

MULTIDETEKTOROVÁ VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE U TRAUMAT – VLIV LOKALIZACE, VELIKOSTI A DENZITY AKTIVNÍHO KRVÁCENÍ NA VOLBU NÁSLEDNÉ TERAPIE

MULTI-DETECTOR ROW COMPUTED TOMOGRAPHY IN TRAUMA – INFLUENCE
OF THE LOCALIZATION, SIZE AND DENSITY OF ACTIVE EXTRAVASATION ON
SUBSEQUENT CLINICAL MANAGEMENT

původní práce

Filip Cihlár¹
Roman Mišičko²
Antonín Krajina³
Jiří Cihlár⁴
Robert Bartoš⁵
Petr Obruba²
Petra Zasadilová¹

¹Radiologické oddělení,
Masarykova nemocnice o.z.,
Krajská zdravotní a.s.,
Ústí nad Labem

²Traumacentrum, Masarykova
nemocnice o.z.,
Krajská zdravotní a.s.,
Ústí nad Labem

³Radiologická klinika LF UK a FN,
Hradec Králové

⁴Katedra matematiky,
Přírodovědecká fakulta UJEP,
Ústí nad Labem

⁵Neurochirurgická klinika UJEP,
Masarykova nemocnice o.z.,
Krajská zdravotní a.s.,
Ústí nad Labem

Přijato: 4. 4. 2014.

Korespondenční adresa:

MUDr. Filip Cihlár
Radiologické oddělení Masarykovy
nemocnice o.z.
Krajská zdravotní a.s.
Sociální péče 3316/12A,
401 13 Ústí nad Labem
email: filip.cihlar@kzcr.eu

Konflikt zájmů: žádný.

SOUHRN

Cihlár F, Mišičko R, Krajina A, Cihlár J, Bartoš R, Obruba P, Zasadilová P. Multi-detektorová výpočetní tomografie u traumat – vliv lokalizace, velikosti a denzity aktivního krvácení na volbu následné terapie

Cíl: Při celotělovém multidetektorovém CT vyšetření (MDCT) u poranění narůstá počet zobrazených aktivních krvácení v mimobřišní lokalizaci a stoupá počet konzervativně ošetřených pacientů. Cílem sdělení je zhodnotit naše zkušenosti s diagnostikou aktivního krvácení u traumat pomocí MDCT a posoudit vliv lokalizace, velikosti a denzity aktivního krvácení na volbu následné terapie.

Metodika: V našem souboru z let 2004–2008 a 2010–2013 je 967 po sobě jdoucích pacientů s celotělovým CT vyšetřením, případně vyšetřením hrudníku a břicha. Retrospektivně jsme hodnotili obrazovou dokumentaci se zaměřením na extravazaci kontrastní látky, která prokazuje aktivní krvácení. Hodnotili jsme lokalizaci a počet zdrojů krvácení. Dále jsme hodnotili velikost, plochu, denzitu a relativní denzitu krvácení. Sledovali jsme vstupní systolický tlak, hemodynamický stav, Injury Severity Score a Glasgow Coma Scale. Výsledky byly porovnány s klinickým sledováním a operačními nálezy (konzervativní postup vs. intervence).

Výsledky: Aktivní krvácení jsme detekovali u 128 pacientů z 967 vyšetřených (13,2 %). Celkem bylo nalezeno 183 zdrojů aktivního krvácení. Celkem 86 ložisek krvácení ze 183 (47 %) bylo řešeno pomocí

SUMMARY

Cihlár F, Mišičko R, Krajina A, Cihlár J, Bartoš R, Obruba P, Zasadilová P. Multi-detector row computed tomography in trauma – influence of the localization, size and density of active extravasation on subsequent clinical management

Aim: Detection rate of active bleeding in extraabdominal localization and number of nonoperative treatment is increasing in trauma evaluated by whole-body multi-detector row computed tomography (MDCT) imaging. The aim of the study is to evaluate a MDCT detection of the active bleeding in trauma patients, influence of the localization, size and density of active extravasation on subsequent clinical management.

Methods: The authors evaluated consecutive trauma patients examined between 2004–2008 and 2010–2013 who underwent whole-body or abdominal MDCT, and were examined 967 patients. We retrospectively reviewed MDCT images for the presence of extravasated contrast material, findings that represents active hemorrhage. The site and number of the bleeding sites was noted. The size, area, density and relative density of the hemorrhage was noted. We also evaluated systolic blood pressure on admission, hemodynamic status, Injury Severity Score and Glasgow coma scale. Results were compared with clinical follow up or intraoperative findings (nonoperative management vs. intervention).

Results: Active bleeding was detected in 128 (13,2%) of 967 patients. A total of 183

intervence – chirurgické či endovaskulární. Volba léčebného postupu významně souvisí s lokalizací krvácení ($p = 0,00001$). Velikost ($p = 0,00001$), plocha ($p = 0,00001$), denzita ($p = 0,01382$) a relativní denzita ($p = 0,02597$) aktivního krvácení je signifikantně vyšší u pacientů s provedenou intervencí.

Závěr: Lokalizace aktivního krvácení je významný prognostický faktor pro volbu následné léčby. Dalšími významnými faktory při volbě mezi konzervativní a intervenční léčbou jsou velikost a plocha krvácení, jeho denzita a relativní denzita.

Klíčová slova: trauma, aktivní krvácení, multidetektorové CT vyšetření.

sources of active extravasation were identified. Eighty-six (47%) of 183 bleeding sites underwent immediate intervention – surgical or endovascular. Subsequent clinical management is strongly dependent on the site of active extravasation ($p = 0,00001$). The size ($p = 0,00001$), area ($p = 0,00001$), density ($p = 0,00542$) and relative density ($p = 0,01919$) of active extravasation were significantly higher in patients who underwent intervention.

Conclusion: Location of the site of active extravasation is important predictor of subsequent clinical management. The size, area, density and relative density of active extravasation were also important predictors of subsequent clinical management.

Key words: trauma, active bleeding, multi-detector row computer tomography.

ÚVOD

Poranění jsou nejčastější příčinou úmrtí v populaci pod 45 let. Jsou spojena s vysokou morbiditou i mortalitou. Úmrtí při poraněních má tři časová období: 1. úmrtí na místě v důsledku smrtelných poranění (např. ruptura aorty, kraniocerebrální poranění), 2. časná mortalita v prvních minutách či hodinách (např. v důsledku masivního krvácení či závažného poranění mozku), 3. pozdní mortalita v řádu dnů a týdnů po úrazu v důsledku komplikací (sepsy, multiorgánové selhání). Výsledek léčby pacienta je v přímé souvislosti s délkou časového intervalu od úrazu do ošetření poranění a ve vhodné kombinaci diagnostických a léčebných modalit (1).

Zavedení multidetektorového CT vyšetření (MDCT) do praxe znamená podstatný pokrok v diagnostice krvácení. Umožňuje lepší selekci pacientů vyžadujících operační léčbu a přesnější sledování konzervativně léčených krvácení (2). Dovoluje prakticky celotělové zobrazení, s významně vyšší přesností a rychlostí vyšetření, které lze v současné době použít i u dočasně hemodynamicky stabilních pacientů. Redukce širé zdrojové vrstvy spolu s možností simultánního náběru více datových řad najednou umožňuje získání izotropního objemu dat. Následně lze získat rekonstrukce obrazů v jakémkoliv rovině se stejnou kvalitou obrazu. MDCT má vyšší senzitivitu pro diagnostiku probíhajícího krvácení než digitální subtrakční angiografie (DSA). Nález aktivního krvácení při MDCT vyšetření je užitečný faktor pro předpověď nutnosti operační či endovaskulární intervence a začíná být používán v nových skórovacích systémech poranění založených na MDCT zobrazení (3). Je třeba zdůraznit, že individuální kompenzační mechanismy mohou udržet normotenzi i u závažného krvácení. Detekce aktivního krvácení a včasná léčba hemodynamicky stabilních pacientů může předejít progresi klinického stavu s následným zhroucením oběhu se všemi negativními důsledky (1, 3). Dříve publikované práce byly za-

měřeny na aktivní krvácení v dutině břišní (4–6). Celotělové vyšetřovací protokoly stále častěji zobrazují krvácení i v jiných lokalizacích (3). Lze očekávat nárůst výskytu detekovaných aktivních krvácení při dalším zvýšení dostupnosti nejmodernější MDCT technologie. Dále jsou moderní MDCT schopna zobrazit diskretnější aktivní krvácení. V souborech publikovaných v posledních letech stoupá procento konzervativně řešených aktivních krvácení (7, 8).

Cílem práce je zhodnotit výskyt aktivního krvácení u pacientů s traumaty. Předpokládáme, že znalost lokalice, velikosti a denzity krvácení dovede k přesnější plánování léčebné strategie (volbu mezi konzervativní léčbou a intervencí zahrnující operaci či endovaskulární výkon).

METODIKA

Retrospektivně jsme od 1. 1. 2004 do 31. 12. 2008 a od 1. 1. 2010 do 30. 9. 2013 hodnotili MDCT nálezy po sobě jdoucích pacientů vyšetřovaných pro traumata se zaměřením na detekci aktivního krvácení. V roce 2009 nebyl sběr dat prováděn. Z období od 1. 1. 2004 do 31. 12. 2008 jsme do závěrečného hodnocení zařadili 281 pacientů. V období od 1. 1. 2010 do 30. 9. 2013 bylo vyšetřeno 686 pacientů. Do souboru byli zařazeni pacienti, kterým bylo provedeno celotělové vyšetření, a pacienti s postkontrastním vyšetřením hrudníku a břicha. Do souboru nebyla zahrnuta vyšetření bez podání kontrastní látky intravenózně a vyšetření pro izolovaná kraniocerebrální a páteřní poranění. U všech pacientů jsme MDCT nález porovnávali s operačním protokolem či klinickým sledováním.

Celotělové MDCT vyšetření jsme prováděli od ledna 2004 do září 2005 na 10-řadě MDCT Sensation 10 (Siemens, Erlangen, Německo) s parametry: 1. sekvenční vyšetření hlavy (120 kV, 310 mAs, FOV 20 cm, kolimace 0,75 mm, rotační perioda 1,0 s), 2. helikální vyšetření C páteře (120 kV, 150 mAs,

FOV 20 cm, kolimace 0,75 mm, pitch 1,0), 3. případně kombinované helikální vyšetření hlavy a C páteře, 4. postkontrastně bylo zhotoveno vyšetření hrudníku a břicha s parametry 120 kV, 160 mAs, FOV 38 cm, kolimace 0,75 mm, pitch 1,25.

Od září 2005 se vyšetření prováděla na 16-řádem MDCT přístroji Sensation 16 (Siemens, Erlangen, Německo), ostatní parametry byly stejné. Postupně jsme přešli na nativní zobrazení hlavy a postkontrastní vyšetření od báze lebky po symfýzu a v současné době tento typ vyšetření preferujeme. V letech 2010–2013 bylo k vyšetření poraněných používáno MDCT Phillips Brilliance iCT128 (64 detektorových řad, Phillips, Eindhoven, Nizozemsko) s parametry: nativní helikální zobrazení hlavy (120 kV, 450 mAs, FOV 25 cm, kolimace 0,625 mm, rotační perioda 0,5 s) a poté postkontrastní vyšetření od báze lebky kaudálně v požadovaném rozsahu v jedné fázi (120 kV, 300 mAs, FOV 350 cm, kolimace 0,625 mm, rotační perioda 0,5 s). Rozsah celotělového vyšetření je od vertexu lebky po symfýzu, v případě potřeby lze zobrazení prodloužit na dolní končetiny, ve většině případů i se zachycením celého skeletu dolních končetin. Neiontovou kontrastní látku podáváme injektorem i.v. v množství 100–120 ml, nejčastěji do kubitální žíly, případně do centrálního žilního katétru (CŽK). Rychlost aplikace je 2–3 ml/s. Zpoždění CT skenu je 50 s po aplikaci kontrastní látky, v případě podání do CŽK je zpoždění upraveno dle umístění katétru. U pacientů s podezřením na poranění tepen byla do vyšetření rovněž zařazena MDCT angiografie tepen v oblasti zájmu a adekvátním způsobem byl upraven vyšetřovací protokol. V některých případech při hraničním hemodynamickému stavu pacienta nedošlo k dostatečnému nasycení orgánů dutiny břišní kontrastní látkou. Vyšetření dutiny břišní bylo vzápětí opakováno ve chvíli, kdy již došlo k opožděnému nasycení parenchymových orgánů. Data jsou rekonstruována v šíři vrstvy 0,75 mm s inkrementem 0,7 mm (resp. 0,625 mm s inkrementem 0,5 mm u iCT128), z těchto zdrojových dat jsou vytvořeny diagnostické 3mm vrstvy v rozsahu hlavy a C páteře, dále 5mm vrstvy v rozsahu hrudníku a břicha. Vyšetření byla hodnocena ve zdrojových obrazech ve 3D interaktivním modu na pracovní stanici (Siemens Wizard, Leonardo; Phillips EBV či Phillips Portal), dále v diagnostických vrstvách, multi-planar reconstruction (MPR) šíře 3 mm v koronární a sagitální rovině. Maximum-intensity projection (MIP) vrstvy byly zhotoveny dle uvážení vyšetřujícího lékaře.

Hodnotili jsme výskyt aktivního krvácení u vyšetřených pacientů. Aktivní krvácení je popisováno jako okresek zvýšené denzity v místě poranění s denzitou vyšší než přilehlé orgány a měkké tkáně a srovnatelnou denzitou jako okolní cévní struktury, v našem souboru denzity alespoň 70 HU. U opožděných skenů při zobrazování vývodného systému ledvin byl průkaz aktivního krvácení zaznamenán jen v případě, že bylo možné vyloučit záměnu s únikem kontrastní látky mimo duté části močového systému. Ze souboru byla vyřazena intrakraniální krvácení, která jsou automaticky indikována k operační léčbě. Zjišťovali jsme počet a lokalizaci krvácení, dále jeho velikost (největší rozměr v axiálním řezu) a plochu (elipsa = $\pi \times a \times b$; kde a, b jsou poloosy elipsy). Pokud byl tvar krvácení výrazně nepravidelný a hodnocení velikosti by bylo nepřesné, byl tento zdroj z hodnocení vyřazen. Dále jsme hodnotili denzitu krvácení a vypočítali relativní denzitu krvácení jako poměr absolutní denzity a denzity tepny v úrovni krvácení. Zaznamenávali jsme počet zdrojů aktivního krvácení u jednoho pacienta. Dle lokalizace jsme kr-

Tab. 1. **Hodnocení Glasgow coma scale**

Tab. 1. **Evaluation of the Glasgow coma scale**

Glasgow coma scale	Hodnoty
reakce očí	1–4
nejlepší pohybová reakce	1–6
nejlepší slovní odpověď	1–5
celkem	3–15

vácení dělili na muskuloskeletální, která zahrnují stěnu trupu, končetiny, svaly krku a měkké tkáně lebky. Pánevní krvácení zahrnují extraperitoneální krvácení v oblasti pánve, dále krvácení ze skeletu pánve a hráze. Další lokalizace byly retroperitoneum, játra, slezina, ledviny, střevo/mesenterium, plíce/hrudní dutina, magistralní cévy a splachnokranium.

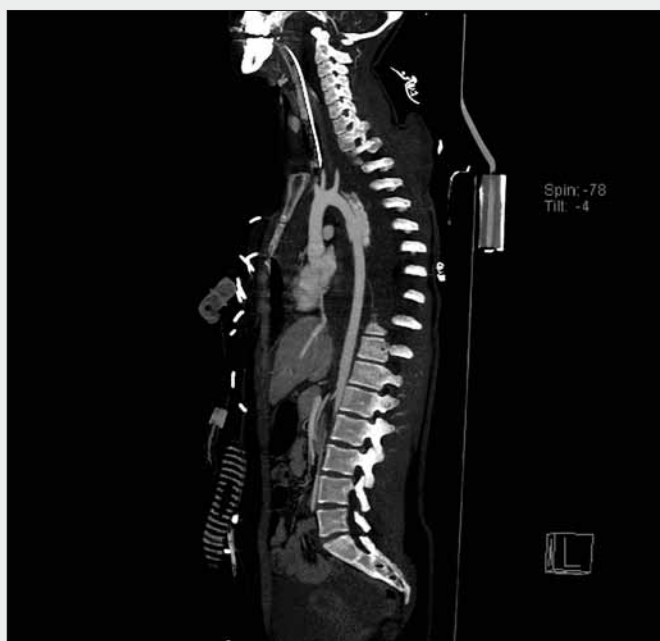
U pacientů s prokázaným aktivním krvácením jsme sledovali věk, pohlaví, mechanismus úrazu, vstupní hodnotu systolického tlaku, vývoj hemodynamického stavu (stabilní, dočasně stabilní a nestabilní). Závažnost poranění byla zaznamenána pomocí Injury Severity Score (ISS) a Glasgow coma scale (GCS) (tab. 1). Injury Severity Score dosahuje hodnoty maximálně 75 bodů. Tělo je rozděleno do šesti oblastí, každou může postihnout poranění stupně 1–5. ISS se vypočte jako součet druhých mocnin tří nejvyšších bodových hodnocených poraněných oblastí – maximálně tedy $3 \times (5 \times 5) = 75$. Byl sledován vztah lokalizace, velikosti, plochy, denzity a relativní denzity krvácení k následné léčbě. Pro tyto účely bylo hodnoceno každé jednotlivé krvácení zvlášť. Pacienti byli rozděleni na dvě skupiny: 1. konzervativní postup, 2. indikován k intervenční léčbě – tato skupina zahrnovala pacienty s provedeným intervenčním výkonem (operace, endovaskulární výkon či jiná intervence). Do této skupiny pacientů s indikovaným intervenčním výkonem byli zařazeni i pacienti indikovaní k intervenci, kteří zemřeli ještě před výkonem, a pacienti s devastujícím neurotraumatem, které činilo intervenci k zastavě krvácení neúčelnou. Rozhodnutí o léčebném postupu bylo provedeno na základě klinického stavu, laboratorního vyšetření a obrazu CT. Hodnocení aktivního krvácení bylo prováděno z obrazů uložených v digitálním archivu.

Normalita dat byla testována Lillieforsovým a Kolmogorov-Smirnovovým testem normality. Metrické sledované veličiny vesměs nemají normální rozdělení a v další statistické analýze byl použit Mannův-Whitneyův test a Kruskalův-Wallisův ANOVA test. Pro testování závislosti nominálních a ordinálních veličin byl použit χ^2 -test.

Byl testován vztah mezi lokalizací krvácení a následnou volbou mezi konzervativní a intervenční léčbou. Nulová hypotéza byla, že veličiny jsou nezávislé (χ^2 -test), tzn., ve všech lokalizacích je obdobný poměr konzervativně ošetřených a pacientů s intervencí. Dále byla testována závislost mezi terapií (konzervativní či intervence) a velikostí, plochou, denzitou a relativní denzitou krvácení. Nulová hypotéza byla, že mediány sledovaných hodnot u pacientů s konzervativní a intervenční léčbou jsou sobě rovné. Byl hodnocen celý soubor krvácení a poté i jednotlivé lokalizace krvácení.

VÝSLEDKY

Bylo vyšetřeno 967 pacientů se závažným poraněním. Dva pacienti byli vyšetřováni dvakrát. U obou bylo zhotoveno



▲ Obr. 1A



▲ Obr. 1B

Obr. 1. A – žena, 21 let, po autonehodě, transektce aorty s aktivním krvácením s rozsáhlým mediastinálním hematodem; B – axiální CT sken zobrazující kompletní rozdrčení sleziny (AAST klasifikace stupeň 5) s vícečetnými vysoce denzními okrsky aktivního krvácení, svědčícími pro arteriální krvácení

Fig. 1. A – twenty-one-year-old female after motor vehicle crash. Aortic transection with active extravasation, MDCT scan show extensive mediastinal hemorrhage; B – axial section of contrast-enhanced MDCT scan shows CT organ injury scale grade V (completely shattered) spleen with high density jets of extravasated contrast material, indicating active arterial hemorrhage

vstupní celotělové vyšetření bez průkazu aktivního krvácení (969 vyšetření). Druhé vyšetření těchto pacientů prokázalo aktivní krvácení v omentu (po 11 hodinách), resp. sekundární rupturu sleziny (5. den). Celotělové MDCT vyšetření výrazně dominovalo, ve vybraných případech bylo provedeno spolu s CTA končetin nebo se zobrazením skeletu dolních končetin. Doba vlastního vyšetření od topogramu po ukončení vyšetření se pohybovala většinou mezi 2–10 minutami u celotělového scanu, medián je 4,17 min (v období 2004–2008 7,59 min, v období 2010–2013 3,29 min). Bylo patrné výrazné urychlení vyšetření ve druhém sledovaném období, kdy již bylo používáno MDCT se 64 řadami detektorů.

Celkem jsme zobrazili aktivní krvácení u 128 pacientů (13,2 %, 128/967), z tohoto počtu bylo 97 (75,8 %) mužů a 31 (24,2 %) žen v poměru 3,1 : 1. Věk pacientů byl v rozpětí od 11 do 84 let, medián věku byl 37 roků. GCS bylo v rozmezí 3–15, v průměru dosahovalo 8,2; 71 (55,5 %) pacientů bylo intubováno, 50 (39,1 %) pacientů mělo GCS 14–15, sedm (5,4 %) pacientů mělo GCS pod 14 a nebyli intubováni. ISS mělo průměr hodnot 33,4 v rozsahu od 4 do 75. Počet vyšetřených pacientů a detekovaných aktivních krvácení stoupá (tab. 2). Nejčastější příčinou poranění u pacientů s aktivním krvácením byla dopravní nehoda v 69,5 % (89/128), méně

často skoky a pády ve 22,7 % (29/128) a zcela minoritní byly další příčiny úrazů v 7,8 % (10/128). Vícečetný zdroj krvácení byl prokázán u 37 pacientů (28,9 %, 37/128). Bylo nalezeno celkem 183 míst krvácení. Nejčastěji krvácející lokalizací byl muskuloskeletální systém ve 30 % (55/183). Nejčastěji krvácejícím orgánem byla slezina v 15,3 % (28/183) případů (obr. 1), v 6,6 % (12/183) případů krvácela játra, ve 3,3 % (6/183) ledviny. Dále bylo prokázáno krvácení do závěsů či stěny střeva ve 4,9 % (9/183) případů, v pánvi u 17,5 % (32/183) (obr. 2) a v retroperitoneu u 6,6 % (12/183) pacientů. Méně častá byla krvácení do hrudní dutiny a plic v 7,1 % (13/183) případů, splachnokrání a polykacích cest ve 3,3 % (6/183) případů. U 5,5 % případů krvácely magistralní cévy (10/183) (obr. 3). Byly detekovány dva zdroje krvácení u 23 pacientů, tři zdroje krvácení u jedenácti pacientů, čtyři zdroje krvácení u dvou pacientů a pět zdrojů krvácení u jednoho pacienta.

Celkem 86 ložisek krvácení ze 183 (47 %) bylo řešeno pomocí intervence. Indikace k intervenci byla závislá na lokalizaci krvácení ($\chi^2 = 52,4786$, sv = 7, p = 0,00001). Je patrné výrazně rozdílné zastoupení konzervativní a intervenční léčby v jednotlivých lokalizacích krvácení (tab. 3). Z kontingenční tabulky byly vyloučeny dvě lokalizace (ledviny a splachnokrání), protože vzhledem k malému počtům případů

Tab. 2. **Pacienti vyšetřovaní na CT v letech 2004–2008 and 2010–2013**

Tab. 2. **Patients who underwent CT examinations in period 2004–2008 and 2010–2013**

Rok	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013
Pacienti	6	49	77	65	84	105	151	206	224
Pacienti s krvácením	3	14	11	11	12	22	18	16	21



▲ Obr. 2A



▲ Obr. 2B

Obr. 2. Aktivní krvácení ze sleziny patrné pouze ve venózní fázi CT vyšetření (A, B)

Fig. 2. Splenic active extravasation seen only in venous phase of the CT examination (A, B)



▲ Obr. 3A



▲ Obr. 3B

Obr. 3. A – muž, 31 let, sražený autem, arteriální fáze vyšetření bez známek cévního poranění; B – axiální CT sken ve venózní fázi vyšetření prokazuje extravazaci způsobenou lacerací společné ilické žíly vpravo

Fig. 3. A – thirty-one-year-old male pedestrian struck, the axial arterial image demonstrates no evidence of arterial injury; B – axial portal venous phase images demonstrate active extravasation of contrast secondary to laceration of the right common iliac vein

v obou lokalizacích by χ^2 -test nebyl korektní. Při hodnocení celého souboru byl statisticky významný rozdíl mezi skupinami konzervativně a intervenčně řešených ložisek krvácení u velikosti (11, resp. 24,5 mm; $p = 0,00001$) a plochy (61, resp. 171 mm²; $p = 0,00001$), dále u denzity (153, resp. 186 HU; $p = 0,01382$) a relativní denzity (0,78, resp. 0,9; $p = 0,02597$) krvácení (tab. 4).

Pro detailní analýzu jednotlivých lokalizací krvácení byly dostatečně početné pouze muskuloskeletální a pánevní lokalizace. U ostatních lokalizací by testy byly málo citlivé vzhledem k malému počtu případů buď v jedné, nebo v obou skupinách pacientů (konzervativně či intervenčně léčeni). V muskuloskeletální lokalizaci byl statisticky významný rozdíl mezi skupinami konzervativně a intervenčně řešených

Tab. 3. Lokalizace krvácení a zvolená terapie

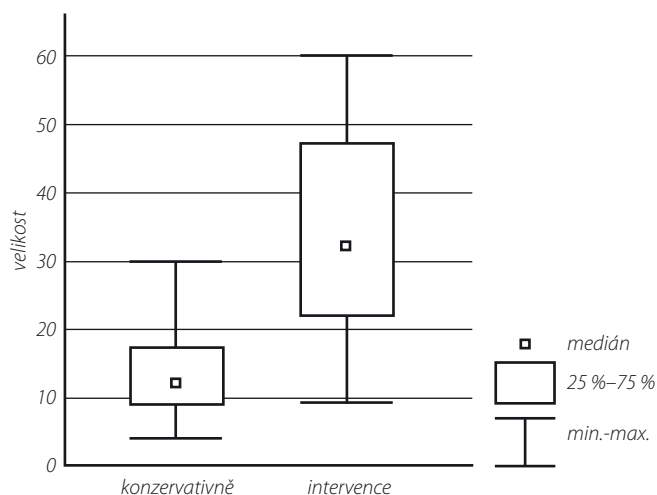
Tab. 3. Localization of the bleeding and subsequent management

Lokalizace/terapie	Konzervativně	Intervence	Celkem
muskuloskeletální	48	7	55
pánev	17	15	32
retroperitoneum	8	4	12
játra	4	8	12
slezina	4	24	28
ledviny	0	6	6
střevo/mezenterium	2	7	9
plicé/hrudní dutina	9	4	13
magistrální cévy	3	7	10
splanchnokranium	2	4	6
celkem	97	86	183

Tab. 4. Srovnání průměru, plochy, denzity a relativní denzity podle zvolené terapie

Tab. 4. Comparison of the diameter, area, density and relative density according to subsequent management

		N	Minimum	Dolní kvartil	Medián	Horní kvartil	Maximum
velikost mm	konzervativně	95	3	6	11	21	60
	intervence	75	3	12	25	43	100
plocha mm ²	konzervativně	95	5	14	61	134	990
	intervence	75	7	66	225	550	4320
denzita HU	konzervativně	96	70	121	153	203	540
	intervence	86	75	132	183	263	494
relativní denzita	konzervativně	91	0,31	0,63	0,78	1	2,36
	intervence	83	0,36	0,76	0,88	1,05	1,99



Graf 1. Velikost aktivního krvácení (mm) v pánvi a následná léčba

Graph 1. Size of the active hemorrhage (mm) in the pelvis and subsequent management

ložisek krvácení u velikosti (10, resp. 29,5 mm; $p = 0,00596$) a plochy (45, resp. 330 mm²; $p = 0,00188$), dále u denzity (139, resp. 193 HU; $p = 0,04886$) a relativní denzity (0,78, resp. 1,2; $p = 0,03275$) krvácení. K intervenci byla indikována arteriální krvácení interkostálních tepen a zevní krvácení, extravazace byla vždy větší než 20 mm. V pánevní lokalizaci krvácení byl statisticky významný rozdíl mezi skupinami konzervativně a intervenčně řešených ložisek krvácení u velikosti (12, resp. 32 mm; $p = 0,00035$) a plochy (63, resp. 267 mm²; $p = 0,00032$), dále u relativní denzity (0,76, resp. 0,96; $p = 0,02757$) krvácení. Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl u denzity krvácení (155, resp. 179 HU; $p = 0,3845$). Hranicí mezi konzervativním a operačním řešením byla u velikosti extravazace hodnota přibližně 20 mm (graf 1), u plochy přibližně 150 mm². Hraniční hodnota leží mezi horním kvantilem konzervativní skupiny a dolním kvantilem skupiny intervenčně řešené, tj. více než 75 % pacientů s konzervativní léčbou má hodnoty pod touto hranicí a více než 75 % pacientů s intervenční léčbou má hodnotu nad touto hranicí. Vždy byl spolu s obrazem CT hodnocen klinický a laboratorní nález pacienta. Mezi operovanými je zřetelně vyšší počet velkých hematomů v okolí extravazace (graf 2), nicméně tento rozdíl není statisticky signifikantní. V ostatních lokalizacích z výše zmíněných důvodů nelze u sledovaných veličin prokázat statisticky významný rozdíl mezi konzervativně ošetřenými a intervenčně řešenými pacienty. K ošetření jater a sleziny lze poznamenat, že konzervativní řešení bylo úspěšné pouze u krvácení do parenchymu s minimálním či žádným

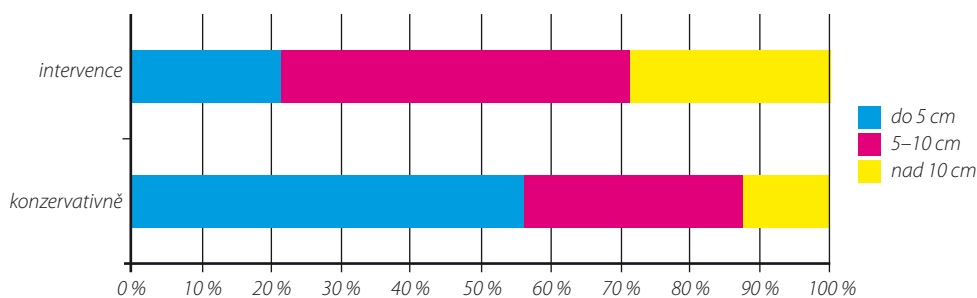
porušením pouzdra orgánu. U jater i sleziny byly konzervativně řešené extravazace do velikosti 10 mm. U sleziny se ve dvou případech jednalo o pseudoaneuryzma. V našem souboru vyžadovalo operační zákrok 45 (82 %) z 55 krvácení při poranění parenchymových orgánů dutiny břišní a střevních závěsů.

Hemodynamicky stabilních bylo 65 pacientů, 46 bylo dočasně stabilních a 13 nestabilních (na přání chirurga vzácně vyšetřujeme i hemodynamicky nestabilní pacienty, což je umožněno polohou CT mezi vyšetřovnou a operačním sálem). Čtyři pacienti nebyli zařazeni do žádné kategorie, protože při retrospektivním hodnocení v letech 2004–2008 nebylo zcela jednoznačné zařazení do kategorie stabilní vs. dočasně stabilní. Prokázali jsme statisticky signifikantní závislost mezi hemodynamickou stabilitou a velikostí ($p = 0,0003$), plochou ($p = 0,0001$), denzitou krvácení ($p = 0,0003$), vstupním systolickým tlakem ($p = 0,0001$) a hodnotou ISS ($p = 0,0001$). Neprokázali jsme signifikantní závislost na věku ($p = 0,4196$) a relativní denzitě ($p = 0,1508$).

DISKUSE

První práce o aktivním krvácení prokázaném na CT u traumat byla publikována v roce 1989 (9). V publikovaných souborech se pohybuje nález aktivního krvácení od 0,2 % po 18,4 % (4, 10). Tyto rozdíly jsou způsobeny pokroky v zobrazovacích metodách a je i nutné přihlídnout k heterogenitě souborů. V našem souboru zřetelně vzrůstá počet ročně vyšetřených pacientů při soustředění péče do traumacentru po roce 2010. Klesá roční výskyt zobrazených krvácení vztahený k počtu pacientů, kdy v letech 2004–2008 byl počet krvácení zřetelně nad 10 % a v letech 2010–2013 je pod 10 %.

Nelze přesně určit minimální intenzitu krvácení, kterou je MDCT schopno zobrazit. Mezi důležité faktory patří míra nasycení cévního řečiště kontrastní látkou, typ krvácení (arteriální krvácení mají vyšší vstupní denzitu) a v neposlední řadě může ovlivnit detekci ředění extravazace kontrastní látky ve volné tekutině v dutině břišní či hrudní. Při detekci gastrointestinálního krvácení byly starší typy CT přístrojů schopny v experimentálním modelu zobrazit krvácení o intenzitě asi 0,5 ml/min. Nejnovější MDCT přístroje jsou schopny v experimentálních modelech zobrazit krvácení o intenzitě cca od 0,25 ml/min se senzitivitou okolo 0,97. Tyto hodnoty jsou hluboko pod citlivostí DSA, kde je nutná minimální intenzita krvácení cca 1–2 ml/min (11). Tento nepoměr může způsobit negativní nález na DSA po předchozím prokázání extravazace na MDCT. U traumat je nezbytné zajistit vyšetřování v optimální fázi syčení orgánů kontrastní látkou,



Graf 2. Velikost hematomu (cm) v pánvi a následná léčba
Graph 2. Size of the haematoma (cm) in the pelvis and subsequent management

protože příliš časně vyšetření v arteriální fázi může být falešně negativní při venózním krvácení. V případě, že u pacienta dochází k prodloužení cirkulace kontrastní látky, je vhodné sken opakovat, pokud to technické možnosti MDCT dovolí. Další možností je použití dvoufázového vyšetření trupu či použití softwaru pro sledování průchodu bolusu kontrastní látky. Dále je třeba pátrat po nepřímých známkách krvácení (hladinka v hematomu o různých densitách), kdy může být CT falešně negativní při intermitentním krvácení nebo tamponádě extravazace kontrastní látky (12). Nevýhoda CT je skutečnost, že zachycuje krvácení v jednom okamžiku a nepostihuje dobře klinické situace, kdy dojde ke změně intenzity krvácení – buď zvýšení intenzity krvácení, nebo naopak spontánní zástavy krvácení (5, 10). V neposlední řadě může být krvácení velmi slabé intenzity, kdy nejsme schopni extravazaci prokázat, přestože dochází k pomalé progresi venózního krvácení.

Publikované práce prokázaly, že detekce aktivního krvácení u břišních poranění je důležitý prognostický faktor, který může vyžadovat urgentní operační či endovaskulární výkon (3–6, 13). V jedné studii bylo 212 hemodynamicky stabilních pacientů s poraněním jater, kde deset z dvanácti pacientů s hemoperitoneem a prokázanou extravazací kontrastní látky do peritoneální dutiny při poranění jater vyžadovalo urgentní operaci. Tři pacienti s extravazací v jaterním parenchymu bez hemoperitonea byli léčeni konzervativně (5). Další studie u 150 pacientů s poraněním sleziny prokázala, že absence aktivního krvácení při CT pomáhá při predikci dobrého výsledku konzervativní léčby. Naopak 26 (93 %) z 28 pacientů s prokázanou extravazací při poranění sleziny vyžadovalo urgentní chirurgický výkon (6). Studie u 165 pacientů s tupým poraněním břicha prokázala aktivní krvácení u 22 pacientů, z toho 16 (73 %) pacientů podstoupilo urgentní operační či endovaskulární výkon, u jednoho pacienta byla provedena embolizace po 10 hodinách. U dalších pěti pacientů byla přítomna těžká neurotraumata s konzervativní léčbou, všichni zemřeli do 3 hodin po CT vyšetření (4).

Výše citované práce byly provedeny na starších jednořadových či 4-řadových CT přístrojích. Stejně jako na našem, tak i na ostatních pracovištích, se postupně přecházelo na 16-řadé MDCT přístroje a v posledních letech i na MDCT s 64 a více řadami detektorů. Tento vývoj umožňuje přesnější celotělové vyšetření s trváním skenu do 20 s, lze kombinovat zobrazení tepen a parenchymových orgánů (3). Spolu se zavedením celotělových vyšetřovacích protokolů dochází ve větší míře k zachycení aktivních krvácení mimo dutinu břišní a rovněž při vzrůstající citlivosti jsou detekována menší krvácení, která nevyžadují agresivní léčbu. V souborů pacientů s poraněním břicha vyšetřených na MDCT 43,5 % aktivních krvácení bylo

ošetřeno konzervativně. Krvácení větší než 15 mm bylo spolu s hypotenzí při příjmu a stupněm poranění prediktorem selhání konzervativní léčby (7). Pouze jedna publikace (13) se zabývá konkrétní statistickou analýzou plochy a denzity krvácení v břišní lokalizaci, její výsledky se však shodují jen částečně. Při analýze plochy krvácení byl nalezen statisticky významný rozdíl mezi konzervativně a intervenčně řešenými pacienty pouze pro poranění parenchymových orgánů jako celku. V ostatních lokalizacích nebo při izolovaném hodnocení jednotlivých parenchymových orgánů nebyl mezi oběma skupinami prokázán statisticky významný rozdíl. Při hodnocení denzity nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v žádné skupině. Některé práce zaznamenávají, zda je extravazace ohraničena na poškozený orgán, nebo dochází k vylévání kontrastní látky do peritoneální dutiny (5, 7).

V našem souboru sledované radiologické charakteristiky krvácení (velikost, plocha, denzita a relativní denzita) jsou významným prognostickým faktorem pro volbu mezi konzervativní léčbou a intervencí (operační či endovaskulární výkon). Testovali jsme i konkrétní lokalizace krvácení, kde statisticky významný rozdíl byl v muskuloskeletální lokalizaci u všech čtyř sledovaných charakteristik. V pánevní lokalizaci byl statisticky významný rozdíl u velikosti, plochy a relativní denzity. V obou lokalizacích byla hranicí pro intervenční řešení velikost extravazace okolo 20 mm. Limitací naší práce je skutečnost, že pro malý počet případů nelze provést statistickou analýzu námi hodnocených faktorů samostatně pro ostatní lokalizace krvácení (tab. 3). Při malém počtu případů nemá test dostatečnou citlivost ani sílu. V jediné obdobné publikované práci byl tento fakt řešen použitím Fischerova přesného testu pro malé soubory, který ale umožňuje testovat pouze závislost mezi nominálními nebo ordinálními veličinami (13). Tento postup jsme nepoužili, protože zkoumáme vliv zejména metrických veličin. Velikost, plocha, denzita se rovněž statisticky významně liší mezi skupinami hemodynamicky stabilních, dočasně stabilních a nestabilních pacientů. Dále je hemodynamická stabilita závislá na vstupním systolickém tlaku a ISS. V rozporu s naším očekáváním plocha ani relativní denzita nepřinášejí proti pouze jednorozměrné velikosti krvácení a absolutní denzitě lepší výsledky.

V souhlasu s předchozími publikacemi (13) je významným faktorem lokalizace krvácení. Aktivní hemoragie je velmi závažný prognostický faktor u poranění parenchymových orgánů dutiny břišní a střevních závěsů. V našem souboru vyžadovalo operační zákrok 45 (82 %) z 55 krvácení v této části břišní dutiny. Závažnou prognózu mají krvácení, kdy dochází k extravazaci kontrastní látky do volné peritoneální či pleurální dutiny, a krvácení má tedy malou tendenci

k tamponádě. V oblasti retroperitonea a pánve bylo možné více než polovinu krvácení ošetřit konzervativně. Intervenci vyžadují zejména arteriální poranění, léze magistralních žil a presakrálního žilního plexu. V našem souboru byla v jednom případě přítomna lacerace společné iliacké žíly vpravo. U poranění pánevního kruhu může být užitečné provedení vyšetření ve dvou fázích k přesnějšímu odlišení arteriálního a venózního zdroje krvácení (14). Muskuloskeletální krvácení při frakturách a poranění svalů v naprosté většině nevyžadují intervenci. K operačnímu řešení byla indikována krvácení při rozsáhlých poraněních trupu s devastací měkkých tkání a případným zevním krvácením. Souhrnně lze říci, že intervenční léčba převládá u aktivních krvácení z parenchymových orgánů dutiny břišní a střevních závěsů a konzervativní léčba se v daleko větší míře uplatňuje u extraabdominální lokalizace aktivního krvácení.

I přes skutečnost, že volba mezi konzervativní léčbou a intervencí ve formě operace či endovaskulárního výkonu statisticky významně souvisí s velikostí a densitou krvácení, je vlastní průběh léčby pacienta u polytraumat nezbytně závislý na řadě dalších klinických faktorů (stupeň poranění, klinické známky krvácení, poranění dalších orgánů). U části krvácících pacientů lze úspěšně použít endovaskulární intervence (15). Přístupy jednotlivých pracovišť se liší ve spektru embolizovaných krvácení i v indikačních kritériích embolizace ve vztahu k hemodynamickému stavu pacienta (13, 15, 16). V našem traumacentru jsou endovaskulární metody používány v současnosti spíše pro chirurgicky obtížně dosažitelné léze (např. poranění a. subclavia, krvácení v pánvi). Parenchymové orgány rutinně embolizujeme u iatrogenních poranění. V našem souboru traumat orgánů dutiny břišní dominují poranění sleziny, u ostatních lokalizací je četnost krvácení řídka a tendence k indikaci embolizace je nízká. Indikace k výko-

nu závisí na konkrétní klinické situaci a kombinaci poranění a v řadě případů dominují jiné chirurgické indikace v přítomnosti potenciálně embolizovatelného zdroje krvácení. Nicméně vzhledem k nepřetržité dostupnosti endovaskulárního týmu v rámci Komplexního cerebrovaskulárního centra jsou podmínky k většímu využití endovaskulární léčby.

ZÁVĚR

Lokalizace aktivního krvácení je významný prognostický faktor pro volbu konzervativní či intervenční léčby. Velikost, plocha, denzita a relativní denzita aktivního krvácení zobrazeného na MDCT je statisticky významně větší u skupiny ošetřené intervenčně (operace či endovaskulární výkon) než ve skupině konzervativně léčených pacientů. V muskuloskeletální lokalizaci dominuje konzervativní řešení, intervenci vyžadují většinou závažná poranění hrudní stěny či zevní krvácení. Naopak u poranění orgánů dutiny břišní dominuje řešení operační, u extravazací do parenchymových orgánů dutiny břišní lze ošetřit konzervativně některá menší krvácení, nejlépe bez porušení pouzdra orgánu. V pánevní lokalizaci je poměr konzervativní a intervenční léčby vyrovnaný. Hraničí pro rozhodování mezi konzervativní a intervenční léčbou v muskuloskeletální a pánevní lokalizaci byla velikost extravazace 20 mm, a plocha extravasace 150 mm². Vždy je nutná korelace s celkovým klinickým stavem pacienta, jeho laboratorním nálezem a velikostí hematomu v okolí extravazace. Míra hemodynamické stability pacienta statisticky významně souvisí se zobrazenou velikostí, plochou a densitou krvácení. Měření plochy a výpočet relativní denzity jsme nedosáhli zlepšení výsledků proti jednorozměrnému měření průměru krvácení a hodnocení absolutní denzity.

LITERATURA

1. **Stahel PF, Heyde ChE, Ertel W.** Current concepts of polytrauma management. *Eur J Trauma* 2005; 31: 200–211.
2. **Marincek B.** Emergency radiology. Berlin Heidelberg: Springer Verlag 2007.
3. **Anderson SW, Lucey BC, Rhea JT.** 64 MDCT in multiple trauma patients: imaging manifestations and clinical implications of active extravasation. *Emerg Radiol* 2007; 14: 151–159.
4. **Willmann JK, Roos JE, Platz A, et al.** Multi-detector CT: detection of active hemorrhage in patients with blunt abdominal trauma. *Am J Roentgenol* 2002; 179: 437–444.
5. **Fang JE, Chen RJ, Wong YC, et al.** Classification and treatment of pooling of contrast material on computed tomographic scan of blunt hepatic trauma. *J Trauma* 2000; 49: 1083–1088.
6. **Federle MP, Courcoulas AP, Powell M, Ferris JV, Peitzman AB.** Blunt splenic injury in adults: clinical and CT criteria for management, with emphasis on active extravasation. *Radiology* 1998; 206: 137–142.
7. **Michailidou M, Velmahos GC, van der Wilden GM, et al.** „Blush“ on trauma computed tomography: not as bad as we think! *J Trauma Acute Care Surg* 2012; 73(3): 580–584.
8. **Verbeek DO, Zijlstra IA, van der Leij C, et al.** Management of pelvic ring fracture patients with a pelvic „blush“ on early computed tomography. *J Trauma Acute Care Surg* 2014; 76(2): 374–379.
9. **Sivit CJ, Peclet MH, Taylor GA.** Life-threatening intraperitoneal bleeding: Demonstration with CT. *Radiology* 1989; 171: 430.
10. **Yao DC, Jeffrey RB, Mirvis SE, et al.** Using contrast-enhanced helical CT to visualize arterial extravasation after blunt abdominal trauma. *AJR* 2002; 178: 17–20.
11. **Dobritz M.** Detection of intestinal bleeding with multi-detector row CT in an experimental setup. How many acquisitions are necessary? *Eur Radiol* 2009; 19: 2862–2869.
12. **Dreizin D, Munera F.** Blunt polytrauma: Evaluation with 64-section whole-body CT angiography. *Radiographics* 2012; 32: 609–631.
13. **Murakami AM, Anderson SW, Soto JA, et al.** Active extravasation of the abdomen and pelvis in trauma using 64MDCT. *Emerg Radiol* 2009; 16: 375–382.
14. **Anderson SW, Soto JA, Lucey BC.** Blunt trauma: feasibility and clinical utility of pelvic CT angiography performed with 64-detector row CT. *Radiology* 2008; 246: 410–419.
15. **Köcher M, Černá M, Buřval S, Čizmar I.** Akutní endovaskulární výkony u poranění parenchymových orgánů dutiny břišní, retroperitonea a pánve. *Ces Radiol* 2012; 66(2): 153–158.
16. **Hagiwara A, Murata A, Matsuda T, Matsuda H, Shimazaki S.** The usefulness of transcatheter arterial embolization for patients with blunt polytrauma showing transient response to fluid resuscitation. *J Trauma* 2004; 57: 271–277.