


e-ISSN: 2345-0592 Online issue Indexed in <i>Index Copernicus</i>	Medical Sciences Official website: www.medicosciences.com	
--	--	---

Proximal humerus fractures: indications for operative treatment and management options. Literature review

Evaldas Šivickas¹, Benediktas Antanas Los¹, Mantas Giedraitis²

¹Lithuanian University of Health Sciences, Academy of Medicine, Kaunas, Lithuania

² Department of Otrthopedics-Traumatology, Medical Academy, Lithuanian University of Health Sciences, Kaunas, Lithuania

Abstract

Introduction: Although proximal humerus fractures are not very common in the current population, there is a tendency for this type of fracture to increase in the future due to longer lifespan. Most of these fractures are associated with osteoporosis and because of the aging population it is expected that proximal humerus fractures in the future will become a more and more common problem for surgeons and it will receive more attention in the academic community. At this moment there is no sufficient data for publishing guidelines and surgeons don't agree on the same management options. This topic is quite controversial. In this literature review we discussed and concluded indications for surgical and conservative treatment, most common surgical management options, including benefits and drawbacks for each of the methods.

Aim: To review and analyze scientific publications, including indications and different surgical management options for proximal humerus fractures.

Methods: A search of scientific articles was performed in PubMed, ClinicalKey databases. The literature review includes more than 30 scientific publications including indications and surgical management options for proximal humerus fractures.

Results: After analysis of the literature detailed indications and different surgical management options are presented in this review.

Keywords: Proximal humerus fracture, operative treatment, conservative treatment, intramedullary nail.

Proksimalinių žastikaulio lūžių indikacijos operacijai ir gydymo būdai: literatūros apžvalga

Evaldas Šivickas¹, Benediktas Antanas Los¹, Mantas Giedraitis²

¹ Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, Medicinos fakultetas, Kaunas, Lietuva

² Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, Medicinos akademija, Ortopedijos-Traumatologijos klinika, Kaunas, Lietuva

Santrauka

Įvadas: Nors proksimaliniai žastikaulio lūžiai ir nėra itin dažni, kiekvienais metais jų daugėja dėl vis senėjančios populiacijos. Pažymint tai, jog šie lūžiai būdingiausi vyresniems žmonėms, dažniausiai jie siejami su osteoporozė. Tikėtina, jog dėl populiacijos senėjimo bei ilgėjančios gyvenimo trukmės ateityje osteoporozinių lūžių tik daugės, įskaitant ir proksimalinius žastikaulio lūžius, todėl ši problema taps vis aktualesne ir sulauks daugiau dėmesio literatūroje. Šiuo metu mokslininkų bendruomenėje nėra prieita vieningos nuomonės dėl gydymo būdų taikymo bei nėra patikimų įrodymų vieningų rekomendacijų formavimui. Šioje literatūros apžvalgoje yra aptartos ir apibendrintos indikacijos proksimalinių žastikaulio lūžių chirurginiam gydymui, bei dažniausiai taikomi operaciniai gydymo būdai, jų pranašumai bei trūkumai.

Tikslas: apžvelgti ir išanalizuoti mokslines publikacijas, kuriose aprašomos proksimalinių žastikaulio lūžių indikacijos chirurginiam gydymui ir galimos operavimo metodikos.

Metodai: mokslinių straipsnių paieška vykdyta PubMed, ClinicalKey duomenų bazėse. Į literatūros apžvalgą įtraukta daugiau nei 30 mokslinių publikacijų, kuriose aprašomi proksimaliniai žastikaulio lūžiai su indikacijomis bei metodikomis chirurginiam gydymui

Rezultatai: atlikus literatūros analizę pateiktos išsamios indikacijos chirurginiam gydymui ir skirtingos operacinės technikos gydant proksimalinius žastikaulio lūžius.

Raktiniai žodžiai: proksimaliniai žastikaulio lūžiai, operacinis gydymas, konservatyvus gydymas, intramedulinė vinis.

Pristatymas

Proksimaliniai žastikaulio lūžiai (PŽL) vakarų pasaulyje užima 6% visų lūžių, iš kurių 85% nutinka vyresniems nei 50 metų asmenims. Šio tipo lūžiai yra dvigubai dažnesni moterims nei vyrams [1]. Toks pasiskirstymas tarp vyrų ir moterų sietinas su osteoporozė. PŽL dažnėja vyresniems asmenims, virš 65 metų amžiaus užima 10% visų lūžių [2,3]. Ir tai yra trečia pagal dažnį osteoporozinių lūžių lokalizacija [4]. Apie pusę lūžių yra dislokuoti ir 77% jų yra per chirurginį žastikaulio kaklą. Lūžio gydymo sprendimas priklauso nuo lūžio tipo ir paciento amžiaus, funkcinių poreikių bei sąmoningumo lygio. Dažniausiai naudojami gydymo būdai: konservatyvus – imobilizacija įtvaru, chirurginis – lūžgalių fiksacija arba artroplastika. Esant nedislokuotiems lūžiams optimaliausias gydymas yra konservatyvus ir ortopedai traumatologai šiuo klausimu vieningai sutaria. Tuo tarpu dislokuotų lūžių gydymas yra kontraversiškas ir gali būti naudojami tiek konservatyvūs ar operaciniai būdai.

Indikacijos chirurginiam gydymui

Pasirinkimas gydyti lūžį konservatyviai ar chirurgiškai yra itin sunkus. Tai priklauso nuo paciento amžiaus, kaulų tankio, funkcinio ir socialinio aktyvumo, o svarbiausia – nuo lūžio tipo. 2012 metais atlikus sisteminę meta analizę apimančią 23 randomizuotus tyrimus [5], prieita prie išvados, jog nėra pakankamai patikimų įrodymų formuojant rekomendacijas, o tai apsunkina gydymo taktikos pasirinkimą. Paprastai dažniausiai esant minimaliai dislokuotiems 1, 2 ar 3 dalių lūžiams pagal Neers klasifikaciją ar pacientams, kuriems kontraindikuotinas operacinis gydymas ar jų socialiniai ir funkciniai poreikiai yra nedideli, taikomas konservatyvus gydymas imobilizuojant

ranką įtvaru ir pradėdant ankstyvą reabilitaciją 10-14 dieną nuo traumos [6]. Tokių minimaliai dislokuotų didžiojo gumburėlio ir/ar chirurginio kaklo lūžių, kuriems yra taikomas konservatyvus gydymas, yra apie 50% iš visų PŽL [7]. Konservatyvaus gydymo efektyvumas siekia apie 80-85% imant visus PŽL atvejus.

Absoliučios indikacijos operaciniam gydymui esant PŽL yra retos, jos gali būti esant daugybiniam fragmentų lūžiui su dislokacija, lūžiui einant per žastikaulio galvos sąnarinį paviršių, patologiniams, atviriams lūžiams ar esant neurovaskulinės sistemos pažeidimams. Esant dviejų fragmenų lūžiui, randomizuotų tyrimų metu nerasta reikšmingo skirtumo tarp konservatyvaus ir chirurginio gydymo metodų rezultatų pacientams virš 60 metų, todėl nesant naudingumo šio šipo lūžiui autoriai siūlo atsisakyti operacinio gydymo [8]. Kitoje studijoje prieita panašios išvados, jog PŽL gydyme su dislokacija nėra reikšmingo skirtumo tarp chirurginio ir konservatyvaus gydymo vertinant paciento gyvenimo kokybę po dviejų metų nuo lūžio [9]. Kiti autoriai neįtraukia multifragmentinio PŽL į absoliučias indikacijas operacijai ir atlikę sisteminę apžvalgą nerado reikšmingo skirtumo tarp konservatyvaus gydymo būdo ir rakinamos plokštelės. Abiejose išskirtose pacientų grupėse nebuvo reikšmingo skirtumo tarp neįgalumo, gyvenimo kokybės ar skausmo įvertinimo [10]. Panašių išvadų prieita ir naujai atliktame randomizuotame tyrime, apėmusiame 1250 pacientų iš kurių buvo atrinkti tik 250, kurie neturėjo absoliučių indikacijų operaciniam gydymui. Šio tyrimo metu prieita išvados, jog esant 2, 3 ar 4 fragmentų PŽL, nėra statistiškai reikšmingo rezultatų skirtumo tarp operacinio ir konservatyvaus gydymo 5 metų laikotarpyje [11]. Esant vyresniems pacientams (>65 metų) pirmumas turėtų būti teikiamas

neoperaciniam gydymo būdai, kuris siejamas su žymiai mažesne rizika komplikacijoms ir revizinėms operacijoms [10,12].

Uždara repozicija ir perkutaninė fiksacija

Perkutaninė fiksacija prieš kitas metodikas pranašiu tuo, kad minimaliai pažeidžiami audiniai, mažesnė avaskulinės nekrozės rizika bei mažiau pooperacinių randėjimo reiškinių. Vienos retrospektyvinės studijos metu, buvo lyginami konservatyvaus ir operacinio gydymo būdų (intramedulinės vinies, plokštelės, perkutaninės vielos) efektyvumai ir paskelbti rezultatai rodo, jog perkutaninė operacija naudojant kiršnerio vielas turėjo reikšmingai palankesnes išėitis negu konservatyvus gydymas, ypatingai vyresnio amžiaus pacientams ar esant dviejų fragmentų lūžiui [13]. Kito tyrimo metu gauta, jog išorinė fiksacija leidžia išsaugoti fragmentų kraujotaką, pasižymi ankstesne mobilizacija ir užtikrina saugų gijimą bei geras išėitis [14]. Uždara repozicija ir perkutaninės vielos yra taikomos, kuomet lūžiai yra dviejų dalių, trijų fragmentų, einantys per chirurginį kaklą arba po lūžio atsiradusiai keturių fragmentų žastikaulio galvos valgus dislokacijai. Šio metodo pirmumas suteikiamas jauniems pacientams, kurių kaulo struktūra nėra pažeista osteoporozės. Kiekviena kiršnerio vielų įvedimo metodika yra specifinė ir priklauso nuo fragmentų kiekio ir poslinkių. Pavyzdžiui esant žastikaulio chirurginio kaklo lūžiui, ties deltinio raumens prisitvirtinimo vieta įvedamos dvi vielos link žastikaulio galvos, po to, dar dvi vielos yra įvedamos nuo didžiojo gumburėlio žastikaulio diafizės link. Viena iš naujesnių perkutaninių metodikų yra naudojant žastikaulio bloką. Jo metu prie žastikaulio lateralinės žievės pritvirtinamas metalinis blokas į kurį vėliau užrakinamos kiršnerio vielos. Naudojant vedlį

dvi kiršnerio vielos, tarpusavyje nukreiptos 25° kampu viena į kitą, vedamos 35° kampu link žastikaulio galvos. Atstačius fragmentus į norimą padėtį vielos užrakinamos bloke. Ši procedūra siejama su geromis klinikinėmis išėitimis, trumpesniu stacionarizavimo laikotarpiu, mažesnėmis išlaidomis ir mažesne avaskulinės nekrozės rizika [15].

Atvira repozicija ir vidinė fiksacija

Rakinamos plokštelės dažniausiai naudojamos esant lūžiui per chirurginį kaklą, tačiau jos turi vieną didelį trūkumą – didelę pakartotinės operacijos tikimybę, kuri gali siekti net 30 proc. Dažniausia to priežastis yra sraigčių išsklibimas [16], kuris siejamas su osteoporozės pažeistu kaulu. Tobulinant vidinės žastikaulio fiksacijos būdus, šią problemą buvo bandoma spręsti su rakinamomis plokštelėmis, kurios sumažina trintį tarp kaulo ir plokštelės, suteikia rotacinį ir kampinį stabilumą bei didesnį atsparumą jėgų apkrovoms [17,18]. Siekiant geresnių rezultatų buvo tobulinamos užrakinimo technologijos, plokštelės pritaikomos tik konkrečiai vietai, buvo taikomos skirtingos proksimalinių sraigčių kombinacijos ir trajektorijos siekiant maksimaliai padidinti žastikaulio galvos fiksaciją. Plokštelės geriausiai tinka jauniems pacientams su tvirta kaulo struktūra ar esant dviejų fragmentų didžiojo gumburėlio lūžiui. Sėkmingas gydymas priklauso nuo kaulo kokybės, repozicijos tikslumo ir žastikaulio galvos kraujotakos [16,19,20]. Dedant plokštelę yra itin svarbu parinkti tinkamą jos ilgį siekiant išvengti išsikišimo ties žastikaulio galva, kuris abdukcijos metu gali remtis į gretimas struktūras ir riboti judesių amplitudę. Esant sudėtingiems lūžiams ar osteoporozės pažeistiems kaulams, gumburėliai gali būti fiksuojami siūlais, kauliniu cementu ar

panaudojus donorinį kaulinį audinį siekiant sumažinti komplikacijų skaičių [21]. Nepaisant visų pasiekimų tobulinant plokšteles, vis dar išlieka didelis komplikacijų dažnis. Po operacijos gali būti stebima sumažėjusi peties sąnario amplitudė, žastikaulio galvos avaskulinė nekrozė, plokštelės išklibimas, sąnarių paviršių pažeidimas sraigtais ar žastikaulio galvos fiksacija varus padėtyje [22]. Pagrindinės komplikacijų priežastys yra osteoporoziniai kaulai, implanto rigidiškumas, nepakankama implanto vidinė atrama ir didelės stresinės jėgos kaulo implanto sandūroje [23–25].

Intramedulinė vinis

Intramedulinės vinys (IMV) kai kurių autorių siūlomos kaip alternatyvos plokštelei ir sraigtais [26,27]. IMV taipogi dažniausiai naudojamos žastikaulio chirurginio kaklo lūžiams, esant jauniems pacientams su trijų ar keturių fragmentų žastikaulio lūžiais ar apimantčiais žastikaulio metafizę ir diafizę [28]. IMV įvedamos šiek tiek medialiau didžiojo gumburėlio ir rotatorių manžetės sausgyslių tvirtinimosi vietų. Ši technika laikoma mažiau invazyvia aplinkiniams audiniams, tačiau susirūpinimą kelia galimas rotatorių manžetės pažeidimas. Todėl reikalingas labai didelis atidumas atidalijant audinius bei parenkant IMV įvedimo vietą, svarbu kuo labiau sumažinti IMV išsikišimą iš kaulo siekiant sumažinti pooperacinio peties skausmo tikimybę [26,27]. Šiuo metu tiesios IMV yra dažniau naudojamos nei lenktos, kadangi pastarosios linkusios labiau pažeisti rotatorių manžetę ir turi didesnę revizinės operacijos dažnį nei tiesios IMV [29–31].

Hemiartroplastika

Peties sąnario hemiartroplastika yra dar vienas chirurginis būdas PŽL gydyme, pasitelkiamas kai

negalima vidinė fiksacija IMV ar plokštele ar įtariama žastikaulio galvos destrukcija. Dažniausiai šis būdas naudojamas esant sudėtingam lūžiui senyvo amžiaus pacientams [32,33]. Jauniems pacientams hemiartroplastika taikoma tik tokiais atvejais, kai negalima fragmentų rekonstrukcija. Taip pat šis būdas indikuotinas kai yra įtarimų dėl žastikaulio galvos išemijos ar silpno kaulinio audinio, pažeisto osteoporozės. Protezas gali būti sustiprintas autotransplantu panaudojant nuosavą kaulą. Po autotransplantato pritaikymo, didysis ir mažasis gumburėliai pirmiausia yra prisiuvami prie implanto ir po to prie žastikaulio žievės. Operacijos technika yra sudėtinga ir reikalaujanti tinkamos gumburėlių repozicijos ir rotatorių manžetės išsaugojimo. Vis dėl to, rotatorių manžetės sausgyslės ir didysis bei mažasis gumburėliai yra dažnai pažeidžiami procedūros metu, todėl sunkiau gyja ir suauga nei atliekant atvirkštinę peties sąnario artroplastiką. Šios operacijos komplikacijos gali būti pooperacinis peties skausmas, rotatorių manžetės ar gumburėlių funkcijos sutrikimas, raumenų silpnumas, komponentų išklibimas, nestabilumas, glenoidinio paviršiaus erozijos. Visos šios komplikacijos gali būti indikacijos revizinei operacijai [34].

Atvirkštinė peties sąnario artroplastika

Vis didesnį dėmesį susilaukia atvirkštinė peties sąnario artroplastika, pasižyminti geresnėmis išeitėmis, didesne sąnario judesio amplitude ir paciento pasitenkinimu, lyginant su kitomis chirurginėmis operacijomis. Todėl vis dažniau ši operacija atliekama esant 3, 4 fragmentų PŽL ar esant skilusiai žastikaulio galvai vyresniems pacientams [35]. Atvirkštinė peties sąnario artroplastika nereikalauja sveikos rotatorių manžetės ir jos

pažeidimą galima kompensuoti medializuojant rotacijos centrą ir atitolinant deltinio raumens tvirtinimo vietą. Šis privalumas naudingas esant PŽL ir rotatorių manžetės pažeidimams, būdingiems vyresniems pacientams. Neseniai atliktoje sisteminėje apžvalgoje, apėmusioje 22 studijas, prieita išvadų, kad lyginant su hemiartroplastika, atvirkštinė peties sąnario artroplastika pasižymi geresnėmis išėtimis, didesne fleksijos ir abdukcijos amplitude, net kai gumburėliai nepritvirtinti ar pilnai nepriėję. Esant mažai rotacijos amplitudei revizijos metu gali būti pritvirtinami gumburėliai. Nors komplikacijų dažnis atvirkštinės peties sąnario artroplastikos metu didesnis nei hemiartroplastikos, tačiau pakartotinės operacijos rizika yra panaši, o revizinių operacijų dažnis mažesnis [36]. Atvirkštinė sąnario artroplastika gali būti taikoma ne tik kaip pirminė operacija, bet kaip ir antrinė, po nesėkmingos hemiartroplastikos ar atviros repozicijos [36]. Tuo tarpu kitu randomizuotu aklu tyrimu nustatyta, jog revizinė operacija iš hemiartroplastikos į atvirkštinę peties sąnario artroplastiką nepagerina išėčių [37]. Atvirkštinės peties sąnario artroplastikos rezultatai yra labai daug žadantys, bet vis dar reikia nuodugnesnių ir didesnių apimčių tyrimų, kad būtų galima teikti rekomendacijas.

Apibendrinimas

Proksimaliniai žastikaulio lūžiai būdingiausi vyresniajai populiacijai ir yra sietini su osteoporoze. Ilgėjant gyvenimo trukmei ateityje tokių lūžių sulauksime vis daugiau ir tai taps vis aktualesne problema ortopedijoje traumatologijoje. Gydomo būdai labai priklauso nuo paciento ir lūžio tipo. Dauguma minimaliai dislokuotų lūžių gali būti gydomi konservatyviai su ankstyva reabilitacija.

Gydant lūžį su poslinkiu reikėtų įvertinti paciento savarankiškumo lygį, kaulo tvirtumą, chirurginius rizikos veiksnius. Chirurginiai gydymo metodai apima lūžgalių fiksaciją perkutaniškai, intramedulines vinis, rakinamas plokšteles ar artroplastiką. Vieni ar kiti būdai turi savas indikacijas ir kontraindikacijas, tačiau mokslinėje bendruomenėje dar nepakanka sistemingų duomenų rekomendacijoms formuoti. Taipogi, atsiranda vis daugiau duomenų už konservatyvaus gydymo pranašumą lyginant su chirurginiu esant net sudėtingiems lūžiams, todėl esant abejotinai situacijai, rekomenduojama rinktis konservatyvų metodą.

Literatūros sąrašas

1. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury*. Elsevier; 2006. p. 691–7.
2. Baron JA, Karagas M, Barrett J, Kniffin W, Malenka D, Mayor M, et al. Basic epidemiology of fractures of the upper and lower limb among americans over 65 years of age. *Epidemiology* [Internet]. Lippincott Williams and Wilkins; 1996 [cited 2020 Nov 10];7:612–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8899387/>
3. Sabharwal S, Patel NK, Griffiths D, Athanasiou T, Gupte CM, Reilly P. Trials based on specific fracture configuration and surgical procedures likely to be more relevant for decision making in the management of fractures of the proximal humerus: Findings of a meta-analysis. *Bone Jt Res* [Internet]. British Editorial Society of Bone and Joint Surgery; 2016 [cited 2020 Nov 10];5:470–80. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27756738/>
4. Calvo E, Morcillo D, Foruria AM, Redondo-Santamaría E, Osorio-Picorne F, Caeiro JR. Nondisplaced proximal humeral fractures: High incidence among outpatient-treated osteoporotic

fractures and severe impact on upper extremity function and patient subjective health perception. *J Shoulder Elb Surg*. Mosby; 2011;20:795–801.

5. Handoll HH, Brorson S. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults [Internet]. *Cochrane Database Syst. Rev*. John Wiley and Sons Ltd; 2015 [cited 2020 Nov 10]. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD000434.pub4>

6. Schumaier A, Grawe B. Proximal Humerus Fractures: Evaluation and Management in the Elderly Patient. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* [Internet]. SAGE Publications; 2018 [cited 2020 Nov 11];9:215145851775051. Available from: </pmc/articles/PMC5788098/?report=abstract>

7. Bergdahl C, Ekholm C, Wennergren D, Nilsson F, Möller M. Epidemiology and patho-anatomical pattern of 2,011 humeral fractures: Data from the Swedish Fracture Register. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. BioMed Central; 2016 [cited 2020 Nov 11];17. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27072511/>

8. Launonen AP, Sumrein BO, Reito A, Lepola V, Paloneva J, Jonsson KB, et al. Operative versus non-operative treatment for 2-part proximal humerus fracture: A multicenter randomized controlled trial. *PLoS Med* [Internet]. Public Library of Science; 2019 [cited 2020 Nov 11];16. Available from: </pmc/articles/PMC6638737/?report=abstract>

9. Song JQ, Deng XF, Wang YM, Wang XB, Li X, Yu B. Operative vs. nonoperative treatment for comminuted proximal humeral fractures in elderly patients: A current meta-analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc* [Internet]. Ekin Medical Publishing; 2015 [cited 2020 Nov 11];49:345–53. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26312459/>

10. Launonen AP, Lepola V, Flinkkilä T, Laitinen M, Paavola M, Malmivaara A. Treatment of proximal humerus fractures in the elderly. *Acta Orthop* [Internet]. Informa Healthcare; 2015 [cited 2020 Nov 12];86:280–5. Available from: </pmc/articles/PMC4443467/?report=abstract>

11. Handoll HH, Keding A, Corbacho B, Brealey SD, Hewitt C, Rangan A. Five-year follow-up results of the PROFHER trial comparing operative and non-operative treatment of adults with a displaced fracture of the proximal humerus. *Bone Jt J* [Internet]. British Editorial Society of Bone and Joint Surgery; 2017 [cited 2021 Feb 15];99B:383–92. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28249980/>

12. Beks RB, Ochen Y, Frima H, Smeeing DPJ, van der Meijden O, Timmers TK, et al. Operative versus nonoperative treatment of proximal humeral fractures: a systematic review, meta-analysis, and comparison of observational studies and randomized controlled trials [Internet]. *J. Shoulder Elb. Surg*. Mosby Inc.; 2018 [cited 2020 Nov 11]. p. 1526–34. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29735376/>

13. Tamimi I, Montesa G, Collado F, González D, Carnero P, Rojas F, et al. Displaced proximal humeral fractures: When is surgery necessary? *Injury* [Internet]. Elsevier Ltd; 2015 [cited 2021 Feb 15];46:1921–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26120018/>

14. Monga P, Verma R, Sharma VK. Closed reduction and external fixation for displaced proximal humeral fractures. *J Orthop Surg (Hong Kong)* [Internet]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*; 2009 [cited 2021 Feb 15];17:142–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19721139/>

15. Vundelinckx BJ, Dierickx CA, Bruckers L, Dierickx CH. Functional and radiographic medium-term outcome evaluation of the Humerus Block, a

- minimally invasive operative technique for proximal humeral fractures. *J Shoulder Elb Surg* [Internet]. *J Shoulder Elbow Surg*; 2012 [cited 2021 Feb 15];21:1197–206. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22036547/>
16. Olerud P, Ahrengart L, Ponzer S, Saving J, Tidermark J. Internal fixation versus nonoperative treatment of displaced 3-part proximal humeral fractures in elderly patients: A randomized controlled trial. *J Shoulder Elb Surg*. Mosby; 2011;20:747–55.
17. Hettrich CM, Boraiah S, Dyke JP, Neviasser A, Helfet DL, Lorich DG. Quantitative assessment of the vascularity of the proximal part of the humerus. *J Bone Jt Surg - Ser A* [Internet]. *Journal of Bone and Joint Surgery Inc.*; 2010 [cited 2021 Feb 15];92:943–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20360519/>
18. Voigt C, Geisler A, Hepp P, Schulz AP, Lill H. Are polyaxially locked screws advantageous in the plate osteosynthesis of proximal humeral fractures in the elderly? A prospective randomized clinical observational study [Internet]. *J. Orthop. Trauma*. *J Orthop Trauma*; 2011 [cited 2021 Feb 15]. p. 596–602. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21670709/>
19. Solberg BD, Moon CN, Franco DP, Paiement GD. Surgical treatment of three and four-part proximal humeral fractures. *J Bone Jt Surg - Ser A* [Internet]. *Journal of Bone and Joint Surgery Inc.*; 2009 [cited 2021 Feb 15];91:1689–97. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19571092/>
20. Fjalestad T, Hole M, Hovden IAH, Blücher J, Strømsøe K. Surgical treatment with an angular stable plate for complex displaced proximal humeral fractures in elderly patients: A randomized controlled trial. *J Orthop Trauma* [Internet]. *J Orthop Trauma*; 2012 [cited 2021 Feb 15];26:98–106. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21804410/>
21. Jung SW, Shim SB, Kim HM, Lee JH, Lim HS. Factors that influence reduction loss in proximal humerus fracture surgery. *J Orthop Trauma* [Internet]. Lippincott Williams and Wilkins; 2015 [cited 2021 Feb 15];29:276–82. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25470562/>
22. Owsley KC, Gorczyca JT. Displacement/screw cutout after open reduction and locked plate fixation of humeral fractures. *J Bone Jt Surg - Ser A* [Internet]. *Journal of Bone and Joint Surgery Inc.*; 2008 [cited 2021 Feb 16];90:233–40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18245580/>
23. Thanasas C, Kontakis G, Angoules A, Limb D, Giannoudis P. Treatment of proximal humerus fractures with locking plates: A systematic review [Internet]. *J. Shoulder Elb. Surg.* *J Shoulder Elbow Surg*; 2009 [cited 2021 Feb 15]. p. 837–44. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19748802/>
24. Brunner F, Sommer C, Bahrs C, Heuwinkel R, Hafner C, Rillmann P, et al. Open reduction and internal fixation of proximal humerus fractures using a proximal humeral locked plate: A prospective multicenter analysis. *J Orthop Trauma* [Internet]. *J Orthop Trauma*; 2009 [cited 2021 Feb 15];23:163–72. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19516088/>
25. Ricchetti ET, Warrender WJ, Abboud JA. Use of locking plates in the treatment of proximal humerus fractures [Internet]. *J. Shoulder Elb. Surg.* *J Shoulder Elbow Surg*; 2010 [cited 2021 Feb 15]. p. 66–75. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20188270/>
26. Gradl G, Dietze A, Käab M, Hopfenmüller W, Mittlmeier T. Is locking nailing of humeral head fractures superior to locking plate fixation? *Clin*

- Orthop Relat Res [Internet]. Springer New York LLC; 2009 [cited 2021 Feb 15];467:2986–93. Available from: [/pmc/articles/PMC2758984/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19384609/)
27. Koike Y, Komatsuda T, Sato K. Internal fixation of proximal humeral fractures with a Polarus humeral nail. *J Orthop Traumatol* [Internet]. *J Orthop Traumatol*; 2008 [cited 2021 Feb 15];9:135–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19384609/>
28. Hatzidakis AM, Shevlin MJ, Fenton DL, Curran-Everett D, Nowinski RJ, Fehringer E V. Angular-stable locked intramedullary nailing of two-part surgical neck fractures of the proximal part of the humerus: A multicenter retrospective observational study. *J Bone Jt Surg - Ser A* [Internet]. *Journal of Bone and Joint Surgery Inc.*; 2011 [cited 2021 Feb 15];93:2172–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22159852/>
29. Lopiz Y, Garcia-Coiradas J, Garcia-Fernandez C, Marco F. Proximal humerus nailing: A randomized clinical trial between curvilinear and straight nails. *J Shoulder Elb Surg* [Internet]. *J Shoulder Elbow Surg*; 2014 [cited 2021 Feb 15];23:369–76. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24291047/>
30. Popescu D, Fernandez-Valencia JA, Rios M, Cuñé J, Domingo A, Prat S. Internal fixation of proximal humerus fractures using the T2-proximal humeral nail. *Arch Orthop Trauma Surg* [Internet]. *Arch Orthop Trauma Surg*; 2009 [cited 2021 Feb 15];129:1239–44. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19066921/>
31. Dilisio MF, Nowinski RJ, Hatzidakis AM, Fehringer E V. Intramedullary nailing of the proximal humerus: Evolution, technique, and results [Internet]. *J. Shoulder Elb. Surg.* Mosby Inc.; 2016 [cited 2021 Feb 15]. p. e130–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26895601/>
32. Ross M, Hope B, Stokes A, Peters SE, McLeod I, Duke PFR. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three-part and four-part proximal humeral fractures in the elderly. *J Shoulder Elb Surg* [Internet]. Mosby Inc.; 2015 [cited 2021 Feb 16];24:215–22. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25168347/>
33. Chalmers PN, Slikker W, Mall NA, Gupta AK, Rahman Z, Enriquez D, et al. Reverse total shoulder arthroplasty for acute proximal humeral fracture: Comparison to open reduction-internal fixation and hemiarthroplasty. *J Shoulder Elb Surg* [Internet]. *J Shoulder Elbow Surg*; 2014 [cited 2021 Feb 16];23:197–204. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24076000/>
34. Hackett DJ, Hsu JE, Matsen FA. Primary Shoulder Hemiarthroplasty: What Can Be Learned from 359 Cases That Were Surgically Revised? *Clin Orthop Relat Res* [Internet]. Lippincott Williams and Wilkins; 2018 [cited 2021 Feb 16];476:1031–40. Available from: [/pmc/articles/PMC5916625/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/305916625/)
35. Kelly BJ, Myeroff CM. Reverse Shoulder Arthroplasty for Proximal Humerus Fracture [Internet]. *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.* Springer; 2020 [cited 2020 Nov 12]. p. 186–99. Available from: [/pmc/articles/PMC7174456/?report=abstract](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34291047/)
36. Gallinet D, Ohl X, Decroocq L, Dib C, Valenti P, Boileau P. Is reverse total shoulder arthroplasty more effective than hemiarthroplasty for treating displaced proximal humerus fractures in older adults? A systematic review and meta-analysis [Internet]. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* Elsevier Masson SAS; 2018 [cited 2021 Feb 16]. p. 759–66. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29969722/>
37. Sebastián-Forcada E, Cebrián-Gómez R, Lizaur-Utrilla A, Gil-Guillén V. Reverse shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for acute

proximal humeral fractures. A blinded, randomized, controlled, prospective study. *J Shoulder Elb Surg* [Internet]. Mosby Inc.; 2014 [cited 2021 Feb 16];23:1419–26. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25086490/>