



Původní sdělení | Original research article

Incidence ruptury malých aneurysmat břišní aorty, vliv komorbidit a naše zkušenosti s predikcí ruptury založené na určení napětí cévní stěny

(Incidence of small abdominal aortic aneurysms rupture, impact of comorbidities and our experience with rupture risk prediction based on wall stress assessment)

Luboš Kubíček^{a,b}, Robert Staffa^{a,b}, Robert Vlachovský^{a,b},
Stanislav Polzer^c, Peter Kružliak^d

^a II. chirurgická klinika, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, Brno, Česká republika

^b Lékařská fakulta Masarykovy univerzity, Brno, Česká republika

^c Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické, Brno, Česká republika

^d I. interní kardiologická klinika, Mezinárodní centrum klinického výzkumu (ICRC), Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, Brno, Česká republika

INFORMACE O ČLÁNKU

Historie článku:

Došel do redakce: 19. 1. 2015

Přijat: 16. 2. 2015

Dostupný online: 12. 3. 2015

Klíčová slova:

Aneurysma břišní aorty

Malé AAA

Predikce

Ruptura

Určení napětí stěny

SOUHRN

Cíl: Ruptura aneurysmatu abdominální aorty (AAA) je urgentní stav bezprostředně ohrožující pacienta na životě, vyžadující okamžitý chirurgický nebo endovaskulární zákrok. Pokud je AAA zachyceno před rupturou, je další postup řízen na základě velikosti jeho maximálního průměru – pokud je < 5,5 cm, je pacient dispenzarizován, pokud je nad uvedenou mez, je pacient indikován k operačnímu řešení. V literatuře je uváděno, že 10–24 % pacientů s rupturou AAA má maximální průměr < 5,5 cm, takže i významná část dispenzarizovaných pacientů je potenciálně ohrožena rupturou. Cílem této studie bylo určit procentuální zastoupení prasklých malých AAA řešených na našem pracovišti za poslední čtyři roky a zároveň identifikovat potenciální rizikové faktory ruptury. Sekundárním cílem je předvést naše zkušenosti s moderní metodou predikce ruptury aneurysmatu s použitím CT snímků k výpočtu napětí cévní stěny aneurysmatu, a tím určení rizika jeho ruptury.

Metodika: Retrospektivní vyhodnocení dokumentace pacientů s rupturou AAA za poslední čtyři roky. Ke změření maximálního průměru prasklého AAA byly použity CT snímky a bylo určeno procento malých AAA. Další významné anamnestické údaje pacientů v souboru byly porovnány v obou skupinách a statisticky vyhodnoceny.

Výsledky: Ve sledovaném období bylo urgentně operováno pro rupturu AAA 41 pacientů. Z tohoto celkového počtu jich sedm mělo maximální průměr < 5,5 cm, což je 17,1 %.

Závěr: Tyto výsledky poukazují na nedostatky dosavadních indikačních kritérií založených pouze na maximálním průměru AAA. Dle těchto kritérií jsou pacienti s malými AAA paušálně dispenzarizováni, i když významná část z nich je ohrožena rupturou.

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

Adresa: MUDr. Luboš Kubíček, I. chirurgická klinika, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity a Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, Pekařská 53, 656 91 Brno, e-mail: lubos.kubicek@fnusa.cz

DOI: 10.1016/j.crvasa.2015.02.005

ABSTRACT

Aim: Abdominal aortic aneurysm rupture (AAA) threatens a patient's life, requiring an urgent open repair or endovascular surgery. If an asymptomatic AAA is found before a rupture the next steps are directed by its diameter – if it is less than 55 mm the patient is dispensarized, and if it is more a repair is indicated. According to literary sources 10–24% of ruptured AAA are less than 55 mm in diameter, thus a significant portion of dispensarized patients are threatened by a rupture. The objective of our study was to determine a portion of small ruptured AAA repaired in our center in the last four years and try to identify potential risk factor. The secondary goal was to show our experience with a modern method of rupture prediction, using CT scans to compute the wall stress of AAA and thus predict its rupture risk.

Methods: A retrospective study of documentation of patients with ruptured AAA in last four years. CT findings were used to measure maximal diameter of ruptured AAA and portion of small AAA was determined. Some other important information from patient's medical history were also compared in both groups and statistically evaluated.

Results: 41 patients underwent an open repair of ruptured AAA. Out of this number 7 ruptured AAA were small, which is equivalent to 17.1%.

Conclusion: This finding shows us the shortages of the present indication criteria based on an AAA diameter. In accordance to these criteria patients with small AAA are dispensarized and thus a significant part of them are in risk of rupture.

Keywords:

Abdominal aortic aneurysm

Prediction

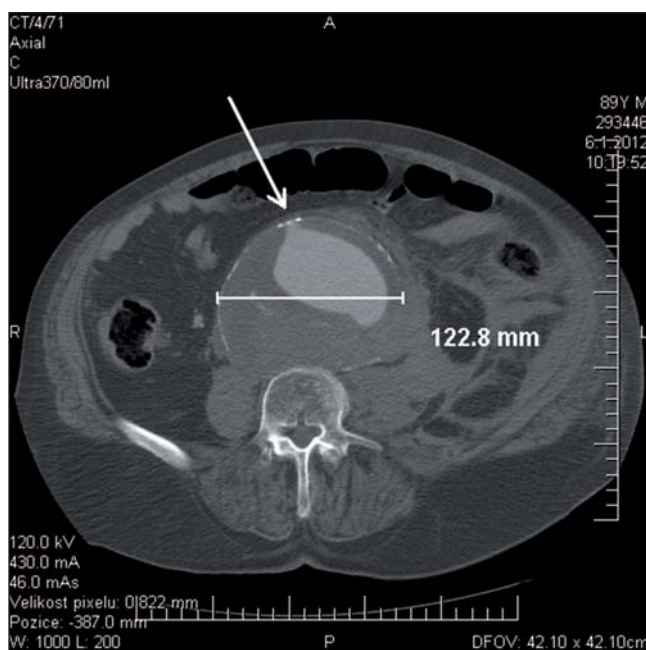
Rupture

Small AAA

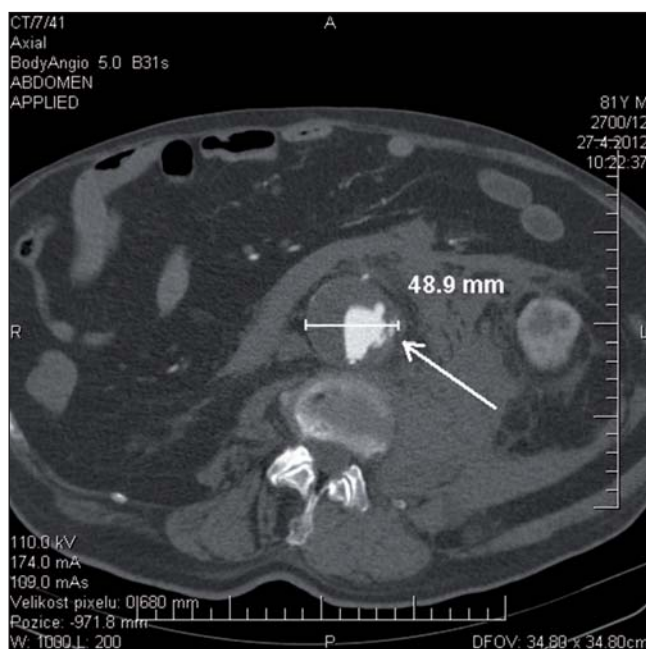
Wall stress assessment

Úvod

Ruptura aneurysmatu abdominální aorty (AAA) patří mezi nejnáročnější urgentní stavy v cévní chirurgii, bezprostředně ohrožuje pacienta na životě, a i po úspěšném operačním zákroku je zatížena vysokou mortalitou a pooperační morbiditou [1]. Jelikož AAA je velmi často asymptomatické a pacienti nezpůsobují žádné subjektivní obtíže, bývá ruptura bohužel ve velkém počtu případů i jeho prvním záchytem vyžadujícím okamžité řešení (obr. 1). U pacientů, u kterých bylo AAA zjištěno při jiném diagnostickém procesu, vyvstává otázka, kdy přistoupit k elektivnímu zásahu, a to buď k otevřené resekci a náhradě cévní protézou, nebo k endovaskulárnímu řešení.



Obr. 1 – Ruptura velkého AAA. Rupturující AAA s průměrem nad indikační hranicí k resekčnímu výkonu, maximální průměr v místě ruptury je 122,8 mm, místo ruptury označeno šipkou. AAA – aneurysma abdominální aorty.



Obr. 2 – Ruptura malého AAA. Rupturující AAA s průměrem pod indikační hranicí k resekčnímu výkonu, maximální průměr v místě ruptury je 48,9 mm, místo ruptury označeno šipkou. AAA – aneurysma abdominální aorty.

Dle dnes platných guidelines [2] je hranicí pro elektivní operační výkon maximální průměr AAA > 5,5 cm (měřen z CT angiografického vyšetření). Navzdory platným guidelines existuje množství studií dokazujících, že značná část prasklých AAA (10–24 %) [3–5] má maximální průměr < hranicí 5,5 cm (malá AAA). Z uvedeného vyplývá, že i u dispensarizovaných pacientů může dojít k život ohrožující ruptuře, i když nesplňují platná indikační kritéria pro resekční výkon (obr. 2). Naopak jsou dostupné studie poukazující na skutečnost, že i u podstatné části AAA s průměrem výrazně větším (velká AAA), než je hranice k elektivnímu operačnímu výkonu, nikdy nedojde k ruptuře [6] a jejich přítomnost je zjištěna až jako náhodný nález při pitvě pacientů zemřelých z jiné příčiny [7]. Účelem tohoto článku je retrospektivní studie dokumentace pa-

cientů s rupturou AAA, kteří podstoupili urgentní zákrok na našem pracovišti mezi lety 2009 a 2012. Hlavním cílem bylo určit procentuální zastoupení pacientů s rupturou malého AAA (maximální průměr < 5,5 cm nebo hraniční – takový, který by byl indikován k dispenzarizaci) a porovnat mortalitu pacientů s malými a velkými aneurysmaty. Také jsme se pokusili identifikovat potenciální rizikové faktory pro rupturu AAA. Naším druhým cílem je podělit se o zkušenosti s matematickým modelováním napětí cévní stěny s použitím CT snímků a s metodou analýzy konečných elementů, s jejíž pomocí lze predikovat riziko ruptury malého AAA. Jelikož několik recentních studií tvrdí, že tato metoda je přesnější než kritérium založené pouze na maximálním průměru [8,9], je nadějně, že v budoucnu budou takovéto metody využívány k vyhledávání malých AAA s vysokým rizikem ruptury. Na druhé straně by stejná metoda mohla ušetřit otevřeného nebo endovaskulárního zákroku velmi rizikové pacienty s těžkými komorbiditami, u kterých by bylo riziko ruptury určeno jako nižší než rizika zákroku.

Materiál a metodika

Tato publikace je založena na retrospektivní studii čerpající z dokumentace našeho pracoviště, pracovišť anesteziologicko-resuscitační kliniky a oddělení následné péče naší nemocnice. V letech 2009–2012 bylo na naší klinice urgentně operováno pro rupturu AAA celkem 49 pacientů (muži $n = 40$, ženy $n = 9$), u osmi pacientů nebyla dostupná potřebná obrazová CT angiografická dokumentace (buď z důvodu provedení CT vyšetření extramurálně, kdy nebyla dokumentace na naše pracoviště zaslána, nebo z důvodu časové tísně u pacientů dispenzarizovaných nebo s jiným způsobem potvrzenou přítomností AAA), tito pacienti byli ze studie vyřazeni. Kompletní data včetně obrazové CT dokumentace byla dostupná u 41 pacientů (muži $n = 32$, ženy $n = 9$). U všech pacientů s rupturou AAA na našem pracovišti byla provedena urgentní operační resekce, žádný pacient nepodstoupil endovaskulární zákrok. Obrazová dokumentace v podobě CT angiografických vyšetření byla vyhodnocena s použitím programu TomoCon 3.0 Viewer (TatraMed, Bratislava, SK), pomocí kterého byly změřeny maximální průměry AAA v čase ruptury. Zároveň jsme v dokumentaci dohledali přežití pacientů po dobu hospitalizace v naší nemocnici až do doby eventuálního přeložení na sektorové pracoviště nebo rehabilitační pracoviště ve stabilním stavu nebo naopak do úmrtí pacienta. Následná mortalita pacientů již dohledána nebyla s předpokladem, že po delší době od operačního zákroku jsou již rizika úmrtí z jiných příčin stejná jako u pacientů, kteří rupturu AAA neprodělali [10]. Ke statistickému zhodnocení získaných dat byl použit Fisherův exaktní test, volně dostupný na internetu. Dále byly sledovány anamnestické údaje pacientů, a to konkrétně informace o hypertenzi, chronické obstrukční plicní nemoci (CHOPN), diabetes mellitus, hyperlipidemii, ischemické chorobě srdeční a ischemické chorobě dolních končetin. Tato data byla také statisticky testována (s použitím neparametrického Mannova-Whitneyho testu) ve snaze odhalit možnou spojitost mezi těmito chorobami a průměrem rupturovaného AAA. Zastoupení žen, pa-

cientů s hypertenzí, ischemickou chorobou srdeční nebo diabetes mellitus v našem souboru se významně liší od souboru pacientů s AAA bez ruptury (referenční skupiny získány ze studií) [11,12]. Pro tento případ byl použit „one-sample portion test“.

Výsledky

Ze souboru 41 pacientů mělo v čase ruptury maximální průměr AAA pod hranicí k elektivnímu resekčnímu výkonu sedm pacientů (muži $n = 6$, ženy $n = 1$), tedy v přepočtu na celkový počet pacientů v souboru toto odpovídá 17,1 %, což je výsledek shodující se s dostupnými literárními zdroji. Dispenzarizovaných pacientů, u kterých došlo k ruptuře AAA, bylo v našem souboru celkem osm, dva z nich měli průměr AAA pod hranicí k elektivnímu výkonu, u všech ostatních byla ruptura prvním projevem přítomnosti AAA. Průměrná hodnota maximálního průměru rupturoujícího AAA byla 8,4 cm (medián 8,3 cm), v rozmezí hodnot 4,4–13,8 mm. Průměrný věk pacienta s AAA v čase ruptury byl 74,9 roku (rozmezí 57–98 let). Rozdílný výsledek jsme získali při srovnání průměrného věku u pacientů s rupturou AAA s maximálním průměrem < 5,5 cm, u nichž průměrný věk dosahoval 70,1 roku, zatímco průměrný věk pacientů s rupturou AAA s maximálním průměrem > 5,5 cm byl 75,8 roku. Celkový počet úmrtí pacientů po urgentním resekčním výkonu a náhradě bifurkační protézou po dobu sledování v naší nemocnici dosahoval 46,3 % ($n = 19$). I když při srovnání procentuálního zastoupení úmrtí pacientů po urgentní resekci s maximálním průměrem AAA > 5,5 cm, kterých zemřelo 50,0 % ($n = 17$), s pacienty s maximálním průměrem AAA < 5,5 cm, kterých v pooperačním období zemřelo 28,6 % ($n = 2$), se zdá být výrazný rozdíl, v procentuálním vyjádření úmrtí v obou skupinách nevyšel tento rozdíl statisticky významný ($p = 0,419$).

Několik zajímavých výsledků bylo získáno statistickým vyhodnocením anamnestických údajů pacientů v souboru. Pacienti s CHOPN měli průměr AAA v čase ruptury významně větší než pacienti, u nichž nebyla CHOPN přítomna ($p = 0,047$). Většina pacientů s rupturou AAA měla hypertenzi ($n = 38$), takže je zjevné, že hypertenze není jen rizikovým faktorem pro vznik AAA, ale také pro jeho následnou rupturu ($p < 0,0001$). Při srovnání maximálního průměru prasklého AAA mezi muži a ženami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p = 0,487$), avšak ze srovnání věku v čase ruptury vyplynulo, že u žen docházelo k ruptuře v pozdějším věku než u mužů ($p = 0,04$). Zhodnocení vlivu diabetes mellitus je komplikovanější, protože ve srovnání se studií Powella a spol. [11] vyšel jako rizikový faktor ($p < 0,0001$), ale při srovnání se studií Kenta a spol. [12] toto potvrzeno nebylo ($p = 0,103$).

Diskuse

Základním údajem vyplývajícím z provedené studie je, že 17,1 % rupturovaných AAA řešených na našem pracovišti v letech 2009–2012 mělo maximální průměr aneurysmatu pod hranicí k elektivnímu výkonu (5,5 cm), což je údaj shodný s dostupnými literárními zdroji [2–4]. Jde o neza-

nedbatelnou část pacientů, kteří by v případě rozhodování se o intervenci byli indikováni ke konzervativnímu postupu a dispenzarizaci, čímž by byli ohroženi rupturou AAA, a tím pádem i na životě. V naší studii k této situaci došlo pouze ve dvou případech, z zbýlých pěti pacientů s maximálním průměrem AAA < 5,5 cm šlo o první záchyt AAA. Na první pohled zajímavý údaj o rozdílném podílu úmrtí v obou skupinách (50,0 % u velkých AAA vs. 28,6 % u malých AAA) se po statistickém zhodnocení nepotvrdil jako statisticky významný ($p = 0,419$). Statistické zhodnocení těchto údajů však může být do značné míry ovlivněno malým počtem pacientů v souboru (k úmrtí při ruptuře malých AAA došlo pouze u dvou pacientů). K validnímu zhodnocení možného rozdílu mortality mezi zkoumanými skupinami by bylo nutné zahrnout větší soubor pacientů. Dalším rozdílným výsledkem byl zjištěný průměrný věk pacientů v obou skupinách, kdy průměrný věk pacientů s rupturou větších AAA byl > 75 let, zatímco u pacientů s rupturou menších AAA průměrný věk činil 70 let. Jednoduchým by bylo vysvětlení, že čím starší je pacient, tím více času má aneurysma na „růst“, a proto větším AAA odpovídá i vyšší průměrný věk. Toto tvrzení je však v mnoha ohledech zavádějící, nebere v potaz rozdílnou dynamiku růstu a napětí stěny u jednotlivých případů AAA, a pro platnost takového tvrzení by muselo AAA u všech pacientů vzniknout ve stejném věku. Důležitým výstupem ze zjištěných dat o věku pacientů s rupturou AAA je ten, že obě průměrné hodnoty jsou nad hranicí 65 let, která je uváděna jako rizikové kritérium pro vznik AAA v průměrné populaci [13].

Navzdory předchozímu zhodnocení věku pacientů v čase ruptury AAA byl zjištěn zajímavý statisticky významný rozdíl věku v závislosti na pohlaví. U žen docházelo k ruptuře AAA ve vyšším věku než u mužů ($p = 0,04$). Toto zjištění je v rozporu s dostupnými literárními zdroji, ve kterých je uváděno ženské pohlaví jako rizikový faktor pro rupturu AAA [14,15]. Při srovnání s dostupnou literaturou jsme v našem souboru narazili i na další rozpor, a to při srovnání průměru AAA mezi muži a ženami. V literatuře se tradičně uvádí, že průměr rupturovaného AAA u žen je významně menší než u mužů, a tedy ženské pohlaví je rizikovým faktorem pro rupturu [14,16]. V našem souboru jsme však statisticky významný rozdíl mezi průměrem AAA u mužů a žen neprokázali ($p = 0,487$). Rozpor našich výsledků s dostupnou literaturou může být způsoben malým počtem sledovaných subjektů (pouze devět žen v souboru) nebo také některými dalšími komorbiditami. Důvodem však může být také to, že naše výsledky odpovídají skutečnosti v naší populaci, a tedy opravdu není rozdíl mezi průměrem AAA mezi muži a ženami. Pro objasnění situace bude třeba provést další hodnocení.

V případě pacientů s CHOPN naše zjištění podporují hypotézu, že CHOPN působí jako protektivní stav oddalující rupturu AAA [17]. Dle zmíněné studie dochází u pacientů s CHOPN ke zvýšení tuhosti a síly stěny AAA, což má za následek snížení rizika jeho ruptury. Paradoxem zůstává, že běžnou příčinou vzniku CHOPN je kouření, které je zároveň potvrzeným rizikovým faktorem pro vznik AAA. Avšak u pacientů, u kterých je přítomno jak AAA, tak CHOPN, je riziko ruptury relativně nižší než u pacientů, kteří mají pouze AAA bez přítomnosti CHOPN. V našem souboru byl průměr AAA u pacientů s CHOPN statisticky významně

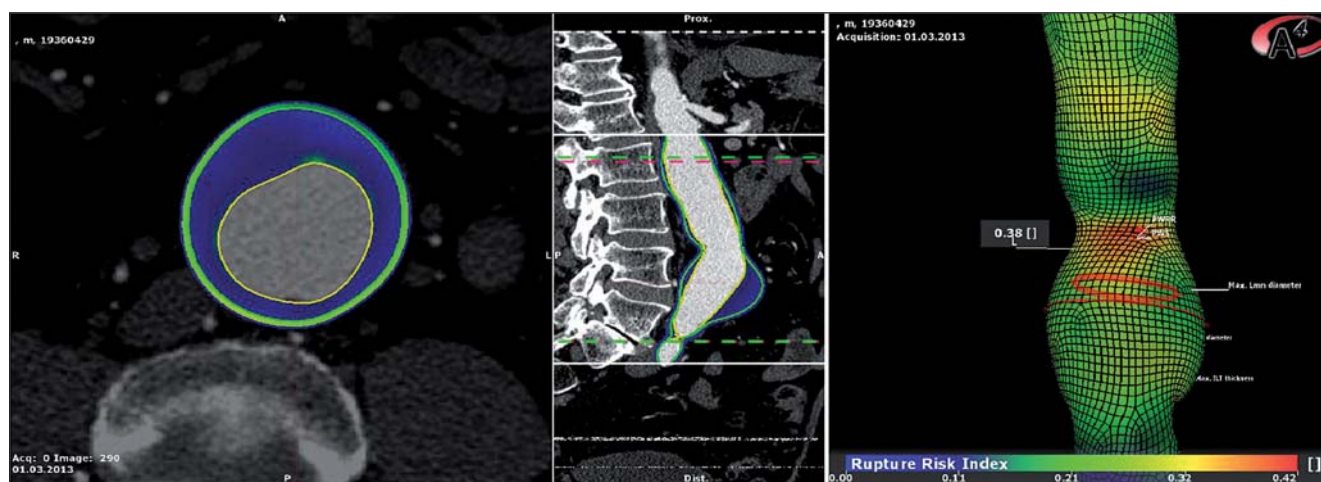
větší než u pacientů bez CHOPN ($p = 0,047$). Pokud zvažujeme hypertenzi jako další rizikový faktor pro vznik AAA, je zřejmé, že vyšší tlak krve vede zároveň i k vyššímu riziku ruptury z důvodu zvýšeného napětí cévní stěny. Toto tvrzení bylo v našem souboru potvrzeno, protože ze 41 pacientů jich 38 mělo léčenou hypertenzi ($p < 0,0001$). Bohužel nemáme k dispozici recentní hodnoty krevního tlaku pacientů v čase před rupturou AAA, takže nemůžeme s jistotou říci, zda byl při ruptuře jejich krevní tlak opravdu výrazně zvýšený, anebo byl v mezích normy. Jisté je však doporučení k důsledné léčbě hypertenze u pacientů se zjištěným AAA, čímž je snižováno riziko jeho ruptury [2]. Role diabetes mellitus ve vztahu k AAA je kontroverzní i v dostupné literatuře, z našeho zjištění vyplývá, že diabetes mellitus je rizikovým faktorem ruptury AAA ve srovnání se studií Powella a spol. [11] ($p < 0,0001$), což však nebylo potvrzeno při srovnání se studií Kenta a spol. [12] ($p = 0,103$). Skutečná role diabetes mellitus musí být zhodnocena dalším výzkumem.

Pokud by byl zaveden pravidelný ultrazvukový screening alespoň u rizikových pacientů (muž, věk nad 65 let, hypertonik, kuřák) [13], podařilo by se s největší pravděpodobností zachytit velké množství asymptomatických pacientů, u kterých by mohla hrozit potenciální ruptura. Po zavedení takového screeningu by ovšem došlo k mnohem častějšímu rozhodování, zda provést elektivní výkon nebo pokračovat v dispenzarizaci u pacientů s maximálním průměrem AAA pohybujícím se okolo hranice 5,5 cm. Na druhé straně jelikož každý operační zákrok s sebou přináší i výrazná rizika pro pacienta, nemělo by docházet i ke všeobecnému indikování operačních zákroků, ale mělo by být pečlivě zváženo riziko vs. přínos u každého zákroku. Zvláště pokud víme, že u části pacientů dispenzarizovaných pro AAA nikdy nedojde k jeho ruptuře i při výrazně větších rozměrech AAA.

V takovýchto případech by nám v rozhodování mohly pomoci moderní metody predikce ruptury AAA na základě matematické modelace napětí cévní stěny AAA, které jsou již testovány na zahraničních pracovištích [18,19], ale v našem prostředí zatím do indikačního procesu zapojeny nebyly. Rozšíření diagnostických postupů o zapojení podobných technik by mohlo být velmi nápomocné při rozhodování se k elektivnímu výkonu jak u již zmíněných pacientů pod indikační hranicí k intervenci, tak i u pacientů s průměrem AAA splňujícím daná kritéria k zákroku, avšak s tolika komorbiditami, že by rizika operačního zákroku mohla převýšit samotné riziko vzniku ruptury.

V posledních letech se naše pracoviště podílí na vývoji a zpřesnění právě takového matematického modelu ve spolupráci s inženýry z Fakulty strojního inženýrství Vysokého učení technického Brno a doufáme, že v budoucnu budeme schopni tento model zapojit do indikačního procesu.

Klinický případ – Ve spolupráci s firmou Vascops GmbH (Graz, Rakousko) jsme provedli pilotní analýzu rizika ruptury AAA jednoho z našich dispenzarizovaných pacientů (muž, 76 let, kuřák). Maximální průměr testovaného AAA byl 5,4 cm. Základními výsledky z počítačové modelace byly tyto tři hodnoty: peak wall stress (PWS), což je maximální mechanické napětí ve stěně AAA; peak wall rupture risk (PWRR) je index hodnotící maximální riziko ruptury AAA a posledním výsledkem byl rupture risk equivalent



Obr. 3 – Vytvoření 3D modelu AAA s barevně znázorněným indexem rizika ruptury. Zleva – transverzální CT snímek v místě maximálního průměru AAA. Sagitální řez AAA. 3D rekonstrukce AAA s barevně znázorněným rozložením indexu rizika ruptury cévní stěny (všechna práva vyhrazena Vascops GmbH, Graz, Rakousko). AAA – aneurysma abdominální aorty.

diameter (RRED), který je výpočtem ekvivalentního maximálního průměru AAA průměrného pacienta, které má stejné biomechanické vlastnosti a riziko ruptury jako AAA testované (všechna data použita se souhlasem Vascops GmbH) [20]. Kromě číselných údajů popisujících vlastnosti AAA byl zároveň vytvořen i 3D model testovaného AAA s barevně znázorněným rozložením indexu rizika ruptury. Tento 3D model nám umožňuje pozorovat napětí cévní stěny v jednotlivých částech AAA, čímž získáváme možnost identifikovat místa s vysokým napětím, a tím i vysokým rizikem ruptury (obr. 3). Dle našeho názoru je pro klinické lékaře bez hlubší znalosti mechaniky nejlépe pochopitelný a nejvíce přínosný parametr RRED. Aneurysma abdominální aorty v našem případě mělo maximální průměr 5,4 cm, ale jeho RRED byl pouze 4,6 cm, což znamená, že napětí cévní stěny testovaného AAA nebylo vysoké a riziko jeho ruptury odpovídalo riziku ruptury jako u AAA s průměrem o 1 cm menším (obr. 4). V tomto případě výsledek analýzy podpořil pokračování v dispenzarizaci pacienta spíše než provedení resekčního nebo endovas-

kulárního zákroku (nebyl indikován z důvodu morfologie aneurysmatu a pánevních tepen), protože napětí cévní stěny tohoto hraničního AAA je ve skutečnosti menší, než by se mohlo zdát pouze z jeho maximálního průměru. Počítačová analýza napětí cévní stěny nám ukázala, že riziko ruptury je v tomto případě nižší, než by mohla být rizika případného zákroku, a podpořila pokračování v relativně velmi bezpečné dispenzarizaci pacienta. Pokud by taková metoda byla zapojena do každodenní praxe, mohla by lékařům pomoci při rozhodování se u AAA s hraničním průměrem nebo v případech velmi rizikových pacientů s velkým AAA (u kterých by nebyl možný endovaskulární zákrok).

Závěr

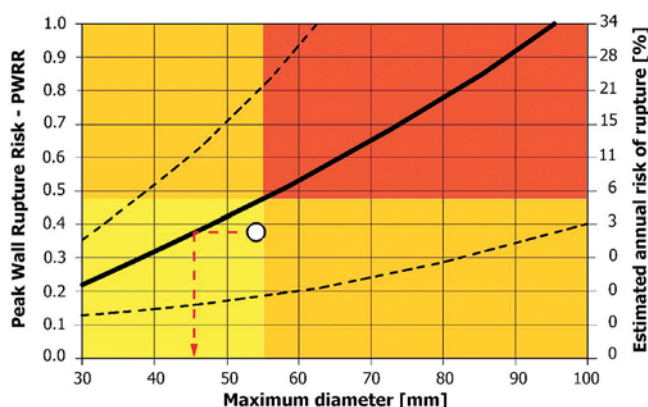
Výsledky naší studie poukazují na nedostatečnost dosavadních indikačních kritérií pro řešení asymptomatických AAA založených pouze na hodnocení jejich maximálního průměru. Dle těchto kritérií jsou pacienti se zjištěným malým AAA paušálně dispenzarizováni, i když je část z nich ohrožena vysokým rizikem ruptury. Vytvoření ultrazvukového screeningového programu by nám pomohlo při hledání asymptomatických AAA v rizikových skupinách pacientů. V případě, že bychom identifikovali pacienta s malým nebo hraničním AAA, vyvstává otázka, zda by tento pacient nemohl být ohrožen vysokým rizikem ruptury nebo zda je bezpečné pacienta dále dispenzarizovat. Naším dalším cílem je posunutí počítačové analýzy napětí cévní stěny AAA z experimentální metody do pozice pomocného diagnostického nástroje, který by nám umožnil lépe rozhodovat právě v těchto obtížných případech.

Prohlášení autorů o možném střetu zájmů

Žádný z autorů nemá potenciální konflikt zájmů v souvislosti s publikací tohoto článku.

Financování

Tento projekt byl podpořen grantem GA ČR číslo GA13-16304S.



Obr. 4 – Vyhodnocení rizika ruptury stěny AAA. Grafické znázornění indexu rizika ruptury stěny AAA, šipka označuje odvozenou hodnotu RRED (ekvivalentní průměr k riziku ruptury) (všechna práva vyhrazena Vascops GmbH, Graz, Rakousko). AAA – aneurysma abdominální aorty; RRED – rupture risk equivalent diameter.

Prohlášení autorů o etických aspektech publikace

Veškerý výzkum byl proveden dle platných etických zásad.

Informovaný souhlas

Nebyl třeba, článek byl vytvořen na základě retrospektivní studie dokumentace archivované na našem pracovišti (data pacientů a CT snímků).

Literatura

- [1] M. Gawenda, J. Brunkwall, Ruptured abdominal aortic aneurysm: the state of play, *Deutsches Ärzteblatt International* 109 (2012) 727–732.
- [2] F.L. Moll, J.T. Powell, G. Fraedrich, et al., Management of abdominal aortic aneurysms clinical practice guidelines of the European Society for Vascular Surgery, *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 41 (2011) S1–S58.
- [3] S.C. Nicholls, J.B. Gardner, M.H. Meissner, H.K. Johansen, Rupture in small abdominal aortic aneurysms, *Journal of Vascular Surgery* 28 (1998) 884–888.
- [4] A.J. Hall, E.F. Busse, D.J. McCarville, J.J. Burgess, Aortic wall tension as a predictive factor for abdominal aortic aneurysm rupture: improving the selection of patients for abdominal aortic aneurysm repair, *Annals of Vascular Surgery* 14 (2000) 152–157.
- [5] G. Geroulakos, A. Nicolaides, Infraarenal abdominal aortic aneurysms less than five centimetres in diameter: the surgeon's dilemma, *European Journal of Vascular Surgery* 6 (1992) 616–622.
- [6] F.A. Lederle, G.R. Johnson, S.E. Wilson, et al., Rupture rate of large abdominal aortic aneurysms in patients refusing or unfit for elective repair, *JAMA: Journal of the American Medical Association* 287 (2002) 2968–2972.
- [7] R.C. Darling, C.R. Messina, D.C. Brewster, L.W. Ottinger, Autopsy study of unoperated abdominal aortic aneurysms. The case for early resection, *Circulation* 56 (3 Suppl.) (1977) II161–II164.
- [8] A.K. Venkatasubramaniam, M.J. Fagan, T. Mehta, et al., A comparative study of aortic wall stress using finite element analysis for ruptured and non-ruptured abdominal aortic aneurysms, *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 28 (2004) 168–176.
- [9] T.C. Gasser, M. Auer, F. Labruto, et al., Biomechanical rupture risk assessment of abdominal aortic aneurysms: model complexity versus predictability of finite element simulations, *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 40 (2010) 176–185.
- [10] O. Schouten, V.H. van Waning, M.D. Kertai, et al., Perioperative and long-term cardiovascular outcomes in patients undergoing endovascular treatment compared with open vascular surgery for abdominal aortic aneurysm or ilioaorto-femoro-popliteal bypass, *American Journal of Cardiology* 96 (2005) 861–866.
- [11] J.T. Powell, A.R. Brady, L.C. Brown, et al., Mortality results for randomised controlled trial of early elective surgery or ultrasonographic surveillance for small abdominal aortic aneurysms, *Lancet* 352 (1998) 1649–1655.
- [12] K.C. Kent, R.M. Zwolak, N.N. Egorova, et al., Analysis of risk factors for abdominal aortic aneurysm in a cohort of more than 3 million individuals, *Journal of Vascular Surgery* 52 (2010) 539–548.
- [13] A.B. Wilmink, C.R. Quick, Epidemiology and potential for prevention of abdominal aortic aneurysm, *British Journal of Surgery* 85 (1998) 155–162.
- [14] L.C. Brown, J.T. Powell, Risk factors for aneurysm rupture in patients kept under ultrasound surveillance, *Annals of Surgery* 230 (1999) 289–296.
- [15] Participants UKSAT, Long-term outcomes of immediate repair compared with surveillance of small abdominal aortic aneurysms, *New England Journal of Medicine* 346 (2002) 1445–1452.
- [16] J.T. Powell, S.M. Gotensparre, M.J. Sweeting, et al., Rupture rates of small abdominal aortic aneurysms: a systematic review of the literature, *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 41 (2011) 2–10.
- [17] C. Forsell, J. Swedenborg, J. Roy, T.C. Gasser, The quasi-static failure properties of the abdominal aortic aneurysm wall estimated by a mixed experimental-numerical approach, *Annals of Biomedical Engineering* 41 (2013) 1554–1566.
- [18] T.M. McGloughlin, B.J. Doyle, New approaches to abdominal aortic aneurysm rupture risk assessment: engineering insights with clinical gain, *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* 30 (2010) 1687–1694.
- [19] S. Polzer, T.C. Gasser, J. Bursa, et al., Importance of material model in wall stress prediction in abdominal aortic aneurysms, *Medical Engineering and Physics* 35 (2013) 1282–1289.
- [20] G. Martufi, M. Auer, J. Roy, et al., Multidimensional growth measurements of abdominal aortic aneurysms, *Journal of Vascular Surgery* 58 (2013) 748–755.

Z anglického originálu online verze článku přeložil autor.