

## přehledový článek

# Embolizace kolenních arterií: nová role intervenční radiologie v léčbě osteoartrózy kolene

## Genicular artery embolization: a new role for interventional radiology in the treatment of knee osteoarthritis

Pavol Víglaš<sup>1</sup>, Patrik Matras<sup>1</sup>, Vojtěch Smolka<sup>1</sup>, Jan Svoboda<sup>1</sup>, Tomáš Novotný<sup>2</sup>, Jan Raupach<sup>3</sup>, Filip Cihlář<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Radiologická klinika, Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, o.z., Krajská zdravotní a.s.

<sup>2</sup>Ortopedická klinika, Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, o.z., Krajská zdravotní a.s.

<sup>3</sup>Radiologická klinika FN, Hradec Králové

### Hlavní stanovisko práce

Práce přináší přehled o využití metody „Embolizace kolenních arterií“ při artróze kolenního kloubu. Přináší přehled o dosavadních datech ve smyslu indikace, techniky procedury, pre-procedurálního zobrazení a sledování výsledku léčby.

### SOUHRN

Víglaš P, Matras P, Smolka V, Svoboda J, Novotný T, Raupach J, Cihlář F. Embolizace kolenních arterií: nová role intervenční radiologie v léčbě osteoartrózy kolene

Artróza kolenního kloubu je limitující progresivní onemocnění s dopadem na mobilitu a kvalitu života pacientů. Pacienti s mírnou až středně těžkou artrózou, kteří nereagují na konzervativní přístupy léčby bolesti a nejsou vhodnými kandidáty nebo nechtějí podstoupit totální endoprotézu, jsou v současné době bez dalších možností léčby. Embolizace kolenních arterií je nová metoda intervenční radiologie, která si klade za cíl tuto mezeru v léčbě zaplnit a snížit bolestivost. Rovněž může být nápomocná i pacientům s chronickými bolestmi po totální endoprotéze kolenního kloubu nereagující na konzervativní léčbu.

**Klíčová slova:** embolizace kolenních tepen, kolenní artróza, léčba bolesti.

### Major statement

This paper provides an overview of the use of the „knee artery embolization“ method in knee joint arthrosis. It summarizes the current data in terms of indications, procedure techniques, pre-procedure imaging, and treatment outcome monitoring.

### SUMMARY

Víglaš P, Matras P, Smolka V, Svoboda J, Novotný T, Raupach J, Cihlář F. Genicular artery embolization: a new role for interventional radiology in the treatment of knee osteoarthritis

Knee osteoarthritis is a limiting progressive disease with a clear impact on patients' mobility and quality of life. Patients with mild to moderate osteoarthritis who do not respond to conservative approaches and are not suitable candidates for or do not wish to undergo total joint replacement currently have no other treatment options. Genicular artery embolization is a promising new interventional radiology method that aims to fill this gap in treatment. It may also be helpful for patients with chronic pain after total knee replacement who do not respond to conservative treatment.

**Key words:** genicular artery embolisation, knee osteoarthritis, pain treatment.

Přijato: 15. 3. 2026

#### Korespondenční adresa:

MUDr. Pavol Víglaš, Ph.D., MBA  
Radiologická klinika Fakulty zdravotnických studií UJEP a Krajské zdravotní a.s. –  
Masarykovy nemocnice v Ústí nad Labem, o.z.  
Sociální péče 3316/12a, 400 13 Ústí nad Labem  
e-mail: pavol.viglas@kzcr.eu

Konflikt zájmů: žádný.

## ÚVOD

Osteoartróza (OA) je velmi časté progresivní onemocnění pohybového aparátu s odhadovanou prevalencí 13,4% v Evropě. V České republice přesné hodnoty prevalence nejsou známy, ale vzhledem k neustále stárnoucí populaci lze očekávat, že prevalence tohoto onemocnění bude v příštích letech dále stoupat (1, 2). Osteoartróza nejčastěji postihuje kolenní klouby a i v méně závažných formách může mít podstatný vliv na kvalitu života pacientů (3).

Patofyziologie osteoartrózy kolene je komplexní, multifaktoriální a souvisí kromě tradičního přístupu „opotřebení“ i s chronickým zánětlivým cyklem zahrnujícím kaskádu biochemických poškození, angiogenezi, synoviální zánět, rozpad chrupavky a senzorickou neoinervaci (1–8). Názory na patofyziologii osteoartrózy se ovšem stále vyvíjejí. U osteoartrózy dochází ke zvýšení angiogeneze v kloubní chrupavce, synovii, menisku, osteofytech a v osteochondrálním spojení. Protože je angiogeneze doprovázena růstem senzorických nervů, předpokládá se, že růst perivaskulárních nervů do fyziologicky neinervovaných struktur, jako jsou kloubní chrupavka a meniskus, způsobuje chronické bolesti (7, 9). Modifikace angiogeneze a souvisejícího růstu nervů je tedy potenciální léčebnou cestou, která může ovlivnit patogenezi a symptomy u OA. Mechanismus úlevy od symptomů není jasný, ale mohl by zahrnovat snížení periartikulární inervace a nocicepce, snížení synovitidy a zachování integrity osteochondrálního spojení (8).

Mezi rizikové faktory OA kolene patří vrozené anomální tvary kostí a kloubů, poranění kloubu, snížená svalová síla, obezita, ženské pohlaví, metabolické faktory, snížená denzita kostí, ale i horší psychické zdraví (10, 11). Dosud neexistuje žádný lék, který by zastavil, zvrátil nebo zpomalil průběh osteoartrózy. Základním pilířem farmakologické léčby jsou proto nesteroidní protizánětlivé léky (NSAID), které mají ale omezenou účinnost. Další miniinvasivní možnosti léčby, jako jsou intraartikulární injekce steroidů a kyseliny hyaluronové, vykazují omezenou krátkodobou účinnost do 6–12 měsíců a mohou vyžadovat opakované aplikace (12, 13).

Embolizace kolenních arterií (genicular artery embolisation – GAE) je nová, miniinvasivní možnost léčby. Cílem GAE je selektivně omezit

patologickou hyperemii v místech zánětlivé aktivity. Embolizací drobných genikulárních větví dochází ke snížení synovitidy, útlumu nocicepce a následně ke snížení bolestivosti (1–4, 7). Ačkoliv TEP kolene je standardním zákrokem u závažných případů, GAE se stává slibnou alternativou zejména pro pacienty, kteří ještě nejsou vhodní pro ortopedický zákrok nebo jej odmítají podstoupit.

Cílem práce je přinést souhrnný pohled na problematiku artrózy kolenního kloubu a seznámit odbornou veřejnost s indikacemi, technikou a komplikacemi této metody.

## INDIKACE A KONTRAINDIKACE

GAE se doporučuje pacientům, u kterých konzervativní přístupy, jako je cvičení, hubnutí, fyzioterapie a farmakologická léčba, nevedou k úlevě od příznaků po dobu delší než 3–6 měsíců (10, 11, 14–17). Zároveň se doporučuje pacientům, kteří nejsou vhodnými kandidáty pro chirurgický zákrok (TEP) nebo jej odmítají podstoupit (15–21). Konkrétní kritéria pro optimální kandidáty pro GAE se ale stále vyvíjejí.

Kritéria pro zařazení do klinických studií zahrnují pacienty starší 40 let s mírnou až těžkou osteoartrózou kolene definovanou dle klasifikace Kellgrena-Lawrence (KL) 2–4 na rentgenovém snímku kolene, přetrvávající bolest hodnocenou  $\geq 4$  na vizuální analogové škále (VAS) i přes konzervativní léčbu po dobu nejméně 3–6 měsíců a buď nezpůsobilost k chirurgickému zákroku, nebo jeho odmítnutí (15–23). Některé studie naznačují, že pacienti s vyšší výchozí intenzitou bolesti a vyšším BMI mají tendenci po zákroku pociťovat větší úlevu od příznaků a mohou lépe reagovat na terapeutické účinky GAE (13).

Doporučené kontraindikace dle standardu Society of Interventional Radiology (SIR) pro GAE jsou:

1. Periferní arteriální onemocnění: kolenní tepny zajišťují kolaterální krevní zásobení u pacientů se stenózou nebo okluzí cévního systému dolních končetin.
2. Podezření či aktivní přítomnost infekce kolene: embolizace by v případě infekce nepřinesla žádný přínos a mohla by zhoršit infekční příznaky.

3. Renální dysfunkce: u pacientů s akutním poškozením ledvin nebo těžkou renální insuficiencí může být zvýšené riziko kontrastní nefropatie.
4. Radiograficky normální kolenní kloub.
5. Anamnéza fibromyalgie, autoimunitního nebo zánětlivého onemocnění (24).

## HODNOCENÍ PŘED LÉČBOU

### Klinický obraz a hodnocení závažnosti osteoartrózy

Typicky se u pacientů s OA kolene vyskytuje bolest při zátěži, která ustupuje v klidu, a při pokročilých stádiích i klidová bolest a nestabilita kloubu. Klinicky je často patrný otok, krepitus a omezený rozsah pohybu (24–26). Jakmile pacient splní vstupní kritéria, stává se vhodným kandidátem pro podstoupení GAE. V takovém případě je odeslán na pracoviště intervenční radiologie spolu s kompletní klinickou dokumentací, která podrobně popisuje úroveň jeho bolesti, kvalitu života a aktuální stupeň osteoartrózy. Součástí těchto podkladů musí být také zhodnocení celkového klinického stavu, včetně BMI a stanovení rizika periferního arteriálního onemocnění (14–21).

V různých studiích se pro standardizované hodnocení závažnosti OA a reakce na léčbu používá několik klasifikací. Závažnost artrotického poškození kolene lze určit podle klasifikace Kellgrena-Lawrence (KL) z rentgenového snímku nebo lze použít magnetickou rezonanci a popsat poškození skeletu i měkkých částí dle Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS). Ke zhodnocení účinku léčby se před a ve sledovaném období po výkonu vyplňují dotazníky Western Ontario and McMaster universities Arthritis Index (WOMAC), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) nebo se používá vizuální analogová škála (VAS) (2–25).

WOMAC je nejčastěji používaný dotazník pro hodnocení výsledků léčby u osteoartrózy kolene (24). Celkové skóre WOMAC se může pohybovat v rozmezí od 0 do 96, přičemž vyšší číslo znamená větší závažnost onemocnění. Výsledné číslo se tvoří součtem bodu ve třech samostatných podškálách, které hodnotí bolest (0 až 20 bodů), ztuhlost (0 až 8 bodů) a funkčnost kolenního kloubu (0 až 68 bodů). Podškála hodnotící bolest byla také běžně uváděna ve studiích jako primární cílový bod, protože se

**WOMAC (Western Ontario and McMaster Osteoarthritis Index)**

Vyplňuje pacient sám podle svého uvážení.

**Část A – bolest.**

Jaká je Vaše bolest v následujících situacích?

	žádná	mírná	střední	silná	velmi silná
1. Při chůzi po rovině	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Při chůzi po schodech, nahoru anebo dolů	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. V noci na lůžku, tj. bolest, která nedá spát	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Při sezení nebo vleže	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Při vzpřímeném stání	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Část B – Ztuhlost.**

Jaká je Vaše ztuhlost v následujících situacích?

	žádná	mírná	střední	silná	velmi silná
1. Jak značná je ztuhlost vašeho kloubu po ranním probuzení?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Jak silná je ztuhlost kloubu po sezení, ležení či odpočinku později během dne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Část C – Běžné denní aktivity.**

Jaké obtíže máte při následujících úkonech a aktivitách?

	žádná	mírná	střední	silná	velmi silná
1. Chůze ze schodů	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Chůze do schodů	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Vstávání ze sedu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Stání	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Shýbání k podlaze	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Chůze po rovině nebo rovném povrchu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Nastupování nebo vystupování z auta nebo autobusu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Vyřizování nákupů	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Navlékání ponožek nebo punčoch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Vstávání z lůžka	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Sundávání ponožek nebo punčoch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Ukládání se na lůžko	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Vstup a výstup z koupelnové vany	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Sezení	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Usedání nebo vstávání z toaletní mísy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Vykonávání těžkých domácích prací	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Vykonávání lehkých domácích prací	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**1 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) klasifikace hodnocení klinické závažnosti osteoartrózy kolenního kloubu (česká verze dotazníku byla validována autory Olejárová M. et al. 2005)**

**Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) classification for assessing the clinical severity of knee osteoarthritis (The Czech version of the questionnaire was validated by Olejárová M. et al. 2005)**

předpokládá, že se týká hlavně bolesti kolene související s OA (14, 17, 18, 21, 22). V roce 2005 byla validována česká verze WOMAC dotazníku (obr. 1) (27).

Dotazník KOOS vznikl jako rozšířená verze dotazníku WOMAC s cílem lépe zachytit funkční výsledky u mladších a pohybově aktivnějších pacientů. Zatímco původní WOMAC se zaměřuje specificky na projevy osteoartrózy, KOOS dokáže hodnotit stav kolene po úrazech a při jiných dlouhodobých degenerativních změnách (24).

Většina studií uvádí také vizuální analogovou škálu (VAS). VAS by mohla být zvažena pro zařazení do studií, protože se používá k jednoduchému vymezení symptomů na škále od 0 (žádné bolesti) do 10 (nejhorší možná bolest). Jiné

hodnocení výsledků, jako je šestiminutový test chůze, 30sekundový test vstávání ze židle a metriky specifické pro kvalitu života, jsou uváděny méně často, ale mohou být zvaženy (11, 15–22).

Nakonec Outcome Measures in Rheumatology-Osteoarthritis Research Society International navrhuje, aby klinické studie týkající se OA kolene zahrnovaly šest základních faktorů: bolest, fyzická funkce, kvalita života, celkové hodnocení stavu kloubu pacienty a závažné komplikace (27).

Ve většině studií je minimální klinicky významný rozdíl (MCID) uváděn jako bodové snížení skóre KOOS, WOMAC pain nebo celkového skóre WOMAC, které je považováno za významné a pro pacienta rozpoznatelné. Doporučuje se, aby

prahové hodnoty MCID byly vypočítávány v závislosti na hodnoceném stavu a použitých nástrojích pro hodnocení výsledků. Rozdíl alespoň 8 bodů pro KOOS je považován za klinicky relevantní. Při použití VAS a WOMAC klasifikace nebyl stanoven standard MCID u pacientů po GAE. U jiných intervencích (aplikace kyseliny hyaluronové a kortikoidů) se za MCID považuje zlepšení o 10–20% (24).

**Zobrazovací metody**

Před zákrokem (< 6 měsíců) se rutinně pořizují rentgenové snímky kolene ve standardních projekcích v zatížení, aby se určil rozsah onemocnění. K hodnocení závažnosti onemocnění se používá Kellgrenova-Lawrenceova stupnice, která se zakládá na zúžení kloubní štěrbiny, subchondrální skleróze a tvorbě osteofytů a pohybuje se v rozmezí od 1 (normální) do 4 (závažné) (obr. 2). Doporučuje se uvádět skóre podle stupnice Kellgrena a Lawrence, protože současná data naznačují lepší výsledky GAE u pacientů s nižší radiografickou závažností OA (26).

MR kolene může být také zvaženo k posouzení strukturálních poranění a vyloučení zlomeniny, poranění vazů nebo menisku. MR kolene se u osteoartrózy standardně nevyužívá, ale v rámci výzkumu se může použít k hodnocení strukturálních změn po GEA. MR zobrazování je určeno k popisu lokalizaci míst OA mezi patello-femorálními, mediálními a laterálními tibio-femorálními kloubními prostory. Dále k identifikaci změn spojených s GAE (redukce výpotku a šíře synoviální membrány) a vyhodnocení potenciálních komplikací, jako jsou kostní infarkty. Pro hodnocení synovity lze také zvažovat dynamické MR vyšetření s kontrastní látkou. Optimální sekvence MR vyšetření pro GAE nejsou definovány, ale zahrnují PD FS skeny ve třech rovinách, axiální T2 s potlačným tukem, koronární T1 (17, 25).

**TECHNIKA, EMBOLIZAČNÍ MATERIÁLY A KOMPLIKACE**

GAE je obvykle elektivní zákrok s potřebou dodržet všechny standardní předoperační postupy, včetně provedení základních laboratorních vyšetření, předoperačního lačnění, vhodného nastavení perorálních antikoagulačních léků a získání informovaného souhlasu

2a



2b



2c



2d



**2** Stupně osteoartrózy kolene dle Kellgrena-Lawrence klasifikace: (a) stupeň 1; (b) stupeň 2; (c) stupeň 3; (d) stupeň 4

**Stages of knee osteoarthritis according to the Kellgren-Lawrence classification:** (a) grade 1; (b) grade 2; (c) grade 3; (d) grade 4

před zákrokem. Výkon je prováděn po vyřazení antikoagulační terapie (25, 28). SIR, Evropská společnost pro kardiovaskulární a intervenční radiologii (Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe – CIRSE) a Česká společnost intervenční radiologie ČLS JEP v doporučeních poskytuje

přehled managementu antikoagulační a protidestičkové léčby u pacientů podstupujících perkutánní intervence (28–30).

Před angiografickým výkonem by měl operatér klinicky vyšetřit postižené koleno a označit bolestivé místo, resp. bolestivý kompartment (25). Standardem

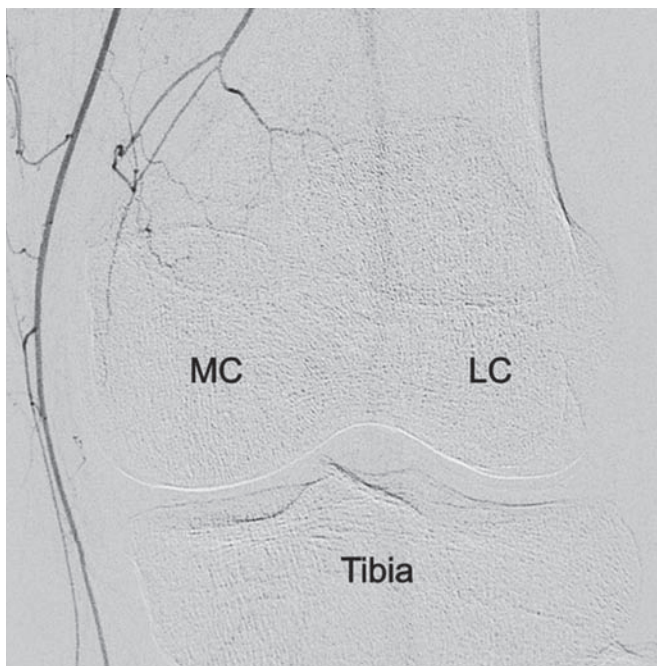
je použití ledového obkladu na povrchu kůže před zákrokem k vyvolání dočasné vazokonstrikce v předpokládaném místě embolizace (klinicky místo největší bolestivosti), čímž se snižuje riziko nečíslené embolizace do podkoží (17, 20–22). Někteří operatři doporučují použití perioperačních intravenózních NSAID a kortikosteroidů ke zmírnění očekávaného postembolizačního syndromu (24, 25, 31). Podání analgetik je při výkonu pečlivě zaznamenáno do operačního protokolu a dekurzu.

### Technika

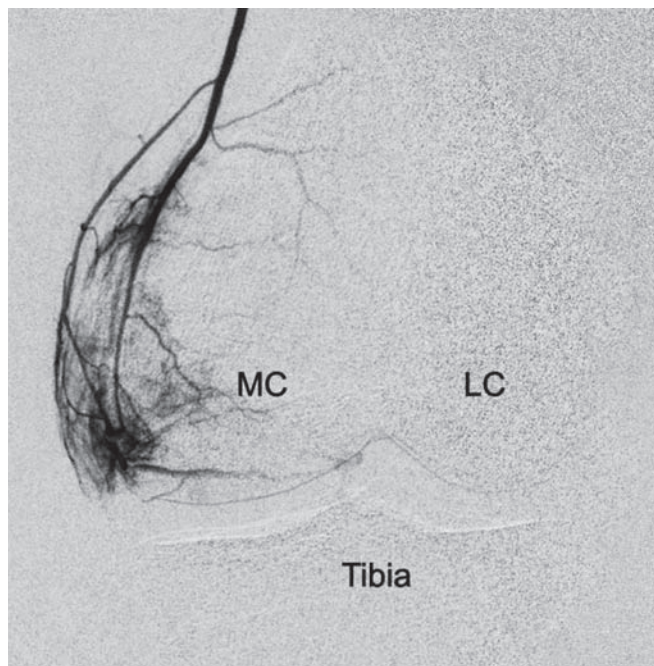
Popsáno bylo provedení GAE z různých přístupových tepen. Nejčastější je ale femorální antegrádní přístup s lokální anestézií a použitím 3–4F sheathu (2, 7, 10, 14–17, 24–28). Po intravenózním podání 2000 IU heparinu se ke katetrizaci distální arteria femoralis superficialis (AFS) a jednotlivých odstupů kolenních tepen se používají 3–4F kateetry tvaru JR a Cobra. Dále se provádí DSA každé kolenní arterie k identifikaci cílových patologických hyperemických okrsků s typickým obrazem („blush“) (obr. 3). Tyto hyperemické okrsky bývají při podání kontrastní látky během DSA pro pacienta obvykle bolestivé (10–20). Výskyt hyperemie může záviset na parametrech podání kontrastní látky, proto je nutné objem a rychlost aplikace kontrastní látky zaznamenávat. Autoři používají objem podané kontrastní látky 8–12 ml, který je podán rychlostí 2–4 ml/s (14–17). Někteří autoři považují využití CBCT ve spojení s DSA za užitečné pro zlepšení identifikace kolenních tepen během GAE, hlavně při použití permanentních embolizačních materiálů (31). CBCT má vyšší rozlišení a je citlivější na identifikaci malých cév/anastomóz, které by mohly být během DSA přehlédnuty a mohly by způsobit komplikace (28, 31, 32).

Ke katetrizaci každé kolenní arterie se pak používá selektivně mikrokatétr (obvykle 1,7–2,4F). Cílový bod embolizace se liší podle použitého embolizačního materiálu. Zatímco při dočasných embolizačních materiálech je cílem zastavení toku, při použití trvalých číidel je pak cílem pouze jeho zpomalení (14–17, 24). Před embolizací lze použít nitroglycerin ke zvýšení průtoku cílovou cévou a k vyvolání symptomů pacienta. Použití nitroglycerinu může ovlivnit objem podávaného embolizačního

3a



3b



**3** **Obraz po embolizaci kolenních arterií (a) a obraz patologického cévního zásobení (b)**  
**Image after embolization of the knee arteries (a) and image of pathological blush (b)**

MC – mediální kondyl femuru/medial condyle of the femur, LC – laterální kondyl femuru/lateral condyle of the femur (obrázek je ve vlastnictví Okuno et al., 2015/image courtesy of Okuno et al., 2015, doi: 10.1007/s00270-014-0944-8)

materiálu a mělo by být vždy hlášeno, resp. uváděno jeho použití ve studiích. Použití nitroglycerinu je zvažována zejména při přítomnosti významných vazospazmů (24).

### Embolizační materiály

Výběr embolizačních materiálů je variabilní a zahrnuje dočasné embolizační materiály, nejčastěji imipenem/cilastatin (IPM/CS) a trvalé částice, jako jsou Embozene (Varian, Palo Alto, Kalifornie), Embosphere (Merit, South Jordan, Utah) nebo HydroPearl (Terumo, Tokio, Japonsko), jejichž velikost se v literatuře pohybuje od 75 do 300  $\mu\text{m}$  (24). Směs antibiotika IPM/CS po naředění vytvoří mikrokristaly, které mechanicky ucpou terminální arterioly. Po několika hodinách se tyto mikrokristaly rozpouštějí. Trvalé embolizační materiály pozůstávají z kalibrovaných mikrosfér specifické velikosti vyrobených z různých syntetických polymerů. V krevním řečišti se nerozpouštějí.

V používání embolických látek existují geografické rozdíly, přičemž asijské krajiny upřednostňují použití IPM/CS, zatímco krajiny Evropy a USA používají převážně permanentní embolické látky. Tyto rozdíly vedly k vývoji nových dočasných embolizačních materiálů, jako je Nexsphere (Nextbiomedical, Yeon-su-gu, Incheon, Korejská republika)

a SakuraBead (CrannMed, Galway, Irsko). Tato nová dočasná činidla tvoří resorbovatelné mikrosféry vyrobené z hydratovatelné želatiny (25).

### Komplikace

Mezi lehké komplikace se řadí komplikace v místě vpichu (hematom) a přechodné změny prokrvení kůže (livedo reticularis) (5–10, 24). Padia et al. popsali dva případy klinicky asymptomatických fokálních kostních infarktů na tříměsíčním MR vyšetření, jeden v holenní kosti a druhý v česce při použití permanentních částic velikosti 100  $\mu\text{m}$  (30). Je třeba poznamenat, že Bagla et al. uvedli, že u dvou pacientů (10% z celkového vzorku) se při použití 75  $\mu\text{m}$  mikrosfér objevila plantární parestézie, která byla přičtena necílené embolizaci mediálního plantárního nervu. Tato nežádoucí událost nebyla pozorována u zbývajících pacientů, kteří byli léčeni 100  $\mu\text{m}$  sférami (14). V randomizované studii od Landers et al. bylo MR vyšetření provedeno na začátku studie a po 1 roce sledování, přičemž nebyla zjištěna žádná osteonekróza (16).

### DISKUSE

Embolizace genikulární arterie byla prvně zdokumentována jako léčba

rekurentní hemartrózy po TEP kolene v roce 2013 (5). Průkopníkem použití této metody u osteoartrózy kolene je japonský autor Okuno. Ten již v roce 2015 jako první publikoval studii o účinnosti GAE u pacientů trpících bolestí s mírnou až středně těžkou OA kolene (8). Do této počáteční pilotní studie bylo zařazeno jedenáct pacientů, z nichž osm podstoupilo GAE s použitím dočasné embolizace částicemi imipenemu/cilastatinu (IPM-CS) a tři podstoupili embolizaci s použitím 75  $\mu\text{m}$  permanentních embolizačních částic (Embozene; Varian Medical). Následná prospektivní studie Okuno et al. z roku 2017 na 72 pacientech prokázala významné zlepšení bolesti i funkčnosti kloubu po zákroku, které přetrvávalo až 2 roky od počáteční léčby. Tyto výsledky naznačují delší terapeutický účinek ve srovnání s intraartikulární injekcí s použitím kortikoidů či kyseliny hyaluronové (17). Několik následných studií prokázalo podobné výsledky (10, 11, 14).

Studie GENESIS, prospektivní pilotní studie provedená na 38 pacientech v jediném centru ve Velké Británii, zveřejnila v roce 2021 předběžné výsledky. Ve studii používali permanentní embolizační částice velikosti 100–300  $\mu\text{m}$ . Technická úspěšnost byla 84%. Výsledky prokázaly bezpečnost tohoto postupu, přičemž byly hlášeny pouze mírné přechodné komplikace (přechodné blednutí kůže v oblasti

Tab. 1. Přehled registrovaných studií zkoumající výsledek GEA (genicular artery embolisation)

Table 1. Overview of registered studies investigating the outcome of GEA (genicular artery embolization)

Název studie	Časový rámec studie	Stav	Sponzor	Místo
Transcatheter Arterial Embolization as a Treatment for Medial Knee Pain in Patients with Mild to Moderate Osteoarthritis	2012–2013	dokončeno	žádný	Tokio, Japonsko
Midterm Clinical Outcomes and MR Imaging Changes after Transcatheter Arterial Embolization as a Treatment for Mild to Moderate Radiographic Knee Osteoarthritis Resistant to Conservative Treatment	2012–2014	dokončeno	žádný	Tokio, Japonsko
Multicenter Randomized Sham Controlled Study of Genicular Artery Embolization for Knee Pain Secondary to Osteoarthritis	2018–2019	dokončeno	Medtronic & UNC	Falls Church, Virginia, USA
Genicular Artery embolisation in Patients with Osteoarthritis of the Knee (GENESIS)	2020–2024	dokončeno	Merit Medical Systems	Reading, UK
Genicular artery embolization for early-stage knee osteoarthritis: results from a triple-blind single-centre randomized controlled trial	2017–2019	dokončeno	žádný	Brisbane, Austrálie
Genicular Artery Embolization for the Treatment of Symptomatic Knee Osteoarthritis	2022–2024	dokončeno	Charité Berlin University Grant	Berlin, Německo
Genicular Artery Embolisation for Knee Osteoarthritis II (GENESIS II)	2022–2028	probíhá nábor	Varian (Siemens Healthineers)	Reading, UK
Genicular Artery Embolization vs. Nerve Ablation Intervention (GENI) for Knee Osteoarthritis	2023–2026	probíhá nábor	Queen's University	Kingston, Kanada
Genicular Artery Embolization Vs Observation for Symptomatic Knee Osteoarthritis (GRAVITY)	2023–2027	probíhá nábor	Varian Medical Systems	Santa Monica, USA
SakuraBead Used As Resorbable Embolic for Genicular Artery Embolization (SURE)	2024–2027	probíhá nábor	CrannMed	Raleigh, USA/Taškent, Uzbekistán
GAE Using Embosphere Microspheres Vs Corticosteroid Injections for Treatment of Symptomatic Knee OA (MOTION)	2024–2027	probíhá nábor	Merit Medical Systems	22 center po světě
Effect of Genicular Arteries Embolization in Symptomatic Knee Osteoarthritis LipioJoint-2 (LIPIOJOINT-2)	2024–2028	probíhá nábor	AP-HP	Paříž, Francie

GAE – embolizace kolenních tepen/genicular artery embolisation, OA – osteoartróza/osteoarthritis, IMP-CS – imipenem/cilastatin, VAS – vizuální analogová škála/visual analogue scale, KL – Kellgren & Lawrence klasifikace/Kellgren & Lawrence classification, WOMAC – Western Ontario and McMaster universities Arthritis Index

embolizace), a také přetrvávají klinické zlepšení po jednom roce (11). V roce 2024 byly zveřejněny dlouhodobé výsledky z klinické studie GENESIS, které potvrzují trvalé terapeutické účinky (snížení VAS a zvýšení KOOS skóre) GAE po 2 letech bez dalších dlouhodobých komplikací. Analýza WOMAC prokázala významné snížení synovitidy ( $p < 0,05$ ) bez výskytu osteonekrózy. Kromě toho nebyly pozorovány žádné další operační komplikace u pacientů, kteří po GAE podstoupili TEP kolene (15).

V roce 2022 byly výsledky první randomizované kontrolní studie provedené na 21 pacientech publikovány autory Bagla et al. Studie porovnávala snížení

příznaků s mírnou až středně těžkou OA po GAE ( $n = 14$ ) s falešným kontrolním zákrokem ( $n = 7$ ). Studie prokázala klinicky významné snížení bolesti a invalidity, resp. zlepšení funkčnosti kolenního kloubu po GAE při použití WOMAC a VAS skóre. Mezi limity studie patří malý počet pacientů a krátké sledovací období, přičemž u pacientů, kteří podstoupili falešný zákrok, nejsou k dispozici dlouhodobé výsledky po uplynutí 1 měsíce (14).

Za nejdůležitější randomizovanou studii se považuje studie od autorů Landers et al. na 58 pacientech (29 pacientů v intervenční a srovnávací skupině). Primární i sekundární sledovaný výsledek (míra bolesti a funkčnost

kloubu) nebyl mezi reálně léčenou a kontrolní skupinou významný. Analýza podskupin ale ukázala, že kompletní embolizace všech arterií s patologickým prokrvením přinesla významné zlepšení ve všech subkategoriích KOOS skóre ( $p = 0,012$ ). Tedy 76,5 % účastníků, kteří podstoupili GAE s kompletní embolizací všech arterií uvedlo, že se cítí mírně nebo výrazně lépe, oproti 37,9 % účastníků z kontrolní skupiny. Dle této studie GAE může přinést větší přínos než placebo, ale pouze v případě, že je provedena kompletní embolizace všech kolenních tepen. Jelikož se ale jedná o zjištění z analýzy podskupiny, je třeba provést další studie, aby se potvrdilo,

Typ studie	Kritéria zařazení	Embolizační materiál	Počet účastníků	Závažné komplikace
monocentrická, prospektivní pilotní studie (8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VAS &gt; 5</li> <li>• KL 1–2</li> <li>• konzervativní léčba ≥ 3 měsíce</li> </ul>	IMP-CS	11	0
monocentrická, prospektivní pilotní studie (17)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KL 1–3</li> <li>• bolest kolene</li> <li>• věk 40–80</li> <li>• VAS &gt; 5</li> </ul>	IMP-CS	72	0
multicentrická, randomizovaně kontrolovaná studie (14)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ≥ 18 let</li> <li>• KL 2–3</li> <li>• KOOS &gt; 40</li> <li>• VAS &gt; 4</li> <li>• WOMAC &gt; 40</li> <li>• bolest &gt; 6 měsíců navzdory konzervativní léčbě</li> </ul>	částice 75–100 μm	56	2 plantární parestezie (u 75 μm)
monocentrická, prospektivní pilotní studie (15)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ≥ 45 let</li> <li>• KL 1–3</li> <li>• bolest &gt; 6 měsíců navzdory konzervativní léčbě</li> </ul>	částice 100–300 μm	38	0
monocentrická, trojitě zaslepená randomizovaně kontrolovaná studie (14)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18–75 let</li> <li>• KL 2</li> <li>• VAS &gt; 4</li> <li>• konzervativní léčba ≥ 3 měsíce</li> </ul>	IMP-CS	59	0
monocentrická, retrospektivní (9)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• věk ≥ 18 let</li> <li>• symptomatická OA</li> <li>• bolest &gt; 6 měsíců navzdory konzervativní léčbě</li> </ul>	IMP-CS	333	0
monocentrická, randomizovaná kontrolní studie (GAE vs. sham) (18)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ≥ 45 let</li> <li>• KL 1–3</li> <li>• VAS ≥ 5</li> <li>• konzervativní léčba ≥ 3 měsíce</li> </ul>	částice 100 μm	110	/
monocentrická, randomizovaná kontrolní studie (GAE vs. ablace vs. sham) (19)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 40 let</li> <li>• OA ≥ 6 měsíců</li> <li>• konzervativní léčba ≥ 3 měsíce</li> </ul>	neuveдено	150	/
monocentrická, otevřená randomizovaná studie (20)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40–80 let</li> <li>• VAS &gt; 5</li> <li>• KL &gt; 2</li> <li>• konzervativní léčba ≥ 3 měsíce</li> </ul>	částice	100	/
dvouramenná, multicentrická RCT (GAE vs. steroidy) (21)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WOMAC ≥ 10</li> <li>• KL 1–3</li> <li>• věk 40–80 let</li> </ul>	SakuraBead resorbovatelné částice	89	/
multicentrická, prospektivní intervenční studie (22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ≥ 21 let</li> <li>• WOMAC ≥ 8</li> </ul>	částice (Embosphere)	264	/
multicentrická, fáze 3, randomizovaná kontrolní studie (23)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KL ≥ 2</li> <li>• VAS ≥ 4</li> </ul>	lipiodol	130	/

zda existuje účinek GAE závislý na dávce embolizačního činidla (16).

Autoři Zadelhoff et al. v randomizované kontrolní studii na 58 pacientech nezjistili žádný klinický účinek GAE u pacientů s mírnou až středně těžkou OA kolene. GAE mělo podobný účinek na snížení bolesti jako falešný zákrok v kontrolní skupině (3).

Recentně publikovaná největší retrospektivní studie na 333 pacientech od autorů Fleckenstein et. al. prokázala, že u pacientů se symptomatickou OA kolene může GEA poskytnout dlouhodobou úlevu od bolesti, zlepšení funkčních výsledků a zvýšení kvality života po dobu 12 měsíců (9).

V současné době několik registrovaných klinických studií a prospektivních studií hodnotí roli GAE u OA, včetně těch, které zkoumají nové embolizační látky (8, 11, 15–23). Přehled těchto studií je uveden v tabulce 1. Ačkoliv rané výsledky ukazují bezpečnost a krátkodobou účinnost, jsou zapotřebí další studie k ověření dlouhodobé bezpečnosti, trvanlivosti, k optimalizaci výběru pacientů, výběru embolizačního materiálu a technik podávání.

Dosavadní studie ukazují, že GEA má slibné výsledky při léčbě mírné až středně těžké bolesti kolenního kloubu u pacientů, u kterých po 3 měsících selhává konzervativní terapie (8, 9, 11, 17).

## ZÁVĚR

Embolizace kolenních arterií se jeví jako slibná, nová miniinvazivní metoda intervenční radiologie, která může zaplnit mezeru v léčbě pacientů s mírnou až středně těžkou artrózou kolenního kloubu. Tito pacienti nejsou vhodnými kandidáty pro totální endoprotézu nebo tuto operaci z různých důvodů odmítají. ●

## LITERATURA

1. **Landers S, Hely A, Harrison B, et al.** Protocol for a single-centre, parallel-arm, randomised controlled superiority trial evaluating the effects of transcatheter arterial embolisation of abnormal knee neovasculature on pain, function and quality of life in people with knee osteoarthritis. *BMJ Open* 2017; 7(5): e014266. Available from: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-014266>
2. **O'Brien S, Blakeney WG, Soares J.** Selective genicular artery embolization in the management of osteoarthritic knee pain – a narrative review. *Journal of Clinical Medicine* 2024; 13(11): 3256. Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm13113256>
3. **Zadelhoff TA, Bos P, Moelker A, et al.** Genicular artery embolisation versus sham embolisation for symptomatic osteoarthritis of the knee: a randomised controlled trial. *BMJ Open* 2024; 14(10): e087047. Available from: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-087047>
4. **Brown JM, Vandevaeer ZT, Cadoret D, Morrison JJ, Jahangiri Y.** Genicular Artery Embolization: A Technical Review of Anatomy, Pathophysiology, Current Experiences, and Future Directions. *J Clin Med.* 2025; 14: 2106. Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm14062106>
5. **Bagla S, Rhol KS, Van Breda A, Sterling KM.** Geniculate Artery Embolization in the Management of Spontaneous Recurrent Hemarthrosis of the Knee: Case Series. *J Vasc Interv Radiol.* 2013; 24: 439–442.
6. **Losina E, Paltiel AD, Weinstein AM, et al.** Lifetime Medical Costs of Knee Osteoarthritis Management in the United States: Impact of Extending Indications for Total Knee Arthroplasty. *Arthritis Care Res.* 2015; 67: 203–215.
7. **Epelboym Y, Mandell J, Collins JE, et al.** Genicular artery embolization as a treatment for osteoarthritis related knee pain: a systematic review and meta-analysis. *CardioVascular and Interventional Radiology* 2023; 46(6): 760–769. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00270-023-03422-0>
8. **Okuno Y, Korchi AM, Shinjo T, Kato S.** Transcatheter arterial embolization as a treatment for medial knee pain in patients with mild to moderate osteoarthritis. *CardioVascular and Interventional Radiology* 2015; 38(2): 336–343. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00270-014-0944-8>
9. **Fleckenstein FN, et al.** Genicular artery embolization for the treatment of symptomatic knee osteoarthritis. *Radiology* 2025; 316(1). Available from: <https://doi.org/10.1148/radiol.243648>
10. **Lee SH, et al.** Clinical Outcomes of Transcatheter Arterial Embolisation for Chronic Knee Pain: Mild-to-Moderate Versus Severe Knee Osteoarthritis. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2019; 42: 1530–1536.
11. **Little MW, et al.** Genicular artery embolization in patients with osteoarthritis of the knee (GENESIS) Using Permanent Microspheres: Interim Analysis. *Cardiovasc. Intervent Radiol.* 2021; 44: 931–940.
12. **Chau Y, et al.** Effectiveness of geniculate artery embolization for chronic pain after total knee replacement – a pilot study. *Journal of Vascular and Interventional Radiology* 2023; 34(10): 1725–1733. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2023.06.026>
13. **Taslakian B, et al.** Genicular Artery Embolization for Treatment of Knee Osteoarthritis Pain: Systematic Review and Meta-Analysis. *Osteoarthr. Cartil Open* 2023; 5: 100342.
14. **Bagla S, Piechowiak R, Sajjan A, et al.** Multicenter randomized sham controlled study of genicular artery embolization for knee pain secondary to osteoarthritis. *Journal of Vascular and Interventional Radiology* 2022; 33(1): 2–10.e2. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2021.09.019>
15. **Little MW, et al.** Genicular Artery Embolisation in Patients with Osteoarthritis of the Knee (GENESIS) Using Permanent Microspheres: Long-Term Results. *Cardiovasc. Intervent Radiol.* 2024; 47: 1750–1762.
16. **Landers S, Hely R, Hely A, et al.** Genicular artery embolization for early-stage knee osteoarthritis: results from a triple-blind single-centre randomized controlled trial. *Bone Jt Open* 2023; 4(3): 158–167. doi: 10.1302/2633-1462.43.BJO-2022-0161.R2.
17. **Okuno Y, Korchi AM, Shinjo T, Kato S, Kaneko T.** Midterm Clinical Outcomes and MR Imaging Changes after Transcatheter Arterial Embolization as a Treatment for Mild to Moderate Radiographic Knee Osteoarthritis Resistant to Conservative Treatment. *J Vasc Interv Radiol.* 2017; 28: 995–1002.
18. **Little MW.** Genicular Artery Embolisation in Patients with Osteoarthritis of the Knee II. Available from: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT05423587>
19. **Clinkard D, Menard A, Mann S.** Efficacy of Genicular Artery Embolization Compared to Sensory Deinnervation for the Treatment of Symptomatic Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. Available from: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT06166628>
20. **Padia S.** GRAVITY: Genicular Artery Embolization Versus Observation for the Treatment of Symptomatic Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. Available from: <https://www.clinicaltrials.gov/study/NCT04682652>
21. **CrannMed SakuraBead Used as Resorbable Embolic for Genicular Artery Embolization.** Available from: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT06550024>
22. **Bagla S, McAsey CJ, et al.** Multicenter, Prospective, Randomized, Controlled Trial Comparing Genicular Artery Embolization Using Embosphere Microspheres to Corticosteroid Injections for the Treatment of Symptomatic Knee Osteoarthritis: MOTION Study. Available from: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT05818150>
23. **Sapoval M.** A Randomized Sham-Controlled, Multicenter Trial on the Effect of Genicular Arteries Embolization in Symptomatic Knee Osteoarthritis. Available from: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT06497140>
24. **Ahmed O, Epelboym Y, Haskal ZJ, et al.** Society of interventional radiology research reporting standards for genicular artery embolization. *Journal of Vascular and Interventional Radiology* 2024; 35(8): 1097–1103. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2024.04.018>
25. **Brown JM, et al.** Genicular Artery Embolization: A Technical Review of Anatomy, Pathophysiology, Current Experiences, and Future Directions. *J Clin Med.* 2025; 14(6): 2106. doi: 10.3390/jcm14062106
26. **Gill SD, Hely R, Hely A, Harrison B, Page RS, Landers S.** Outcomes after Genicular Artery Embolization Vary According to the Radiographic Severity of Osteoarthritis: Results from a Prospective Single-Center Study. *J Vasc Interv Radiol.* 2023; 34(10): 1734–1739. doi: 10.1016/j.jvir.2023.06.016
27. **Olejárová M, Šléglová O, Dušek L, Vencovský J, Pavelka K.** Hodnocení funkčního postižení u pacientů s gonartrózou – validace české verze dotazníku WOMAC. *Čes. Revmatol.* 2005; 13(2): 47–53.
28. **Patel IJ, Rahim S, Davidson JC, et al.** Society of Interventional Radiology Consensus Guidelines for the Periprocedural Management of Thrombotic and Bleeding Risk in Patients Undergoing Percutaneous Image-Guided Interventions-Part III: Recommendations: Endorsed by the Canadian Association for Interventional Radiology and the Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe. *J Vasc Interv Radiol.* 2019; 30: 1168–1184.e1.
29. **Hadi M, Walker C, Desborough M, et al.** CIRSE Standards of Practice on Peri-operative Anticoagulation Management During Interventional Radiology Procedures. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2021; 44(4): 523–536. doi: 10.1007/s00270-020-02763-4
30. **Černá M, Roček M, Peregrin JH, Köcher M, Krajina A, Pádr R, et al.** Doporučení České společnosti intervenční radiologie ČLS JEP pro periprocedurální medicaci u endovaskulárních výkonů. *Ces Radiol.* 2018; 72(2): 71–75. doi: 10.55095/CesRadiol2018/012
31. **Rouzbahani M, Husnain A, Badar W, Ahmed O.** Genicular Artery Embolization: Embolic Material and Imaging Review. *Semin Intervent Radiol.* 2024; 41(3): 246–251. doi: 10.1055/s-0044-1788029
32. **Padia SA, Genshaft S, Blumstein G, et al.** Genicular Artery Embolization for the Treatment of Symptomatic Knee Osteoarthritis. *JBJS Open Access* 2021; 6: e21.00085.