

Perkutánná endovaskulárna liečba ochorení aorty – odkiaľ a kam smerujeme?

MUDr. Ivan Vulev, PhD., MPH, FCIRSE, MUDr. Tibor Balázs, MUDr. Rastislav Bažík, MUDr. Peter Drobný, MUDr. Juraj Mikuláš, MUDr. Silvia Kissová, MUDr. Ernest Marton, MUDr. Tatiana Banášová, MUDr. Marek Tóth, MUDr. Peter Michalka, PhD.

Centrum intervenčnej neurorádiológie a endovaskulárnej liečby, Bratislava

Cieľ: Porovnanie vybraných parametrov perkutánnej endovaskulárnej liečby (PEVAR) u pacientov Cinre v období za 10 mesiacov (od 1. 1. do 1. 11. 2018). Sledovali sme skladbou porovnateľné EVAR výkony rôznej technickej a časovej náročnosti a porovnávali ich vo vybraných parametroch s cieľom identifikovať a kvantifikovať prípadný prínos 3D navigácie PEVAR (nPEVAR) v porovnaní s doterajšou 2D PEVAR navigáciou.

Materiál a metódy: V sledovanom období sme postupne analyzovali rôzne dáta (čas trvania výkonu, dávka ionizujúceho žiarenia na pacienta/lekára, kontrastná záťaž pacienta, výskyt a analýza včasných/neskorých komplikácií, periprocedurálne krvné straty a rozdiely v presnosti proti optimálnej simulácii intervencie) súvisiace s výkonom nPEVAR a porovnávali ich v prostredí nepriamej PEVAR, bez radiačnej/spinálnej protekcie personálu. Pre zastúpenie rôzne technicky náročných EVAR rekonštrukcií aorty bolo zamerané sledované a porovnávané celé spektrum nPEVAR procedúr u 37 pacientov: teda prosté PEVAR aneuryzmami hrudnej alebo brušnej aorty, aortových disekcií, komplexné PEVAR procedúry pri torakoabdominálnych výdutiach alebo nepriaznivých anatomických pomeroch kotviacich zón, implantácie aortových flowmodulátorov, ako aj aortové stenotizujúce a obliterujúce lézie. Boli sledované a analyzované dáta z PEVAR procedúr v rôznych klinických štádiách postihnutia aorty vrátane akútneho aortového syndrómu a ruptúry aorty.

Výsledky: Ide o rozsiahlu analýzu dát v prograse, ktorá ďalej prebieha. Na základe predbežných zozbieraných dát v podmienkach Cinre viedol nPEVAR s využitím FO v porovnaní s PEVAR bez, resp. s nepriamou obrazovou navigáciou, ako aj využitie Zero gravity radiačnej a spinálnej ochrany personálu, k úplne zásadným percentuálnym redukciám a rozdielom medzi oboma postupmi. V parametri dĺžky trvania výkonu nPEVAR bol spojený s 30 – 40 % redukciami trvania procedúry a 40 – 60 % redukciami fluoroskopických časov v porovnaní s PEVAR v 2D navigácii. V dávkach ionizujúceho žiarenia na pacienta bola redukcia v rozmedzí 40 – 60 % v prospech nPEVAR, redukcia žiarenia na lekára dosahovala 30 – 40 %. Absolútne zásadné rozdiely boli v redukcii žiarenia na operujúci personál v prípade súčasne nPEVAR a využitia protiradiačnej Zero gravity ochrany, v tomto prípade bola radiačná záťaž v porovnaní s prostým PEVAR pre personál redukovaná vždy o 90 a viac %! V ďalšom sledovanom parametri kontrastnej záťaže pacienta sa redukcia kontrastu a záťaže obličiek pohybovala od 50 do 90 % podľa komplexnosti nálezu a vždy v prospech nPEVAR. Dokonca za vhodných anatomických podmienok je možné nPEVAR navigovať s nulovou kontrastnou záťažou a následnou včasnou natívnou dynaCT a sonografickou kontrolou. Periprocedurálne krvné straty boli v prípade nPEVAR redukované v rozsahu 20 – 25 %.

Záver: Až doteraz sa EVAR a PEVAR vykonávali pod kontrolou 2D obrazu fluoroskopiou, ale najnovšie technologické možnosti otvárajú pre navigáciu EVAR a PEVAR tretiu dimenziu – 3D navigovaný PEVAR (nPEVAR) s využitím FO spája 3D rozmer MDCT/CBCT obrazu s fluoroskopiou, čo nám umožnilo dosahovať 100 % technickú úspešnosť aj pri komplexných procedúrach. Vykonané nPEVAR procedúry sa incidenciou komplikácií tejto 3D navigovanej miniinvazívnej liečby ochorení aorty priblížili k nule. PEVAR v nových podmienkach, s využitím nPEVAR a FO, výrazne zvyšuje presnosť, bezpečnosť a účinnosť doterajšej liečby, znižuje skoré a neskoré komplikácie a posúva budúcnosť EVAR/PEVAR do ďalšej a novej dimenzie.

Kľúčové slová: perkutánná endovaskulárna liečba ochorení aorty, centrum intervenčnej neurorádiológie a endovaskulárnej liečby, navigácia, fúzia obrazu, zero gravity

Percutaneous endovascular aortic therapy – from and where we go?

Objective: Aim of our study was to compare selected parameters of the percutaneous endovascular aortic therapy (PEVAR) in patients of Cinre Hospital, in the period from 10 months (from 1.1. to 1.11.2018). We compared selected parameters of similar technically difficult PEVAR procedures, in order to identify and quantify the potential gain of 3D navigation PEVAR (nPEVAR) in comparison to the current 2D PEVAR navigation.

Material and methods: During the reported period, we gradually analyzed the various data (duration of PEVAR, dose of ionizing radiation on the patient/doctor, contrast burden for patient, occurrence and analysis of early/late complications, periprocedural blood loss and the differences in accuracy to the optimal interventional simulation) related to the nPEVAR and compared them in an environment of indirect PEVAR, without radiation/spinal protection staff. For the representation of a variety of technically difficult and challenging PEVAR reconstructions, we tracked and compared the whole spectrum of nPEVAR procedures in 37 selected patients: thus the simple PEVAR aneurysms of the thoracic or abdominal aorta, aortic dissections, complex thoracoabdominal PEVAR procedures, adverse anatomy of the aortic landing zones, flowmodulator implantation, as well as aortic stenotic lesions. Monitored and analyzed were also data from the PEVAR procedure in different clinical stages of the aortic disease, including acute aortic syndromes and ruptures of the aorta.

Results: Ongoing part of the study is the extensive analysis of data in progress. On the basis of preliminary collected data in Cinre, the

nPEVAR with the use of FO in comparison with PEVAR without, or with indirect visual navigation, as well as the use of the Zero gravity radiation protection and spinal protection led to substantial percentage reduction and the difference between the two procedures. In the parameter of the length and duration the nPEVAR was associated with a 30-40% reduction of the overall duration of the procedure and 40-60% reduction of fluoroscopy times in comparison with the PEVAR in 2D navigation. In doses of ionising radiation for the patient, there was a reduction in the range of 40-60% in favour for nPEVAR, reduction of radiation on the operator reached 30-40%. The absolute major differences were in the reduction of radiation dose to the operating staff in the case of nPEVAR combined with the use of Zero gravity radiation protection. In this case was the radiation dose compared with a simple PEVAR for staff reduced by 90 %! In the next reported parameter of contrast burdens for the patient, the reduction of the admitted contrast volume ranged from 50 to 90%, according to the complexity of anatomy and always in favor of nPEVAR. Even in appropriate anatomical conditions, it is possible to navigate and perform nPEVAR with zero contrast, followed by early native dynaCT and ultrasound control. Periprocedurál blood losses were in the case of nPEVAR reduced in the range of 20-25%.

Conclusion: Until now was EVAR and PEVAR performed under the control of the 2D image fluoroscopy, however the latest technological possibilities can open to EVAR and PEVAR the new third dimension - 3D navigated PEVAR (nPEVAR) using FO linked the 3D dimension of the MDCT/CBCT image with fluoroscopy. This enabled us to achieve 100% technical success rate even in complex procedures. With nPEVAR navigation is the incidence of complications of this 3D navigated miniinvasive treatment of aortic diseases closer to zero. PEVAR in the new conditions, with the use of nPEVAR and FO, significantly increases the accuracy, safety and effectiveness of previous treatment possibilities, reducing early and late complication rates, and shifts the future of EVAR/PEVAR to the next new dimension.

Key words: percutaneous endovascular aortic therapy, center of interventional neuroradiology and endovascular therapy, navigation, image fusion, zero gravity

Vask. med., 2018,10(2-3):65-69

Úvod

V najbližšom období si pripomenieme dva významné medzníky v liečbe ochorení aorty na Slovensku. Uplynie 20 rokov od prvého ošetrenia aneuryzmatickej lézie aorty na Slovensku endovaskulárnym, teda miniinvazívnym spôsobom, pomocou implantácie aortových stentgraftov. V tom čase ešte s ich nevyhnutným transfemorálnym zavádzaním po chirurgickej expozícii femorálneho prístupu v ingvíne. Na svoje prvé implantácie aortových stentgraftov pod rtg kontrolou a postupný rozvoj tejto metodiky na Slovensku si spomínam veľmi živo. V tom čase, v rokoch 1999 a 2000, toto nebolo možné bez otvorenia sa hláv a spoločného zdieľania tejto vízie s kľúčovými osobnosťami kardiovaskulárnej chirurgie u nás, ktorých angažovanosť a viera v problematiku „otvorila stavidlá“ tejto novej a supermodernej liečby aj pre slovenského pacienta. V súvislosti s dvomi medzníkmi v endovaskulárnej liečbe ochorení aorty u nás preto moje veľké uznanie a poďakovanie smeruje k dvom pánom s veľkým „P“ v aortovej chirurgii na Slovensku, a to v oblasti abdominálnej aorty k profesorovi MUDr. Vladimírovi Šefránkovi, CSc., a hrudníkovej aorty in memoriam k docentovi MUDr. Marianovi Holomáňovi, CSc. Prvé implantácie a postupné rozvíjanie

metodiky aortálneho endograftingu, či už v abdominálnom (1) alebo hrudnom úseku aorty (2), som uskutočnil práve v úzkej súčinnosti a spolupráci s nimi. Kým v endovaskulárnej liečbe aorty po chirurgickej expozícii prístupov sme v tom čase dohánali vyspelý svet, ktorý v roku 1999 túto liečbu už vykonával pomerne frekventne, ale iba u vysokorizikových pacientov. S perkutánnou endovaskulárnou liečbou ochorení aorty v lokálnej anestézii to už bolo inak. Od roku 2008 nielen ako priekopníci v Česku a na Slovensku, ale postupne sme sa zaradili medzi tri najpokrokovejšie krajiny v Európe. Spolu s pracoviskami vo švédskom Štokholme a francúzskom Lille sme boli endovaskulárnym pracoviskom, ktoré z rôznych dôvodov v tom čase ako tretie v Európe programovo pristúpilo k plnej perkutánnej endovaskulárnej liečbe aortových ochorení v lokálnej anestézii. V tom čase som už neochvejne veril v budúcnosť a veľký potenciál tejto metodiky stať sa prvotínovou metódou liečby aortových ochorení. Išlo o takzvanú plnú perkutánnu liečbu, iba v lokálnej anestézii a začali sme takto vykonávať endovaskulárny stentgrafting aortových ochorení vo všetkých indikáciách (tzv. total percutaneous endovascular aortic treatment – PEVAR) (3). S tímom, s kto-

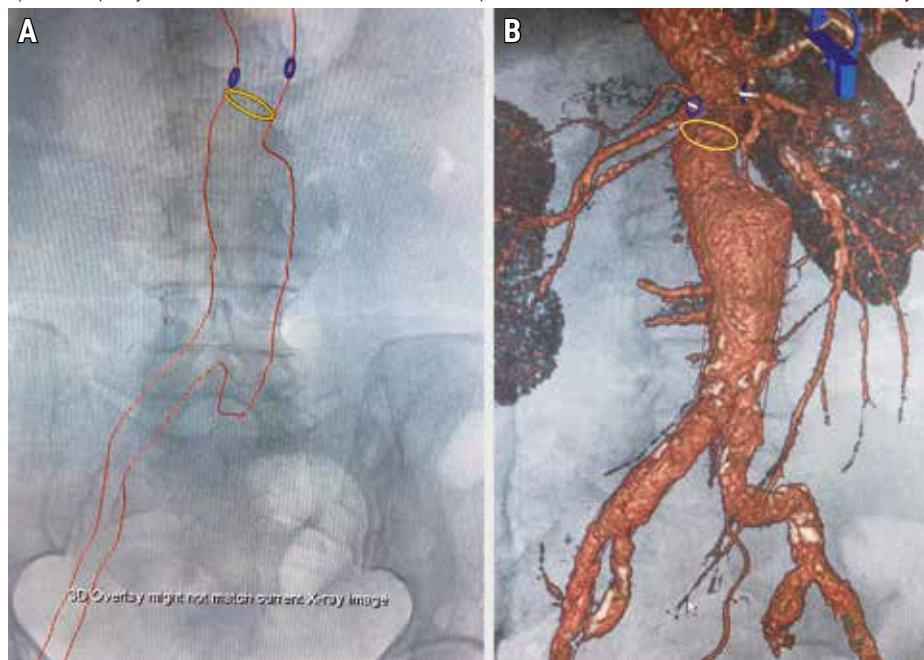
rým dnes pôsobím na novom pracovisku v nemocnici a centre Cinre, som za necelých 20 rokov ošetril viac ako 1 300 pacientov s ochorením aorty, drvivú väčšinu práve plne perkutánnou technikou a v lokálnej anestézii. Nastal však čas aj túto liečbu, ktorá veľmi zmenila náš prístup k ochoreniam aorty, posunúť ďalej a vytvoriť podmienky na jej ďalší rozvoj do budúcnosti.

Nové podmienky pre túto liečbu, ktoré sme spoluvytvárali na pracovisku Cinre, nám umožňujú méty endovaskulárnej liečby aortových ochorení opäť posúvať v súlade s najnovšími trendmi a do úplne novej dimenzie jej bezpečnosti a účinnosti, v porovnaní s minulosťou. Dlhoročná vysoká erudícia celého tímu spolu s najnovším technologickým zázemím opäť posúvajú hranice možností liečby v prospech pacientov s postihnutím aorty.

Najnovšie technologické zázemie Cinre nám v oblasti perkutánnej endovaskulárnej liečby ochorení aorty (PEVAR) umožňuje vykonávať priamu navigáciu (nPEVAR) endovaskulárnej liečby s využitím fúzie obrazov z rôznych zobrazovacích modalít (fúzia obrazu – FO), najčastejšie FO z CT a angiografu. Súčasná možnosť simultánnej navigácie 3D zobrazovacích techník a 2D fluoroskopie umožňujú posun

Obrázok 1. Štandardná 2D 3D registrácia a fúzia obrazov pre 3D navigáciu PEVAR:

- a) skiaskopický 2D obraz z tzv. live monitora operátora, s fúziou s obrysom aorty a jej vetiev (vrátane ostií renálnych tepien) po registrácii
 b) skiaskopický 2D obraz z tzv. live monitora operátora, s fúziou s 3D CTA rekonštrukciou aorty



z doterajšieho dvojrozmerného sveta endovaskulárnych intervencií pod 2D kontrolou iba fluoroskopie do úplne novej dimenzie presnosti, bezpečnosti a účinnosti liečby pod 3D navigáciou s prakticky minimálnou potrebou DSA (digitálna subtrakčná angiografia) akvizícií (4 – 8) (obrázok 1).

V prvej prípravnej fáze našej štúdie sme pre potreby rutínnej 3D navigácie PEVAR analyzovali všetky aktuálne možnosti FO u nás, a to MR (9), multidetektorové CT (MDCT) a cone-beam CT (CBCT), resp. dynaCT. Rutinné uprednostnenie MDCT pred CBCT, resp. MR, sme zvolili vzhľadom na mimoriadne výťažné výstupy MDCT v našich podmienkach (unikátny CT prístroj Aquillion Genesis One sa vyznačuje extrémnou šírkou detektora, možnosťou 4D CTA rekonštrukcií, kompresiou kovových artefaktov v tele a patentovanou redukciou žiarenia), obligátnu prípravu plánovaných pacientov u nás MDCT vyšetrením, no a v neposlednom rade v snahe limitovať nadbytočnú radiačnú, kontrastnú záťaž pacientov či skracovať trvanie výkonu a znižovať krvné straty. Tri stacionárne angiografy na cathlaboch Cinre sú vybavené subtrakčnou angiografiou a s možnosťou FO s MDCT alebo CBCT podľa potreby akútnych alebo elektívnych nPEVAR. Pre perkutánnu punkčnú

ultrazvukovú navigáciu sú katetrizačné sály vybavené ďalej bezkáblovými sonografickými sondami (tzv. Freestyle ultrasonografia). Pri časovo a na radiačnú záťaž náročných výkonoch v Cinre využívame technológiu Zero gravity (ZG), s najvyššou dostupnou protiradiačnou ochranou a zároveň prezerváciou muskuloskeletálnej záťaže u obsluhujúceho personálu (obrázok 2). Toto prináša okrem vysokého pracovného komfortu a potrebného pokoja pre operujúci personál aj vysokú mieru technickej úspešnosti a bezpečnosti komplexnejších procedúr, ako sú chimney EVAR (chEVAR), implantácie fenestrovateľných endograftov (fEVAR), PEVAR kombinovaný s periprocedurálnou embolizáciou (vetiev vaku, hypogastrických tepien, endoleakov, a pod.) (obrázok 3) či ošetrovanie torakoabdominálnych aneuryziem.

S týmto cieľom sme uskutočnili porovnanie vybraných parametrov perkutánnnej endovaskulárnej liečby (PEVAR) u pacientov operovaných v Cinre v období za 10 mesiacov (od 1. 1. do 1. 11. 2018). Sledovali sme skladbou porovnateľné výkony rôznej technickej a časovej náročnosti a porovnávali ich vo vybraných parametroch s cieľom identifikovať a kvantifikovať mieru technologického prínosu nových navigačných možností na bezpečnosť a účinnosť EVAR liečby.

Obrázok 2. Zero Gravity systém maximálnej protiradiačnej ochrany s minimalizáciou záťaže muskuloskeletálneho systému intervenčného rádiológa**Obrázok 3.** 3D navigácia s fúziou CTA obrazu je esenciálna pre vysokú technickú úspešnosť identifikácie menších vetiev aorty, ich prípadnú prezerváciu alebo kanyláciu z dôvodu embolizačného ošetrovania pri prevencii sekundárnych endoleakov po PEVAR (najčastejšie kolateralizácie a. mesenterica inferior, širších lumbálne tepny alebo hypogastrické tepny)

Materiál a metódy

V sledovanom období 10 mesiacov sme postupne analyzovali rôzne dáta (čas trvania výkonu, dávku ionizujúceho žiarenia na pacienta/lekára, kontrastnú záťaž pacienta, výskyt a analýzu včasných/neskorých komplikácií, periprocedurálne krvné straty a rozdiely v presnosti oproti optimálnej simulácii intervencie) súvisia-

ce s výkonom nPEVAR a porovnávali ich v prostredí nepriamej navigácie PEVAR, bez radiačnej/spinálnej protekcie personálu, s dátami pri 37 výkonoch s priamou nPEVAR s využitím FO a s eventuálnou radiačnou/spinálnou Zero gravity protekciou. Z dôvodu zastúpenia rôzne technicky náročných EVAR endovaskulárnych rekonštrukcií aorty bolo cielene sledované a porovnávané celé spektrum EVAR procedúr: teda PEVAR aneuryziem hrudnej alebo brušnej aorty, aortových disekcií, komplexné PEVAR procedúry pri torakoabdominálnych výdutiach alebo nepriaznivých anatomických pomeroch kotviacich zón, implantácie aortových flowmodulátorov, ako aj aortové stenotizujúce a obliterujúce lézie. Boli sledované a analyzované dáta z PEVAR procedúr v rôznych klinických štádiách postihnúť aorty vrátane akútneho syndrómu a ruptúry aorty (obrázok 4). Ide o rozsiahlu analýzu dát v progrese, ktorá ďalej prebieha a prispôbujeme rozsah zbieraných dát postupnému EBM vývoju v tejto oblasti vo svete.

Výsledky

V súlade s predbežnými publikovanými monocentrickými dátami výsledky nPEVAR s využitím FO v podmienkach Cinre potvrdzujú „gamechanging“ potenciál nPEVAR s veľmi pravdepodobným hlbokým dosahom na bezpečnosť a účinnosť endovaskulárnej liečby aortových ochorení v najbližšej budúcnosti. Spolu s neutíchajúcim vývojom na poli intervenčného PEVAR inštrumentária, hlavne stentgraftov (nízky zavádzací profil, flexibilita, adaptabilita, dlhodobá stabilita a mechanická odolnosť, inertnosť materiálov, atď.), je potenciál navigačných technológií a nPEVAR s využitím FO zásadným hnacím motorom progresie a rastového potenciálu PEVAR liečby do budúcnosti.

Na základe predbežných zozbieraných dát v podmienkach Cinre vidol nPEVAR s využitím FO v porovnaní s PEVAR bez, resp. s nepriamou obrazovou navigáciou, ako aj využitie Zero gravity radiačnej a spinálnej ochrany personálu k úplne zásadným percentuálnym redukciam a rozdielom medzi oboma postupmi. V parametri dĺžky trvania výkonu nPEVAR bol spojený s 30 – 40 %

Obrázok 4. PEVAR akútneho aortového syndrómu pri renálnom zlyhaní, po 2D 3D registrácii s 3D navigáciou EVAR Guidance – minimálne akvizície digitálnej subtrakčnej angiografie a iba manuálne pred ošetrením aortovej ruptúry a po ňom (DSA zľava doprava), s celkovým periprocedurálnym podaním do 20 ml izoosmolárnej kontrastnej látky



Obrázok 5. PEVAR štandardnej anatomie AAA s endovaskulárnou korekciou výdute v 3D EVAR Guidance navigácii, s nulovou periprocedurálnou kontrastnou záťažou – CTA rekonštrukcie pred PEVAR a po ňom (zľava doprava)



redukciou trvania procedúry a 40 – 60 % redukciou fluoroskopických časov v porovnaní s PEVAR v 2D navigácii. V dávkach ionizujúceho žiarenia na pacienta bola redukcia v rozmedzí 40 – 60 % v prospech nPEVAR, redukcia žiarenia na lekára dosahovala 30 – 40 %, bez využitia ZG. Absolútne zásadné rozdiely boli v redukcii žiarenia na operujúci personál v prípade súčasne nPEVAR a využitia protiradiačnej ZG ochrany. V tomto prípade bola radiačná záťaž v porovnaní s prostým PEVAR pre personál redukovaná vždy viac ako o 90 %. V ďalšom sledovanom parametri kontrastnej záťaže pacienta sa redukcia kontrastu a záťaže obličiek pohybovala od 50 do 90 % podľa komplexnosti nálezu a vždy v prospech nPEVAR. Dokonca za vhodných anatomických podmienok je možné nPEVAR navigovať s nulovou kontrastnou záťažou

(9 – 11) a s následnou včasnou natívnou dynaCT a sonografickou kontrolou (obrázok 5). Periprocedurálne krvné straty boli v prípade nPEVAR redukované v rozsahu 20 – 25 % a súviseli najmä s redukciami času trvania výkonu pri nPEVAR. Veľmi dôležitým faktorom porovnania oboch priamych a nepriamych navigačných techník na vykonávanie PEVAR sa ukázali presnosť a optimalizácia výkonu. Technika nPEVAR umožnila zásadne redukovať rozdiely vo výsledných pozíciách implantovaných endoprotéz oproti simuláciám v plánovacej fáze PEVAR. Po nPEVAR sme na rozdiel od PEVAR vôbec nezaznamenali posuny (shifting) endoprotéz, prekrytia zásobujúcich vetiev (renálne, hypogastrické tepny, karotídy). Zásadnou sa ukazuje možnosť „live“ periprocedurálnej vizualizácie a prezervácie Adamkiewiczovej

artérie, pólových renálnych tepien, resp. navigácia embolizácie vetiev aorty v prevencii sekundárnych kolaterálnych endoleakov (ako sú a. mesenterica inferior a širšie lumbálne tepny) (obrázok 3), ktoré predstavujú mimoriadnu časovú, kontrastnú a radiačnú záťaž počas procedúry PEVAR. Tieto všetky atribúty nPEVAR navigovanej liečby prinášajú, pochopiteľne, so sebou výraznú redukciiu technických zlyhaní, ako aj výskytu včasných a neskorých komplikácií. Naš súbor je síce ešte v čase a kvantite zatiaľ do istej miery limitovaný, ale absolútna technická úspešnosť všetkých doteraz vykonaných nPEVAR procedúr, nulový výskyt akýchkoľvek komplikácií vyžadujúcich chirurgický zásah alebo konverziu, žiadne komplikácie v zmysle MAE (major adverse events) a malígnych foriem endoleakov, sú impozantné a vzbudzujú veľké očakávania do budúcnosti.

Záver

Až doteraz sa EVAR a PEVAR vykonával pod kontrolou 2D obrazu fluoroskopiou, ale najnovšie technologické možnosti otvárajú pre navigáciu EVAR a PEVAR tretiu dimenziu – 3D navigovaný PEVAR (nPEVAR) s využitím FO spája 3D rozmer MDCT/CBCT obrazu s fluoroskopiou, čo nám umožnilo dosahovať 100 % technickú úspešnosť aj pri komplexných procedúrach. Vykonané nPEVAR procedúry sa u nás incidenciou

komplikácií tejto 3D navigovanej miniinvazívnej liečby ochorení aorty priblížili k nule. PEVAR v nových podmienkach Cinre, s využitím nPEVAR a FO, výrazne zvyšuje presnosť, bezpečnosť a účinnosť doterajšej liečby, znižuje skoré a neskoré komplikácie a posúva budúcnosť EVAR/PEVAR do ďalšej a novej dimenzie. Toto všetko je prakticky možné, ako sme dokázali aj bez použitia alebo len s minimálnou záťažou kontrastnej látky pre pacienta. Táto technika navigácie EVAR je nová, zatiaľ sa začala používať v malom počte najväčších centier vo svete a k jej štandardnému rozšíreniu a širokému zavedeniu do praxe bude potrebný čas a trpezlivosť. Bude potrebné pokračovať ďalej aj v našich podmienkach a odhaľovať jej ďalšie možné benefity, na druhej strane aj možné technické úskalia, zdokonaľovať a vylepšovať ich. Napriek tomu je však už dnes jasný mimoriadny prínos a perspektívy 3D navigácie pre budúcnosť PEVAR (12).

Literatúra

1. Vulev I, Mondek P, Šefránek V, et al. Endovaskulárna liečba aneuryziem abdominálnej aorty – svetlá perspektíva alebo slepá ulička? Medicínsky monitor. 2003;6:20-25.
2. Vulev I, Holomáň M, Lesný P, et al. Endovaskulárna liečba ochorení hrudníkovej aorty – ďalšia výzva modernej medicíny. Cardiol. 2004;13(3):142-149.
3. Vulev I, Balázs T, Klepanec A, et al. Súčasný stav v endovaskulárnej liečbe ochorení aorty. Vask. med., 2013;S2:5-9.
4. Abi-Jaoudeh N, Kruecker J, et al. Multimodality Image Fusion Guided Procedures: Technique, Accuracy, and Ap-

plications. Cardiovascular and interventional radiology. 2012;35(5):986-998.

5. Sailer AM, De Haan MW, Peppelenbosch AG, et al. CTA with fluoroscopy image fusion guidance in endovascular complex aortic aneurysm repair. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2014;47(4):349-56.

6. Kauffmann C, Douane F, Therasse E, et al. Source of Errors and Accuracy of a Two-Dimensional/Three-Dimensional Fusion Road Map for Endovascular Aneurysm Repair of Abdominal Aortic Aneurysms. JVIR. 2015;26(4):544-551.

7. Schulz CJ, Schmitt M, Böckler D, et al. Fusion Imaging to Support Endovascular Aneurysm Repair Using 3D-3D Registration. J Endovasc Ther. 2016;23(5):791-9.

8. Schulz CJ, Schmitt M, Böckler D, et al. Feasibility and accuracy of fusion imaging during thoracic endovascular aortic repair. J Vasc Surg. Society for Vascular Surgery; 2016;63(2):314-22.

9. Tacher V, Desgranges P, You K, et al. Feasibility of Three-Dimensional MR Angiography Image Fusion Guidance for Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm Repair. J Vasc Interv Radiol. 2016;27(2):188-93.

10. Kaladji A, Dumenil A, Mahé G, et al. Safety and accuracy of endovascular aneurysm repair without pre-operative and intra-operative contrast agent. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2015;49(3):255-61.

11. Ahmad W, Gawenda M, Brunkwall S, et al. Endovascular Aortoiliac Aneurysm Repair with Fenestrated Stent Graft and Iliac Side Branch Using Image Fusion without Iodinated Contrast Medium. Ann Vasc Surg. Netherlands; 2016;33(231)e5-9.

12. Ahmad W, Obeidi Y, Majd P, et al. The 2D-3D Registration Method in Image Fusion Is Accurate and Helps to Reduce the Used Contrast Medium, Radiation, and Procedural Time in Standard EVAR Procedures. Ann Vasc Surg. 2018;51:177-186.

**MUDr. Ivan Vulev, PhD., MPH,
FCIRSE**
CINRE, s. r. o.
Tematínska 5/a, 851 05 Bratislava
ivan.vulev@cinre.sk

