

مقایسه دز جذبی ید ۱۳۱ و تکنسیم 99m در اسکن تیروئید توسط کد شبیه‌سازی MCNPX در فانتوم ORNL-MIRD

فاطمه حسن‌پور^{۱*}، علی روحی^۲ و علیرضا صدرممتاز^۱

^۱دانشکده فیزیک، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان، ایران.

^۲دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.

*گیلان، رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده فیزیک، کدپستی: ۴۴۱۹۶-۷۴۴۱۸

پست الکترونیکی: fatemeh.hasanpor1992@gmail.com

چکیده

اسکن تیروئید جهت بررسی انواع اختلالات غده تیروئید و با استفاده از تکنسیم ۹۹ متا استیبل^۱ انجام می‌گیرد. از طریق تصاویر به دست آمده می‌توان اندازه غده تیروئید، میزان برداشت آن در مقایسه با غده بزاقی، بررسی گره‌های تیروئیدی و اختلالات عملکرد آن ارزیابی نمود. با توجه به نمای اسکن، می‌توان بین گره‌های تیروئیدی پرکار (گرم) و یا کم‌کار (سرد) که نیاز به درمان‌های متفاوتی دارند، افتراق قایل شد. بررسی توده‌های گردنی با گسترش به قفسه سینه از دیگر کاربردهای عمده اسکن تیروئید با ید ۱۳۱ است. در این روش ۲۴ ساعت پس از تجویز بسیار اندک ید ۱۳۱، تصویربرداری از منطقه گردن و قفسه سینه انجام می‌شود. هدف از انجام این مقاله شبیه‌سازی ذرات گسیل شده تابش ید ۱۳۱ و تکنسیم ۹۹ متا استیبل، محاسبه و مقایسه دز جذبی این دو رادیو دارو در تیروئید و دیگر اندام‌های اطراف تیروئید همانند ریه، پوست و مغز بود. شبیه‌سازی و محاسبات براساس روش مونت‌کارلو توسط نرم‌افزار^۲ ام سی ان پی ایکس انجام شد. هندسه تیروئید و دیگر اندام‌ها از هندسه فانتوم ORNL-MIRD استفاده شد. دز جذبی در تیروئید و اندام‌های دیگر با افزایش فعالیت افزایش یافت، اما دز جذب شده در اندام‌های دیگر کم‌تر از تیروئید بود. نتایج نشان داد دز جذبی در تکنسیم ۹۹ متا استیبل نسبت به ید ۱۳۱ کم‌تر بود. در بررسی‌های که با ید ۱۳۱ انجام می‌شود میزان پرتوگیری غده تیروئید و کل بدن خیلی بالاست. از طرفی تکنسیم پرتکتات با نیمه عمر ۶ ساعت و انرژی گاما ۱۴۰ کیلو الکترون ولت همانند ید ۱۳۱ جذب غده تیروئید می‌شود. لذا با توجه به امتیازاتی که تکنسیم پرتکتات نسبت به رادیو داروی ید ۱۳۱ دارد می‌توان از جذب تکنسیم پرتکتات به عنوان معیاری جهت ارزیابی عملکرد تیروئید استفاده کرد.

کلیدواژگان: دز جذبی، کد شبیه‌سازی ام سی ان پی ایکس و فانتوم ORNL-MIRD.

۱. مقدمه

هزینه پایی می‌باشد. از جمله رادیو ایزوتوپ‌های مناسب که کاربرد گسترده‌ای در تشخیص و درمان پرکاری و سرطان

ید ۱۳۱ با انتشار گامای ۳۶۴ کیلو الکترون ولت و نیمه عمر فیزیکی ۸/۰۵ روز به سهولت در اختیار قرار دارد و دارای

^۱Tc-99m

^۲MCNPX

استفاده از کد تراپرد تابش با پشتیبانی مناسبی مانند ام سی ان پی با شناخت آناتومی بیمار موجب بهبود قابل توجهی در صحت محاسبات دز خواهد شد.

این مقاله اسکن تیروئید با فانتوم ORNL-MIRD مرد و زن و استفاده از دو رادیو داروی ید ۱۳۱ و تکنسیم ۹۹ متا استیبل تابش شده را با برنامه ام سی ان پی ایکس شبیه سازی می کند.

۲. مواد و روش ها

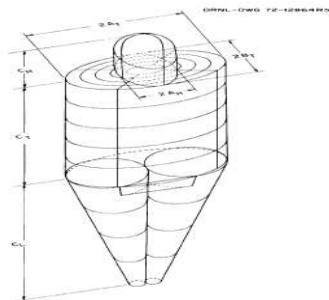
مواد استفاده شده در این مقاله هندسه پایگاه داده -ORNL MIRD است. شکل خارجی فانتوم تقریباً شکل بدن انسان است.

فانتوم شامل اسکلت، ریه و بافت نرم دیگر است. نمای خارجی فانتوم در شکل ۱ نشان داده شده است [۸].

بازوها از تنه جدا شده و اندام های جزئی مانند انگشتان، پا، چانه و بینی حذف می شوند.

در فانتوم هیچ تلاشی برای معرفی تغییرات کوچکی که فرض می شود، تاثیر اندکی بر پراکندگی فوتون ها داشته باشد صورت نگرفته است. به همین ترتیب، توصیف ارگان های داخلی درحالی که در معیارهایی مانند ابعاد، شکل، مکان، ترکیب و چگالی، تقریباً درستند، ارائه فرمول هایی که در یک کامپیوتر دیجیتال قابل محاسبه است ساده می شود.

مشخصات دقیق فانتوم و اندام های داخلی در شکل ۲ آمده است.



شکل (۱): نمای خارجی فانتوم ORNL-MIRD را نشان می دهد.

تیروئید، ردیابی جریان تیروکسین از تیروئید و ارزیابی منحنی جذب ید دارد [۵-۱].

ید ۱۲۳ برای تصویربرداری تیروئید توسط دوربین گاما دارای انتشار گامای ۱۵۹ کیلو الکترون ولت و نیمه عمر فیزیکی ۱۳ ساعت می باشد. بنابراین برای مطالعات متابولیسم تیروئید به کار می رود و کیفیت تصویر فوق العاده ای را فراهم می سازد. همچنین کاربرد ید ۱۲۳ برای مقاصد تشخیصی، ریسک تشعشع را کاهش می دهد.

استفاده از ید ۱۳۱ در تشخیص بیماری های تیروئید، خطر تابش به اندام های مجاور تیروئید که دزی از این تابش را دریافت می کند را ایجاد می کند. یکی از این خطرات، دز زیادی است که توسط مغز، ریه و مغز استخوان دریافت می شود. بیشترین دز دریافت شده توسط این اندام ها منجر به ایجاد آسیب بیش تر در آن ها می شود. برای کاهش این مسئله، ما باید از دز احتمالی پذیرفته شده توسط سلول های سرطانی و اندام ها آگاهی داشته باشیم. یکی از این روش ها، ایجاد شبیه سازی برهم کنش تابش بر اندام ها می باشد. شبیه سازی استفاده شده برای تعیین برهم کنش تابش ذرات، روش مونت کارلو است. یکی از این نرم افزار های مونت کارلو، ام سی ان پی ایکس است، که توسط تیمی از آزمایشگاه ملی لاس آلاموس ایجاد شده است. این نرم افزار می تواند برهم کنش ذرات را با وضعیت واقعی شبیه سازی کند. استفاده از مونت کارلو در تراپرد تابش شیوه ای موثر برای پیش بینی دز جذب شده در یک اندام است. بر طبق کریستیک، کد ام سی ان پی می تواند برای شبیه سازی دز در اندام ها با طراحی هندسه فانتوم به کار رود [۶].

شبیه سازی دیگری توسط آجیتا، که دز جذب شده در براکی تراپی پروستات را محاسبه نموده، نشان داد که محاسبه کد ام سی ان پی می تواند میزان دز را در این اندام تعیین کند [۷].

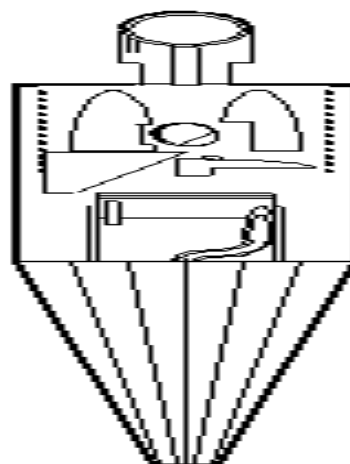
۳. نتایج

جدول (۱): دز جذبی گاما ید ۱۳۱ و تکنسیم ۹۹ متا استیبل در دو اندام تیروئید و پوست به ازای فعالیت های مختلف در فانتوم مرد.

پوست	تیروئید	فعالیت ۲ میلی کوری
۰/۰۰۰۳۴۲۲۶۵	۰/۰۶۷۴۶۸۱۸۶	ید ۱۳۱
$۶,۴۱۴۷۳ \times 10^{-10}$	$۱,۴۱۳۶۲ \times 10^{-7}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
پوست	تیروئید	فعالیت ۳ میلی کوری
۰/۰۰۰۵۱۳۳۹۷	۰/۱۰۱۲۰۲۲۸	ید ۱۳۱
$۹,۶۲۲۱ \times 10^{-10}$	$۲,۱۲۰۴۳ \times 10^{-7}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
پوست	تیروئید	فعالیت ۴ میلی کوری
۰/۰۰۰۶۸۴۵۲۹	۰/۱۳۴۹۳۶۳۷۳	ید ۱۳۱
$۱,۲۸۲۹۵ \times 10^{-9}$	$۲,۸۲۷۲۴ \times 10^{-7}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
پوست	تیروئید	فعالیت ۵ میلی کوری
۰/۰۰۰۸۵۵۶۶۲	۰/۱۶۸۶۷۰۴۶۶	ید ۱۳۱
$۱,۶۰۳۶۸ \times 10^{-9}$	$۳,۵۳۴۰۵ \times 10^{-7}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل

جدول (۲): دز جذبی گاما ید ۱۳۱ و تکنسیم ۹۹ متا استیبل در دو اندام ریه و مغز به ازای فعالیت های مختلف در فانتوم مرد.

ریه	مغز	فعالیت ۲ میلی کوری
۰/۰۰۰۲۶۳۰۵۵	۰/۰۰۰۱۸۰۳۲	ید ۱۳۱
$۵/۱۳۲۲۹ \times 10^{-10}$	$۲/۷۵۴۵۸ \times 10^{-10}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
ریه	مغز	فعالیت ۳ میلی کوری
۰/۰۰۰۳۹۴۵۸۳	۰/۰۰۰۲۷۰۴۸	ید ۱۳۱
$۷/۶۹۸۴۴ \times 10^{-10}$	$۴/۱۳۱۸۷ \times 10^{-10}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
ریه	مغز	فعالیت ۴ میلی کوری
۰/۰۰۰۵۲۶۱۱	۰/۰۰۰۳۶۰۶۴	ید ۱۳۱
$۱/۰۲۶۴۶ \times 10^{-9}$	$۵/۵۰۹۱۶ \times 10^{-10}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
ریه	مغز	فعالیت ۵ میلی کوری
۰/۰۰۰۶۵۷۶۳۸	۰/۰۰۰۴۵۰۷۹۹	ید ۱۳۱
$۱/۲۸۳۰۷ \times 10^{-9}$	$۶/۸۸۶۴۶ \times 10^{-10}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل



شکل (۲): طراحی فانتوم از نمای جلو در کد ام سی ان پی ایکس.

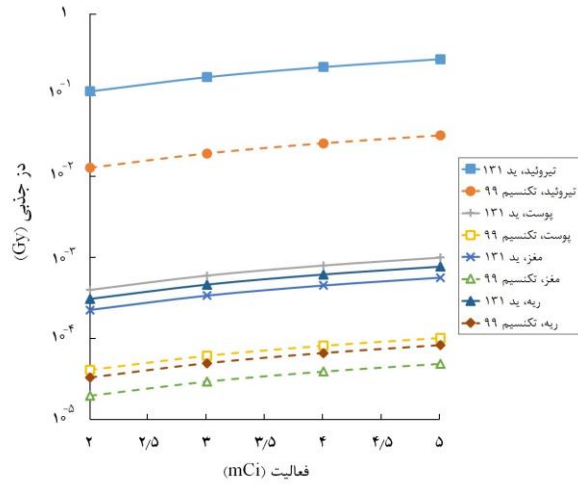
چگالی بافت در ام سی ان پی شامل سه بخش، چگالی اصلی بافت نرم، بافت استخوانی و بافت قلب است. هندسه تیروئید با حجم ۱۹.۹ سانتی متر مکعب طراحی شده و نزدیک به گردن قرار داده می شود.

بعد از ایجاد هندسه فانتوم، دومین گام شبیه سازی گردش تابش از طریق تعریف اولین چشمه تابش است.

چشمه تابش از طریق کارت های SDEF با انرژی گاما ید ۱۳۱ و تکنسیم ۹۹ متا استیبل تعریف شده و به منظور محاسبه از تالی ۸ برای به دست آوردن مقادیر دز جذب شده ارگان استفاده می شود. تالی ۸، ورودی ام سی ان پی است که انرژی جذب شده توسط یک سلول در مدل ام سی ان پی هندسه فانتوم را جمع آوری می کند. فعالیت تابشی با تغییرات ۲،۳،۴،۵ میلی کوری استفاده می گردد.

جدول (۳): دز جذبی گاما ید ۱۳۱ و تکنسیم ۹۹ متا استیبل در دو اندام تیروئید و پوست به ازای فعالیت‌های مختلف در فانتوم زن.

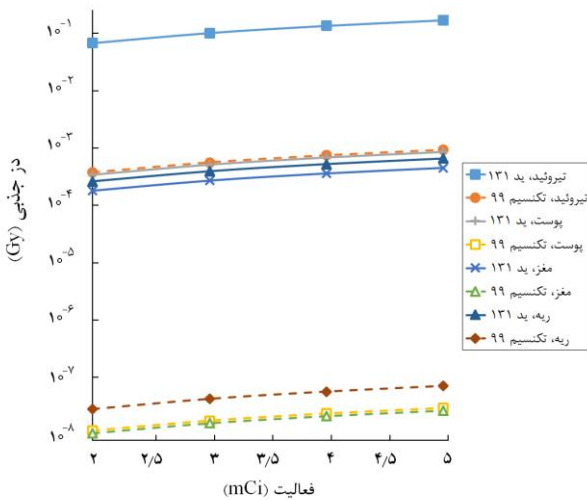
پوست	تیروئید	فعالیت ۲ میلی کوری
۰/۰۰۰۳۹۸۴۹۸	۰/۱۱۱۶۰۹۱۸۵	ید ۱۳۱
$۴/۰۸۴۴۸ \times 10^{-5}$	۰/۰۱۲۷۴۱۲۸۹	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
پوست	تیروئید	فعالیت ۳ میلی کوری
۰/۰۰۰۵۹۷۷۴۷	۰/۱۶۷۴۱۳۷۷۷	ید ۱۳۱
$۶/۱۲۷۲۵ \times 10^{-5}$	۰/۰۱۹۱۱۱۹۳۴	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
پوست	تیروئید	فعالیت ۴ میلی کوری
۰/۰۰۰۷۹۶۹۹۶	۰/۲۲۳۲۱۸۳۷	ید ۱۳۱
$۸/۱۶۹۶۷ \times 10^{-5}$	۰/۰۲۵۴۸۲۵۷۹	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
پوست	تیروئید	فعالیت ۵ میلی کوری
۰/۰۰۰۹۹۶۲۴۵	۰/۲۷۹۰۲۲۹۶۲	ید ۱۳۱
۰/۰۰۰۱۰۲۱۲۱	۰۳۱۸۵۳۲۲۳	تکنسیم ۹۹ متا استیبل



نمودار ۱: مقایسه دز جذبی دو رادیونوکلئید ید ۱۳۱ و تکنسیم ۹۹ متا استیبل برحسب فعالیت در فانتوم زن.

جدول (۴): دز جذبی گاما ید ۱۳۱ و تکنسیم ۹۹ متا استیبل در دو اندام ریه و مغز به ازای فعالیت‌های مختلف در فانتوم زن.

ریه	مغز	فعالیت ۲ میلی کوری
۰/۰۰۰۳۰۸۶۳۸	۰/۰۰۰۲۲۵۶۶۸	ید ۱۳۱
$۳/۳۱۵۶۶ \times 10^{-5}$	$۱/۹۶۰۹۱ \times 10^{-5}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
ریه	مغز	فعالیت ۳ میلی کوری
۰/۰۰۰۴۶۲۹۵۷	۰/۰۰۰۳۳۸۵۰۲	ید ۱۳۱
$۴/۹۷۳۶۹ \times 10^{-5}$	$۲/۹۴۱۴۷ \times 10^{-5}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
ریه	مغز	فعالیت ۴ میلی کوری
۰/۰۰۰۶۱۷۲۷۵	۰/۰۰۰۴۵۱۳۳۷	ید ۱۳۱
$۶/۶۳۱۳۳ \times 10^{-5}$	$۳/۹۲۱۸۲ \times 10^{-5}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل
ریه	مغز	فعالیت ۵ میلی کوری
۰/۰۰۰۷۷۱۵۹۴	۰/۰۰۵۶۴۱۷۱	ید ۱۳۱
$۸/۲۸۹۱۶ \times 10^{-5}$	$۴/۹۰۲۲۸ \times 10^{-5}$	تکنسیم ۹۹ متا استیبل



نمودار ۲: مقایسه دز جذبی دو رادیونوکلئید ید ۱۳۱ و تکنسیم ۹۹ متا استیبل برحسب فعالیت در فانتوم مرد.

۴. نتیجه گیری

در دو فانتوم مرد و زن بیش‌ترین دز جذبی در دو رادیو دارو مربوط به تیروئید بوده است و کم‌ترین دز جذبی مربوط به مغز بوده است.

شبیه‌سازی مونت‌کارلو این توانایی را داشت که مقدار دز را در سلول‌های سرطانی و اندام‌های اطراف سلول‌های سرطانی قبل از انجام درمان واقعی پیش‌بینی کند. نتایج محاسبات نشان داد که دز جذب شده در تیروئید با افزایش اکتیویته ید ۱۳۱ و

نسبت به ید ۱۳۱ به اندام‌ها وارد می‌کند. بنابراین جایگزین مناسبی در کاربردهای تصویربرداری پزشکی هسته‌ای می‌تواند باشد تکنسیم ۹۹ متا استیل با انرژی ۱۴۰ کیلو الکترون ولت و نیمه عمر ۶ ساعت برتری‌هایی نسبت به ید ۱۳۱ دارد که ما با شبیه‌سازی مونت کارلو به این نتیجه مطلوب رسیده‌ایم.

سدیم پر تکنئات در دو فانتوم مرد و زن افزایش یافت اما دز جذب شده در دیگر اندام‌های اطراف تیروئید همانند ریه، پوست و مغز نسبت به تیروئید کم‌تر بود. از این رو اثر ۵ میلی‌کوری هنوز در دیگر اندام‌ها اطراف تیروئید کم‌تر بوده، بنابراین تاثیر قابل توجهی روی اندام‌های دیگر نداشت. اما نکته اساسی در این جاست رادیو داروی سدیم پر تکنئات دز کم‌تری

۶. مراجع

- [1] Vini L and Harmer C (2000) Radioiodine treatment for differentiated thyroid cancer.
- [2] Matheoud R, Canzi C, Reschini E, Zito F, Voitini F, Gerundini P (2003) Tissue-specific dosimetry for radioiodine therapy of the autonomous thyroid nodule.
- [3] Kim WG, Ryu JS, Kim EY, Lee JH, Baek JH, Yoon JH, Hong SH, Kim ES, Kim TY, Kim WB, Shong YK (2010) Empiric high-dose Iodine-131 therapy lacks efficacy for treated papillary thyroid cancer patients with detectable serum thyroglobulin, but negative cervical sonograph and ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography scan.
- [4] Sgouros G, Hobbs RF, Atkins FB, Nostrand DV, Ladenson PW, Wahl RL (2011) Three-dimensional radiobiological dosimetry (3D-RD) with ¹²⁴I PET for ¹³¹I therapy of thyroid cancer.
- [5] Cooper DS, Doherty GM, Haugen BR, Kloos RT, et al. (2006) Management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer.
- [6] Krstic, Dragana, et al. (2014) MCNP Simulation of the dose distribution in Liver cancer treatment for BNC therapy.
- [7] Agita A (2011) Simulation Penentuan Dosis Serapan Pada Brachytherapy Prostat Menggunakan Software MCNP5.
- [8] Cristy M (1980) Mathematical Phantom Representing Children of Various Ages for Use in Estimates of Internal dose. Oak Ridge National Laboratory.