

**Univerzita Karlova v Praze  
Lékařská fakulta v Hradci Králové**



**Multidetektorová výpočetní tomografie  
u traumat – vliv lokalizace, velikosti a denzity  
aktivního krvácení na volbu a výsledek následné terapie**

**Filip Cihlář**

**Autoreferát disertační práce**

**Doktorský studijní program Radiologie**

**Hradec Králové**

**2015**

Disertační práce byla vypracována v rámci kombinovaného studia doktorského studijního programu Radiologie na Radiologické klinice Lékařské fakulty UK v Hradci Králové.

Autor: MUDr. Filip Cihlář, RDG oddělení Masarykovy nemocnice o.z. v Ústí nad Labem, Krajská zdravotní a.s.

Školitel: prof. MUDr. Antonín Krajina, CSc., Radiologická klinika, LF UK v Hradci Králové

Oponenti: prof. MUDr. Martin Köcher, Ph.D., Radiologická klinika, LF UP v Olomouci

doc. MUDr. Jana Chmelová, Ph.D., Oddělení radiologie a zobrazovacích metod, Městská nemocnice Ostrava

Obhajoba se bude konat před Komisí pro obhajoby OR ..... dne ..... v ..... od ..... hod.  
(bude doplněno po vyhlášení termínu, místa a času)

S disertační prací je možno se seznámit na studijním oddělení děkanátu Lékařské fakulty v Hradci Králové, Univerzity Karlovy v Praze, Šimkova 870, 500 38 Hradec Králové (tel. 495 816 131).

.....  
*Titul, jméno, příjmení*  
Předseda komise pro obhajoby disertačních prací  
v doktorském studijním programu Radiologie  
Garant studijního programu

## Obsah

Souhrn .....	3
Summary .....	4
1 Úvod do problematiky .....	5
2 Teoretická východiska práce .....	6
2.1 Polytrauma .....	6
2.2 Hemoragický šok .....	7
2.3 Zobrazovací metody .....	7
2.3.1 Ultrazvukové vyšetření .....	8
2.3.2 MDCT vyšetření .....	8
2.4 Zobrazení aktivního krvácení .....	9
3 Cíle disertační práce a pracovní hypotézy .....	10
4 Metodika práce .....	11
4.1 Soubor nemocných a výběrové soubory .....	11
4.2 Metodika MDCT vyšetření .....	11
4.3 Metodika hodnocení krvácení .....	12
4.4 Metodika hodnocení klinických faktorů.....	12
4.5 Použité statistické metody .....	13
5 Výsledky práce .....	14
5.1 Ložiska krvácení .....	14
5.2 Diskriminační analýza (DA) pro jednotlivá ložiska krvácení .....	16
5.3 Pacienti .....	16
5.4 Diskriminační analýza (DA) pro pacienty .....	17
6 Diskuze .....	18
7 Závěr a doporučení pro praxi.....	21
8 Použitá literatura .....	22
9 Přehled publikační činnosti autora .....	26

## Souhrn

Při celotělovém multidetektorovém CT vyšetření (MDCT) u poranění narůstá počet zobrazených aktivních krvácení a stoupá počet konzervativně ošetřených pacientů. Práce je zaměřena na hodnocení průkazu aktivního krvácení na MDCT kontrastním vyšetření u pacientů s traumaty. V našich datových souborech sledujeme lokalizaci, velikost a densitu aktivního krvácení spolu s charakterem krvácení a velikostí okolního hematomu. Další zaznamenané klinické faktory jsou věk, pohlaví, Injury Severity Score (ISS), Glasgow Coma Scale (GCS), systolický krevní tlak (sTK), tepová frekvence (TF), hemodynamický stav pacienta (HDO) a volumoterapie. Cílem práce je posouzení závislosti zvolené terapie a výsledku léčby pacientů na výše sledovaných veličinách (konzervativní postup vs. intervence, přežití oproti úmrtí do 30tého dne po úrazu). 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.

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 léčeno pomocí intervence – chirurgické či endovaskulární. Volba léčebného postupu významně souvisí s lokalizací krvácení ( $p < 0,00001$ ). Velikost ( $p < 0,000001$ ), plocha ( $p < 0,000001$ ), densita ( $p = 0,013881$ ) a relativní densita ( $p = 0,026071$ ) aktivního krvácení je signifikantně vyšší u pacientů s provedenou intervencí. Pro predikci volby následné terapie je nejpřesnější model s použitím lokalizace krvácení, velikosti aktivního krvácení a hematomu v okolí aktivního krvácení. Přesnost předpovědi je 81,7 %.

Mortalita třicátý den po úrazu dosahovala 43 % (55/128), přežilo 57 % pacientů (73/128). Zemřelí pacienti mají statisticky signifikantně větší velikost ( $p = 0,00978$ ) a plochu ( $p = 0,0062$ ) extravazátu, GCS ( $p < 0,000001$ ) a ISS ( $p < 0,000001$ ) skóre. Nejlepší predikce výsledku léčby pacienta je dosažena na kombinaci ISS, GCS a hemodynamické odpovědi pacienta na resuscitaci. Správnost předpovědi v našem souboru je 84 %.

## Summary

Detection rate of active bleeding 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. We reviewed MDCT images for the presence of active hemorrhage in our data files. The site and number of the bleeding sites was noted. The size, area, density and relative density of the hemorrhage was noted, together with the nature and size of the surrounding hemorrhage hematoma. We also evaluated clinical factors as age, sex, the Injury Severity Score (ISS), Glasgow Coma Scale (GCS), systolic blood pressure on admission (SBP), heart rate (HR), hemodynamic status of the patient (HDO) and fluid resuscitation. Results were compared with clinical follow up or intraoperative findings (nonoperative management vs. intervention, dead or alive pts. in 30 day). 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.

Active bleeding was detected in 128 (13,2 %) of 967 patients. A total of 183 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 diameter ( $p < 0,000001$ ), area ( $p < 0,000001$ ), density ( $p = 0,013881$ ) and relative density ( $p = 0,026071$ ) of active extravasation were significantly higher in patients who underwent intervention. For predicting subsequent therapy of choice is the most accurate model using localization of bleeding, the size of active bleeding and hematoma in the area of active bleeding. Prediction accuracy is 81,7 %.

Mortality 30-th day after the injury was 43 % (55/128) of patients, survived 57 % of patients (73/128). The size ( $p = 0,00978$ ) and area ( $p = 0,0062$ ) of active extravasation, GCS ( $p < 0,000001$ ) and ISS ( $p < 0,000001$ ) scores were significantly higher in patients who died. The best prediction of patient treatment outcome is achieved on a combination of ISS, GCS and hemodynamic patient's response to resuscitation. Prediction accuracy is 84 %.

## 1 Úvod do problematiky

Poranění jsou hlavní příčinou úmrtí v populaci pod 45 let, včetně dětí. Úrazů neustále přibývá a roste jejich závažnost. Je to dáno moderním stylem života, intenzifikací sportu a popularitou adrenalinových disciplín a velmi důležitý je rozvoj motorismu. Výrazně narůstá počet těžkých úrazů a polytraumat. Při jedné nehodě je často poraněno více osob současně. Incidence těžkých úrazů se ve vyspělých státech kalkuluje až na 100 osob na 100 tisíc obyvatel ročně (Pokorný 2002).

Závažná poranění jsou spojena s vysokou morbiditou, mortalitou a v neposlední řadě i s významnými ekonomickými ztrátami. Úmrtí při poraněních má tři hlavní příčiny: a) úmrtí na místě v důsledku smrtelných poranění (např. ruptura aorty, těžká kraniocerebrální poranění); b) časná mortalita v prvních minutách či hodinách (např. v důsledku masivního krvácení do dutiny břišní či hrudní, disrupce pánevního kruhu s retroperitoneálním krvácením, závažného poranění mozku s akutním edémem či intrakraniálním krvácením); c) pozdní mortalita v řádu dnů a týdnů po úrazu v důsledku komplikací (sepsy, multiorgánové selhání). Výsledek léčby pacienta je v přímé souvislosti s délkou intervalu od úrazu do ošetření poranění a ve vhodné kombinaci diagnostických a léčebných modalit (Stahel 2005). V první fázi léčby poranění je třeba minimalizovat jakékoliv časové prodloužení (např. sekundární transport), protože se jedná o nejkritičtější období péče. Pacient má být směřován do odpovídajícího zdravotnického zařízení, které nemusí být nejbližší. Z tohoto důvodu jsou zřízena traumacentra poskytující nejkompexnější péči s multioborovým zázemím a nepřetržitou dostupností. Organizace péče v České republice je definována ve Věstníku 6/2008 Ministerstva zdravotnictví.

Základním zobrazovacím vyšetřením u polytraumat je cílené UZ vyšetření (focused assessment with sonography for trauma, FAST) a rentgenové vyšetření hrudníku a pánve. Provádí se na lůžku v průběhu primárního ošetření pacienta na akutním příjmu (Ho 2009, Körner 2008). Pokud to stav poraněného dovoluje definitivní zobrazení se provádí pomocí multidetektorového CT vyšetření (MDCT). Zavedení MDCT vyšetření do praxe znamená podstatný pokrok v diagnostice krvácení. Umožňuje lepší selekci pacientů vyžadujících operační léčbu a přesnější sledování konzervativně léčených krvácení (Marincek 2007).

Zařazení celotělového MDCT do algoritmu akutního ošetření pacienta s polytraumatem signifikantně zvyšuje pravděpodobnost přežití (Huber-Wagner 2009). Použití MDCT je rychlé a efektivní (Sampson 2006). Při integraci MDCT do prostoru akutního příjmu, lze vynechat rentgenové (RTG) a ultrazukové (UZ) vyšetření a pacienta primárně vyšetřit pomocí MDCT (Spahn 2013). MDCT dovoluje prakticky celotělové zobrazení, s významně vyšší přesností a rychlostí vyšetření, které lze v současné době použít i u dočasně hemodynamicky stabilních pacientů (Fang 2006). Redukce šíře zdrojové vrstvy spolu s možností simultánního náběru více datových řad najednou umožňuje získání izotropního objemu dat. Následně lze získat rekonstrukce obrazů v jakékoliv rovině se stejnou kvalitou obrazu. MDCT má vyšší sensitivitu 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 (Anderson 2007). 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 (Lane 1998, Anderson 2007). Dříve publikované práce byly zaměřeny na aktivní krvácení v dutině břišní (Willman 2002, Fang 2000, Federle 1998). Celotělové vyšetřovací protokoly stále častěji zobrazují krvácení i

v jiných lokalizacích (Anderson 2007). Lze očekávat nárůst výskytu detekovaných aktivních krvácení při dalším zvýšení dostupnosti nejmodernější MDCT technologie. Dále jsou moderní MDCT schopna zobrazit diskrétnější aktivní krvácení. V souborech publikovaných v posledních letech stoupá procento konzervativně řešených aktivních krvácení (Michailidou 2012, Verbeek 2014). Podíl pacientů, kteří následně budou vyžadovat léčebnou intervenci je nejasný.

## 2 Teoretická východiska práce

### 2.1 Polytrauma

Polytrauma je současné poranění více tělesných regionů nebo systémů, z nich nejméně jedno bezprostředně ohrožuje život raněného. Poranění jednotlivých regionů musí být závažná (Pokorný 2002):

- hlava: komočně-kontuzní syndrom, nitrolební krvácení, fraktury lbi a obličejového skeletu
- hrudník: sériové zlomeniny žeber (nejméně tři), zlomeniny sterna, poranění nitrohrudních orgánů
- břicho: poranění nitrobřišních a retroperitoneálních orgánů, bránice
- pohybový aparát: poranění pánevního kruhu, acetabula, fraktury dlouhých kostí, dislokované nitrokloubní zlomeniny, fraktury páteře s nebo bez poranění míchy

Poranění, která nesplňují kritéria polytraumatu se označují jako mnohočetná poranění. Zpravidla se jedná o vícečetná poranění končetin spolu s méně závažným poraněním hlavy a trupu. Další kategorií jsou závažná monotraumata, která rovněž pacienta ohrožují na životě (např. těžká kraniocerebrální poranění, poranění srdce, lacerace jater). Všechna polytraumata a těžká poranění vyžadují specifickou léčebnou taktiku, kdy je nutné stanovit dominantní poranění, a těmto přizpůsobit priority léčebného postupu (Pokorný 2002, Stahel 2005).

Léčebný proces u poranění vyžaduje systematický přístup a promyšlený algoritmus jednotlivých ošetrovacích kroků (Vyhnánek 2014). Byly vytvořeny koncepty péče, například Advanced Trauma Life Support (ATLS) protokol z roku 1978, který popisuje postupy v prvních minutách a hodinách po poranění (Kool 2007). V Německu byly popsány pokyny k léčbě polytraumat v publikaci Guidelines of the German Society of Trauma Surgery z roku 2001 (Stahel 2005, Keel 2005). Ošetření poraněného na místě úrazu se soustředí na zajištění dýchacích cest, zástavu zevního krvácení, doplnění krevního objemu, imobilizaci páteře a neodkladný transport do odpovídajícího zdravotnického zařízení (optimálně traumacentrum). Dle klinického stavu nemocného navazují v nemocnici další ošetření, které kompletně řeší poranění (early total care, ETC). Nicméně v 80. a 90. letech bylo postupně zřejmé, že výsledky těchto rozsáhlých a dlouhých operačních výkonů u části nemocných nejsou uspokojivé, a to i když byly prováděny zkušenými chirurgy. U některých těžce poraněných dojde k vyčerpání fyziologické rezervy a nejsou schopni zvládnout tyto náročné výkony i přesto, že jsou technicky dokonale provedené. Tato pozorování vedla k vytvoření nové chirurgické strategie, kde kompletní ošetření není prováděno vstupně, ale dochází k ošetření poranění bezprostředně ohrožujících život a další péče se děje v postupných fázích, které respektují fyziologické možnosti konkrétních poraněných. Tento koncept byl označen jako „damage control“ chirurgie (Kouraklis 2002, Keel 2005, Vyhnánek 2009). Při správné indikaci vede u velmi těžkých poranění ke snížení mortality a incidence pozdních komplikací jako je sepsa, Adult Respiratory Distress Syndrom – ARDS, Multiple Organ Dysfunction Syndrome – MODS, Multiple Organ Failure – MOF (Kouraklis 2002, Keel 2005, Beuran 2008).

## 2.2 Hemoragický šok

Krvácení se podílí na úmrtnosti u poranění ze 30-40 %, a k 33-56 % z těchto úmrtí dojde v přednemocniční péči. Pouze poranění centrálního nervového systému (CNS) je více smrtící, ale na rozdíl od krvácení a hemoragického šoku jsou zde možnosti léčebných intervencí omezené (Geeraedts 2009). Stejně jako u ostatních druhů poranění, je třeba krvácejícího pacienta dopravit do nemocnice v co nejkratším čase. Vlastní léčba se liší dle konkrétní situace a je jiná u poraněného zaklíněného ve vozidle od pacienta, který je schopen okamžitého transportu a léčebné zásahy tedy mohou být minimální. Cílem prehospitální léčby je zastavit krvácení a doplnit krevní objem (Gutierrez 2004). Většina vnitřních krvácení vyžaduje operační zákrok či endovaskulární intervenci a možnost jejich ovlivnění v přednemocniční péči je minimální. Vlastní doplnění krevního objemu může probíhat v závislosti na konkrétním typu poranění. Agresivní volumoterapie vede ke zvýšení krevního tlaku s následnou potenciální dislokací trombu. To opět zvyšuje krevní ztráty a vzniká diluční koagulopatie a metabolická acidóza (Kirkpatrick 2008). Variantou je tzv. permissivní hypotenze, kdy je do ošetření zdroje krvácení volumoterapie redukována s cílem udržet vitální funkce a není dosaženo „normotenze“ (Geeraedts 2009). Cílovým krevním tlakem je hladina okolo 80-90 mm Hg (palpovatelný radiální puls), u penetrujících poranění dokonce jen 60 mm Hg (palpovatelný centrální puls) (Geeraedts 2009). U pacienta se systolickým krevním tlakem pod 90 mm Hg, nitkovitým pulsem a absencí náplně krčních žil je předpokládán hypovolemický šok, pokud není prokázán opak. Je třeba zdůraznit, že individuální kompenzační mechanismy mohou udržet normální hladiny krevního tlaku i při kritické hypovolémii a ztrátě až 30 % krevního objemu (Stahel 2005). Samozřejmostí je laboratorní vyšetření. Další postup klasifikace stavu pacienta závisí na jeho reakci na počáteční volumexpanzi (2 l krystaloidů). Pacienty dělíme na ty s dobrou odpovědí – „responder“, s dočasnou úpravou stavu – „transient responder“ a na pacienty bez reakce na volumexpanzi – „non responder“ (Keel 2005).

## 2.3 Zobrazovací metody

Poraněný pacient při příjmu je často zmatený, jeho vědomí je alterováno či je intubovaný. Důležitou informací je úrazový mechanismus. Samotné klinické vyšetření není schopno odhalit některá poranění a zobrazovací metody hrají při vyšetření poraněného nezastupitelnou roli.

RTG snímky hrudníku a pánve a UZ vyšetření probíhají v rámci prvotního vyšetření pacienta. Po jeho stabilizaci následuje ihned MDCT vyšetření, obvykle formou celotělového vyšetření. Použití těchto modalit je podmíněno stavem pacienta a též logistickým uspořádáním akutního příjmu (Geyer 2013). Integrace MDCT do tohoto prostoru zvyšuje dostupnost vyšetření i pro pacienty v těžším stavu. Na základě technických možností přístroje a habitu pacienta může být součástí tohoto vyšetření i zobrazení skeletu končetin, případně mohou být doplněny klasické RTG snímky, pokud to stav poraněného dovolí.

### 2.3.1 Ultrazvukové vyšetření

UZ vyšetření bylo základní vyšetřovací metodou u závažných poranění až do konce devadesátých let, kdy bylo nahrazeno moderními MDCT přístroji. Hlavní výhodou je dostupnost vyšetření, snadná proveditelnost a nízká cena. Nevýhodou je závislost na zkušenostech operátora. Hlavním cílem UZ je detekce volné tekutiny. Obvykle je prováděno jako FAST vyšetření, kdy významně doplňuje vstupní klinické vyšetření poraněného (Kirkpatrick 2008). Primární cíl FAST vyšetření je detekce volné tekutiny, ve většině studií

dosahuje sensitivita 64-98 %, specifita je rovněž vysoká 86-100 %. Přesnost vyšetření stoupá s množstvím volné tekutiny a zároveň klesá, pokud nejsou vyšetřeny všechny čtyři projekce.

Je třeba zdůraznit, že schopnost odhalit poranění parenchymových orgánů pomocí FAST vyšetření je limitována. Celková sensitivita pro poranění nitrobřišních orgánů je v rozmezí od 44 do 95 %. Specifita je relativně vysoká v rozmezí 84-100 % (Körner 2008). Výsledky se liší u jednotlivých orgánů, kdy často nelze orgán při vyšetření zobrazit celý (např. slezina). V některých případech znemožňuje zobrazení poranění kožního krytu nebo přítomnost podkožního emfyzému. Zřetelně je limitováno zobrazení pankreatu, střevních kliček a retroperitonea, tyto části rovněž nejsou součástí standardního FAST vyšetření.

### **2.3.2 MDCT vyšetření**

U starších sekvenčních CT vyšetření bylo zobrazení traumatu omezeno na jednotlivé části těla. Důvodem byla dlouhá doba vyšetření a limitovaný rozsah vyšetření. Po nástupu spirálního CT vyšetření v devadesátých letech došlo ke zkrácení času vyšetření a bylo možno zvětšit rozsah vyšetření. Stále byla širě zobrazované vrstvy 5-10 mm, což znemožňovalo kvalitní 3D rekonstrukce a omezovalo zobrazení skeletu. Až s nástupem MDCT vyšetření došlo k dramatickému zvýšení rychlosti vyšetření, což vede k redukci pohybových artefaktů a získání objemu dat, ze kterých lze získat v libovolné rovině stejně kvalitní obraz (3D zobrazení).

Současné MDCT přístroje disponují submilimetrovou kolimací, která umožňuje získat izotropní objem dat. Čas jedné rotace rentgenky se pohybuje okolo 0,5 sec. Délka vyšetřenoého objemu dosahuje až 200 cm, což umožňuje reálně celotělové vyšetření v řádu několika desítek sekund. Tímto se stává MDCT nejdůležitější zobrazovací modalitou u poranění. Probíhá standardizovaným způsobem podle předem připravených protokolů, které zajistí optimální využití technických možností MDCT v co nejkratším čase (Geyer 2013).

Celotělové vyšetření u polytraumatu obvykle zobrazuje pacienta od vertexu lebky po symfýzu, v případě poranění dolních končetin lze prodloužit vyšetřovaný objem i na dolní končetiny. První částí vyšetření je nativní zobrazení hlavy a poté následuje postkontrastní vyšetření od baze lební (optimálně se zachyceným Willisovým okruhem) po symfýzu. Není nutné cílené vyšetření krční páteře, protože submilimetrová širě zdrojové vrstvy umožňuje dostatečně kvalitní zobrazení skeletu. Podání kontrastní látky intravenózně je nezbytné pro detekci poranění parenchymových orgánů a cév, které často pacienta ohrožují na životě. Toto platí též u pacientů se sníženými renálními funkcemi, kde převyšuje benefit postkontrastního MDCT vyšetření riziko zhoršení renálních funkcí. Postkontrastní vyšetření může být provedeno formou jednoho skenu v celém rozsahu od baze lební po symfýzu (Nguyen 2009). Druhou možností je dvoufázové vyšetření se zobrazením hrudníku v arteriální fázi a zobrazení břicha a pánve v portovenózní fázi (Anderson 2006). Vyšetření krku je obvykle integrováno do postkontrastního vyšetření v arteriální fázi spolu s hrudníkem (Chokshi 2011). V případě podezření na závažné poranění břišní aorty či pánevního kruhu lze prodloužit rozsah vyšetření v arteriální fázi i na dutinu břišní. U nejmodernějších MDCT lze takto v rámci jednoho vyšetření zachytit i tepny dolních končetin (Foster 2011).

Vzhledem k rychlosti vyšetření MDCT je vhodné u jednofázových skenů aplikovat bolus kontrastní látky ve více fázích k dosažení optimálního nasycení zobrazovaných struktur (Loupatatzis 2008, Yaniv 2013). Výběrově lze při vyšetření doplnit opožděné skeny za 3-10 minut k zobrazení vývodného systému ledvin (Park 2006, Vasanawala 2006). V neposlední řadě může opožděný scan pomoci rozlišit mezi extravazací kontrastní látky a pseudoaneurysmatem sleziny či jater (Marmery 2006, Anderson 2007). Podání kontrastní

látky perorálně v akutní fázi u polytraumatizovaných pacientů je nepřínosné a oddaluje MDCT vyšetření.

## **2.4 Zobrazení aktivního krvácení**

Zobrazování aktivního krvácení má počátky v 60. letech, kdy byla zavedena angiografická diagnostika krvácení do gastrointestinálního traktu (GIT). Selektivní viscerální angiografie na velký formát byla schopna zobrazit krvácení o minimální intenzitě 0,5 ml/min (Nusbaum 1965). S rozvojem katetrizačních technik a materiálu (zejména mikrokatétrů a embolizačních materiálů) se nedílnou součástí angiografického výkonu u krvácejících nemocných stala navazující terapeutická embolizace. Nevýhodou je menší dostupnost metody při její personální i přístrojové náročnosti. Diagnostická arteriografie je v současné době ve většině případů nahrazena pomocí MDCT.

Rozvoj MDCT technologie v posledních letech zvýšil rychlost i prostorové rozlišení při vyšetřeních. MDCT vyšetření je rychlé, levné, dostupné ve větší míře při srovnání s angiografií a zejména scintigrafií. Před vyšetřením není nutná perorální příprava. MDCT vyšetření je schopno zachytit krvácení již při intenzitě 0,3 ml/min, tedy pod úrovní publikovanou pro katetrizační angiografii (0,5 ml/min) (Yoon 2006). Aktivní krvácení je prokázáno při úniku kontrastní látky mimo lumen cév. U krvácení většího rozsahu lze identifikovat krvácející cévu. U drobných nebo žilních krvácení nemusí být konkrétní krvácející céva identifikovatelná. Zdroj intermitentního krvácení může být odhalen i v okamžiku, kdy nedochází ke krvácení. V těchto případech lze zobrazit cévní či morfologické změny, které jsou příčinou krvácení (cévní patologie, tumory, záněty). V některých případech jsou patrné známky proběhlého krvácení a přítomna může být pouze amputace krvácející cévy při jejím spasmu či trombóze.

Výhodou MDCT je zobrazení rozsáhlých oblastí v krátkém čase. Ve srovnání s katetrizační angiografií může být vyšetřen i méně spolupracující nemocný. Lze detekovat zdroj poporodního krvácení (Sierra 2012), resp. krvácení po různých chirurgických výkonech (Peremský 2011). Při hemoptýze je obvykle cílem vyšetření zobrazení anatomie bronchiálních tepen a nitrohruďních patologií, vlastní krvácení je zobrazeno zřídka (Chun 2010). Detekovat lze raritní zdroje krvácení, např. pseudoaneurysma plicní tepny. Při epistaxi je zobrazení aktivního krvácení vzácné a CT je přínosné pouze pro zobrazení strukturálních změn vedlejších nosních dutin.

### 3 Cíl disertační práce a pracovní hypotézy

Práce je zaměřena na hodnocení průkazu aktivního krvácení na MDCT kontrastním vyšetření u pacientů s traumaty. V našich datových souborech sledujeme lokalizaci, velikost a denzitu aktivního krvácení spolu s charakterem krvácení a velikostí okolního hematomu. Další zaznamenané klinické faktory jsou věk, pohlaví, Injury Severity Score (ISS), Glasgow Coma Scale (GCS), systolický krevní tlak (sTK), tepová frekvence (TF), hemodynamický stav pacienta (HDO) a volumoterapie. Cílem práce je posouzení závislosti zvolené terapie a výsledku léčby pacientů na výše sledovaných veličinách.

Pracovní hypotézy práce:

- 1/ Lokalizace aktivního krvácení na MDCT je důležitým prognostickým faktorem pro volbu mezi konzervativní a operační léčbou.
- 2/ Volba mezi konzervativní a operační léčbou je ovlivněna radiologickými charakteristikami krvácení (velikost - největší rozměr, plocha, denzita a relativní denzita aktivního krvácení, charakter krvácení a velikost okolního hematomu).
- 3/ Pomocí diskriminační analýzy lze identifikovat mezi radiologickými charakteristikami krvácení prediktory volby mezi konzervativní a intervenční terapií.
- 4/ Radiologické charakteristiky krvácení (velikost, plocha aktivního krvácení a velikost okolního hematomu) jsou důležitými prognostickými faktory pro výsledek léčby pacienta.
- 5/ Pomocí diskriminační analýzy lze identifikovat z radiologických a klinických faktorů možné prediktory výsledku terapie pacientů.

## 4 Metodika práce

### 4.1 Soubor nemocných a výběrové soubory

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. Vzhledem ke stanoveným cílům práce bylo výzkumné šetření prováděno na dvou datových souborech. První soubor s názvem **Ložiska** obsahuje data o jednotlivých krváceních, u vícečetných krvácení je každé krvácení hodnoceno samostatně. Cílem hodnocení je analýza faktorů ovlivňujících indikaci k intervenci. Druhý soubor s názvem **Pacienti** obsahuje data o jednotlivých pacientech, u vícečetných krvácení dochází k jejich sdružení a akumulaci hodnot pro účely hodnocení vlivu na výsledek léčby pacientů.

### 4.2 Metodika MDCT vyšetření

Celotělové MDCT vyšetření jsme prováděli od ledna 2004 do září 2005 na desetitřídém MDCT Sensation 10 (Siemens, Erlangen, Německo) s parametry: a) sekvenční vyšetření hlavy (120 kV, 310 mAs, FOV 20 cm, kolimace 0,75 mm, rotační perioda 1,0 s); b) helikální vyšetření C páteře (120 kV, 150 mAs, FOV 20 cm, kolimace 0,75 mm, pitch 1,0); c) případně kombinované helikální vyšetření hlavy a C páteře; d) 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 šestnáctitřídém MDCT přístroji Sensation 16 (Siemens, Forchheim, Německo), ostatní parametry byly stejné. Postupně jsme přešli na nativní zobrazení hlavy a postkontrastní vyšetření od baze lebky po symfýzu a v současné době tento typ vyšetření preferujeme. V letech 2010 až 2013 bylo k vyšetření poraněných používáno MDCT Philips Brilliance iCT128 (64 detektorových řad, Philips, Eindhoven, Holandsko) 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 baze 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 (obsah jódu 300 mg v 1 ml) 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 vteřin 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 3 mm vrstvy v rozsahu hlavy a C páteře, dále 5 mm vrstvy v rozsahu hrudníku a břicha. Vyšetření byla hodnocena ve zdrojových obrazech ve 3D interaktivním

modu na pracovní stanici (Siemens Wizard, Leonardo; Philips EBV či Philips 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.

#### 4.3 Metodika hodnocení krvácení

Hodnotili jsme průkaz aktivního krvácení u vyšetřených pacientů. Aktivní krvácení je popisováno jako okrsek 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 možno 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 (jako obsah elipsy  $S = \pi \cdot a \cdot b$ , kde a,b jsou její poloosy). 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 krvácení 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. Charakter krvácení byl hodnocen ve čtyřech kategoriích : denzní bodové, mapovité, „jet“ (výtrysk) kontrastní látky a pseudoaneurysma. Hodnocena byla velikost hematomu v okolí aktivního krvácení ve třech stupních (do 5 cm, 5 až 10 cm, nad 10 cm). V případě, že bylo přítomno pouze hemoperitoneum, hodnotili jsme lem tekutiny v okolí postiženého orgánu ve třech stupních (do 2 cm, 2 až 4 cm, nad 4 cm).

#### 4.4 Metodika hodnocení klinických faktorů

U pacientů s prokázaným aktivním krvácením jsme sledovali věk, pohlaví, mechanismus úrazu, vstupní hodnotu systolického tlaku, tepové frekvence, vývoj hemodynamického stavu (stabilní, dočasně stabilní a nestabilní). Hodnocen byl objem volumoterapie v prvních 12 hodinách (do 2 litrů, 2-4 litry a více jak 4 litry tekutin včetně krevních derivátů). Nebyl hodnocen laktát a pH (jako známka krvácení a šoku), protože u významné části pacientů nebyla tato data dostupná. Závažnost poranění byla zaznamenána pomocí ISS a GCS (tab. 1). ISS 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 nejvýše bodově 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 rozdělení 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 zástavě 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 digitální archivu.

Výsledek léčby poranění byl charakterizován mortalitou ve třiceti dnech od úrazu. Byl sledován vztah radiologických charakteristik krvácení, tzn. průměru, plochy aktivního krvácení a velikosti okolního hematomu k výsledku léčby. V tomto případě byl u vícečetných krvácení proveden součet hodnot jednotlivých zdrojů krvácení. Vzhledem k problematickému „sčítání“ denzity u vícečetných krvácení, nebyl tento faktor v této analýze použit. Dále byly sledovány klinické faktory (věk, pohlaví, vstupní hodnota systolického tlaku, tepová frekvence, vývoj hemodynamického stavu, volumoterapie, ISS, GCS).

#### 4.5 Použité statistické metody

Normalita dat byla testována  $\chi^2$ -testem shody. Protože metrické sledované veličiny vesměs nemají normální rozdělení, musely být v další statistické analýze použity neparametrické testy, speciálně Mann-Whitney test a Kruskal-Wallis ANOVA test. Pro testování závislosti nominálních a ordinálních veličin byl použit  $\chi^2$ -test pro kontingenční tabulky. Veškeré testy byly prováděny pro hladinu významnosti 5 %.

Byl testován vztah mezi lokalizací krvácení a následnou volbou mezi konzervativní a intervenční léčbou ( $\chi^2$ -test). Nulová hypotéza byla, že veličiny jsou nezávislé. To znamená, že 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, hodnocena byla i velikost hematomu v okolí aktivního krvácení. Nulová hypotéza byla, že distribuční funkce sledovaných veličin u pacientů s konzervativní a intervenční léčbou jsou sobě rovny (a tedy, že se sobě rovnají i jejich mediány, kvartily, atd.). Byl hodnocen jak celý soubor krvácení, tak i jednotlivé lokalizace krvácení.

Problém stanovení významných radiologických faktorů pro predikci druhu následné léčby, resp. výsledku léčby byl řešen postupnou tvorbou modelu metodou diskriminační analýzy. (Meloun 2012) Přestože je tato metoda doporučována zejména pro případy, kdy se jedná o normálně rozdělené veličiny, je natolik robustní, že i v případě odlišných rozdělení přináší relativně dobré procento správných predikcí.

## 5 Výsledky práce

Bylo vyšetřeno 967 pacientů se závažným poraněním. Dva pacienti byli vyšetřováni dvakrát, u obou bylo zhotoveno 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 (pátý den).

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, 7 (5,4 %) pacientů mělo GCS pod 14 a nebyli intubováni. ISS mělo průměr hodnot 33,4 v rozsahu od 4 do 75.

### 5.1 Ložiska krvácení

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, 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) a v retroperitoneu u 6,6 % (12/183) pacientů. Méně častá byla krvácení do hrudní dutiny a plic v 7,1 % (13/183) případů, splachnokrania a polykacích cest ve 3,3 % (6/183) případů. U 5,5 % případů krvácely magistральní cévy (10/183). Dva zdroje krvácení byly detekovány u 23 pacientů, tři zdroje krvácení u 11 pacientů, čtyři zdroje krvácení u 2 pacientů a pět zdrojů krvácení u jednoho pacienta. Celkem 97 krvácení mělo denzní bodový charakter, mapovitá krvácení byla detekována v 69 případech, 14 krvácení mělo charakter „jetu“ a vyskytla se 3 pseudoaneurysmata. Hematom v okolí krvácení měl velikost do 5 cm v 79 případech, mezi 5 až 10 cm v 59 případech a 41 hematomů bylo nad 10 cm. Celkem 7 hematomů jsme pro atypický tvar nezařadili ani do jedné kategorie.

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).

**Tab. 3** Závislost terapie na lokalizaci krvácení

LOKALIZACE	Skutečné a očekávané četnosti				Suma
	Konzervativně		Intervence		
	Skutečné	Očekávané	Skutečné	Očekávané	
<b>Muskuloskeletální</b>	48	29,15301	7	25,84699	55
<b>Pánev</b>	17	16,96175	15	15,03825	32
<b>Retroperitoneum</b>	8	6,36066	4	5,63934	12
<b>Játra</b>	4	6,36066	8	5,63934	12
<b>Slezina</b>	4	14,84153	24	13,15847	28
<b>Ledviny</b>	0	3,18033	6	2,81967	6
<b>Střevo</b>	2	4,77049	7	4,22951	9
<b>Plíce/hrudní dutina</b>	9	6,89071	4	6,10929	13
<b>Cévy</b>	3	5,30055	7	4,69945	10
<b>Splachnokranium</b>	2	3,18033	4	2,81967	6
Suma	97		86		183

Je patrné výrazně rozdílné zastoupení konzervativní a intervenční léčby v jednotlivých lokalizacích krvácení. Z kontingenční tabulky byly pro výsledné hodnocení vyloučeny dvě lokalizace (ledviny a splachnokranium, žlutě), protože vzhledem k malému počtu případů v obou lokalizacích by  $\chi^2$ -test nebyl korektní.

Dále byla indikace k intervenci závislá na charakteru krvácení ( $\chi^2 = 20,9576$ ,  $sv=3$ ,  $p=0,000107$ ). Převaha intervencí byla zejména u denzních bodových krvácení a u krvácení, která měla charakter „jetu“. S rostoucí velikostí hematomu v okolí aktivního krvácení rovněž vzrůstal podíl intervencí ( $\chi^2 = 29,7009$ ,  $sv=2$ ,  $p<0,000001$ ).

Dále byl Mann-Whitney testem potvrzen statisticky významný rozdíl mezi skupinami konzervativně a intervenčně řešených ložisek krvácení u velikosti (výběrové mediány 11 resp. 25 mm;  $p<0,000001$ ) a plochy (61 resp. 225 mm<sup>2</sup>;  $p<0,000001$ ), dále u denzity (153 resp. 183 HU;  $p=0,01388$ ) a relativní denzity (0,78 resp. 0,88;  $p=0,02607$ ) krvácení.

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 obou skupinách pacientů (konzervativně či intervenčně léčeni).

V muskuloskeletální lokalizaci byl statisticky významný rozdíl mezi skupinami konzervativně a intervenčně řešených ložisek krvácení u velikosti (výběrové mediány 10 resp. 29,5 mm;  $p=0,006233$ ) a plochy (45 resp. 330 mm<sup>2</sup>;  $p=0,00198$ ), dále u denzity (139 resp. 193 HU;  $p=0,050328$ ) a relativní denzity (0,78 resp. 1,2;  $p=0,033892$ ) 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 (výběrové mediány 12 resp. 32 mm;  $p=0,000381$ ) a plochy (63 resp. 267 mm<sup>2</sup>;  $p=0,000354$ ), dále u relativní denzity (0,76 resp. 0,96;  $p=0,029077$ ) krvácení. Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl u denzity krvácení (155 resp. 179 HU;  $p=0,395402$ ). Hranicí mezi konzervativním a operačním řešením byla u velikosti extravazace hodnota přibližně 20 mm, u plochy přibližně 150 mm<sup>2</sup>.

Hraniční hodnota velikosti krvácení pro MSK a pánev (velikost 20 mm a plocha 150 mm<sup>2</sup>) leží mezi horním kvartilem konzervativní skupiny a dolním kvartilem 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.

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 pseudoaneurysma. V našem souboru vyžadovalo operační zákrok 45 (82 %) z 55 krvácení při poranění parenchymových orgánů dutiny břišní a střevních závěsů.

Mezi operovanými je zřetelně vyšší počet velkých hematomů v okolí extravazace, nicméně tento rozdíl není statisticky signifikantní. Velikost hematomu nezávisí na charakteru krvácení ( $\chi^2 = 6,25041$ ,  $sv=6$ ,  $p=0,395732$ ), jeho denzité ( $p=0,0690$ ) a relativní denzité ( $p=0,1012$ ), závisí na velikosti ( $p=0,0009$ ) a ploše ( $p=0,0008$ ) krvácení.

## 5.2 Diskriminační analýza (DA) pro jednotlivá ložiska krvácení

Na základě výše uvedeného zkoumání veličin charakterizujících jednotlivá ložiska krvácení jsme pomocí diskriminační analýzy hledali model předpovídající nejlépe volbu následné terapie pro konkrétní ložisko krvácení. **Ze sledovaných charakteristik je nejdůležitější lokalizace krvácení, velikost aktivního krvácení a velikost hematomu v okolí aktivního**

**krvácení.** Modelem byly z předpovědi vyřazeny plocha aktivního krvácení, jeho denzita a relativní denzita a rovněž charakter krvácení.

Pro každý případ se počítají pomocí konkrétních hodnot proměnných LOKALIZACE, VELIKOST a HEMATOM dvě klasifikační funkce F1 a F2 pomocí vypočtených koeficientů:

$$F1 = 0,46101 * LOKALIZACE + 0,02641 * VELIKOST + 2,63795 * HEMATOM - 3,35351$$

$$F2 = 1,02416 * LOKALIZACE + 0,06985 * VELIKOST + 3,72431 * HEMATOM - 8,99996$$

Podle toho, která z klasifikačních funkcí nabývá pro daný případ větší hodnoty, se rozhoduje o predikci terapie. Nabývá-li větší hodnoty klasifikační funkce F1, predikujeme konzervativní léčbu, nabývá-li větší hodnoty klasifikační funkce F2, predikujeme intervenční léčbu.

**Použitím diskriminační analýzy byl identifikovány nejdůležitější faktory pro předpověď volby terapie jednotlivých ložisek aktivního krvácení. Získaným modelem lze dosáhnout predikce s úspěšností 81,7 %.**

### 5.3 Pacienti

Mortalita třicátý den po úrazu dosahovala 43 % (55/128), přežilo 57 % pacientů (73/128). Pacienti, kteří zemřeli, byli ve 21 případech léčeni konzervativně, v 19 případech zemřeli v pooperačním průběhu. V 15 případech zemřeli velmi časně po úrazu před operačním výkonem či při devastujícím neurotraumatu nebyli i při jiných poraněních dále léčeni. Pacienti léčeni konzervativně zemřeli 9x první den, 9x do sedmého dne a 3x do třicátého dne po úrazu, z toho 12 pacientů na neurotrauma, 3x na syndrom multiorgánové dysfunkce (MODS) a jeden na kombinaci obou příčin. Jedenkrát bylo příčinou smrti neurotrauma v kombinaci s hemoragickým šokem. Tři pacienti zemřeli na traumatický šok a jedna pacientka na kardiogenní šok při kontuzi srdce. U operovaných pacientů byla příčina smrti: 9x hemoragický šok, 3x neurotrauma, 3x multiorgánové selhání, 3x kombinace neurotraumatu a hemoragického šoku a 1x traumatický šok. K úmrtí došlo mezi třetí hodinou od úrazu a 30-tým dnem. U pacientů, kteří zemřeli před plánovaným intervenčním výkonem či měli devastující neurotrauma (15/55), bylo příčinou smrti ve 3 případech neurotrauma, 6x hemoragický šok, v 5 případech kombinace obou příčin a jedenkrát kardiogenní šok. Všichni tito pacienti zemřeli do pěti hodin od úrazu. Mezi příčinami všech úmrtí dominuje neurotrauma, izolovaně ve 32,7 % (16/55) případů, v kombinaci s dalšími příčinami v 18,2 % (10/55). Hemoragický šok byl příčinou úmrtí ve 27,3 % (15/55) případů. Mortalita do tří hodin byla 29,1 % (16/55). Naprostá většina pacientů zemřela do 14 dnů (81,8 %, 45/55).

Sledované veličiny, které byly zahrnuty do hodnocení výsledků léčby jsou:

- Kategoriální – pohlaví, GCS, velikost hematomu, hemodynamická odezva, volumoterapie
- Metrické – věk, velikost a plocha aktivního krvácení, ISS, sTK, tepová frekvence

Prokázali jsme statistickou nezávislost výsledku léčby na pohlaví poraněného ( $\chi^2 = 0,017822$ , sv=1, p=0,893798) a velikosti hematomu v okolí aktivního krvácení ( $\chi^2 = 3,14609$ ,

sv=2, p=0,207412). Dále jsme prokázali závislost výsledku léčby na GCS: ( $\chi^2 = 37,8518$ , sv=2, p=,000000), hemodynamickém stavu pacienta ( $\chi^2 = 30,9145$ , sv=1, p=0,000000) a volumoterapii ( $\chi^2 = 22,9439$ , sv=2, p=0,000010).

Prokázali jsme statistickou nezávislost výsledku léčby na věku pacienta (p=0,15). Dále jsme prokázali statistickou závislost velikost (p=0,00978), plocha (p=0,0062) aktivního krvácení, ISS (p=0,00000), sTK (p=0,00000), tepová frekvence (p=0,02843) s výsledkem léčby.

#### **5.4 Diskriminační analýza (DA) pro pacienty se zaměřením na výsledek léčby**

Na základě výše uvedeného zkoumání veličin charakterizujících stupeň poranění, klinický stav a rozsah aktivního krvácení jsme pomocí diskriminační analýzy hledali model odhadující nejlépe výsledek následné terapie pro jednotlivé pacienty.

**Nejlepší predikce výsledku léčby pacienta je dosažena na kombinaci Injury Severity Score, Glasgow Coma Scale a hemodynamické odpovědi pacienta na resuscitaci. Správnost předpovědi v našem souboru je 84 %.**

## 6 Diskuze

První práce o aktivním krvácení prokázaném na CT u traumat byla publikována v roce 1989 (Sivit 1989). V publikovaných souborech se pohybuje nález aktivního krvácení od 0,2 % po 18,4 % (Willmann 2002, Yao 2002). Tyto rozdíly jsou způsobeny pokroky v zobrazovacích metodách a je i nutno přihlídnout k heterogenitě publikovaných souborů. V našem souboru zřetelně vzrůstá počet ročně vyšetřených pacientů při soustředění péče do traumacenter po roce 2010. Klesá roční výskyt zobrazených krvácení vztažený k počtu pacientů, kdy v letech 2004-2008 byl počet krvácení zřetelně nad 10 % a v letech 2010-2013 je pod 10 %. Tento pokles lze pravděpodobně vysvětlit tím, že MDCT vyšetření častěji podstupují i **méně vážně poranění pacienti**.

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 krvácení 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 sensitivitou okolo 0,97. Tyto hodnoty jsou hluboko pod citlivostí DSA, kde je nutná minimální intenzita krvácení cca 1-2 ml/min (Dobritz 2009). Tento nepoměr může způsobit negativní nález na DSA po předchozím prokázání extravazace na MDCT. Ve studii 182 pacientů mělo 24,7 % negativní DSA po průkazu extravazace kontrastní látky na MDCT. U poranění sleziny a pánve bylo v 83 % případů přistoupeno k embolizaci i při negativní DSA. U poranění ledvin a jater naopak u 92 % pacientů nebyla při negativní DSA provedena žádná intervence, k recidivě krvácení došlo v 8,6 % (1x u obou orgánů) (Yuan 2012). U traumat je nezbytné zajistit vyšetřování v optimální fázi sycení orgánů kontrastní látkou, 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 denzitách), kdy může být CT falešně negativní při intermitentním krvácení nebo tamponádě extravazace kontrastní látky (Dreizin 2012). 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 (Fang 2000, Yao 2012). 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 (Anderson 2007, Murakami 2009). 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 (Fang 2000). 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 (Federle 1998). 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 tří hodin po CT vyšetření (Willman 2002).

Výše citované práce byly provedeny na starších jednořadových či čtyřřadých CT přístrojích. Stejně jako na našem, tak i na ostatních pracovištích, se postupně přecházelo na šestnáctiřadé 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 vteřin, lze kombinovat zobrazení tepen a parenchymových orgánů (Anderson 2007). 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 souboru 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** (Michailidou 2012). Pouze jedna publikace se zabývá konkrétní statistickou analýzou plochy a denzity krvácení v břišní lokalizaci, její výsledky se však s našimi 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 (Murakami 2009). Některé práce zaznamenávají, zda je extravazace ohraničena na poškozený orgán, nebo dochází k vylévání kontrastní látky do peritoneální dutiny (Fang 2000, Michailidou 2012).

Z našeho výzkumu plyne, že 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 sílu k zamítnutí nulové hypotézy. 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 (Murakami 2009). 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 nepřináší proti pouze jednorozměrné velikosti krvácení a absolutní denzitě lepší výsledky.

V souhlase s předchozími publikacemi je významným faktorem lokalizace krvácení (Murakami 2009). 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 možno více jak polovinu krvácení ošetřit konzervativně. Intervenci vyžadují zejména arteriální

poranění, léze magistrálních žil a presakrálního žilního plexu. V našem souboru byla v jednom případě přítomna lacerace společné iliacké žíly vpravo (obr. 3 v příloze 3). U poranění pánevního kruhu může být užitečné provedení vyšetření ve dvou fázích k přesnějšímu odlišení arteriálního a venózního zdroje krvácení (Anderson 2008). 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 krvácejících pacientů lze úspěšně použít endovaskulární intervence (Köcher 2012). Přístupy jednotlivých pracovišť se liší ve spektru embolizovaných krvácení i v indikačních kriteriích embolizace ve vztahu k hemodynamickému stavu pacienta (Murakami 2009, Köcher 2012, Hagiwara 2004). 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 řídká a tendence k indikaci embolizace je nízká. Indikace k výkonu 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 jsou podmínky k většímu využití endovaskulární léčby.

Pacienti s prokázaným aktivním krvácením mají poměrně vysokou časnou (do tří hodin) mortalitu, která v našem souboru dosahuje 30,2 % (16/53), v práci Willmanna a kol. dosahovala 22,7 % (Willmann 2002). Jako příčina úmrtí dominuje přidružené těžké neurotrauma a hemoragický šok, nebo kombinace obou příčin. V dalším průběhu u pacientů po operačním výkonu či konzervativním ošetření dominuje jako příčina úmrtí neurotrauma a multiorgánové selhání. Naprostá většina pacientů zemřela do 14 dnů od poranění (84,9 %, 45/53). Téměř u poloviny pacientů je neurotrauma přímou příčinou úmrtí, nebo působí jako jedna z více příčin. Nenalezl jsem v literatuře srovnatelně koncipovanou práci, ve smyslu posouzení podílu rozsahu aktivního krvácení při MDCT na predikci výsledku léčby u poranění. Hlavním limitujícím faktorem v našem souboru je komplexnost úrazových stavů, kdy vlastní krvácení je jen jedním z faktorů ovlivňujících přežití. Tedy i přes statisticky významný rozdíl ve velikosti krvácení mezi pacienty zemřelými a přeživšími se tento faktor neuplatňuje v námi vytvořeném prediktivním modelu. Soubor izolovaných krvácení při monotraumatech by pro tuto analýzu byl patrně vhodnější. Kombinace klinického stavu charakterizovaného pomocí GCS a hemodynamické odpovědi na resuscitaci, spolu se skórovacím systémem pro poranění (ISS) dává nejucelenější předpověď výsledku léčby (v našem souboru 84% přesnost). Limitací může být relativně malý soubor pacientů z jednoho pracoviště a proto nelze jednoduše generalizovat a přenášet výsledky na jinou populaci (Tohira 2012). Pro predikci výsledku léčby u závažných poranění se používá řada skórovacích systémů. Lze použít anatomický popis poranění (ISS), používají se fyziologické skórovací systémy - Physiologic Trauma Score (PTS), Rapid Emergency Medicine Score (REMS), nebo kombinace obou přístupů Trauma Score - Injury Severity Score (TRISS). Nicméně není v současné době k dispozici ideální skórovací systém (Chawda 2004, Imhoff 2014). Glasgow

Coma Scale je prediktor funkčního výsledku léčby i mortality, ale závislost není u mortality lineární a výrazně narůstá s GCS 7 a méně (Udekwa 2004).

## 7 Závěr a doporučení pro praxi

1/ Lokalizace aktivního krvácení je statisticky významný prognostický faktor pro volbu konzervativní či intervenční léčby (potvrzena hypotéza 1).

2/ Velikost, plocha, denzita a relativní denzita aktivního krvácení spolu s jeho charakterem a velikosti hematomu v jeho okolí jsou statisticky významně větší u skupiny ošetřené intervenčně (operace či endovaskulární výkon) než ve skupině konzervativně léčených pacientů (potvrzena hypotéza 2).

3/ **Nejspolehlivější predikci pro volbu mezi konzervativní léčbou a intervencí poskytuje kombinace lokalizace, velikosti aktivního krvácení a hematomu v okolí aktivního krvácení s přesností předpovědi 81,7 %** (potvrzena hypotéza 3).

4/ Velikost a plocha aktivního krvácení zobrazeného na MDCT je statisticky významně větší u skupiny pacientů, kteří zemřeli. Mezi oběma skupinami není statisticky signifikantní rozdíl ve velikosti hematomu v okolí aktivního krvácení (hypotéza 4 potvrzena částečně).

5/ Výsledek léčby pacienta s prokázaným aktivním krvácením na MDCT je statisticky nezávislý na věku a pohlaví. Statisticky signifikantní rozdíl mezi přeživšími a zemřelými jsme našli u hodnoty ISS, GCS, dále u systolického TK, tepové frekvence a hemodynamické odpovědi pacienta a objemu volumoterapie. **Pro predikci výsledku léčby pacienta je nejspolehlivější model zahrnující kombinaci ISS, GCS a hemodynamické odpovědi pacienta. Správnost předpovědi v našem souboru dosahuje 84 %** (potvrzena hypotéza 5).

Při průkazu aktivního krvácení hraje významnou úlohu lokalizace krvácení. 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. Při poranění orgánů dutiny břišní je nutno neodkladně řešit aktivní krvácení do volné peritoneální dutiny. Při poranění parenchymových orgánů bez poškození pouzdra lze s výhodou využít angiointervenční metody, které jsou dostupné v traumacentrech. Konzervativně lze ošetřit některá menší aktivní krvácení, kdy nedojde k porušení pouzdra orgánu. V těchto případech lze vyčkat, zda dojde ke spontánní tamponádě krvácení. Nutné je pečlivé sledování klinického stavu a kontroly zobrazovacími metodami. V pánevní lokalizaci je poměr konzervativní a intervenční léčby vyrovnaný. Hranicí pro rozhodování mezi konzervativní a intervenční léčbou v muskuloskeletální a pánevní lokalizaci byla **velikost extravazace 20 mm a plocha extravasace 150 mm<sup>2</sup>**.

**Vždy je nutná korelace s celkovým klinickým stavem pacienta, jeho laboratorním nálezem a výsledkem zobrazovacích metod.**

Měřením plochy a výpočtem relativní denzity jsme nedosáhli zlepšení výsledků proti jednorozměrnému měření velikosti (průměru) krvácení a hodnocení absolutní denzity.

**Velikost a plocha aktivního krvácení je signifikantně větší u zemřelých pacientů, ale v našem prediktivním modelu se přímo neuplatňuje.** Vzhledem k mnoha faktorům během léčby poraněného a komplexnímu charakteru poranění má v našem souboru větší prediktivní hodnotu Injury Severity Scale. Glasgow Coma Scale ukazuje na výrazný vliv poranění mozku na prognózu pacienta. V našem souboru bylo u poloviny pacientů přímou či nepřímou příčinou úmrtí neurotrauma. Významnou prognostickou hodnotu má hemodynamická odpověď pacienta na resuscitaci.

## 8 Použitá literatura

1. ANDERSON SW, LUCEY BC, VARGHESE JC, SOTO JA. Sixty-four multidetector row computed tomography in multitrauma patient imaging: early experience. *Curr Probl Diagn Radiol* 2006;35:188-198.
2. 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.
3. ANDERSON SW, VARGHESE JC, LUCEY BC. Blunt splenic trauma: Delayed-phase CT for differentiation of active hemorrhage from contained vascular injury in patients. *Radiology* 2007;243:88-95.
4. 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.
5. BENNEKER LM, BONEL HM, ZUMSTEIN MA, EXADAKTYLOS AK. A novel multiple-trauma CT-scanning protocol using patient repositioning may increase risks of iatrogenic injuries. *Emerg Radiol* 2007;13:349-351.
6. BEURAN M, IORDACHE FM. Damage control surgery – new concept or reenacting of classical idea? *J Med Life* 2008;1:247-253.
7. 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.
8. DREIZIN D, MUNERA F. Blunt polytrauma: Evaluation with 64-section whole-body CT angiography. *Radiographics* 2012;32:609-631.
9. FANG JF, 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.
10. FANG JF, WONG YC, LIN BC, HSU YP, CHEN MF. Usefulness of multidetector computed tomography for the initial assessment of blunt abdominal trauma patients. *World J Surg* 2006;30:176-182.
11. FANUCCI E, FIASCHETTI V, ROTILI A, FLORIS R, SIMONETTI G. Whole body 16-row multislice CT in emergency room: effects of different protocols on scanning time, image quality and radiation exposure. *Emerg Radiol* 2007;13:251-257.
12. 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.
13. FOSTER BR, ANDERSON SW, UYEDA JW, BROOKS JG, SOTO JA. Integration of 64-detector lower extremity CT angiography into whole-body trauma imaging: Feasibility and early experience. *Radiology* 2011; 261:787-795.

14. GARCÍA-BLÁZQUEZ V, VICENTE-BÁRTULOS A, OLAVARRIA-DELGADO A. Accuracy of CT angiography in the diagnosis of acute gastrointestinal bleeding: systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol* 2013;23:1181–1190.
15. GEERAEDTS JR. LMG, KAASJAGER HAH, VAN VUGT AB, FR LKE JPM. Exsanguination in trauma: A review of diagnostics and treatment options. *Injury* 2009;40:11–20.
16. GEYER LL, KOERNER M, WIRTH S, et al. Polytrauma: Optimal imaging and evaluation algorithm. *Semin Musculoskelet Radiol* 2013;17:371-379.
17. GRIFFEY RT, SODICKSON A. Cumulative radiation exposure and cancer risk estimates in emergency department patients undergoing repeat or multiple CT. *AJR* 2009;192:887–892.
18. GUTIERREZ G, REINES HD, WULF-GUTIERREZ ME. Clinical review: Hemorrhagic shock. *Critical Care* 2004;8:373-381.
19. 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.
20. HO M-L, GUTIERREZ FR. Chest radiography in thoracic polytrauma. *AJR* 2009;192:599-612.
21. HOPPE H, VOCK P, BONEL HM, OZDOBA CH, GRALLA J. A novel multiple-trauma CT-scanning protocol using patient repositioning. *Emerg Radiol* 2006;13:123-128.
22. HOPPE H, GRALLA J. Invited cement on the work of Benneker L. et al. „A novel multiple-trauma CT-scanning protocol using patient repositioning may increase risks of iatrogenic injuries“. *Emerg Radiol* 2007;13:353
23. HUBER-WAGNER S, LEFERING R, QUICK LM et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet* 2009, 373:1455-1461.
24. HUI CM, MACGREGOR JH, TIEN HC, KORTBEEK JB. Radiation dose from initial trauma assessment and resuscitation: review of the literature. *Can J Surg* 2009;52:147-152.
25. CHAWDA MN, HILDEBRAND F, PAPE HC, GIANNOUDIS PV. Predicting outcome after multiple trauma: which scoring system? *Injury* 2004;35:347-358
26. CHOKSHI FH, MUNERA F, RIVAS LA, HENRY RP, QUENCER RM. 64-MDCT angiography of blunt vascular injuries of the neck. *AJR* 2011;196:W309–W315. / Web exclusive article/
27. CHUN JY, MORGAN R, BELLI AM. Radiological management of hemoptysis: A comprehensive review of diagnostic imaging and bronchial arterial embolization. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2010;33:240–250.
28. IMHOFF BF, THOMPSON NJ, HASTINGS MA, et al. Rapid Emergency Medicine Score (REMS) in the trauma population: a retrospective study. *BMJ Open* 2014;4:e004738.
29. KEEL M, LABLER L, TRENTZ O. „Damage Control“ in severely injured patients. *Eur J Trauma* 2005;31:212-221.
30. KIRKPATRICK AW, BALL CG, D'AMOURS SK, ZYGUN D, Acute resuscitation of the unstable adult trauma patient: bedside diagnosis and therapy. *Can J Surg* 2008;51:57-69.
31. KOURAKLIS G, SPIRAKOS S, GLINAVOU A. Damage control surgery: An alternative approach for the management of critically injured patients. *Surg Today* 2002;32:195–202.

32. KOOL DR, BLICKMANN JG. Advanced Trauma Life Support®. ABCDE from a radiological point of view. *Emerg Radiol* 2007;14:135–141.
33. KÖCHER M, ČERNÁ M, BUŘVAL S, ČIŽMÁŘ I. Akutní endovaskulární výkony u poranění parenchymových orgánů dutiny břišní, retroperitonea a pánve. *Ces Radiol* 2012;66:153-158.
34. KÖRNER M, KRÖTZ MM, DEGENHART CH, et al. Current role of emergency US in patients with major trauma. *Radiographics* 2008;28:225-244.
35. LANE MJ, KATZ DS, SHAH RA, RUBIN GD, JEFFREY Jr RB. Active arterial contrast extravasation on helical CT of the abdomen, pelvis and chest. *AJR* 1998;171:679-685.
36. LEE BC, ORMSBY EL, McGAHAN JP, MELENDRES GM, RICHARDS JR. The utility of sonography for the triage of blunt abdominal trauma patients to exploratory laparotomy. *AJR* 2007;188:415-421.
37. LOUPATATZIS C, SCHINDERA S, GRALLA J, et al. Whole-body computed tomography for multiple traumas using a triphasic injection protocol. *Eur Radiol* 2008;18:1206-1214.
38. MARINCEK B, et al. *Emergency radiology*. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 2007.
39. MARMERY H, SHANMUGANATHAN K, Multidetector-row computed tomography imaging of splenic trauma. *Semin Ultrasound CT MR* 2006;27:404-419.
40. MELOUN M., MILITKÝ J.: *Interaktivní statistická analýza dat*. Academia, Praha 2012.
41. MICHAILEDIOU, M., VELMAHOS, G.C., VAN DER WILDEN, G.M. ET AL. „Blush“ on trauma computed tomography: not as bad as we think! *J Trauma Acute Care Surg*, 2012;73:580-584.
42. 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.
43. NGUYEN D, PLATON A, SHANMUGANATHAN K, et al. Evaluation of a single-pass continuous whole-body 16-MDCT protocol for patients with polytrauma. *AJR* 2009;192:3-10.
44. NUSBAUM M, BAUM S, BLAKEMORE WS, FINKELSTEIN AK. Demonstration of intra-abdominal bleeding by selective arteriography. Visualization of celiac and superior mesenteric arteries. *JAMA* 1965;191:389–390.
45. PARK SJ, KIM JK, KIM KW, CHO KS. MDCT Findings of renal trauma. *AJR* 2006;187:541–547.
46. PEREMSKÝ Z, CIHLÁŘ F, KRÁL J, et al. Pozdní krvácení po perkutánní extrakci konkrementu. *Ces Urol* 2011;15:189–193.
47. POKORNÝ V, a kol. *Traumatologie*. Praha: TRITON, 2002.
48. SAMPSON MA, COLQUHOUN KBM, HENNESSY NLM. Computed tomography whole body imaging in multi-trauma: 7 years experience. *Clinical Radiology* 2006;61:365–369.
49. SEDLIC A, CHINGKOE CM, TSO DK, GALEA-SOLER S, NICOLAOU S. Rapid imaging protocol in trauma: a whole-body dual-source CT scan. *Emerg Radiol* 2013;20:401–408.
50. SIERRA A., BURREL M, SEBASTIA C, et al. Utility of multidetector CT in severe postpartum hemorrhage. *RadioGraphics* 2012;32:1463–1481.
51. SIVIT CJ, PECLET MH, TAYLOR GA. Life-threatening intraperitoneal bleeding: Demonstration with CT. *Radiology*, 1989;171:430.

52. SPAHN DR, BOUILLON B, CERNY V, ET AL. Management of bleeding and coagulopathy following major trauma: an updated European Guideline. *Critical Care* 2013;17:R76.
53. STAHEL PF, HEYDE CHE, ERTEL W. Current concepts of polytrauma management. *Eur J Trauma*, 2005;31:200-211.
54. STUBER T, HOFFMANN MHK, STUBER G, ET AL. Pitfalls in detection of acute gastrointestinal bleeding with multi-detector row helical CT. *Abdom Imaging* 2009; 34:476-482.
55. TOHIRA H, JACOBS I, MOUNTAIN D, GIBSON N, YEO A. Systematic review of predictive performance of injury severity scoring tools. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* 2012;20:63.
56. YANIV G, PORTNOY O, SIMON D, ET AL. Revised protocol for whole-body CT for multi-trauma patients applying triphasic injection followed by a single-pass scan on a 64-MDCT. *Clinical Radiology* 2013;68:668-675.
57. 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.
58. YOON W, JEONG YY, KIM JK. Acute gastrointestinal bleeding: contrast-enhanced MDCT. *Abdom Imaging* 2006;31:1-8.
59. YUAN KCh, WONG YCh, LIN BCh, et al. Negative catheter angiography after vascular contrast extravasations on computed tomography in blunt torso trauma: an experience review of a clinical dilemma. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* 2012;20:46.
60. UDEKWU P, KROMHOUT-SCHIRO S, VASLEF S, BAKER C, OLLER D. Glasgow Coma Scale score, mortality, and functional outcome in head-injured patients. *J Trauma* 2004;56:1084-1089.
61. VASANAWALA SS, DESSER T. Value of delayed imaging in MDCT of the abdomen and pelvis. *AJR* 2006;187:154-163.
62. 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;76:374-379.
63. VYHNÁNEK F, DUCHÁČ V, SKÁLA P. Damage control laparotomie u tupého poranění břicha. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2009;76:310-313.
64. VYHNÁNEK F. Význam mezioborové spolupráce v ošetření polytraumat. *Rozhl Chir* 2014;93:282-286.
65. WILLMANN JK, ROOS JE, PLATZ A, et al.: Multidetector CT: detection of active hemorrhage in patients with blunt abdominal trauma. *AJR* 2002;179:437-444.
66. FOSTER BR, ANDERSON SW, UYEDA JW, BROOKS JG, SOTO JA. Integration of 64-detector lower extremity CT angiography into whole-body trauma imaging: feasibility and early experience. *Radiology* 2011;261:787-795.
67. ZINK SI, OHKI SK, STEIN B, et al. Noninvasive evaluation of active lower gastrointestinal bleeding: Comparison between contrast-enhanced MDCT and 99mTc-labeled RBC scintigraphy. *AJR* 2008;191:1107-1114.

## 9 Přehled publikační činnosti autora

### Původní vědecké práce v časopise s IF

1. Vliv funkčního mapování na výsledky operací nízkostupňových gliomů WHO grade II. Bartoš R, Vachata P, Hejčl A, Zolal A, Malucelli A, Radovnický T, Posltová M, **Cihlár F**, Derner M, Sameš M. *Cesk Slov Neurol N* 2011; 74/107: 292-298. **IF 0,279.**
2. Resekce inzulárních gliomů – volumetrické měření radikality. Bartoš R, Sameš M, Zolal A, Radovnický T, Hejčl A, Vachata P, **Cihlár F**, Bejšovec D, Petrovický P. *Cesk Slov Neurol N* 2009; 72/105: 534-541. **IF 0,246.**
3. Hodnocení cerebrovaskulární rezervní kapacity po EC-IC bypassu pomocí TCD. Sameš M, Bartoš R, Vachata P, Zolal A, **Cihlár F**, Derner M, Pavlov V. *Cesk Slov Neurol N* 2009; 72/105: 359-363. **IF 0,246.**
4. Spolehlivost lokalizace primární motorické oblasti pomocí funkční magnetické rezonance, Bartoš R, Jech R, Vymazal J, **Cihlár F**, et al. *Ces a Slov Neurol N*, 69/102, 2006: 189-194. **IF 0,045.**

### Ostatní publikace v časopisech s IF

1. Chirurgie baze lební. Sameš M, Vachata P, Zolal A, Radovnický T, Ceé J, **Cihlár F**, *Cesk Slov Neurol N* 2013; 76/109(4): 402-424 – minimonografie. **IF 0,159.**
2. Peroperační monitoring aktivovaného koagulačního času při karotické endarterektomii. Sameš M, Provazníková E, **Cihlár F**, et al. *Cesk Slov Neurol N* 2011; 74/107: 325-329. **IF 0,279.**

### Původní vědecké práce v časopise bez IF

1. Multidetektorová výpočetní tomografie u traumat: vliv lokalizace, velikosti a denzity aktivního krvácení na volbu následné terapie. **Cihlár F**, Mišičko R, Krajina A, et al. *Ces Radiol* 2014; 68: 129 -136.
2. MDCTA a MRA v diagnostice zdroje subarachnoidálního krvácení. **Cihlár F**, Pavlov V, Sameš M, et al. *Ces Radiol* 2006; 60: 148-155.
3. Návrh a ověření standardních postupů pro optimalizaci lékařského ozáření při intervenční radiologii v oblasti tepen pánve a dolních končetin v České republice. Nováková M, **Cihlár F**, Krajina A, Derner M. *Ces Radiol* 2013; 67: 577–583.

### Ostatní publikace v časopisech bez IF

1. Multidetektorové CT v diagnostice zdroje recidivujícího gastrointestinálního krvácení. **Cihlár F**, Laštůvka J, Krajina A, Stehlík J, Derner M. *Ces Radiol* 2009; 63: 159–162.
2. Digitální subtrakční angiografie s gadoliniovými kontrastními látkami a literární přehled. **Cihlár F**, Derner M, Řehořek M, et al. *Ces Radiol* 2007; 61: 431-437.
3. Adenokarcinom žaludku a zánětlivý fibroidní polyp (Vaňkův tumor) u pacientky s primárním Sjögrenovým syndromem – popis případu. Smetana J, Sticová E, Jílek D, **Cihlár F**. *Ces a Slov Gastroent a Hepatol* 2009; 63: 100-104.
4. Pozdní krvácení po perkutánní extrakci konkrementu. Peremský Z, **Cihlár F**, Král J, Bočan M, Derner M., *Ces Urol* 2011; 15: 189–193.
5. Pokroky ultrasonografie v diagnostice nádorů ledvin. Adámek D, **Cihlár F**, Hořejší L. *Urolog pro Praxi*, 2010; 11: 257-261.

## Postery a abstraktované přednášky

1. Multidetector Computer Tomography In Trauma Patients – Significance Of Active Bleeding Detection. **Cihlář F**, Mišičko R, Krajina A, et al. ESTES 2009, Antalya, Turkey.
2. MRA and MDCTA in management of acute subarachnoid hemorrhage. **Cihlář F**, Pavlov V, Sameš M, Derner M, Hejčl A. ESNR 2005, Barcelona, Spain.
3. Diagnostika akutní iCMP: Co je důležité pro intervenčního radiologa? **Cihlář F**, Smolka V, Derner, Milouš, Ces Radiol 2014; 68: 255.
4. Komplikace endovaskulárních výkonů při léčbě akutních uzávěrů mozkových tepen. **Cihlář F**, Lapáčková A, Smolka V, Pavlov V, Derner M. Ces Radiol 2013; 67:165-166.
5. Intraarterial administration of milrinone for vasospasm after subarachnoid hemorrhage. Hejčl A, **Cihlář F**, Pavlov V, et al. International Neurovascular and Skull Base Workshop, 2010, Prague.
6. Imaging Vascular Injuries: A Significance of Multidetector Computer Tomography, **Cihlář F**, Derner M. CEVJ 2009; 8: 22.
7. Význam diagnostiky aktivního krvácení u traumat pomocí multidetektorového CT. **Cihlář F**, Mišičko R, Krajina A, et al. XXXVI. Český radiologický kongres 2008, Špindlerův mlýn.
8. MDCT diagnostika aktivního krvácení u traumat – kolik pacientů je vhodných k embolizaci? **Cihlář F**, Mišičko R, Krajina A, et al. Ces Radiol 2008; 62: 223.
9. Význam diagnostiky aktivního krvácení u traumat pomocí multidetektorového CT. **Cihlář F**, Mišičko R., Krajina A. Derner M., Obruba P., III. Bilaterální sympozium 2008, Rožnov.
10. MDCT diagnostika aktivního krvácení při poranění cévního systému. **Cihlář F**, Derner M. XXXV. Český radiologický kongres 2006, Č. Krumlov.
11. MDCT diagnostika poranění cévního systému u polytraumat, **Cihlář F**, Derner M. II. Bilaterální sympozium 2006, Rožnov.
12. Diagnostika poranění cévního systému multidetektorovým CT. **Cihlář F**, Derner M. Inter-Angio 2005 Liberec.
13. Limitace MDCT diagnostiky zdroje subarachnoidálního krvácení - naše zkušenosti. **Cihlář F**, Hejčl A, Derner M, et al. Ces a Slov Neurol N 2008; 71/104, Suppl. 2: 47-48.
14. Imaging Peripheral Arterial Disease: A Significance of Contrast-enhanced MR Angiography. **Cihlář F**, Derner M, Smetana J, et al. CEVJ 2007; 6: 34-35.
15. Limitace neinvazivní diagnostiky zdroje subarachnoidálního krvácení – naše čtyřleté zkušenosti s MDCTA a MRA. **Cihlář F**, Hejčl A, Derner M, et al. II.ČNRK 2007, Srní.

+ první autor minimálně dalších 15 abstraktovaných sdělení.