

VIRTUÁLNÍ PITVA POTRACENÉHO PLODU

VIRTUAL AUTOPSY OF AN ABORTED FETUS

původní práce

Jiří Ferda¹
Šárka Hadravská²

¹Klinika zobrazovacích metod
LF UK a FN, Plzeň

²Šiklův ústav patologické anatomie
LF UK a FN, Plzeň

Přijato: 15. 7. 2009.

Korespondenční adresa:

doc. MUDr. Jiří Ferda, CSc.
Klinika zobrazovacích metod
LF UK a FN
Alej Svobody 80, 306 40 Plzeň
e-mail: ferda@fnplzen.cz

SOUHRN

Ferda J, Hadravská Š. Virtuální pitva potraceného plodu

Cíl. Posoudit možnosti provedení virtuální pitvy potraceného plodu kombinací multidetektorové výpočetní tomografie a magnetické rezonance.

Metoda. U deseti plodů potracených indukovaným potratem a jednoho spontánního potratu bylo provedeno zároveň post-mortem zobrazení multidetektorovou výpočetní tomografií (submilimetrové izotropní zobrazení duální energií záření) a magnetickou rezonancí (submilimetrovým izotropním zobrazením T1 váženými sekvencemi gradientního echa a T2 váženou sekvencí rychlého spinového echa nebo T2* sekvencí gradientního echa). Nálezby byly konfrontovány s nálezby patologicko-anatomické pitvy.

Výsledky. Celkově byly prokázány závažné vývojové vady apendikulárního skeletu v šesti případech, vývojové vady lebky ve dvou případech, závažné poruchy vývoje útrobu ve čtyřech případech, závažné vady vývoje mozku ve dvou případech, intrakraniální krvácení ve dvou případech, známky tekutiny v coelomových dutinách ve třech případech. Pohlaví jsme správně určili u všech plodů.

Závěr. Kombinací zobrazení multidetektorovou výpočetní tomografií a magnetickou rezonancí lze s dostatečnou spolehlivostí zobrazit závažné malformace pohybového aparátu, centrální nervové soustavy a defekty břišní stěny. Virtuální pitva dovoluje optimalizovat postup patologicko-anatomické pitvy tak, aby byla provedena s co nejmenším poškozením tkání

Klíčová slova: virtuální pitva, post-mortem zobrazení plodu, potracený plod.

SUMMARY

Ferda J, Hadravská Š. Virtual autopsy of an aborted fetus

Aim. To assess the possibilities of the virtual autopsy of an aborted fetus using multidetector computed tomography and magnetic resonance imaging.

Method. Imaging using combination of multidetector computed tomography and magnetic resonance was performed in ten aborted fetuses after induction of the aborts and in one spontaneously aborted fetus. Sub-millimeter isotropic resolution was used both in computed tomography (with dual energy of the X-rays) and magnetic resonance (T1 weighted gradient echo, T2 weighted turbo spin echo or T2* weighted gradient echo). All findings of virtual autopsy was confronted with the pathological-anatomic autopsy.

Results. There were found serious developmental disorders of the appendicular skeleton in 6 cases, of the skull in two cases, of the viscera in 4 cases, of the brain in two cases, intracranial bleeding in two cases and free fluid in coelomatic cavities in three cases. The gender was found correctly in all cases.

Conclusion. Combination of the multidetector computed tomography and magnetic resonance offers the imaging of the serious developmental disorders with the sufficient accuracy and might serve as the navigation during real autopsy to minimize the damage of the tissue to be evaluated.

Key words: virtual autopsy, post-mortem imaging of the fetus, aborted fetus.

ÚVOD

Virtuální pitva je metoda vyšetření mrtvého lidského těla, která je prováděna pomocí moderních zobrazovacích metod – magnetické rezonance (MR) a výpočetní tomografie (CT), aniž by byla narušena integrita mrtvého těla. Virtuální zobrazení mrtvého těla se objevuje v literatuře od osmdesátých let 20. století, nicméně teprve na začátku 21. století se docílilo zobrazení celého těla v dostačujícím rozlišení pro posouzení stavu jednotlivých orgánů. Využití virtuální pitvy se používá zejména ve forenzní patologii pro stanovení příčiny násilné smrti, kdy se využívá především výpočetní tomografie (1–5).

Pitva potraceného plodu patří mezi standardní postupy objasnění přítomnosti, původu a závažnosti vrozených vývojových vad nebo patologických stavů, které vedou buď k indikaci indukovaného potratu, nebo jsou příčinou spontánního potratu. Vzhledem k tomu, že velikost plodu je často velmi malá (určena gestačním stářím) a rozměry jednotlivých orgánů jsou v řádech milimetrů, je při pitvě potraceného plodu velmi důležité zvolit správný postup pitvy jednotlivých orgánů tak, aby byly jejich struktury co nejméně poškozeny. Možnosti vyšetření jednotlivých orgánů jsou dány také různým stupněm autolýzy tkání (6). Virtuální pitva jako předstupeň vlastní anatomické pitvy je zaměřena především na lokalizaci jednotlivých orgánů, posouzení jejich velikosti a základní struktury. Cílem sdělení je prezentovat vlastní zkušenosti s provedením virtuální pitvy potraceného plodu pomocí CT s duální energií záření a zhodnotit přínos této metody k posouzení jednotlivých patologických nálezů.

MATERIÁL A METODA

Do studie bylo zahrnuto deset plodů po indukovaném potratu (průměrný gestační věk v rozpětí 17–20) a jeden plod po spontánním potratu. Ve všech případech byly plody fixovány v roztoku formaldehydu. Potracené plody jsme vyšetřovali pomocí výpočetního tomografu se dvěma zdroji záření X s aplikací duální energie záření 140 a 80 kV. Byl použit následující vyšetřovací protokol: kolimace s použitím Z-samplingu $2 \times 32 \times 0,6$ mm oběma systémy. Byly použity následující parametry: 140 kV, 59 eff. mAs pro systém A, 80 kV, 250 eff. mAs pro systém B. Data byla rekonstruována ve field-of-view adaptovaném na velikost tělíčka. Tělíčka byla uložena na boku s dlouhou osou těla v ose Z přístroje. Pro hodnocení v trojrozměrném prostředí byly použity následující rekonstrukční parametry: šířka rekonstruované vrstvy 0,6 mm s incrementem 0,3 mm, rekonstrukční algoritmus byl použit pro měkké tkáně (konvoluční kernel BB31) a pro HRCT (B60).

Při hodnocení byly nejprve provedeny trojrozměrné rekonstrukce pomocí volume rendering technique (VRT) se změřením na povrch těla, na měkké tkáně a na skelet. Pomocí těchto rekonstrukcí byly hodnoceny celkové deformity těla, dále přítomnost postižení skeletu, případně byly zobrazeny svalové skupiny. Data dvojí energie záření byla použita k optimalizaci tkáňového kontrastu pomocí algoritmu (optimum contrast – DualEnergy, Siemens, Forchheim, Německo) a následně zhotoveny multiplanární rekonstrukce.

V celcích byla hodnocena kvalita zobrazení celkového těla, mozku, parenchymových orgánů, kardiovaskulární soustavy, trávicí trubice a muskuloskeletálního systému.

Ve stejný den bylo provedeno zobrazení magnetickou rezonancí, kdy ve všech případech bylo provedeno vyšetření tak, aby bylo dosaženo submilimetrového izotropního zobrazení. Tělíčka byla uložena na boku s dlouhou osou těla v ose Z přístroje ve dvanáctikanálové hlavové cívce. Jako základní byla použita T1 vážená 3D sekvence gradientního echa (3D MPRAGE), dále pak následovala T2 vážená sekvence rychlého spinového echa (3D TSE) ve třech případech, a ve všech případech T2* vážená sekvence gradientního echa (3D FLA-SH). Byly zhotoveny multiplanární rekonstrukce. V celcích byla rovněž hodnocena kvalita zobrazení celkového těla, mozku, parenchymových orgánů, kardiovaskulární soustavy, trávicí trubice a muskuloskeletálního systému.

Ve druhé době byla provedena patologicko-anatomická pitva, jejíž postup byl modifikován dle nálezů očekávaných z virtuální pitvy. Výsledky virtuální pitvy a patologicko-anatomické pitvy byly vzájemně porovnány, korelovány byly dále s nálezy karyotypu a genetické analýzy. Závěr patologicko-anatomického vyšetření potraceného plodu obsahoval i nálezy virtuální pitvy.

VÝSLEDKY

Celkově byly prokázány závažné vývojové vady apendikulárního skeletu v šesti případech, vývojové vady lebky ve dvou případech, závažné poruchy vývoje útrobu ve čtyřech případech, závažné vady vývoje mozku ve dvou případech, intrakraniální krvácení ve dvou případech, známky tekutiny v coelomových dutinách ve třech případech. Pohlaví jsme správně určili u všech plodů.

Komplexní zobrazení těla

Trojrozměrný model těla plodu pomocí CT při vizuálním porovnání se skutečným plodem zobrazil povrch těla dle očekávání shodně s reálným obrazem těla plodu. Kvalita zobrazení magnetickou rezonancí byla horší.

Zobrazení mozku

V zobrazení mozku bylo častým nálezem krvácení, relativně vysoký kontrast krve při CT ve srovnání s mozkovou tkání a likvorem byl patrný ve třech případech, dvakrát byl prokázán subdurální hematom, jednou intracerebrální krvácení, u dvou plodů byl mozek značně autolyzovaný. Hydrocefalus byl objeven u dvou případů. Pravidelným nálezem byl hyperdenzní mohutný plexus chorioideus, jehož inhibice krví je obvyklým nálezem při pitvě potraceného plodu.

Při zobrazení magnetickou rezonancí T1 váženou sekvencí bylo dobře zobrazeno krvácení, autolýza však v některých případech nedovolovala odlišit mozkovou tkáň od likvoru. Naproti tomu u T2 vážených sekvencí bylo dobře vidět rozdílný signál mozkové tkáně a likvoru, navíc zejména pomocí TSE byla patrná velmi dobře koagulovaná krev jako hyposignální struktury.

Zobrazení útrobu

Ve třech případech jsme prokázali přítomnost výpotku v coelomových dutinách – jednou v pleurálních dutinách, jednou



▲ Obr. 1A



▲ Obr. 1B

Obr. 1. Plod s normálním vývojem těla a skeletu, 3D CT
 Fig. 1. Fetus with normal development of the body and skeleton, 3D CT



▲ Obr. 2A



▲ Obr. 2B

Obr. 2. Cantrellova pentalogie, eventrace útrobu na 3D rekonstrukci CT, hypoplastická pravá horní končetina s aplazií klíční kosti, vytvořena jen jediná kost předloktí, čtyři prsty ruky
 Fig. 2. Pentalogy of Cantrell, visceral eventration on three dimensional reconstruction of CT, hypoplasia of the right upper limb, developed only single forearm bone and four fingers

v pleurálních dutinách a v peritoneální dutině, v jednom případě byla tekutina v perikardiálním vaku, v pleurálních dutinách a v peritoneální dutině. Podobně jako u mozku T1 GRE, T2 TSE i T2*GRE dobře zobrazilo přítomnost krve v dutinách.

Plíce byly snadno identifikovatelné u všech plodů a byly normální, a to jak pomocí MR, tak i pomocí CT. Játra a ledviny byly normální u všech plodů, nicméně u dvou plodů se známkami poruch vývoje břišní stěny migrovaly v různé míře do defektu stěny, i když bylo útroby lépe vidět pomo-



▲ Obr. 3A



▲ Obr. 3B

Obr. 3. *Osteogenesis imperfecta maligna*, 3D CT
Fig. 3. *Osteogenesis imperfecta maligna*, 3D CT



▲ Obr. 4A



▲ Obr. 4B

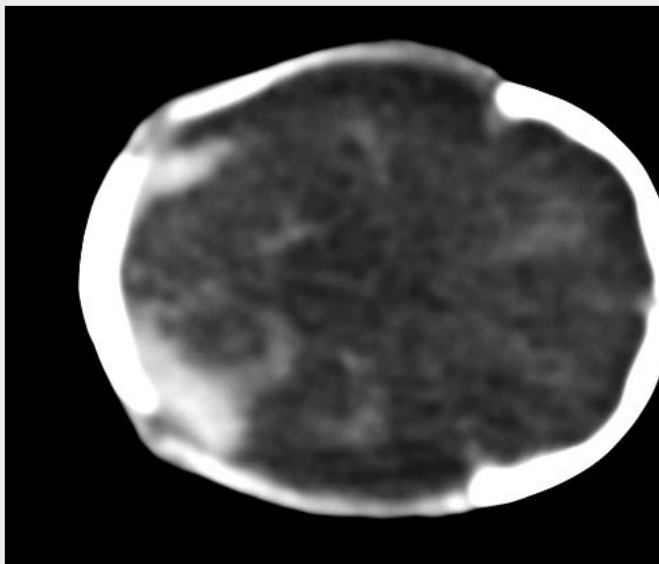
Obr. 4. *Patauův syndrom, cheilognathopalatoschisis, kvadrupodní hexadaktylie*, 3D CT
Fig. 4. *Syndrome of Patau, cheilognathopalatoschisis, quadrupod hexadactyilia*, 3D CT



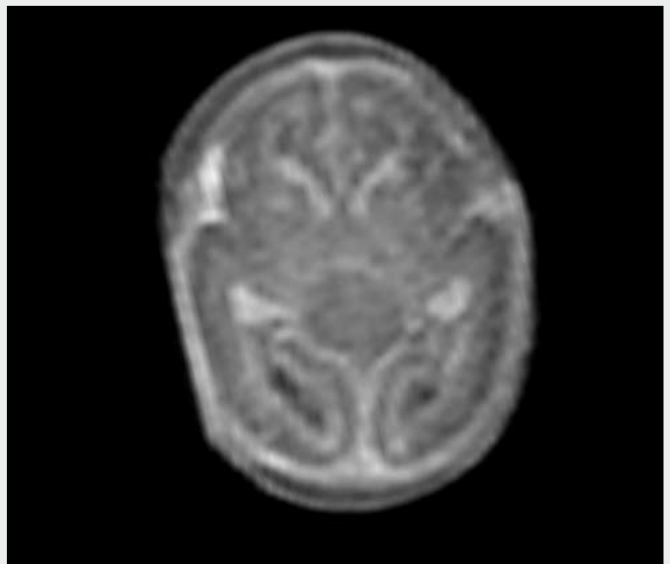
Obr. 5. *Porovnání CT (A) a GRE T1 MRI (B) mozku s normálním nálezem koagulované krve v cévách a choroidálních plexech*
Fig. 5. *Comparison of the CT (A) and GRE T1 MRI (B) of the brain with the normal finding of the coagulated blood in the vessels and choroid plexus*

Obr. 6. *CT srdce: A – normální nález; B – hypoplastické levé srdce*
Fig. 6. *CT of the heart: A – normal finding; B – hypoplastic left heart*

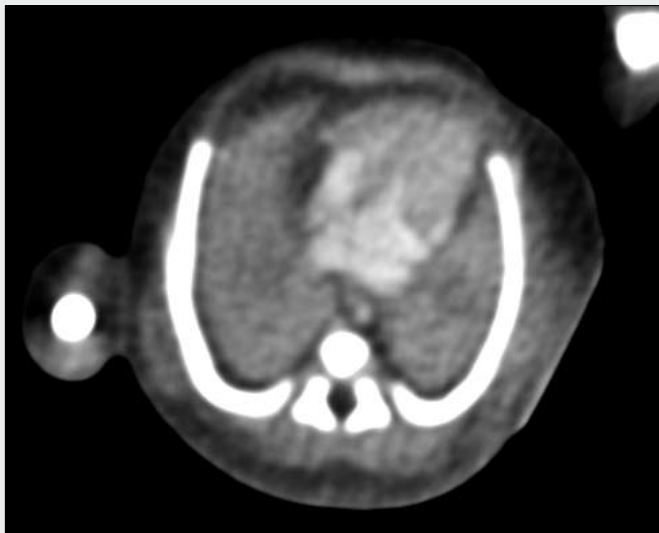
Obr. 7. *Sagitální obraz CT ukazující dobře hlavní cévy trupu*
Fig. 7. *Sagittal view of CT showing the great vessels of the trunk very well*



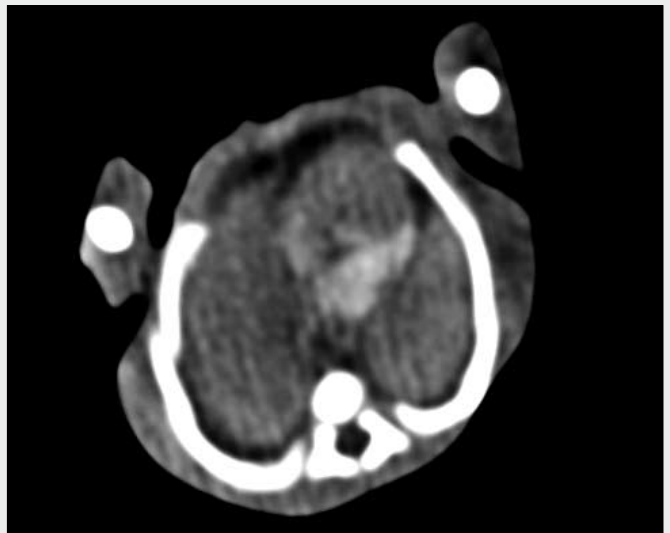
▲ Obr. 5A



▲ Obr. 5B



▲ Obr. 6A



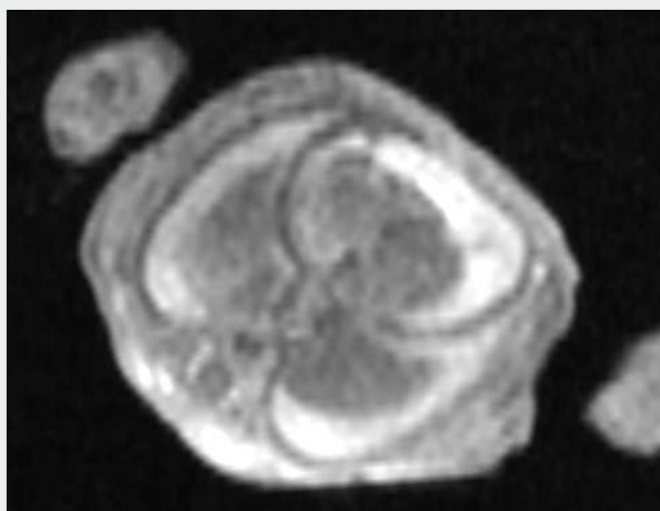
▲ Obr. 6B



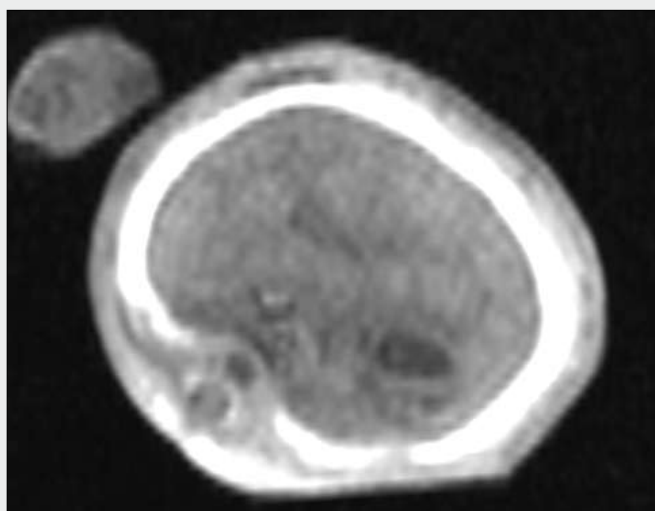
▲ Obr. 7A



▲ Obr. 7B

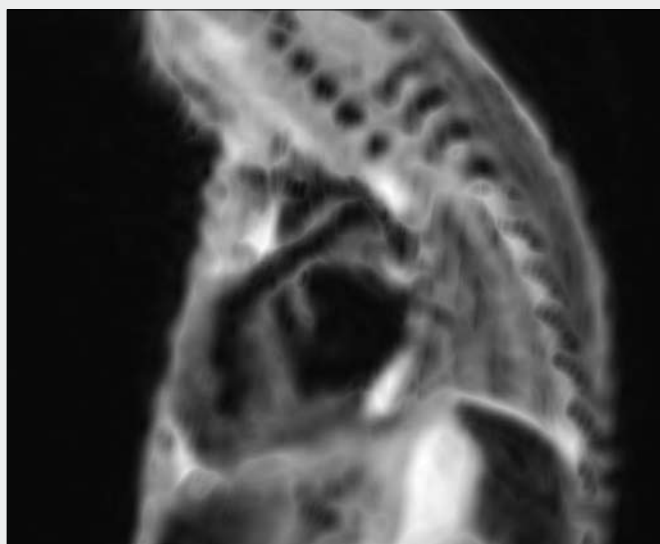


▲ Obr. 8A

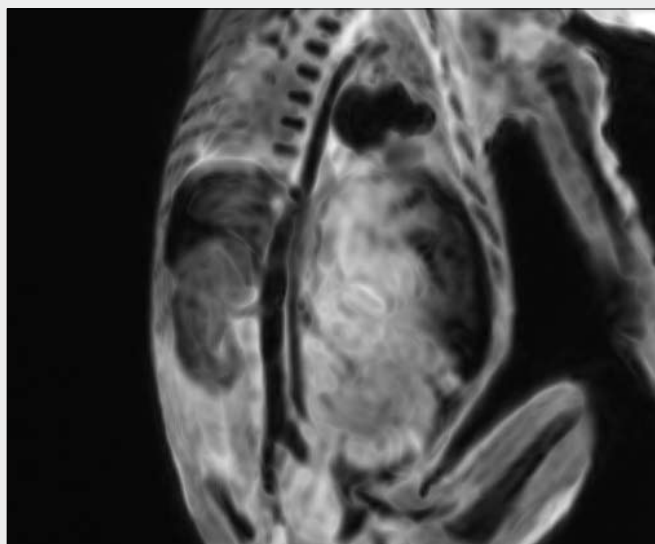


▲ Obr. 8B

Obr. 8. **GRE T1 MRI: hemoragický výpotek ve všech coelomových dutinách**
 Fig. 8. **GRE T1 MRI: haemorrhagic exsudate in all coelomatic cavities**



▲ Obr. 9A



▲ Obr. 9B

Obr. 9. **TSE T2: zobrazení cév – plicnice (A) a velké retroperitoenální cévy (B)**
 Fig. 9. **TSE T2: imaging of the vessels – pulmonary trunk (A) and retroperitoneal great vessels (B)**

cí MR, bylo možné je identifikovat také pomocí CT, pomocí MR bylo možné hodnotit i vnitřní strukturu ledvin a diferencovat střevní stěnu. U Cantrelvy pentalogie byla nalezena eventrace střeva, žaludku a větší části jater před defekt břišní stěny doplněná o protruzi srdce ventrálně defektem stěny hrudní – u sekvence TSE T2 došlo vlivem přenesení chvění na plod k vývoji závažných pohybových artefaktů, kvůli kterým nebylo dobře hodnotitelné zobrazení v této sekvenci. U omfalokély byla část jater vysunuta ve vaku před nivoem stěny břišní. Střevo bylo celkem snadno identifikovatelné pomocí CT i MR, pomocí MR však bylo možno odlišit stěnu.

Zobrazení kardiovaskulárního systému

U kardiovaskulárního systému se nám dobře podařilo zobrazit srdce u všech plodů, nicméně jeho vnitřní struktura

byla dobře hodnotitelná při CT (velikost srdce se pohybovala kolem 15 mm) jen v případě, že srdeční dutiny obsahovaly hyperdenzní krev, respektive koagula. Magnetickou rezonancí byly nalezeny překvapivě obrazy srovnatelné s CT.

Krev byla při zobrazení magnetickou rezonancí v T1 vážných obrazech výrazně hyperintenzivní z důvodu přítomnosti methemoglobinu, pomocí T2 TSE bylo dosaženo vynikajícího negativního kontrastu v cévách kvůli přítomnosti deoxyhemoglobinu. Také v CT obrazu hyperdenzní krev přítomná v cévním systému slouží jako přirozená kontrastní látka a lze ji tak využít k posouzení velkých cévních kmenů, jako je aorta, plicnice, dolní dutá žíla, portální žíla, umbilikální žíla a umbilikální tepna. Hyperdenzní krev umožňující hodnocení kardiovaskulární soustavy byla přítomna celkem u sedmi plodů. U čtyř plodů nebylo možné v cévní soustavě nalézt

Tab. 1. **Parametry sekvencí magnetické rezonance**
Table 1. **Magnetic resonance, imaging parameters**

3D TSE T2 RESTORE	
TR	750 ms
TE	121 ms
TA	170 st.
FoV	212 × 250 mm
matrice	212 × 256
slice	1 mm
iPAT	2
3D FLASH T2*	
TR	12 ms
TE	4,8 ms
FoV	204 × 204 mm
FA	40 st.
Matrice	256 × 256
Slice	1 mm
iPAT	2
3D MPRAGE T1	
TR	1900 ms
TE	3,3 ms
FA	15 st
FoV	158 × 180 mm
Matrice	224 × 256
Slice	1 mm
iPAT	2

Tab. 2. **Diagnózy**
Table 2. **Diagnoses**

Cantrellova pentalogie
Patauův syndrom
Downův syndrom
Edwardsův syndrom
hydrocefalus 2x
syndrom hypoplastického levého srdce 2x
osteogenesis imperfecta maligna Vrolik
hypoplazie temporální kosti
spontánní potrat – subkapsulární hematom jater

hyperdenzní náplň, také u všech těchto plodů byly přítomny makroskopické známky autolýzy.

Co se týče vnitřní struktury srdce, bylo ji možné v základních rysech posoudit u pěti plodů, kdy u dvou z nich byl nalezen anomální tvar srdce a poměr levé a pravé komory při syndromu hypoplastického levého srdce.

Zobrazení skeletu

Celkem jsme prokázali následující vady vývoje skeletu: anomální utváření pravé horní končetiny u Cantrellovy pentalogie; anomální utváření horních končetin u Edwardsova syndromu; sandálovitý palec nohy u Downova syndromu; zkrácení rourovitých kostí a pedes equinovari u hypochondroplazie; hypoplazii levostranné spánkové kosti s hypoplazií středního a vnitřního ucha; oboustranný rozštěp rtu spojený

s rozštěpy čelisti a tvrdého patra (cheilognathopalatoschis) s vytvořením os incisivum v kombinaci quadripodní hexadaktylií. Nejvýznamnějším nálezem, který určil jednoznačně vrozenou vadu, bylo zobrazení mnohočetných fraktur žeber a dlouhých rourovitých kostí u plodu se zkrácenými končetinami. Nález byl interpretován na základě CT vyšetření jako osteogenesis imperfecta congenita Vrolik a potvrzen histologickým vyšetřením.

Použitím dat s optimalizovaným kontrastem měkkých tkání bylo možné zobrazit i chrupavčité části dlouhých kostí končetin.

Pomocí magnetické rezonance nebyly deformity dobře patrné a nebylo je možné kromě nejvýraznějších tvarových anomálií zařadit.

DISKUSE

Zatímco prenatalní zobrazení plodu *in utero* z důvodu posouzení jeho vývoje či patologických nálezů je CT vyšetření z důvodu radiační hygieny zcela vyloučené, vyšetření potraceného plodu může využít optimálních expozičních parametrů. Technika zobrazení CT pomocí duální energie záření je známá při zobrazení tkání *in vivo* pro chemickou analýzu ledvinných konkrementů, pro posuzování stupně nasycení tkání kontrastní látkou, pro zobrazení nemocných s intrakraniálním krvácením, případně pro perfuzní zobrazení tkání. Expozice dvojí kvalitou záření navíc dovoluje získat vysoce kontrastní obraz při minimální úrovni šumu, pokud je ve výsledném zobrazení uložena informace o denzitě z vyšetření provedeného nižší energií záření s úrovní šumu z vyšetření vyšší energií. Takovýto postup optimalizace kontrastu tkání je výhodný jednak pro zvýraznění denzity chrupavčité tkáně s vysokým obsahem kolagenu, ale také pro zvýšení kontrastu koagulované krve. Tentýž jev vede také k relativně vysokému kontrastu střeva, jehož obsah je bohatý na mangan. Absorpční spektrum manganu se chová podobně jako spektrum jódu, a proto také zobrazení s nižší energií umocňuje kvalitu zobrazení střeva. Při rekonstrukci dat je dále nutné zvolit co nejmenší pole zobrazení tak, aby rozlišení přepočtené matrice bylo nejvyšší, tedy co nejmenší pixel.

Pokud krev není autolyzována, je možné na základě vysokého kontrastu mezi měkkými tkáněmi a koagulovanou krví posoudit základní průběh a průsvit velkých cévních kmenů jako je aorta, cévy odstupující z oblouku, někdy hlavní viscerální tepny, kmen plicnice a její hilové a intrapulmonální větve, dále dolní a horní dutá žíla. Dostatečný kontrast je získán jak pomocí CT, tak pochopitelně i v T1 i T2 vážených sekvencích magnetické rezonance (6–10). Z fetálních struktur je možné nalézt ductus arteriosus Botalli i ductus venosus Arantti, dále umbilikální žílu a umbilikální tepny.

V zobrazení útrobu je pomocí CT možné jasně zobrazit přítomnost plic, srdce, jater, ledvin, žaludku a střeva. Vzhledem k malým rozměrům sleziny a pankreatu není možné tyto orgány identifikovat pomocí CT. Ke špatné zobrazitelnosti sleziny a pankreatu přispívá i malý kontrast tkáně při CT vyšetření.

Vzhledem k přítomnosti osifikované kostní tkáně je možné zobrazit dobře skelet – jak jednotlivá osifikační jádra epifýz, apofýz a osifikované diafýzy dlouhých kostí, tak komplexně hodnotit deformity celých kostí, případně i jednotlivých celků, jako jsou neurokranium, splanchnokranium i jednotlivé

končetiny. Dle našich zkušeností se jednalo o deformitu horní končetiny u Cantrellovy pentalogie. Lze dobře hodnotit vzájemné postavení kostí a posoudit základní poruchy vývoje kloubů, v našem souboru byla typickým příkladem deformita typu pes equinovarus. Pokud je použit algoritmus pro vysoké rozlišení HRCT, je možné posoudit i strukturu kostní tkáně ve smyslu přítomnosti defektů, případně lomných linií – tento způsob vyšetření nám dovolil identifikovat osteogenesis imperfecta Vrolik.

Ve srovnání se zobrazením magnetickou rezonancí trpí CT jako ve všech jiných indikacích horším kontrastem měkkých tkání. Tento handicap však částečně nahrazuje výše uvedená optimalizace tkáňového kontrastu. Jednoznačnou výhodou CT ve srovnání s magnetickou rezonancí je možnost dokonalého prostorového zobrazení skeletu včetně měkkých tkání s postupným prolínáním modelů měkkých tkání a skeletu (1, 3). Toto zobrazení je jednoznačně nejvyšším přínosem virtuální pitvy potraceného plodu a je důvodem, proč toto zobrazení provádět u všech plodů s evidentní poruchou vývoje tvaru těla a končetin.

Magnetická rezonance jasně dominuje v zobrazení mozku, měkkých tkání a také abdominálních útrob. Při zobrazení kardiovaskulárního systému byly dosaženy pomocí CT překvapivě dobré výsledky, srovnatelné s magnetickou rezonancí.

ZÁVĚR

Virtuální pitva potraceného plodu pomocí CT s duální energií záření představuje ideální metodu k posouzení vývoje a deformit skeletu a dovoluje skeletální vady identifikovat a přesně zařadit. Ačkoliv kontrast měkkých tkání při CT zaostává za magnetickou rezonancí, využitím optimalizace kontrastu na základě dat pořízených napětím 80 a 140 kV lze dosáhnout uspokojivého zobrazení útrob, mozku i kardiovaskulární soustavy, pokud tyto tkáně nejsou autolyzovány. Magnetická rezonance jasně dominuje v zobrazení mozku, měkkých tkání a také abdominálních útrob. Na základě virtuální pitvy lze vlastní patologicko-anatomickou pitvu zaměřit cíleně tak, aby během ní nebyly poškozeny tkáně, které by měly být podrobně prozkoumány.

LITERATURA

1. **Thali MJ, Kneubuehl BP, Vock P, Allmen G, Dirnhofer R.** High-speed documented experimental gunshot to a skull-brain model and radiologic virtual autopsy. *Am J Forensic Med Pathol* 2002; 23: 223–228.
2. **Bolliger SA, Thali MJ, Aghayev E, Jackowski C, Vock P, Dirnhofer R, Christe A.** Postmortem noninvasive virtual autopsy: extrapleural hemorrhage after blunt thoracic trauma. *Am J Forensic Med Pathol* 2007; 28: 44–47.
3. **Levy AD, Harcke HT, Getz JM, Mallak CT, Caruso JL, Pearse L, Frazier AA, Galvin JR.** Virtual autopsy: two- and three-dimensional multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison. *Radiology* 2007; 243: 862–868.
4. **Dedouit F, Telmon N, Guilbeau-Frugier C, Gainza D, Otal P, Joffre F, Rougé D.** Virtual autopsy and forensic identification-practical application: a report of one case. *J Forensic Sci* 2007; 52: 960–964.
5. **Bolliger SA, Thali MJ, Ross S, Buck U, Naether S, Vock P.** Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A review of the Virtopsy and similar projects. *Eur Radiol* 2008; 18: 273–282.
6. **Breeze A, Cross JJ, Hackett G, Jessop F, Joubert I, Lomas DJ, Set PA, Whitehead AL, Lees C.** OP03.02: Diagnostic sensitivity and clinical value of prenatal ultrasound, post-mortem magnetic resonance imaging and conventional autopsy in structural fetal abnormality. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2009; 34(Suppl 1): 69.
7. **Breeze AC, Gallagher FA, Lomas DJ, Smith GC, Lees CC.** Cambridge Post-Mortem MRI Study Group. Postmortem fetal organ volumetry using magnetic resonance imaging and comparison to organ weights at conventional autopsy. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2008; 31: 187–193.
8. **Breeze AC, Cross JJ, Hackett GA, Jessop FA, Joubert I, Lomas DJ, Set PA, Whitehead AL, Lees CC.** Use of a confidence scale in reporting postmortem fetal magnetic resonance imaging. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; 28: 918–924.
9. **Thali MJ, Dirnhofer R, Becker R, Oliver W, Potter K.** Is "virtual histology" the next step after the "virtual autopsy"? Magnetic resonance microscopy in forensic medicine. *Magn Reson Imaging* 2004; 22: 1131–1138.
10. **Dedouit F, Guilbeau-Frugier C, Telmon N, Gainza D, Otal P, Joffre F, Rougé D.** Virtual autopsy and forensic anthropology of a mummified fetus: a report of one case. *J Forensic Sci* 2008; 53: 208–212.