



T A
Č R

Tento projekt je financován se státní podporou
Technologické agentury ČR
v rámci programu BETA2

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost

Optimalizované postupy pro plánování a verifikaci při léčebné aplikaci radionuklidů (radionuklidové terapii)

Pavel Solný



STÁTNÍ ÚŘAD
PRO JADERNOU
BEZPEČNOST

Řešitelé a spolupracovníci: Pavel Karhan, Tereza Kráčmerová, Anna Negri, Daniela Skibová, Jaroslav Šolc, Jiří Trnka, Tomáš Vrba

Obsah

- **Úvod**
- **Cíle projektu**
- **Spoiler**
- **Průběh řešení**
- **Některé výsledky**

Úvod

- Projekt TITOSUJB 907 podpořený TAČR (TAČR beta 2)
- Došlo k výběru 267 souborů dat různých pacientů z 6 nemocnic, jejich zpracování a vytvoření metodik provádění dozimetrických měření
- Souhrnné výsledky budou zpracovány do schůzky držitelů povolení v tomto roce
- V rámci projektu TITOSÚJB907 bylo provedeno kalibrační měření a návazná fantomová studie za účelem kalibrace a stanovení odchylek určení neznámé aktivity jednotlivými pracovišti

Úvod – schéma projektu

- Analýza zahraniční praxe plánování a verifikace při léčebných aplikacích I₁₃₁ a Y₉₀
- **Optimalizované postupy plánování a verifikace při provádění radioterapie I₁₃₁ a Y₉₀**
 - Smlouvy s nemocnicemi
 - Kalibrace gama kamer a ověření správnosti kalibrace
 - Zpracování Dotazníku pro dotazníkové šetření z lékařských pracovišť provádějících radioterapie I₁₃₁ a Y₉₀, analýza dat a zpracování optimalizovaných postupů.
- Doporučení ke změně postupů pro plánování a verifikaci při provádění radioterapie I-131 a Y-90

Cíle projektu TITOSUJB907

- Zjišťování situace:
 - Jaký je aktuální stav používání dozimetrie ve vyspělých zemích?
 - Co je možné doporučit u současných postupů plánování a verifikace na základě řešení i analýzy získaných dat?
- Sběr, zpracování a analýza dat
- **Návrh změn stávajících postupů**
- **Návrh optimalizovaných postupů dozimetrie pro uvažované terapeutické postupy**

Spoiler

výsledky

Spoiler

- Finální výsledky a zpracované schválené výstupy budou prezentovány na schůzce držitelů povolení v NM během roku 2023

Spoiler

- Analýza zahraniční praxe plánování a verifikace při léčebných aplikacích I131 a Y90
- Aktuální situace implementace EURATMOM 59/2013
- Zavedené/ navržené postupy
- Systematizace činností
- Optimalizace a individualizace léčby

Spoiler

- Analýza zahraniční praxe plánování a verifikace při léčebných aplikacích I131 a Y90
- Aktuální situace implementace EURATMOM 59/2013
- Zavedené/ navržené postupy
- Systematizace činností
- Optimalizace a individualizace léčby

Spoiler

- Doporučení ke změně postupů pro plánování a verifikaci při provádění radioterapie I-131 a Y-90
 - Indikace potřeby změny současných postupů zohledňujících dozimetrii
 - Indikace potřeby změny současných postupů zohledňujících cíle léčby
 - Doporučení k diskusi odborných společností
- **Optimalizované postupy plánování a verifikace při provádění radioterapie I131 a Y90**
 - Nové metodiky

Průběh projektu . . .

**2019 -
2022**



Průběh projektu

- Poděkování

Všem, kteří se zapojili, pomohli/ poskytli data a spolupracovali v rámci možností a mnohdy nad rámec a přes všechna protivenství

Průběh projektu

- 2019 – 2021
 - Uzavírání smluv s nemocnicemi
 - Sběr dat
 - Kalibrační korespondenční měření a fantomová studie
- 2022
 - Sběr dat
 - Zpracování dat a zprávy, zprávy, zprávy....

Některé výsledky

Některé výsledky – fantomová studie

- Záměrem studie bylo, aby pracoviště svým postupem stanovila aktivity v jednotlivých neznámých lézích a tam, kde byl SPECT/CT, i objemy lézí. Celkově hraje při případné dozimetrii zásadní roli schopnost pracoviště přesně a správně určit cílový objem (což je u reálného pacienta vzhledem k fyzikálním omezením po podání ^{131}I zásadně větší problém než u fantomu) a stanovit aktivitu v tomto cílovém objemu. Takovéto nezávislé porovnání pracovišť nebylo doposud v ČR provedeno.
- Cíleno na oblast krku (90- 95 % pacientů)



Některé výsledky – fantomová studie

- kalibrační měření - stanovení kalibračních faktorů CF pro zdroje ^{131}I různých objemů (2019 – 2020);
- pro každý zdroj byl pro účely této analýzy stanoven CF pro vzdálenost 10 cm od detektoru;
 - měření vzdálenosti krk - detektor na některých pracovištích u většiny pacientů bylo v rozmezí 7 – 12 cm.)
- aktivita byla vždy vztažena k referenčnímu datu uvedeném na certifikátu ke zdrojům, tzn. 15.01.2020 12:00
- o kalibrační faktor CF byl stanoven pro energetické okno obsahující hlavní pík ^{131}I o energii 364 keV dvěma způsoby:
- bez odečtu impulzů detekovaných v sousedních energetických oknech;
- S odečtem impulzů detekovaných v sousedních energetických oknech

Některé výsledky – fantomová studie

- odečtem impulzů detekovaných v sousedních energetických oknech dle vztahu

- $$N = N_{pík} - \frac{1}{2} \Delta E_{pík} \left(\frac{N_{spodní}}{\Delta E_{spodní}} + \frac{N_{horní}}{\Delta E_{horní}} \right)$$

$N_{pík}$ je počet impulzů, $\Delta E_{pík}$ je šířka hlavního energetického okna, $N_{spodní}$ a $\Delta E_{spodní}$ je počet impulzů v energetickém okně pod hlavním oknem a jeho šířka a $N_{horní}$ a $\Delta E_{horní}$ je počet impulzů v energetickém okně nad hlavním oknem a jeho šířka

Nominální objem (ml)	Hmotnost (g)	A (MBq)	u(A) k=1
0.5	0.50382	145.3	1 %
1	1.03222	145.5	1 %
2.5	2.50539	145.7	1 %
5	5.09728	145.6	1 %
10	10.00587	146.0	1 %



Některé výsledky – fantomová studie

- fantom torza trupu (horní část trupu s krkem) vytištěným 3D tiskem ve vlastnictví ČMI
 - stanovení neznámé aktivity zdrojů s využitím kalibračních faktorů získaných z předchozích měření či postupem daného pracoviště (dle preference pracoviště)
- Zdroje



Některé výsledky – fantomová studie

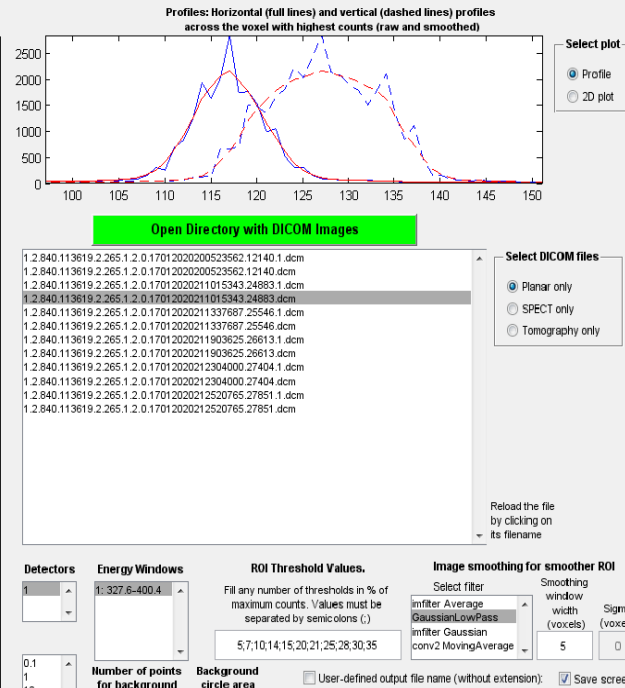
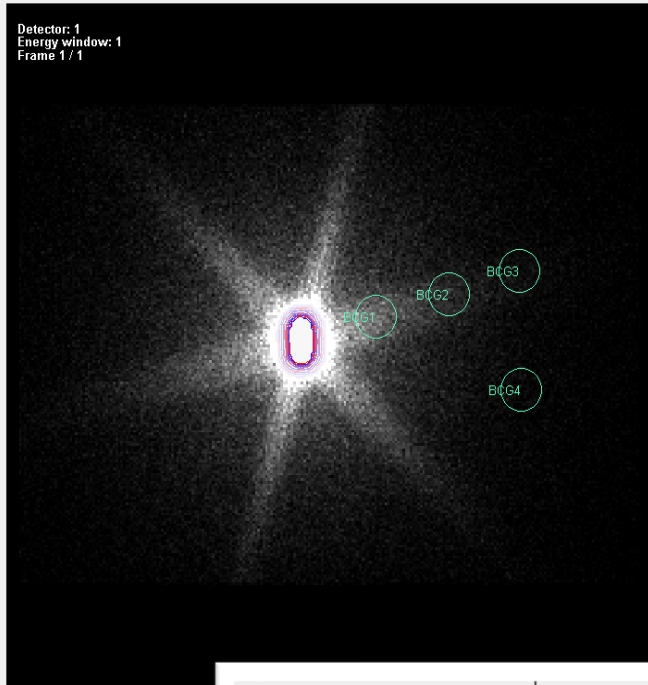
- fantom torza trupu (horní část trupu s krkem) vytištěným 3D tiskem ve vlastnictví ČMI



Některé výsledky – fantomová studie

- zakreslení ROI a odečítání pozadových impulzů (je-li správně provedena) má minimální vliv na stanovení aktivity zdroje
- Potvrdila nutnost odečtu pozadí ve stejných energetických oknech jak při výpočtu kalibračního faktoru, tak při stanovení neznámé aktivity
- Vytipovala kombinace určitých faktorů (rozdílnost fantomů a vzdáleností při kalibraci a při měření, vliv geometrie umístění zdrojů) jako pravděpodobné příčiny zjištěných rozdílů mezi skutečnou a stanovenou aktivitou v jednotlivých nemocnicích
- Tato studie představuje prvotní nezávislé porovnání dozimetrické praxe na jednotlivých pracovištích nukleární medicíny v České republice.

Detector: 1
Energy window: 1
Frame 1 / 1



vá studie

eslení ROI a
správně
ní aktivity
ejných
čného faktoru,

		C _r (cps/MBq) pro různé ROI thresholdy						
DICOM data	V (ml)	35 %	30 %	25 %	20 %	15 %	10 %	5 %
Statika-10cm-05ml	0.5	3.527	4.099	4.902	5.385	5.927	6.522	7.296
Statika-10cm-1ml	1	3.653	4.177	4.615	5.285	5.882	6.522	7.242
Statika-10cm-25ml	2.5	4.275	4.726	5.223	5.692	6.221	6.845	7.588
Statika-10cm-5ml	5	4.350	4.810	5.222	5.695	6.297	6.893	7.645
Statika-10cm-10ml	10	4.951	5.358	5.811	6.233	6.735	7.364	8.122
Relativní rozdíl								
Statika-10cm-05ml	0.5	-29%	-23%	-16%	-14%	-12%	-11%	-10%
Statika-10cm-1ml	1	-26%	-22%	-21%	-15%	-13%	-11%	-11%
Statika-10cm-25ml	2.5	-14%	-12%	-10%	-9%	-8%	-7%	-7%
Statika-10cm-5ml	5	-12%	-10%	-10%	-9%	-7%	-6%	-6%
Statika-10cm-10ml	10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Některé výsledky – fantom ŠŽ

Aktivita levé léze						
Skutečná aktivita	113,9					
<i>Stanovila pracoviště:</i>	77,2	108,4	75,8	44,9	103,5	89,2
<i>Stanovení SURO:</i>	103,4	99,3	96,4	81,7	94,7	91,3
<i>Odchylka pracoviště:</i>	-32,2%	-4,8%	-33,5%	-60,6%	-9,1%	-21,7%
<i>Odchylka SURO:</i>	-9,2%	-12,8%	-15,4%	-28,3%	-16,9%	-19,8%
Aktivita pravé léze						
Skutečná aktivita	60,31					
<i>Stanovila pracoviště:</i>	34,9	69,7	28,5	25,1	61,5	46,8
<i>Stanovení SURO:</i>	50,8	55,6	50,4	45	54,4	53,2
<i>Odchylka pracoviště:</i>	-42,1%	15,6%	-52,7%	-58,4%	2,0%	-22,4%
<i>Odchylka SURO:</i>	-15,8%	-7,8%	-16,4%	-25,4%	-9,8%	-11,8%
Poměr aktivit - skutečný	1,89					
<i>Poměr aktivit - pracoviště</i>	2,21	1,56	2,66	1,79	1,68	1,91
<i>Poměr aktivit - SURO</i>	2,04	1,79	1,91	1,82	1,74	1,72

Některé výsledky - CA

Aktivita levá strana						
Skutečná aktivita	199,83					
<i>Stanovila pracoviště:</i>	154,6	135,2	134,1	108	156,7	127
<i>Stanovení SURO:</i>	153,5	144,3	150,6	157,3	156,37	144,5
<i>Odchylka pracoviště:</i>	-22,6%	-32,3%	-32,9%	-46,0%	-21,6%	-36,4%
<i>Odchylka SURO:</i>	-23,2%	-27,8%	-24,7%	-21,3%	-21,7%	-27,7%
Aktivita pravá strana						
Skutečná aktivita	45,51					
<i>Stanovila pracoviště:</i>	32,5	31	26,7	18,3	46,5	29,8
<i>Stanovení SURO:</i>	43,0	40,7	41,6	65,8	44,2	48,1
<i>Odchylka pracoviště:</i>	-28,6%	-31,9%	-41,3%	-59,8%	2,2%	-34,5%
<i>Odchylka SURO:</i>	-5,6%	-10,5%	-8,7%	44,6%	-2,8%	5,7%
Poměr aktivit - skutečný	4,39					
<i>Poměr aktivit - pracoviště</i>	4,76	4,36	5,02	5,90	3,37	4,26
<i>Poměr aktivit - SURO</i>	3,57	3,54	3,62	2,39	3,54	3,00

Závěr

- Pro 2 D odhad aktivity –
 - Musí být prováděno konzistentní odečítání pozadí
 - Velké množství korekcí nemusí vést k lepší přesnosti
 - Léze v zákrytu nelze rozumně hodnotit (potřeba SPECT)
 - Odhady aktivit konzervativní (nižší než skutečná A)

A pak přišlo

^{177}Lu

3-6 x 7,4 GBq

Děkuji za pozornost

T A Program **Beta**

Č R Tento projekt titosujb907 je
spolufinancován se státní podporou Technologické
agentury ČR v rámci Programu Beta