

مقایسه میزان آلودگی فوتونی تولید شده بوسیله یک شیلد داخلی انعطاف پذیر بدون سرب در مقایسه با شیلد سربی برای باریکه های الکترونی MeV ۶ و ۹ شتاب دهنده Varian 2100 C/D

محمد جواد طهماسبی بیرگانی^۱، منصور ذبیح زاده^۲، سعیده علی اکبری^{۳*}،
ندا عبدالوند^۴، آذین شمس^۴

چکیده

زمینه و هدف: در ده‌های اخیر از کد مونت کارلو در زمینه رادیوتراپی استفاده زیادی شده است. در این مطالعه سعی شده است تا آلودگی فوتونی ناشی از سرب و شیلد داخلی با ترکیب جدیدی که بدون سرب و قابل انعطاف بوده مورد بررسی قرار گیرد. **روش بررسی:** برای ارزیابی آلودگی فوتونی ناشی از حضور این ماده جدید با ترکیب $W/70\%$ ، $Ni/11.39\%$ و $C/11.39\%$ در میدان‌های الکترونی از کد MCNPX 2.6.0 جهت شبیه‌سازی شتابدهنده‌ی Varian 2100 C/D استفاده شد. منحنی‌های درصد دوز عمقی روی محور مرکزی و پروفایل دوز برای انرژی‌های MeV ۹ و ۶ محاسبه شده است. در نهایت ضخامت مورد نیاز از ماده جدید با ترکیب مذکور جهت شیلد اندام‌های داخلی و آلودگی فوتونی ناشی از حضور شیلد بوسیله‌ی شبیه‌سازی محاسبه شده است. **یافته‌ها:** نتایج نشان می‌دهد برای داشتن درصد عبور یکسان مانند شیلد سربی، ضخامت شیلد داخلی انعطاف پذیر بدون سرب $1/2$ برابر ضخامت شیلد سربی است. در ضمن میزان آلودگی فوتونی شیلد انعطاف پذیر بدون سرب برای دو انرژی MeV ۹ و ۶ برابر میزان آلودگی فوتونی سرب است که از لحاظ کلینیکی قابل قبول است. **نتیجه‌گیری:** نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ضخامتی از شیلد با ترکیب $W/70\%$ ، $Ni/11.39\%$ که درصد عبورش با شیلد سربی برابر است دارای آلودگی فوتونی برابر سرب دارد که از لحاظ کلینیکی قابل قبول است.

کلید واژگان: آلودگی فوتونی، الکترون تراپی، شبیه‌سازی Monte Carlo، شیلد داخلی.

۱- استاد گروه فیزیک پزشکی و رادیوتراپی.

۲- استادیار گروه فیزیک پزشکی.

۳- دانشجوی دکتری فیزیک پزشکی.

۴- کارشناس بخش رادیوتراپی بیمارستان.

۱ و ۲- گروه فیزیک پزشکی و رادیوتراپی،

دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی

شاپور اهواز، اهواز، ایران.

۴- کارشناس بخش رادیوتراپی بیمارستان گلستان

اهواز، اهواز، ایران.

* نویسنده مسؤل:

سعیده علی اکبری؛ گروه فیزیک پزشکی، دانشکده

پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور،

اهواز، اهواز، ایران.

تلفن: ۰۰۹۸۹۳۵۴۴۷۰۱۱۲

Email: aliakbarisaeedeh@gmail.com

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۶/۱۴ دریافت مقاله اصلاح شده: ۱۳۹۵/۹/۲۱ اعلام قبولی: ۱۳۹۵/۱۲/۱۶

مقدمه

استفاده از میدان مغناطیسی برای انعکاس باریکه‌های الکترونی اولیه می‌باشد (۷). با حضور روش‌های مونت کارلو در تحقیقات پزشکی از روش مذکور برای محاسبه ی آلودگی فوتونی ناشی از حضور شیلدهای داخلی هم استفاده شده است (۸).

در این مطالعه آلودگی فوتونی ناشی از سرب و شیلد داخلی با ترکیبات جدید مورد بررسی قرار گرفته است. شیلد مذکور بدون سرب، انعطاف پذیر و غیر سمی بوده. در این تحقیق نام شیلد داخلی جدید را با توجه به ویژگی هایش LFN (Lead free, Flexible and Non-Toxic) گذاشته شده است.

روش بررسی

در این مطالعه از کد MCNPX 2.6.0 برای شبیه سازی ترابرد ذره و اندر کنش پرتو با ماده و همچنین دستگاه شتاب دهنده Varian 2100 C/D به منظور تولید پرتوهای الکترونی MeV ۶ و ۹ مد نظر قرار گرفته شده است. طرح شماتیک اجزای شبیه سازی شده دستگاه Varian 2100 C/D در شکل ۱ نشان داده و در صفحه ی $P_x=0$ به همراه فانتوم آب رسم شده است. مبدا مختصات سطح فانتوم و موقعیت سایر اجزا نسبت به آن تعیین شده است. اجزای شبیه سازی شده عبارتند از: کلیماتور اولیه - پنجره ی خروجی - پراکنده کننده ی اولیه - پراکنده کننده ی ثانویه - اتاقک یونیزاسیون - آینه - فک‌های بالا و پایین - اپلیکاتور - فانتوم آب.

اپلیکاتور استفاده شده در این مطالعه $10 \times 10 \text{ cm}^2$ می‌باشد. در این مطالعه فرض شده است که باریکه الکترونی خارج شده از داخل سر دستگاه شتاب دهنده طیفی از الکترونها هستند که از یک استوانه در جهت پایین خارج می‌شود. فاصله این استوانه تا سطح فانتوم 100 cm است؛ طیف انرژی استفاده شده در این مطالعه برای الکترونها یک

یکی از منابع مهم تولید پرتوهای ترمزی، برخورد باریکه‌های الکترونی به شیلد های داخلی بکار رفته در بدن انسان است. شیلد داخلی از اندام پشت بافت سرطانی محافظت می‌کند (۱). در حال حاضر از سرب بعنوان شیلد داخلی استفاده می‌شود. سرب ماده ی سمی است که برای محیط زیست خطرناک است و بعلاوه غیر قابل انعطاف می‌باشد در نتیجه برای بیمار ایجاد ناراحتی می‌کند.

استفاده از الکترون های پر انرژی در رادیوتراپی از اوایل ده ۵۰ میلادی آغاز شده است. از اواخر دهه ی ۷۰ میلادی روش مونت کارلو وارد حوزه ی فیزیک پزشکی شد (۲). از آن زمان تا کنون شبیه سازی به روش مونت کارلو در شاخه های مختلف پزشکی به ویژه رادیوتراپی مورد استفاده قرار گرفته است. شبیه سازی به روش مونت کارلو یک روش دقیق برای تعیین دز و دیگر پارامترها در رادیوتراپی است (۳، ۴). این تکنیک بر مبنای روش های آماری است که نقش پر رنگی در جنبه های مختلف رادیو تراپی دارد (۵).

بهنگام تولید باریکه الکترونی و برخورد باریکه به اجزای سر دستگاه شتاب دهنده (پنجره ی خروجی، فویل های پراکنده کننده، اتاقک یونیزاسیون، فک های بالا و پایین و اپلیکاتور) و شیلدهای داخلی و خارجی، پرتوهای فوتونی زیادیتولید می‌شود که میزان دز ناشی از این پرتوها بستگی زیادی به شکل هندسی و مواد بکار رفته در ساختار این اجزا دارد به همین دلیل میتوان انتظار داشت که آلودگی فوتونی ناشی از باریکه الکترونی هم انرژی از دو دستگاه شتاب دهنده ی مختلف تفاوت زیادی داشته باشد (۶).

برای اندازه گیری و محاسبه میزان آلودگی فوتونی ناشی از برخورد باریکه ی الکترونی به اجزای سر دستگاه شتاب دهنده روش‌های زیادی پیشنهاد شده است، اولین روشی که ارائه شده است محاسبه ی دز بعد از برد عملی (دم) در منحنی‌های درصد دز عمقی است، روش بعدی

محور مرکزی و دز پروفایل حاصل شده از شبیه سازی و اندازه گیری تطابق خوبی وجود داشته باشد. برای مقایسه ی ما بین نمودار های حاصل از اندازه گیری و شبیه سازی، از پارامتری به نام گاما ایندکس استفاده شده است. با استفاده از این پارامتری توان همزمان اختلاف و جابجایی مکانی دز در نظر گرفته شود (۱۰).

برای بررسی درصد و نوع عناصر بکار رفته در LFN از تکنیک Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) استفاده شده است (این تکنیک در مرکز متالورژی رازی واقع در تهران انجام گردیده است). مقداری از ماده ی LFN را با تکنیک مذکور بررسی شده و مشخصات آن در جدول ۱ آورده شده است. چگالی $9/34 \text{ LFNgr/cm}^3$ است.

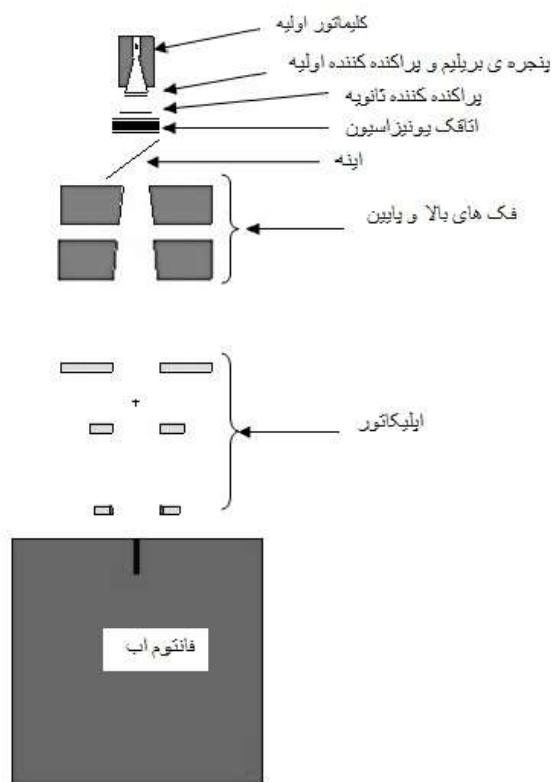
برای بررسی میزان آلودگی فوتونی بوسیله شبیه سازی ابتدا باید مقدار ضخامت از LFN که درصد عبور الکترون از آن هم ارز سرب است را در عمق مرجع محاسبه کرد. برای این منظور فانتوم آب را مانند بدن انسان در نظر گرفته و ضخامت های مختلفی با ابعاد $5 \times 5 \text{ cm}^2$ در عمق مرجع قرارداده شده تا ضخامت مورد نیاز بدست آید.

برای محاسبه ی آلودگی فوتونی ناشی از حضور شیلد LFN بوسیله ی کد MCNPX6 شار الکترونی بعد از شیلد محاسبه شد و مشخص شد که در چه انرژی فراوانی الکترون ماکزیمم است. بعد از برد الکترون هایی که بعد از شیلد دارای فراوانی هستند دز باقی مانده حاصل از آلودگی فوتونی است.

طیف گوسی نامتقارن و توزیع فضایی الکترونها گوسی فرض شده است. تعداد ذره ها بگونه ای انتخاب شده است که دقت محاسبه ی مونت کارلو به زیر ۱٪ برسد. از آنجا که شبیه سازی با این کد در هندسه های پیچیده زمان محاسبه را طولانی می کرد سعی شده تا آنجا که بتوان هندسه ساده در نظر گرفته شود، در ضمن از کارت قطع انرژی استفاده شده است. با این کارت از پیگیری الکترونها با انرژی کمتر از 500 Kev و فوتونهای با انرژی کمتر از 10 Kev توسط برنامه ممانعت می شود. در اجرای این برنامه از کامپیوتر 3-GHz Intel Core Duo CPU، محیط ویندوز 7 استفاده شده است. تعداد تقریبی ذرات در هر اجرا ۳۰۰ میلیون ذره در نظر گرفته شده است که زمان لازم برای اجرا تقریباً ۴ روز بطول انجامید.

PDD (Percentage Depth Dose) و دز پروفایل در داخل فانتوم آب $50 \times 50 \times 50 \text{ cm}^3$ Varian مدل 2100 C/D Blue Phantom ساخت شرکت Scaditronix انجام شده است. مقادیر دز بوسیله ی اتافک یونیزاسیون CC13 اندازه گیری شده است و بوسیله ی برنامه ی Omnipro-accept رسم گردیده است. برای محاسبه ی دز در منحنی PDD و دز پروفایل از تالی *f8 استفاده شده است (۹). اندازه ی دکتور جهت اندازه گیری دز جذبی در عمق های مختلف برای نمودار PDD استوانه ای با شعاع 5 mm و ضخامت 1mm و ابعاد دکتور استوانه ای جهت اندازه گیری دز پروفایلاستوانه ای با شعاع 5mm و ضخامت 2mm در نظر گرفته شده است.

پارامترهای شبیه سازی طیف انرژی در سر دستگاه باید بگونه ای باشد که بین نتایج درصد دز عمقی روی



شکل ۱: اجزای شبیه سازی شده ی دستگاه شتاب دهنده ی Varian 2100 C/D

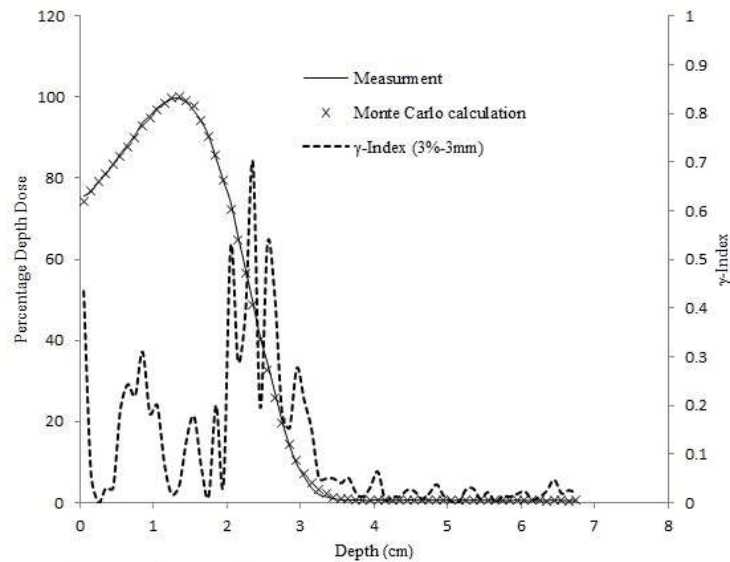
یافته‌ها

طیف انرژی و FWHM قسمت چپ نمودار گوسی نا متقارن طیف انرژی نشان داده شده است. از آنجهت که در شبیه سازی طیف انرژی الکترون در سردستگاه را گوسی نامتقارن فرض شده است لازم از برای هر سمت نمودار طیف گوسی نا متقارن FWHM جداگانه ای تعیین کرد، بهمین دلیل FWHM راست و چپ تعریف شده است.

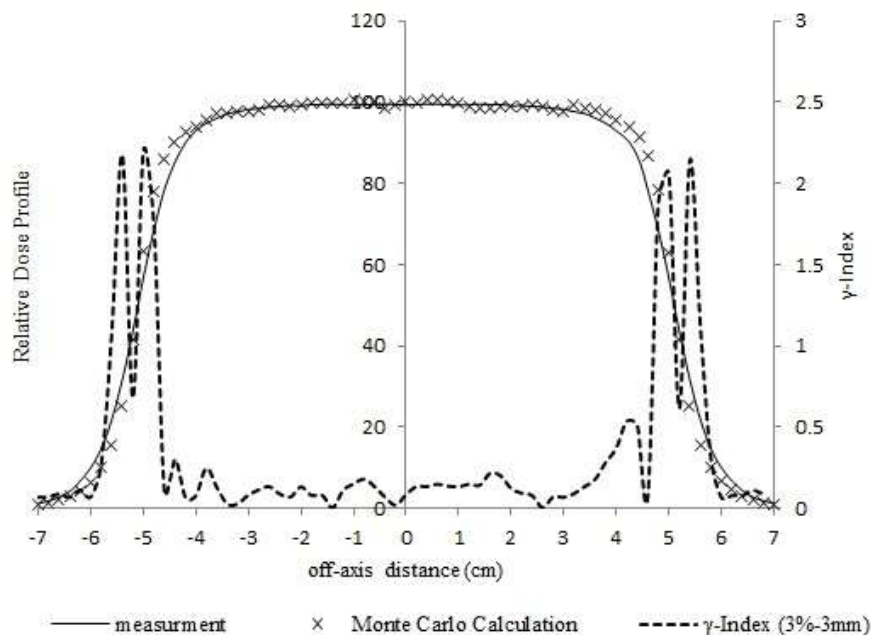
در جدول ۳ میزان ضخامت از LFN که درصد عبورش با سرب مورد نیاز برابری می کند درج گردیده است و میزان آلودگی فوتونی آن به روش مونت کارلو محاسبه شده است و با سرب مقایسه شده است. لازم به ذکر است محاسبه ی ضخامت شیلد مذکور در عمق مرجع و برای دو انرژی MeV ۶ و ۹ انجام شده است.

در شکل ۵-۲ نمودارهای PDD حاصل از اندازه گیری و محاسبه شده به روش مونت کارلو برای انرژی های MeV ۹ و ۶ حاصل از شتاب دهنده ی Varian 2100 C/D نشان داده و برای بررسی میزان خطای مقادیر اندازه گیری و محاسبه شده، مقادیر گاما ایندکس در همان نمودارها نشان داده شده است.

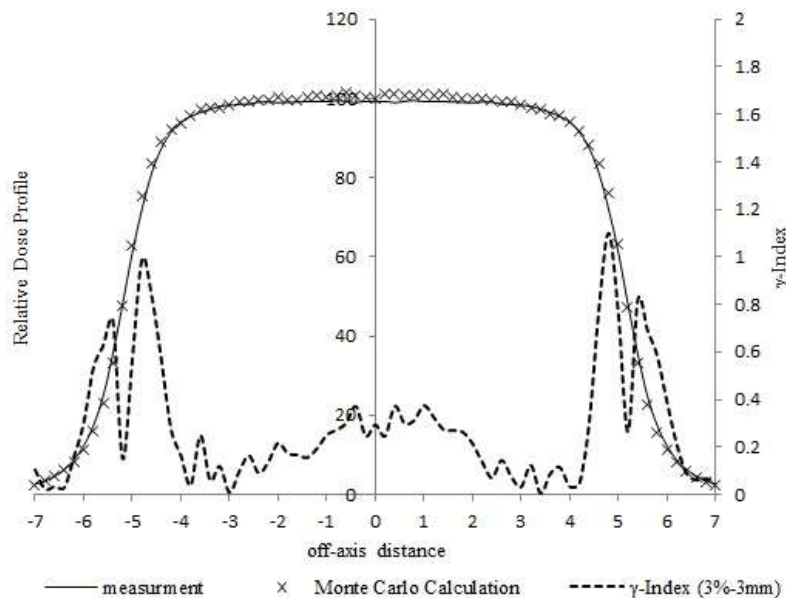
در جدول ۲ پارامترهای طیف انرژی برای انرژی-های MeV ۹ و ۶ حاصل از شتاب دهنده ی Varian 2100 C/D نشان داده شده است. در این جدول انرژی اسمی (انرژی که روی دستگاه انتخاب می شود)، ابعاد چشمه الکترونی (Spot Size)، محتملترین انرژی، انرژی میانگین، FWHM قسمت راست نمودار گوسی نا متقارن



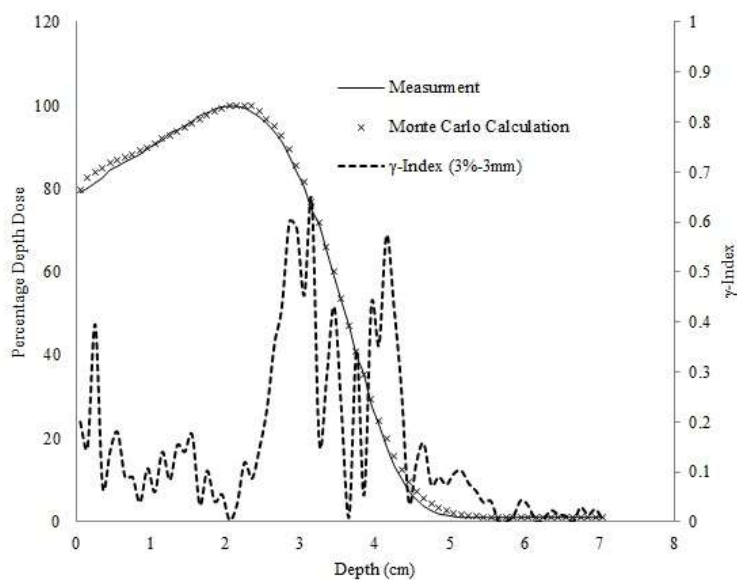
شکل ۲: مقایسه ی مقادیر دز روی محور مرکز پرتوی الکترونی انرژی ۶ Mev حاصل از دستگاه شتاب دهنده Varian 2100C/D و محاسبه شده به روش مونت کارلو، اپلیکاتور استفاده شده $10 \times 10 \text{ cm}^2$ می باشد. محور عمودی سمت راست مقادیر گاما ایندکس را برای بررسی میزان خطا را نشان می دهد.



شکل ۳: مقایسه ی مقادیر دز در امتداد عمود بر محور مرکزی پرتوی الکترونی انرژی 6 Mev حاصل از دستگاه شتاب دهنده Varian 2100C/D و محاسبه شده به روش مونت کارلو، اپلیکاتور استفاده شده $10 \times 10 \text{ cm}^2$ می باشد. محور عمودی سمت راست مقادیر گاما ایندکس را برای بررسی میزان خطا را نشان می دهد.



شکل ۴: مقایسه ی مقادیر دز روی محور مرکز پرتوی الکترونی انرژی ۹ Mev حاصل از دستگاه شتاب دهنده Varian 2100C/D و محاسبه شده به روش مونت کارلو، اپلیکاتور استفاده شده $10 \times 10 \text{ cm}^2$ می باشد. محور عمودی سمت راست مقادیر گاما ایندکس را برای بررسی میزان خطا را نشان می دهد.



شکل ۵: مقایسه ی مقادیر دز در امتداد عمود بر محور مرکزی پرتوی الکترونی انرژی ۹ Mev حاصل از دستگاه شتاب دهنده Varian 2100C/D و محاسبه شده به روش مونت کارلو، اپلیکاتور استفاده شده $10 \times 10 \text{ cm}^2$ می باشد. محور عمودی سمت راست مقادیر گاما ایندکس را برای بررسی میزان خطا را نشان می دهد.

جدول ۱ درصد وزنی و عناصر بکار رفته در ساختار LFN، این داده ها بوسیله ی تکنیک Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) بدست آمده است

عناصر LFN	W	C	Ni
درصد وزنی عناصر	۷۰	۱۱/۳۹	۱۸/۶۱

جدول ۲ پارامترهای طیف الکترونی داخل سر دستگاه شتاب دهنده، داده ها بوسیله ی شبیه سازی Monte Carlo کد MCNPX6 بدست آمده است

انرژی (MeV)	Spot size (cm)	انرژی میانگین (MeV)	محتملترین انرژی (MeV)	راست FWHM (MeV)	چپ FWHM (MeV)
۶	۰/۲	۶/۰۵	۶/۴	۲/۵	۱/۵
۹	۰/۲	۹/۰۲	۹/۱	۲/۲	۱

جدول ۳ داده های مربوط به ضخامت سرب مورد نیاز جهت شیلد کردن، ضخامت LFN جهت کاهش درصد عبور بمانند سرب و آلودگی فوتونی در دو انرژی ۹،۶ MeV دستگاه شتاب دهنده ی Varian 2100 C/D در عمق مرجع

انرژی (MeV)	۶	۹
عمق مرجع (cm)	۱/۳۰	۲/۰۶
	آلودگی فوتونی %	ضخامت [mm]
Lead	۰/۸۱	۲/۴۴
LFN	۱/۹۰	۲/۹۶
	ضخامت [mm]	آلودگی فوتونی %
Lead	۱/۶۸	۱/۷۱
LFN	۲/۱۰	۱/۷۱

بحث

دزیمتر چمبر یونیزان می باشد، که باعث شده در لبه های میدان، گاما ایندکس بیشتر از یک شود. هنگام دزیمتری بخصوص در مکانهایی که گرادیان دز زیاد است مانند لبه میدان درمانی حضور چمبر یونیزان باعث آشفتگی در محل انجام دزیمتری می شود که این آشفتگی در تعیین دز در شبیه سازی اتفاق نمی افتد. در نمودار پروفایل ۶ در لبه های میدان درمانی میزان گاما ایندکس بیشتر از انرژی ۹ است که این مسئله به پراکندگی زیاد الکترون در انرژی ۶ MeV

در این تحقیق برای شبیه سازی سر دستگاه شتاب دهنده، بدن بیمار و شیلد داخلی از کد MCNPX 2.6.0 استفاده شده است.

در این مطالعه برای مقایسه دو منحنی حاصل از اندازه گیری و شبیه سازی PDD و دز پروفایل از کمیت گاما ایندکس استفاده شده است. در تمامی نمودار ها نشان داده شده است که گاما ایندکس همه ی نمودار ها زیر ۱ است بجز لبه های میدان پروفایل ۶ و ۹ که دلیل ان استفاده از

از آنجا که عدد اتمی موثر LFN برابر ۶۴/۶۱ و سرب برابر ۸۲ می‌باشد انتظار می‌رود در برخورد الکترون با LFN آلودگی فوتونی کمتری تولید شود. از جدول ۳ مشاهده می‌شود که میزان آلودگی فوتونی سرب با LFN (که دارای درصد عبور یکسان هستند) تقریباً با هم برابر است. دلیل این برابری، ضخامت بیشتر LFN در مقایسه با سرب است. مقادیر دز ناشی از آلودگی فوتونی به دز حداکثر بدون حضور شیلد نرمال شده است. مقادیر آلودگی فوتونی LFN که در این مطالعه گزارش شده است از لحاظ کلینیکی قابل قبول است (۱۴).

نتیجه گیری

ویژگی‌های طیف انرژی الکترون قبل از پنجره ی خروجی به راحتی در دسترس نیست. مقدار انرژی اسمی گزارش شده توسط کارخانه سازنده نمی‌تواند اطلاعات کافی در مورد طیف انرژی در اختیار ما قرار دهد، لذا جهت تعیین پارامترهای طیف انرژی یکی از روشهای بدست آوردن طیف انرژی، شبیه سازی شتاب دهنده و تطابق PDD و دز پروفایل حاصل از شبیه سازی و اندازه گیری است. در این مطالعه با فرض این که طیف انرژی گوسی نامتقارن است بین پارامترهای حاصل از اندازه گیری و شبیه سازی توافق خوبی برقرار است.

سرب بطور گسترده ای بعنوان شیلد داخلی استفاده می‌شود. این عنصر بعنوان پسماند بیمارستانی برای محیط زیست خطرناک است در ضمن سرب به جهت انعطاف پذیری کم، با محیط داخلی بدن تطابق خوبی ندارد.

LFN ترکیبی از عناصر تنگستن ۰.۷٪، کربن ۱۱/۳۹٪ و نیکل ۱۸/۶۱٪ در بستری از پلیمر باعث ایجاد ماده ای انعطاف پذیر از عناصر غیر سمی است.

ضخامتی از این ماده جهت استفاده بعنوان شیلد داخلی از لحاظ کلینیکی قابل قبول است زیرا ضخامتی از آن که درصد عبورش مساوی سرب است برابر ۱/۲

مربوط می‌شود زیرا هر چه انرژی کمتر باشد پراکندگی بیشتر است به همین دلیل در لبه ها در انرژی های پایین تر خطای بیشتری وجود دارد (۱۱-۱۳).

در مطالعات قبلی در راستای تعیین پارامترهای طیف انرژی الکترون دستگاه شتاب دهنده‌ی Varian 2100 C/D فرض بر این گذاشته می‌شد که طیف انرژی گوسی است و برای تطابق دو منحنی‌های حاصل از اندازه گیری و شبیه سازی فقط دو پارامتر مستقل را تغییر می‌دادند یکی محتملترین انرژی (انرژی پیک) و دیگری FWHM (Full Width at Half of Maximum) انرژی است.

در این مطالعه سعی شده است تا تعداد پارامترهای قابل تغییر را جهت تطابق منحنی‌های PDD و دز پروفایل حاصل از اندازه گیری و شبیه سازی افزایش داده شود. بدین منظور فرض بر این شده است که طیف انرژی گوسی نامتقارن است، با این فرض تعداد پارامترهای مستقل به ۳ پارامتر افزایش یافت؛ که عبارتند از: محتملترین انرژی، FWHM راست و FWHM چپ.

در این مطالعه ضخامتی از شیلد داخلی LFN در عمق مرجع تعیین شد که دارای درصد عبوری برابر میزان مورد نیاز سرب است. با توجه به جدول ۳ ضخامتی از LFN که کاهش درصد عبور آن برابر سرب است به میزان ۱/۲ برابر ضخامت سرب مورد نیاز است که این ضخامت از لحاظ کلینیکی مورد قبول است.

هنگامی که الکترون‌ها به شیلد داخلی برخورد می‌کند احتمال کاهش انرژی الکترون بوسیله تابش ترمزی در هر سانتی متر تقریباً با انرژی الکترون و مربع عدد اتمی شیلد داخلی متناسب می‌باشد (۲).

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود میزان آلودگی فوتونی برای انرژی ۶ MeV برابر ۰/۹٪ و برای انرژی ۹ MeV برابر ۱/۷۱٪ می‌باشد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد میزان آلودگی فوتونی با افزایش انرژی افزایش یافته است.

قدردانی

بدینوسیله از معاونت محترم علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز به جهت حمایت های مالی و همچنین از پرسنل بخش شتاب دهنده بیمارستان گلستان اهواز به لحاظ همکاری در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می گردد.

ضخامت سرب بدست آمده که در حال حاضر از این ضخامت از ماده ای به نام سروبن در تهیه شیلد الکترون استفاده می شود. همچنین دارای آلودگی فوتونی برابر با سرب است. همه ی این موارد باعث شده تا در این مطالعه LFN را جایگزین مناسبی برای سرب معرفی کند.

منابع

- 1-Giarratano JC, Duerkes RJ, Almond PR. Lead shielding thickness for dose reduction of 7-to 28-MeV electrons. *Medical physics*. 1975;2(6):336-7.
- 2-Khan FM. *The Physics of Radiation Therapy*. 4th ed: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. 728 p.
- 3-Followill DS, Davis DS, Ibbott GS. Comparison of electron beam characteristics from multiple accelerators. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*. 2004;59(3):905-10.
- 4-Ma Cm, Nahum AE. Calculation of absorbed dose ratios using correlated Monte Carlo sampling. *Medical Physics*. 1993;20(4):1189-99.
- 5-Ma C-M, Jiang SB. Monte Carlo modelling of electron beams from medical accelerators. *Physics in Medicine and Biology*. 1999;44(12):R157.
- 6-El-Khatib E, Scrimger J, Murray B. Reduction of the bremsstrahlung component of clinical electron beams: implications for electron arc therapy and total skin electron irradiation. *Physics in medicine and biology*. 1991;36(1):111.
- 7-Sorcini B, Hyödynmaa S, Brahme A. The role of phantom and treatment head generated bremsstrahlung in high-energy electron beam dosimetry. *Physics in medicine and biology*. 1996;41(12):2657.
- 8-Klevenhagen S. An algorithm to include the bremsstrahlung contamination in the determination of the absorbed dose in electron beams. *Physics in medicine and biology*. 1994;39(7):1103.
- 9-Pellowitz D. MCNPX User's Manual, version 2.6. 0. Los Alamos Report No LA CP. 2007;2:408.
- 10-Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. *Medical Physics*. 1998;25(5):656-61.
- 11-Jursinic PA, Nelms BE. A 2-D diode array and analysis software for verification of intensity modulated radiation therapy delivery. *Medical Physics*. 2003;30(5):870-9.
- 12-Shi J, Simon WE, Zhu TC. Modeling the instantaneous dose rate dependence of radiation diode detectors. *Medical Physics*. 2003;30(9):2509-19.
- 13-Antolak JA, Hogstrom K, editors. *Electron Radiotherapy: Past, Present, and Future*. AAPM Annual Meeting, TH-A-500-1, Indianapolis; 2013.
- 14-Gur D, Bukovitz A, Serago C. Photon contamination in 8–20-MeV electron beams from a linear accelerator. *Medical physics*. 1979;6(2):145-6.

Comparison of Photon Contamination between Lead free and Flexible Internal Shield and Lead for 6 and 9 MeV Electron Beams of Varian 2100 C/D

Mohammad Javad Tahmasebi Birgani¹, Mansour Zabihzadeh², Saeideh Aliakbari^{3*},
Neda Abdolvand⁴, Azin Shams⁴

1-Professor of Medical Physics and Radiation.

2-Assistant Professor of Medical Physics.

3-PhD Student of Medical Physics.

4-Expert Hospital Radiotherapy.

1,2,3-Department of Medical Physics and Radiotherapy, Ahvaz University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

4-Expert Radiotherapy Department of Golestan Hospital in Ahvaz, Iran.

*Corresponding author:

Saeideh Aliakbari; Department of Medical Physics and Radiotherapy, Ahvaz University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Tel: +989354470112

Email:

aliakbarisaede@gmail.com

Abstract

Background and Objective: In the recent decades the Monte Carlo simulation in the field of radiation therapy has been used a lot. In this study photon contamination of Lead free and flexible internal shield was investigated in the electron field.

Subjects and Methods: To evaluate photon contamination that caused by this new material in the electron field by Monte Carlo study. Varian 2100 C/D was validated within measurement and then by given energy spectrum shield thickness and photon contamination were obtained and compared to those of lead.

Results: The results show that this material required 1.2 times thickness of those lead for providing protection. In addition, it causes photon contamination approximately equal those of lead for energy 6 and 9 MeV.

Conclusions: It can be concluded that thickness of specific combination (70% W, 18.61% Ni, 11/39% c) which has equal transmission same as lead caused photon contamination equal those of Lead that it can be acceptable under clinical condition.

Key words: Photon Contamination, Electron Therapy, Monte Carlo simulation, Internal shield.

►Please cite this paper as:

Javad Tahmasebi Birgani M, Zabihzadeh M, Aliakbari S, Abdolvand N, Shams A. Comparison of Photon Contamination between Lead free and Flexible Internal Shield and Lead for 6 and 9 MeV Electron Beams of Varian 2100 C/D. *Jundishapur Sci Med J* 2017;16(1):35-44.

Received: Sep 4, 2016 Revised: Dec 11, 2016

Accepted: Mar 6, 2017