مقایسه دوز جذبی ناشی از رادیوداروهای تسکینی ^{153}Sm و ^{186}Re در مهره ستون فقرات

جمال محمد علیزاده مالدار، علی‌اصغر مولوی، سیدعلی مهدی‌پور

گروه فیزیک، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

چکیده

متاستاز استخوان یک پیامد مهم ناشی از سرطان‌هایی همچون پروستات، سینه، کلیه، کبد و .... می‌باشد. معمولاً برای تسکین دردهای استخوانی ناشی از این سرطان‌ها از رادیوداروهای Re-HEDP و Sm-EDTMP استفاده می‌شود. هدف از این تحقیق، محاسبه دوز ناشی از رادیوایزوتوپ‌های ^{153}Sm و ^{186}Re روی استخوان مهره، با استفاده از کد مونت‌کارلوی MCNPX می‌باشد. تاکنون محاسبات چندانی بر روی هندسه نسبتا دقیق استخوان مهره صورت نگرفته است. روش این مطالعه، شبیه‌سازی فرایند دریافت دوز به مهره‌ی ستون فقرات به وسیله‌ی پیگیری رادیوایزوتوپ در سطح و حجم استخوان است. در این پژوهش نمونه مهره‌ی ستون فقرات به طور کامل شبیه‌سازی گردید. یکی از نتایج مهم بدست آمده از این پژوهش این است که بهتر است برای تومورهای سرطانی که روی سطح استخوان گسترش دارند از رادیوایزوتوپ ^{153}Sm استفاده شود.

Comparison of deposited dose from ^{153}Sm and ^{186}Re Radionuclides in the spine

Jamal Mohammadalizadeh Maldar, Ali Asghar Mowlavi, Seyed Ali Mahdipour

[1]Department of Physics, Hakim Sabzevari University, Sabzevar

Abstract

The bone metastasis is one of the important causes of cancers such as prostate, breast, kidney, liver and so on. Usually to relieve bone pain caused by cancer, the Re-HEDP and Sm-EDTMP Radionuclides are used. The purpose of this study, is the dose calculation of ^{153}Sm and ^{186}Re Radioisotope in the spine by using MCNPX Monte Carlo code. So far no calculations have been done on the accurate geometry of spine. The method of this study is the simulation of dose absorption in the spine with tracking the radioisotope in the surface and volume of bone. In this study, samples of spine were completely simulated. One of the important results obtained from this research is that, for cancerous tumors that have spread to the bone surface, using of ^{153}Sm is better than ^{186}Re radioisotope.

PACS No. 87, 89

مقدمه

متاستاز استخوانی در بیمارانی اتفاق می‌افتد که دچار سرطانی هستند که در خارج از استخوان‌ها آغاز شده است. مهم‌ترین راه انتشار سلول‌های سرطانی از بافت سرطانی اولیه، جریان خون وریدی است. استخوان از لحاظ شیوع، سومین بافتی است که میزبان سلول‌های سرطانی از بافت‌های دیگر می‌شود. منشأ اکثر متاستازهای استخوانی از سرطان‌های ریه، سینه، پروستات، تیروئید و کلیه است [۱و۲]. متاستاز استخوانی امکان دارد در هر استخوانی ایجاد شود. اما بیش از بقیه موارد، سرطان به استخوان‌هایی گسترش می‌یابد که در نزدیکی مرکز بدن قرار دارند. ستون فقرات رایج‌ترین محل تشکیل متاستاز استخوانی است. دیگر نواحی رایج ایجاد متاستاز استخوانی شامل استخوان ران، استخوان بازو، دنده‌ها، لگن، و جمجمه است. از علائم و نشانه‌های متاستازهای استخوانی می‌توان به درد استخوان، شکستن استخوان‌ها، فشار بر نخاع و بالا رفتن کلسیم خون اشاره کرد [۳]. در این بین، تمایل به استفاده از رادیوایزوتوپ‌ها در درمان ضایعات استخوانی به ویژه تسکین و کاهش درد استخوانی موضوع تازه‌ای نیست، ولی اخیراً مورد توجه مجدد قرار گرفته است. رادیوایزوتوپ‌های قابل‌استفاده بدین منظور عبارت‌اند از: فسفر ۳۲، استرانسیوم ۸۹، ساماریوم ۱۵۳ و رنیوم۱۸۶. در برآورد خطرات ناشی از تابش، اطلاع از مقدار دوز جذب‌شده در اندام‌ها

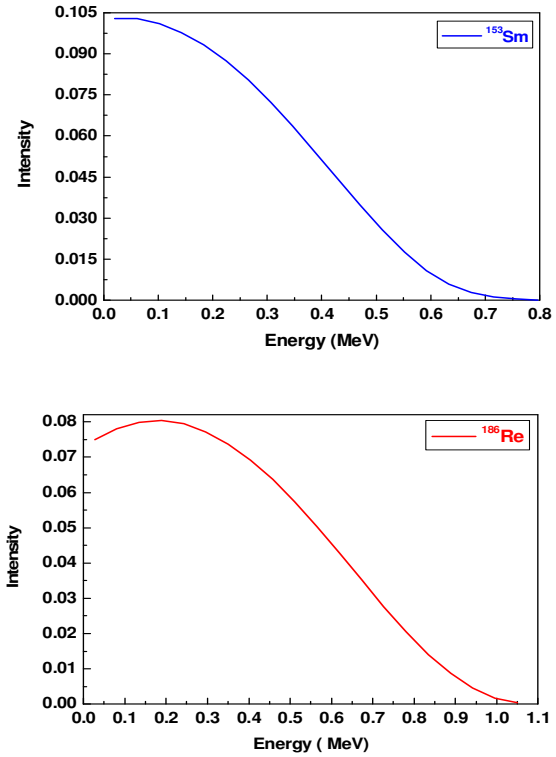
در اثر رادیوداروهای تجویزشده در بخش‌های تشخیصی و درمانی پزشکی هسته‌ای، امری ضروری به نظرمی‌رسد. با توجه به اینکه کد MCNPX توانایی بالایی در شبیه‌سازی ترابرد تابش‌ها، تعریف هندسه‌های پیچیده و محاسبات دوزیمتری دارد، می‌تواند فانتوم بدن انسان را بر اساس معادلات هندسی اعضای بدن شبیه‌سازی کند. تاکنون مطالعه مونت کارلویی بر روی هندسه دقیق ستون فقرات صورت نگرفته است. در این پژوهش ابتدا هندسه مهره ستون فقرات بطور دقیق شبیه‌سازی شده و دوز جذبی رادیوایزوتوپ‌های ^{153}Sm و ^{186}Re در سطح و حجم مهره ستون فقرات محاسبه شده است. هدف از دوزیمتری تومورهای سرطانی، رساندن حداکثر دوز تابشی به تومور و ضایعات اطراف و دوز حداقل یا صفر به بافت سالم می‌باشد.

روش کار

ابتدا داده‌های طیف بتایی ^{153}Sm و ^{186}Re برای ورودی کد تهیه شد، که این طیف‌ها در شکل۱ رسم شده است؛ میانگین انرژی و بیشینه آن نیز در جدول ۱درج گردیده است [۴].

در این تحقیق برای توصیف هندسه مورد نظر، از نمونه‌های واقعی اتاق تشریح دانشکده‌ی علوم پزشکی مشهد و همچنین کتاب‌های آناتومی استفاده شده است. مهره به صورت هندسه-ی استوانه‌ای با شعاع ۳ و ارتفاع ۲ سانتی متر است. همچنین نخاع با هندسه‌ی استوانه‌ای به شعاع ۱ و ارتفاع ۴ سانتی متر می‌باشد. دو غضروف بالا و پایین مهره هم به صورت دو استوانه به شعاع ۳ و ارتفاع ۱ سانتی متر قرارگرفته‌اند.

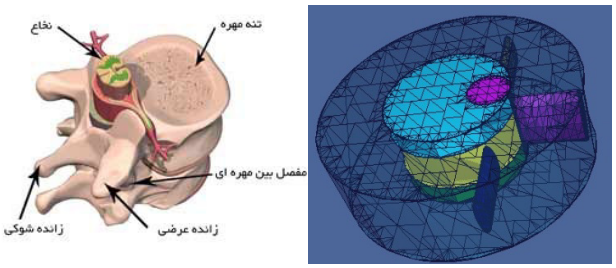
همچنین برای شبیه‌سازی زوائد عرضی و خاری مهره، از هندسه‌ی استوانه‌ای با مقطع بیضوی استفاده شد که ارتفاع استوانه آن‌ها ۳ سانتی‌متر، شعاع مقطع کوچک و بزرگ زائده عرضی به ترتیب ۰/۳ و ۱ سانتی متر و در زائده خاری ۰/۵ و ۱/۵ سانتی متر است. بافت نرم اطراف مهره استوانه‌ای به ارتفاع ۴ سانتیمتر و شعاع ۶ سانتی‌متر می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۱: طیف بتایی ^{153}Sm و ^{186}Re.

جدول۱: مشخصات فیزیکی رادیوایزوتوپ‌های درمانی کاهش درد متاستاز استخوانی [۵].

Radionuclide	Half-life	Max energy (Mev)	Mean Energy (Mev)	Max range (mm)	Gamma
^{153}Sm	1.9 d	0.81 (β)	0.23 (β)	2.5	103
^{186}Re	3.8 d	1.07 (β)	0.349 (β)	4.4	137



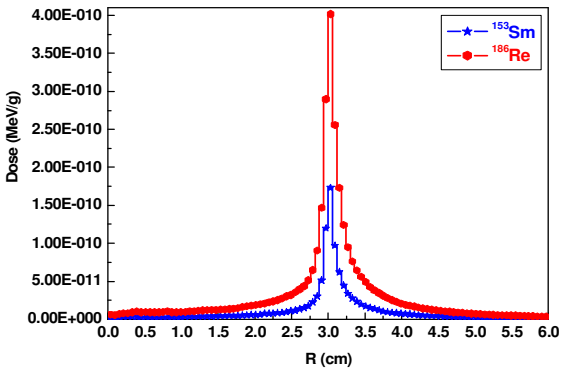
شکل۲: اجرای اصلی و شبیه‌سازی شده مهره ستون فقرات.

برای انجام محاسبات از کد MCNPX که برای ترابرد تابش بسیار قدرتمند است، استفاده شده است. چشمه را بر روی بافت استخوانی و به شعاع ۳ سانتی‌مترقرار داده‌ایم. همچنین فایل ورودی مربوط به طیف بتای رادیوایزوتوپ‌های مربوطه را با مش تالی نوع ۱ نوشتیم و مهره را مش‌بندی ریز نموده و دوز را در بازه‌های کوچک بدست آوردیم.

فانتوم مهره در راستای شعاع به ۱۰۰ و در راستای امتداد مهره (Z) به ۲۰ قسمت تقسیم شده است. برنامه را برای هر رادیوایزوتوپ با ۲۰ میلیون شلیک اجرا کرده و فایل خروجی را به صورت Mdata دریافت نمودیم. به دلیل اینکه این فایل قابل خواندن نیست، آن را با برنامه Gridconv به فایل خروجی تبدیل نمودیم. این فایل، شامل دوز برای هر بازه‌ی انرژی با خطای کمتر از یک درصد است. چگالی بافت استخوانی $1/4\ g/cm^3$، چگالی بافت نرم $1/04\ g/cm^3$، چگالی نخاع $1/03\ g/cm^3$ و چگالی دیسک غضروفی $1/1\ g/cm^3$ می باشد. برای محاسبه دوز از تالی مش نوع ۱ استفاده شد [۶].

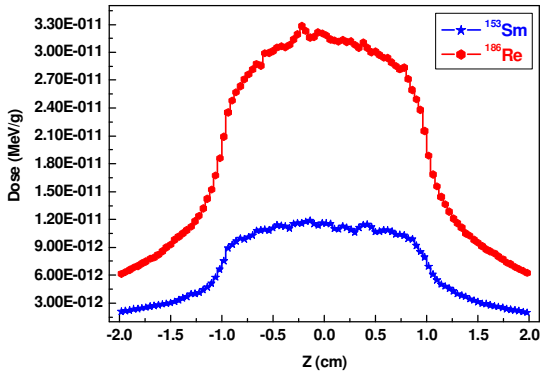
نتایج و بحث

نمودارهای دوز جذبی بر حسب شعاع‌های مختلفی از فانتوم مهره در $Z = 0.1cm$ به ازای یک ذره، برای رادیوایزوتوپ‌های ^{153}Sm و ^{186}Re در شکل ۳ نشان داده شده است.

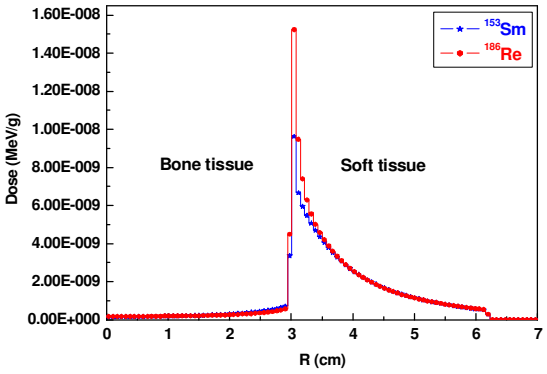


شکل۳: مقایسه نمودارهای توزیع دوز بتایی ^{153}Sm و ^{186}Re در راستای شعاع به ازای یک ذره.

نمودار توزیع دوز در امتداد مهره (بر حسب Z) برای شعاع ۲/۹۷ سانتی‌متر یعنی اندکی درون بافت استخوانی در شکل ۴ رسم گردیده است.

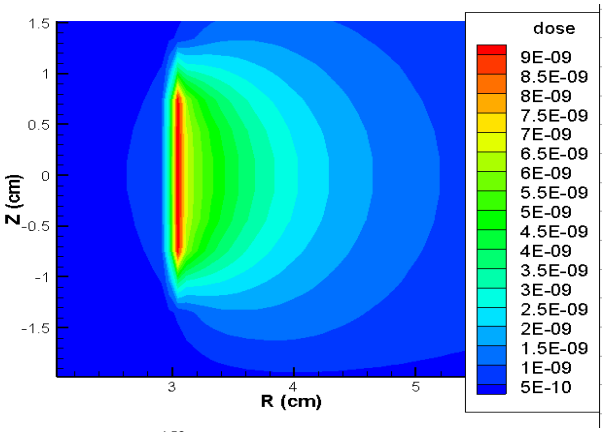


شکل ۴ : مقایسه نمودارهای دوز بتایی ^{153}Sm و ^{186}Re در راستای Z به ازای یک ذره.

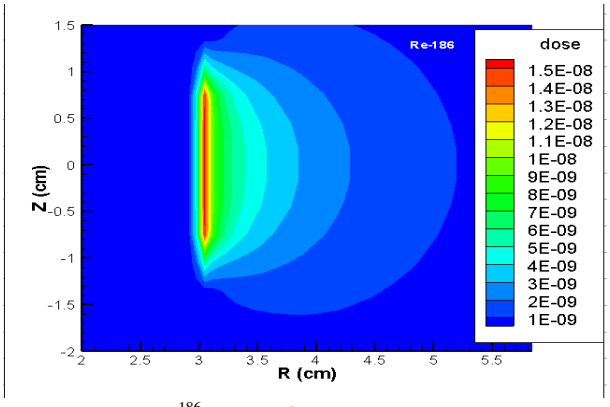


شکل ۵: مقایسه نمودارهای دوز گامایی ^{153}Sm و ^{186}Re در راستای شعاع به ازای یک ذره.

لازم به ذکر است که مختصات مهره در راستای شعاع از صفر تا ۶ سانتی‌متر و در راستای امتداد مهره (Z) از ۲- تا ۲ است. همچنین در شکل ۵ نمودارهای توزیع دوز جذبی بر حسب شعاع‌های مختلف مربوط به طیف گاماهای رادیوایزوتوپ‌های ^{153}Sm و ^{186}Re در همان $Z = 0.1cm$ نیز رسم شده است.



شکل ۶: پروفایل دو بعدی توزیع دوز گامایی ^{153}Sm



شکل ۷: پروفایل دو بعدی توزیع دوز گامایی ^{186}Re

در شکل های ۶ و ۷ پروفایل دوبعدی دوزگامایی هر دو رادیو دارو رسم شده است. با توجه به نمودارهای بتایی توزیع دوز جذبی در راستای شعاع و در امتداد مهره مشاهده می‌شود که توزیع دوز در مکان چشمه ($R = 3$ cm) یعنی روی سطح بافت استخوانی نسبت به بافت‌های دیگر بیشتر است (شکل ۳و ۵)، که با توجه به برد کم ذرات بتا این امر به مورد انتظار بوده است. رادیوایزوتوپ-های ^{153}Sm و ^{186}Re به دلیل برد و خصوصیات طیف انرژی که دارند، برای تومورهای سرطانی که در سطح استخوان گسترش بیشتری دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷].

نتیجه‌گیری

از بین رادیوایزوتوپ‌های مورد نظر ^{153}Sm و ^{186}Re که هم تابش کننده بتا و هم تابش کننده گامایی می‌باشند، با توجه مقایسه نمودار توزیع دوز گامایی در راستای شعاع و همچنین توزیع دوبعدی برای دو رادیوایزوتوپ فوق مشاهده می‌شود که ^{186}Re توزیع دوز کمتری نسبت به ^{153}Smدارد. همچنین پراکندگی عرضی بیشتری در نقطه دوز ماکزیمم و اطراف آن برای رادیو ایزوتوپ ^{153}Sm مشاهده شد.

در این پژوهش، با توجه به نمودارهای توزیع دوز بتایی و گامایی مشاهده شده بهتر است برای تومورهای سرطانی که روی سطح استخوان گسترش دارند از رادیوایزوتوپ ^{153}Sm استفاده شود.

مرجع‌ها

[1] M Andreou, N Lagopati and M Lyra, "*Journal of physics, Conference Series* ", 317, 012013, 2011.

[2] Val j. Lewington, *"J. Nucl. Med"*, Vol 46, No 1 (Suppl), January 2005.

[3] American CanserSocity,*"Bone MetastasOverviev"*, 1.800. ACS.2345, www.cancer.org

[4] ENSDF Decay Data in the MIRD (Medical Internal Radiation Dose) Format for ^{153}Sm. and^{186}Re http://www.orau.org/ptp/PTP%20Library/library/DOE/bnl/nuclidedata/MIRSm153.htm.

[5] Ilora G Finlay, Malcolm D Mason, Mike Shelley, *" THE LANCET Oncology"*,Vol 6, June 2005.

[6] Schneider, E. Pedroni, and A.Lomax, *" Phys.Med. Biol"*, 41, 111-124, 1996.

[7] L.Strigal .R.Sciuto .M.D'Andrea . R.Pasqualoni .M.Benassi .C.Maini, *"Eur. J.Nucl. Mol. Imaging"*, 2007.