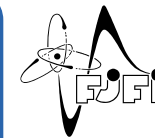


Možnosti plánování, verifikace a dozimetrie při radiojodové terapii

Pavel Solný, Lenka Jonášová, Jaroslav Zimák, Petr Vlček, Dana Prchalová

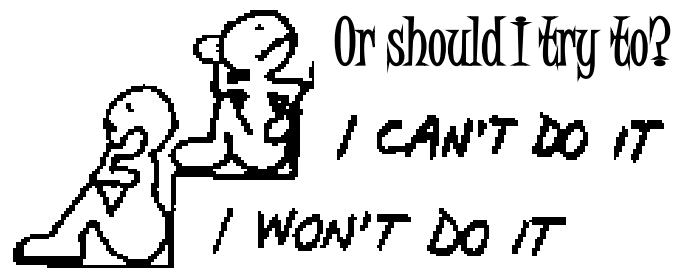


Obsah



- **Terapie na KNME**
- **Dozimetrie**
- **Materiál a metody**
- **Výsledky**
- **Návrh postupu**
- **Závěr**

Dozimetrie



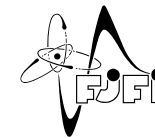


Terapie DTC - KNME FN Motol

- Částečně pacient-specifická terapie
 - 3,0; 3,7; 4,4; 5,5; 7,4 GBq podána na základě histologického typu, stagingu nádoru, hodnot TGL, celkového stavu pacienta a výsledků diagnostické scintigrafie
 - Mezioborové konziliární rozhodování – podílí se lékař se specializací v **endokrinologii, nukleární medicíně + fyzik**
 - Terapeutická aplikace 74 h po diagnostice
 - Pac. V hypotyreóze či po podání thyrogenu
 - Izolace pacientů následující 3 dny
 - Volnější režim na základě měření dávkového příkonu v 1 m 4 den po terapii



Proč dozimetrie



- **Doporučení 2013/59/EURATOM**
 - Veškeré léčebné užití IZ podléhá plánování a verifikaci
 - Místní legislativa členských států má toto doporučení zahrnout do února 2018

- Jak?
- Kdo?
- Na základě čeho?



Optimisation



1. Member States shall ensure that all doses due to medical exposure for radiodiagnostic, interventional radiology, planning, guiding and verification purposes are kept as low as reasonably achievable consistent with obtaining the required medical information, taking into account economic and societal factors.

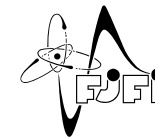
For all medical exposure of patients for radiotherapeutic purposes, exposures of target volumes shall be individually planned and their delivery appropriately verified taking into account that doses to non-target volumes and tissues shall be as low as reasonably achievable and consistent with the intended radiotherapeutic purpose of the exposure.

4. Member States shall ensure that the optimisation includes the selection of equipment, the consistent production of adequate diagnostic information or therapeutic outcomes, the practical aspects of medical radiological procedures, quality assurance, and the assessment and evaluation of patient doses or the verification of administered activities, taking into account economic and societal factors.

(81) "radiotherapeutic" means pertaining to radiotherapy, including nuclear medicine for therapeutic purposes;



Optimalizace



1. Členské státy zajistí, aby všechny dávky při lékařském ozáření pro radiodiagnostické účely a pro účely intervenční radiologie, plánování, řízení a ověřování byly tak nízké, jak je při získání požadovaných lékařských informací rozumně dosažitelné, s přihlédnutím k hospodářským a společenským faktorům.

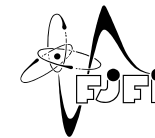
U všech lékařských ozáření pacientů pro radioterapeutické účely musí být ozáření cílových objemů jednotlivě plánováno a jejich dosažení odpovídajícím způsobem ověřeno, přičemž je nutno vzít v úvahu, že dávky pro objemy a tkáně, které nejsou cílové, musí být tak nízké, jak je to při zamýšleném radioterapeutickém účel ozáření rozumně dosažitelné.

4. Členské státy zajistí, aby optimalizace zahrnovala výběr vybavení, pravidelné získávání odpovídajících diagnostických informací nebo terapeutických výsledků, praktickou stránku lékařských radiologických postupů, zabezpečování jakosti a posuzování a hodnocení dávek pro pacienta nebo ověření aplikovaných aktivit, s přihlédnutím k hospodářským a společenským faktorům.

81) výrazem „radioterapeutický“ výraz vztahující se k radioterapii, včetně nukleární medicíny pro terapeutické účely;



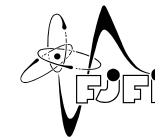
Současnost . . .



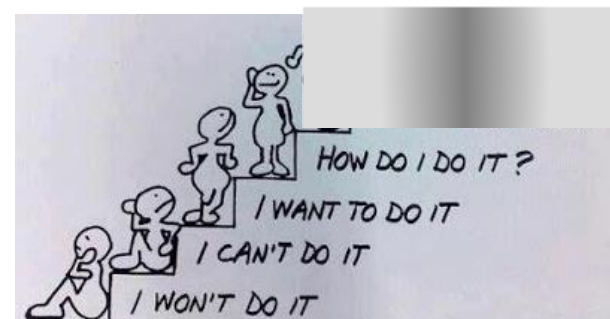
- **Současný stav?**
 - Neexistuje dozimetrický koncept
 - Terapie podávána na základě empirických studií (podklad pro EANM guidelines)
 - Žádost o grant „ Zavedení individuální dozimetrie a optimalizace cílené radionuklidové terapie ^{131}I “ 2014 - neúspěšná
 - Času ubývá



Cíle

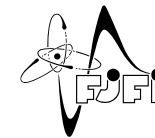


- Zhodnotit proveditelnost dozimetrie v klinické praxi
- Získání praktické zkušenosti a náhled na možné technické řešení
- Navržení základu pro provádění měření
- Orientační zhodnocení dávek pacientů při první terapii
KNME provádí částečně specifickou léčbu pacientů (celková anamnéza, TSH, biopsie, akumulace, možné rizikové faktory . . .)

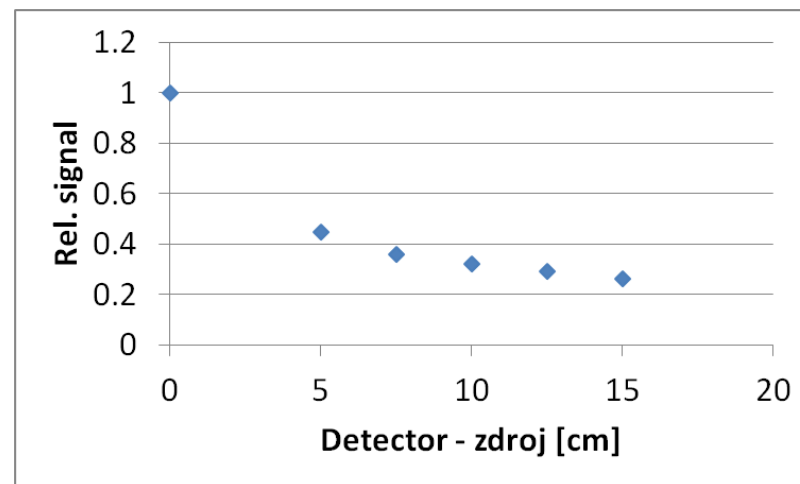




Technické provedení

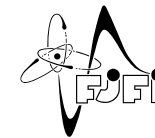


- Jednohlavá mobilní kamera – kruhové FOV (21 cm)
- Vhodné pro danou oblast
- Zapůjčení kamery firmy DDD –SOLO Mobile
- Ověření proveditelnosti na fantomu
- Měření některých parametrů gamakamery
- Porovnání MEGP x HEGP

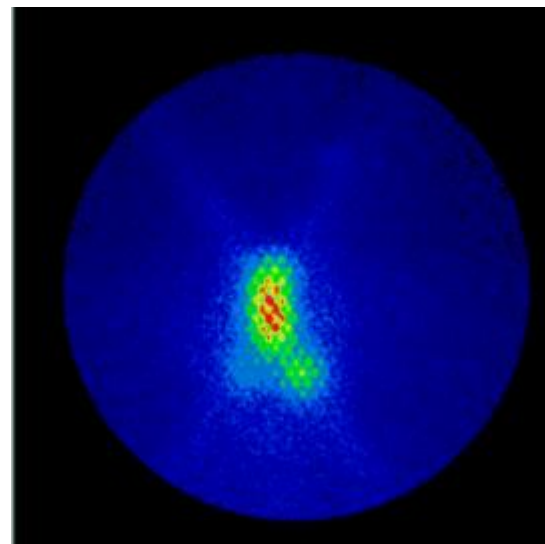
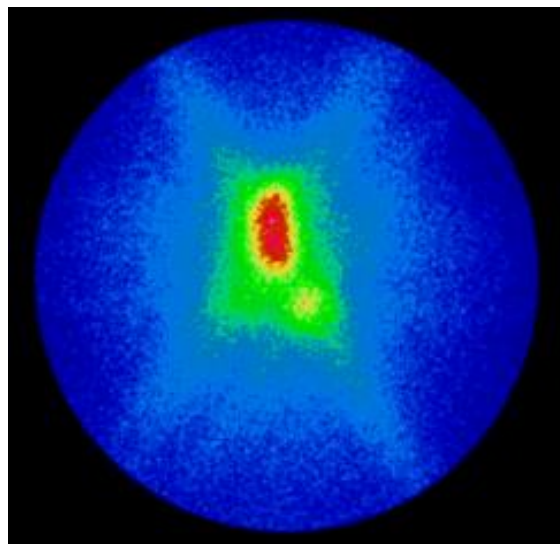




Průběh

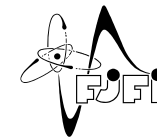


- Út – diagnostika 100 MBq
 - Exkrece: 1, 24, 48 h; měření na mobilní kameře 4 – 8x během 48 h, 3 minuty
- Čt – podání terapie 3,0 – 4,4 GBq
- Zpracování dat - hodnocení



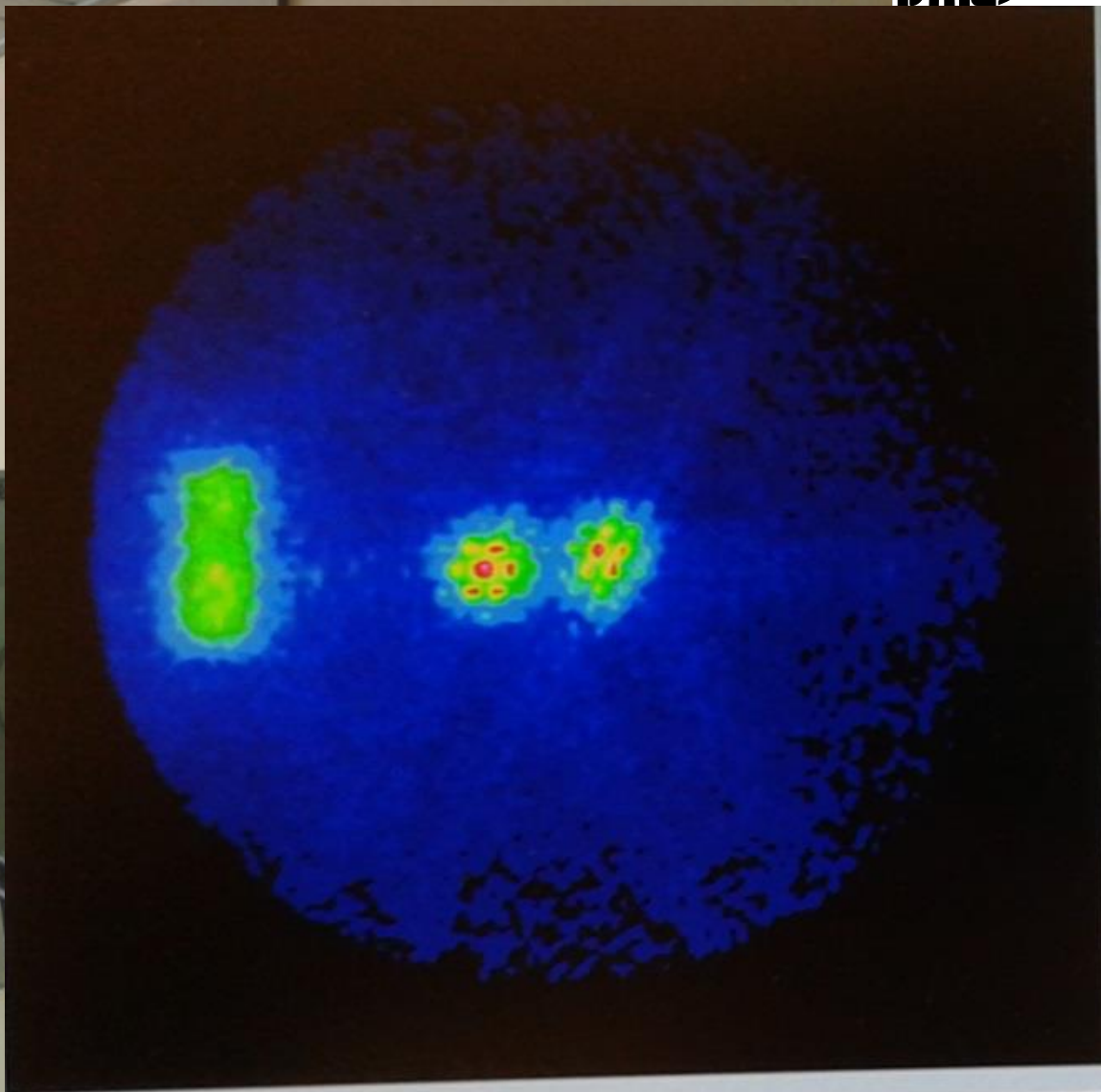


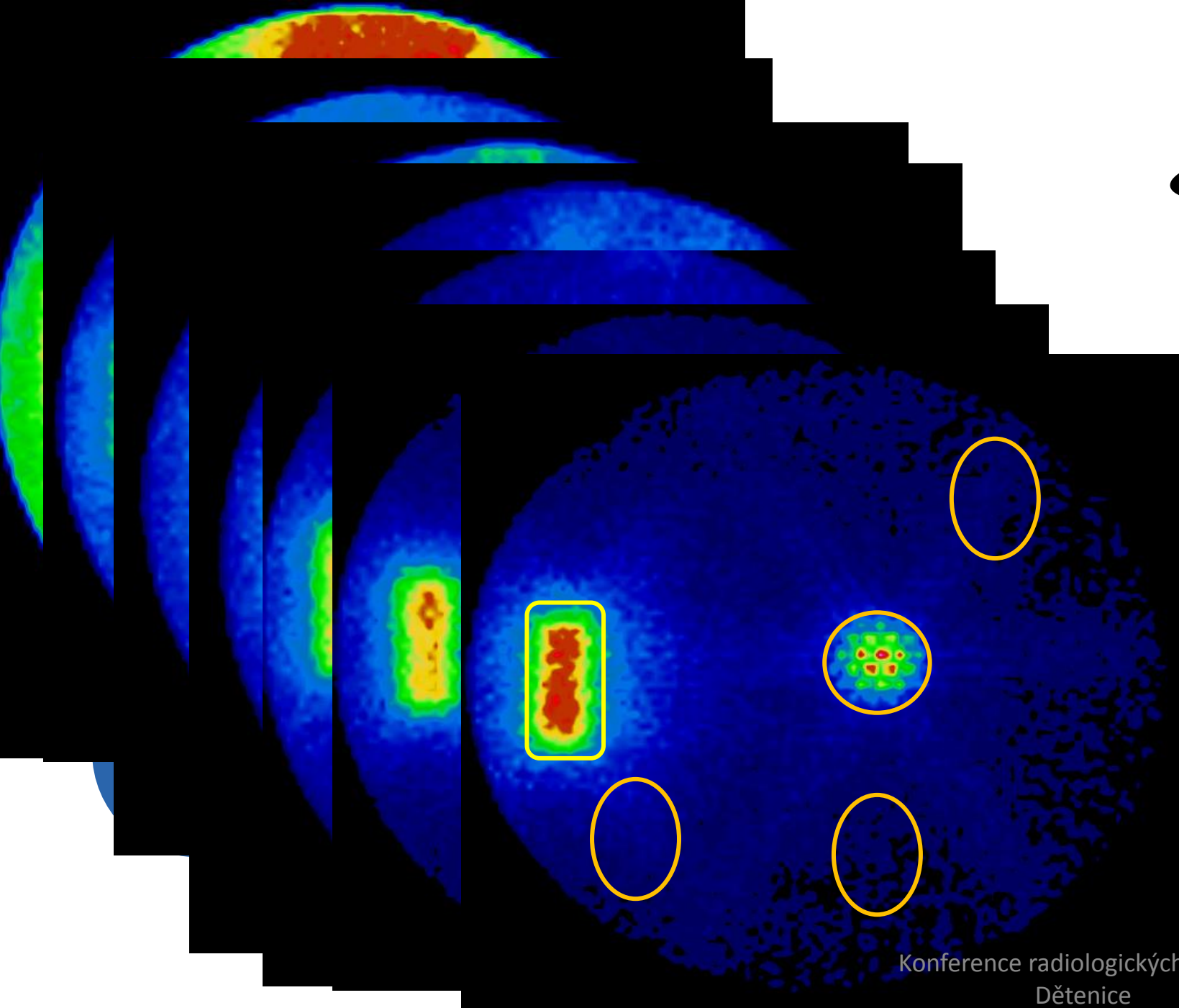
Měření



KNME

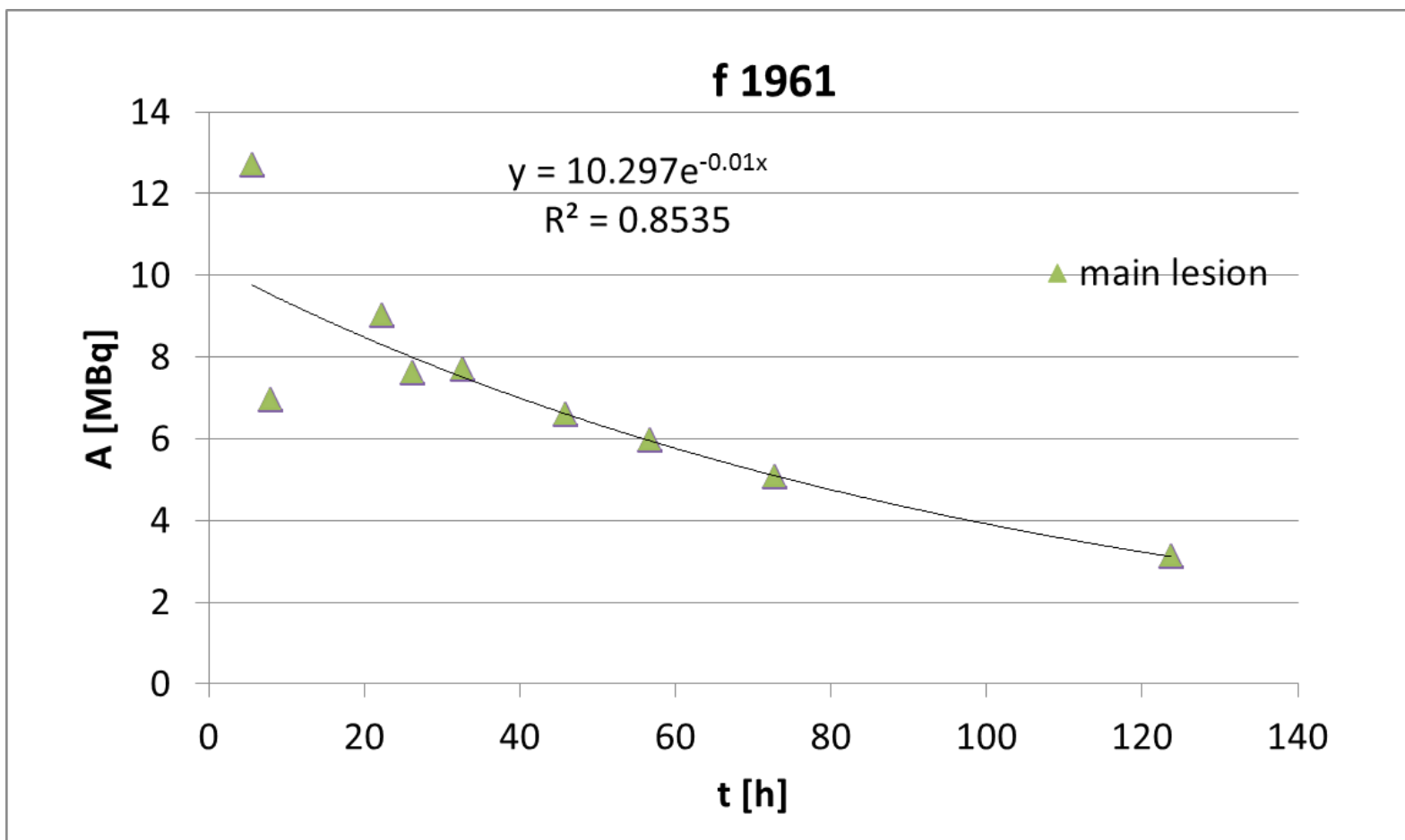
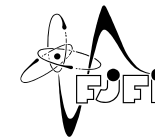
KPAIZ





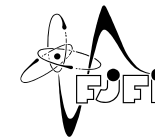


Průběžné výsledky

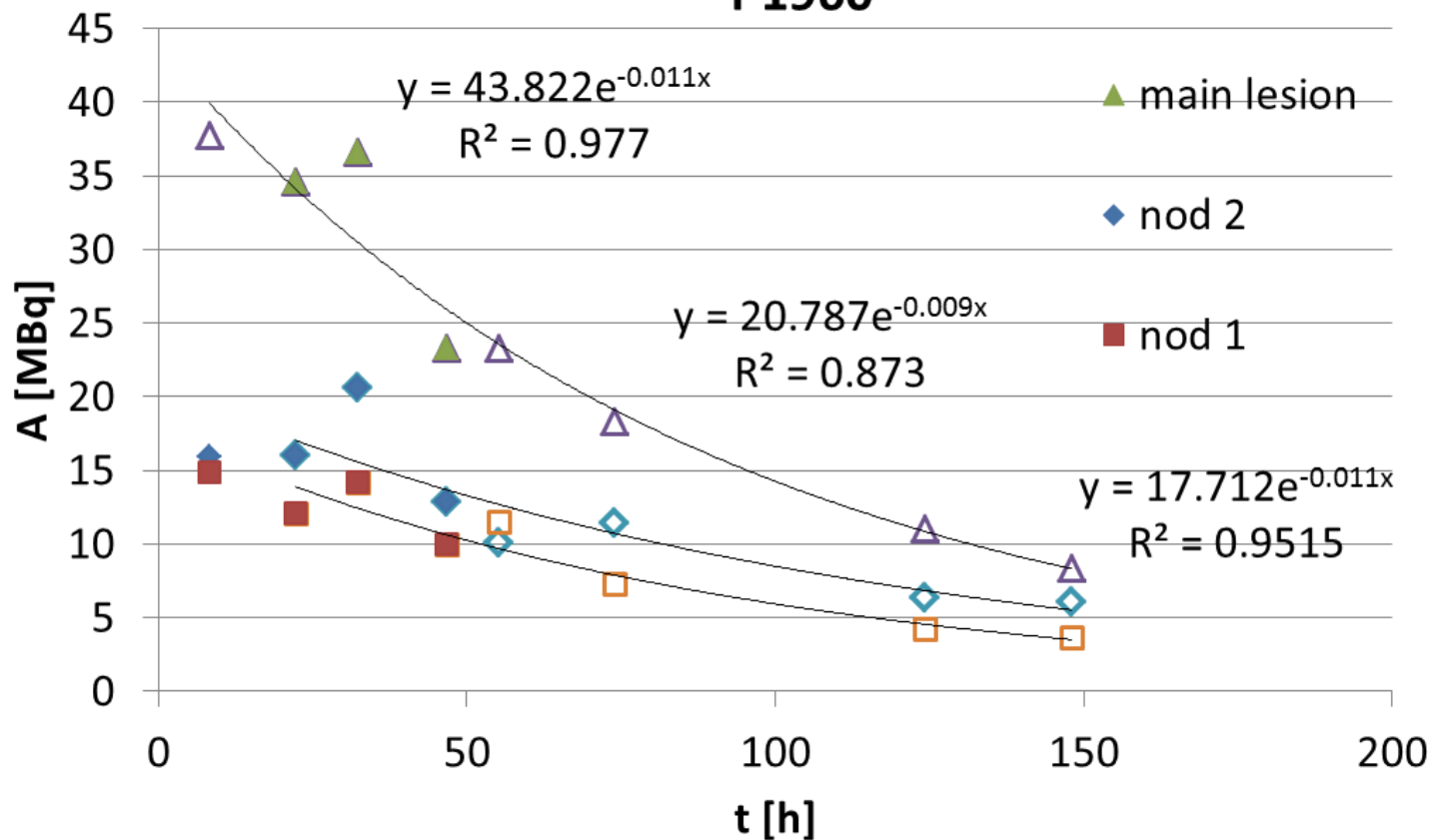




Průběžné výsledky

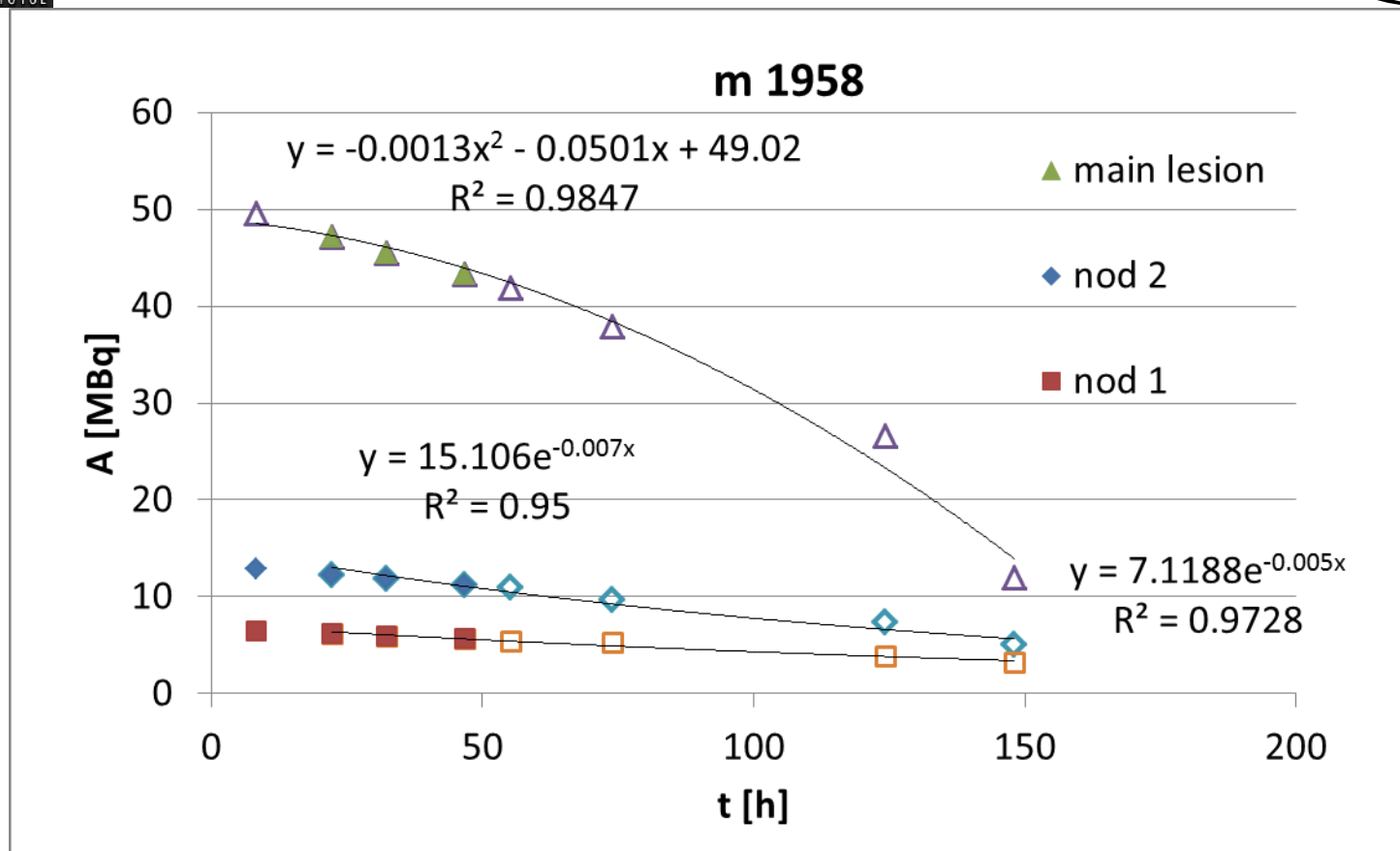


f 1960



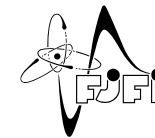


Stanovení \tilde{A}





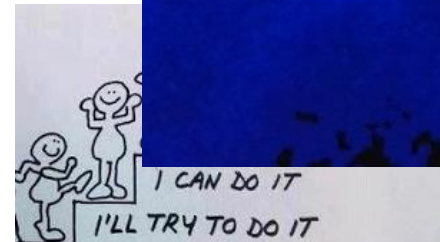
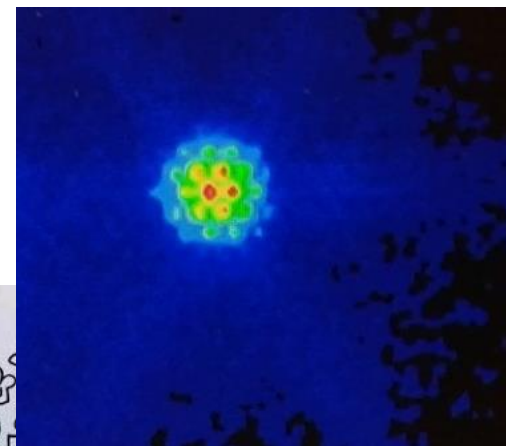
Energie deponovaná při dané \tilde{A}



- ^{131}I elektrony a fotony: equilibrium absorbed dose constant 0,109 Gy.g/MBq.h
- Pro elektrony a ne příliš malou tkáň

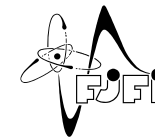
$$\bar{D}_{(T \leftarrow T)} = \frac{\tilde{A}_S}{m_T} 192000 [eV] * 1,602 E - 19 [J]$$

- Velikost tkáně - UZ
- Problém střední dosah e^- 2mm
- Fotony zanedbány (< 3% celkové D)





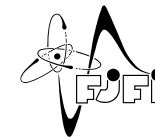
Výsledky - MEGP



MEGP		Pravý zbytek	Levý zbytek	Pravá uzlina	Levá uzlina	Podaná A [MBq]
m 1958	Vol [ml]	0,2	0,42		0,58	4450
	D [Gy]	410	340		740	
f 1991	Vol [ml]	0,3	0,4			3720
	D [Gy]	-	135			
f 1960	Vol [ml]	0,53	0,59		0,69	4460
	D [Gy]	230	231		60	
f 1984	Vol [ml]				0,12	3700
	D [Gy]				115	
m 1981	Vol [ml]			0,33	0,49	3690
	D [Gy]			-	-	
f 1988	Vol [ml]			?	0,12	2970
	D [Gy]			<15,40>	340	



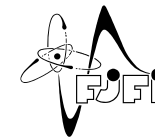
Výsledky - HEGP



		Right remnants	Left Remnants	Right nod	Left nod	A [MBq]
m 1967	Vol [ml]	0.54				3710
	D [Gy]	520				
m 1965	Vol [ml]	0.14	0.05			3720
	D [Gy]	650	590	<78, 400>		
m 1991	Vol [ml]	0.6	0.4			3720
	D [Gy]	240	280			
f 1960	Vol [ml]	?	0.01			3730
	D [Gy]	<80,230>	330			
f 1961	Vol [ml]	0.06	0.11			3720
	D [Gy]	no Ac.	780			



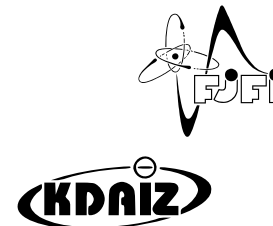
Shrnutí



- Zjištěny podmínky pro použití mini gamakamery
 - Možnost použít standard ve FOV pro přímý přepoččet aktivity – přímá metoda (odpadá problém linearitu odezvy kamery – částečně)
- Je možné aplikovat i na vekou gamakameru (po 24 h)
- Hmotnosti zbytků lze určit ultrazvukem
 - Limitace pro malé zbytky do cca 0,1ml - započítat větší objem kvůli dosahu elektronů?
 - scintigraficky zobrazené zbytky bez US korelátu
- Je navržen postup pro provedení dozimetrických měření
- Výsledky ve shodě např s (Flux et al. 2010)



Postup dozimetrie v oblasti krku

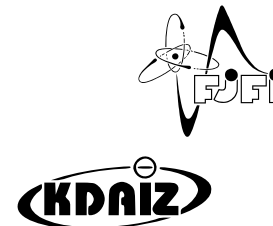


- ❖ Standardní gamakamera/SPECT
 - ❖ Diagnostika – alespoň 5 měření během nejlépe 96 h (5, 24, 48, 72, 96)
 - ❖ 5x statika AP & PAm_{ax}. 5 min (64x64 v 128x128?)
 - ❖ 1 x boční projekce či SPECT
 - ❖ Pak by bylo možné dozimetrické plánování

- ❖ Terapie – alespoň 5 měření
 - ❖ 24, 48, 72, 96, 120 h
 - ❖ 5x statika AP & PAm_{ax}. 5 min se standardem známé aktivity v zorném poli (64x64 v 128x128?)
 - ❖ 1 x boční projekce či SPECT
 - ❖ Pak by byla možná verifikace a stanovení dávky



Stanovení vlastnosti gamakamery pro dozimetrii



- ❖ Závislost odezvy na vzdálenosti hlavy od zdroje (5 – 20 cm)
- ❖ Závislost odezvy na hloubce (0,5 – 15 cm)
- ❖ Vliv rozptýleného záření (pro snímky krátce po terapii)
Bez kontrolního zdroje
- ❖ Mrtvá doba
- ❖ Linearita (10 – 400 MBq)

- ❖ Pak by byla možná přesnější verifikace a stanovení dávky do 15% (bez zahrnutí nejistoty ve stanovení hmotnosti zbytku) – fantomová studie?



Závěr

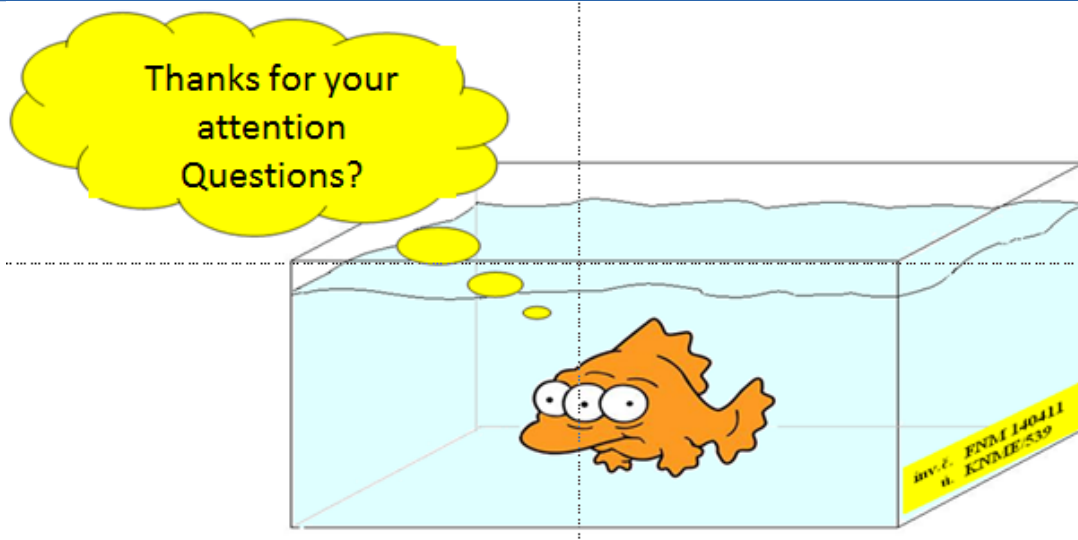


- ❖ Dozimetrie je proveditelná a poskytne v léčbě uplatnitelné informace
 - ❖ Je pravděpodobné, že není nezbytná u všech ve stejně náročné formě!
- ❖ Je nutné provést studii a optimalizaci – DBTRT (Dosimetry Based Radiation Therapy)





Poděkování Dobrovolníci DDD Diagnostic





Literatura

- Flux, G. D., Haq, M., Chittenden, S. J., Buckley, S., Hindorf, C., Newbold, K., & Harmer, C. L. (2010). A dose-effect correlation for radioiodine ablation in differentiated thyroid cancer. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 37(2), 270–5. doi:10.1007/s00259-009-1261-3
- Maxon, H. R., Englaro, E. E., Thomas, S. R., Hertzberg, V. S., Hinnefeld, J. D., Chen, L. S., ... Aden, M. D. (1992). Radioiodine-131 therapy for well-differentiated thyroid cancer--a quantitative radiation dosimetric approach: outcome and validation in 85 patients. *Journal of Nuclear Medicine : Official Publication, Society of Nuclear Medicine*, 33(6), 1132–6.
- Lassmann, M., Reiners, C., & Luster, M. (2010). Dosimetry and thyroid cancer: the individual dosage of radioiodine. *Endocrine-Related Cancer*, 17(3), R161–72. doi:10.1677/ERC-10-0071