

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

Doktorský studijní program
Radiologie

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

**Multi-detect or row computed tomography in trauma –
influence of the localization, size and density of active
extravasation on subsequent clinical management**

MUDr. Filip Cihlář

Školitel: prof. MUDr. Antonín Krajina, Csc.

Hradec Králové, 2015

Obhajoba dne:
(doplň studijní odd.)

Prohlášení autora

Prohlášení:

Prohlašuji tímto, že jsem doktorskou disertační práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje. Zároveň dávám souhlas k tomu, aby tato práce byla uložena v Lékařské knihovně Lékařské fakulty UK v Hradci Králové a zde užívána ke studijním účelům za předpokladu, že každý, kdo tuto práci použije pro svou publikační nebo přednáškovou činnost, se zavazuje, že bude tento zdroj informací řádně citovat.

Souhlasím se zpřístupněním elektronické verze mé práce v informačním systému Univerzity Karlovy v Praze.

Hradec Králové, 16.5. 2015

Studie byla schválena Etickou komisí Krajské zdravotní a.s., Masarykova nemocnice o.z.,
číslo jednací 222/76.

Poděkování

Děkuji prof. MUDr. Antonínu Krajinovi, CSc. za pomoc při výběru a zpracování tématu a za jeho podnětné připomínky.

Děkuji MUDr. Miloušovi Dernerovi za podporu v mé práci.

Děkuji také kolegům z traumatologického pracoviště MUDr. Romanovi Mišičkovi a MUDr.

Petrovi Obrubovi za pomoc při získávání klinických dat a podnětné připomínky.

Obsah

Použité zkratky	6
1 Úvod do problematiky	8
2 Teoretická východiska práce	10
2.1 Polytrauma	10
2.2 Hemoragický šok	14
2.3 Zobrazovací metody	16
2.3.1 Ultrazvukové vyšetření	16
2.3.2 MDCT vyšetření	18
2.4 Zobrazení aktivního krvácení	22
3 Cíle disertační práce a pracovní hypotézy	24
4 Metodika práce	25
4.1 Soubor nemocných a výběrové soubory	25
4.2 Metodika MDCT vyšetření	25
4.3 Metodika hodnocení krvácení	26
4.4 Metodika hodnocení klinických faktorů.....	27
4.5 Použité statistické metody	28
5 Výsledky práce	30
5.1 Ložiska krvácení	31
5.2 Diskriminační analýza (DA) pro jednotlivá ložiska krvácení	43
5.3 Pacienti	47
5.4 Diskriminační analýza (DA) pro pacienty	53
6 Diskuze	55
7 Závěr a doporučení pro praxi.....	60
Použitá literatura	62
Přílohy	68
Příloha 1 Statistika pro ložiska krvácení	69

Příloha 2	Statistika pro pacienty	91
Příloha 3	Obrazová dokumentace	100
Příloha 4	Článek v České Radiologii	108

Použité zkratky (abecední řazení)

AAST – American Association for the Surgery of Trauma

AP - předozadní projekce rentgenového snímku

ATLS - Advanced Trauma Life Support Protocol

ARDS - Adult Respiratory Distress Syndrom

CARS - Compensatory Anti- inflammatory Response Syndrome

CNS - centrální nervový systém

MDCTA - multidetektorová CT angiografie

CŽK - centrální žilní katétr

DIC - disseminated intravascular coagulation

DSA – digitální subtrakční angiografie

ETC – Early Total Care

FAST – cílené ultrazvukové vyšetření u poranění (focused assessment with sonography for trauma)

FOV – field of view

GCS – Glasgow Coma Scale

GIT - gastrointestinální trakt

Hb - hemoglobin

HDO - hemodynamický stav pacienta

ISS - Injury Severity Score

kPa - kilopascal

kV - kilovolty

mAs - miliampérsekundy

MDCT - multidetektorové CT vyšetření

MIP - Maximum-Intensity-Projection

MPR - Multiplanární rekonstrukce

MODS - Multiple Organ Dysfunction Syndrome

MOF - Multiple Organ Failure

RTG - rentgenový

PTS - Physiologic Trauma Score

REMS - Rapid Emergency Medicine Score

SIRS - Systemic Inflammatory Response Syndrome

sTK - systolický krevní tlak

TIMECT - doba trvání CT vyšetření

TRISS - Trauma Score - Injury Severity Score

URMECH - úrazový mechanismus

UZ - ultrazvukové vyšetření

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 ultrazvukové (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 sternu, 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, Vyhnanek 2009).

Vlastní úraz podmiňuje poškození orgánů, měkkých tkání a skeletu (primární inzult) s lokálním poškozením tkání a vede také k následným změnám v tkáňovém metabolismu. Dochází k vyplavení prozánětlivých faktorů (systemic inflammatory response syndrome, SIRS) a zároveň protizánětlivých faktorů (compensatory anti-inflammatory response syndrome, CARS). Jedná se o cytokiny, faktory komplementu, aktivace koagulačního systému, uvolňují se neuromediátory a v okolí postižených tkání dochází k akumulaci imunokompetentních buněk (Keel 2005). K této reakci se dále může připojit hypoxie při respirační nedostatečnosti, nekontrolované krvácení s eventuální kardiovaskulární instabilitou. Dále může dojít k ischemicko/reperfuznímu poškození a v neposlední řadě k devitalizaci a kontaminaci tkání. Tyto faktory pak tvoří endogenní a exogenní sekundární inzult (Keel 2005). Tyto faktory společně mohou vést k rozvoji „maligní triády“ hypotermie (teplota pod 35 °C), koagulopatie a metabolické acidózy (Kouraklis 2002, Stahel 2005). Každá z těchto život ohrožujících patologií zhoršuje ostatní a dochází ke vzniku spirály vedoucí k prohlubování nepříznivých změn. Perzistující či opakované ataky hypoperfuze vedou k posunu do anaerobního metabolismu, který je příčinou metabolické acidózy. Stupeň acidózy je prediktorem stupně hemoragického šoku a tíže poranění a výsledku léčby poranění (Kouraklis 2002). Teplota těla rychle klesá při dlouhém ošetření na místě, dále se stav může zhoršit intravenózním podáním tekutin s nižší teplotou, teplo může unikat rozsáhlými ranami trupu. Na akutním příjmu dochází k odstranění šatů. Bez zahřívací roušky vzniklá hypotermie zhoršuje oxygenaci tkání (redukuje schopnost hemoglobinu uvolnit kyslík) a snižuje schopnost jater metabolizovat citrát a laktát. Při hypotermii může dojít k bradykardii, snížení srdečního výdeje, poklesu glomerulární filtrace, vzniku arytmií a zvýšení periferní cévní resistance (Keel 2005). Pokud nedojde k normalizaci hladin laktátu v krvi a korekci pH do 48 hodin po traumatu, je tento stav spojen s mortalitou 86-100 % (Keel 2005). Koagulace je nepříznivě ovlivněna sníženou teplotou těla, a to jak snížením rychlosti probíhající kaskádové reakce, tak sníženou produkcí koagulačních faktorů. Aditivní nepříznivý efekt na koagulaci má hemodiluce při masivních transfuzích a hypotermie (Kouraklis 2002). Dlouhé chirurgické zákroky s těžkým postižením tkání, ztrátami tepla na operačním sále při otevřených tělních

dutinách, krevními ztrátami a kompenzatorní masivní transfuze jsou další exogenní sekundární inzulty, které potencují systémovou zánětlivou odpověď a zhoršují maligní triádu. Filosofie damage control chirurgie spočívá ve zkrácení operačních výkonů odložením definitivního ošetření, což zabrání vzniku ireverzibilního vyčerpání fyziologické rezervy organismu. Při správné indikaci vede u velmi těžkých poranění ke snížení mortality a incidence pozdních komplikací jako je sepse, Adult Respiratory Distress Syndrom – ARDS, Multiple Organ Dysfunction Syndrome – MODS, Multiple Organ Failure – MOF (Kouraklis 2002, Keel 2005, Beuran 2008).

SIRS je syndrom systémové zánětlivé odpovědi organismu na různé inzulty, bez přítomnosti infekčního agens. Kritériem je přítomnost alespoň dvou níže uvedených faktorů, které jsou akutní změnou a nejsou projevem jiné patologie organismu. Patří mezi ně teplota nad 38 °C nebo pod 36 °C. Dále srdeční frekvence nad 90/min. Tachypnoe nad 20/min. či PaCO₂ pod 4,3 kPa – tento bod je splněn, pokud pacient vyžaduje umělou plicní ventilaci. Počet bílých krvinek mimo rozmezí 4-12 x 10⁹/l, nebo více jak 10 % nezralých neutrofilů. Sepse je SIRS s účastí infekčního agens, je třeba prokázat jeho přítomnost, ostatní kritéria jsou shodná se SIRS. Těžká sepse je stav s orgánovou dysfunkcí a známkami hypoperfuze či sekundární hypotenze. Hypoperfuze je charakterizována laktátovou acidózou (pH pod 7,3, laktát nad 2,3 mmol/l) nebo oligurií (pod 0,5 ml/kg/h) či poklesem trombocytů pod 100x10⁹/l, plicní dysfunkcí. Hypotenze je pokles systolického tlaku pod 90 mm Hg nebo pokles výchozího tlaku o více jak 40 mm Hg po dobu nejméně dvou hodin. Další progresí stavu vzniká septický šok, který je charakterizován jako těžká hypotenze, hypoperfuze a orgánová dysfunkce i přes adekvátní resuscitaci roztoky. Těžká hypotenze je stav kdy je nutná farmakologická podpora oběhu, při vysokých dávkách léků podporujících oběh mluvíme o refrakterní hypotenzi (Pokorný 2002).

MODS je stav, kdy orgány nejsou při dysfunkci schopny zajistit homeostázu bez terapeutické intervence. Tento stav může postihnout orgánové systémy v různém rozsahu. Typickým příkladem jsou selhání ledvin, jater, stresový vřed, diseminovaná intravaskulární koagulace (DIC) či ARDS. Právě tyto progresivní patologické změny na sebe navazujících orgánových systémů jsou určující pro přežití pacientů, kteří překonali několik prvních dní od úrazu. Multiorgánové selhání (MOF) je extrémní forma multiorgánové dysfunkce (Pokorný 2002).

DIC je získaná koagulační porucha, kdy dochází k aktivaci hemostázy s tvorbou mikrotrombů, spotřebě koagulačních faktorů a následnému krvácení. Může jít o hematologický projev SIRS. V traumatologii se projevuje zejména u polytraumat, crush syndromu a popálenin. Dalším stavem, který je reakcí na vyplavené mediátory je ARDS, kdy dochází k porušení plicního endotelu. Unikající plasma do intersticia a alveolů způsobuje plicní edém. Dochází ke zhoršení ventilace, poklesu saturace kyslíkem a vzestupu PaCO₂. Terapie spočívá především v podpůrné ventilaci (Pokorný 2002).

Ošetření pacienta po příjezdu na akutní příjem probíhá dle standardního protokolu (např. ATLS), kdy nejprve dochází k ošetření dýchacích cest. Pacienti v těžkém šoku a s poruchou vědomí (Glasgow Coma Scale (GCS) pod 9 bodů) profitují z intubace. Další prioritou je ošetření krevního oběhu a stanovení případného stupně šoku. Druhým krokem je zajištění ventilace. To znamená, že musí být léčen případný tenzní pneumothorax, hemothorax či otevřený pneumothorax. Většinu případů lze vyřešit hrudní drenáží, v menšině případů je nutná akutní torakotomie (Stahel 2005, Pokorný 2002). Třetí krok je zástava zevního či vnitřního krvácení a léčba hemoragického šoku (bude zmíněno níže). Základní zobrazovací metody pro tyto tři fáze jsou FAST sken, RTG hrudníku a pánve nebo za příznivých okolností MDCT vyšetření. Čtvrtým krokem je základní neurologické vyšetření. Poranění mozku je důležité odhalit včas a bránit sekundárnímu poškození hypoxémií a hypovolémií. Tyto dva stavy potencují intracerebrální zánětlivou odpověď, která vede k edému mozku s následným vzestupem intrakraniálního tlaku a poklesem perfuze mozku (Stahel 2005). Závažnost poranění mozku se hodnotí podle GCS, jako mírné (14-15 bodů), střední (9-13 bodů) a těžké (3-8 bodů). U pacientů s GCS 13 a méně je nutné CT mozku, vzhledem k signifikantně zvýšené pravděpodobnosti intrakraniálního krvácení (Stahel 2005). Pátým krokem je udržení tělesné teploty i přes probíhající vyšetřovací proces – lze použít termoizolační folie a předeřhřáté infuzní roztoky (Stahel 2005).

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 prehospitalizační léčby je zastavit krvácení a doplnit krevní objem (Gutierrez 2004). Krvácení lze z praktických důvodů dělit na kompresibilní (zevní) a nekompresibilní (vnitřní). Z hlediska vyvinutého tlaku je nejefektivnější manuální komprese (180 mm Hg), klasický obvaz je málo efektivní (33 mm Hg) a lépe je na tom elastický obvaz (88 mm Hg) (Geeraedts 2009). Problematické je ošetření krvácení v oblastech, kde lze špatně naložit obvaz – rameno a podpaží, krk či třísla. V těchto lokalizacích je slibné použití speciálních produktů na bázi chitosanu (HemCon) či dalších látek (QuickClot). Dochází k adhezi ke tkáním a zvýšení koncentrace krevních buněk, koagulačních faktorů a destiček s cílem podpořit koagulaci (Geeraedts 2009). Preparát HemCon je již dostupný i pro použití v intervenční radiologii a máme s ním vlastní pozitivní zkušenosti. U krvácení vnitřního je efektivní pánevní pás, který zmenšuje objem pánve a tím snižuje prostor pro krvácení. 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. Při distenzi krčních žil jsou časté alternativní diagnózy tenzní pneumothorax a perikardiální tamponáda. Tamponáda se vyskytuje především u penetrujících poranění (Kouraklis 2002, Keel 2005). 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). Klinické symptomy šoku lze posoudit „třemi okny mikrocirkulace“: 1/ stavem vědomí (perfuze mozku) – agitovanost, somnolence; 2/ perfuzí periferie – studená akra, zpožděný kapilární návrat a tachykardie; 3/ perfuze ledvin pomocí diurézy. Tyto klinické známky pomohou v rozlišení hemodynamicky normálního pacienta od hemodynamicky kompenzovaného, u kterého hrozí postupná deteriorace stavu (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. ATLS protokol u vysokoenergetického poranění s bezvědomím obsahuje následná vyšetření: (Marincek 2007)

1/ Předozadní (AP) RTG snímek hrudníku sloužící k odhalení život ohrožujících poranění jako je tenzní pneumotorax, masivní hemotorax, vřadící hrudník.

2/ Předozadní (AP) RTG snímek pánve k odhalení závažného poranění pánve.

3/ UZ vyšetření břicha a hrudních dutin, které má za úkol detekovat volnou tekutinu svědčící pro vnitřní krvácení.

4/ Boční snímek krční páteře. Toto vyšetření je vzhledem k nízké sensitivitě a problematickému zobrazení dolního úseku krční páteře předmětem kontroverzí a není již na řadě pracovišť používáno.

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). Lze získat rychlý přehled o distribuci a množství volné tekutiny, která je nepřímou známkou poranění orgánů dutiny břišní. Provádí se v poloze na zádech, protože stav

pacienta ve většině případů neumožňuje jeho polohování. Dutina břišní se zobrazuje ve čtyřech standardních projekcích a jedné doplňkové:

1/ Axiální zobrazení ze subxiphoidního pohledu k zobrazení perikardiálního vaku a levého jaterního laloku.

2/ Podélné zobrazení pravého podžebří se zobrazením Morrisonova prostoru, pravého laloku jater a pravé ledviny.

3/ Podélné zobrazení levého podžebří se zobrazením sleziny a levé ledviny.

4/ Vyšetření pánve ze suprapubického přístupu k detekci volné tekutiny.

5/ Výhodou je doplnění podélného zobrazení obou pohrudničních dutin, kde lze rovněž detekovat volnou tekutinu nebo pneumotorax (the lung-sliding sign) (Körner 2008).

Primární cíl FAST vyšetření je detekce volné tekutiny, ve většině studií dosahuje sensitivity 64-98 %, specifita je rovněž vysoká 86-100 %. Přesnost vyšetření stoupá s množstvím volné tekutiny a zároveň klesá, pokud nejsou vyšetřeny všechny čtyři projekce.

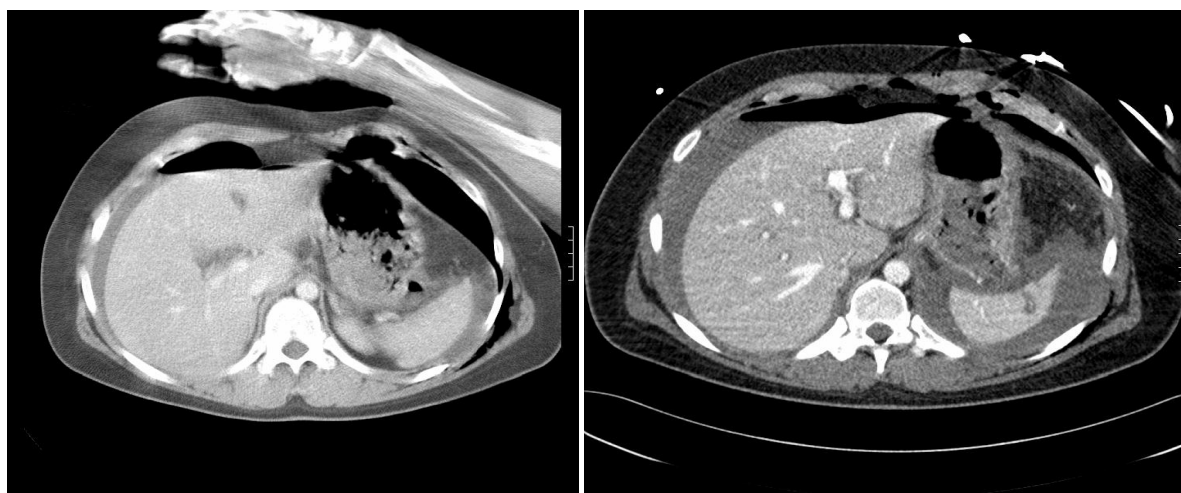
Je třeba zdůraznit, že schopnost odhalit poranění parenchymových orgánů pomocí FAST vyšetření je limitována. Celková sensitivity pro poranění nitrobřišních orgánů je v rozmezí od 44 do 95 %. Specifita je relativně vysoká v rozmezí 84-100 % (Körner 2008). Výsledky se liší u jednotlivých orgánů, kdy často 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.

UZ vyšetření je určeno pro první orientaci a detekci významného intraperitoneálního či intrapleurálního krvácení, mělo by být provedeno rychle, a nemělo by se oddalovat další vyšetření, např. MDCT. Není určeno pro detekci poranění nitrobřišních orgánů, kdy má nízkou výpovědní hodnotu. Pacient s hypotenzí a pozitivním nálezem většího množství volné tekutiny při FAST UZ vyšetření může být směřován přímo k laparotomii, bez doplnění CT vyšetření (Lee 2007).

2.3.2 MDCT vyšetření

U starších sekvenčních CT vyšetření bylo zobrazení traumatů 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).

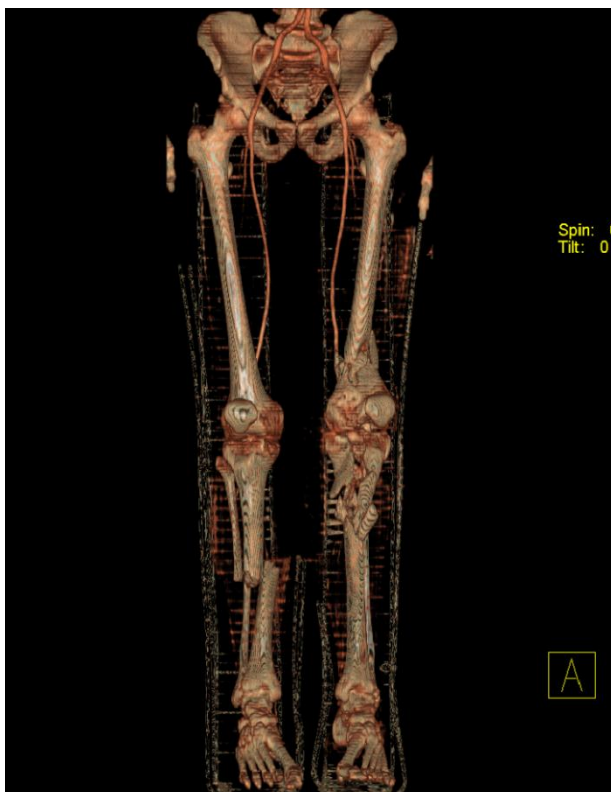
Současné MDCT přístroje disponují submilimetrovou kolimací, která umožňuje získat izotropní objem dat. Čas jedné rotace rentgenky se pohybuje okolo 0,5 sec. Délka vyšetřeného objemu dosahuje až 200 cm, což umožňuje reálně celotělové vyšetření v řádu několika desítek sekund. Tímto se stává MDCT nejdůležitější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



Obr. 1 Porovnání zobrazení CT vyšetření (jedna řada detektorů, obrázek vlevo) a MDCT vyšetření (16 řad detektorů, obrázek vpravo) u stejného pacienta. Zřetelně lepší obraz MDCT zobrazení, ruptura zadní stěny žaludku s žaludečním obsahem v okolí sleziny, pneumoperitoneum. Ruptura žaludku při CT vyšetření (vlevo) není detekovatelná. První CT vyšetření břicha (vlevo) bylo provedeno ve spádové nemocnici, druhé celotělové MDCT po příjmu do Traumacentra Masarykovy nemocnice.

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 šíře 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 (obr. 2) (Foster 2011).

Vzhledem k rychlosti vyšetření MDCT je vhodné u jednofázových skenů aplikovat bolus



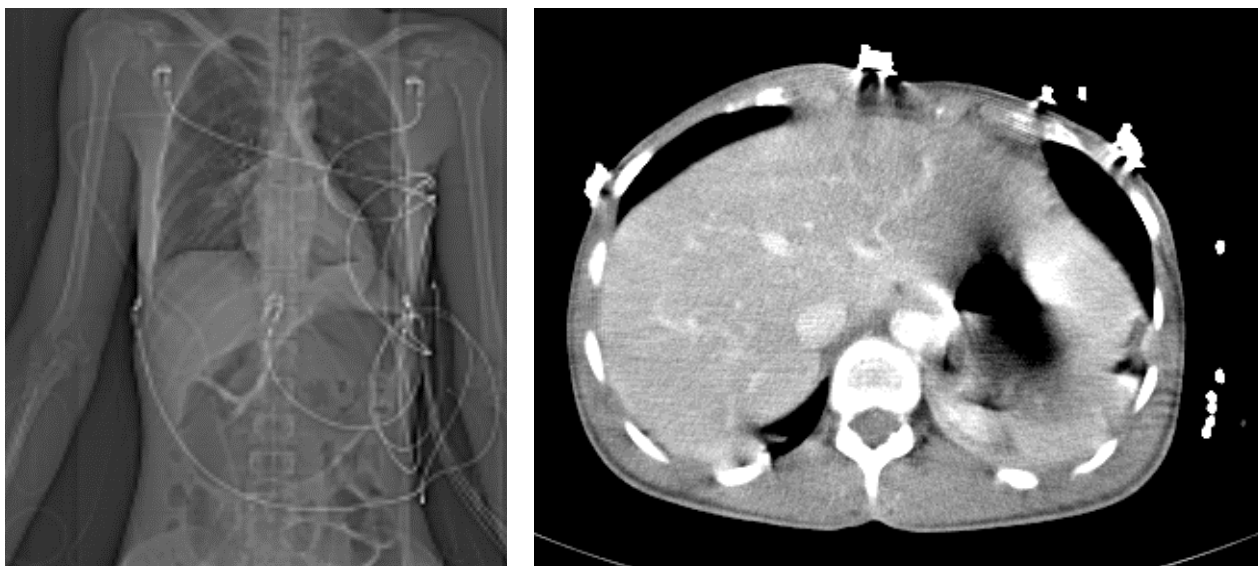
kontrastní látky ve více fázích k dosažení optimálního nasycení zobrazovaných struktur (Loupatatzis 2008, Yaniv 2013). Výběrově lze při vyšetření doplnit opožděné skeny za 3-10 minut k zobrazení vývodného systému ledvin (Park 2006, Vasanawala 2006). V neposlední řadě může opožděný scan pomoci rozlišit 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.

Obr. 2 Komplexní poranění dolních končetin.

Obvykle je pacient vyšetřován v poloze „head first“. Ruce položené podél těla, EKG elektrody a další materiál může způsobovat artefakty různého stupně. Při porovnání vyšetření ve standardní poloze pacienta s protokolem, při kterém je pacient během vyšetření otočen do polohy „feet first“ dojde k snížení artefaktů, ale zároveň k prodloužení doby vyšetření (Hoppe 2006). Při repozici může dojít k iatrogennímu poranění a je určen jen pro vybranou skupinu vhodných pacientů (Benneker 2007, Hoppe 2007).

MDCT vyšetření vede k expozici mezi 10-30 mSv již při vstupním vyšetření. Ke snížení dávky vede použití jednofázového vyšetření proti vícefázovému, kde se jednotlivé zobrazované objemy překrývají (Fanucci 2007, Sedlic 2013). Dávku snižují i technická zdokonalení jako je modulace dávky podle vyšetřované části těla či automatická expoziční kontrola (Hui 2007). Nové softwarové rekonstrukční algoritmy CT obrazu mohou dávku snížit o 30 % při zachování stejné kvality obrazu, nicméně jsou velmi náročné na výkon počítače. Je třeba říci, že nejvyšší prioritu má u polytraumat dostatečně kvalitní zobrazení život ohrožujících poranění a obdržená radiační dávka je méně důležitá (Geyer 2013). Vyššími radiačními dávkami se všemi možnými negativními následky je zatíženo malé procento pacientů s opakovanými CT vyšetřeními (Griffey 2009).

Vyšetření poraněného pacienta pomocí zobrazovacích metod a zejména MDCT klade vysoké nároky na zpracování velkého objemu dat v co nejkratším čase. Tento tlak může vést ke vzniku chyb při technickém provedení vyšetření. Vzhledem k velkému množství externího materiálu (elektrody, dlahy, atp.) může být vyšetření zatíženo značnými artefakty a výrazně ztěžovat hodnocení vyšetření (obr. 3). Dalším zdrojem chyb je komunikace mezi radiologem a klinikem, který ošetřuje poraněného (Sica 2012). I v těchto podmínkách je MDCT velmi přesná metoda. Ve studii Geyera a kol. bylo správně detekováno 89,6 % poranění. Ostatních 3,7 % poranění nevyžadovalo žádnou léčbu. Celkem 6,7 % poranění další léčbu vyžadovalo. Z přehlednutých lézí bylo možno 85,4 % při zpětném hodnocení najít. Nedetekovatelné léze byly tvořeny drobnými pankreatickými a střevními kontuzemi (Geyer 2013).



Obr. 3 Nevhodně umístěné svody EKG elektrod, které tvoří výrazné artefakty v oblasti podbráničních krajín. Hodnocení sleziny je výrazně omezeno.

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 mikrokateétrů 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.

Z dalších zobrazovacích metod lze použít radioizotopové vyšetření a MDCT. Radioizotopové vyšetření ^{99m}Tc označenými erytrocyty lze s výhodou použít zejména u intermitentních krvácení především v dolním GIT. Jde o vyšetření citlivé i při nízké intenzitě krvácení (0,1 ml/min), při prodloužené době vyšetření se dobře detekují intermitentní krvácení. Nevýhodou je velmi omezená dostupnost a nízká přesnost při lokalizaci krvácení (Zink 2008). V traumatologických indikacích není vyšetření přínosné.

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 úroveň 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. Lze např. zobrazit stejným způsobem krvácení z horního i dolního GIT v jedné době. V metaanalýze 22 studií na 672 pacientech dosahuje sensitivita 85,2 % a specificita 92,1 % (García-Blázquez 2013). V některých případech může při své dostupnosti, přesnosti a reprodukovatelnosti předcházet endoskopii. Při pozitivním výsledku MDCT lze přistoupit již k cílené embolizaci krvácení

nebo zvolit v závislosti na příčině krvácení jiný způsob ošetření (operační výkon u tumorů). U intermitentních krvácení je vhodné MDCT vyšetření provést co nejdříve po klinické manifestaci krvácení. Není nutná příprava a rovněž přesnost není limitována přítomností stolice či většího množství krve, jako je tomu u endoskopie. 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 nitrohruďných 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.

Na našem pracovišti MDCT vyšetření u netraumatologických indikací provádíme nejprve v nativním zobrazení, které nám umožní lépe odlišit případný již přítomný denzní materiál v lumen střeva a sníží riziko falešně pozitivních výsledků u drobných krvácení. MDCT angiografie prokáže aktivní krvácení a dovolí zhotovit přesný „road mapping“ pro případné endovaskulární ošetření krvácení a zkrátí dobu intervenčního výkonu. Ve venózní fázi vyšetření lze posoudit subjektivně intenzitu krvácení při zvětšení extravazace a rovněž posoudit i případné patologie způsobující krvácení. Porovnání všech fází vyšetření dovolí komplexní hodnocení a snižuje možnost nesprávné interpretace nálezů (Stuber 2009).

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 desetiřadém 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 šesnáciřadém MDCT přístroji Sensation 16 (Siemens, Forchheim, Německo), ostatní parametry byly stejné. Postupně jsme přešli na nativní zobrazení hlavy a postkontrastní vyšetření od baze lební 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 lební 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, magistrální cévy a splanchnokranium. 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 jen 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 nejvyšší bodově hodnocených poraněných oblastí - maximálně tedy $3 \times (5 \times 5) = 75$.

Tab. 1 Hodnocení Glasgow Coma Scale.

Glasgow Coma Scale	Hodnoty
Reakce očí	1-4
Nejlepší pohybová reakce	1-6
Nejlepší slovní odpověď	1-5
Celkem	3-15

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 χ^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 χ^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 (χ^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). Celotělové MDCT vyšetření výrazně dominovalo, ve vybraných případech bylo provedeno spolu s MDCT angiografií (MDCTA) končetin nebo se zobrazením skeletu dolních končetin. Doba vlastního vyšetření od topogramu po ukončení vyšetření se pohybovala většinou mezi 2-10 minutami u celotělového skenu, 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, 7 (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).

Tab. 2 Pacienti vyšetřovaní na CT v letech 2004-2008 a 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

Nejčastější příčinou poranění u pacientů s aktivním krvácením byla autonehoda v 52,3 % (67/128), následuje sražení chodce v 17,2 % (22/128), méně často se vyskytovaly 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).

5.1 Ložiska krvácení

Bylo nalezeno celkem 183 míst krvácení (tab A1.1 v příloze 1). Nejčastěji krvácející lokalizací byl muskuloskeletální systém ve 30 % (55/183). Nejčastěji krvácejícím orgánem byla slezina v 15,3 % (28/183) případů (obr. 1 v příloze 3), 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 v příloze 3) 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 magistrální cévy (10/183) (obr. 5 v příloze 3). 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 (tab. A1.2 v příloze 1). 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 (tab. A1.3 v příloze 1).

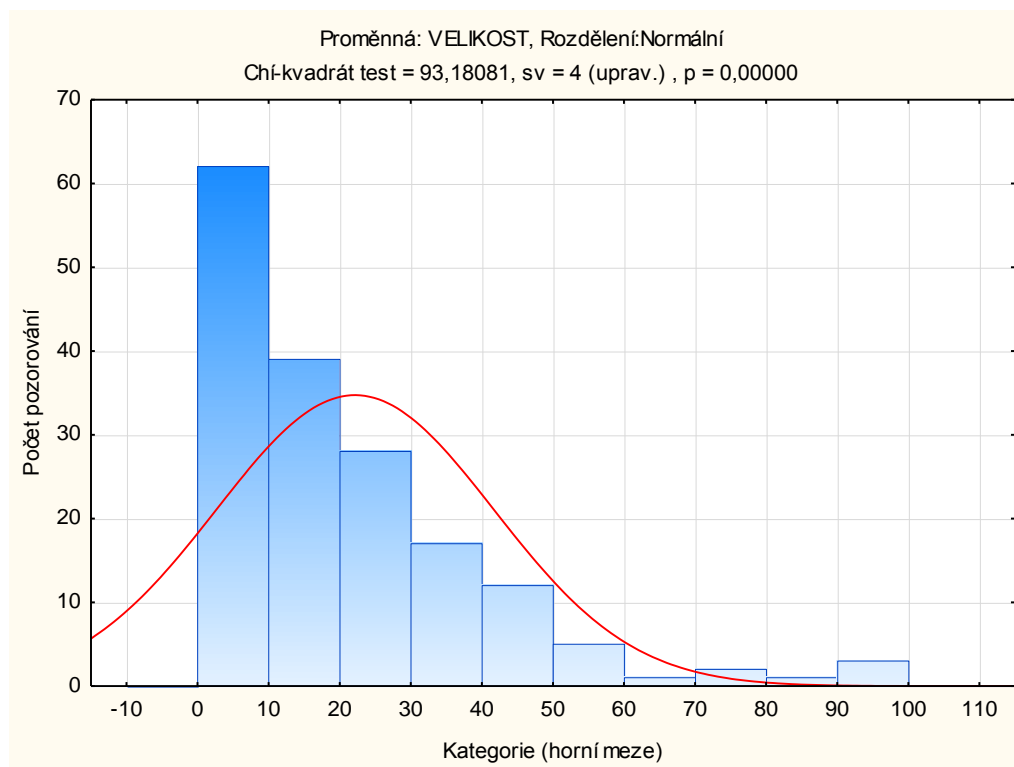
Celkem 86 ložisek krvácení ze 183 (47 %) bylo řešeno pomocí intervence. Indikace k intervenci byla závislá na lokalizaci krvácení ($\chi^2=52,4786$, $sv=7$, $p<0,00001$). Je patrné výrazně rozdílné zastoupení konzervativní a intervenční léčby v jednotlivých lokalizacích krvácení (tab. 3). Z kontingenční tabulky byly pro výsledné hodnocení vyloučeny dvě lokalizace (ledviny a splachnokranium, žlutě), protože vzhledem k malému počtu případů v obou lokalizacích by χ^2 -test nebyl korektní.

Tab. 3 Závislost terapie na lokalizaci krvácení

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

Dále byla indikace k intervenci závislá na charakteru krvácení ($\chi^2 = 20,9576$, $sv=3$, $p=0,000107$) (tab. B1.1 v příloze 1). 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 ($\chi^2 = 29,7009$, $sv=2$, $p<0,000001$) (tab. B1.2 v příloze 1).

Při hodnocení celého souboru byla zjišťována normalita metrických veličin. Test normality dat pro velikost krvácení zobrazen v grafu 1 a pro další veličiny v příloze 1, oddíl A2, žádná z veličin nemá normální rozdělení.



Graf 1 Posouzení normality rozdělení pro velikost aktivního krvácení v celém souboru.

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 mm²; $p < 0,000001$), dále u denzity (153 resp. 183 HU; $p = 0,01388$) a relativní denzity (0,78 resp. 0,88; $p = 0,02607$) krvácení (tab. 4 a tab. 5).

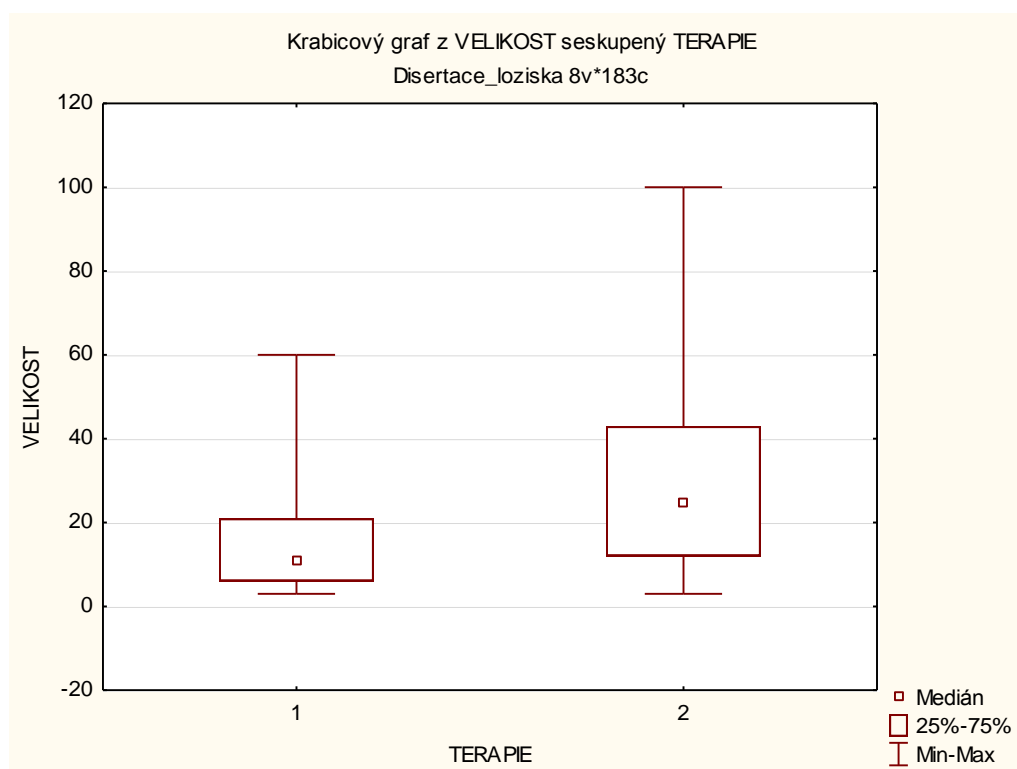
Tab. 4 Srovnání velikosti, plochy, denzity a relativní denzity aktivního krvácení podle zvolené terapie v celém souboru.

Kvantily veličin		N	Minimum	Dolní kvartil	Medián	Horní kvartil	Maximum
VELIKOST	Konzervativně	95	3	6	11	21	60
	Intervence	75	3	12	25	43	100
PLOCHA	Konzervativně	95	4,70	14,14	60,5	133,52	989,60
	Intervence	75	7,07	65,97	224,6	549,78	4319,69
DENZITA	Konzervativně	96	70	121	153	203	540
	Intervence	86	75	132	183	263	494
REL.DENZITA	Konzervativně	91	0,31	0,63	0,78	1,00	2,36
	Intervence	83	0,36	0,76	0,88	1,05	1,99

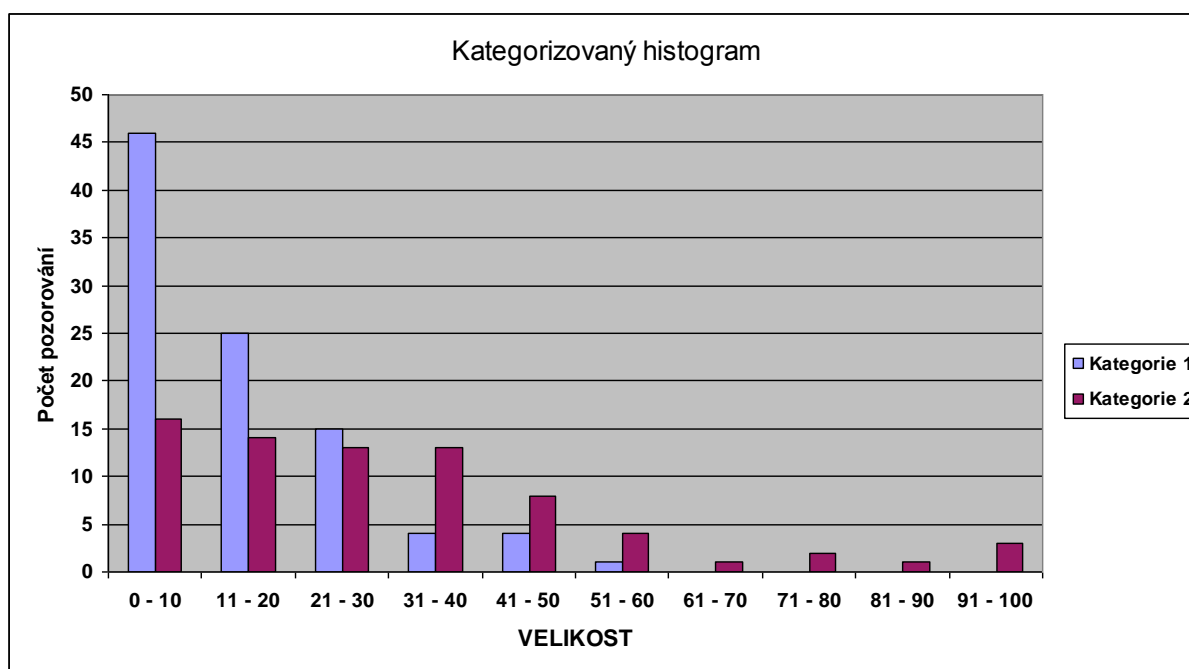
Tab. 5 Závislost terapie na velikosti, ploše, denzitě a relativní denzitě aktivního krvácení v celém souboru.

Výsledky Mann-Whitney testů	Konzervativně		Intervence		U	Z	p
	Součet pořadí	N	Součet pořadí	N			
VELIKOST	6439,500	95	8095,500	75	1879,5	-5,28026	0,000000
PLOCHA	6434,500	95	8100,500	75	1874,5	-5,29595	0,000000
DENZITA	7910,500	96	8742,500	86	3254,5	-2,46034	0,013881
REL. DENZITA	7223,500	91	8001,500	83	3037,5	-2,22517	0,026071

Vliv velikosti krvácení na charakter následné léčby ilustrují i grafy 2 a 3.



Graf 2 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na velikosti aktivního krvácení v celém souboru.



Graf 3 Počet konzervativně (Kategorie 1) a intervenčně (Kategorie 2) řešených ložisek aktivního krvácení v závislosti na velikosti krvácení v celém souboru.

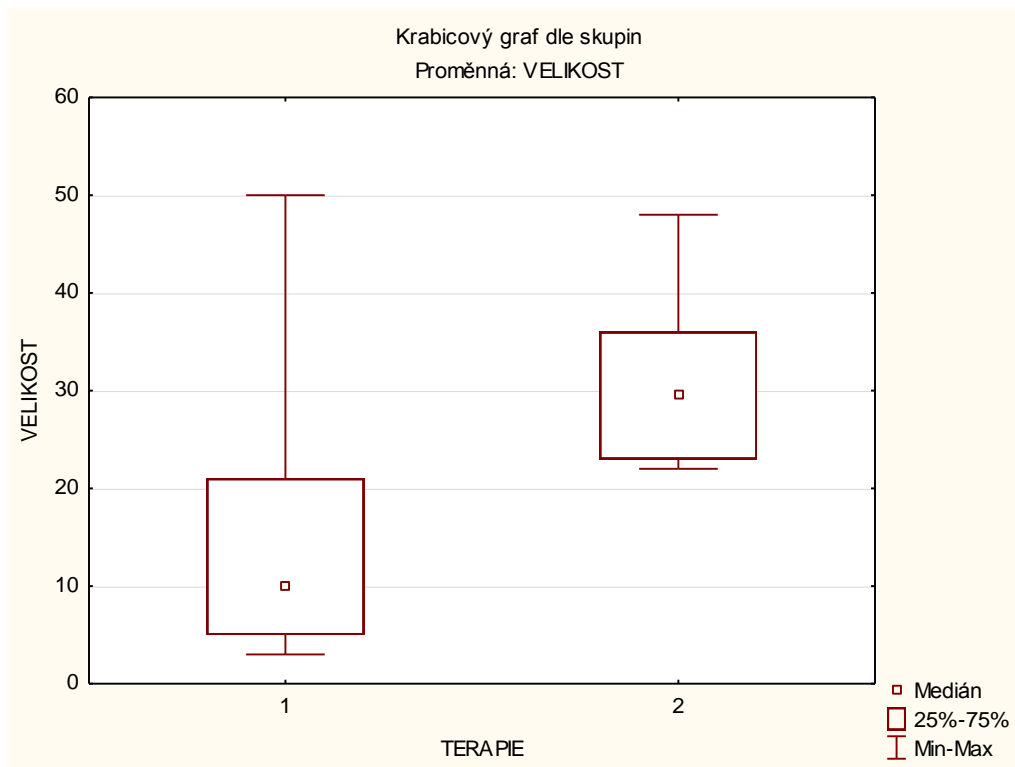
Pro detailní analýzu jednotlivých lokalizací krvácení byly dostatečně početné pouze **muskuloskeletální a pánevní lokalizace**. U ostatních lokalizací by testy byly málo citlivé vzhledem k malému počtu případů buď v jedné nebo obou skupinách pacientů (konzervativně či intervenčně léčení). V muskuloskeletální 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 mm²; $p=0,00198$), 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.

Tab. 6 Srovnání velikosti, plochy, denzity a relativní denzity aktivního krvácení podle zvolené terapie v **muskuloskeletální lokalizaci**.

Kvantily veličin		N	Minimum	Dolní kvartil	Medián	Horní kvartil	Maximum
VELIKOST	Konzervativně	46	3	5	10	21	50
	Intervence	6	22	23	29,5	36	48
PLOCHA	Konzervativně	46	4,71	11,78	44,77	129,59	942,48
	Intervence	6	106,81	224,62	330,26	565,49	1168,67
DENZITA	Konzervativně	48	70	118	139	193	291
	Intervence	7	111	153	193	349	443
REL.DENZITA	Konzervativně	44	0,31	0,58	0,79	1,03	1,47
	Intervence	7	0,66	0,78	1,20	1,87	1,99

Tab. 7 Závislost terapie na velikosti, ploše, denzitě a relativní denzitě aktivního krvácení v **muskuloskeletální lokalizaci**.

Výsledky Mann-Whitney testů	Konzervativně		Intervence		U	Z	p
	Součet pořadí	N	Součet pořadí	N			
VELIKOST	1123,000	46	255,0000	6	42,00000	-2,73528	0,006233
PLOCHA	1110,500	46	267,5000	6	29,50000	-3,09330	0,001980
DENZITA	1266,000	48	274,0000	7	90,00000	-1,95717	0,050328
REL. DENZITA	1066,000	44	260,0000	7	76,00000	-2,12136	0,033892



Graf 4 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na velikosti aktivního krvácení v muskuloskeletální lokalizaci.

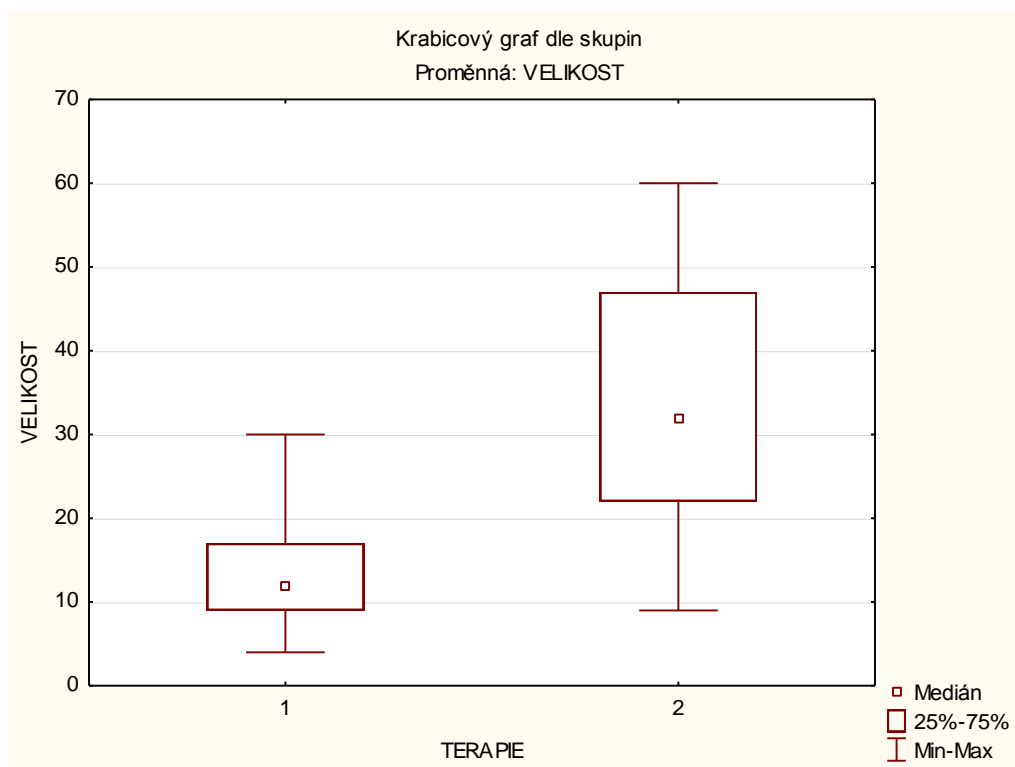
V pánevní lokalizaci krvácení byl statisticky významný rozdíl mezi skupinami konzervativně a intervenčně řešených ložisek krvácení u velikosti (výběrové mediány 12 resp. 32 mm; $p=0,000381$) a plochy (63 resp. 267 mm²; $p=0,000354$), dále u relativní denzity (0,76 resp. 0,96; $p=0,029077$) krvácení. 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 (graf 5), u plochy přibližně 150 mm².

Tab. 8 Srovnání velikosti, plochy, denzity a relativní denzity aktivního krvácení podle zvolené terapie v pánevní lokalizaci.

Kvantily veličin		N	Minimum	Dolní kvartil	Medián	Horní kvartil	Maximum
VELIKOST	Konzervativně	17	4	9	12	17	30
	Intervence	14	9	22	32	47	60
PLOCHA	Konzervativně	17	9,43	23,56	62,83	133,52	412,33
	Intervence	14	28,27	159,44	266,64	549,78	2030,25
DENZITA	Konzervativně	16	100	134,5	155	173	291
	Intervence	15	81	131	179	225	290
REL.DENZITA	Konzervativně	16	0,31	0,74	0,76	0,93	1,29
	Intervence	14	0,37	0,82	0,96	1,41	1,63

Tab. 9 Závislost terapie na velikosti, ploše, denzitě a relativní denzitě aktivního krvácení v pánevní lokalizaci.

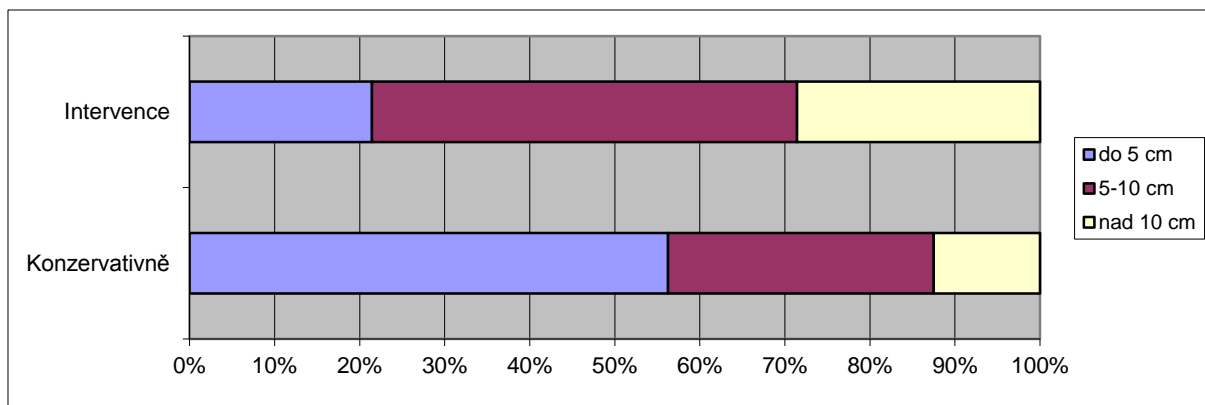
Výsledky Mann-Whitney testů	Konzervativně		Intervence		U	Z	p
	Součet pořadí	N	Součet pořadí	N			
VELIKOST	182,000	17	314,000	14	29,000	-3,55263	0,000381
PLOCHA	181,500	17	314,500	14	28,500	-3,57248	0,000354
DENZITA	234,000	16	262,000	15	98,000	-0,84986	0,395402
REL. DENZITA	195,000	16	270,000	14	59,000	-2,18245	0,029077



Graf 5 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na velikosti aktivního krvácení v pánevní lokalizaci.

Hraniční hodnota velikosti krvácení pro MSK a pánev (velikost 20 mm a plocha 150 mm²) 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. Vždy byl spolu s obrazem CT hodnocen klinický a laboratorní nález pacienta.

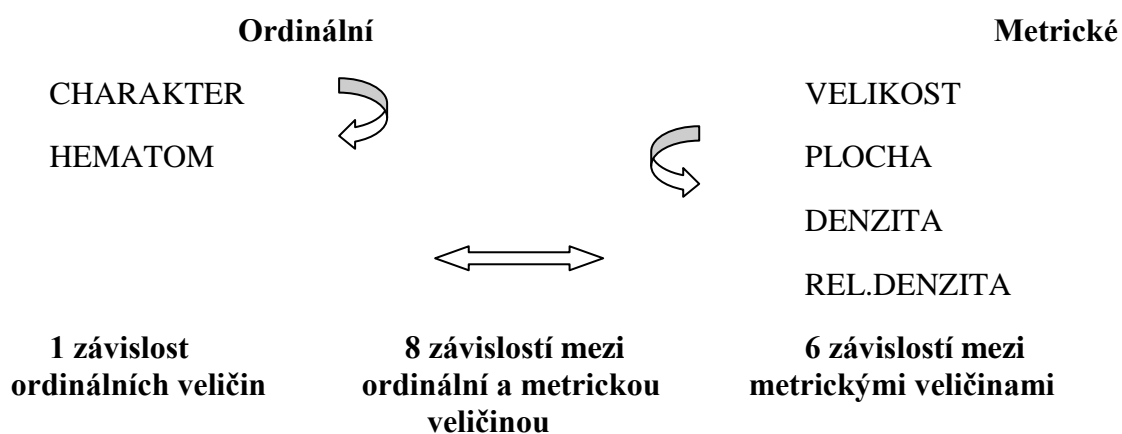
Mezi operovanými je zřetelně vyšší počet velkých hematomů v okolí extravazace (graf 6), nicméně tento rozdíl není statisticky signifikantní.



Graf 6 Velikost hematomu (cm) v pánvi a následná léčba.

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.

Byly studovány závislosti jednotlivých ordinálních a metrických veličin mezi sebou (graf 7).



Graf 7 Přehled závislostí ordinálních a metrických veličin pro skupinu ložiska krvácení.

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 (tab. 10). Vzhledem k malé četnosti u kategorie CHARAKTER= 4 (jen 3 případy) se omezíme pouze na 3 kategorie CHARAKTER= 1 resp. 2 resp. 3. Na charakteru krvácení závisí velikost ($p=0,0009$), plocha ($p=0,0391$), denzita ($p=0,0000$) a relativní denzita ($p=0,0046$) krvácení (tab. 11). Při sledování závislostí mezi metrickými veličinami byly prokázány korelace mezi všemi veličinami navzájem (tab. 12). Pořadové statistiky a grafy pro výše zmíněné závislosti jsou v příloze 1, oddíl D.

Tab. 10 Závislost velikosti hematomu na velikosti, ploše, denzitě a relativní denzitě aktivního krvácení (kategorie hematomu: 1- pod 5 cm, 2- 5 až 10 cm, 3- nad 10 cm).

	Kategorie 1		Kategorie 2		Kategorie 3		H	p
	N	Součet pořadí	N	Součet pořadí	N	Součet pořadí		
VELIKOST	77	5280,500	49	4372,500	38	3877,000	14,048	0,0009
PLOCHA	77	5315,000	49	4271,000	38	3944,000	14,312	0,0008
DENZITA	79	6359,000	56	4988,000	41	4229,000	5,3462	0,0690
REL.DENZITA	76	5834,000	54	4763,500	39	3767,500	4,5813	0,1012

Tab. 11 Závislost charakteru krvácení na velikosti, ploše, denzitě a relativní denzitě aktivního krvácení (kategorie krvácení: 1-bodové denzní, 2-mapovité, 3-jet).

	Kategorie 1		Kategorie 2		Kategorie 3		H	p
	N	Součet pořadí	N	Součet pořadí	N	Součet pořadí		
VELIKOST	90	7128,50	65	5289,50	12	1610,00	14,012	0,0009
PLOCHA	90	7291,00	65	5318,50	12	1418,50	6,4832	0,0391
DENZITA	96	10521,00	69	4238,50	14	1350,50	34,927	0,0000
REL.DENZITA	95	8925,00	64	4507,50	12	1273,50	10,765	0,0046

Tab. 12 Závislosti metrických veličin mezi sebou (Spearmanovy koeficienty pořadové korelace).

Dvojice veličin	Počet dvojic N	Spearmanův koeficient pořadové korelace	t(N-2)	p
VELIKOST & PLOCHA	170	0,932042	33,33979	0,000000
VELIKOST & DENZITA	169	0,345230	4,75361	0,000004
VELIKOST & REL.DENZITA	161	0,381366	5,20198	0,000001
PLOCHA & DENZITA	169	0,356830	4,93622	0,000002
PLOCHA & REL.DENZITA	161	0,367946	4,98967	0,000002
DENZITA & REL.DENZITA	174	0,507035	7,71494	0,000000

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. Vzhledem k linearitě rozhodovacích funkcí v modelu diskriminační analýzy je vhodné číselné kódy lokalizace zvolit tak, aby tvořily rostoucí škálu vzhledem k pravděpodobnosti volby intervenční terapie, což zvýší predikční schopnost modelu (tab. 13).

Tab. 13 Uspořádání jednotlivých lokalizací krvácení podle koeficientu LOKALIZACEDA

LOKALIZACEDA	Konzervativní léčba	Intervenční léčba	LOKALIZACE
1	87,27%	12,73%	Muskuloskeletální
2	69,23%	30,77%	Plíce/hrudní dutina
3	66,67%	33,33%	Retroperitoneum
4	53,13%	46,88%	Pánev
5	33,33%	66,67%	Játra
6	33,33%	66,67%	Splanchnokranium
7	30,00%	70,00%	Cévy
8	22,22%	77,78%	Střevo
9	14,29%	85,71%	Slezina
10	0,00%	100,00%	Ledviny

Poté byly provedeny postupné iterace při výpočtu modelu (žlutě jsou vyznačeny vyřazované proměnné):

Iterace 1 (všech 7 parametrů v modelu): $N = 157$ $F(7,149) = 19,813$ $p < 0,0000$

Proměnná	Wilk. Lambda	F	p
LOKALIZACEDA	0,727060	60,16870	0,000000
CHARAKTER	0,556611	11,13211	0,001071
VELIKOST	0,554994	10,66681	0,001354
PLOCHA	0,519914	0,57445	0,449694
HEMATOM	0,555733	10,87927	0,001216
DENZITA	0,517947	0,00860	0,926251
REL.DENZITA	0,518002	0,02449	0,875846

Iterace 2 (4 parametry v modelu): N = 164 F (4,159)=38,407 p< 0,0000

Proměnná	Wilk. Lambda	F	p
LOKALIZACEDA	0,731880	69,80504	0,000000
CHARAKTER	0,541334	10,23523	0,001663
VELIKOST	0,565838	17,89589	0,000039
HEMATOM	0,551226	13,32774	0,000354

Iterace 3 (3 parametry v modelu): N = 164 F (3,160)=45,189 p< 0,0000

Proměnná	Wilk. Lambda	F	p
LOKALIZACEDA	0,743905	59,87329	0,000000
VELIKOST	0,588700	13,99994	0,000254
HEMATOM	0,591066	14,69925	0,000181

Byla vytvořena tabulka programově vypočtených koeficientů:

Tab. 14 Koeficienty klasifikačních funkcí pro jednotlivé proměnné.

Proměnná	Koeficienty klasifikačních funkcí	
	F1	F2
LOKALIZACEDA	0,46101	1,02416
VELIKOST	0,02641	0,06985
HEMATOM	2,63795	3,72431
Konstanta	-3,35351	-8,99996

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

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

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

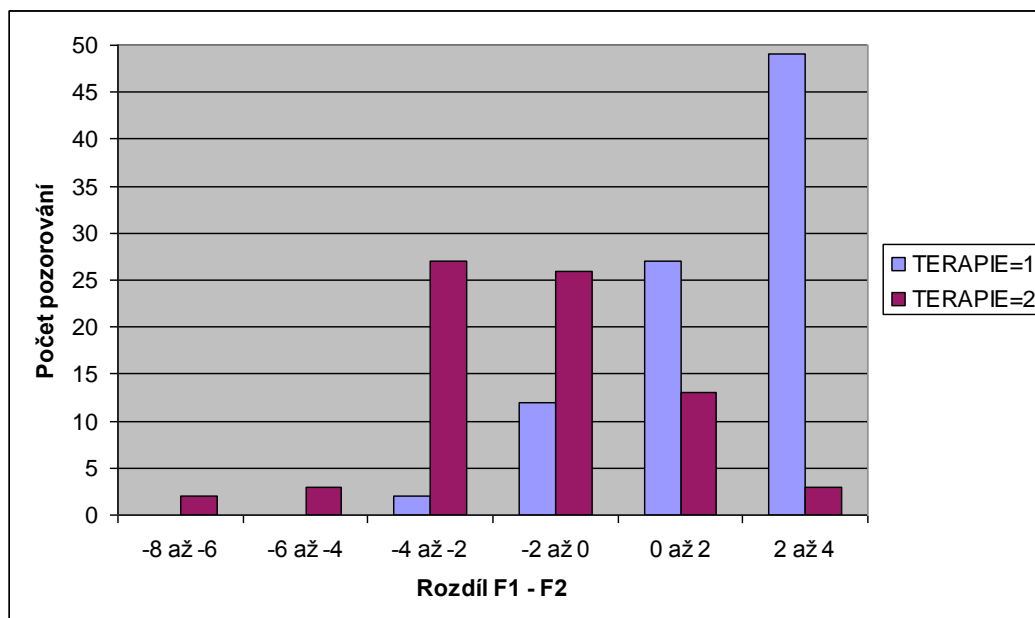
Podle toho, která z klasifikačních funkcí nabývá pro daný případ větší hodnoty, se rozhoduje o predikci terapie. Nabývá-li větší hodnoty klasifikační funkce F1, predikujeme konzervativní léčbu, nabývá-li větší hodnoty klasifikační funkce F2, predikujeme intervenční léčbu.

Prakticky postupujeme tak, že vypočítáme rozdíl $F1 - F2$ a je-li kladný, predikujeme konzervativní léčbu, je-li záporný, predikujeme intervenční léčbu. Uvažujeme jen případy, kdy jsou k dispozici hodnoty všech tří proměnných LOKALIZACE, VELIKOST a HEMATOM.

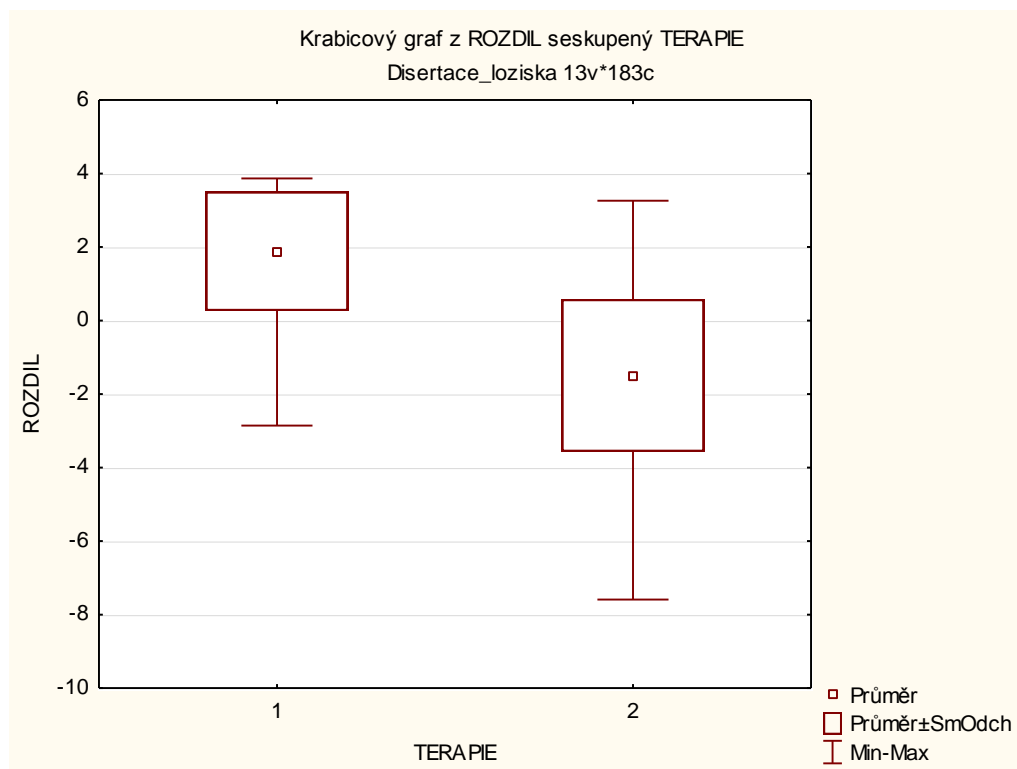
Následující tabulka četností (tab. 15), histogram a krabicový graf (graf 8, resp. 9) ukazují rozdělení rozdílu $F1 - F2$ podle skutečně realizované TERAPIE:

Tab. 15 Tabulka četností rozdílu $F1 - F2$.

Hodnota rozdílu $F1 - F2$	TERAPIE=1	TERAPIE=2	Celkem
-8 až -6	0	2	2
-6 až -4	0	3	3
-4 až -2	2	27	29
-2 až 0	12	26	38
0 až 2	27	13	40
2 až 4	49	3	52
Celkem	90	74	164



Graf 8 Histogram četností rozdílu $F1 - F2$.



Graf 9 Krabicový graf četností rozdílů F1 – F2.

Použitím diskriminační analýzy byl identifikovány nejdůležitější faktory pro předpověď volby terapie jednotlivých ložisek aktivního 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. **Získaným modelem lze dosáhnout predikce s úspěšností 81,7 % (tab. 16).**

Tab. 16 Výsledky modelu používajícího parametry LOKALIZACEDA, VELIKOST a HEMATOM

Realizovaná TERAPIE	Předpověď TERAPIE		Celkem	Procento správných předpovědí
	1	2		
1	76 (správně)	14 (chybně)	90	84,44444%
2	16 (chybně)	58 (správně)	74	78,37838%
Celkem	92	72	164	81,70731%

Detailní výsledky modelu diskriminační analýzy pro všechny jednotlivé případy jsou uvedeny v příloze E, tab. E1.

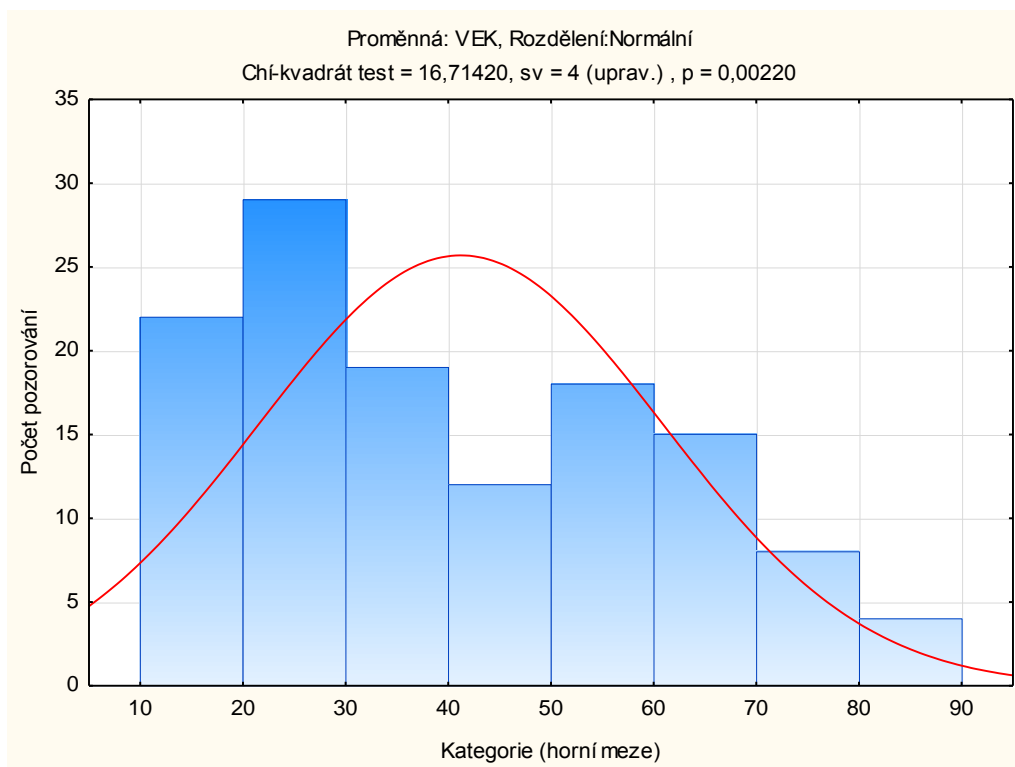
5.3 Pacienti

Mortalita třicátý den po úrazu dosahovala 43 % (55/128), přežilo 57 % pacientů (73/128) viz. graf 10. 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).

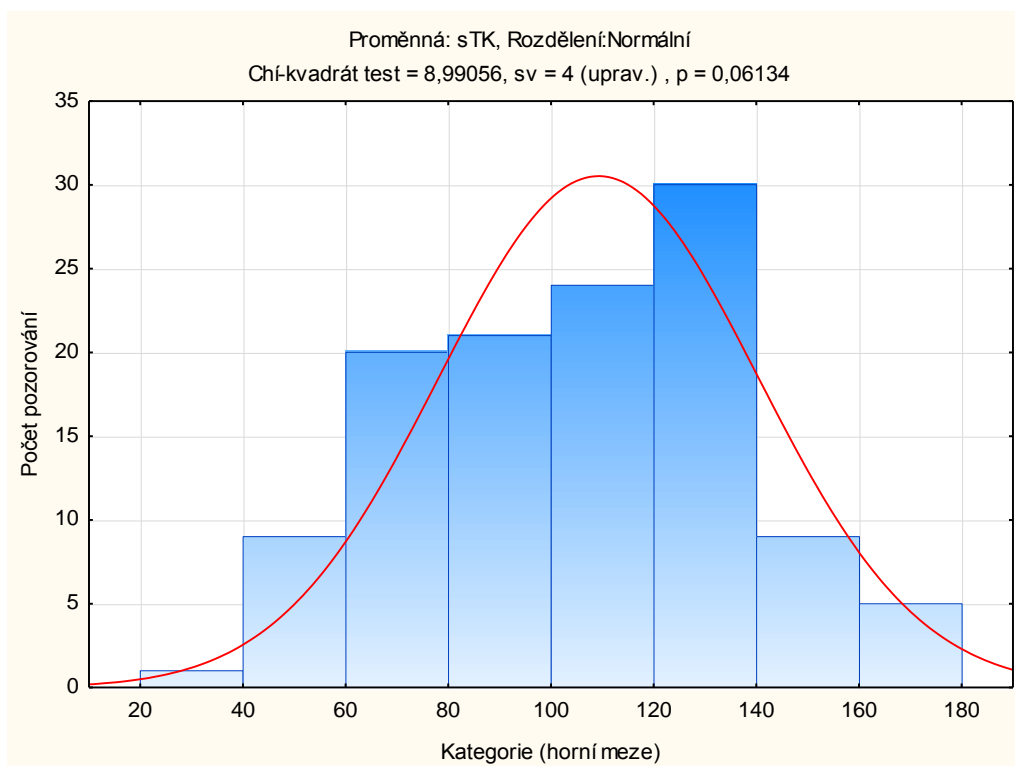
Sledované veličiny, které byly zahrnuty do hodnocení výsledků léčby jsou:

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

Z těchto šesti metrických veličin pět nemá normální rozdělení (viz výsledky testů v záhlaví grafů), hypotéza o normalitě se nezamítá pouze u sTK. Vzhledem k tomu bude v následujícím nutné místo parametrických F-testů, resp. t-testů a ANOVA-testů užívat příslušné neparametrické testy (Mann-Whitney, resp. Kruskal-Wallis) (viz. grafy 10 a 11, ostatní jsou v příloze 2).



Graf 10 Histogram věku.



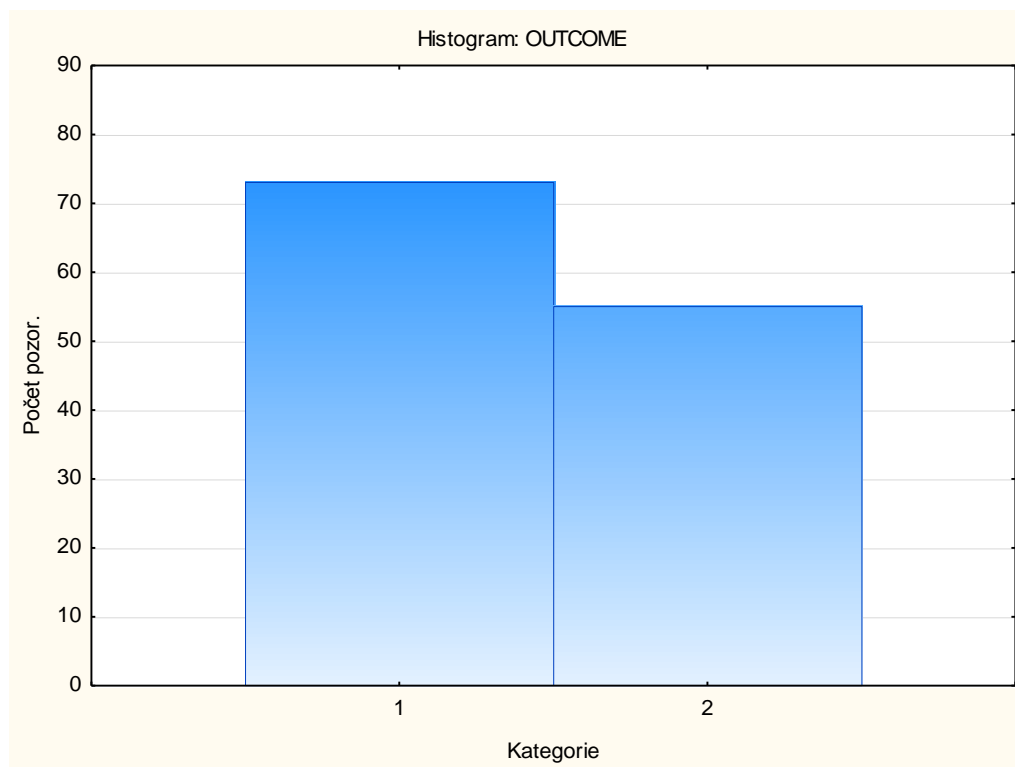
Graf 11 Histogram sTK.

Charakteristiky metrických veličin jsou uvedeny v následující tabulce 17:

Tab. 17 Pořadové statistiky metrických veličin pro skupinu pacienti.

Charakteristika	VĚK	VELIKOST	PLOCHA	ISS	sTK	TF
N	127	115	115	126	119	121
Průměr	41,22835	30,44348	389,1852	33,80159	109,2941	96,31405
Medián	37	22	125,75	32	110	95
Modus	19	16	Vícenás.	75	Vícenás.	100
Četnost modu	10	7	3	14	11	16
Minimum	11	3	4,75	4	40	40
Maximum	84	195	5902,25	75	180	157
Dolní kvartil	24	11	44	18	80	80
Horní kvartil	58	43	353,5	41	130	110
Rozptyl	388,876	938,2665	693114,4	348,7683	967,3789	522,7506
Směrodatná odchylka	19,71994	30,63114	832,5349	18,67534	31,10271	22,86374

Výsledek léčby pacientů je znázorněn v grafu 12.



Graf 12 Histogram výsledku léčby pacientů (1 - přežívající, 2 - zemřelí).

Pro účely hodnocení hematomů u jednotlivých pacientů byly sloučeny hematomy v okolí vícečetných aktivních krvácení s výsledkem uvedeným v tab. 18.

Tab. 18 Součet velikostí hematomů v okolí aktivního krvácení u jednotlivých pacientů.

HEMATOM	Četnost	Relativní četnost
1 - pod 5 cm	35	27,34375
2 - 5 až 10 cm	40	31,25000
3 - nad 10 cm	48	37,50000
Nezařazeno	5	3,90625
Součet	128	100,00000

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. Pro statistické hodnocení jsme sloučili pacienty dočasně hemodynamicky stabilní a nestabilní, protože ve druhé jmenované skupině je příliš malý počet sledovaných jedinců (tab. 19).

Tab. 19 Hemodynamický stav pacienta (HDO) při příjmu.

HDO	Četnost	Relativní četnost
Stabilní	79	50,78
Dočasně stabilní + nestabilní	59	46,09
Nezjištěno	4	3,13
Součet	128	100,00

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), viz. následující tabulka 20. Ostatní tabulky jsou uvedeny v příloze statistika pacienti.

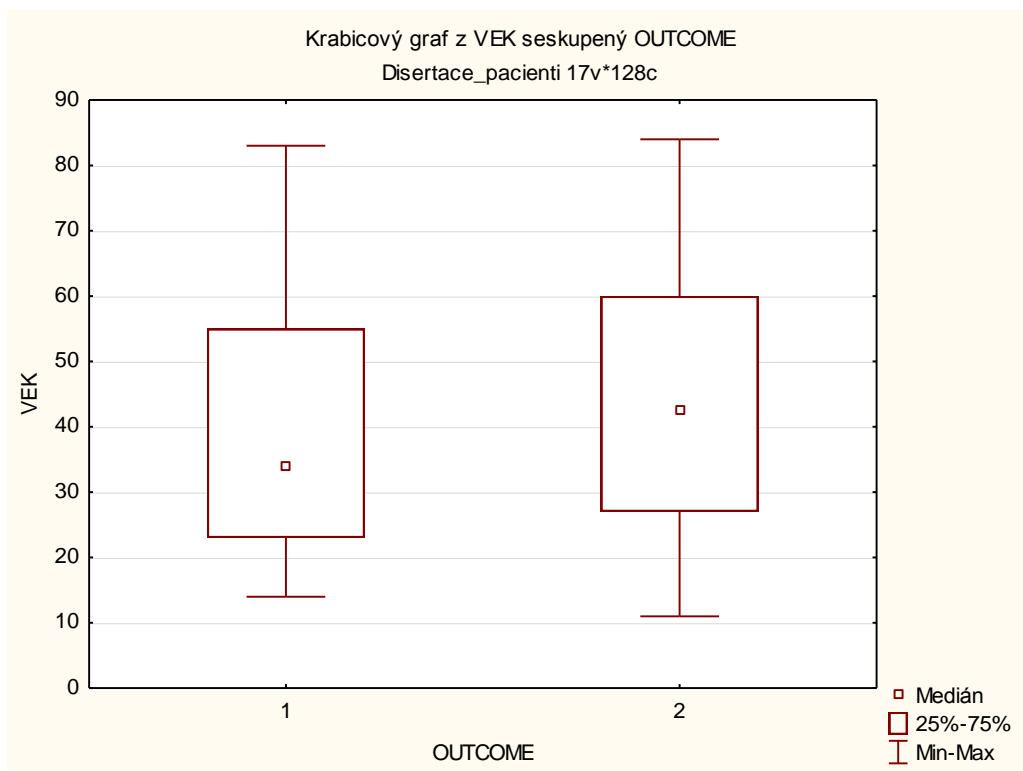
Tab. 20 Závislost OUTCOME na GCS: $\chi^2 = 37,8518$, sv=2, p=,000000

Skutečné a očekávané četnosti		OUTCOME				Suma
		1		2		
		Skutečné	Očekávané	Skutečné	Očekávané	
GCS	1	24	40,57143	47	30,42857	35
	2	3	2,85714	2	2,14286	40
	3	45	28,57143	5	21,42857	48
Suma		72		54		126

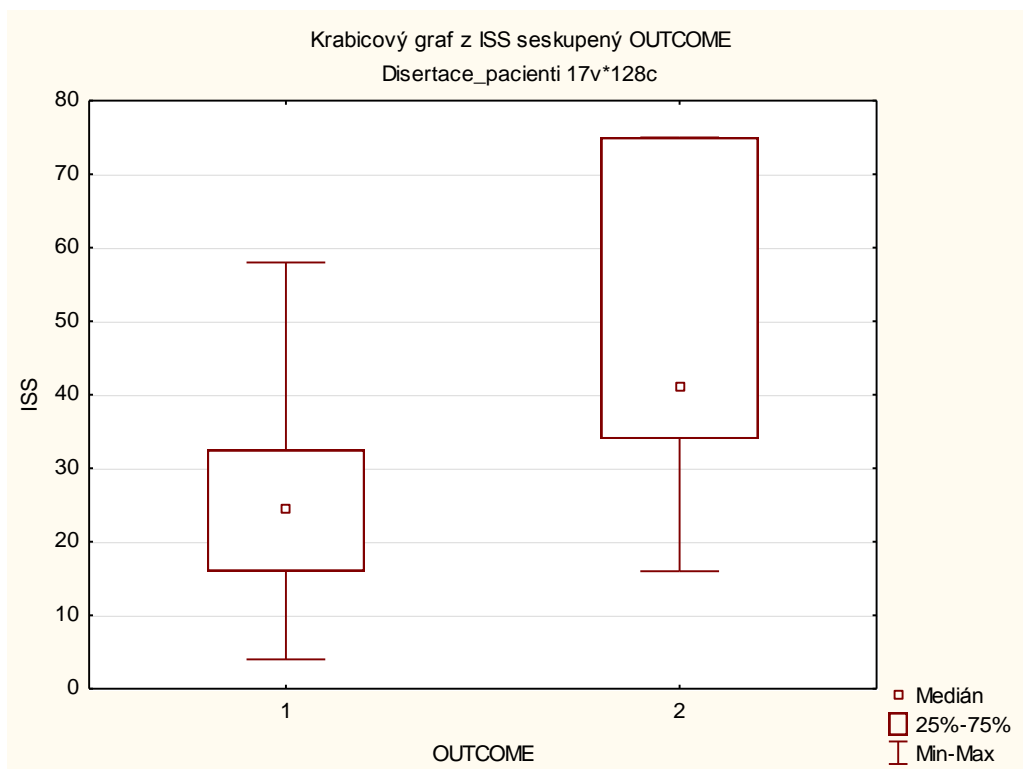
U všech metrických veličin s výjimkou věku jsme prokázali statistickou závislost s výsledkem léčby (tab. 21). Krabicové grafy pro závislost outcome a věku, outcome a ISS jsou níže (graf 13, resp. graf 14).

Tab. 21 Závislost výsledku léčby pacienta na metrických veličinách

Parametr	OUTCOME Kategorie 1		OUTCOME Kategorie 2		U	Z	p
	Součet pořadí	N	Součet pořadí	N			
VĚK	3751,500	54	4376,500	73	1675,500	1,43863	0,150256
VELIKOST	3240,000	48	3430,000	67	1152,000	2,58340	0,009784
PLOCHA	3267,000	48	3403,000	67	1125,000	2,73653	0,006209
ISS	4758,000	54	3243,000	72	615,000	6,54918	0,000000
sTK	1898,000	46	5242,000	73	817,000	-4,70127	0,000003
TF	3404,500	49	3976,500	72	1348,500	2,19126	0,028433



Graf 13 Závislost výsledku léčby a věku (1 - přežívající, 2 - zemřelí).



Graf 14 Závislost výsledku léčby a ISS (1 - přežívající, 2 - zemřelí).

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. V následujících iteracích je popsán vznik výsledného modelu (žlutě vyřazená proměnná).

Iterace 1 (11 parametrů v modelu): $N = 84$ $F(11,72) = 8,7917$ $p < ,0000$

Proměnná	Wilk. Lambda	F	p
POHLAVI	0,426853	0,013930	0,906375
VEK	0,433417	1,121344	0,293169
VELIKOST	0,433794	1,184953	0,279980
PLOCHA	0,426789	0,003064	0,956009
HEMATOM	0,456440	5,005431	0,028364
ISS	0,477008	8,475540	0,004788
GCS	0,449748	3,876595	0,052813
sTK	0,427236	0,078535	0,780096
HDO	0,434818	1,357730	0,247777
Tepová frekvence	0,430739	0,669557	0,415906
VOLUMOTERAPIE	0,436023	1,560986	0,215567

Iterace 2 (9 parametrů v modelu): $N = 84$ $F(9,74) = 11,040$ $p < ,0000$

Proměnná	Wilk. Lambda	F	p
VEK	0,433574	1,164242	0,284092
VELIKOST	0,447836	3,636649	0,060402
HEMATOM	0,456527	5,143359	0,026254
ISS	0,477880	8,845085	0,003966
GCS	0,449844	3,984763	0,049593
sTK	0,427288	0,074480	0,785683
HDO	0,435928	1,572333	0,213815
Tepová frekvence	0,430761	0,676582	0,413409
VOLUMOTERAPIE	0,436306	1,637877	0,204615

Iterace 3 (6 parametrů v modelu): $N = 92$ $F(6,85) = 18,542$ $p < ,0000$

Proměnná	Wilk. Lambda	F	p
VELIKOST	0,451376	3,58420	0,061734
HEMATOM	0,464283	6,11721	0,015378
ISS	0,505961	14,29662	0,000289
GCS	0,457179	4,72306	0,032543
HDO	0,459684	5,21458	0,024893
VOLUMOTERAPIE	0,436442	0,65330	0,421191

Iterace 4 (4 parametry v modelu): N = 116 F (4,111)= 24,218 p< ,0000

Proměnná	Wilk. Lambda	F	p
HEMATOM	0,541124	1,48401	0,225732
ISS	0,610203	15,84343	0,000123
GCS	0,566411	6,74046	0,010700
HDO	0,577607	9,06785	0,003222

Iterace 5 (3 parametry v modelu): N = 120 F (3,116)= 32,679 p< ,0000

Proměnná	Wilk. Lambda	F	p
ISS	0,618381	16,35676	0,000095
GCS	0,563651	4,64255	0,033256
HDO	0,599503	12,31602	0,000640

Klasifikační funkce modelu a výsledky modelu

Tab. 22 Programově vypočtené koeficienty.

Proměnná	Koeficienty klasifikačních funkcí	
	F1	F2
ISS	0,1912	0,2600
GCS	6,2510	5,5167
HDO	9,2413	11,3281
Konstanta	-15,7706	-20,3770

Tab. 23 Výsledky modelu používajícího parametry ISS, GCS a HDO

Realizovaný OUTCOME	Předpověď OUTCOME		Celkem	Procento správných předpovědí
	1	2		
1	59 (správně)	11 (chybně)	70	84,28571%
2	8 (chybně)	42 (správně)	50	84,00000%
Celkem	67	53	120	84,16666%

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 %. Zde již neuvádím konkrétní tvar klasifikační funkce.

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 přihlédnout 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 nepřinášejí 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 denzitou 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 signifikantní 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 mm²**.

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.

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 comment 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, PECKET 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.

PŘÍLOHY

Příloha 1 Statistika pro ložiska krvácení

A Charakterizace jednotlivých veličin

A1 Nominální a ordinální veličiny

Tab. A1.1 Lokalizace aktivních krvácení.

LOKALIZACE	Četnost	Relativní četnost
Muskuloskeletální	55	30,05464
Pánev	32	17,48634
Retroperitoneum	12	6,55738
Játra	12	6,55738
Slezina	28	15,30055
Ledviny	6	3,27869
Střevo	9	4,91803
Plíce/hrudní dutina	13	7,10383
Cévy	10	5,46448
Splanchnokranium	6	3,27869
Součet	183	100,00000

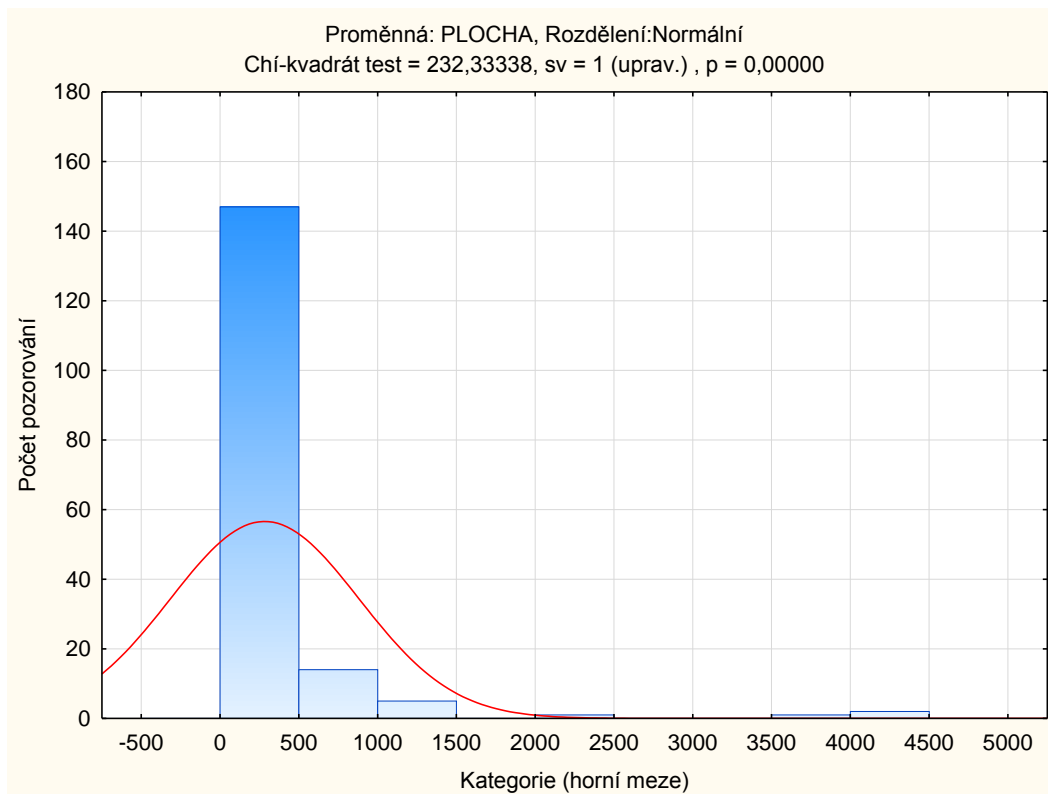
Tab. A1.2 Charakter aktivního krvácení.

CHARAKTER	Četnost	Relativní četnost
1 - denzní bodové	97	53,00546
2 - mapovité	69	37,70492
3 - jet	14	7,65027
4 - pseudoaneurysma	3	1,63934
Součet	183	100,00000

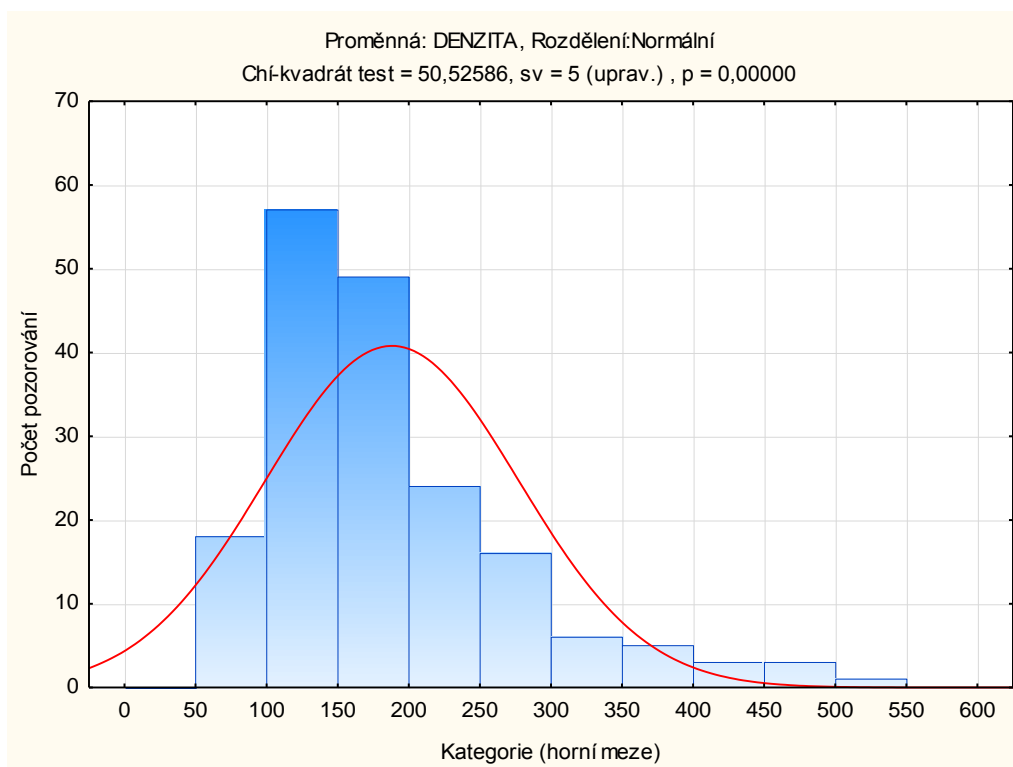
Tab. A1.3 Velikost hematomu kolem aktivního krvácení.

HEMATOM	Četnost	Relativní četnost
1 - pod 5 cm	79	44,88636
2 - 5 až 10 cm	56	31,81818
3 - nad 10 cm	41	23,29545
Nezařazeno	7	3,97727
Součet	183	100,00000

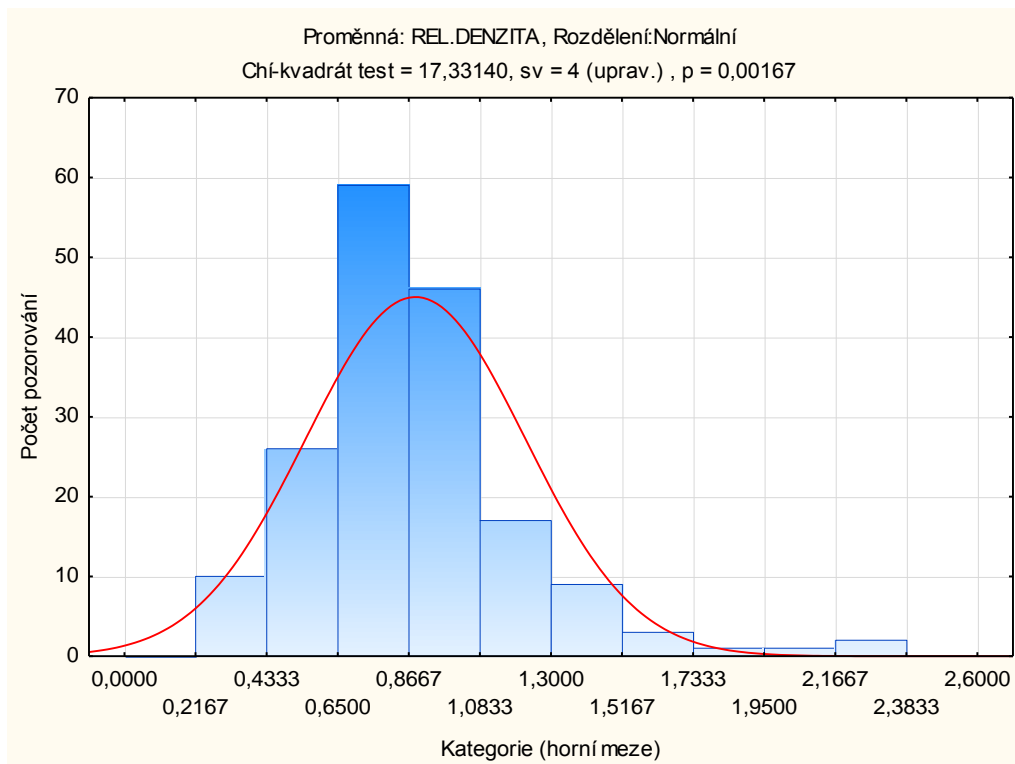
A2 Metrické veličiny - posouzení normality rozdělení



Graf A2.1 Histogram plochy aktivního krvácení.



Graf A2.2 Histogram denzity aktivního krvácení.



Graf A2.3 Histogram relativní denzity aktivního krvácení.

Žádná z těchto veličin nemá normální rozdělení (viz výsledky testů v záhlaví grafů).

V následujícím bude tedy nutné místo F-testů, t-testů a ANOVA-testů užívat příslušné **neparametrické testy** (Mann-Whitney, resp. Kruskal-Wallis).

B Závislosti TERAPIE na jednotlivých veličinách (pro celý soubor)**B1 Závislosti TERAPIE na nominálních a ordinálních veličinách**

Závislost TERAPIE na CHARAKTERU krvácení (χ^2 -test):

Nulová hypotéza: veličiny jsou nezávislé. Výsledek testu: $\chi^2 = 20,9576$, sv=3, p=0,000107

Nulová hypotéza o nezávislosti obou veličin se zamítá na hladině významnosti 1%.

Tab. B1.1 Závislost terapie na charakteru aktivního krvácení.

Skutečné a očekávané četnosti		TERAPIE				Suma
		Konzervativně		Intervence		
		Skutečné	Očekávané	Skutečné	Očekávané	
CHARAKTER	1	44	51,41530	53	45,58470	97
	2	48	36,57377	21	32,42623	69
	3	2	7,42077	12	6,57923	14
	4	3	1,59016	0	1,40984	3
Suma		97		86		183

Závislost TERAPIE na velikosti HEMATOMU (χ^2 -test):

Nulová hypotéza: veličiny jsou nezávislé. Výsledek testu: $\chi^2 = 29,7009$, sv=2, p=0,000000

Nulová hypotéza o nezávislosti obou veličin se zamítá na hladině významnosti 1%.

Tab. B1.2 Závislost terapie na velikost hematomu kolem aktivního krvácení.

Skutečné a očekávané četnosti		TERAPIE				Suma
		Konzervativně		Intervence		
		Skutečné	Očekávané	Skutečné	Očekávané	
HEMATOM	pod 5 cm	58	40,84659	21	38,15341	79
	5-10 cm	23	28,95455	33	27,04545	56
	nad 10 cm	10	21,19886	31	19,80114	41
Suma		91		85		176

B2 Závislosti TERAPIE na metrických veličinách, Mann-Whitney test

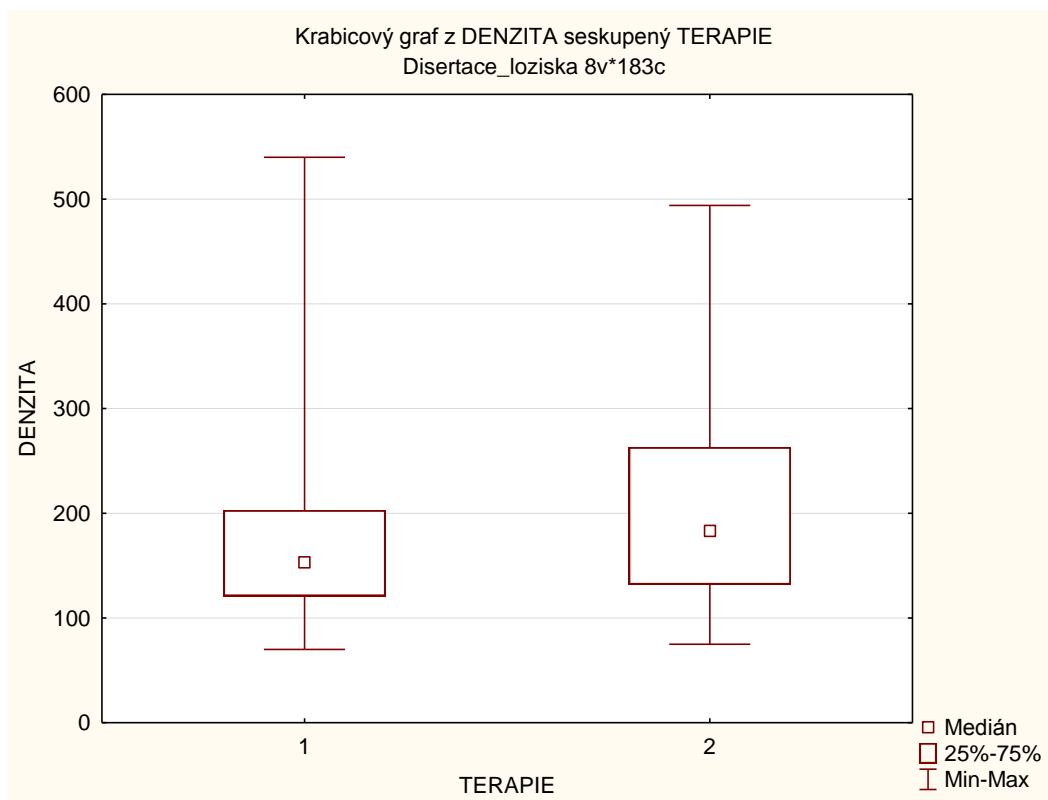
Nulová hypotéza: Mediány v obou kategoriích dle TERAPIE jsou sobě rovny
(distribuční funkce jsou shodné)

Nulová hypotéza o rovnosti mediánů v obou kategoriích dle TERAPIE se u veličin VELIKOST a PLOCHA zamítá na hladině významnosti 1 % , u veličin DENZITA a REL. DENZITA pak na hladině významnosti 5 % .

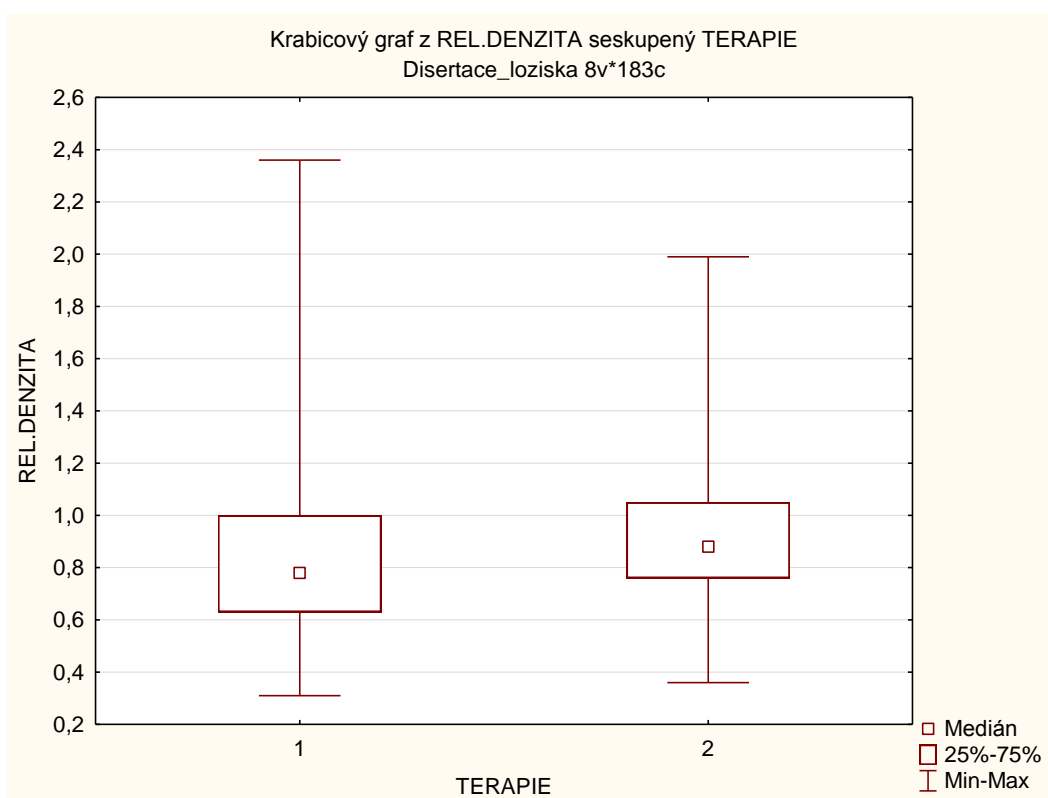
Pořadové charakteristiky u krvácení konzervativně léčených vesměs menší než u krvácení s intervencí, což se v následujících krabicových grafech projevuje posunem boxplotu směrem vzhůru.



Graf B2.1 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na ploše aktivního krvácení.



Graf B2.2 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na denzitě aktivního krvácení.



Graf B2.3 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na relativní denzitě aktivního krvácení.

C Závislosti TERAPIE na jednotlivých veličinách pro vybrané lokalizace krvácení

Pouze LOKALIZACE muskuloskeletální a pánevní mají dostatečné četnosti. Ostatní lokalizace mají v alespoň jedné z kategorií terapie Konzervativně/Intervence malé četnosti (menší než 5 pozorování), tyto kategorie musíme tedy z dalšího šetření závislosti vyloučit.

C1 Muskuloskeletální lokalizace, Mann-Whitney test

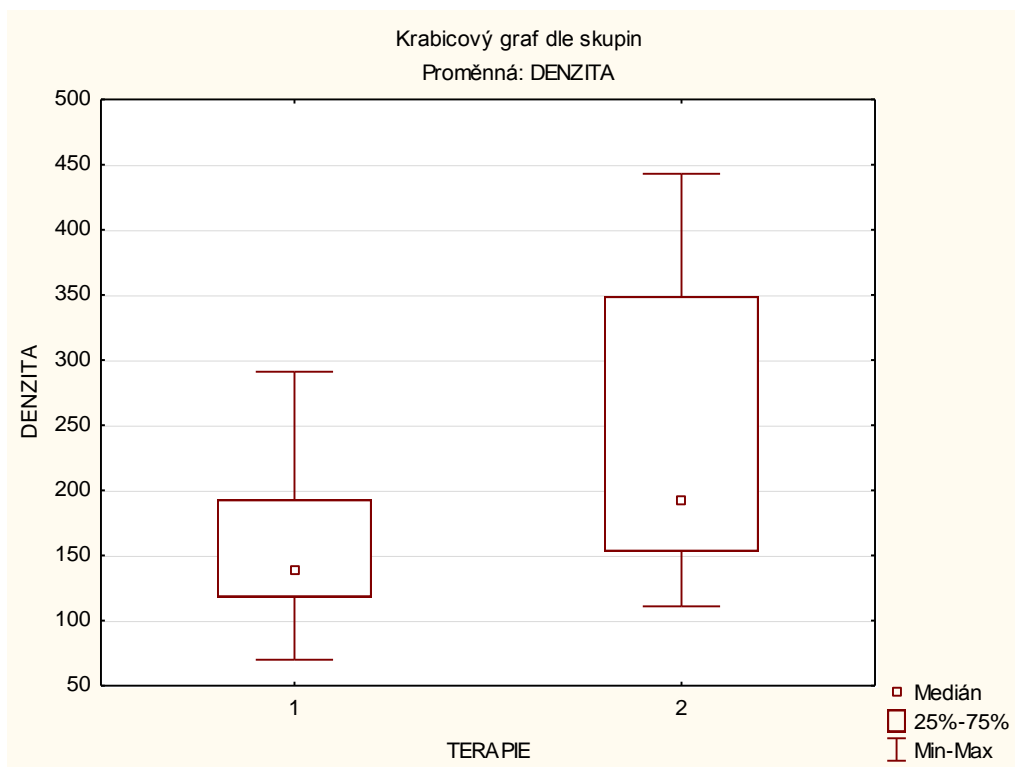
Nulová hypotéza: Mediány veličin v obou kategoriích terapie jsou sobě rovny (distribuční funkce jsou shodné)

Nulová hypotéza o rovnosti mediánů v obou kategoriích terapie se u veličin VELIKOST a PLOCHA zamítá na hladině významnosti 1%, a u veličiny REL. DENZITA se zamítá na hladině významnosti 5%.

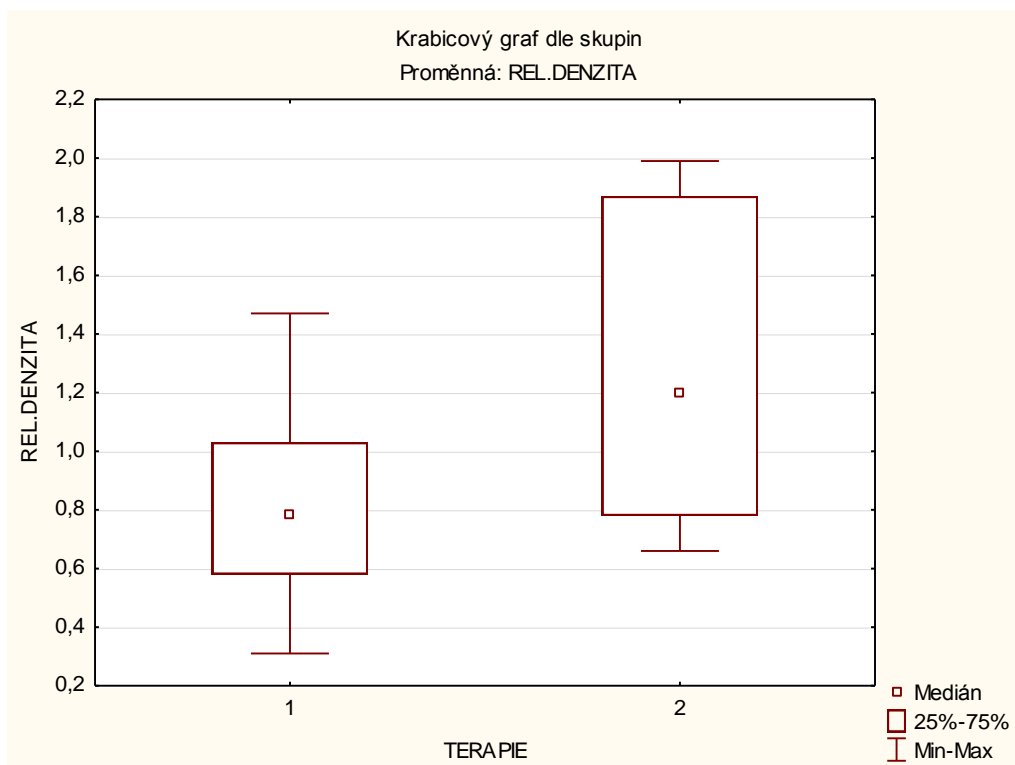
Nulová hypotéza se nezamítá u veličiny DENZITA.



Graf C1.1 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na ploše aktivního krvácení v muskuloskeletální lokalizaci.



Graf C1.2 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na denzitě aktivního krvácení v muskuloskeletální lokalizaci.



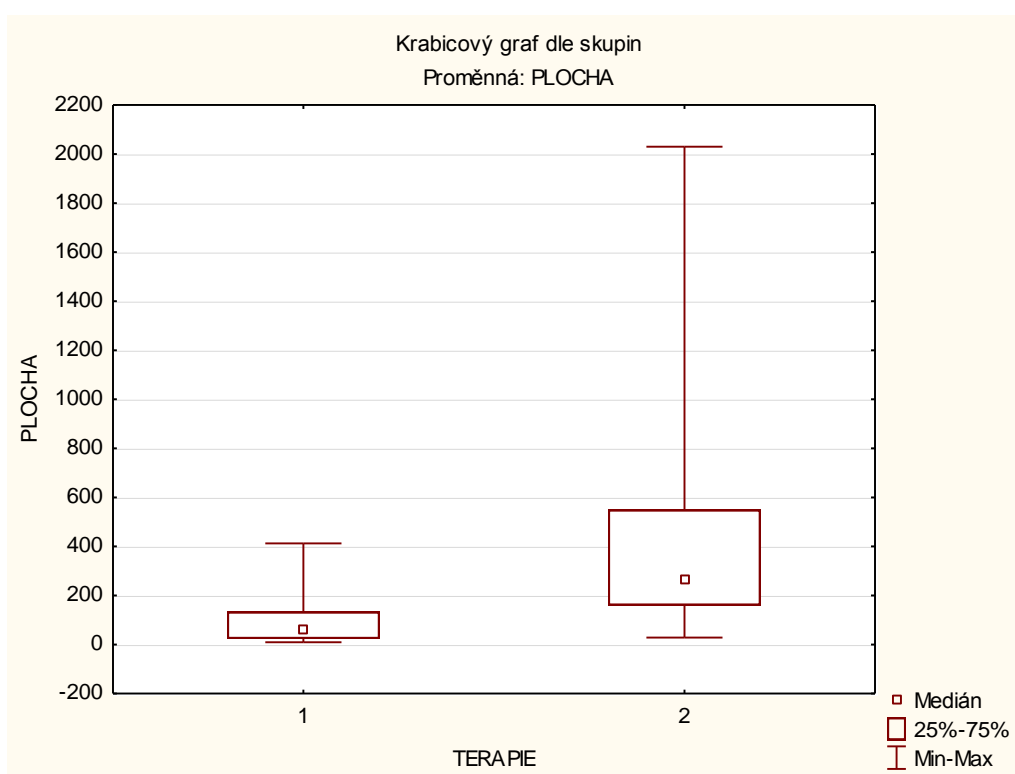
Graf C1.3 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na relativní denzitě aktivního krvácení v muskuloskeletální lokalizaci.

C2 Pánevní lokalizace, Mann-Whitney test

Nulová hypotéza: Mediány veličin v obou kategoriích terapie jsou sobě rovny (distribuční funkce jsou shodné)

Nulová hypotéza o rovnosti mediánů v obou kategoriích terapie se u veličin VELIKOST a PLOCHA zamítá na hladině významnosti 1%, a u veličiny REL. DENZITA se zamítá na hladině významnosti 5%.

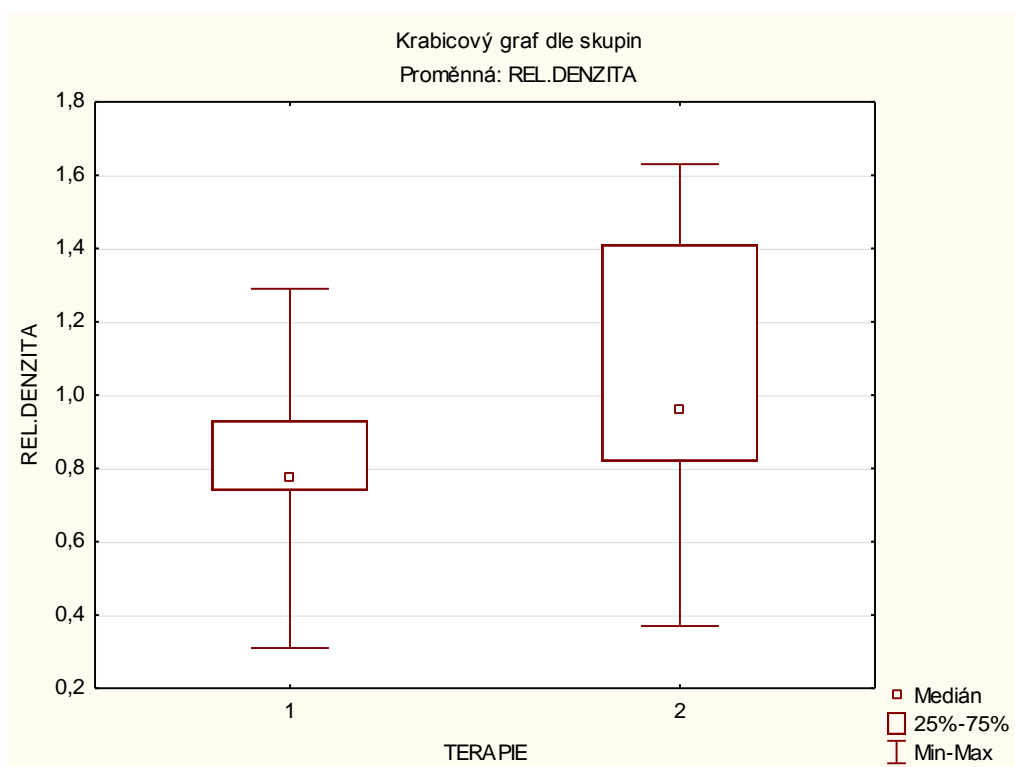
Nulová hypotéza se nezamítá u veličiny DENZITA.



Graf C2.1 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na ploše aktivního krvácení v pánevní lokalizaci.



Graf C2.2 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na denzitě aktivního krvácení v pánevní lokalizaci.



Graf C2.3 Závislost terapie (1-konzervativně, 2-intervence) na relativní denzitě aktivního krvácení v pánevní lokalizaci.

D Závislosti jednotlivých parametrů aktivního krvácení mezi sebou

D1 Ordinální mezi sebou (1 závislost)

Tab. D1.1 Závislost CHARAKTERu krvácení a HEMATOMu v okolí krvácení (χ^2 -test):
 $\chi^2 = 6,25041$, $sv=6$, $p=0,395732$.

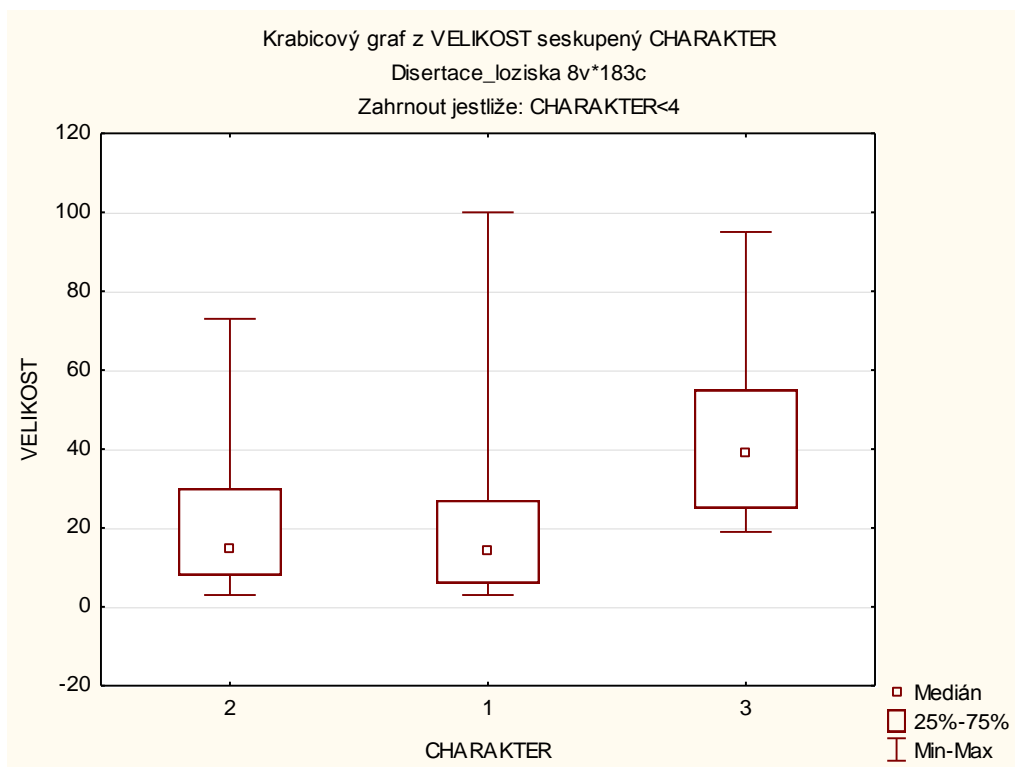
Skutečné a očekávané četnosti		HEMATOM						Suma
		1		2		3		
		Skut.	Oček.	Skut.	Oček.	Skut.	Oček.	
CHARAKTER	1	38	42,19318	32	29,90909	24	21,89773	94
	2	36	29,17614	16	20,68182	13	15,14205	65
	3	4	6,28409	7	4,45455	3	3,26136	14
	4	1	1,34659	1	0,95455	1	0,69886	3
Suma		79		56		41		176

D2 Ordinální versus metrické (8 závislosti)

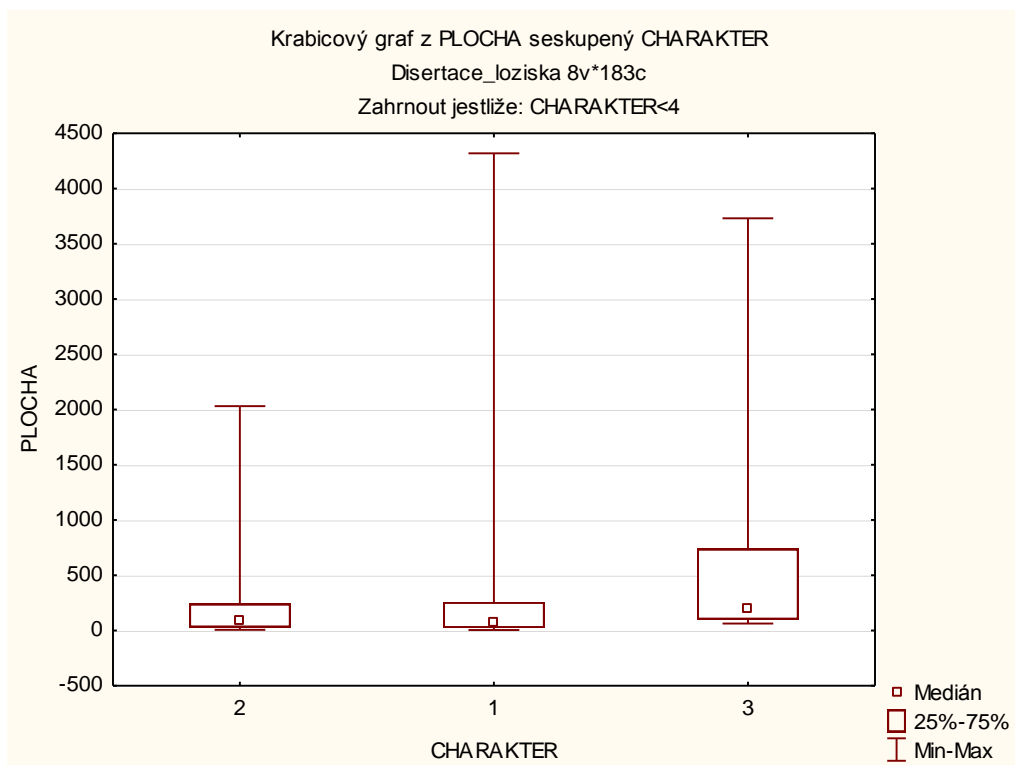
Závislosti metrických veličin VELIKOST, PLOCHA, DENZITA a REL.DENZITA na ordinální veličině CHARAKTER

Tab. D2.1 Srovnání pořadových statistik u obou kategorií podle CHARAKTER krvácení (kategorie charakteru krvácení: 1-bodové denzní, 2-mapovité, 3-jet).

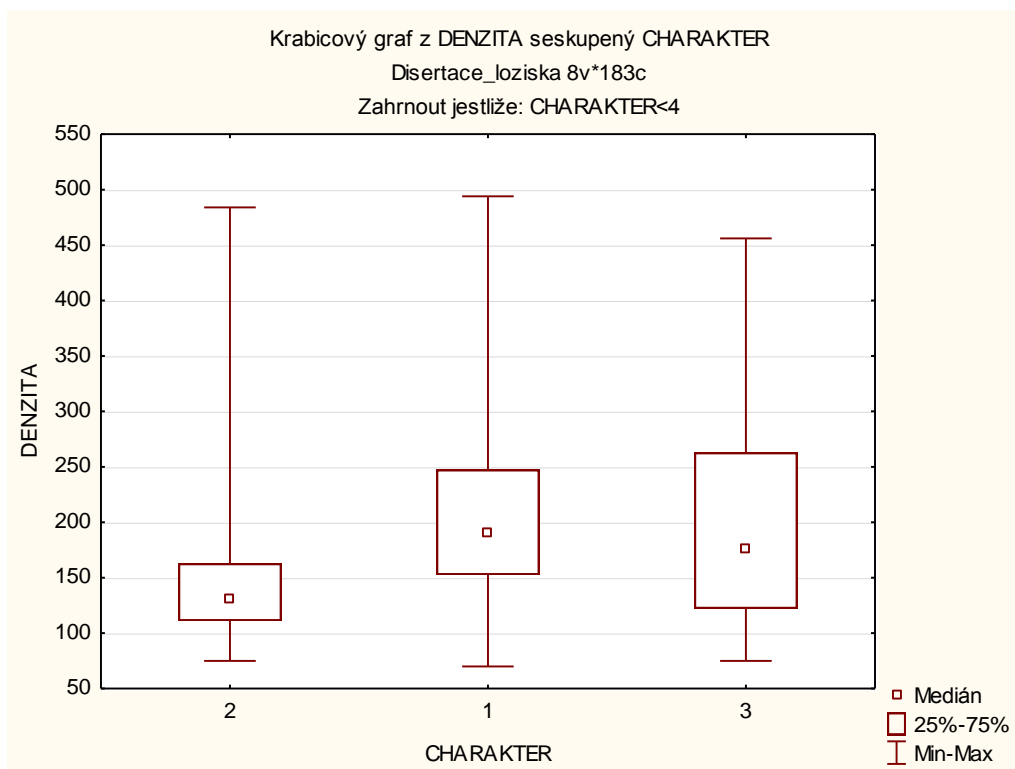
		N	Minimum	Dolní kvartil	Medián	Horní kvartil	Maximum
VELA	Kat. 1	90	3,00000	6,0000	14,5000	27,0000	100,000
	Kat. 2	65	3,00000	8,0000	15,0000	30,0000	73,000
	Kat. 3	12	19,00000	25,0000	39,0000	55,0000	95,000
PLOAB	Kat. 1	90	4,71239	23,5619	85,6084	259,1814	4319,690
	Kat. 2	65	6,28319	28,2743	91,8916	241,9026	2030,254
	Kat. 3	12	62,83185	99,3529	196,3495	739,8451	3730,641
DEN	Kat. 1	96	70,00000	152,5000	191,0000	247,5000	494,000
	Kat. 2	69	75,00000	111,0000	131,0000	163,0000	484,000
	Kat. 3	14	75,00000	122,0000	176,5000	263,0000	456,000
REDEN	Kat. 1	95	0,31000	0,7100	0,9200	1,0700	2,270
	Kat. 2	64	0,31000	0,6000	0,7650	0,9150	1,870
	Kat. 3	12	0,58000	0,7950	0,9250	1,2150	2,360



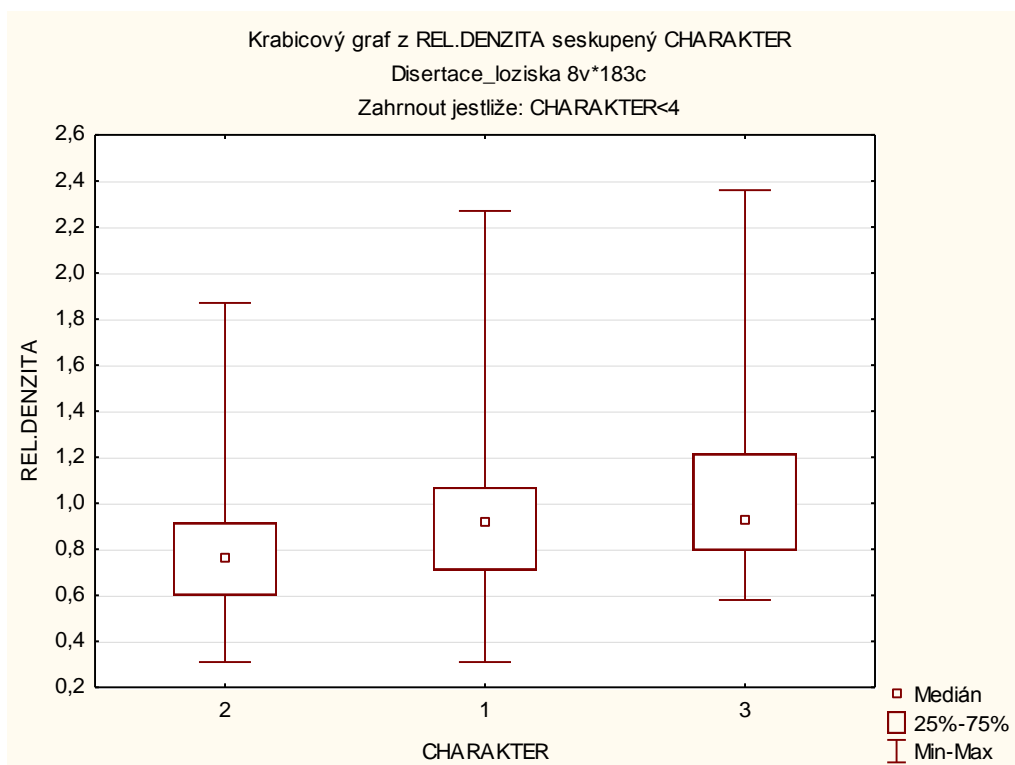
Graf D2.1 Závislost velikosti aktivního krvácení na jeho charakteru (kategorie charakteru krvácení: 1-bodové denzní, 2-mapovité, 3-jet).



Graf D2.2 Závislost plochy aktivního krvácení na jeho charakteru (kategorie charakteru krvácení: 1-bodové denzní, 2-mapovité, 3-jet).



Graf D2.3 Závislost denzity aktivního krvácení na jeho charakteru (kategorie charakteru krvácení: 1-bodové denzní, 2-mapovité, 3-jet).



Graf D2.4 Závislost relativní denzity aktivního krvácení na jeho charakteru (kategorie charakteru krvácení: 1-bodové denzní, 2-mapovité, 3-jet).

Závislosti metrických veličin VELIKOST, PLOCHA, DENZITA a REL.DENZITA na ordinální veličině HEMATOM

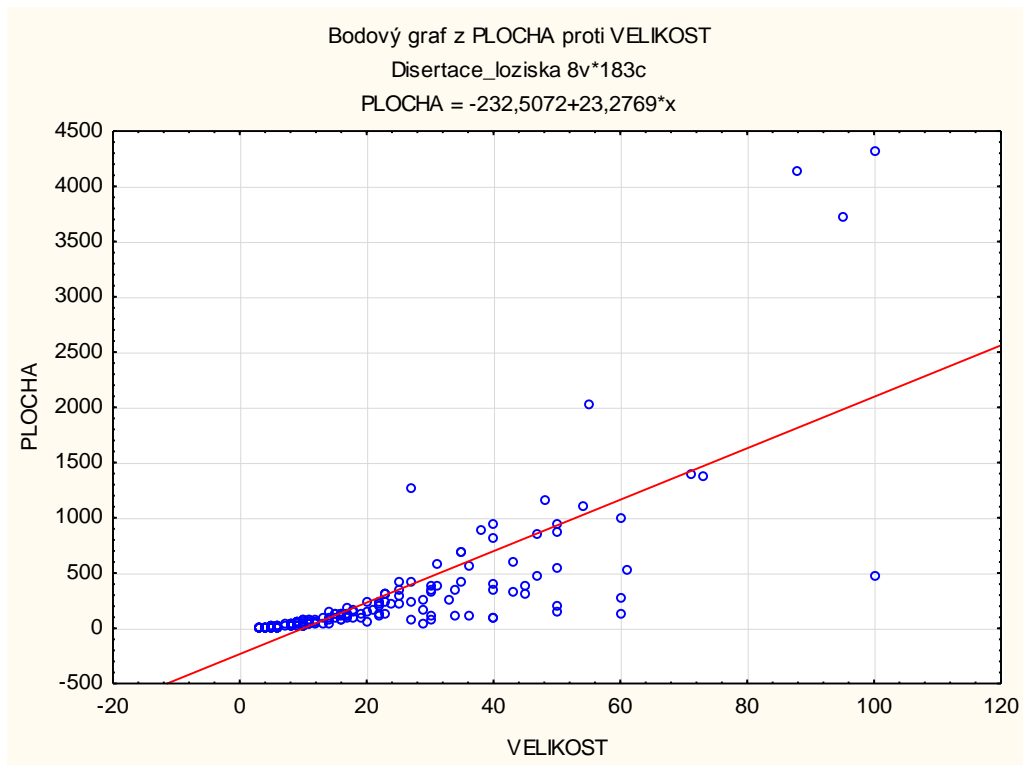
Tab. D2.2 Srovnání pořadových statistik u obou kategorií podle velikosti HEMATOMU (kategorie hematomu: 1- pod 5 cm, 2- 5 až 10 cm, 3- nad 10 cm).

		N	Minimum	Dolní kvartil	Medián	Horní kvartil	Maximum
VELIKOST	Kat. 1	77	3,00000	6,0000	13,0000	22,0000	50,0000
	Kat. 2	49	3,00000	9,0000	22,0000	35,0000	100,0000
	Kat. 3	38	3,00000	12,0000	25,0000	40,0000	100,0000
PLOCHA	Kat. 1	77	4,71239	15,7080	69,1150	142,9425	942,4778
	Kat. 2	49	4,71239	39,2699	113,0973	282,7433	1168,6720
	Kat. 3	38	6,28319	62,8319	186,5321	687,2234	4319,6900
DENZITA	Kat. 1	79	75,00000	123,0000	154,0000	198,0000	494,0000
	Kat. 2	56	70,00000	128,0000	164,0000	222,0000	456,0000
	Kat. 3	41	80,00000	132,0000	216,0000	274,0000	540,0000
REL.DENZITA	Kat. 1	76	0,31000	0,6400	0,7800	0,9900	1,8700
	Kat. 2	54	0,32000	0,6800	0,8300	1,0700	2,3600
	Kat. 3	39	0,36000	0,7600	0,9300	1,0700	2,2700

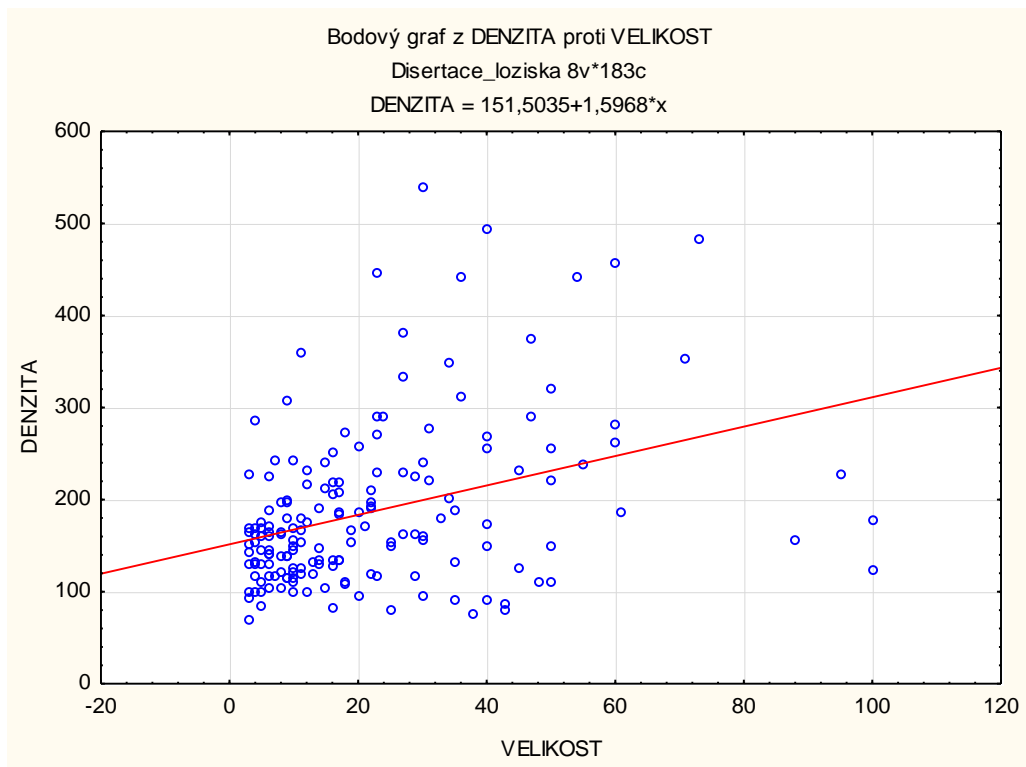
D3 Metrické mezi sebou (6 závislosti)

Nulová hypotéza o nezávislosti veličin se ve všech případech zamítá na hladině významnosti 1%.

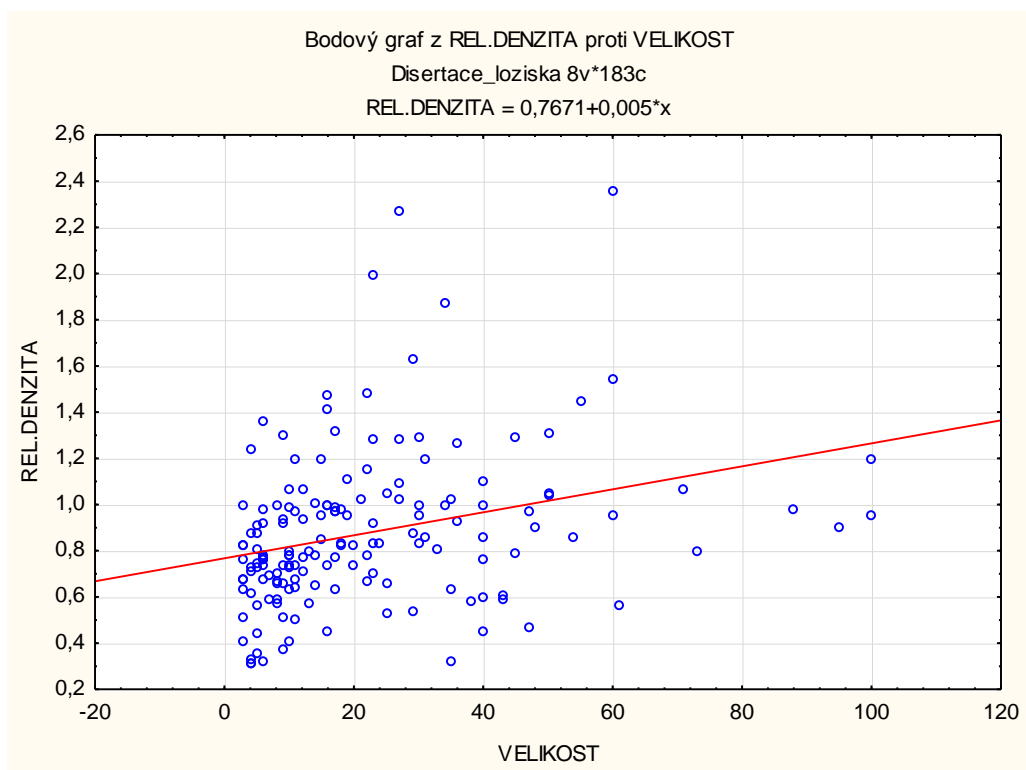
Charakter závislosti je patrný z následujících bodových grafů s regresními přímkami:



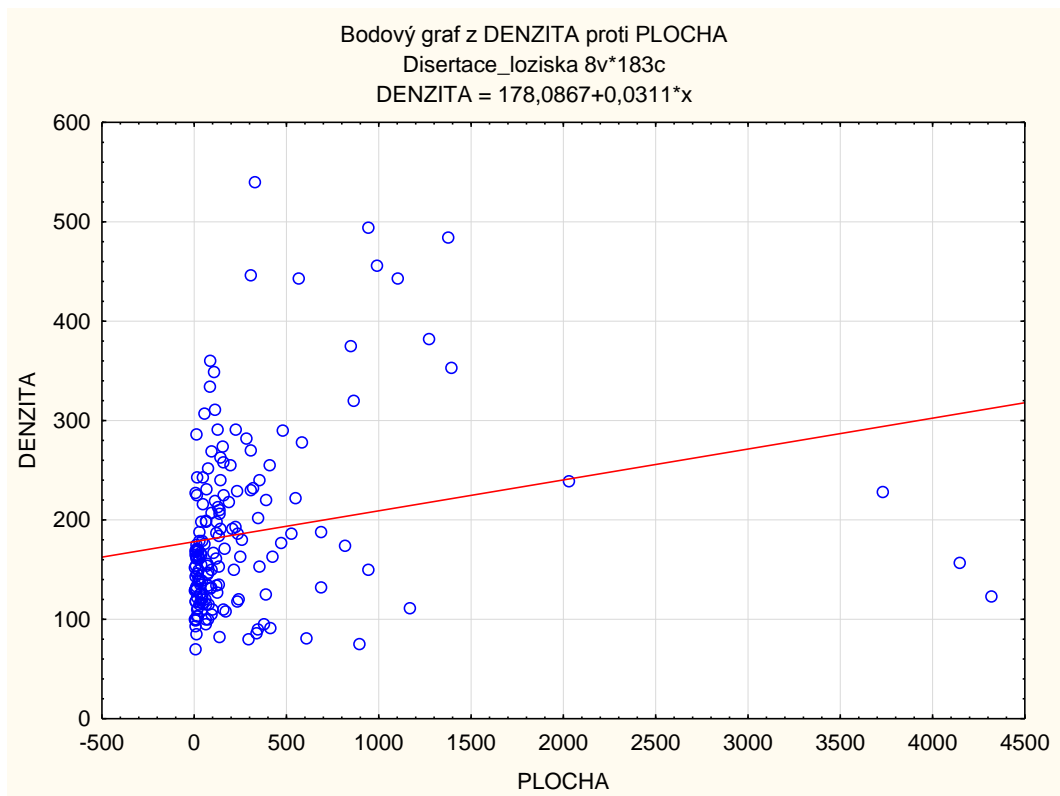
Graf D3.1 Závislost plochy a velikosti.



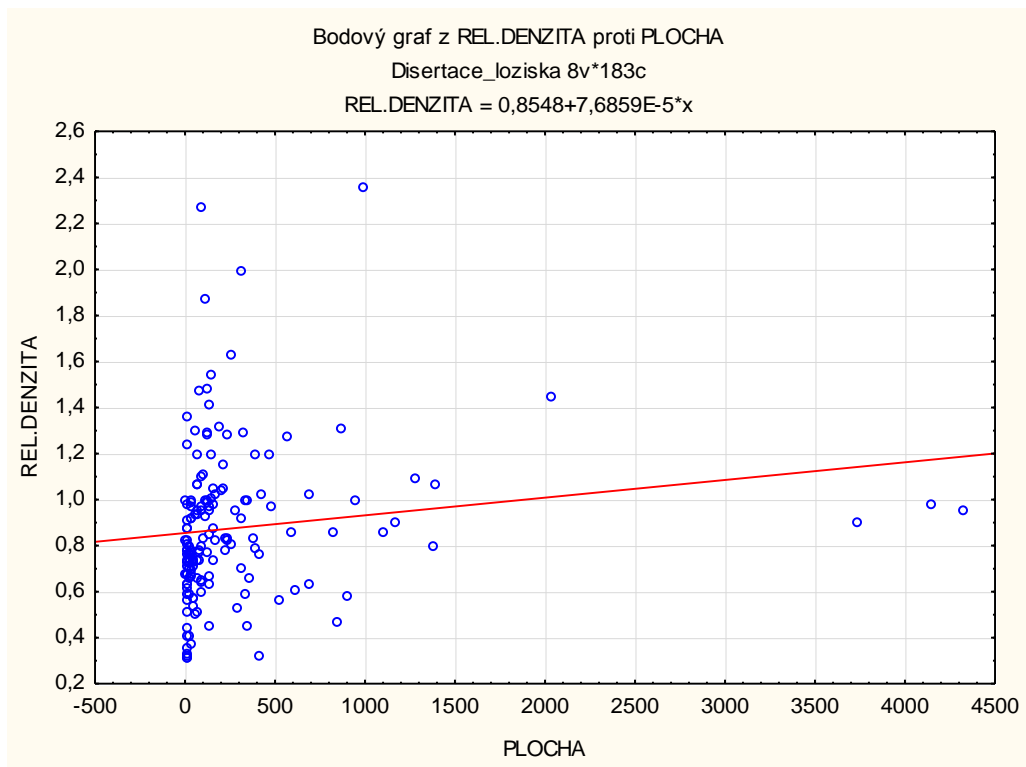
Graf D3.2 Závislost denzity a velikosti.



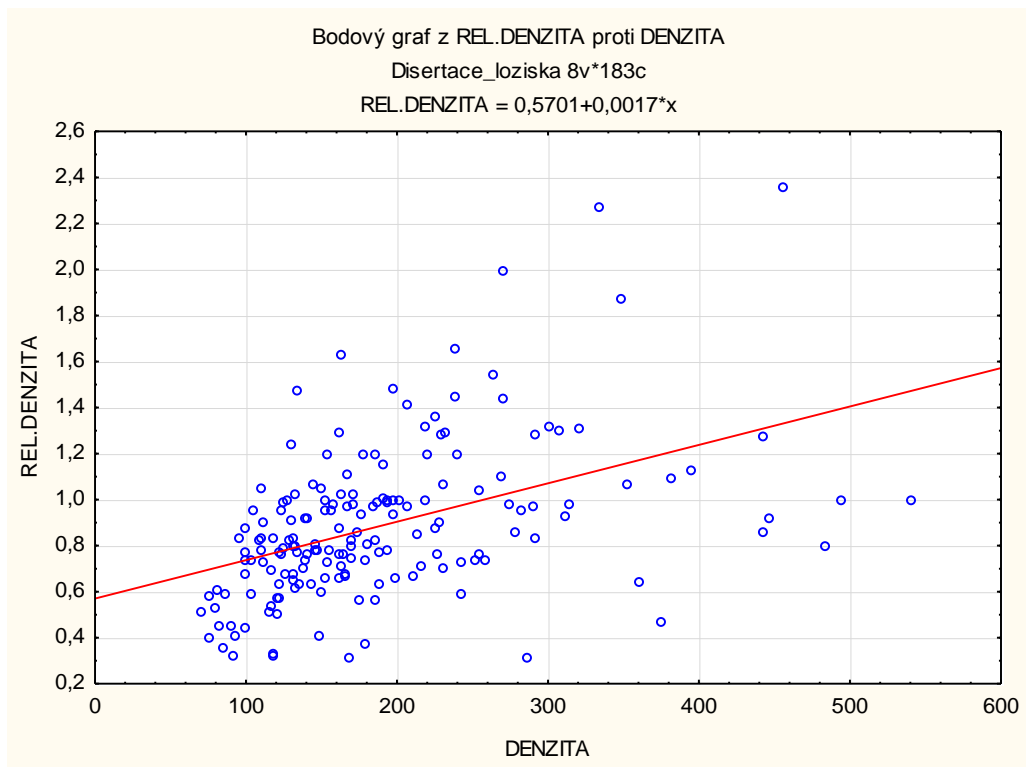
Graf D3.3 Závislost relativní denzity a velikosti.



Graf D3.4 Závislost denzity a plochy.



Graf D3.5 Závislost relativní denzity a plochy.



Graf D3.6 Závislost relativní denzity a denzity.

E Detailní výsledky modelu diskriminační analýzy

Uvažujeme jen ty případy, kdy jsou k dispozici hodnoty všech tří parametrů modelu.

Tab. E.1 Výsledky diskriminační analýzy (soubor Ložiska).

CISLO	LOKALIZACE	VELIKOST	HEMATOM	TERAPIE	F1	F2	ROZDIL	PREDTERAPIE	SPRAVNOST
1	1	16	1	1	0,168	-3,134	3,302	1	1
2	4	12	3	1	6,721	7,108	-0,387	2	0
3	9	8	2	2	6,283	8,225	-1,942	2	1
4	3	9		1					
5	3	12	3	2	6,260	6,084	0,177	1	0
6	1	4	1	1	-0,149	-3,972	3,823	1	1
7	10	100	3	2	11,811	19,400	-7,588	2	1
8	7	38	1	2	3,515	4,548	-1,033	2	1
9	4	35	3	2	7,329	8,714	-1,386	2	1
10	1	10	1	1	0,010	-3,553	3,563	1	1
11	1	14	1	1	0,115	-3,274	3,389	1	1
12	8	31	1	2	3,791	5,083	-1,292	2	1
13	5	5	3	2	6,997	7,643	-0,646	2	1
14	3	61	2	2	4,916	5,782	-0,866	2	1
15	2	40	3	2	6,539	7,015	-0,477	2	1
16	2	36	3	2	6,433	6,736	-0,303	2	1
17	1	48	2	2	3,651	2,826	0,825	1	0
18	5	10	3	2	7,129	7,992	-0,863	2	1
19	5	3	2	2	4,307	3,779	0,528	1	0
20	1	50	2	1	3,704	2,965	0,739	1	1
21	1	30	1	1	0,538	-2,156	2,694	1	1
22	9	22	2	2	6,653	9,203	-2,550	2	1
23	9	20	3	2	9,238	12,787	-3,550	2	1
24	9	4	1	1	3,539	4,221	-0,682	2	0
25	2	60	2	1	4,429	4,688	-0,259	2	0
26	4	50	3	2	7,725	9,762	-2,037	2	1
27	5	9	2	1	4,465	4,198	0,267	1	1
28	1	35	3	1	5,946	5,642	0,304	1	1
29	3	11	1	1	0,958	-1,435	2,393	1	1
30	4	43	2	2	4,902	5,549	-0,647	2	1
31	4	9		2					
32	1			1					
33	4	6	1	1	1,287	-0,760	2,047	1	1
34	10	12	3	2	9,487	13,253	-3,765	2	1
35	4	14	1	1	1,498	-0,201	1,699	1	1
36	3	9	2	2	3,543	2,150	1,393	1	0
37	8		2	2					
38	4	5	1	1	1,261	-0,830	2,090	1	1
39	1	23	1	1	0,353	-2,645	2,998	1	1
40	1	23	2	2	2,991	1,079	1,911	1	0

CISLO	LOKALIZACEDA	VELIKOST	HEMATOM	TERAPIE	F1	F2	ROZDIL	PREDTERAPIE	SPRAVNOST
41	10	15	3	2	9,567	13,462	-3,896	2	1
42	1	50	2	1	3,704	2,965	0,739	1	1
43	9	10	3	2	8,974	12,089	-3,115	2	1
44	9	19	2	2	6,573	8,993	-2,420	2	1
45	9	5	1	2	3,566	4,291	-0,725	2	1
46	1	13	3	1	5,365	4,105	1,260	1	1
47	7	18	3	2	8,263	10,599	-2,337	2	1
48	2	35	2	1	3,769	2,942	0,827	1	1
49	9	30	3	2	9,502	13,486	-3,984	2	1
50	9	40	1	2	4,490	6,736	-2,246	2	1
51	1	8	3	1	5,233	3,756	1,477	1	1
52	9	95	3	2	11,218	18,026	-6,808	2	1
53	1	9	1	1	-0,017	-3,623	3,606	1	1
54	1	3	1	1	-0,175	-4,042	3,867	1	1
55	7	20	1	2	3,040	3,290	-0,251	2	1
56	1	31		1					
57	1	10	2	1	2,648	0,171	2,476	1	1
58	1	3	2	1	2,463	-0,318	2,780	1	1
59	4	10	2	1	4,031	3,244	0,787	1	1
60	5	11	2	1	4,518	4,338	0,180	1	1
61	4	25		1					
62	2	6	1	1	0,365	-2,808	3,173	1	1
63	1	16	1	1	0,168	-3,134	3,302	1	1
64	4	17	1	1	1,577	0,008	1,569	1	1
65	1	11		1					
66	1	16	3	1	5,444	4,315	1,129	1	1
67	2	27	1	1	0,920	-1,341	2,261	1	1
68	3	88	3	2	8,267	11,392	-3,125	2	1
69	9	43	1	2	4,569	6,945	-2,376	2	1
70	8	23	2	2	6,218	8,248	-2,031	2	1
71	4	55	3	2	7,857	10,111	-2,254	2	1
72	3	17	1	1	1,116	-1,016	2,132	1	1
73	9	10	2	2	6,336	8,365	-2,029	2	1
74	7	27	3	2	8,500	11,228	-2,728	2	1
75	1	36	3	2	5,972	5,712	0,260	1	0
76	9		3	2					
77	4	20	3	1	6,933	7,667	-0,734	2	0
78	2	4	2	1	2,950	0,776	2,174	1	1
79	2	22	2	1	3,425	2,034	1,392	1	1
80	4	24	2	1	4,400	4,222	0,179	1	1
81	1	3	2	1	2,463	-0,318	2,780	1	1
82	2	6	1	1	0,365	-2,808	3,173	1	1
83	4	17	1	1	1,577	0,008	1,569	1	1
84	6	13	1	1	2,394	1,777	0,616	1	1
85	5	50	3	2	8,186	10,786	-2,600	2	1
86	9	25	3	2	9,370	13,137	-3,767	2	1
87	6	27	3	1	8,039	10,204	-2,164	2	0
88	9	17		1					
89	8	33	2	2	6,482	8,947	-2,465	2	1
90	9	40	1	2	4,490	6,736	-2,246	2	1

CISLO	LOKALIZACEDA	VELIKOST	HEMATOM	TERAPIE	F1	F2	ROZDIL	PREDTERAPIE	SPRAVNOST
91	10	10	2	2	6,797	9,389	-2,592	2	1
92	1	8	1	1	-0,043	-3,693	3,649	1	1
93	4	25	3	2	7,065	8,016	-0,951	2	1
94	1	11	1	1	0,036	-3,483	3,519	1	1
95	4	22	1	2	1,710	0,358	1,352	1	0
96	4	15	2	1	4,163	3,593	0,570	1	1
97	4	6	1	1	1,287	-0,760	2,047	1	1
98	9	100	2	2	8,712	14,651	-5,939	2	1
99	5	54	3	2	8,292	11,066	-2,774	2	1
100	4	45	2	2	4,955	5,689	-0,734	2	1
101	9	5	3	2	8,841	11,740	-2,898	2	1
102	4	10	1	1	1,393	-0,481	1,873	1	1
103	1	11	1	1	0,036	-3,483	3,519	1	1
104	5	22	2	1	4,808	5,106	-0,298	2	0
105	1	21	1	1	0,300	-2,785	3,085	1	1
106	3	8	2	1	3,517	2,080	1,437	1	1
107	1	50	1	1	1,066	-0,759	1,825	1	1
108	1	6	1	1	-0,096	-3,832	3,736	1	1
109	9	30	2	2	6,864	9,762	-2,898	2	1
110	7	30	3	1	8,580	11,438	-2,858	2	0
111	1	40	1	1	0,802	-1,457	2,259	1	1
112	3	8	1	1	0,879	-1,644	2,523	1	1
113	4	30	2	1	4,559	4,641	-0,082	2	0
114	9	60	2	2	7,656	11,857	-4,201	2	1
115	2	9	2	1	3,082	1,126	1,956	1	1
116	5	6	2	2	4,386	3,989	0,397	1	0
117	2	6	1	1	0,365	-2,808	3,173	1	1
118	1		2	2					
119	1	9	1	1	-0,017	-3,623	3,606	1	1
120	4		2	2					
121	1	10	1	1	0,010	-3,553	3,563	1	1
122	1	6	1	1	-0,096	-3,832	3,736	1	1
123	1	23	1	1	0,353	-2,645	2,998	1	1
124	1	3	2	1	2,463	-0,318	2,780	1	1
125	1	22	1	2	0,326	-2,715	3,041	1	0
126	3	16	1	1	1,090	-1,086	2,176	1	1
127	9	14	1	1	3,803	4,920	-1,116	2	0
128	7	16	2	1	5,572	6,735	-1,163	2	0
129	5	12	3	2	7,182	8,132	-0,950	2	1
130	7		3	2					
131	4	16	2	2	4,189	3,663	0,526	1	0
132	8	40	2	2	6,667	9,436	-2,769	2	1
133	8	11	2	2	5,901	7,410	-1,509	2	1
134	4	4	1	1	1,234	-0,900	2,134	1	1
135	7	40	1	2	3,568	4,687	-1,120	2	1
136	7	8	2	2	5,361	6,177	-0,816	2	1
137	1	6	1	1	-0,096	-3,832	3,736	1	1
138	4	60	2	2	5,351	6,736	-1,385	2	1
139	1	6	1	1	-0,096	-3,832	3,736	1	1
140	1	27	1	1	0,459	-2,366	2,824	1	1

CISLO	LOKALIZACEDA	VELIKOST	HEMATOM	TERAPIE	F1	F2	ROZDIL	PREDTERAPIE	SPRAVNOST
141	1	7	1	1	-0,070	-3,763	3,693	1	1
142	1	4	1	1	-0,149	-3,972	3,823	1	1
143	9	14	1	2	3,803	4,920	-1,116	2	1
144	10	34	1	2	4,792	7,341	-2,548	2	1
145	5	3	1	1	1,669	0,055	1,614	1	1
146	5	73	3	2	8,793	12,393	-3,600	2	1
147	9		1	2					
148	4	18	1	2	1,604	0,078	1,526	1	0
149	8	3	1	1	3,052	3,127	-0,075	2	0
150	4	9	1	1	1,366	-0,550	1,917	1	1
151	9		2	2					
152	1	3	3	1	5,101	3,407	1,694	1	1
153	2	4	1	2	0,312	-2,948	3,260	1	0
154	6	17	1	2	2,499	2,057	0,443	1	0
155	6		3	2					
156	7	23	1	1	3,119	3,500	-0,381	2	0
157	6	47	2	2	5,930	7,877	-1,947	2	1
158	1	4	1	1	-0,149	-3,972	3,823	1	1
159	9	71	3	2	10,585	16,350	-5,765	2	1
160	1	4	3	1	5,127	3,477	1,650	1	1
161	1	25	3	2	5,682	4,943	0,738	1	0
162	1	17	1	1	0,194	-3,064	3,258	1	1
163	8	45	1	1	4,161	6,061	-1,900	2	0
164	4	29	2	2	4,532	4,571	-0,039	2	1
165	1	29	2	1	3,149	1,498	1,651	1	1
166	9	18	1	1	3,909	5,199	-1,290	2	0
167	9		1	2					
168	10	19	1	2	4,396	6,293	-1,897	2	1
169	4	29	2	2	4,532	4,571	-0,039	2	1
170	1	5	1	1	-0,123	-3,902	3,780	1	1
171	1	15	1	1	0,142	-3,204	3,345	1	1
172	4	10	2	1	4,031	3,244	0,787	1	1
173	1	34	1	2	0,643	-1,877	2,520	1	0
174	9	6	1	2	3,592	4,361	-0,769	2	1
175	4	47	1	2	2,370	2,104	0,266	1	0
176	2		2	2					
177	1	5	1	1	-0,123	-3,902	3,780	1	1
178	8		2	2					
179	3	3	1	1	0,747	-1,994	2,740	1	1
180	6	5	2	2	4,821	4,943	-0,122	2	1
181	3	7	1	1	0,852	-1,714	2,567	1	1
182	1		2	1					
183	1	5	1	1	-0,123	-3,902	3,780	1	1

Příloha 2 Statistika pro pacienty

F Charakterizace jednotlivých veličin

F1 Charakterizace nominálních a ordinálních veličin

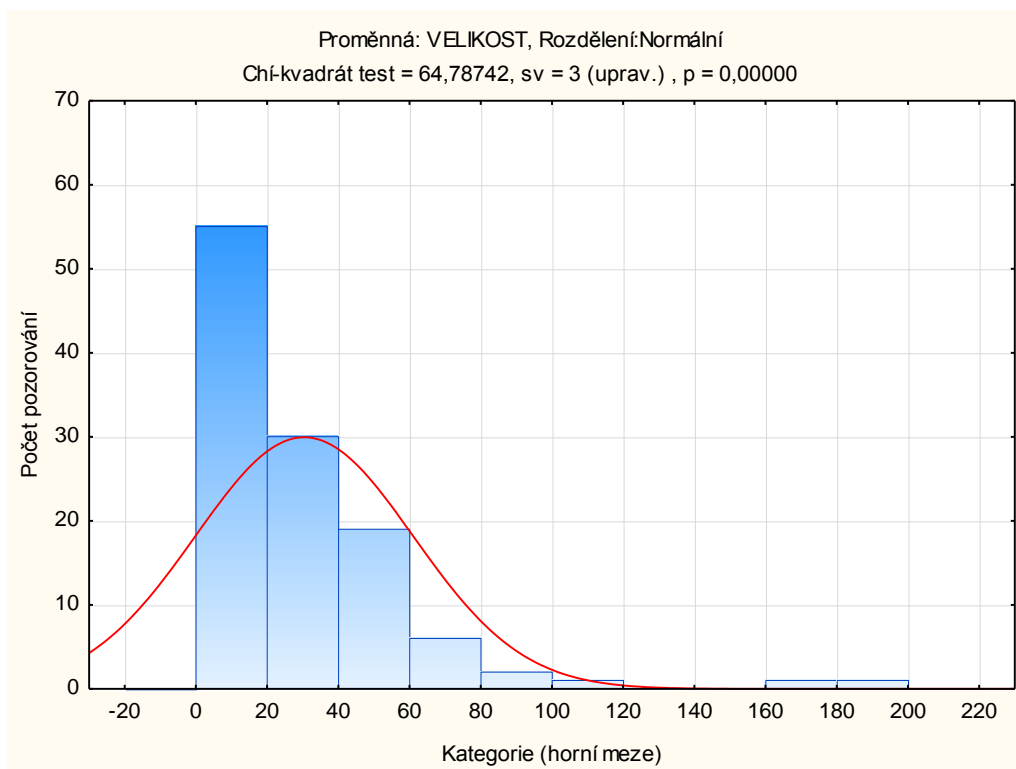
Tab. F1.1 Glasgow Coma Scale (GCS).

GCS	Četnost	Relativní četnost
14-15	71	55,46875
8-13	5	3,90625
3-8	50	39,06250
Nezjištěno	2	1,56250
Součet	128	100,00000

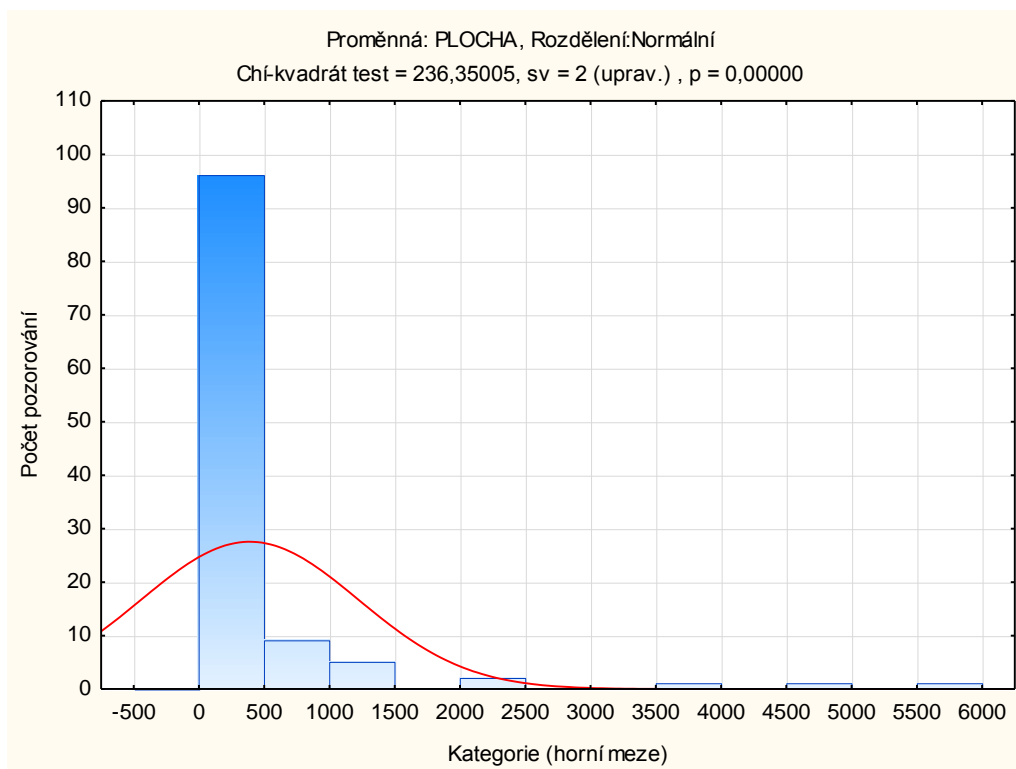
Tab. F1.2 Volumoterapie pacienta během akutního ošetření poranění.

VOLUMOTERAPIE	Četnost	Relativní četnost
1- méně než 2 L	52	40,62500
2- 2-4 L	30	23,43750
3- více jak 4 L	25	19,53125
Nezjištěno	21	16,40625
Součet	128	100,00000

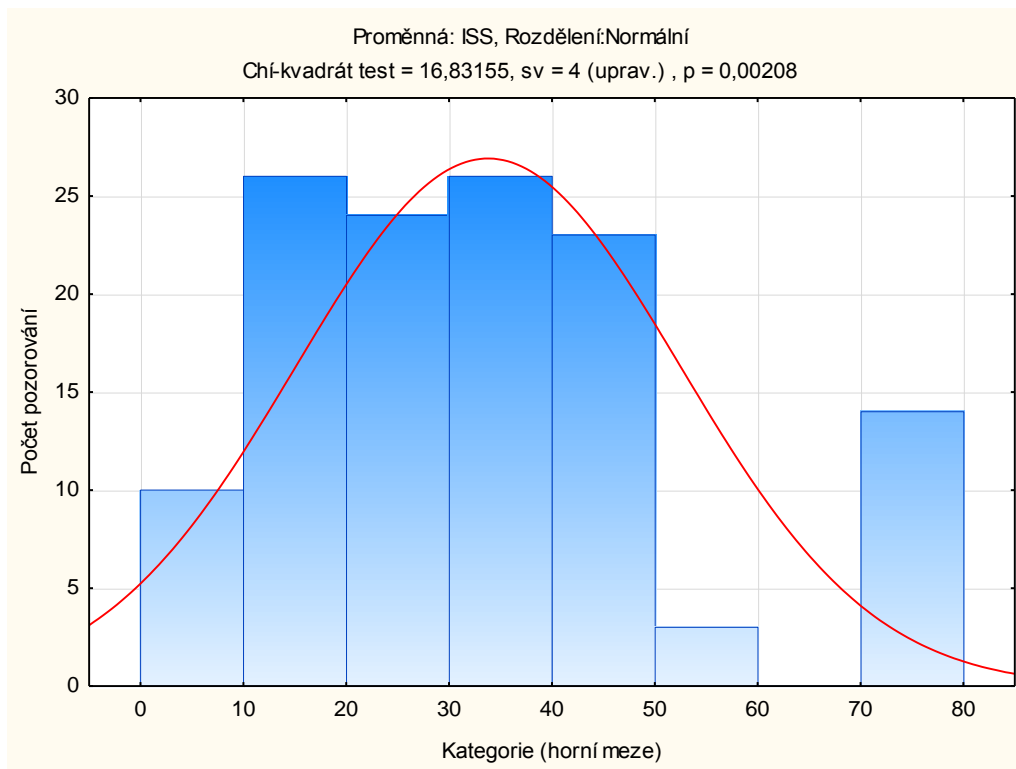
F2 Charakterizace metrických veličin



Graf F2.1 Histogram velikosti aktivního krvácení pro skupinu pacientů.



Graf F2.2 Histogram plochy aktivního krvácení pro skupinu pacientů.



Graf F2.3 Histogram hodnoty ISS pro skupinu pacientů.

G Závislosti OUTCOME na jednotlivých parametrech**G1 Závislosti OUTCOME na nominálních a ordinálních parametrech****Tab. G1.1** Závislost OUTCOME na POHLAVI : $\chi^2 = 0,017822$, sv=1, p=,893798.

Skutečné a očekávané četnosti		OUTCOME				Suma
		1		2		
		Skutečné	Očekávané	Skutečné	Očekávané	
POHLAVI	1	55	55,32031	42	41,67969	97
	2	18	17,67969	13	13,32031	31
Suma		73		55		128

Tab. G1.2 Závislost OUTCOME na HEMATOM: $\chi^2 = 3,14609$, sv=2, p=0,207412.

Skutečné a očekávané četnosti		OUTCOME				Suma
		1		2		
		Skutečné	Očekávané	Skutečné	Očekávané	
HEMATOM	1	18	19,63415	17	15,36585	35
	2	27	22,43902	13	17,56098	40
	3	24	26,92683	24	21,07317	48
Suma		69		54		123

Tab. G1.3 Závislost OUTCOME na HDO: $\chi^2 = 30,9145$, sv=1, p=0,000000.

Skutečné a očekávané četnosti		OUTCOME				Suma
		1		2		
		Skutečné	Očekávané	Skutečné	Očekávané	
HDO	1	53	37,74194	12	27,25806	65
	2	19	34,25806	40	24,74194	59
Suma		72		52		124

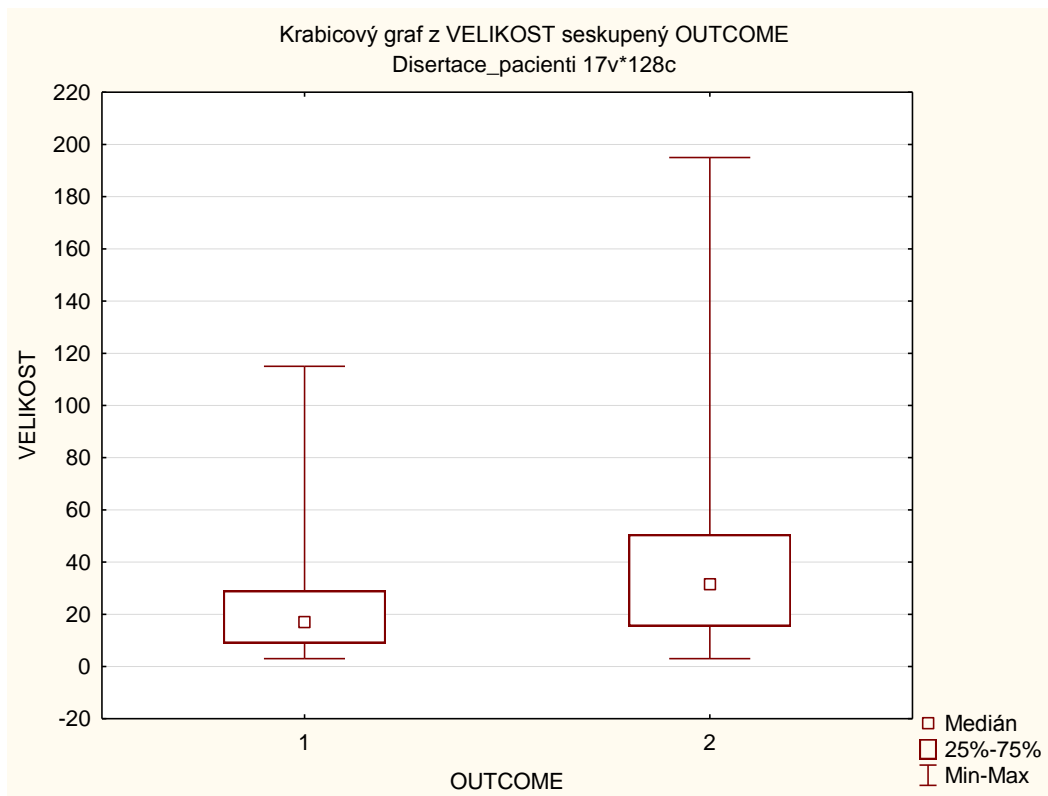
Tab. G1.4 Závislost OUTCOME na VOLUMOTERAPII: $\chi^2 = 22,9439$, sv=2, p=0,000010.

Skutečné a očekávané četnosti		OUTCOME				Suma
		1		2		
		Skutečné	Očekávané	Skutečné	Očekávané	
HDO	1	42	30,13084	10	21,86916	52
	2	13	17,38318	17	12,61682	30
	3	7	14,48598	18	10,51402	25
Suma		62		45		107

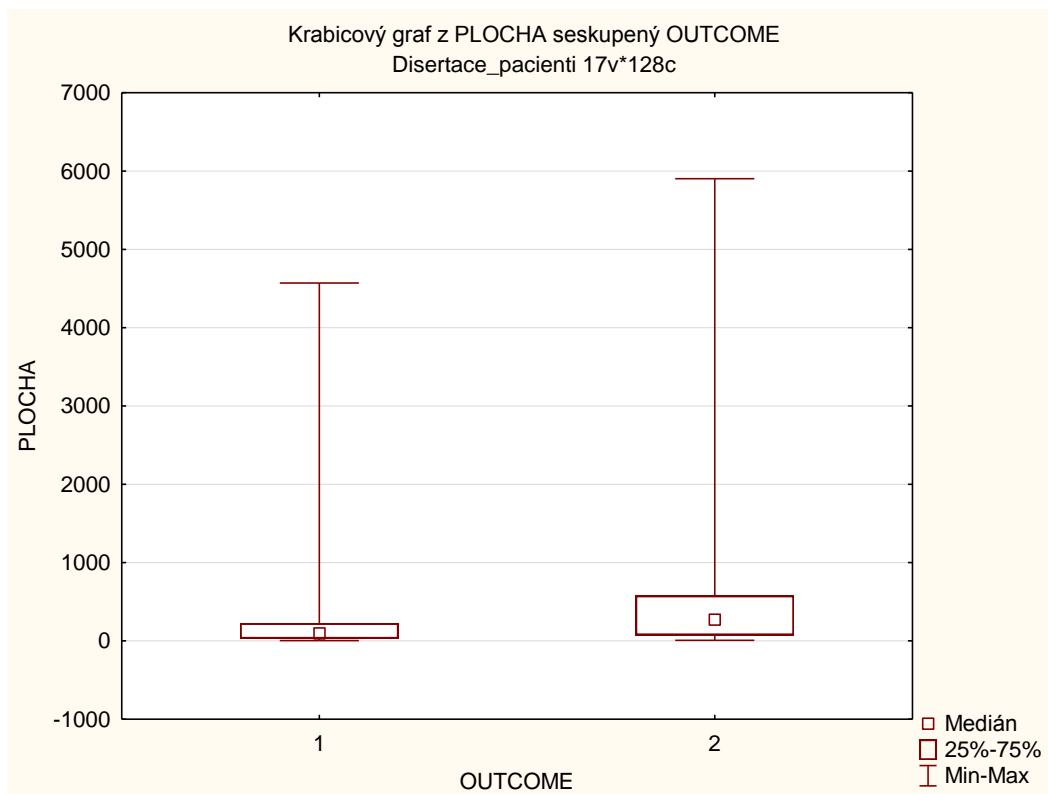
G2 Závislosti OUTCOME na metrických parametrech

Tab. G2.1 Srovnání pořadových statistik u obou kategorií podle OUTCOME (1 - přeživající, 2 - zemřelí).

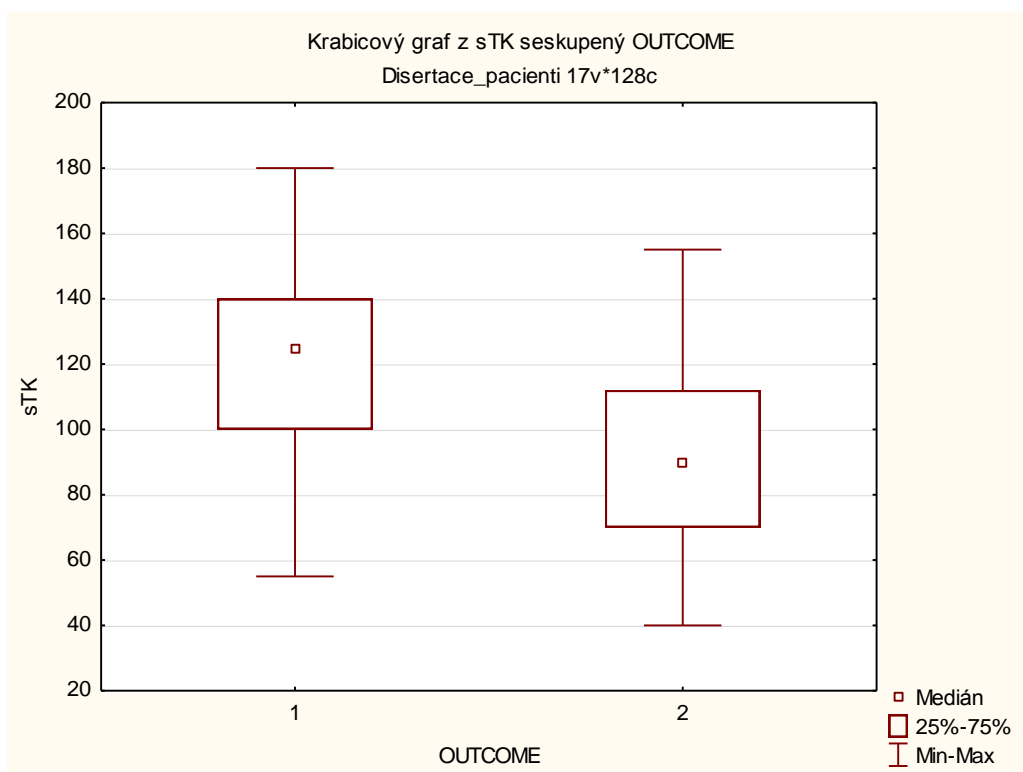
		N	Minimum	Dolní kvartil	Medián	Horní kvartil	Maximum
VEK	Kat. 1	73	14,00000	23,0000	34,0000	55,0000	83,000
	Kat. 2	54	11,00000	27,00000	42,5000	60,0000	84,000
VELIKOST	Kat. 1	67	3,00000	9,0000	17,0000	29,0000	115,000
	Kat. 2	48	3,00000	15,5000	31,5000	50,5000	195,000
PLOCHA	Kat. 1	67	4,7500	31,5000	93,5000	224,5000	4571,000
	Kat. 2	48	7,0000	75,5000	271,0000	576,0000	5902,250
ISS	Kat. 1	72	4,00000	16,0000	24,5000	32,5000	58,000
	Kat. 2	54	16,00000	34,0000	41,0000	75,0000	75,000
sTK	Kat. 1	73	55,00000	100,0000	125,0000	140,0000	180,000
	Kat. 2	46	40,00000	70,0000	90,0000	112,0000	155,000



Graf G2.1 Závislost výsledku léčby a velikosti krvácení (1 - přeživající, 2 - zemřelí).



Graf G2.2 Závislost výsledku léčby a plochy krvácení (1 - přeživající, 2 - zemřelí).



Graf G2.3 Závislost výsledku léčby a systolického tlaku (1 - přeživající, 2 - zemřelí).

H Závislosti jednotlivých veličin s ISS

Závislost ISS a POHLAVÍ

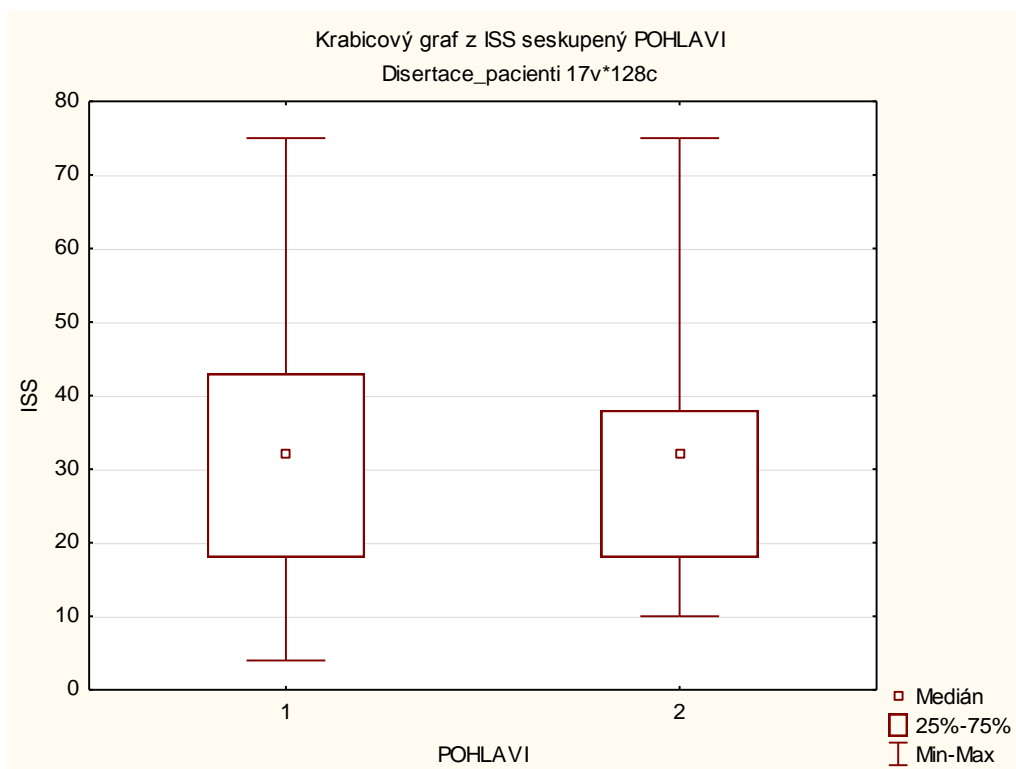
Mann-Whitney test

Nulová hypotéza: Mediány v obou kategoriích dle POHLAVÍ jsou sobě rovny
(distribuční funkce jsou shodné)

Nulová hypotéza o rovnosti mediánů v obou kategoriích dle POHLAVÍ se nezamítá.

Tab. H1 Závislost ISS na pohlaví (1 - muži, 2 - ženy).

Parametr	POHLAVÍ Muži		POHLAVÍ Ženy		U	Z	p
	Součet pořadí	N	Součet pořadí	N			
ISS	6086,000	95	1915,000	31	1419,000	0,300208	0,764019



Graf H1 Závislost ISS na pohlaví (1 - muži, 2 - ženy).

Závislost ISS a HDO

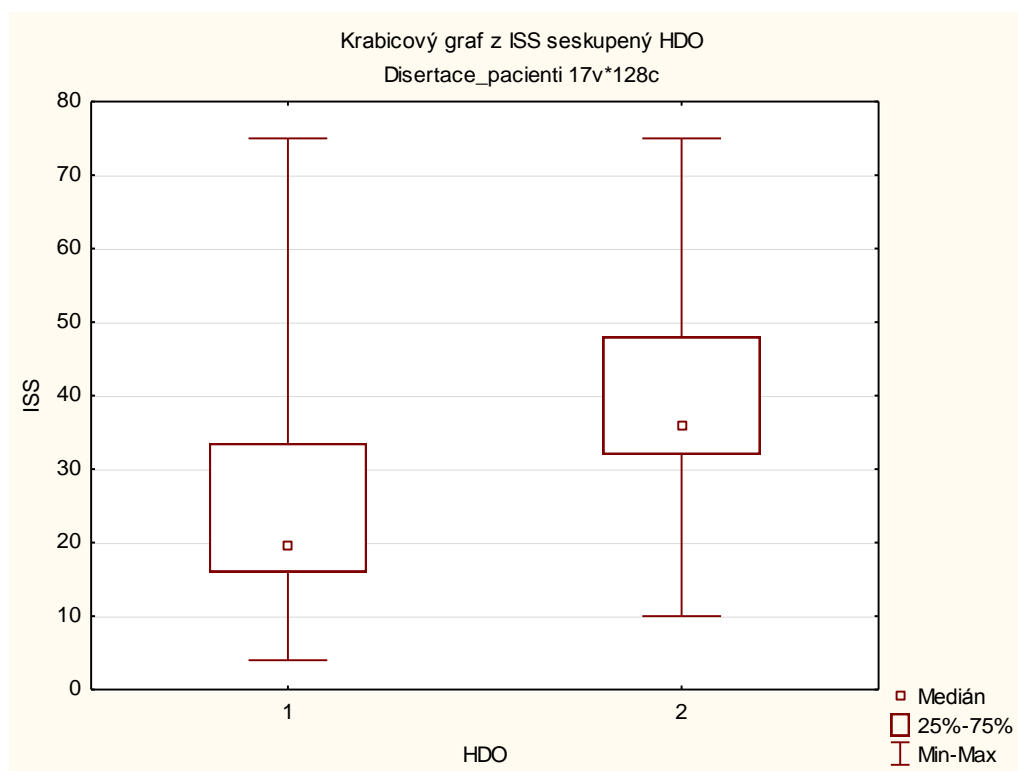
Mann-Whitney test

Nulová hypotéza: Mediány v obou kategoriích dle HDO jsou sobě rovny
(distribuční funkce jsou shodné)

Nulová hypotéza o rovnosti mediánů v obou kategoriích dle HDO se zamítá na hladině významnosti 1%.

Tab. H2 Závislost hemodynamického stavu na ISS.

Parametr	HDO Stabilní		HDO Dočasně stabilní, nestabilní		U	Z	p
	Součet pořadí	N	Součet pořadí	N			
ISS	2820,500	64	4682,500	58	740,5000	-5,72789	0,000000



Graf H2 Závislost hemodynamického stavu na ISS (1 - stabilní, 2 - dočasně stabilní, nestabilní). Medián ISS je 19,5, resp. 36.

Příloha 3 Obrazová dokumentace



Obr. 1AB Aktivní krvácení ze sleziny patrné pouze ve venózní fázi CT vyšetření.



Obr. 2AB Žena, sražená autem, arteriální fáze s drobným depem kontrastní látky v úrovni pánevního dna vpravo. V malé pánvi není prokazatelný hematom, hemodynamicky stabilní.



Obr. 2CD Kontrolní CT vyšetření druhý den ve venózní fázi vyšetření prokazuje vznik hematomu v malé pánvi se spontánní tamponádou, v době vyšetření bez aktivního krvácení. Nedošlo k další progresi hematomu.

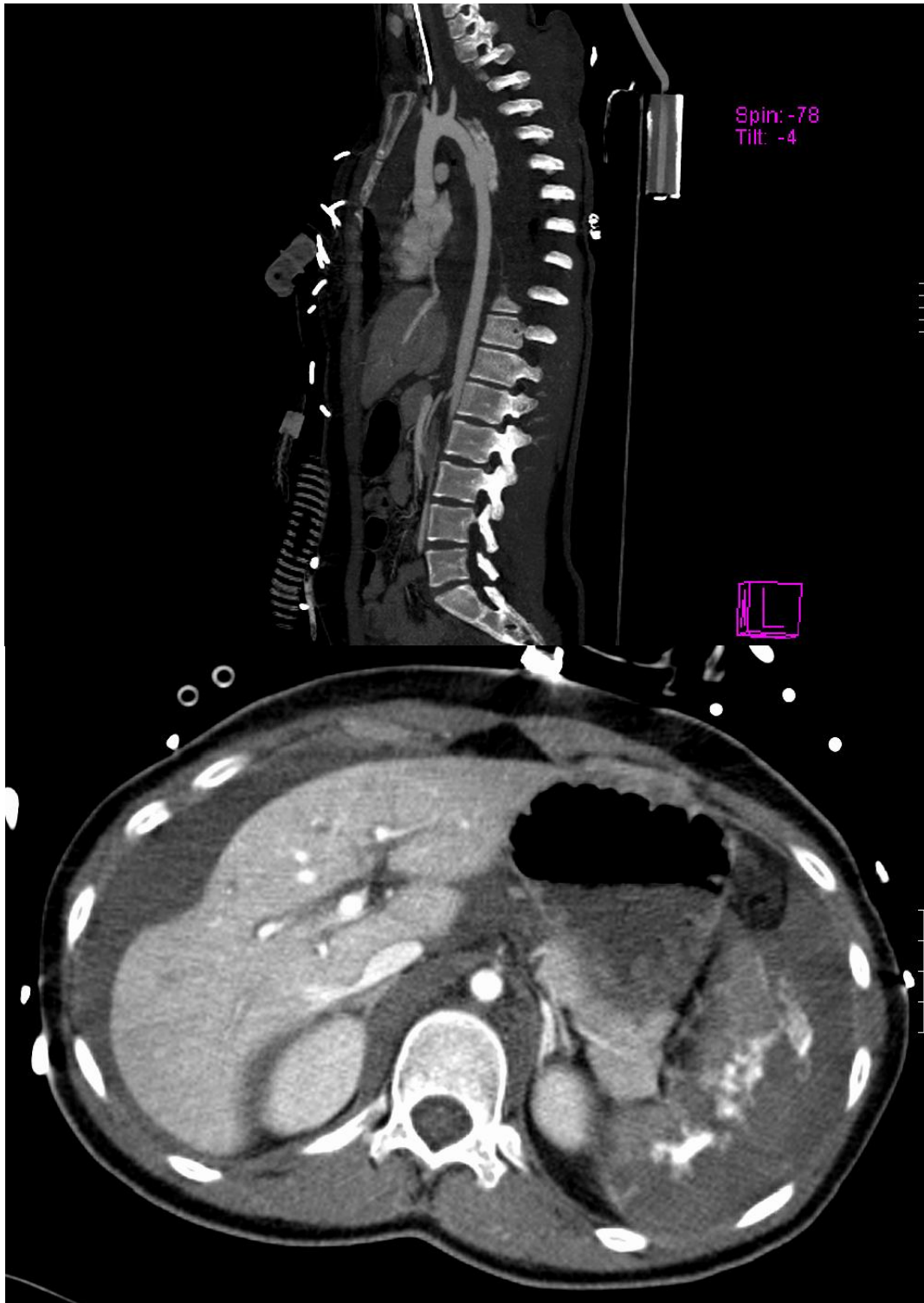


Obr. 3A Muž, 31 let, sražený autem, arteriální fáze vyšetření bez známek cévního poranění.

Obr. 3B Axiální CT sken ve venózní fázi vyšetření prokazuje extravasaci způsobenou lacerací společné ilické žíly vpravo.



Obr. 4AB Muž, 20 let, zavalen traverzou. CT vyšetření prokazuje rozsáhlé aktivní krvácení do lumen duodena a omentální bursy, hemoperitoneum. Peroperačně vícezdrojové venózní krvácení z pankreatu, kompletní přerušení colon transverzum.



Obr. 5A Žena, 21 let, po autonehodě. Transekce aorty s aktivním krvácením s rozsáhlým mediastinálním hematodem.

Obr. 5B Axiální CT sken zobrazující kompletní rozdrčení sleziny (AAST klasifikace stupeň 5) s vícečetnými vysoce denzními okrsky aktivního krvácení, svědčícími pro arteriální krvácení.



Obr. 6AB Autonehoda. CT vyšetření prokazuje aktivní krvácení do tuku v břišní stěně vlevo. V časně venózní fázi bez patrného úniku kontrastní látky do hematomu (A), na pozdních skenech po 5 minutách (B) se objevuje denzní extravazace.



Obr. 7 Rozsáhlý hematom v mesocolon vlevo před ledvinou. Sedimentující hladinka v hematomu, bez prokazatelného aktivního krvácení. Peroperačně přítomno venózní krvácení.



Obr. 8 Aktivní krvácení ve stěně trupu vlevo, příklad měření.

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 Cihlář¹
Roman Mišičko²
Antonín Krajina³
Jiří Cihlář⁴
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 Cihlář
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

Cihlář F, Mišičko R, Krajina A, Cihlář 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

Cihlář F, Mišičko R, Krajina A, Cihlář 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 lokalizace, velikosti a denzity krvácení dovolí 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-řadém 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-řadém MDCT přístroji Sensation 16 (Siemens, Erlangen, Německo), ostatní parametry byly stejné. Postupně jsme přešli na nativní zobrazení hlavy a postkontrastní vyšetření od báze lebni 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 lebni 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. Nioiontovou 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 pozdějším 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; 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 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 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 splachnocranium.

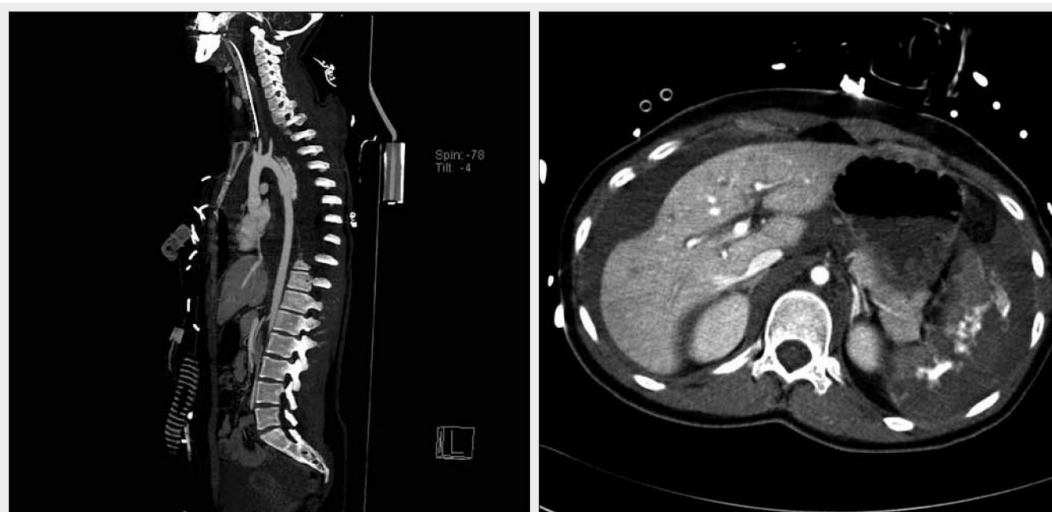
U pacientů s prokázaným aktivním krvácením jsme sledovali věk, pohlaví, mechanismus úrazu, vstupní hodnotu systolického tlaku, vývoj hemodynamického stavu (stabilní, dočasně stabilní a nestabilní). Závažnost poranění byla zaznamenána pomocí Injury Severity Score (ISS) a Glasgow coma scale (GCS) (tab. 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 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 rozděleni na dvě skupiny: 1. konzervativní postup, 2. indikovan 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 rovny. 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, transekce aorty s aktivním krvácením s rozsáhlým mediastinálním hematomem; 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.

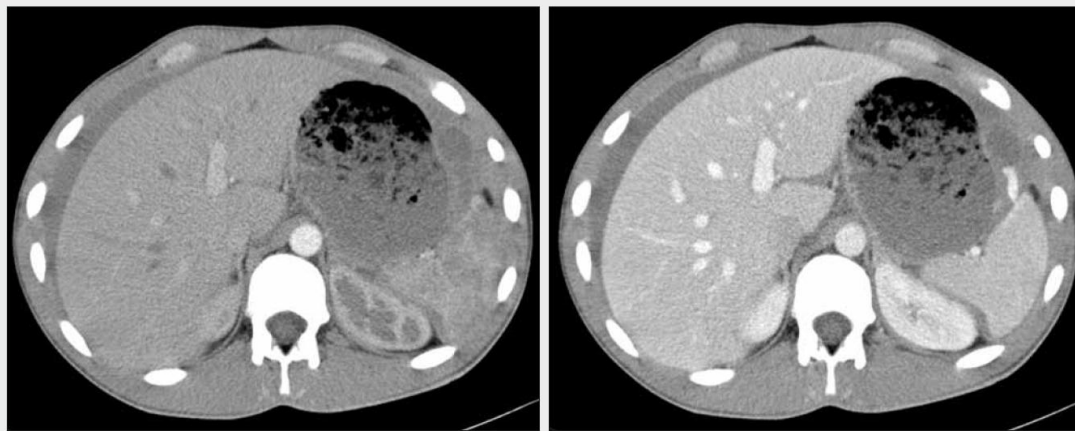
Celkem jsme zobrazili aktivní krvácení u 128 pacientů (13,2%, 128/967), z tohoto počtu bylo 97 (75,8%) mužů a 31 (24,2%) žen v poměru 3,1 : 1. Věk pacientů byl v rozpětí od 11 do 84 let, medián věku byl 37 roků. GCS bylo v rozmezí 3–15, v průměru dosahovalo 8,2; 71 (55,5%) pacientů bylo intubováno, 50 (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, splanchnokrania 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 splanchnokranium), 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

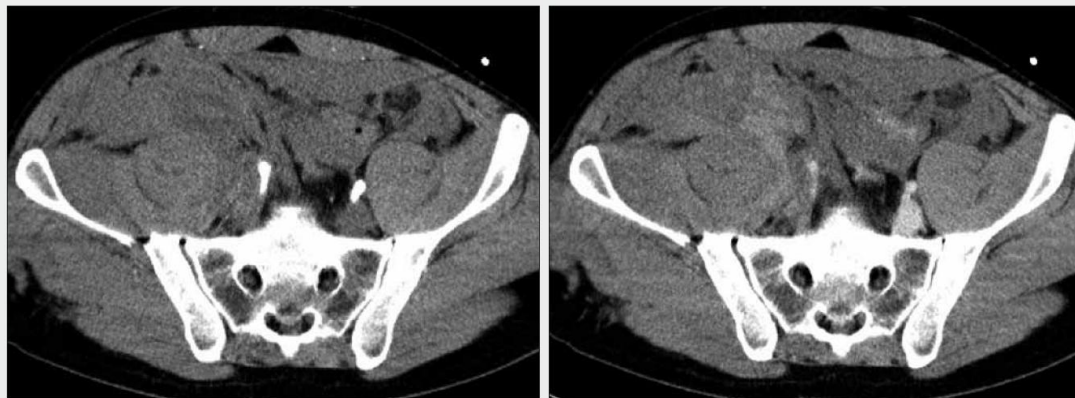
Rok	2004	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013
Pacienti	6	49	77	65	84	105	151	206	224
Pacienti s krvácením	3	14	11	11	12	22	18	16	21



▲ 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

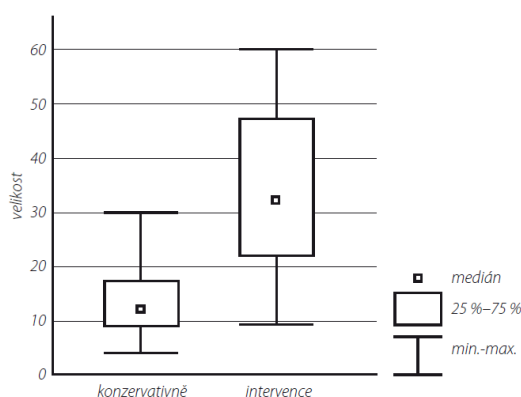
Tab. 3. Localization of the bleeding and subsequent management

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
plicе/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 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. 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

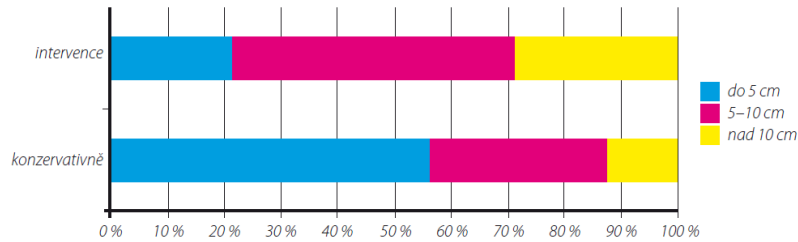
porušením pouzdra orgánu. U jater i sleziny byly konzervativně řešené extravazace do velikosti 10 mm. U sleziny se ve dvou případech jednalo o pseudoaneuryzma. V našem souboru vyžadovalo operační zákrok 45 (82 %) z 55 krvácení při poranění parenchymových orgánů dutiny břišní a střevních závěsů.

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 prokázáném 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 nepochybně může způsobit negativní nález na DSA po předchozím prokázání extravazace na MDCT. U traumat je nezbytné zajistit vyšetřování v optimální fázi sycení 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-řadých 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 řídká 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, densita a relativní densita 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. Hranicí 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. Měřením plochy a výpočtem relativní density jsme nedosáhli zlepšení výsledků proti jednorozměrnému měření průměru krvácení a hodnocení absolutní density.

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 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.
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, Pecllet 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.