

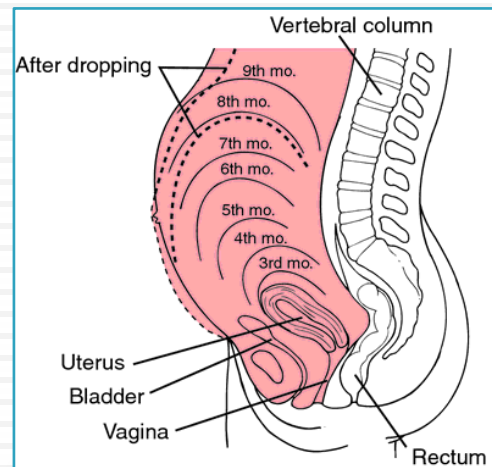
Stanovení dávek na plod při rtg výkonech

Súkupová L.

IKEM, Praha

7. Konference radiologické fyziky

12. 4. 2017



Úvod

- Každoročně vyšetřeny tisíce gravidních pacientek
- Rtg výkony mimo oblast plodu/embrya je možné provést, pozor na psychologický efekt
- Při některých výkonech, např. CT při polytraumatu, se děloha nebo plod nachází v primárním rtg svazku
- Obavy často vznikají i tam, kde to není zdůvodněné
- Účinky na plod deterministické a stochastické

Deterministické účinky

- Prahové účinky – prahová dávka 100–300 mSv, ale účinky prokázány až od 500 mSv
- Podstatou je usmrcení nebo poškození buněčné populace
- Závažnost narůstá s rostoucí dávkou
- Patří sem: malformace, poruchy růstu, vrozené defekty, samovolný potrat a úmrtí novorozence

- Radiosenzitivita plodu se liší v různých fázích vývoje
- Nejcitlivější v 1. trimestru

Stochastické účinky

- Bezprahové účinky
- Podstatou je pozměněná DNA
- S rostoucí dávkou se zvyšuje pravděpodobnost vzniku, nikoliv závažnost
- Patří sem: leukémie, solidní tumory, dědičné změny (nebyly prokázány statisticky)

- Není podstatná fáze vývoje plodu
- Radiosenzitivita plodu je konstantní po celou dobu vývoje, odpovídá citlivosti dítěte do 5 let

Spontánně vzniklá poškození

- Spontánní potrat 15 %
- Poruchy růstu 4 %
- Genetické abnormality 4–10 %
- Vývojové malformace 2–4 %

- Dětská rakovina (do 20. roku života) 0,2–0,3 %

Ozáření plodu

- Pouze z rozptýleného záření (plod mimo primární rtg svazek) – dávka na plod je zanedbatelná
- Plod v primárním rtg svazku:
 - ▣ Skiagrafický výkon – nehrozí nebezpečí
 - ▣ CT – nutné provést odhad dávky na plod
 - ▣ Intervenční a skiaskopické výkony – nutné provést odhad dávky na plod

Stanovení dávky na plod (1)

- Odhad dávky na plod pomocí:
 - Simulačních programů
 - Použitím normalizovaných dávkových koeficientů
- Nutné zohlednit fázi gravidity
- **Dávka na dělohu odpovídá dávce na plod pouze v brzkých fázích 1. trimestru, v ostatních obdobích nelze použít**

Stanovení dávky na plod (2)

Program	Popis programu
PCXMC – STUK, Finsko	Použití pro skiagrafické, skiaskopické a intervenční výkony; umožňuje pouze odhad dávky na dělohu ~ lze použít pouze pro 1. trimestr; pořizovací cena cca 750 €
CODE (Conceptus Dose Estimation) – University of Crete, Řecko	Použití pro skiagrafické, skiaskopické, intervenční (použití pouze standardizovaných projekcí) i CT výkony; umožňuje odhad dávky na dělohu pro 1., 2. a 3. trimestr; k dispozici volně po registraci
CT-Expo – Sascrad, Německo	Použití pro CT výkony na modernějších CT skenerech; umožňuje pouze odhad dávky na dělohu ~ lze použít pouze pro 1. trimestr; pořizovací náklady cca 50 €
ImPACT CT – NHS, Velká Británie	Použití pro CT výkony na starších CT skenerech; umožňuje pouze odhad dávky na dělohu ~ lze použít pouze pro 1. trimestr; pro registraci a poskytnutí knihoven nutné kontaktovat National Health Trust
ImpactDose – CT Imaging GmbH, Německo	Použití pro CT výkony na modernějších CT skenerech; umožňuje pouze odhad dávky na dělohu ~ lze použít pouze pro 1. trimestr; pořizovací náklady cca 730 €
ImpactMC – CT Imaging GmbH, Německo	Použití pro CT výkony na základě naimportovaných CT dat skutečné pacientky; umožňuje odhad dávky pro 1., 2. a 3. trimestr; pořizovací náklady na vyžádání u výrobce

Stanovení dávky na plod (3)

□ **CODE**

- Různé modality – skiografie, CT, intervenční výkony
- Založen na simulacích Monte Carlo
- Požaduje základní informace o pacientce – fáze gravidity, výběr projekce (pouze standardizované), ale nezohledňuje rozměry pacientky
- Parametry pacientky pouze pro CT výkony – fáze gravidity, hloubka umístění plodu, obvod pacientky
- <http://embryodose.med.uoc.gr/code/>



COncetus Dose Estimation

[Home](#) | [About Code](#) | [Help](#)

PATIENT EXPOSURE

Radiography

Fluroscopy

Computed Tomography

OCCUPATIONAL EXPOSURE

Fluoroscopically-guided
Procedures

Computed Tomography (CT)

0-7 week

Clear

Embryo Depth (cm)

11

Tube Load (mAs)

200

Tube Voltage (kV)

120

Pitch

1.38

Beam Collimation (mm)

28.8

Patient Circumference (cm)

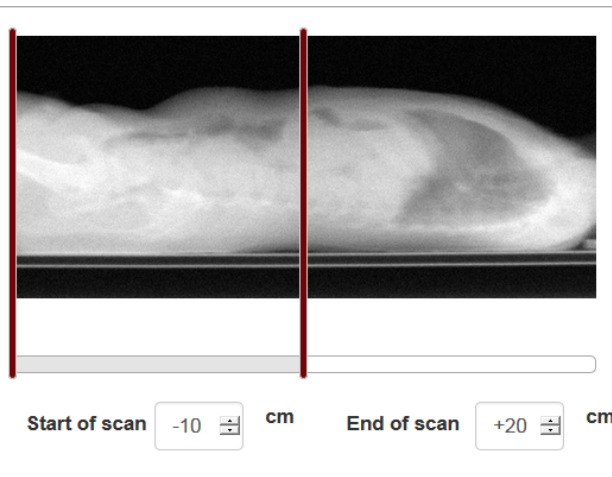
107

CTDI_{free-in-air} (mGy/100
mAs)

19.6

CTDI_w (mGy / 100 mAs)

14.7



Stanovení dávky na plod (4)

- **Normalizované dávkové koeficienty**
 - Dávka na plod normalizovaná na jednotkovou dávku, např. u CT normalizace vzhledem k CTDI
 - Pro **skiagrafické výkony** v oblasti břicha a pánve – studie *Damilakis et al* (2002, Med Phys.) – pro různá napětí a filtrace pro 1., 2. a 3. trimestr, pro AP i PA projekci
 - Pro **CT výkony** – lze použít koeficienty ze tří studií – *Angel et al (2008)*, *Damilakis et al (2010, Med Phys.)* a *Damilakis et al (2010, Radiology)*

Stanovení dávky na plod (5)

[Med Phys.](#) 2002 Nov;29(11):2641-8.

Normalized conceptus doses for abdominal radiographic examinations calculated using a Monte Carlo technique.

[Damilakis J¹](#), [Tzedakis A](#), [Sideri L](#), [Perisinakis K](#), [Stamatelatos IE](#), [Gourtsoviannis N](#).

⊕ Author information

Abstract

The aim of the present study was to develop a reliable method for estimating conceptus radiation doses resulting from abdominal radiographic examinations for all trimesters of pregnancy. The method is based on normalized conceptus doses estimated using Monte Carlo modeling. The Monte Carlo N-Particle (MCNP) radiation transport code was employed in the current study. The validity of the MCNP computational approach was verified by comparison with dose data obtained in anthropomorphic phantoms simulating pregnancy at the three trimesters of gestation using thermoluminescence dosimetry (TLD). The results consist of radiation doses normalized to air kerma so that conceptus dose from any technique and x-ray unit used for abdominal radiography can be easily calculated. Normalized conceptus doses are presented for the first, second, and third trimesters of gestation for various kVp and total beam filtration values. Data apply to radiographic systems equipped with high frequency or 3 phase 12 pulse generators. A very good agreement was observed between the normalized conceptus doses estimated by TLD measurements and the MCNP simulation for all periods of gestation (maximum difference 8.1%). The results of MCNP procedures were compared to published data obtained by TLD measurements. Normalized conceptus dose values agree well, with most differences being lower than 10%. The normalized doses obtained in the current study are dependent on field size. However, for small changes in the size of the x-ray field, the change in normalized doses is not considerable. Accurate estimation of conceptus doses due to abdominal conventional x-ray examinations can be made using the dose data provided in the current study.

Stanovení dávky na plod (6)

- Pro CT – rovnice pro odhad dávky na plod DO_f v závislosti na obvodu matky P a hloubky uložení plodu DE_f . Rovnice je následující:

$$DO_f = -0,119 * P - 0,29 * DE_f + 24,56$$

- V případech, kdy není známa hloubka umístění plodu lze použít tuto rovnici:

$$DO_f = -0,122 * P + 23,11$$

- Stanovená dávka DO_f je dávka na plod v mGy na nazářených 100 mAs

Stanovení dávky na plod (7)

Radiation Dose to the Fetus for Pregnant Patients Undergoing Multidetector CT Imaging: Monte Carlo Simulations Estimating Fetal Dose for a Range of Gestational Age and Patient Size¹

Erin Angel, MS
Clinton V. Wellnitz, MD
Mitchell M. Goodsitt, PhD
Nazanin Yaghmai, MD
John J. DeMarco, PhD
Christopher H. Cagnon, PhD
James W. Sayre, DrPH
Dianra D. Cody, PhD
Donna M. Stevens, MS
Andrew N. Primak, PhD
Cynthia H. McCollough, PhD
Michael F. McNitt-Gray, PhD

Purpose: To use Monte Carlo simulations of a current-technology multidetector computed tomographic (CT) scanner to investigate fetal radiation dose resulting from an abdominal and pelvic examination for a range of actual patient anatomies that include variation in gestational age and patient size.

Materials and Methods: Institutional review board approval was obtained for this HIPAA-compliant retrospective study. Twenty-four models of maternal and fetal anatomy were created from imaging data from pregnant patients who had previously undergone clinically indicated CT examination. Gestational age ranged from less than 5 weeks to 36 weeks. Simulated helical scans of the abdominal and pelvic region were

A method of estimating conceptus doses resulting from multidetector CT examinations during all stages of gestation

John Damilakis^{a)}
Department of Medical Physics, Faculty of Medicine, University of Crete, P.O. Box 2208, 71003 Iraklion, Crete, Greece

Antonis Tzedakis
Department of Medical Physics, University Hospital of Iraklion, P.O. Box 1352, 71003 Iraklion, Crete, Greece

Kostas Perisinakis
Department of Medical Physics, Faculty of Medicine, University of Crete, P.O. Box 2208, 71003 Iraklion, Crete, Greece

Antonios E. Papadakis
Department of Medical Physics, University Hospital of Iraklion, P.O. Box 1352, 71003 Iraklion, Crete, Greece

(Received 29 June 2010; revised 26 October 2010; accepted for publication 26 October 2010; published 23 November 2010)

Stanovení dávky na plod (8)

- Více o odhadu dávek na plod použitím koeficientů v přehledovém článku:
- http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1603_185_193.pdf

Ces Radiol 2016; 70(3): 185–193

ZPŮSOBY ODHADU DÁVEK NA PLOD Z RŮZNÝCH
RTG VÝKONŮ PROVEDENÝCH U GRAVIDNÍCH ŽEN

WAYS HOW TO ESTIMATE FETAL DOSES FROM DIFFERENT X-RAY
PROCEDURES PERFORMED ON PREGNANT WOMEN

přehledový článek

Dávky na plod (1)

Typ rtg výkonu	Dávka na plod (mSv)
Skiagrafie lebky	<0,01
Skiagrafie krční páteře	<0,01
Skiagrafie hrudní páteře	0,01-0,07
Skiagrafie bederní páteře AP/PA/LAT	0,9-1,0/0,6/0,6
Skiagrafie srdce a plic PA/LAT	<0,01/<0,01
Skiagrafie břicha AP/PA	1,1-4,2/0,6
Skiagrafie pánve AP/PA	1,1-4,0/0,6
Mamografie	<0,01
Intraorální snímek	<0,01
Vylučovací urografie	1,8-12,6
Irrigoskopie	6,5
Endoskopická retrográdní cholangiopankreatografie	0,01-56
CT hlavy	<0,01
CT hrudníku	0,06-1,0
CT břicha 1./2./3. trimestr	4-60/30-44/29-42
CT pánve	7-114
CT bederní páteře	2,0-8,6
CT z důvodu plicní embólie, 0./3. měsíc gravidity	0,02-0,70 / 0,06-0,70
CT koronarografie	0,1
CT aortografie (hrudník aťž pánve)	24

Dávky na plod (2)

Typ rtg výkonu	Dávka na plod (mSv)
Intervenční výkon v oblasti břicha a/nebo pánve	10-100*
Cerebrální angiografie	0,06
Nefrostomie	1,1
Embolizace v oblasti pánve	40
TIPS 2. trimestr	6
Sešroubování obratlů v oblasti L1, 1./2./3. trimestr	0,11 / 0,71 / 6,88
Sešroubování obratlů v oblasti L3, 1./2./3. trimestr	0,66 / 2,76 / 11,80
Sešroubování obratlů v oblasti L5, 1./2./3. trimestr	3,88 / 4,63 / 11,7
Kyfoplastika v oblasti T5, 1./2./3. trimestr	0,08 / 0,05 / 0,12
Kyfoplastika v oblasti T9, 1./2./3. trimestr	0,26 / 0,66 / 2,55
Kyfoplastika v oblasti L1, 1./2./3. trimestr	0,46 / 4,05 / 60,4
Kyfoplastika v oblasti L3, 1./2./3. trimestr	4,05 / 18,6 / 105
Kyfoplastika v oblasti L5, 1./2./3. trimestr	28,8 / 31,8 / 104

Závěr

- Dávky na plod z výkonů provedených mimo oblast břicha a pánve jsou nižší než 1 mSv
 - Dávky na plod z výkonů v oblasti břicha a pánve:
 - Ze **skiagrafických výkonů** se pohybují v jednotkách mSv
 - Z **CT CT výkonů** provedených se blíží k prahové hodnotě pro vznik deterministických účinků – doporučuje se stanovit dávku na plod
 - Z **intervenčních výkonů** – mohou převýšit prahovou hodnotu pro výskyt deterministických účinků – nutné stanovit dávku na plod
- Je-li zjištěná **dávka na plod vyšší než 100 mSv** (50 – 300 mSv), je na místě konzultace s genetickou poradnou, lékařský genetik nejlépe zváží možná rizika v souvislosti s ozářením

Použitá literatura

- [1] International Commission on Radiological Protection. *Pregnancy and medical radiation*. ICRP Publication 84. Ann ICRP 2000; 30(1)
- [2] Nguyen CP, Goodman LH. *Fetal risk in diagnostic radiology*. Semin Ultrasound CT MRI 2012; 33: 4-10
- [3] Ratnapalan S, Bona N, Chandra K, Koren G. *Physicians' perceptions of teratogenic risk associated with radiography and CT during early pregnancy*. AJR 2004; 182: 1107-1109
- [4] U.S. Department of Health, Education and Welfare. *Handbook of selected organ doses for projections common in pediatric radiology*. FDA, 1979
- [5] Podgorsak EB. *Radiation oncology physics: A Handbook for Teachers and Students*. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005
- [6] International Atomic Energy Agency. *IAEA Training on Radiation Protection in Diagnostic and Interventional Radiology. L1 4: Radiation exposure in pregnancy*. Online dostupné na <http://rpop.iaea.org>
- [7] International Commission on Radiological Protection. *Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus)*. ICRP Publication 90. Ann ICRP 2003; 33(1-2)
- [8] International Atomic Energy Agency. *Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students*. Training course series 42. Vídeň, 2010
- [9] Otake M, Yoshimaru H, Schull WJ. *Prenatal exposure to atomic radiation and brain damage*. Congenital Anomalies 1989; 29: 309-320
- [10] Dance DR, Christofides S, Maidment ADA, McLean ID, Ng KH. *Diagnostic Radiology Physics. A Handbook for Teachers and Students*. International Atomic Energy Agency, Vídeň, 2005
- [11] RENTGEN Bulletin, červen 2016. SÚRO, v. v. i, Praha
- [12] Hurwitz LM, Yoshizumi T, Reiman RE, Goodman PC, Paulson EK, Frush, Toncheva G, Nguyen G, Barnes L. *Radiation dose to the fetus from body MDCT during early gestation*. AJR 2006; 186: 871-876
- [13] McCollough CH, Schueler A, Atwell TD, Braun NN, Regner DM, Brown DL, LeRoy AJ. *Radiation exposure and pregnancy: When should we be concerned?* RadioGraphics 2007; 27: 909-918
- [14] Theocharopoulos N, Damilakis J, Persinakis K, Papadokostakis G, Hadjipavlou A, Gourtsoyiannis N. *Fluoroscopically assisted surgical treatments of spinal disorders: Conceptus radiation doses and risks*. Spine (Phila Pa 1976) 2006; 31(2): 239-244
- [15] Pfaff J, Herweh C, Pham M, Schoenenberger S, Moesel J, Ringleb PA, Heiland S, Bendszus M, Moehlenbruch M. *Mechanical thrombectomy using combined CT/C-arm X-ray system*. J Neurointerv Surg. 2016; 8(6): 621-625
- [16] Chaparian A, Aghabagheri M. *Fetal radiation doses and subsequent risks from X-ray examinations: Should we be concerned?* Iran J Reprod Med 2013; 11(11): 899-904
- [17] Dauer LT, Thornton RH, Miller DL, et al. *Radiation management for interventions using fluoroscopic or computed tomographic guidance during pregnancy: A joint guideline of the Society of Interventional Radiology and the Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe with endorsement by the Canadian Interventional Radiology Association*. Standards of practice. J Vasc Interv Radiol 2012; 23: 19-32
- [18] Damilakis J, Tzedakis A, Sideri L, et al. *Normalized conceptus doses for abdominal radiographic examinations calculated using a Monte Carlo technique*. Medical Physics 2002; 29(11): 2641-2648
- [19] Angel E, Wellnitz CV, Goodsitt MM, et al. *Radiation dose to the fetus for pregnant patients undergoing multidetector CT imaging: Monte Carlo simulations estimating fetal dose for a range of gestational age and patient size*. Radiology 2008; 249(1): 220-227
- [20] Damilakis J, Tzedakis A, Perisinakis K, Papadakis AE. *A method of estimating conceptus doses resulting from multidetector CT examinations during all stages of gestation*. Med. Phys. 2010; 37(12): 6411-6420
- [21] Damilakis J, Perisinakis K, Tzedakis A, Papadakis AE, Karantanis A. *Radiation dose to the conceptus from multidetector CT during early gestation: A method that allows for variations in maternal body size and conceptus position*. Radiology 2010; 257(2): 483-489
- [22] Mole RH. *Childhood cancer after prenatal exposure to diagnostic X-ray examinations in Britain*. Br J Cancer 1990; 62: 152-168



Děkuji za pozornost.