

VÝZNAM CT S DUÁLNÍ ENERGIÍ ZÁŘENÍ V HODNOCENÍ NEKRÓZ U AKUTNÍ PANKREATITIDY

A VALUE OF DUAL-ENERGY CT IN THE ASSESSMENT OF NECROSES IN ACUTE PANCREATITIS

původní práce

Jiří Ferda¹
Thomas Flohr²
Bernhard Schmidt²
Hynek Mírka¹
Jan Baxa¹
Alena Bednářová¹
Eva Ferdová¹
Jana Koželuhová³
Martin Matějovič³
Vladislav Třeška⁴
Boris Kreuzberg¹

¹Radiodiagnostická klinika LF UK a FN, Plzeň

²Siemens Medical Solutions, CT division, Department of Research and Development, Forchheim, Deutschland

³I. interní klinika LF UK a FN, Plzeň

⁴Chirurgická klinika LF UK a FN, Plzeň

Přijato: 15. 1. 2009.

Korespondenční adresa:

doc. MUDr. Jiří Ferda, PhD.
Radiodiagnostická klinika LF UK a FN
Alej Svobody 80, 306 40 Plzeň
e-mail: ferda@fnplzen.cz

Podpořeno výzkumným záměrem MSM 0021620819.

ABSTRAKT

Ferda J, Flohr T, Schmidt B, Mírka H, Baxa J, Bednářová A, Ferdová E, Koželuhová J, Matějovič M, Třeška V, Kreuzberg B. Význam CT s duální energií záření v hodnocení nekróz u akutní pankreatitidy

Cíl. Zhodnotit možnosti posouzení viability tkáně slinivky analýzou dat CT provedeného skenováním duální energií záření X (DECT).

Materiál a metoda. U 16 nemocných (průměrný věk 53,2 let, rozpětí 42–75, 9 mužů, 7 žen) s těžkou akutní pankreatitidou byla provedena analýza dat z DECT zobrazení břicha, použit byl softwarový experimentální modul Syngo-DualEnergy (Siemens, Forchheim, Německo). Vyšetření byla provedena v portální fázi nástřiku po podání 100 ml jódové kontrastní látky s koncentrací 400 mgI/ml průtokem 4 ml/s na dvouzdrojovém CT přístroji (Definition, Siemens, Forchheim, Německo) s použitím akvizice dat s napětím 140 KV soustavou A a 80 kV soustavou B; oba systémy simultánně využívaly kolimaci 2× (32 × 0,6 mm). Na mapách distribuce jódu byly zhodnoceny oblasti pankreatu s výpadkem perfuze, které byly označeny jako nekrotické a vyhledávána byla prokrvácená tkáň na mapách virtuálního nativního zobrazení. Nálezů byly porovnány s vývojem onemocnění při zobrazení provedeným konvenční technikou MDCT s kolimací 2× (32 × 0,6 mm) rovněž v portální fázi nástřiku k.l.

Výsledky. Mortalita v souboru byla 18,8 % (3/16), u dvou z nemocných byly nalezeny nekrózy s rozsahem více než 2/3 pankreatu a s ložisky hemoragie, u jedné ze zemřelých nekróza téměř celé žlázy. Jen u třech nemocných nebyly nalezeny významnější odchylky

ABSTRACT

Ferda J, Flohr T, Schmidt B, Mírka H, Baxa J, Bednářová A, Ferdová E, Koželuhová J, Matějovič M, Třeška V, Kreuzberg B. A value of dual-energy CT in the assessment of necroses in acute pancreatitis

Aim. The aim of this study is to evaluate the possibility of application of the CT acquisition with dual energy X-radiation (DECT) for assessment of the viability of the pancreatic tissue in patients with a severe form of acute pancreatitis.

Material and method. 16 patients were prospectively enrolled in the study (the average age was 53.2, age range of 34–75, 9 males, 7 females). The patients underwent CT due to clinical signs of severe, acute pancreatitis. All the CT examinations were performed in the dual-energy regimen (DE) using data acquisition with the voltage of 140 kV in the A system and 80 kV in the B system from the dome of the diaphragm to the symphysis. The examinations were performed after the intravenous application of 100 ml of iodinated contrast material with the concentration 400 milligrams of iodine per milliliter. The analysis of material decomposition allowed obtaining virtual non-contrast images (VNC) and maps of iodine distribution (IDM). The findings on post-contrast conventional images were compared with the presence of deficit of iodine distribution within pancreas and the presence of increased density on virtual non-contrast images. The prognostic values of necrosis more than two thirds of pancreas and presence of bleeding were tested according to the survival.

Results. Virtual-non-contrast images of valuable quality were obtained in all cases. The assessment of iodine distribution maps

v syčení pankreatu. U ostatních nemocných byl rozsah nekrózy pankreatu v rozpětí do 2/3 jejího objemu, v dalším vývoji byl zaznamenán těžký průběh pankreatitidy s rozvojem pseudocyst a nekróz peripankreatického tuku.

Závěr. Virtuální nativní zobrazení a analýza map distribuce jódu při DECT je slibnou metodou predikce vývoje pankreatitidy včetně prognózy nemocného, dále je významným prostředkem snížení radiační zátěže vynecháním nativního či dvoufázového CT vyšetření pankreatu.

Klíčová slova: akutní pankreatitida, CT s duální energií záření, viabilita, virtuální non-kontrastní obraz.

provided to change the stage of acute pancreatitis in three cases in comparison to the assessment of conventional post-contrast images. The most important factor involving the fatal prognosis was necrosis more than two thirds of pancreas found on iodine distribution map, it reached sensitivity, specificity, negative and positive predictive value of 100%.

Conclusion. Dual-energy CT with the analysis of iodine distribution allows assessing the viability of the pancreas with the high accuracy in patients with severe acute pancreatitis.

Key words: acute pancreatitis, dual-energy CT, viability, virtual non-contrast imaging.

ÚVOD

U nemocných s akutní pankreatidou je vyšetření výpočetní tomografií považováno za optimální způsob diagnostického zobrazení, který lze využít pro odhad prognózy onemocnění. Skórovací systém využívající Balthazarovy klasifikace nazývaný CT severity index (CTSI) je v současnosti základní metodou pro odhad prognózy onemocnění (1–4). Obvyklým postupem při zobrazení pankreatu výpočetní tomografií je provedení nativního a postkontrastního zobrazení. Posouzení stupně syčení pankreatické tkáně kontrastní látkou má zásadní význam pro stanovení rozsahu nekrózy parenchymu. Podíl nekrózy na objemu žlázy je potom jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících celkovou hodnotu CTSI (3–5).

Je-li vyšetření provedeno pomocí výpočetního tomografu se dvěma zdroji záření X, je možné skenovat vyšetřovanou oblast dvojitou kvalitou záření tak, že každý ze zdrojů operuje s jiným napětím na rentgence (6, 7). Nový způsob akvizice dat zvaný CT s duální energií záření (dual-energy CT, DECT) s sebou přináší možnost analyzovat tkáň dle jejich rozdílné absorpce záření při nižší a vyšší energii. Jednou z prvních klinických aplikací analýzy dat DECT se stalo virtuální non-kontrastní (virtuální nativní) zobrazení tkání v abdominální oblasti (6, 7). Cílem prezentované práce je posoudit možnosti využití analýzy dat CT s duální energií záření X (DECT) pro posouzení viability pankreatické tkáně u nemocných s těžkou formou akutní pankreatitidy.

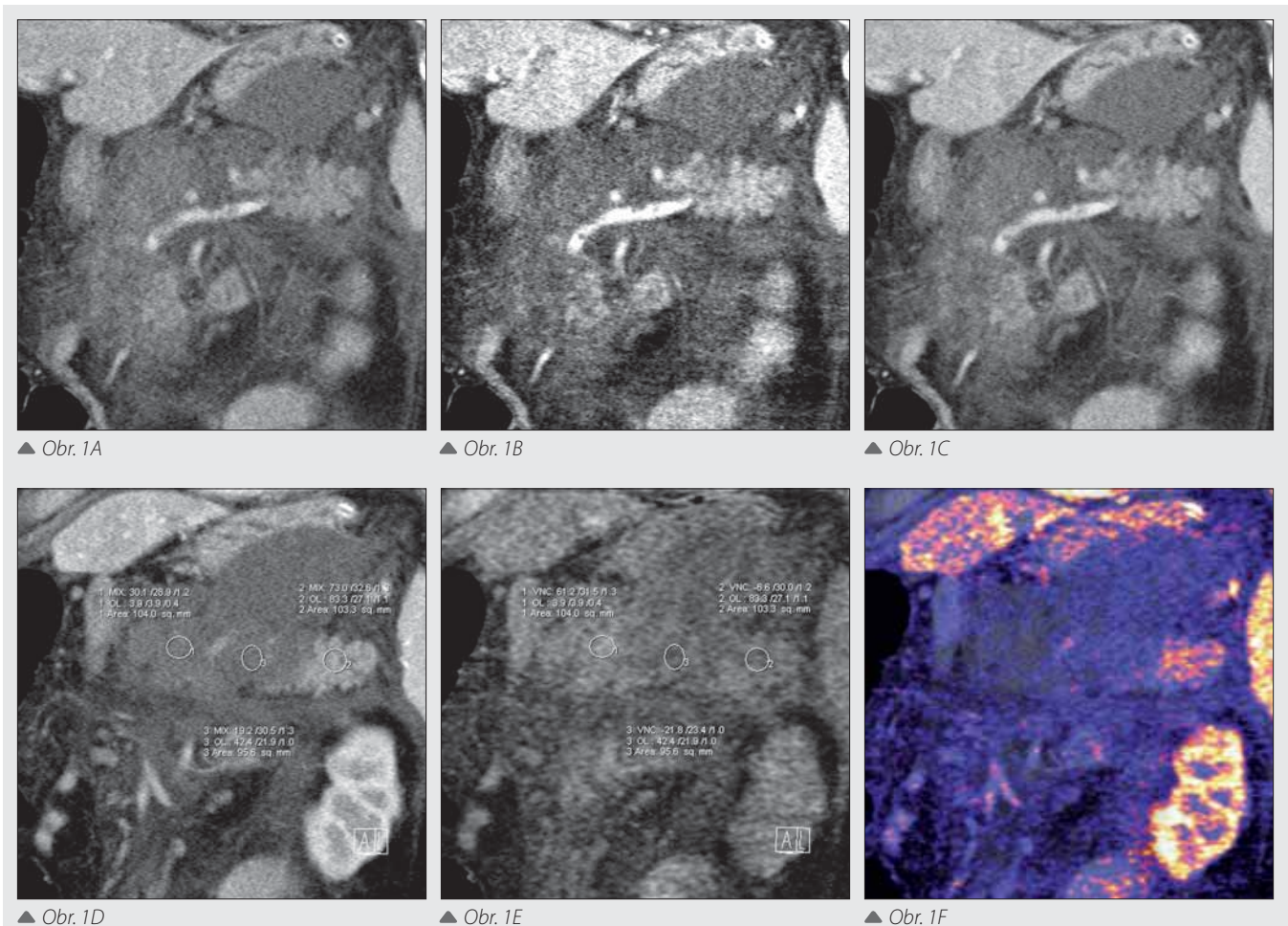
MATERIÁL A METODA

Do studie bylo prospektivně zařazeno celkem 16 nemocných (průměrný věk 55,6 let, rozpětí 45–81, 9 mužů, 7 žen), u kte-

řích bylo provedeno CT vyšetření z důvodu klinických známek těžké akutní pankreatitidy. Všechna vyšetření byla provedena do 48 hodin od prvních symptomů onemocnění.

Od nemocných byl získán rutinní informovaný souhlas. Všechna vyšetření byla provedena na dvouzdrojovém výpočetním tomografu (Somatom Definition, Siemens, Forchheim, Německo). Všechna vyšetření CT byla provedena v režimu dual-energy (DE) s použitím akvizice dat s expozicí 140 kV/80 mAs soustavou A a 80 kV/350 mAs soustavou B v rozsahu vrcholu bránice až po symfýzu. U obou systémů bylo použito akvizice dat v poli zobrazení (field-of-view) o průměru 250 mm pomocí kolimace 2× (32 × 0,6 mm) – využitím Z-samplingu bylo umožněno získání dvou sad 64 datových stop na jednu otáčku gantry. Vyšetření byla provedena po podání 100 ml jódivé kontrastní látky s koncentrací 400 mgI/ml průtokem 3 ml/s s následujícím proplachem 50 ml fyziologického roztoku. K podání kontrastní látky a proplachu byl použit přetlakový injektor (Ohio, Ulrich, Ulm, Německo). Pro zahájení akvizice dat bylo využito automatického spuštění se zpožděním 35 s od okamžiku, kdy po intravenózním podání kontrastní látky v ascendentní aortě vzestoupila denzita nad úroveň 100 HU. Vyšetření byla provedena tedy v časné portální fázi nástřiku kontrastní látky.

Data byla rekonstruována v kvalitě 140 kV, 80 kV a dále v kvalitě srovnatelné s 120 kV (poměr fúze 0,3). Během zpracování dat byly generovány virtuální non-kontrastní obrazy a dále mapy distribuce jódu při analýze dat DECT, použit byl softwarový experimentální modul Syngo-DualEnergy (Siemens, Forchheim, Německo) s kalkulačním rozhraním materiálové dekompozice pro virtuální non-kontrastní zobrazení. Uzlovými body kalkulace byly denzita jaterní tkáně, tuku



Obr. 1. Akutní pankreatitida s rozsáhlou nekrózou a hemoragií

A – obraz s použitím 140 kV; B – obraz s použitím 80 kV; C – vypočtený obraz s kvalitou odpovídající 120 kV; D – analýza distribuce jódu v jednotlivých částech pankreatu a jeho nekrózy (densita přidaná jódem – viabilní část 83 HU, nekrotická část 42 HU, prokrváčená část 4 HU); E – analýza virtuálního nativního zobrazení v jednotlivých částech pankreatu a jeho nekrózy (virtuální nativní densita – viabilní část – 6,6 HU, nekrotická část – 20 HU, prokrváčená část 61 HU); F – mapa distribuce jódu ukazující absenci perfuze v nekrotické části pankreatu

Fig. 1. Acute pancreatitis with developed necroses and hemorrhage

A – 140 kV image; B – 80 kV image; C – merged image equivalent to 120 kV; D – analysis of the iodine distribution in several parts of pancreas and its necroses (density responsible to the iodine content – viable tissue 83 HU, necroses 42 HU, hemorrhage 3.9 HU); E – analysis of the virtual non-contrast density: viable tissue – 6.6 HU, necroses – 20 HU, hemorrhage 61 HU; F – iodine distribution map showing the lack of perfusion in necrotic pancreatic tissue

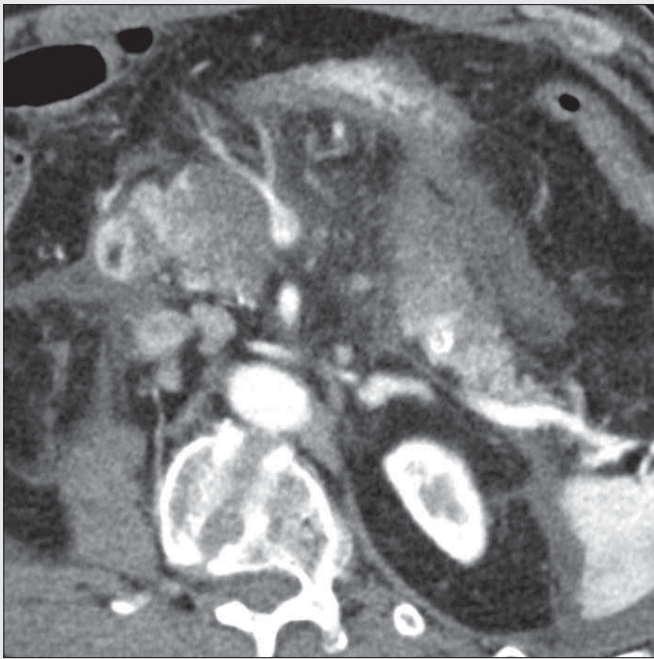
a jódu. Byly porovnány následující hodnoty denzity pankreatické tkáně virtuální nativní hodnota (VNC – virtual non-contrast), hodnota příslušná k jódu (OL, overlay) a denzita smíšená odpovídající postkontrastnímu zobrazení v ekvivalentu kvality záření 120 kV. Pomocí map distribuce jódu byly posouzeny oblasti slinivky, které se neslyly kontrastní látkou, a které tedy byly označeny jako nekrotické. Odhadem byl stanoven rozsah nekrózy po třetinách objemu slinivky. Dále byla hodnocena přítomnost oblastí vysoké denzity tkáně slinivky na virtuálním non-kontrastním zobrazení, tyto oblasti byly označeny za prokrváčené nekrózy. Rozsah postižení byl dále konfrontován s dalším klinickým vývojem nemocných.

VÝSLEDKY

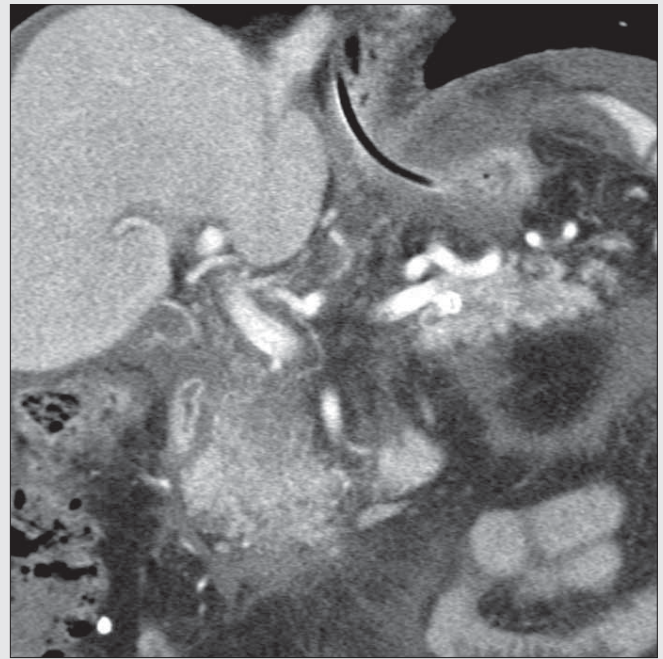
Mortalita v souboru byla 18,8 % (3/16). Při hodnocení nálezu na pankreatu byly u všech zemřelých nalezeny rozsáhlé změny na slinivce rozsahem převyšující 2/3 jejího objemu: u dvou z nemocných byly nalezeny nekrózy s rozsahem více než 2/3

pankreatu a s přítomnými ložisky hemorrhagie na virtuálních non-kontrastních obrazech. U jedné ze zemřelých nekróza téměř celé žlázy. U 16 nemocných byl rozsah nekrózy pankreatu v rozpětí od 1/3 do 2/3 jejího objemu, v dalším vývoji byl zaznamenán těžký průběh pankreatitidy s rozvojem pseudocyst a nekrosů peripankreatického tuku. Jen u třech nemocných nebyly nalezeny významnější odchylky v sycení pankreatu – u jednoho z nemocných se po akutní atace onemocnění dále vyvíjel stav směrem k průběhu typickému pro akutní edematózní pankreatitidu, u dalších dvou nemocných se objevily rozsáhlé tekutinové kolečky v okolí pankreatu.

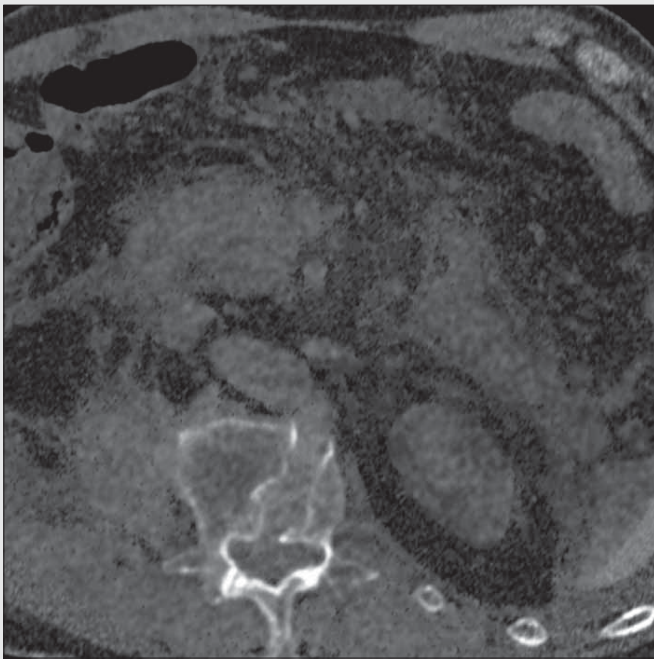
Při porovnání s „konvenčním“ postkontrastním zobrazením byly shledány následující rozdíly oproti mapám distribuce jódu: ve dvou případech byl zaznamenán menší rozsah nekrotické tkáně na konvenčním zobrazení, ve jednom případě byla nalezena rozsáhlejší nekróza (v tomto případě byla analýzou virtuálního non-kontrastního zobrazení také nalezena rozsáhlá hemoragie v oblasti hlavy a těla pankreatu). V jednom případě byla perfuze zachována i v oblasti snížené denzity tkáně na „konvenčním“ postkontrastním zobrazení.



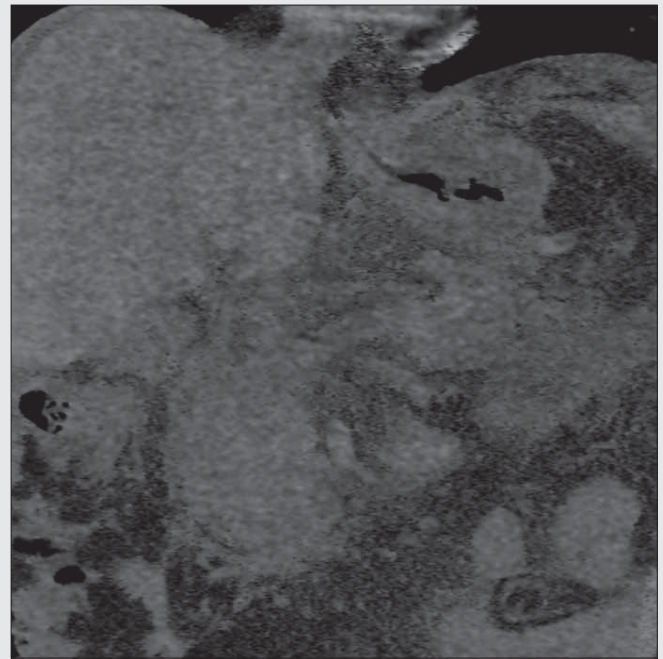
▲ Obr. 2A



▲ Obr. 2B



▲ Obr. 2C



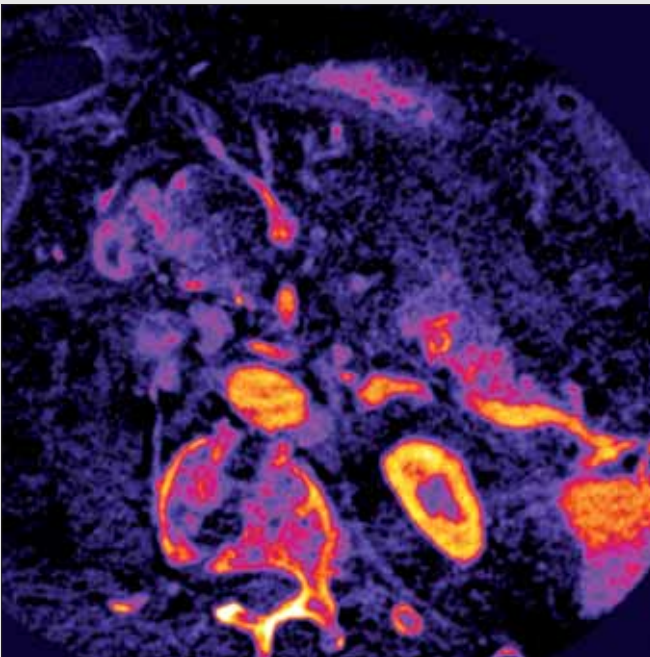
▲ Obr. 2D

Obr. 2. Akutní pankreatitida s disperzními nekrotizacemi pankreatické tkáně

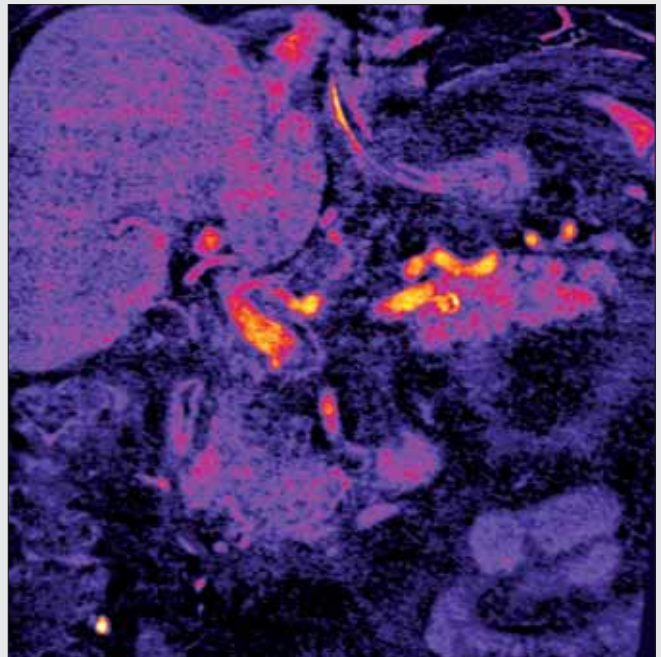
A, B – CT obrazy ekvivalentní kvalitou k 120 kV; C, D – virtuální nekontrastní obrazy; E, F – virtuální mapy distribuce jódu ukazují skutečný rozsah poruch perfuze pankreatu

Fig. 2. Acute pancreatitis with dispersed necroses of the pancreatic tissue

A, B – conventional-like merged images; C, D – virtual non-contrast images merged image equivalent to 120 kV; E, F – virtual maps of iodine distribution showing the real extent of the pancreatic perfusion impairment



▲ Obr. 2E



▲ Obr. 2F

Pro odhad fatálního konce onemocnění při analýze DECT mělo vysoký význam nalezení nekrózy více než 2/3 žlázy a přítomnost prokrvácení žlázy. Na postkontrastních obrazech s kvalitou ekvivalentní ke 120 kV nebylo možné spolehlivě identifikovat hemoragii ani v jednom ze tří případů, její přítomnost se projevila oblastí vysoké denzity (50–60 HU) na virtuálních non-kontrastních obrazech. Výsledky senzitivity, specifity, pozitivní prediktivní a negativní prediktivní hodnoty pro odhad úmrtí nemocného na základě rozsahu nekrózy slinivky přesahující 2/3 jejího objemu jsou shrnuty dosáhly v našem souboru 100 %.

DISKUSE

Provedení nativního zobrazení tkání patří mezi základní zobrazovací postupy diagnostiky pomocí výpočetní tomografie, které se stalo s léty dogmatem (1). Nativní zobrazení slouží pro detekci struktur s vysokou hodnotou denzity, především kalcifikací, v osifikovaných tkáních a dále k posouzení přítomnosti krvácení. Na vysoké denzitě koagulované krve se mimo vysokého obsahu bílkovin podílí především přítomnost železa. Kromě určení přítomnosti kalcia a krvácení je využíváno nativní zobrazení v hodnocení nárůstu denzity ve tkáni po intravenózní aplikaci jódové kontrastní látky.

Při hodnocení poškození pankreatické tkáně u akutní pankreatitidy jsou pro skórovací systém CTSI zásadní dvě informace: přítomnost tekutinových kolekcí a dále rozsah nekrózy pankreatické tkáně. Balthazar arbitrárně odděluje jako nezávažnější prognostické kritérium nekrózu žlázy nad 50 % objemu. Toto kritérium nejvíce ovlivňuje CTSI s váhou 6 bodů, přičemž pro dosažení nejvyšší závažnosti pankreatitidy postačuje bodů 7. Je dokázáno, že rozsah nekrózy slinivky má nevyšší postavení v odhadu prognózy onemocnění. Naše po-

zorování ukazují, že pro odhad fatálního konce onemocnění má důležitost nekróza více než 2/3 objemu žlázy.

Jaké jsou však slabiny hodnocení nekrózy z postkontrastního vyšetření pankreatu? Po podání kontrastní látky se vytváří u akutní pankreatitidy bizarní směs jednotlivých chemických substancí. Ve směsi jsou obsaženy málo denzní látky (tuk a voda), dále látky středně denzní (hemoglobin a bílkoviny) a vysoce denzní (kalcium a jód). Při postupující nekróze se jednotlivé substance mísí jako při vaření polévky a jednoduchým měřením denzit není někdy možné odlišit jednotlivé složky spolehlivě odlišit, a tedy odlišit poruchu perfuze od pouhého edému anebo prokrvácenou tkáň o edematózní. Dokonce ani porovnáním nativního a postkontrastního zobrazení nemusí být dosaženo dostatečného výsledku.

Naše pozorování ukazují, že analýza dat DECT dovolu- je odlišit jednotlivé komponenty tkání zasažených akutní nekrotizující pankreatitidou. Příspěvkem analýzy dat DECT je obecně možnost rozdělení směsi látek dle atenuace: Pomocí algoritmu tkáňové dekompozice je možné navíc ze směsi vy- dělit jód, který se výrazně liší svými fyzikálními vlastnostmi od ostatních látek ve směsi. Unikátní chování jódu jako před- stavitele prvků s vysokým atomovým číslem je výrazný rozdíl mezi denzitou při použití napětí 80 kV a 140 kV. U nižších energií je výrazně vyšší denzita jódu. U ostatních tkání jsou rozdíly v denzitě mnohem méně vyjádřené. U jódu má velmi významný podíl na jeho chování fotoelektrický jev. Oddělení podílu na denzitě, za který je zodpovědná přítomnost jódu od denzity příslušné vlastním tkáním, je možné rozdělit obraz na mapu virtuálních nativních denzit (virtuální non-kontrastní obraz) a na mapu denzit příslušných jódu (virtuální perfuzní mapa). Měřením denzit pak získáme výslednou denzitu, která je rozložena na nativní složku a složku příslušnou jódu. Takovouto chemickou analýzou tkáně je možné posoudit, jak je pankreatická tkáň perfundovaná.

Při analýze dat získaných skenováním duální energií záření je možné jako míru perfuze pankreatické tkáně, a tedy míru viability pankreatu označit mapu distribuce jódu. Tato mapa, pokud je vyšetření provedeno v časné portální fázi nástřiku kontrastní látky, zhruba odpovídá perfuznímu objemu v pankreatu, neboť v této chvíli dochází k maximálnímu nasycení tkáně ve formě extracelulární intravaskulární distribuce kontrastní látky. Na denzitě pankreatu se v této době nepodílí extracelulární extravaskulární distribuční objem. Dle výsledků naší studie je tato mapa distribuce jódu nezávislá na míře infiltrace anebo prokrvácení tkání a není ovlivněna ani přítomností tuku. Pokud je odhadem defekt perfuze pankreatické tkáně vyšší než 2/3, jde o velmi přesné kritérium pro odhad mortality v souboru. V porovnání s kritérii Balthazarovými jde zvýšením podílu posuzované nekrózy nad 2/3 o zpřísnění kritéria (11–15), nicméně jde o zpřísnění kritéria pro odhad mortality. Závažným nálezem bylo dle našich zkušeností i prokázání krvácení do žlázy.

Významným přínosem naší práce se zdá důkaz, že je možné vynechat nativní zobrazení či rovněž opustit koncept více-

fázového vyšetření pankreatu při zobrazení z indikace akutní pankreatitidy. I když samotný protokol s využitím skenování duální energií záření s sebou přináší navýšení dávky o 1/10 až 1/3, vypuštěním nativního zobrazení je možné celkovou dávkou záření významně redukovat. Tento fakt je velmi významný s ohledem na časté CT kontroly nemocných s těžkou formou akutní pankreatitidy.

ZÁVĚR

Z dat jediného postkontrastního CT zobrazení duální energií záření X je možné s vysokou přesností odhalit rozsah viabilní a naopak nekrotické pankreatické tkáně, současně studovat některé další závažné aspekty nekrózy slinivky jako je krvácení do žlázy. Naši studii byl potvrzen potenciál virtuálního non-kontrastního zobrazení nahradit nativní zobrazení pankreatu, a tím tedy významně snížit celkovou radiační zátěž vyšetřovaného.

LITERATURA

1. **Balthazar EJ, Feeny PC, van Sonnenberg E.** Imaging and intervention in acute pancreatitis. *Radiology* 1994; 193: 297–306.
2. **Balthazar EJ, Freeny PC, van Sonnenberg E.** Imaging and intervention in acute pancreatitis. *Radiology* 1994; 193: 297–306.
3. **Balthazar EJ.** Acute Pancreatitis: Assessment of severity with clinical and CT evaluation. *Radiology* 2002, 223: 603–613.
4. **Mortele KJ, Wiesner W, Intriore L, et al.** Modified CT severity index for evaluating acute pancreatitis: improved correlation with patient outcome *Am J Roentgenol* 2004; 183: 1261–1265.
5. **Válek V, Kala Z, Bartusek D, Kysela P.** Imaging methods in the diagnostics and follow-up of acute pancreatitis – percutaneous treatment of acute pancreatitis complications. *Ces Radiol* 2008; 62(Suppl 1): 42–46.
6. **Johnson TRC, Krauss B, Sedlmair M, et al.** Material differentiation by dual energy CT: initial experience. *Eur Radiol* 2007; 17: 1510–1517.
7. **Ferda J, Flohr T, Kreuzberg B.** Tissue imaging with dual-energy computed tomography – initial clinical experience *Ces Radiol* 2008; 62: 11–22.
8. **Graser A, Johnson TR, Chandarana H, Macari M.** Dual energy CT: preliminary observations and potential clinical applications in the abdomen. *Eur Radiol* 2008; 2. [Epub ahead of print].
9. **Paulson EK, Vitellas KM, Keogan MT, Low VHS, Nelso RC.** Acute Pancreatitis Complicated by Gland Necrosis: Spectrum of Findings on Contrast-Enhanced CT. *Amer J Roentgenol* 1999; 172: 609–613.
10. **Abdulnasser A, Sven E.** Acute pancreatitis: value and impact of CT severity index. *Abdom Imaging* 2008; 33: 18–20.
11. **Leung TK, Lee CM, Lin SY, et al.** Balthazar computed tomography severity index is superior to Ranson criteria and APACHE II scoring system in predicting acute pancreatitis outcome. *World J Gastroenterol* 2005; 11: 6049–6052.
12. **Gurleyik G, Emir S, Kilicoglu G, et al.** Computed tomography severity index APACHE II score, serum CRP concentration for predicting the severity of acute pancreatitis. *JOP* 2005; 6: 562–567.
13. **Casas JD, Diaz R, Valderas G, et al.** Prognostic value of CT in the early assessment of patients with acute pancreatitis. *Amer J Roentgenol* 2004; 182: 569–574.
14. **Knoepfli AS, Kinkel K, Berney T, et al.** Prospective study of 310 patients: can early CT predict the severity of acute pancreatitis? *Abdom Imaging* 2007; 32: 111–115.
15. **Bize P, Platon A, Becker CD, Poletti PA.** Perfusion measurement in acute pancreatitis using dynamic perfusion MDCT. *Amer J Roentgenol* 2006; 186: 114–118.