

e-ISSN: 2345-0592

Online issue

Indexed in *Index Copernicus*

Medical Sciences

Official website:
www.medicosciences.com



Single vs double-row arthroscopic surgical repair in shoulder rotator cuff tears. A literature review.

Titas Daraška¹

¹Faculty of Medicine, Lithuanian University of Health sciences

Abstract

Tears of the rotator cuff tendons remain a common source of pain and disability among the adult population. Surgical repair of the rotator cuff has been shown to be a cost-effective solution to a rotator cuff tears that cause considerable burden on the general population in terms of quality of life. Nevertheless, the optimal technique for arthroscopic repair of the rotator cuff remains controversial. An ideal surgical technique involved in the repair of the rotator cuff tear must have the potential to withstand physiological loads while simultaneously allowing healing to occur and preventing re-rupture in the future. In this literature review are compared single and double-row surgical techniques, their biomechanics, clinical outcomes, healing, re-rupture rates and cost.

Methods: The PubMed, Embase, and Cochrane Library databases were searched for relevant studies published before 2015.

Conclusion: There is a lack of clear consensus within the Level I evidence which surgical technique is better. It is clear that those studies looking at tears separately appear to indicate superiority of the double-row technique. More high-quality Level I studies on specifically homogenous groups are needed to guide practice and to identify characteristics of specific rotator cuff tears that would best be suited for the added expense involved in a double-row repair

The type of repair technique used should be selected according to tear size and surgical experience. Doublerow repairs should be ideally performed in those with larger tears or those patients undergoing accelerated rehabilitation.

Keywords: Shoulder, Arthroscopy, Rotator cuff.

Peties sukamosios manžetės plyšimų vienos ir dvigubos eilės artroskopinių chirurginių technikų palyginimas. Literatūros apžvalga.

Titas Daraška¹

¹Lietuvos Sveikatos Mokslų Universitetas, medicinos fakultetas

Santrauka

Peties sukamosios manžetės plyšimai (SMP) tebėra dažnas suaugusiųjų skausmo ir negalios šaltinis. Įrodyta, kad chirurginis gydymas yra ekonomiškai efektyvus sprendimas rotatorių sausgyslių plyšimams, kurie siejami su gyvenimo kokybės pablogėjimu. Nepaisant to, optimali rotatorių manžetės artroskopinė chirurginė technika išlieka prieštaringa. Ideali chirurginė technika, atkurianti SMP, turi turėti galimybę atlaikyti fiziologinius krūvius, tuo pačiu leisdama plyšimui gyti bei užkertanti kelią pakartotiniams plyšimams ateityje. Šioje literatūros apžvalgoje lyginamos vienos ir dvigubos eilės siūlinės inkarinės mazginės artroskopinės chirurginės technikos, jų biomechanika, klinikiniai rezultatai, gijimas, pasikartojančių plyšimų dažnis ir kaina.

Metodai: Iš duomenų bazių PubMed, Embase, ir Cochrane buvo surasti ir išanalizuoti straipsniai nesenėsi nei 2015 metų.

Apibendrinimas ir išvados: šiuo metu trūksta I lygio įrodymų, kuri chirurginė technika yra geresnė. Akivaizdu, kad tyrimai, kuriuose SMP nagrinėjami atskirai, rodo dvigubos eilės chirurginės technikos pranašumą. Norint nustatyti SMP gydymo gaires bei specifinius rotatorių plyšimus, kuriems reiktų panaudoti dvigubos eilės techniką (ji yra brangesnė) reikia daugiau aukštos kokybės I lygio tyrimų. Naudojamas artroskopinis chirurginis būdas turėtų būti pasirinktas atsižvelgiant į plyšimo dydį ir chirurginę patirtį. Dvigubos eilės metodas turėtų būti atliekamas tais atvejais, kai plyšimas yra didelis arba pacientams, kuriems būtina taikyti pagreitintą reabilitaciją.

Raktiniai žodžiai: Petis, artroskopija, sukamoji manžetė.

1. Pristatymas: sukamosios manžetės plyšimai ir jų gydymas

Peties rotatorių sausgyslių plyšimai tebėra dažnas suaugusiųjų populiacijos skausmo ir negalios šaltinis. Nustatyta, jog amžius yra dažniausias etiologinis veiksnys: 25% asmenų šešiasdešimties ir 50% aštuonesdešimties metų amžiaus turi SMP [1]. Codmanas pirmą kartą aprašė peties sukamosios manžetės anatomiją 1934 metais, o įterptinio „footprint“ (angl. pėdsako) sąvoką pirmą kartą pristatė Curtis 1999 metais. Anatominiai faktoriai yra nepaprastai svarbūs. Tai apima pėdsako kontaktinės srities atkūrimą, sausgyslių ir kaulų kokybę, tinkamą sausgyslės suspaudimą ant pėdsako, kad palengvėtų gijimas ir sumažintų judesį kaulo-sausgyslės sąsajoje. Vidiniai veiksniai, tokie kaip bloga kraujotaka, hipoksija, sausgyslių atrofija, fibroziniai pokyčiai ir manžetės raumenų infiltracija riebalais siejami su blogomis operacijos išėtimis. Dalinio storio rotatorių manžetės plyšimų paplitimas yra nuo 15 iki 32% bendroje populiacijoje, tačiau yra žymiai dažniau paplitęs (40%) elitinių sportininkų populiacijoje, kurie užsiima tokiomis sporto šakomis, kuriose naudojamas rankos pakelimas virš galvos ir kamuolio smūgiavimas (pavyzdžiui tinklinis, tenisas) [8]. Anksčiau dalinių plyšimų patogenezė buvo blogai suprasta. Naujausi tyrimai rodo, kad plyšimų progresija koreliuoja su sausgyslių storio procentine dalimi. Nustatyta, jog pacientams, kurių sausgyslė yra < 50% storio, plyšimo progresavimo tikimybė buvo 14%, tuo tarpu pacientams, kurių sausgyslių storis > 50%, plyšimų progresavimo tikimybė 55% [9]. Dalinio storio SMP gydymas nevyksta nei spontaniškai, nei atliekant kromionoplastiką [10].

Atsiradęs skausmas pečių srityje esant besimptomiam SMP yra susijęs su plyšimo progresavimu [9]. Didesni plyšimai yra labiau linkę sukelti skausmą per trumpą laiką nuo atsiradimo pradžios nei mažesni plyšimai [9]. Atsižvelgiant į santykinai aukštus didelių ir masyvių sukamosios manžetės pakartotinus plyšimų dažnius, visuotinai pripažinta, jog auksinis standartas yra chirurginis gydymas, tačiau išlieka diskusijų, kuri chirurginė technika yra pranašesnė: minimaliai atvira ar artroskopinė technika. Sisteminės apžvalgos neparodė reikšmingo skirtumo tarp šių dviejų technikų, lyginant peties funkciją, skausmo balus bei SMP pasikartojimų dažnį [11]. Tačiau pacientams, kuriems atliekama artroskopinė operacija, greičiau pasireiškia skausmo sumažėjimas [11] ir mažesnis pooperacinių komplikacijų dažnis. Taip pat yra įrodymų, kad pacientai, kuriems atlikta peties artroskopinė operacija, gali grįžti į darbą anksčiau [12]. Adekvatus pradinis fiksavimas vaidina pagrindinį vaidmenį sėkmingai gydant rotatoriaus sausgyslių plyšimus. Buvo aprašyta daugybė chirurginių metodų, skirtų SMP gydyti. Tai apima vienos ir dviejų eilių siūlinius inkarinius tvirtinimo būdus, perkaulinius tunelius arba naujesnius, bemazgius inkarus. Daugiausiai diskutuojama dėl aukso standarto chirurginės technikos, šiuo metu ypač yra lyginama vienos eilės siūlinė inkarinė technika ir dviejų eilių. Šioje literatūros apžvalgoje bus apžvelgiamos ir lyginamos būtent šios dvi artroskopinės technikos.

1.1. Chirurginė technika

Vienos eilės (VE) artroskopinės supraspinatus sausgyslės plyšimo rekonstrukcijos metu yra įsukami du inkarai į sausgyslės prisitvirtinimo vietos pėdsako lateralinę dalį. Dvigubos eilės (DE) artroskopinės

supraspinatus sausgyslės plyšimo rekonstrukcijos metu medialinė inkarų eilė tipiška yra įsukama lateraliai sąvarnės linijos ir lateralinė eilė yra įsukama medialiai didžiojo gumburo įdubai.

1.2. Biomechanika

Idealiu atveju SMP turi būti rekonstruotas taip, kad atlaikytų fiziologines apkrovas, tuo pačiu metu leidžiant prasidėti gijimui [13]. Manoma, jog dvigubos eilės technika leidžia geriau atkurti natūralų sukamosios manžetės prisitvirtinimo pėdsaką. Tai savo ruožtu leidžia žymiai didesnes apkrovas ir mažesnį tarpo susidarymas tarp plyšusios sausgyslės galų, esant apkrovai [14]. Keletas biomechaninių tyrimų patvirtino tai [15-17]. Nors šie tyrimai, kurie yra atlikti ant negyvų kūnų, rodo, kad dvigubos eilės technika yra pranašesnė, tačiau klinikinių tyrimų rezultatai yra labiau prieštaringi.

1.3. Klinikinės išeitis ir randomizuoti kontroliniai tyrimai

Sobhy ir kitų atliktoje sisteminėje apžvalgoje nustatyta, kad I lygio vidutinės trukmės ir trumpalaikių tyrimų srityje DE metodas parodė tik padidėjusius UCLA klausimyno balus. ASES, Constant, WORC ir SANE balai reikšmingo skirtumo neparodė. Autoriai suponavo, kad tai lėmė mažesnis dalinio storio pakartotinis SMP dažnis po DE artroskopinės operacijos [23]. Autoriai taip pat pažymėjo, kad ilgalaikiai III lygio tyrimai parodė tiesioginę koreciją tarp geresnių peties funkcinių rezultatų bei rotatorių manžetės vientisumo ir DE metodo, kas šiam metodui suteikia didelį pranašumą prieš VE metodą.

Saridakis ir kitų atliktoje sisteminėje apžvalgoje buvo apžvelgti šeši tyrimai (III lygio ir aukštesni įrodymai) ir nustatyta, jog nebuvo reikšmingo skirtumo tarp šių dviejų metodų pooperacinių rezultatų [24]. Tačiau autoriai atkreipė dėmesį į tai, kad jų duomenimis buvo įrodymų,

patvirtinančių DE technikos panaudojimą pacientams, kuriems turi didelį (> 3 cm) plyšimą (II lygio įrodymai).

Millett ir kitų atliktoje septynių I lygio randomizuotų klinikinių tyrimų sisteminėje apžvalgoje ir meta analizėje buvo padaryta išvada, kad tarp vienos eilės ir dvigubos eilės technikos statistiškai reikšmingo rezultato skirtumo nebuvo, remiantis peties artroskopijos pooperaciniais klausimynais (ASES, UCLA ir Constant) [25].

Spiegl ir kitų atliktoje aštuonių meta-analizių apžvalgoje (įskaitant du I lygio tyrimus ir penkis I ir II lygio tyrimus) apibendrinta, kad nebuvo stebėta jokių klinikinių skirtumų tarp VE ir DE artroskopinių metodų, esant mažiems ir vidutiniams SMP trumpalaikiu ar vidutinės trukmės laikotarpiu [26].

1.5. Gyjimas ir pasikartojančių plyšimų dažnis

Pasikartojantys sukamosios manžetės sausgyslės plyšimai po chirurginio gydymo gali būti reikšminga klinikinė problema. Pakartotinių plyšimų dažniai labai skiriasi klinikiniuose tyrimuose ir svyruoja nuo 11% iki 94% [27-29]. Veiksniai, darantys įtaką rotatoriaus manžetės pakartotiniam plyšimui labai įvairūs: amžius, priešoperacinis plyšimo dydis, raumenų atrofijos laipsnis, riebalinės infiltracijos laipsnis, chirurginė technika ir netinkama pooperacinė rehabilitacija [30]. Reikėtų pažymėti, kad nei vienas tyrimas neįvertino pakartotinio plyšimo dažnio, remiantis rotatorių pėdsako padengimu sausgysle [30].

Vis dar išlieka kontraversiški pooperaciniai rezultatai pacientų, kuriems nebuvo atstatytas pilnas sukamosios manžetės vientisumas. Kai kurie tyrimai teigia, kad pacientams, kuriems yra nustatytas pasikartojęs plyšimas, po operacijos vis tiek stebimas pagerėjimas, palyginti su priešoperacine būseną [27]. Kiti tyrimai tam prieštarauja, nurodant, kad operuoto peties rotatorių manžetės neišgyjimas yra susijęs su silpnesne jėga [31]. Vis dar trūksta aukšto lygio dvigubai aklų

perspektyviųjų tyrimų, kurie tiesiogiai įvertintų rotatoriaus manžetės pakartotinio plyšimo įtaką funkciniam rezultatui.

Duquin atlikta sisteminė apžvalga parodė žymiai mažesnę pakartotinių plyšimų procentą atlikus DE fiksaciją, lyginant su VE, kai plyšimai yra didesni nei 10 mm skersmens [32]. Millett ir kitų atlikta metaanalizė, atskleidė žymiai didesnę VE fiksacijos pakartotinio plyšimo dažnį, ypač dalinio storio sausgyslės pakartotinių plyšimų atvejais [26].

Randomizuotame kontroliniame tyrime, kuriame dalyvavo 58 pacientai, kuriems yra didelė peties ankštumo rizika, nustatė, kad rotatoriaus manžetės plyšimo fiksavimas DE metodu buvo susijęs su mažesne pakartotinio plyšimo tikimybe, pacientams po dviejų metų buvo atliekamas peties MRT.

1.6. Kaina

DE technika turi keletą potencialių trūkumų. Šie trūkumai yra: techniškai sudėtingesnis metodas, reikalaujantis daugiau laiko bei brangesnis nei vienos eilės artroskopinė SMP fiksacija. Šie veiksniai yra ypač reikšmingi, jei DE fiksavimas nėra siejamas su reikšmingu klinikinių rezultatų pagerėjimu.

Genuario ir kiti sukūrė sprendimų analizės modelį, kad būtų galima įvertinti DE artroskopinio metodo ekonomiškumą, lyginant su VE metodu [34]. Jų modelis buvo sukurtas remiantis į po operacijos įgytų kiekvienų kokybiškų gyvenimo metų kainą. Buvo įvertinti du pacientų koortai (vienas su <3 cm SMP, o kitas su = /> 3 cm plyšimais). Minėtoje Duquin sisteminėje apžvalgoje buvo panaudoti 1252 pacientų duomenys. Šiame tyrime padaryta išvada, kad rotatorių sausgyslių plyšimams naudojas DE metodas nėra ekonomiškai efektyvus bet kokio dydžio plyšimo atveju.

Priešingai, Huangas ir kitų atliktame valstybės finansuojamame perspektyviniame tyrime buvo nustatyta, dvigubos eilės fiksavimas yra

ekonomiškesnis nei vienos eilės fiksavimas. Be to, dvigubos eilės rekonstrukcijos metodas yra ekonomiškai patrauklesnis didesniems sukamosios manžetės plyšimams (> 3 cm) [35].

2. Diskusija

Įrodyta, kad chirurginė SMP rekonstrukcija yra ekonomiškai efektyvus sprendimas, nes rotatorių sausgyslių plyšimai smarkiai blogina bendrosios populiacijos gyventojų kokybę. Nepaisant to, optimali artroskopinė fiksavimo technika išlieka prieštaringa. Ideali chirurginė technika, atstatanti SMP, turi turėti galimybę atlaikyti fiziologinius krūvius, tuo pačiu leisdamą plyšimo gijimui bei užkertanti kelią pakartotiniams plyšimams ateityje.

Nors tai atrodytų kaip idealus konceptas, tačiau yra sunkiai pritaikomas dėl didelio gyventojų nevienalytiškumą ir individualių chirurgų naudojamų metodų įvairovės. Gerai žinoma, kad daug veiksnių gali sukelti pakartotinį sukamosios manžetės plyšimą bei blogą plyšimo gijimą. Šie faktoriai yra: pradinis plyšimo dydis, raumenų atrofija ar manžetės infiltracija riebalais, rekonstrukcijos metodų įvairovė, chirurgo įgūdžiai, inkaro tipai, siūlų skaičių viename inkare, operuojančio chirurgo patirtį ir reabilitacijos protokolus [23]. Tad yra neteisinga bandyti racionaliai pagrįsti, kad viena chirurginė technika yra pranašesnė už kitą, analizuojant pacientus su sukamosios manžetės plyšimais kaip didelę heterogeninę grupę. Pavyzdžiui, jei yra žinoma, kad pradinis plyšimo dydis turi įtakos klinikiniams rezultatams, tuomet tyrimai su pacientų grupėmis, kuriuose yra įvairių dydžio plyšimai gali duoti rezultatus, kuriuos bus sunku interpretuoti.

Tai gali paaiškinti, kodėl tiriant įvairaus dydžio plyšimus (Nicholas ir kiti [19]) arba mažus ir vidutinio dydžio plyšimus (Aydin ir kiti [18]), funkcinis rezultatas nesiskyrė, tuo tarpu tyrimuose, kuriuose tiriami didesni plyšimai (Carbonel ir kiti [21] Ma ir kiti [22]) parodė geresnę peties jėgą ir klinikinius rezultatus.

Plyšimų dydžių heterogeniškumo klausimas dar labiau išryškėja analizuojant sisteminę apžvalgą ir metaanalizes, tai paaiškintų, kodėl šie tyrimai apibendrina, jog tarp šių dviejų artroskopinių metodų rezultatai nesiskiria. Taip pat šiuose tyrimuose naudojamas skirtingas tyrimųjų populiacijos dydis bei skirtingi rezultatų kintamieji (skirtingos balų sistemos, funkciniai klausimynai ir rentgenografiniai rezultatai), tai gali iškreipti gautus rezultatus. Retrospektyviniuose tyrimuose imties populiacija dažnai būna maža, o stebėjimo trukmė retai būna ilgesnė nei 2 metai. Todėl sunku įvertinti ilgalaikį vienos technikos pranašumą prieš kitą.

Nėra aiškaus sutarimo dėl vienos technikos finansinio pranašumo palyginti su kita. Tyrimų, kuriuose nagrinėjamas kiekvienos technikos ekonominis efektyvumas, rezultatai nustatomi atsižvelgiant į autorių nustatytus išlaidų matavimus (kurie kiekviename tyrime yra skirtingi). Ši klausimą dar labiau apsunkina taikomų tyrimų rūšių įvairumas. Pavyzdžiui, galima manyti, kad sisteminė apžvalga atlikta sąnaudų analizė (Huang ir kitų [35]) yra patikimesnė ir reikšmingesnė nei retrospektyvinio

tyrimo (Genuario ir kitų [34]). Tačiau, kaip minėta, tokios gausios ir skirtingos populiacijos sujungimas gali apsunkinti, o ne paaiškinti visus užduodamus klausimus.

3. Apibendrinimas

Šiuo metu trūksta I lygio įrodymų, kuri chirurginė technika yra pranašesnė. 1 lentelėje pateikti nagrinėtų straipsnių rezultatai. Akivaizdu, kad tyrimai, kuriuose sukamosios manžetės plyšimai nagrinėjami atskirai, indikuoja dvigubos eilės chirurginės technikos pranašumą. Norint nustatyti SMP gydymo gaires bei specifinius rotatorių plyšimus, kuriems reiktų panaudoti dvigubos eilės techniką (ji yra brangesnė) reikia daugiau aukštos kokybės I lygio tyrimų, kuriuose būtų lyginami panašaus dydžio ir anatomicinės lokalizacijos plyšimai.

Dabartiniiais esamais duomenimis artroskopinis chirurginis būdas turėtų būti pasirinktas atsižvelgiant į plyšimo dydį ir chirurgo patirtį. Dvigubos eilės metodas turėtų būti atliekamas tais atvejais, kai plyšimas yra didelis arba pacientams, kuriems būtina taikyti pagreitiną reabilitaciją.

Tyrimo autoriai	Tyrimo tipas	Plyšimų tipas	Išvados
Aydin ir kiti	Retrospektyvinis	Visi plyšimai	Nėra skirtumo klinikiniuose rezultatuose
Nicholas ir kiti	Retrospektyvinis	Visi plyšimai	Nėra skirtumo klinikiniuose rezultatuose
Lapner ir kiti	Retrospektyvinis	Visi plyšimai	Nėra skirtumo klinikiniuose rezultatuose
Carbonel ir kiti	Retrospektyvinis	Didesni plyšimai > 3 cm ir maži plyšimai atskirai	Funkcijos pagerėjimas abiejose grupėse, geresnis esant didesniems plyšimams
Ma ir kiti	Retrospektyvinis	Didesni plyšimai > 3 cm ir maži plyšimai atskirai	Funkcijos pagerėjimas esant didesniems plyšimams
Sobhy ir kiti	Sisteminė apžvalga	Visi plyšimai	Naudojant DE fiksavimo technika pagerėja UCLA klausimyno taškai
Saridakis ir kiti	Sisteminė apžvalga	Didesni plyšimai > 3 cm ir maži plyšimai atskirai	Nėra ryškių skirtumų pooperaciniuose klinikiniuose rezultatuose, silpni įrodymai DE fiksavimo naudojimą dideliose plyšimuose pranašumo
Millet ir kiti	Sisteminė apžvalga	Visi plyšimai	Nėra skirtumo klinikiniuose rezultatuose
Spiegl ir kiti	Sisteminė apžvalga	Visi plyšimai	Nėra skirtumo klinikiniuose rezultatuose

1 lentelė. Visų rezultatų apibendrinimas.

Literatūros sąrašas

1. Yamamoto A, Takagishi K, Osawa T, et al. Prevalence and risk factors of a rotator cuff tear in the general population. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(1):116e120. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2009.04.006>.
2. Codman E. *The Shoulder; Rupture of the Supraspinatus Tendon and Other Lesions in or about the Subacromial Bursa.* 1934.
3. Curtis AS, Burbank KM, Tierney JJ, Scheller AD, Curran AR. The insertional footprint of the rotator cuff: an anatomic study. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2006;22(6):603e609. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2006.04.001>. E1.
4. Roth KM, Warth RJ, Lee JT, Millett PJ, ElAttrache NS. Arthroscopic single-row versus double-row repair for full-thickness posterosuperior rotator cuff tears: a critical analysis review. *JBJS Rev.* 2014;2(7). <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.M.00081>.
5. Lee TQ. Current biomechanical concepts for rotator cuff repair. *Clin Orthop Surg.* 2013;5(2):89e97. <https://doi.org/10.4055/cios.2013.5.2.89>.
6. 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):1154e1159. <https://doi.org/10.1177/0363546504273053>.
7. 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):1667e1671. <https://doi.org/10.1177/0363546505278252>.

8. Connor PM, Banks DM, Tyson AB, Coumas JS, D'Alessandro DF. Magnetic resonance imaging of the asymptomatic shoulder of overhead athletes: a 5- year follow-up study. *Am J Sports Med.* 2003;31(5):724e727. <https://doi.org/10.1177/03635465030310051501>. systematic review of the literature. *Am J Orthoped.* 2010;39(12):592e600.
9. Agrawal V, Stinson M. Ability and length of time to return to work after RCR in workers' compensation patient. *Indiana Orthopaedic Journal.* 2008;2:49.
10. Yadav H, Nho S, Romeo A, MacGillivray JD. Rotator cuff tears: pathology and repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(4):409e421. <https://doi.org/10.1007/s00167-008-0686-8>.
11. Hohmann E, Kočnig A, Kat C-J, Glatt V, Tetsworth K, Keough N. Single- versus double-row repair for full-thickness rotator cuff tears using suture anchors. A systematic review and meta-analysis of basic biomechanical studies. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018;28(5):859e868. <https://doi.org/10.1007/s00590-017-2114-6>.
12. Ahmad CS, Kleweno C, Jacir AM, et al. Biomechanical performance of rotator cuff repairs with humeral rotation: a new rotator cuff repair failure model. *Am J Sports Med.* 2008;36(5):888e892. <https://doi.org/10.1177/0363546508316285>.
13. Esquivel AO, Duncan DD, Dobrasevic N, Marsh SM, Lemos SE. Load to failure and stiffness: anchor placement and suture pattern effects on load to failure in rotator cuff repairs. *Orthopaed J Sports Med.* 2015;3(4). <https://doi.org/10.1177/2325967115579052>, <https://doi.org/10.1177/2325967115579052>.
14. 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.* 2006;88(2):403e410. <https://doi.org/10.2106/JBJS.D.02887>.
15. Aydin N, Kocaoglu B, Guven O. Single-row versus double-row arthroscopic rotator cuff repair in small- to medium-sized tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(5):722e725. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2009.11.053>.
16. Nicholas SJ, Lee SJ, Mullaney MJ, et al. Functional outcomes after double-row versus single-row rotator cuff repair: a prospective randomized trial. *Orthopaed J Sports Med.* 2016;4(10). <https://doi.org/10.1177/2325967116667398>, [2325967116667398](https://doi.org/10.1177/2325967116667398).
17. Lapner PLC, Sabri E, Rakhra K, et al. A multicenter randomized controlled trial comparing single-row with double-row fixation in arthroscopic rotator cuff repair. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(14):1249e1257. <https://doi.org/10.2106/JBJS.K.00999>.
18. Carbonel I, Martinez AA, Calvo A, Ripalda J, Herrera A. Single-row versus double-row arthroscopic repair in the treatment of rotator cuff tears: a prospective randomized clinical study. *Int Orthop.* 2012;36(9):1877e1883. <https://doi.org/10.1007/s00264-012-1559-9>.
19. Ma H-L, Chiang E-R, Wu H-TH, et al. Clinical outcome and imaging of arthroscopic single-row and double-row rotator cuff repair: a prospective randomized trial. *Arthroscopy.* 2012;28(1):16e24. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.07.003>.
20. Sobhy MH, Khater AH, Hassan MR, El Shazly O. Do functional outcomes and cuff integrity correlate after single- versus double-row rotator cuff repair? A systematic review and meta-analysis study. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018;28(4):593e605. <https://doi.org/10.1007/s00590-018-2145-7>.
21. 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):732e742. <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01295>.
22. 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):586e597. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.10.006>.
23. Spiegl UJ, Euler SA, Millett PJ, Hepp P. Summary of meta-analyses dealing with single-row double-row repair techniques for rotator cuff tears. *Open Orthop J.* 2016;10(Suppl 1):330e338. <https://doi.org/10.2174/1874325001610010330>.
24. Mall NA, Kim HM, Keener JD, et al. Symptomatic progression of asymptomatic M9 rotator cuff tears: a prospective study of clinical and sonographic variables. *J Bone Joint Surg-Am.* 2010;92(16):2623e2633. <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.00506>.
25. Kartus J, Kartus C, Rostgård-Christensen L, Sernert N, Read J, Perko M. Long-term clinical and ultrasound evaluation after arthroscopic acromioplasty in patients with partial rotator cuff tears. *Arthroscopy.* 2006;22(1):44e49. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2005.07.027>.
26. Lindley K, Jones GL. Outcomes of arthroscopic versus open rotator cuff repair: a systematic review of the literature. *Am J Orthoped.* 2010;39(12):592e600.
27. Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, Middleton WD, Yamaguchi K. The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A(2):219e224.
28. Harryman DT, Mack LA, Wang KY, Jackins SE, Richardson ML, Matsen FA. Repairs of the rotator cuff. Correlation of functional results with integrity of the cuff. *J Bone Joint Surg.* 1991;73(7):982e989. <https://doi.org/10.2106/00004623-199173070-00004>.
29. Lafosse L, Brzoska R, Toussaint B, Gobezie R. The outcome and structural integrity of arthroscopic rotator cuff repair with use of the double-row suture anchor technique. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(Suppl 2 Pt 2):275e286. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00388>.
30. Galanopoulos I, Ilias A, Karliaftis K, Papadopoulos D, Ashwood N. The impact of Re-tear on the clinical outcome after rotator cuff repair using open or arthroscopic techniques: a systematic review. *Open Orthop J.* 2017;11(Suppl 1):95e107. <https://doi.org/10.2174/1874325001711010095.M4>.
31. Boileau P, Brassart N, Watkinson DJ, Carles M, Hatzidakis AM, Krishnan SG. Arthroscopic repair of full-thickness tears of the supraspinatus: does the tendon really heal? *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(6):1229e1240. <https://doi.org/10.2106/JBJS.D.02035>.
32. 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):835e841. <https://doi.org/10.1177/0363546509359679>.
33. Franceschi F, Papalia R, Franceschetti E, et al. Double-row repair lowers the retear risk after accelerated rehabilitation, double-row repair lowers the retear risk after accelerated rehabilitation. *Am J Sports Med.* 2016;44(4):948e956. <https://doi.org/10.1177/0363546515623031>.
34. Genuario JW, Donegan RP, Hamman D, et al. The cost-effectiveness of single-row compared with double-row arthroscopic rotator cuff repair. *J Bone Joint Surg-Am.* 2012;94(15):1369e1377. <https://doi.org/10.2106/JBJS.J.01876>.
35. Huang AL, Thavorn K, van Katwyk S, MacDonald P, Lapner P. Double-row arthroscopic rotator cuff repair is more cost-effective than single-row repair. *J Bone Joint Surg.* 2017;99(20):1730e1736. <https://doi.org/10.2106/JBJS.16.01044>.