ارزیابی محاسبات دزیمتری رادیو داروی ساماریوم-۱۵۳ جهت مقاصد پزشکی هسته‌ای

گودرزی، عاطفه*[۱]- حیدری سنگستانی، سروش[۲]-مقدسی، علی[۳]

[۱] دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی پرتو پزشکی، بروجرد، ایران

[۲] دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، گروه مهندسی هسته‌ای، بوشهر، ایران

[۳] دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی هسته‌ای، دانشکده فنی و مهندسی، تهران، ایران

چکیده:

رادیونوکلئید ^{153}Sm یکی از جدیدترین رادیونوکلئیدهایی است که به دلیل ویژگی‌های مطلوب (نیمه‌عمر ۱/۹۳ روز، پرتو بتا باانرژی ۰/۸۱MeV و پرتوگاما باانرژی ۰/۱۰۳MeV)، جهت مقاصد پزشکی هسته‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرد. ارزیابی خطرات دز رسیده به بافت هدف و سایر بافت‌ها حائز اهمیت است، لذا با استفاده از کد MCNPX2.6 به بررسی دزیمتری رادیو داروی ^{153}Sm در ستون فقرات و سایر بافت‌های حساس پرداخته شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده بیشترین دز جذبی ^{153}Sm در بافت هدف (ستون فقرات) و اطراف آن است و دیگر بافت‌ها دز جذبی کمتری را دریافت می‌کنند.

***کلمات کلیدی**: پزشکی هسته‌ای، رادیونوکلئید، ^{153}Sm، دزیمتری، MCNPX.*

Evaluation of Dosimetry Calculation of Sm-153 Radioisotope for Nuclear Medicine Applications

Goudarzi, Atefeh[1]; Heidari Sangestani, Soroush[2]; Moghadasi, Ali[3]

[1] Department of Medical Radiation Engineering, Boroujerd Branch, Islamic Azad University, Boroujerd, Iran

[2]Departmentof Nuclear Engineering, **Bushehr** Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran

[3]Departmentof Nuclear Engineering, **Science and Research** Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract:

Radionuclide Samarium 153 (^{153}Sm) is one of the newest radionuclide which is used in nuclear medicine because of its favorite characteristics (half-life of 1.93 days, beta-ray with energy of 0.81 MeV and gamma-ray with energy of 0.103MeV). Assessing the risks of the dose to the target tissue and other tissues is important. Therefore, using the MCNPX2.6 code, the ^{153}Sm dosimetry was evaluated in the spine and other sensitive tissues. According to the results, the maximum absorbed dose of ^{153}Sm is in the target tissue (spine) and around it, and other tissues receive less absorption dose.

Keywords: Nuclear Medicine, Radionuclide, ^{153}Sm, Dosimetry, MCNPX.

مقدمه:

امروزه پزشکی هسته‌ای نقش مهمی را در تشخیص و درمان و بهبودی بیماری‌های مختلف همچون دستگاه عصبی، گردش خون، غدد لنفاوی، دستگاه تنفس و گوارش و هضم، بیماری‌های استخوان، اقسام سرطان و غیره و نیز تنظیم برنامهٔ مداوا و معالجهٔ بیمار ایفا می‌کند [۱]. رادیونوکلئید^{153}Sm یکی از پرکاربردترین و مهم‌ترین رادیونوکلئیدهایی است که به دلیل ویژگی‌های مطلوب، در تهیهٔ رادیو داروها مورداستفاده قرار می‌گیرد [۲]. این رادیونوکلئید خواص تابشی مطلوبی، مانند نیمه‌عمر فیزیکی حدود ۱/۹۳ روز دارد که از طریق گسیل بتا (β^-) واپاشی می‌کند[۲،۳]. انرژی بیشینهٔ ذرات بتای گسیل‌شده از آن (۳۰٪) ۰/٦٤MeV، (٤۹٪) ۰/۷۱MeV و (۲۰٪) ۰/۸۱MeV است، برای رادیوتراپی هدف و درمان و تسکین دردهای متاستاز استخوان بسیار مناسب هستند[۲،۳]. ازویژگی‌های مطلوب دیگر ^{153}Sm می‌توان به انرژی نسبتاً پایین ذرات بتای آن‌که منجر به پرتوگیری کمتر بافت‌های غیر هدف می‌شود، اشاره کرد؛ بنابراین می‌توان مقدار بالاتری از فعالیت پرتوزایی را برای رسیدن به دز بهینه به بدن تزریق کرد.به‌عبارت‌دیگر برد ذرات بتای آن کوتاه و محدودهٔ متوسط برد آن در بافت تقریباً ۳mm و در استخوان ۱/۷mm است [۲،٤].افزون بر این ^{153}Sm پرتوگاما به انرژی (۳۰٪) ۱۰۳keV گسیل می‌کند که برای تصویربرداری در طول درمان مناسب است به‌عبارت‌دیگر تصویربرداری تمام بدن را نیز ممکن می‌کند [۵].لوگان[1] و همکاران دز جذب شدهٔرادیو داروی^{153}Sm-EDTMP در اندام‌های مختلف انسان را به‌وسیلهٔ روش MIRD[2] و بر اساس داده‌های توزیع زیستی در اندام‌های موش موردمحاسبه قراردادند.برای این هدف، مقدار مشخصی از رادیو داروی^{153}Sm -EDTMP به‌صورت درون وریدی به موش‌ها تزریق شد. سپس موش‌ها در زمان‌های انتخاب‌شده بعد از تزریق قربانی شدند. سپس جهت محاسبهٔ دز جذب‌شده به‌وسیلهٔ روش MIRD، فعالیت جمعی (اکتیویتهٔ انباشت) برای هر اندام تعیین شد [٦].ویگنا[3] و همکاران در سال ۲۰۱۱، مشخصات کینتیک دارویی و همچنین دز جذب‌شدهٔ رادیو داروی^{153}Sm -EDTMP را با استفاده از یک مدل سادهٔ سه‌بخشی و روش MIRDمورد ارزیابی قراردادند. فاکتورهای فارماکوکینتیکی داروها شامل جذب، توزیع، اتصال پروتئینی، متابولیسم و دفع دارو نقش کلیدی در تعیین مقدار و تناوب مصرف داروها و همچنین نحوهٔ پایان اثر آن‌ها دارد. برای این هدف، ۲۰ بیمار (۱۲ مرد و ۸ زن) با متاستاز استخوان (سرطان سینه = ۸، پروستات = ۱۱ و کولون = ۱) انتخاب شدند. مقدار مشخصی از رادیو داروی^{153}Sm -EDTMP با میانگین مقدار فعالیت ۲/۷GBq (۲/۷ گیگابکرل) به بیماران تزریق شد [۷].

بنابراین ارزیابی خطرات، در برابر مزایای استفاده از رادیو داروی ^{153}Sm در پزشکی هسته‌ای حائز اهمیت است؛ زیرا در پزشکی هسته‌ای، ترکیبات نشان‌دار شده با مواد رادیواکتیو (رادیو داروها) وارد بدن می‌شوند و ازاین‌رو، باعث رسیدن دز

[1]. K.W.Logan
[2]Medical Internal Radiation Dose
[3]. L.Vigna

پرتو به تمام بافت‌ها و اندام‌های بدن می‌گردند؛ بنابراین بررسی میزان دز جذبی در اندام‌ها، به‌منظور استفادهٔ بهینه از روش‌های مختلف تشخیصی و درمانی و بررسی سود و زیان رسیده به بیمار، پایه و اساس استفاده از رادیو داروها در پزشکی هسته‌ای است، بنابراین هدف از این پژوهش این است که با استفاده از فانتومMIRD-ORNLو کدMCNPX، دز جذب‌شده در اندام‌ها و بافت‌های مختلف بدن انسان مورد ارزیابی قرار گیرد.

روش کار:

در این تحقیق جهت برآورد دز ناشی از تزریق ^{153}Smدر بافت هدف و سایر بافت‌های حساس از کدMCNPX و فانتومMIRD-ORNLاستفاده شد. چشمهٔ مورداستفاده(^{153}Sm)در این تحقیق از نوع چشمهٔ عمومی بود که در ستون فقرات قسمت میانی تعریف شد (موقعیت مکانی چشمه در ستون فقرات میانی به‌عنوان بافت هدف و به علت مواد رادیواکتیو، در حجم کل بدن توزیع انرژی و زاویه‌ای چشمه راداریم). همان‌طور که قبلاً گفته شد ^{153}Smاز طریق گسیل بتا و گاما واپاشی می‌کند که در این تحقیق پرتوگاما موردبررسی قرار گرفت؛ بنابراین نوع ذره در فانتومMIRD-ORNL، فوتون باانرژی۱۰۳keV در نظر گرفته شد. نوع خروجی در فانتوم موردنظر، تالی F6در نظر گرفته شد. تالی F6مقدار انرژی حاصل از اندرکنش ذره بر واحد جرم یک سلول را بیان می‌کند.

نتایج:

ازآنجایی‌که اثرات بیولوژیک در واحد دز جذبی بافت، تابع نوع پرتو است (اشعه ایکس و گاما در مقایسه با ذرات پروتون و آلفا)بنابراین ضریب وزنی W_R برای هر نوع پرتو بر مبنای این اختلافات تعریف‌شده است. دز ضرب‌در ضریب وزنی پرتو، دز معادل نامیده می‌شود. برای تشخیص آن از دز جذبی، واحد آن در سیستم قدیمی رم[4] و در سیستم جدید SIسیورت[5]نامیده و با حرف H_Tمطابق رابطه ۱ نشان داده می‌شود.

$$H_T = W_R \times D$$ رابطه۱

برای پرتوهای مورداستفاده در رادیولوژی و پزشکی هسته‌ای (پرتوهای ایکس و گاما، الکترون و پوزیترون) ضریب وزنی W_Rبرابر یک است؛ بنابراین دز (D) و دز معادل (H_T) دارای مقادیر مشابه ولی واحدهای مختلف راد و رم (گری و سیورت) می‌باشند. برای ذرات نوترون و آلفا، W_R دارای مقادیر بیشتر (۵تا۲۰) می‌باشند[۸].محاسبات دز معادل طبق رابطه‌ی ۱محاسبه‌شده و در جدول ۲ و نمودار ۱ نشان داده‌شده است.همچنین تخمین ریسک مربوط به تابش‌دهی یکنواخت کل بدن و خطرات تابش‌دهی بخشی از بدن یا تابش‌دهی غیر هموژن باید جداگانه محاسبه شود. به این منظور

[4] rem
[5] Sivert

ضریب بافت W_T مورداستفاده قرار می‌گیرد که تفاوت حساسیت بافت‌های مختلف به پرتو (روی سن و جنس یک جمعیت داده‌شده متوسط گیری می‌شود) را نشان می‌دهد.و با استفاده از رابطه‌ی۲ یعنی دز مؤثر این محاسبات انجام می‌شود[۸].

رابطه۲ $E = \sum W_T . H_T$

ضرایب بافت W_T،توسط NRC[6] در جدول۱ارائه‌شده است[۸].همچنین میزان دز مؤثر طبق رابطه‌ی ۲ محاسبه و در جدول ۲،نشان داده‌شده است.

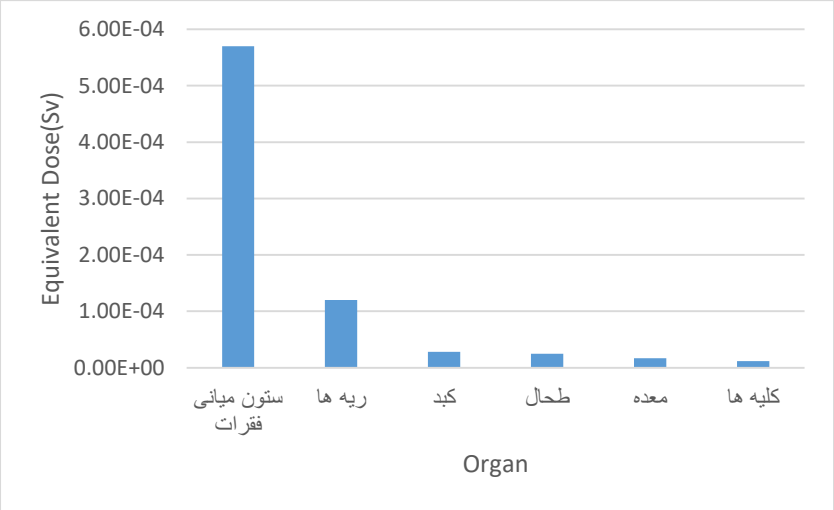
جدول۱:ضرایب وزنی بافت W_T، برای بافت و اندام‌های مختلف بر طبق مقررات NRC.

ارگان	ضریب وزنی بافت W_T
گنادها	۰/۲۵
مغز استخوان قرمز	۰/۱۲
کولون	۰/۱۲
ریه	۰/۱۲
معده	۰/۱۲
مثانه	۰/۰۵
پستان	۰/۰۵
تیروئید	۰/۰۵
پوست	۰/۰۱
سطح استخوان	۰/۰۱
بقیه بافت‌ها	۰/۰۵

[6]Nuclear Regulatory Commossion

جدول۲:توزیع دز معادل و دز مؤثر ناشی از تزریق رادیو داروی^{153}Smدر بافت هدف و سایر بافت‌های حساس.

بافت(ارگان)	دز معادل(Sv)	دز مؤثر(Sv)
ستون میانی فقرات	۵/۷×۱۰$^{-۴}$	۶/۴×۱۰$^{-۵}$
ریه‌ها	۱/۲×۱۰$^{-۴}$	۱/۴×۱۰$^{-۵}$
کبد	۲/۸×۱۰$^{-۵}$	۱/۴×۱۰$^{-۶}$
طحال	۲/۵×۱۰$^{-۵}$	۱/۲×۱۰$^{-۶}$
معده	۱/۷×۱۰$^{-۵}$	۲×۱۰$^{-۶}$
کلیه‌ها	۱/۲×۱۰$^{-۵}$	۶×۱۰$^{-۷}$



نمودار۱: توزیع دز معادل ناشی از چشمهٔ ^{153}Smدر اندام‌های مختلف بدن انسان.

در نمودار ۱،مقایسه توزیع دز معادل در بافت هدف (ستون فقرات) با سایر ارگان‌های حساس را نشان می‌دهد، که طبق محاسبات انجام‌شده و نمودار۱ بیشترین توزیع دز در در بافت هدف (ستون میانی فقرات) با مقدار۵/۷×۱۰$^{-۴}$Sv، سپس ریه‌ها۱/۲×۱۰$^{-۴}$Sv،کبد۲/۸×۱۰$^{-۵}$Sv،طحال۲/۵×۱۰$^{-۵}$Sv،معده۱/۷×۱۰$^{-۵}$Svو کلیه‌ها۱/۲×۱۰$^{-۵}$Svاست.

بنابراین تخمین دز معادل ناشی از ^{153}Sm در ارگان‌های مختلف بدن انسان با استفاده از روش MIRD و کد MCNP نشان داد که دیگر بافت‌های بدن مقدار دز ناچیزی را در مقایسه با بافت هدف دریافت می‌کنند.

بحث و نتیجه‌گیری:

با توجه به نتایج بررسی میزان دز جذبی در اندام‌ها، به‌منظور استفادهٔ بهینه از روش‌های مختلف تشخیصی و بررسی سود و زیان رسیده به بیمار، پایه و اساس استفاده از رادیو داروها در پزشکی هسته‌ای است. درواقع تخمین صحیح میزان دز جذبی رادیو داروها در کاربردهای تشخیصی و درمانی در پزشکی هسته‌ای، به‌منظور ارزیابی سود و زیان رسیده به بیمار ضروری است؛ که در این پژوهش ملاحظه شد که ^{153}Sm ماکزیمم دز مؤثر در ستون فقرات و محیط اطراف آن را ایجاد می‌کند و دیگر اندام‌های بدن دز مؤثر جزئی یا کم را در مقایسه باانداام هدف دریافت می‌کنند. بعد از اندام هدف بالاترین دز ناشی از چشمهٔ ^{153}Sm به ترتیب در ریه‌ها، کبد، طحال، معده، کلیه‌ها مشاهده شد.

جدول۳:مقایسه دز مؤثر برای ارگان‌های مختلف در این پژوهش و مقادیرمجاز ICRP Publication 103.

ارگان(بافت)	دز مؤثر(Sv)در این پژوهش	دز مؤثر(Sv)،ICRP Publication 103
ستون میانی فقرات(مغز استخوان)	$٦/٤\times١٠^{-٥}$	$٤/٢\times١٠^{-٣}$
ریه‌ها	$١/٤\times١٠^{-٥}$	$١/١٤\times١٠^{-٢}$
کبد	$١/٤\times١٠^{-٦}$	٣×١٠^{-٣}
طحال	$١/٢\times١٠^{-٦}$	$١/٤٤\times١٠^{-٢}$
معده	٢×١٠^{-٦}	$٧/٩\times١٠^{-٣}$
کلیه‌ها	٦×١٠^{-٧}	$١/٤٤\times١٠^{-٢}$

تخمین دز ناشی از ^{153}Sm در اندام‌های مختلف بدن انسان با استفاده از فانتوم MIRD-ORNL و کد MCNPX2.6 و با خطای محاسباتی کد۳/۱۹٪ در این پژوهش و مقایسه با مقادیر مجاز[۹]،طبق جدول۳ نشان داد که دیگر اندام‌های بدن

مقدار دز ناچیزی را در مقایسه باااندام هدف دریافت می‌کنند. درنتیجه مزایای استفاده از رادیو داروی ^{153}Smدر پزشکی هسته‌ای بیش‌تر از خطرات آن است.

مراجع:

[۱].فیزیک سیستم‌های تصویربرداری پزشکی جلد دوم. ترجمهٔ علیرضا کمالی اصل. ۱۳۹٤. تهران: مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

[۲]. رنجبر، حسن. و همکاران،بررسی توزیع شعاعی دز و دز تجمعی رادیو داروهای مورداستفاده در تسکین درد متاستاز استخوان. مجله‌ی علوم و فنون هسته‌ای ۷۳: ٤۲–٤۷، ۱۳۹٤.

[۳].قلی پور پیوندی، رضا. و همکاران،ارزیابی خلوص رادیونوکلئیدی ساماریوم–۱۵۳ تولیدشده از طریق پرتودهی نوترونی ساماریوم طبیعی در راکتور تحقیقاتی تهران. مجله علوم و فنون هسته‌ای (٤۸): ۱۳–۱۶،۱۳۸۸.

[٤]داروسازی هسته‌ای (مفاهیم و کاربردها). ترجمهٔ کمال یاوری و محمد قنادی مراغه،تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۱۳۹۰.

[۵].اطیابی، فاطمه، وهم کاران، داروسازی هسته‌ای. تهران: ۱۳۸٦.

[6].Bahrami-samani M, et al. 2009. Production, quality control and biological evaluation of ^{153}Sm -EDTMP in wildtype rodents. Iran J Nucl Med 17(2): 12-19.

[7].Vigna L, et al. 2011. Characterization of the ^{153}Sm[Sm-EDTMP pharmacokinetics and estimation of radiation absorbed dose on an individual basis. Physica Medica 27: 144-152.

[8].Loevinger,R., Japha,E.M., Brownell, G. L. (1956). Discrete radioisotope sources. Radiationdosimetry, 693-799.

[9].J.VALENTIN ”The2007 Recommendations of the International Commission on RadiologicalProtection”ICRP Publication 103,Approved by the Commission in March 2007.