

**Univerzita Karlova**

**Lékařská fakulta v Plzni**

Studijní program: Zobrazovací metody v lékařství

**Indikace a prognostický význam zobrazovacích metod u polytraumat**

**Use of imaging methods in polytrauma-patients: Indications and prognostic value**

Disertační práce

Školitel: doc. MUDr. Hynek Mírka, Ph.D.

**Plzeň 2019**

**MUDr. Kristýna Bajcurová**

## **Poděkování**

Školiteli doc. MUDr. Hynku Mírkovi, Ph.D. za odborné vedení v průběhu celého postgraduálního studia a také za pomoc a vedení při psaní disertační práce.

Vedení Kliniky zobrazovacích metod, jmenovitě prof. MUDr. Borisovi Kreuzbergovi, CSc. a prof. MUDr. Jiřímu Ferdovi, Ph.D., za umožnění studia a absolvování vzdělávacích stáží a absolvování radiologických kongresů.

Kolegyni MUDr. Evě Korčákové za pomoc s přípravou publikací a odborných prezentací v rámci postgraduálního studia i mimo něj.

Ing. Petru Hoškovi, Ph.D. za zpracování statistiky ze změřených dat.

Mgr. Janě Štěpánkové, Ph.D. za výpočet dávek ionizujícího záření.

MUDr. Davidu Girsovi za poskytnutí údajů z průzkumu situace traumacenter v České republice.

Mému partnerovi a rodině za trpělivost, podporu a pochopení v průběhu studia i při psaní disertační práce.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Plzni, 6.5.2019

MUDr. Kristýna Bajcurová

## ABSTRAKT

**Úvod:** Pacienti s polytraumatem mohou být vyšetřeni dvoufázově nebo jednofázově s jednofázovým či vícefázovým bolusem kontrastní látky (KL). Jednofázový bolus KL není ke kvalitnímu nasycení parenchymových orgánů a náplni cév dostačující. Moje disertační práce zkoumá možnosti podání KL technikou split-bolus.

**Cíl práce:** Prokázat diagnostickou kvalitu protokolů užívající split-bolus techniku podání KL.

**Metodika:** Pacienti byli rozděleni celkem do osmi skupin, jmenovitě A–H. Po nativním vyšetření hlavy a krku podstoupili všichni pacienti postkontrastní vyšetření v rozsahu od báze lební pod symfýzu. Pacienti skupiny A podstoupili dvoufázové vyšetření, pacienti skupiny B jednofázové vyšetření po jednofázové aplikaci KL a pacienti ve skupinách C–H podstoupili jednofázové vyšetření s technikou podání KL split-bolus. Pacientům byl podaný stejný objem kontrastní látky, a to 100 ml, o stejné koncentraci 350 mgI/ml. Hodnotil se rozdíl v náplni cév v oblasti vnitřních karotických tepen, oblouku aorty, v břišní aortě a pánevních tepnách a dále se hodnotila denzita jater, v. portae, sleziny a ledvin. Ke zhodnocení byla zvolena neparametrická statistická metoda Kruskalova-Wallisova ANOVA, nenormální rozdělení bylo zjištěno u většiny zkoumaných proměnných pomocí Saphiro-Wilkova testu.

**Výsledky:** Byly nalezeny statisticky významné rozdíly zejména v karotických tepnách, méně v oblasti aorty a pánevních tepen. Nejvyšších průměrných hodnot dosahovala náplň v cévách v arteriální fázi, nejnižší naměřené denzity byly zejména ve skupinách B a F v oblasti aorty. V játrech byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi skupinami A a D, ve skupině D byl použit nejmenší objem 1. bolusu KL. Dále byly zjištěny statisticky významné rozdíly v nasycení dřeně ledvin. V ostatních skupinách nebyl, zejména v oblasti parenchymových orgánů, zjištěn statisticky významný rozdíl. Při užití jednofázového protokolu došlo ke zmenšení radiační dávky o 35,4. %.

**Závěr:** Protokol využívající split-bolus techniku podání KL je diagnosticky kvalitní, nejlepších rovnoměrných výsledků dosáhl zejména protokol použitý ve skupině G. Potvrdilo se snížení radiační dávky při užití jednofázového vyšetření oproti dvoufázovému.

## SUMMARY

**Objective:** The possibilities of CT examinations in patients with multiple trauma are: two-phase, or single-phase CT examination. However, a single-phase contrast medium (CM) administration doesn't suffice quality saturation of arteries along with parenchymal organs. My dissertation is focused on a split-bolus contrast medium administration technique.

**Aim:** To prove diagnostic quality of protocols using split-bolus technique.

**Materials and Methods:** Patients were divided into eight groups, namely A to H. After the non-contrast examination of the head and the cervical spine, all patients were examined after CM administration from the skull base to the symphysis. Group A patients underwent a biphasic examination after CM single-bolus, group B patients underwent single-phase examination after a single bolus of CM, and group C–H patients underwent a single-phase examination after split-bolus technique of CM administration. Patients were given 100 ml of CM at the same concentration of 350 mgI/ml. The densities variables in internal carotid arteries, aorta arch, abdominal aorta, common pelvis arteries, liver, v. portae, spleen and kidney were evaluated. The Kruskal-Wallis ANOVA nonparametric statistical method was used to evaluate the variables. The abnormal distribution was found using the Saphiro-Wilk test.

**Results:** There were statistically significant differences especially in carotid arteries, less in aorta and pelvic arteries. The highest mean values in arteries were found in arterial phase of group A. The lowest measured densities were found in groups B and F. There was a statistically significant difference between groups A and D densities achieved in the liver, while the lowest volume of CM was used in the group D. Furthermore, statistically significant differences in kidney marrow saturation were found. There were no statistically significant differences in parenchymal organs in other groups. Using a single-phase protocol examination, the radiation dose was reduced by 35,4 %.

**Conclusion:** We achieved a good diagnostic image quality in protocols using a split-bolus technique of CM administration. Usage of SB protocols brings a reduction of radiation dose. The best uniform results were found in protocol used in the group G.

## Obsah

1	Seznam zkratek.....	8
2	Úvod.....	10
2.1	Statistické údaje.....	10
2.2	Definice.....	11
2.3	Skórovací systémy.....	13
2.3.1	Revised Trauma Score (RTS).....	14
2.3.2	Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE).....	16
2.3.3	Abbreviated Injury Scale (AIS).....	16
2.3.4	Injury Severity Score (ISS).....	19
2.3.5	New Injury Severity Score (NISS).....	20
2.3.6	Anatomic Profile (AP).....	20
2.3.7	Trauma and Injury Severity Score (TRISS).....	21
2.3.8	A Severity Characterisation of Trauma (ASCOT).....	21
2.4	Biomechanika poranění.....	21
2.4.1	Dopravní nehody.....	22
2.4.2	Pády z výše.....	24
2.4.3	Prevence poranění.....	25
2.5	Advanced Trauma Life Support®.....	26
2.5.1	Primární zhodnocení stavu.....	27
2.5.2	Sekundární zhodnocení stavu.....	27
2.5.3	Úloha zobrazovacích metod.....	28
2.6	Patofyziologie polytraumatu.....	30
2.6.1	Mortalita.....	30
2.6.2	Shrnutí patofyziologických mechanismů při změnách funkcí orgánů.....	30
2.6.3	Two-hit teorie.....	32
2.6.4	Změny funkcí orgánů.....	33
2.7	Terapeutické strategie u pacientů s polytraumatem.....	34
3	Traumacentra v České republice.....	36
4	CT vyšetření u pacientů s polytraumatem.....	39
4.1	Historie techniky split-bolus.....	39
5	Cíle práce.....	43
6	Metodika.....	44

6.1	Metodika podávání kontrastní látky .....	44
6.2	Metodika hodnocení radiační zátěže.....	46
7	Výsledky.....	47
7.1	Statistické zhodnocení výsledků měření v karotických tepnách.....	48
7.2	Statistické zhodnocení výsledků měření v oblouku aorty .....	51
7.3	Statistické zhodnocení výsledků měření v abdominální aortě.....	53
7.4	Statistické zhodnocení výsledků měření v pánevních tepnách.....	55
7.5	Statistické zhodnocení výsledků měření v játrech .....	57
7.6	Statistické zhodnocení výsledků měření ve v. portae .....	58
7.7	Statistické zhodnocení výsledků měření ve slezině.....	60
7.8	Statistické zhodnocení výsledků měření v ledvinách .....	61
7.9	Hodnocení radiační zátěže .....	65
8	Diskuze .....	68
8.1	Výhody a nevýhody techniky split bolus.....	69
8.2	Aplikace kontrastní látky .....	70
8.3	Snížení radiační zátěže.....	73
9	Závěr.....	77
9.1	Cíl 1.....	77
9.2	Cíl 2.....	77
9.3	Cíl 3.....	78
9.4	Celkový závěr .....	78
10	Reference .....	79
11	Publikační činnost .....	84
11.1	Publikace v časopisech s impact faktorem.....	84
11.2	Publikace v recenzovaných časopisech.....	84
11.3	Poster.....	85

# 1 SEZNAM ZKRATEK

AAST – The American Association for the Surgery of Trauma

ACI – arteria carotis interna

ADP – adenosindifosfát

AI – anatomic index

AIS – abbreviated injury scale

ALARA – as low as reasonably achievable

AMP – adenosinmonofosfát

APACHE - acute physiology and chronic health evaluation

APS – acute physiology score

ARDS – akutní respirační distres syndrom

ASCOT – A Severity Characterisation Of Trauma

ATLS<sup>®</sup> - Advanced Trauma Life Support

ATP – adenosintrifosfát

CARS – kompenzatorní protizánětlivá odpověď organismu (compensatory anti-inflammatory response syndrome)

CTDI<sub>vol</sub> – objemový kermový index výpočetní tomografie C<sub>VOL</sub> (computed tomography dose index)

DCS – damage control surgery

DF – dechová frekvence

DLP – dose-length product

FAST – focused assessment sonography for trauma

GCS – Glasgow Coma Scale

HARM - harborview assessment of risk of mortality

HEB – hematoencefalická bariéra

HU – Hounsfield unit

ISS – injury severity score

IL - interleukin

INF- $\gamma$  – interferon  $\gamma$

JIP – jednotka intenzivní péče

KL – kontrastní látka

kV - kilovolt

mAs - miliampér



MODS – multiorgánová dysfunkce

MOF – multiorgánové selhání

NISS – new injury severity score

NO – oxid dusnatý

PNO - pneumothorax

RTS – revised trauma score

SIRS – systémová zánětlivá odpověď (systemic inflammatory response syndrome)

STK – systolický krevní tlak

TNF- $\alpha$  – tumor nekrotizující faktor alfa

TRISS – trauma injury severity score

TXA<sub>2</sub> – tromboxan A<sub>2</sub>

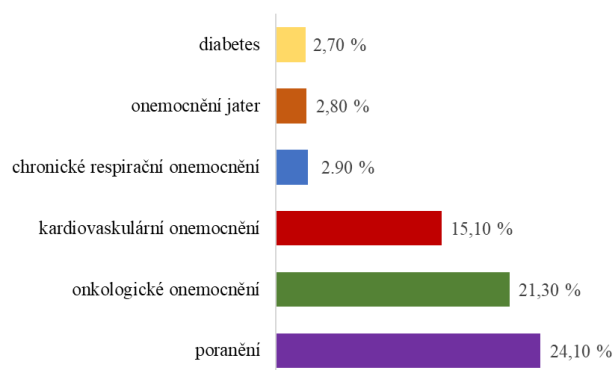
DIC – diseminovaná intravaskulární koagulopatie

## 2 ÚVOD

### 2.1 Statistické údaje

V celosvětovém měřítku je trauma významný socioekonomický problém a splňuje klasifikační kritéria pro globální pandemii. Trauma zaujímá první místo v příčině úmrtí lidí ve věku do 46 let, v ostatních věkových skupinách pak zaujímá třetí místo za onkologickými a kardiovaskulárními nemocemi. Ročně se počítají náklady na péči o pacienty s traumatem v miliardách, výsledná suma se pak navyšuje v důsledku ztráty jejich produktivity.

Obrázek 1 Procentuální zastoupení příčin úmrtí ve věku do 75 let (1)



Tabulka 1 Srovnání nákladů na péči o nemocné (1)

diabetes	218 €
onkologická onemocnění	233 €
kardiovaskulární nemoci	279 €
traumata	599 €

Z posledních dat World Health Organization a Centers for Disease Control vyplývá, že v důsledku poranění či jiného násilí umírá každou minutu více než 9 lidí, každý den více než 10 000 a ročně více než 5,8 milionu lidí různých věkových a ekonomických skupin. V literatuře jsou identifikované jako nejčastější příčiny traumat dopravní nehody, pády a násilné činy včetně sebevražd. Nejčastější udávanou příčinou vzniku traumatu jsou dopravní nehody. Dopravní nehody působí úmrtí více než 1 milionu lidí ročně, ale odhadem 20 až 50 milionů utrpí při dopravních nehodách závažná poranění (1) (2) (3).

## 2.2 Definice

V databázích se výraz polytrauma objevuje již od 70. let 20. století. V roce 1974 byly vytvořeny autorské překlady slova „mehrfachverletzungen“ z němčiny do angličtiny jako polytrauma (4) (5) (6). Prvotní formální definice mohou být nalezeny v publikaci z roku 1975, kde bylo polytrauma definováno jako dvě a více signifikantních poranění (7). V následujících letech byly definice dále upravovány, objevovaly se definice s kritérii a s konceptem signifikantních poranění. Například v roce 1984 bylo polytrauma definováno jako poranění alespoň dvou tělesných systémů, kdy alespoň jedno je život ohrožující (8) (9) (10). Mnoho z těchto teorií však byly limitované jejich použitelností v klinické a vědecké praxi.

Za poslední desítky let zde bylo mnoho pokusů stanovit ideální definici pro polytrauma. Tento termín je napříč evropskou literaturou, zaměřenou na trauma, bohatě využíván téměř půl století, zejména je tomu tak díky jeho německému původu (4) (5) (6). Zpravidla se týká pacientů s vícečetným poraněním, z nichž některá bývají i život ohrožující. Oproti tomu v Anglo-Americké literatuře se termín téměř nevyskytuje, místo toho je zpravidla užíván termín „major trauma“ či „multiple trauma“, případně bývá tíže poranění stanovena užitím Injury Severity Score (ISS). V posledních letech však termín polytrauma začali hojně užívat vojenští lékaři v případech devastujících poranění vojáků vracejících se z Iráku a Afghánistánu. Pro tyto vojáky se zakládala první „polytrauma centra“. Termín polytrauma je tedy užíván již mnoho dekád, zpravidla je rezervován pro pacienty s poraněním více tělních systémů či dutin, které narušují fyziologický stav pacienta a potenciálně způsobují dysfunkci i neporaněných orgánů. Tito pacienti zpravidla vykazují vyšší riziko morbidit i mortality oproti jednoduchému součtu morbidit a mortalit poranění jednotlivých tělních systémů.

Ideální definice polytraumatu by měla být dobře reprodukovatelná, měla by vykazovat dostatečnou senzitivitu a specifitu, měla by být použitelná i v časně fázi resuscitace a měla by zahrnovat jak fyziologický, tak anatomický podklad polytraumatu. Současný literární svět však v definici polytraumatu není zcela jednotný. Definice se zpravidla významně liší a dají rozdělit do několika skupin:

- I. definice stanovující počet poraněných tělních či orgánových systémů
- II. definice založená na mechanismu poranění

- III. definice zahrnující následné postižení
- IV. definice zahrnující poranění, které ohrožuje život
- V. definice pomocí výše skóre ISS
- VI. kombinace IV a V
- VII. definice založená na splněných kritériích, stážování nemocných dle tíže
- VIII. definice založená na kombinaci ISS a systémových a imunitních faktorech (11)

Definice polytraumatu založená na počtu poraněných tělních orgánů nereflektuje zcela patofyziologický vývoj poranění, který může být velmi dynamický a může ovlivnit i výsledek léčby. Další definice upřesňovaly doplňující kritéria, jako nutnost provedení laparotomie, rozvoj těžkého šoku, poranění zahrnující vitálně důležitý orgán či tělesnou strukturu, díky němuž musí být pacient přijat na jednotku intenzivní péče (JIP), případně rozvoj systémové zánětlivé odpovědi (SIRS) v prvních 72 hodinách.

U pacientů s polytraumatem se očekává zpravidla vyšší riziko mortality. To je založeno na podkladě patofyziologické odpovědi traumatizovaného pacienta, která může zhoršit klinický výstup. Definice by tudíž měla pracovat s vyšším rizikem mortality a na základě správného zhodnocení by mělo být toto riziko stanovitelné individuálně pro každého pacienta. Kombinace ISS, relevantních patofyziologických faktorů a fyziologických změn se pro predikci jeví jako výhodná (12). Některá nová data ukazují, že poranění dvou tělesných systémů s hodnotou skóre AIS 2 a vyšší je lepší marker pro polytrauma, než cut off metody ISS, které mohou indikovat i vážné monotrauma (4).

Mezinárodní konsenzus v roce 2012 v Berlíně kritizoval hojně užívané definice typu polytrauma, tedy „alespoň dvě těžká poranění hlavy, hrudníku či břicha, či jedno z nich asociováno s poraněním končetiny“, nebo „dvě a více signifikantních poranění“ či „dvě a více signifikantně poraněné tělesné systémy, z nichž alespoň jedno je potenciálně život ohrožující“. Na základě několikaleté spolupráce vytvořil mezinárodní tým definici, která byla testována na základě dat z klinického výstupu, a to zejména rizika mortality 30 % a vyšší. Jedná se o poranění dvou tělesných systémů s hodnotou skóre AIS 3 a vyšší, s přidruženým alespoň jedním patofyziologickým stavem, jako je hypotenze, porucha vědomí, acidóza, koagulopatie a vyšší věk (13). Účinnost predikce této definice již byly zkoumány (12).

Tabulka 2 Kritéria a cut off hodnoty jednotlivých patofyziologických stavů (13)

patofyziologický stav	cut off hodnota
<b>hypotenze</b>	STK $\leq 90$ mm Hg
<b>porucha vědomí</b>	GCS skóre $\leq 8$
<b>acidóza</b>	deficit bazí $\leq -6,0$
<b>koagulopatie</b>	PTT $\geq 40$ s INR $\geq 1.4$
<b>věk</b>	$\geq 70$ let

## 2.3 Skórovací systémy

Skórovací systém by měl splňovat požadavky jako jsou přesnost, spolehlivost a specifická. Správně nastavený systém pak může predikovat klinický výstup (zejména mortalitu), může porovnávat terapeutické postupy, může být významný nástroj v triage nemocných v přednemocniční i nemocniční péči, může být významným nástrojem pro zlepšování kvality péče a v preventivních programech a v neposlední řadě může sloužit i jako nástroj ve výzkumu traumatických statistik.

První skórovací systém byl nalezen již na starověkém egyptském papyru a poranění byli dělení do tří kategorií: (I) může být efektivně léčen, (II) nemůže být efektivně léčen a (III) stav je okamžitě fatální. Moderní skórovací systémy vznikly v 50. letech 20. století, kdy byly užívány k objektivnímu zhodnocení poraněných při leteckých haváriích. Následný rozvoj automobilové dopravy pak způsobil další rozvoj trauma popisujících skórovacích systémů, jejich mnohé modifikace a revize s cílem zlepšit systémy natolik, aby byly schopné predikovat klinický vývoj pacienta po polytraumatu, zejména stanovit riziko mortality či riziko rozvoje multiorgánového selhání.

V roce 1971 bylo publikováno první **Abbreviated Injury Scale (AIS)**, které zahrnovalo celkem 73 základních poranění, následně rozdělených dle tíže, kdy stupeň 1 znamenal mírné a stupeň 6 fatální poranění. Zásadním nedostatkem však bylo, že systém postrádal mechanismus pro sečtení s možností uvést skóre jako jedno číslo. V roce 1974 bylo vytvořeno **Injury Severity Score (ISS)**. Částečně vycházelo z AIS, ale výstupem bylo jednočíslné stanovení tíže poranění. V roce 1980 bylo představeno skóre **Anatomic Index (AI)**, které poranění popisovalo slovně.

Žádný z těchto systémů však neobsahoval nástroj ke stanovení fyziologického stavu pacienta a jeho vývoje po poranění, pro tyto potřeby bylo vytvořeno v roce 1981 **Trauma Injury Severity Score (TRISS)**. Tato metoda přinášela možnost predikce klinického výstupu, částečně bylo umožněno predikovat i mortalitu. V 80. letech byly následně představeny další skórovací systémy zahrnující fyziologická data pacientů, a to **Revised Trauma Score (RTS)**, které využívá hodnoty **Glasgow Coma Scale (GCS)**, systémového krevního tlaku a dechové frekvence, a následně **Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE)**, které zohledňuje chronické diagnózy a akutní fyziologické skóre. V roce 1990 bylo představeno **A Severity Characterisation Of Trauma (ASCOT)**, které znamenalo spojení AIS, věku a dalších fyziologických dat do jediného číselného skóre. Tato metoda sebou přinášela příslib dalšího možného rozvoje, nebyla však nikdy přijata širší odbornou veřejností. V roce 1997 bylo představeno **New Injury Severity Score (NISS)**, které sebou přinášelo možnost predikce multiorgánového selhání po traumatu. Poslední skórovací systém byl představen v roce 2000 jako **Harborview Assessment of Risk of Mortality (HARM)**.

Skórovací systémy se tedy dají rozdělit na fyziologická (RTS, APACHE), anatomická (AIS, ISS, NISS, AP) a kombinovaná (TRISS, ASCOT).

### 2.3.1 Revised Trauma Score (RTS)

RTS bylo přestaveno v 80. letech 20. století a je jedno z nejčastěji užívaných fyziologických skór. Zahrnuje GCS (Glasgow Coma Scale), systolický krevní tlak (STK) a dechovou frekvenci (DF).

*Tabulka 3 Výpočet hodnot pro RTS*

<b>GCS</b>	<b>STK</b>	<b>DF</b>	<b>kódovací hodnota</b>
<b>13–15</b>	>89	10–29	4
<b>9–12</b>	76–89	>29	3
<b>6–8</b>	50–75	6–9	2
<b>4–5</b>	1–49	1–5	1
<b>3</b>	0	0	0

Tabulka 4 Glasgowská stupnice hloubky bezvědomí (GCS) (14).

1.	<b>Otevření očí</b>	<b>BODY</b>
	– spontánní se zachovaným zamrknáním	4
	– na oslovení	3
	– na bolestivý podnět	2
	– oči zavřeny i na bolestivý podnět	1
2.	<b>Slovní reakce</b>	
	– orientovaný, koherentní projev	5
	– zmatená, nekoherentní řeč	4
	– nesouvislá slova	3
	– neartikulovaný projev	2
	– bez hlasového projevu	1
3	<b>Motorická odpověď</b>	
	– vyhoví výzvě cíleným pohybem	6
	– cílený obranný pohyb	5
	– necílená reakce na bolest	4
	– flekční odpověď na končetinách	3
	– extenční odpověď na končetinách	2
	– bez motorické reakce	1
<b>Vyhodnocení</b>		
<b>nad 13</b>	žádná nebo lehká porucha	
<b>9–12</b>	středně závažná porucha	
<b>do 8</b>	závažná porucha	

Tyto parametry jsou kódovány od 0 do 4. RTS se vypočítá jako součet jednotlivých hodnot pro všechny tři parametry. RTS dosahuje hodnot od 0 do 12 a při skóre pod 11 je indikace pro transport do trauma centra. Zásadní limitací užití RTS na místě nehody jsou zejména rychle se měnící fyziologické parametry, u intubovaných či mechanicky ventilovaných pacientů, eventuálně u pacientů v podnapilém stavu či po požití drog může být toto skórování komplikované.

### 2.3.2 Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE)

Tento systém je široce užíván na jednotkách intenzivní péče (JIP). Byl představen v roce 1981 a krátce na to i dvě revize.

Obsahuje dvě zásadní komponenty a to (I) evaluaci stavu týkajícího se chronických diagnóz, například komorbidit typu diabetes mellitus, cirhóza, a (II) Acute Physiology Score (APS). APS se skládá z celkem 34 vážených hodnot reprezentujících zásadní tělesné systémy, a to neurologický, kardiovaskulární, respirační, renální, gastrointestinální, metabolický a hematologický.

Revize v roce 1985 APACHE II vytřídila 12 zásadních hodnot, ze kterých se skóre počítá, čímž došlo k výrazné popularizaci. Limitaci má systém zejména v oblasti traumatizovaných pacientů, kde nezohledňuje vstupní data při zahájení léčby na urgentním příjmu, skóre bylo vytvořené primárně pro netraumatizované pacienty na JIP, jejichž klinické problémy jsou zásadně odlišné proti traumatizovaným nemocným. Toto skóre přináší pohled na možný klinický vývoj pacienta.

Poslední verze APACHE III z roku 1991 nebyla mezi kliniky dobře přijata.

### 2.3.3 Abbreviated Injury Scale (AIS)

AIS je anatomický skórovací systém zabývající se popisem, není vytvořen pro predikci klinického vývoje.

Toto skóre tvoří základ ISS. Prošlo celkem šesti revizemi. Každé poranění v těle je skórováno hodnotami v rozmezí 1–6 (15).

*Tabulka 5 Skórování v rámci AIS (15).*

<b>AIS</b>	<b>Tíže poranění</b>
<b>1</b>	lehké poranění
<b>2</b>	středně těžké poranění
<b>3</b>	těžké poranění
<b>4</b>	velmi těžké poranění
<b>5</b>	kritické poranění
<b>6</b>	poranění neslučitelné se životem



Tabulka 6 AIS stupnice hodnocení pro poranění měkkých tkání (14).

<b>AIS</b>	<b>Poranění měkkých tkání</b>
<b>1</b>	– povrchní rány
<b>2</b>	– rány <10 cm; popálenina 2. a 3. st. 10–20 %
<b>3</b>	– rány >10 cm; popálenina 2. a 3. st. 20–30 %
<b>4</b>	– rány s prudkým krvácením; popálenina 2. a 3. st. 30–50 %
<b>5</b>	– popálenina 2. a 3. st. >50 %

Tabulka 7 AIS stupnice hodnocení pro poranění hlavy a krku (14).

<b>AIS</b>	<b>Poranění hlavy a krku</b>
<b>1</b>	– kontuze hlavy, zlomenina nosu bez dislokace
<b>2</b>	– otřes mozku, zlomenina lebky, obličejového skeletu a krční páteře bez dislokace
<b>3</b>	– bezvědomí >15 minut – zlomenina lebky, obličejového skeletu a krční páteře s dislokací bez poranění míchy
<b>4</b>	– neurologická symptomatologie, otevřená zlomenina lebky, poranění míšních kořenů
<b>5</b>	– bezvědomí >24 hodin, nitrolební krvácení, hypertenze – poranění míchy – obstrukce horních cest dýchacích

Tabulka 8 AIS stupnice hodnocení pro poranění hrudníku (14).

<b>AIS</b>	<b>Poranění hrudníku</b>
<b>1</b>	– kontuze hrudní stěny
<b>2</b>	– zlomenina 1–3 žeber, sterna, klíčku
<b>3</b>	– sériové zlomeniny žeber – hemothorax, PNO, ruptura bránice, kontuze plic – zlomeniny hrudních obratlů bez poranění míchy
<b>4</b>	– otevřený PNO, pneumomediastinum – paradoxní pohyb stěny – kontuze srdce, obou plic – ruptura jícnu, perikardu

	– zlomeniny hrudních obratlů s poraněním míchy
<b>5</b>	– akutní respirační insuficience – ruptura trachey, bronchů, aorty, srdce

Tabulka 9 AIS stupnice hodnocení pro poranění břicha (14).

<b>AIS</b>	<b>Poranění břicha</b>
<b>1</b>	– kontuze břišní stěny
<b>2</b>	– rozsáhlá kontuze břišní stěny
<b>3</b>	– kontuze a trhlinky břišních orgánů – extraperitoneální ruptura močového měchýře, ureteru, uretry – retroperitoneální krvácení – zlomeniny bederní páteře bez poranění míchy
<b>4</b>	– ruptura jater, sleziny, pankreatu, ledviny – intraperitoneální ruptura močového měchýře – zlomeniny bederních obratlů s poraněním míchy – těžká poranění pohlavních orgánů
<b>5</b>	– mnohočetné ruptury, perforace břišních orgánů a cév

Tabulka 10 AIS stupnice hodnocení pro poranění končetin a pánve (14).

<b>AIS</b>	<b>Poranění končetin a pánve</b>
<b>1</b>	– zhmoždění kloubů – zlomeniny prstů
<b>2</b>	– ruptury vazů velkých kloubů – zavřené jednotlivé nedislokované zlomeniny končetin – jednoduché zlomeniny pánve
<b>3</b>	– dislokované zlomeniny dlouhých kostí – otevřené zlomeniny 1. a 2. stupně – jednostranné dislokované zlomeniny pánve – luxace velkých kloubů – mnohočetné amputace prstů – amputace ruky, nohy – přerušení velkých nervů a cév
<b>4</b>	– mnohočetné zavřené zlomeniny dlouhých kostí

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– otevřené zlomeniny 2. a 3. stupně na dolních končetinách</li> <li>– oboustranné dislokované zlomeniny pánve</li> <li>– přerušování nervů a cév na stehně</li> <li>– amputace HK, DK</li> </ul>
<b>5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mnohočetné otevřené zlomeniny</li> <li>– amputace v kyčli obou DK</li> </ul>

### 2.3.4 Injury Severity Score (ISS)

ISS vychází ze skórování AIS, také se jedná o anatomický skórovací systém, který přináší celkové skóre u pacientů s polytraumatem.

Tělo je rozděleno na 6 tělních systémů – hlava, obličej, hrudník, břicho, končetiny (zahrnující i pánev) a vnější struktury. Každému poranění je přiřazeno AIS skóre a v jednotlivých systémech se počítá pouze s nejvyšším skóre. Vypočítá se druhá mocnina ze tří nejvyšších hodnot, které se sečtou.

Hodnota ISS se pohybuje v rozmezí 1–75. Limitací tohoto systému je, že počítá pouze se třemi nejtěžšími traumaty, což může způsobit podhodnocení stupně traumatu, pokud má pacient závažná poranění ve více než třech oblastech, navíc počítá pouze s nejzávažnějším poranění v rámci jednoho systému (15).

*Tabulka 11 Ukázka hodnocení traumatických změn u pacienta pomocí ISS skóre.*

<b>Oblast těla</b>	<b>AIS</b>	<b>AIS<sup>2</sup></b>
<b>měkké tkáně</b> – povrchní oděrky	1	
<b>hlava a krk</b> – otřes mozku, zlomenina mandibuly bez dislokace	2	
<b>hrudník</b> – PNO, kontuze obou plic, fr. žeber s paradoxním pohybem hrudní stěny	4	16
<b>břicho</b> – ruptura jater a sleziny s hemoperitoneem	4	16
<b>končetiny a pánev</b> – dislokovaná fraktura femuru	3	9
	<b>ISS</b>	<b>41</b>

Tabulka 12 Prognostické kategorie dle tíže poranění hodnocené ISS (14).

Kategorie poranění	ISS	Letalita v závislosti na věku	
lehké	1–10	>65 let 11 %	16–54 let 0 %
středně těžké	11–20	>65 let 18 %	15–64 let 0 %
těžké	21–30	>65 let 80 %	45–64 let 18 % 15–44 let 10 %
velmi těžké	31–40	>65 let 100 %	15–64 let 30 %
kritické	>41	>65 let 100 %	45–64 let 25 %

### 2.3.5 New Injury Severity Score (NISS)

NISS je modifikací ISS. Je definováno jako součet druhých mocnin AIS skóre tří nejtěžších poranění bez ohledu na postižený region. Tři těžká poranění se tudíž mohou počítat i z jednoho regionu (např. břicha, kde je současně poraněná slezina, játra a tenké střevo). NISS je lepší prediktor rizika mortality oproti ISS, jelikož počítá s tím, že je-li více poraněných struktur, riziko mortality vzrůstá.

### 2.3.6 Anatomic Profile (AP)

AP byl vytvořen jako odpověď na limitace ISS. AP zahrnuje všechna závažná poranění v daném tělesném regionu. Klade větší váhu zraněním v oblasti hlavy a trupu, oproti ostatním regionům. Shrnuje závažná poranění ( $AIS \geq 3$ ) do 4 kategorií.

Kategorie A zahrnuje hlavu a páteř, kategorie B hrudník a přední část krku, kategorie C zahrnuje všechna zbývající vážná poranění a kategorie D shrnuje všechna nezávažná poranění. Každá složka se vypočítá jako druhá odmocnina součtu druhých mocnin AIS všech závažných poranění v rámci každé oblasti. Region bez poranění získává nulu. Užitím regresivní analýzy je možné stanovit i pravděpodobnost přežití.

### 2.3.7 Trauma and Injury Severity Score (TRISS)

TRISS kombinuje ISS, RTS a index věku pacienta a predikuje pak přežití. TRISS nezohledňuje chronické komorbidity (např. kardiovaskulární nemoci, chronická respirační onemocnění apod.). U ventilovaných pacientů není možné stanovit RTS.

### 2.3.8 A Severity Characterisation of Trauma (ASCOT)

ASCOT kombinuje AP skóre, RTS parametry a ve finální kalkulaci zohledňuje i věk. Výhodou tohoto systému je užití AP, který lépe charakterizuje míru poranění oproti ISS. Zohledňuje také region poranění, kde poranění v oblasti krku je závažnější než poranění břicha (15).

## 2.4 Biomechanika poranění

Trauma se může dělit na nízkoenergetické a vysokoenergetické, kdy mezníkem je dopravní nehoda v rychlosti vyšší než 50 km/h a pád z výše nad 3 metry.

Poranění se objeví ve chvíli, kdy je působící energie větší, než je tolerance tkáně, na kterou tato energie působí. Přenášená energie může být kinetická, termální, chemická, radiační a elektrická. Biomechanika je věda vnitřních a vnějších sil působících na lidské tělo a výsledných efektů těchto sil. Biomechanika hraje zásadní roli v mechanismu úrazu, zejména v případě dopravních nehod.

Zásadní principy studia biomechaniky jsou (I) pochopení mechanismu poranění, (II) odhad tolerance vůči poranění, (III) definice mechanické odpovědi na trauma a (IV) vývoj více biofidelických „crash test“ figurín. V současnosti probíhá výzkum a vývoj matematických modelů na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni, které se touto problematikou zabývají. Znalost a detaily mechanismu poranění mohou poskytnout vodítka k více než 90 % poranění daného pacienta. Specifické informace, které ošetřující lékař potřebuje ke správnému pochopení biomechaniky a mechanismu poranění zahrnuje (I) typ traumatické události (dopravní nehoda, pád z výše, penetrující poranění), (II) odhadovanou sílu energie traumatického insultu (odhad rychlosti vozidla, výše pádu, kalibr a typ zbraně) a (III) objekt kolize s pacientem (auto, strom, nůž, baseballová pálka, kulka).

Základní rozdělení mechanismů poranění může být definováno jako tupá, penetrující, termální, anebo „blast“ poranění. To, jak působící energie způsobí poranění tkání, přibližují základní pohybové zákony sestavené již v 17.–18. století:

- Zákon o zachování energie – Energie nevzniká ani nezaniká, při různých dějích v přírodě se však energie přeměňuje z jednoho druhu v energii jiného druhu.
- Zákon setrvačnosti – Tělo zůstává v klidu či v rovnoměrném přímočarém pohybu, není-li nuceno vnějšími silami tento stav změnit.
- Zákon akce a reakce – Každá akce vyvolá stejně velkou reakci. Vzájemná působení dvou těles jsou vždy stejně velká a míří na opačné strany.
- Kinetická energie (KE) odpovídá násobku hmotnosti objektu a druhé mocniny jeho rychlosti násobené jednou polovinou. Zásadní důsledek tohoto poznatku je, že i při minimálním zvýšení rychlosti, se může významně zvýšit kinetická energie.
- Působící síla (F) je v klasické newtonovské mechanice pojata jako násobek hmotnosti tělesa a jeho akcelerace.
- Poranění je závislé na velikosti přenášené energie, na rychlosti jejího přenosu a zejména i na ploše, na kterou síla působí.
- Velikost, tvar a hmotnost působícího objektu (ostrý, tupý) má vliv na množství přenesené energie do tkání. (3)

#### 2.4.1 Dopravní nehody

Při dopravní nehodě dochází ke kolizi pacienta se samotným vozem, posléze, je-li ejekován mimo vozidlo, dochází ke kolizi pacienta s okolím, a to s vertikálně stojící překážkou, jako je například strom, nebo svodidla, nebo dopadne na zem. V průběhu kolize dochází k setrvačnému pohybu orgánů, které mohou být poraněné mechanismem komprese a decelerace.

Při čelním nárazu zpravidla vznikají decelerační poranění typu disrupce aorty, kontuze myokardu, fraktury obličejového skeletu a krční páteře, pneumothorax (PNO) či poranění jater a sleziny.

Při bočním nárazu se posádka ve výsledném vektoru pohybuje směrem opačným od působícího inzultu. Na poraněné působí jak síla přímého nárazu, tak decelerační síly. Řidič zpravidla utrpí levostranná poranění a spolujezdec pravostranná při nárazu z boku řidiče. Hlava při tomto typu nárazu vykonává rotaci a laterální flexi, což má za následek vzniku

poranění střížného typu, laterální komprese a distrakce. Dochází zpravidla ke kontralaterálnímu poranění krční páteře, poranění hlavy, PNO, traumatické disrupci aorty, ruptuře bránice, poranění jater, sleziny a ledviny dle strany nárazu, fraktury pánve a acetabula.

Při zadním nárazu při nižší rychlosti zpravidla nedochází k vážnějším poranění. Dojde-li k tomuto nárazu ve vysoké rychlosti, rizika poranění jsou značně vyšší, zejména není-li dostatečná opora hlavy. Vzhledem k vyšší hmotnosti torzo poraněného akceleruje rychleji než hlava, dochází tudíž k hyperextenčním poraněním krční páteře a měkkých tkání krku a poranění hlavy. Další poranění se mohou znásobit nárazem do vpředu stojícího auta.

Přetočení vozidla přes střechu a ejection osádky vozu z vozidla v mechanismu úrazu indikuje vyšší závažnost poranění, zejména se jedná o nepřipoutané pasažéry, kteří při nehodě kolidují s vnitřkem vozu, jeho výbavou i osádkou. Při ejectioni z vozu působí více mechanismů poranění, možnost těžkého zranění stoupá o více než 300 %.

Při dopravní nehodě dochází i ke kolizi orgánů o břišní a hrudní stěnu, dochází ke zraněním kompresním a deceleračním.

Pokud se torzo pohybuje vpřed vyšší rychlostí než orgány, dochází ke kompresi proti páteři a zadní thorakoabdominální stěně, typicky takto vzniká myokardiální poranění. Při reflexním nádechu a uzavřením glottis pak dochází ke kompresi a ruptuře alveolů, vzniku PNO a při zvýšení intraabdominálního tlaku dochází k ruptuře bránice.

Decelerační poranění zpravidla vznikají na rozhraní fixovaných a mobilních částí struktur. Typicky se jedná o proximální jejunum, distální ileum a proximální descendentní hrudní aorta. Pohyb mobilní části vůči fixované vyvolá střížné poranění. Tento mechanismus se podílí i na avulzi sleziny a ledvin v oblasti hilů. Stejně tak v případě poranění krční páteře. Kombinace kompresního a deceleračního poranění se objevuje i v oblasti hlavy a mozku.

Užití tříbodových bezpečnostních pásů snižuje výskyt fatálních poranění o 65–70 % a až desetkrát redukuje závažnost poranění. Airbagy nejsou náhradou bezpečnostních pásů, jsou navrženy pouze jako přídatné protektivní prvky. Zvyšující se dostupnost airbagů v autech významně snižuje četnost poranění hlavy, hrudníku a břicha, které osádka vozu utrpí zpravidla při čelním nárazu. Maximální ochrana je poskytnuta pouze v případě současného užití bezpečnostních pásů a airbagů. Jsou-li však bezpečnostní pásy užity špatně,

například jsou umístěny nad spina iliaca anterior superior, pak dochází ke kompresním poraněním slinivky, jater, sleziny, tenkých klíčků a ledvin v důsledku komprese mezi pásem a páteří, zpravidla se objevují lacerace a tupá poranění těchto orgánů, dochází také ke kompresním frakturám bederních obratlových těl a flekčně-distrakčních poranění (Chance fraktura).

Odhaduje se, že téměř 90 % nehod mezi automobilem a chodcem se objevuje při rychlosti kolem 50 km/hod. Zpravidla dochází k poranění hlavy, hrudníku a dolních končetin. Poranění, která chodec utrpí se mohou rozdělit do tří fází – v první fázi vznikají poranění při nárazu v oblasti nárazníku, kdy často dochází k poraněním dolních končetin, následuje náraz do kapoty vozidla a čelního skla, který způsobí poranění hlavy a torza, a ve třetí fázi dochází k pádu chodce na zem, kdy dochází k poranění hlavy, páteře a končetin.

Cyklisté nejsou chráněni konstrukcí vozu ani zabezpečovacími prvky. Jedinými ochrannými prvky cyklistů jsou helma, boty a protektivní oblečení. Motocyklisté, kteří jsou katapultováni vpřed, často rotují a při pádu na hrudní páteř dochází k frakturám mnoha hrudních obratlů, takto poranění motocyklisté si zpravidla stěžují na bolest mezi lopatkami. Zlomeniny pánve a dlouhých kostí jsou též časté.

#### 2.4.2 Pády z výše

Pád působí náhlou změnu síly, která působí decelerační poranění.

Při nárazu se tkáň pohybuje různou rychlostí, odlišná pohyblivost tkání pak působí disrupci. Snížením míry decelerace a zvětšením plochy rozptýlí energii a zvýší toleranci vůči deceleraci tím, že zmenší rozdíly mezi pohyblivostí jednotlivých tkání.

Další faktor je část těla, na kterou zraněný dopadne. Při pádu na nohy se energie přenáší přes axiální skelet, viscerální orgány decelerují pomaleji oproti skeletu, vzhledem k jejich ventrálnímu uložení působí následnou flexi. Při pádu na záda pacient dopadá na větší plochu, jelikož dochází ke zmenšení rozdílu v deceleraci jednotlivých tkání, zpravidla dochází k méně závažným poraněním. Při pádu na hlavu s krční páteří ve flexi se energie přenáší přes velmi malý okrsek, a to přes etáž krční páteře, kde je vrchol flexe.



### 2.4.3 Prevence poranění

Nehody a traumata se objevují ve vzorech, které jsou předvídatelné a preventabilní. Existují rizikové faktory v chování, v jedincích a v prostředí kolem nich. Ve správné kombinaci pak způsobí vytvoření řetězce událostí, který vyústí v trauma. Prevence se může rozdělit na primární, sekundární a terciární.

Primární prevence představuje eliminaci traumatu jako takového. Příkladem mohou být semaforey na křižovatkách, ochranné bariéry do oken, ploty kolem bazénů zabraňující pádům malých dětí.

Sekundární prevence připouští, že se poranění stát může, a zabývá se redukcí jeho závažnosti. Příkladem jsou bezpečnostní pásy, airbagy, helmy nebo ochranné oblečení při jízdě na kole a motorce.

Terciární prevence se pak snaží redukovat následky poté, co se traumatická událost odehraje. Jedná se o systémové trauma-plány, které zahrnují koordinaci záchranných systémů, trauma center a integraci rehabilitace ke snížení následků.

V 70. letech minulého století vznikla Haddonova matice, která popisuje přístup v podobě primární a sekundární prevence poranění. Jedná se o koncepční plán zabývající se stavem předcházející trauma, a skládá se ze tří základních faktorů, které při traumatizující události hrají hlavní roli – a to poraněné osoby, mechanismu poranění a prostředí, ve kterém se traumatizující událost stala. Všechny tyto faktory hrají svoji roli před, v průběhu i po traumatizující události. Poraněná osoba by se například před jízdou automobilem měla vyvarovat pití alkoholu, v průběhu traumatizující události by měla být připoutána a po traumatizující události by přihlížející osoby měly poskytnout první pomoc. Před dopravní nehodou by mělo být vozidlo v dobrém stavu, mělo by disponovat prvky aktivní i pasivní bezpečnosti, které by v době události i po ní měly správně ochránit prostor pro osádku vozu. V prostředí, které může být rizikové, by měla být upravena maximální povolená rychlost, pro případ nehody by měly být vozovky v kritických místech vybaveny bariérami pohlcujícími případné nárazy a mělo by být dobře dostupné pro systém integrované záchranné služby.

V rámci prevence se hovoří o čtyřech „E“ – v angličtině education, enforcement, engineering a economics (incentives). Education, čili výuka a vzdělání je základní kámen

v prevenci. Je snadno implementovatelná a sdílitelná veřejnosti. Je založeno na premise, že povědomí podporuje změnu v chování. Aby tato forma prevence fungovala, musí se cílit na správnou skupinu jedinců. Ačkoliv je to krásná teorie, v praxi následuje zpravidla zklamání. Enforcement, tedy vynucení zákony, vyhláškami, je velmi nápomocný prostředek k efektivní prevenci. Jedná se o zákonem dané povinnosti, které účastník dopravy musí dodržet – ze zákona povinné užívání bezpečnostních pásů, helem, daná maximální rychlost atp. Engineering, tedy projektování, je zpravidla v počátcích velmi nákladné, má však nejvyšší dlouhodobé benefity. Jedná se o návrhy bezpečnějších prvků do motorových vozidel, úpravu vozovek a dálnic. Zpravidla však jdou ruku v ruce s legislativou. Economics incentives, tedy ekonomické nabídky, jsou-li užity pro správný účel, mohou být velmi efektivní. Může se jednat o dotace na helmy, nebo slevy na povinném pojištění pro pojištěnce jezdících bez dopravních nehod (3).

## 2.5 Advanced Trauma Life Support®

V roce 1976 havarovalo v kukuřičném poli v Nebrasce soukromé letadlo ortopeda Dr. Jima Stynera, ve kterém letěl se svojí manželkou a čtyřmi dětmi. Manželka umřela ihned na místě, tři z jeho dětí utrpěly vážná poranění a jedno dítě utrpělo lehká poranění. Poté, co byli ošetřeni v místní nemocnici, si Dr. Styner uvědomil, jak chaotický systém přednemocniční péče byl a jak neadekvátní péče, vzhledem k tehdejším standardům, byla jeho rodině poskytnuta. Po svém uzdravení se podílel na vývoji systému péče o pacienty s traumatem – zrodil se program ATLS®.

První kurz byl pořádán v roce 1978 a od té doby se koncept tohoto systému vyvíjí, rozšířil se po celém světě a stal se standardem v péči o kriticky nemocné pacienty v rámci urgentní medicíny. Původní koncept byl vytvořen pro urgentní situace s přítomným jedním lékařem a jednou sestrou. V dnešní době je program přizpůsoben pro péči o nemocné v rámci tzv. “golden hour“, tedy v první hodině po urgentní situaci.

Program stanovuje priority v péči o kriticky nemocné, základní zásady jsou:

- Jako první se řeší stavy přímo ohrožující život.
- Indikovaná léčba se aplikuje i když ještě není stanovena definitivní diagnóza.
- K zahájení úvodní evaluace a léčby není zapotřebí znalostí detailní anamnézy.

Zhodnocení stavu pacienta se rozděluje na primární a sekundární.

## 2.5.1 Primární zhodnocení stavu

Tabulka 13 Základní pomůcka ABCDE pro zhodnocení stavu a léčbu v rámci principů ATLS.

A	Airway	<p><b>zajištění dýchacích cest, stabilizace krční páteře</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• po zhodnocení průchodnosti se ev. zajistí manuálně či instrumentálně</li> <li>• vzduchovody, obličejové masky, supraglotické pomůcky, endotracheální intubace</li> </ul>
B	Breathing	<p><b>kontrola ventilace</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• volné dýchací cesty nemusí zaručit adekvátní výměnu plynů</li> <li>• bezprostřední ohrožení stran tenzního PNO, masivního hemothoraxu (urgentní punkce, drenáž)</li> <li>• možnost RTG snímku</li> </ul>
C	Circulation	<p><b>kontrola krevního oběhu a stavění krvácení</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• krevní ztráta s následnou hypovolémií jako příčina šoku</li> <li>• zdrojem mohou být traumatické změny orgánů i zlomeniny pánve a dlouhých kostí</li> <li>• zavádí se alespoň 2 i.v. linky</li> <li>• možnost FAST vyšetření</li> </ul>
D	Disability	<p><b>kontrola neurologického stavu</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rychlé zhodnocení neurologického stavu, zpravidla GCS, reakce zornic, zhodnotit potenciální riziko poranění páteře</li> </ul>
E	Environment Exposure	<p><b>obnažení pacienta a kontrola teploty</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zcela obnažit pacienta, vyšetřit i zezadu</li> <li>• po skončení bránit podchlazení, analgezie, sedace</li> </ul>

## 2.5.2 Sekundární zhodnocení stavu

Po dokončení primárního zhodnocení následují urgentní výkony v rámci konceptu damage control surgery, pokud to stav pacienta vyžaduje. V průběhu sekundárního zhodnocení se pacient vyšetří kompletně „od hlavy k patě“, kompletuje se anamnéza a fyzikální vyšetření. Každý tělní region je kompletně vyšetřen. Zásadní je znát mechanismus úrazu, doplnit údaje

týkající se zdravotního stavu pacienta, zpravidla alergie, užívané léky, předchozí nemoci, těhotenství, poslední jídlo, pití, informace o události a prostředí, kde se úraz stal.

Indikují se doplňující vyšetření typu RTG snímků končetin, indikuje se CT vyšetření, doplňují se konziliární vyšetření (3) (16).

### 2.5.3 Úloha zobrazovacích metod

V kontextu tupého poranění není pouhé fyzikální vyšetření dostačující modalitou diagnostiky poranění viscerálních orgánů. Klinické vyšetření může být ve 20–50 % traumatických pacientů zavádějící, při poranění hlavy je adekvátní klinické vyšetření proveditelné pouze u 16 %. Zobrazovací metody proto zauímají již postavení standardní metody ve vyšetřovacím postupu pacientů s polytraumatem (17).

Přijetí pacienta s traumatem na urgentní příjem je charakterizováno přítomností multidisciplinárního týmu, jehož součástí jsou intenzivisté, anesteziologové, neurochirurgové, chirurgové, ortopedi a zejména radiolog, jehož role stále významně stoupá.

Při příjmu v primárním zhodnocení stále mohou hrát roli RTG snímky hrudníku a krční páteře, stejně tak sonografické vyšetření, tzv. FAST, focused assessment sonography for trauma. V sekundárním zhodnocení, je provedeno celotělové CT vyšetření.

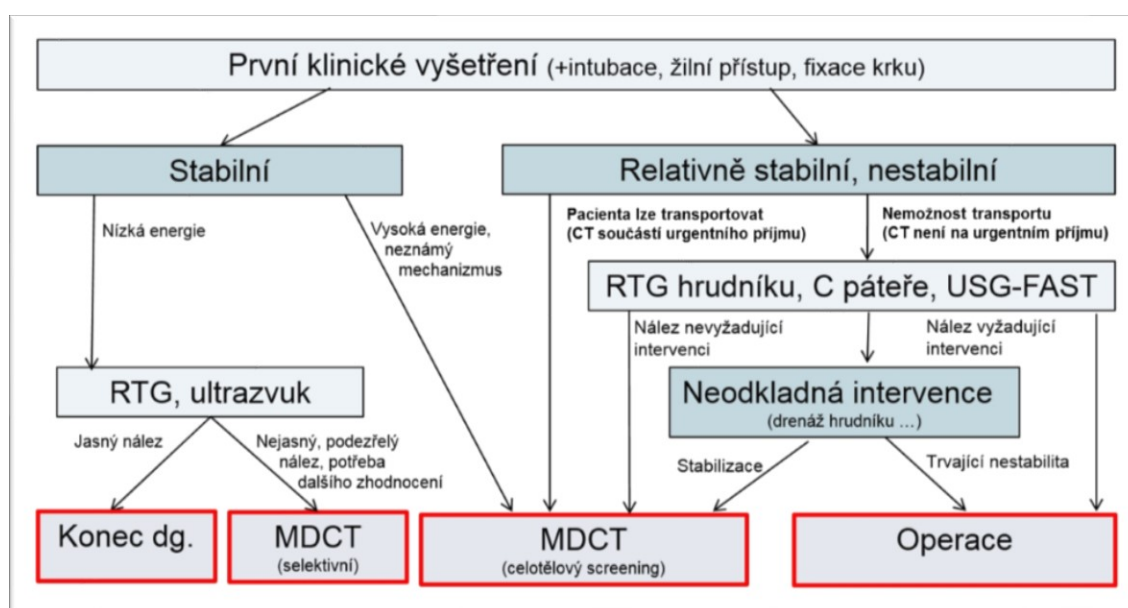
RTG snímek krční páteře je zpravidla limitován na bočnou projekci, výhoda tohoto vyšetření je zobrazení těžkých nestabilních fraktur a dislokací, nedokáže však zcela spolehlivě zobrazit jemné traumatické změny. Předozadní projekce hrudníku se může jevit důležitá ve zhodnocení poranění, jako je hemomediastinum, tenzní PNO, objemný hemothorax, vlající hrudník, subkutánní emfyzém, nedokáže však zhodnotit drobný PNO, kontuze a lacerace plic. Specifita RTG hrudníku je poměrně nízká. Rozšíření mediastina mimo hemomediastinum může způsobit mnoho jiných stavů, mezi nimiž jsou mediastinální lipomatóza, nebo vinutý průběh aorty. Traumatické léze aorty působí pouze 15 % traumaticky rozšířeného mediastina na RTG snímcích. S výhodou se provádí RTG vyšetření končetin ke zhodnocení fraktur.

Sonografické vyšetření může být jednoduché na provedení, rychlé a bezpečně proveditelné u lůžka pacienta bez nutnosti jeho transportu. Umožňuje zhodnotit přítomnost volné tekutiny v základních tělních dutinách, a to pleurálních, perikardu a peritoneální dutině (v hepatorenální fosse, splenorenálním recessu a v pánvi v cavum Douglasi) v rámci FAST.

Detekce poranění jater, sleziny a ledvin v akutní fázi je však omezená (18). Zásadní význam užití FAST je ten, že lze aplikovat bez ohledu na hemodynamickou stabilitu pacienta. Toto vyšetření nahradilo peritoneální laváž a je zpravidla prvním krokem v radiologickém hodnocení. Odpovídá na zásadní otázku nutnosti indikace urgentní laparotomie u hemodynamicky nestabilních pacientů. Udávaná senzitivita na průkaz volné tekutiny v peritoneální dutině se pohybuje v rozmezí 63 a 96 %. Senzitivita na průkaz poranění parenchymových orgánů se liší dle jednotlivých studií a pohybuje se v rozmezí 41 až 90 % (17).

U hemodynamicky stabilních pacientů je metodou volby CT vyšetření. Za poslední léta prodělala technika CT vyšetření zásadní vývoj, v dnešní době se tak CT vyšetření stalo téměř rutinní záležitostí. Lze totiž velmi dobře zjistit mimo jiné jak poranění parenchymových orgánů, tak cévních struktur. Metaanalýza z roku 2017 prokázala, že zařazení celotělového CT vyšetření do základní diagnostiky pacientů s polytraumatem bylo asociováno s nižší celkovou i 24hodinovou mortalitou (19). Pacienti díky této metodě tráví méně času na urgentním příjmu, v nemocnici i na jednotce intenzivní péče. Celotělové CT také umožňuje rychlou diagnostiku, která znamená včasnou léčbu a snížení trvalých následků. Zásadní výhody užití CT vyšetření jsou rychlost, možnost skenovat velký objem tělesné tkáně naráz a rychlý výpočet dat. CT vyšetření v rámci managementu pacientů s polytraumatem, zejména v případě „metastabilních“ pacientů se ukázalo být výhodné (20).

Obrázek 2 Schéma indikace vyšetřovacích metod v závislosti na hemodynamické stabilitě pacienta (21).



## 2.6 Patofyziologie polytraumatu

### 2.6.1 Mortalita

Celková mortalita v důsledku polytraumatu se pohybuje mezi 4 až 20 % (18).

*Tabulka 14 Rozdělení celkové mortality do jednotlivých příčin (22).*

<b>Rozdělení celkové mortality</b>	
<b>50 %</b>	cerebrovaskulární poranění
<b>17 %</b>	poranění srdce a aorty
<b>12 %</b>	hemoragie
<b>10 %</b>	sepsy
<b>6 %</b>	poranění plic
<b>3 %</b>	popáleniny
<b>2 %</b>	poranění jater

Jednotlivé příčiny úmrtí se liší dle časové souslednosti od traumatické události. V průběhu první hodiny se jedná o okamžitá úmrtí, zpravidla k nim dochází na místě nehody, nebo v průběhu prvních 60 minut, ještě před přijetím na urgentní příjem umírá až 53–69 % pacientů (23). Velice často, až v 45 %, se jedná o ireverzibilní poranění mozku, ve 35 % pak o poranění srdce, aorty, jater či plic, případně fraktury pánve, kdy dochází k výrazné krevní ztrátě.

Časná úmrtí, která nastávají v rozmezí 1.–4. hodiny po traumatizující události na urgentním příjmu či operačním sále, mají zpravidla podobné příčiny jako předchozí skupina a v jejich důsledku umírá 6–40 % pacientů (23).

Pozdní úmrtí se se mohou objevit téměř až po týdnů (18) (23). Pozdní úmrtnost až 30 % zahrnuje komplikace při infekci, sepsi, akutní respirační distres syndrom, sekundární poškození mozku a multiorgánové selhání (22). V důsledku infekce a multiorgánového selhání umírá v této fázi až 80 % pacientů, zpravidla po prvních 7 dnech (22).

### 2.6.2 Shrnutí patofyziologických mechanismů při změnách funkcí orgánů

Přímé či nepřímé mechanické síly působí poranění orgánů a měkkých tkání ev. fraktury skeletu. V důsledku kontuze, lacerace měkkých tkání a následné hypoxie a hypotenze jsou spuštěny lokální a systémové reakce poraněného, které zachovávají imunní integritu

a stimulují reparativní mechanismy. Systémová zánětlivá odpověď neboli systemic inflammatory response syndrome (SIRS) byl definován v roce 1991 jako systémová zánětlivá odpověď organismu, při níž musí být splněny minimálně dva ze čtyř klinických parametrů. Je charakterizována lokální a systémovou produkcí a uvolněním mediátorů, a to prozánětlivých cytokinů, faktorů komplementu, proteinů kontaktní fáze a koagulačního systému, proteinů akutní fáze, neuroendokrinních mediátorů a akumulací imunokompetentních buněk v místě poškození tkáně. SIRS je nadále podporována sekundárními faktory jako ischemie a re-perfúze, chirurgický výkon či infekce (tzv. two-hit teorie). Současně je však spuštěna i kompenzatorní protizánětlivá kaskáda neboli compensatory anti-inflammatory response syndrome (CARS), v jehož důsledku jsou produkovány protizánětlivé mediátory. Nerovnováha mezi těmito imunitními odpověďmi má za následek vypuštění pro- i protizánětlivých mediátorů, což se zdá být přímo odpovědné za vzniklou dysfunkci orgánů a zvýšenou náchylnost k infekcím a vzniku sepse. Poranění endoteliálních buněk, akumulace leukocytů a DIC s dysfunkcí mikrocirkulace vede k apoptóze a nekróze parenchymových buněk s rozvojem multiorgánové dysfunkce neboli multiple organ dysfunction (MODS) anebo multiorgánovému selhání neboli multiple organ failure (MOF).

*Tabulka 15 Příklady endogenních mediátorů.*

<b>Prozánětlivé mediátory</b>	<b>Protizánětlivé mediátory</b>
TNF- $\alpha$	solubilní receptor pro TNF- $\alpha$
IL-1, IL-6, IL-8, IL-12	IL-2, IL-4, IL-10, IL-11, IL-13
INF- $\gamma$	kortizol
NO	katecholaminy
leukotrieny	buněčné růstové faktory
tromboxan TXA <sub>2</sub>	endogenní systém antioxidační ochrany
prostaglandiny	
histamin	
bradykinin	
reaktivní formy kyslíku	

### 2.6.3 Two-hit teorie

Two-hit teorie neboli teorie dvojího úderu, je komplexní kaskáda obranné odpovědi organismu, která je stimulována jak primárním traumatem, tak sekundárním poškozením.

Primárním traumatem se rozumí prvotní poškození orgánu, měkké tkáně, či skeletu s lokálním poškozením a aktivací SIRS. Sekundární faktory se dají rozdělit na endogenní (potíže s dýcháním a hypoxie, opakovaná kardiovaskulární nestabilita, metabolická acidóza, ischemie a reperfúze, neodstraněná nekrotická tkáň, kontaminace katétru, či infekce) a exogenní (chirurgické zákroky s těžkým poraněním tkáně, hypotermií či ztrátou krve, neadekvátní či opožděnou chirurgickou péčí po přehlédnutí poranění).

Systemová hypoxemie a hypotenze během resuscitační periody po traumatu, stejně jako lokální hypoperfúze při kontuzi, laceraci, vaskulárním poranění či v důsledku kompartment syndromu, vede k deficitu kyslíku v endoteliálních, parenchymových a imunokompetentních buňkách. Částečně je tento deficit kompenzován intracelulární degradací adenosintrifosfátu (ATP) na adenosindifosfát (ADP) a adenosinmonofosfát (AMP), což ovšem narušuje permeabilitu membrány při snížení energetické zásobárny pro ATP-dependentní Na/K pumpu. Její snížená funkce má za následek zvýšení intracelulární koncentrace  $\text{Na}^+$  s edémem buňky. Nedostatek ATP má za následek i zvýšení cytosolické koncentrace  $\text{Ca}^{2+}$  s metabolickými následky v metabolismu glukózy, bílkovin, uvolňování neurotransmiterů, hormonů, v aktivaci fosfolipáz, proteáz a endonukleáz s desintegrací membrány a porušením DNA. Ireverzibilní porušení tkání, apoptóza a nekróza způsobená energetickým deficitem je však pozorována pouze u dlouhotrvajícího hemoragického šoku či nepoznaném poranění cév.

Důležitý sekundární mechanismus poškození tkání je reperfúzní fáze. V post-ischemické fázi dochází k degradaci hypoxanthinu na konečný produkt močovou kyselinu, která má za následek tvorbu volných kyslíkových radikálů. Tyto kyslíkové radikály způsobují narušení intracelulární homeostázy  $\text{Ca}^{2+}$ , indukují peroxidaci lipidů, dezintegrují membrány a poškozují DNA.

MODS a MOF jsou asociovány s ireverzibilním poškozením orgánů a vysokou mortalitou. Jsou výsledkem přemíry primárních a sekundárních inzultů působících na organismus s nerovnováhou pro – a protizánětlivých mechanismů. Dochází ke konzumpci přirozených protektivních faktorů jako jsou inhibitory proteáz a antioxidanty. Dochází



k porušení endotelu, k jeho dysfunkci se zvýšením jeho permeability, je porušena mikrocirkulace s rozvojem buněčné hypoxie s apoptózou či nekrotózou parenchymových buněk.

MODS může být klasifikován jako primární čili časný, což je například primární mozkový edém po traumatu hlavy, nebo primární ARDS po poranění hrudníku, a dále sekundární čili pozdní, který se může lišit podle postižených orgánů. K hodnocení míry postižení slouží různá skóre – MOF skóre (Gorisovo), MODS skóre (Marshallovo) nebo SOFA skóre. Skórovací systémy popisují dysfunkci sedmi systémů: respiračního, kardiovaskulárního, renálního, jaterního, gastrointestinálního, hematologického a CNS.

#### 2.6.4 Změny funkcí orgánů

Nejvyšší incidence ve vzniku SIRS je pozorována u izolovaných či kombinovaných těžkých kraniocerebrálních poranění. Primární fokální či difúzní a sekundární poškození mozku zahrnuje ischemii, reperfúzi, edém mozku či intrakraniální hypertenzi a rozhoduje o mortalitě a incidenci a těžkosti post-traumatických komplikací. CNS je historicky definován jako imunologicky privilegovaný orgán, je separován od periferní cirkulace hematoencefalickou bariérou (HEB), nicméně mnohé studie prokázaly, že mozek zde jedná jako cílový i efektorový orgán. Gliální buňky, astrocyty a neurony jsou potenciálními producenty pro- a protizánětlivých mediátorů a zároveň jejich receptory, což vede k lokálnímu poškození tkání a systémové odpovědi. Systémové mediátory produkované periferním imunitním systémem, endoteliálními buňkami a buňkami parenchymových orgánů ovlivňují integritu HEB, což vede ke vzájemné komunikaci těchto systémů. Primární epidurální hematom či mozkový edém, stejně tak post-traumatický sekundární edém, který je způsobený lokálními a systémovými zánětlivými procesy jsou odpovědné za rozvoj kompartment syndromu, který je bez intervence smrtelný.

Poranění hrudníku s mnohočetnými frakturami žeber, lacerací a kontuzemi plic jsou zpravidla komplikovány lokální i systémovou zánětlivou odpovědí s či bez manifestace pneumonie, akutním poraněním plic či akutním respiračním distres syndromem.

Poranění břišních orgánů (játra, slezina, poranění cév) zapříčiňuje hemoragický šok, resp. působí aseptickou či septickou peritonitis (pankreas či poranění dutých orgánů). Těžké nitrobřišní či retroperitoneální krvácení po vaskulárním, renálním poranění či poranění

pánve, stejně tak SIRS u septických pacientů může vést k abdominálnímu kompartment syndromu se systémovými komplikacemi.

Poranění měkkých tkání končetin, je zejména u pacientů s hemoragickým šokem, komplikováno sníženou perfúzí s vysokým rizikem rozvoje ischemie, reperfúze a sekundární infekcí. Těžké poranění svalů navíc může predisponovat k rozvoji kompartment syndromu s rozvojem nekrózy svalů, rhabdomyolýzou a rozvojem crush ledviny, tedy akutního renálního selhání.

Fraktury femuru, mnohočetné fraktury dlouhých kostí a nestabilní fraktury pánve jsou charakterizované vysokou krevní ztrátou a přispívají k zánětlivé aktivitě. Hrozí navíc tuková embolizace, což je nečastý klinický následek s typickou trias – respiračním distresem, mentálními změnami a vznikem petechií, zpravidla 24–48 hodin po poranění.

Incidence septických komplikací se v průběhu posledních dekad zvýšila. Zavřené rány s rozsáhlým poraněním měkkých tkání, otevřené rány a fraktury jsou vstupní branou mikroorganismů. Centrální žilní katétry, endotracheální trubice, drény hrudníku a permanentní močové katetry jsou často kontaminované a zvyšují riziko infekce u těžce poraněných pacientů. Nejčastější důvody sepse u takto poraněných pacientů jsou zpravidla nosokomiální pneumonie, katérové infekce, nitrobrišní infekce či infekce ran. Navíc ischemické léze GITu po hemoragickém šoku mohou být příčinou translokace bakterií do cirkulace (24).

## 2.7 Terapeutické strategie u pacientů s polytraumatem

Koncept damage control surgery (DCS) byl poprvé popsán v 80. letech 20. století a dále zpopularizován v 90. letech. Koncept zahrnuje tři základní fáze, a to (I) iniciální kontrola život ohrožujícího krvácení a kontaminace následovaná ošetřením a uzavřením ran, (II) další resuscitace a stabilizace na jednotce intenzivní péče 24–48 hodin k nastavení normálních fyziologických parametrů a (III) re-explorativní a definitivní operace.

V rámci konceptu je snaha vyhnout se deterioraci metabolického stavu pacienta, které může vyvolat letální triáda hypotermie, koagulopatie a acidóza. Pacient s traumatem, absolvující dlouhotrvající chirurgickou operaci se může do tohoto nebezpečného metabolického stavu dostat, což výrazně zvyšuje mortalitu. Hypotermie souvisí s  $\alpha$ -adrenergní stimulací a zhoršením vazokonstrikce, která dále prohloubí hypoperfúzi orgánů,

což vede k další podpoře acidózy. Hypotermie a acidóza v kombinaci s konzumpcí srážecích faktorů, dilucí a selháním dodání srážecích faktorů vede ke koagulopatii. Akutní traumatická koagulopatie, kterou spouští kombinace šokového stavu a hypoperfuze tkání, se může objevit až u  $\frac{1}{3}$  pacientů s polytraumatem, a to vyvolaná endogenně ještě před zahájením resuscitace.

Běžná kritéria pro užití konceptu DCS jsou (I) tupé poranění břicha vysokoenergetickým mechanismem, vícečetné penetrující poranění a hemodynamická nestabilita, (II) poranění velkých cév břicha či hrudníku, vícečetné viscerální poranění a těžké kraniocerebrální poranění, (III) těžká metabolická acidóza s  $\text{pH} \leq 7,3$ , hypotermie  $\leq 35^\circ$ , resuscitace a operace nad 90 minut, koagulopatie a masivní transfúze  $>10$  jednotek, (IV) pokračující krvácení z ran po debridementu, hepatektomii a ligaci cév, (V) extenzivní lacerace parenchymu orgánů, zvětšující se subkapsulární hematom a (VI) nekontrolovatelné krvácení během operace.

Poté co byl pacient adekvátně resuscitován, byla mu korigována hypotermie, acidóza a koagulopatie, mohou být provedeny definitivní operace. Odstraňují se tamponády, definitivně se řeší eventuální pokračující krvácení, únik žluči, při nálezu neviabilní tkáně se provádí debridement, provádí se definitivní anastomózy a stomie (25) (26) (27) (28).

### 3 TRAUMACENTRA V ČESKÉ REPUBLICE

Traumacentra jsou ve smyslu § 112 zákona č. 372/2011., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování, ve znění pozdějších předpisů, Centrem vysoce specializované traumatologické péče, které zajišťuje komplexní diagnostickou a léčebnou péči o triáž pozitivní pacienty a pacienty s těžkými úrazy. Seznam poskytovatelů zdravotních služeb, kterým byl tento statut udělen je uveřejněn ve Věstníku MZ č. 3 ze dne 8.2.2016, jedná se o 12 traumatologických center pro dospělé a 8 traumatologických center pro děti (29).

*Tabulka 16 Přehled traumacenter v České republice (29).*

<b>Centra vysoce specializované traumatologické péče pro dospělé</b>	<b>Centra vysoce specializované traumatologické péče pro děti</b>
Nemocnice České Budějovice, a.s.	Nemocnice České Budějovice, a.s.
Fakultní nemocnice Brno	Fakultní nemocnice Brno
Fakultní nemocnice Plzeň	Fakultní nemocnice Plzeň
Fakultní nemocnice Hradec Králové	Fakultní nemocnice Hradec Králové
Fakultní nemocnice v Motole	Fakultní nemocnice v Motole
Fakultní nemocnice Olomouc	Thomayerova nemocnice Praha
Fakultní nemocnice Ostrava	Fakultní nemocnice Ostrava
Krajská zdravotní, a.s. – Masarykova Nemocnice v Ústí nad Labem, o.z.	Krajská zdravotní, a.s. – Masarykova Nemocnice v Ústí nad Labem, o.z.
Krajská nemocnice Liberec	
Ústřední vojenská nemocnice – Vojenská fakultní nemocnice	
Fakultní nemocnice Královské Vinohrady	
Krajská nemocnice T. Bati, a.s.	

V roce 2018 proběhlo dotazníkové šetření v rámci polytraumat ohledně vyšetřování pacientů s polytraumatem (30).

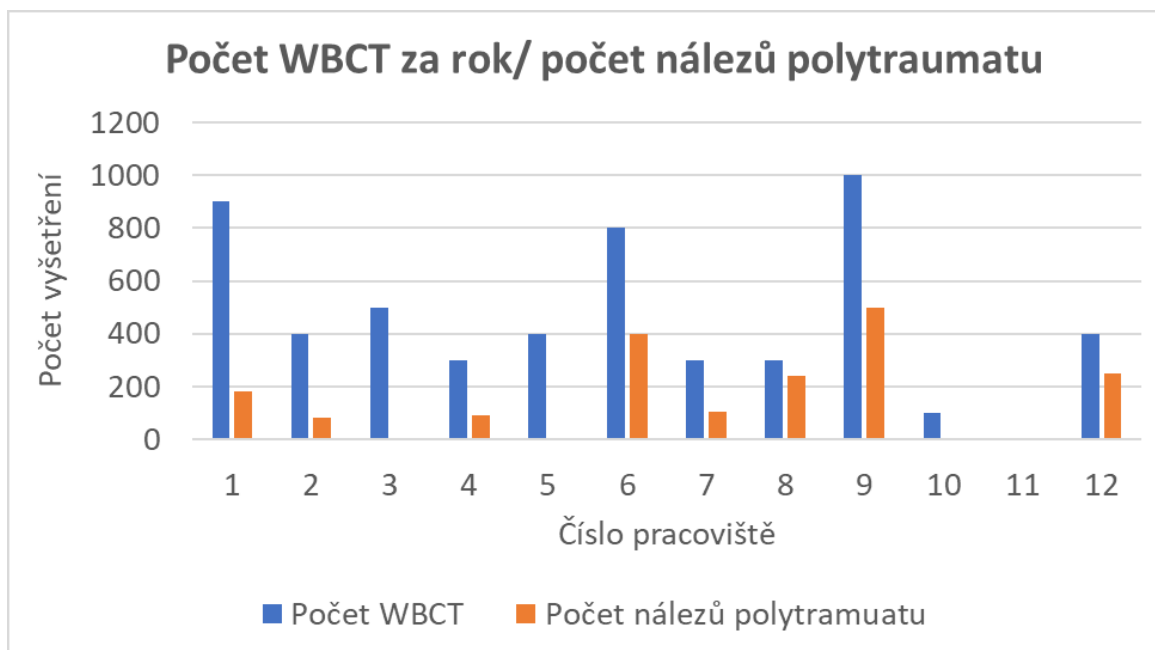
*Tabulka 17 Souhrn otázek v dotazníkovém šetření, použito se souhlasem autora (30).*

Ultrazvukové FAST vyšetření u vás provádí radiolog či intenzivista?
Je-li pozitivní FAST vyšetření u nestabilního pacienta, provádí se u něj také CT vyšetření polytraumatickým protokolem?

Kolik pacientů vyšetříte ročně polytraumatickým protokolem? Zhruba kolik z nich jsou skutečně polytraumatizovaní pacienti?
Používáte v rámci oddělení standardizovaný polytraumatický CT protokol?
Pokud ano, jak vypadá?
Jakou koncentraci i.v. kontrastní látky při tomto CT vyšetření používáte?
Jak stanovujete množství kontrastní látky podané i.v. při CT polytraumatu?
Kolikrát je vyšetření čteno radiologem?
Je-li provedeno více než jedno čtení, jaký je mezi jednotlivými čteními obvykle odstup?
Máte stanovenou dobu, do které musí být vypracován definitivní popis?
Jak dlouho trvá vypracování definitivního popisu?
Dostane při odchodu z CT vyšetřovny lékař doprovázející pacienta nějakou informaci o nálezů?
Pokud ano, jakou formou je tato informace podána?
Používáte standardizovaný (ale ne strukturovaný) popis vyšetření? Pokud ano, kolik radiologů mu dává přednost?
Používáte strukturovaný popis vyšetření (tabulku se zaškrťováním předepsaných nálezů, případně s možností komentáře)? Pokud jen někdo, kolik radiologů mu dává přednost?
Pokud strukturovaný popis používáte, jaká byla odezva kliniků na jeho zavedení?
Pokud strukturovaný popis nepoužíváte, z jakého je to důvodu?

FAST vyšetření provádí v 9/12 případech radiolog, po pozitivním FAST pak zpravidla elektivně následuje celotělové CT vyšetření (v 7/12), eventuálně indikace akutní laparotomie a převoz na operační sál. Dle údajů zjištěných dotazníkem je zpravidla polytraumatickým protokolem vyšetřeno 100–1000 pacientů dle traumacentra, diagnózu polytrauma lze však na základě zjištěných nálezů vyslovit pouze u 20–80 % pacientů.

Graf 1 Počet provedených celotělových CT vyšetření (WBCT) v jednotlivých polytraumatech s poměrem pacientů se zjištěným polytraumatem (30).



Velkým tématem diskuzí je užívaný polytrauma protokol s podáním kontrastní látky, na způsob vyšetření nemají jednotlivá traumacentra jednotný názor. V  $\frac{1}{3}$  traumacenter užívají protokol multifázový, tedy vyšetření pacienta v arteriální a venózní fázi. V další  $\frac{1}{3}$  užívají protokol monofázový, kdy se podá jednofázově bolus kontrastní látky a posléze je pacient vyšetřen v jedné fázi a v další  $\frac{1}{3}$  užívají techniku děleného bolusu, tedy tzv. split bolus, kdy se kontrastní látka podává vícefázově.

Liší se i koncentrace užívané kontrastní látky, kdy 7/12 užívá kontrastní látku o koncentraci 400 mgI/ml, 3/12 užívají 370 mgI/ml, 4/12 užívají 350 mgI/ml, 2/12 užívají 320 mgI/ml a 1/12 užívá 300 mgI/ml. Dávkování kontrastní látky je také značně individuální. 5/12 traumacenter užívá jednotnou dávku, zbylá traumacentra objem kontrastní látky stanovují dle hmotnosti a habitu pacienta.

V 10/12 traumacenter probíhá pouze jedno čtení CT vyšetření, ve 2/12 probíhá dvakrát. Předběžné informace o stavu pacienta sděluje radiolog doprovázejícímu lékaři zpravidla ústně. Definitivní popis je zpravidla vyhotoven neodkladně, maximálně do 1 hodiny od provedení vyšetření. Standardizovaný popis je užíván pouze v 5/12 traumacenter, strukturovaný popis v současné době neuvžívá žádné z traumacenter (30).

## 4 CT VYŠETŘENÍ U PACIENTŮ S POLYTRAUMATEM

V urgentní i neurgentní diagnostice je možné využít dvojfázové CT vyšetření – arteriální fáze umožňuje zhodnotit cévy a venózní fáze parenchymové orgány. Při urgentním vyšetření je však nutné pacienta rychle vyšetřit a rychle zhodnotit získaná data, v takovém případě se jeví jako výhodnější jednofázové vyšetření. Abychom však dosáhli dostatečné diagnostické kvality zobrazení jak cévních struktur, tak parenchymových orgánů, je nutné upravit podání kontrastní látky (KL). Při jednofázovém podání bolusu KL lze dosáhnout pouze kvalitního zobrazení tepen, nebo kvalitního zobrazení žil a parenchymových orgánů. Při podání vícefázového bolusu KL, tzv. technikou děleného bolusu neboli split-bolus (SB), lze dosáhnout kvalitního zobrazení, které má v jedné sadě dat kvality vyšetření jak arteriální, tak venózní fáze.

V současnosti naše CT pracoviště, které je součástí Urgentního příjmu, užívá polytrauma protokol zahrnující nativní CT hlavy a krční páteře s horními končetinami položenými podél těla, následně, dovoluje-li to stav pacienta, jejich přemístění podél hlavy a provedení postkontrastního jednofázového vyšetření od báze lební pod symfýzu s technikou SB. Na našem pracovišti zkoumáme možnosti optimalizace tohoto protokolu, aby splňoval optimální diagnostickou kvalitu za podání takového objemu KL, který se výrazněji neliší od dvoufázového vyšetření. Zásadní výhodou tohoto protokolu je kratší doba akvizice dat, menší množství řezů, které lékař zhodnotí rychleji, a také samozřejmě nižší radiační zátěž.

### 4.1 Historie techniky split-bolus

Dohledatelných článků zabývajících se technikou podání kontrastní látky split-bolus u těžce poraněných pacientů je velice málo. Jako první přišel s tímto protokolem Loupatatzis a spol. v roce 2008 (31), který v článku hodnotil třífázové podání kontrastní látky proti konvenčnímu protokolu. Tato technika pracovala s kontrastní látkou o koncentraci 300 mgI/ml a objemu kolem 150 ml. Skládala se z úvodního podání 70 ml KL rychlostí 3 ml/s, následovalo podání 1 ml KL rychlostí 0,1 ml/s a 75 ml KL rychlostí 4 ml/s se záplachem fyziologickým roztokem. Akvizice dat začala 50 sekund od začátku podávání kontrastní látky.

Následoval protokol představený Ngueyem a spol. v roce 2009 (32), který pracoval s KL o shodné koncentraci i objemu, ale bolusy rozdělil na 90 ml KL rychlostí 6 ml/s následovaný bolusem 60 ml KL rychlostí 4 ml/s, práh pro začátek skenování bylo 100 HU.

V roce 2013 byl představen protokol s menším objemem KL na 130 ml Iomeprolu o koncentraci 350 mgI/ml (33). Po úvodním podání 80 ml KL rychlostí 3 ml/s následovala pauza 13 sekund, která umožnila nasycení břišních orgánů, poté bylo aplikováno 50 ml KL rychlostí 4 ml/s se záplachem FR 30 ml stejnou rychlostí, skenování bylo zahájeno 75 s od začátku podávání KL.

V roce 2014 (34) došlo k dalšímu snížení objemu užívané kontrastní látky a to na 120 ml se zachováním koncentrace 350 mgI/ml. V tomto protokolu byl opět nastaven fixní start akvizice dat po 60 sekundách od počátku podávání KL. V úvodu bylo podáno 80 ml KL rychlostí 4 ml/s následované záplachem FR, 20 sekund před startem pak bylo podáno 40 ml KL rychlostí 5 ml/s se záplachem FR.

Ten samý rok přišel s dalším protokolem Stedman, který mimo jiné hodnotil i heterogenitu parenchymu sleziny. Duální bolus kontrastní látky o koncentraci 370 mgI/ml a objemu 140 ml bylo rozděleno do bolusů po 70 ml, první byl podán rychlostí 3 ml/s a po pauze 20 sekund byl podán bolus rychlostí 4 ml/s. Akvizice dat byla spouštěna 75 sekund od začátku podávání kontrastní látky (35).

V roce 2015 přišla s druhou edicí svých doporučení při vyšetřování těžce poraněných pacientů The Royal College of Radiologists, Královská společnost radiologů v Londýně. Jimi doporučovaný protokol pracuje se 150 ml KL, kdy se začíná 62 ml KL rychlostí 2 ml/s, následuje pauza 10 sekund a poté 85 ml KL rychlostí 3,5 ml/s se záplachem 30 ml FR stejnou rychlostí. Akvizice dat začíná 77 sekund po začátku podávání KL, začíná tedy těsně po dokončení aplikace. Tento protokol byl implementován Leungem et. spol (36) v roce 2015, kdy zkoumal významné snížení radiační zátěže až o 43 % při užití techniky split-bolus oproti konvenčnímu dvojfázovému vyšetření.

Na tento protokol v roce 2016 reagoval Scialpi (37), kdy uvedl, že 65 ml není pro nasycení zejména jaterního parenchymu dostačující a navrhnul jimi standardně užívaný protokol zahrnující váhu pacienta do výpočtu výsledného podaného objemu kontrastní látky. První bolus pracoval s kontrastní látkou o objemu  $1,2 \text{ ml} \times \text{váha pacienta v Kg}$  podanou



rychlostí 1,5–2 ml/s následovaným fixním bolusem 60 ml KL rychlostí 3,5 ml/s s nastaveným prahem pro začátek skenování na 500 HU. Tento protokol však neuvažuje o obézních pacientech vážících kolem 120 Kg a již neudává maximální hodnotu prvního bolusu kontrastní látky. V případě takto obézního pacienta by úvodní bolus přesahoval nemyslitelných 250 ml.

Protokol z roku 2017 (38) pracuje s kontrastní látkou o objemu 140 ml a koncentraci 350 mgI/ml, při akvizici byl užíván přístroj Toshiba Aquilion ONE, 320řadý detektor. Po úvodní aplikaci 80 ml KL rychlostí 4 ml/s následovala pauza 20 s a podání 60 ml KL a 50 ml FR stejnou rychlostí, akvizice dat je spuštěna manuálně po překročení prahu 180 HU.

Poslední komparativní studie z roku 2018 (39) pracovala s třemi bolusy KL o celkovém objemu 175 ml s fixním zpožděním 85 sekund od počátku podávání.

Porovnání jednotlivých protokolů a dosažených udávaných denzit zpravidla v aortě (hrudní a břišní), pánevních tepnách, v portě a v parenchymatózních orgánech – játrech, slezině a kůře ledvin ukazuje následující tabulka.

*Tabulka 18 Porovnání udávaných hodnot denzit v referenčních oblastech mezi jednotlivými protokoly.*

[HU]	<i>Loupatatzis</i>	<i>Nguyen</i>	<i>Yaniv</i>	<i>Siering</i>	<i>Leung</i>	<i>Marovic</i>
<i>aorta hrudní</i>	272 ±70,7		217 ±15,8	275,9 ±74,4		
<i>aorta břišní</i>	232 ±68,9		208,8 ±15	241,4 ±81,4	269,8 ±18,8	325 (139–466)
<i>pánevní tepny</i>	226,4 ±69,3		209,2 ±15,3			
<i>portální žíla</i>	184,5 ±33,4			155,5 ±33,2	246,1 ±16,3	193 (133–283)
<i>játra</i>	101,7 ±16,9	113 ±23	109,9 ±5,6	78 ±18,8		
<i>slezina</i>	144 ±19,6	120 ±22	131,2 ±6,1	120,4 ±24,8		
<i>kůra ledvin</i>	200,6 ±40,2	183 ±40	205 ±9,6	177,2 ±40,4		

Tabulka 19 Schematické znázornění jednotlivých protokolů 1. část

<i>Loupatatzis</i>	<i>Nguyen</i>	<i>Yaniv</i>	<i>Siering</i>	<i>Stedman</i>
150 ml KL	150 ml KL	130 ml KL	120 ml KL	140 ml KL
300 mgI/ml	300 mgI/ml	350 mgI/ml	350 mgI/ml	370 mgI/ml
70 ml KL 3 ml/s	90 ml KL 6 ml/s	80 ml KL 3 ml/s	80 ml KL 4 ml/s	70 ml KL 3 ml/s
1 ml KL 0,1 ml/s	-	pauza 13 sekund	záplach FR pauza	pauza 20 sekund
75 ml KL 4 ml/s	60 ml KL 4 ml/s	50 ml KL 4 ml/s	40 ml KL 5 ml/s	70 ml KL 4 ml/s
		FR 30 ml	záplach FR	
50 s od začátku podávání KL	monitoring práh 100 HU	75 s od začátku podávání KL	60 s od začátku podávání KL	75 s od začátku podávání KL

Tabulka 20 Schematické znázornění jednotlivých protokolů 2. část

<i>RCR, Leung</i>	<i>Scialpi</i>	<i>Marovic</i>	<i>Godt</i>
150 ml KL		140 ml KL	175 ml KL
340 mgI/ml		350 mgI/ml	
62 ml KL 2 ml/s	1,2 × váha (ml KL)	80 ml KL 4 ml/s	
pauza 10 sekund	-	pauza 20 sekund	
85 ml KL 3,5 ml/s	60 ml KL 3,5 ml/s	60 ml KL	
FR 30 ml		FR 50 ml	
77 s od začátku podávání KL	monitoring práh 500 HU	manuální start práh 180 HU	

## 5 CÍLE PRÁCE

V následující praktické části jsem se zaměřila na pacienty vyšetřené polytrauma protokolem, kteří byli přivezeni na urgentní příjem, na ortopedickou úrazovou ambulanci, nebo na ambulanci chirurgické kliniky.

### **Cíl 1:**

Vytvořit diagnosticky kvalitní protokol užívající techniku split-bolus podání kontrastní látky u pacientů s polytraumatem a jeho zařazení do běžného provozu.

### **Cíl 2:**

Srovnat protokol split-bolus s jednofázovým postkontrastním vyšetřením po jednofázovém podání bolusu kontrastní látky a s dvoufázovým postkontrastním vyšetřením po jednofázovém podání bolusu kontrastní látky.

### **Cíl 3:**

Posoudit míru snížení radiační zátěže u pacientů vyšetřených jednofázově oproti pacientům vyšetřeným dvoufázově.

## 6 METODIKA

### 6.1 Metodika podávání kontrastní látky

Pacienti s polytraumatem byli rozděleni celkem do osmi skupin, a to A až H. Všichni pacienti absolvovali nativní vyšetření hlavy a krční páteře s pažemi podél těla. Poté byli vyšetřeni postkontrastním vyšetřením v rozsahu od báze lební po symfýzu, podle možností zpravidla s pažemi podél hlavy. Jedinou výjimku v udávaném vyšetřovaném rozsahu tvoří několik pacientů ze skupiny B, kde většina pacientů byla vyšetřena od nadklíčků po symfýzu, bez zachycení vnitřních krkavic.

Skupina A je brána jako kontrolní, jedná se o pacienty vyšetřené dvojfázovým protokolem po intravenózní aplikaci jednoho bolusu kontrastní látky v arteriální fázi od báze lební po symfýzu a ve venózní fázi od plicních bází po symfýzu.

Skupina B byla vyšetřena jednofázovým postkontrastním vyšetřením po jednofázovém bolusu kontrastní látky. Po aplikaci 100 ml KL rychlostí 4 ml/s bylo zahájeno skenování 30 sekund po arteriální fázi.

Pacienti skupiny C, D, E, F, G a H byli vyšetřeni protokolem s podáním kontrastní látky technikou SB. Techniku vyšetření jednotlivých protokolů shrnuje přehledně tabulka č. 20.

Vyšetření pacientů vyšetřovaných dvojfázově a jednofázově s technikou split-bolus byla provedena na přístroji Somatom Drive (Siemens, Erlangen, Německo). Pacienti vyšetřeni jednofázově s jednofázovým podáním kontrastní látky byli vyšetřeni na přístroji Somatom Definition Flash (Siemens, Erlangen, Německo). Všechna vyšetření byla hodnocena na pracovní stanici SyngoVia (Siemens, Erlangen, Německo). Pacientům byl podaný stejný objem kontrastní látky, a to 100 ml, o stejné koncentraci 350 mgI/ml.

Mezi všemi skupinami se porovnávaly dosažené denzity v referenčních místech – ve vnitřních karotických tepnách, v oblouku aorty, v břišní aortě v úrovni odstupů renálních tepen a ve společných pánevních tepnách. Dále se porovnávaly denzity v parenchymových orgánech, a to v pravém jaterním laloku, ve slezině, v ledvinách, kde byly hodnoceny kůra a dřevň dohromady a zvlášť kůra i dřevň. Ve skupině A byla ke srovnání denzit dosažených

v tepnách použita arteriální fáze, pro srovnání denzit dosažených v parenchymových orgánech byla použita venózní fáze.

Ke zhodnocení byla zvolena statistická metoda Kruskalova-Wallisova ANOVA, jedná se o neparametrickou metodu, která nepředpokládá normální rozdělení zkoumané veličiny. Nenormální rozdělení bylo zjištěno u většiny zkoumaných proměnných pomocí Saphiro-Wilkova testu. Testovaná nulová hypotéza předpokládá, že pozorovaná veličina je všude stejná. Jako signifikantní výsledek je pak stanoveno, že veličina všude stejná není. Pro potřeby statistického zhodnocení byla jako signifikantní hladina významnosti  $\alpha$  stanovena hodnota 0,05. V případě signifikantního výsledku byla provedena post-hoc analýza, otestovaly se rozdíly mezi všemi dvojicemi skupin.

*Tabulka 21 Schéma aplikace split-bolus protokolů.*

	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<b>1. bolus KL [ml]</b>	63	63	70	70	70	70
<b>rychlost podávání [ml/s]</b>	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	4
<b>záplach FR [ml]</b>	-	30	30	30	50	50
<b>rychlost podávání [ml/s]</b>	-	4	4	4	4	4
<b>pauza/mezifáze [ml] [s]</b>	7 ml	25 s	25 s	25 s	20 s	20 s
<b>rychlost podávání [ml/s]</b>	0,2	-	-	-	-	-
<b>2. bolus KL [ml]</b>	30	37	30	30	30	30
<b>rychlost podávání [ml/s]</b>	4	4	4	4	4	5
<b>záplach FR [ml]</b>	40	40	40	40	40	40
<b>rychlost podávání [ml/s]</b>	4	4	4	4	4	5
<b>monitoring</b>	od počátku podávání KL	od počátku podávání KL	od počátku podávání KL	před 2. bolusem	před 2. bolusem	před 2. bolusem
<b>práh [HU]</b>	100	100	100	100	100	110
<b>zpoždění skenování [s]</b>	50	50	50	0	0	0

## 6.2 Metodika hodnocení radiační zátěže

K výpočtu odhadu podané dávky byl využit program ImpactDose (CT Imaging GmbH, Německo). Do programu byly manuálně zadávány tyto údaje: typ CT přístroje, užitá kV a mAs, pitch faktor, doba rotace rentgenky,  $CTDI_{VOL}$  pro fantom 32 cm (objemový kermový index výpočetní tomografie  $C_{VOL}$ ), DLP (dose-length product) a délku skenu. Tyto informace jsou dostupné v protokolu, který je součástí každého vyšetření v obrazové dokumentaci ve WinMedicalcu. Na topogramu byl následně změřen příčný průřez pacienta a dle topogramu byla umístěna i skenovací oblast do programu. Na základě dodaných hodnot odhadl přístroj celkovou dodanou dávku.

Rozdíl byl měřen mezi skupinou, která podstoupila dvoufázové vyšetření, a mezi skupinou, která podstoupila jednofázové vyšetření provedené technikou split-bolus. Každá skupina obsahovala 20 pacientů. Ve skupině A bylo 12 lidí vyšetřeno s pažemi za hlavou, 8 lidí s pažemi podél těla. Ve skupině E bylo 10 lidí vyšetřeno s pažemi za hlavou a 10 lidí s pažemi podél těla. V daných skupinách nebyl významný rozdíl ve věku, ani v BMI.

## 7 VÝSLEDKY

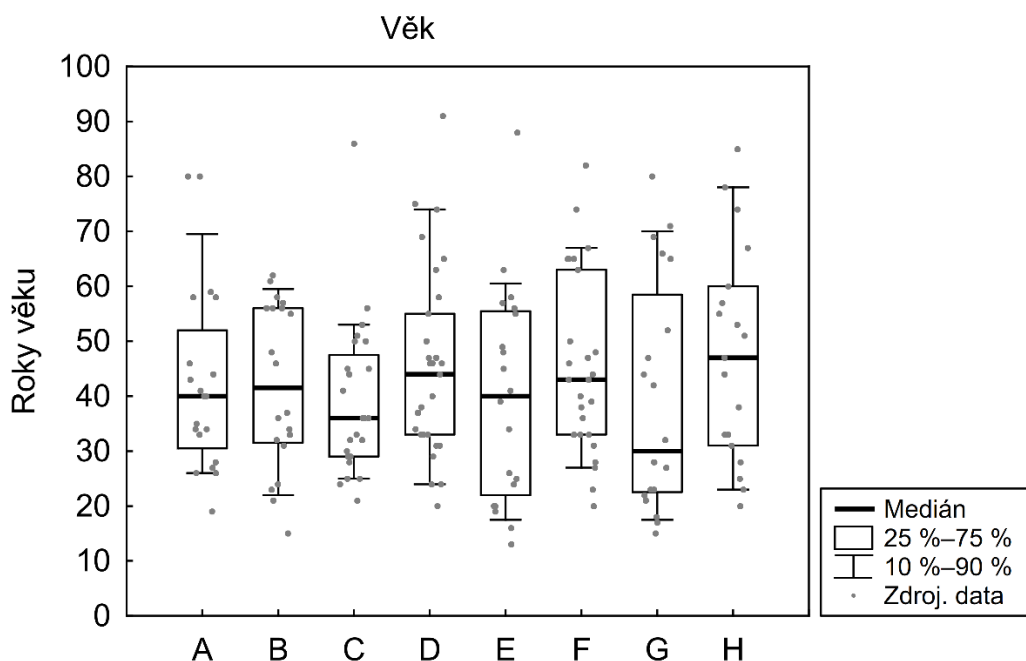
Soubor tvořilo celkem 179 pacientů, rozděleno nerovnoměrně do skupin A–H, tabulka č. 21 shrnuje charakter jednotlivých skupin.

Tabulka 22 Popis souboru pacientů všech skupin.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<i>počet pacientů</i>	20	20	24	29	20	27	20	19
<i>(muži/ženy)</i>	(11/9)	(16/4)	(13/11)	(21/8)	(15/5)	(22/5)	(11/9)	(15/4)
<i>průměrný věk</i>	43	39	39	45	39	45	39	47
<i>(min-max)</i>	(19–80)	(15–62)	(21–86)	(20–91)	(13–88)	(20–82)	(15–80)	(20–85)
<i>medián</i>	40	41	36	44	40	43	30	47

Statistickým zhodnocením nebyl zjištěn signifikantní rozdíl ve věkových průměrech mezi jednotlivými skupinami.

Graf 2 Porovnání věku pacientů ve všech skupinách.



Krabicové grafy v následujících podkapitolách odpovídají naměřeným hodnotám v daných standardně měřených oblastech. Zobrazují mimo jiné i zdrojová data a medián.

## 7.1 Statistické zhodnocení výsledků měření v karotických tepnách

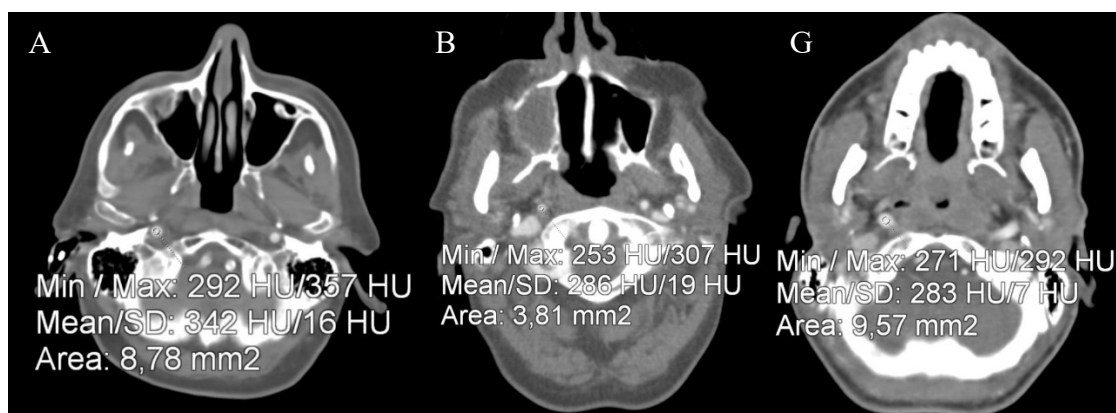
Tabulka 23 Hodnoty denzit naměřených v pravé vnitřní karotické tepně.

	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>průměr</i>	405	299	262	238	180	258	274	330
<i>min</i>	197	156	180	100	102	110	167	141
<i>max</i>	593	428	369	372	326	429	423	557
<i>medián</i>	391	317	261	239	164	255	280	350

Tabulka 24 Hodnoty denzit naměřených v levé vnitřní karotické tepně.

	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>průměr</i>	344	303	259	236	182	259	273	329
<i>min</i>	174	176	160	134	91	110	168	125
<i>max</i>	579	426	371	366	290	420	441	543
<i>medián</i>	339	317	257	233	178	256	273	346

Obrázek 3 Ukázka lokalizace měření v oblasti karotických tepen v příslušně označených skupinách.



Tabulka 25 Statistické zhodnocení v pravé vnitřní krční tepně, červeně vyznačené statisticky významné hodnoty.

Kruskal-Wallisův test: $H(7, N = 179) = 56.70177$ $p = .0000$								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		0,42404	0,00545	0,00002	0,00000	0,00096	0,03269	1,00000
B	0,42404		1,00000	0,62870	0,00034	1,00000	1,00000	1,00000
C	0,00545	1,00000		1,00000	0,02054	1,00000	1,00000	1,00000
D	0,00002	0,62870	1,00000		0,37512	1,00000	1,00000	0,14334



<b>E</b>	0,00000	0,00034	0,02054	0,37512		0,04617	0,01065	0,00004
<b>F</b>	0,00096	1,00000	1,00000	1,00000	0,04617		1,00000	1,00000
<b>G</b>	0,03269	1,00000	1,00000	1,00000	0,01065	1,00000		1,00000
<b>H</b>	1,00000	1,00000	1,00000	0,14334	0,00004	1,00000	1,00000	

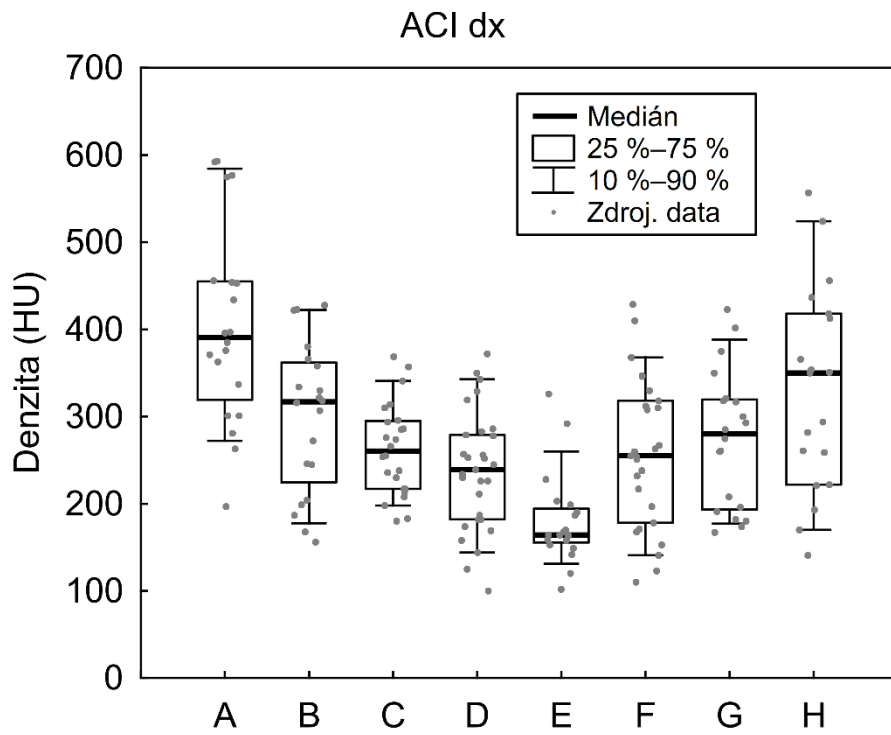
Tabulka 26 Statistické zhodnocení v levé vnitřní krční tepně, červeně vyznačené statisticky významné hodnoty.

<b>Kruskal-Wallisův test: <math>H(7, N = 179) = 45.42048</math> <math>p = .0000</math></b>								
	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>A</b>		1,00000	0,15884	0,00311	0,00000	0,09452	0,67845	1,00000
<b>B</b>	1,00000		1,00000	0,24976	0,00014	1,00000	1,00000	1,00000
<b>C</b>	0,15884	1,00000		1,00000	0,03998	1,00000	1,00000	1,00000
<b>D</b>	0,00311	0,24976	1,00000		0,54274	1,00000	1,00000	0,10004
<b>E</b>	0,00000	0,00014	0,03998	0,54274		0,04121	0,01580	1,00000
<b>F</b>	0,09452	1,00000	1,00000	1,00000	0,04121		1,00000	1,00000
<b>G</b>	0,67845	1,00000	1,00000	1,00000	0,01580	1,00000		1,00000
<b>H</b>	1,00000	1,00000	1,00000	0,10004	0,00004	1,00000	1,00000	

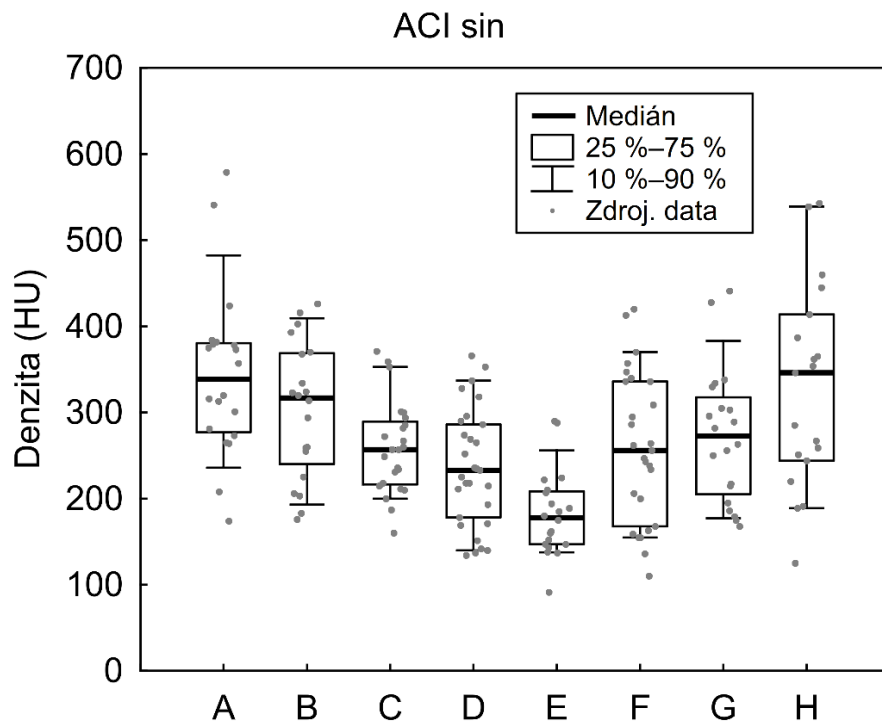
Jako statisticky významné rozdíly byly zjištěny v oblasti pravé krční vnitřní tepny mezi skupinou A a skupinami C ( $p=0,005$ ), D ( $p <0,001$ ), E ( $p <0,001$ ), F ( $p <0,001$ ) a G ( $p=0,03$ ), a dále mezi skupinou E a skupinami B ( $p <0,001$ ), C ( $p=0,02$ ), F ( $p=0,05$ ), G ( $p=0,01$ ) a H ( $p <0,001$ ). Ve skupině A dosahovaly průměrné hodnoty denzity nejvyšších hodnot, ve skupině E oproti tomu nejnižších. Mezi skupinou A, B a H nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Mezi skupinou B a skupinami C–H, vyjma skupiny E, nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

Jako statisticky významné rozdíly byly zjištěny v oblasti levé krční vnitřní tepny mezi skupinou A a skupinami D ( $p=0,003$ ) a E ( $p <0,001$ ), a dále mezi skupinou E a skupinami B ( $p <0,001$ ), C ( $p=0,04$ ), F ( $p=0,04$ ), G ( $p=0,02$ ) a H ( $p <0,001$ ). Ve skupině A dosahovaly průměrné hodnoty denzit nejvyšší hodnoty, oproti tomu ve skupině E nejnižších. Nicméně ve skupině H byla zjištěna vyšší hodnota mediánu oproti skupině A. Mezi skupinou B a skupinami A–H, vyjma skupiny E, nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v naměřených hodnotách.

Graf 3 Porovnání hodnot v pravé vnitřní karotické tepně.



Graf 4 Porovnání hodnot v levé vnitřní karotické tepně.

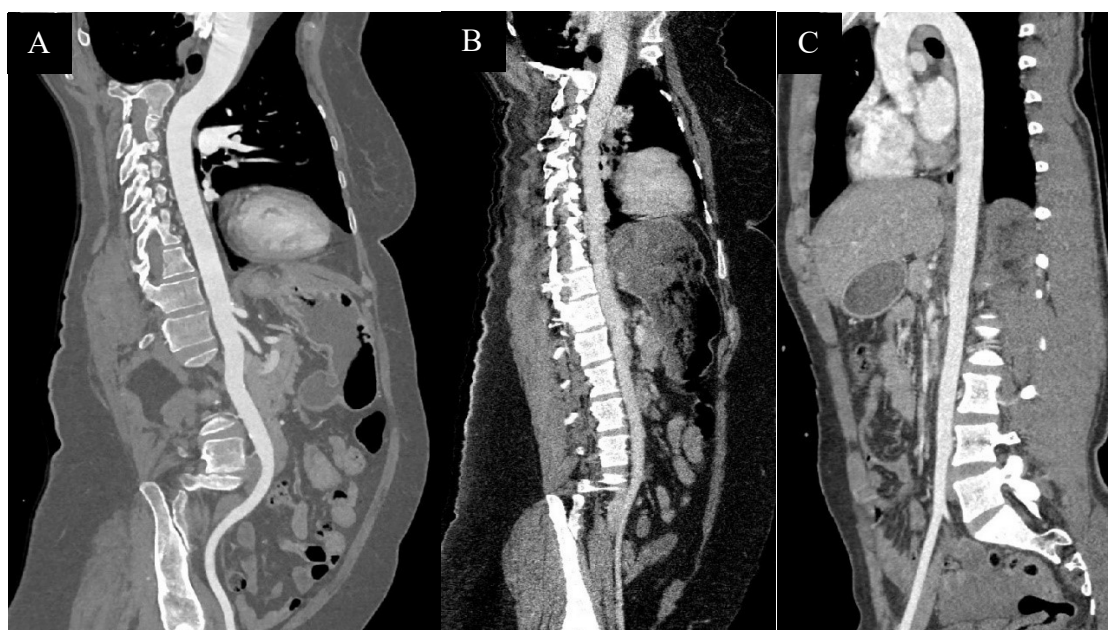


## 7.2 Statistické zhodnocení výsledků měření v oblouku aorty

Tabulka 27 Hodnoty denzit naměřených v oblouku aorty.

	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>průměr</i>	339	222	263	244	230	204	257	221
<i>min</i>	226	129	148	124	109	101	115	137
<i>max</i>	588	341	377	379	380	347	528	395
<i>medián</i>	333	219	275	242	233	208	258	185

Obrázek 4 Ukázka kontrastní náplně na přehledné MPR rekonstrukci se zakřivenou rovinou v aortě. Skupiny jsou příslušně označeny.



Obrázek 5 Ukázka lokalizace měření v oblasti oblouku aorty v příslušně označených skupinách.

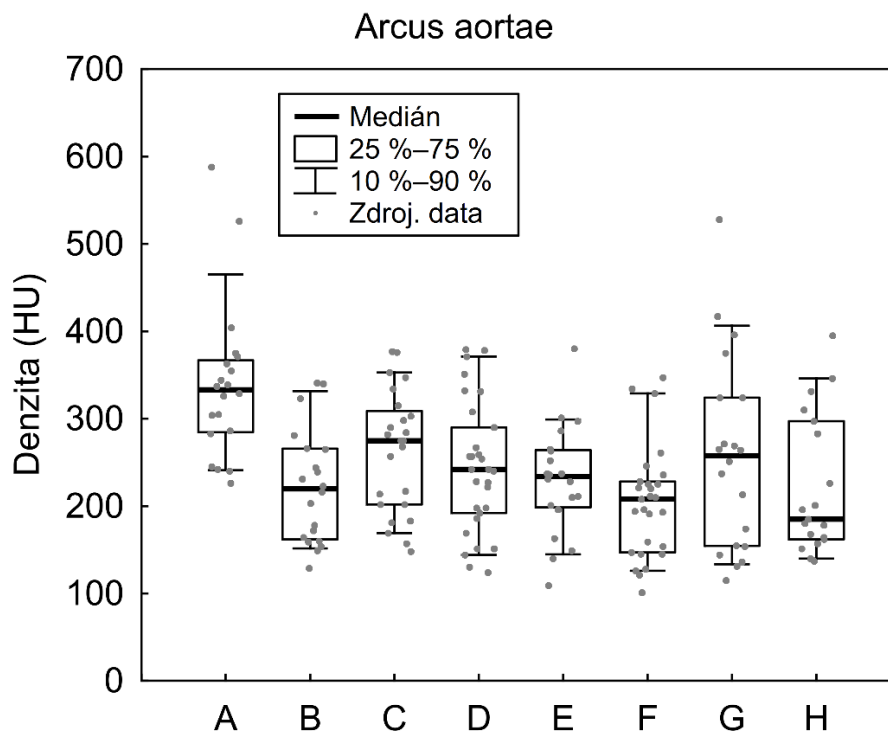


Tabulka 28 Statistické zhodnocení v oblouku aorty, červeně vyznačené statisticky významné hodnoty.

<b>Kruskal-Wallisův test: <math>H(7, N = 179) = 33.02054</math> <math>p = .0000</math></b>								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		0,00214	0,51056	0,02085	0,00909	0,00000	0,06881	0,00117
B	0,00214		1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
C	0,51056	1,00000		1,00000	1,00000	0,10463	1,00000	1,00000
D	0,02085	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
E	0,00909	1,00000	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000
F	0,00000	1,00000	0,10463	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000
G	0,06881	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000		1,00000
H	0,00117	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	

Byl zjištěn statisticky významný rozdíl v naměřených hodnotách denzity mezi skupinou A a skupinami B ( $p=0,002$ ), D ( $p=0,02$ ), E ( $p=0,009$ ), F ( $p < 0,0001$ ) a H ( $p=0,001$ ). Mezi ostatními skupinami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v oblasti oblouku aorty.

Graf 5 Porovnání hodnot v oblasti oblouku aorty.

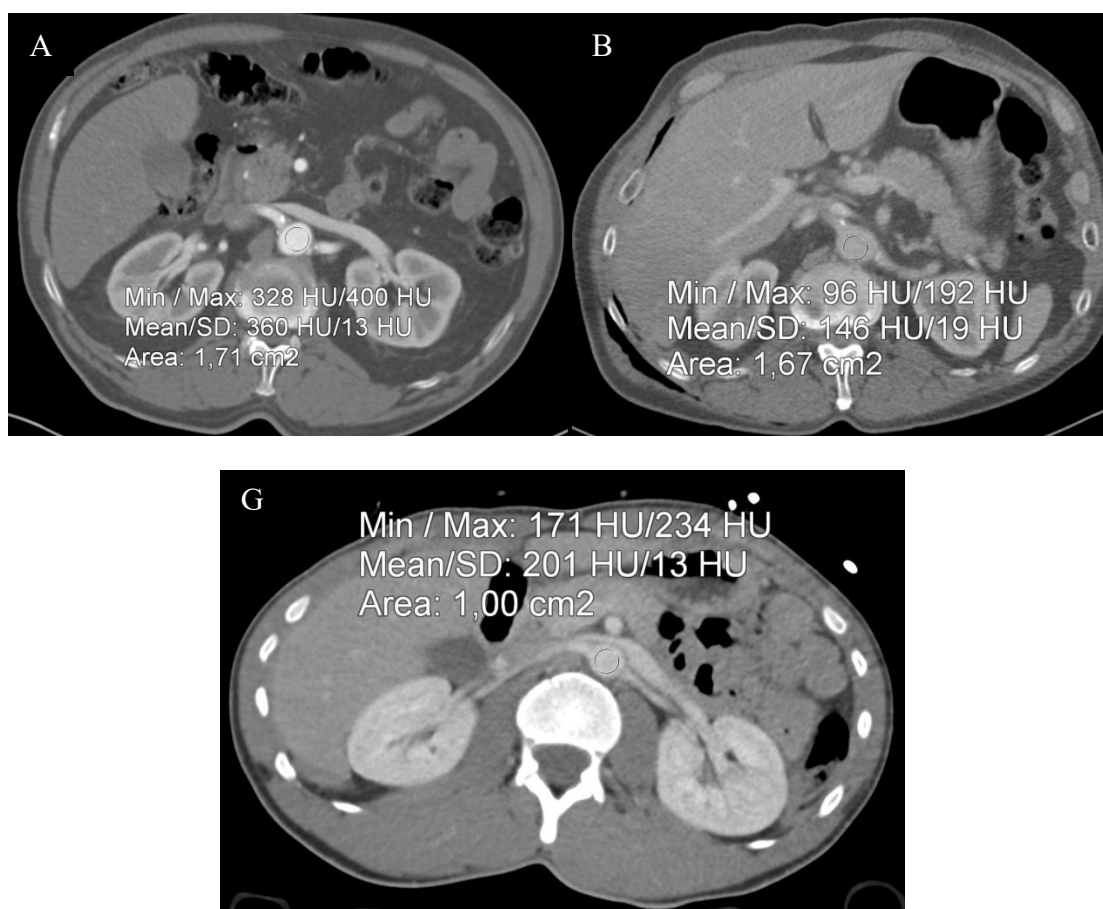


## 7.3 Statistické zhodnocení výsledků měření v abdominální aortě

Tabulka 29 Hodnoty denzit naměřených v břišní aortě.

	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>průměr</i>	339	166	257	215	221	176	228	187
<i>min</i>	218	118	129	109	88	100	100	115
<i>max</i>	527	295	412	360	371	306	532	341
<i>medián</i>	333	157	258	212	224	163	211	156

Obrázek 6 Ukázka lokalizace měření v oblasti abdominální aorty v příslušně označených skupinách.

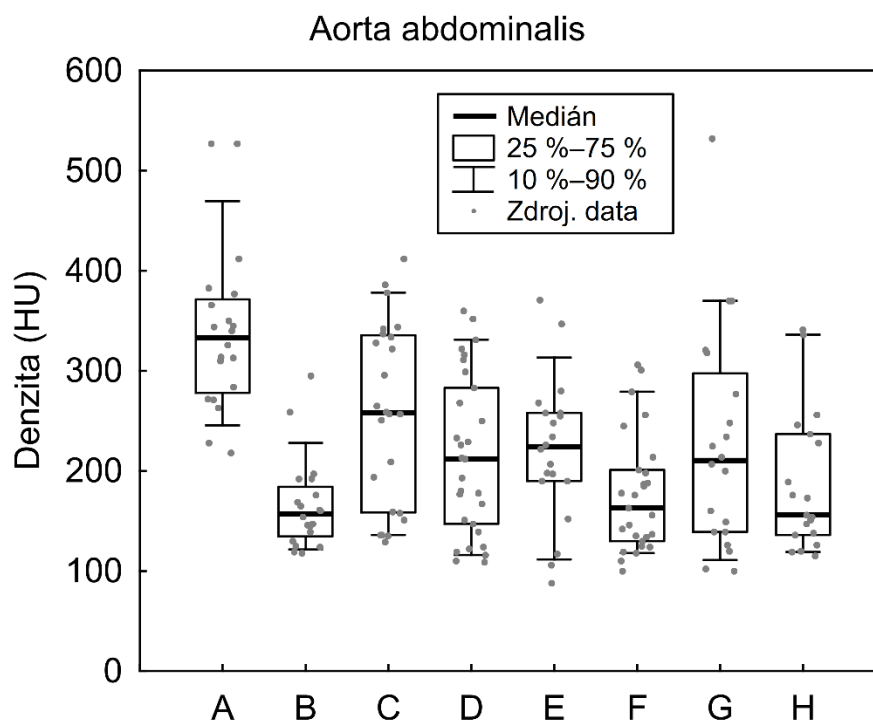


V abdominální aortě byl zjištěn statisticky významný rozdíl v naměřených hodnotách mezi skupinou A a skupinami B ( $p < 0,001$ ), D ( $p=0,001$ ), E ( $p=0,02$ ), F ( $p < 0,001$ ), G ( $p=0,006$ ) a H ( $p < 0,001$ ). Mezi skupinou A a C statisticky významný rozdíl zjištěn nebyl. Byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi skupinou C a skupinami B ( $p=0,02$ ) a F ( $p=0,03$ ).

Tabulka 30 Statistické zhodnocení abdominální aorty, červeně vyznačené statisticky významné hodnoty.

<b>Kruskal-Wallisův test: <math>H(7, N = 179) = 47.92309</math> <math>p = .0000</math></b>								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		0,00000	0,42977	0,00103	0,01934	0,00000	0,00672	0,00004
B	0,00000		0,02141	1,00000	0,88420	1,00000	1,00000	1,00000
C	0,42977	0,02141		1,00000	1,00000	0,02714	1,00000	0,24939
D	0,00103	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
E	0,01934	0,88420	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000
F	0,00000	1,00000	0,02714	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000
G	0,00672	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000		1,00000
H	0,00004	1,00000	0,24939	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	

Graf 6 Porovnání hodnot v oblasti břišní aorty.

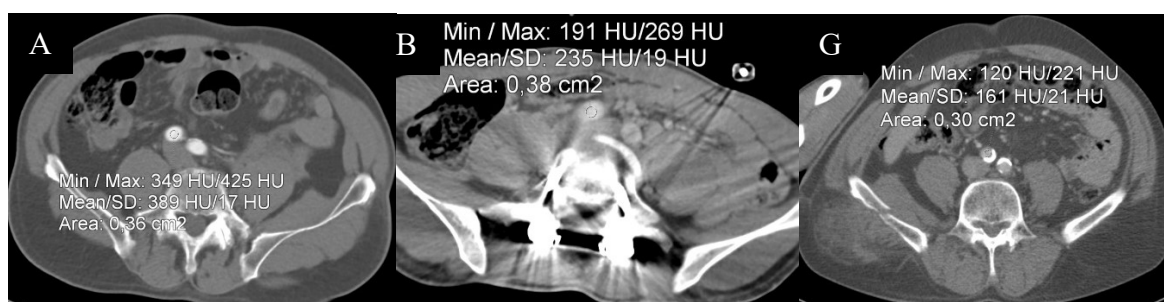


## 7.4 Statistické zhodnocení výsledků měření v pánevních tepnách

Tabulka 31 Hodnoty denzit naměřených v pánevních tepnách.

	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>průměr</i>	358	158	261	215	223	176	236	181
<i>min</i>	231	79	111	100	87	88	97	110
<i>max</i>	531	333	478	360	363	328	525	352
<i>medián</i>	362	148	273	213	231	153	207	160

Obrázek 7 Ukázka lokalizace měření v oblasti pánevních tepen v příslušně označených skupinách.

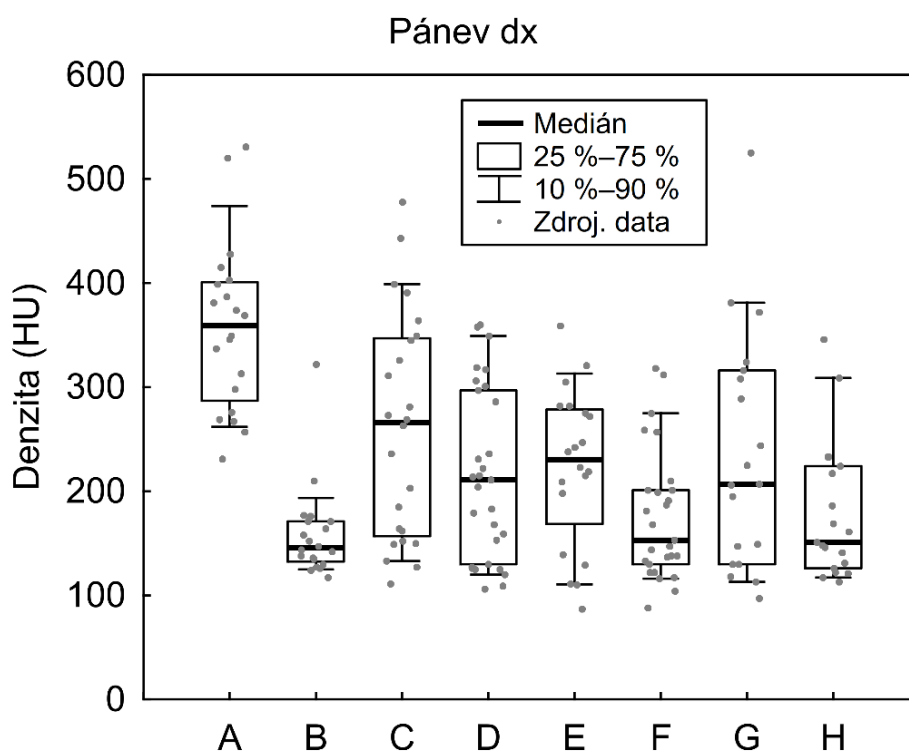


Tabulka 32 Statistické zhodnocení pánevních tepnách, červeně vyznačené statisticky významné hodnoty.

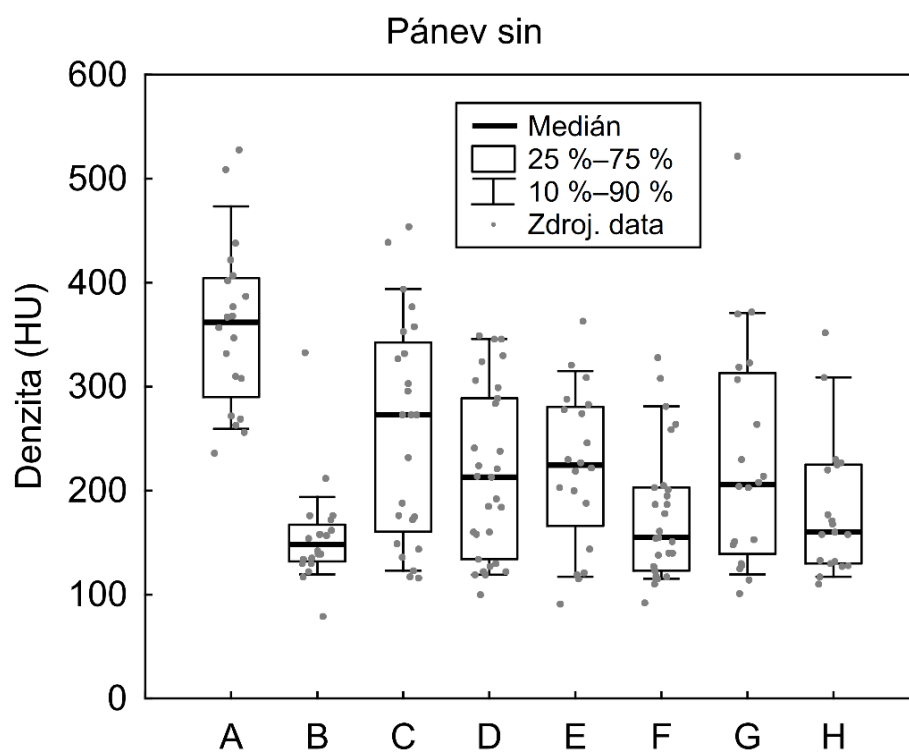
<b>Kruskal-Wallisův test: H(7, N = 179) = 49.5394 p = .0000</b>								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		0,00000	0,10645	0,00060	0,00883	0,00000	0,00457	0,00002
B	0,00000		0,03100	0,84845	0,61401	1,00000	0,94330	1,00000
C	0,10645	0,03100		1,00000	1,00000	0,10830	1,00000	0,55348
D	0,00060	0,84845	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
E	0,00883	0,61401	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000
F	0,00000	1,00000	0,10830	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000
G	0,00457	0,94330	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000		1,00000
H	0,00002	1,00000	0,55348	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	

Hodnoty mezi pravou a levou pánevní tepnou nebyly významně rozdílné. Statisticky významné byly rozdíly mezi hodnotami denzit skupiny A a skupin B ( $p < 0,001$ ), D ( $p < 0,001$ ), E ( $p = 0,009$ ), F ( $p < 0,001$ ), G ( $p = 0,005$ ) a H ( $p < 0,001$ ), dále mezi hodnotami skupin B a C ( $p = 0,03$ ). Mezi ostatními skupinami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

Graf 7 Porovnání hodnot v oblasti společné pánevní tepny vpravo.



Graf 8 Porovnání hodnot v oblasti společné pánevní tepny vlevo.





## 7.5 Statistické zhodnocení výsledků měření v játrech

Tabulka 33 Hodnoty denzit naměřených v játrech.

	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>průměr</i>	100	86	89	76	91	79	96	88
<i>min</i>	59	51	51	32	42	27	52	59
<i>max</i>	139	122	124	114	128	117	121	122
<i>medián</i>	100	83	89	80	93	84	100	89

Tabulka 34 Statistické zhodnocení v játrech, červeně vyznačené statisticky významné hodnoty.

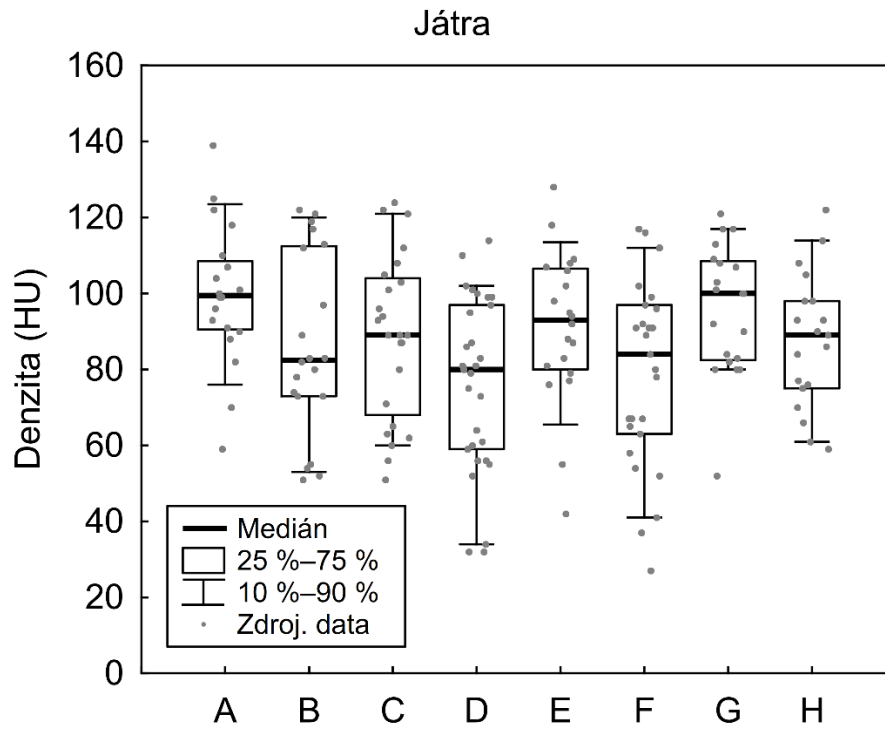
<b>Kruskal-Wallisův test: <math>H(7, N = 179) = 18.78268</math> <math>p = .0089</math></b>								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		1,00000	1,00000	<b>0,01183</b>	1,00000	0,09962	1,00000	1,00000
B	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
C	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
D	<b>0,01183</b>	1,00000	1,00000		0,89570	1,00000	0,09349	1,00000
E	1,00000	1,00000	1,00000	0,89570		1,00000	1,00000	1,00000
F	0,09962	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000		0,55058	1,00000
G	1,00000	1,00000	1,00000	0,09349	1,00000	0,55058		1,00000
H	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	

Statisticky významné rozdíly byly zjištěny pouze mezi skupinami A a D ( $p=0,01$ ), při porovnání ostatních skupin nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

Obrázek 8 Ukázka lokalizace měření v oblasti jater v příslušně označených skupinách.



Graf 9 Porovnání hodnot v oblasti pravého jaterního laloku.



## 7.6 Statistické zhodnocení výsledků měření ve v. portae

Tabulka 35 Hodnoty denzit naměřených ve v. portae.

	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>průměr</i>	147	169	155	128	128	144	164	164
<i>min</i>	103	125	87	76	95	67	106	98
<i>max</i>	187	230	212	202	184	238	237	253
<i>medián</i>	146	166	164	126	126	133	162	160

Obrázek 9 Ukázka lokalizace měření v oblasti v. portae v příslušně označených skupinách.

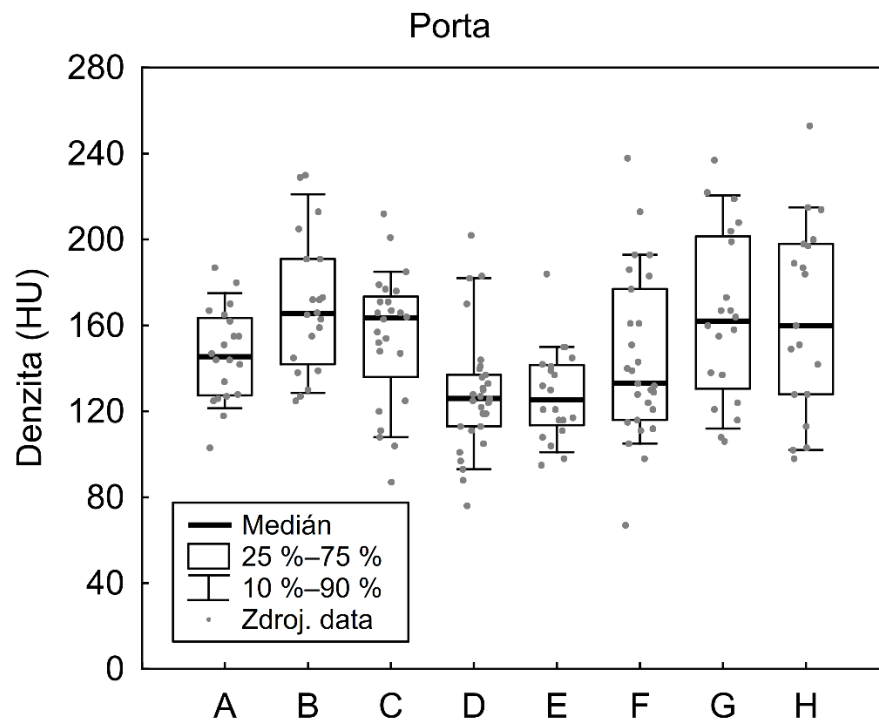


Tabulka 36 Statistické zhodnocení ve v. portae, červeně vyznačené statisticky významné hodnoty.

<b>Kruskal-Wallisův test: <math>H(7, N = 179) = 31.66720</math> <math>p = .0000</math></b>								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		1,00000	1,00000	0,90744	1,00000	1,00000	1,00000	
B	1,00000		1,00000	0,00111	0,00373	0,37721	1,00000	1,00000
C	1,00000	1,00000		0,06647	0,13669	1,00000	1,00000	1,00000
D	0,90744	0,00111	0,06647		1,00000	1,00000	0,02494	0,04441
E	1,00000	0,00373	0,13669	1,00000		1,00000	0,05470	0,08830
F	1,00000	0,37721	1,00000	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000
G	1,00000	1,00000	1,00000	0,02494	0,05470	1,00000		1,00000
H	1,00000	1,00000	1,00000	0,04441	0,08830	1,00000	1,00000	

Statisticky významné rozdíly byly zjištěny pouze mezi skupinou B, D ( $p=0,001$ ) a E ( $p=0,003$ ) a dále mezi skupinou D, G ( $p=0,03$ ) a H ( $p=0,04$ ).

Graf 10 Porovnání hodnot v oblasti v. portae.



## 7.7 Statistické zhodnocení výsledků měření ve slezině

Tabulka 37 Hodnoty denzit naměřených ve slezině.

	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>průměr</i>	94	111	109	90	94	95	114	110
<i>min</i>	70	58	58	47	61	52	62	43
<i>max</i>	128	149	151	136	150	184	162	164
<i>medián</i>	94	111	117	91	96	91	116	108

Obrázek 10 Ukázka lokalizace měření v oblasti sleziny v příslušně označených skupinách.

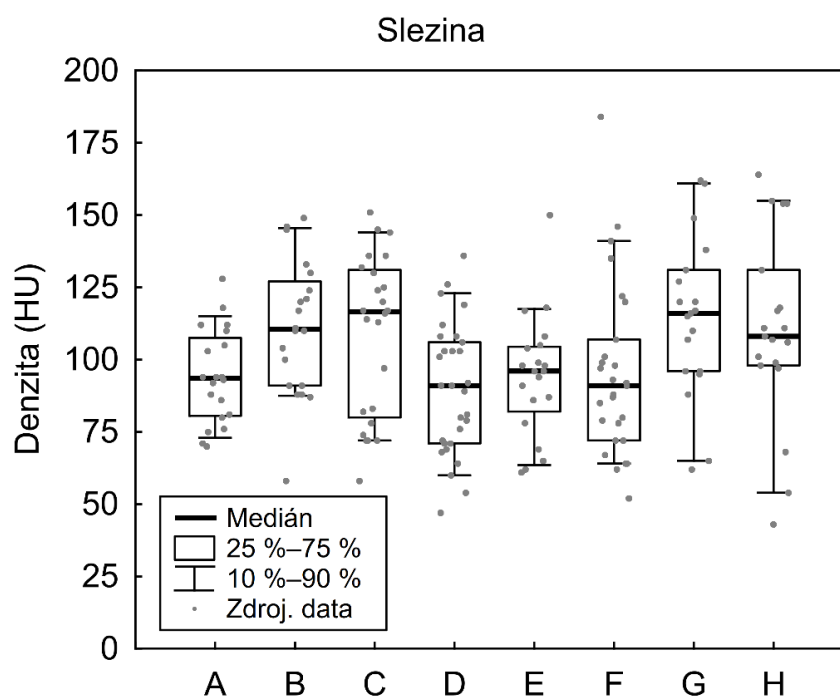


Tabulka 38 Statistické zhodnocení ve slezině, červeně vyznačené statisticky významné hodnoty.

<b>Kruskal-Wallisův test: <math>H(7, N = 179) = 22.59937</math> <math>p = .0020</math></b>								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		0,95867	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,49353	1,00000
B	0,95867		1,00000	0,15313	0,88471	0,52483	1,00000	1,00000
C	1,00000	1,00000		0,25951	1,00000	0,87668	1,00000	1,00000
D	1,00000	0,15313	0,25951		1,00000	1,00000	0,06550	0,28392
E	1,00000	0,88471	1,00000	1,00000		0,28392	0,45260	1,00000
F	1,00000	0,52483	0,87668	1,00000	0,28392		0,24687	0,87588
G	0,49353	1,00000	1,00000	0,06550	0,45260	0,24687		1,00000
H	1,00000	1,00000	1,00000	0,28392	1,00000	0,87588	1,00000	

Nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

Graf 11 Porovnání hodnot v oblasti sleziny.



## 7.8 Statistické zhodnocení výsledků měření v ledvinách

Tabulka 39 Hodnoty denzit naměřených v ledvinách, dohromady měřené v kůře i dřeni.

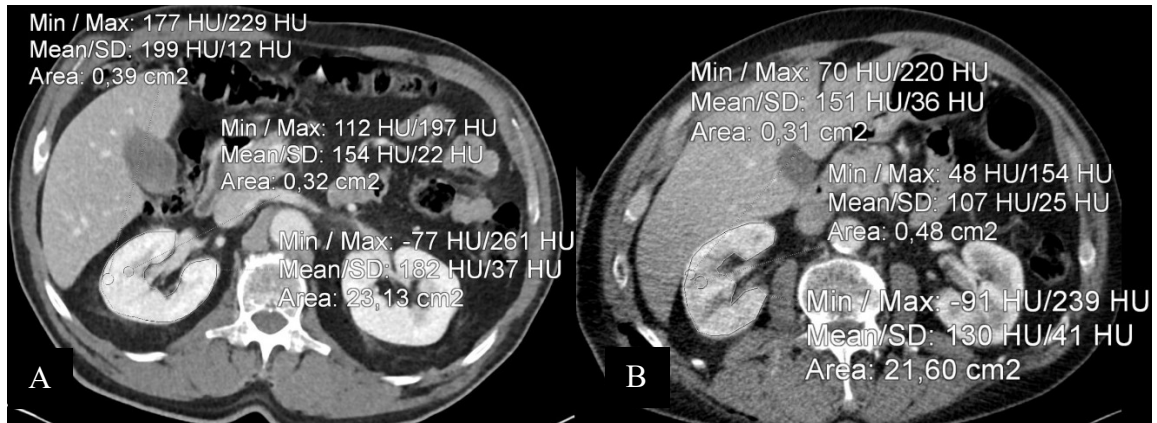
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<i>průměr</i>	141	124	159	142	146	150	175	167
<i>min</i>	97	60	95	92	84	83	109	75
<i>max</i>	184	216	221	232	206	261	246	300
<i>medián</i>	140	127	154	144	143	140	179	166

Tabulka 40 Hodnoty denzit naměřených v ledvinách, v horní části zvlášť pro kůru a v dolní části pro dřev.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<b>KŮRA</b>								
<i>průměr</i>	161	162	181	157	162	158	193	186
<i>min</i>	111	46	104	90	80	87	99	92
<i>max</i>	228	251	243	241	219	256	301	339
<i>medián</i>	164	168	183	159	160	148	186	186
<b>DŘEV</b>								
<i>průměr</i>	109	84	130	117	124	136	150	133
<i>min</i>	52	35	49	65	66	44	66	82

<i>max</i>	146	147	197	241	212	235	239	243
<i>medián</i>	111	85	135	110	113	143	150	130

Obrázek 11 Ukázka lokalizace měření v oblasti ledvin – celkové měření, měření kůry a měření hodnot denzit dřenež.



Tabulka 41 Statistické zhodnocení v ledvinách, červeně vyznačené statisticky významné hodnoty.

<b>Kruskal-Wallisův test: H(7, N = 179) = 20.71839 p = .0042</b>								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,47667	1,00000
B	1,00000		0,08569	1,00000	1,00000	0,80794	<b>0,00392</b>	<b>0,04267</b>
C	1,00000	0,08569		1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
D	1,00000	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000	0,23820	1,00000
E	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000
F	1,00000	0,80794	1,00000	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000
G	0,47667	<b>0,00392</b>	1,00000	0,23820	1,00000	1,00000		1,00000
H	1,00000	<b>0,04267</b>	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	

Tabulka 42 Statistické zhodnocení v kůře ledvin, červeně vyznačené statisticky významné hodnoty.

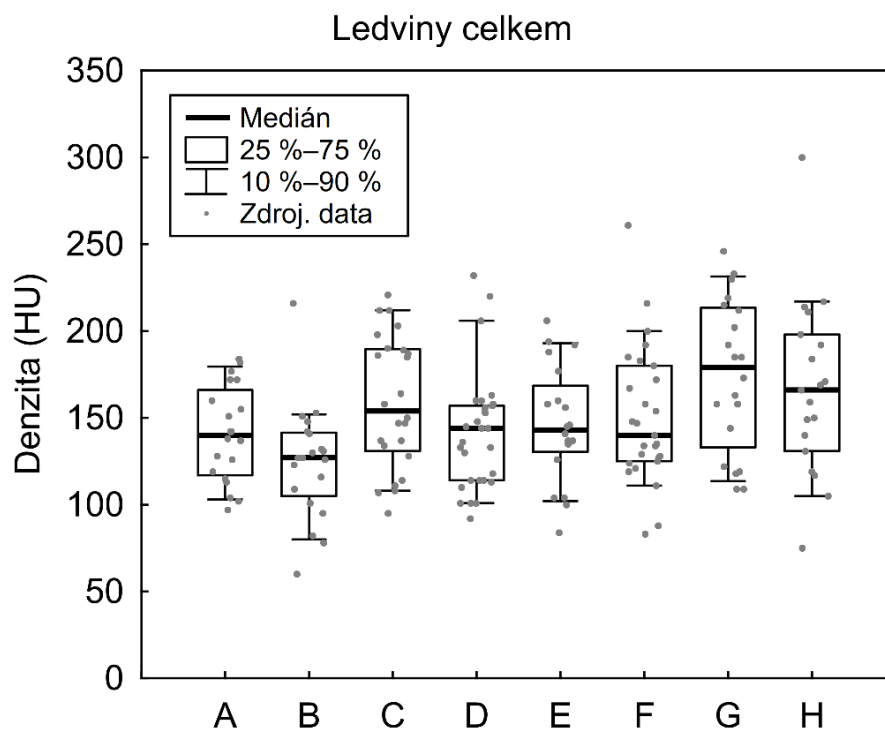
<b>Kruskal-Wallisův test: <math>H(7, N = 179) = 12.90523</math> <math>p = .0745</math></b>								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
B	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
C	1,00000	1,00000		0,88466	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
D	1,00000	1,00000	0,88466		1,00000	1,00000	0,40786	1,00000
E	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000
F	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000		0,54614	1,00000
G	1,00000	1,00000	1,00000	0,40786	1,00000	0,54614		1,00000
H	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	

Tabulka 43 Statistické zhodnocení v dřeni ledvin, červeně vyznačené statisticky významné hodnoty.

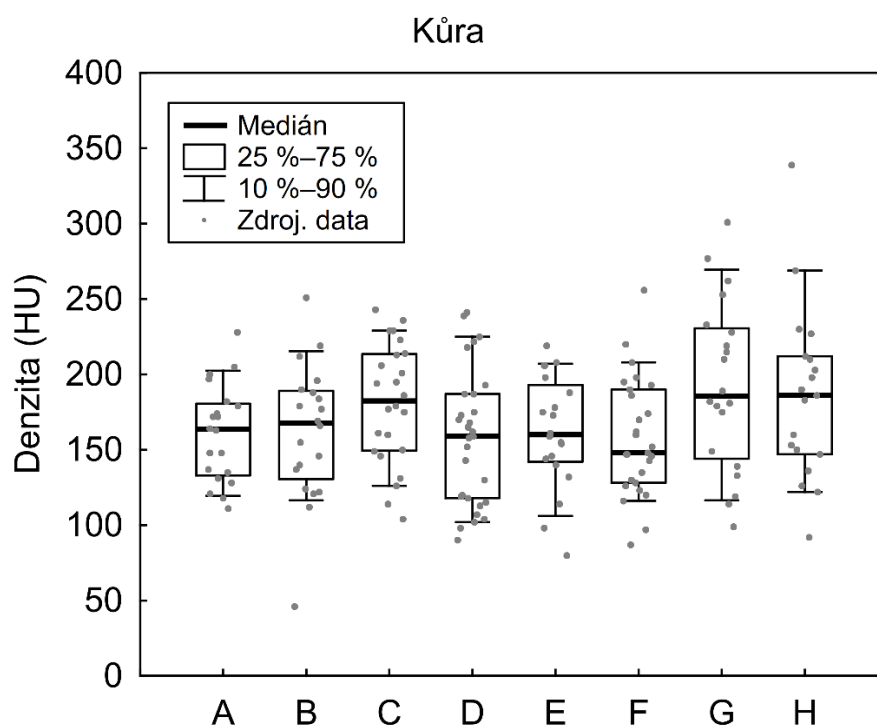
<b>Kruskal-Wallisův test: <math>H(7, N = 179) = 34.32515</math> <math>p = .0000</math></b>								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		0,66776	1,00000	1,00000	1,00000	0,73291	0,18177	1,00000
B	0,66776		0,00363	0,13719	0,03856	0,00009	0,00002	0,00469
C	1,00000	0,00363		1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
D	1,00000	0,13719	1,00000		1,00000	1,00000	0,25645	1,00000
E	1,00000	0,03856	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000	1,00000
F	0,73291	0,00009	1,00000	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000
G	0,18177	0,00002	1,00000	0,25645	1,00000	1,00000		1,00000
H	1,00000	0,00469	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	

V oblasti ledvin byly zjištěny významné rozdíly pouze v oblasti nasycení dřene, kde významné rozdíly byly zjištěny mezi skupinami B, C ( $p=0,004$ ), E ( $p=0,04$ ), F ( $p < 0,001$ ), G ( $p < 0,001$ ) a H ( $p=0,005$ ).

Graf 12 Porovnání hodnot v oblasti pravé ledviny (kůry + dřevě).

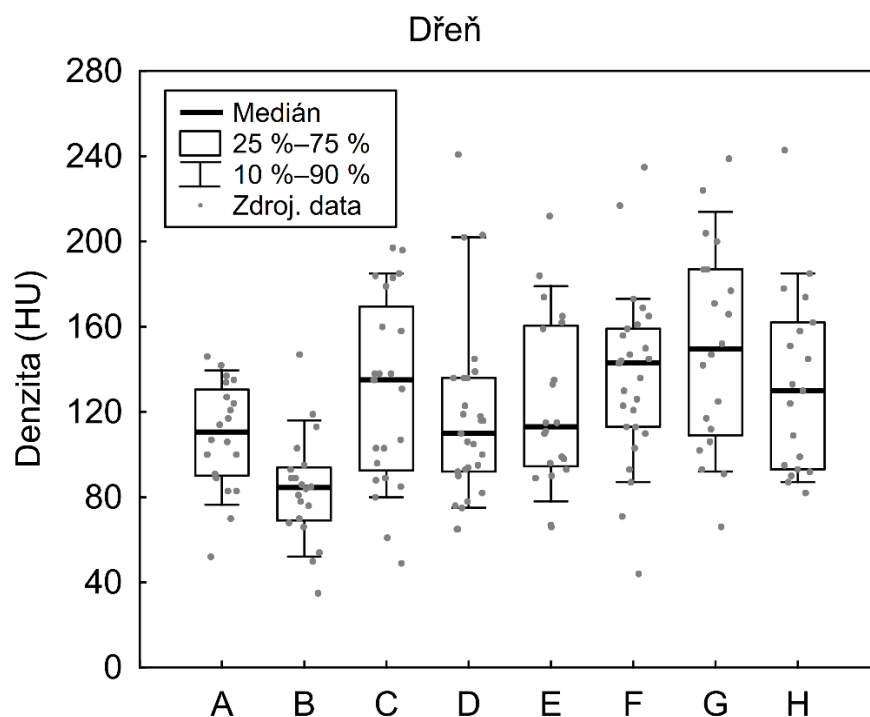


Graf 13 Porovnání hodnot v oblasti kůry pravé ledviny.





Graf 14 Porovnání hodnot v oblasti dřene pravé ledviny.



## 7.9 Hodnocení radiční zátěže

Tabulka 44 Odhad efektivní dávky (mSv) u pacientů vyšetřených dvoufázově s pažemi za hlavou.

Dvoufázové vyšetření – paže za hlavou		
arteriální fáze	venózní fáze	celkem
6.91	3.98	10.89
13.44	3.11	16.55
13.74	5.9	19.64
19.25	8.82	28.07
16.5	5.94	22.44
10.75	4.47	15.22
13.13	4.24	17.36
11.28	4.3	15.58
19.77	7.53	27.3
17.2	6.32	23.52
14.87	5.74	20.61

Tabulka 45 Odhad efektivní dávky (mSv) u pacientů vyšetřených dvoufázově s pažemi podél těla.

Dvoufázové vyšetření – paže podél těla		
arteriální fáze	venózní fáze	celkem
14.83	6.23	21.06
19.19	13.09	32.28
17.19	13.94	31.13
19.18	12.77	31.95
15.93	7.7	23.63
13.24	6.19	19.43
16.1	10.27	26.38
21.97	9.29	31.26
19.75	15.46	35.21

Tabulka 46 Odhad efektivní dávky (mSv) u pacientů vyšetřených jednofázově technikou split bolus.

Jednofázové vyšetření split bolus technikou	
s pažemi za hlavou	s pažemi podél těla
15.2	29.91
12.55	23.76
13.93	12.68
8.71	17.83
14.21	10.79
14.43	30.31
15.92	27.77
13.73	22.74
7.88	26.74
11.03	26.7

Při vyšetřování jsou pacienti v gantry polohováni dle svých možností, zpravidla s pažemi za hlavou při postkontrastním vyšetření. Při snížené mobilitě pacienta v důsledku traumatu se ponechává jedna nebo obě končetiny podél těla. V případě dvoufázových vyšetření bylo 11 pacientů vyšetřeno s pažemi za hlavou a 9 podél těla. V případě jednofázových vyšetření při užití techniky split bolus bylo vyšetřeno 10 pacientů s pažemi za hlavou a 10 pacientů s pažemi podél těla. Pro zhodnocení míry radiační zátěže byli

vybrání pacienti vyšetřování s pažemi za hlavou. Při užití jednofázového protokolu došlo ke snížení efektivní dávky o 35,4 %.

Následující tabulka shrnuje základní statistické hodnoty obou souborů:

*Tabulka 47 Shrnutí základních hodnot efektivní dávky (mSv) u vyšetření s pažemi polohovanými za hlavou.*

	průměr	min	max	medián
dvoufázové vyšetření	19,74	10,89	28,07	19,64
jednofázové vyšetření	12,76	7,88	15,92	13,83

## 8 DISKUZE

Ideální technika split-bolus protokolu zůstává stále otevřená. Dosavadní publikované práce pracovaly s různou koncentrací kontrastní látky i objemem. Koncentrace se pohybovala mezi 300–350 mgI/ml a užívané objemy se pohybovaly v rozmezí 120–175 ml kontrastní látky.

Přetrvává zde stále nejistota, jaký je ideální objem, aby bylo dosaženo optimálního nasycení odpovídající arteriální i venózní fázi. To se zpravidla liší vzhledem k věku a hemodynamice nemocných, zejména jde-li o hyperdynamickou cirkulaci u hypovolemických pacientů vzniklou v důsledku centralizace oběhu.

Nevýhodou dosavadních split-bolus technik byl tedy zejména vyšší objem kontrastní látky. Při případných radiointervenčních zákrocích se může výsledný podaný objem kontrastní látky dostat na hodnoty ohrožující i zdravé ledviny mladých pacientů. Právě kvůli nižšímu věku potenciálních pacientů však vyšší objemy kontrastních látek berou dosavadní publikované práce jako přijatelné (36).

Mezi zásadní akutně vzniklé nežádoucí reakce po aplikaci kontrastní látky patří mimo alergoidní reakci i chemotoxická reakce, zejména kontrastní nefropatie. Tato reakce je přímo úměrná množství podané jodové kontrastní látky a více jsou ohroženi pacienti v nestabilním klinickém stavu. Jako kontrastní nefropatie se nazývá zhoršení ledvinných funkcí vzniklé po podání jodové kontrastní látky, kde byla vyloučena jiná příčina. Jedná se o zvýšení sérového kreatininu o více než 25 % či o 26.5  $\mu\text{mo/l}$  během 48–72 hodin proti hodnotě zjištěné před vyšetřením (40). U nemocných bez zhoršených renálních funkcí je její incidence 0–10 %, u nemocných s rizikovými faktory, jimž polytrauma jistě je, stoupá až na 25 %. Zásadní je v eventuelním rozvoji hydratace pacienta, kardiální dekompenzace, přidružené chronické choroby jako diabetes mellitus, chronická medikace a zejména kumulace kontrastních vyšetření. Maximální doporučená dávka jodové kontrastní látky u nemocných s normální funkcí ledvin (hladina sérového kreatininu  $<100 \mu\text{mo/l}$ ) je 300 ml JKL s koncentrací 300 mgI/ml. Při zhoršené funkci ledvin (kreatinin 130–300  $\mu\text{mo/l}$ ) se tato maximální dávka snižuje pod 150 ml (41).

## 8.1 Výhody a nevýhody techniky split bolus

Zásadním nedostatkem při užití split-bolus techniky podání kontrastní látky může být heterogenní nasycení sleziny, který ve své práci z roku 2017 hodnotí Marovic. Studie se zabývala pacienty po traumatu s prokázaným poranění sleziny na vstupním vyšetření s následnou DSA (digitální subtrakční angiografie) či chirurgickým výkonem. Dva radiologové nezávisle na sobě hodnotili stupeň heterogenity sleziny a poranění dle AAST systému (American Association for the Surgery of Trauma), které bylo posléze srovnáno se stupněm udávaným v chirurgické zprávě po operaci. Hodnocení sleziny při vstupním CT vyšetření může být kruciólní, jedná se o nejčastěji poraněný orgán, jehož poranění může způsobit velké krevní ztráty v krátkém čase. Nehomogenní nasycení je způsobené odlišným průtokem v červené pulpě, která je zásobena arteriálně, toto nehomogenní nasycení pak může limitovat přesné zhodnocení eventuálních traumatických změn (38). Tato heterogenita může být výsledkem superpozice arteriálního bolusu na úvodní venózní. Heterogenitu sleziny ve své práci z roku 2014 hodnotil i Stedman, který pozoroval heterogenitu v téměř 50 % vyšetřených pacientů s poraněním sleziny, nicméně diagnostické kvality dosáhl v 97,2 %. Oblasti sleziny s nejnižší denzitou stále vykazovaly denzitu kolem  $116 \pm 28$  HU, oblasti sleziny s maximální denzitou dosahovaly kolem  $166 \pm 28$  HU. Případný hematom dosahoval denzitu kolem  $69 \pm 15$  HU. Tyto denzity jsou značně nižší, než je nejnižší dosažená denzita nehomogenních okrsků sleziny, navíc poranění sleziny zpravidla doprovází kapsulární defekt s volnou tekutinou subfrenicky či v peritoneální dutině (35). Dle Marovice nevede použitý split-bolus protokol k excesivní heterogenitě, horší výsledky jsou však vzhledem k nižší specifitě (83 %) a senzitivitě (50 %) při diferenciaci vaskulárního poranění a aktivního slezinného krvácení proti konvenčním vyšetřovacím protokolům. Nadále pak může mírně nadhodnocovat stupeň poranění dle AAST vůči následným výsledkům po chirurgické operaci. Toto nadhodnocení pak může vést k nepotřebné až excesivní intervenci (38).

Zásadní výhodou split-bolus protokolu je významné snížení radiační dávky, redukce oproti konvenčnímu dvojfázovému protokolu dosahuje až 43,5 %. Při případném nález traumatických změn ani případné dovyšetřování nezvýší celkovou radiační zátěž natolik, aby převyšovala eventuální dávku dosaženou při užití dvojfázového vyšetření. Další výhodou je možnost neprovádět nativní vyšetření krční páteře, která je zahrnuta v celkovém vyšetření od Willisova okruhu po symfýzu (36). Zkoumáním napříč traumacentry v České republice bylo zjištěno, že pouze 20–80 % pacientů splňuje definici polytrauma, je proto

nutné položit si otázku, zda je nadměrná radiační zátěž u této mladé populace v souladu s principy ALARA (30).

## 8.2 Aplikace kontrastní látky

Při tvorbě jednotlivých typů split bolus protokolů se vycházelo z předpokladu, že první bolus kontrastní látky bude mít vliv na kvalitu nasycení parenchymových orgánů a zejména druhý bolus potom na nasycení tepen.

Jód způsobuje v cílovém orgánu či v krevní plazmě vyšší absorpci a rozptyl ionizujícího záření, to má za následek zesílení a zvýšení kontrastu obrazu CT. Míra kontrastního nasycení je závislá na množství jódu a na energii dodané CT přístrojem. Kontrastní nasycení se proporcionálně zvyšuje s koncentrací jódu. Například při 120 kV vede zvýšení koncentrace o 1 mg/ml k zvýšení denzity o přibližně 26 HU (42).

Poté, co je do periferní žíly podána kontrastní látka, jde přes pravé srdeční oddíly, plicní oběh, do levého srdce. Tato cirkulace je regulována kardiovaskulárním systémem. Kontrastní látka se rychle redistribuuje z vaskulárního do intersticiálního prostoru orgánů. Jodová kontrastní látka je složena z relativně malých molekul a je vysoce difuzibilní. Dobře prokrvené orgány, jako jsou ledviny, slezina a játra dosahují výrazného nasycení již v průběhu první cirkulace. V průběhu cirkulace dochází k naředění kontrastní látky nekontrastní krví. Efekt naředění je největší v orgánech nejdále od místa aplikace kontrastní látky, což je zpravidla antekubitální žíla. Krev nasycená kontrastním médiem dále recirkuluje a může přispívat celkovému kontrastnímu nasycení, při aplikaci trvající více než 15 sekund může znamenat zvýšení maximální denzity o 10–20 %. Transitní čas normální recirkulace se pohybuje od 15 do 40 sekund dle cirkulační cesty (kratší pro recirkulaci z oběhu v mozku a delší z portálního systému) (42) (43). Celková dávka jódu, která je daná koncentrací a objemem kontrastní látky, má zásadní vliv na nasycení žil a venózně zásobené orgány (například játra). Kontrastní látka se po 3 minutách od podání začíná vylučovat ledvinami.

Na maximální denzitě, strmosti stoupaní denzity do maxima a plató se při podávání kontrastní látky podílí několik faktorů, jedná se o průtok, objem a koncentraci kontrastní látky. Objem KL je udáván v ml/s, zpravidla se pohybuje v rozmezí 2–5 ml/s, výjimečně může být i vyšší. Naše protokoly se pohybují v rozmezí 2,6–5 ml/s. Objem kontrastní látky

je nutný k udržení denzity v cévách, naše protokoly pracují s objemem 100 ml rozděleným nerovnoměrně do dvou bolusů. Zpravidla 63 nebo 70 ml v prvním a 30 nebo 37 ml ve druhém. Literatura udává 50–60 ml jako vhodný objem u CT angiografií a alespoň 80 ml pro parenchymové orgány. Proplach fyziologickým roztokem umožňuje objem kontrastní látky redukovat, vytlačí totiž kontrastní látku, která zůstává v periferním žilním řečišti.

Koncentrace, stejně jako objem, určuje maximální dosaženou denzitu a strmost jejího nárůstu. V našich protokolech užíváme kontrastní látku o koncentraci 350 mgI/ml.

Příkon jódu je moderní způsob kalkulace podané kontrastní látky, jedná se o součin průtoku a koncentrace podané kontrastní látky. Zpravidla se pohybuje v rozmezí 1200–2000 mgI/s (44) (45).

Námi první užívaný protokol split bolus byl užit ve skupině C. V době jeho zavádění jsme neměli injektor s možností pauzy v podávání kontrastní látky, proto je mezi oběma bolusy zařazena mezifáze v podobě pomalého bolusu KL o objemu 7 ml, který byl podáván po dobu 35 sekund. V tomto protokolu vykazovaly dobrou kvalitu nasycení jak cévní struktury, tak parenchymové orgány, kde vykazovaly lehce nižší denzitu zejména játra. Pomalý bolus měl patrně vliv na udržování vyšší denzity cév, nicméně chyběl pro kvalitnější nasycení jater.

V dalších skupinách jsme proto zařadili záplach fyziologickým roztokem po prvním bolusu kontrastní látky. Po aplikaci kontrastní látky zůstává v periferním cévním řečišti až 15 ml, aniž by přispělo k nasycení orgánových struktur. Po této změně jsme očekávali kvalitnější nasycení parenchymových orgánů, a to zejména jater. Ve skupinách D a E jsme proto po prvním bolusu zařadili záplach fyziologickým roztokem následovaný pauzou. Ve skupině D jsme se rozhodli ponechat neměnný objem prvního bolusu a zvýšit druhý bolus kontrastní látky (63:7 ml). Ukázalo se, že k nasycení parenchymových orgánů velkou mírou přispíval i pomalý bolus, jelikož ve skupině D jsme získali vůbec nejhorší kvalitu nasycení jater (průměrná denzita činila pouze 76 HU). Oproti tomu ve skupině E jsme přidáním 7 ml k prvnímu bolusu se záplachem dosáhli kvalitnějšího nasycení v oblasti všech parenchymových orgánů včetně jater. Význam záplachu jsme tudíž potvrdili. V tomto protokolu byla i denzita tepen rovnoměrně rozložena od oblouku po pánevní tepny.

Skupiny C, D a E měly ještě jeden společný rys, a to nastavení monitoringu před skenováním do oblasti prvního bolusu. Po 10 sekundách od počátku podávání kontrastní

látky byl zahájen monitoring a po dosažení prahu 100 HU začalo skenování po 50 sekundách. Skenování zpravidla začínalo v době podávání záplachu fyziologickým roztokem po druhém bolusu kontrastní látky.

Ve skupinách F, G a H bylo rozdělení objemu kontrastní látky na bolusy o objemech 70 ml a 30 ml. Zásadním rozdílem byl oproti předchozím skupinám zařazení monitoringu před druhý bolus kontrastní látky a po dosažení prahu 100 nebo 110 HU bylo zahájeno skenování ihned. Skenování bylo zpravidla zahájeno v době záplachu fyziologickým roztokem.

Ve skupině H jsme zvýšili rychlosti podávání kontrastní látky prvního i druhého bolusu k možnosti zjištění, zda větší kompaktnost bolusu zaručí kvalitnější nasycení orgánů i cévních struktur. V této skupině dosahovala zejména náplň ve vnitřních karotických tepnách nejvyšších hodnot, v ostatním rozsahu však byla nižší kvalita náplně cévních struktur. I přes to, že denzita v oblasti portální žíly dosahovala v této skupině nejvyšších hodnot, průměrná denzita jaterního parenchymu byla nižší oproti skupině G (88:96 HU). Podobných hodnot v oblasti jaterního parenchymu dosahovaly i výsledky z roku 2015 (34), kde byly průměrné hodnoty kolem 78 HU, a rychlost podávaného prvního bolusu činila také 4 ml/s, a to i přes to, že denzita v portální žíle činila přibližně 155 HU. Vyšší rychlost bolusu má pravděpodobně za následek zhoršené nasycení zejména parenchymu jater. Nguyen et al. v roce 2009 (32) použili v prvním bolusu rychlost 6 ml/s, nicméně objem podaného bolusu činil 90 ml, denzita parenchymu jater se pohybovala kolem 113 HU.

Skupina G se od skupiny H liší pouze v rychlostech podané kontrastní látky. Pomalejší podávání kontrastní látky mělo za následek rovnoměrné rozložení kontrastní látky v cévách od vnitřních karotických tepen až po pánev a kvalitní nasycení parenchymových orgánů. Nicméně průměrné denzity v cévách dosahovaly nižších hodnot oproti skupině C, byl tudíž zvažován vliv 50 ml bolusu fyziologického roztoku po prvním bolusu kontrastní látky na eventuální naředění kontrastní látky. Ve skupině F jsme se rozhodli objem záplachu snížit na 30 ml. To mělo za následek nápadné snížení dosažených denzit ve všech sledovaných oblastech, jak cév, tak parenchymových orgánů.

Při srovnání všech získaných dat, se jeví jako nejlepší protokol skupiny G.



Tabulka 48 Srovnání získaných hodnot ze skupiny G s daty dostupné z literatury.

[HU]	Loupatatzis	Nguyen	Yaniv	Siering	Leung	Marovic	skupina G
<i>aorta hrudní</i>	272 ±70,7		217 ±15,8	275,9 ±74,4			257 (115–528)
<i>aorta břišní</i>	232 ±68,9		208,8 ±15	241,4 ±81,4	269,8 ±18,8	325 (139–466)	228 (100–532)
<i>pánevní tepny</i>	226,4 ±69,3		209,2 ±15,3				236 (97–525)
<i>portální žíla</i>	184,5 ±33,4			155,5 ±33,2	246,1 ±16,3	193 (133–283)	164 (106–237)
<i>játra</i>	101,7 ±16,9	113 ±23	109,9 ±5,6	78 ±18,8			96 (52–121)
<i>slezina</i>	144 ±19,6	120 ±22	131,2 ±6,1	120,4 ±24,8			114 (62–162)
<i>kůra ledvin</i>	200,6 ±40,2	183 ±40	205 ±9,6	177,2 ±40,4			193 (99–301)

Při srovnávání s daty dostupnými v literatuře je nutné vzít v úvahu, že náš protokol pracuje s nižším objemem kontrastní dávky a až na dvě výjimky (31) (32), kde bylo využito kontrastní látky o nižší koncentraci 300 mgI/ml, pracuje se srovnatelnou, či nižší koncentrací. Při srovnání s dvoufázovým vyšetřením vykazuje statisticky významný rozdíl pouze v oblasti pravé vnitřní karotické tepny, v ostatním rozsahu nevykazují hodnoty významný rozdíl a při srovnání s celosvětovým měřítkem jsou hodnoty na kvalitní úrovni.

### 8.3 Snížení radiační zátěže

Soubor k hodnocení rozdílu v radiační dávce je v obou skupinách poměrně malý. Vychází však z předpokladu, které potvrdily jiné práce (36), že jednofázové vyšetření vede k významnému snížení radiační zátěže u pacientů. Naším cílem bylo snížení radiační zátěže potvrdit.

V každé z hodnocených skupinách bylo celkem 20 pacientů. V obou souborech však byly zjištěny výrazné rozptyly hodnot. Dalším pátráním byl zjištěn fakt, že ponechané paže podél

těla výrazně dávku zvyšují. Při polohování pacienta v gantry je tudíž zásadní, je-li ta možnost, paže pacienta položit za hlavu.

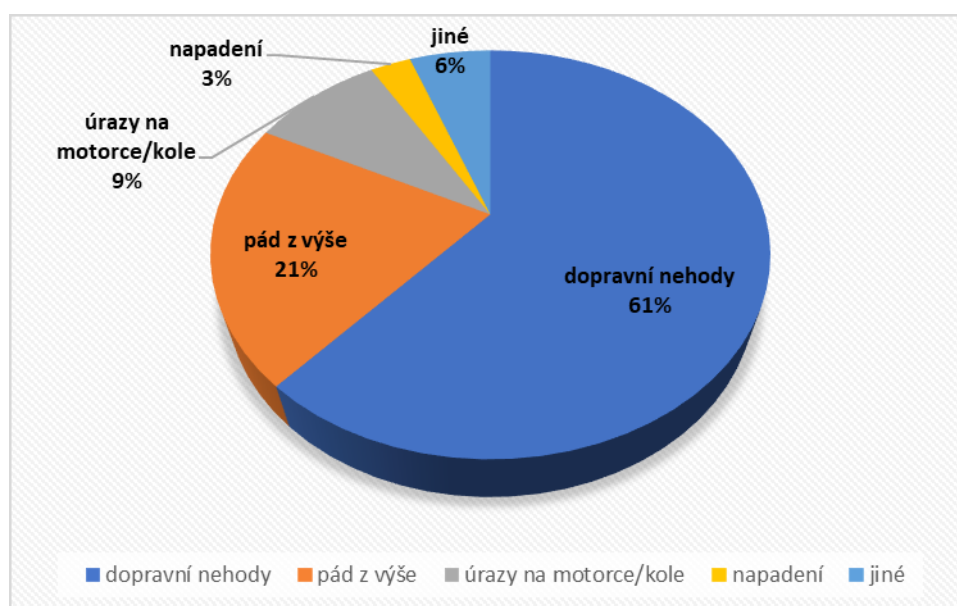
Moderní CT přístroje samy přizpůsobují podanou dávku ionizujícího záření na základě topogramu a jeho srovnání s fantomem. Na základě toho přístroj aplikuje hustotu či intenzivitu skenování pacienta a výsledkem je hodnota  $CTDI_{vol}$ , která udává, kolik by dostal pacient referenční velikosti fantoma. Hodnoty  $CTDI_{vol}$  byly velice blízké vypočtenému odhadu podané dávky ionizujícího záření. Při výpočtu dávky obdržené při pažích uložených podél těla je diskutabilní měření efektivního průměru pacienta, zejména bočního průměru pacienta.

Snížení dávky o 35 % potvrzuje význam užití jednofázových protokolů v zobrazování pacientů s polytraumatem. Vždy je nutné vzít v úvahu nadužití polytrauma protokolu i u pacientů, kteří známky polytraumatu nevykazují, mechanismem úrazu však eventuelní možnost jeho vzniku splňují.

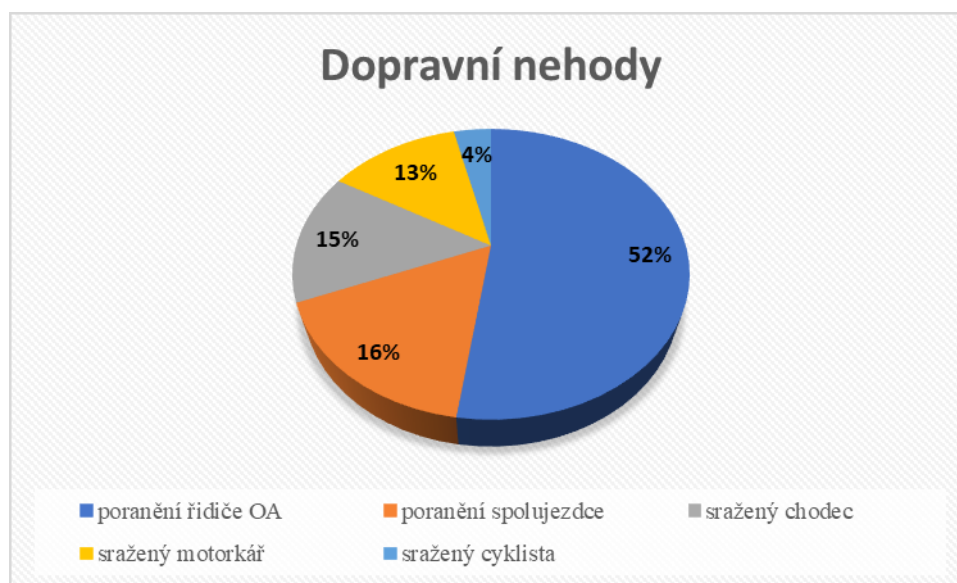
*Tabulka 49 Mechanismy úrazů v našem souboru*

dopravní nehody	
- sražený chodec	16
- automobil: řidič/spolujezdec	57/18
- sražený cyklista	4
- sražený motorkář	14
úrazy na motorce/kole	16
pády z výše	37
napadení	5
potvrzená ebrieta	10
jiné – příklady:	
- v práci stlačen 2 vozíky	- pád pod zemědělský stroj s neúplnou amputací DKK
- přimáčknutí koněm a vrata	- suicidum, skok mezi auta
- lyžař, kolize s jiným lyžařem	- dívka po zasažení el. proudem
- lyžařka, náraz do stromu	- poranění padajícím stromem
- pád palety (60 kg) z výše 4 m na hlavu	- přepadnutí přes mantinel při florbalu s rotací trupu

Graf 15 Rozdělení jednotlivých mechanismů traumatu.



Graf 16 Poměr jednotlivých typů mechanismů poranění při dopravních nehodách.



Ze souboru 179 pacientů pouze 24 splňovalo jednoduchou definici polytrauma (poranění alespoň dvou systémů, z nichž alespoň jedno ohrožuje pacienta na životě), jedná se o 13,5 %.

Vzhledem k tomu, že průměrný věk pacientů našeho souboru se pohybuje mezi 39 a 47 lety, je nutné brát v úvahu v případě snižování radiační zátěže i věk, který má tendenci se v posledních letech, bohužel snižovat.

V předchozích letech byly v literatuře diskutované zejména možnosti snižování radiační zátěže polohováním pacienta v gantry, jak jsem již udávala, polohováním paží pacienta, ať už jedné, nebo obou, dochází ke zvyšování radiační zátěže, mimo jiné i zvýšení šumu a snížení kvality vyšetření, a to zejména v oblasti jater a sleziny – nejčastěji poraněných orgánů (46) (47) (48) (49) (50) (51).

Brink v roce 2008 (47) zkoumal rozdíly v radiační dávce u pacientů s traumatem vyšetřovaných s pažemi za hlavou, jednou paží za hlavou, druhou položenou podél těla a s oběma pažemi položenými podél těla. Pacienti vyšetření s jednou paží položenou podél těla byli vystaveni o 18 % vyšší dávce a pacienti s oběma pažemi byli vystaveni o 45 % vyšší dávce než pacienti vyšetřovaní s oběma pažemi za hlavou. V roce 2011 potvrdil snížení radiační dávky u pacientů s pažemi položenými nad hlavou Bayer (48) o téměř 29 % a poté v roce 2012 při výzkumu radiační dávky potvrdil Loewenhardt (49) signifikantní snížení radiační dávky o 16–22 % při elevaci horních končetin.

Kahn v roce 2014 (50) zkoumal kvalitu skenů získaných u pacientů s různým polohováním horních končetin. Vytvořil skupiny pacientů vyšetřených s pažemi podél těla, zkříženými v oblasti horního břicha ventrálně a v oblasti pánve, zvlášť vždy zkoumal toto umístění paže s druhou paží za hlavou. Našel signifikantní rozdíl v kvalitě vyšetření s nejhorším výsledkem při polohování paží podél těla, následovala skupina s polohováním obou paží ventrálně v oblasti pánve a poté skupina s pažemi položenými ventrálně v oblasti epigastria. Signifikantně lepších výsledků bylo dosaženo ve skupinách s elevací alespoň jedné končetiny za hlavu. Snížená kvalita obrazové dokumentace může překrýt vážné poranění zejména v oblasti jater a sleziny, které může být i potenciálně život ohrožující.

## 9 ZÁVĚR

Význam dosažených cílů je rozdělen dle jednotlivých předem definovaných cílů. Hlavním cílem této práce je prokázat diagnostickou kvalitu jednofázového vyšetření provedeného technikou podání kontrastní látky split-bolus a prokázat její srovnatelnost s dvoufázovým postkontrastním vyšetřením. Dalším cílem pak bylo prokázat snížení radiační zátěže při využití tohoto protokolu.

### 9.1 Cíl 1

**Vytvořit diagnosticky kvalitní protokol užívající techniku split-bolus podání kontrastní látky u pacientů s polytraumatem a jeho zařazení do běžného provozu.**

Zhodnocením všech zkoumaných dat jsme došli k závěru, že nejlepších a rovnoměrných výsledků dosahoval zejména protokol split-bolus užitý ve skupině G. V průběhu sběru dat nebyly hlášeny případy nehodnotitelných vyšetření, eventuálně neakceptovatelné diagnostické kvality. Pouze v jednotkách případů bylo horší nasycení tepen, které však vycházelo ze zhoršeného klinického stavu nemocných, eventuálně nižší denzita jater z důvodu přítomné komorbidity, například steatózy jaterního parenchymu.

### 9.2 Cíl 2

**Srovnat protokol split-bolus s jednofázovým postkontrastním vyšetřením po jednofázovém podání bolusu kontrastní látky a s dvoufázovým postkontrastním vyšetřením po jednofázovém podání bolusu kontrastní látky.**

Kvalita nasycení cévního řečiště dosahovala nejvyšších hodnot v arteriální fázi dvoufázového vyšetření, kromě pravé karotické tepny dosahoval protokol C statisticky nevýznamných rozdílů ve všech ostatních hodnotách. Skupina B a F nevykazovala dobrou kvalitu náplně v oblasti břišní aorty a pánevních tepen, kontrastní náplň v cévách nebyla rovnoměrná. Ostatní skupiny split-bolus protokolů vykazovaly rovnoměrné rozvržení kontrastní náplně a nevykazovaly mezi sebou významné statistické odchylky. Hodnota denzit 185 HU představuje hranici diagnosticky kvalitního zobrazení (36), tuto hodnotu překročila všechna měření v referenčních oblastech, kromě skupiny E v oblasti karotických tepen (průměr 180 HU), skupiny B a F v oblasti abdominální aorty (průměry 166 HU resp. 176 HU) a pánevních tepen ve skupinách B, F a H (průměrně 158 HU resp. 176 HU a 181 HU). Ostatní skupiny tuto hodnotu překročily ve všech oblastech.

V játrech byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi hodnotami skupiny A a D ( $p=0.012$ ), mezi ostatními skupinami nebyl v oblasti jater, sleziny a kůry ledvin prokázán statisticky významný rozdíl. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny v oblasti dřene ledvin, kde bylo zjištěno významně nižší nasycení ve skupině B.

### 9.3 Cíl 3

**Posoudit míru snížení radiační zátěže u pacientů vyšetřených jednofázově oproti pacientům vyšetřeným dvoufázově.**

Výzkum prokázal snížení radiační zátěže u jednofázových postkontrastních vyšetření, provedených v rozsahu od báze lební pod symfýzu, o 35,4 % oproti dvoufázovému vyšetření, provedeném v arteriální fázi od báze lební pod symfýzu a ve venózní fázi od plicních bází pod symfýzu. V dnešní době zvyšujícího se počtu pacientů po traumatizující události v produktivním věku je nutné neustále myslet na snižování radiační zátěže a podnikat kroky k její další redukci. Je nutné dbát na elevaci horních končetin nad hlavu, což může vést k redukci podané radiační dávky téměř o 29 % a vede k vyšší kvalitě obrazové dokumentace.

## 10 REFERENCE

1. National Trauma Institute. Trauma Statistics. [Online] [Citace: 6. květen 2019.] <https://www.nattrauma.org/what-is-trauma/trauma-statistics-facts/>.
2. Lecky F, Bouamra O, Woodford M. *Changing Epidemiology of Polytrauma*. 2. Cham : Springer, 2017. stránky 27-32. 978-3-319-52429-0.
3. The Committee on Trauma. *ATLS®: Advanced Trauma Life Support, Student Course Manual*. Chicago : American College of Surgeons, 2018. 78-0-9968262-3-5.
4. Butcher NE, Balogh ZJ. Update on the definition of polytrauma. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2014;40(2):107-111.
5. Burri C, Henkemeyer H. Polytrauma - general and specific pathophysiology [author's translation, in German]. *Langenbeck Arch Chir*. 1974; 337:201-206.
6. Ence, A. Pathophysiology of polytrauma clotting disturbances [author's translation, in German]. *Langenbeck Arch Chir*. 1974;337:179-182.
7. Border JR, LaDuca J, Seibel R. Priorities in the management of the patient with polytrauma. *Prog Surg*. 1975;14:84-120.
8. Rohde H, Lorenz W, Fischer M. Sequential trial on cimetidine prophylaxis in severe polytrauma. *Z Gastroenterol*. 1980;18:238-329.
9. Faist E, Baue AE, Dittmer H, et al. Multiple organ failure in polytrauma patients. *J Trauma*. 1983;23:775-787.
10. Tscherne H, Oestern HJ, Sturm JA. Stress tolerance of patients with multiple injuries and its significance for operative care. *Langenbeck Arch Chir*. 1984;364:71-77.
11. Butcher N, Balogh ZJ. The definition of polytrauma: the need for international consensus. *Injury, Int. J. Care Injured*. 40, 2009, Sv. 4, S12-22.
12. Rau CS, Wu SC, Kuo PJ, et al. Polytrauma Defined by the New Berlin Definition: A Validation Test Based on Propensity-Score Matching Approach. *Int J Environ Res Public Health*. 14, 2017, Sv. 9, 1045.

13. Pape HC, Lefering R, Butcher N et al. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014 Nov; 77(5): 780-786.
14. TŘEŠKA, Václav. *Traumatologie břicha a retroperitonea*. 1. vydání, Plzeň: NAVA, 2013. s. 11-14. ISBN 978-80-7211-435-1.
15. Chawda MN, Hildebrand F, Pape HC, Giannoudis PV. Predicting outcome after multiple trauma: which scoring system? *Injury, Int. J. Care Injured.* 2004 (35); 347-358.
16. Kool DR, Blickman JG. Advanced Trauma Life Support®. ABCDE from a radiological point of view. *Emerg Radiol.* 2007(14):135-141.
17. Poletti PA, Wintermark M, Schnyder P, Becker CD. Traumatic injuries: role of imaging in the management of the polytrauma victim (conservative expectation). *Eur Radiol.* 2002(12):969-978.
18. Wintermark M, Poletti PA, Becker CD, Schnyder P. Traumatic injuries: organization and ergonomics of imaging in the emergency environment. *Eur Radiol.* 2002(12):959-968.
19. Chidambaram S, Goh EL, Khan MA. A meta-analysis of the efficacy of whole-body computed tomography: Imaging in the management of trauma injury. *Injury. Int. J. Care Injured.* 2017(48):1784-1793.
20. Linsenmaier U, Krötz M, Häuser H, et al. Whole-body computed tomography in polytrauma: techniques and management. *Eur Radiol.* 2002; 12(7):1728-1740.
21. Ferda J et al. *Inovativní zobrazovací metody: 8. dubna 2013, 7.05 - volá Emergency: 40 zraněných na D5 (využití multidetektorové výpočetní tomografie při vyšetřování polytraumat)*. Plzeň: Galén, 2015. První vydání. ISBN 9788074921865.
22. Sobrino J, Shafi S. Timing and causes of death after injuries. *Proc (Bayl Univ Med Cent).* 2013; 26(2):120-123.
23. Pfeifer R, Tarkin IS, Rocos B, Pape HC. Patterns of mortality and causes of death in polytrauma patients - Has anything changed? *Injury, Int. J. Care Injured.* 2009;40:907-911.



24. Kreel M, Trentz O. Pathophysiology of polytrauma. *Injury. Int. J. Care Injured.* 2005; 36:691-709.
25. Jiang H, Wang J. Emergency strategies and trends in the management of liver trauma. *Front. Med.* 2012; 6(3):225-233.
26. Parr MJA, Alabdi T. Damage control surgery and intensive care. *Injury, Int. J. Care Injured.* 2004; 35:713-722.
27. Abramson D, Scalea TM, Hitchcock R, et al. Lactate clearance and survival following injury. *J Trauma.* 1993;35:584-9.
28. Cosgrif N, Moore EE, Sauaia A, et. al. Predicting life-threatening coagulopathy in the massively transfused patient: hypothermia and acidoses revisited. *J Trauma.* 1997;42:857-62.
29. *Ministerstvo zdravotnictví České republiky.* [Online] [Citace: 10. 5 2019.] [https://www.mzcr.cz/Odbornik/obsah/traumacentra\\_3496\\_3.html](https://www.mzcr.cz/Odbornik/obsah/traumacentra_3496_3.html).
30. Girsá D, Weichet J. *Různý pohled na vyšetřovací protokoly u polytraumat.* XLI. český radiologický kongres. 17-19.10.2018, Olomouc : autor neznámý.
31. 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.
32. Nguyen D, Platon A, Shanmuganathan K, et al. Evaluation of a single-pass continuous whole-body 16-MDCT protocol for patients with polytrauma. *Am J Roentgenol.* 2009;192:3-10.
33. 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. *Clin Radiol.* 2013;68:668-675.
34. Beenen LFM, Sierink JC, Kolkman S, et al. Split bolus technique in polytrauma: A prospective study on scan protocols for trauma analysis. *Acta Radiologica.* 2015;56(7):873-880.

35. Stedman JM, Franglin JM, Nicholl H, Anderson EM, Moore NR. Splenic parenchymal heterogeneity at dual-bolus single-acquisition CT in polytrauma patients - 6 months experience from Oxford, UK. *Emergency Radiology*. 2014;21(3):257-260.
36. Leung V, Sastry A, Woo TD, Jones HR. Implementation of a split bolus single-pass CT protocol at a UK major trauma centre to reduce excess radiation dose in trauma pan-CT. *Clinical Radiology*. 2015;70:1110-1115.
37. Sciapli M, Schiavone R. Split-bolus single-pass in trauma pan-CT: How to ensure reproducibility and diagnostic efficacy. *Clin Radiol*. 2016;71(5):497-498.
38. Marovic P, Beech PA, Koukounaras J, Kavnoudias H, Goh GS. Accuracy of dual bolus single acquisition computed tomography in the diagnosis and grading of adult traumatic splenic parenchymal and vascular injury. *Journal of Medicinal Imaging and Radiation Oncology*. 2017;61(6):725-731.
39. Godt JC, Eken T, Schulz A, et al. Triple-split-bolus versus single-bolus CT in abdominal trauma patients: a comparative study. *Acta Radiologica*. 2018;59(9):1038-1044.
40. European Society of Urogenital Radiology. ESUR Guidelines on Contrast Agents v. 10. [Online] [Citace: 13. 6 2019.] <http://www.esur-cm.org/>.
41. Raupach J, Krajina A, Žižka J. *Metodický list intravaskulárního podání jodových kontrastních látek (JKL)*. [Online] [Citace: 11. 5 2019.] <http://www.crs.cz/cs/dokumenty/doporuceni-prehled/metodicky-list-intravaskularniho-podani-jodovych-kontrastnich-latek-jkl.html>.
42. Bae KT. Intravenous Contrast Medium Administration and Scan Timing at CT: Considerations and Approaches. *Radiology*. 2010;256(1):32-61.
43. Ferda J, Mírka H, Baxa J. *Multidetektorová výpočetní tomografie: Technika vyšetření*. 1. vydání, 2009, Galén, Praha, s. 50-51, ISBN 978-80-7262-608-3.
44. Ferda J, Mírka H, Baxa J. *Multidetektorová výpočetní tomografie: Technika vyšetření*. 1. vydání, 2009, Galén, Praha, s. 48-49, ISBN 978-80-7262-608-3.
45. Ferda J, Mírka H, Ferdová E, Kreuzberg B. *CT trávící trubice*. 1. vydání, 2006, Galén, Praha, s. 8, ISBN 80-7262-436-9.

46. Karlo C, Gnannt R, Frauenfelder T, et al. Whole-body CT in polytrauma patients: effect of arm positioning on thoracic and abdominal image quality. *Emerg Radiol.* 2011;18(4):285-293.
47. Brink M, Lange F, Oostveen LJ, et al. Arm Raising at Exposure-controlled Multidetector Trauma CT of Thoracoabdominal Region: Higher Image Quality, Lower Radiation Dose. *Radiology.* 2008;249(2):661-670.
48. Bayer J, Pache G, Strohm PC, et al. Influence of Arm positioning on Radiation Dose for Whole Body Computed Tomography in Trauma Patients. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery.* 2011;70(4):900-905.
49. Loewenhardt B, Buhl M, Gries A, et al. Radiation exposure in whole-body computed tomography of multiple trauma patients: Bearing devices and patient positioning. *Injury.* 2012;43(1):62-72.
50. Kahn J, Grupp U, Maurer M. How does arm positioning of polytraumatized patients in the initial computed tomography (CT) affect image quality and diagnostic accuracy? *Eur J of Radiol.* 2014;83(1):e67-e71.
51. Gordic S, Alkadhi H, Hodel S, et al. Whole-body CT-based imaging algorithm for multiple trauma patients: radiation dose and time to diagnosis. *The British Institute of Radiology.* 2015;88(1047).

## 11 PUBLIKAČNÍ ČINNOST

### 11.1 Publikace v časopisech s impact faktorem

Korčáková E, Mírka H, Liška V, Hošek P, **Bajcurová K**. Monitoring after radiofrequency ablation of liver tumors: contrast-enhanced ultrasound (CEUS) vs. contrast enhanced computer tomography (CECT), two days after procedure. *Biomedical Papers*. 2018; 162 (4): 304-309. (IF = 1,087)

Procházková K, Mírka H, Trávníček I, Pitra T, Roušarová M, Kolář J, Hošek P, **Bajcurová K**, Ferfa J, Staehler M, May SDB, Hes O, Hora M. Cystic Appearance on Imaging Methods (Bosniak III-IV) in Histologically Confirmed Papillary Renal Cell Carcinoma is Mainly Characteristic of Papillary Renal Cell Carcinoma Type 1 and Might Predict a Relatively Indolent Behavior of Papillary Renal Cell Carcinoma. *Urologia Internationalis*. 2018; 101 (4): 409-416. (IF = 1,508)

### 11.2 Publikace v recenzovaných časopisech

**Bajcurová K**, Mírka H, Korčáková E. Split-bolus technika podání kontrastní látky u pacientů s polytraumatem užívaná na KZM FNP a LF UK. *Plzeňský lékařský sborník: Supplementum*. 2018; 88: 27-30.

**Bajcurová K**, Novák P, Korčáková E, Mírka H, Geiger J, Rajal P, Daum O, Podolcová M. Submucosal mucoid as a late complication after appendectomy – A case report. *International Journal of Surgare Case Reports*. 2019; 58:37-40.

Svobodová M, Jiřík M, Včelák P, Lukeš V, Ryba T, Hošek P, **Bajcurová K**, Ludvík J, Mírka H, Tonar Z, Třeška V, Liška V. Software LISA – virtuální resekce jater pro urychlení a usnadnění předoperačního plánování. *Rozhledy v chirurgii*, 2015; 94 (11):485-490.

Brůha J, Liška V, Pálek R, Mírka H, Hošek P, Korčáková E, **Bajcurová K**, Fichtl J, Skalický T, Třeška V. Porovnání perkutánní a otevřené radiofrekvenční ablace metastáz kolorektálního karcinomu ve FN Plzeň v letech 2001 – 2015. *Rozhledy v chirurgii*. 2016; 95 (3): 107-111.

Pálek R, Liška V, Třeška V, Rosendorf J, Emingr M, Tégl V, Králíčková A, **Bajcurová K**, Jiřík M, Tonar Z. Sinusoidální obstrukční syndrom indukovaný monokrotalinem v experimentu na velkém zvířeti – pilotní studie. *Rozhledy v chirurgii*. 2018; 97 (5):214-221.

Korčáková E, **Bajcurová K**, Ludvík J, Mírka H, Duras P. Využití barevných map frakce arteriálního sycení (AEF) k hodnocení přítomnosti reziduí po lokální ablaci nádorů jater. *Plzeňský lékařský sborník: Supplementum*. 2018; 88: 19.23.

Liška V, Třeška V, Mírka H, Vyčítal O, Brůha J, Haidingerová L, Tégl V, Beneš J, Mlejnková-Dvořáková V, Tonar Z, Pálek R, Rosendorf J, **Bajcurová K**. Experimentální regenerace jater. Nejvýznamnější inovace v medicíně. 2018; 105-112. Příspěvek v recenzovaném konferenčním sborníku.

### 11.3 Poster

Korčáková E, **Bajcurová K**, Mírka H, Hošek P, Liška V, Duras P. Benefits of arterial enhancement fraction in evaluation of the effect of transarterial chemoembolization. ECR, Vídeň, Rakousko, 27.2.2019-3.3.2019.