

Radiační ochrana a dávky při výkonech vedených pod CT kontrolou

Leoš Novák

leos.novak@suro.cz



Intervenční výkony pod CT kontrolou, FN Motol,
30.10.2014

Účinky IZ při CT intervencích

1

- ❑ Stochastické – pacient, personál
- ❑ Deterministické!
 - ▣ pacient – v celém ozářeném objemu, kůže (kryoablace, RF ablace, perfuze mozku)
 - ▣ personál – ruce, oční čočka (evidence vyšší radiosenzitivity u oční čočky, doporučen snížený limit 20 mSv/rok u pracovníků, nyní 150 mSv/rok)
 - ▣ největší evidence pro poškození kůže – změna přístupu k prahovým hodnotám



<http://www.nytimes.com/imagepages/2010/08/01/health/01radiation2.html>

Deterministické účinky (relevantní pro intervenční radiologii)

2

- Referenční studie z 90. let, jedna prahová hodnota, nyní zastaralé

Table 1. Skin effects after a single exposure⁽⁸⁾.

Effect	Acute exposure threshold (Gy)	Onset	Peak
Temporary epilation	3	~3 weeks	
Permanent epilation	7	~3 weeks	
Early transient erythema	2	~ hours	~24 hours
Main erythema	6	~10 days	~2 weeks
Dry desquamation	10	~4 weeks	~5 weeks
Moist desquamation	15	~4 weeks	~5 weeks
Secondary ulceration	20	>6 weeks	
Late erythema	15	~6–10 weeks	
Dermal necrosis	18	>10 weeks	
Telangiectasia	12	>52 weeks	

Wagner, L. K., Eifel, P. J. and Geise, R. A. Potential biological effects following high x-ray dose interventional procedures. J. Vasc. Interv. Radiol. 5, 71–84 (1994)

Deterministické účinky (relevantní pro intervenční radiologii)

3

Referenční aktuální studie, interval prahových dávek

Table 1

Tissue Reactions from Single-Delivery Radiation Dose to Skin of the Neck, Torso, Pelvis, Buttocks, or Arms

Band	Single-Site Acute Skin-Dose Range (Gy)*	NCI Skin Reaction Grade†	Approximate Time of Onset of Effects			
			Prompt	Early	Midterm	Long Term
A1	0–2	NA	No observable effects expected	No observable effects expected	No observable effects expected	No observable effects expected
A2	2–5	1	Transient erythema	Epilation	Recovery from hair loss	No observable results expected
B	5–10	1–2	Transient erythema	Erythema, epilation	Recovery; at higher doses, prolonged erythema, permanent partial epilation	Recovery; at higher doses, dermal atrophy or induration
C	10–15	2–3	Transient erythema	Erythema, epilation; possible dry or moist desquamation; recovery from desquamation	Prolonged erythema; permanent epilation	Telangiectasia‡; dermal atrophy or induration; skin likely to be weak
D	>15	3–4	Transient erythema; after very high doses, edema and acute ulceration; long-term surgical intervention likely to be required	Erythema, epilation; moist desquamation	Dermal atrophy; secondary ulceration due to failure of moist desquamation to heal; surgical intervention likely to be required; at higher doses, dermal necrosis, surgical intervention likely to be required	Telangiectasia‡; dermal atrophy or induration; possible late skin breakdown; wound might be persistent and progress into a deeper lesion; surgical intervention likely to be required

Note.— Applicable to normal range of patient radiosensitivities in absence of mitigating or aggravating physical or clinical factors. Data do not apply to the skin of the scalp. Dose and time bands are not rigid boundaries. Signs and symptoms are expected to appear earlier as skin dose increases. Prompt is <2 weeks; early, 2–8 weeks; midterm, 6–52 weeks; long term, >40 weeks.

* Skin dose refers to actual skin dose (including backscatter). This quantity is not the reference point air kerma described by Food and Drug Administration (21 CFR § 1020.32 [2008]) or International Electrotechnical Commission (57). Skin dosimetry is unlikely to be more accurate than $\pm 50\%$. NA = not applicable.

† NCI = National Cancer Institute

‡ Refers to radiation-induced telangiectasia. Telangiectasia associated with area of initial moist desquamation or healing of ulceration may be present earlier.

Balter S et al. Fluoroscopically Guided Interventional Procedures: A Review of Radiation Effects on Patients' Skin and Hair, Radiology, February 2010 Radiology, 254, 326-341. <http://radiology.rsna.org/content/254/2/326.full>

Radiační situace při CT intervencích

4

- Velké rozpětí dávek jak pro personál, tak pacienty – tři řády
- Efektivní dávka
 - pacient – srovnatelné s diagnostickým CT, jednotky mSv (malý ozářený objem), příkon $E \sim 1\%$ příkonu dávky na kůži
 - radiolog – příkon $E \sim 0,01$ mSv/min (zástěra 0,35 mm Pb)
- Dávkový příkon na kůži
 - pacient – jednotky mGy/s (120 kV, 50 mA – cca 5 mGy/s), typické rozmezí 1 – 10 mGy/s
 - celkový expoziční čas ~ 10 s – několik minut, typicky 1 – 2 minuty
 - radiolog – jednotky mGy/s, je-li ruka ve svazku (při 5 mGy/s – limit dosažen po 100 s fluoroskopie), $\sim$ stonásobný pokles 10 cm od svazku (desítky μ Gy/s)
- Dávkový příkon 1 m od isocentra $\sim 1 \mu$ Gy/s (oko)

Důvody velkého rozpětí dávek

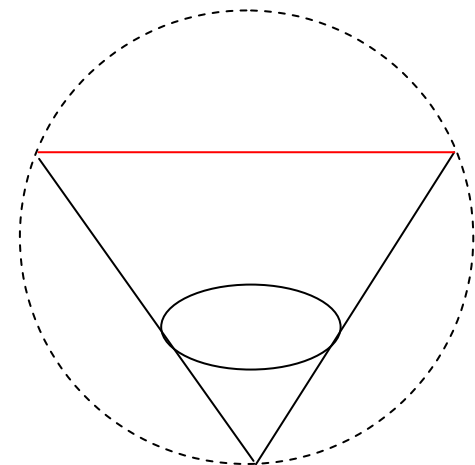
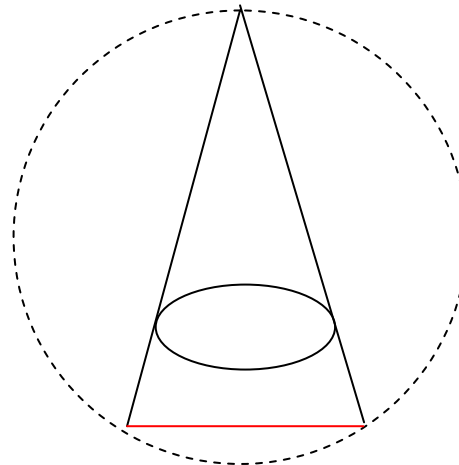
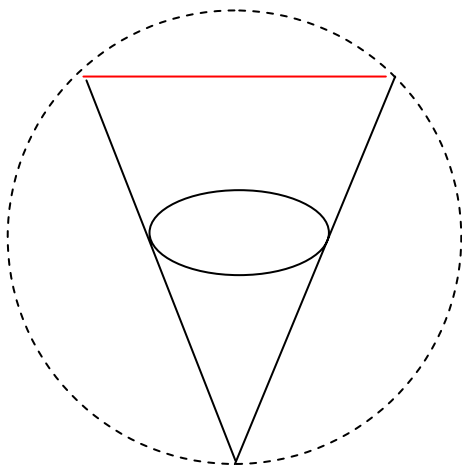
5

- Relativně nové a komplexní metoda
- Nestandardizované CT protokoly od výrobců
- Absence mezinárodních doporučení od autorit v oblasti radiologie a RO
- Intervence – různá složitost výkonu, šikovnost radiologa, lokální praxe a preference
- Neexistence diagnostických referenčních úrovní

Obecná pravidla při CT intervencích

6

- Topogram pro preintervenční sken
 - ▣ limitovat maximálně rozsah ve směru z (využít předchozí anatomickou informaci z diagnostického CT)
 - ▣ rentgenka nad vzdálenějším povrchem pacienta (při použití AEC velmi významné navýšení dávky díky nadhodnocení velikosti pacienta)



Obecná pravidla při CT intervencích

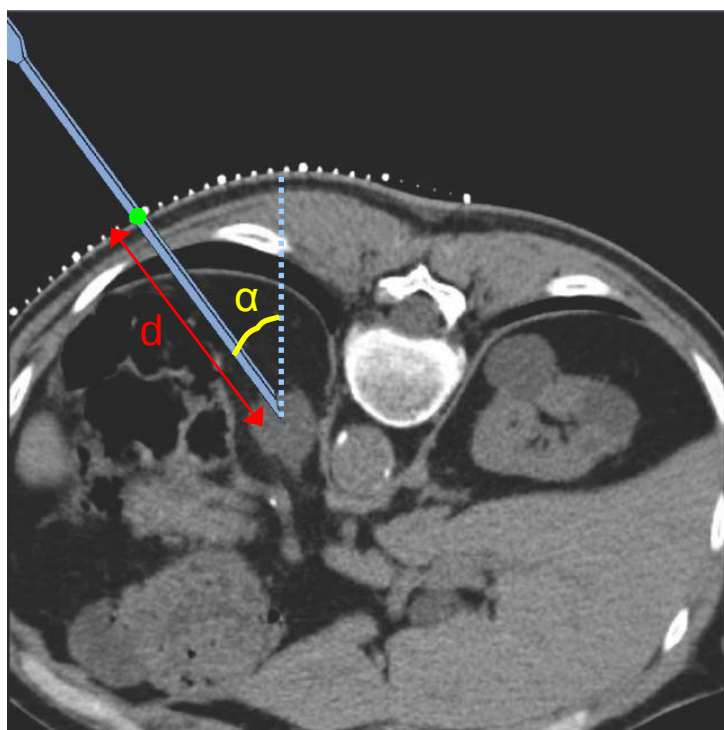
7

- Preintervenční helikální skenování (ve většině případů tvoří významnou část dávky - až 90 % z celé CT intervence)
 - ▣ není třeba diagnostická kvalita snímku, vysoký kontrast zaváděného nástroje, akceptovatelný vyšší šum
 - ▣ snížit napětí, nepoužívat paušálně 120 kV
 - 120 kV standardní a velký dospělý
 - 100 kV menší dospělý
 - 80 kV děti
 - 140 → 120 kV ~ 30 % redukce CTDI, 120 → 80 kV redukce ~ 3x
 - ▣ snížit proud – 10 – 50 mA postačující, TCM dávku navýší
 - ▣ vysoká rychlost otáčky rentgenky, vysoký pitch

Obecná pravidla při CT intervencích

8

- Příprava na intervenční fázi
 - ▣ pečlivé naplánování místa vpichu, úhlu vpichu, hloubku vpichu – redukuje počet snímků v intervenční fázi



<http://www.radiol.uu.se/utbildning/lectures/CT-intervention.pdf>



Obecná pravidla při CT intervencích

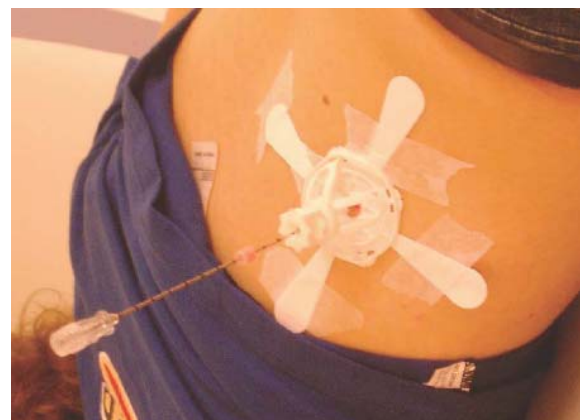
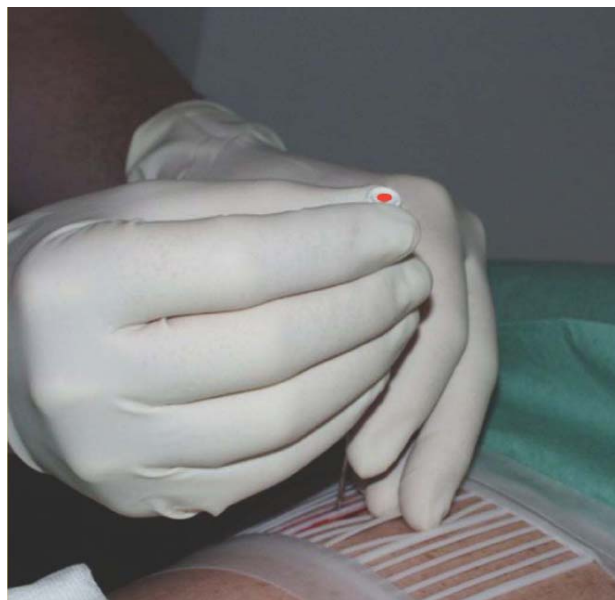
9

□ Intervenční skenování

- ▣ sklon gantry rovnoběžně se sklonem nástroje – zobrazení celého nástroje v jednom řezu, odpadá nutnost pořizování sousedních řezů – úzká kolimace
- ▣ nízké napětí, nízký proud, co nejmenší počet snímků/expoziční čas, kolimace pouze na oblast zájmu
- ▣ přerušovaný režim a odchod (vzdálení) radiologa, kdykoliv je to možné
- ▣ použití pomůcek pro vedení jehly při přerušovaném režimu – redukuje počet snímků a oprav pozice jehly v pacientovi vůči volnému manuálnímu zavedení jehly (free-hand technika)
- ▣ použití robotických zařízení pro zavedení jehly (i v real - time režimu)

Obečná pravidla při CT intervencích

10



Obecná pravidla při CT intervencích

11



Obecná pravidla při CT intervencích

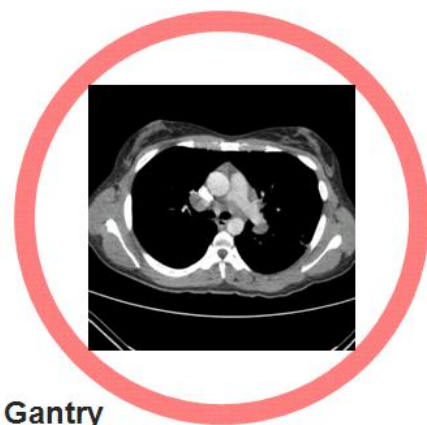
12

- Intervenční skenování – real-time režim
 - v real-time režimu – personál přítomen ve vyšetřovně přímo u pacienta
 - používat držáky zaváděných nástrojů a nestrkat ruce do svazku kdykoliv je to možné
 - vhodná pozice personálu vůči gantry
 - ochranné pomůcky – brýle, zástěra, límec, rukavice, stínění stolu, stropní závěs
 - modulace proudu – vypnutí rentgenky pro horní 120° výseč
 - **stínění pacienta** – velmi významná redukce dávky na personál, více jak 70 %
 - zkušenost radiologa – 2x redukce expozičního času (= dávky) za 2 roky nebo 250 intervencí (biopsie)

Obecná pravidla při CT intervencích

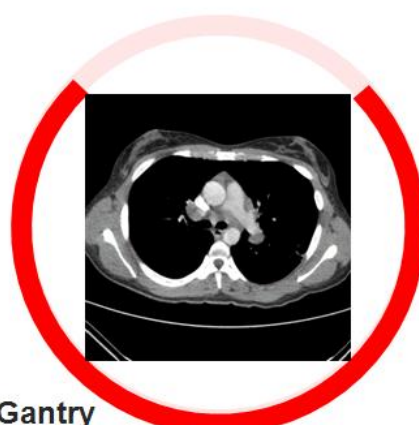
13

- Vypnutí rentgenky pro horní 120° výseč
 - ▣ redukce dávky na ruce radiologa ~ 50 %
 - ▣ navýšení dávky na kůži pacienta ve spodní části ~ 50 %



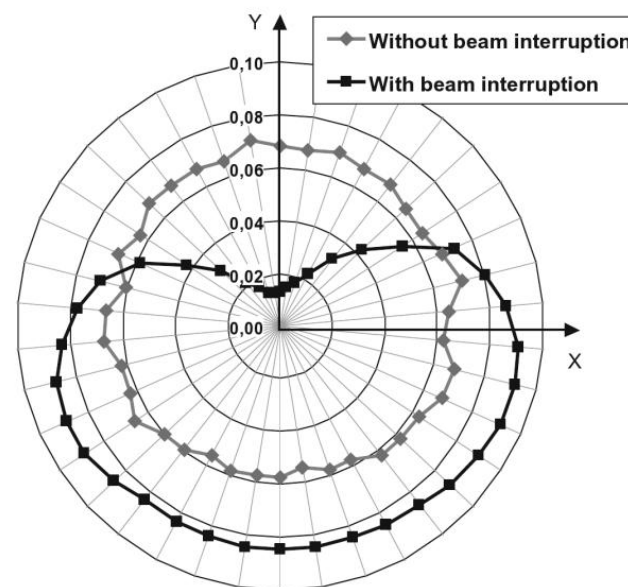
Gantry

Conventional



Gantry

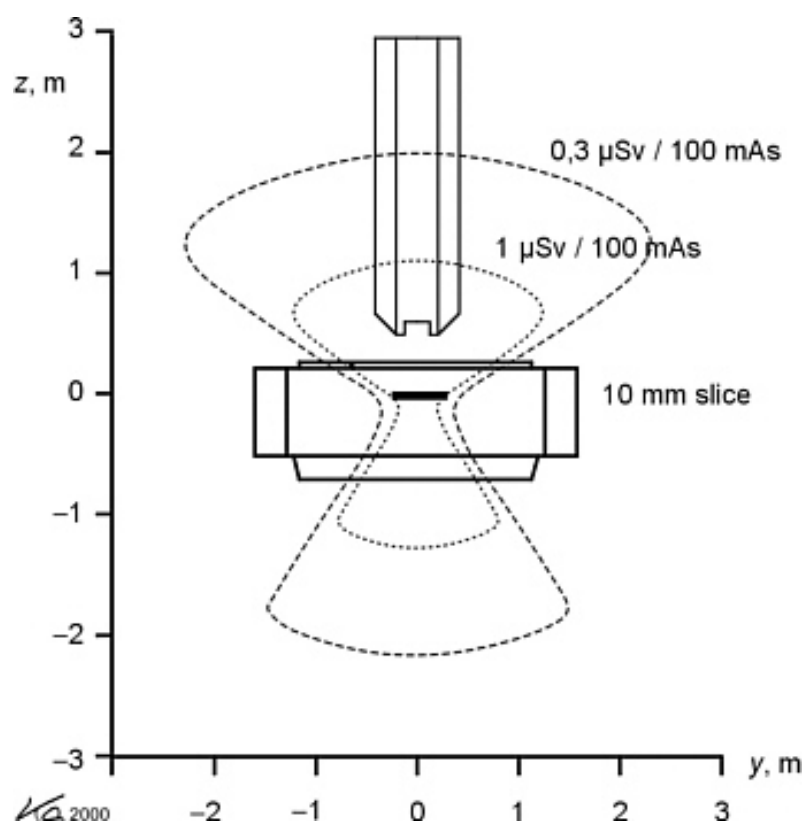
Organ-Based Modulation



Obečná pravidla při CT intervencích

14

□ Pozice personálu při výkonu



Computed Tomography Fundamentals, System, Technology, Image Quality, Applications, ISBN 3-89578-216-5



Low-Dose Techniques in CT-guided Interventions,
doi:10.1148/rg.324115072

Radiation Dose from Multidetector CT, ISBN: 978-3-642-24534-3

Obecná pravidla při CT intervencích

15

- Postintervenční skenování
 - ▣ stejná pravidla jako pro preintervenční plánovací fázi
 - ▣ není třeba provést helikální sken v celém rozsahu jako při plánovací fázi
 - ▣ stačí 3 axiální skeny v místě vpichu a kolem

- Obecné metody redukce dávky při CT
 - ▣ iterativní rekonstrukce – dostatečná rychlost i pro CT intervence
 - ▣ adaptivní kolimátor omezující „overbeaming“ – velmi užitečné při preintervenční plánovací fázi (krátký rozsah)
 - ▣ klasická TCM – není vhodný
 - ▣ výstražné upozornění na vysokou hodnotu dávku - u intervencí problematické

Typické hodnoty expozičních parametrů

16

Author	Scanner model	Tube potential (kVp)	Tube current (mA)	Slice thickness (mm)
Buls et al. (2003)	Siemens Somatom plus 4	120	90	8
Buls et al. (2004)	Siemens Emotion duo	120	38	5
Kataoka et al. (2006)	GE HiSpeed CT/I	120	30–80	7
Kataoka et al. (2006)	Toshiba Aquilion 16	120	30–80	8
Brennan et al. (2003)	N.a.	120	80	5
Hohl et al. (2008)	Siemens Somatom Sensation 64	120	60	14.4
Trumm et al. (2008)	Siemens Somatom plus 4	120	15–25	10
Stoeckelhuber et al. (2005)	Toshiba Aquilion multi	120	50	N.a.
Meleka et al. (2005)	Toshiba Aquilion 16	120	50	N.a.
Yamagami et al. (2003)	Toshiba X Vigor Laudator	120	30–50	3
Gianfelice et al. (2000)	GE Prospeed	120	50	10
Froelich et al. (1998)	Siemens Somatom plus 4	120	50	N. a.
Paulson et al. (2001)	GE HiSpeed CT/I	140	13	5
Silverman et al. (1999)	Siemens Somatom plus 4	120	50–90	10

Radiation Dose from Multidetector CT, ISBN: 978-3-642-24534-3

Typické hodnoty ozáření personálu – ruce, oči

17

Author	Method of dose measurement	CTF technique/method	Technical settings (kVp)/(mA)	Exposure time (s)	Dose at the level of	
					Hand (mGy)	Head/eyes (mGy)
Nickoloff et al. (2000)	Indirect (20–100 cm)	20 cm needle holder	120/30	100	1.70	0.09
^a Kato et al. (1996)	Indirect (4 cm)	4 cm needle holder	80/30	59	1.50	
Nawfel et al. (2000)	Indirect (10–100 cm)		120/50	80	2.2	0.1
^a Paulson et al. (2001)	Indirect (25–60 cm)		140/13	18	0.001	0.0006
Gianfelice et al. (2000)	Indirect (10 cm)	10 cm needle holder	120/50	50	0.90	
Gianfelice et al. (2000)	Indirect (10 cm)	10 cm needle holder	120/50	26	0.46	
Nawfel et al. (2000)	Direct by TLD		120/50	N.a.	1.70	
^a Irie et al. (2001a)	Direct by TLD	7 cm needle holder	120/30	38	0.76	
^a Irie et al. (2001a)	Direct by TLD	7 cm needle holder and lead plate	120/30	50	0.41	
^a Irie et al. (2001a)	Direct by TLD	15 cm needle holder and lead plate	120/30	41	0.06	
^a Brennan et al. (2003)	Direct by TLD		120/80	N.a.		0.20
Buls et al. (2003)	Direct by TLD		120/90	151	0.70	0.21
Buls et al. (2004)	Direct by TLD	Under-table tube exposure	120/38	73	0.29	0.14

Typické hodnoty ozáření pacientů

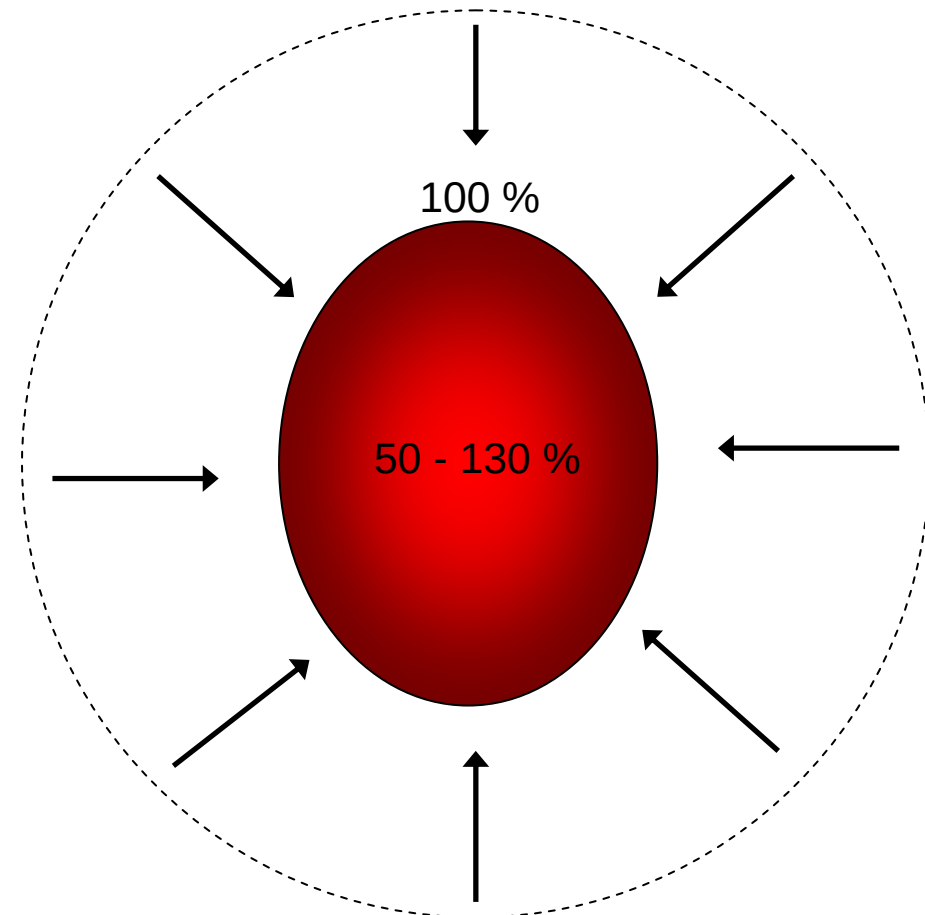
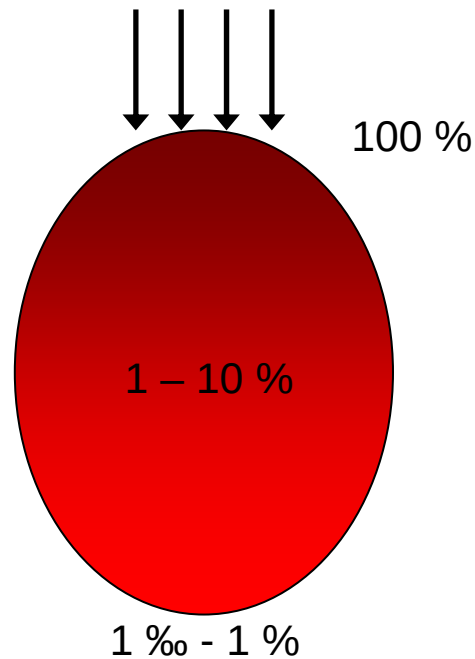
18

Author	Procedures	CTF technique	Technical settings (kVp)/(mA)	Exposure time (s)	Skin dose (mGy)
Silverman et al. (1999)	Biopsies (61), aspirations/drainages (34)	Quick-check (19) Real-time (71)	120/50–90	79	740
Paulson et al. (2001)	Biopsies (85), aspirations/drainages (78), injections (57)	Quick-check (87) Real-time (2) Combination (11)	140/10	18	32
Teeuwisse et al. (2001)	Biopsies (35)	Quick-check	120–140/25	28	130
Nickoloff et al. (2000)	Biopsies (78)	N.a.	120/30	97	400
Buls et al. (2003)	Biopsies (46), aspirations/drainages (22), ablations (14)	Quick-check	120/90	151	346
Buls et al. (2004)	Biopsies (48)	Quick-check	120/38	73	111
Carlson et al. (2001)	Biopsies (146), aspirations/drainages (57)	Quick-check (97) Combination (3)	120/10–50	21	43
Carlson et al. (2005)	Biopsies (56) bellows	Quick-check	120/10–50	16	38
	Biopsies (57)	Quick-check	120/10–50	22	51
Nawfel et al. (2000)	Biopsies		120/90	80	832
Typical IR conventional fluoroscopy					
McParland (1998)	Hepatic angiography				340
McParland (1998)	Renal angiography				100
Miller et al. (2003)	Carotid stent				597
Miller et al. (2003)	Renal PTA with stent				1,812

Distribuce dávky v objemu

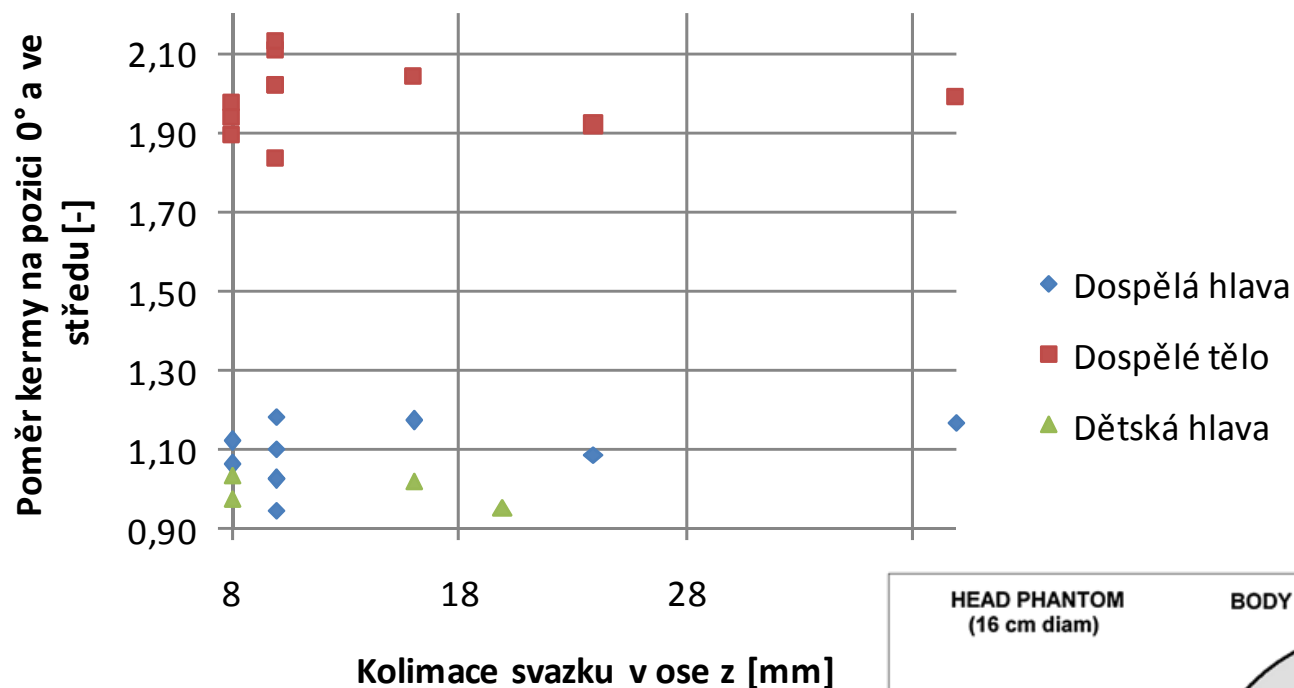
19

- U CT vyšetření je objem prozářený víceméně homogenně!!!



Distribuce dávky v objemu CT fantomu

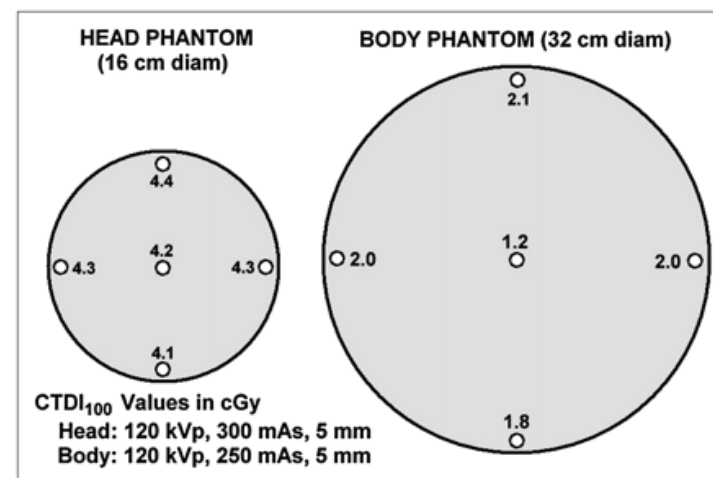
20



Dospělé tělo – průměr 32 cm

Dospělá hlava – průměr 16 cm

Dětská hlava – průměr 10 cm



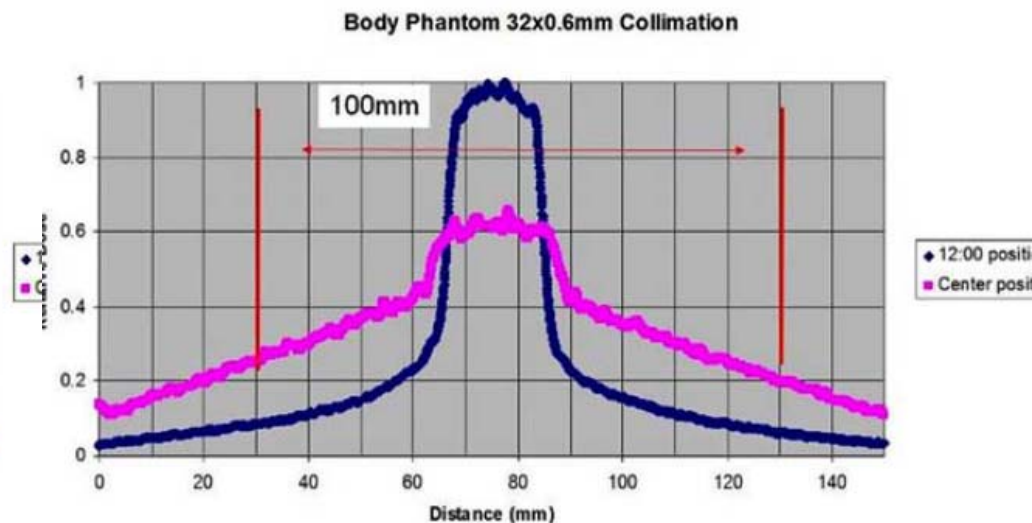
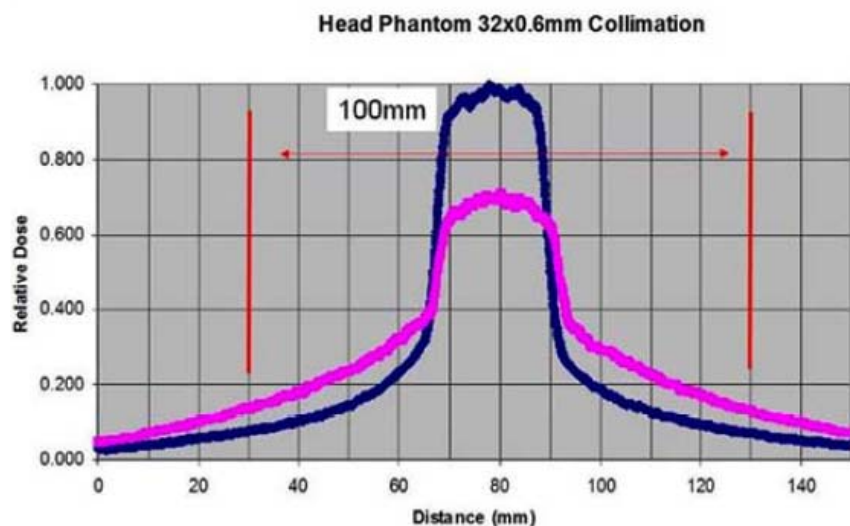
Distribuce dávky podél osy rotace

21

- Pacient není ozářen pouze v oblasti kolimace
 - ▣ díky rozptýlenému záření
 - ▣ důvod ozáření personálu

$$CTDI_{100} = \frac{1}{T} \int_{-50}^{50} D(z) dz$$

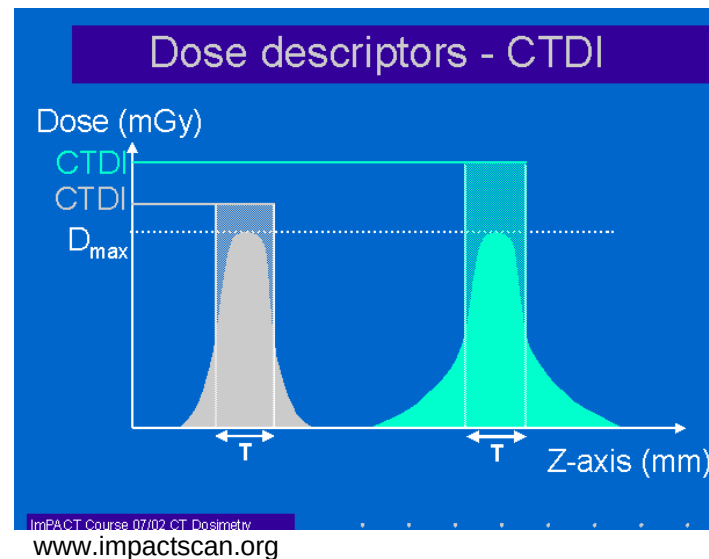
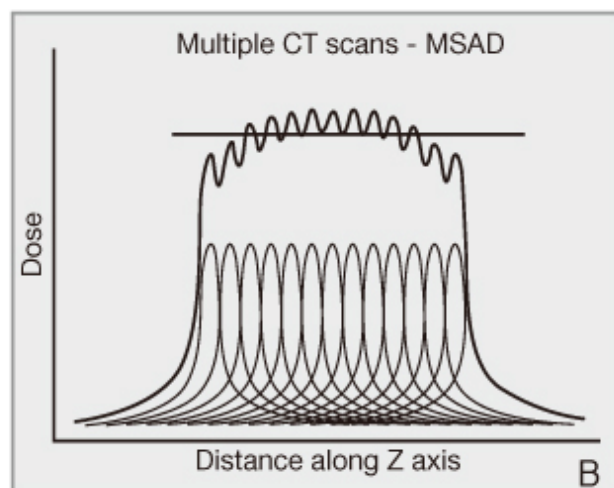
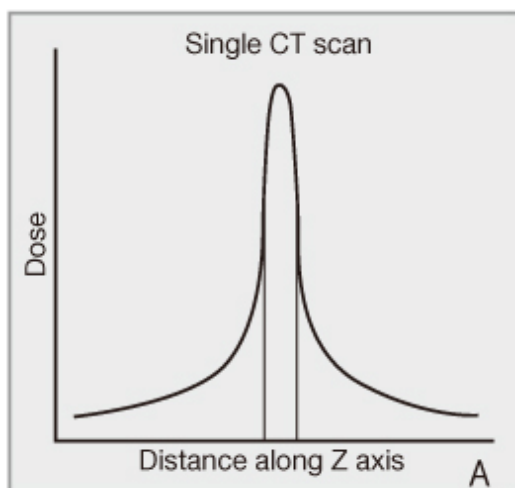
$$CTDI_{100} = \frac{1}{NT} \int_{-50}^{50} D(z) dz$$



Dávkové veličiny a jejich limitace (nejen) pro CT intervence

22

- CT indikují CTDI_{vol} (mGy) a DLP (mGy.cm)
- Koncept CTDI má smysl pro skenování s posunem stolu – vyjadřuje průměrnou dávku podél ozářené části pacienta (je-li pitch = 1)
- Poměr mezi maximem dávky pro jednu rotaci a CTDI závisí na U, filtraci, kolimaci, velikosti pacienta, místě v ploše řezu, kde měřím



<http://www.jkma.org/search.php?where=aview&id=10.5124/jkma.2011.54.12.1262&code=0119JKMA&vmode=PUBREADER#!po=16.6667>

- Pro vyšetření bez posunu stolu je pro odhad dávky v místě kolimace vhodnější bodové měření

Dávkové veličiny a jejich limitace (nejen) pro CT intervence

23

- CT indikují **CTDI_{VOL}** (mGy) a **DLP** (mGy.cm)
- CTDI_{VOL} dále průměruje dávku v ploše řezu (pomocí CTDI_W) a bere v úvahu pitch – vyjadřuje průměrnou dávku v celém ozářeném objemu !!!**CTDI fantomu!!!, ne pacienta**

$$CTDI_W = \frac{1}{3}CTDI_{PMMA,c} + \frac{2}{3}CTDI_{PMMA,p}$$

$$CTDI_{VOL} = \frac{CTDI_W}{p} = CTDI_W \frac{NT}{l}$$

CTDI_{PMMA,c} ... dávkový/kermový index výpočetní tomografie ve vzduchu měřený ve středu standardního CT fantomu (mGy)

CTDI_{PMMA,p} ... průměr dávkových/kermových indexů výpočetní tomografie ve vzduchu měřených ve 4 pozicích na periferii standardního CT fantomu (mGy)

l ... posun lehátka pacienta během jedné otáčky (helikální CT) nebo mezi dvěma po sobě jdoucími řezy (axiální CT)

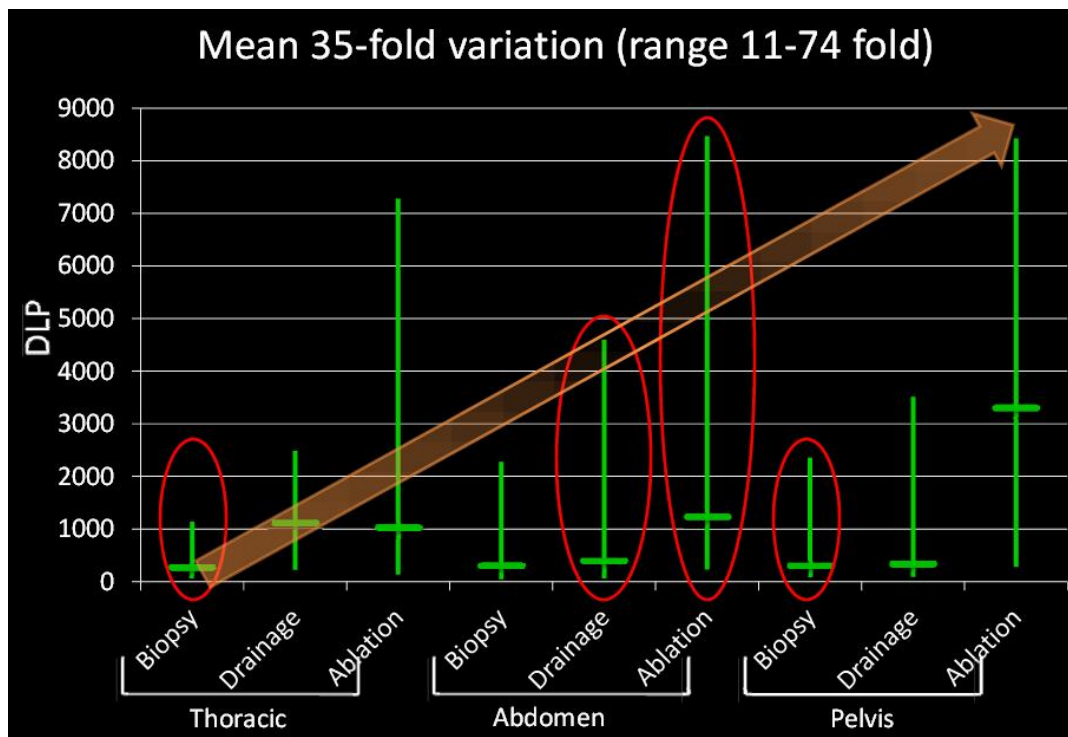
p

- Při indikaci CTDI_{VOL} u výkonu bez posunu stolu musí být CTDI_{VOL} sečteno pro všechny otáčky rengenky
- DLP – násobí CTDI_{VOL} délkou ozářené oblasti a sečte pro všechny fáze vyšetření

Rozsah CTDI_{vol} a DLP

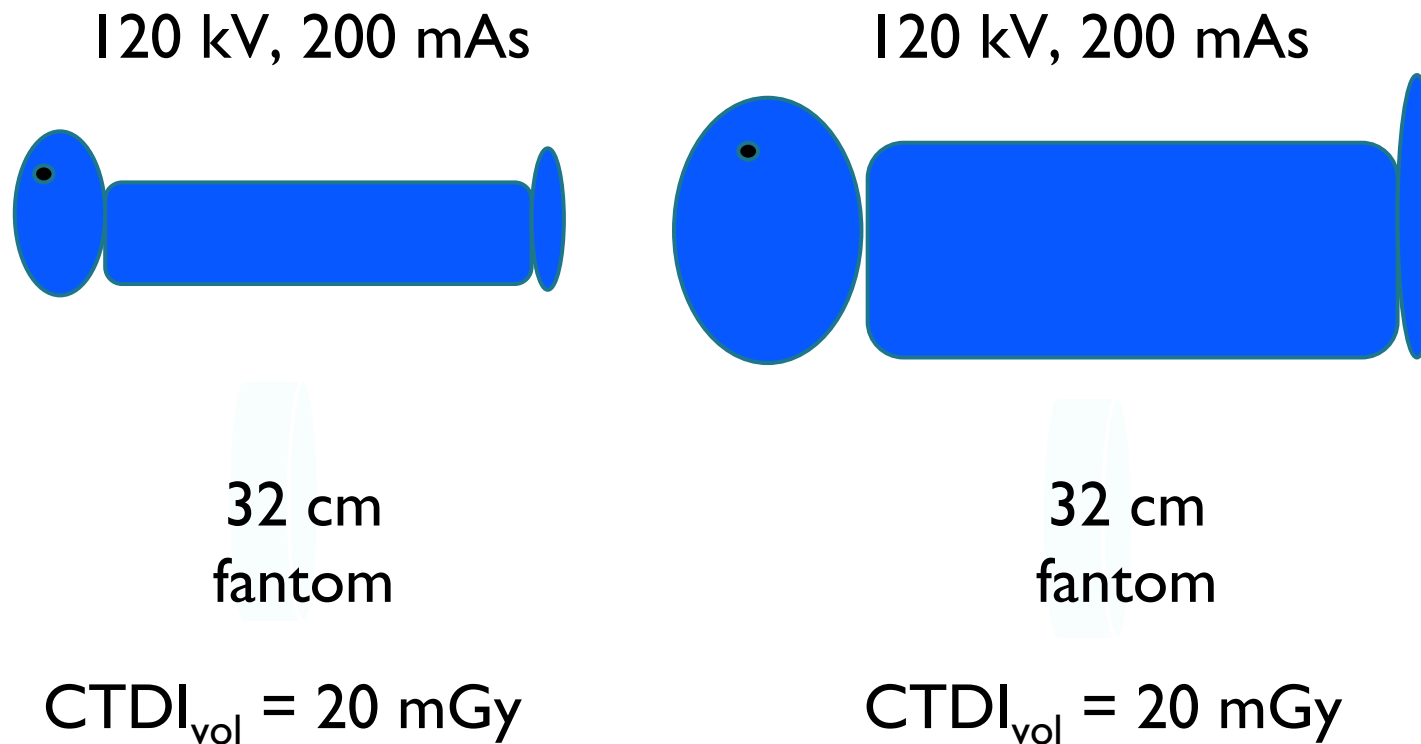
24

- Velká variabilita, dva až tři řády
 - ▣ CTDIVOL – jednotky až stovky (tisíce) mGy
 - ▣ DLP desítky až tisíce (desetitisíce mGy.cm)
 - ▣ Zatím nejsou ustanovené diagnostické referenční úrovně



CTDI_{vol} versus absorbovaná dávka v pacientovi

25



U obou pacientů stejné CTDI_{vol}

Absorbovaná dávka v pacientovi bude vyšší pro menšího pacienta

CTDI_{vol} versus absorbovaná dávka v pacientovi

26

120 kV, 100 mAs



32 cm
fantom

CTDI_{vol} = 10 mGy

120 kV, 200 mAs



32 cm
fantom

CTDI_{vol} = 20 mGy

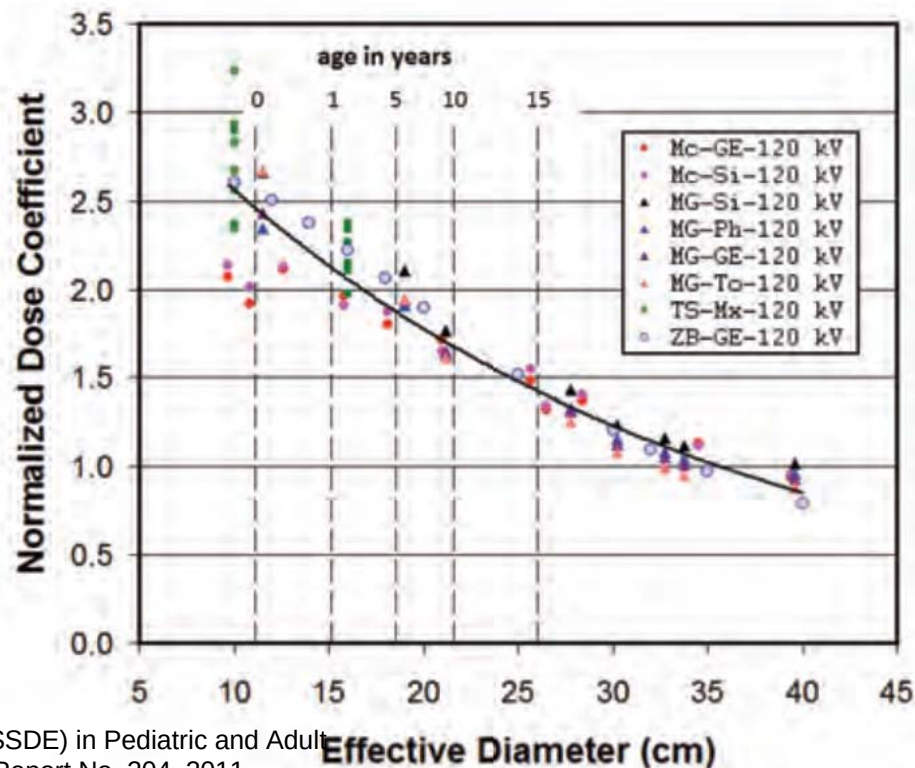
U menšího pacienta **menší CTDI_{vol}**

Absorbovaná dávka u obou pacientů **přibližně stejná**

Size Specific Dose Estimate (SSDE)

27

- SSDE - korekce $CTDI_{VOL}$ na absorbovanou dávku v měkké tkáni v objemu s daný efektivním průměrem (korekce na velikost pacienta)
- Efektivní průměr = $(AP * LAT)^{1/2}$
- $SSDE = f * CTDI_{VOL}$

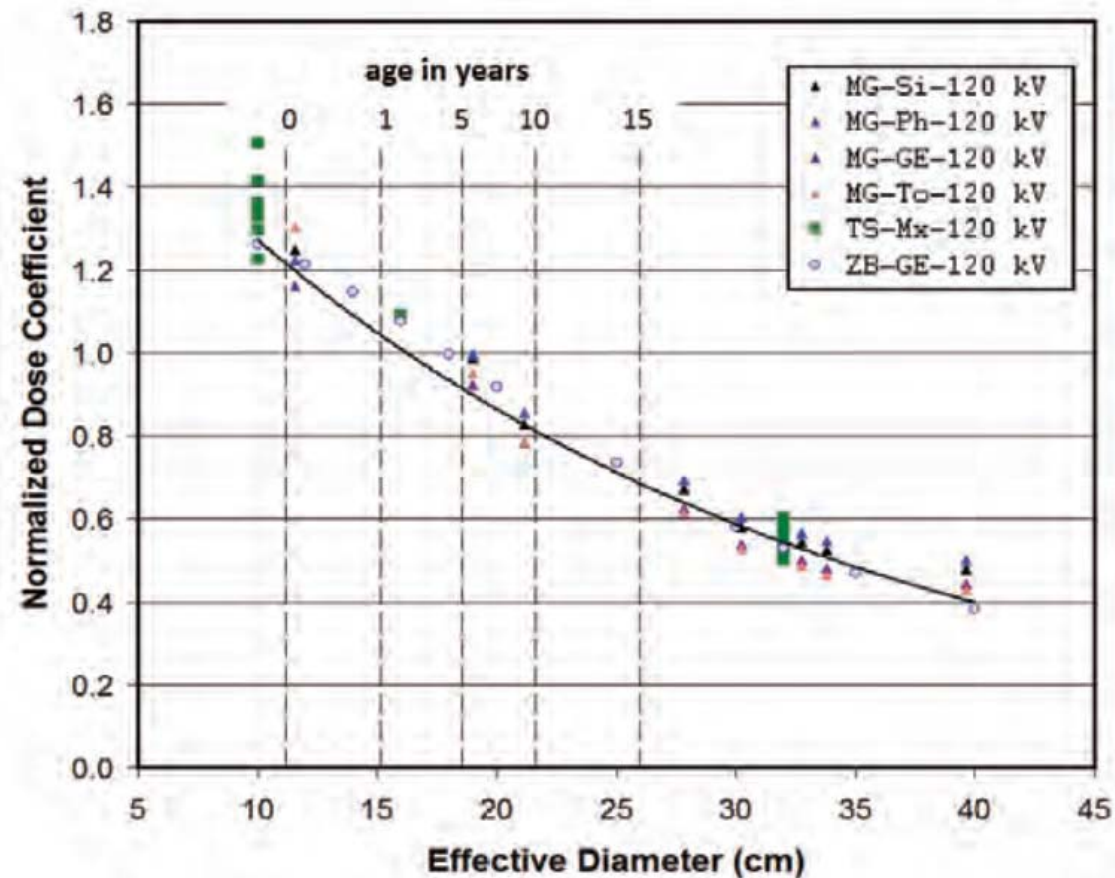


Koeficienty f pro
indikované $CTDI_{VOL}$ ve
32 cm PMMA fantomu

Size Specific Dose Estimate (SSDE)

28

- Koeficienty f pro indikované CTDI_{VOL} v 16 cm PMMA fantomu



Size Specific Dose Estimate (SSDE)

29

- Doporučené koeficienty f pro indikované CTDI_{vol} ve 32 cm PMMA fantomu

Lat + AP Dim (cm)	Effective Dia (cm)	Conversion Factor	Lateral Dim (cm)	Effective Dia (cm)	Conversion Factor	AP Dim (cm)	Effective Dia (cm)	Conversion Factor	Effective Dia (cm)	Conversion Factor
16	7.7	2.79	8	9.2	2.65	8	8.8	2.68	8	2.76
18	8.7	2.69	9	9.7	2.60	9	10.2	2.55	9	2.66
20	9.7	2.59	10	10.2	2.55	10	11.6	2.42	10	2.57
22	10.7	2.50	11	10.7	2.50	11	13.0	2.30	11	2.47
24	11.7	2.41	12	11.3	2.45	12	14.4	2.18	12	2.38
26	12.7	2.32	13	11.8	2.40	13	15.7	2.08	13	2.30
28	13.7	2.24	14	12.4	2.35	14	17.0	1.98	14	2.22
30	14.7	2.16	15	13.1	2.29	15	18.3	1.89	15	2.14
32	15.7	2.08	16	13.7	2.24	16	19.6	1.81	16	2.06
34	16.7	2.01	17	14.3	2.19	17	20.8	1.73	17	1.98
36	17.6	1.94	18	15.0	2.13	18	22.0	1.65	18	1.91
38	18.6	1.87	19	15.7	2.08	19	23.2	1.58	19	1.84
40	19.6	1.80	20	16.4	2.03	20	24.3	1.52	20	1.78
42	20.6	1.74	21	17.2	1.97	21	25.5	1.45	21	1.71
44	21.6	1.67	22	17.9	1.92	22	26.6	1.40	22	1.65
46	22.6	1.62	23	18.7	1.86	23	27.6	1.34	23	1.59
48	23.6	1.56	24	19.5	1.81	24	28.7	1.29	24	1.53
50	24.6	1.50	25	20.3	1.76	25	29.7	1.25	25	1.48
52	25.6	1.45	26	21.1	1.70	26	30.7	1.20	26	1.43
54	26.6	1.40	27	22.0	1.65	27	31.6	1.16	27	1.37
56	27.6	1.35	28	22.9	1.60	28	32.6	1.12	28	1.32
58	28.6	1.30	29	23.8	1.55	29	33.5	1.08	29	1.28
60	29.6	1.25	30	24.7	1.50	30	34.4	1.05	30	1.23
62	30.5	1.21	31	25.6	1.45	31	35.2	1.02	31	1.19
64	31.5	1.16	32	26.6	1.40	32	36.0	0.99	32	1.14
66	32.5	1.12	33	27.6	1.35	33	36.8	0.96	33	1.10
68	33.5	1.08	34	28.6	1.30	34	37.6	0.93	34	1.06
70	34.5	1.04	35	29.6	1.25	35	38.4	0.91	35	1.02
72	35.5	1.01	36	30.6	1.20	36	39.1	0.88	36	0.99
74	36.5	0.97	37	31.7	1.16	37	39.8	0.86	37	0.95
76	37.5	0.94	38	32.7	1.11	38	40.4	0.84	38	0.92
78	38.5	0.90	39	33.8	1.07	39	41.1	0.82	39	0.88
80	39.5	0.87	40	34.9	1.03	40	41.7	0.80	40	0.85
82	40.5	0.84	41	36.1	0.98	41	42.3	0.78	41	0.82
84	41.5	0.81	42	37.2	0.94	42	42.8	0.77	42	0.79
86	42.4	0.78	43	38.4	0.90	43	43.4	0.75	43	0.76
88	43.4	0.75	44	39.6	0.87	44	43.9	0.74	44	0.74
90	44.4	0.72	45	40.8	0.83	45	44.4	0.73	45	0.71

Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations, AAPM Report No. 204, 2011

Size Specific Dose Estimate (SSDE)

30

- Doporučené koeficienty f pro indikované CTDI_{vol} v 16 cm PMMA fantomu

Lat + AP Dim (cm)	Effective Dia (cm)	Conversion Factor	Lateral Dim (cm)	Effective Dia (cm)	Conversion Factor	AP Dim (cm)	Effective Dia (cm)	Conversion Factor	Effective Dia (cm)	Conversion Factor
12	5.7	1.50	6	8.2	1.36	6	5.8	1.50	6	1.49
13	6.2	1.47	7	8.7	1.34	7	7.3	1.41	7	1.43
14	6.7	1.44	8	9.2	1.32	8	8.8	1.33	8	1.38
15	7.2	1.42	9	9.7	1.29	9	10.2	1.26	9	1.32
16	7.7	1.39	10	10.2	1.26	10	11.6	1.19	10	1.27
17	8.2	1.36	11	10.7	1.24	11	13.0	1.13	11	1.22
18	8.7	1.34	12	11.3	1.21	12	14.4	1.07	12	1.18
19	9.2	1.31	13	11.8	1.19	13	15.7	1.02	13	1.13
20	9.7	1.29	14	12.4	1.16	14	17.0	0.97	14	1.09
21	10.2	1.26	15	13.1	1.13	15	18.3	0.92	15	1.05
22	10.7	1.24	16	13.7	1.10	16	19.6	0.88	16	1.01
23	11.2	1.22	17	14.3	1.08	17	20.8	0.84	17	0.97
24	11.7	1.19	18	15.0	1.05	18	22.0	0.80	18	0.93
25	12.2	1.17	19	15.7	1.02	19	23.2	0.76	19	0.90
26	12.7	1.15	20	16.4	0.99	20	24.3	0.73	20	0.86
27	13.2	1.13	21	17.2	0.96	21	25.5	0.70	21	0.83
28	13.7	1.10	22	17.9	0.94	22	26.6	0.67	22	0.80
29	14.2	1.08	23	18.7	0.91	23	27.6	0.64	23	0.77
30	14.7	1.06	24	19.5	0.88	24	28.7	0.62	24	0.74
31	15.2	1.04	25	20.3	0.85	25	29.7	0.59	25	0.71
32	15.7	1.02	26	21.1	0.83	26	30.7	0.57	26	0.69
33	16.2	1.00	27	22.0	0.80	27	31.6	0.55	27	0.66
34	16.7	0.98	28	22.9	0.77	28	32.6	0.53	28	0.63
35	17.2	0.97	29	23.8	0.75	29	33.5	0.51	29	0.61
36	17.6	0.95	30	24.7	0.72	30	34.4	0.50	30	0.59
37	18.1	0.93	31	25.6	0.70	31	35.2	0.48	31	0.56
38	18.6	0.91	32	26.6	0.67	32	36.0	0.46	32	0.54
39	19.1	0.89	33	27.6	0.65	33	36.8	0.45	33	0.52
40	19.6	0.88	34	28.6	0.62	34	37.6	0.44	34	0.50
42	20.6	0.84	35	29.6	0.60	35	38.4	0.42	35	0.48
44	21.6	0.81	36	30.6	0.57	36	39.1	0.41	36	0.47
46	22.6	0.78	37	31.7	0.55	37	39.8	0.40	37	0.45
48	23.6	0.75	38	32.7	0.53	38	40.4	0.39	38	0.43
50	24.6	0.72	39	33.8	0.51	39	41.1	0.38	39	0.41
52	25.6	0.70	40	34.9	0.48	40	41.7	0.37	40	0.40
54	26.6	0.67	41	36.1	0.46	41	42.3	0.36	41	0.38
56	27.6	0.64	42	37.2	0.44	42	42.8	0.36	42	0.37
58	28.6	0.62	43	38.4	0.42	43	43.4	0.35	43	0.35
60	29.6	0.60	44	39.6	0.40	44	43.9	0.34	44	0.34
62	30.5	0.57	45	40.8	0.39	45	44.4	0.34	45	0.33
64	31.5	0.55	46	42.1	0.37	46	44.8	0.33	46	0.32
66	32.5	0.53	47	43.3	0.35	47	45.2	0.33	47	0.30
68	33.5	0.51	48	44.6	0.33	48	45.6	0.32	48	0.29
70	34.5	0.49	49	45.9	0.32	49	46.0	0.32	49	0.28
72	35.5	0.47	50	47.2	0.30	50	46.4	0.31	50	0.27
74	36.5	0.46	51	48.5	0.29	51	46.7	0.31	51	0.26
76	37.5	0.44	52	49.9	0.27	52	47.0	0.30	52	0.25
78	38.5	0.42	53	51.3	0.26	53	47.2	0.30	53	0.24
80	39.5	0.41	54	52.7	0.24	54	47.5	0.30	54	0.23
82	40.5	0.39	55	54.1	0.23	55	47.7	0.30	55	0.22

Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations, AAPM Report No. 204, 2011

Size Specific Dose Estimate (SSDE)

31

- Doporučené koeficienty f pro indikované CTDI_{vol} v 16 cm PMMA fantomu

Lat + AP Dim (cm)	Effective Dia (cm)	Conversion Factor	Lateral Dim (cm)	Effective Dia (cm)	Conversion Factor	AP Dim (cm)	Effective Dia (cm)	Conversion Factor	Effective Dia (cm)	Conversion Factor
12	5.7	1.50	6	8.2	1.36	6	5.8	1.50	6	1.49
13	6.2	1.47	7	8.7	1.34	7	7.3	1.41	7	1.43
14	6.7	1.44	8	9.2	1.32	8	8.8	1.33	8	1.38
15	7.2	1.42	9	9.7	1.29	9	10.2	1.26	9	1.32
16	7.7	1.39	10	10.2	1.26	10	11.6	1.19	10	1.27
17	8.2	1.36	11	10.7	1.24	11	13.0	1.13	11	1.22
18	8.7	1.34	12	11.3	1.21	12	14.4	1.07	12	1.18
19	9.2	1.31	13	11.8	1.19	13	15.7	1.02	13	1.13
20	9.7	1.29	14	12.4	1.16	14	17.0	0.97	14	1.09
21	10.2	1.26	15	13.1	1.13	15	18.3	0.92	15	1.05
22	10.7	1.24	16	13.7	1.10	16	19.6	0.88	16	1.01
23	11.2	1.22	17	14.3	1.08	17	20.8	0.84	17	0.97
24	11.7	1.19	18	15.0	1.05	18	22.0	0.80	18	0.93
25	12.2	1.17	19	15.7	1.02	19	23.2	0.76	19	0.90
26	12.7	1.15	20	16.4	0.99	20	24.3	0.73	20	0.86
27	13.2	1.13	21	17.2	0.96	21	25.5	0.70	21	0.83
28	13.7	1.10	22	17.9	0.94	22	26.6	0.67	22	0.80
29	14.2	1.08	23	18.7	0.91	23	27.6	0.64	23	0.77
30	14.7	1.06	24	19.5	0.88	24	28.7	0.62	24	0.74
31	15.2	1.04	25	20.3	0.85	25	29.7	0.59	25	0.71
32	15.7	1.02	26	21.1	0.83	26	30.7	0.57	26	0.69
33	16.2	1.00	27	22.0	0.80	27	31.6	0.55	27	0.66
34	16.7	0.98	28	22.9	0.77	28	32.6	0.53	28	0.63
35	17.2	0.97	29	23.8	0.75	29	33.5	0.51	29	0.61
36	17.6	0.95	30	24.7	0.72	30	34.4	0.50	30	0.59
37	18.1	0.93	31	25.6	0.70	31	35.2	0.48	31	0.56
38	18.6	0.91	32	26.6	0.67	32	36.0	0.46	32	0.54
39	19.1	0.89	33	27.6	0.65	33	36.8	0.45	33	0.52
40	19.6	0.88	34	28.6	0.62	34	37.6	0.44	34	0.50
42	20.6	0.84	35	29.6	0.60	35	38.4	0.42	35	0.48
44	21.6	0.81	36	30.6	0.57	36	39.1	0.41	36	0.47
46	22.6	0.78	37	31.7	0.55	37	39.8	0.40	37	0.45
48	23.6	0.75	38	32.7	0.53	38	40.4	0.39	38	0.43
50	24.6	0.72	39	33.8	0.51	39	41.1	0.38	39	0.41
52	25.6	0.70	40	34.9	0.48	40	41.7	0.37	40	0.40
54	26.6	0.67	41	36.1	0.46	41	42.3	0.36	41	0.38
56	27.6	0.64	42	37.2	0.44	42	42.8	0.36	42	0.37
58	28.6	0.62	43	38.4	0.42	43	43.4	0.35	43	0.35
60	29.6	0.60	44	39.6	0.40	44	43.9	0.34	44	0.34
62	30.5	0.57	45	40.8	0.39	45	44.4	0.34	45	0.33
64	31.5	0.55	46	42.1	0.37	46	44.8	0.33	46	0.32
66	32.5	0.53	47	43.3	0.35	47	45.2	0.33	47	0.30
68	33.5	0.51	48	44.6	0.33	48	45.6	0.32	48	0.29
70	34.5	0.49	49	45.9	0.32	49	46.0	0.32	49	0.28
72	35.5	0.47	50	47.2	0.30	50	46.4	0.31	50	0.27
74	36.5	0.46	51	48.5	0.29	51	46.7	0.31	51	0.26
76	37.5	0.44	52	49.9	0.27	52	47.0	0.30	52	0.25
78	38.5	0.42	53	51.3	0.26	53	47.2	0.30	53	0.24
80	39.5	0.41	54	52.7	0.24	54	47.5	0.30	54	0.23
82	40.5	0.39	55	54.1	0.23	55	47.7	0.30	55	0.22

Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations, AAPM Report No. 204, 2011