

Optimalizace split-bolus techniky podání kontrastní látky při celotělovém CT vyšetření u pacientů s polytraumatem

Split-bolus technique of contrast medium administration used in whole body CT examination of patient with polytrauma

Kristýna Bajcurová, Hynek Mírka, Eva Korčáková

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

Biomedicínské centrum LF UK, Plzeň

Hlavní stanovisko práce

Split-bolus technika podání kontrastní látky je s výhodou použitelná při vyšetření pacientů s polytraumaty.

SOUHRN

Bajcurová K, Mírka H, Korčáková E. Optimalizace split-bolus techniky podání kontrastní látky při celotělovém CT vyšetření u pacientů s polytraumatem

Cíl: V současné době je více možností vyšetření pacientů s polytraumatem. První dvě možnosti jsou postkontrastní vyšetření provedená v jedné, či ve dvou fázích po jednofázovém podání bolusu kontrastní látky (KL). Třetí možností je v posledních letech stále více diskutované jednofázové vyšetření s vícefázovým podáním KL, tedy technikou split-bolus (SB). Tento článek se zabývá porovnáním těchto protokolů s cílem optimalizovat SB protokol, aby splňoval očekávanou diagnostickou kvalitu.

Metodika: Bylo vytvořeno pět skupin (A až E) vyšetřených pacientů. Ve skupinách A a B byla KL podána v jednofázovém bolusu, poté skupina A podstoupila dvojfázové vyšetření, skupina B byla vyšetřena jednofázově. Skupiny C až E byly vyšetřeny technikou split-bolus. V jednotlivých skupinách se neliší objem, ani koncentrace jedové KL, a to 100 ml a 350 mgI/ml. Jednotlivé rozdíly mezi skupinami byly statisticky zhodnoceny.

Výsledky: Byl zjištěn vysoce významný rozdíl v denzitě tepen mezi skupinou A v arteriální fázi a ostatními skupinami. Nicméně průměrná denzita tepen ve všech případech, až na pánevní tepny ve skupině C, dosahovala hodnoty 185 HU, kterou považujeme za přijatelnou. Významný rozdíl byl zjištěn v nasycení parenchymu jater ve skupině A oproti skupinám B až E. Při využití záplachu prvního bolusu

Major statement

Single pass CT examination with split-bolus administration of contrast medium – convenient to use it in multiple trauma patients.

SUMMARY

Bajcurová K, Mírka H, Korčáková E. Split-bolus technique of contrast medium administration used in whole body CT examination of patient with polytrauma

Objective: The possibilities of CT examinations in patients with multiple trauma are: two-phase, or single-phase CT examination, after a single-bolus contrast medium (CM) administration; and a single-pass CT examination after multiphasic CM administration, also called “split-bolus technique” (SB). This article compares few protocols and seeks an optimal diagnostic quality.

Methods: Five patient groups were created. Group A and B underwent a CT examination after administration of single bolus of CM, then group A underwent a two-phase examination in arterial and venous phase and group E underwent single-phase examination. Groups C, D and E underwent single-phase CT examination with split-bolus technique of CM administration. The CM volume of 100 ml and the concentration of 350 mgI/ml was used in all groups. The groups were statistically evaluated.

Results: There was a significant difference achieved in the density measured in arteries between group A vs. groups B–E. The value of 185 HU was exceeded in all observed reference regions, with the only exception in the pelvic arteries in group C. A significant difference was found in a saturation of the hepatic parenchyma between groups A vs. groups B–E. There was an increase of measured densities in parenchymal organs, when the saline flush after

Přijato: 15. 1. 2019.

Korespondenční adresa:

MUDr. Kristýna Bajcurová
Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN
alej Svobody 923/80, 304 60 Plzeň
e-mail: bajcurovak@fnplzen.cz

Konflikt zájmů: žádný.

Podpořeno projektem MZ ČR Koncepční rozvoj výzkumné instituce 00669806 – FN Plzeň a projektem Univerzity Karlovy v Praze Progress q39.

KL fyziologickým roztokem (FR) bylo zjištěno zvýšení naměřených denzit v parenchymových orgánech ve skupinách C a D oproti skupině E. I přes to, že nebyl zjištěn významný rozdíl v denzitách jater a sleziny mezi skupinami C až E oproti B, hodnoty denzit u jednofázového vyšetření byly nižší o 6–14 HU.

Závěr: Protokoly s podáním KL technikou split-bolus hodnotíme jako diagnosticky kvalitní. Je možné jejich zařazení zejména v diagnostice u pacientů s polytraumatem pro signifikantně nižší radiační zátěž a menší časovou náročnost vyšetření. Jednofázové podání bolusu KL je při jednofázovém vyšetření pro svoji nižší diagnostickou kvalitu méně přínosné.

Klíčová slova: celotělové CT vyšetření, polytrauma, split-bolus protokol, kontrastní látka.

first CM bolus was used. Comparing densities in the liver and the spleen parenchyma, there was no significant difference between groups C–E vs. B, although in group B the densities were lower by 6–14 HU.

Conclusion: We achieved a good image quality in all SB protocols. Use of SB protocols brings a significant reduction of radiation dose along with a smaller CM volume compared to previously published SB protocols. The single-phase CT examination after single bolus of CM didn't achieve the diagnostic quality demanded in examinations of patients with trauma.

Key words: whole-body CT examination, multiple trauma, split-bolus technique, contrast.

ÚVOD

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 stojí náklady na péči o pacienty s traumatem několik miliard, výsledná suma se pak zvyšuje v důsledku ztráty jejich produktivity (1). Polytrauma je definováno jako poranění minimálně dvou orgánových systémů, z nichž alespoň jedno ohrožuje pacienta na životě. Péče o takto kriticky nemocné hraje zásadní roli. Je snaha snížit nejen mortalitu, ale i morbiditu. Pro tyto účely byl vytvořen systém péče o traumatické pacienty, který byl posléze implementován i do péče v případě netraumatických urgentních stavů. Program ATLS® (Advanced Trauma Life Support) vznikl v osmdesátých letech 20. století a v průběhu desítek let se nadále vyvíjí. Součástí tohoto programu je i implementace zobrazovacích metod v základní diagnostice pacientů s polytraumatem, mimo RTG a USG vyšetření, zejména CT vyšetření.

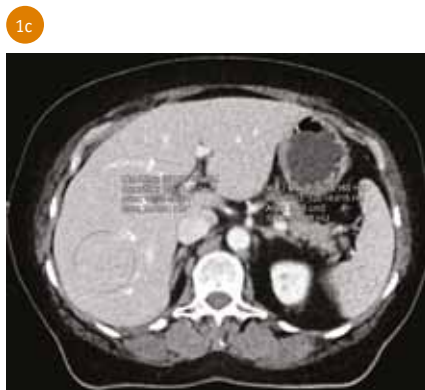
Za poslední léta prodělala technika CT vyšetření zásadní vývoj, v dnešní době se proto stalo CT vyšetření téměř rutinní záležitostí. Lze totiž velmi dobře zjistit mimo jiné jak poranění parenchymových orgánů, tak cévních struktur. Metaanalýza z roku 2017 prokázala, že zařazení celotělového CT vyšetření do základní diagnostiky bylo asociováno s nižší celkovou i 24hodinovou mortalitou (2). Pacienti díky této metodě tráví méně času na urgentním příjmu, v nemocnici i na jednotce intenzivní

péče. Rychlá diagnostika tudíž znamená včasnou léčbu a zejména snížení četnosti trvalých následků. Další zásadní výhodou užití CT vyšetření je i možnost skenovat velký objem tělesné tkáně naráz a rychlý výpočet dat. CT vyšetření v rámci managementu pacientů s polytraumatem, zejména v případech „metastabilních“ pacientů, se ukázalo být výhodné (3).

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 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

1 Referenční oblasti měření densit v arteriální fázi skupiny A v cévním okně, v krčních tepnách (a) a v břišní aortě (b); density v oblasti jater, sleziny (c) a ledvín, měřících v oblasti kůry a dřeně (d)

The reference regions of interest in arterial phase of group A in window adjusted for arteries. There are the carotid arteries (a) and abdominal aorta (b); the densities in the regions of interest in the liver and spleen parenchyma (c) and kidneys measured in the regions of cortex and medulla (d)



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.

METODIKA

Bylo vytvořeno celkem pět skupin pacientů: A, B, C, D a E. Všichni pacienti byli vyšetřeni od báze lební po symfýzu.

Skupina A byla referenční, jednalo se o pacienty vyšetřené dvojfázovým protokolem v arteriální a venózní fázi po podání jednorázového bolusu KL. Skupinu tvořilo 24 pacientů, z toho 11 žen a 13 mužů o průměrném věku 67,5 let.

Pacienti skupiny B byli vyšetřeni jednofázovým postkontrastním vyšetřením s jednofázovým podáním KL. Po aplikaci 100 ml KL rychlostí 4 ml/s bylo zahájeno skenování 30 sekund po arteriální fázi.

Pacienti ze skupin C, D a E byli vyšetřeni protokolem s podáním KL technikou SB. Po nativním vyšetření hlavy a krční páteře s pažemi podél těla bylo provedeno jednofázové postkontrastní vyšetření po vícefázovém bolusu KL, dle možností pacientů zpravidla s pažemi podél hlavy. Pacientům byl podán stejný objem kontrastní látky, a to 100 ml, a koncentraci 350 mgI/ml. Schéma podané KL technikou SB v jednotlivých skupinách shrnuje tabulka 1.

Vyšetření ve skupinách A, C, D a E byla provedena na přístroji Somatom Drive (Siemens, Erlangen, Německo). Pacienti ve skupině B byli vyšetřeni na přístroji Somatom Definition Flash (Siemens, Erlangen, Německo). Všechna vyšetření byla hodnocena na pracovní stanici SyngoVia (Siemens, Erlangen, Německo).

Mezi skupinami A až E se porovnávaly dosažené density v referenčních místech – ve vnitřních karotických tepnách, v oblouku aorty, v břišní aortě v úrovni odstupů renálních tepen a ve společných pánevních tepnách, dále v parenchymových orgánech – v pravém jaterním laloku, ve slezině a v ledvinách, kde

byly hodnoceny kůra a dřeň dohromady a zvlášť kůra i dřeň.

Ve skupině A bylo provedeno dvojfázové vyšetření. Ke srovnání densit v cévách byla použita arteriální fáze a ke srovnání densit v parenchymových orgánech byla použita venózní fáze.

Tab. 1. Srovnání split-bolus protokolů ve skupinách C až E (v tabulce jsou uvedeny charakteristiky souboru, objemy bolusů kontrastních látek (KL) s eventuálním záplachem fyziologického roztoku (FR) s pauzami)

Table 1. Comparison of split-bolus protocols in groups C, D and E (in the table there are characteristics of the groups, volumes of the contrast medium (KL) and the saline flush (FR) with pauses)

	Skupina C	Skupina D	Skupina E
pacienti (muži/ženy)	19 (15/4)	20 (11/9)	24 (13/11)
průměrný věk	47,5 let	39,5 let	36 let
bolus KL	70 ml	70 ml	63 ml
rychlost podávání	4 ml/s	2,6 ml/s	2,6 ml/s
záplach FR	50 ml	50 ml	–
rychlost podávání	4 ml/s	4 ml/s	–
pauza/mezifáze	pauza 20 s	pauza 20 s	7 ml KL
rychlost podávání	–	–	0,2 ml/s
bolus KL	30 ml	30 ml	30 ml
rychlost podávání	5 ml/s	4 ml/s	4 ml/s
záplach FR	40 ml	40 ml	40 ml
rychlost podávání	5 ml/s	4 ml/s	4 ml/s
monitoring	před 2. bolusem	před 2. bolusem	od začátku podávání KL
práh	110 HU	100 HU	100 HU
zpoždění skenování	0 s	0 s	50 s

2a



2b



2c



Soubor tvořily přibližně ze 46% dopravní nehody, 15% tvořily střety osobních automobilů s chodci či cyklisty. Pády z výše zahrnovaly orientačně 23%. Zbýlých 16% tvořily méně časté úrazy jako zavalení, nehody lyžařů nebo napadení, případně neznámé mechanismy úrazů.

Soubor byl zhodnocen Mannovým-Whitneyovým U testem a dále vzhledem k normalitě rozložení F-testem ke zhodnocení odlišnosti rozptylů a dvojitým oboustranným T-testem s nerovností rozptylů. Vzhledem k porovnávání hodnot více souborů byl užit i statistický test ANOVA jeden faktor ke zhodnocení významnosti rozdílu mezi technikami SB. Pro potřeby statistického

2 Celkový přehled denzit dosažených v oblasti aorty v jednotlivých protokolech: arteriální fáze skupiny A (a), jednofázové vyšetření po jednofázovém podání kontrastní látky ve skupině B (b) a ve skupině E vyšetřené technikou podání kontrastní látky split-bolus (c)

General overview of the densities measured in all groups: arterial phase of group A (a), single-bolus of contrast medium single pass CT examination in group B (b) and the group E examined by split-bolus technique (c)

zhodnocení byla jako signifikantní hladina významnosti α stanovena $p < 0,05$.

VÝSLEDKY

Průměrné naměřené hodnoty ve skupinách ve stanovených referenčních oblastech shrnuje tabulka 2.

Hodnota 185 HU představuje hranici diagnosticky kvalitního zobrazení (4).

Tuto hodnotu převyšují všechny zjištěné denzity tepen v referenčních oblastech, s jedinou výjimkou v oblasti pánevních tepen ve skupině C, kde průměrné hodnoty dosahovaly 181 HU.

Ze statistického hlediska byly dosažené rozdíly denzit statisticky vysoce významné ($p < 0,00001$) ve všech měřených oblastech při srovnání arteriální fáze skupiny A se skupinami B až E (obr. 1, 2).

Tab. 2. Průměrné hodnoty denzit s udávaným minimem a maximem dosažených hodnot ve sledovaných oblastech v jednotlivých protokolech. Skupina A – referenční dvojfázové vyšetření, hodnoty denzit v cévách jsou měřeny v arteriální fázi, hodnoty denzit parenchymových orgánů jsou měřeny ve venózní fázi. Skupina B představuje jednofázové vyšetření po jednofázovém podání bolusu kontrastní látky. Skupiny C až E představují jednofázové vyšetření s technikou podání kontrastní látky split-bolus.

Table 2. The average densities achieved in reference regions of interest. Group A and B underwent a CT examination after administration of single bolus of contrast medium, then group A underwent a two-phase examination in arterial and venous phase and group E underwent single-phase examination. Groups C, D and E underwent single-phase CT examination with split-bolus technique of contrast medium administration.

[HU]	A	B	C	D	E
krční tepny	476 (197–748)	262 (180–369)	330 (141–557)	274 (167–423)	262 (168–358)
oblouk aorty	431 (239–613)	263 (148–377)	221 (137–395)	257 (115–528)	207 (49–340)
břišní aorta	432 (230–624)	257 (129–412)	187 (115–341)	228 (100–532)	167 (118–295)
pánevní tepny	455 (243–741)	261 (111–478)	181 (110–352)	236 (97–525)	158 (79–333)
játra	109 (65–143)	89 (51–124)	88 (59–122)	96 (52–121)	82 (51–119)
slezina	119 (88–150)	108 (58–151)	110 (43–164)	114 (62–162)	100 (58–124)
ledviny (kůra + dřev)	169 (109–238)	159 (95–221)	167 (75–300)	175 (109–246)	125 (60–216)
kůra ledvin	188 (134–259)	181 (104–243)	186 (92–339)	193 (99–301)	156 (46–251)
dřev ledvin	145 (81–224)	130 (49–197)	133 (82–243)	150 (66–239)	91 (54–147)

3a



3b



3 Referenční oblasti měření denzit dosažené v cévních strukturách ve skupině B, kde byl použit protokol jednofázového podání kontrastní látky s jednofázovým postkontrastním vyšetřením. Jedná se o denzity v krčních tepnách (a) a v břišní aortě (b). Toto vyšetření nedosahovalo požadovaných diagnostických kvalit.

There are regions of interest in arteries of group B, where single-bolus single-pass examination was performed. The pictures show regions of interest in carotid arteries (a) and abdominal aorta (b). This examination didn't achieve demanded diagnostic quality.

Skupina B dosahovala nižších denzit ve všech měřených oblastech oproti ostatním skupinám. Výše zmiňovanou denzitu 185 HU převyšovaly pouze oblasti karotických tepen a oblouku aorty. V ostatních referenčních oblastech byly hodnoty denzit v cévách nižší než 167 HU, které hodnotíme jako nepřijatelné pro diagnostickou kvalitu. Při statistickém zhodnocení denzit cév byly zjištěny statisticky vysoce významné rozdíly oproti arteriální fázi skupiny A v celém rozsahu ($p < 0,00001$) a proti skupině E v oblasti břišní aorty a pánevních tepen ($p < 0,001$) (obr. 3) Statisticky významné rozdíly byly zjištěny i proti skupině D v oblasti pánevních tepen ($p < 0,05$). Při zhodnocení kvality denzity parenchymových orgánů byly statisticky vysoce významné rozdíly v nasycení všech referenčních oblastí kromě kůry ledvin při porovnání se skupinou A, venózní fází ($p < 0,01$). Při srovnání se skupinami C až E nebylo dosaženo statisticky významného rozdílu v nasycení jater a sleziny, průměrné hodnoty se však lišily o 6–14 HU. Statisticky vysoce významné rozdíly ($p < 0,01$) byly naměřeny v nasycení dřevě ledvin při srovnání skupiny B se skupinami C až E. V oblasti kůry ledvin statisticky

významný rozdíl v denzitách zjištěn nebyl (obr. 4).

Při srovnání denzit v SB protokolech byl nalezen statisticky významný rozdíl mezi skupinou B a C v nasycení karotických a pánevních tepen. Ve skupině C dosahovaly průměrné denzity karotických tepen hodnot 330 HU a ve skupině E byly průměrné hodnoty 262 HU, rozdíl mezi skupinami byl statisticky významný ($p < 0,05$). Vzhledem k rozdílným rychlostem podaných bolusů nebylo

4a



4b



4 Parenchymové orgány po jednofázovém vyšetření s jednorázovým bolusem podané kontrastní látky ve skupině B – játra a slezina (a) a měření v oblasti ledvin (b) zvláště pro kůru, dřevě a celková denzita

Parenchymal organs after single-bolus, single pass examination in the group B – liver and spleen parenchyma (a) and the illustration of densities measuring in the regions of the kidney (b)

ve skupinách C a E dosaženo srovnatelného nasycení v oblasti břišní aorty a pánevních tepen, kde byly rozdíly statisticky významné ($p < 0,05$). Ve skupině E se průměrné hodnoty denzit v břišní aortě pohybovaly kolem 257 HU a v pánevních tepnách 261 HU, zatímco ve skupině C dosahovaly průměrné hodnoty denzit v břišní aortě 187 HU a v pánevních tepnách 181 HU (obr. 5).

Při zhodnocení parenchymových orgánů byl nalezen statisticky významný rozdíl v denzitě parenchymu jater ($p < 0,05$) mezi venózní fází skupiny A a všemi SB protokoly ve skupinách C až E. Ve skupině A dosahovala denzita jaterního parenchymu průměrných hodnot 109 HU. Proti skupině A se skupiny C až E lišily o 13–19 HU v naměřených průměrných hodnotách denzit. Nejmenší rozdíl byl naměřen mezi skupinami A a D. Ve skupině D byly průměrné naměřené hodnoty 96 HU. Při statistickém zhodnocení rozdílu denzit ostatních parenchymových orgánů, v oblasti sleziny a ledvin, nebyl nalezen statisticky signifikantní rozdíl v dosažené denzitě mezi všemi skupinami (hodnota p značně přesahovala hladinu 0,05). V protokolech C a D, kde byl využit záplach FR po prvním bolusu KL, byl sledován statisticky nevýznamný, ale mírný nárůst denzity parenchymových orgánů o 2–20 HU (obr. 6).

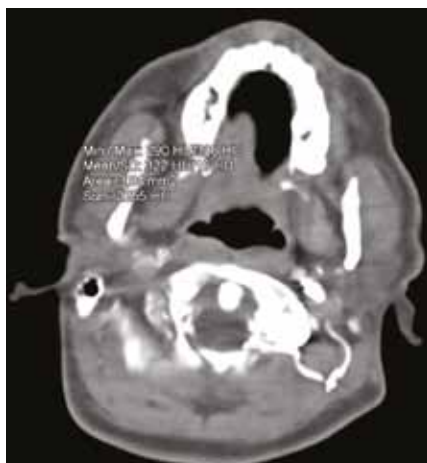
DISKUSE

Z námi vyšetřených pacientů pomocí protokolu pro polytrauma pouze necelých 21% splňovalo definici polytraumatu. Při tvorbě vyšetřovacích protokolů

5a



5b



5c



5d



5 Referenční oblasti měření denzit dosažené v cévních strukturách ve skupinách D a E, tedy v protokolech s technikou podání kontrastní látky split-bolus. Jedná se o denzity v krčních tepnách – ve skupině D (a) a E (b), v oblasti břišní aorty – ve skupině D (c), E (d). Toto vyšetření dosahovalo požadovaných diagnostických kvalit.

There are regions of interest in arteries of groups D and E, where multi-phase contrast medium examination, so called “split-bolus”, single-pass examination was performed. The pictures show regions in carotid arteries – in group D (a) and E (b) and in the abdominal aorta – in group D (c) and E (d). We achieved a good image quality in all SB protocols.

6a



6b



6c



6d



6 Ukázky nasycení parenchymu jater, sleziny a ledviny v protokolech s technikou podání kontrastní látky split-bolus ve skupinách D a E: skupina D – játra a slezina (a), ledviny (b) a skupina E – játra a slezina s rozsáhlou lacerací a částečnou devaskularizací při poranění hilu sleziny a tekutinou prerenálně (c) a ledviny s tekutinou Morisonově prostoru (d)

Demonstration of liver, spleen and kidneys parenchyma saturation by contrast medium in groups D and E, where multi-phase contrast medium examination, so called “split-bolus”, single-pass examination was performed: group D – liver and spleen parenchyma (a), kidney cortex and medulla (b) and group E – liver parenchyma and spleen with a waste laceration and partial devascularization after hilar vascular injury and surrounding free fluid in prerenal space (c) and kidney with free fluid in Morison’s pouch (d)

Tab. 3. Hodnoty denzit dosažených ve sledovaných lokalizacích v cévách a v parenchymových orgánech v publikovaných split-bolus protokolech v letech 2008–2018. Uvedené jsou i objemy a koncentrace použitých kontrastních látek stejně tak objemy jednotlivých bolusů.

Table 3. The table contains the densities in the reference regions of interest in arteries and parenchymal organs, that were published between the years 2008–2018. The table contains volume along with the concentration and the volume of applied contrast medium boluses.

(HU)	Loupatatzis	Nguyen	Yaniv	Siering	Leung	Marovic
objem KL (ml) (jednotlivé bolusy)	150 (70/5/75)	150 (90/60)	130 (80/50)	120 (80/40)	150 (62/85)	140 (80/60)
koncentrace (mgI/ml)	300	300	350	350	340	350
aorta hrudní	272 ± 71		217 ± 16	276 ± 74		
aorta břišní	232 ± 69		209 ± 15	241 ± 81	267 ± 19	325 (139–466)
pánevní tepny	226 ± 69		209 ± 15			
portální žíla	185 ± 33			156 ± 33	246 ± 16	193 (133–283)
játra	102 ± 17	113 ± 23	110 ± 6	78 ± 19		
slezina	144 ± 20	120 ± 22	131 ± 6	120 ± 25		
kúra ledvin	201 ± 40	183 ± 40	205 ± 10	177 ± 40		

je proto vhodné zohlednit i nadužití polytrauma protokolu. Právě z důvodu nadužití CT polytrauma protokolu je redukce radiační dávky, při zachování diagnostické kvality vyšetření, významná. Studie Leunga et al. z roku 2015 prokázala snížení radiační zátěže při užití SB protokolu oproti dvojfázovému vyšetření až o 43,5 % (4).

První zmínky techniky podání kontrastní látky typu SB, tedy vícefázové podání KL více bolusy o různých rychlostech, se objevilo poprvé v roce 2008 (5), kdy na 16-řádem CT přístroji byl otestován protokol s podáním kontrastní látky o koncentraci 300 mgI/ml o celkovém objemu 150 ml. Loupatatzis již tehdy udával, že objem kontrastní látky je vyšší, než je u dvojfázového protokolu po jednofázovém bolusu kontrastní látky. Takto vysoké objemy mohou znemožnit následné případné angiografické intervence při zjištěném poranění. Predikoval však také, že budoucí CT přístroje s více detektory a lepší technikou umožní snížení objemu kontrastní látky se zachováním diagnostické kvality. V následujících letech se objevily články studující SB protokoly s různými technikami. Ideální technika SB protokolu však zůstává stále otevřená. Dosavadní publikované práce pracovaly s různou koncentrací i objemem KL. Koncentrace se pohybovala mezi 300–350 mgI/ml a užívané objemy se pohybovaly v rozmezí 120–175 ml KL (4–12).

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 SB technik byl tedy zejména vyšší objem kontrastní látky. Nicméně vzhledem k nižšímu věku potenciálních pacientů berou dosavadní publikované práce tyto vyšší objemy KL za přijatelné (4). Riziko rozvoje kontrastní nefropatie u nemocných pacientů bez zhoršených renálních funkcí je 0–10 %, u nemocných s rizikovými faktory, jimž polytrauma jistě je, však stoupá až na 25 %. Zásadní je v možném rozvoji mimo jiné také případná kumulace kontrastních vyšetření (13). Naše protokoly se snaží tomuto nežádoucímu účinku přecházet tím, že objem KL nenavysují při využití SB techniky a pracují s objemy KL srovnatelnými s dvojfázovým, či jednofázovým vyšetřením.

Při srovnání námi provedených SB protokolů s hodnotami udávaných v předchozích pracích (4–12) (tab. 3) dosahuje zejména protokol E vyšších dosažených denzit v tepnách proti většině udávaných hodnot. Horší nasycení proti tomu dosahují zpravidla parenchymatózní orgány. Je však nutné vzít v úvahu

rozdílnost objemu podaných KL zejména v prvním bolusu, který za kvalitu jejich nasycení odpovídá. Dosažení vyšší denzity parenchymatózních orgánů ve skupinách C a D oproti skupině E je důkaz významnosti záplachu prvního bolusu KL fyziologickým roztokem, což umožní efektivnější využití KL na nasycení parenchymových orgánů a žil v recirkulaci.

Při tvorbě protokolů SB je nutné vzít v úvahu, že v kvalitě zobrazení cévních struktur hraje nejvyšší roli příkon jódu, což je součin koncentrace KL a rychlosti jejího podání. Aby bylo zobrazení cévních struktur diagnosticky kvalitní, je doporučeno dosáhnout hodnot 1200 až 2000 mgI/s. Naše protokoly pracovaly s příkonem jódu 1400 a 1750 mgI/s. I přesto, že byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi skupinami užívanými split-bolus technikou a arteriální fází skupiny A, všechna vyšetření splňovala diagnostickou kvalitu potřebnou ke správnému zhodnocení provedených CT vyšetření.

Pro zobrazení parenchymových orgánů má zásadní vliv množství podaného jódu, jde tedy o množství podané KL. Při dvojfázovém vyšetření zpravidla stačí u pacienta normální konstituce (70 kg, 170 cm) pro kvalitní nasycení parenchymových orgánů 80–100 ml KL. Po aplikaci KL se v periferních cévách v místě podání drží přibližně 15 ml, zařadili jsme proto do studie protokoly se záplachem FR po prvním bolusu KL ve skupinách C a D, abychom zjistili změnu kvality nasycení zejména jaterního parenchymu, která se, ač statisticky nevýznamná, potvrdila. V těchto skupinách však bylo dosaženo současně lehce nižších denzit v oblasti cév, význam záplachu prvního bolusu je proto vhodný k dalšímu studiu.

ZÁVĚR

Jednofázové postkontrastní vyšetření provedené split-bolus technikou podání KL je u pacientů s polytraumaty použitelná a dosahuje dobré diagnostické kvality. Výsledky skupiny E dosahovaly zejména dobré konzistentní diagnostické kvality v oblasti cév a po zařazení záplachu fyziologickým roztokem po prvním bolusu KL se zlepšila kvalita nasycení parenchymových orgánů ve skupinách C a D. Všechny protokoly se split-bolus technikou hodnotíme jako diagnosticky kvalitní. Zásadní výhoda

těchto protokolů je zejména nižší radiační zátěž a relativně nízký objem kontrastní látky oproti dosud publikovaným SB protokolům z let 2008–2018 (4–12).

Jednofázové vyšetření s jednofázovým podáním KL hodnotíme jako

diagnosticky méně kvalitní pro nedostačující kontrastní náplň cév a oproti dvojfázovému protokolu i méně kvalitní nasycení parenchymových orgánů. ●

LITERATURA

1. **National Trauma Institute.** Trauma statistics. <https://www.nattrauma.org/what-is-trauma/trauma-statistics-facts/> (zdroj z 6. 1. 2019).
2. **Chidambaram S, Goh EL, Khan MA.** A meta-analysis of the efficacy of whole-body computed tomography: Imaging in the management of trauma and injury. *Int J Care Injured* 2017; 48: 1784–1793.
3. **Linsenmaier U, Krötz M, Häuser H, et al.** Whole-body computed tomography in polytrauma: techniques and management. *Eur Radiol* 2002; 12(7): 1728–1740.
4. **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.
5. **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.
6. **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.
7. **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.
8. **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.
9. **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.
10. **Sciapli M, Schiavone R.** Split-bolus single-pass in trauma pan-CT: How to ensure reproducibility and diagnostic efficacy. *Clinical Radiology* 2016; 71(5): 497–498.
11. **Marovic P, Beech PA, Koukounaras J, Kavnaudias 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. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1754-9485.12619>
12. **Godt JC, Eken T, Schulz A, Johansen CK, Aarsnes A, Dormagen JB.** Triple-split-bolus versus single-bolus CT in abdominal trauma patients: a comparative study. *Acta Radiologica* 2018; 59(9): 1038–1044.
13. **Raupach J, Krajina A, Žižka J.** Metodický list intravaskulárního podání jodových kontrastních látek (JKL). Online dostupný na: <http://www.crs.cz/cs/dokumenty/doporuceni-prehled/metodicky-list-intravaskularniho-podani-jodovych-kontrastnich-latek-jkl.html>