ارمغان دانش، مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی یاسوج
دوره ۲۶، شماره۱، فروردین و اردیبهشت۱۴۰۰(شماره پی در پی ۱۴۴)

# ارزیابی دوز جذبی تیروئید حین تصویربرداری از قفسه سینه به روش شبیه‌سازی مونت کارلو(DOSXYZnrc)

**فریبا قهرمانی [۱]، ذاکر صالحی [۲*]**

[۱]کمیه تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی یاسوج، یاسوج، ایران، [۲]گروه پرتوشناسی، دانشگاه علوم پزشکی یاسوج، یاسوج، ایران

تاریخ وصول: ۱۳۹۹/۰۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۴

## چکیده

**زمینه و هدف**: رادیوگرافی از قفسه سینه یکی از رایج‌ترین تصویربرداری‌های اشعه ایکس است که در سراسر دنیا انجام می‌شود. در حین این فرآیند به جز قفسه سینه بافت‌های دیگری از جمله تیروئید نیز در معرض پرتوگیری هستند. با توجه به این که یکی از مهم‌ترین ریسک فاکتورهای سرطان تیروئید پرتوهای یونیزان است، اندازه‌گیری میزان جذب این پرتوها در تیروئید اهمیت ویژه ای دارد. هدف از این مطالعه تعیین و ارزیابی دوز جذبی تیروئید حین تصویربرداری از قفسه سینه به روش شبیه‌سازی مونت کارلو بود.

**روش بررسی**: این مطالعه توصیفی در سال ۱۳۹۹ در دانشگاه علوم پزشکی یاسوج انجام شد. در این مطالعه ابتدا با استفاده از BEAMnrc دستگاه رادیوگرافی ROX ساخت شرکت زیمنس به روش کدگذاری مونت کارلو شبیه‌سازی شد و سپس با استفاده از تصاویر سی‌تی اسکن قفسه سینه به دست آمده از بیماران و به روش CTCREATE فانتوم قفسه سینه طراحی و انرژی‌های ۱۰۰ و ۷۰ و ۸۰ کیلوالکترون ولت در کد مونت کارلو استفاده شدند. ۳۰۰ میلیون ذره در شبیه سازی BEAMnrc و ۱۰۰ میلیون ذره در شبیه‌سازی DOSXYXnrc استفاده شد. دز جذب شده در تیروئید با استفاده از BEAMdp و از روی خروجی‌های به دست آمده در شبیه سازی BEAMnrc محاسبه شد. هم‌چنین با استفاده از نرم‌افزار اکسل نمودار PDD برای انرژی‌های مختلف رسم و تجزیه و تحلیل شد.

**یافته‌ها**: نتایج نشان داد که D/Dmax در مختصات مختلف شامل مقادیر متفاوتی در بازه ۰/۵۴ تا ۶/۹۱ می باشند. خطای محاسبات از ۰/۳۲ تا ۱۸/۷۳ درصد محاسبه شد. همچنین مقادیر به دست آمده در نمودارهای PDD نسبت به پژوهش‌های مشابهی که از روش‌های متفاوتی در دزیمتری استفاده کرده اند به طور نسبی دقت بالاتری را نشان دادند.

**نتیجه‌گیری**: این مطالعه نشان داد که جذب دز در تیروئید در همه محدوده‌های انرژی که به طور معمول در رادیوگرافی قفسه سینه انجام می‌شود وجود دارد. نتایج نشان داد در برخی از نقاط مقدار دز جذبی بیش از ۶ برابر دز سطحی بوده است.

**واژه‌های کلیدی**: مونت کارلو، گرافی قفسه سینه، شبیه سازی، اشعه ایکس

***نویسنده مسئول : ذاکر صالحی**، یاسوج، دانشگاه علوم پزشکی یاسوج، گروه پرتوشناسی

**Email:**Phyzaker@gmail.com

**مقدمه**

در رادیوگرافی با تابش پرتو ایکس بر بدن تصویرهایی را بر روی کلیشه یا پرده‌های حساس تولید می‌کنند. پرتونگارها با انتقال اشعه ایکس از بدن بیمار و ایجاد غیر یکنواختی در آن، بر روی گیرنده تصویر تشکیل می‌دهند(۱).

در رادیوگرافی‌های قفسه سینه اعضای مجاور دیگر نیز در معرض تابش اشعه ایکس قرار می‌گیرند که ممکن است خطراتی برای بیماران داشته باشد، از جمله این خطرات می‌توان به افزایش احتمال ایجاد سرطان با تابش دوزهای تکرار شونده اشعه ایکس اشاره کرد. ممکن است در نتیجه برخورد مستقیم و جذب فوتون‌های اشعه ایکس در سلول، تخریب بافت‌های زنده رخ دهد(۲). آسیب‌های وارده به DNA و کروموزوم‌ها از آسیب‌های متداول ناشی از برخورد اشعه ایکس با بافت‌ها است، در اثر تابش اشعه ایکس به بدن نقص کروموزومی نیز ممکن است ایجاد شود که سال‌ها پس از آن آسیب پدیدار می‌گردد(۳). پرتوهایی با انتقال خطی انرژی بالا(LET) مانند نوترون و ذرات آلفا به طور مستقیم باعث آسیب به کروموزوم‌ها می‌گردند، ولی پرتوهایی با انتقال خطی انرژی پایین مانند پرتو ایکس و گاما به طور غیر مستقیم یعنی با ایجاد رادیکال‌های آزاد باعث آسیب به کروموزوم می‌شوند. تغییرات پایدار شامل حذف، مضاعف شدن، واژگونی، جابه جایی، دخول و ایزو کروموزوم می‌باشد(٤).

یکی از بافت‌هایی که در حین پرتوگرافی قفسه سینه پرتوگیری می‌کند بافت تیروئید است(٥). غده تیروئید دو هورمون مرتبط به هم تولید می‌کند که تیروکسین و تیرویدوتیرونین نام دارند. این هورمون‌ها که اثرات خود را از طریق گیرنده‌های هورمون تیروئید الفا و بتا اعمال می‌کنند نقش بسیار مهمی در تمایز سلول‌ها در طی مراحل تکاملی بدن بازی می‌کنند و همچنین به حفظ هومئوستاز ترموژنیک و متابولیک در بدن افراد بالغ کمک می‌کنند(٦). در نتیجه با توجه به حساسیت تیروئید نسبت به پرتو ایکس لازم است دز جذبی ناشی از اشعه ایکس در این بافت ارزیابی و محاسبه شود.

یکی از ابزارهای محاسبه و ارزیابی دز جذبی در بافتها مونت کارلو است(۷)، مونت کارلویک روش مبتنی بر محاسبات کوانتومی بر پایه رفتار تصادفی ذرات که دوز توزیع شده را به وسیله الگوریتم‌های متفاوتی بررسی می‌کند(۸)، محاسبات مونت کارلو در مقایسه با بسیاری دیگر از روش‌های دزیمتری دقت بالاتری داراست. برخی از معروفترین آن‌ها شامل شبیه‌سازی ذراتی با رفتارهای تصادفی، تخمین دوز تجمعی و ضرایب پراکندگی است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این روش شبیه‌سازی باعث صرفه جویی در وقت و هزینه می‌شود و روند شبیه سازی را ساده و پربازده می‌کند و این کار منجر به انجام شبیه‌سازی‌های پیچیده با سرعت بالاتر می‌شود. در

این روش هرچه داده‌ها تصادفی‌تر انتخاب شوند دقت محاسبات افزایش می‌یابد(۹).

مونت کارلو دارای کدهای زیادی در زمینه‌های مختلف در زمین شبیه سازی پرتوهای یونزا است(۱۱ و۱۰). کد بیم (BEAMnrc)نقش مهمی در شبیه‌سازی دستگاه‌های رادیوگرافی و شتاب دهنده‌های خطی دارد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از بررسی‌های انجام شده در زمینه درمان به وسیله مونت کارلو در اروپا با استفاده از شبیه ساز بیم (BEAMnrc)انجام می‌شود. در این روش جهت جلوگیری از تکرار روند عادی انتقال ذرات، مجموعه‌ای گسترده از بخش‌های از پیش تعریف شده را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. هم‌چنین تولید فایل‌های 3DDose به وسیله ثبت مکان، انرژی، مختصات ذره، انحراف از میانگین، اکسپوژر و دوز جذبی که این امکان را به کاربر می‌دهد که از آنها در شبیه‌سازی‌های بعدی استفاده کند هم جزو تکنیک‌های این شبیه‌ساز است(۹). لذا هدف از این مطالعه تعیین و ارزیابی دوز جذبی تیروئید حین تصویربرداری از قفسه سینه به روش شبیه‌سازی مونت کارلو بود.

**روش بررسی**

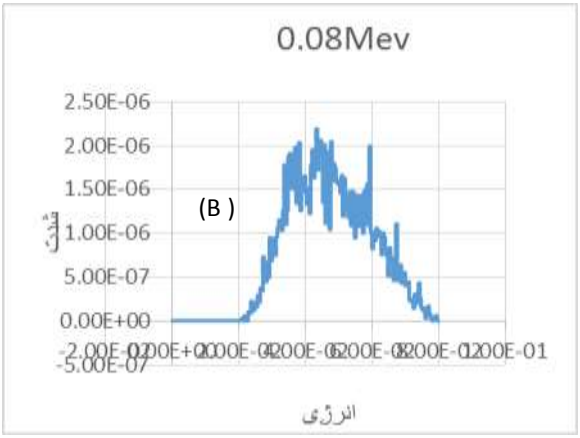
این مطالعه توصیفی در سال ۱۳۹۹ در دانشگاه علوم پزشکی یاسوج انجام شد. در این مطالعه از تصاویر سی تی بیماران جهت ساخت یک فانتوم دیجیتال قفسه سینه ـ تیروئید استفاده شد. لازم به ذکر است تصاویر استفاده شده بدون نام و اطلاعات بیمار بوده و ملاحظات اخلاقی مربوطه در استفاده از تصاویر در نظر گرفته شد. بر اساس فایل منوال دستگاه رادیوگرافی موجود در بیمارستان شهید بهشتی یاسوج، متغییرهای لازم جهت شبیه‌سازی استخراج و در نرم‌افزار شبیه‌ساز BEAMnrc جاگذاری شد. شبیه‌سازی با ۳۰۰ میلیون ذره در طی زمان ۲ ساعت برای سر دستگاه(تیوپ اشعه ایکس و فیلتر آلومینیومی) انجام شد. زبانه‌های فوتواکتریک، ریلی و کامپتون در شبیه‌سازی فعال شدند. اعداد تصادفی لازم برای شبیه‌سازی از طریق تابع راندوم اکسل تعیین و جایگذاری شد. آند تیوپ اشعه ایکس بر مبنای ضخامت مشخص شده در فایل منوال دستگاه تعیین شد فضای روبروی آند خلاء و فضای پشت آند (هولدر)، مس تعیین شد. جهت اطمینان از درستی محاسبات نتایج حاصل از شبیه‌سازی با استفاده از اعداد تصادفی جدید تکرار و انحراف از معیار داده‌ها محاسبه شد، در ادامه با استفاده از شبیه‌ساز دوز(DOSExyz) فانتوم قفسه سینه شامل تیروئید با استفاده از تصاویر سی‌تی یک بیمار به شکل یک فانتوم دیجیتال ساخته شد. این کار به وسیله CTCREATE و بر مبنای مختصات‌های به دست آمده از نرم افزار IMAGE J انجام شد. نسبت دوز به دوز ماکسیمم در نقاط مختلف تیروئید با ۱۰۰ میلیون ذره محاسبه شد.

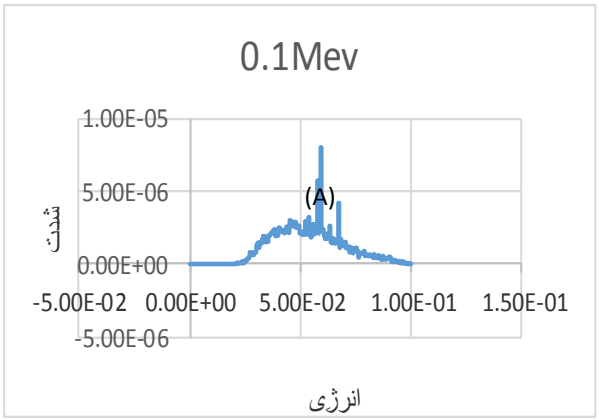
داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار اکسل و تجزیه و تحلیل شدند. جهت آنالیز نتایج مقدار

دز در هر مختصات و برای هر سه انرژیِ نسبت به دز ماکزیمم به دست آمد(D/Ds) و مقدار به دست آمده با پژوهش‌های پیشین مقایسه شد تا میزان دقت شبیه‌سازی در مقایسه با دیگر روش‌های دزیمتری ارزیابی شود.

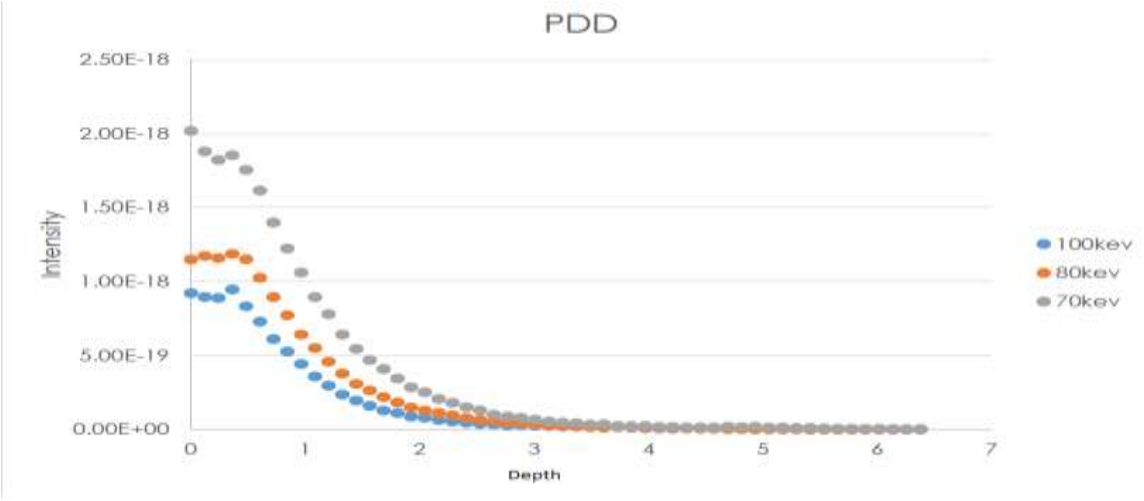
**یافته‌ها**

نتایج مطالعه نشان داد که طیف به دست آمده از طریق شبیه سازی مونت کارلو دارای دقت قابل توجهی است (شکل ۱؛ AوB). این طیف‌ها با استفاده از ۳۰۰ میلیون ذره و با فیلتر ذاتی دستگاه به دست آمده‌اند. در ادامه، درصد دز جذبی برای انرژی‌های مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که برای به دست آوردن این نمودار از ۳۰۰ میلیون ذره در شبیه سازی بیم (BEAMnrc)و ۱۰۰ میلیون ذره در شبیه‌سازی دوز(DOSExyz) استفاده شد. جهت استفاده از تیروئید در شبیه‌سازی دوز (DOSExyz) فانتوم دیجیتال تیروئید از روی تصاویر سی‌تی آن به دست آمد(شکل ۳). همان‌طور که در شکل مشخص است از بافت‌های مختلف از جمله؛ هوا، عضله، استخوان و تیروئید در ساخت این فانتوم دیجیتال استفاده شده‌اند. این فانتوم با ۵۷ سطح با کمترین ضخامت و بیشترین دقت ممکن ساخته شده است.

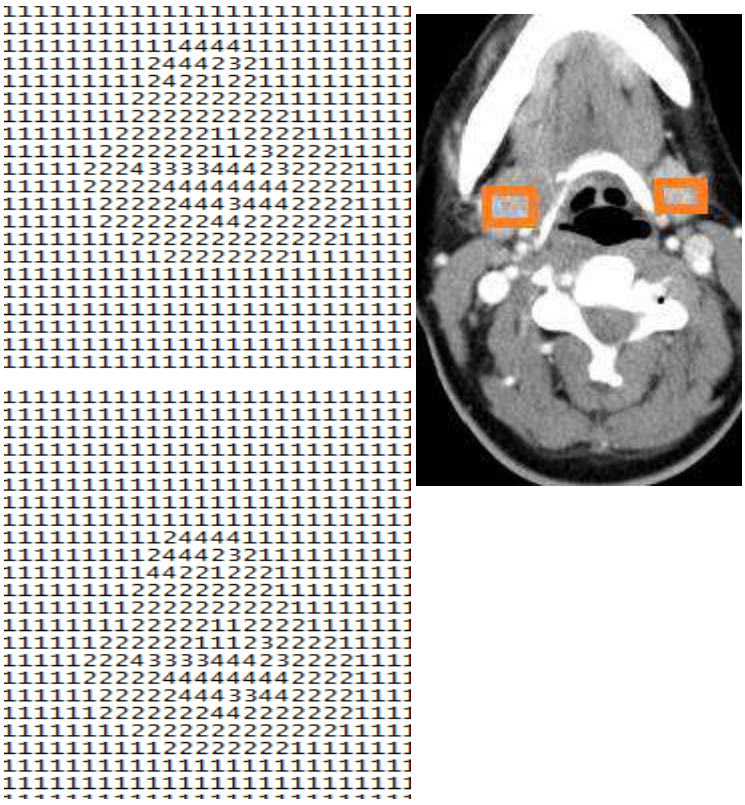



**شکل۱: طیف اشعه ایکس 100 کیلو الکترون ولت مورد استفاده جهت تصویربرداری CXR**، A: انرژی ۱۰۰ کیلوالکترون ولت، B: انرژی ۸۰ کیلوالکترون ولت




**شکل۲: نمودار درصد دز جذبی برای سه انرژی ۷۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلو الکترون با استفاده از ۳۰۰ میلیون ذره در شبیه سازی بیم (BEAMnrc)و ۱۰۰ میلیون ذره در شبیه سازی دز(DOSExyx)**



**شکل۳: نمایی از فانتوم دیجیتال معادل تیروئید که با استفاده از داده‌های‌آي سي آر يو(521 ICRU) ساخته شده و در شبیه‌سازی دوز (DOSExyz) استفاده شد**

**بحث**

نظر به استفاده روز افزون از دستگاه‌های رادیوگرافی در پزشکی و همچنین جایگاه تصویربرداری در تشخیص بیماری‌ها، بررسی رفتار اشعه ایکس در حین برخورد با بافت‌های بدن اهمیت ویژه‌ای دارد. یکی از روش‌های پر استفاده در تشخیص، رادیوگرافی قفسه سینه می‌باشد که در حین این تصویربرداری بخشی از اشعه یونیزان در بقیه اندام‌ها ازجمله تیروئید جذب می‌شود. روش‌های متفاوتی برای ارزیابی دز جذب شده وجود دارد که یکی از این روش‌ها شبیه‌سازی مونت کارلو است. هدف از این مطالعه تعیین و ارزیابی دز جذبی تیروئید حین تصویربرداری از قفسه سینه به روش شبیه‌سازی مونت کارلو بود.

در ساخت فانتوم دیجیتال از ٤ بافت؛ هوا، آب، تیروئید و استخوان استفاده شد. برای ساخت این فانتوم از فایل ICRU 521 استفاده شد که منطبق بر استانداردهای بین‌المللی حفاظت اشعه می‌باشد. در این فانتوم مختصات دهی برای پیکسل‌های مربوط به تصاویر سی‌تی‌اسکن به شکل ۲۷ در ۲۷ در ٥٤ بوده است که با توجه به محدودیت شبیه‌سازی حداکثر ٥٤ اسلاید برای مختصات Z در نظر گرفته شد. در اسلایدهای اول و دوم از فانتوم دیجیتال عمدتاً هوا و پوست مشخص است و از اسلاید سوم فانتوم دیجیتال آهسته آهسته تیروئید پدیدار می‌شود تا این که در اسلاید ١٤ نقش تیروئید پدیدار می‌شود. هر برش سی‌تی اسکن معادل٥ ـ ٤ برش یا اسلاید فانتوم دیجیتال می‌باشد. بخش مربوط به تیروئید در کنار استخوان هایوییـد در کنار فانتوم دیجیتال وجود دارد.نسبت دوز به دوز ماکسیمم با توجه به میزان خطای مختصات Z بررسی شد که کمترین خطا در انرژی 100 کیلوالکترون ولت معادل ۰/۰۵۳ درصد می‌باشد که نشانگر دقت بالای شبیه‌سازی است. در این مختصات مقدار نسبت دوز به دوز ماکسیمم محاسبه شد. با توجه به میزان پایین خطا می‌توان مقدار دز را در این نقطه، مقدار قابل قبولی در نظر گرفت. این مقدار با نتیجه به دست آمده در تحقیقی که در دانشگاه توکیو انجام گرفت(۱۲)، قابل مقایسه است. در آن تحقیق مقدار دوز ماکسیمم معادل ۹۰ و مقدار دز تیروئید معادل ۳۰ میکروسیورت محاسبه شد و نسبت دز به دوز ماکسیمم حدوداً معادل مقدار به دست آمده در تحقیق جاری است. باید این نکته را در نظر گرفت که در آن تحقیق از فانتوم معادل بدن استفاده شده و در تحقیق جاری از تصاویر بیمار و به نظر می‌رسد اختلاف جزیی بین نتایج حاصل از این اختلاف در روش کار باشد. در مختصات دوم خطا برای انرژی ۱۰۰ کیلوالکترون ولت برابر ۰/۵۹ درصد می‌باشد، ولی دز جذبی ٥ برابر دز ماکسیمم می‌باشد. با توجه به مقدار پایین خطا می‌توانیم نتیجه بگیریم که این مقدار دز اگر چه بالاتر از مقدار انتظار می‌باشد، ولی قابل قبول است. این مقدار به شکل چشمگیری بالاتر از مقدار قبلی است که احتمالاً به دلیل نزدیکی به استخوان هایوییـد می‌باشد. با توجه به اثر فوتوالکتریک و محدوده انرژی اشعه(انرژی‌های کم) و با در نظر

گرفتن این که عدد اتمی بالا(استخوان) و انرژی‌های کم تأثیر بسیار بالایی در اثر فوتوالکتریک دارد می‌توانیم نتیجه بگیریم که جذب در استخوان مقدار بالایی را به خودش اختصاص می‌دهد. در مختصات سوم مقدار دوز به دوز ماکسیمم ۰،۰۸ می‌باشد و مقدار خطا ۱۸/۷ درصد می‌باشد. یکی از دلایل میزان بالای خطا به خاطر تعداد ذرات در این نقطه می‌باشد، با توجه به این که این مختصات نقطه ایست که در حاشیه غضروف قرار دارد و اطلاعات غضروف به شکل بافت نرم در ساخت فانتوم وارد شده است، این خطا می‌تواند به خاطر خطای تعریف غضروف به عنوان بافت نرم باشد. در انرژی ۷۰ کیلو الکترون ولت می‌توان گفت میزان خطا نسبت به انرژی ۱۰۰ کیلو اکترون ولت تا حدودی کمتر است. نتایج نشان داد که نسبت دوز به دوز ماکسیمم در محدوده ۴/۹ـ۱/۵ می‌باشد و خطا در همه مختصات‌ها کمتر از ۱۵ درصد است. نکته قابل توجه در این تحقیق این بود که دز جذبی در انرژی‌های پایین کمتر از دز جذبی در انرژی ۱۰۰ کیلو الکترون ولت نمی‌باشد. پرتوهای پراکنده، تابش ریلی و اثر رولت روسی از جمله دلایل احتمالی این نتایج است. البته باید به این نکته توجه کرد که در شبیه‌سازی ۷۰ کیلوالکترون مقدار کیلو ولتاژ بیشتر شده و مقدار میلی‌آمپر و شدت جریان ثابت می‌ماند در نتیجه تعداد پرتوهای اولیه تغییری نکرده است.

در این مطالعه میزان دز جذبی تیروئید محاسبه شده است که محققان از نتایج این مطالعه می‌توانند به کمک روش‌های کشت سلولی و متدهای مرسوم در رادیو بیولوژی ریسک سرطان تیروئید در حین مواجهه با پرتو را تخمین بزنند

## نتیجه‌گیری

مقدار دز محاسبه شده در تیروئید مقدار نسبتاً بالایی را نسبت به دز ماکزیمم دارا بود. جذب دز در تیروئید در همه محدوده‌های انرژی از ۷۰ تا ۱۰۰ کیلوالکترون ولت که به طور معمول در رادیوگرافی قفسه سینه انجام می‌شود، مشاهده شد. با توجه به آسیب‌های ناشی از اشعه، کاهش تعداد گرافی‌های غیرضروری می‌تواند در کاهش پرتوگیری بیماران مؤثر باشد.

## تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکترای عمومی رشته پزشکی در دانشگاه علوم پزشکی یاسوج با کد اخلاق IR.YUMS.REC.1399.035 می‌باشد. بدین وسیله از همکاری صمیمانه کلیه کسانی که در مراحل مختلف این مقاله ما را همراهی کردند تقدیر می‌شود.

## REFRENCES

1.Brant WE , Helms CA. Fundamentals of diagnostic radiology . 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2012; 5-15.
2.Haring JI, Jansen Lind L. Dental radiography: principles and techniques. 1st ed. Philadelphia: Saunders; 1996; 12, 73, 39-41.
3.Liu Y, Su L, Xiao H. Review of Factors Related to the Thyroid Cancer Epidemic. Int J Endocrinol 2017; 2017:5308635.
4.Abdollahi H, shiri I, heydari M. Medical Imaging Technologists in Radiomics Era: An Alice in Wonderland Problem. Iran J Public Health 2019; 48(1): 184-6.
5.Brix G, Lechel U, Veit R, Truckenbrodt R, Stamm G, Coppenrath EM, et al. Assessment of a theoretical,formalism for dose estimation in CT: an anthropomorphic phantom study. Eur Radiol 2004; 14(7): 1275-84.
6.Kasper F, Hauser L, Jameson L. Harrisons principles of internal medicine. 19th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2015; 2284-300.
7.Spezi E, Lewis G. An overview of monte carlo treatment planning for radiotherapy. Radiat Prot Dosimetry 2008; 131(1): 123-9.
8.Brualla L, Rodriguez M, Lallena AM. Monte Carlo systems used for treatment planning and dose verification. Strahlenther Onkol 2017; 193(4): 243-59.
9.Kroese DP, Brereton T, Taimre T, Botev ZI. Why the monte carlo method is so important today. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics 2014; 6(6): 386-92.
10.Salvat F, Fernández-Varea JM, Sempau J. Penelope-2008: A code system for Monte Carlo simulation of electron and photon transport. the Workshop Proceedings, Barcelona, OECD Publications, 2006, 16.
11.Rogers DW. Fifty years of monte carlo simulations for medical physics. Phys Med Biol 2006; 51(13): R287-301.
12.Huda W, Nickoloff EL, Boone JM. Overview of patient dosimetry in diagnostic radiology in the USA for the past 50 years. Med Phys 2008; 35(12): 5713-28.

Armaghane-danesh, Yasuj University of Medical Sciences Journal (YUMSJ)

Original Article

# Evaluation of Thyroid Absorption Dose During Chest Imaging by Monte Carlo Simulation (DOSXYZnrc)

**Ghahremani F[1], Salehi Z[2*]**

[1]Student Research Committee, Yasuj University of Medical Sciences, Yasuj, Iran, [2]Department of Radiology, Yasuj University of Medical Sciences, Yasuj, Iran

Received: 17 Aug 2020 Accepted: 05 Oct 2020

## Abstract:

**Background & aim:** Chest radiography is one of the most common X-ray imaging procedures performed worldwide. During this process, in addition to the thorax, other tissues, including the thyroid, are exposed to radiation. Due to the fact that one of the most important risk factors for thyroid cancer is ionizing radiation, measuring the absorption of these rays in the thyroid is of particular importance. The aim of the present study was to determine and evaluate the absorbed dose of thyroid during chest imaging by Monte Carlo simulation method.

**Methods:** the present descriptive study was performed in 2020 at Yasuj University of Medical Sciences. In this study, ROEM radiographic device made by Siemens company was first simulated using Monte Carlo coding method using BEAMnrc. Then, using CT scan images of the chest obtained from the patients and by CTCREATE phantom-chest method, the design and energies of 100, 70 and 80 kV in Monte Carlo code were used. 300 million particles were used in the BEAMnrc simulation and 100 million particles in the DOSXYXnrc simulation. Thyroid uptake was calculated using BEAMdp from the outputs obtained in the BEAMnrc simulation. PDD diagrams for different energies were also drawn and analyzed using Excel software.

**Results:** The results showed that D / Dmax in different coordinates include different values in the range of 0.54 to 6.91. The calculation error was calculated from 0.32 to 18.73%. As well as, the values obtained in PDD diagrams showed relatively higher accuracy than similar studies that used different methods in dosimetry.

**Conclusion**: This study showed that dose absorption in the thyroid is present in all energy ranges that are typically performed on chest radiography. The results showed that in some places the amount of absorbed dose was more than 6 times the surface dose.

**Keywords:** Monte Carlo, CXR, DOSExyznrc, BEAMdp

***Corresponding author: Salehi Z,** Department of Radiology, Yasuj University of Medical Sciences, Yasuj, Iran
**Email:**Phyzaker@gmail.com

**Please cite this article as follows:**
Ghahremani F, Salehi Z. Evaluation of Thyroid Absorption Dose During Chest Imaging by Monte Carlo Simulation (DOSXYZnrc). Armaghane-danesh 2021; 26(1): 130-138.