

Direkcionálna aterektómia v liečbe kalcifikovaných lézií artériového systému dolných končatín

MUDr. Martin Sucháč¹, MUDr. Jozef Sivák, EBIR¹, MUDr. Katarína Kmet'ková², MUDr. Ivana Striežová², MUDr. Vladimíra Snopková², MUDr. Zuzana Bronerská², MUDr. Matej Vozár, MPH¹

¹Oddelenie rádiológie, Stredoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb, Banská Bystrica

²II. Klinika kardiológie a angiológie SZU, Stredoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb, Banská Bystrica

Direkcionálna aterektómia predstavuje významnú endovaskulárnu techniku v terapii komplexných kalcifikovaných lézií. Pri aterektómii dochádza k odstráneniu aterosklerotického plátu, čím sa zabezpečuje príprava cievy pred samotnou angioplastikou a tým znižuje riziko vzniku disekcie a reziduálnej stenózy spojených s potrebou implantácie stentu, čo minimalizuje riziko včasného a neskorého zlyhania endovaskulárnej terapie.

Kľúčové slová: periférne artériové ochorenie dolných končatín, endovaskulárna terapia, direkcionálna aterektómia, komplexné lézie

Directional atherectomy in the treatment of calcified lesions of the arterial system of the lower limbs

Directional atherectomy represents an important endovascular technique in the therapy of complex calcified lesions. During atherectomy, the atherosclerotic plaque is removed, which ensures the preparation of the vessel before the angioplasty itself and thereby reduces the risk of dissection and residual stenosis associated with the need for stent implantation, which minimizes the risk of early and late failure of endovascular therapy.

Key words: lower extremity arterial disease, endovascular therapy, directional atherectomy, complex lesions

Vask. med., 2022,14(2):73-78

Úvod

Prevalencia periférneho artériového ochorenia dolných končatín (PAO DK) v populácii dosahuje viac ako 20 % a vzhľadom na zvyšujúci sa vek populácie a výskyt rizikových faktorov (hlavne hypertenzia, dyslipidémia, diabetes mellitus, fajčenie) bude jeho incidencia a prevalencia naďalej narastať (1). Diagnózu stanovujeme na základe klinického a fyzikálneho vyšetrenia a upresňujeme pomocou zobrazovacích metód, akými sú farebná duplexná ultrasonografia, angiografia pomocou počítačovej tomografie alebo magnetickej rezonancie a konvenčná angiografia. Endovaskulárna terapia sa v posledných rokoch stala metódou voľby pri invazívnej terapii PAO DK (2). Napriek neustálemu vývoju endovaskulárneho inštrumentária predstavujú najmä komplexné kalcifikované lézie rizikový faktor včasného a neskorého zlyhania klasických endovaskulárnych techník.

Jedným z moderných konceptov endovaskulárnej terapie, ktorú umožňuje aj technika direkcionálnej aterektómie (DA), je takzvaný koncept „vessel preparation“ spočívajúci v príprave cievy pred samotnou angioplastikou (3).

Ďalším z takýchto konceptov je aj takzvaný koncept „leave nothing behind“, teda nič (v cieve) za sebou nezanechať.

V minulosti spočíval najmä v angioplastike pomocou liekom potiahnutých balónov (drug-coated balloons, DCB), avšak práve aterektómia umožňuje jeho využitie v plnej miere (4).

Direkcionálna aterektómia

Pri aterektómii dochádza k odstráneniu aterosklerotického plátu z cievy, čo vedie k zmenšeniu jeho objemu alebo jeho úplnému odstráneniu, a tak výrazne znižuje potrebu použitia stentu (5). Aterektómia taktiež vedie k modifikácii morfológie plátu, čo umožňuje následnú lepšiu penetráciu a difúziu liečiva do cievnej stený (6).

Kalcium nielenže obmedzuje účinnok angioplastiky a implantácie stentu, ale bráni aj preniknutiu a absorpcii antiproliferatívneho liečiva (7). Fanelli et al. (8) poukázali na fakt, že závažné kalcifikácie znižujú efektivitu DCB s vyššou stratou patencie v priebehu jedného roka v porovnaní s léziami s nezávažnými a stredne závažnými kalcifikáciami.

Klasická balónová angioplastika (plain old balloon angioplasty, POBA) a implantácia stentov majú vysokú incidenciu restenózy na základe elastického recoilu a intimálnej hyperplázie (9). Implantácia stentu môže tiež viesť k negatívnym dôsledkom, ako sú potenciál-

ne zníženie možností, resp. technickej úspešnosti ďalšej terapie, ale aj fraktúram stentu, ktoré sú spojené s vysokou mierou reoklúzie najmä v regiónoch vystavených vysokému mechanickému zaťaženiu (kĺbové spojenia) (10). Miera implantácie stentu po POBA sa podľa viacerých štúdií pohybuje v rozmedzí 10 – 43 % a iba 0 – 6,3 % po aterektómii (11).

Direkcionálna aterektómia (DA) v kombinácii s DCB (directional atherectomy with antirestenotic therapy, DAART) je jednou z možností komplexného riešenia periférnych artériových lézií (12).

Úlohou DCB pri DAART je zabezpečiť pretrvanie dobrého výsledku získaného počas zákroku oddialením restenózy pre neointimálnu hyperpláziu. Okrem toho znižuje lokálnu zápalovú reakciu s následnou aktiváciou krvných doštičiek v dôsledku mechanickej excízie plátu pomocou DA.

Zhen et al. (13) vo svojej metaanalýze potvrdili vysokú technickú úspešnosť s nízkou mierou periprocedurálnych komplikácií a s nízkou mierou bail-out stentingu. Výrazne kalcifikovaných lézií bolo až 53 % (100/189) a miera použitia stentu iba 4,8 % s technickým úspechom až 90,4 % (13).

DEFINITIVE AR štúdia poukázala na významné zlepšenie akútnych výsledkov pri DAART, ako sú reziduálna

stenóza, technická úspešnosť a miera vzniku disekcií. Zároveň potvrdila, že v porovnaní s použitím samotného DCB dosahuje DAART lepšie výsledky pri liečbe kalcifikovaných lézií a lézií dlhších ako 10 cm.

Vzhľadom na excelentné výsledky DCB pri krátkych a nekalcifikovaných léziách spočíva výhoda DAART najmä pri riešení komplexnejších lézií (5).

Pri „jednoduchých“ léziách sa stali DCB terapiou prvej línie. Aj keď dosahujú výborné výsledky v porovnaní s POBA, problémom stále zostávajú kalcifikácie, ktoré často v štúdiách nie sú dostatočne interpretované. Príprava cievy pomocou DA práve u týchto pacientov môže viesť k zníženiu potreby použitia stentu a zároveň zlepšeniu výsledku pomocou DCB (4). Komplexné lézie sú veľmi často prediktorom vzniku tok-limitujúcej disekcie a nutnosti použitia stentu (14).

Medzi komplikácie DA patrí najmä distálna embolizácia, ktorá je oveľa častejšia ako pri klasických endovaskulárnych postupoch (POBA, implantácia stentu, DCB) a perforácia. V metaanalýze bola incidencia distálnej embolizácie pri liečbe DAART 3,2 % pri 98 % použití distálnej emboloprotekcie. Klinicky významný makrodebris (> 2 mm) bol vo filtri evidentný v 90,1 % v porovnaní s 27,6 % pri klasických endovaskulárnych technikách. Z tohto vyplýva nutnosť použitia distálnej emboloprotekcie pri DA. Miera perforácie je 2,6 %, avšak takmer vždy je riešiteľná endovaskulárne, či už pomocou prolongovanej dilatácie balónovým katétrom alebo implantáciou stentgraftu (13, 15, 16).

Medzi kontraindikácie DA patrí terapia suprainguinálnych lézií, in-stent restenóz alebo oklúzií a čerstvých tromboembolických lézií.

Je pozoruhodné, že napriek výhodám odstránenia plátu, zníženej barotraumy a absencie cudzieho kovového materiálu, o ktorom je známe, že vyvoláva zápal, neznižila aterektómia sama osebe mieru restenózy v porovnaní so štandardnou endovaskulárnou terapiou. Avšak toto je možné pripísať charakteru porovnávacích štúdií, ktoré nezohľadňujú komplexnosť lézie, nemajú jasnú kvantifikáciu kalcifikácií, prípadne majú rôzne exklúzne kritériá, ktoré vyradia pacientov, ktorí by v konečnom dôsledku

mohli zmeniť výsledok najmä klasických endovaskulárnych techník. Stále zostáva dôležité určenie typu aterektómie z hľadiska selekcie pacienta a lézie. Každý typ aterektómie má špecifické výhody a nevýhody, ktoré môžu ovplyvniť technický úspech a primárnu patenciu po terapii rôznych lézií s rozličnou morfológiou (15).

Technika zákroku

Zvolenie techniky DA definitívne prichádza až po perioperačnej diagnostickú digitálnu subtrakčnú angiografiu (DSA), avšak jej potrebu môžeme predpokladať už pri neinvazívnych diagnostických metódach. Dôležité je všimnúť si už spomínanú komplexnosť lézií, najmä v zmysle výrazne kalcifikovaných a excentrických lézií, pri terapii ktorých DA dominuje.

Samotný zákrok začína zvolením vhodného miesta artériovej punkcie. Štandardne sa využíva transfemorálny prístup cez *arteria femoralis communis*.

Po zavedení zavádzacieho katétra nasleduje diagnostická DSA, na základe ktorej môžeme zhodnotiť charakter a komplexnosť lézie a definitívne zvolit' techniku DA.

Najvhodnejšia je intraluminálna rekanalizácia lézie vodičom s následným zavedením emboloprotekčného filtra distálne za léziu. Táto dĺžka musí byť pri DA minimálne 6 cm, pretože dĺžka špičky aterektomického katétra za samotným vysokootáčkovým rezacím mechanizmom je 5,9 cm. To môže predstavovať problém najmä pri terapii distálnych lézií *arteria poplitea* (obrázok 1).

Počas direkcionálnej aterektómie dochádza k odstráneniu plátu pomocou rotujúceho vysokootáčkového rezacieho mechanizmu aterektomického katétra a jeho natáčaním do preferovaného smeru umožňuje cieleňú aterektómiu. Primerané množstvo plátu sa odstráni iba opakovanou pasážou katétra. Odstránený plát sa ukladá do zberného kontajnera katétra, takže po niekoľkých pasážach je potrebné katéter vybrať a kontajner vyprázdniť, aby sa mohlo pokračovať v odstraňovaní plátu (obrázok 2, 3, 4) (15).

Pred ukončením zákroku je potrebná kontrolná DSA na vylúčenie distálnej embolizácie, ku ktorej mohlo dôjsť počas DA alebo extrakcie filtra.

Obrázok 1. Katéter na direkcionálnu aterektómiu - HawkOne™ - Medtronic, Minneapolis, Minnesota. A - celý systém, B - detail na distálny koniec katétra; modrá šípka - akumulátorový zdroj, ktorý sa spája s katétrom, červená šípka - preplachovací systém, žltá šípka - distálny koniec katétra, biela šípka - samotný rezací mechanizmus, čierna šípka - kontajner na odstránený plát



(zdroj: z archívu oddelenia rádiológie SÚSČCH, a. s.)

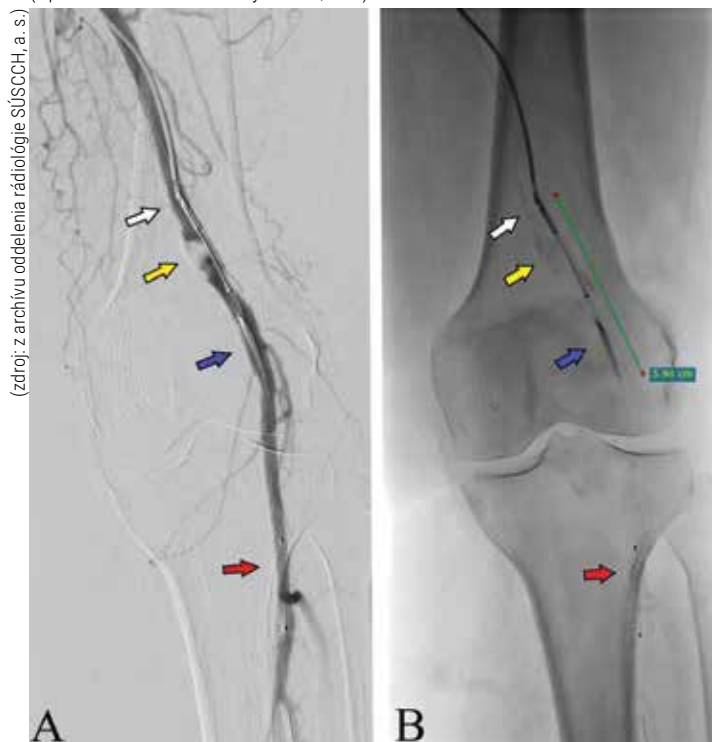
Po dosiahnutí optimálneho efektu na artériovom riečisku sa miesto vpichu štandardne uzatvára pomocou cievneho uzatváracieho systému.

Kazuistiky

Kazuistika 1

Prvá kazuistika poukazuje najmä na výrazný rozdiel v okamžitom aj dlhodobom efekte samotnej angioplastiky (napriek použitiu špeciálneho balónového katétra) a DA, pri terapii komplexnej výrazne kalcifikovanej lézie. Sedemdesiatpäťročný pacient s PAO DK - chronická končatinu ohrozujúca ischemia (*chronic limb threatening ischemia*, CLTI) vľavo (Rutherford 5/Fontaine IV), pred plánovanou amputáciou 3. prsta pre gangrénu, plánovaná intervencia na dosiahnutie následného zlepšenia hojenia amputačnej rany. V klinickom obraze

Obrázok 2. Katéter na direkcionálnu aterektómiu počas zákroku (Haw-koOne). A - DSA, B - natívny obraz z pôvodnej DSA; biela šípka - samotný rezací mechanizmus, žltá šípka - kalcifikovaná stenóza, modrá šípka - špička aterektomického katétra, červená šípka - emboloprotekčný filter (Spider FX™ - ev3 Inc. Plymouth, MN)

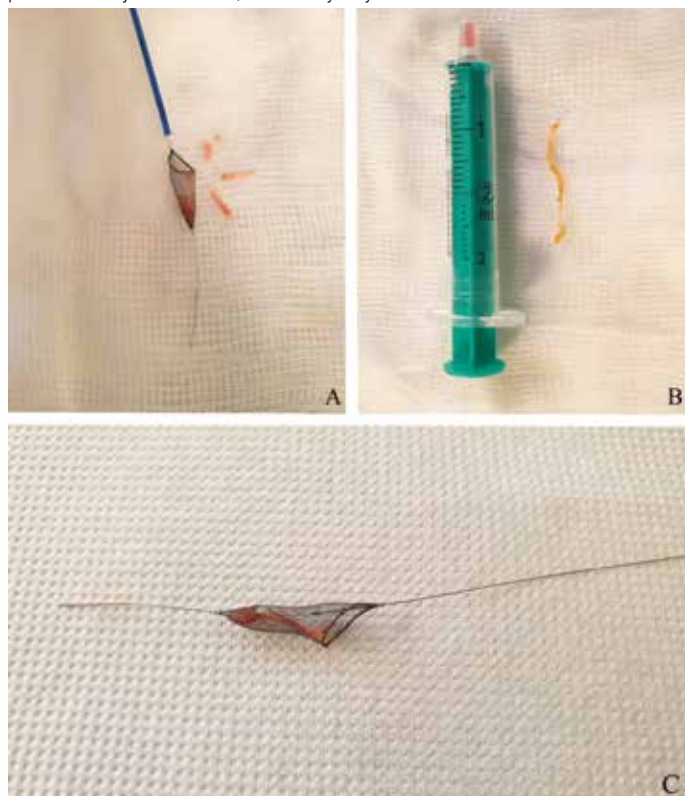


Obrázok 3. Zachytené kalcifikáty vo filtri (Spider FX) viditeľné na DSA

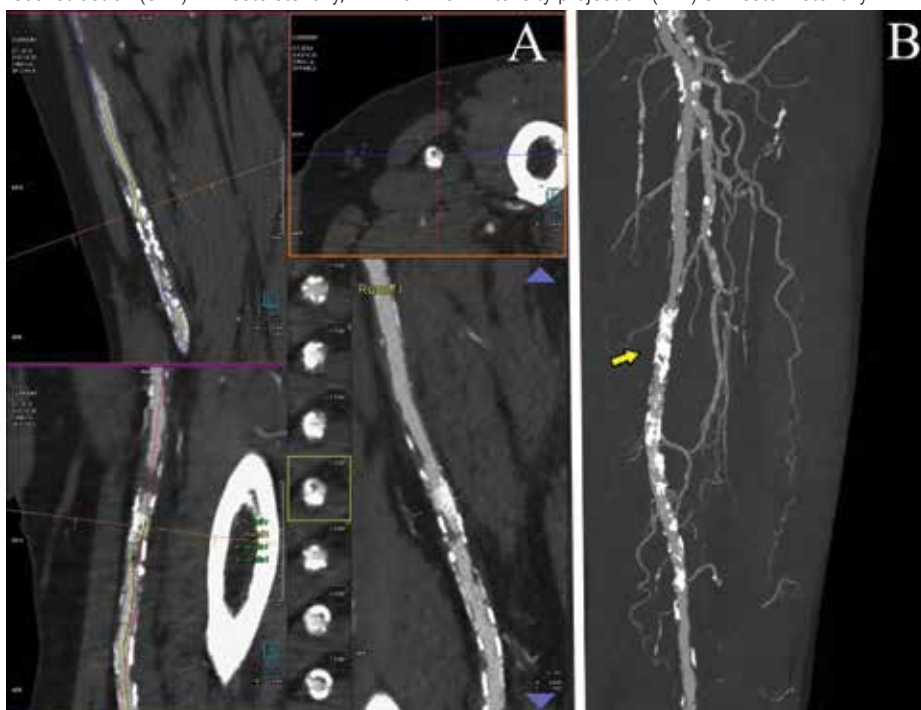


dominovala gangréna 3. prsta, pokojové nočné ischemické bolesti daného prsta, zároveň prítomné aj intermitentné klau- dikácie v lýtku ľavej dolnej končatiny po približne 50 metroch. Z anamnézy to bola artériová hypertenzia 2. stupňa ESH/ESC s veľmi vysokým pripočítateľným kardio- vaskulárnym rizikom, stredne významná aortálna stenóza s ejekčnou frakciou 45 %, diabetes mellitus 2. typu na kombinovanej terapii, dyslipidémia, obezita, chronická

Obrázok 4. Časti odstráneného plátu z cievy a debris vo filtri (Spider FX). A - zachytený debris vo filtri a časť plátu z kontajnera katétra, B - časť plátu z kontajnera katétra, C - zachytený debris vo filtri



Obrázok 5. Predoperačná CTA u prvého pacienta. A - multiplanárne rekonštrukcie (MPR) a curved planar reconstruction (CPR) v mieste stenózy, B - maximum intensity projection (MIP) s miestom stenózy

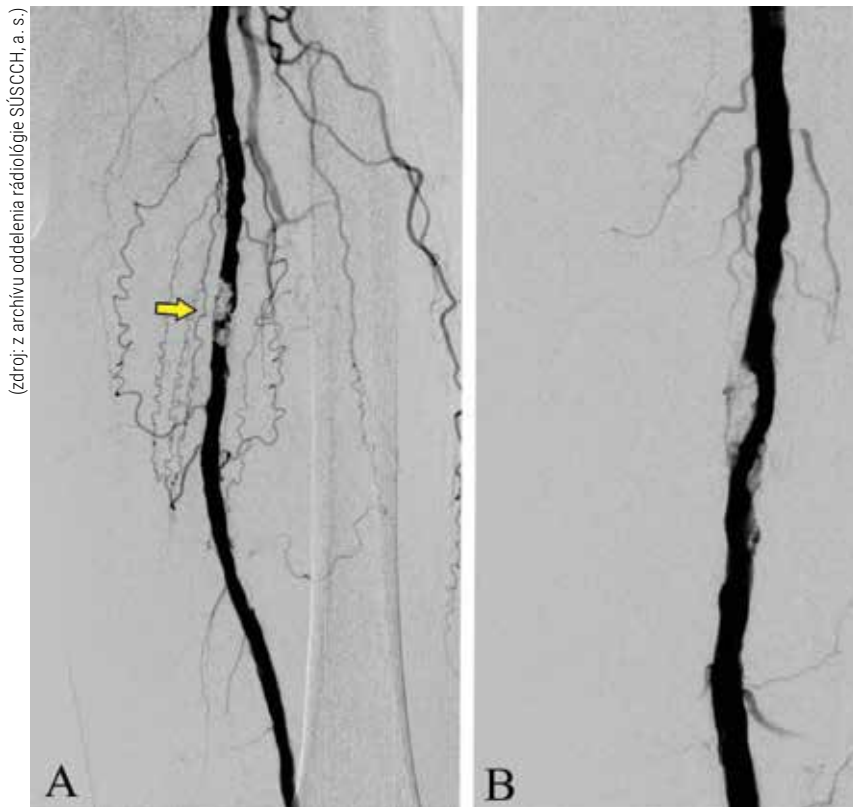


obličková choroba na podklade diabe- tickej nefropatie a vaskulárnej nefro- sklerózy, chronický nikotinizmus. Na CT angiografii (CTA) bola diagnostikovaná kritická výrazne kalcifikovaná 90 % ste- nóza strednej tretiny arteria femoralis superficialis vľavo, ktorá bola následne

verifikovaná aj u nás na farebnej duplexnej ultrasonografii (colour duplex ultrasound, CDUS) (obrázok 5).

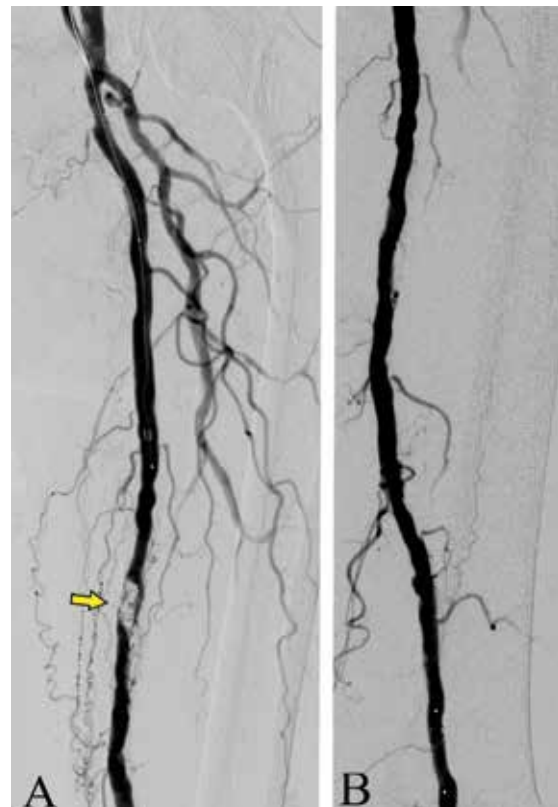
Na perioperačnej DSA na našom pracovisku z antegrádnej punkcie arte- ria femoralis communis bol nález veri- fikovaný a následne po intraluminálnej

Obrázok 6. DSA pred a po angioplastike u prvého pacienta. A – perioperačná diagnostická DSA, B – DSA po angioplastike



(zdroj: z archívu oddelenia rádiológie SÚSCCH, a. s.)

Obrázok 7. DSA pred a po DAART u prvého pacienta. A – perioperačná diagnostická DSA, B – DSA po DAART



(zdroj: z archívu oddelenia rádiológie SÚSCCH, a. s.)

rekanalizácii vzhľadom na nedostupnosť DA ošetrený prolongovanou dilatáciou špeciálnym balónovým katéterom (scoring katéter), ktorý sa používa najmä pri komplexných léziách na získanie väčšieho lumenu pri dilatácii a redukciu vzniku nekontrolovanej disekcie. Na DSA po angioplastike možno vidieť suboptimálny efekt napriek použitiu špeciálneho balónového katétra, zapríčinený najmä výrazným kalcifikátom. Za normálnych okolností by si situácia vyžadovala implantáciu stentu, avšak vzhľadom na charakter lézie by ani ten nedosiahol optimálny výsledok a nevyhli by sme sa určitej reziduálnej stenóze. Vzhľadom na plánované zavedenie DA na našom pracovisku a nález bez tok-limitujúcej disekcie vyžadujúci implantáciu stentu sme sa v tomto prípade rozhodli nález ponechať na sledovanie a v prípade včasnej recidívy pristúpiť k DA (obrázok 6).

Pacient bol prepustený na duálnej antiagregačnej terapii bez komplikácií s kontrolou na našej ambulancii o mesiac v prípade priaznivého vývoja klinického stavu. Pri ambulantnej kontrole o mesiac sme sledovali dobrý klinický efekt takmer s kompletne zhojenou amputačnou ranou, na CDUS pretrvávala

reziduálna stenóza okolo 50 % v mieste angioplastiky. Odporúčené bolo sledovanie v spädovej ambulancii. Približne rok od prvého zákroku u nás bol pacient opäť odoslaný na našu ambulanciu, tentoraz však s recidívou kliniky limitujúcich intermitentných klaudikácií, teda PAO DK Rutherford 3/Fontaine IIc. CDUS odhalila kritickú výrazne kalcifikovanú 90 % restenózu arteria femoralis superficialis vľavo. Amputačná rana bola v tom čase kompletne zhojená, avšak klaudikácie po niekoľkých metroch chôdze viedli k indikácii reintervencie. DSA z antegrádnej punkcie arteria femoralis communis verifikovala CDUS nález. Lézia bola intraluminálne rekanalizovaná so zavedením distálnej emboloprotekcie pomocou emboloprotekčného filtra (*Spider FX*). Následne sme pristúpili k opakovanej DA (*HawkOne*), počas ktorej bolo odstránené veľké množstvo kalcifikovaného plátu. Vzhľadom na výrazné kalcifikácie sme pre čo najväčšie získanie šírky lumen zvolili ešte prolongovanú dilatáciu špeciálnym (scoring) balónovým katéterom s následnou prolongovanou dilatáciou DCB. Výsledný efekt bol neporovnateľný s predchádzajúcim zákrokom so samotnou PTA, prakticky bez reziduálnej

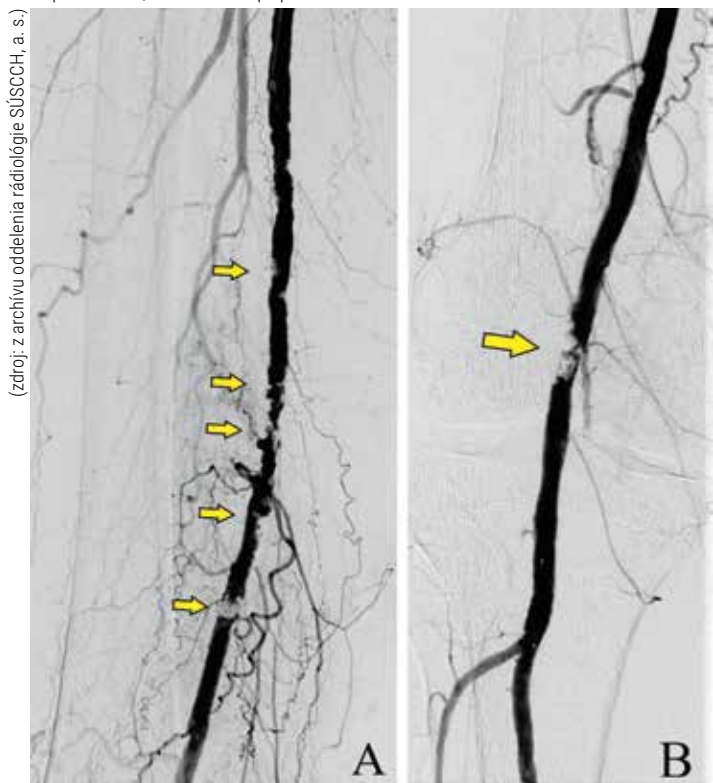
stenózy alebo disekcie, bez potreby implantácie stentu (obrázok 7).

Následne bol extrahovaný emboloprotekčný filter a realizovaná kontrolná DSA, ktorá vylúčila periférnu embolizáciu a miesto vpichu mohlo byť uzavreté pomocou cievneho uzatváracieho systému. Pacient bol prepustený bez komplikácií na duálnej antiagregačnej terapii po dobu 3 mesiacov, následne ponechaný na monoantiagregačnej terapii. Od zákroku je pacient bez klinickej recidívy a restenózy. DA nám pri reintervencii umožnila dosiahnuť optimálny výsledný efekt, bez reziduálnej stenózy či disekcie a bez potreby implantácie stentu, čo v prípade klasických endovaskulárnych techník nebolo možné.

Kazuistika 2

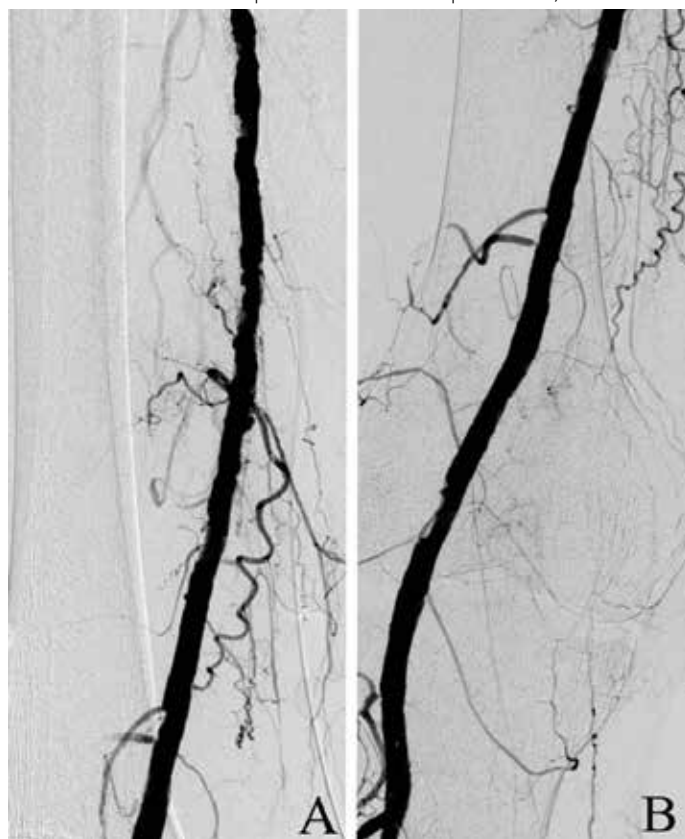
Druhá kazuistika je zameraná na použitie DA pri terapii výrazne kalcifikovaných tandemových lézií. Sedemdesiatročný pacient s PAO DK bilaterálne – vľavo klinicky asymptomatický nález, vpravo limitujúce intermitentné klaudikácie (Rutherford 3/Fontaine IIc) bez zlepšenia na konzervatívnej terapii, s ischemickou chorobou srdca po perkutánnej koronárnej intervencii, arté-

Obrázok 8. Perioperačná diagnostická DSA u druhého pacienta. Hemodynamicky významné výrazne kalcifikované stenózy, A – arteria femoralis superficialis, B – arteria poplitea



(zdroj: z archívu oddelenia rádiológie SÚSCCH, a. s.)

Obrázok 9. Kontrolná DSA po DAART u druhého pacienta. A, B



(zdroj: z archívu oddelenia rádiológie SÚSCCH, a. s.)

riovou hypertenziou 3. stupňa s veľmi vysokým pripočítateľným kardiovaskulárnym rizikom ESH/ESC, poruchou glukózovej tolerancie a dyslipidémiou. Pacient, 18-ročný nefajčiar, bol sledovaný na našej ambulancii pre dlhodo- bo stacionárny nález kolateralizovanej oklúzie v oblasti femoropopliteálneho prechodu vľavo – klinicky asymptomatická a postupné zhoršovanie nálezu na pravej dolnej končatine s nálezom tandemových preokluzívnych kalcifikovaných stenóz distálnej tretiny arteria femoralis superficialis a arteria poplitea, kde na CDUS bola prítomná monofázická nízkorezistenčná krivka s rýchlosťou toku iba 20 cm/s. Vzhľadom na jasný klinický a ultrasonografický nález bol pacient indikovaný na endovaskulárnu terapiu. Digitálna subtrakčná angiografia z antegrádnej punkcie arteria femoralis communis verifikovala CDUS nález. Lézie boli intraluminálne rekanalizované a vzhľadom na ich charakter bol zavedený emboloprotekčný filter (*Spider FX*) a zvolená technika DAART (systémom *HawkOne* a DCB) (obrázok 8).

Po opakovaných pasážach atero- tomickým katétrom boli postihnuté miesta ošetrované prolongovanou dilatá-

ciou špeciálnym balónovým katétrom a DCB. Na kontrolnej DSA sme verifikovali veľmi dobrý výsledný efekt, bez reziduálnych stenóz, tok-limitujúcich disekcií, a teda bez potreby implantácie stentu. Miesto vpichu bolo uzavreté pomocou cievneho uzatváracieho systému (obrázok 9).

Po zákroku došlo u pacienta k vymiznutiu klaudikácií a mohol byť prepustený bez komplikácií na duálnej antiagregačnej terapii po dobu 3 mesiacov, následne ponechaný na monoantiagregačnej terapii. Pacient je momentálne sledovaný na našej ambulancii, dosiahol viac ako 3 roky bez klinickej recidívy a restenózy so stacionárnym nálezom asymptomatickej oklúzie na druhej končatine. Vďaka DA sme u tohto pacienta opäť dosiahli optimálny výsledný efekt bez potreby implantácie stentu aj napriek tandemovým kalcifikovaným léziám. Aj v tomto prípade by sme sa pri klasických endovaskulárnych technikách s najväčšou pravdepodobnosťou nevyhli implantácii stentov v dlhom úseku arteria femoralis superficialis a najmä arteria poplitea, čo by výrazne zvýšilo riziko reinter- vencie ošetrovaného úseku.

Pri terapii najmä dlhých a výrazne kalcifikovaných lézií je potrebné si dať pozor na väčšie množstvo kalcifikovaného debris v emboloprotekčnom filtri, čo následne môže viesť k problému pri jeho extrakcii či už do extrakčného alebo zavádzacieho katétra. Takúto komplikáciu môžeme potenciálne vyriešiť použitím väčšieho extrakčného katétra alebo jej predísť použitím väčšieho zavádzacieho katétra. V extrémnych prípadoch môže byť riešením aj opakované vyčistenie emboloprotekčného filtra v priebehu zákroku.

Záver

Periférne artériové ochorenie je po ochorení koronárnych artérií a cievnej mozgovej príhode treťou najčastejšou príčinou morbidita a mortality spojenou s aterosklerózou. Endovaskulárna terapia predstavuje dnes zlatý štandard jeho invazívnej liečby. Jednou z limitácií klasických endovaskulárnych techník sú najmä komplexné kalcifikované lézie, ktoré môžu v konečnom dôsledku viesť k zlyhaniu endovaskulárnej terapie. Direkcionálna aterektómia poskytuje veľkú výhodu spočívajúcu v odstránení samotného aterosklerotického plátu, čo vedie k príprave cievy pred samotnou

angioplastikou, najčastejšie formou DCB. Túto výhodu môžeme využiť pri takmer akejkol'vek chronickej lézii, avšak jej najväčší zmysel spočíva v terapii komplexných lézií a takzvaných „no stent zones“, čiže miest, kde je za každú cenu snaha vyhnúť sa implantácii stentu, ako sú *arteria femoralis communis* a *arteria poplitea*, kde výrazne prispieva k moderným endovaskulárnym konceptom „*vessel preparation*“ a „*leave nothing behind*“. Dominantné postavenie má pri terapii excentrických kalcifikovaných lézií, kde presné nasmerovanie katétra smerom k lézii výrazne zlepšuje výsledný efekt a pri ktorých môžu zlyhať aj niektoré iné moderné techniky. Potvrdenie jej jedinečnej výhody klasickými štúdiami by si však vyžadovalo napríklad zohľadnenie komplexnosti lézií, presnú kvantifikáciu kalcifikácií a striktnú selekciu pacientov. Selekcii pacientov a lézií s cieľom získania čo najväčšieho benefitu z použitia tejto techniky bude vždy ostávať na operatórovi.

Autori vyhlasujú, že nemajú žiadny potenciálny konflikt záujmov.

Literatúra

1. Nativel M, Potier L, Alexandre L, et al. Lower extremity arterial disease in patients with diabetes: a contemporary narrative review. *Cardiovasc Diabeto*. 2018;17(1).
2. Hong MS, Beck AW, Nelson PR. Emerging National Trends in the Management and Outcomes of Lower Extremity Peripheral Arterial Disease. *Annals of Vascular Surgery*. 2011;25(1):44-54.
3. Tzafirri AR, Garcia-Polite F, Zani B, et al. Calcified plaque modification alters local drug delivery in the treatment of peripheral atherosclerosis. *Journal of Controlled Release*. 2017;264:203-210.
4. Shammam NW. Current Role of Atherectomy for Treatment of Femoropopliteal and Infrapopliteal Disease. *Interventional Cardiology Clinics*. 2017;6(2):235-249.
5. Zeller T, Langhoff R, Rocha-Singh KJ, et al. Directional Atherectomy Followed by a Paclitaxel-Coated Balloon to Inhibit Restenosis and Maintain Vessel Patency. *Circ: Cardiovascular Interventions*. 2017;10(9).
6. Stavroulakis K, Bisdas T, Torsello G, Argyriou A, Bollenberg L, Schwindt A. Optical coherence tomography guided directional atherectomy with antirestenotic therapy for femoropopliteal arterial disease. *J Cardiovasc Surg*. 2019;60(2).
7. Tepe G, Beschoner U, Ruether C, et al. Drug-Eluting Balloon Therapy for Femoropopliteal Occlusive Disease. *J Endovasc Ther*. 2015;22(5):727-733.
8. Fanelli F, Cannavale A, Gazzetti M, et al. Calcium Burden Assessment and Impact on Drug-Eluting Balloons in Peripheral Arterial Disease. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2014;37(4):898-907.
9. Cwikiel W. Restenosis after balloon angioplasty and/or stent insertion - origin and prevention. A review of the literature. *Acta Radiologica*. 2002;43(5):442-454.
10. Scheinert D, Scheinert S, Sax J, et al. Prevalence and clinical impact of stent fractures after femoropopliteal stenting. *Journal of the American College of Cardiology*. 2005;45(2):312-315.
11. Shammam NW, Coiner D, Shammam GA, Dippel EJ, Christensen L, Jerin M. Percutaneous Lower-extremity Arterial Interventions with Primary Balloon Angioplasty Versus SilverHawk Atherectomy and Adjunctive Balloon Angioplasty: Randomized Trial. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2011;22(9):1223-1228.
12. Stavroulakis K, Bisdas T, Torsello G, Stachmann A, Schwindt A. Combined Directional Atherectomy and Drug-Eluting Balloon Angioplasty for Isolated Popliteal Artery Lesions in Patients With Peripheral Artery Disease. *J Endovasc Ther*. 2015;22(6):847-852.
13. Zhen Y, Chang Z, Wang C, Liu Z, Zheng J. Directional Atherectomy with Antirestenotic Therapy for Femoropopliteal Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2019;30(10):1586-1592.
14. Shammam N, Coiner D, Shammam G, Jerin M. Predictors of Provisional Stenting in Patients Undergoing Lower Extremity Arterial Interventions. *Int J Angiol*. 2011;20(02):095-100.
15. Katsanos K, Spiliopoulos S, Reppas L, Karnabatidis D. Debulking Atherectomy in the Peripheral Arteries: Is There a Role and What is the Evidence? *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2017;40(7):964-977.
16. Shammam NW, Dippel EJ, Coiner D, Shammam GA, Jerin M, Kumar A. Preventing Lower Extremity Distal Embolization Using Embolic Filter Protection: Results of the PROTECT Registry. *Journal of Endovascular Therapy*. 2008;15(3):270-276.

MUDr. Martin Sucháč

Oddelenie rádiológie, SÚSCH
Cesta k nemocnici 1, 974 01 Banská Bystrica
suchac.martin@gmail.com