

Celotělová dozimetrie v radionuklidové terapii

ING. SIMONA ŠIMŮNKOVÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

ING. TEREZA KRÁČMEROVÁ

Cíle práce

- ▶ uživatelské rozhraní (GUI) pro výpočet celotělové absorbované dávky
- ▶ stanovit D_{wb} a nejistotu jejího stanovení pomocí GUI
- ▶ porovnání 1D a 2D dozimetrie
- ▶ optimalizovaný postup měření 1D a 2D dozimetrie

Celotělová dozimetrie

- ▶ celotělová absorbovaná dávka
- ▶ maximalizace aplikované terapeutické aktivity
- ▶ verifikace správnosti podané aktivity
- ▶ dávka na kostní dřeň
 - ▶ červená kostní dřeň - minimalizace nepříznivých účinků
 - ▶ maximální dávka - 2,5 Gy → úprava aplikované aktivity – nepřekročit 2 Gy

- ▶ MIRD:

$$\overline{D} = \tilde{A} \cdot S_{T \leftarrow S} \text{ [Gy]}$$

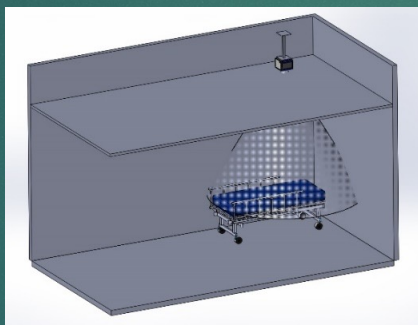
- ▶ nejistota D_{wb}

$$u^2(D_{wb}) = \left(\frac{\partial D_{wb}}{\partial \tilde{A}} u(\tilde{A}) \right)^2 + \left(\frac{\partial D}{\partial S} u(S) \right)^2$$

- ▶ dodržení geometrie
- ▶ dostatečná statistika
- ▶ přesnost výpočtu kumulované aktivity $\tilde{A}$

1D dozimetrie

- ▶ nejjednodušší, nejspolehlivější
- ▶ detektory intenzity záření
 - ▶ SVLD – 2 m, anterior, cca 10 s
 - ▶ DOMOS – fixní vzdálenost, anterior, 30 s



- ▶ odezva $[\frac{\mu Sv}{h}]$ či [CPS]
 - ▶ pacient sám sobě standardem
 - ▶ močení pacienta v průběhu aplikace - korigovat

$$\delta = \frac{A_0}{I_1 + I_m}$$

2D dozimetrie

- ▶ scintilační gamakamery Siemens Symbia Intevo Excel (3/8") a Symbia S (5/8")
 - ▶ High Energy kolimátory



- ▶ výstup: 2D celotělové snímky (četnost impulzů z ROI) – anterior + posterior

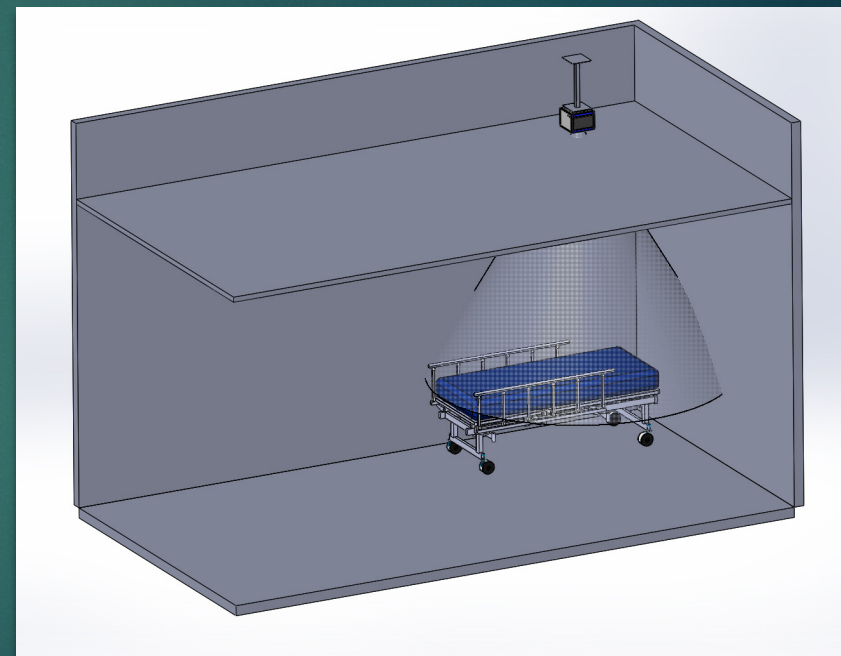
$$A(t) = \frac{C_{prim}(t) \cdot DF}{Q}$$



Pomocná měření

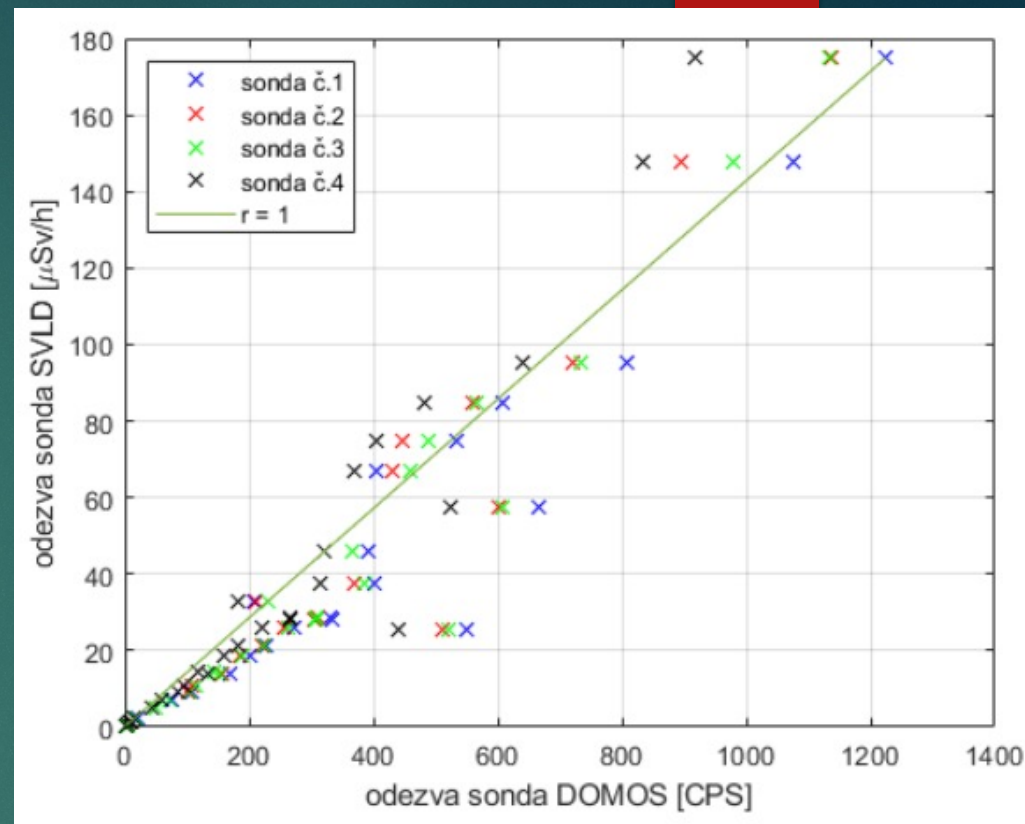
$[^{131}\text{I}]\text{I-NaI}$, $A = 4530 \text{ MBq}$, sonda č. 4,
24 h po aplikaci

- ▶ Vliv peřiny na odezvu sondy DOMOS
 - ▶ 2,05 %
- ▶ Vliv lat. posunu lůžka (30 cm) na odezvu sondy DOMOS
 - ▶ 0,05 %
- ▶ Vliv změny polohy pacienta na odezvu sondy DOMOS
 - ▶ 2,98 %



Pomocná měření

- ▶ Korelace mezi sondou SVLD a DOMOS (^{131}I)
 - ▶ 2 kapsle, $A = 4700 \text{ MBq}$
 - ▶ sonda č. 1 – 4 - korelace
 - ▶ nejmenší kor.koef. $r = 0,959$
- ▶ 3 pacienti– 7298 MBq , 7309 MBq , 5704 MBq
- ▶ sonda č. 1
- ▶ přepočetni koef. o **30 %** menší než fantomové měření



vzdálenost	sonda č. 1	sonda č. 2	sonda č. 3	sonda č. 4
1 m (SC)	2,77	2,64	2,60	2,21
2 m (SC)	9,51	9,01	9,01	7,61
1 m (bez SC)	5,38	4,62	5,08	3,98
2 m (bez SC)	22,09	18,95	20,90	16,33

vzdálenost	sonda č. 1
1 m	1,66
2 m	7,04

Uživatelské rozhraní (GUI)

MATLAB App

Celotělová dozimetrie

Informace o pacientovi

jméno, příjmení XY ID XY hmotnost [kg] 69 výška [cm] 163
radiofarmakum 177Lu-DOTA-... aplikovaná aktivita [MBq] 7176 přístroj DOMOS č.3
datum a čas zahájení aplikace 27.07.2021 10:00 aplikace 3
datum a čas ukončení aplikace 27.07.2021 10:20

Time-activity curve (TAC)

☐ 2D dozimetrie

počet celotělových snímků 0 délka snímané oblasti [cm] 0
PW [%] 0 US [%] 0 LS [%] 0 kalibrační koeficient [kimp/s.MBq] 0

import dat

Data importována.

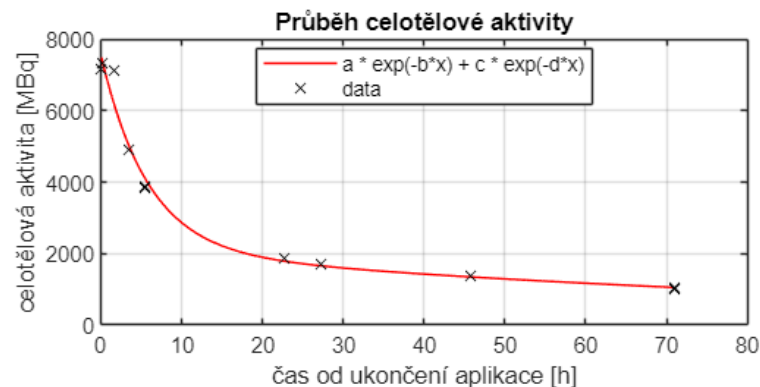
metoda fitu

exp2

OK

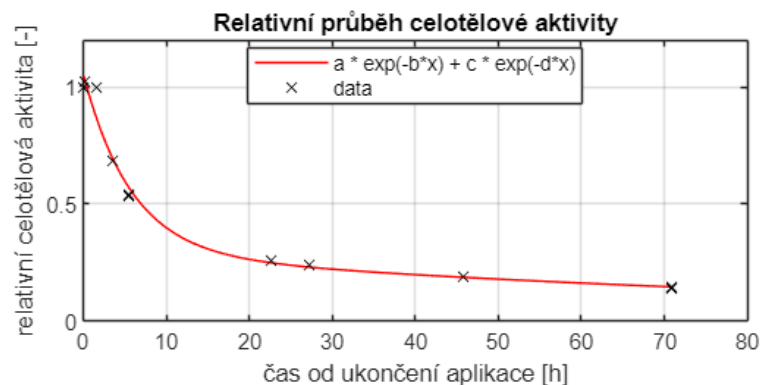
Výsledky

	S-faktor [Gy/MBq.h]	kumA [MBq.h]	D [Gy]	D/Ao [mGy/MBq]	TIAC [h]	F [%]
Hodnota	1.3374e-06	247421.169	0.33089	0.0461	34.4790	12.0506
Nejistota	1.9091e-09	18681.6157	0.024989	0	0	0
Relativní nejistota	0.143 %	7.5505 %	7.5519 %	0	0	0



Hodnoty fitu a jejich nejistoty

$f(x) = a * \exp(-b * x) + c * \exp(-d * x)$
a = 5498.3415
b = 0.17393
c = 2094.9988
d = 0.0097772
SSE = 1132610.7729
RMSE = 376.2663
R2 = 0.98404
R2adj = 0.97805
F = 12.0506%



Hodnoty fitu a jejich nejistoty

$f(x) = a * \exp(-b * x) + c * \exp(-d * x)$
a = 0.76623
b = 0.17392
c = 0.29193
d = 0.0097758
SSE = 0.021995
RMSE = 0.052434
R2 = 0.98404
R2adj = 0.97805
F = 12.8547%

Vypracoval

XY

EXPORT

Pacientská dozimetrická měření

- ▶ 52 pacientů (27 žen, 25 mužů)
 - ▶ věkové rozmezí 2 – 78 let, průměrně 37 let
 - ▶ 37 pacientů [^{131}I]I-Nal, 15 pacientů [^{131}I]I-mIBG
 - ▶ $A = 3690 - 11247 \text{ MBq}$, průměrně 5633 MBq
 - ▶ 1D i 2D dozimetrie
- ▶ 22 pacientů (14 žen, 8 mužů)
 - ▶ věkové rozmezí 43-82 let, průměrně 68 let
 - ▶ 20 pacientů [^{177}Lu]Lu-DOTA-TATE, 2 pacienti [^{177}Lu]Lu-DOTA-TOC
 - ▶ $A = 3788 - 7796 \text{ MBq}$, průměrně 7127 MBq
 - ▶ 1D dozimetrie

1D vs 2D dozimetrie

- ▶ 1D dozimetrie – zlatý standard
 - ▶ průměrně 123,8 mGy/GBq
(31 mGy/GBq – 374 mGy/GBq)
- ▶ 2D dozimetrie
 - ▶ průměrně 113,9 mGy/GBq
(27 mGy/GBq - 354 mGy/GBq)
 - ▶ 81 % případů podhodnocení
(průměrně o 13,39 %)
 - ▶ nadhodnocení – chyba kumulované aktivity vyšší (průměrně 15,64 %), vyšší než u 1D dozimetrie
- ▶ průměrná relativní odchylka 13,77 %

pacient	$u(A_{1D})$ [%]	$u(A_{2D})$ [%]	$u(S)$ [%]	D_{1D} [Gy]	$u(D_{1D})$ [Gy]	$u(D_{1D})$ [%]	D_{2D} [Gy]
1	7,132	10,957	0,091	0,167	0,012	7,133	0,169
2	8,482	9,747	0,074	0,135	0,011	8,483	0,089
3	5,763	13,326	0,097	0,211	0,012	5,764	0,195
4	6,081	9,873	0,105	0,239	0,015	6,082	0,205
5	5,813	14,018	0,142	0,309	0,018	5,815	0,293
6	10,708	3,981	0,146	0,217	0,023	10,709	0,209
7	12,008	16,850	0,181	0,232	0,028	12,011	0,221
8	8,796	17,009	0,117	0,242	0,021	8,797	0,212
9	6,539	18,979	0,089	0,134	0,009	6,540	0,093
10	13,736	5,605	0,151	0,687	0,094	13,737	0,678
11	7,159	16,624	0,139	0,263	0,019	7,161	0,269
12	12,546	5,982	0,122	0,576	0,072	12,546	0,499
13	10,068	12,728	0,126	0,153	0,015	10,069	0,206
14	7,557	17,194	0,109	0,477	0,036	7,558	0,386
15	2,180	7,905	0,102	0,246	0,005	2,182	0,195
16	3,642	17,823	0,094	0,235	0,009	3,643	0,209
17	5,819	10,374	0,108	0,152	0,009	5,820	0,126
18	9,735	9,171	0,177	0,607	0,059	9,737	0,612
19	3,551	19,136	0,092	0,191	0,007	3,552	0,144
20	6,115	18,715	0,192	0,528	0,033	6,118	0,468
21	3,962	10,954	0,097	0,608	0,024	3,963	0,895
22	8,588	12,667	0,156	0,972	0,083	8,589	0,800
23	3,801	14,196	0,142	0,239	0,009	3,804	0,219
24	2,384	11,019	0,096	0,159	0,004	2,386	0,143
25	4,059	15,556	0,188	0,428	0,017	4,063	0,412
26	6,101	14,427	0,076	0,105	0,006	6,102	0,094
27	3,151	17,707	0,154	0,224	0,007	3,155	0,238
28	5,580	14,070	0,089	0,175	0,006	5,587	0,154

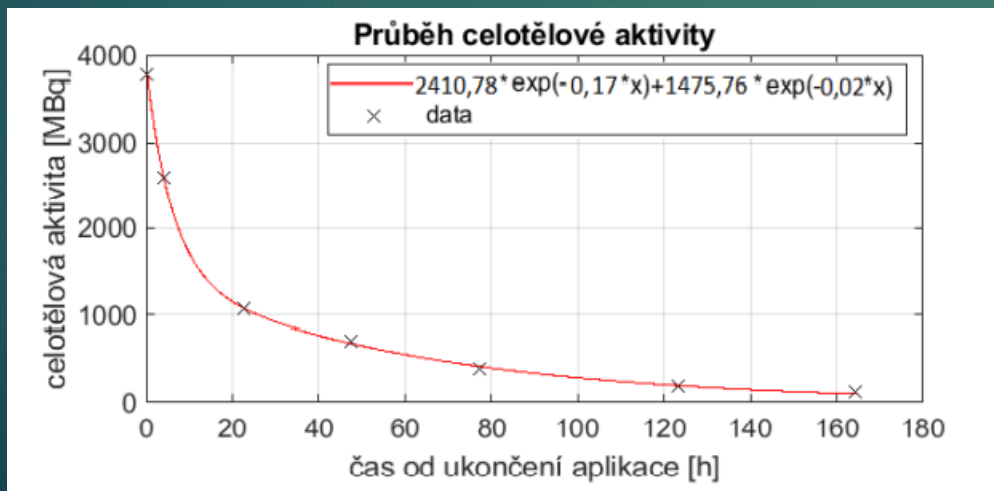
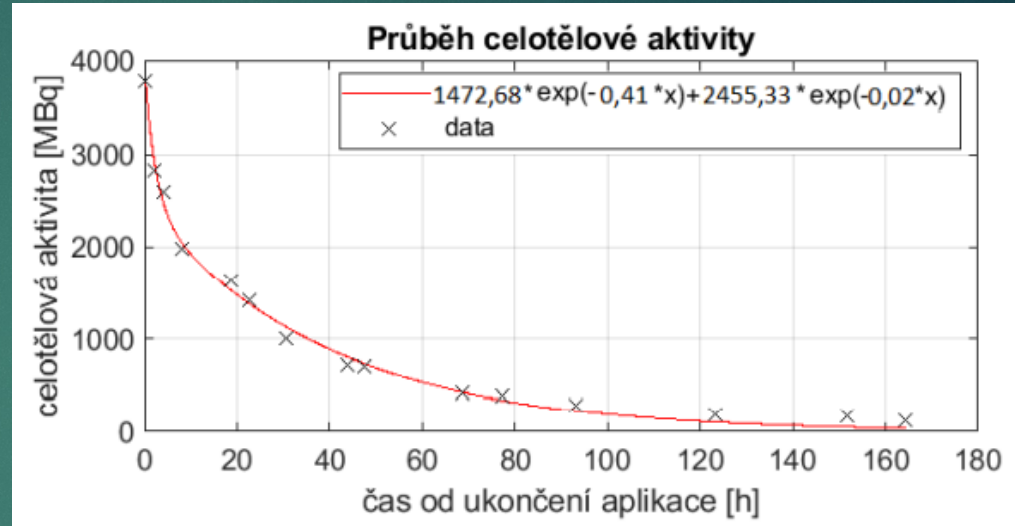
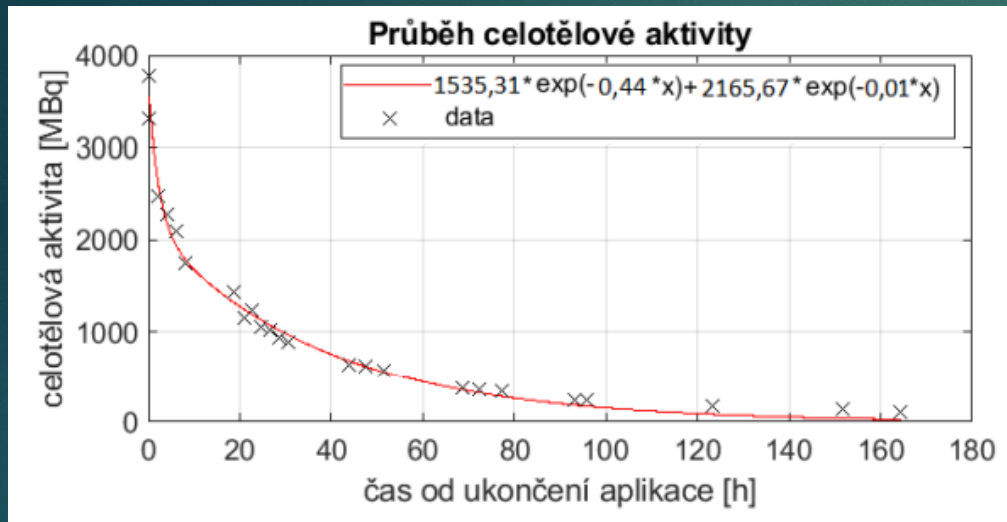
Nejistota stanovení D_{wb}

- ▶ nejistota stanovení S-faktoru – zanedbatelná (průměrně 0,12 %)
- nejistota D_{wb} dána nejistotou kumulované aktivity

- ▶ 1D dozimetrie (^{131}I)
 - ▶ max. 15,99 % - 6 dat, nedostatek během 1. dne
 - ▶ min. 3 % - 21 dat, poslední 168 h od aplikace
- ▶ 2D dozimetrie (^{131}I)
 - ▶ max. 19 % - 6 dat
 - ▶ min. 6 % - 8 dat, poslední 144 h od aplikace
- ▶ 1D dozimetrie (^{177}Lu)
 - ▶ max. 18 % - 10 dat, nedostatek během 1. dne, poslední 48 h od aplikace
 - ▶ min. 4 % - 9 dat, poslední 168 h od aplikace

pacient	$u(\bar{A}_{1D})$ [%]	$u(\bar{A}_{2D})$ [%]	u
1	7,132	10,957	
2	8,482	5,747	
3	5,763	13,326	
4	6,081	9,873	
5	5,813	14,018	
6	10,708	3,981	
7	12,008	16,850	
8	8,796	17,009	
9	6,539	18,979	
10	13,736	5,605	
11	7,139	10,024	
12	12,546	5,982	
13	10,068	12,728	
14	7,557	17,194	
15	2,180	7,905	
16	3,642	17,823	
17	5,819	10,374	
18	9,735	9,171	

Optimalizovaný postup měření 1D dozimetrie (^{131}I -NaI)



- Ideální: 0,5-1 h, 2-5 h, (8-10 h), 18-24 h, 30 h, 42-50 h, 72-78 h, (92 h), 122-150 h a 168 h
- Minimální: 1 h, 3-5 h, 24-30 h, 42-50 h, 72-78 h, (120-144 h) a 168 h (7 měření)
- nedostatek dat během prvního dne

Závěr

- ▶ korelace SVLD vs. DOMOS – lze navázat, stanoven koeficient
- ▶ zajištění minimálních chyb při WB dozimetrii (vliv peřiny na odezvu detektoru, laterální posun lůžka, změna polohy pacienta)
- ▶ podhodnocení u 2D dozimetrie – 81 % případů (průměrně do 14 %), vyšší nejistota D_{wb}
- ▶ provedení 1D dozimetrie výhodnější
 - ▶ větší množství dat, zpřesněn výpočet D_{wb}
- ▶ stanoveny optimální postupy měření 1D a 2D dozimetrie

Děkuji za pozornost