



Původní sdělení | Original research article

Prvotní zkušenosti s dispenzarizací pacientů po endovaskulární léčbě výdutí břišní aorty pomocí ultrazvukového vyšetření s kontrastem

(Initial experience of follow up of patients after the endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms using contrast-enhanced ultrasound)

Karel Houdek^a, Vladislav Třeška^a, Bohuslav Čertík^a, Hynek Mírka^b,
Eva Korčáková^b, Jiří Moláček^a, Richard Šulc^a, Miloslav Čechura^a

^a Chirurgická klinika, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova v Praze a Fakultní nemocnice Plzeň, Plzeň, Česká republika

^b Klinika zobrazovacích metod, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova v Praze a Fakultní nemocnice Plzeň, Plzeň, Česká republika

INFORMACE O ČLÁNKU

Historie článku:

Došel do redakce: 21. 1. 2015

Přepřacován: 28. 2. 2015

Přijat: 4. 3. 2015

Dostupný online: 30. 3. 2015

Klíčová slova:

Aneurysma

Dispenzarizace

Endovaskulární léčba

Ultrazvukové vyšetření
s kontrastem

SOUHRN

Úvod: Všichni pacienti po endovaskulární léčbě výdutě břišní aorty vyžadují pravidelné kontroly se zaměřením na možný výskyt endoleaku a dalšího růstu výdutě. Tyto kontroly probíhají většinou pomocí CT zobrazení s podáním kontrastní látky, která může způsobovat alergie nebo zhoršení renálních funkcí. Samotné CT pak je významnou radiační zátěží pro pacienta. Při použití ultrazvukového vyšetření s kontrastní látkou (CEUS) nejsou pacienti těmto rizikům vystaveni a nejsou exponováni rentgenovému záření.

Cíl: Ověřit diagnostickou výtečnost ultrazvukového vyšetření s kontrastní látkou při sledování pacientů po endovaskulární léčbě aneurysmat břišní aorty.

Soubor a metodika: Od ledna 2014 zařazujeme pacienty do prospektivní studie. Do studie jsou zařazováni všichni pacienti, kterým je od ledna 2014 implantován stentgraft pro aneurysma subrenální aorty, a pacienti, kterým byl stentgraft implantován dříve a od ledna 2014 u nich proběhla kontrola. Tito pacienti jsou po operaci kontrolováni vždy současně pomocí CT angiografie (CTA) i CEUS. Do studie bylo zatím zařazeno 16 pacientů. Nemocné po implantaci stentgraftu vyšetřujeme před propuštěním z hospitalizace a za jeden měsíc, šest a dvanáct měsíců po operaci. Pouze dva lékaři provádějí ultrazvukové vyšetření s kontrastní látkou.

Výsledky: U 16 pacientů bylo zatím provedeno celkem 28 kontrol (jedna kontrola bez kontrastní látky). U devíti pacientů (13 CTA vyšetření a 12 CEUS) byl prokázán endoleak (jednou typ I, osmkrát typ II). U dvou vyšetření nebyla nalezena shoda CTA a CEUS – 7,4 %. Jednou nebyla shoda v typu endoleaku a jednou bylo CTA v detekci endoleaku falešně pozitivní. Při měření velikosti vaku jsme pozorovali významné rozdíly mezi CTA a CEUS ($p < 0,001$). Vyšetření CEUS bylo hodnotitelné i u obézních pacientů.

Závěr: Zatím jsme pozorovali 100% shodu ve výsledku 25 párových vyšetření. Z dosud provedených srovnání CEUS a CTA se použití CEUS jeví jako metoda, která by mohla být spolehlivě používána v dispenzární péči o pacienty po EVAR. Ultrazvukové vyšetření s kontrastní látkou se zdá dostatečně senzitivní v detekci endoleaku. Ke spolehlivému hodnocení je však potřeba větší soubor pacientů a dlouhodobější zkušenosti, a to především v hodnocení velikosti vaku výdutě.

© 2015, ČKS. Published by Elsevier sp. z o.o. All rights reserved.

Adresa: MUDr. Karel Houdek, Ph.D., Chirurgická klinika, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova v Praze a Fakultní nemocnice Plzeň, alej Svobody 80, 304 60 Plzeň-Lochotín, e-mail: houdekk@fnplzen.cz

DOI: 10.1016/j.crvasa.2015.03.005

ABSTRACT

Introduction: All patients who underwent the endovascular treatment of abdominal aortic aneurysm require regular check-ups for possible occurrence of endoleak and further growth of the aneurysm. Such check-ups are performed in most cases by CT imaging with the administration of a contrast agent which may cause allergies or impairment of renal functions. CT itself represents a significant radiation dose incurred by the patient. When contrast-enhanced ultrasound (CEUS) is used, patients are exposed neither to these risks nor to X-ray radiation.

Objective: Verify the diagnostic recovery of contrast-enhanced ultrasound for the monitoring of patients after the endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms.

Method: Since January 2014 we have been qualifying patients for a prospective study. All patients who have been implanted a stent graft for the infrarenal aortic aneurysm since January 2014 and patients who were implanted a stent graft earlier but who have undergone a check-up since January 2014 are qualified for the study. These patients are always checked up after the surgery by CT angiography and CEUS as well. 16 patients have been qualified for the study so far. After the implantation of a stent graft we examine our patients before they are discharged from the hospital and 1, 6 and 12 months after the surgery. CEUS is performed by 2 physicians only.

Results: In the 16 patients a total of 28 check-ups have been conducted (1 check-up without contrast medium). In 9 patients (13 CTA examinations and 12 CEUS) endoleak was proven (1 of the I-type, 8 of the II-type). In the case of 2 examinations consistency between CTA and CEUS was not proven – 7.4%. In one case the inconsistency concerned the type of endoleak and in the other case, CTA erroneously described endoleak which was not obvious from CEUS. When measuring the size of an aneurysm sack, we observed significant differences between CTA and CEUS ($p < 0.001$). The CEUS examination was assessable even in the case of obese patients.

Conclusion: We have observed a 100% consistency in the result of 25 examinations which used both methods. Based on the comparisons between CEUS and CTA performed so far, CEUS seems to be a reliable method which could be used within the framework of dispensary care for patients after endovascular aneurysm repair (EVAR). CEUS seems to be sensitive enough to detect endoleak. However, to be able to provide a reliable evaluation, a larger set of patients and longer-term experience are needed, specifically for the evaluation of the aneurysm sack size.

Keywords:

Aneurysm

Contrast-enhanced ultrasound

Endovascular treatment

Follow up

Úvod

Již tři dekády máme možnost se setkávat s endovaskulární léčbou (EVAR) aneurysmatického postižení břišní aorty (AAA) [1]. V posledním desetiletí dochází k významnému navýšování počtu EVAR na úkor otevřených resekci AAA. Neustále je zdokonalována endovaskulární technika implantací, jsou vyvíjeny nové metody a stent-grafty a využívány nové technologie a materiály. To vše vede k rozšíření indikací, ve kterých používáme endovaskulární léčbu. Endovaskulární léčba tak není využívána pouze u pacientů s tzv. ideální anatomií, ale léčíme již i pacienty, u kterých by anatomické postižení dříve prakticky kontraindikovalo využití stentgraftu [2]. Nejenže jsme schopni endovaskulárně léčit aneurysmata s „nepříhodným“ krčkem, ale díky novým typům stentgraftů s větvemi nebo fenestracemi máme možnost řešit i postižení aorty v místě odstupu viscerálních větví [3]. Pomocí endovaskulární léčby jsme dokonce schopni řešit i některé typy komplikací klasických cévněchirurgických výkonů v oblasti aorty. S pacienty se zavedeným stentgraftem se tedy setkáváme a v budoucnu zajisté budeme setkávat daleko častěji. Daleko více se budeme setkávat také s komplikacemi endovaskulární léčby. Řadu komplikací jsme již nyní schopni také endovaskulárně vyřešit, ale některé vyžadují léčbu chirurgickou. Některé typy komplikací v souvislosti s EVAR nevyžadují specifickou léčbu, ale je nutné takové pacienty pravidelně kontrolovat a sledovat vývoj [3,4]. Na druhé straně jsou i komplikace velmi závažné, u kterých je jejich včasné odhalení a adekvátní léčba zásadní z pohledu možného ohrožení života pacienta. Z uvedeného je patrné, že důsledná kontrola

pacientů se zavedeným stentgraftem je podstatná. Většina komplikací EVAR není zjištělná z anamnestických dat ani klinického vyšetření. Z tohoto důvodu musí být sledování doplněno vždy o zobrazovací vyšetření. Volba zobrazovacího vyšetření se může lišit dle zvyklostí jednotlivých center. Je možné používat jednu zobrazovací metodu či jejich kombinace. Velmi často je využívána CT angiografie (CTA), která využívá jodovou kontrastní látku a pacienti jsou tak vystaveni riziku alergické reakce, nefropatie a potenciálnímu riziku spojenému s dávkou ionizujícího záření během vyšetření [5–9].

Metody

Jde o prospektivní monocentrickou studii, která je zaměřena na srovnání výsledků dat získaných při sledování pacientů po EVAR pomocí CTA a ultrazvukového vyšetření s kontrastní látkou (CEUS). Do studie jsou zařazováni pacienti od ledna 2014. Jde o všechny pacienty, kterým byl od ledna 2014 zaveden stentgraft pro AAA. U těchto pacientů je vždy před propuštěním a dále po jednom měsíci, šesti a dvanácti měsících v rámci kontrol provedeno klinické vyšetření a vyšetření CTA a současně i CEUS. Další pacienti zařazení do studie jsou ti, u kterých byl EVAR proveden již dříve a v průběhu roku 2014 podstoupili kontroly. Tyto kontroly jsou opět provedeny formou párových vyšetření. Tým cévního chirurga a intervenčního radiologa provádí EVAR vždy v celkové anestezii za antibiotické profylaxe. Sledovaným parametrem při vyšetřeních je velikost vaku AAA, přítomnost či nepřítomnost endoleaku a jeho typ a případné další možné kom-

Tabulka 1 – Výsledky – srovnání CT angiografie a CEUS – průměr (mm) vaku aneurysmatu, detekce a typ endoleaku

Pacient	Pooperační			Jeden měsíc			Šest měsíců			Dvanáct měsíců			Jiné		
	Velikost (mm)		Endoleak	Velikost (mm)		Endoleak	Velikost (mm)		Endoleak	Velikost (mm)		Endoleak	Velikost (mm)		Endoleak
	CTA	CEUS		CTA	CEUS		CTA	CEUS		CTA	CEUS		CTA	CEUS	
1															
2															
3															
4															
5															
6	64	65	0												
7	55	50	II (L)	55	53	II (L)	66	60	II (L)	II (L)	II (L)				
8	42	38	II (L)	42	42	II (L)	54	55	II (L)	II (L)	II (L)				
9	67	69	0	68	62	0	46	45	0	0	0				
10	45	42	0	45	45	0	44	42	0	0	0				
11	85	80	0	85	76	0									
12	78	74	II (L)	78	74	nativně									
13	55	55	II (L)	56	54	0									
14	55	55	0												
15	51	51	II (AMI)	49	50	II (AMI)									
16	40	38	II (L)												

AMI – dolní mesenterická tepna; CEUS – ultrazvukové vyšetření s kontrastní látkou; CTA – CT angiografie; L – lumbální tepna.

plikace (např. trombóza, stenóza, zalomení či rozpojení stentgraftu). Hodnocení CTA je prováděno lékaři Kliniky zobrazovacích metod Lékařské fakulty v Plzni a Fakultní nemocnice Plzeň. Pouze dva lékaři téže kliniky provádějí CEUS s ohledem na celkový menší objem provedených vyšetření a zkušenosti. K sonografickému vyšetření je využíván přístroj Siemens Acuson Antares (konvexní sonda CH4-1 o frekvencích 1–4 MHz) a Siemens Acuson S 2000 (konvexní sonda 4C1 o frekvencích 1–4,5 MHz) a kontrastní látka SonoVue firmy Bracco. U všech dosud zařazených pacientů se jednalo o aneurymatickou dilataci subrenální aorty a/nebo pánevních tepen a u všech pacientů byla zvolena aortobiilická konfigurace stentgraftu, přestože tato konfigurace stentgraftu není kritériem pro zařazení do studie. U žádného pacienta zařazeného do studie nebyl použit fenestrováný nebo větvený stentgraft. Žádná anamnestická či demografická data nevyločila možnost zařadit pacienta do studie. Ke statistickému zhodnocení výsledků byl použit software Statistica (StatSoft CR).

Výsledky

Ve sledovaném období bylo do studie zařazeno celkem 16 pacientů. Dvěma pacientům byla operace provedena v roce 2013, jednomu pacientovi v roce 2003 a 13 pacientům v roce 2014. Celkem jsme v plánovaných intervalech u těchto pacientů provedli 27 párových vyšetření (CTA + CEUS) a u jedné pacientky bylo jedno párové vyšetření provedeno nativně (CT + ultrasonografie bez kontrastní látky) pro opakovaně nemožný periferní žilní přístup.

Endoleak: U devíti pacientů byl při vyšetřeních detekován endoleak. Trináctkrát při CTA vyšetření a dvanáctkrát při CEUS (a dále jednou při ultrazvukovém vyšetření bez kontrastu s použitím dopplerovského zobrazení).

Tabulka 2 – Velikosti vaku aneurysmatu dle CEUS a CT angiografie

Kontrola	Velikost (mm)		Kontrola	Velikost (mm)	
	CTA	CEUS		CTA	CEUS
1	64	65	15	45	45
2	55	50	16	85	76
3	42	38	17	78	74
4	67	69	18	56	54
5	45	42	19	49	50
6	85	80	20	56	49
7	78	74	21	46	46
8	55	55	22	66	60
9	55	55	23	54	55
10	51	51	24	46	45
11	40	38	25	44	42
12	55	53	26	52	52
13	42	42	27	44	41
14	68	62	28	78	74

Průměr 2,68 mm, medián 2 mm, $p < 0,001$.

CEUS – ultrazvukové vyšetření s kontrastní látkou; CTA – CT angiografie.

Frekvenci jednotlivých typů endoleaku ukazuje tabulka 1. U dvou pacientů jsme pozorovali vývoj mezi sérií vyšetření. V jednom případě se jednalo o vývoj pozitivním směrem, kdy došlo k vymizení endoleaku (shoda CTA s CEUS), a v jednom případě jsme naopak endoleak detekovali až při sérii vyšetření šestý pooperační měsíc (shoda CTA s CEUS). Ve dvou párových vyšetřeních – 7,4 % (2/27) u dvou odlišných pacientů – 12,5 % (2/16) jsme nepozorovali shodu mezi CTA a CEUS. V jednom případě CEUS nedetekovalo na CTA popisovaný endoleak typu II. U druhého pacienta obě vyšetření shodně detekovala endoleak, který byl ale při CTA identifikován jako typ II cestou dolní mesenterické tepny a při CEUS hodnocený spíše jako endoleak vycházející z oblasti napojení nožičky stentgraftu. Při dalším kontrolním vyšetření byl již endoleak shodně interpretován jako typ II cestou dolní mesenterické tepny.

Velikost: Při srovnání velikostí vaků aneurysmat naměřených při CTA vyšetření a při ultrazvukovém vyšetření jsme pozorovali rozdíly (tabulka 2). Maximální rozdíl byl 9 mm, medián 2 mm a průměr 2,68 mm. Při statistickém zhodnocení jsou tyto rozdíly významné ($p < 0,001$). Hodnoty naměřené při CTA vyšetření byly vyšší. U devíti pacientů byla provedena více než jedna kontrola, a můžeme tedy u nich srovnávat i vývoj velikosti vaku. Pokud jsme hodnotili tento vývoj (růst/stagnace/zmenšení velikosti vaku) dle CTA a dle CEUS, pozorovali jsme shodu jen u tří pacientů.

Jiné komplikace: V průběhu kontrol jsme při žádném z vyšetření nezaznamenali trombózu, stenózu, zalomení nebo rozpojení stentgraftu či nožičky.

Reintervence: Žádný ze sledovaných pacientů nemusel podstoupit reintervenci nebo chirurgickou operaci z důvodu komplikace.

Diskuse

V našem souboru pacientů jsme u jednoho pacienta nepozorovali shodu výsledků prvního pooperačního vyšetření. CTA vyšetření popisovalo endoleak II. typu cestou lumbální tepny a CEUS tento endoleak nedetekovalo. Při následujícím vyšetření již nebyl endoleak popisován ani při CTA vyšetření, a proto byl zpětně revidován nálezh pooperačního vyšetření CTA. CTA bylo falešně pozitivní (kalcifikace stěny vaku výdutě). Neshoda mezi CTA a CEUS se v našem souboru vyskytla tedy ve skutečnosti pouze jednou (3,7 % vyšetření, 6,25 % pacientů). S ohledem na to, že vývoj velikosti vaku aneurysmatu jsme byli dosud schopni hodnotit jen u devíti pacientů (u tří pacientů tři kontroly, u šesti pacientů dvě kontroly), uvádíme jen naše pozorování bez statistického hodnocení dat u takto malého souboru. V případě obou vyšetření (CTA i CEUS) je měření velikosti vaku prováděno jedním hodnotícím lékařem a vycházíme pouze z jednoho měření. To vše může být potenciálním zdrojem chyb. Pro statisticky významný rozdíl v naměřených hodnotách při CTA a při CEUS nemáme zcela jednoznačné vysvětlení. Může to být dáno již samotnou metodikou měření a výběrem měřené oblasti. Přestože největší naměřený rozdíl byl 9 mm, medián celého souboru je 2 mm a průměrný rozdíl 2,68 mm. To nejsou z pohledu klinika podstatné rozdíly a mohou být způsobeny již zmíněnou možnou chybou při měření.

U pacientů indikovaných k léčbě AAA je vždy riziko zhoršení renálních funkcí v souvislosti se zákrokem. Toto riziko je vlastní oběma metodám léčby – chirurgické i endovaskulární [10,11]. Řada studií srovnávala výsledky obou metod se zaměřením na pooperační zhoršení renálních funkcí. Z tohoto pohledu vychází lépe EVAR se subrenální fixací a horší výsledky má klasická chirurgická léčba následovaná EVAR se suprarenální fixací [5]. Dle dalších studií je možné s dobrými výsledky léčit endovaskulárně i pacienty, kteří jsou ve vyšším riziku zhoršení renálních funkcí [12]. Podstata tohoto nežádoucího účinku je patrně multifaktoriální s podílem ischemie, poškození epitelu tubulů a endotelu, účinku kyslíkových radikálů a redukce syntézy oxidu dusnatého [7]. Tomuto riziku je pacient vystaven při klasickém angiografickém vyšetření, při vyšetření výpočetní tomografií i při každém radiointervenčním zákroku. Již jsme zdůraznili nutnost pravidelných kontrol endovaskulárně léčených pacientů. Přestože riziko vzniku maligního onemocnění v souvislosti s CT vyšetřením není ve všeobecné populaci významně zvýšené, pacienti podstupující opakovaně CT vyšetření mají potenciální riziko vzniku maligního onemocnění vyšší [6]. Léčbou volby některých komplikací je opět radiointervenční léčba. Z tohoto pohledu by měla být snaha minimalizovat zátěž a možná rizika plynoucí z těchto vyšetření. Máme více možností, jak sledovat pacienty po EVAR. Nejčastěji je používáno CTA vyšetření, které je spojené s výše jmenovanými komplikacemi a s možností vzniku alergické reakce [9,13,14]. Stejně komplikace musíme očekávat i u invazivní angiografie s použitím jodové kontrastní látky, kde navíc přibývají rizika komplikací v místě přístupu – krvácení, trombóza. Inovované CT přístroje a nové režimy provádění CT vyšetření zkvalitňují výstupy těchto vyšetření a podstatněji zrychlují celé vyšetření, ale současně umožňují použít menší objemy kontrastní látky a vedou ke snížení dávky ionizujícího záření [15]. Dalším nástrojem ke sledování pacientů je prostý rentgenový (rtg) snímek, který může odhalit například migraci stentgraftu nebo jeho komponenty a jeho zalomení [16,17]. Je to vyšetření dobře dostupné, levné, ale opět vystavuje pacienta účinkům ionizujícího záření, i když z pohledu možné kancerogeneze nepodstatnému. Samotné rtg vyšetření nedostačuje pro účely sledování pacientů se stentgrafty, protože není schopné odhalit jiné komplikace, a z tohoto důvodu je často kombinováno s ultrazvukovým vyšetřením. Ultrazvukové vyšetření nám dovoluje sledovat vývoj velikosti aneurysmatu v čase, dokáže zobrazit trombózu a s využitím dopplerovského principu může být schopné detekovat i endoleak [16,17]. Pokud je kombinováno s podáním kontrastní látky intravenózně, měla by být detekční schopnost pro endoleak ještě vyšší. S pomocí kontrastní látky, která je distribuována v krvi, můžeme lépe zobrazovat například perfuzi orgánů, měřit rychlost krevního proudu, odhalit endoleak apod. [18]. Podstatou kontrastní látky pro sonografické vyšetření jsou mikrobubliny plynu. Vlastní chemické složení ovlivňuje další vlastnosti kontrastní látky – elasticitu a hydrofilitu, a tím ovlivňuje rychlost distribuce a hlavně eliminace. Zevní plášť bublin může být tvořen lipidy, polymery, albuminem či galaktózou a vlastním plynem může být vzduch, dusík nebo některé těžké plyny. Velikost těchto bublin bývá 1–4 mikrometry [19]. Ani užití kontrastní látky pro sonografické vyšetření není prosté nežádoucích účinků.

Tzv. alergoidní reakce se však vyskytuje mnohem méně (1 : 10 000). CEUS nemůže být použito u dětí, těhotných žen ani nemocných s akutním koronárním syndromem pro možné bradykardické účinky. Výhodou sonografického vyšetření je také to, že jde o vyšetření dynamické, které umožňuje zobrazení v reálném čase. S pomocí tohoto vyšetření můžeme sledovat vývoj velikosti vaku výdutě, přítomnost trombózy a díky kontrastu a zobrazení v reálném čase snad i lépe detekovat endoleak. Použití takovéto kontrastní látky nezvyšuje riziko nefropatie. Náklady na jedno vyšetření u pacientů po EVAR jsou v podmínkách Fakultní nemocnice v Plzni u CEUS asi o 40 % nižší než u CTA.

Závěr

Z našich dosavadních zkušeností je zřejmé, že použití CEUS v dispenzární péči o pacienty po endovaskulární léčbě aneurysmatu subrenální aorty je spolehlivé v detekci případného endoleaku. V otázce hodnocení vývoje velikosti vaku výdutě nemůžeme dát zatím spolehlivou odpověď, zda je CEUS dostatečně spolehlivé. Pokud hodnotíme vývoj velikosti v čase, zdá se nám výhodnější srovnávat vždy měření stejnými metodami zobrazení. Při používání CEUS bychom mohli účinně snižovat kumulativní dávky rentgenového záření u našich pacientů a snižovat i rizika dalších možných komplikací a nežádoucích účinků plynoucích z použití jodové kontrastní látky při vyšetření výpočetní tomografií. I při zhodnocení nákladů na vyšetření se zdá být CEUS výhodnější. CTA má však nadále, stejně jako klasická angiografie s možností intervence, nezastupitelnou roli v péči o tuto skupinu pacientů. Jde především o potvrzení a plánování léčby závažné komplikace, která vyžaduje chirurgické nebo radioinvasivní řešení. Ke spolehlivému hodnocení zvoleného postupu – sledování pacientů po EVAR pomocí CEUS – je však potřeba větší soubor pacientů a dlouhodobější zkušenosti ověřené ve více centrech.

Prohlášení autorů o možném střetu zájmů

U žádného z autorů neexistuje střet zájmů v souvislosti s tímto článkem.

Financování

Program rozvoje vědních oborů Univerzity Karlovy (projekt P36) – „Náhrada, podpora a regenerace funkce některých životně důležitých tkání a orgánů“.

Prohlášení autorů o etických aspektech publikace

Studie byla provedena dle etických zásad a principů.

Informovaný souhlas

Všichni pacienti vstoupili do studie dobrovolně a po podpisu informovaného souhlasu.

Literatura

- [1] J.C. Parodi, J.C. Palmaz, H.D. Barone, Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms, *Annals of Vascular Surgery* 5 (1991) 491–499.
- [2] N. Wu, C. Liu, Q. Fu, et al., Endovascular aneurysm repair in emergent ruptured abdominal aortic aneurysm with a 'real' hostile neck and severely tortuous iliac artery of an elderly patient, *BMC Surgery* 14 (2014) 11. doi: 10.1186/1471-2482-14-11.
- [3] Z. Martin, R.K. Greenberg, T.M. Mastracci, et al., Late rescue of proximal endograft failure using fenestrated and branched devices, *Journal of Vascular Surgery* 59 (2014) 1479–1487, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2013.12.028>.
- [4] J. Mertens, S. Houthoofd, K. Daenens, et al., Long-term results after endovascular abdominal aortic aneurysm repair using the Cook Zenith endograft, *Journal of Vascular Surgery* 54 (2011) 48–57.e2, doi: 10.1016/j.jvs.2010.12.068.
- [5] A. Saratzis, P. Sarafidis, N. Melas, et al., Comparison of the impact of open and endovascular abdominal aortic aneurysm repair on renal function, *Journal of Vascular Surgery* 60 (2014) 597–603, doi: 10.1016/j.jvs.2014.03.282.
- [6] A. Sodickson, P.F. Baeyens, K.P. Andriole, et al., Recurrent CT cumulative radiation exposure, and associated radiation-induced cancer risk from CT of adults. *Radiology* 251 (2009) 175–184.
- [7] M. Andreucci, Radiographic contrast nephropathy, *Giornale Italiano di Nefrologia* 31 (September–October (5)) (2014), pii: gin/31.5.2.
- [8] H. Deek, P. Newton, N. Sheerin, et al., Contrast media induced nephropathy: a literature review of the available evidence and recommendations for practice. *Australian Critical Care* 22 (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.aucc.2013.12.002>, pii:S1036-7314(13)00266-X.
- [9] H.A. White, S. Macdonald, Estimating risk associated with radiation exposure during follow-up after endovascular aortic repair (EVAR), *Journal of Cardiovascular Surgery* 51 (2010) 95–104.
- [10] J.E. de Bruin, M.G. Vervloet, M.G. Buimer, et al., Renal function 5 years after open and endovascular aortic aneurysm repair from a randomized trial, *British Journal of Surgery* 100 (2013) 1465–1470. <http://dx.doi.org/10.1002/bjs.9280>.
- [11] R.R. Makar, S.A. Badger, M.E. O'Donnell, et al., The impact of endovascular repair of ruptured abdominal aortic aneurysm on the gastrointestinal and renal function, *International Journal of Vascular Medicine* 2014 (2014) 178323. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/178323>.
- [12] B.N. Nguyen, R.F. Neville, R. Rahbar, et al., Comparison of outcomes for open abdominal aortic aneurysm repair and endovascular repair in patients with chronic renal insufficiency, *Annals of Surgery* 258 (2013) 394–399, <http://dx.doi.org/10.1097/SLA.0b013e3182a15ada>.
- [13] B.R. Beeman, L.M. Doctor, K. Doerr, et al., Duplex ultrasound imaging alone is sufficient for midterm endovascular aneurysm repair surveillance: a cost analysis study and prospective comparison with computed tomography scan, *Journal of Vascular Surgery* 50 (2009) 1019–1024.
- [14] S.W. Stavropoulos, S.R. Charagundla, Imaging techniques for detection and management of endoleaks after endovascular aortic aneurysm repair, *Radiology* 243 (2007) 641–655.
- [15] J. Baxa, T. Vendiš, J. Moláček, et al., Low contrast volume run-off CT angiography with optimized scan time based on double-level test bolus technique – feasibility study, *European Journal of Radiology* 83 (2013) e147–e155. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2013.12.004>.
- [16] G.J. Harison, O.A. Oshin, S.R. Vallabhaneni, et al., Surveillance after EVAR based on duplex ultrasound and abdominal radiography, *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 42 (2011) 178–192.
- [17] E.L. Verhoeven, K. Oikonomou, F.C. Ventin, et al., Is it time to eliminate CT after EVAR as routine follow-up?, *Journal of Cardiovascular Surgery* 52 (2011) 193–198.
- [18] A. Granata, L. Zanolli, M. Insalaco, et al., Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in nephrology: Has the time come for its widespread use?, *Clinical and Experimental Nephrology* (October 29) (2014) [Epub ahead of print].
- [19] http://en.wikipedia.org/wiki/Contrast-enhanced_ultrasound. (online, 22. 12. 2014).

Z anglického originálu online verze článku přeložil autor.