

Intervenčná rádiológia v liečbe periférnych artériovenózných malformácií

MUDr. Rastislav Bažík, MUDr. Tibor Balázs, MUDr. Ivan Vulev, PhD., MPH, FCIRSE, MUDr. Peter Drobny, MUDr. Juraj Mikuláš, MUDr. Jozef Bandžák, MUDr. Monika Mravcová, MUDr. Denisa Minárová, MUDr. Marek Tóth, MUDr. Táňa Banášová, MUDr. Miroslava Pířová

Centrum intervenčnej neurorádiológie a endovaskulárnej liečby, Bratislava

Periférne artériovenózne malformácie (AVM) reprezentujú percentuálne malú (incidencia jeden prípad na 100 000 obyvateľov), často však relatívne komplikovanú skupinu pacientov z hľadiska liečby. Intervenčná rádiológia poskytuje týmto pacientom efektívnu a bezpečnú možnosť liečby s minimálnym narušením integrity organizmu. V nasledujúcom texte vám chceme predstaviť možnosti intervenčnej rádiológie v manažmente periférnych AVM.

Kľúčové slová: periférne artériovenózne malformácie, liečba, intervenčná rádiológia

Interventional radiology in the treatment of peripheral arteriovenous malformations

Peripheral arteriovenous malformations (AVMs) represent a percentually small (with incidence of one case for 100 000 inhabitants), but often complicated group of patients in regard to treatment. Interventional radiology offers these patients an effective and safe alternative treatment modality with minimal violation of the organism integrity. In the following text we would like to introduce the possibilities of interventional radiology in the management of peripheral AVMs.

Key words: peripheral arteriovenous malformations, treatment, interventional radiology

Vask. med., 2018,10(2-3):76-80

Úvod

Artériovenózne malformácie (AVM) predstavujú abnormálne spojenia medzi tepnami a žilami, ktoré vznikajú následkom poruchy angiogenézy. Angioarchitektonicky ich charakterizuje prítomnosť centrálného nidu predstavujúceho zhluk cievnych štruktúr, v ktorom prebieha samotné skratovanie krvi, bez interponovaného kapilárneho riečiska. Vo väčšine prípadov sú prítomné už pri narodení, rastú simultánne so svojim nositeľom a môžu byť počas života ovplyvňované rôznymi faktormi (hormonálne zmeny, vonkajšia trauma, infekcie atď.) v zmysle ich progresie, ale aj regresie. Môžu vznikáť na ktoromkoľvek mieste v tele a podľa toho sa rôznia aj ich klinické prejavy (1, 3).

Artériovenózne malformácie patria do kategórie kongenitálnych cievnych malformácií (CVM), ktoré predstavujú všetky aberantné cievne štruktúry vznikajúce následkom poruchy angiogenézy. Kongenitálne cievne malformácie môžu involvovať ktorúkoľvek časť cievneho systému (artérie, kapiláry, žily, lymfatické cievy), prípadne ich kombinovať. Na rozdiel od cievnych tumorov väčšinou nevykazujú proliferatívnu aktivitu endotelu (1).

Ich prejavy môžu siahať od benígneho začervenania kože cez neprijemný šelest pri lokalizácii v oblasti hlavy a krku až po život ohrozujúce krvácanie či srdcové zlyhávanie z preťaženia (1). Donedávna predstavovala jedinou možnosť liečby cievnych malformácií chirurgická liečba. Táto však bola zatažená väčšou invazivitou, limitovaná pri hlboko alebo viscerálne lokalizovaných léziách, prípadne mala len dočasný a paliatívny charakter (ligácie tepien s nekontrolovateľným rozvojom kolaterálneho obehu). Najmä v posledných dvoch desaťročiach sa do liečby cievnych malformácií vo všetkých lokalitách zapája intervenčná rádiológia. Umožnil to najmä rozvoj pokročilých zobrazovacích techník, ktoré umožňujú intervenčnému rádiológovi dokonalé plánovanie výkonu, ako aj kontrolu počas samotného zákroku a po ňom. Nemenej dôležitá je znalosť anatomických pomerov, ktoré bývajú v prítomnosti AVM výrazne zmenené, v niektorých prípadoch až nečitateľné.

Klasifikačné systémy

Pri hodnotení CVM sa využívajú dva hlavné klasifikačné systémy, a to Mullikenov a Hamburgov. Mullikenov

Tabuľka. Schobingerova klasifikácia

Stupeň	Prejavy
I.	kožné zmeny, teplo
II.	šelest, pulzácia, hmatateľná expanzia
III.	st. II + bolesť, krvácanie, infekcia, ulcerácie
IV.	st. III + srdcové zlyhávanie z preťaženia

systém rozdeľuje kongenitálne malformácie na vysoko- a nízkooprietkové, čo je praktické najmä z hľadiska stratégie liečby. Hamburgová klasifikácia rozdeľuje lézie podľa ich hlavnej zložky (arteriálna, venózna, lymfatická atď.). Ďalej ich delí na trunkálne a extratrunkálne podľa toho, či vychádzajú z normálneho cievneho stromu alebo nie.

Klinické prejavy zohľadňuje klasifikácia podľa Schobingera (tabuľka). Zahŕňa štyri stupne od asymptomatických lézií (stupeň I) po vysokoprietkové malformácie spojené so srdcovým zlyhávaním (stupeň IV). Vo všeobecnosti by mali byť liečené všetky lézie stupeň III a IV. Ohľadom nižších stupňov sa názory na ich liečbu rôznia. Podľa niektorých autorov však približne polovica z nich progreduje do klinicky významného štádia (stupeň III a IV), čo ospravedlňuje ich preventívne ošetrenie (1, 3).

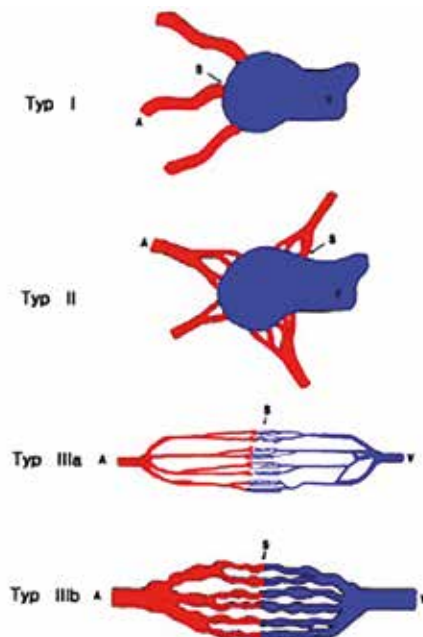
Zobrazovanie

Zo zobrazovacích metód sa pri AVM uplatňujú všetky modalities. Pri Dopplerovskom ultrazvuku môžeme pozorovať arterializovaný záznam vo venózných štruktúrach, ktorý naznačuje prítomnosť skratu. Klasická CT angiografia je limitovaná temporálnym rozlíšením (4, 5). V súčasnosti sa však čoraz viac začína uplatňovať 4D CT angiografia (6). Na našom pracovisku na tento účel štandardne využívame 640-rezový CT prístroj Toshiba Aquilion ONE GENESIS Edition, ktorý patrí k absolútnej špičke na poli počítačovej tomografie. Preferovanou modalitou pri neinvazívnom zobrazovaní cievnych malformácií však zostáva MR. Poskytuje informácie nielen o rozsahu AVM, ale detailne dokumentuje ich vzťah k okolitým anatomickým štruktúram. Pri plánovaní a hodnotení efektu liečby sa stala veľmi cenným nástrojom time-resolved MR angiografia (TR MRA) (7). Zlatý štandard však naďalej predstavuje diagnostická angiografia. Mala by sa vykonať takmer pri všetkých novozistených AVM a je mandatálnou pri všetkých léziách indikovaných na endovaskulárnu či perkutánnu liečbu. Poskytuje nielen detailné informácie o architektúre nidu, ktoré rozhodujú o spôsobe liečby, ale aj o prietokových pomeroch, zásobujúcich tepnách, derivujúcich žilách a ich komunikácii s normálnymi cievnyimi štruktúrami.

Endovaskulárna a perkutánna liečba

Cieľom endovaskulárnej alebo perkutánnej liečby, prípadne ich kombinácie je dosiahnuť uzáver nidu artériovenózne malformácie. Nidus predstavuje miesto, kde dochádza k samotnému skratovaniu krvi. Používané techniky a embolizačný materiál závisia od architektiky nidu, ako aj anatomického uloženia samotnej malformácie (8). Pri hodnotení architektiky sa využíva klasifikácia podľa Choa (obrázok 1), ktorá rozlišuje tri hlavné typy s ďalšími subtypmi. V podstate ide o Houdartovu klasifikáciu intrakraniálnych malformácií prispôbenú pre periférne AVM. Typ I predstavuje predstavuje artériovenóznou fistulu s menej ako troma prítokmi, typ II artériovenóznou s početnými prítokmi

Obrázok 1. Klasifikácia nidu podľa Choa



a solit. drénujúcou žilou, typ III predstavujú artériovenulózne skraty s nedilatovanými (podtyp a) a dilatovanými (podtyp b) fistulami.

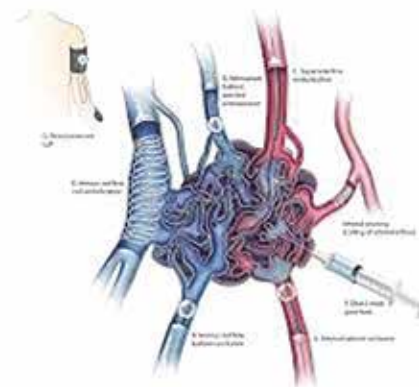
Voľba prístupu záleží od typu malformácie. Kým typ I je jednoducho ošetriteľný endovaskulárne alebo chirurgicky, ostatné už vyžadujú komplexnejší prístup. Pri type II dosahujeme najlepšie výsledky priamou punkciou, retrográdnym transvenóznym prístupom, eventuálne ich kombináciou. Typ III je dobre ošetriteľný z transarteriálneho prístupu a s použitím činidla so schopnosťou hlbokoj penetrácie do nidu. Typ III b opäť najlepšie odpovedá na kombináciu transarteriálneho prístupu a priamej punkcie. V praxi sa uvedené prístupy a techniky často kombinujú s cieľom dosiahnuť maximálny efekt liečby a minimalizáciu komplikácií (obrázok 2).

Embolizačné činidlá, ich výhody, nevýhody a komplikácie s nimi spojené

Z časového hľadiska rozdeľujeme embolizačné činidlá na dočasné a trvalé. Vzhľadom na zameranie článku sa nebudeme v opise venovať dočasným materiálom.

Permanentné činidlá zahŕňajú tkanivové lepidlo n-butyl-2-kyanoakrylát (Histoacryl, Trufill atd.), etylénvynylalkohol (Onyx, PHIL, Squid atd.), PVA a iné mikročastice, voľné a odpútateľné mikrošpirály. Úloha sklerotizačných či-

Obrázok 2. Rôzne prístupy pri endovaskulárnej alebo perkutánnej terapii cievnych malformácií

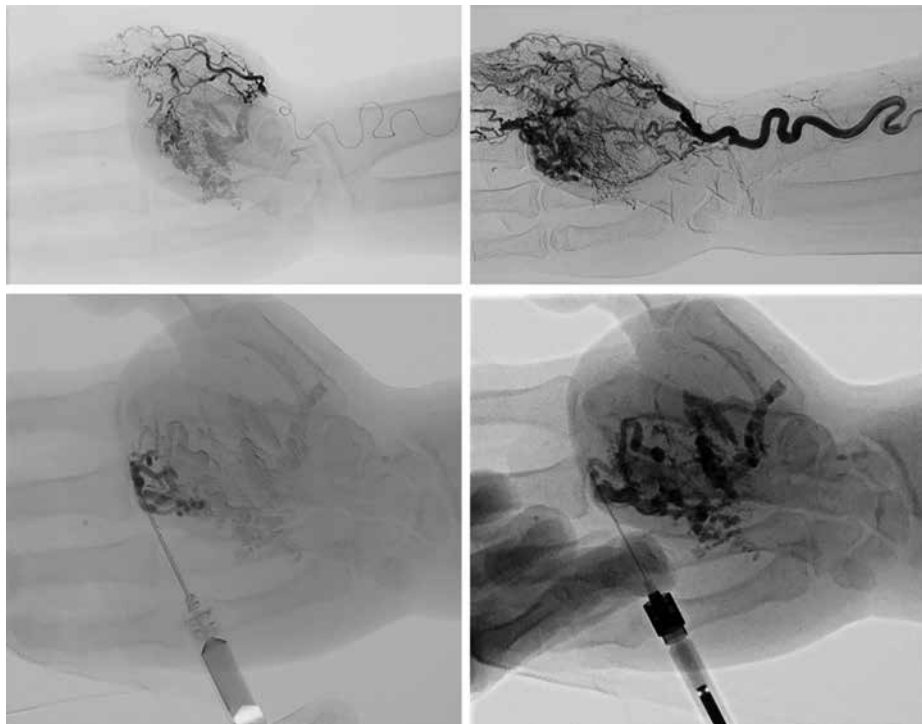


nidiel a absolútneho alkoholu v periférnej cirkulácii je veľmi individuálna pre ich potenciálne závažné nežiaduce účinky. Objektom štúdií sú aj cytotoxicky pôsobiace činidlá (napr. manitol, hypertenzná glukóza).

N-butyl-2-kyanoakrylát

Je to nekontrastná tekutá látka polymerizujúca v ionickom prostredí. Reakcia je exotermická a je katalyzovaná nukleofilmi v krvi a endotéliu. Po vytvrdnutí vytvára v cieve biologicky nedegradovateľný solídny odliatok. Ak tento kompletne vyplní cievne štruktúry nidu, môžeme AVM považovať za obliterovanú. NBCA dodatočne navodzuje zápalovú odpoveď v cievnej stene a jej okolí, čím navodzuje nekrózu a fibrotizáciu. Tieto procesy prispievajú k trvalému uzáveru embolizovaných štruktúr. NBCA má mnoho výhodných vlastností. Jeho nízka viskozita umožňuje používanie nízkoprofilového inštrumentária (1,5F a 1,3F) a hlbokú penetráciu do nidu. Na rozdiel od iných materiálov (etylénvynylalkohol) ide o adhezívum a nie kohezívum, čo pri správnej technike teoreticky redukuje možnosť rekanalizácie. Viskozitu a rýchlosť polymerizácie možno prispôbiť konkrétnej situácii. Keďže samotný NBCA je nekontrastný, pridáva sa na jeho pacifikáciu Lipiodol (prípadne Ethiodol). Tento ho nielen robí rádiokontrastným, mení zároveň jeho hustotu a rýchlosť polymerizácie. Vyšší obsah Lipiodolu predlžuje čas polymerizácie, čo nám umožňuje preniknúť do hlbokých častí skratu. V prvom slede teda robíme superselektívnu angiografiu prítoku. Po zhodnote-

Obrázok 3. Znázorňuje kombinovaný kanyláčny prístup a priamu punkciu. Spomalenie prietoku transarteriálne, následne vykonaná priama angiografia punkciou nidu s aplikáciou tekutého embolizačného činidla

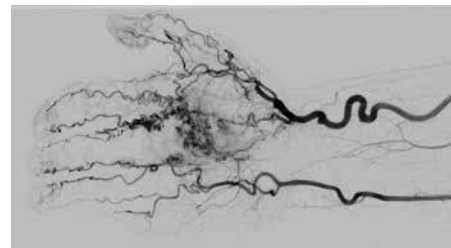


ni hemodynamiky si potom pripravíme embolizačnú zmes. Najčastejšie pomery siahajú od 1 : 1 po 1 : 4 (NBCA : Lipiodol). Nižšie riedenia vyhovujú rýchlo prietokovým AVM, vyššie umožňujú lepidlu preniknúť distálne pri pomalom prietoku. Príliš vysoký obsah Lipiodolu však robí zmes príliš viskóznou a môže spôsobovať jej intravaskulárnu disperziu na malé kvapôčky. Nízka koncentrácia lepidla nemusí stačiť na dostatočnú výplň nidu s rekanalizačným potenciálom. Alternatívnym spôsobom na spomalenie precipitácie je prídanie anhydridu kyseliny octovej (kyselina ľadová). Celú zmes môžeme dodatočne opacificovať tantalovým práškom. Pred aplikáciou sa mikrokátéter naplní 5 % glukózou a po aplikácii lepidla sa opätovne preplácha glukózou. Zmes treba pripravovať v bezkrvnom, neionickom prostredí za zvýšenej opatrnosti. Pri zasiahnutí očí môže dôjsť k vážnemu poškodeniu zraku. Reflux môže spôsobiť prilepenie mikrokatétra, čo však pri embolizácii periférnych malformácií nepredstavuje závažnú komplikáciu, rovnako ako zatečenie lepidla do derivujúcej žily či žíl. Medzi ďalšie komplikácie všeobecne patrí nechcená embolizácia s rozvojom ischemie či periférneho neurologického deficitu.

Etylénavinylalkohol

Je to tekuté kohezívne embolizačné činidlo, ktoré precipituje pri kontakte s krvou. Rádioopacitu zabezpečuje tantalový prášok, prípadne jód. Na rozdiel od uvedeného NBCA neadheruje k cievnej stene, ale vytvára odliatok lumen. Zápalová odpoveď je výrazne slabšia. Počas aplikácie ostáva jadro odliatku tekuté a umožňuje podľa potreby pridávať objem. Aplikácia môže trvať až niekoľko desiatok minút, umožňuje kontrolovanú embolizáciu aj objemných malformácií, čo patrí medzi jeho hlavné výhody (16). Jeho použitie vyžaduje použitie špeciálnych, DMSO (dimetylsulfoxid) kompatibilných mikrokátétrov. Iné katétre môže DMSO rozleptať, či dokonca rozpustiť. Pacienti môžu po embolizácii cítiť na jazyku niekoľko hodín cesnakovú chuť. Zápach v dychu a pokožky môže pretrvávajúť jeden až dva dni. Pred použitím sa katéter naplní DMSO, aby nedošlo k polymerizácii činidla už v jeho lumene. Následne sa naplní embolizačným činidlom a toto sa pomaly vytlačí náplňou DMSO, prípadne jeho ďalšími injekciami. Rovnako ako pri tkanivovom lepidle hrozí prilepenie mikrokatétra. DMSO, ako rozpúšťadlo rýchlo difunduje vo vodných roztokoch, čo ho robí ideálnym na embolizáciu. Má však nežiaduce

Obrázok 4. Výsledný efekt po kombinovanej endovaskulárnej a perkutánnej embolizačnej liečbe



Obrázok 5. Ten istý pacient pred zákrokom a mesiac po zákroku



účinky, medzi ktoré patria vazospazmy, angionekróza, trombóza a cievna ruptúra. Sú viazané na dávku a dĺžku kontaktu s endotelom. Nevznikajú, ak rýchlosť podávania nepresiahne 0,25 ml/90 sekúnd. Medzi všeobecné komplikácie patrí nechcená embolizácia s ischemickými či neurologickými následkami. Pri použití činidla obsahujúceho tantalový prášok môže dôjsť k tetovácii pri embolizácii v blízkosti kožného krytu. V súčasnosti sú už však dostupné činidlá obsahujúce jód, ktoré tento potenciálny nedostatok nevykazujú.

Volné mikrošpirály

Sú dostupné v rôznych priemeroch, tvaroch a dĺžkach. Ich trombogenicita môže byť zvýšená úpravou povrchu, najčastejšie prídanim polyestrových vlákien. Aplikujú sa vodičom alebo tlakom tekutiny. Medzi ich hlavné nedostatky patria tuhosť a horšia ovládateľnosť v porovnaní s odpútačnými mikrošpirálami.

Odpútačné mikrošpirály

Najčastejšie sa používajú na uzavretie intrakraniálne uložených aneuryziem a malformácií. Pre ich dobrú ovládateľnosť a konformabilitu sa však, aj napriek ich vyššej cene, uplatňujú aj pri liečbe periférnych malformácií. Vyrobené sú takmer výlučne z platiny. Dostupné sú v rôznych priemeroch, dĺžkach a s rôznym stupňom tvrdosti. Môžu mať jednoduchý 2D tvar alebo nadobúdajú po uvoľnení z mikrokatétra komplexné 3D štruktúry. Pre dosiahnutie maximálnej

náplne majú vnútri alebo na povrchu rôznu bioaktívnu úpravu (hydrogél alebo iné polyméry), ktorá im umožňuje zväčšiť svoj objem. Rovnako môžu obsahovať látky navodzujúce fibrózu, a tým napríklad zmenšenie vaku aneuryzmy. Odpútavajú sa najčastejšie elektrolyticky. Alternatívu tvoria mechanické a hydraulické odpútanie. Výhodou elektrolytického uvoľnenia je zvýšenie protrombotického účinku priťahovaním trombocytov na základe náboja. Hlavnou nevýhodou mikrošpirál je vytvorenie proximálneho uzáveru bez prieniku do nidu. Najčastejšie ich preto využívame len s cieľom znížiť prietok v malformácii s následnou embolizáciou lepidlom či iným tekutým činidlom (15).

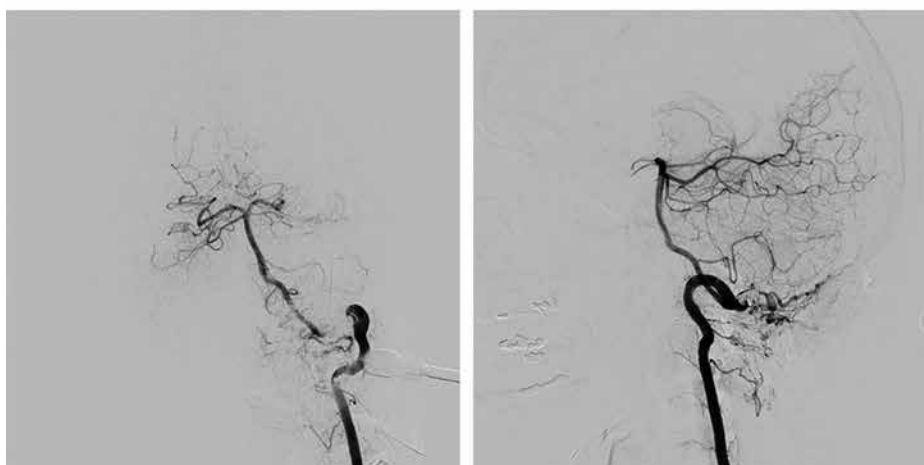
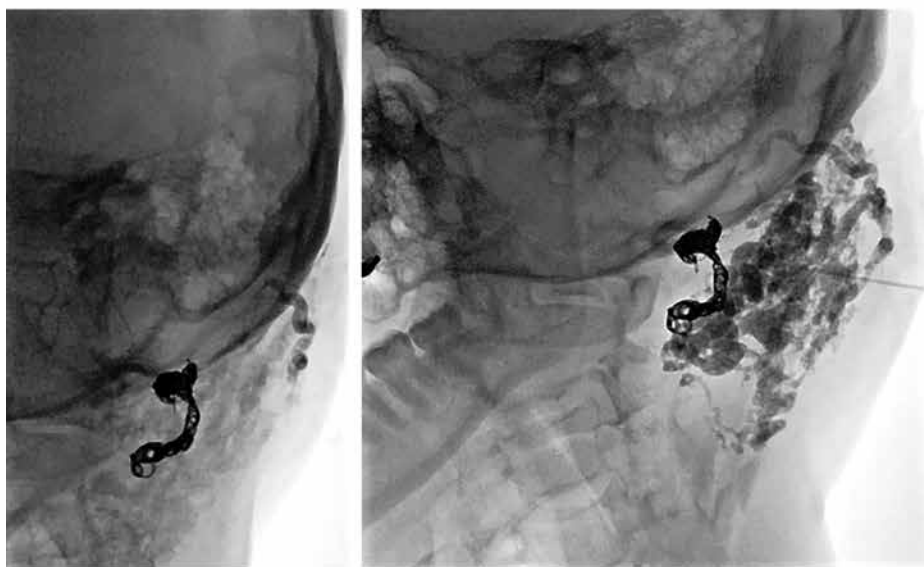
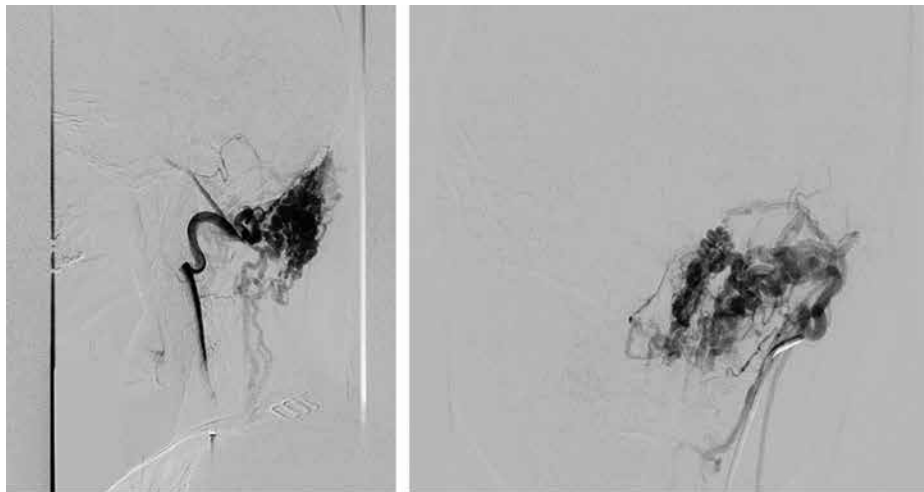
PVA a iné mikročastice

Sú dostupné vo veľkostiach 45 – 1 200 mikrometrov. Spôsobujú mechanickú oklúziu ciev s aktiváciou trombinu a fibroblastov. Používajú sa najčastejšie na embolizáciu tumorov a hemangiómov. Aplikujú sa v roztoku s kontrastnou látkou. Pre dosiahnutie distálneho uzáveru je potrebné použitie menších veľkostí a väčšieho riedenia. V menej riedenej suspenzii dochádza k ich zhlukovaniu s rizikom upchatia katétra, náhleho vypudenia s nechcenou embolizáciou do neinvolverovaných vetiev. Väčšie častice spôsobujú proximálny uzáver s vyšším rizikom včasnej rekanalizácie. Pri nechcenej embolizácii však nespôsobujú distálnu oklúziu a rozsah infarktu je menší. Vhodné sú na predoperačnú embolizáciu tumorov. Ich použitie pri embolizácii arteriovenózných malformácií je prakticky minimálne.

Absolútny alkohol

Najčastejšie sa používa pri liečbe nízkoprietokových AVM (primárne alebo po konverzii) a venózných malformácií. Pôsobí extrémne cytotoxicky, spôsobuje nekrózu endotelu s obnažením subendotelu a navodením trombózy (9, 10). Vzhľadom na tento fakt je vhodný na liečbu kongenitálnych lézií s proliferatívnou aktivitou endotelu (13). Ďalšou jeho výhodou je nízka viskozita, ktorá umožňuje dobrú penetráciu do nidu pri nízkoprietokových AVM a žilových malformáciách. Aplikácia môže byť z arteriálnej alebo venózne strany malformácie, prípadne

Obrázok 6. 36-ročná pacientka s vysokoprietokovou AVM šije, zásobovanou dominantne z nuchálnej vetvy a vertebralis, parciálne z a.occipitalis. Klinicky sa lézia prejavovala vertigami pri okrádaní krvi z VB povodia, šelestom a bolestivými opuchmi. V prvom slede bolo vykonané spomalenie prietoku embolizáciou dominantných prítokov z arteriálneho prístupu. Následne bola AVM embolizovaná priamou punkciou s aplikáciou tekutého embolizačného činidla. Po výkone okamžité vymiznutie šelestu a vertiginózných stavov.



Obrázok 7. Rôzne tvary mikrošpirál pre embolizáciu



Obrázok 8. PVA častice



priamou punkciou lézie pod ultrazvukovou alebo skiaskopickou kontrolou. Pred aplikáciou je vhodné vykonať skiagrafickú kalibráciu objemu lézie. Množstvo k.l. potrebnej na jej náplň potom koreluje s množstvom potrebnej alkoholovej náplne. Čas do navodenia trombózy je približne 5 až 10 minút, preto sú vhodné rôzne manévry na spomalenie prietoku. Pre výraznú bolesťivosť a potenciálne závažné nežiaduce účinky vyžaduje výkon v celkovej anestézii. Môže navodiť akútnu pľúcnu hypertenziu, arteriálnu hypertenziu s tachykardiou, hyperpyretickú reakciu. Lokálne komplikácie zahŕňajú vznik nekrózy s poškodením mäkkých častí a periférnych nervov pri paravazácii. Maximálna dávka sa pohybuje u dospelých od 1 do 1,5 ml na kilogram hmotnosti v jednom sedení (11, 12), preto je niekedy potrebné liečbu rozdeliť do viacerých sedení.

Manitol, hypertonická glukóza

Použitie hypertonického roztoku manitolu či glukózy je zatiaľ experimentálne. Využíva sa cytotoxický efekt na endotel pri pomalom prietoku v cievach malého kalibru. Boli použité na liečbu meningeómov zásobovaných tepnami (a.chorioidea anterior, tr. inferolateralis atd.) neumožňujúcimi embolizáciu tradičnými činidlami. Princíp spočíva v superselektívnej kanylácii tepny a následnej 20- až 30-minútovej infúzii manitolu či glukózy. Cytotoxické pôsobenie spôsobí trvalú nekrózu endotelu s navodením trombózy. Na našom pracovisku tieto činidlá využívame najmä pri embolizácii hemangiómov pečene, v kombinácii s PVA časticami.

Záver

Intervenčná rádiológia výrazným spôsobom zasiahla do liečby periférnych

cievnych malformácií. Či už samotná, alebo v rámci multidisciplinárneho prístupu, v súčasnosti umožňuje liečbu v minulosti neriešiteľných pacientov. Bez preháňania tak možno povedať, že pri daných diagnózach sa zaradila medzi plnohodnotné liečebné modalit, ak sa nestala modalitou vedúcou. Na našom pracovisku CINRE, s. r. o., sme v roku 2018 ošetrili 27 pacientov s periférnymi artériovenóznymi malformáciami. U 22 pacientov sme dosiahli kompletný uzáver AVM, pri troch pacientoch nebol kompletný uzáver možný vzhľadom na vysoké riziko ischemických komplikácií pre výrazne zmenené anatomické pomery, jedna pacientka bola riešená v spolupráci s pracoviskom plastickej chirurgie, jeden pacient sa nedostavil na kontrolu. Celkovo u nás pacienti podstúpili jedno až štyri sedenia embolizačnej liečby s priemerným počtom dvoch zákrokov. Kontroly po liečbe sa na našom pracovisku vykonávajú výlučne formou DSA. Celkovo možno výsledky endovaskulárnej a perkutánnej liečby periférnych cievnych malformácií označiť za veľmi povzbudzujúce. Kľúčovou však naďalej ostáva správna selekcia pacientov, dôkladná diagnostika a plánovanie liečby, ako aj ochota pacienta spolupracovať a podstúpiť viaceré sedenia, ak to je potrebné.

Literatúra

1. Lam K, Pillai A, Reddick M. Peripheral arteriovenous malformations: Classification and endovascular treatment. *Appl Radiol*. 2017;46(5):15-21.
2. Dubois J, Garel L. Imaging and therapeutic approach of hemangiomas and vascular malformations in the pediatric age group. *Pediatr Radiol*. 1999;29(12):879-893.
3. Legiehn GM, Heran MK. Classification, diagnosis, and interventional radiologic management of vascular malformations. *Orthop Clin North Am*. 2006;37(3):435-474.
4. Mulligan PR, Prajapati HJS, Martin LG, et al. Vascular anomalies: classification, imaging characteristics and implications for interventional radiology treatment approaches. *Br J Radiol*. 2014;87(1035):20130392.

5. Bittles MA, Sidhu MK, Sze RW, et al. Multidetector CT angiography of pediatric vascular malformations and hemangiomas: utility of 3-D reformatting in differential diagnosis. *Pediatr Radiol*. 2005;35(11):1100-1106.
6. Willems PW, Taeshineetanakul P, Schenk B, et al. The use of 4D-CTA in the diagnostic work-up of brain arteriovenous malformations. *Neuroradiology*. 2012;54(2):123-131.
7. Herborn CU, Goyen M, Lauenstein TC, et al. Comprehensive time-resolved MRI of peripheral vascular malformations. *AJR Am J Roentgenol*. 2003;181(3):729-735.
8. Park KB, Do YS, Kim DI, et al. Predictive factors for response of peripheral arteriovenous malformations to embolization therapy: Analysis of clinical data and imaging findings. *J Vasc Interv Radiol*. 2012;23(11):1478-1486.
9. Vogelzang RL, Atassi R, Vouche M, et al. Ethanol embolotherapy of vascular malformations: clinical outcomes at a single center. *J Vasc Interv Radiol*. 2014;25(2):206-213; quiz 214.
10. Pekola J, Lappalainen K, Vuola P, et al. Head and neck arteriovenous malformations: Results of ethanol sclerotherapy. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2013;34(1):198-204.
11. Ko JS, Kim JA, Do YS, et al. Prediction of the effect of injected ethanol on pulmonary arterial pressure during sclerotherapy of arteriovenous malformations: Relationship with dose of ethanol. *J Vasc Interv Radiol*. 2009;20(1):39-45.
12. Shin BS, Do YS, Cho HS, et al. Effects of repeat bolus ethanol injections on cardiopulmonary hemodynamic changes during embolotherapy of arteriovenous malformations of the extremities. *J Vasc Interv Radiol*. 2010;21(1):81-89.
13. Lee BB, Do YS, Byun HS, et al. Advanced management of venous malformation with ethanol sclerotherapy: Mid-term results. *J Vasc Surg*. 2003;37(3):533-538.
14. Ko JS, Kim CS, Shin BS, et al. Changes in pulmonary artery pressures during ethanol sclerotherapy for arteriovenous malformations: identifying the most vulnerable period. *Clin Radiol*. 2011;66(7):639-644.
15. Rosen RJ, Nassiri N, Drury JE. Interventional management of high-flow vascular malformations. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2013;16(1):22-38.
16. Numan F, Omeroglu A, Kara B, et al. Embolization of peripheral vascular malformations with ethylene vinyl alcohol copolymer (Onyx). *J Vasc Interv Radiol*. 2004;15(9):939-946.

MUDr. Rastislav Bažík

CINRE, s. r. o.
 Tematínska 5/1, 851 01 Bratislava
 rastislav.bazik@cinre.sk