



# Pomen magnetnoresonančne artrografije pri diagnosticiranju nestabilnosti ramenskega sklepa

The importance of magnetic resonance arthrography in the diagnosis of shoulder joint instability

Karmen Žiberna, Vladka Salapura

## Izveček

Ramenski sklep je zaradi svoje zgradbe najbolj gibljivi sklep v človeškem telesu, hkrati pa tudi najbolj nestabilen. Ob popolnih ali nepopolnih izpahih rame pride do poškodbe stabilizatorjev sklepa. To pomeni, da je sklep še dodatno nestabilen, kar vodi v začarani krog. Nestabilnost ramenskega sklepa je pogosto tudi problem mladih, predvsem športnikov, zato je pred zdravljenjem nestabilnosti rame izjemno pomembno natančno diagnosticirati poškodbe drobnih struktur v sklepu. Standardno uveljavljena diagnostična metoda pri nestabilnosti rame je magnetnoresonančna artrografija (MR-artrografija) pod nadzorom fluoroskopije. V zadnjih letih je ob hitrem razvoju ultrazvočne tehnologije prišlo do velikega napredka v kakovosti visokofrekvenčnih linearnih sond, ki nam omogočajo natančen prikaz drobnih mehko tkivnih struktur. Slednje je, zlasti na področju mišično-skeletnega organskega sistema, omogočilo razvoj minimalno invazivnih posegov, pri katerih je natančnost in preglednost še posebno potrebna, mednje pa sodijo tudi artrografije.

## Abstract

The shoulder joint is the most mobile joint in the human body due to its structure, but for the same reason, it is also the most unstable joint. With complete or incomplete shoulder dislocations, the joint stabilizers are damaged. That makes the joint even more unstable, which leads to a vicious circle. Shoulder joint instability is often a problem for young people, especially athletes, so an accurate diagnosis of the trauma of small intra-articular structures is crucial for treating shoulder instability. The most established diagnostic method for shoulder instability is MR arthrography under the supervision of fluoroscopy. In recent years, with the rapid development of ultrasound technology, significant progress has been made, especially in the quality of high-frequency linear probes, which allows us to display small soft tissue structures accurately. The latter enabled the development of minimally invasive procedures, especially in the musculoskeletal organ system, in which precision and transparency are indispensable, and which include arthrography.

Klinični inštitut za radiologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ljubljana, Slovenija

**Korespondenca / Correspondence:** Karmen Žiberna, e: [karmenzibera@gmail.com](mailto:karmenzibera@gmail.com)

**Ključne besede:** glenohumeralni sklep; ramenska nestabilnost; magnetnoresonančna artrografija; kontrastno sredstvo

**Key words:** glenohumeral joint; shoulder instability; magnetic resonance arthrography; contrast agent

**Prispelo / Received:** 21. 2. 2021 | **Sprejeto / Accepted:** 21. 7. 2021

**Citirajte kot/Cite as:** Žiberna K, Salapura V. Pomen magnetnoresonančne artrografije pri diagnosticiranju nestabilnosti ramenskega sklepa. Zdrav Vestn. 2022;91(9–10):393–7. DOI: <https://doi.org/10.6016/ZdravVestn.3233>



Avtorske pravice (c) 2022 Zdravniški Vestnik. To delo je licencirano pod Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno 4.0 mednarodno licenco.

## 1 Uvod

Ramenski sklep je funkcionalno in strukturno kompleksen sklep, ki igra pomembno biomehanično vlogo pri številnih dnevnih dejavnostih, saj povezuje zgornji ud s trupom. Zaradi neskladnosti sklepnih površin in ohlapne sklepne kapsule je najgibljivejši in hkrati najmanj stabilen sklep v našem telesu. Nestabilnost ramenskega sklepa je pogosta klinična težava, ki se kaže predvsem z bolečinami in omejenim obsegom gibanja ter s ponavljajočimi se izpahi v prizadetem sklepu (1).

Do nestabilnosti rame lahko pride po poškodbi. Običajno gre za enosmerno nestabilnost, tj. anteriorno ali posteriorno. Poleg enosmerne nestabilnosti poznamo tudi večsmerne, ki so lahko posledica prirojenih strukturnih nepravilnosti ramenskega sklepa, ponavljajočih se mikrotravm ali boleznih vezivnega tkiva (konstitucijska nestabilnost), npr. pri Ehlers-Dahnlosovem sindromu in ohlapnem vezivnem tkivu. V 95 % se rama izpahne v anteriorno-inferiorni smeri. To je tipično ob padcu na iztegnjeno roko ali kot posledica neposrednega udarca s posteriorne strani v ramo (11). V 3 % se rama izpahne v posteriorni smeri, najpogosteje pri mladih športnikih, predvsem plavalcih, odbojkarjih, tenisačih, metalcih diska, krogle v atletiki in tekmovalcih v borilnih športih (3,12). Poškodovani stabilizatorji ne nudijo več optimalne opore, zato so pri teh športnikih tudi v nadaljevanju kariere bolj verjetne ponovne poškodbe struktur ramenskega sklepa in izpahi. Posteriorni izpah lahko nastane tudi zaradi močnih krčev mišic ob epileptičnem napadu ali električnem šoku (1). Sicer so izpahi lahko še v zgornji in spodnji smeri ali pa so večsmerni (12).

Diagnoza nestabilnosti rame je zahtevna in hkrati izjemno pomembna, saj gre za poškodbe drobnih znotrajsklepnih struktur, ki pomembno prispevajo k stabilnosti sklepa. Zaradi majhnosti in dejstva, da se nahajajo znotraj samega sklepa, si jih težko prikažemo. Glavna diagnostična metoda za prikaz nestabilnega ramenskega sklepa je magnetnoresonančna artrografija (13).

## 2 Magnetnoresonančna artrografija

MR-artrografija je minimalno invazivna preiskava, s katero z visoko diagnostično zanesljivostjo ocenimo drobne poškodbe v sklepu, ki so najbolj pogosto poškodovane pri delnih ali popolnih izpaih rame (5). Neposredni vnos kontrastnega sredstva namreč razpne sklepno ovojnico in razmakne znotrajsklepne strukture, ki

sicer ležijo v tesnem stiku med seboj in jih zato pri slikanju brez kontrastnega sredstva težko ločimo (2).

Razlikujemo dve vrsti artrografije, in sicer direktno in indirektno. Pri MR-artrografiji z vnosom kontrastnega sredstva neposredno v sklep raztegnemo sklepno ovojnico in tako prikažemo drobne znotrajsklepne strukture. Zato je direktna artrografija preiskava, ki je primarno namenjena oceni drobnih znotrajsklepnih struktur. V šifrantu vrst zdravstvenih storitev je MR-artrografija sklepa šifrirana kot MRI skeleta artrografija vsak sklep: VZS Šifra: 1775.

Pri MRI s kontrastnim sredstvom tega vbrizgamo preko periferne vene, saj je preiskava namenjena predvsem oceni strukturnih sprememb kosti in ob sklepnih mehkih tkiv. Tako oceno potrebujemo predvsem pri kliničnih sumih na tumorske tvorbe v kostnini ali v okolnih mehkih tkivih oziroma pri opredelitvi vnetnih procesov in njihovih zapletov (nastanek ognjokov, odmrlji deli kostnine in podobno).

Artrografija je pri diagnosticiranju sklepne patologije sicer znana že vrsto let. Leta 1933 jo je predstavil Oberholzer, ki je kot negativno kontrastno sredstvo uporabljal zrak (4,6). Velik pomen v diagnostični obdelavi bolnikov z nestabilnostjo ramenskega sklepa je artrografija dobila z uvedbo vodotopnih jodovih kontrastnih sredstev. Leta 1975 je Schneider s kolegi predstavil tehniko z anteriornim pristopom pod nadzorom fluoroskopije, ki se uporablja še danes (4,7). Z razvojem ultrazvočne (UZ) tehnologije in z vedno boljšim zavedanjem posledic ionizirajočega sevanja se je v zadnjih letih v klinični praksi pričela uveljavljati artrografija pod nadzorom ultrazvoka. Glavne tehnične in klinične prednosti ultrazvočno vodene MR-artrografije so možnost pregleda sklepa in ob sklepnih mehkih tkiv pred vnosom kontrastnega sredstva, možnost sledenja punkcijski poti v stvarnem času, hkrati pa ne potrebujemo jodnega kontrastnega sredstva in bolnika ne izpostavljammo ionizirajočemu sevanju (18). Glavna prednost posteriornega pristopa pred anteriornim je, da se izognemo anteriornim ob sklepnim strukturam. Te so pri nestabilnosti ramenskega sklepa največkrat poškodovane, saj anteriorna nestabilnost predstavlja kar 95 % vseh primerov nestabilnosti ramenskega sklepa. Hkrati ob posteriornem pristopu tudi ob ekstravazaciji kontrasta v sklepu ne pride do zakrivanja anteriornih struktur sklepa. Tako se diagnostična vrednost posnetkov ohranja.

## 2.1 Možnosti pristopov pri izvajanju magnetnoresonančne artrografije

Pri standardnem anteriorno-inferiornem (Schneiderjevem) pristopu v sklep vstopimo na meji med spodnjo in srednjo tretjino glenohumeralnega sklepa. Bolnik leži na hrbtu z ramo v nevtralnem položaju ali v zunanji rotaciji. Pri slednji je tetiva dolge bicepsove glave odmaknjena lateralno, da pridobimo več prostora za uvajanje igle. Pri nadzoru s fluoroskopijo položaj igle potrdimo z vbrižganjem 1–2 ml jodnega kontrastnega sredstva. Ko je igla nameščena v pravilnem položaju, vbrižgamo še 10–12 ml razredčenega paramagnetnega kontrastnega sredstva (13). Standardna anteriorno-inferiorna tehnika je najbolj uveljavljena tehnika artrografije, vendar obstaja velika verjetnost za poškodbe anteriorno-inferiorne ležečih struktur oz. stabilizatorjev, kot so m. subscapularis, labrum in IGHL, ki so pri ramenski nestabilnosti hkrati tudi najpogosteje poškodovane. Zato je nevarnost napačnega interpretiranja toliko večja (10).

Kontrast lahko v sklep vnesemo tudi s prilagojeno obliko standardne anteriorne tehnike, ki cilja zgornjo polovico sklepa v prostor rotacijskega intervala (7). Gre za trikoten prostor na superiorno-medialnem delu glavice nadlahtnice, ki ga omejujeta tetivi m. supraspinatus in m. subscapularis, v njem pa potekata korakohumeralna vez in SGHL. Skozi prostor poteka tudi tetiva dolge bicepsove glave (8). Rotacijski interval leži bližje površini, zato je pot igle krajša. Hkrati z zunanjo rotacijo preiskovane rame odmaknemo tetivo bicepsa, s čimer se izognemo poškodbam.

Vse pogosteje se uporablja tudi posteriorni pristop, pri katerem bolnik leži na boku, in sicer na neprizadeti strani. Preiskovana roka je odmaknjena za 90° in obrnjena navznoter, da sprostimo mišice ramenskega sklepa. Iglo uvajamo navpično v inferiorno-medialnem kvadrantu glavice nadlahtnice, dokler ne zademo ob hrustanec na glavici nadlahtnice (14). Posteriorni pristop uporabljamo pri anteriorni nestabilnosti rame, saj se s tem izognemo poškodbam labruma in inferiornega glenohumeralnega ligamenta, manj je tudi ekstravazacije kontrastnega sredstva. Hkrati je postopek tudi manj stresen za bolnike, saj igle ne vidijo (9).

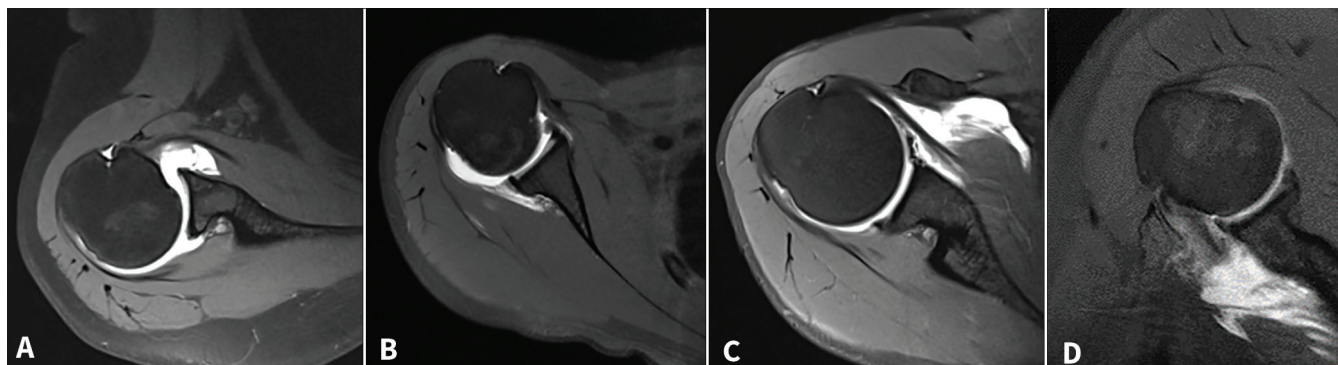
Ultrazvočno nadzorovana artrografija, ki se je uveljavila v zadnjih letih, ima številne prednosti. Že pred izvedbo artrografije lahko pregledamo sklep in ocenimo prisotnost tekočinskih kolekcij. Med samo izvedbo lahko v stvarnem času sledimo punkcijski poti. Zato je uvajanje igle lažje in bolj varno v primerjavi z nadzorom s fluoroskopijo. Prednost je tudi, da ne potrebujemo jodnega kontrastnega sredstva in tako bolnika ne izpostavljammo sevanju (10).

Uspešnost vnosa kontrastnega sredstva je pri vseh pristopih s slikovnim nadzorom (nadzor s fluoroskopijo z anteriornim in posteriornim pristopom ter nadzor z UZ z anteriornim in posteriornim pristopom) skoraj 100-odstotna. Zato naj izbrana tehnika temelji predvsem na pričakovani bolezenski spremembi in bolnikovem sodelovanju (10).

Več avtorjev je primerjalo izvajanje artrografije pod nadzorom fluoroskopije in UZ. V raziskavi Ruttena in sodelavcev so ocenjevali variabilnost uspešnosti vnosa kontrastnega sredstva v sklep, število poskusov vnosa kontrasta, količino ekstravazacije in njen vpliv na interpretiranje posnetkov, čas preiskave in oceno bolečine. V raziskavo so vključili 100 bolnikov z nestabilnostjo ramenskega sklepa. Vnos kontrastnega sredstva pod nadzorom UZ je bil v prvem poskusu uspešen pri 94 % preiskovancev, medtem ko je bil prvi poskus pri nadzoru s fluoroskopijo uspešen le pri 72 %. Primerjali so tudi uspešnost vnosa KS v sklep z anteriorne in iz posteriorne strani. V prvem poskusu je bilo pod nadzorom fluoroskopije uspešnih 76 % anteriornih in 68 % posteriornih artrografij. Pod nadzorom UZ je bila uspešnost vnosa KS v sklep večja in sicer je pri anteriornem pristopu znašala 96 %, pri posteriornem pristopu pa 92 %. Prišli so do zaključkov, da je vnos kontrastnega sredstva v prvem poskusu pod nadzorom UZ uspešnejši kot pod nadzorom fluoroskopije, pa tudi hitrejši, manj boleč in bolnikov ne izpostavlja ionizirajočemu sevanju (15).

Avtor Ji je v svoji študiji primerjal uspešnost anteriornega in posteriornega pristopa artrografije pod nadzorom UZ. V študijo je vključil 28 bolnikov, ki jih je naključno razdelil v skupino za anteriorni (13) in posteriorni (13) pristop v ramenski sklep, 2 bolnika sta zaradi izrazite ekstravazacije KS pri anteriornem pristopu opravila tudi artrografijo s posteriornim pristopom. V obeh skupinah je bila uspešnost preiskave 100 %. Pri 2 bolnikih (15 %) iz skupine z anteriornim pristopom je prišlo do blage in pri 2 bolnikih do izrazite ekstravazacije. Pri posteriornem pristopu do ekstravazacije ni prišlo, torej je do ekstravazacije prišlo skupaj pri 14 % preiskovancev. Rezultati študije so potrdili, da je tudi z UZ vodena MR-artrografija s posteriornim pristopom varna, učinkovita in sorazmerno neboleča za bolnika (17).

Do podobnih zaključkov je prišel tudi Ng s sodelavci, ki je v študiji, v katero je vključil 40 bolnikov, primerjal fluoroskopsko in z UZ vodeno MR-artrografijo z anteriornim pristopom. V vsaki skupini je bilo 20 bolnikov. Rezultati študije so pokazali, da je z UZ vodena MRI artrografija primerljiva fluoroskopsko vodeni, a s prednostjo, da bolnik in radiolog nista izpostavljeni ionizirajočemu sevanju (19).



**Slika 1:** Ektravazacija se je ocenjevala s štiristopenjsko lestvico: 0 – brez ektravazacije (A), blaga – po prehodni poti (B), zmerna – infiltriranje sosednje mišične fascije in mišic (C) in izrazita – zmanjšana diagnostična vrednost testa (D). Povzeto po Salapura V, et al., 2017 (16).

## 2.2 Izkušnje na Kliničnem inštitutu za radiologijo Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana

Ob uvedbi nove metode v Univerzitetnem kliničnem centru Ljubljana (UKC Ljubljana) smo uspešnost UZ nadzora arthrografije ocenjevali na Kliničnem inštitutu za radiologijo. Med aprilom 2015 in aprilom 2016 smo v študijo z UZ vodene MR-arthrografije s posteriornim pristopom vključili 67 bolnikov z nestabilnostjo ramenskega sklepa ali poškodbo rotacijske manšete. Namen študije je bil oceniti uspešnost in trajanje vnosa kontrastnega sredstva v sklep, količino ektravazacije kontrasta in natančnost diagnoze ob ektravazaciji KS. Zabeležili smo število poskusov vnosa kontrastnega sredstva, ki smo ga opredelili kot potrebo po ponovni umestitvi igle po neuspešni vstavitvi v sklep. Izmerili smo čas izvajanja vboda in skupno trajanje posega do pravilnega položaja igle. Pri vsakem bolniku smo zabeležili količino

vbrizgane standardne mešanice KS v sklep, dokumentirali zaplete med preiskavo in bolnikovo oceno bolečine (16).

V naši študiji smo v 1. poskusu uspešno kontrastno sredstvo vnesli v sklep pri 86,6 % bolnikov, pri 11,9 % smo za uspešni vnos potrebovali 2 poskusa in le pri 1,5 % je bil potreben 3. poskus. Za uspešno preiskavo smo štelili vse, pri katerih je bilo kontrastno sredstvo vnešeno v preiskovani sklep, kar pomeni, da smo pri vseh 67 preiskovancih uspešno izvedli postopek vnosa KS z zelo visokim deležem uspešnega vnosa KS že v prvem poskusu. Povprečni čas trajanja vnosa kontrastnega sredstva je bil 8,8 minut s povprečno bolnikovo oceno bolečine 3,6. Do ektravazacije KS je prišlo pri 43,3 % preiskovancev, od tega je bilo 32,5 % blagih, 8,9 % zmernih in 7,5 % izrazitih ektravazacij (Slika 1). Čeprav se zdi delež velik, je bila večina funkcionalno povsem nepomembnih ektravazacij, ki niso ovirale diagnostičnih postopkov. V primerjavi z anteriornim pristopom je delež ektravazacij

**Tabela 1:** Ocenjevani parametri in primerjava z vrednostmi raziskave Ruttena s sodelavci. V prvem stolpcu so vrednosti iz študije v Univerzitetnem kliničnem centru Ljubljana, v 2., 3. in 4. stolpcu so vrednosti iz študije Rutten-a s sodelavci (15,16).

	UZp UKC LJ	UZp (15)	UZa (15)	FLa (15)
Uspešnost izvedbe preiskave	100 %	100 %	100 %	100 %
Povprečna količina vbrizgane standardne mešanice KS	9,8 ml	18,6 ml	14,6 ml	14,5 ml
Ektravazacija	43,3 %	52 %	36 %	68 %
Trajanje postopka	8,8 min	9,3 min	9,9 min	17 min
Povprečna ocena bolečine	3,6	2,7	1,6	3,9
Zapleti	7,5 % (blagi)	8 %	0 %	8 %

Legenda: UKC LJ – Univerzitetni klinični center Ljubljana; UZp – ultrazvočno vodena MR arthrografija s posteriornim pristopom; UZa – ultrazvočno vodena MR arthrografija z anteriornim pristopom; FLa – fluoroskopsko vodena MR arthrografija z anteriornim pristopom; KS – kontrastno sredstvo.

nekoliko večji, vendar pri posteriornem pristopu pri ekstravazaciji ne pride do zakrivljanja anteriornih struktur, ki so v ramenskem sklepu največkrat poškodovane, hkrati pa je količina kontrasta, vbrizganega v sklep, še vedno primerna za natančno diagnostično ocenjevanje (Tabela 1).

Pri 7,5 % preiskovancev je prišlo do blažjega zapleta v obliki blage vazovagalne reakcije, ki so v vseh primerih hitro in spontano minile, ko smo bolnike polegali. Drogih zapletov nismo zabeležili (16).

Rezultati študije so potrdili, da je z UZ vodena MR-artrografija s posteriornim pristopom dobra alternativa standardni fluoroskopsko vodeni artrografiji, toda s pomembnimi prednostmi za bolnike (16).

### 3 Zaključek

MR-artrografija je metoda izbire za prikaz drobnih znotraj sklepnih struktur ramenskega sklepa, ki so

najbolj pogosto poškodovane pri ramenski nestabilnosti.

Ob standardni minimalno invazivni tehniki izvedbe artrografije je zdaj že uveljavljena z UZ vodena tehnika pristopa v ramenski sklep, saj je z razvojem UZ tehnologije prišlo do pomembnega napredka v kakovosti visokofrekvenčnih linearnih sond, ki nam omogočajo natančen prikaz drobnih mehko tkivnih struktur. Glavna prednost z UZ vodene artrografije s posteriornim pristopom je, da se izognemo anteriornim strukturam, ki so pri nestabilnosti ramenskega sklepa največkrat poškodovane. Hkrati je metoda varna in učinkovita, saj omogoča pregled sklepa pred vnosom kontrastnega sredstva, sledenje punkcijski poti v stvarnem času, kontrastno sredstvo z jodom ni potrebno in bolnika ne izpostavlja mo sevanju.

### Izjava o navzkrižju interesov

Avtorici nimava navzkrižja interesov.

## Literatura

- Beltran J, Rosenberg ZS, Chandnani VP, Cuomo F, Beltran S, Rokito A. Glenohumeral instability: evaluation with MR arthrography. *Radiographics*. 1997;17(3):657-73. DOI: [10.1148/radiographics.17.3.9153704](https://doi.org/10.1148/radiographics.17.3.9153704) PMID: [9153704](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9153704/)
- Kadi R, Milants A, Shahabpour M. Shoulder anatomy and normal variants. *J Belg Soc Radiol*. 2017;101(S2):3. DOI: [10.5334/jbr-btr.1467](https://doi.org/10.5334/jbr-btr.1467) PMID: [30498801](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30498801/)
- Farber JM, Buckwalter KA. Sports-related injuries of the shoulder: instability. *Radiol Clin North Am*. 2002;40(2):235-49. DOI: [10.1016/S0033-8389\(02\)00002-7](https://doi.org/10.1016/S0033-8389(02)00002-7) PMID: [12118823](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12118823/)
- Peterson JJ, Bancroft LW. History of arthrography. *Radiol Clin North Am*. 2009;47(3):373-86. DOI: [10.1016/j.rcl.2008.12.001](https://doi.org/10.1016/j.rcl.2008.12.001) PMID: [19361665](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19361665/)
- Terry GC, Chopp TM. Functional anatomy of the shoulder. *J Athl Train*. 2000;35(3):248-55. PMID: [16558636](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16558636/)
- Sebro R, Oliveira A, Palmer WE. MR arthrography of the shoulder: technical update and clinical applications. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2014;18(4):352-64. DOI: [10.1055/s-0034-1384825](https://doi.org/10.1055/s-0034-1384825) PMID: [25184391](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25184391/)
- Dépelteau H, Bureau NJ, Cardinal E, Aubin B, Brassard P. Arthrography of the shoulder: a simple fluoroscopically guided approach for targeting the rotator cuff interval. *AJR Am J Roentgenol*. 2004;182(2):329-32. DOI: [10.2214/ajr.182.2.1820329](https://doi.org/10.2214/ajr.182.2.1820329) PMID: [14736656](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14736656/)
- Ogul H, Bayraktutan U, Ozgokce M, Tuncer K, Yuce I, Yalcin A, et al. Ultrasound-guided shoulder MR arthrography: comparison of rotator interval and posterior approach. *Clin Imaging*. 2014;38(1):11-7. DOI: [10.1016/j.clinimag.2013.07.006](https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2013.07.006) PMID: [24119385](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24119385/)
- Perdikakis E, Drakonaki E, Maris T, Karantanis A. MR arthrography of the shoulder: tolerance evaluation of four different injection techniques. *Skeletal Radiol*. 2013;42(1):99-105. DOI: [10.1007/s00256-012-1526-y](https://doi.org/10.1007/s00256-012-1526-y) PMID: [23064511](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23064511/)
- Grasso RF, Faiella E, Cimini P, Cazzato RL, Luppi G, Martina F, et al. Direct magnetic resonance (MR) shoulder arthrography: posterior approach under ultrasonographic guidance and abduction (PAUGA). *Radiol Med (Torino)*. 2013;118(5):806-15. DOI: [10.1007/s11547-012-0879-6](https://doi.org/10.1007/s11547-012-0879-6) PMID: [22986699](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22986699/)
- McCarthy CL. Glenohumeral instability. *Imaging*. 2014;23(1):20110084. DOI: [10.1259/imag.20110084](https://doi.org/10.1259/imag.20110084)
- Ruiz Santiago F, Martínez Martínez A, Tomás Muñoz P, Pozo Sánchez J, Zarza Pérez A. Imaging of shoulder instability. *Quant Imaging Med Surg*. 2017;7(4):422-33. DOI: [10.21037/qims.2017.08.05](https://doi.org/10.21037/qims.2017.08.05) PMID: [28932699](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28932699/)
- Schneider R, Ghelman B, Kaye JJ. A simplified injection technique for shoulder arthrography. *Radiology*. 1975;114(3):738-9. DOI: [10.1148/114.3.738b](https://doi.org/10.1148/114.3.738b) PMID: [1118584](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1118584/)
- Farmer KD, Hughes PM. MR arthrography of the shoulder: fluoroscopically guided technique using a posterior approach. *AJR Am J Roentgenol*. 2002;178(2):433-4. DOI: [10.2214/ajr.178.2.1780433](https://doi.org/10.2214/ajr.178.2.1780433) PMID: [11804911](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11804911/)
- Rutten MJ, Collins JM, Maresch BJ, Smeets JH, Janssen CM, Kiemeneij LA, et al. Glenohumeral joint injection: a comparative study of ultrasound and fluoroscopically guided techniques before MR arthrography. *Eur Radiol*. 2009;19(3):722-30. DOI: [10.1007/s00330-008-1200-x](https://doi.org/10.1007/s00330-008-1200-x) PMID: [18958474](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18958474/)
- Salapura V, Mitrovič G, Čavka M. Ultrazvučni nadzor posteriornog pristupa kod MR artrografija ramena. *Lijec Vjesn*. 2017;139:268-72.
- Ji JY. A Comparison between the Anterior and Posterior Approach to US-guided Shoulder Articular Injections for MR Arthrography. *J Korean Radiol Soc*. 2008;59(4):269-73. DOI: [10.3348/jkrs.2008.59.4.269](https://doi.org/10.3348/jkrs.2008.59.4.269)
- Messina C, Banfi G, Aliprandi A, Mauri G, Secchi F, Sardanelli F, et al. Ultrasound guidance to perform intra-articular injection of gadolinium-based contrast material for magnetic resonance arthrography as an alternative to fluoroscopy: the time is now. *Eur Radiol*. 2016;26(5):1221-5. DOI: [10.1007/s00330-015-3945-3](https://doi.org/10.1007/s00330-015-3945-3) PMID: [26253260](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26253260/)
- Ng AW, Hung EH, Griffith JF, Tong CS, Cho CC. Comparison of ultrasound versus fluoroscopic guided rotator cuff interval approach for MR arthrography. *Clin Imaging*. 2013;37(3):548-53. DOI: [10.1016/j.clinimag.2012.08.002](https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2012.08.002) PMID: [23601770](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23601770/)