

Výsledky výzkumného projektu „Metrologie pro molekulární radioterapii“

Ludmila Burianová¹, Jaroslav Šolc¹, Pavel Solný²

¹ Český metrologický institut

² Fakultní nemocnice Motol

Beroun, 17. dubna 2015

▶ Program EMRP

- European Metrology Research Programme;
- cíl: zkvalitnění metrologie (nejen ionizujícího záření) v zemích EU (tzn. „dohnat USA“);
- účastníci:
 - národní metrologické instituty (NMI) zemí EU - výdaje cca z 45% hrazeny Evropskou komisí;
 - ostatní (jiné než NMI, nemocnice, velké firmy) – náklady neplaceny.






▶ Projekt MetroMRT: **Metrology for Molecular Radiotherapy**

- zaměřeno na metrologii ionizujícího záření
- doba trvání 3 roky (1. 6. 2012 – 31. 5. 2015);
- účastníci: **NPL** (Velká Británie), **CEA** (Francie), **ČMI** (ČR), **ENEA** (Itálie), **PTB** (Německo), **VSL** (Nizozemí), a dále mnoho nemocnic zejména z Anglie a Itálie.



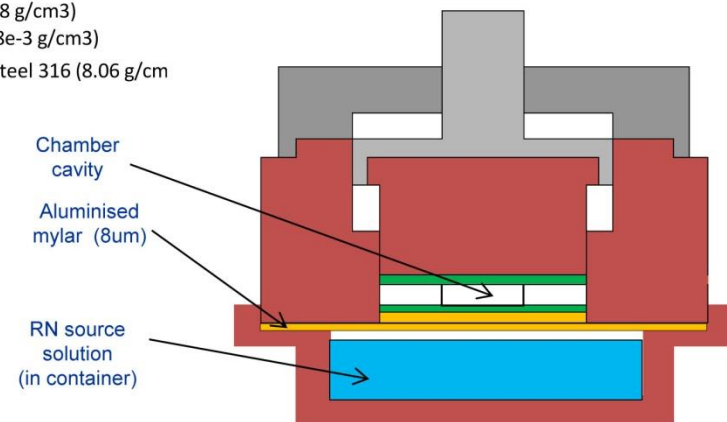
► Cíle projektu:

- Standardizace vybraných radionuklidů: **standardizace aktivity**
 - standardizace aktivity Y-90 mikrosfér;
 - měření beta spekter;
- Kvantitativní zobrazování: **od impulzů k aktivitě**
 - studium korekčních faktorů;
 - mezinárodní porovnání stanovení aktivity Lu-177;
- Absorbovaná dávka: **od aktivity k dávce**
 - studium metod pro měření dávky od radionuklidů;
 - vývoj primárního etalonu dávky od radionuklidů;
- Modelování a analýza nejistot
 - analýza zdrojů nejistot;
 - doporučení pro postup stanovení nejistot.

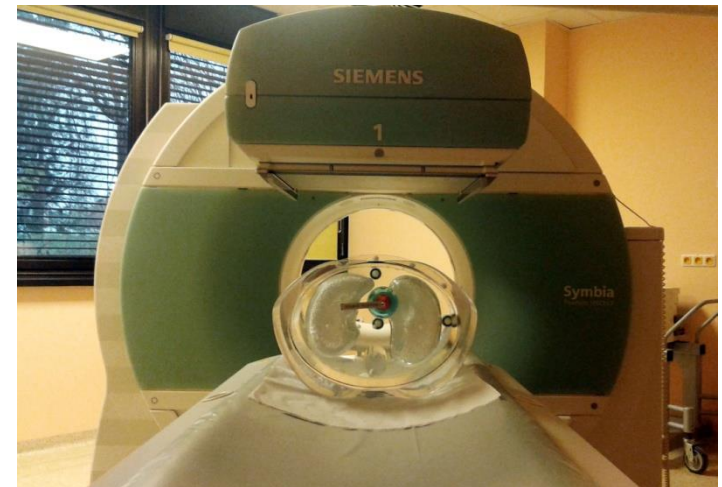
	Perspex (1.19 g/cm ³)
	Graphite (1.7 g/cm ³)
	Mylar (1.38 g/cm ³)
	Air (1.2048e-3 g/cm ³)
	Stainless steel 316 (8.06 g/cm ³)



*ExtrapoláčnÍ komora NPL:
nahore foto, dole Monte Carlo model*



- ▶ Primární standardizace aktivity Lu-177
 - vytvoření kalibračního řetězce aktivity v ČR;
 - stanovení poločasu přeměny;
- ▶ Měření absorbované dávky pomocí radiochromních gelových dozimetrů
 - měření dávky od Lu-177 rozpuštěného v gelu;
 - měření hloubkové dávkové křivky;
- ▶ Účast v mezinárodním porovnání
 - ve spolupráci s FN Motol účast na mezinárodním porovnání stanovení aktivity Lu-177 ve fantomu.



▶ Absolutní měření aktivity

- $4\pi\beta(\text{PC})$ - γ koincidenční měření
 - proporcionální počítač;
 - gamma detektory (2x NaI(Tl));
- zdroj
 - 20-50 mg aktivity naneseno na tenkou plastovou blánu;
- nejistota
 - kombinovaná nejistota měření ($k = 1$): **0.28%**.



$4\pi(\text{PC})$ - γ koincidenční systém

Zdroje pro primární standardizaci aktivity Lu-177 v ČMI

► Použitý kalibrační zdroj

- aktivita 75 MBq Lu-177;
- objem 5 ml;
- skleněná vialka typu P6;

► Zkalibrované komory ČMI

- BQM;
- NPL-CRC;
- 4π chamber;

► Výsledky

- byl vytvořen kalibrační řetězec aktivity Lu-177 v České republice, který je v ČMI navázaný na primární etalon aktivity;
- v rámci projektu byly zkalibrovány ionizační komory FN Motol a ČMI;
- kalibraci ionizačních komor pro Lu-177 zajišťuje Milan Jašpr.

Komora BQM

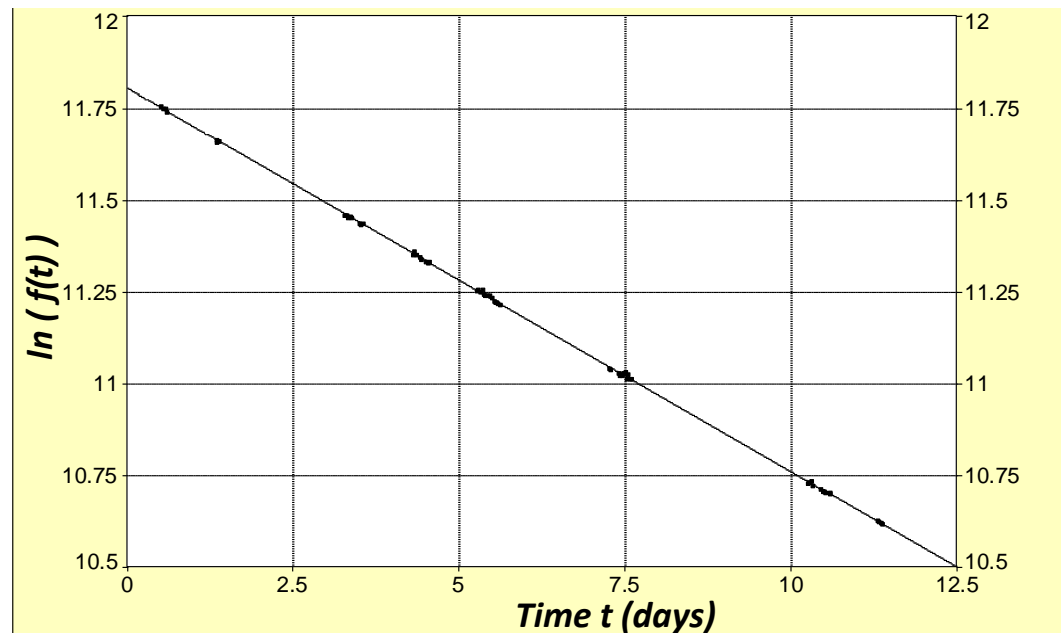


Vialka typu P6



► Přesné měření poločasu přeměny Lu-177

- gama spektrometrie
 - 3 detektory ČMI;
 - bodový zdroj;
 - měřena plocha píku 208 keV v průběhu 12 dní;
- ionizační metoda
 - roztok ve vialce měřen ve studnové ionizační komoře ČMI.



Příklad prokladu naměřených ploch v píku totální absorpce 208 keV

Systém	Poločas (dny)	Doba měření
Spektrometr GC4018	6.64842	10 dní
Spektrometr PGT	6.64598	10 dní
Spektrometr GCX	6.64232	10 dní
Ionizační komora BQM	6.64289	13 dní

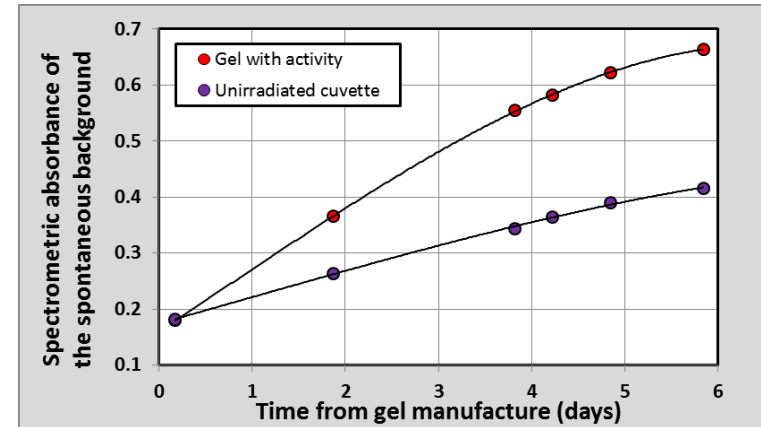
- Výsledek: $T_{1/2}(\text{Lu-177}) = (6.645 \pm 0.003)$ dne
- Hodnota je v souladu s DDEP.

▶ Radiochromní gelové dozimetry

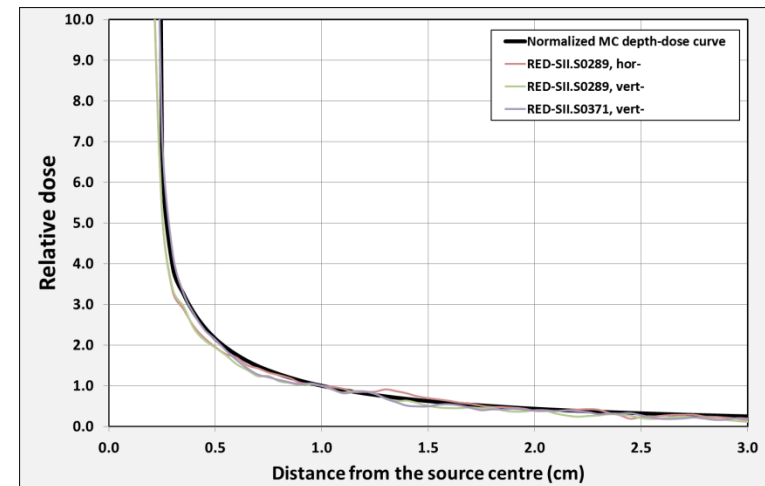
- v důsledku ozáření mění barvu; vodě-ekvivalentní
- Lu-177 smícháno s gelem – měření absorbované dávky
 - počáteční aktivita 0.6 MBq/ml => dávka 5 Gy za 4.5 dne;
 - vyhodnocení odezvy: UV-VIS spektrofotometrie;
 - porovnání s MC simulací:
 - podhodnocení měřené dávky o 10% při odhadované nejistotě 15%;
 - problém: jak správně odečíst samovolné pozadí (změna barvy nezpůsobená ozářením).
- Lu-177 mimo gel – měření hloubkové dávkové křivky
 - počáteční aktivita 4 GBq/ml => dávka 3.5 Gy v 1 cm a 1700 Gy v 0.15 cm za 20 dní;
 - vyhodnocení odezvy: optická výpočetní tomografie;
 - porovnání s MC simulací;
 - dobrá shoda dávkových profilů.

▶ Výsledek

- pomocí radiochromních gelů lze měřit absorbovanou dávku od radionuklidů;
- samovolné pozadí gelů má největší vliv na nejistotu stanovení dávky.



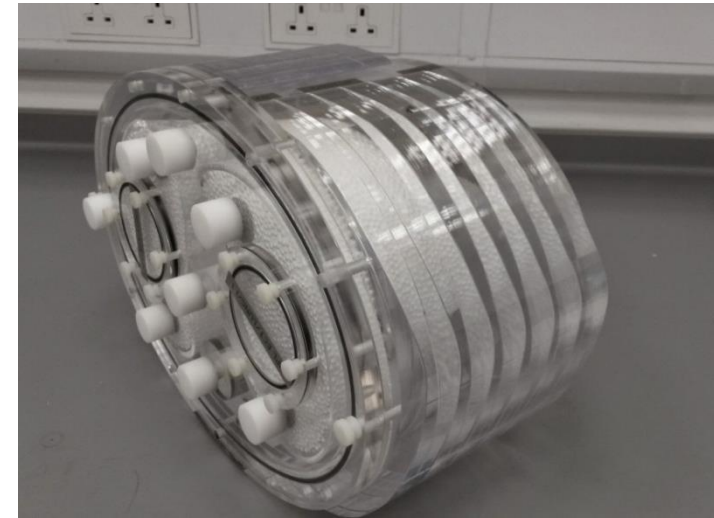
Porovnání nárůstu absorbance gelu s aktivitou (červená) a gelu bez aktivity (fialová). Černé křivky představují proklad polynorem.



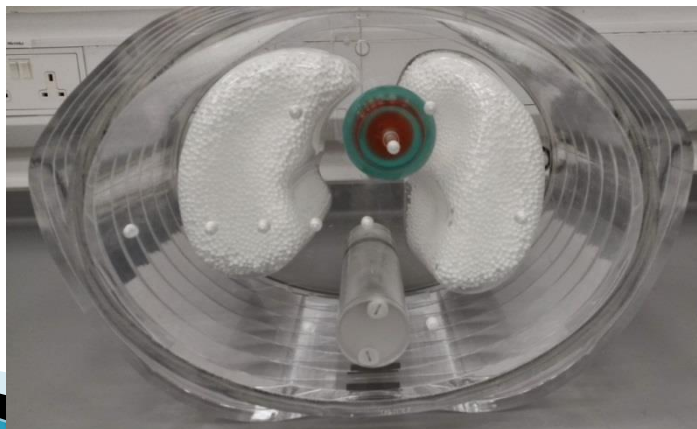
Porovnání relativních dávkových profilů: černá čára – MC simulace, ostatní – měření (různé pozice v gelu).

► Cíl: „otestovat schopnosti klinik stanovit neznámou hodnotu aktivity ve fantomu.“

- fantom dodán organizátorem (NPL, Anglie);
- vložka: 2 soustředné koule
 - vnitřní koule: 21 ml;
 - vnější kulová slupka: 82 ml, 10x nižší objemová aktivita;
- parametry měření v FN Motol
 - kamera Siemens Symbia T2;
 - MEGP kolimátor;
 - 60 projekcí na hlavu;
 - 30 s na projekci;
 - OSEM rekonstrukce;
 - kalibrace provedena pro podobnou geometrii.

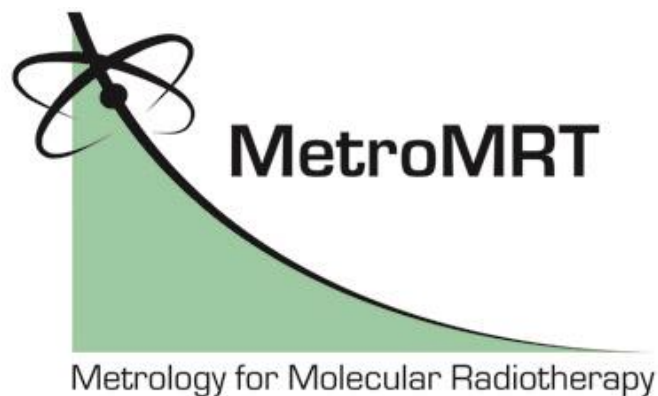


Fotografie fantomu se sférickou vložkou se dvěma různými objemovými aktivitami (rozlišeno různými barvami).



- ▶ Pro Českou republiku
 - vytvoření kalibračního řetězce aktivity Lu-177;

- ▶ Pro Evropu
 - **příprava metrologických prostředků pro zavedení dozimetrie v nukleární medicíně**
 - standardizace aktivity radionuklidů používaných v NM
 - stanovení poločasů přeměny;
 - stanovení výtěžků fotonů;
 - měření beta spekter;
 - včetně metodiky stanovení aktivity mikrosfér s Y-90;
 - doporučení optimálního postupu kalibrace prostředků pro kvantitativní zobrazování
 - za účelem přesnějšího stanovení příjmu a vylučování aktivity;
 - vývoj primárního etalonu absorbované dávky od radionuklidů
 - za účelem validace Monte Carlo simulací pomocí měření, která budou navázána na tento etalon;
 - vytvoření metodiky výpočtu nejistot
 - za účelem možnosti výběru nejvhodnějšího léčebného postupu.



Děkuji Vám za pozornost!

Internetové stránky projektu: <http://projects.npl.co.uk/metromrt/>