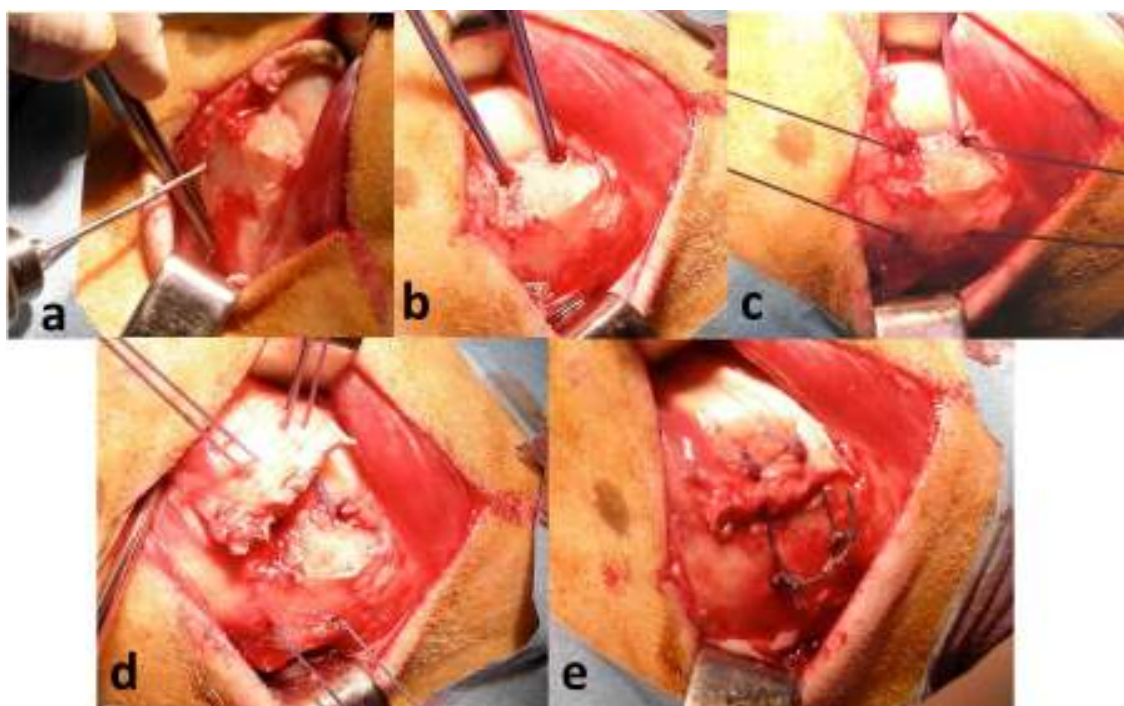
Slika 4.5. Precrtani *footprint* na prozirnog papiru zajedno sa zadanom dužinom, širina sterilnog papirića (a) i preslika *footprinta* na milimetrski papir i izmjera površine *footprinta* (b)

Ovce su slučajnim odabirom podijeljene u dvije skupine po osam ovaca.

4.2.2.1. Transosealna tehnika rekonstrukcije rotatorne manšete

U grupi G1 izvodi se tehnika transosealne fiksacije. Probuši se tunel u regiji velikog tuberkula humerusa u ovce (slika 4.6a). Ulaz transosealnog tunela je 10 mm lateralno od lateralnog ruba *footprinta*. Izlazni tunel smješten je u medijalnom dijelu *footprinta*. Na tom mjestu uvodi se koštano sidro Fastin s dvostrukim Orthocord koncem pod kutem od 45° u odnosu na podlogu (slika 4.6b). Nakon što se postavi Fastin sidro u načinjeno ležište, provlači se igla s Ethibond koncem kroz transosealni tunel. Veže se jedan kraj jednog Orthocord konca petljom načinjenom na provučenom kraju Ethibond konca. Ethibond koncem se vezani kraj Orthocord konca provlači na lateralnu stranu humerusa (slika 4.6c). Drugi krak konca provlači se kroz tetivu infraspinatusa, medijalno. Oba kraja drugog, preostalog Orthocord konca provlače se kroz tetivu infraspinatusa ispred i straga u odnosu na prvotno postavljeni i intraosealno provučeni Orthocord konac (slika 4.6d). Tri kraka koja su provučena

kroz tetivu infraspinatusa provlače se u konfiguraciji madrac šava i uzdužnog šava. Pritezanje osnovne konfiguracije čvora i svake od ukupno četiri naizmjenične osiguravajuće petlje izvodi uvijek ista osoba, približno jednakim intenzitetom. Naknadno se isti postupak ponovi u stražnjem dijelu velikog tuberkula i *footprinta* te se postavi još jedno koštano sidro. Postave se ukupno dva sidra. Svaki korak operacije dokumentira se fotografijom kao dokaz ujednačenosti kod svake ovce. Završno se fotografira rekonstruirana tetiva (slika 4.6e).

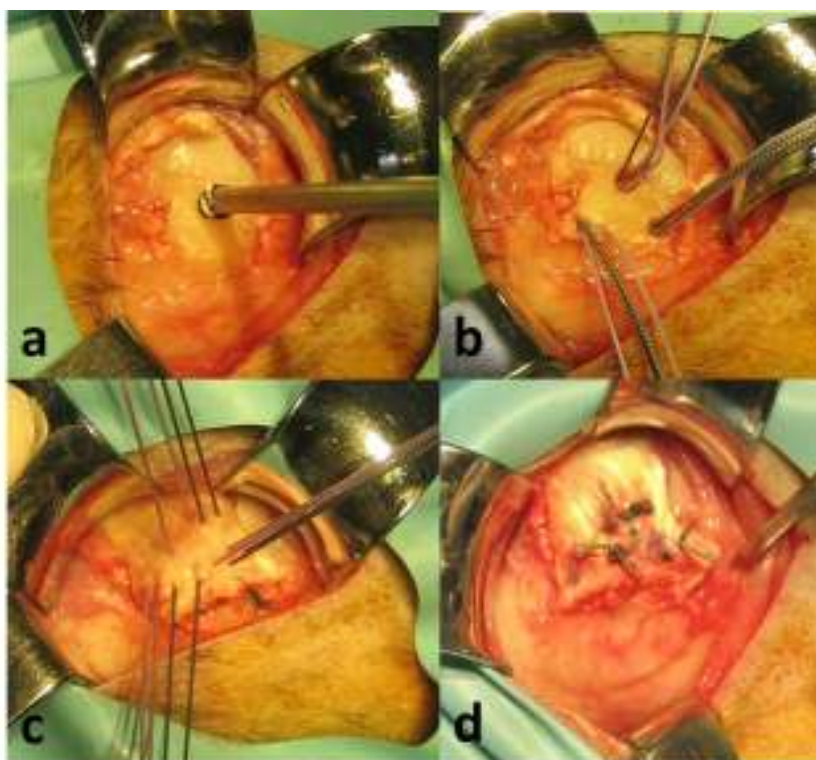


Slika 4.6. Bušenje koštanog tunela u humerusu (a), postavljanje koštanih sidara na medijalni rub *footprinta* (b), provlačenje prvog konca kroz koštane tunele (c), provlačenje drugog kraja prvog konca i oba kraja drugog konca kroz tetivu (d), pritezanje prvo transo

4.2.2.2. Tehnika dva reda koštanih sidara rekonstrukcije rotatorne manšete

U grupi G2 izvodi se tehnika šivanja tetive infraspinatusa tehnikom dva reda koštanih sidara Fastin s dvostrukim Orthocord koncem. Načini se ležište za koštano sidro Fastin na medijalnom dijelu hvatišta tetive na kosti (*footprint*) (slika 4.7a). Potom se naknadno načine još dva otvora lateralno za dva dodatna sidra. Postavlja se koštano sidro Fastin u pripremljeni otvor (slika 4.7b). Svi krajevi konaca, ukupno

šest, provlače se iglom kroz tetivu infraspinatusa (slika 4.7c). Pritezanje osnovne konfiguracije čvora i svake od ukupno četiri naizmjenične osiguravajuće petlje izvodi uvijek ista osoba, približno jednakim intenzitetom. Postave se ukupno tri sidra. Kao i u predhodnoj skupini, svaki korak operacije dokumentira se fotografijom kao dokaz ujednačenosti kod svake ovce. Završno se fotografira rekonstruirana tetiva (slika 4.7d).



Slika 4.7. Tehnika rekonstrukcije dva reda koštanih sidara. Postavljanje prvog sidra na medijalni rub *footprint*a (a), postavljanje još dvaju sidara na lateralni rub *footprint*a (b), provlačenje svih konaca kroz tetivu (c), pritezanje svih čvorova čime je rekonstrukcija tetive završena (d)

Slijedi zatvaranje rane po slojevima.

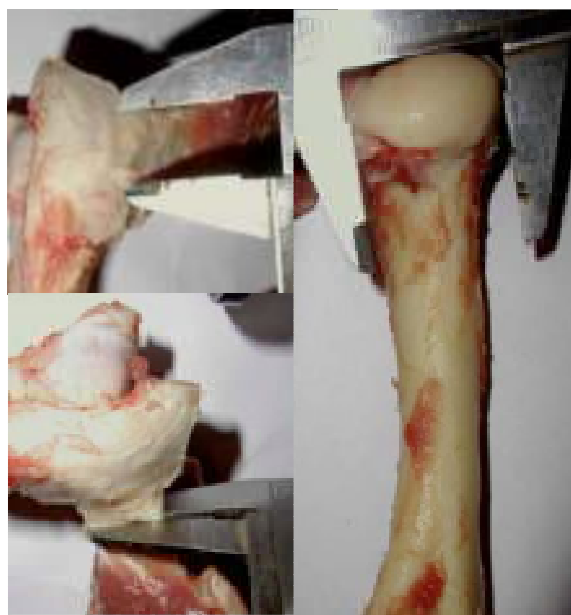
Rano poslijeoperacijsko razdoblje životinje su provele pod nadzorom osoblja u za to predviđenim prostorijama Klinke za kirurgiju, ortopediju i oftalmologiju Veterinarskog fakulteta. Prva tri dana daje se caprofen subkutano za analgeziju i 7mg/kg gentamycina i 30000 i.j./kg penicilina G i.v. 2x dnevno.

Usprkos svim poduzetim mjerama, primjeni medikamenata za što brži oporavak i zalaganju osoblja Veterinarskog fakulteta tri su ovce uginule u ranom poslijeoperacijskom tijeku. Dvije ovce uginule su odmah prvi dan nakon operacije, a jedna treći dan nakon operacije. Jedna ovca bila je iz G1 grupe (transosealna tehnika), dok su dvije ovce bile iz G2 grupe (tehnika dva reda).

Deset dana nakon operacije, nakon što su sve rane uredno zacijelile, ovce su prebačene na seosko domaćinstvo gdje su pod nadzorom doktora veterinarske medicine provele 3 mjeseca. Tijekom cijelog poslijeoperacijskog razdoblja ovce nisu imale imobilizaciju operirane noge.

Nakon 3 mjeseca ovce su žrtvovane letalnom injekcijom natrij-tiopentala od strane doktora veterinarske medicine.

Preparira se rame ovce, infraspinatus operirane i neoperirane prednje noge, tako da ostanu izolirani mišić infraspinatus, njegovo hvatište na humerusu i proksimalni humerus u dužini 10 cm. Vrše se anatomska mjerenja. Duljina nadlaktice, duljina donjeg i lateralnog ruba skapule, duljina spine skapule, širina i debljina tetive (slika 4.8). Pomoću tih vrijednosti izračuna se površina skapule. Ove će nam mjere poslužiti kao dokaz da nema anatomskih odstupanja između ovaca iz različitih skupina.



Slika 4.8. Anatomska mjerenja ramenog obruča u ovce

Od 13 preživjelih ovaca slučajnim odabirom smo izabrali 8 ovaca kojima smo preparirali i desno, neoperirano rame i na taj način dobili kontrolnu skupinu (GK) od 8 ramena. Nakon prepariranja ramena u kontrolnoj skupini također se izvrše anatomska mjerenja širine i debljine tetive infraspinatusa, duljina nadlaktice, duljina donjeg i lateralnog ruba skapule i duljina spine skapule.

Dva ramena, po jedno iz svake skupine (G1 i G2), šalju se na histološku analizu, a ostatak na mehaničko ispitivanje.

4.2.3. Histološka analiza

Histološkom analizom trebalo je procijeniti pokrivenost *footprinta* i stanični odgovor (cijeljenje).

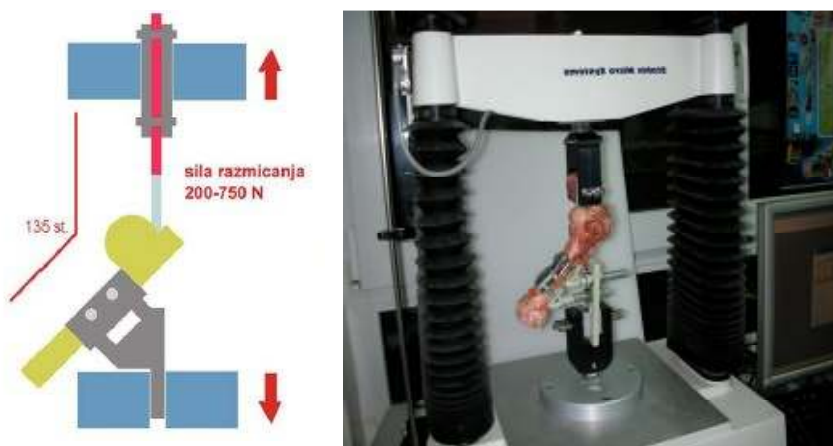
Zbog pogrešne pripreme histoloških preparata, dolazi do uništenja preparata i onemogućena je histološka analiza.

4.2.4. Mehanička analiza

Zbog pogreške u pripremi dvaju preparata za histološku analizu i tri uginule ovce u prva tri dana nakon operacije, za mehaničku analizu ostalo nam je 11 ramena; šest ramena u grupi G1 (transosealna tehnika) i pet ramena u grupi G2 (tehnika dva reda).

Mehaničkom analizom određuju se otpornost na vlačne sile, veličina sile koja izaziva pucanje i mjesto pucanja.

Testiranje primarne čvrstoće rekonstruirane tetive distrakcijom izvodi se prema opisima studije Demirhana i suradnika⁽¹⁰⁷⁾. Iako većina drugih istraživanja postavlja humerus u odnosu na tetivu infraspinatusa pod kutom od 90° , respektirajući prirodni odnos humerusa i skapule u ovce koji su postavljeni u čeljusti kidalice, skapulu i humerus postavljamo pod međusobnim kutom od 135° . Ramena s rekonstruiranim tetivama infraspinatusa postavljaju se (svako pojedinačno) u čeljusti kidalice, tako da je mišićno-tetivno tkivo uzdužno prihvaćeno gornjom čeljusti kidalice, a humerus se hvata u držaču pod kutom od 135° u odnosu na smjer tetive te se fiksira u donjoj čeljusti kidalice (slika 4.9).



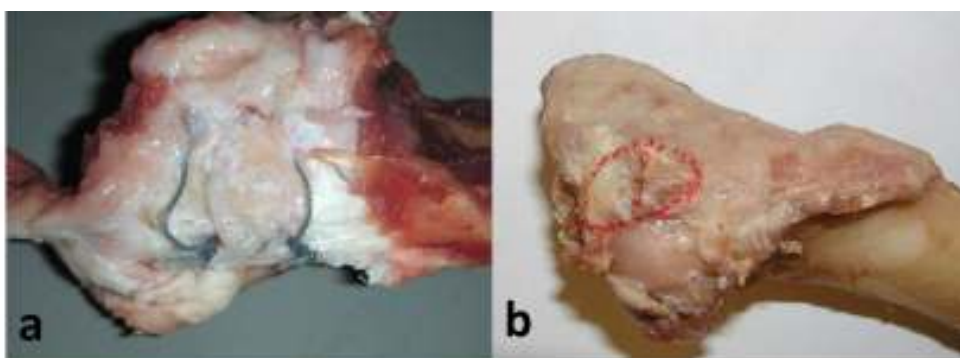
Slika 4.9. Postavljanje ramena ovce u kidalicu pod kutom od 135° između lopatice i humerusa.

Veliki tuberkul položen je u centar osovine vlaka. Svako rame iz svake od triju grupa (GK, G1 i G2) postavlja se u kidalicu na identičan način i opterećuje na identičan način. Sustav se predoptereći opterećenjem od 10 N. Uzorci se distrahiraju 1 mm/s.

Tijekom mehaničkog ispitivanja mjerene su sljedeće vrijednosti:

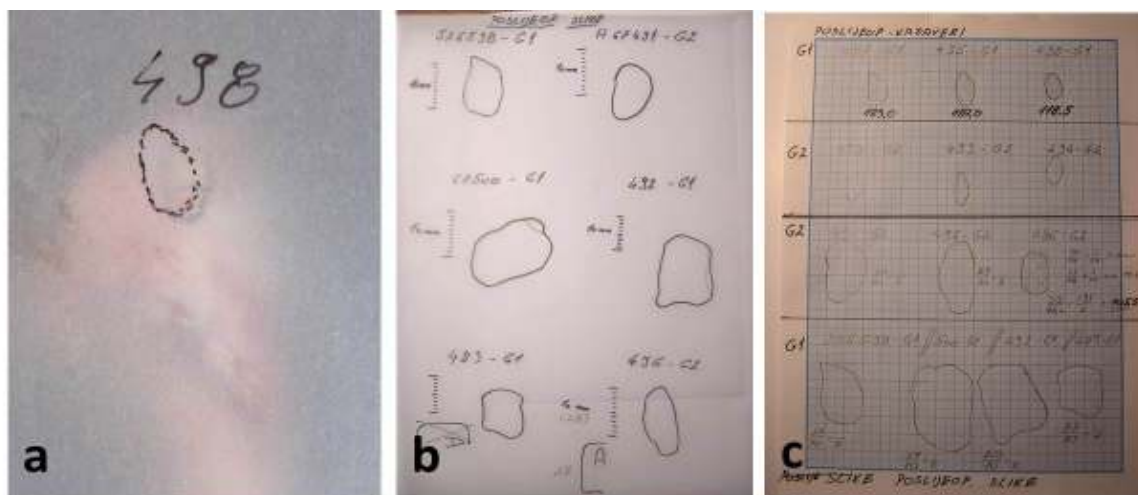
- sila rastezanja koja je dovela do pucanja tetive (F_p)
- maksimalna pritom postignuta distanca rastezanja (D_p)
- maksimalna sila rastezanja pri kojoj još nije došlo do pucanja tetive (F_r)
- distanca rastezanja tetive pri kojoj je izmjerena sila, ali još nije došlo do pucanja (D_r)

Razmak koji se postigne plastičnom deformacijom (istezanjem) konstrukcije tetiva-kost mjeri se kao vrijednost istežanja (I). Nakon što se pokidaju dijelovi rekonstrukcije rotatorne manšete i odstrane šavovi zajedno s ostatkom tetive, flomasterom se obilježi rub kontakta rekonstruirane tetive infraspinatusa na kosti - novonastali *footprint* nakon 3 mjeseca cijeljenja (slika 4.10).



Slika 4.10. Pokidana rekonstruirana tetiva na samom hvatištu za kost (*footprint*) (a) - najprije se odstrane šavovi i ostaci tetive, a zatim se flomasterom obilježi novonastali *footprint* nakon cijeljenja rekonstruirane tetive od 3 mjeseca (b)

Preko prozirnog papira novonastali *footprint* se skenira na milimetarski papir i izmjeri se površina novonastalnog rekonstruiranog *footprinta* (P2) u mm² (slika 4.11).



Na prethodno opisani način mehaničkog ispitivanja čvrstoće rekonstrukcije i prijenos preko transparentnog papira i skeniranja površine *footprinta* ramena, provede se na isti način u obje skupine u kojima je rekonstrukcija tetive učinjena na dva različita načina (G1 i G2). Čvrstoća nerekonstruirane tetive u kontrolnoj skupini (GK) također se dobije na isti prethodno opisani način.

Fotografiraju se zbog dokumentacije kamerom na stativu.

4.3. STATISTIČKE METODE

Prije same obrade podataka provjerili smo normalnost raspodjele podataka za ispitivane varijable Kolgomorovim i Smirnovim testom te Shapiro-Wilksovim testom koji je nešto pogodniji (osjetljiviji) kod manjih uzoraka o kakvom je riječ u ovom istraživanju.

Ovisno o prirodi podataka korišteni su parametrijski testovi (Studentov t-test i ANOVA), odnosno ekvivalentni neparametrijski (Mann-Whitney-ev U-test, i Kruskal-Wallis ANOVA) statistički testovi.

Prilikom svih usporedbi razina značajnosti postavljena je na $p < 0.05$.

U analizi je korištena programska podrška MS Office Excel 2007 sa statističkim paketom Analyse-It i softverskim paketom NCSS PASS.

5. REZULTATI

5.1. ANATOMSKE OSOBINE ŽIVOTINJA PRIJE POČETKA ISPITIVANJA

Prije usporedbe rezultata ispitivanja u dvije operirane skupine - transosealnom tehnikom jednim redom sidara (G1) i tehnikom dva reda sidara (G2), potrebno je navedene dvije skupine, kao i treću skupinu – kontrolnu skupinu (GK), usporediti po kriterijima varijabli na raspolaganju prije početka ispitivanja.

Konkretno, usporedit će se određene dimenzije skapula promatranih životinja (spina, donji i lateralni rub kosti), širine i debljine tetive kao i duljine nadlaktica.

grupa	tetiva		duljina nadlaktice	skapula		
	širina	debljina		spina	donji rub	lat. rub
G1 - 1	21,00	2,50	155,00	180,00	190,00	145,00
G1 - 2	15,00	2,00	135,00	164,00	180,00	108,00
G1 - 3	23,50	2,80	143,00	170,00	180,00	115,00
G1 - 4	19,00	2,50	145,00	180,00	190,00	112,00
G1 - 5	15,00	2,60	150,00	155,00	180,00	125,00
G1 - 6	18,60	2,50	160,00	188,00	197,00	110,00

G2 - 1	18,00	2,50	128,00	170,00	170,00	100,00
G2 - 2	18,50	2,70	130,00	160,00	180,00	120,00
G2 - 3	17,00	2,00	135,00	163,00	170,00	105,00
G2 - 4	21,00	3,00	155,00	190,00	200,00	130,00
G2 - 5	16,00	2,00	135,00	170,00	153,00	105,00

GK - 1	18,50	2,20	148,00	180,00	183,00	128,00
GK - 2	18,50	3,20	140,00	175,00	190,00	108,00
GK - 3	18,00	2,00	123,00	175,00	195,00	100,00
GK - 4	19,00	2,30	130,00	163,00	170,00	103,00
GK - 5	19,00	2,20	153,00	190,00	198,00	120,00
GK - 6	18,00	2,00	133,00	158,00	165,00	98,00
GK - 7	19,00	2,30	126,00	168,00	178,00	95,00
GK - 8	18,00	2,20	147,00	178,00	189,00	110,00

Tablica 5.1. Tablični prikaz svih vrijednosti dimenzija skapula promatranih životinja (spina, donji i lateralni rub kosti), širine i debljine tetive kao i duljina nadlaktice.

Prvi korak u analizi bit će ispitivanje normalnosti razdiobe uzorka, tj. koliko dobro uzorak prati teoretsku (Gaussovu) razdiobu. O tome ovisi hoće li se dalje koristiti parametrijski ili neparametrijski statistički testovi. Normalnost razdiobe bit će ispitana upotrebom dvaju priznatih testova. To su uobičajena metoda po Kolgomorovu i Smirnovu te Shapiro-Wilksov test koji je nešto pogodniji (osjetljiviji) kod manjih uzoraka kakav je u pitanju u ovom istraživanju.

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	D	p	W	p
G1	0,193	>0,20	0,925	0,506
G2	0,165	>0,20	0,981	0,957
GK	0,234	>0,20	0,802	0,029
Sve sk.	0,249	<0,10	0,898	0,033

Tablica 5.2. Normalnost razdiobe varijable širina tetive

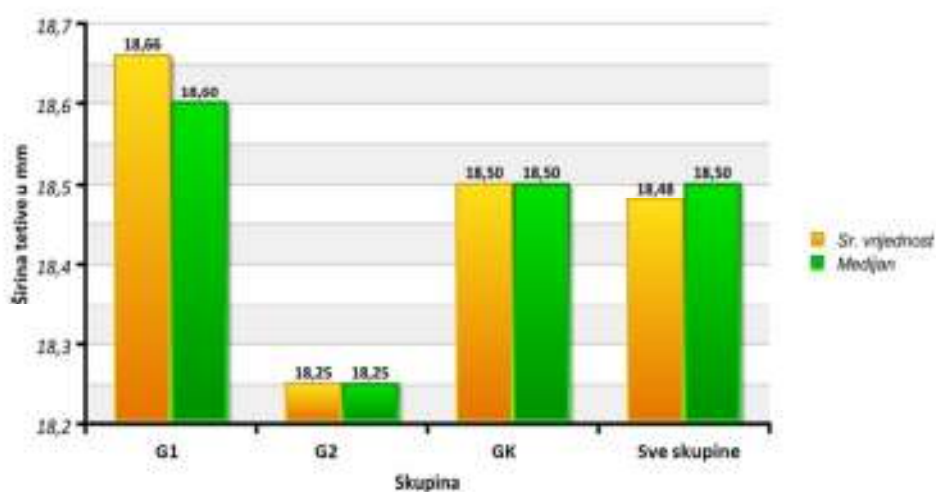
Iz gornje tablice vidljivo je da razdioba varijable *širina tetive* u prve dvije promatrane skupine slijedi normalnu razdiobu prema kriterijima oba upotrebljena testa, dok to nije slučaj s razdiobom iste varijable u kontrolnoj skupini kao i kada se promatraju sve tri skupine zajedno. Iako je navedena razlika uočena samo upotrebom Shapiro-Wilksovog testa, dok je Kolmogorov-Smirnovljevom metodom razdioba procijenjena normalnom, rezultati prvog testa će se poštovati u daljnjoj obradi jer ga smatramo prikladnijim za manje uzorke.

Razlike među trima navedenim skupinama bit će ispitane odgovarajućim neparametrijskim testom – Kruskal-Wallis ANOVA. Primjenom navedenog testa ustanovljeno je da razlike širine tetive među trima promatranim skupinama nisu statistički značajne ($p=0,849$). Deskriptivne vrijednosti prikazane su u donjoj tablici i grafikonu koji slijede.

	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	18,66	7	3,05	15,84	21,48	8,50	15	18,60	21
G2	18,25	6	1,72	16,44	20,06	5,00	17	18,25	19
GK	18,50	8	0,46	18,11	18,89	1,00	18	18,50	19
Sve sk.	18,48	21	1,91	17,61	19,35	8,50	18	18,50	19

Tablica 5.3. Širina tetive u mm

*Sr. = srednja vrijednost; N = broj opažanja (životinja); SD = standardna devijacija; -95% i +95% IP = intervali pouzdanosti; Raspon = razlika između najmanje i najviše vrijednosti; DoK i GoK = donji i gornji kvartil; Med = medijan (srednja vrijednost po položaju)



Grafikon 5.1. Širina tetive u mm

S obzirom da samo jedna od promatrane tri skupine nije pokazivala normalnu razdiobu ove varijable, u tablici i na grafikonu prikazane su i srednje vrijednosti i medijani. Zbog male veličine uzorka, vrijednosti su gotovo identične.

U daljnjem tekstu na identičan način ispitat će se normalnost razdiobe ostalih varijabli koje su bile mjerene prije početka istraživanja.

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	D	p	W	p
G1	0,387	>0,20	0,802	0,043
G2	0,213	>0,20	0,857	0,181
GK	0,375	<0,20	0,689	0,002
Sve sk.	0,136	>0,20	0,918	0,080

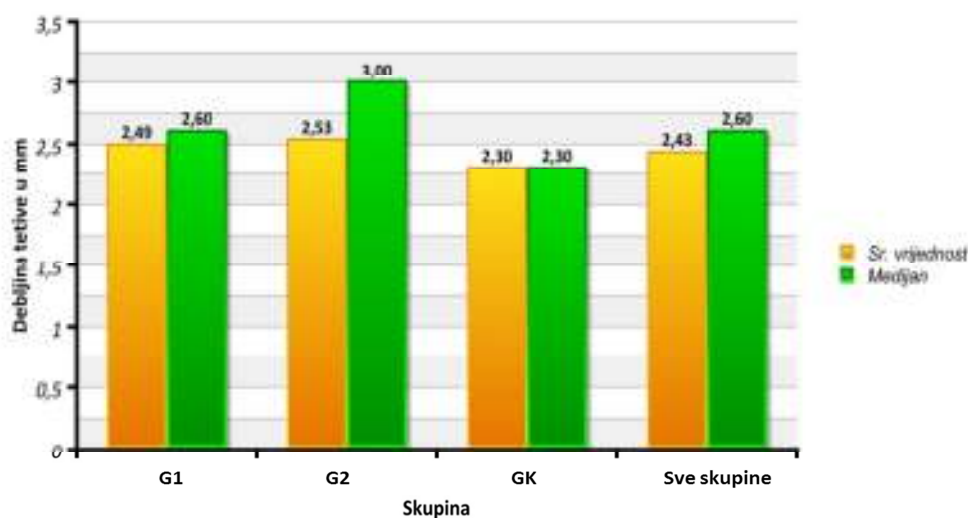
Tablica 5.4. Normalnost razdiobe varijable *debljina tetive*

Kao i u prethodnom slučaju (tj. varijable *širina tetive*), i debljina tetive pokazala je određeni odmak od normalne razdiobe u dvjema promatranim skupinama – u životinja koje su operirane transosealnom tehnikom kao i u kontrolnoj skupini. Raspodjela cijelog uzorka u ovom je slučaju odgovarala normalnoj razdiobi prema oba korištena testa. Razlike u debljini tetiva među skupinama nisu bile statistički različite (Kruskal-Wallis ANOVA, $p=0,303$).

Detaljne deskriptivne vrijednosti prikazane su u tablici i grafikonu koji slijede.

	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	2,49	7	0,24	2,26	2,71	2,50	2,50	2,60	2,49
G2	2,53	6	0,45	2,06	3,01	2,00	2,60	3,00	2,53
GK	2,30	8	0,38	1,98	2,62	2,10	2,20	2,30	2,30
Sve sk.	2,43	21	0,36	2,26	2,59	2,20	2,50	2,60	2,43

Tablica 5.5. Debljina tetive u mm



Grafikon 5.2. Debljina tetive u mm

U nastavku su prikazane tablice na kojima se nalaze rezultati testiranja normalnosti preostale četiri „demografske“ varijable – duljina nadlaktice te tri dimenzije skapula ispitivanih životinja. Za razliku od prethodne dvije varijable, testovi normalnosti su u svim slučajevima sugerirali da je razdioba normalna pa se razlike među varijablama mogu razmatrati odgovarajućom parametrijskom metodom –

testom ANOVA. Rezultati testiranja su $p=0,254$ (duljina nadlaktice), $p=0,948$ (promjer skapule (spina)), $p=0,797$ (promjer skapule (donji rub)) i $p=0,120$ (promjer skapule (lateralni rub)). S obzirom da su sve vrijednosti iznad granice od $p=0,05$, može se zaključiti da među trima promatranim skupinama životinja nije bilo statistički značajnih razlika niti u jednoj od gore navedenih varijabli.

Ukupni zaključak ovog dijela rezultata je da nije bilo statistički značajnih razlika među trima promatranim skupinama životinja (G1, G2 i GK) niti za jednu od šest promatranih varijabli:

- širina tetive
- debljina tetive
- duljina nadlaktice
- promjer skapule (tri mjerene dimenzije).

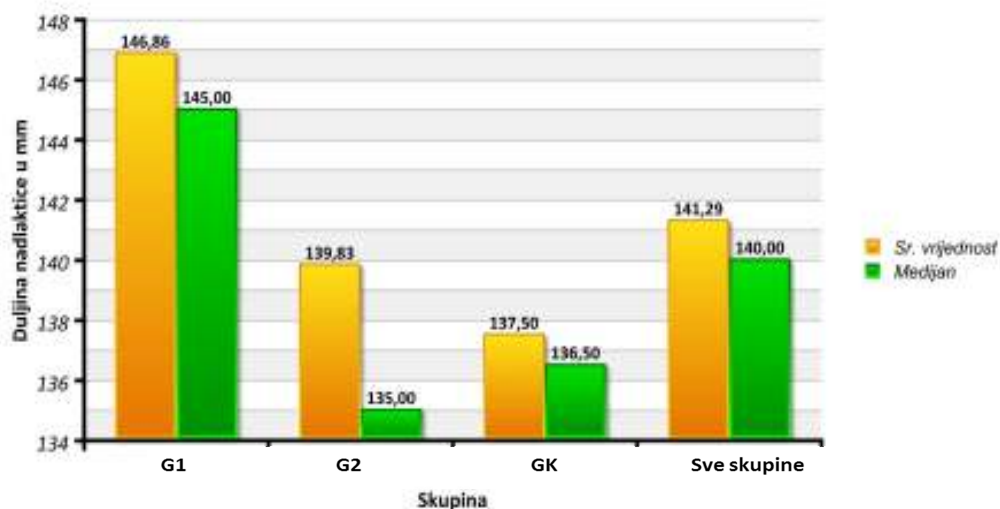
Drugim riječima, skupine su na početku istraživanja bile u potpunosti međusobno usporedive, što omogućava naknadnu usporedbu tijekom trajanja istraživanja.

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	D	p	W	p
G1	0,155	>0,20	0,979	0,958
G2	0,318	>0,20	0,808	0,069
GK	0,178	>0,20	0,937	0,579
Sve sk.	0,144	>0,20	0,957	0,448

Tablica 5.6. Normalnost razdiobe varijable duljina nadlaktice

	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	146,86	7	8,70	138,80	154,91	25	140	145,00	155,00
G2	139,83	6	12,44	126,77	152,90	28	130	135,00	155,00
GK	137,50	8	11,12	128,20	146,80	30	128	136,50	147,50
Sve sk.	141,29	21	11,04	136,26	146,31	37	133	140,00	150,00

Tablica 5.7. Duljina nadlaktice u mm



Grafikon 5.3. Duljina nadlaktice u mm

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	D	p	W	p
G1	0,276	>0,20	0,921	0,479
G2	0,302	>0,20	0,875	0,246
GK	0,189	>0,20	0,975	0,933
Sve sk.	0,119	>0,20	0,969	0,719

Tablica 5.8. Normalnost razdiobe varijable promjer skapule (spina)

	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	173,86	7	11,41	163,31	184,41	33	164,00	180	180
G2	175,50	6	15,92	158,79	192,21	40	163,00	170	190
GK	173,38	8	10,14	164,90	181,85	32	165,50	175	179
Sve sk.	174,14	21	11,80	168,77	179,51	45	164,00	175	180

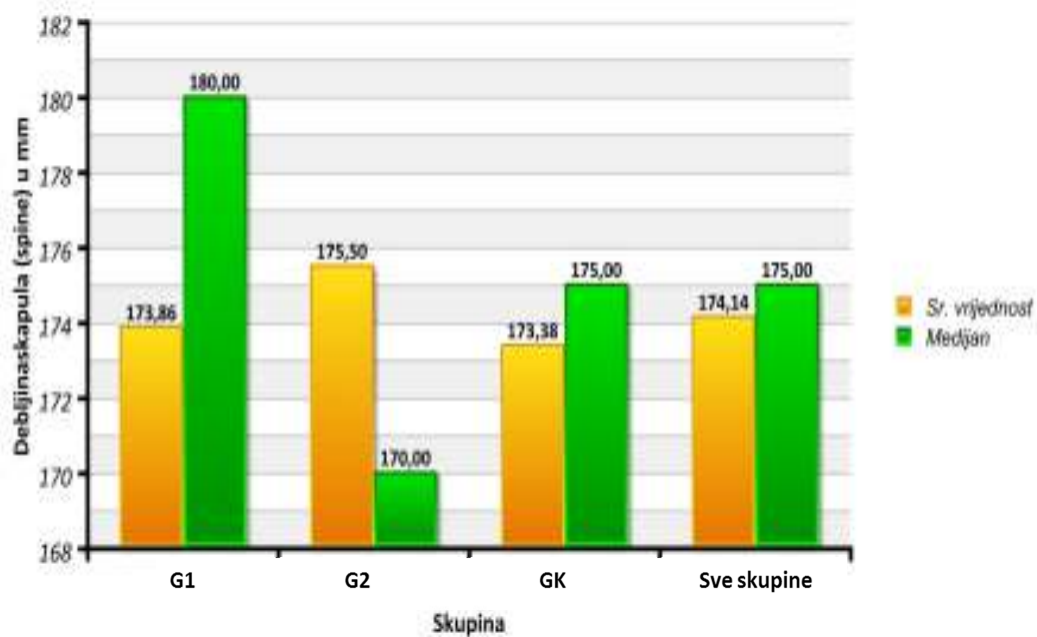
Tablica 5.9. Promjer skapule (spina) u mm

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	D	p	W	p
G1	0,268	>0,20	0,827	0,074
G2	0,192	>0,20	0,951	0,744
GK	0,179	>0,20	0,947	0,685
Sve sk.	0,118	>0,20	0,976	0,863

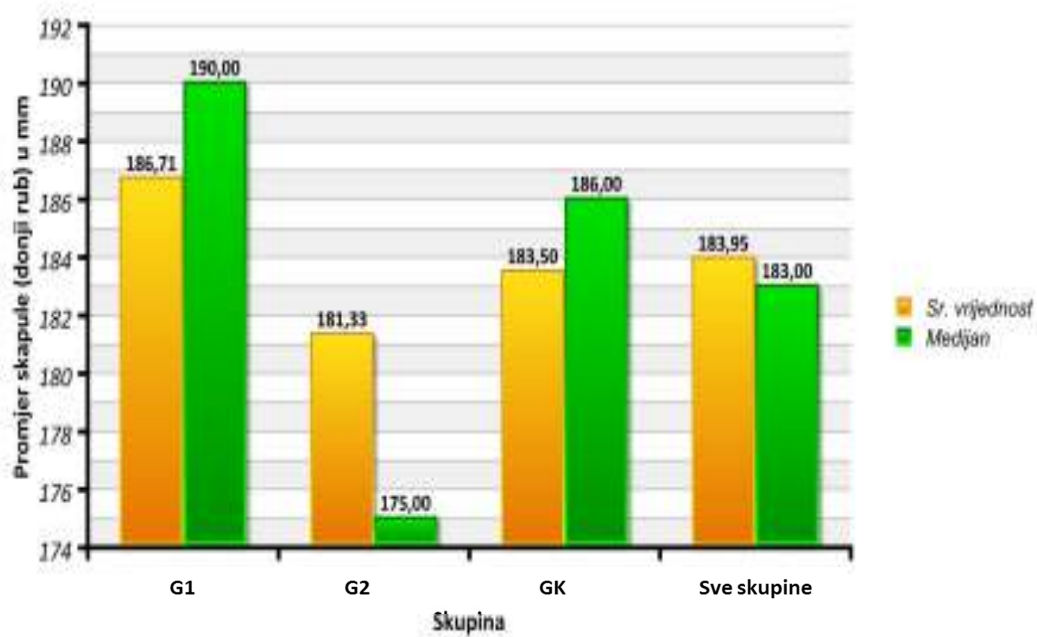
Tablica 5.10. Normalnost razdiobe varijable promjer skapule (donji rub)

	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	186,71	7	6,75	180,47	192,96	17	180	190	190,00
G2	181,33	6	22,55	157,66	205,00	62	170	175	200,00
GK	183,50	8	11,77	173,66	193,34	33	174	186	192,50
Sve sk.	183,95	21	13,93	177,61	190,29	62	178	183	190,00

Tablica 5.11. Promjer skapule (donji rub) u mm



Grafikon 5.4. Promjer skapule (spina) u mm



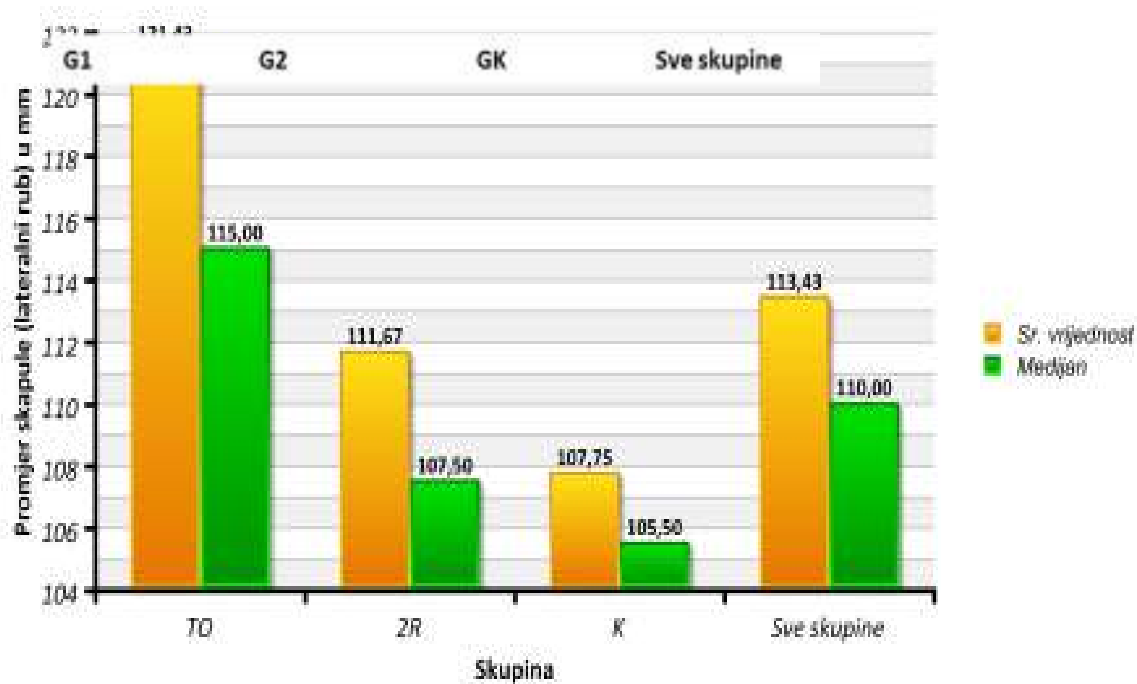
Grafikon 5.5. Promjer skapule (donji rub) u mm

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	D	p	W	p
G1	0,247	>0,20	0,883	0,239
G2	0,226	>0,20	0,905	0,404
GK	0,172	>0,20	0,926	0,482
Sve skupine	0,174	>0,20	0,939	0,210

Tablica 5.12. Normalnost razdiobe varijable promjer skapule (lateralni rub)

	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	121,43	7	14,11	108,38	134,47	37,0	110	115,00	135
G2	111,67	6	11,25	99,86	123,48	30,0	105	107,50	120
GK	107,75	8	11,37	98,24	117,26	33,0	99	105,50	115
Sve sk.	113,43	21	13,15	107,44	119,41	50,0	105	110,00	120

Tablica 5.13. Promjer skapule (lateralni rub) u mm



Grafikon 5.6. Promjer skapule (lateralni rub) u mm

5.2. REZULTATI MEHANIČKOG ISPITIVANJA

5.2.1. Hvatište tetive infraspinata

Dimenzije hvatišta tetive infraspinata (površina, tzv. *footprint*), mjerene su u dva navrata tijekom istraživanja – prije operacije te nakon 3 mjeseca, tj. nakon kidanja.

grupa	footprint prije rekonstrukcije	footprint nakon 3 mj. (nakon kidanja)
G1 – 1	218,00	254,50
G1 – 2	173,00	519,80
G1 – 3	175,00	187,00
G1 – 4	106,00	118,50
G1 – 5	182,00	448,50
G1 – 6	153,00	231,00

G2 - 1	142,00	105,50
G2 - 2	159,00	198,80
G2 - 3	215,00	116,50
G2 - 4	212,00	206,40
G2 - 5	136,00	99,50

Tablica 5.14. Tablični prikaz svih vrijednosti footprinta u obje grupe prije rekonstrukcije i nakon 3 mjeseca cijeljenja, odnosno nakon kidanja

Normalnost razdiobe bit će ispitana samo jednom metodom – Shapiro-Wilksovim testom koji smaramo osjetljivijim u ovakvim uzorcima.

Površina *footprinta* prije operacije (tablica 5.15) odgovarala je teoretskoj normalnoj razdiobi, dok 3 mjeseca nakon početka istraživanja, tj. nakon kidanja tetive, to nije bio slučaj (tablica 5.16).

Stoga će rezultati mjerenja površine *footprinta* 3 mjeseca nakon početka istraživanja biti analizirani odgovarajućom neparametrijskom metodom.

	W	P
G1	0,926	0,519
G2	0,884	0,286
Sve skupine	0,953	0,646

Tablica 5.15. Normalnost razdiobe varijable footprint prije operacije

	W	P
G1	0,932	0,568
G2	0,855	0,173
Sve skupine	0,845	0,025

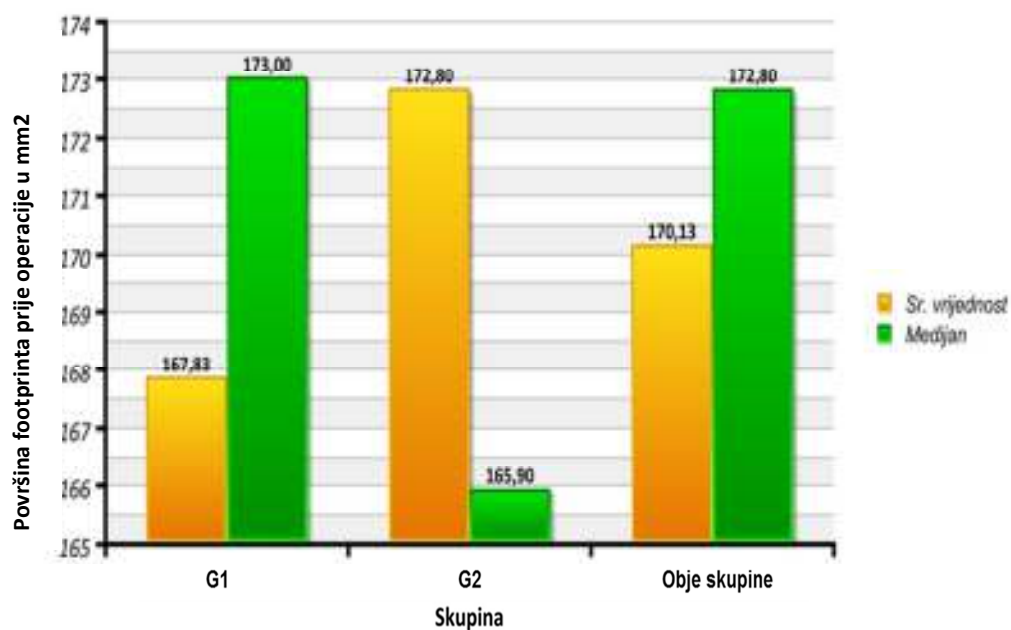
Tablica 5.16. Normalnost razdiobe varijable footprint nakon kidanja

Prije operacije razlike među dvjema promatranim skupinama nisu bile statistički značajne (Studentov t-test; $p=0,797$). Tri mjeseca kasnije, tj. nakon kidanja tetive, razlike su bile statistički značajne (Mann-Whitneyev U-test, $p=0,027$). Srednje vrijednosti i medijani prikazani su pregledno na tablicama i grafikonima koji slijede.

Iz tablica (tablica 5.17 i tablica 5.18) i grafikona (Grafikon 5.4grafikon 5.7 i grafikon 5.8) vidljivo je da je skupina operirana transosealnom tehnikom imala u prosjeku veću površinu *footprinta* i prije i nakon čišćenja, ali tek nakon kidanja razlike postaju statistički značajne.

	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	167,83	7	33,761	136,61	199,06	112,00	153,00	173,00	182,00
G2	172,80	6	34,090	137,02	208,58	79,00	142,00	165,90	212,00
Sve sk.	170,13	13	32,570	150,44	189,81	112,00	153,00	172,80	182,00

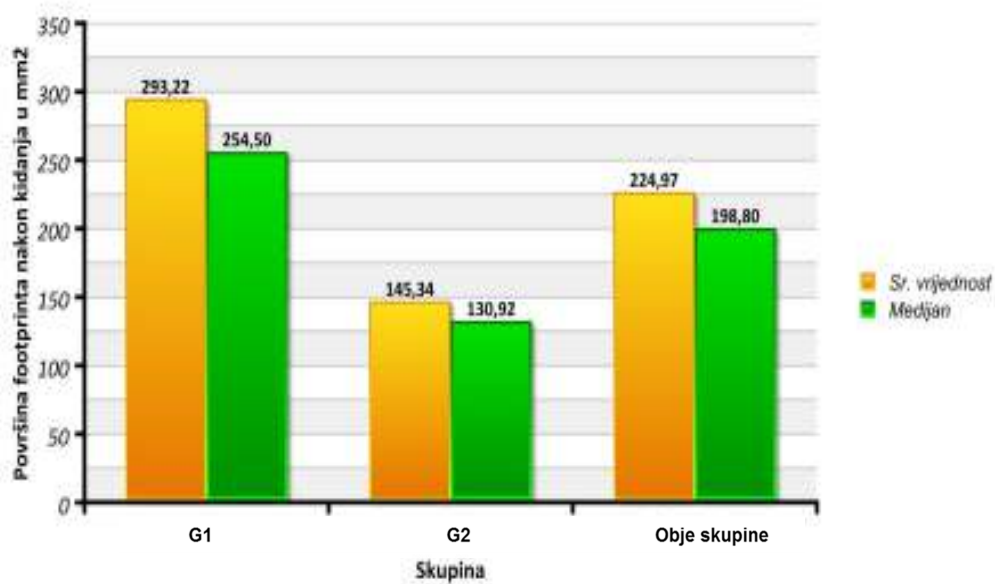
Tablica 5.17. Površina footprinta prije operacije mm2



Grafikon 5.7. Površina footprinta prije operacije mm²

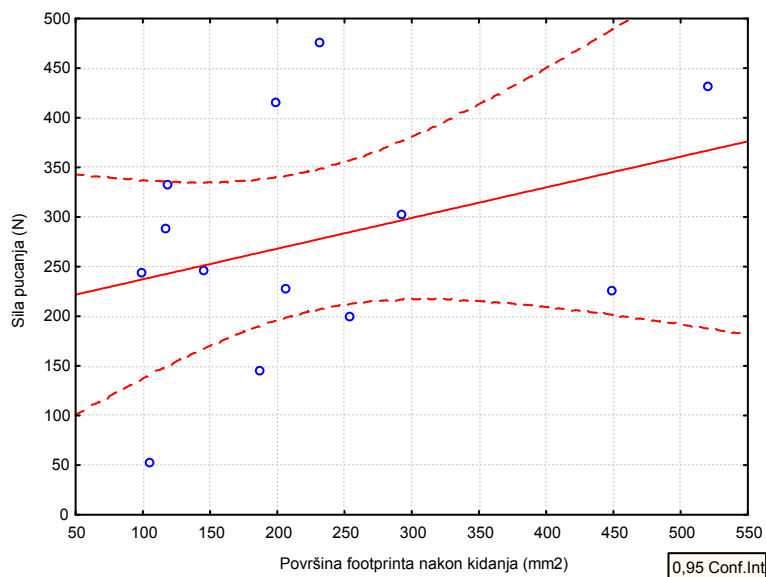
	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	293,22	7	142,96	161,00	425,44	401,30	187,00	254,50	448,50
G2	145,34	6	47,13	95,88	194,80	106,90	105,50	130,92	198,80
Sve sk.	224,97	13	130,51	146,10	303,83	420,30	118,50	198,80	254,50

Tablica 5.18. Površina footprinta nakon kidanja u mm²



Grafikon 5.8. Površina footprinta nakon kidanja u mm²

Očekivano, površina *footprinta* nakon kidanja pozitivno je korelirala s vrijednostima sile pri kojima je došlo do pucanja tetive. Korelacija (Pearsonova metoda) pozitivnog je predznaka ($r=0,342$), ali nije statistički značajna ($p=0,253$). Grafikon koji slijedi prikazuje navedenu korelaciju.



Grafikon 5.9. Prikaz pozitivne korelacije površine *footprinta* nakon kidanja s vrijednostima sile pri kojima je došlo do pucanja tetive.

5.2.2. Resecirani dio tetive i vrijednosti mehaničkog ispitivanja

Iz anteroposteriornog i mediolateralnog promjera reseciranog dijela tetive izračunata je površina ukupno reseciranoga dijela tetive u kvadratnim milimetrima.

<i>grupa</i>	<i>resecirani dio tetive</i>
G1 - 2	209
G1 - 3	221
G1 - 4	180
G1 - 5	198
G1 - 6	209
G1 - 7	189
G2 - 1	294

grupa	resecirani dio tetive
G2 - 2	144,5
G2 - 3	162
G2 - 4	325
G2 - 5	176

Tablica 5.19. Tablični prikaz vrijednosti reseciranog djela tetive u obje grupe

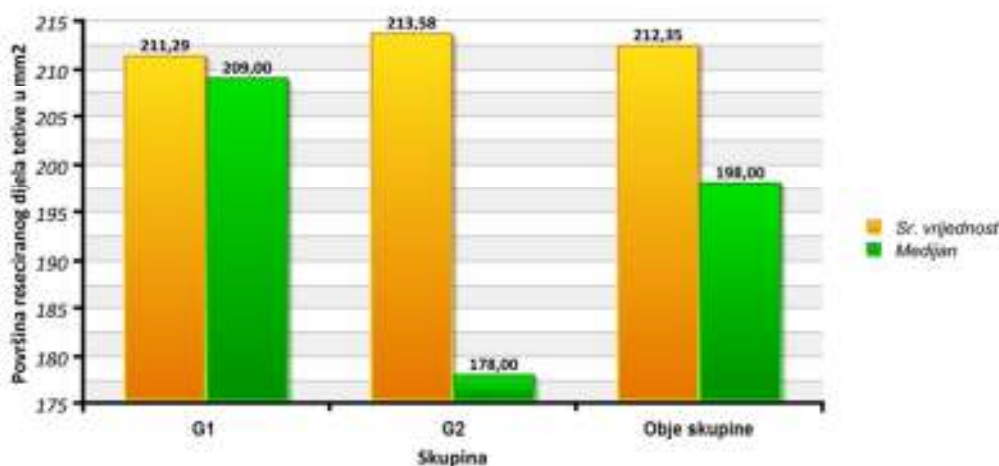
Razdioba tako izračunate varijable slijedila je normalnu razdiobu pa su razlike testirane Studentovim t-testom. Rezultati testa ($p=0,942$) potvrdili su da se dvije skupine nisu statistički značajno razlikovale po površini reseciranoga dijela tetive. Rezultati su dodatno ilustrirani tablicom i grafikonom koji slijede.

	W	P
G1	0,825	0,073
G2	0,870	0,227
Sve skupine	0,926	0,305

Tablica 5.20. Normalnost razdiobe varijable resecirani dio tetive

	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	211,29	7	30,46	183,12	239,45	93,00	189	209	221
G2	213,58	6	75,97	133,86	293,30	180,50	162	178	294
Sve sk.	212,35	13	53,57	179,97	244,72	180,50	180	198	221

Tablica 5.21. – Površina reseciranog dijela tetive u mm²



Grafikon 5.10. Površina reseciranog dijela tetive u mm²

5.2.3. Vrijednosti mehaničkog ispitivanja

Tijekom mehaničkog ispitivanja mjerene su sljedeće vrijednosti:

- sila rastezanja koja je dovela do pucanja tetive
- maksimalna pritom postignuta distanca rastezanja
- maksimalna sila rastezanja pri kojoj još nije došlo do pucanja tetive
- distanca rastezanja tetive pri kojoj je izmjerena sila koja još nije dovela do pucanja.

Radi lakše preglednosti rezultata gornje vrijednosti će u daljnjem tekstu biti označene kako slijedi:

- sila koja je dovela do pucanja (F_p)
- distanca pucanja (D_p)
- maksimalna sila rastezanja pri kojoj još nije došlo do pucanja tetive (F_r)
- distanca rastezanja tetive pri kojoj je izmjerena sila koja još nije dovela do pucanja (D_r).

grupa	djelomično popuštanje (F_r)	distanca (mm) (D_r)	kompletno popuštanje (F_p)	distanca (mm) (D_p)
G1 - 1	206	10	206	10
G1 - 2	289	36,4	432	54,3
G1 - 3	96	3,3	146	10,8
G1 - 4	256	15,5	332	25,5
G1 - 5	222	17	225	18,8
G1 - 6	278	18,7	475	39,5

G2 - 1	52,8	6,5	52,8	6,5
G2 - 2	251	10,7	416	26,2
G2 - 3	214	6	288	16,4
G2 - 4	169	11	228	33,2
G2 - 5	184	25	245	36,2

grupa	djelomično popuštanje (Fr)	distanca (mm) (Dr)	kompletno popuštanje (Fp)	distanca (mm) (Dp)
-------	----------------------------------	--------------------------	---------------------------------	--------------------------

GK - 1	–	–	691	12,6
GK - 2	–	–	598	22,3
GK - 3	–	–	395	19,4
GK - 4	–	–	382	12,6
GK - 5	–	–	598	40,8
GK - 6	–	–	694	29,7
GK - 7	–	–	595	37,3
GK - 8	–	–	599	37,2

Tablica 5.22. Tablični prikaz vrijednosti u sve tri grupe dobivene mehaničkim ispitivanjem veličina sile koja izaziva pucanje tetive

Vrijednosti sile pucanja i distance pucanja tetive mjerene su u sve tri skupine životinja, dok su vrijednosti Fr i Dr na raspolaganju samo za dvije operirane skupine.

grupa	mjesto pucanja	
	hvatište	tetiva
G1 - 1	1	0
G1 - 2	1	0
G1 - 3	1	0
G1 - 4	1	0
G1 - 5	1	0
G1 - 6	1	0

G2 - 1	1	0
G2 - 2	1	0
G2 - 3	1	0
G2 - 4	1	0
G2 - 5	1	0

Tablica 5.23. Prikaz mjesta pucanja tetive pri mjerenju čvrstoće rekonstrukcije

Testiranje normalnosti razdiobe prikazano je u tablicama koje slijede.

	W	P
G1	0,926	0,549
G2	0,958	0,797
GK	0,809	0,036
Sve skupine	0,952	0,429

Tablica 5.24. Normalnost razdiobe varijable Fp

	W	P
G1	0,907	0,414
G2	0,941	0,671
GK	0,896	0,268
Sve skupine	0,956	0,496

Tablica 5.25. Normalnost razdiobe varijable Dp

	W	P
G1	0,872	0,235
G2	0,910	0,468
Sve skupine	0,918	0,307

Tablica 5.26. Normalnost razdiobe varijable Fr

	W	P
G1	0,921	0,512
G2	0,791	0,068
Sve skupine	0,906	0,221

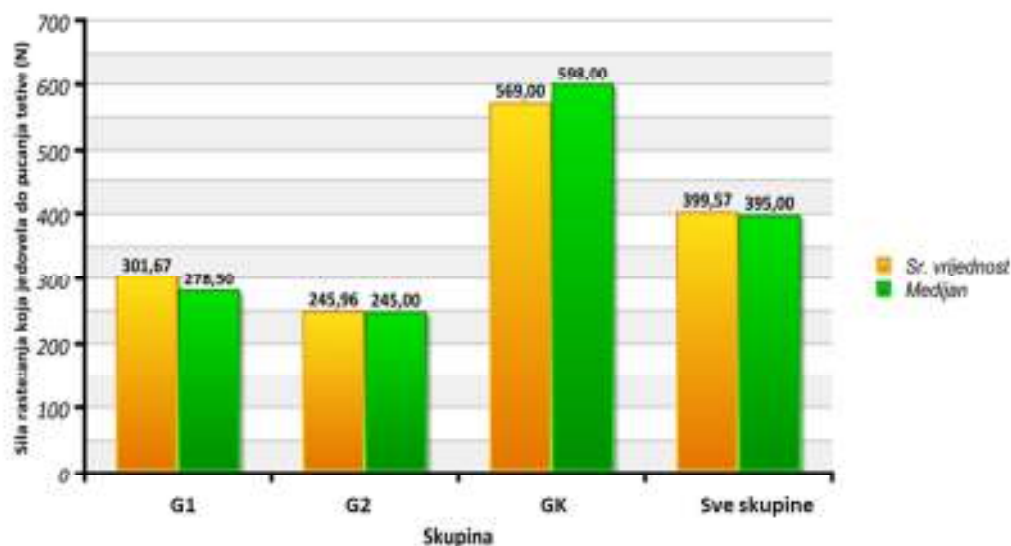
Tablica 5.27. Normalnost razdiobe varijable Dr

S obzirom na prikazano u gornjim tablicama, razlike među skupinama za vrijednost varijable Fp bit će testirane neparametrijskim testom, dok će u slučaju ostalih varijabli skupine biti uspoređene odgovarajućim parametrijskim testovima.

Tablica 6.28 prikazuje srednje vrijednosti i ostale deskriptivne podatke za silu rastezanja koja je dovela do pucanja tetive. Vidljivo je da je u životinja u kontrolnoj skupini bila potrebna mnogo viša prosječna sila da bi došlo do pucanja tetive, dok je kod dviju operiranih skupina ta prosječna vrijednost bila znatno niža. Razlike među tako ispitivanim skupinama statistički su značajne (Kruskal-Wallis ANOVA, $p=0,007$), što je i očekivano s obzirom na velike razlike u srednjim vrijednostima.

	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	301,67	6	132,96	162,13	441,20	329,00	200	278,50	432
G2	245,96	5	130,69	83,69	408,23	363,20	228	245,00	288
GK	569,00	8	118,93	469,57	668,43	312,00	495	598,00	645
Sve sk.	399,57	19	191,61	307,21	491,92	641,20	228	395,00	598

Tablica 5.28. Sila rastezanja koja je dovela do pucanja tetive (Fp)



Grafikon 5.11. Sila rastezanja koja je dovela do pucanja tetive (Fp)

Kako bi se dodatno ispitala priroda gornje statističke značajnosti, provest će se post-hoc analiza rezultata, tj. usporedba svake ispitivane skupine s preostalim dvjema skupine u istraživanju. Rezultati su dani u donjoj tablici.

	G1	G2	GK
G1	-	0,477	0,001
G2	0,477	-	0,000
GK	0,001	0,000	-

Tablica 5.29. Post-hoc analiza sile rastezanja koja je dovela do pucanja tetive (Fp)

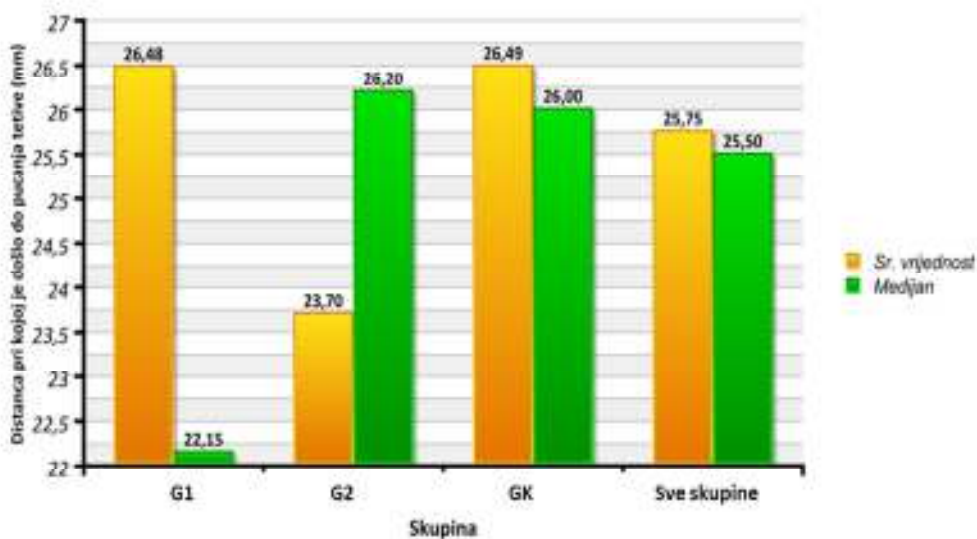
Vidljivo je da statistička značajnost ANOVA testa navedena ranije nastaje zbog statistički značajne razlike između kontrolne skupine i dvije operirane skupine u istraživanju ($p=0,001$ odnosno $p<0,001$), dok razlika među dvjema operiranim skupinama nije statistički značajna ($p=0,477$).

Može se zaključiti da su dvije operirane skupine usporedive po sili pucanja tetive, ali da je sila pucanja u kontrolnoj skupini bila statistički značajno veća.

Sljedeće će biti prikazane vrijednosti distance pucanja tetive. Kao i u prethodnom slučaju, i vrijednosti distance bit će prvo prikazane kao deskriptivne vrijednosti, u donjoj tablici. Vidljivo je da su srednje vrijednosti distance pucanja u životinja operiranih transosealnom tehnikom i kontrola gotovo identične, dok su životinje operirane tehnikom dva reda sidara imale znatno manju srednju vrijednost. S druge strane, vrijednosti medijana navedenih skupina pokazuju sasvim različitu korelaciju – životinje operirane tehnikom dva reda sidara imaju vrijednosti medijana usporedive s kontrolama, dok je kod onih operiranih transosealnom tehnikom ta vrijednost znatno niža. Posljedica ovih razlika je manjak statističke značajnosti među skupinama (ANOVA, $p=0,927$).

	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	26,48	6	17,44	8,18	44,79	44,30	10,80	22,15	39,50
G2	23,70	5	12,27	8,47	38,93	29,70	16,40	26,20	33,20
GK	26,49	8	11,34	17,01	35,97	28,20	16,00	26,00	37,25
Sve sk.	25,75	19	13,02	19,48	32,03	47,80	12,60	25,50	37,20

Tablica 5.30. Distanca pri kojoj je došlo do pucanja tetive (Dp)



Grafikon 5.12. Distanca pri kojoj je došlo do pucanja tetive (Dp)

Post-hoc analiza metodom *least significant difference* pokazuje da niti među jednim parom varijabli nije bilo statistički značajnih razlika.

Može se zaključiti da, iako se sila koju je potrebno primijeniti da bi tetiva pukla statistički značajno razlikuje među promatranim skupinama, distanca do koje je tetivu pritom moguće razvući, usporediva je kod sve tri promatrane skupine.

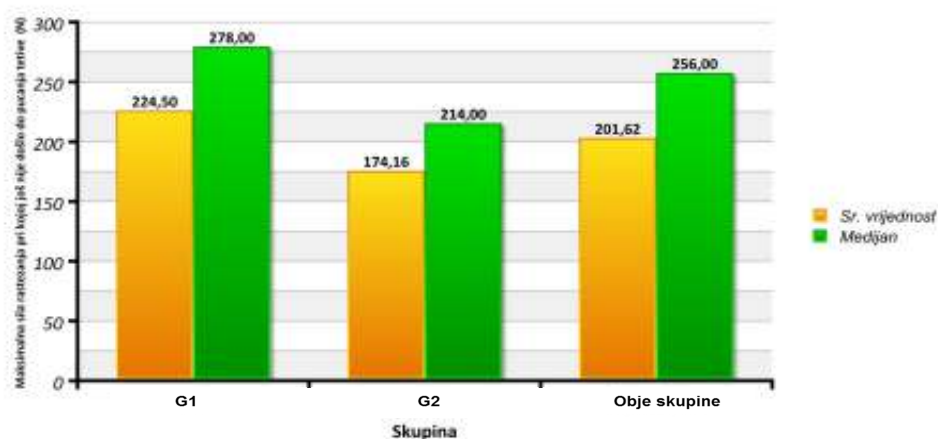
	TO	2R	K
G1	-	0,742	1,000
G2	0,742	-	0,727
GK	1,000	0,727	-

Tablica 5.31. Post-hoc analiza distance pri kojoj je došlo do pucanja tetive (Dp)

Kako vrijednosti najveće sile rastezanja pri kojoj još nije dolazilo do pucanja tetive, kao i najveće postignute distance rastezanja pritom, nisu bile na raspolaganju za kontrolnu skupinu životinja, bit će uspoređene samo dvije operirane skupine. Deskriptivne vrijednosti prikazane su u donjim tablicama.

Tablica 6.32 – Maksimalna sila rastezanja pri kojoj još nije došlo do pucanja tetive (Fr)									
	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	224,50	6	70,53	150,48	298,52	206	239	278	224,50
G2	174,16	5	74,74	81,36	266,96	169	184	214	174,16
Sve sk.	201,62	11	73,57	152,19	251,05	169	214	256	201,62

Tablica 5.32. Maksimalna sila rastezanja pri kojoj još nije došlo do pucanja tetive (Fr)



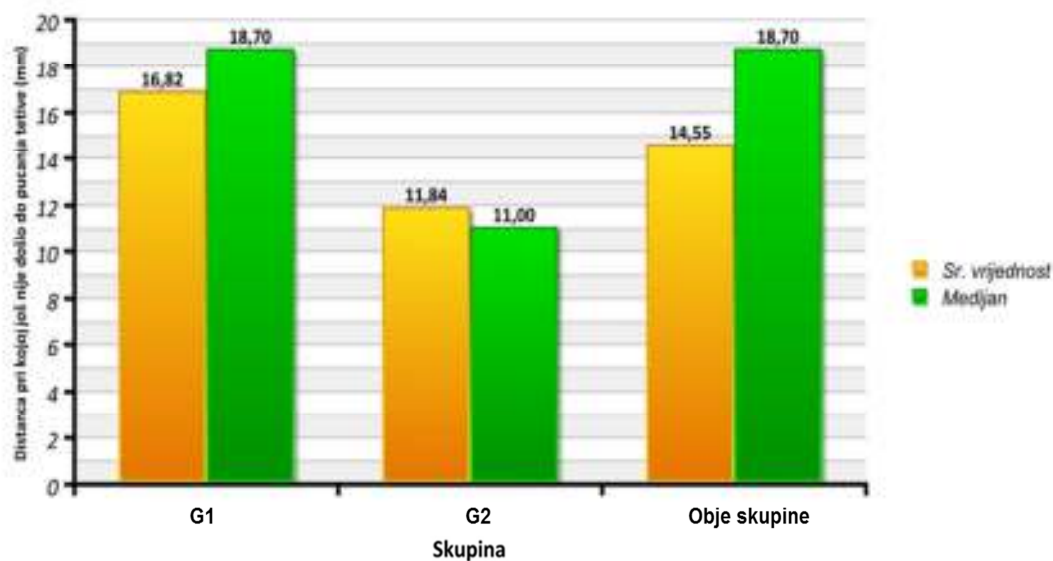
Grafikon 5.13. Maksimalna sila rastezanja pri kojoj još nije došlo do pucanja tetive (Fr)

U oba slučaja skupina životinja operirana transosealnom tehnikom imala je više prosječne vrijednosti od životinja operiranih tehnikom dva reda sidara. Kod tih životinja izmjerena je i veća prosječna sila (224,50 naprema 174,16 N), kao i veća ukupna distanca (16,82 naprema 11,84 mm).

Iako vidljive, razlike međutim nisu bile statistički značajne (Studentov t-test, $p=0,281$ za varijablu Fr i $p=0,421$ za varijablu Dr).

	Sr.	N	SD	-95% IP	+95% IP	Raspon	DoK	Med	GoK
G1	16,82	6	11,12	5,15	28,48	10,00	16,25	18,70	16,82
G2	11,84	5	7,71	2,27	21,41	6,50	10,70	11,00	11,84
Sve sk.	14,55	11	9,61	8,10	21,01	6,50	11,00	18,70	14,55

Tablica 5.33. Distanca pri kojoj još nije došlo do pucanja tetive (Dr)



Grafikon 5.14. Distanca pri kojoj još nije došlo do pucanja tetive (Dr)

6. RASPRAVA

Otkad je prvi put otkrivena ruptura rotatorne manšete, od tada postoji i težnja operatera za rekonstrukcijom rotatorne manšete na siguran način, čvrstom fiksacijom koja će omogućiti brzu mobilizaciju ruke, dozvoljavajući tako brz oporavak bolesnika uz minimalnu mogućnost rerupture. Kako bismo to postigli, moramo se koristiti takvom operativnom tehnikom fiksacije koja osigurava maksimalno moguć kontakt rekonstruirane tetive na prirodnom hvatištu za kost (*footprint*) i na taj način pridonijeti boljem prirodnom cijeljenju tetive za kost.

Započelo se s otvorenom rekonstrukcijom rotatorne manšete. Otvoreni operativni zahvati daju slabiji pregled i pristup tkivu rotatorne manšete i tehnički su manje zahtjevni. Uvjetuju nešto duži rehabilitacijski tijek radi potrebe cijeljenja tkiva kroz koja se pristupalo mjestu puknuća tetiva. Otvorena rekonstrukcija rotatorne manšete ramena, iako danas sve manje prisutna, u praksi još uvijek daje odlične poslijeoperacijske rezultate, posebno kod masivnih ruptura i reruptura rotatorne manšete^(42,43).

Brojnim radovima potvrđeno je da je pri kirurškom rješavanju ruptura rotatorne manšete zlatni standard transosealna tehnika. Tom tehnikom dobivamo optimalni kontakt rekonstruirane tetive za kost u predjelu prirodnog hvatišta na velikom tuberkulu, stvarajući uvjete za optimalno cijeljenje tetive za kost^(7,45,46,48,111).

Razvojem specijaliziranih artroskopskih instrumenata i kirurških vještina postalo je moguće učiniti artroskopsku rekonstrukciju ispočetka malih ruptura rotatorne manšete, ali razvojem samih koštanih sidara^(62,65) i specijaliziranih artroskopskih kirurških čvorova^(93,94) kirurzi danas mogu učiniti artroskopsku rekonstrukciju rotatorne manšete bez obzira na oblik i veličinu rupture.

Danas se artroskopskom tehnikom vrlo uspješno mogu rješavati velike i masivne rupture rotatorne manšete. Jones C.K. i suradnici pokazuju 88% dobrih i odličnih rezultata artroskopskom tehnikom kod velikih i masivnih ruptura, što je apsolutno usporedivo s rezultatima otvorenih tehnika⁽⁷⁴⁾. Utjecaj vrste i karakteristika koštanih sidara, artroskopskih čvorova i kirurških konaca na uspješnost rekonstrukcije rotatorne manšete nije razmatran u ovoj studiji.

U našoj studiji, kako bismo mogli usporediti i objektivizirati rezultate dviju metoda rekonstrukcije, koristili smo kod obje tehnike rekonstrukcije iste koštane ankere, iste konce i iste čvorove. Koristili smo klizni samozaključavajući SAK čvor koji je u cijelosti instrumentalan, stoga se može i vrlo brzo formirati. U kliničkoj praksi pokazao se kao vrlo siguran i s malim postotkom zatajenja u smislu proklizavanja.

Cilj naše studije je objektivizirati vrijednost transosealne tehnike rekonstrukcije tetive infraspinata ovce upotrebom jednog reda sidara. Studijom na ovcima ispituje se pokrivenost *footprinta* i mehanička čvrstoća rekonstruirane tetive nakon biološkog cijeljenja usporedbom tehnike dva reda sidara i originalnom artroskopskom transosealnom tehnikom jednim redom sidara.

Operacije smo izvodili na ovcima jer tetiva infraspinata u ovaca po svojem položaju i veličini od svih četveronožaca najviše sličiti tetivi supraspinatusa u čovjeka^(88,99).

Kako bi na rezultate mehaničkog ispitivanja i mjerenje veličine *footprinta* što više utjecala samo razlika u načinu rekonstrukcije tetive, svim ovcima mjerili smo anatomske karakteristike. Mjerili smo širinu tetive, debljinu tetive, duljinu nadlaktice i promjer skapule (tri mjerene dimenzije). Statističkom obradom podataka ukupni zaključak ovog dijela rezultata je da nije bilo statistički značajnih razlika među trima promatranim skupinama životinja (G1, G2 i GK). Drugim riječima, skupine su na početku istraživanja bile u potpunosti međusobno usporedive, što omogućava naknadnu usporedbu tijekom trajanja istraživanja. Time smo isključili mogućnost utjecaja eventualnih anatomske razlika ovaca na konačne rezultate.

U mnogim je studijama dokazano da na konačne rezultate rekonstrukcije rotatorne manšete utječe veličina rupture^(82-84,106,112).

U našoj studiji rupturu tetive smo imitirali tako da smo svaku tetivu resecirali za istu veličinu. Kako bismo bili sigurni da veličina reseciranog dijela tetive, odnosno veličina rupture, neće na kraju utjecati na konačni rezultat mehaničkog ispitivanja, svakom reseciranom dijelu tetive izmjerili smo površinu. Statističkom obradom podataka dobivenih vrijednosti površina reseciranog dijela tetive dobili smo rezultate testa ($p=0,942$) kojim smo potvrdili da se dvije skupine nisu statistički značajno razlikovale po površini reseciranoga dijela tetive. Na taj smo način isključili mogućnost da veličina rupture utječe na konačne rezultate rekonstrukcije rotatorne manšete.

Artroskopska transosealna tehnika jednim redom sidara je tehnika kojom se postiže zlatni standard kod rekonstrukcije rotatorne manšete na artroskopski način. U usporedbi s tehnikom dva reda sidara postiže se i bolja primarna čvrstoća tetive za kost. Kod tehnika jednostrukim ili dvostrukim redom sidara, sidro može migrirati, ispasti iz kosti kod osteoporoze u glavi humerusa. Ahmad C. K. i suradnici pokazali

su rezultate prema kojima transosealna tehnika, uspoređujući s tehnikom dva reda koštanih sidara, pokazuje manja gibanja na mjestu fiksacije tetive za kost kod primarne fiksacije na kadaverima⁽⁸⁷⁾.

Artroskopskom transosealnom tehnikom sidro i tetiva se dodatno stabiliziraju neresorptivnim koncem i madrac šavom drugim krajem konca iz sidra koji prolazi kroz veliki tuberkul. Dodatnom stabilizacijom sidra i tetive postizemo i povećani kontakt površine tetive s kosti što povećava i mogućnost cijeljenja tetive za kost.

Koštani most koji se nalazi iznad transosealnog tunela povećava stabilnost kompletne rekonstrukcije konac-tetiva-kost, posebno kod osteoporotične kosti^(49,89,90).

Transosealna metoda rekonstrukcije ima prednost u odnosu na metodu dva reda jer rasporedom koštanih sidara možemo povećati *footprint* bez smanjivanja tlaka tetive na kost. Želeći povećati *footprint* u tehnici dva reda sidara, povećavanjem razmaka između sidara direktno smanjujemo tlak tetive na kost između dva sidra. Ako u transosealnoj tehnici povećamo razmak između medijalno pozicioniranih ankera i lateralnog ulaza transosealnog tunela, tlak tetive na kost se ne smanjuje zbog konca koji premoštava taj razmak.

U našoj studiji dobiveni rezultati potvrđuju činjenicu da se u transosealnoj tehnici postiže veći *footprint* koristeći manji broj sidara. Zbog korištenja manjeg broja sidara olakšava se izvođenje operacije i smanjuju se troškovi.

Promatrajući dobivene grafove mehaničkog ispitivanja kidanja tetiva, uočili smo djelomično popuštanje samo kod grupa G1 i G2 kod kojih je vršena rekonstrukcija, dok ono nije bilo prisutno u kontrolnoj skupini GK, gdje nije rađena rekonstrukcija. Zbog toga je djelomično popuštanje tetive ustvari popuštanje tetive na mjestu rekonstrukcije, na mjestu hvatišta tetive za kost. Sve tetive u sve tri grupe u konačnici su popustile, odnosno pukle na mjestu rekonstrukcije, tj. na hvatištu tetive

za kost. Ovo zapažanje vodi nas zaključku da ćemo postići veće sile opterećenja ako dobijemo veći *footprint* jer znamo da povećanjem kontakta tetive i kosti povećavamo otpor na kidanje tog spoja.

Hipoteza o povećanju *footprinta* artroskopskom transosealnom tehnikom jednim redom sidara u našoj studiji potvrđena je dobivenim rezultatima.

Rezultati pokazuju da se originalnom artroskopskom transosealnom tehnikom jednim redom sidara (grupa G1) nakon tri mjeseca cijeljenja može pokriti veća površina hvatišta tetive supraspinatusa, tzv. *footprinta*, nego artroskopskom tehnikom dva reda sidara (grupa G2).

Footprint u transosealnoj tehnici (G1) nije veći samo od *footprinta* u tehnici dva reda sidara (G2), nego je veći i od prijeoperacijskog *footprinta*, što nije slučaj s tehnikom dva reda gdje je poslijeoperacijski *footprint* manji od prijeoperacijskog.

U mnogim studijama je dokazano da se povećanjem koštanih sidara i povećanjem konaca po jednom sidru povećava *footprint*, što u konačnici opravdava povećane troškove i produženo vrijeme operacije^(113,114). Povećan broj konaca na taj način više puta perforira tkivo tetive i povećava pritisak na tetivu, što utječe na to da je tetiva slabija na opterećenje u primarnoj fazi cijeljenja odmah nakon rekonstrukcije⁽¹¹⁵⁾.

Rezultati mehaničkog ispitivanja i dobiveni grafovi pokazuju da smo dobili dvije vršne vrijednosti mehaničkog operećanja za svaku tetivu (Fr i Fp). Vrijednost koja prva dolazi od početka rastezanja je sila opterećenja pri kojoj dolazi do djelomičnog popuštanja rekonstrukcije (Fr). Druga vršna vrijednost dobije se kada dolazi do potpunog popuštanja rekonstrukcije tetive za kost (Fp). Za maksimalnu vrijednost opterećenja uzima se uvijek ona veća vrijednost jer predstavlja mjeru za čvrstoću, a čvrstoća nečega zapravo je nosivost nekog elementa prije popuštanja. Naravno da

se nosivošću smatra maksimalna sila koju može podnijeti pojedini element, bez obzira je li to trenutak kad je rekonstrukcija djelomično ili potpuno popustila.

Konstrukcija konac-tetiva-kost u području između F_r i F_p još uvijek je suficijentna i nije zatajila u potpunosti.

Rezultati mehaničkog ispitivanja dokazuju da povećani *footprint* nakon završenog procesa ciljenja u grupi G1 dovodi i do povećanih maksimalnih sila opterećenja u grupi G1.

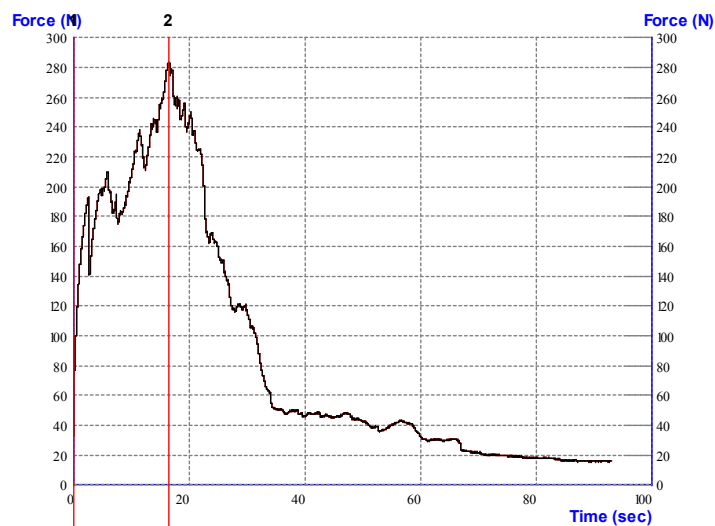
Analizirajući svakodnevnu aktivnost ramena u čovjeka, možemo reći da se ovdje radi o statičkom opterećenju (ruka visi na tetivama ramenog obruča) u kombinaciji s povremenim dinamičkim opterećenjem kada izvodimo pokret rukom. Ciklička opterećenja više oponašaju aktivnosti životinja četveronožaca kojima prednji udovi koriste za hodanje. Za razliku od studija koje su mjerile čvrstoću rekonstruiranih tetiva sa cikličkim opterećenjem⁽¹¹⁶⁻¹¹⁸⁾, mi smo u našoj studiji analizirali statičko opterećenje kontinuiranim povećanjem sile naprezanja jer smo mišljenja da bolje oponaša prva tri mjeseca rehabilitacije u čovjeka.

U našoj studiji pokazalo se da je u transosealnoj grupi ($G1=301,67\text{ N}$) bila potrebna znatno veća sila za kidanje nastalog spoja kost-tetiva nakon tri mjeseca cijeljenja nego u grupi dva reda sidara ($G2=245,96\text{ N}$). No obje su tehnike postigle znatno slabiju konstrukciju konac-tetiva–kost nego što je to kod prirodne konstrukcije konac-tetiva–kost u kontrolnoj skupini ($GK=569,00\text{ N}$).

Promatrajući dobivene grafikone i vrijednosti sila u obje grupe, vidimo da su i produljenja tetiva u transosealnoj grupi ($G1$ -distanca 16.82 mm) (slika 6.) znatno veća nego u grupi dva reda sidara ($G2$ -distanca 11.84 mm) (slika 6.).



Slika 6.1. primjer grafa grupe G1 s povećanim produljenjem tetive (distanca)



Slika 6.2. primjer grafa grupe G2 s malim produljenjem tetive (distanca)

Grafikoni su prikazani u obliku sila vs. vrijeme, ali kako je brzina bila 1mm/s, lako je vrijednosti na apscisi u sekundama bez preračunavanja prenijeti u milimetre. Jedna sekunda označava jedan milimetar.

Svaki žilaviji materijal imat će veću sposobnost deformacije (u ovom slučaju produljenja). Zbog toga takvi materijali nisu skloni naglom pucanju, pucanje se širi kontrolirano i moguće ga je čak i zaustaviti. To se može usporediti s transosealnom grupom, G1. Takozvani krhki materijali relativno se malo deformiraju, ali je opasnost od pucanja izraženija, stoga se pucanje ne može kontrolirati. U ovom slučaju to se

poklapa s grupom dva reda sidara, G2. Povećanu krhkost tetive u tehnici dva reda sidara povećava i veći broj prolaza konca kroz tkivo tetive. U tehnici dva reda imamo 3 sidra i svaki ima dva konca. Svaki konac ima dva kraja koji svaki prolazi kroz tetivu. Sveukupno imamo dvanaest uboda, odnosno prolaza konca kroz tetivu. U transosealnoj tehnici imamo dva sidra od kojih po jedan konac sa svoja oba kraja prolazi kroz tetivu i još jedan kraj konca od svakog sidra prolazi kroz tetivu.

Kad se sve zbroji, vidi se da transosealna tehnika ima dvostruko (No 6) manje prolaza konca kroz tetivu nego tehnika dva sidra (No 12). Veći broj perforacija i veća količina stranog rigidnog materijala smanjuje elastičnost i povećava krhkost tetive.

Ako ove zaključke sa stajališta materijala projiciramo na svakodnevni život čovjeka, možemo zaključiti da tehnika transosealne rekonstrukcije (G1) svojom mogućnošću deformacije puno bolje podnosi, odnosno amortizira, svakodnevna učestala naprezanja u području ramena. Isto tako, tehnika dva reda sidara (G2) sa svojim karakteristikama krhkih materijala slabije podnosi nagle, iznenadne pokrete u ramenu.

Tijekom studije dogodili su se neki nepredviđeni događaji. Nakon izvršenih operacija na ovcima unutar tri dana nakon operacije uginule su tri ovce. Nakon žrtvovanja ovaca iz svake smo grupe smo po jedno rame poslali na histološku analizu mjesta cijeljenja tetive za kost. Zbog pogreške u pripremi preparata za histološku analizu došlo je do uništenja preparata. Zbog svega navedenoga za mehaničko ispitivanje od planiranih osam ramena u svakoj skupini ostalo nam je šest ramena u grupi G1 (transosealna) i pet ramena u grupi G2 (dvored). Dobiveni rezultati nakon mehaničkog ispitivanja pokazuju značajnu razliku između dviju grupa (G1 i G2), ali zbog malog broja uzoraka nismo dobili statistički značajnu razliku.

Rezultati naše studije potvrđuju postavljenu hipotezu da se transosealnom metodom rekonstrukcije tetive (G1) dobije veći *footprint*, a time i bolje cijeljenje tetive za kost u odnosu na grupu s dva reda sidara (G2). Sve je to rezultiralo većom silom kidanja u transosealnoj grupi (G1). Zbog toga je za preporučiti da se napravi druga studija, gdje bi se također uspoređivala transosealnu tehniku rekonstrukcije s metodom dva reda sidara na dovoljnom broju uzoraka (broj životinja) kako bi se dokazalo postojanje statistički značajne razlike među dvjema grupama. Nepoznanica je koliki je broj uzoraka u svakoj grupi.

Pretpostavke koje smo uzeli pri izračunu takvog uzorka bile su jednake onima koje su dobivene i u našoj studiji.

To su:

- stvarna razlika u sili rastezanja među skupinama iznosi 50 N
- standardna devijacija je podjednaka u obje skupine i iznosi 130 N
- traži se uzorak u kojemu će jednaki broj životinja biti operiran metodom G1 (TO) kao i metodom G2 (2R)
- statistička snaga testa (β) mora iznositi ≥ 80
- vjerojatnost greške tipa I (α) mora biti $\leq 0,05$.

Iz navedenih podataka ciljni uzorak je izračunat korištenjem softverskog paketa NCSS PASS.

Uzimajući u obzir gore navedene parametre, ciljana veličina uzorka procijenjena je na 110 životinja po skupini, tj. ukupno 220 životinja. Ipak, razmatrajući iskustva stečena tijekom naše studije, "pilot" ispitivanja, mišljenja smo da bi u rutinskom radu s većim brojem životinja i rafiniranjem mjerne tehnike rasap izmjerenih vrijednosti, a time i standardna devijacija, znatno opali. Donja tablica tako prikazuje procijenjene veličine uzorka s obzirom na različite vrijednosti krajnje

postignute standardne devijacije. Pretpostavke za izračun donjih vrijednosti su i dalje iste kako je navedeno ranije, tj. $\beta \geq 80$, $\alpha \leq 0,05$ te stvarna razlika među skupinama od 50 N.

SD	N
130	220
120	184
110	154
100	128
90	104
80	84
70	64
60	48
50	34

Tablica 6.1. Procjena veličine uzorka s obzirom na različite vrijednosti standardne devijacije

Iz tablice je vidljivo da bi se uz pomoć preciznije mjerne tehnike, i na taj način smanjene standardne devijacije na 50 N, mogla postići odgovarajuća statistička snaga uz upotrebu prihvatljivog broja životinja.

U našoj studiji na živim životinjama gdje nam je bio cilj objektivizirati artroskopsku transosealnu metodu jednim redom sidara dokazali smo da se tom metodom rekonstrukcije rotatorne manšete nakon završenog procesa ciljenja može dobiti veći poslijeoperacijski *footprint*, ne samo veći od *footprinta* kod metode dva reda sidara, nego veći i od prirodnog *footprinta*.

Povećanim *footprintom* i formiranim koštanim mostom smanjuju se mikropokreti tetive u odnosu na kost što dovodi do bolje inicijalne mehaničke čvrstoće.

Sve to vodi do potvrde naše postavljene hipoteze da se artroskopskom transosealnom metodom jednim redom sidara dobije bolje cijeljenje rekonstruirane tetive supraspinatusa nakon završenog procesa cijeljenja u odnosu na metodu dva reda sidara. Dokazali smo to tako da smo mehaničkim ispitivanjem dobili veće sile kidanja potrebne za kidanje konstrukcije konac-tetiva-kost u transosealnoj tehnici jednim redom sidara (G1). Većim silama kidanja pridonjela je i veća elastičnost konstrukcije konac-tetiva-kost u transosealnoj tehnici.

Ako uzmemo u obzir činjenicu da se u transosealnoj tehnici troši 30% manje ankera, onda uz sve gore navedeno s pravom možemo artroskopsku transosealnu tehniku jednim redom sidara preporučiti za rutinsku kliničku primjenu.

Niti kod jedne metode rekonstrukcije koju smo uspoređivali, nismo ni približno uspjeli dobiti sile kidanja kao kod kontrolne skupine (GK) kod koje nismo imitirali rupturu niti učinili rekonstrukciju. Vrijednosti sila kidanja kod obje metode rekonstrukcija približno je tek polovica sila kidanja u kontrolnoj skupini. To nam

ostavlja veliki prostor za daljnja istraživanja koja će pridonijeti rekonstrukciji rotatorne manšete koja će se uspjeti još više približiti čvrstoći prirodnog pripojenja tetive i kosti.

Nadam se da će rezultati i zaključci ove studije poslužiti za provođenje kliničke studije na pacijentima koja će dokazati da je artroskopska transosealna metoda jednim redom sidara trenutno metoda koja ponajbolje imitira prirodni sustav pripojenja tetive za kost.

7. ZAKLJUČAK

Na temelju provedene studije i dobivenih rezultata možemo donijeti sljedeće zaključke:

- artroskopska transosealna metoda jednim redom sidara nakon završenog procesa cijeljenja daje površinu *footprinta* veću nego u artroskopskoj metodi dva reda sidara;
- artroskopska transosealna metoda jednim redom sidara, zbog mogućnosti formiranja koštanog mosta različite veličine, nakon završenog procesa cijeljenja daje površinu *footprinta* veću i od prirodnog *footprinta*;
- konstrukcija konac-tetiva-kost u tehnici dva reda sidara ima svojstva krhkih materijala, za razliku od transosealne tehnike jednim redom sidara čija konstrukcija ima svojstva elastičnih materijala, koji zbog svojeg svojstva povratnog deformiteta može podnijeti veće mehaničke sile rastezanja, a da ne dođe do nepovratnih oštećenja tetive;
- mehaničkim ispitivanjem nakon završenog procesa cijeljenja u transosealnoj metodi jednim redom sidara, u odnosu na metodu dva reda sidara, dobili smo znatno veće sile kidanja, ali zbog malog broja uzoraka razlika između grupa nije bila statistički značajna;

- niti kod jedne metode rekonstrukcije koje smo uspoređivali, nismo ni približno uspjeli dobiti sile kidanja kao kod kontrolne skupine kod koje nismo imitirali rupturu niti učinili rekonstrukciju. Vrijednosti sile kidanja kod obje metode rekonstrukcije približno su tek polovica sile kidanja u kontrolnoj skupini;
- u transosealnoj tehnici jednim redom sidara s 30% manje materijala (sidra i konci) postigli smo veću površinu *footprinta* i veće sile kidanja nego u tehnici dva reda sidara;
- uz sve gore navedeno artroskopsku transosealnu tehniku jednim redom sidara možemo preporučiti za rutinsku kliničku primjenu.

8. SAŽETAK

Rupture tetiva rotatorne manšete, prvenstveno tetive supraspinatusa, susreću se često u osoba starijih od 40 godina života. Rotatorna manšeta ključna je anatomska struktura koja omogućava dinamičku stabilizaciju glave humerusa. Gubitkom funkcije rotatorne manšete, gubi se funkcija ruke.

Operativnim zahvatom mora se učiniti rekonstrukcija oštećene manšete sa sigurnom, čvrstom fiksacijom koja će omogućiti brzu mobilizaciju ruke, dozvoljavajući tako brz oporavak bolesnika uz minimalnu mogućnost rerupture. Kako bismo to postigli, moramo se koristiti takvom operativnom tehnikom fiksacije koja osigurava maksimalno moguć kontakt rekonstruirane tetive na prirodnom hvatištu za kost i na taj način pridonijeti boljem prirodnom cijeljenju tetive za kost.

Pri kiruškom rješavanju rupture rotatorne manšete zlatni standard je transosealna tehnika. Ona osigurava optimalni kontakt rekonstruirane tetive za kost u predjelu prirodnog hvatišta na velikom tuberkulu.

Za našu studiju odabrali smo ramena ovaca jer tetiva infraspinatusa u ovaca po svojem položaju i veličini od svih četveronožaca najviše sliči tetivi supraspinatusa u čovjeka.

Cilj rada je objektivizirati vrijednost transosealne tehnike rekonstrukcije tetive infraspinata ovce upotrebom jednog reda sidara. Studija je provedena na 16 ženskih ovaca u dobi od 3 do 5 godina. Ovce su slučajnim odabirom podijeljene u dvije grupe. U grupi G1 izvodi se transosealna tehnika jednim redom sidara, a u grupi G2 izvodi se tehnika šivanja tetive infraspinata tehnikom dva reda sidara. Suprotno rame svake ovce nije operirano i ta ramena su uzeta za kontrolnu skupinu GK.

Dobiveni rezultati pokazuju da artroskopska transosealna tehnika jednim redom sidara nakon završenog procesa cijeljenja daje veću površinu *footprinta* ($293,22 \text{ mm}^2$) nego u artroskopskoj tehnici dva reda sidara ($145,34 \text{ mm}^2$) i veću površinu od prirodnog *footprinta* ($170,13 \text{ mm}^2$).

Dobiveni rezultati mehaničkog ispitivanja, nakon završenog procesa cijeljenja, pokazuju da se u transosealnoj tehnici jednim redom sidara ($G1=301,67 \text{ N}$) u odnosu na tehniku dva reda sidara ($G2=245,96 \text{ N}$) dobiju zatno veće sile kidanja, ali zbog malog broja uzoraka razlika između obje grupe nije bila statistički značajna ($p=0,477$).

Analizom dobivenih grafova i vrijednosti distance pucanja (elongacije) pojedinih tetiva nakon mehaničkog ispitivanja čvrstoće rekonstrukcije, može se zaključiti da konstrukcija konac-tetiva-kost u tehnici dva reda sidara ima svojstva krhkih materijala (distanca 11.84 mm), za razliku od transosealne tehnike jednim redom sidara (distanca 16.82 mm), čija konstrukcija ima svojstva elastičnih materijala koji zbog svojeg svojstva povratnog deformiteta može podnijeti veće mehaničke sile rastezanja, a da ne dođe do nepovratnih oštećenja tetive.

Vrijednosti sila kidanja kod obje tehnike rekonstrukcije (G1 i G2) približno je tek polovica sila kidanja u kontrolnoj skupini ($GK=569,00 \text{ N}$).

Na temelju svih dobivenih rezultata možemo zaključiti da se u transosealnoj tehnici jednim redom sidara s 30% manje materijala (sidra i konci) može postići veća površina *footprinta* i veće sila kidanja nego u tehnici dva reda sidara i da artroskopsku transosealnu tehniku jednim redom sidara možemo preporučiti za rutinsku kliničku primjenu.

9. SUMMARY

Transosseous fixation of the infraspinatus tendon in a sheep with suture anchor technique

Denis Tršek

2015

Rotator cuff tears, and especially supraspinatus tendon ruptures, are quite frequent in patients from their 40 years of age. Rotator cuff is an essential anatomic structure which enables dynamic stabilization of the capitellum. Abolition of rotatory cuff's function leads to deprivation of the whole arm function.

Surgical reconstruction of damaged cuff with secure and solid fixation is to be performed. That will allow fast mobilization of the arm thus letting patient to recover fast with the minimal risk of rerupture. To achieve this it is necessary to use surgical technique of fixation which provides the largest possible contact of the reconstructed tendon on its' natural contact spot with the bone. This way the optimal healing process is enabled.

Golden standard of surgical treatment of the rotator cuff rupture is transosseous technique. This technique provides best contact of the reconstructed tendon with its attachment point on greater tuberosity.

For our study, we chose sheep shoulders, as out of all quadrupeds sheep's infraspinatus tendon resembles people's supraspinatus tendon by its position and size to the utmost.

The study's goal was to objectify value of the transosseous technique for infraspinatus tendon reconstruction in sheep with usage of single row of anchors. The study was conducted on sixteen female sheep at the age of 3 to 5. By random choice sheep were divided into two groups. In group G1 transosseous method with single row of anchors was used, and in group G2 infraspinatus tendon was sutured with two rows of anchors. Opposite shoulder of each sheep was not treated and those shoulders are regarded as control group GK.

Results show that arthroscopic transosseous technique with single row of anchors after the healing gives greater *footprint* (293,22 mm²) than arthroscopic method with two row of anchors (145,34 mm²) and even than the natural *footprint* (170,13 mm²).

Mechanical tests results after the healing process show that transosseous method with single row of anchors (G1=301,67 N) provide much greater tearing strength than the method with two rows of anchors (G2=245,96 N). However due to a little number of monitored specimen, difference between two groups was not statistically significant ($p=0,477$).

Analysis of graphs and values of elongation at break of separate tendons after mechanical tests of the solidity of reconstruction shows that "suture-tendon-bone" structure in a two-row of anchors method possesses characteristics of brittle

materials (distance 11.84 mm) as opposed to transosseous method with single row of anchors (distance 16.82 mm) which structure exhibits properties of elastic materials. Due to its reflexive deformability characteristics, these materials can bear greater tensional force with no irreversible tendon damages.

Tearing strength values for both reconstruction techniques (G1 and G2) are approximately only half of tearing strength value in control group (GK=569,00 N).

Based on the results of the study we can conclude that by using transosseous method with single row of anchors and 30% less of materials (anchors and suture material) greater *footprint* and tearing strength might be achieved in comparison to the technique with two rows of anchors. Consequently, arthroscopic transosseous method with single row of anchors can be recommended for routine clinical usage.

POPIS LITERATURE

1. Pećina M, i sur. *Ortopedija*. 3. izd. Zagreb: Naklada Ljevak; 2004, str.232.
2. Krmpotić-Nemanić J. *Anatomija čovjeka. Lokomotorni sustav, živčani sustav i osjetila*. 2. izd. Zagreb: Jugoslavenska medicinska naklada: 1979.
3. Jobe CM, Coen MJ. *Gross anatomy of the shoulder*. U: Rockwood CA Jr, i sur. *The shoulder*. 3 izd. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2004, vol.1.str. 33-95.
4. Keros P, Pećina M. Funkcijska anatomija lokomotornoga sustava. Zagreb: Naklada Ljevak; 2006, str.362-67.
5. Banas MP, Miller RJ, Totterman S. Relationship between the lateral acromion angle and rotator cuff disease. *J Shoulder Elbow Surg*. 1995;4(6):454-61.
6. Birnbaum K1, Prescher A, Heller KD. Anatomic and functional aspects of the kinetics of the shoulder joint capsule and the subacromial bursa. *Surg Radiol Anat* 1998;20(1):41-5.
7. Matsen FA, i sur. *Rotator Cuff*. U: Rockwood CA Jr, i sur. *The shoulder*. 3 izd. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2004, vol.2. str.795-878.
8. Blevins FT. Rotator cuff pathology in athletes. *Sports Med*. 1997;24(3):205-20.
9. Uthoff HK, Sano H. Pathology of failure of the rotator cuff tendon. *Orthop Clin North Am* 1997;28(1):31-41.

10. Gerber C, Krushell RJ. Isolated rupture of the tendon of the subscapularis muscle. Clinical features in 16 cases. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73(3):389-94.
11. Sallay PI, Hunker PJ, Lim JK. Frequency of various tear patterns in full-thickness tears of the rotator cuff. *Arthroscopy* 2007;23(10):1052-9.
12. Ward AD, Hamarneh G, Ashry R, Schweitzer ME. 3D shape analysis of the supraspinatus muscle: a clinical study of the relationship between shape and pathology. *Acad Radiol* 2007;14(10):1229-41.
13. Smith, JG. Pathological appearances of seven cases of injury of the shoulder-joint: with remarks. *London Med Gazette* 1834;14:280.
14. Duplay S. De la péri-arthritis scapulo-humérale et des raideurs de l'épaule qui en sont la conséquence. U: Lasègue C, Duplay S. *Archives generales de medecine*. Asselin, Paris,1872: str.513–42.
15. Meyer AW. Further evidence of attrition in the human body. *Am J Anat* 1924;34:241-267.
16. Meyer AW. The minute anatomy attrition lesions. *J Bone Joint Surg Am* 1931;13:341.
17. Codman EA. Rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa. U: *The Shoulder*. Boston: Todd Thomas Company; 1934, str.65-177.
18. Neer CS. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder. 1972. *J bone joint surg Am* 2005;87(6):1399.
19. Nam D, Maak TG, Raphael BS, Kepler CK, Cross MB, Warren RF. Rotator cuff tear arthropathy: evaluation, diagnosis and treatment. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94(6):e34
20. Wiener DS, MacNab I. Superior migration of the humeral head. A radiological aid in the diagnosis of tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br* 1970;52: 524–527.

21. Kaneko K, DeMouy E.H, Brunet ME. Massive rotator cuff tears. Screening by routine radiographs. Clin Imaging 1995;19:8-11.
22. Čičak N. Ultrazvuk ramena. U: Čičak N, i sur. Ultrazvuk sustava za kretanje. Zagreb: Medicinska naklada; 2003,str.79-100.
23. Guckel C, Nidecker A. Diagnosis of tears in rotator-cuff-injuries. Eur J Radiol 1997;25(3):168–76.
24. Iannotti J.P, Zlatkin MB, Esterhai JL. Magnetic resonance imaging of the shoulder: sensitivity, specificity and predictive value. J Bone Joint Surg Am 1991;73(1):17–29.
25. Chang EY, Chung CB. Current concepts on imaging diagnosis of rotator cuff disease. Semin Musculoskelet Radiol 2014;18(4):412-24.
26. Nakajima T, Rokuuma N, Kazutoshi H, Tomastu T, Fukuda H. Histologic and biomechanical characteristics of the supraspinatus tendon: Reference to rotator cuff tearing. J Shoulder Elbow Surg 1994;3:79–87.
27. Wakabayashi I, Itoi E, Sano H, i sur. Mechanical environment of the supraspinatus tendon: a two-dimensional finite element model analysis. J Shoulder Elbow Surg 2003;12(6):612-7.
28. Bey MJ, Song HK, Wehrli FW, Soslowsky LJ. Intratendinous strain fields of the intact supraspinatus tendon: the effect of glenohumeral joint position and tendon region. J Orthop Res 2002; 20(4):869–74.
29. Reilly P, Amis AA, Wallace AL, Emery R.J. Mechanical factors in the initiation and propagation of tears of the rotator cuff. Quantification of strains of the supraspinatus tendon in vitro. J Bone Joint Surg Br 2003;85(4):594–599.
30. Uthoff HK, Sano H. Pathology of failure of the rotator cuff tendon. Orthop Clin North Am 1997;28(1):31–41.
31. Fukuda, H. Partial-thickness rotator cuff tears: a modern view on Codman's classic. J Shoulder Elbow Surg 2000;9:163–8.
32. Habermeyer P, Magosch P, Lichtenberg S. Classifications and scores of the shoulder. Heidelberg Berlin: Springer; 2006

33. Cofield RH, Parvizi J, Hoffmeyer PJ, Lanzer WL, Ilstrup DM, Rowland CM. Surgical repair of chronic rotator cuff tears. A prospective long-term study. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83-A(1):str 71-7.
34. Nobuhara K. Diseases of the shoulder. U:The Shoulder, its function and clinical aspects. Singapore: World Scientific; 2003,str.208–37.
35. Tuite MJ, Turnbull JR, Orwin JF. Anterior versus posterior, and rim-rent rotator cuff tears: prevalence and MR sensitivity. *Skeletal Radiol* 1998;27(5):237–43.
36. Fucentese SF, von Roll AL, Pfirrmann CW, Gerber C, Jost B. Evolution of nonoperatively treated symptomatic isolated full-thickness supraspinatus tears. *J Bone Joint Surg Am* 2012;2;94(9):801-8.
37. Pegreffi F, Paladini P, Campi F, Porcellini G. Conservative management of rotator cuff tear. *Sports Med Arthrosc* 2011;19(4):348-53.
38. Mantone JK, Burkhead WZ Jr, Noonan J Jr. Nonoperative treatment of rotator cuff tears. *Orthop Clin North Am* 2000;31(2):295–311.
39. Shields E, Mirabelli M, Amsdell S, i sur. Functional and imaging outcomes of arthroscopic simultaneous rotator cuff repair and bankart repair after shoulder dislocations. *Am J Sports Med* 2014;42(11):2614-20.
40. Gomberawalla MM, Sekiya JK. Rotator cuff tear and glenohumeral instability : a systematic review. *Clin Orthop Relat Res* 2014;472(8):2448-56.
41. Pollock RG, Owens JM, Flatow EL, Bigliani LU. Operative results of the inferior capsular shift procedure for multidirectional instability of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82:919–28.
42. Fuchs B, Gilbert, MK, Hodler J, Gerber C. Clinical and structural results of open repair of an Isolated one-tendon tear of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:309-16.
43. Zumstein MA, Jost B, Hempel J, Hodler J, Gerber C. The clinical and structural long-term results of open repair of massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 2008; 90(11):2423-31.

44. Romeo AA, Hang DW, Bach BR Jr, Shott S. Repair of full thickness rotator cuff tears. Gender, age, and other factors affecting outcome. Clin Orthop Relat Res 1999;243-55.
45. Baysal D, Balyk R, Otto D, Luciak-Corea C, Beaupre L. Functional outcome and health-related quality of life after surgical repair of full-thickness rotator cuff tear using a mini-open technique. Am J Sports Med 2005;33(9):1346-55
46. Park MC, Cadet ER, Levine WN, Bigliani LU, Ahmad CS. Tendon-to-bone pressure distributions at a repaired rotator cuff footprint using transosseous suture and suture anchor fixation techniques. Am J Sports Med 2005;33(8):1154-9.
47. Park MC, ElAttrache NS, Tibone JE, Ahmad CS, Jun BJ, Lee TQ. Part I: Footprint contact characteristics for a transosseous-equivalent rotator cuff repair technique compared with a double-row repair technique. J Shoulder Elbow Surg 2007;16(4):461-8.
48. Blaine TA, Freehill, MQ, Bigliani LU. Technique of open rotator cuff repair. Instr Course Lect 2001;50:43-52.
49. Caldwell GL, Warner JP, Miller MD, Boardman D, Towers J, Debski R. Strength of fixation with transosseous sutures in rotator cuff repair. J Bone Joint Surg Am 1997;79(7):1064-8.
50. Gerber C, Maquieira G, Espinosa N. Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable rotator cuff tears. J Bone Joint Surg Am. 2006;88(1):113-20.
51. Namdari S, Voleti P, Baldwin K, Glaser D, Huffman GR. I.V. Latissimus dorsi tendon transfer for irreparable rotator cuff tears: a systematic review. J Bone Joint Surg Am. 2012;94(10):891-8
52. Cofield RH. Subscapular muscle transposition for repair of chronic rotator cuff tears. Surg Gynecol Obstet 1982;154:667-72.
53. Shin JJ, Saccomanno MF, Cole BJ, Romeo AA, Nicholson GP, Verma NN. Pectoralis major transfer for treatment of irreparable subscapularis tear: a

systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014 Aug 22.
[Epub ahead of print]

54. Dierickx C, Vanhoof H. Massive rotator cuff tears treated by a deltoid muscular inlay flap. *Acta Orthop Belg* 1994;60(1):94-100.
55. Kang L, Henn RF, Tashjian RZ, Green A. Early outcome of arthroscopic rotator cuff repair: a matched comparison with miniopen rotator cuff repair. *Arthroscopy* 2007;23(6):573–82.
56. Pearsall AW 4th, Ibrahim KA, Madanagopal SG. The results of arthroscopic versus mini-open repair for rotator cuff tears at mid-term follow-up. *J Orthop Surg Res* 2007;2:24.
57. Kim SH, Ha KI, Park JH, Kang JS, Oh SK, Oh I. Arthroscopic versus mini-open salvage repair of the rotator cuff tear: outcome analysis at 2 to 6 years follow-up. *Arthroscopy* 2003;19(7):746-54.
58. Shinnors TJ, Noordsij PG, Orwin JF. Arthroscopically assisted mini-open rotator cuff repair. *Arthroscopy*; 2002;18(1):21-6.
59. Mohtadi NG, Hollinshead RM, Sasyniuk TM, Fletcher JA, Chan DS, Li FX. A randomized clinical trial comparing open to arthroscopic acromioplasty with mini-open rotator cuff repair for full-thickness rotator cuff tears: disease-specific quality of life outcome at an average 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 2008;36(6):1043–51.
60. Köse KC, Tezen E, Cebesoy O, i sur. Mini-open versus all-arthroscopic rotator cuff repair: comparison of the operative costs and the clinical outcomes. *Adv Ther* 2008;25(3):249-59.
61. Denard PJ, Burkhart SS. The evolution of suture anchors in arthroscopic rotator cuff repair. *Arthroscopy* 2013;29(9):1589-95.
62. Barber FA, Herbert MA, Click JN. Suture anchor strength revisited. *Arthroscopy* 1996;12(1):32-8.
63. Klinger HM, Buchhorn GH, Heidrich G, Kahl E, Baums MH. Biomechanical evaluation of rotator cuff repairs in a sheep model: suture anchors using arthroscopic Mason-Allen stitches compared with transosseous sutures

- using traditional modified Mason-Allen stitches. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2008;23(3):291-8.
64. Rossouw DJ, McElroy BJ, Amis A, Emery R. A biomechanical evaluation of suture anchors in repair of the rotator cuff. J Bone Joint Surg Br. 1997;79:458-61.
 65. Hecker AT, Shea M, Hayhurst JO, Myers ER, Meeks LW, Hayes WC. Pull-out strength of suture anchors for rotator cuff and Bankart lesion repairs. Am J Sports Med 1993;21:874-79.
 66. Reed S, Glossop N, Ogilvie-Harris DJ. Full thickness rotator cuff tears. A biomechanical comparison of suture versus bone anchor techniques. Am J Sports Med 1996;24(1):46-8.
 67. Craft DV, Moseley JB, Cawley PW, Noble PC. Fixation strength of rotator cuff repairs with suture anchors and the transosseous suture technique. J Shoulder Elbow Surg 1996;5(1):32-40.
 68. Čičak N, Klobučar H, Marić D. Sindromi prenaprezanja u području ramena. Arh Hig Rada Toksikol 2001;52:393-402.
 69. Frank JM, Chahal J, Frank RM, Cole BJ, Verma NN, Romeo AA. The role of acromioplasty for rotator cuff problems. Orthop Clin North Am. 2014;45(2):219-24.
 70. De Baere T, Dubuc JE, Joris D, Delloye C. Results of arthroscopic acromioplasty for chronic rotator cuff lesion. Acta Orthop Belg 2004;70(6):520–4.
 71. Norlin R, Adolfsson L. Small full-thickness tears do well ten to thirteen years after arthroscopic subacromial decompression. J Shoulder Elbow Surg 2008;17:12S–16S.
 72. Burkhart SS, Lo IK. Arthroscopic rotator cuff repair. J Am Acad Orthop Surg 2006;14(6):333-46
 73. Lo IK, Burkhart SS. Current concepts in arthroscopic rotator cuff repair. Am J Sports Med 2003;31(2):308-24.

74. Jones CK, Savoie FH. Arthroscopic repair of large and massive rotator cuff tears. *Arthroscopy* 2003;19(6):564-71.
75. Burkhart SS. A stepwise approach to arthroscopic rotator cuff repair based on biomechanical principles 2000;16(1):82-90.
76. Apreleva M, Ozbaydar M, Fitzgibbons PG, Warner JJ. Rotator cuff tears: the effect of the reconstruction method on three-dimensional repair site area. *Arthroscopy* 2002;18(5):519-26.
77. Franceschi F, Ruzzini L, Longo UG, i sur. Equivalent clinical results of arthroscopic single-row and double-row suture anchor repair for rotator cuff tears: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2007;35(8):1254-60.
78. Park JY, Lhee SH, Choi JH, Park HK, Yu JW, Seo JB. Comparison of the clinical outcomes of single- and double-row repairs in rotator cuff tears. *Am J Sports Med* 2008;36(7):1310-6.
79. Franceschi F, Longo UG, Ruzzini L, Rizzello G, Maffulli N, Denaro V. The Roman Bridge: a "double pulley - suture bridges" technique for rotator cuff repair. *BMC Musculoskelet Disord* 2007;8:123.
80. Millett PJ, Mazzocca A, Guanche CA. Mattress double anchor footprint repair: a novel, arthroscopic rotator cuff repair technique. *Arthroscopy* 2004;20(8):875-9.
81. Lo IK, Burkhart SS. Double-row arthroscopic rotator cuff repair: re-establishing the footprint of the rotator cuff. *Arthroscopy* 2003;19(9):1035-42.
82. Nho SJ, Slabaugh MA, Seroyer ST i sur. Does the literature support double-row suture anchor fixation for arthroscopic rotator cuff repair? A systematic review comparing double-row and single-row suture anchor configuration. *Arthroscopy* 2009 ;25(11):1319-28.
83. Saridakis P, Jones G. Outcomes of single-row and double-row arthroscopic rotator cuff repair: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92(3):732-42.

84. Duquin TR, Buyea C, Bisson LJ. Which method of rotator cuff repair leads to the highest rate of structural healing? A systematic review. *Am J Sports Med* 2010;38(4):835-41.
85. Kim KC, Rhee KJ, Shin HD, Kim YM. Arthroscopic transosseous rotator cuff repair. *Orthopedics*. 2008;31(4):327-30.
86. Cicak N, Klobucar H, Bicanic G, Trsek D. Arthroscopic transosseous suture anchor technique for rotator cuff repairs. *Arthroscopy* 2006;22(5):565.e1-6.
87. Ahmad CS, Stewart AM, Izquierdo R, Bigliani LU. Tendon-bone interface motion in transosseous suture and suture anchor rotator cuff repair techniques. *Am J Sports Med* 2005;33(11):1667-71.
88. France EP, Paulos LE, Harner CD, Straight CB. Biomechanical evaluation of rotator cuff fixation methods. *Am J Sports Med* 1989;17(2):176-81.
89. Gerber C, Schneeberger AG, Beck M, Schlegel U. Mechanical strength of repairs of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br* 1994;76(3):371-80.
90. Sward L, Hughes JS, Amis A, Wallace WA. The strength of surgical repairs of the rotator cuff. A biomechanical study on cadavers. *J Bone Joint Surg* 1992;74(4):585-8.
91. Barber FA, Herbert MA, Beavis RC, Barrera Oro F. Suture anchor materials, eyelets, and designs: update 2008. *Arthroscopy* 2008;24(8):859-67.
92. Barber FA, Herbert MA, Coons DA, Boothby MH. Sutures and suture anchors--update 2006. *Arthroscopy* 2006;22(10):1063.e1-9.
93. Elkousy HA, Sekiya JK, Stabile KJ, McMahon PJ. A biomechanical comparison of arthroscopic sliding and sliding-locking knots. *Arthroscopy* 2005;21(2):204-10.
94. Longo UG, Buchmann S, Berton A, Maffulli N, Denaro V. Arthroscopic knots and strength sutures for rotator cuff repair. *Sports Med Arthrosc* 2011;19(3):251-65.
95. Delimar D. A secure arthroscopic knot. *Arthroscopy* 1996;12(3):345-7.

96. Hassinger SM, Wongworawat MD, Hechanova JW. Biomechanical characteristics of 10 arthroscopic knots. *Arthroscopy* 2006;22(8):827-32.
97. Sonnabend DH, Young AA. Comparative anatomy of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br* 2009. 91(12):1632-7.
98. Sonnabend DH, Howlett CR, Young AA. Histological evaluation of repair of the rotator cuff in a primate model. *J Bone Joint Surg Br* 2010;92(4):586-94.
99. Baums MH, Spahn G, Buchhorn GH, Schultz W, Hofmann L, Klinger H-M. Biomechanical and magnetic resonance imaging evaluation of a single- and double-row rotator cuff repair in an in vivo sheep model. *Arthroscopy* 2012;28:769–777.
100. Babić K, Herak M, Tušek T. Anatomija i fiziologija domaćih životinja. Križevci: Visoko gospodarsko učilište Križevci - Zrinski.; 2003.
101. Millett PJ, Warth RJ, Dornan GJ, Lee JT, Spiegl UJ. Clinical and structural outcomes after arthroscopic single-row versus double-row rotator cuff repair: a systematic review and meta-analysis of level I randomized clinical trials. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23(4):586-97
102. Xu C, Zhao J, Li D. Meta analysis comparing single row and double row repair techniques in the arthroscopic treatment of rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23(2):182-8.
103. Gartsman GM, Drake G, Edwards TB, Elkousy HA, Hammerman SM, O'Connor DP, Press CM. Ultrasound evaluation of arthroscopic full-thickness supraspinatus rotator cuff repair: single-row versus double-row suture bridge (transosseous equivalent) fixation. Results of a prospective, randomized study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2013;22(11):1480-7.
104. Lee TQ. Current biomechanical concepts for rotator cuff repair. *Clin Orthop Surg* 2013;5(2):89–97.
105. Salata MJ, Sherman SL, Lin EC, Sershon RA, Gupta A, Shewman E, i sur. Biomechanical evaluation of transosseous rotator cuff repair: do anchors really matter? *Am J Sports Med* 2013;41(2):283-90.

106. Duquin TR, Buyea C, Bisson LJ. Which method of rotator cuff repair leads to the highest rate of structural healing? A systematic review. *Am J Sports Med* 2010;38(4):835-41.
107. Demirhan M, Atalar AC, Kilicoglu O. Primary fixation strength of rotator cuff repair techniques: a comparative study. *Arthroscopy* 2003;19(6):572-6.
108. Meier SW, Meier JD. The effect of double-row fixation on initial repair strength in rotator cuff repair: a biomechanical study. *Arthroscopy* 2006;22(11):1168-73.
109. Fealy S, Rodeo SA, MacGillivray JD, Nixon AJ, Adler RS, Warren RF. Biomechanical evaluation of the relation between number of suture anchors and strength of the bone-tendon interface in a goat rotator cuff model. *Arthroscopy* 2006;22(6):595-602.
110. Lewis CW, Schlegel TF, Hawkins RJ, James SP, Turner AS. Comparison of tunnel suture and suture anchor methods as a function of time in a sheep model. *Biomed Sci Instrum* 1999;35:403-8.
111. Garofalo R, Castagna A, Borroni M, Krishnan SG. Arthroscopic transosseous (anchorless) rotator cuff repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20(6):1031-5.
112. McElvany MD, McGoldrick E, Gee AO, Neradilek MB, Matsen FA 3rd. Rotator cuff repair: published evidence on factors associated with repair integrity and clinical outcome. *Am J Sports Med* 2014 Apr 21. [Epub ahead of print]
113. Cummins CA, Appleyard RC, Strickland S, Haen PS, Chen S, Murrell GA. Rotator cuff repair: an ex vivo analysis of suture anchor repair techniques on initial load to failure. *Arthroscopy* 2005;21(10):1236-41.
114. Dines JS, Bedi A, ElAttrache NS, Dines DM. Single-row versus double-row rotator cuff repair: techniques and outcomes. *J Am Acad Orthop Surg* 2010;18(2):83-93.
115. Sano H, Yamashita T, Wakabayashi I, Itoi E. Stress distribution in the supraspinatus tendon after tendon repair: suture anchors versus transosseous suture fixation. *Am J Sports Med* 2007;35(4):542-6.

116. Lorbach O, Anagnostakos K, Veas J, Kohn D, Pape D. Three-dimensional evaluation of the cyclic loading behavior of different rotator cuff reconstructions. *Arthroscopy*, Arthroscopy 2010;26(9):S95-105.
117. Ma CB, Comerford L, Wilson J, Puttlitz CM. Biomechanical evaluation of arthroscopic rotator cuff repairs: double-row compared with single-row fixation. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(2):403-10.
118. Mahar A, Tamborlane J, Oka R, Esch J, Pedowitz RA. Single-row suture anchor repair of the rotator cuff is biomechanically equivalent to double-row repair in a bovine model. *Arthroscopy* 2007;23(12):1265-70.

10. ŽIVOTOPIS

Rođen sam u Virovitici, 24. kolovoza 1969. godine, gdje sam pohađao i završio osnovnu školu te maturirao u Matematičko-informatičkom obrazovnom centru 1988. godine.

Diplomirao sam na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 1996. godine. Po završetku studija odradio sam obavezan pripravnički staž za doktora medicine u Domu zdravlja Virovitica. Državni ispit za doktora medicine položio sam 1998. godine i nastavio raditi u Domu zdravlja Virovitica kao liječnik opće prakse - voditelj tima.

Specijalizaciju iz ortopedije započeo sam 2000. godine za Opću bolnicu Virovitica. Godine 2005. položio sam specijalistički ispit i odmah nakon toga počeo raditi kao odjelni liječnik na Klinici za traumatologiju u Zagrebu. Od 2007. godine radim u Specijalnoj bolnici za ortopediju i traumatologiju "Akromion" u Krapinskim Toplicama.

Završio sam i stručni poslijediplomski studij iz ortopedije, a 2005. godine sam upisao doktorski znanstveni poslijediplomski studij "Biomedicina i zdravstvo" na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Stručno sam se usavršavao na brojnim specijaliziranim tečajevima u zemlji i inozemstvu. Kao stipendist Europskog udruženja ortopeda i traumatologa (EFORT)

2005. godine pohađao sam Travelling Fellowship u Poljskoj, a također i 2008. Anica Bitenc Travelling Fellowship u Kanadi. Godine 2006. bio sam stipendist za Fellowship in Orthopaedic Surgery and Sport Traumatology u bolnici Bruderholz u Baselu u Švicarskoj.

Objavio sam četiri znanstvena rada indeksirana u CC-u (Current Contents) te tri rada indeksirana u ostalim bazama podataka. Autor sam poglavlja u četiri knjige. Aktivno sam sudjelovao na brojnim domaćim i međunarodnim kongresima i skupovima.

Član sam Hrvatske liječničke komore, Hrvatskog udruženja ortopeda i traumatologa, Hrvatskog ortopedskog društva, Društva za artroskopiju i sportsku traumatologiju hrvatskog društva za sportsku medicinu te Europskog udruženja za sportsku traumatologiju, kirurgiju koljena i artroskopiju (ESSKA).

Godine 2006. sudjelovao sam na znanstvenom projektu „Nove metode u dijagnostici i liječenju bolesti i ozljeda ramena“ u okviru kojeg sam radio istraživanje koje je osnova moje doktorske disertacije.

Tema disertacije pod naslovom "Transosealna fiksacija tetive infraspinatusa ovce jednim redom sidara" odobrena je od strane Fakultetskog vijeća Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 3. srpnja 2014. godine.

Živim u Zagrebu, oženjen sam i otac triju kćeri.