

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



**ЗБОРНИК
РАДОВА**

**XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Сребрно језеро
27- 29. септембар 2017. године**

**Београд
2017. године**

**SOCIETY FOR RADIATION PROTECTION OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

**XXIX SYMPOSIUM DZZSCG
Srebrno jezero
27- 29. September 2017**

**Belgrade
2017**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
27-29.09.2017.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредници:

Др Јелена Станковић Петровић
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-144-3

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Јелена Станковић Петровић, Гордана Пантелић

Штампа:

Институт за нуклеарне науке ”Винча”, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351
Винча, Београд, Србија

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2017.

**ПРОРАЧУН СПЕЦИФИЧНЕ АПСОРБОВАНЕ ФРАКЦИЈЕ У
ПОЈЕДИНИМ ОРГАНИМА ЧОВЕЧЈЕГ ТЕЛА ПРИЛИКОМ
ПРИМЕНЕ РАДИОФАРМАЦЕУТИКА ^{133}Xe**

Зоран ЈОВАНОВИЋ, Драгана КРСТИЋ, Драгослав НИКЕЗИЋ

*Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, Р. Домановића
12, 34000 Крагујевац, Србија, z.jovanovic@kg.ac.rs*

САДРЖАЈ

Монте Карло симулације су изведене за процену дозу приликом третмана са радиофармацеутиком ^{133}Xe . Овај радиофармацеутик се користи у третманима у нуклеарној медицини, као индикација за кардиоваскуларне и плућне болести. Циљ овог рада је био да се процени специфична апсорбована фракција (САФ) када је овај радиофармацеутик инкорпориран у плућима. За ту сврху је развијен воксел фантом (торакса) и упоређен је са ORNL фантомом. Сви прорачуни и симулације врше помоћу MCNP5/X кода.

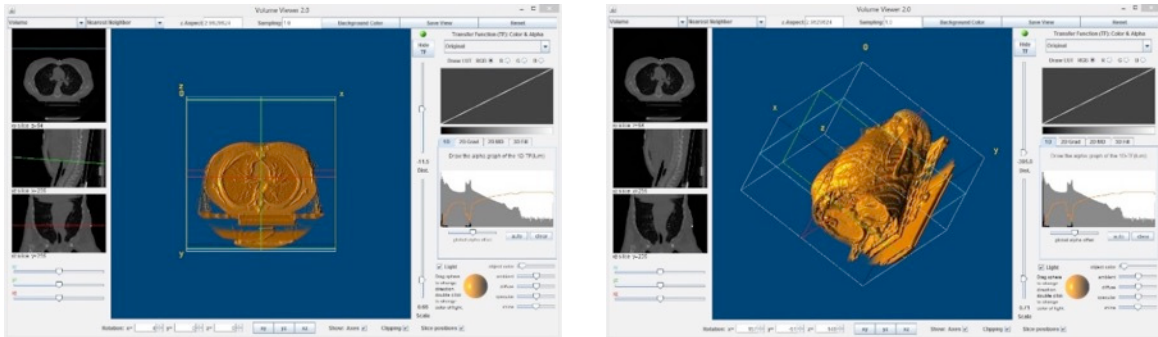
1. УВОД

У нуклеарној медицини се користе радиоактивни изотопи и њихова једињења за дијагнозу и терапије. Употребом различитих врста изотопа у зависности од поступка који се примењују на пацијенту захтева одређивање расподеле дозе. Да би се у току терапије произвела најмања штета пацијенту и обезбедили добре резултате за дијагностичке сврхе, изотоп мора имати кратак полуживот, и треба да буде чист гама емитер. Сцинтиграфија је једна од дијагностичких метода, који се користи у нуклеарној медицини за процену дистрибуције радиофармацеутика у телу [1-4]. Плућна сцинтиграфија је поступак дијагностике који користи вентилациону сцинтиграфију, перфузиону сцинтиграфију, или обоје. Овај метод омогућава просторну и временску дистрибуцију радиофармацеутика у телу и представља веома прецизно снимање органа, ткива или целог тела, зависно од тога где су радиофармацеутик акумулира [5-7]. ^{133}Xe ($T_{1/2} = 5,2$ г) се распада бета распадом и емитује 81 keV фотон. ^{133}Xe се удише да се процене плућне функције, при чему производи добар квалитет слике плућа. Вентилациона сцинтиграфија која користи ^{133}Xe се обично врши пре перфузионе сцинтиграфије [8].

2. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

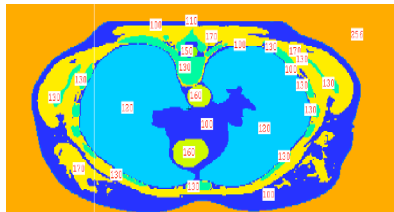
У овом раду коришћена су два типа фантом - ORNL математички фантома и воксел фантом. Да би израчунале апсорбоване дозе и САФ, развијен је воксел фантом торакса. Изградња воксела фантома зависи од квалитета дигиталних слика пацијената добијени приликом СТ или МРИ прегледа [9-10]. У овом раду, воксела фантом (Торакс модел), добијен је коришћењем DICOM сет од 108 СТ снимака торакса женског пацијента под одобреним стандардним протоколима. СТ подаци пацијента су сегментирани коришћењем софтверски *ImageJ* софтвера [11]. *ImageJ* софтвер је веома ефикасан за обраду снимљених мултидимензионалним слика. *ImageJ* је веома проширив, са хиљадама додатака и макроа за обављање

разноврсних задатака. Сл.1 приказује сирове *CT* података слике торакса пре сегментације у *ImageJ* 3Д приказивачу, као и попречни пресек торакса.



Слика 1. *CT* снимци торакса у *ImageJ* 3Д приказивачу и попречни пресек торакса

Развијени воксел фантом има неколико органа од интереса као: кожу, плућа, кости, срце, кичмени стуб, аорту, мишићи и масно ткиво. Презентација комплексне анатомије, као што је људско тело, је заснована на поновљеним структурама које су испуњене одређеним материјалом који одговара специфичном органу. Ова функција омогућава да се опишу све структура које се појављује више пута у геометрији. Комбинована употреба решеткасте структурне картице омогућавају дефинисање воксел геометрије. Пресек воксела фантом након процеса сегментације и имплементације у MCNP5/X [12] софтверу је приказан на слици 2, који садржи пресек дуж *z* осе. Слика 2 приказује попречни пресек дуж осе $p_z = 55$ cm.



Слика 2. Попречни пресек воксела фантом-торакс модела. ИД број органа на овој слици су дати у табели 1. ИД 256 је спољашњи простор

Различитим органи/ткива су додељени одговарајући ИД бројеви, који је компатибилан са мобилним картицама у MCNP5/X улазне датотеке. Одговарајући ИД број, органи/ткива, укупан број воксела у органима, масе и густине су приказани у табели 1. Укупан број воксела у симулацијама је 13592124, чија је запремина $0,084 \times 0,084 \times 0,25$ cm³.

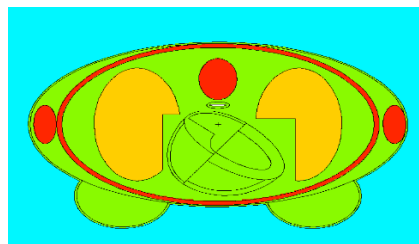
У овом раду, добијени резултати САФ код воксела фантома су упоређени са резултатима са *ORNL* математичким фантомом. Плућно крило код *ORNL* фантома је дефинисано као:

$$\left(\frac{x \pm x_0}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 + \left(\frac{z - z_0}{c}\right)^2 \leq 1 \text{ and } z \geq z_0 \quad (1)$$

Табела 1. Подаци за воксел фантома торакса

ID број	Орган/ткиво	Број воксела	Маса орган/ткиво	Густина (g/cm ³)
100	Масно ткиво	2228002	3734	0.95
110	Кожа	133485	257	1.09
120	Плућа	2019581	1055	0.296
130	Кости	605734	2052	1.40
140	Срце	229676	425	1.05
150	Кичмена мождина	23257	43	1.04
160	Аорта	80231	149	1.05
170	Мишићи	1983323	3674	1.05

Слика 3 приказује попречни пресек *ORNL* фантома, као графички излаз из MCNP5/X кода.



Слика 3. Попречни пресек *ORNL* фантома пз=51cm

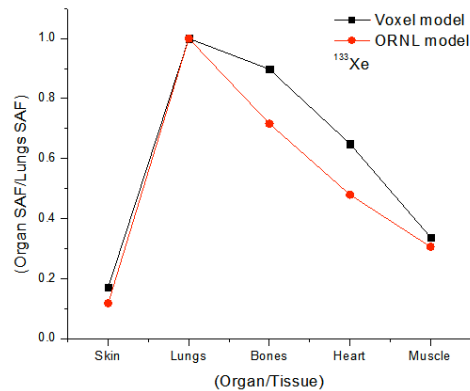
3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Специфична Апсорбована Фракција (САФ) за одабране органе је израчуната помоћу следеће формулу:

$$SAF = \frac{E_d}{E_i \cdot m} \quad (2)$$

Где је: где је E_d је просечна енергија депонована у циљаном органу, E_i је примарна енергија који емитује извор и m је маса циљног органа.

На сл. 4 су приказане добијене САФ вредности оба модела фантома нормализовани у односу на плућа, а који омогућавају поређење у оквиру датих модела. Добијени резултати су генерално већи за воксел фантом, а то је због разлике релативних раздаљина органа од површине коже воксел модела у односу на *ORNL* фантом. То подразумева и већу апсорпцију у "меком ткиву", при чему је овај ефекат је посебно евидентан за ¹³³Xe, јер овај радиофармацеутик емитује фотоне са нижом енергијом.



Слика 4. Резултати органа САФ (g^{-1}) подељени са вредностима плућа САФ за радиофармацеутик ^{133}Xe

4. ЗАКЉУЧАК

Добијени резултати евалуације специфичне апсорбоване фракције (САФ) у различитим органима/ткиво, приликом инкорпорације ^{133}Xe у плућима, у току процеса у сцинтиграфијеног прегледа су приказани. Разлика у резултатима добијени коришћењем воксел фантома и *ORNL* математички фантома су између 4,47% до 19,7%. Ова варијација између резултата израчунатих вредности значајно зависи од облика грудног коша; односно елиптични цилиндар (*ORNL* фантом) је константан са висином, док торакас пресеци код воксел модела варирају са променом положаја висине. Такође, органи код математичког модела су просторно преблизу кожи. Инхерентна ограничења у току *CT* снимања, покрети пацијената у току процеса снимања и различити артефакти, такође ће допринети разликама у резултатима. Подаци и резултати добијени на овај начин ће се користити за даљу истрагу у заштити од зрачења.

5. ЗАХВАЛНИЦА

Овај рад је подржан од стране Министарства за образовање, науку и технолошки развој Републике Србије, у оквиру пројеката бр 171021 и 43011.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Wang H, Maurea S, Mainolfi C, Fiore F, Gravina A, Panico MR, Bazzicalupo L, Salvatore M 1997 Tc-99m MIBI scintigraphy in patients with lung cancer. Comparison with CT and fluorine-18 FDG PET imaging. Clin Nucl Med. 22 243-249
- [2] Yoriyaz H, Stabin G M, Santos A 2001 Monte Carlo MCNP-4B-based absorbed dose distribution estimates for patient-specific dosimetry. J Nucl Med. 42 662-669
- [3] ICRP106 2008 International Commission on Radiological Protection. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals (Addendum 3 to ICRP Publication 53). ICRP Publication 106. Ann. ICRP 38 (1-2) Elsevier

- [4] Uhrhan K, Drzezga A, Sudbrock F 2013 The patient as a radioactive source: an intercomparison of survey meters for measurements in nuclear medicine. *Radiat Protect Dosim.* 153 32–46
- [5] UNSCEAR 2008 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume I; United Nations, New York
- [6] Ponto J A 2010 Radiopharmaceutical considerations for using Tc-99m MAA in lung transplant patients. *J Am Pharm Assoc.* 50 419-423
- [7] Gardumi A, Farah J, Desbre'e A 2013 Creation of ORNL NURBS-based phantoms: evaluation of the voxel effect on absorbed doses from radiopharmaceuticals. *Radiat Protect Dosim.* 153 273–281
- [8] Parker A J, Coleman R E, Grady E, Royal D H, Siegel A B, Stabin G M, Sostman H D, JW A Hilson 2012 SNM Practice Guideline for Lung Scintigraphy 4.0*. *J Nucl Med Technol.* 40 57-65
- [9] Kramer R, Vieira J W, Khoury H J, Lima FRA, Fnelle D 2003 All about MAX: a male adult voxel phantom for Monte Carlo calculations in radiation protection dosimetry. *Phys. Med Biol.* 48 1239-1262
- [10] Caon M 2004 Voxel-based computational models of real human anatomy: a review, *Radiat Environ Biophys.* 42 229-235
- [11] *ImageJ* (<https://imagej.nih.gov/ij/>)
- [12] X-5 Monte Carlo Team 2003 MCNP—a General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5 Vol. I: Overview and Theory. Los Alamos, NM: Los Alamos National Laboratory; LA- UR- 03- 1987

CALCULATION OF SPECIFIC ABSORBED FRACTION IN THE SPECIFIC HUMAN ORGANS DUE TO ¹³³XE RADIOISOTOPE APPLICATION

Zoran JOVANOVIĆ, Dragana KRSTIĆ, Dragoslav NIKEŽIĆ

University of Kragujevac, Faculty of Science, Kragujevac, Serbia, z.jovanovic@kg.ac.rs

ABSTRACT

Monte Carlo simulations were performed to estimate dose for treatment with radiopharmaceutical ¹³³Xe. This radiopharmaceutical is used in treatments in nuclear medicine as an indication for cardiovascular and pulmonary diseases. The aim of this paper was to evaluate the specific absorbed fraction (SAF) when this radiopharmaceutical is incorporated in the lungs. For this purpose, a Vauxhall phantom (toraxa) is developed and was compared to the ORNL phantom. All calculations and simulations are done using the MCNP5/X code.