

PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE DIJAGNOSTIČKOG ULTRAZVUKA U OSTEOARTRITISU KOLJENA

Prof. dr. sc. Nadica Laktašić Žerjavić¹, Jelena Jakšić², Igor Begović³

1. Prof. dr. sc. Nadica Laktašić Žerjavić, dr. med., glavni autor i autor za korespondenciju
Medicinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Klinika za reumatske bolesti i rehabilitaciju KBC Zagreb
ORCID 0000-0003-1279-3928
Email: nadica_laktasic@yahoo.com

2. Jelena Jakšić
Medicinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
ORCID 0000-0002-3520-296X

3. Igor Begović, dr. med.
Opća i veteranska bolnica "Hrvatski ponos" Knin
ORCID

Sažetak

Dijagnoza osteoartritis koljena (OAK) prvenstveno se postavlja na osnovi anamneze i kliničkog pregleda. Dijagnostički ultrazvuk (UZV) vrijedna je dijagnostička metoda oslikavanja u evaluaciji zglobnih promjena u OAK-u koja može pomoći pri postavljanju dijagnoze, praćenju i liječenju OAK-a. Prva slikovna metoda izbora u dijagnostici OAK-a je standardna radiografija (RTG), koja bi se obavezno trebala učiniti u stojećem stavu bolesnika i trebala bi prethoditi UZV pregledu jer RTG-om možemo prikazati sve osnovne karakteristike OAK-a (suženje zglobne pukotine, rubne osteofite, sklerozu suphondralne kosti, hipertenzivne sinovijalne ciste u suphondralnoj kosti te popratnu hondrokalcinozu, kao i najčešću varus deformaciju zgloba). UZV ne može prikazati promjene unutar kosti zglobnih tijela u OAK-u, za razliku od kompjutorizirane tomografije (CT) i magnetske rezonancije (MR), uz napomenu da samo MR prikazuje dodatno edem u suphondralnoj kosti kondila (obično priležeći oštećenoj hrskavici kao odraz mehaničkog preopterećenja i prijeteće osteonekroze i deformacije zglobnog tijela, tzv. SONK) i bolje prikazuje mekotkivne strukture unutar i oko zgloba koljena u odnosu na CT i UZV. Stoga, UZV u OAK-u predstavlja pomoćnu dijagnostičku metodu oslikavanja.

Prednost UZV-a je što omogućuje prikaz mekih struktura oko koljena, značajnog dijela hrskavice kondila femura, rano otkrivanje osteofita, utvrđivanje sinovitisa te provođenje minimalno-invazivnih dijagnostičkih i terapijskih postupaka kao i praćenje učinkovitosti liječenja. Kvantitativni UZV omogućuje

procjenu ranih degenerativnih promjena hrskavice, tj. daje uvid u kvalitetu i mikroarhitekturu hrskavice, no nije u rutinskoj kliničkoj primjeni. Kao jedna od metoda oslikavanja UZV predstavlja tzv. suhi biomarker u OAK-u.

Summary

The diagnosis of knee osteoarthritis (OA) is primarily based on the patient's medical history and clinical examination. Diagnostic ultrasound (US) is a valuable imaging tool for evaluating joint changes in knee OA. It can aid in diagnosis, disease monitoring, and treatment planning. The first-line imaging modality for diagnosing knee OA is plain radiography (X-ray). It should be performed with the patient in a standing position and should precede US evaluation. X-rays can reveal the key features of OA, including joint space narrowing, osteophyte formation, subchondral bone sclerosis, subchondral synovial cysts, chondrocalcinosis, and the commonly associated varus deformity. Unlike computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI), US cannot assess intraosseous changes. MRI, however, provides detailed visualization of soft tissue structures in and around the knee joint and can detect subchondral bone marrow edema, typically adjacent to damaged cartilage as a sign of mechanical overload, potential osteonecrosis, and joint body deformation (known as SONK). Therefore, US serves as an adjunct imaging modality in knee OA. Its advantages include real-time visualization of soft tissue structures surrounding the knee, assessment of a significant portion of the femoral condylar cartilage, early detection of osteophytes, confirmation of synovitis, guidance for minimally invasive diagnostic and therapeutic procedures, and monitoring the effectiveness of treatment. Quantitative US allows the assessment of early degenerative changes in cartilage, i.e. it provides insight into the quality and microarchitecture of cartilage, but is not in routine clinical application. As one of the imaging modalities, US represents the so-called dry biomarker in knee OA.

Ključne riječi

Osteoarthritis koljena, dijagnostički ultrazvuk, intervencijski ultrazvuk

Keywords

Knee osteoarthritis, ultrasound imaging, interventional ultrasonography

Uvod

UZV-om možemo prikazati strukturne promjene i oštećenja zgloba, kao i upalne promjene u ranoj i uznapredovaloj fazi bolesti OAK-a. On omogućuje djelomičnu procjenu oštećenja hrskavice koljena, prikaz depozita kristala urata na hrskavici i kalcijevog pirofosfat dihidrata (CPP) unutar hrskavice. U detekciji zglobnog izljeva osjetljiviji je od kliničkog pregleda, uz mogućnost procjene kvantitete i kvalitete izljeva, kao i djelomičnu detekciju slobodnih zglobnih tijela (ukoliko su prisutni u zglobnim recessusima). Omogućuje i prikaz resičaste sinovijalne hipertrofije u kroničnom sinovitisu koljena te sinovijalne hondromatoze. U razlikovanju aktivnog od inaktivnog sinovitisa korištenjem doplera nije tako osjetljiv u koljenu kao u malim zglobovima. UZV-om pouzdano se prikazuju meka tkiva oko zgloba (tetiva kvadricepsa, tetive u sklopu pes anserinus, tetiva bicepsa femorisa, patelarni ligament, kolateralni ligamenti i burze). UZV-om tek se djelomično prikazuju zglobni menisci, a ne prikazuju se križni ligamenti. Uz pomoć UZV-a može se vršiti dijagnostička i terapijska evakuacija izljeva te intraartikularna primjena lijekova i pratiti učinkovitost liječenja. Za prikaz promjena unutar kosti, oštećenja zglobnih meniska i križnih ligamenta, za detaljnu procjenu pokrovne hrskavice koljena i slobodnih zglobnih tijela potrebno je koristiti druge metode oslikavanja (MR i CT) (1,2). Metode oslikavanja (RTG, UZV, MR, CT) predstavljaju tzv. suhe biomarkere u OAK-u (za razliku od biomarkera koji se dobivaju analizom tjelesnih tekućina kao što su sinovija i krv). Suhi biomarkeri u OAK-u pomažu u postavljanju dijagnoze, procjeni težine bolesti, praćenju progresije bolesti i terapijskog učinka intervencija. Noviji pristup uključuje kvantitativnu trodimenzionalnu morfološku procjenu hrskavice i semikvantitativnu procjenu cijelog zgloba kao organa u osteoartritisu, pri čemu se prednost daje MR-u (WORMS, engl. The Whole Organ Magnetic Resonance Imaging Score) (3,4).

Prikaz zglobne hrskavice u OAK-u

UZV omogućuje djelomičnu procjenu oštećenja pokrovne hrskavice koljena jer je UZV analizi dostupno do dvije trećine pokrovne hrskavice medijalnog kondila femura (prosječno 66 %) i jedna trećina lateralnog kondila femura (prosječno 37 %) suprapatelarnim pristupom, pri čemu se sonda postavlja poprečno na uzdužnu osovinu noge iznad gornjeg ruba patele pri maksimalno flektiranom koljenu, a potom i uzdužno iznad oba kondila femura (5). Hrkavica tibije nije dostupna UZV-u. Zdrava hrskavica prikazuje se anehogeno (crno) s obzirom na to da je bogata vodom te gotovo da ne atenuira ultrazvučni snop. Površina hrskavice je pravilna tanka hipoehogena (siva) linija i unutar zdrave hrskavice nema odjeka (homogeno je anehogena - crna), a suphondralna kost se prikazuje kao pravilna ehogena (bijela) linija jer površina kosti u potpunosti reflektira UZV snop. UZV-om na sivoj skali može se

procijeniti debljina hrskavice, djelomično njezina kvaliteta i utvrditi prisutnost depozita kristala urata ili CPP-a. Zdrava hrskavica koljena mjereno UZV-om debela je u području medijalnog kondila femura oko 1,9 mm, a lateralnog oko 2,1 mm, što je nešto manje nego kad se mjeri pomoću MR-a na istom koljenu (5,6). Debljina hrskavice može se mjeriti kao udaljenost između dvije linije (granica meko tkivo površina hrskavice i granica hrskavica suphondralna kost) okomito na površinu suphondralne kosti u području medijalnog i lateralnog kondila femura (5 mm medijalno ili lateralno od ruba kondila) i u području interkondilarne udubine. U OAK-u mijenja se kvaliteta i debljina zglobne hrskavice, što se UZV-om prikazuje pojačanom atenuacijom UZV snopa pa ona postaje hipoehoena (više siva), nepravilne gornje površine i stanjena, a ehogena linija suphondralne kosti također postaje nepravilna i zadebljana (slika 1). Uznapređovalost degenerativnih promjena hrskavice u OAK-u može se procijeniti semikvantitativnom metodom (0 = uredan nalaz; 1 = blage degenerativne promjene: neoštra gornja površina i/ili povećana ehogenost hrskavice; 2A = umjerene degenerativne promjene: sve kao kod 1 uz jasno lokalno stanjenje hrskavice za manje od 50 %; 2B = umjerene do teže degenerativne promjene: sve isto kao kod 1 uz jasno lokalno stanjenje hrskavice za više od 50 %, no manje od 100 %; 3 = teške degenerativne promjene - sve isto kao kod 1 uz jasan lokalni gubitak hrskavice) (7). Promjene u hrskavici dešavaju se sporo, kroz razdoblje od više godina, što zahtijeva dugotrajno praćenje bolesnika.

Odlaganje kristala CPP-a u vezivnu hrskavicu zglobnih meniska koljena kod starijih osoba i u sklopu OAK-a te rjeđe unutar pokrovne hijaline hrskavice kondila femura i tibije naziva se hondrokalcinozom. Kristali se UZV-om prikazuju kao točkasti ehogeni odjeci unutar pokrovne hrskavice ili zglobnih meniska, najčešće bez akustične sjene. Kristali urata odlažu se na površinu hrskavice tako da ona postaje gruba i ehogena te se time uz ehogenu liniju suphondralne kosti prikazuje i ehogena linija na površini hrskavice od odloženih kristala urata, što je patognomonično za giht, naziva se znakom dvostruke konture (engl. *double contour sign*) i jedan je od klasifikacijskih ACR/EULAR kriterija za giht (engl. American College of Rheumatology / European League Against Rheumatism) (8). U sklopu istraživanja OAK-a primjenjuje se kvantitativni UZV koji, za razliku od konvencionalne filtrirane i modificirane slike u B-modu (sivoj skali), koristi nepromodificirane (tzv. sirove) podatke iz piazolektričnih elementa sonde visoke frekvencije (20 do 50 MHz) dobivenih odjekom iz tkiva. Dobiveni podaci koriste se za procjenu degeneracije hrskavice mjerenjem parametara kao što su koeficijent refleksije (R, engl. *reflection coefficient*), indeks hrapavosti (URI, engl. *ultrasound roughness index*), integrirani koeficijent ultrazvučne refleksije (IRC, engl. *integrated ultrasonic reflection coefficient*), prividno integrirano povratno raspršenje (AIB, engl. *apparent integrated backscatter*), a svi ti parametri omogućuju procjenu

mikroarhitekture i kvalitete hrskavice. Dodatno se procjenjuje kvaliteta hrskavice i elastografijom. Parametri R i AIB ukazuju na poremećen raspored i sastav kolagenih vlakana u ranoj fazi OAK-a. Parametri R, URI i IRC ukazuju na hrapavost površine hrskavice. Parametri R-kosti, IRC i AIB ukazuju na veličinu površine trabekularne kosti (engl. surface area), koja ukazuje na degeneraciju suphondralne kosti (ona postaje nepravilne površine, sklerotična) (1,9).

Prikaz suženja zglobne pukotine i rubnih osteofita u OAK-u

Razvoj osteofita smatra se ključnim obilježjem OAK-a, rani je znak bolesti (razvija se prije suženja zglobne pukotine i predviđa progresiju bolesti), te dovodi do boli i gubitka funkcije zgloba (10). Ultrazvuk je metoda visoke osjetljivosti u ranom otkrivanju osteofita. Ultrazvučno osteofit je definiran kao stepeničasto koštano odignuće (engl. *step-up of bony prominence*) ehogene linije površine kosti, vidljivo u dvije okomite ravnine, na kraju konture kosti ili enteze (slika 1) (11). UZV može prikazati rubne osteofite tibije i femura na medijalnom i lateralnom uzdužnom prikazu koljena (ako su obostrano prisutni, jedan nasuprot drugom izgledaju poput krila galeba), a kao popratni znak uznapredovale bolesti često je prisutna sužena zglobna pukotina (posebice medijalno) s protruzijom medijalnog meniska izvan zglobnog prostora, što predstavlja važan znak OAK-a, posebice simptomatskog OAK-a.

Detekcija sinovitisa u OAK-u

Sinovitis u OAK-u (tzv. dekompenzacija OAK-a) prisutan je trajno supklinički (tzv. tinjajuća upala), a akutizacija sinovitisa uzrokom je nalog pojačanja bola, otekline zgloba i ubrzane progresije bolesti. Znakovi sinovitisa na UZV-u su zglobni izljev, zadebljanje sinovije i pozitivan doplerski signal u sinoviji kao odraz povećanog protoka krvi uzrokovanog upalom. U detekciji zglobnog izljeva UZV je značajno osjetljiviji od kliničkog pregleda te omogućuje procjenu kvantitete i kvalitete izljeva kao i detekciju slobodnih zglobnih tijela (otkinuti komadić hrskavice, kosti, osteofita, meniska) u zglobnim recessusima. U OAK-u izljev je tipično serozan, anehogen (porastom staničnih elemenata postaje reflektivniji, npr. hipoehogen je kod hemartrosa). Zglobni izljev prikazuje se u suprapatelarnom, medijalnom i lateralnom parapatelarnom recessusu te poplitealno u Bakerovoj cisti. UZV omogućuje prikaz sinovijalne hipertrofije u kroničnom sinovitisu koljena (nije tako često u OAK-u) te sinovijalne hondromatoze. Razlikovanje aktivnog od neaktivnog sinovitisa doplerskim modalitetima nije osjetljivo u koljenu kao na malim zglobovima pa odsustvo signala ne isključuje aktivni sinovitis, a njegova prisutnost ga potvrđuje. Manja količina izljeva može biti prisutna i u zdravom koljenu. Prema EULR-ovim kriterijima do 4 mm dubine izljeva smatra se normalnom količinom izljeva u suprapatelarnom recessusu (12). U studiji na Nottinghamskoj kohorti mjereno

u suprapatelarnom recesusu na uzdužnom prikazu pri 20 do 30 stupnjeva fleksije optimalna granična vrijednost koja razlikuje simptomatski OAK od nesimptomatskog (dobra osjetljivost + dobra specifičnost) za izljev bila je 7,4 mm za muškarce i 5,3 mm za žene, te 3,7 mm i 1,6 mm za sinovijalnu hipertrofiju. Granična vrijednost visoke specifičnosti (90 %) bila je 8,9 mm za muškarce i 7,8 mm za žene za izljev, te 5,8 mm i 4,2 mm za sinovijalnu hipertrofiju (13).

Prikaz okolozglobnih mekotkivnih struktura u OAK-u

UZV-om možemo pouzdano prikazati meka tkiva oko zgloba (burze, tetivu kvadricepsa, tetivu bicepsa femorisa, tetive u sklopu pes anserinus, patelarni i kolateralne ligamente te mišiće natkoljenice i potkoljenice).

Tipične UZV promjene u OAK-u

U OAK-u prikazuje se stanjena pokrovna hrskavica kondila femura suprapatelarnim pristupom uz pojačanje ehogenosti hrskavice, nepravilan i ehogeniji prikaz površine hrskavice i suphondralne kosti, rubni osteofiti kondila femura i tibije, protruzija medijalnog meniska iz suženog zglobnog prostora uz odizane medijalnog kolateralnog ligamenta, degenerativna cista meniska, hondrokalcinoza, anehogeni izljev u suprapatelarnom recesusu i poplitealna Bakerova cista (Slika 1) (1).

Tipične UZV promjene u simptomatskom OAK-u

Kada je u OAK-u prisutna bol najčešće ne samo pri kretanju već i u mirovanju te oteklina koljena (obično nastupa kao naglo pogoršanje tegoba u koljenu), UZV-om se tipično detektira anehogeni (serozni) izljev u suprapatelarnom recesusu, protruzija medijalnog meniska s distenzijom medijalnog kolateralnog ligamenta i poplitealno Bakerova cista (Slika 1). Navedeno ukazuje na simptomatski sinovitis, a najčešće je tada radiološki prisutan stadij OAK-a 3. ili 4. stupnja po Kellgerenu i Lawrenceu (2,14).

Nedostaci UZV-a u OAK-u

Ultrazvukom se ne mogu prikazati strukture smještene duboko unutar zgloba te promjene unutar kosti jer površina kosti predstavlja nepremostivu barijeru prodoru UZV snopa.

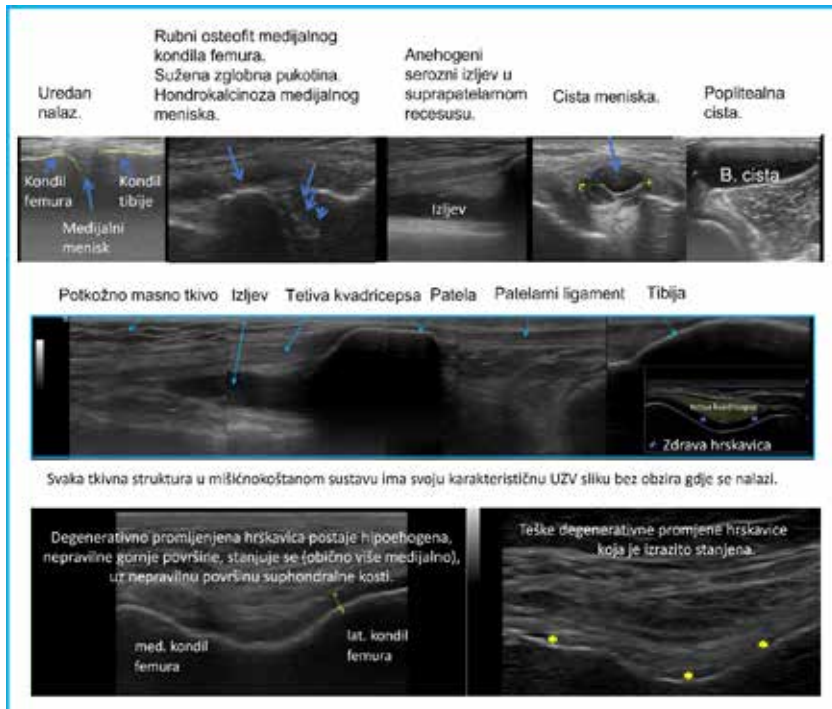
Za procjenu oblika i kongruencije zglobnih tijela, širine zglobnog prostora te za prikaz koštanih promjena (osteofita, suphondralne skleroze, hipertenzivnih koštanih cista i erozija) treba izabrati RTG ili još bolje CT. Za integralni prikaz hrskavice koljena, zglobnih meniska i križnih ligamenta pri sumnji na njihovu ozljedu, kao i za detekciju slobodnih zglobnih tijela i koštanog edema, treba izabrati MR (1,15).

Prednost UZV-a u OAK-u

Prednost UZV-a pred konvencionalnom radiografijom je u otkrivanju lokalizirane degradacije hrskavice, osteofita, protruzije meniskusa i sinovitisa (upale). Općenito, UZV je pouzdan u prikazu mekotkivnih struktura oko zgloba i sinovitisa. Daje djelomičan uvid u zglobnu hrskavicu i prikaz rubnih osteofita. UZV omogućava izvođenje dijagnostičkih i terapijskih postupaka, tj. UZV može pomoći pri aspiraciji zglobne i okolozglobne kolekcije tekućine (zglobni izjev, burza, gangliom), pri lokalnoj instilaciji ili infiltraciji lijekova (depo preparat glukokortikoida, hijaluronan, plazma obogaćena trombocitima skr. PRP) i pri punkciji i biopsiji mekotkivnih promjena. Dodatno, UZV može pomoći u praćenju progresije bolesti i učinkovitosti lokalnog ili sustavnog liječenja. Prednost UZV-a je i u tome što je to relativno jeftina, jednostavna, sigurna i dostupna dijagnostička metoda oslikavanja (1).

Zaključak

UZV je korisna pomoćna metoda oslikavanja u OAK-u za evaluaciju zglobnih i okolozglobnih promjena, a koja može pomoći pri postavljanju dijagnoze, praćenju i liječenju OAK-a.



Slika 1. Ultrazvučni prikaz tipičnih promjena u osteoartritisu koljena.

Literatura

1. D'Agostino V, Sorriento A, Cafarelli A, Donati D, Papalexis N, Russo A, et al. Ultrasound Imaging in Knee Osteoarthritis: Current Role, Recent Advancements, and Future Perspectives. *Journal of Clinical Medicine*. 2024; 13(16):4930. <https://doi.org/10.3390/jcm13164930>
2. Sakellariou G, Conaghan PG, Zhang W, Bijlsma JWW, Boyesen P, D'Agostino MA, et al. EULAR recommendations for the use of imaging in the clinical management of peripheral joint osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2017;76(9):1484-1494. doi: 10.1136/annrheumdis-2016-210815. Epub 2017 Apr 7. PMID: 28389554.
3. Roemer FW, Wirth W, Demehri S, Kijowski R, Jarraya M, Hayashi D, et al. Imaging Biomarkers of Osteoarthritis. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2024 Feb;28(1):14-25. doi: 10.1055/s-0043-1776432. Epub 2024 Feb 8. PMID: 38330967.
4. Peterfy CG, Guermazi A, Zaim S, Tirman PF, Miaux Y, White D, et al. Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) of the knee in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2004 Mar;12(3):177-90. doi: 10.1016/j.joca.2003.11.003. PMID: 14972335.
5. Kauppinen K, Casula V, Zbyň Š, Blanco Sequeiros R, Saarakkala SS, Nevalainen MT. Ultrasonographic Assessment of the Normal Femoral Articular Cartilage of the Knee Joint: Comparison with 3D MRI. *ScientificWorldJournal*. 2021 Aug 18;2021:9978819. doi: 10.1155/2021/9978819. PMID: 34456636; PMCID: PMC8387170.
6. Faisal A, Ng SC, Goh SL, Lai KW. Knee cartilage segmentation and thickness computation from ultrasound images. *Med Biol Eng Comput*. 2018;56(4):657-69.
7. Saarakkala S, Waris P, Waris V, Tarkiainen I, Karvanen E, Aarnio J, et al. Diagnostic performance of knee ultrasonography for detecting degenerative changes of articular cartilage. *Osteoarthritis Cartilage*. 2012;20(5):376-81.
8. Neogi T, Jansen TL, Dalbeth N, Fransen J, Schumacher HR, Berendsen D, et al. 2015 Gout classification criteria: an American College of Rheumatology/European League Against Rheumatism collaborative initiative. *Ann Rheum Dis*. 2015;74(10):1789-98. Erratum in: *Ann Rheum Dis*. 2016;75(2):473.
9. Zhang H, Ning E, Lu L, Zhou J, Shao Z, Yang X, et al. Research progress of ultrasound in accurate evaluation of cartilage injury in osteoarthritis. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2024 Aug 15;15:1420049. doi: 10.3389/fendo.2024.1420049. PMID: 39211448; PMCID: PMC11358554.
10. Van der Kraan PM, van den Berg WB. Osteophytes: relevance and biology. *Osteoarthritis Cartilage*. 2007;15(3):237-44. doi: 10.1016/j.joca.2006.11.006. Epub 2007 Jan 3. PMID: 17204437.
11. Bruyn GA, Iagnocco A, Naredo E, Balint PV, Gutierrez M, Hammer HB, et al; OMERACT Ultrasound Working Group. OMERACT Definitions for Ultrasonographic Pathologies and Elementary Lesions of Rheumatic Disorders 15 Years On. *J Rheumatol*. 2019 Oct;46(10):1388-1393. doi: 10.3899/jrheum.181095. Epub 2019 Feb 1. PMID: 30709946.
12. D'Agostino MA, Conaghan P, Le Bars M, Baron G, Grassi W, Martin-Mola E, et al. EULAR report on the use of ultrasonography in painful knee osteoarthritis. Part 1: prevalence of inflammation in osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2005 Dec;64(12):1703-9. doi: 10.1136/ard.2005.037994. Epub 2005 May 5. PMID: 15878903; PMCID: PMC1755310.
13. Sarmanova A, Hall M, Fernandes GS, Valdes AM, Walsh DA, Doherty M, et al. Thresholds of ultrasound synovial abnormalities for knee osteoarthritis - a cross sectional study in the general population. *Osteoarthritis Cartilage*. 2019 Mar;27(3):435-443. doi: 10.1016/j.joca.2018.09.018. Epub 2018 Nov 16. PMID: 30448531; PMCID: PMC6414397.
14. Iagnocco A. Ultrasound in osteoarthritis. *Clin Exp Rheumatol* 2014; 32 (Suppl. 80): S48-S52.
15. Mallio CA, Bernetti C, Agostini F, Mangone M, Paoloni M, Santilli G, et al. Advanced MR Imaging for Knee Osteoarthritis: A Review on Local and Brain Effects. *Diagnostics (Basel)*. 2022 Dec 24;13(1):54. doi: 10.3390/diagnostics13010054. PMID: 36611346; PMCID: PMC9818324.