

Andrej Juretič¹, Vid Vincenc Boc², Tadeja Kolar³, Pavel Kavčič⁴

Periferna znotrajžilna litotripsija: prikaz primera in pregled literature

Peripheral Intravascular Lithotripsy: Case Report and Literature Review

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: znotrajžilna litotripsija, endarterektomija, znotrajžilni arterijski poseg, periferna arterijska bolezen, skupna femoralna arterija

Predstavljamo uspešno uporabo znotrajžilne litotripsije pri zdravljenju močno kalciniranega aterosklerotičnega plaka leve skupne femoralne arterije pri 81-letni bolnici s periferno arterijsko boleznijo, ki je bila predhodno na istem arterijskem mestu že zdravljena s kirurško revaskularizacijo. Periferna znotrajžilna litotripsija je novejša metoda revaskularizacijskega zdravljenja močno kalciniranih aterosklerotičnih plakov, pri kateri kalcinacije v plakih razbijemo z uporabo nizkoenergjskih UZ-udarnih valov. Na ta način plak zmehčamo, kar omogoča lažje in učinkovitejše širjenje zožene arterije z navadnim balonskim katetrom. Čeprav je standardna metoda zdravljenja kalciniranih lezij skupne femoralne arterije kirurška endarterektomija, ki zagotavlja visoko dolgoročno prehodnost, lahko periferna znotrajžilna litotripsija predstavlja obetavno alternativo, predvsem pri starejših in polimorbidnih bolnikih, ki imajo večje tveganje za zaplete pri kirurškem zdravljenju. V prispevku predstavljamo tudi pregled doslej objavljenih znanstvenih prispevkov o uporabi znotrajžilne litotripsije pri zdravljenju perifernih arterij spodnjega uda. Literatura je zaenkrat precej omejena; naš primer predstavlja prvi dokumentirani primer uporabe te metode za zdravljenje skupne femoralne arterije v Sloveniji.

ABSTRACT

KEY WORDS: intravascular lithotripsy, endarterectomy, endovascular arterial procedure, peripheral arterial disease, common femoral artery

We report a case of successful use of peripheral intravascular lithotripsy in the treatment of a significantly calcified atherosclerotic plaque of the left common femoral artery in an 81-year-old patient with peripheral arterial disease and a history of surgical revascularization of the same arterial segment. Peripheral intravascular lithotripsy presents a relatively new approach to revascularization of heavily calcified plaques in peripheral arteries,

¹ Asist. Andrej Juretič, dr. med., Klinični oddelek za žilne bolezni, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana; andrej.juretic1@gmail.com

² Vid Vincenc Boc, štud. med. Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Vrazov trg 2, 1000 Ljubljana

³ Asist. dr. Tadeja Kolar, dr. med., Klinični oddelek za kirurgijo srca in ožilja, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana

⁴ Dr. Pavel Kavčič, dr. med., Klinični inštitut za radiologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana

in which low-energy ultrasonic shock waves are used to shatter the calcifications and thus soften the plaque. The softened plaques are then more easily dilated with a regular balloon catheter. The current gold standard for the treatment of calcified lesions of the common femoral artery is surgical endarterectomy, due to its high long-term patency. Peripheral intravascular lithotripsy may serve as a viable alternative, particularly in elderly and polymorbid patients who face an increased risk of complications from surgical interventions. In this report, we also provide an overview of the current published literature on the treatment of lower limb peripheral arteries using intravascular lithotripsy. The literature is still comparatively limited, and our case represents the first reported Slovenian case of common femoral artery treatment using this approach.

UVOD

Periferna arterijska bolezen (PAB) spodnjih udov je pogosta klinična manifestacija ateroskleroze in v razvitih državah, vključno s Slovenijo, predstavlja pomembno zdravstveno težavo. V letu 2019 je znašala prevalenca PAB v Evropi okrog 1,9 %, v Sloveniji pa 1,2 %, kar je približno 24.500 bolnikov (1). Osnovno zdravljenje PAB temelji na skrbnem nadzoru dejavnikov tveganja za aterosklerozo in preprečevanju ishemičnih dogodkov v koronarnem in karotidnem povirju, kot sta srčni infarkt in možganska kap, katerih tveganje je pri bolnikih s PAB povečano (2). Zdravljenje simptomov PAB, povezanih z ishemijo spodnjega uda, pa je odvisno od napredovalosti bolezni. Nove evropske smernice pri bolnikih z intermitentno klavdikacijo kot prvi ukrep priporočajo nadzorovani intervalni trening hoje, ki spodbudi razvoj naravnih kolateral in tako predstavlja učinkovito dolgoročno revaskularizacijo prizadetega uda (2). Napredovale oblike PAB, ki se običajno izrazijo z zelo kratko klavdikacijsko razdaljo (in tako preprečujejo izvedbo intervalnega treninga hoje) ali kot kronična kritična ishemija uda, pa zahtevajo revaskularizacijski poseg. Znotrajžilna revaskularizacija je zaradi manjše invazivnosti in izvedbe v lokalni anesteziji danes pogostejša od odprte kirurške revaskularizacije, ki zahteva splošno anestezijo in dolgotrajnejše okrevanje (3). Med indikacijami za kirurško revaskularizacijo spodnjega uda pa

ostajajo aortoiliakalna obstruktivna bolezen (sindrom Leriche), dolge zapore iliakalnih arterij in povrhnje femoralne arterije ter zapora skupne femoralne arterije (4).

Znotrajžilna litotripsija (angl. *intravascular lithotripsy*, IVL) je nov način zdravljenja močno kalciniranih zapor v koronarnih in perifernih arterijah. Predstavlja inovativno uporabo že obstoječe tehnologije, ki se sicer uporablja za zdravljenje ledvičnih in žolčnih kamnov (5, 6). Gre za minimalno invazivno metodo, pri kateri z vodilno žico na mesto kalcinirane lezije uvedemo poseben IVL-balonski kateter, ki ga priključimo na IVL-generator. Slednji ustvarja nizkoenergijske udarne valove, ki lomijo kalcijeve obloge, ob tem pa ne poškodujejo mehkih tkiv (notranja žilna plast oz. *tunica intima* ostaja intaktna). Plak, ki ga s pomočjo valov zmehčamo, nato lažje razširimo z navadnim balonskim kate trom oz. na mesto plaka lažje postavimo žilno opornico, če je ta potrebna (7).

V prispevku predstavljamo klinični primer periferne IVL in pregled doslej objavljen literature o IVL-zdravljenju perifernih arterij.

KLINIČNI PRIMER

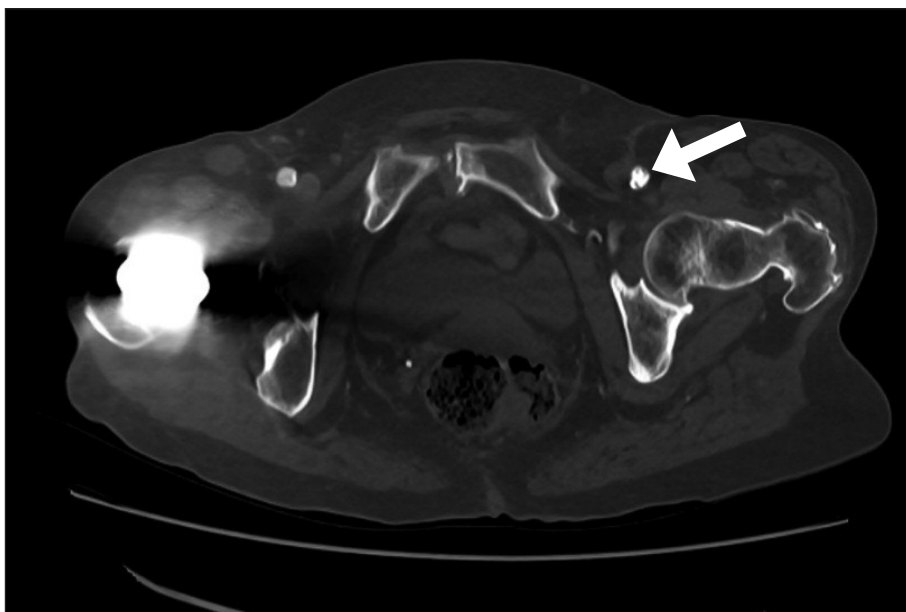
81-letna bolnica s povišanim krvnim tlakom, dislipidemijo, anamnezo dolgoletnega kajenja in znano PAB je tožila zaradi hudih bolečin v levih mečih, ki so nastopile že po nekaj korakih. Imela je že tri pred-

hodne revaskularizacijske posege na spodnjih okončinah, in sicer vstavitve žilne opornice v obe skupni iliakalni arteriji pred sedmimi leti, kirurško endarterektomijo desne skupne femoralne arterije pred šestimi leti in kirurško endarterektomijo leve skupne femoralne arterije pred petimi leti. Ob tokratni diagnostični obravnavi je CT-angiografija na levem spodnjem udu razkrila pomembno zoženo in močno kalcinirano skupno femoralno arterijo ter kronično zaporo povrhne femoralne arterije, ob tem pa prehodne iliakalne arterije in globoko femoralno arterijo (slika 1). Bolničina dokumentacija je bila predstavljena na angiokirurškem konziliju, ki je namesto ponovnega kirurškega zdravljenja predlagal znotrajžilno revaskularizacijo leve skupne femoralne arterije.

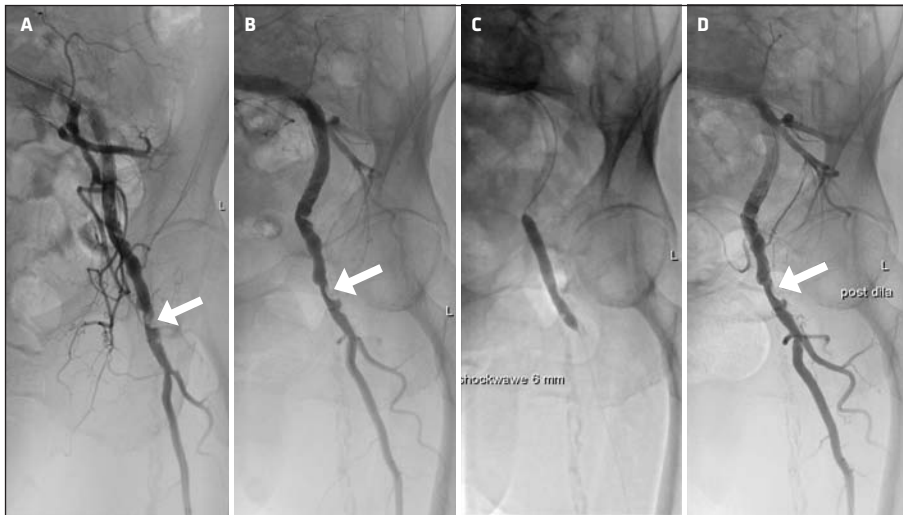
Ob sprejemu je bila bolnica hemodinamsko stabilna, z arterijskim tlakom 150/75 mmHg, utripom 70/min in 97-% nasičenostjo krvi s kisikom brez dodanega kisika. Tipna sta bila oba femoralna pulza,

a je bil levi šibek. Poplitealni in stopalni pulzi so bili obojestransko odsotni. Stopali sta bili topli in vitalni.

Znotrajžilno zdravljenje smo začeli z lokalno anestezijo v področju desnega femoralnega trikotnika. S pomočjo UZ-nadzora smo retrogradno punkturali desno skupno femoralno arterijo in nato kontralateralno uvedli žilno uvajalo širine 6 Frenchev (obseg 6,3 mm, zunanji premer 2 mm) in dolžine 45 cm. Za preprečitev nastanka strdka na uporabljenem materialu smo v arterijski sistem z uvajalom vbrzgal 2.000 enot standardnega heparina. Arteriografija je potrdila pomembno, močno kalcinirano zožitev leve skupne femoralne arterije (slika 2A). Zožitev smo najprej razširili z balonskim katetrom premera 5 mm (slika 2B), nato pa na mesto zožitve uvedli IVL-kateter premera 6 mm (slika 2C). Kateter smo priklopili na IVL-generator in sprožili štiri serije UZ-valov s po 30 pulzi. Po izvleku IVL-katetra smo mesto zožitve ponovno razširili z visokotlačnim balonom



Slika 1. CT-angiografija – prečni prerez v višini skupnih femoralnih arterij. Z belo puščico je označena kalcinirana zožitev leve skupne femoralne arterije.



Slika 2. Arteriografija leve spodnje okončine v ingvinalnem področju. A – Bela puščica prikazuje kalcinirano zožitev leve skupne femoralne arterije pred rekanalizacijo. B – Bela puščica prikazuje mesto zožitve po širjenju z balonskim katetrom premera 5 mm. C – Znotrajžilni litotripsijski balonski kateter premera 6 mm na mestu zožitve. D – Kontrolna arteriografija po posegu; bela puščica prikazuje do 30-%, hemodinamsko nepomembno rezidualno zožitev.

premera 6 mm. Za uporabo z zdravilom prevlečenega balona se zaradi slabše reabsorpcije paklitaksela ob še vedno prisotnih kalcinacijah nismo odločili (8). Kontrolna arteriografija je pokazala do 30-% hemodinamsko nepomembno rezidualno zožitev (slika 2D). Izvlekli smo kateter in vbdno mesto zašili s šivalnim sistemom. Po posegu je bil femoralni pulz levo dobro tipen.

Dan po posegu smo zdravljeno mesto pregledali z UZ, ki je prikazal prehodno levo skupno femoralno arterijo. Dopplerske meritve so potrdile, da preostala zožitev hemodinamsko ni pomembna. Gospa se je dobro počutila in je bila še isti dan odpuščena v domačo oskrbo. Poleg zdravil za zniževanje krvnega tlaka in urejanje lipidov, ki jih je prejela že ob sprejemu, smo ji predpisali antitrombotično zdravljenje s kombinacijo aspirina (100 mg/dan) in žilnega odmerka rivaroksibana (2,5 mg/12 ur) ter ji svetovali opustitev kajenja in izvajanje intervalnega treninga hoje.

Tri mesece po posegu je bolnica navaljala izrazito izboljšanje stanja s podaljša-

njem klavdikacijske razdalje na več sto metrov.

RAZPRAVA

Skupna femoralna arterija leži v bližini kolčnega sklepa in je zato med gibanjem izpostavljena mehanski deformaciji. Poleg tega turbulentni tok krvi in njeno vrtnčenje na mestu odcepitev globoke femoralne arterije ustvarjata strižno napetost, ki škodljivo deluje na žilno steno in nemalokrat vodi v nastanek kalciniranih plakov (9). Arterija je manj primerna za znotrajžilno revaskularizacijo, posebej za vstavev žilne opornice, ki bi bila zaradi gibov v kolčnem sklepu močno izpostavljena dislokaciji, deformaciji in zlomu (10). Zdravljenje izbora zato predstavlja kirurška endarterektomija. Skupna femoralna arterija je zaradi svoje površinske lege dobro dostopna in endarterektomija, ki jo lahko opravimo v lokalni ali splošni anesteziji, običajno traja od eno do dve uri, povprečno trajanje bolnišničnega zdravljenja pa je od tri do štiri dni. Uspešnost posega je od 95 do 100 %,

5-letna prehodnost zdravljenih arterij pa je med 60 in 100 % (11–13). Vendar pa je kirurški poseg lahko povezan z lokalnimi zapleti v področju operativne rane in tudi s povečanim tveganjem za smrt, na katerega poleg polimorbidnosti vpliva tudi bolnikova starost (14). Tako je raziskava o vplivu starosti na izid tovrstnega zdravljenja po sedmih letih opazovanja pokazala bistveno slabše preživetje pri bolnikih, starejših od 80 let, v primerjavi z mlajšimi (15,7 % proti 59,1 %). Starejši od 80 let so imeli tudi višjo 30-dnevno umrljivost (7,6 % proti 1,6 %) in več amputacij zdravljenega uda (2,9 % proti 0,7 %) (15).

Balonsko širjenje se pri zdravljenju skupne femoralne arterije ni izkazalo za uspešno – po letu dni je bila prehodnost ohranjena pri manj kot 60 % bolnikov, tri leta po zdravljenju pa pri manj kot 40 % bolnikov (16). Boljše rezultate kot balonsko širjenje je pokazala kombinacija uporabe žilne opornice in znotrajžilne aterektomije, z ohranjenostjo pri 88 % bolnikov po letu dni (17). Vendar pa ima znotrajžilna aterektomija več slabosti. Poleg že omenjene izpostavljenosti žilne opornice dislokaciji in deformacijam je povečano tveganje za nastanek distalne embolizacije, perforacije žilne stene in disekcije zdravljenega odseka arterije (14, 18, 19). Opornica v skupni femoralni arteriji tudi omeji možnost ponovne punkcije arterije v primeru potrebe po revaskularizaciji drugih arterijskih odsekov (20). Zaradi naštetih omejitev se za znotrajžilno revaskularizacijo skupne femoralne arterije danes odločimo zelo redko, najpogosteje pri bolnikih z visokim operativnim tveganjem in kratkimi nekalciniranimi lezijami (21).

IVL je bila prvič opisana leta 2019, ko je bila objavljena raziskava o njeni učinkovitosti pri zdravljenju bolnikov s koronarno boleznijo. V raziskavo je bilo vključenih 70 bolnikov z močno kalciniranimi plaki v koronarnih arterijah, zdravljenih v letih 2015 in 2016, pri katerih so z upo-

rabo IVL zmanjšali stenozo za več kot 80 % (22). Vzporedno s koronarno IVL so začeli izvajati tudi periferno IVL, in sicer za zdravljenje kalciniranih aterosklerotičnih plakov v arterijah spodnjega uda. Metaanaliza, objavljena leta 2021, je zajela 9 raziskav in pokazala, da lahko z uporabo periferne IVL pri revaskularizaciji arterij spodnjega uda zmanjšamo kalciniranost lezij za skoraj 60 %, ob tem pa je stopnja zapletov nizka; pretok omejujoča disekcija je tako nastala le v 1,25 % primerov (23). V metaanalizo je bila vključena tudi manjša raziskava, opravljena na 21 bolnikih, zdravljenih s periferno IVL femoralne arterije. Zdravljenje je bilo uspešno pri vseh bolnikih; povprečna preostala stenoza po posegu je znašala 21,3 %, s povprečnim akutnim prirastom lumna $3,1 \pm 1,3$ mm (0,7–5,2 mm). Med zapleti posega so zabeležili le pet hemodinamsko nepomembnih disekcij (24). Leta 2024 je bila objavljena večja raziskava Disrupt PAD III, ki je preučevala varnost in učinkovitost periferne IVL pri zdravljenju močno kalciniranih lezij v skupni femoralni arteriji. Vanjo je bilo vključenih 177 bolnikov s povprečno dolžino lezij 53,6 mm. S periferno IVL so dosegli pomembno zmanjšanje povprečne zožitve s 74,8 % na 23,6 %, do hemodinamsko pomembne disekcije pa je prišlo samo pri enem bolniku (25).

Pri naši bolnici je bil razlog za znotrajžilno revaskularizacijo poleg starosti predvsem pretekli kirurški poseg na mestu tokratne kalcinirane zožitve arterije. Ponoven kirurški poseg bi bil namreč zaradi pretekega tehnično zahtevnejši. Opisani primer predstavlja prvo uporabo periferne IVL pri zdravljenju skupne femoralne arterije v Sloveniji.

ZAKLJUČEK

Čeprav je kirurška endarterektomija povezana z večjim tveganjem za lokalne zaplete in s povečano pooperativno umrljivostjo, ostaja zaradi visoke dolgoročne prehodnosti metoda izbire pri zdravljenju

kalciniranih lezij skupne femoralne arterije. Periferna IVL pa predstavlja učinkovito alternativo kirurškemu zdravljenju. Zanj se zaradi večje varnosti, ki jo nudi, odločamo predvsem pri polimorbidnih bolnikih in bolnikih, starejših od 80 let, ki imajo povečano tveganje za zaplete po kirurškem zdravljenju. Poleg tega pa bi lahko bila njena izbira smiselna tudi pri ponovnih revaskularizacijskih posegih pri bolnikih, ki so že imeli predhodno kirurško zdravljenje skupne femoralne arterije.

VIRI FINANČNIH SREDSTEV, OPREME, ZDRAVIL

Za izvedbo obravnave so bili uporabljeni sredstva, oprema in zdravila iz rednih virov zdravstvene ustanove, brez dodatnega zunanjega financiranja.

IZJAVA AVTORJEV O MOŽNIH NAVZKRIŽJIH INTERESOV

Avtorji prispevka izjavljamo, da nobeden od nas nima navzkrižja interesov.

ETIČNA NAČELA

Bolnica je podala pisno privolitve za objavo predstavitev primera.

LITERATURA

1. ESC: prevalence of peripheral arterial disease, both sexes (per 100,000) [Internet]. ESC Atlas of Cardiology [citirano 2025 Apr 29]. Dosegljivo na: https://eatlas.escardio.org/Data/Cardiovascular-disease-morbidity/hs_prev_pad_std_100k_t_r-prevalence-of-peripheral-arterial-disease-both
2. Mazzolai L, Teixido-Tura G, Lanzi S, et al. 2024 ESC Guidelines for the management of peripheral arterial and aortic diseases. *Eur Heart J*. 2024; 45 (36): 3538–700. doi: 10.1093/eurheartj/ehae179
3. Goodney PP, Beck AW, Nagle J, et al. National trends in lower extremity bypass surgery, endovascular interventions, and major amputations. *J Vasc Surg*. 2009; 50 (1): 54–60. doi: 10.1016/j.jvs.2009.01.035
4. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, et al. Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). *J Vasc Surg*. 2007; 45 (1): S5–67. doi: 10.1016/j.jvs.2006.12.037
5. McAteer JA, Bailey MR, Williams JC, et al. Strategies for improved shock wave lithotripsy. *Minerva Urol Nefrol*. 2005; 57 (4): 271–87.
6. Davros WJ, Garra BS, Zeman RK. Gallstone lithotripsy: Relevant physical principles and technical issues. *Radiology*. 1991; 178 (2): 397–408. doi: 10.1148/radiology.178.2.1987600
7. Shockwave Medical Inc [internet]. Peripheral Intravascular Lithotripsy (IVL) Catheter Instructions for Use (IFU) [citirano 2021 Maj 24]. Dosegljivo na: https://shockwavemedical.com/wp-content/uploads/2019/02/PN-61773-Rev-B-S4-Peripheral-IVL-Catheter-IFU-US_WEBSITE-VERSION.pdf
8. Tzafiriri AR, Garcia-Polite F, Zani B, et al. Calcified plaque modification alters local drug delivery in the treatment of peripheral atherosclerosis. *J Control Release*. 2017; 264: 203–10. doi: 10.1016/j.jconrel.2017.08.037
9. O'Rourke M. Mechanical principles in arterial disease. *Hypertension*. 1995; 26 (1): 2–9. doi: 10.1161/01.hyp.26.1.2
10. Maleckis K, Anttila E, Aylward P, et al. Nitinol stents in the femoropopliteal artery: A mechanical perspective on material, design, and performance. *Ann Biomed Eng*. 2018; 46 (5): 684–704. doi: 10.1007/s10439-018-1990-1
11. Ballotta E, Gruppo M, Mazzalai F, et al. Common femoral artery endarterectomy for occlusive disease: An 8-year single-center prospective study. *Surgery*. 2010; 147 (2): 268–74. doi: 10.1016/j.surg.2009.08.004

12. Kang JL, Patel VI, Conrad MF, et al. Common femoral artery occlusive disease: Contemporary results following surgical endarterectomy. *J Vasc Surg.* 2008; 48 (4): 872–7. doi: 10.1016/j.jvs.2008.05.025
13. Chang RW, Goodney PP, Baek JH, et al. Long-term results of combined common femoral endarterectomy and iliac stenting/stent grafting for occlusive disease. *J Vasc Surg.* 2008; 48 (2): 362–7. doi: 10.1016/j.jvs.2008.03.042
14. Nguyen BN, Amdur RL, Abugideiri M, et al. Postoperative complications after common femoral endarterectomy. *J Vasc Surg.* 2015; 61 (6): 1489–94.e1. doi: 10.1016/j.jvs.2015.01.024
15. Uhl C, Götzke H, Zeman F, et al. Long-term outcome of common femoral artery endarterectomy in octogenarians and non-octogenarians. *Scand J Surg.* 2021; 110 (3): 400–6. doi:10.1177/1457496920907733
16. Johnston KW, Rae M, Hogg-Johnston SA, et al. 5-year results of a prospective study of percutaneous transluminal angioplasty. *Ann Surg.* 1987; 206 (4): 403–13. doi: 10.1097/00000658-198710000-00002
17. Stavroulakis K, Schwindt A, Torsello G, et al. Directional atherectomy with antirestenotic therapy vs drug-coated balloon angioplasty alone for common femoral artery atherosclerotic disease. *J Endovasc Ther.* 2018; 25 (1): 92–9. doi: 10.1177/1526602817748319
18. Giusca S, Lichtenberg M, Schueler M, et al. Safety, effectiveness and mid-term follow-up in 136 consecutive patients with moderate to severely calcified lesions undergoing phoenix atherectomy. *Heart Vessels.* 2021; 36 (3): 366–75. doi: 10.1007/s00380-020-01695-w
19. Davis T, Ramaiah V, Niazi K, et al. Safety and effectiveness of the Phoenix Atherectomy System in lower extremity arteries: Early and midterm outcomes from the prospective multicenter EASE study. *Vascular.* 2017; 25 (6): 563–75. doi: 10.1177/1708538117712383
20. Setacci C, de Donato G, Teraa M, et al. Chapter IV: Treatment of critical limb ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2011; 42 Suppl 2: S43–59. doi: 10.1016/S1078-5884(11)60014-2
21. Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. *J Vasc Surg.* 2019; 69 (6): 3S-12S.e40. doi: 10.1016/j.jvs.2019.02.016
22. Brinton TJ, Ali ZA, Hill JM, et al. Feasibility of shockwave coronary intravascular lithotripsy for the treatment of calcified coronary stenoses. *Circulation.* 2019; 139 (6): 834–6. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.036531
23. Wong CP, Chan LP, Au DM, et al. Efficacy and safety of intravascular lithotripsy in lower extremity peripheral artery disease: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2022; 63 (3): 446–56. doi: 10.1016/j.ejvs.2021.10.035
24. Brodmann M, Schwindt A, Argyriou A, et al. Safety and feasibility of intravascular lithotripsy for treatment of common femoral artery stenoses. *J Endovasc Ther.* 2019; 26 (3): 283–7. doi: 10.1177/1526602819844998
25. Shammam NW, Mangalmurti S, Bernardo NL, et al. Intravascular lithotripsy for treatment of severely calcified common femoral artery disease: Results from the disrupt PAD III observational study. *J Endovasc Ther.* 2024. doi: 10.1177/15266028241255622