

ارزیابی خطر سرطان ثانویه تیروئید ناشی از دز معادل نوترون در درمان تومور مغزی به روش تطبیقی سه بعدی (3D-Conformal Radiation Therapy یا 3D-CRT)

سهیل علم‌طلب^۱، ایرج عابدی^۲، محمدحسین چوپان دستجردی^۳، احمد شانه‌ی^۴

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: سرطان تیروئید، یکی از فراوان‌ترین بدخیمی‌های ثانویه در نتیجه‌ی دریافت دزهای درمانی در ناحیه‌ی سر و گردن است. هدف از انجام این مطالعه، تخمین خطر سرطان ثانویه تیروئید ناشی از آلودگی نوترونی شتاب دهنده‌ی زمینس ۱۵ مگاولتی در درمان تومورهای مغزی به روش تطبیقی سه بعدی (3D-Conformal Radiation Therapy یا 3D-CRT) بود.

روش‌ها: شار و دز نوترون در نقاط مختلف تحت درمان با استفاده از یک آشکارساز نوترون مستقل از انرژی، متشکل از یک کره‌ی تعدیل کننده (Moderator) و شمارشگر بوران تری فلووراید (Boron Trifluoride یا BF_3) اندازه‌گیری شد و دز معادل نوترون در تیروئید به هدف محاسبه‌ی خطر سرطان ثانویه آن تعیین شد.

یافته‌ها: مقدار دز معادل نوترون در محور مرکزی (۰/۰۳۰ میلی‌سیورت بر گری) و فواصل ۴ سانتی‌متر (۰/۲۸۵ میلی‌سیورت بر گری)، ۱۵ سانتی‌متر (۰/۲۲۹ میلی‌سیورت بر گری)، ۴۵ سانتی‌متر (۰/۱۲۵ میلی‌سیورت بر گری) و ۱۵۰ سانتی‌متر (۰/۰۲۰ میلی‌سیورت بر گری) پایین‌تر از محور مرکزی به دست آمد. دز معادل نوترون رسیده به تیروئید به ازای دز تجویزی کل (۵۴ گری) به ایزوستر، ۱۲/۳۶۶ میلی‌سیورت بود که با توجه به آن، مقدار خطر سرطان ثانویه در تیروئید ۰/۰۰۱ درصد به دست آمد.

نتیجه‌گیری: مقدار دز دریافتی تیروئید حین پرتودرمانی مغز با پرتوی پرنانرژی نمی‌تواند آسیب زیست‌شناختی قابل توجهی را حاصل کند. در نتیجه، خطر سرطان ثانویه تیروئید ناشی از آلودگی نوترونی به نسبت پایین است.

واژگان کلیدی: دز معادل؛ نوترون؛ تیروئید؛ تومور مغزی؛ پرتودرمانی

ارجاع: علم‌طلب سهیل، عابدی ایرج، چوپان دستجردی محمدحسین، شانه‌ی احمد. ارزیابی خطر سرطان ثانویه تیروئید ناشی از دز معادل نوترون در درمان تومور مغزی به روش تطبیقی سه بعدی (3D-Conformal Radiation Therapy یا 3D-CRT). مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۳۹۹؛ ۳۸ (۵۸۶): ۵۷۴-۵۶۹.

مقدمه

در سال‌های اخیر، رشد سرطان‌های ثانویه مرتبط با تابش‌های ناشی از پرتودرمانی باعث نگرانی شده است. اگر چه شتاب دهنده‌های پیشرفته‌ی امروزی دقت قابل قبولی در تحویل دز به بافت تومورال دارند، اما در پرتودرمانی با انرژی فوتون بالا (> 10 مگاولت)، واکنش فوتون با عناصر سنگین اجزای سر شتاب دهنده‌ی خطی سبب تولید نوترون‌های سریع می‌گردد (۱) که به دلیل اثر زیست‌شناختی بالایی که نسبت به فوتون‌ها دارند، می‌تواند سبب صدمات قابل توجهی به اعضای سالم مجاور شوند.

(۲). از این رو، باید به منظور جلوگیری از سرطان‌های ثانویه در بافت‌های

سالم حساس به پرتو، مد نظر قرار گیرند.

نوترون‌های سریع اولیه‌ی تولید شده در سر شتاب دهنده‌ی خطی، در همه‌ی جهت‌ها در شیلد شتاب دهنده نفوذ می‌کنند و کسری از آن‌ها با اجزای سر شتاب دهنده، مؤلفه‌های اتاق درمان (دیوار، درب، تخت و غیره) و خود بیمار، بر هم‌کنش می‌کنند و مقداری از انرژی خود را از دست می‌دهند (۳). بنابراین، یک طیف انرژی پیچیده از نوترون‌ها در فضای درمان بیمار خواهیم داشت که گستره‌ی آن، از

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استادیار، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- استادیار، پژوهشکده‌ی راکتور و ایمنی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی اصفهان، اصفهان، ایران

۴- دانشیار، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

نویسنده‌ی مسؤول: احمد شانه‌ی؛ دانشیار، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

می‌گردد. بنابراین، اندازه‌گیری نوترون در یک تک فیلد استاتیک 10×10 سانتی‌متر مربع با دز تحویلی ۲۰۰ سانتی‌گری توسط شتاب دهنده‌ی خطی زیمنس ۱۵ مگاولتی (Siemens-Artiste, 5918, 15 MV) در زاویه‌ی گانتری صفر درجه انجام و مقدار دز تجویزی کل، ۵۴۰۰ سانتی‌گری در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری با استفاده از یک آشکارساز نوترون مدل NRD شامل یک کره‌ی پلی‌اتیلنی ۹ اینچی با لایه‌ای از کادمیم و یک تیوب شمارشگر بوران تری‌فلوراید (Boron trifluoride یا BF_3) در مرکز آن انجام گرفت. این آشکارساز، نوترون‌هایی در محدوده‌ی انرژی 0.025 الکترون‌ولت تا حدود ۱۰ مگاالکترون‌ولت را با حساسیت 3000 counts/mrem شمارش می‌کند و دز معادل نوترون را با توجه به شار نوترون و با پیروی از عامل وزن‌دهی تابش (W_R) ارایه شده توسط کمیسیون بین‌المللی حفاظت رادیولوژی (International Commission on Radiological Protection) یا (ICRP) تقریب می‌زند (۱۰). این آشکارساز، قابلیت جداسازی گاما را تا بالاتر از ۵۰۰ رونتگن/ساعت دارد. از این رو، می‌توان آن را با تقریب خوبی در میدان‌های ترکیبی گاما و نوترون استفاده کرد.

آشکارساز توسط یک منبع تولید نوترون آمرسیم-بریلیم ($Am-Be$) با گستره‌ی طیف انرژی منطبق با نوترون‌های ساطع شده از سر شتاب دهنده در موقعیت بیمار، کالیبره شد.

در این مطالعه، تیروئید به عنوان یک عضو سطحی در فاصله‌ی ۱۵ سانتی‌متر از محور مرکزی میدان تابش در نظر گرفته شد و اندازه‌گیری‌ها در محور مرکزی و ۴، ۱۵، ۴۵ و ۱۵۰ سانتی‌متر پایین‌تر از آن انجام شد. به منظور اطمینان از عدم وابستگی اندازه‌گیری به جهت تابش، اندازه‌گیری را در محور مرکزی برای زوایای گانتری ۹۰ و ۲۷۰ درجه تکرار شد. شکل ۱، نحوه‌ی قرارگیری آشکارساز را به منظور اندازه‌گیری نشان می‌دهد.



شکل ۱. نحوه‌ی قرارگیری آشکارساز نوترون در محور مرکزی میدان تابش و زاویه‌ی گانتری صفر درجه

خطر سرطان تیروئید با استفاده از گزارش ۱۱۶ کنگره‌ی ملی حفاظت پرتویی (National Council on Radiation Protection and Measurement یا NCRP) مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۱).

نوترون‌های حرارتی (0.025 الکترون‌ولت) تا نوترون‌های سریع (حدود ۱۰ مگاالکترون‌ولت) می‌باشد (۴). طیف انرژی نوترون به عوامل متعددی همچون هندسه‌ی سر شتاب دهنده، انرژی درمان، اجزای سر شتاب دهنده (تارگت، فک‌ها، کلیما‌تورها، خم‌کننده‌های مغناطیسی و غیره) و همچنین، هندسه و جنس مؤلفه‌های اتاق درمان بستگی دارد (۴-۵).

در طیف انرژی نوترون دو پیک، یکی در ناحیه‌ی نوترون‌های حرارتی و دیگری در ناحیه‌ی نوترون‌های سریع (۵-۱ مگاالکترون‌ولت) وجود دارد (۶). شار نوترون‌های سریع با فاصله از میدان تابش کاهش می‌یابد، اما شار نوترون‌های حرارتی در اتاق درمان به طور تقریبی ثابت باقی می‌ماند (۷، ۳). لازم است طیف انرژی در اندازه‌گیری‌های نوترون، در نظر گرفته شود. بی‌توجهی به تغییرات انرژی نوترون، می‌تواند منجر به یک خطای حدود ۲۰ درصدی در اندازه‌گیری‌ها شود (۸). بنابراین، استفاده از یک آشکارساز مستقل از انرژی به منظور اندازه‌گیری، ضروری است.

مطالعات متعددی در خصوص اندازه‌گیری و محاسبات آلودگی نوترونی حاصل از سر شتاب دهنده‌های خطی پر انرژی انجام شده است، اما بر اساس مطالعات محققان این طرح، با توجه به این که سرطان تیروئید به عنوان یکی از فراوان‌ترین بدخیمی‌های ثانویه به دنبال پرتودرمانی سر و گردن به شمار می‌رود (۹). در هیچ مطالعه‌ای، خطر سرطان ثانویه تیروئید در نتیجه‌ی دریافت دز نوترون حین درمان تومورهای مغزی با پرتوهای پر انرژی گزارش نشده است. هدف از انجام این مطالعه، اندازه‌گیری دز نوترون دریافتی تیروئید و محاسبه‌ی خطر سرطان ثانویه تیروئید در درمان تومور مغزی به روش تطبیقی سه بعدی (3D-Conformal Radiation Therapy) یا 3D-CRT با شتاب دهنده‌ی خطی زیمنس ۱۵ مگاولتی (Siemens, 15 MV) بود.

روش‌ها

طراحی درمان ۱۵ بیمار مبتلا به تومور مغزی که در مرکز پرتودرمانی بیمارستان میلاد اصفهان به روش 3D-CRT درمان شده‌اند، به طور گذشته‌نگر بررسی و میانگین اندازه‌ی میدان تابش و فاصله‌ی تیروئید از محور مرکزی محاسبه شد. همچنین، مقدار دز تجویزی و فیلدگذاری بیماران مورد ارزیابی قرار گرفت.

در شرایط بالینی، درمان بیماران مبتلا به تومور مغزی به طور مرسوم توسط دو فیلد جانبی مقابل هم (Parallel opposed یا POP) انجام می‌شود. استفاده از یک تک فیلد در زاویه‌ی گانتری صفر درجه، نه تنها تغییری در دز نوترون دریافتی تیروئید ایجاد نمی‌کند، بلکه سبب ایجاد شرایط راحت‌تری برای دزیمتری نوترون

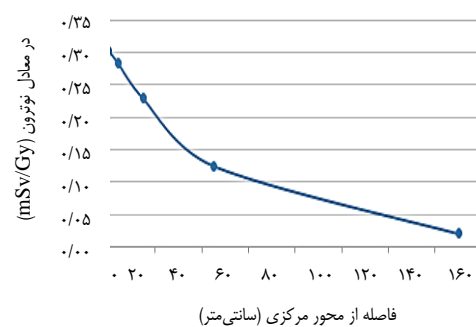
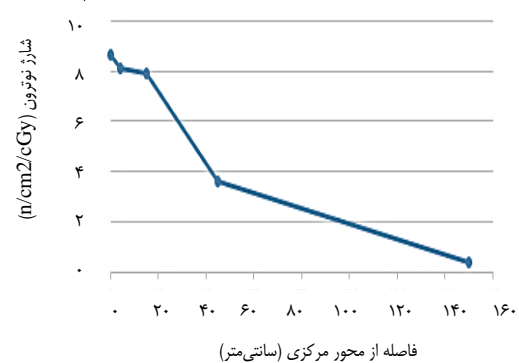
یافته‌ها

نتایج حاصل از اندازه‌گیری شار و دز نوترون در نقاط مختلف تخت بیمار در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. شار و دز معادل نوترون در نقاط مختلف تخت بیمار

فاصله از محور مرکزی (cm)	شار نوترون (n/cm ² .cGy)	دز معادل نوترون (mSv/Gy)
۰	$۸/۶۵ \times ۱۰^۴$	۰/۳۰۴
۴	$۸/۱۱ \times ۱۰^۴$	۰/۳۸۵
۱۵	$۷/۹۱ \times ۱۰^۴$	۰/۲۲۹
۴۵	$۳/۶۲ \times ۱۰^۴$	۰/۱۲۵
۱۵۰	$۴/۶۱ \times ۱۰^۳$	۰/۰۲۰

شکل ۲، تغییرات شار و دز را با فاصله از محور مرکزی میدان تابش به طور واضح نشان می‌دهد.



شکل ۲. روند تغییرات الف) شار و ب) دز معادل نوترون با فاصله از محور مرکزی

همچنین، مقدار دز معادل نوترون در ایزوستر برای زوایای گانتری ۹۰ و ۲۷۰ درجه به ترتیب $۰/۲۸۸$ و $۰/۲۸۴$ میلی‌سیورت بر گری به دست آمد. دز معادل نوترون کل دریافتی تیروئید نیز برابر $۱۲/۳۶۶$ میلی‌سیورت به دست آمد و مقدار خطا $۰/۰۱$ درصد تخمین زده شد.

بحث

در این پژوهش، دز و شار نوترون در نقاط مورد نظر از محور مرکزی تا انتهای تخت درمان به دست آمد و در نهایت، با دسترسی به دز معادل نوترون دریافتی توسط تیروئید، خطر سرطان ثانویه‌ی تیروئید محاسبه شد.

شار نوترون در محور مرکزی و ۴، ۱۵، ۴۵ و ۱۵۰ سانتی‌متر پایین‌تر از آن به ترتیب $۸/۶۵ \times ۱۰^۴$ ، $۸/۱۱ \times ۱۰^۴$ ، $۷/۹۱ \times ۱۰^۴$ ، $۳/۶۲ \times ۱۰^۴$ و $۴/۶۱ \times ۱۰^۳$ نوترون بر سانتی‌متر مربع بر سانتی‌گری و دز نوترون به ترتیب $۰/۳۰۴$ ، $۰/۲۲۹$ ، $۰/۱۲۵$ و $۰/۰۲۰$ میلی‌سیورت حاصل شد. اختلاف اندازه‌گیری نوترون در زوایای جانبی گانتری نسبت به زاویه‌ی صفر درجه در حدود ۵ درصد بود که قابل چشم‌پوشی است و به تفسیر محققان این طرح، می‌تواند به علت هندسه‌ی اتاق درمان باشد.

بر اساس این اطلاعات و نمودارهای شکل ۲، شار و دز با فاصله از محور مرکزی میدان تابش، روند کاهشی را به دنبال دارد و این روند کاهشی، در فواصل دورتر کند می‌شود. این پدیده را می‌توان با ذکر این نکته توجیه نمود که همان‌طور که در بخش‌های قبلی گفته شد، به طور معمول با فاصله از محور مرکزی کسر نوترون‌های سریع در طیف انرژی نوترون کاهش می‌یابد و شار نوترون‌های حرارتی ثابت می‌ماند.

یافته‌های این مطالعه، به طور تقریبی همسو با مطالعات معتبر گذشته در این زمینه است. Palta و همکاران (۱۲)، شار نوترون را با استفاده از فویل طلا و تعدیل‌کننده‌ی در اندازه‌ی میدان‌های مختلف و فواصل متفاوت از محور مرکزی برای شتاب دهنده‌ی خطی زیمنس ۱۵ و ۱۸ مگاولتی اندازه‌گیری کردند. برای اندازه‌ی میدان ۱۵×۱۵ سانتی‌متر مربع و انرژی ۱۵ مگاولت شار نوترون در محور مرکزی، ۵۰ و ۱۳۰ سانتی‌متر پایین‌تر از آن به ترتیب $۹/۸ \times ۱۰^۴$ ، $۲/۸ \times ۱۰^۴$ و $۴/۵ \times ۱۰^۳$ نوترون بر سانتی‌متر مربع بر سانتی‌گری بود. مقدار شار نوترون در محور مرکزی به مقدار اندکی بیشتر از مقدار گزارش شده در این مطالعه است؛ به این دلیل که با افزایش اندازه‌ی میدان، شار نوترون در محور مرکزی افزایش می‌یابد (۶). طبق مطالعه‌ای که توسط Kry و همکاران انجام شد (۷)، شار نوترون با استفاده از فویل طلا و تعدیل‌کننده در میدان تابش با اندازه‌ی تقریبی ۱۰×۱۰ سانتی‌متر مربع و فواصل مختلف از محور مرکزی برای شتاب دهنده‌ی واریان ۱۸ مگاولتی به دست آمد. شار نوترون در محور مرکزی، ۳۰ سانتی‌متر بالاتر، ۶۰ سانتی‌متر بالاتر و ۳۰ سانتی‌متر پایین‌تر از محور مرکزی به ترتیب $۱۰/۹۲ \times ۱۰^۴$ ، $۷/۲ \times ۱۰^۴$ ، $۸/۰ \times ۱۰^۴$ و $۷/۴ \times ۱۰^۴$ نوترون بر سانتی‌متر مربع بر سانتی‌گری گزارش شد که اندکی بیشتر از مقادیر

پرتودرمانی مغز توسط پرتوی پراثری (۱۵ مگا‌ولت) نمی‌تواند آسیب زیست‌شناختی قابل توجهی در عضو سطحی تیروئید ایجاد کند.

از محدودیت‌های این مطالعه، بررسی دز معادل نوترون فقط در مورد تومورهای مغزی با هدف ارزیابی کامل صدمات زیست‌شناختی بود. لازم است در مطالعات بعدی، دز معادل نوترون در اعضای بیشتری مورد ارزیابی قرار گیرد که می‌تواند پژوهش جالب و قابل توجهی باشد.

در این مطالعه اندازه‌گیری دز معادل نوترون در دو عضو سطحی (تیروئید و عدسی) که به لحاظ حفاظت پرتویی از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند انجام شده است. تعیین دز معادل نوترون در اعضای دیگر پیشنهاد شده توسط NCRP به عنوان اعضای مستعد سرطان ثانویه می‌تواند در مطالعات بعدی قابل توجه باشد.

نتیجه‌گیری

به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی، آلودگی نوترونی حاصل از سر شتاب‌دهنده خطی ۱۵ مگا‌ولتی سهم ناچیزی در دز معادل دریافتی کل در اعضای خارج از میدان نزدیک به فیلد درمان چون تیروئید و عدسی چشم دارد. بنابراین دز معادل نوترون‌های خارج از میدان خطر سرطان ثانویه قابل توجهی در اعضای مستعدی چون تیروئید ایجاد نمی‌کند.

تشکر و قدردانی

این مطالعه، حاصل پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد به شماره‌ی طرح ۳۹۸۵۸۵ می‌باشد که توسط دانشگاه علوم پزشکی اصفهان مورد حمایت مالی قرار گرفت. بدین وسیله، از حمایت‌های مدیریت و کارکنان بخش پرتودرمانی بیمارستان میلاد اصفهان و همچنین، سازمان انرژی اتمی اصفهان در اجرای این مطالعه سپاسگزاری می‌گردد.

شار به دست آمده در این مطالعه است؛ چرا که شار نوترون در شتاب دهنده‌ی خطی واریان بیشتر از شتاب دهنده‌ی خطی زمینس است و با افزایش انرژی فوتون افزایش می‌یابد (۱۳).

دز معادل دریافتی تیروئید ناشی از آلودگی نوترونی حین درمان تومورهای مغزی با شتاب دهنده‌ی خطی زمینس ۱۵ مگا‌ولتی (Siemens-Artiste, 5918, 15 MV) به روش 3D-CRT، به طور کل ۱۲/۳۶۶ میلی‌سیورت است که با استناد به مطالعه‌ی Mao و همکاران، به طور تقریبی مستقل از اندازه‌ی میدان تابش است (۱۴). بر اساس مطالعه‌ی Mao و همکاران، یک تفاوت ۵ درصدی در شار نوترون‌های خارج از میدان تابش بین اندازه‌ی میدان‌های 0×0 سانتی‌متر مربع و 10×10 سانتی‌متر مربع وجود دارد.

بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه‌ی بررسی خطر سرطان ثانویه‌ی تیروئید به دنبال پرتودرمانی سر و گردن مبتنی بر دز فوتون دریافتی توسط تیروئید بوده است و هیچ مطالعه‌ی مستندی در خصوص دز نوترونی انجام نگرفته است. دز و خطر سرطان ثانویه‌ی تیروئید ناشی از نوترون حین درمان ناحیه‌ی لگن با پرتوهای پراثری در برخی از مطالعات گذشته بررسی شده است.

در مطالعه‌ی کریمی و همکاران (۱۵) در خصوص بررسی دز معادل نوترون دریافتی و خطر سرطان ثانویه‌ی اعضای در حین پرتودرمانی ناحیه‌ی لگن با فوتون ۱۸ مگا‌ولتی بر روی یک فانتوم زنانه‌ی MIRD (Medical internal radiation dosimetry) یا (MIRD)، نتیجه این بود که معده با $0/216$ درصد بیشترین احتمال و تیروئید با $0/005$ درصد کمترین احتمال ابتلا به سرطان ثانویه را دارا هستند. در مطالعه‌ی حاضر، خطر سرطان ثانویه‌ی تیروئید $0/001$ گزارش شد که نسبت به مطالعه‌ی کریمی و همکاران (۱۵)، دو برابر شده است، اما با این وجود، احتمال خطر بر خلاف انتظار محققان این طرح چندان چشم‌گیر نیست. در نتیجه، آلودگی نوترونی در

References

1. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Neutron Contamination from Medical Electron Accelerators: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements. Bethesda, MD: NCRP; 1984.
2. Linton OW, Mettler FA. National conference on dose reduction in CT, with an emphasis on pediatric patients. AJR Am J Roentgenol 2003; 181(2): 321-9.
3. McCall RC, Jenkins TM, Shore RA. Transport of accelerator produced neutrons in a concrete room. IEEE Trans Nucl Sci 1979; 26(1): 1593-602.
4. Howell RM, Hertel NE, Wang Z, Hutchinson J, Fullerton GD. Calculation of effective dose from measurements of secondary neutron spectra and scattered photon dose from dynamic MLC IMRT for 6 MV, 15 MV, and 18 MV beam energies. Med Phys 2006; 33(2): 360-8.
5. Pena J, Franco L, Gomez F, Iglesias A, Pardo J, Pombar M. Monte Carlo study of Siemens PRIMUS photoneutron production. Phys Med Biol 2005; 50(24): 5921-33.
6. Mohammadi N, Miri-Hakimabad H, Rafat-Motavalli L, Akbari F, Abdollahi S. Neutron spectrometry and determination of neutron contamination around the 15 MV Siemens Primus LINAC. J Radioanal Nucl Chem 2015; 304(3): 1001-8.
7. Kry SF, Salehpour M, Followill DS, Stovall M, Kuban DA, White RA, et al. Out-of-field photon and neutron dose equivalents from step-and-shoot intensity-modulated radiation therapy. Int J Radiat

- Oncol Biol Phys 2005; 62(4): 1204-16.
8. Karimi AH, Brkic H, Shahbazi-Gahrouei D, Haghghi SB, Jabbari I. Essential considerations for accurate evaluation of photoneutron contamination in Radiotherapy. *Appl Radiat Isot* 2019; 145: 24-31.
 9. Rose J, Wertheim BC, Guerrero MA. Radiation treatment of patients with primary pediatric malignancies: risk of developing thyroid cancer as a secondary malignancy. *Am J Surg* 2012; 204(6): 881-6.
 10. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP* 2007; 37(2-4): 1-332.
 11. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Report No. 116-Limitation of Exposure to Ionizing Radiation. Bethesda, MD: NCRP; 1993.
 12. Palta JR, Hogstrom KR, Tannanonta C. Neutron leakage measurements from a medical linear accelerator. *Med Phys* 1984; 11(4): 498-501.
 13. Howell RM, Kry SF, Burgett E, Hertel NE, Followill DS. Secondary neutron spectra from modern Varian, Siemens, and Elekta linacs with multileaf collimators. *Med Phys* 2009; 36(9): 4027-38.
 14. Mao XS, Kase KR, Liu JC, Nelson WR, Kleck JH, Johnsen S. Neutron sources in the Varian Clinac 2100C/2300C medical accelerator calculated by the EGS4 code. *Health Phys* 1997; 72(4): 524-9.
 15. Karimi AH, Chegeni N, Jabbari I, Hassanvand M. The Effect of Neutron Contamination on Probability of Secondary Cancer in Radiotherapy of Pelvic Region with 18-MV Photons. *Journal of Isfahan Medical School* 2019; 37: 222-7.

Evaluation of Risk of Secondary Thyroid Cancer Caused by Neutron Dose Equivalent from Brain Tumor 3D-Conformal Radiation Therapy (3D-CRT)

Soheil Elmtalab¹, Iraj Abedi², Mohammadhosein Choopan-Dastjerdi³, Ahmad Shanei⁴

Original Article

Abstract

Background: Thyroid cancer is one of the most common secondary malignancies as a result of receiving therapeutic doses to the head and neck. In this study, the probability of secondary thyroid cancer risk due to neutron contamination of 15 MV Siemens Linear Accelerator (LINAC) in brain tumor 3D-Conformal Radiation Therapy (3D-CRT) was calculated.

Methods: Neutron fluence and neutron dose were measured at different points at the treatment table using an energy-independent neutron detector consisting of a sphere moderator and a Boron Trifluoride (BF₃) counter, and the neutron dose equivalent to the thyroid was determined to calculate the probability of secondary cancer risk.

Findings: The neutron dose equivalent was obtained at the central axis (0.304 mSv/Gy) and at 4 cm (0.285 mSv/Gy), 15 cm (0.229 mSv/Gy), 45 cm (0.125 mSv/Gy), and 150 cm (0.02 mSv/Gy) inferior. The neutron dose equivalent reaching the thyroid for the total prescribed dose was 12.366 mSv. According to that, the probability of secondary thyroid cancer risk was obtained as 0.001%.

Conclusion: The thyroid dose in high-energy radiation therapy of brain tumor cannot cause significant biological damage. Therefore, the risk of secondary thyroid cancer due to neutron contamination is relatively low.

Keywords: Radiation dosage; Neutrons; Thyroid; Brain tumors; Radiation therapy

Citation: Elmtalab S, Abedi I, Choopan-Dastjerdi M, Shanei A. Evaluation of Risk of Secondary Thyroid Cancer Caused by Neutron Dose Equivalent from Brain Tumor 3D-Conformal Radiation Therapy (3D-CRT). J Isfahan Med Sch 2020; 38(586): 569-74.

1- MSc Student, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- Assistant Professor, Reactor and Nuclear Safety Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Atomic Energy Organization of Iran, Isfahan, Iran

4- Associate Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Ahmad Shanei, Associate Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: shanei@med.mui.ac.ir