

STANOVENÍ KOLEKTIVNÍ EFEKTIVNÍ DÁVKY Z NENÁDOROVÉ RADIOTERAPIE V ČR

Vladimír Dufek^{1,2}

*Lukáš Kotík*¹

*Ladislav Tomášek*¹

*Helena Žáčková*¹

*Ivana Horáková*¹

¹ Státní ústav radiační ochrany, v. v. i., Praha

² Nemocnice Na Bulovce, Praha



Program **Beta**

Práce byla řešena s podporou projektu TA ČR (TB02SUJB037).



Konference radiologické fyziky, Harrachov, 13.4.2017

Úvod – Nenádorová radioterapie

Nenádorová radioterapie - lékařské ozáření, které se provádí u nezhoubných onemocnění s cílem:

- ulevit od obtíží způsobených nezhoubným onemocněním
- zabránit zhoršení funkce postiženého orgánu

Nenádorová radioterapie v ČR

- V ČR se nenádorová radioterapie provádí na 30 pracovištích.
- ČR patří mezi země s největším podílem pacientů léčených nenádorovou RT.
- Dle zprávy UNSCEAR (2008) bylo v letech 2000 - 2006 v ČR ročně léčeno **21 845 pacientů**
- ÚZIS uvádí v roce **2012** **26 044** **pacientů**
v roce **2013** **27 112** **pacientů**

Stanovení radiační zátěže populace ČR z nenádorové radioterapie

3

- Míra ozáření populace se vyjadřuje pomocí kolektivní efektivní dávky
- Využití kolektivní efektivní dávky:
 - *pro stanovení radiační zátěže populace z daného způsobu ozáření (např. lékařského)*
 - *pro srovnání s jinými typy expozice obyvatelstva*
- Stanovení kolektivní efektivní dávky z nenádorové radioterapie (NNRT) na základě:
 - **dat VZP** (počty frakcí ozáření pro jednotlivé diagnózy)
 - **údajů ÚZIS** (přepočet počtu frakcí ozáření z dat VZP na populaci obyvatel ČR)
 - **údajů z Dotazníku SÚRO** (typické podmínky ozáření: geometrie a energie svazků, typické předepsané dávky na frakci)
 - **měření SÚRO s antropomorfním fantomem** (orgánové a efektivní dávky)
 - **publikovaných efektivních dávek**

Stanovení radiační zátěže populace ČR z nenádorové radioterapie

4

Stanovení kolektivní efektivní dávky S [Sv]:

$$S = \sum_{i=1}^n E_i \cdot f_i$$

E_i ...typická efektivní dávka na jednu frakci ozáření pro jednotlivé diagnózy

f_i ...počet frakcí ozáření pro jednotlivé diagnózy (pro celou populaci obyvatel ČR)

n ...počet diagnóz nenádorové radioterapie

Postup stanovení radiační zátěže populace ČR z nenádorové radioterapie

5

1. Stanovení počtu frakcí ozáření pro jednotlivé diagnózy
2. Stanovení orgánových a efektivních dávek pro vybrané diagnózy
3. Stanovení typických efektivních dávek E pro vybrané diagnózy
4. Přiřazení typických efektivních dávek E všem jednotlivým diagnózám NNRT
5. Výpočet kolektivní efektivní dávky z NNRT

Stanovení počtu frakcí ozáření pro jednotlivé diagnózy (krok 1)

6

- Stanovení počtu frakcí ozáření za základě třídění kódů výkonů vykázaných VZP
43111 (rtg terapie 10-300kV)
43611 (radioterapie Cs-137)

- Počty frakcí ozáření z dat VZP přepočteny na počet frakcí ozáření pro populaci obyvatel ČR na základě dat ÚZIS:
 - počet ozářených polí v roce 2013 (ÚZIS): 153998
 - počet ozářených polí v roce 2013 (VZP): 97460
 - počet ozářených polí (ÚZIS) / počet ozářených polí (VZP) = 1,58

- Předpoklady platnosti přepočtu:
 - podíly „(populační počet frakcí) / (počet frakcí v záznamech VZP)“ jsou pro každé pracoviště a diagnózu přibližně stejné
 - počet ozářených polí na jednu frakci je přibližně stejný pro každou pojišťovnu, diagnózu a zdravotní zařízení

Stanovení orgánových a efektivních dávek z nenádorové radioterapie (krok 2)

7

Rozsah měření

1. Terapeutické rentgenové **ozáření ostruhy patní kosti** na rtg ozařovači Wolf T-200
2. Terapeutické rentgenové **ozáření kyčle** na rtg ozařovači Wolf T-200
3. Brachyterapeutické **ozáření pomocí „Jáchymovských krabiček“** v Léčebných lázních Jáchymov – aplikace čtyř „krabiček“
4. Brachyterapeutické **ozáření pomocí „Jáchymovských krabiček“** v Léčebných lázních Jáchymov – aplikace dvou „krabiček“

Měření na rtg ozařovači byla provedena pro typické podmínky ozáření (geometrie svazků, napětí rentgenky, předepsaná dávka do cílového objemu, ...). Tyto údaje získalo SÚRO z dotazníků z jednotlivých radioterapeutických pracovišť.



Terapeutický rentgenový ozařovač Wolf T-200



„Jáchymovská krabička“ přilepená na povrchu fantomu

Stanovení orgánových a efektivních dávek z nenádorové radioterapie (krok 2)

8

Terapeutické ozáření ostruhy patní kosti na rtg ozařovači

Podmínky ozáření

- Plantární ozáření paty (fantom leží na břiše)
- Napětí rentgenky: 160 kV (polotloušťka 0,80 mm Cu)
- 1 pole: tubus 6x10 cm²
- Předepsaná dávka na frakci 1 Gy (na povrchu)
- Typická celková dávka 5 Gy (na povrchu)

Změřené orgánové dávky

orgán	orgánová dávka [mGy]
gonády	1,1
prostata	0,7
kůže (pánev)	0,4
močový měchýř	0,3
prsa	0,1
tenké střevo	0,1

Ostatní orgánové dávky jsou menší než 0,1 mGy.

Orgánové dávky se vztahují k předepsané dávce na frakci 1 Gy (na povrchu).



Geometrie ozáření ostruhy patní kosti rtg ozařovačem

Stanovená efektivní dávka E pro předepsanou dávku na frakci 1 Gy (na povrchu)

0,2 mSv (podle ICRP 103)

0,3 mSv (podle ICRP 60)

V efektivní dávce E není v tomto případě zahrnuta orgánová dávka v kostní dřeni a na povrchu kostí.

Stanovení orgánových a efektivních dávek z nenádorové radioterapie (krok 2)

9

Terapeutické ozáření kyčelního kloubu na rtg ozařovači



Geometrie ozáření pravého kyčelního kloubu AP polem (vlevo) a PA polem (vpravo)

Podmínky ozáření

- Ozáření pravého kyčelního kloubu
- AP pole (fantom leží na zádech)
- PA pole (fantom leží na břiše)
- Napětí rentgenky: 160 kV
- Tubus 10x15 cm²
- Předepsaná dávka na frakci 1 Gy (na povrchu)
- Typická celková předepsaná dávka 5 Gy (na povrchu)

Stanovená efektivní dávka E pro předepsanou dávku na frakci 1 Gy (na povrchu)

28,5 mSv (podle ICRP 103)

35,6 mSv (podle ICRP 60)

Pro varlata vně pole svazku

Orgánové dávky se vztahují k dávce na povrchu fantomu 1 Gy pro AP pole a PA pole.

Změřené orgánové dávky

orgán	orgánová dávka [mGy]
prostata	198
močový měchýř	166
tenké střevo	31
tlusté střevo	19
žlučník	7
ledviny	6
žaludek	2
slinivka	4
játra	3
slezina	2
nadledviny	3
pľíce	0,4
srdce	0,4
prsa	0,5
jícen	0,2
brzlík	0,1
štítná žláza	0,1
slinné žlázy	<0,1
sliznice dutiny ústní	<0,1
mozek	<0,1
oční čočka	0,1
varlata	454
kostní dřeň	76
povrch kostí	82
kůže (pánev)	238
kůže (hrudník)	8
kůže (hlava a krk)	0,1

Stanovení orgánových a efektivních dávek z nenádorové radioterapie (krok 2)

10

Brachyterapeutické ozáření pomocí aplikace „Jáchymovských krabiček“

- K léčbě chronické bolesti páteře a kloubů
- Aplikátor („krabička“) obsahuje 1 až 3 tuby URZ s Ra-226 o obsahu cca 10 mg
- Na 1 ozáření obvykle 1 až 4 krabičky, doba aplikace 6 hodin jednorázově

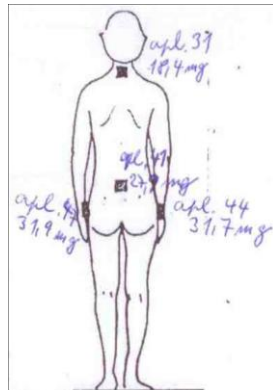


Schéma rozložení čtyř „krabiček“

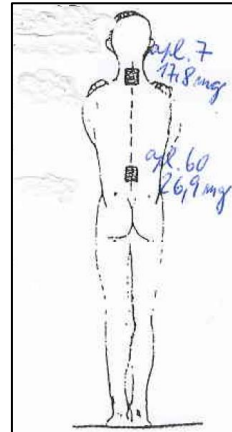


Schéma rozložení dvou „krabiček“

Orgánové dávky [mGy]

orgán	čtyři „krabičky“	dvě „krabičky“
prostata	78	15
močový měchýř	72	19
tenké střevo	67	38
tlusté střevo	58	30
žlučník	38	22
ledviny	67	52
žaludek	31	20
slinivka	40	29
játra	30	19
slezina	38	30
nadledviny	49	38
plicе	37	32
srdce	18	16
prsa	14	9
jícen	42	47
brzlík	47	49
štítná žláza	53	38
slinné žlázy	48	32
sliznice dutiny ústní	74	46
mozek	31	21
oční čočka	12	8
varlata	54	7
kostní dřeň	100	55
povrch kostí	62	24
kůže (pánev)	62	13
kůže (hrudník)	29	18
kůže (hlava a krk)	23	27

Stanovená efektivní dávka E dle ICRP 60

51,8 mSv pro 4 krabičky (110 mgekv Ra-226, cca 4,1 GBq)

28,0 mSv pro 2 krabičky (45 mgekv Ra-226, cca 1,7 GBq)

Rozmístění „jáchymovských krabiček“ na antropomorfním fantomu

Stanovení typických efektivních dávek E pro vybrané diagnózy nenádorové radioterapie (krok 3)

11

Efektivní dávky vypočteny dle doporučení ICRP 60 a vztaženy k typickým podmínkám ozáření, na jednu frakci ozáření, pro předepsanou dávku 1 Gy.

□ Efektivní dávky E stanovené na základě měření SÚRO:

- ozáření kyčelního kloubu: $E = 35,6 \text{ mSv}$

- ozáření ostruhy patní kosti: $E = 0,3 \text{ mSv}^*$

** podhodnocená efektivní dávka (nezahrnuje orgánové dávky v kostní dřeni a na povrchu kostí)*

□ Efektivní dávky E publikované Jansenem a kol. [1]

- ozáření ostruhy patní kosti: $E = 0,8 \text{ mSv}$

- ozáření kolenního kloubu: $E = 2,2 \text{ mSv}$

- ozáření ramenního kloubu: $E = 12,7 \text{ mSv}$

Přiřazení typických efektivních dávek E jednotlivým diagnózám (krok 4)

12

- Jednotlivým diagnózám přiřazena velká, střední nebo malá dávka (dávka na 1 frakci)
- Velká dávka ($E = 35,6 \text{ mSv}$): pro ozáření kyčle, páteře
- Střední dávka ($E = 12,7 \text{ mSv}$): pro ozáření v oblasti ramene
- Malá dávka ($E = 0,95 \text{ mSv}^*$): pro ozáření periferních oblastí (např. pata, koleno, loket, zápěstí, ...)

** Efektivní dávka přiřazená pro malou dávku ($E = 0,95 \text{ mSv}$) získána jako vážený průměr efektivních dávek pro nejčastější diagnózy s nízkou radiační zátěží:*

- *patní ostruha (8014 pacientů, $E = 0,8 \text{ mSv}$ [1])*
- *artróza kolena (467 pacientů, $E = 2,2 \text{ mSv}$ [1])*
- *artróza lokte (434 pacientů, $E = 2,2 \text{ mSv}$ [1])*

Výpočet kolektivní efektivní dávky z nenádorové radioterapie (krok 5)

13

Stanovení kolektivní efektivní dávky S [Sv]:

$$S = \sum_{i=1}^n E_i \cdot f_i$$

E_i ...typická efektivní dávka na jednu frakci ozáření pro jednotlivé diagnózy

f_i ...počet frakcí ozáření pro jednotlivé diagnózy (pro celou populaci obyvatel ČR)

n ...počet diagnóz nenádorové radioterapie

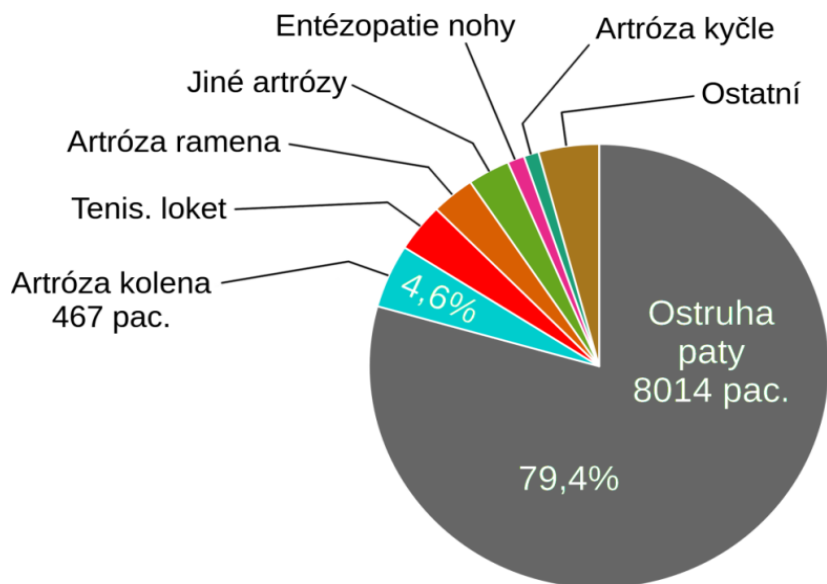
Příspěvky jednotlivých diagnóz ke kolektivní efektivní dávce z nenádorové radioterapie

14

Kolektivní efektivní dávka z nenádorové radioterapie v ČR v roce 2013:

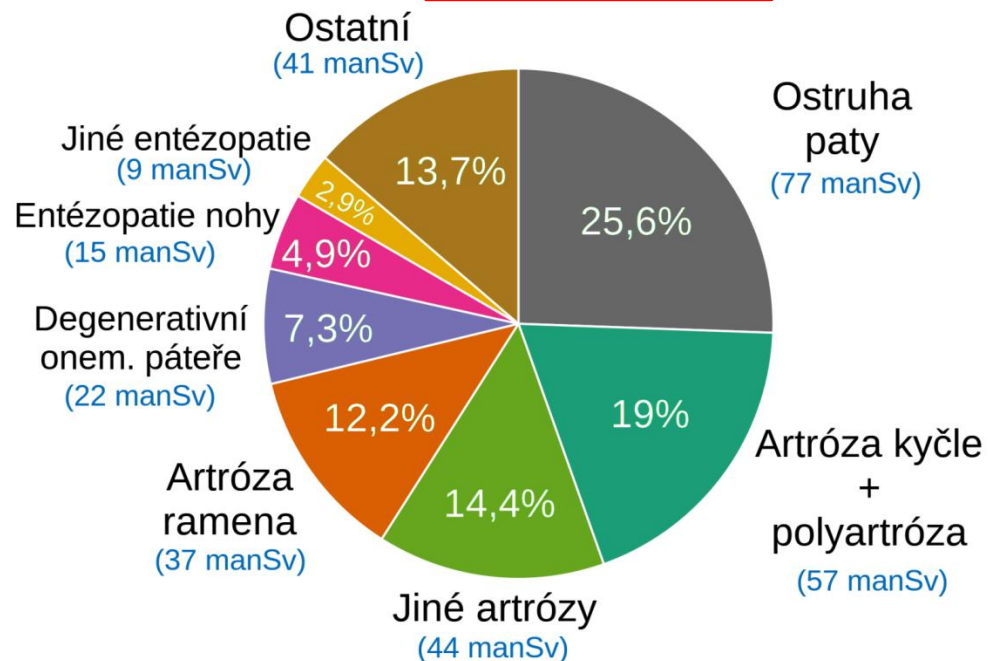
S = 303 manSv

Počty pacientů NNRT



Počet pacientů VZP ozářených pro jednotlivé diagnózy nenádorové radioterapie v ČR v roce 2013

Dávky z NNRT



Příspěvky jednotlivých diagnóz ke kolektivní efektivní dávce z nenádorové radioterapie v ČR v roce 2013

Kolektivní efektivní dávka z nenádorové radioterapie

15

Vypočtená kolektivní efektivní dávka z nenádorové radioterapie v ČR v roce 2013 je 303 ± 121 manSv ($k=1$).

Takto stanovená kolektivní efektivní dávka nezahrnuje nenádorovou radioterapii prováděnou:

- na kobaltovém ozařovači
- na lineárním urychlovači
- pomocí „rádiových krabiček“ v Lázních Jáchymov (nenádorová brachyradiumterapie)

Vypočtená kolektivní efektivní dávka z nenádorové brachyradiumterapie v Lázních Jáchymov v roce 2013 je 42 manSv.

Porovnání kolektivní efektivní dávky z nenádorové radioterapie

16

- Kolektivní efektivní dávka z radiodiagnostických a intervenčních vyšetření v ČR v roce 2013: **10537 manSv**
- Kolektivní efektivní dávka z nenádorové radioterapie v ČR v roce 2013 představuje cca 3% kolektivní efektivní dávky z radiodiagnostických a intervenčních vyšetření.

Nejistoty stanovení kolektivní efektivní dávky

17

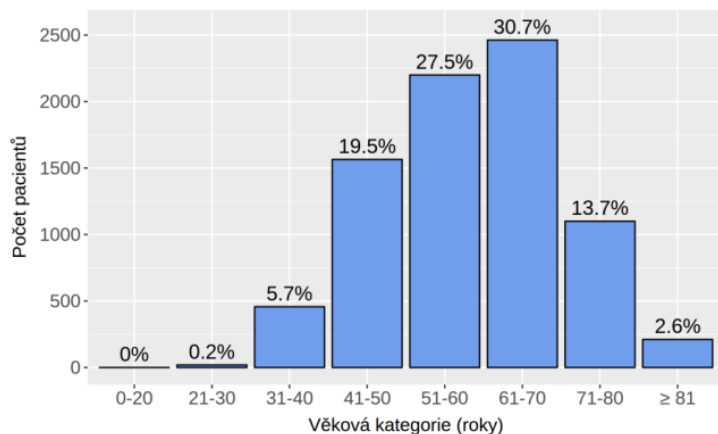
Chyba stanovení kolektivní efektivní dávky odhadnuta na **40%** ($k=1$).

Výpočet nejistot bere v úvahu:

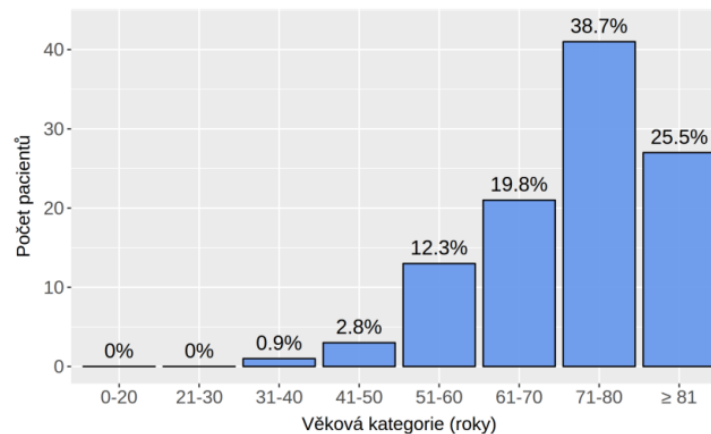
- nejistotu v určení typických efektivních dávek pro jednotlivé diagnózy (dominantní vliv)
- nejistotu počtu frakcí a polí v záznamech VZP
- nejistotu počtu polí v datech ÚZIS
- variabilitu podílů „(populační počet frakcí) / (počet frakcí v záznamech VZP)“ napříč pracovišti a diagnózami

Věková distribuce pacientů podstupujících nenádorovou radioterapii (data VZP, 2013)

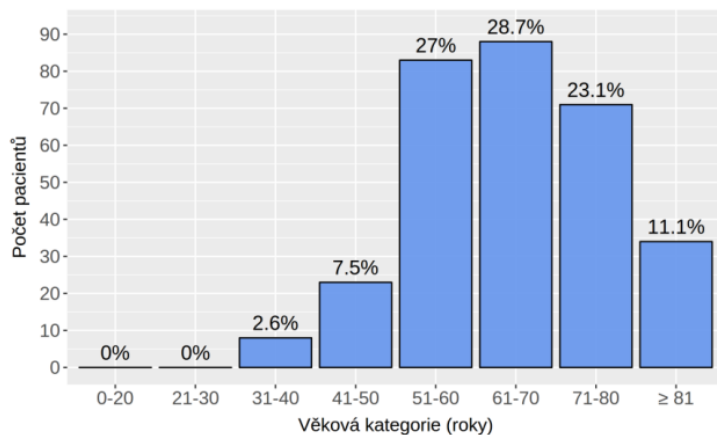
18



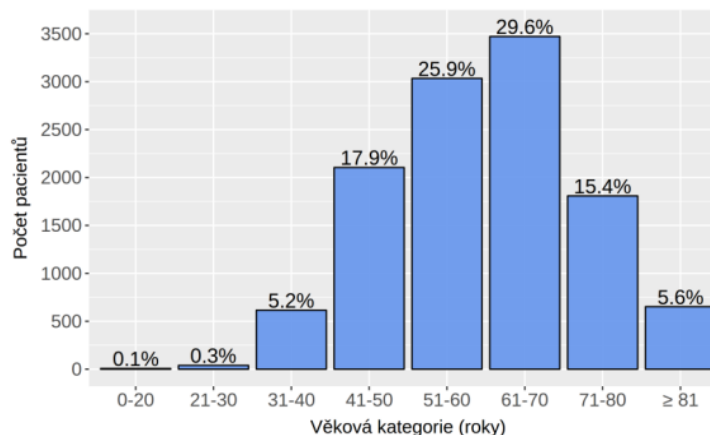
Diagnóza ostruha patní kosti



Diagnóza artróza kyčelního kloubu



Diagnóza artróza ramena



Všechny diagnózy nenádorové radioterapie

V zásadách nenádorové radioterapie v NRS RO je uvedeno, že věk pacienta by měl být vyšší než 40 let.

Závěr

19

- Kolektivní efektivní dávka z nenádorové radioterapie v ČR v roce 2013 stanovena na 303 ± 121 manSv ($k=1$).
- Výstupy řešení projektu prokázaly, že **riziko ozáření a kolektivní dávka spojená s lékařským ozářením při nenádorové radioterapii v ČR nepředstavuje významný problém,**
 - protože nejčastější ozařovanou lokalitou je patní kost, která představuje velmi nízkou radiační zátěž,
 - a protože se většinou jedná o ozáření pacientů vyšších věkových kategorií, u nichž je riziko spojené s ozářením nižší.

Výhledy do budoucna:

- Využití dat z ostatních pojišťoven (nejen VZP) pro stanovení radiační zátěže populace ČR z NNRT
- Využití metody Monte Carlo pro stanovování orgánových dávek z NNRT na terapeutickém rentgenovém ozařovači
- Spolupráce na vytvoření plánovacího systému pro plánování léčby při NNRT

Děkuji za pozornost

20

