

## بررسی تأثیر فیلترهای مختلف و کیسه پر از هلیوم بر کاهش آلودگی الکترونی پرتوهای فوتونی شتابدهنده نپتون

سید محمد تقی بحرینی طوسی<sup>۱</sup>، حسن صابری<sup>۲\*</sup>، مهدی مومن نژاد<sup>۲</sup>

۱- استاد گروه فیزیک پزشکی، مرکز تحقیقات فیزیک پزشکی، پژوهشکده بوعلی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

۲- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۴/۱۱/۸

تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۸۴/۷/۱۱

### چکیده

**مقدمه:** در پرتودرمانی با استفاده از اشعه ایکس پر انرژی هدف اعمال دوز بالا به تومور و بافت سرطانی میباشد و سعی بر اینست که از رسیدن دوز بالا به بافت های سالم و پوست جلوگیری شود با وجود این بدلیل وجود الکترونیهای آلوده کننده همراه پرتوهای ایکس امکان دارد که دوز پوست تا حد زیادی افزایش یابد بطوری که خاصیت حفاظت از پوست پرتوهای ایکس پرتوهای ایکس از مزایای استفاده از آنها در پرتو درمانی با شتابدهنده می باشد، از بین برود. یکی از ارزانتترین روش هائی که برای کاهش الکترونیهای آلوده کننده پیشنهاد میشود استفاده از یک فیلتر با عدد اتمی متوسط به بالا است. در این مطالعه اثر فیلترهایی از جنس سرب، مس و آلومینیوم با ضخامت های مختلف بر روی دوز سطحی حاصل از پرتوی ایکس شتابدهنده نپتون با انرژی نامی ۹ مگاولت مورد بررسی قرار گرفت. همچنین اثر کیسه پلاستیکی حاوی گاز هلیوم زمانی که جایگزین ستون هوای بین سر شتابدهنده و سطح پوست می شود مورد بررسی قرار گرفت.

**مواد و روشها:** در این پژوهش یک نگهدارنده فیلتر از جنس پرسپکس ساخته شد. همچنین دوزیمتری توسط یک آشکار ساز PTW PinPoint با حجم حساس بسیار کم  $0.15 \text{ cm}^3$  انجام شد. از فانتوم آب Scanditronix همراه با نرم افزار RFA Plus برای محاسبه مقادیر درصد های دوز عمقی استفاده گردید. همچنین یک کیسه پلاستیکی بسیار نازک به شکل مکعب مستطیل ساخته شد تا بعنوان کیسه هلیوم در مطالعه مورد استفاده قرار گیرد.

**نتایج:** نتایج دوزیمتری در فانتوم آب با استفاده از اتاقک یونیزاسیون بسیار کم حجم PTW PinPoint نشان داد که در بین فیلتر های سربی فیلتری به ضخامت  $0.4$  میلی متر بیشترین کاهش دوز سطحی را ایجاد می کند. این فیلتر قادر است که  $DS$  (دوز سطح نسبت به دوز ماکزیمم) را در میدان های  $10 \times 10$ ،  $20 \times 20$  و  $25 \times 25$  سانتیمتر مربع به مقدار  $5/7$ ،  $7/9$  و  $9/6$ ٪ کاهش دهد. همچنین استفاده همزمان از فیلتر سربی به ضخامت  $0.4$  میلی متر و کیسه هلیوم کاهش بیشتری در دوز سطحی ایجاد می کند به طوریکه  $DS$  را در سه میدان  $10 \times 10$ ،  $20 \times 20$  و  $25 \times 25$  سانتیمتر مربع به اندازه  $6/3$ ،  $10/1$  و  $12/3$ ٪ کاهش می دهد.

**بحث و نتیجه گیری:** با توجه به نتایج بدست آمده میتوان گفت که بهترین فیلتر برای کاهش آلودگی الکترونی و دوز سطحی برای شتابدهنده نپتون IOPC فیلتری از جنس سرب به ضخامت  $0.4$  میلی متر می باشد. همچنین با توجه به اینکه فیلتر سربی به ضخامت  $0.4$  میلی متر وقتی همراه با کیسه هلیوم استفاده شود تنها به میزان چند درصد موجب کاهش دوز سطحی می شود ( $0.6$ ،  $2$ ، و  $7/2$  درصد به ترتیب در میدان های  $10 \times 10$ ،  $20 \times 20$  و  $25 \times 25$  سانتی متر مربع)، لذا می توان نتیجه گرفت که برای شتابدهنده مذکور سهم الکترونیهای ثانویه ناشی از برخورد فوتون ها در ستون هوای بین سر شتابدهنده و فانتوم آب بسیار کمتر از آلودگی الکترونی ناشی از سر شتابدهنده می باشد. (مجله فیزیک پزشکی ایران، دوره ۲، شماره ۸، پاییز ۸۴: ۲۰-۹)

**واژگان کلیدی:** آلودگی الکترونی، دوز سطحی، فیلتر، کیسه هلیوم، شتابدهنده خطی نپتون

\* نویسنده مسؤل: حسن صابری

آدرس: گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی دانشگاه

علوم پزشکی مشهد، h\_saberi37@yahoo.com

تلفن: ۰۵۱۱-۹۸-۸۵۴۴۰۸۱-۴

## ۱- مقدمه

یکی از روشهای متداول درمان تومورهای بدخیم عمقی، پرتو درمانی با پرتوهای ایکس مگاولتاژ است. هدف از پرتو دهی در این نوع درمان اعمال دوز بالا به بافت سرطانی است بطوری که همزمان با آن دوز دریافتی بافتهای سالم و پوست بسیار کم باشد تا از ایجاد عوارض پس از درمان جلوگیری شود. استفاده از پرتوهای ایکس و گامای پرنانرژی امکان میدهد که هنگام استفاده از این پرتوها بتوان دوز جذبی بافتهای عمقی را افزایش داد در حالیکه از رسیدن دوز زیاد به بافتهای سالم و پوست جلوگیری کرد که به آن اثر حفاظت پوست (Skin Sparing) گفته میشود. متأسفانه برخورد فوتونها با مواد مختلفی که در طول مسیر حرکت خود با آنها مواجه هستند سبب تولید الکترونهاى ثانویه، که به آنها الکترونهاى آلوده کننده میگویند، این خاصیت حفاظتی پرتوهای مگاولتاژ تا حدودی از بین برود [۲ و ۱]. این الکترونها عمق نفوذ کمی دارند و برخورد آنها با بدن تنها سبب افزایش دوز جذبی پوست میشود. از دهه ۱۹۷۰ میلادی کاهش الکترونهاى آلوده کننده یکی از موضوعات مورد بحث در مقالات علمی بوده است. یکی از روشهای پیشنهادی برای حذف این نوع آلودگی ها استفاده از صافیهای با عدد اتمی متوسط به بالا بلافاصله پس از سر دستگاه می باشد [۷-۳].

مقاله حاضر نتایج حاصل از مطالعه کاربرد این عامل کاهش دهنده آلودگی الکترونی را بر روی دستگاه شتابدهنده نپتون 10 PC مورد بررسی قرار میدهد. انرژی نامی پرتوهای ایکس این شتابدهنده ۹ مگا ولت است. تا این تاریخ هیچ گزارشی مربوط به مطالعه اثر صافی ها بر پرتوهای ایکس حاصل از شتابدهنده مذکور یا هر نوع شتابدهنده دیگر با انرژی نامی ۹ مگا ولت منتشر نشده است. با توجه به نصب و بهره برداری تعداد زیادی از این نوع شتابدهنده در ایران ضرورت انجام این مطالعه مورد تایید قرار گرفت.

## ۲- مواد و روشها

در این مطالعه از فیلترهای آلومینیومی، مسی و سربی با ضخامتهای مختلف استفاده گردید. از فیلترهای آلومینیومی با ضخامت های ۰/۳، ۰/۸، ۱/۲، ۱/۸، ۲/۴ و ۳/۳ میلی متر و فیلترهای مسی با ضخامت های ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱/۱ و ۱/۹ میلیمتر و فیلترهای سربی با ضخامت های ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۵ و ۲ میلیمتر استفاده شد. کلیه بررسی ها برای سه میدان ۱۰×۱۰، ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع و برای فاصله چشمه تا سطح (SSD) متداول ۱۰۰ سانتی متر انجام گردید. فیلترها توسط یک نگهدارنده از جنس پرسپکس که به این منظور طراحی و ساخته شد در Accessory Holder و بلافاصله پس از سر دستگاه و به فاصله ۳۸/۵ سانتی متر از سطح فانتوم آب قرار داده شدند. در مطالعات قبلی توصیه شده است که فیلتر از پوست حداکثر فاصله ممکن را داشته باشد، این نکته در مطالعه حاضر مورد توجه قرار گرفت [۸]. نگهدارنده فیلترها به گونه ای طراحی شد که پس از قرار دادن فیلتر در آن، میدان ایجاد شده روی سطح فانتوم حداکثر ۳۰×۳۰ سانتی متر مربع باشد. در شکل ۱ نگهدارنده فیلتر و یکی از فیلترهای مورد استفاده نشان داده شده است.



شکل ۱- نگهدارنده فیلترها در حالی که فیلتر مسی در محل مخصوص خود قرار دارد.

اندازه گیری دوز سطح، نقطه موثر روی سطح قرار گرفت. سپس با حرکت اتاقک روی محور مرکزی دوز در عمق های مختلف اندازه گرفته شد و مقادیر اندازه گیری شده نسبت به دوز ماکزیمم نرمالیزه شدند.

### ۳- نتایج

همه مطالعات در  $SSD = 100 \text{ cm}$  و در سه اندازه میدان  $10 \times 10$ ،  $20 \times 20$  و  $25 \times 25$  سانتی متر مربع انجام شدند. هر یک از آزمایشات دوزیمتری سه بار تکرار شد، بطوریکه تکرارپذیری نتایج کمتر از  $\pm 0.5\%$  محاسبه شد مقادیر ذکر شده، میانگین نتایج میباشند.

برای مشاهده و مطالعه اثر فیلترهای سربی بر میزان آلودگی الکترونی و تأثیر آنها بر دوز سطحی از نسبت دوز سطحی به دوز ماکزیمم (Ds) استفاده شد. در جدول ۱ نتایج حاصل از دوزیمتری در فانتوم آب برای فیلترهای سربی در هر سه میدان مذکور ارائه شده اند. همچنین در نمودارهای ۲، ۱ و ۳ نتایج حاصل از دوزیمتری در فانتوم آب در چند میلی متر نخست ناحیه تجمع دوز (Build-Up) نشان داده شده اند.

جدول ۱- درصدهای دوز سطحی (Ds) هنگام استفاده از فیلترهای سربی

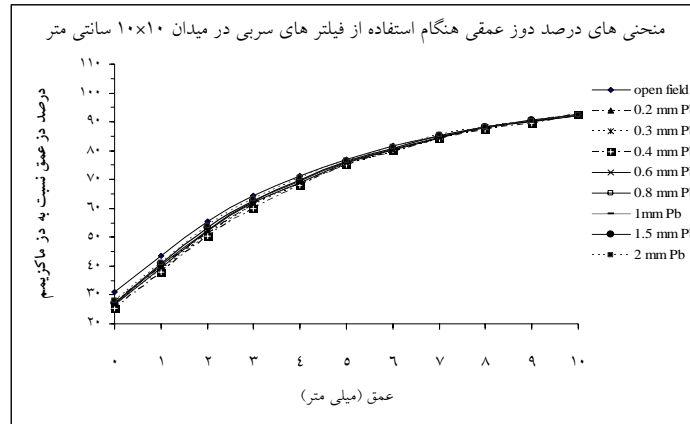
اندازه میدان (سانتی متر مربع)			ضخامت فیلتر (میلیمتر)
۲۵×۲۵	۲۰×۲۰	۱۰×۱۰	
۴۸/۸	۴۴/۰	۳۰/۹	۰
۴۱/۲	۳۸/۲	۲۷/۴	۰/۲
۴۰/۴	۳۷/۵	۲۶/۸	۰/۳
۳۹/۲	۳۶/۱	۲۵/۲	۰/۴
۴۰/۷	۳۶/۸	۲۵/۸	۰/۶
۴۱/۱	۳۷/۶	۲۶/۴	۰/۸
۴۱/۹	۳۸/۰	۲۶/۸	۱
۴۲/۱	۳۸/۵	۲۷/۱	۱/۵
۴۲/۵	۳۹/۲	۲۸/۲	۲

برای اندازه گیری درصدهای دوز عمقی در فانتوم آب از اتاقک یونیزاسیون بسیار ظریف Pinpoint PTW استفاده شد. این دوزیمتر به شکل استوانه و به شعاع ۱ میلیمتر و حجم حساس آن برابر  $0.015$  سانتی متر مکعب است [۹]. این آشکار ساز بدلیل حجم حساس بسیار کم برای دوزیمتری در ناحیه تجمع دوز (Build-up) مناسب می باشد. در شکل ۲ تصویر این آشکار ساز مشاهده می شود.

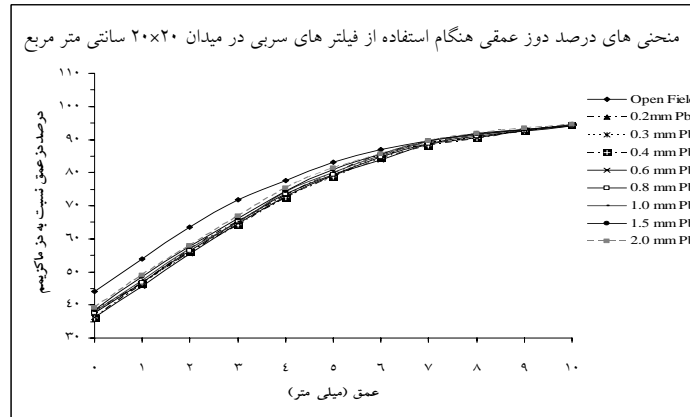


شکل ۲- تصویری از آشکار ساز PinPoint PTW

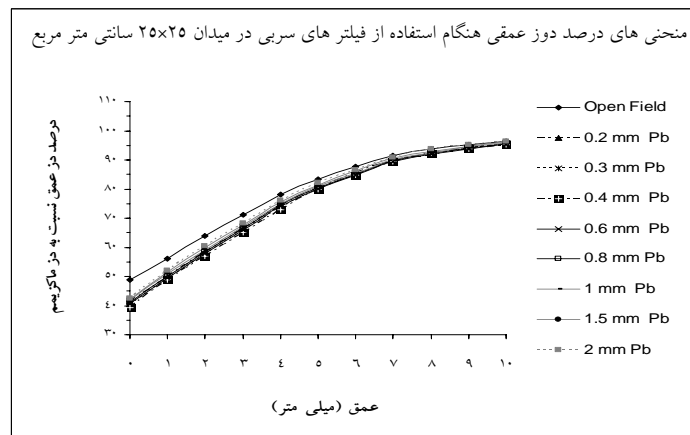
در این مطالعه اندازه گیری ها در فانتوم آب Scanditronix انجام شد که دارای اسکنر سه بعدی میباشد و امکان دوزیمتری در سه جهت Inline، Crossline و امتداد قائم را میسر می سازد. هم چنین برای بدست آوردن درصد های دوز عمقی از نرم افزار RFA Plus که نرم افزار مخصوص فانتوم آب مذکور است، استفاده شد. نقطه موثر اندازه گیری در اتاقک یونیزاسیون طبق پروتکل TG-51،  $0.7r$  می باشد این نکته در اندازه گیری های این تحقیق مورد توجه قرار گرفت [۱۰] و اتاقک به اندازه ای جابجا گردید که برای



نمودار ۱- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای سربی در میدان ۱۰×۱۰ سانتی متر مربع



نمودار ۲- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای سربی در میدان ۲۰×۲۰ سانتی متر مربع



نمودار ۳- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای سربی در میدان ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع

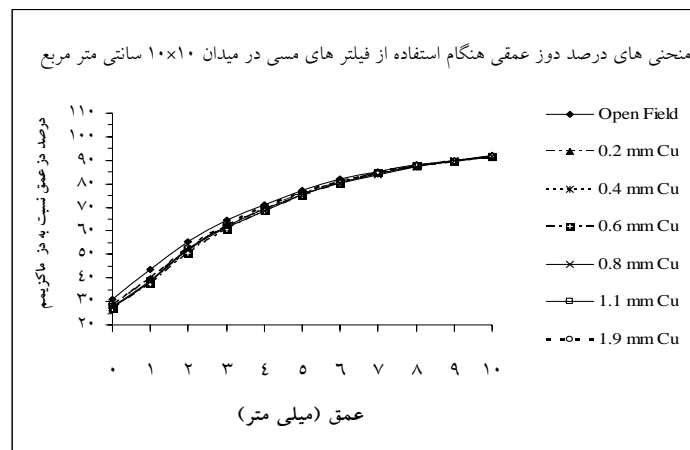
### آلودگی الکترونی پرتوهای فوتونی شتابدهنده

در این مطالعه علاوه بر فیلترهای سربی فیلترهایی از جنس مس و آلومینیوم نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از استفاده از فیلترهای مسی در جدول ۲ و نمودارهای ۴، ۵ و ۶ مشاهده می‌گردد. با توجه به جدول ۲ ملاحظه می‌گردد که برای هر سه میدان  $10 \times 10$ ،  $20 \times 20$  و  $25 \times 25$  سانتی متر مربع در بین فیلترهای مسی فیلتری به ضخامت  $0.6$  میلی‌متر مؤثرترین فیلتر در کاهش دوز سطحی می‌باشد.

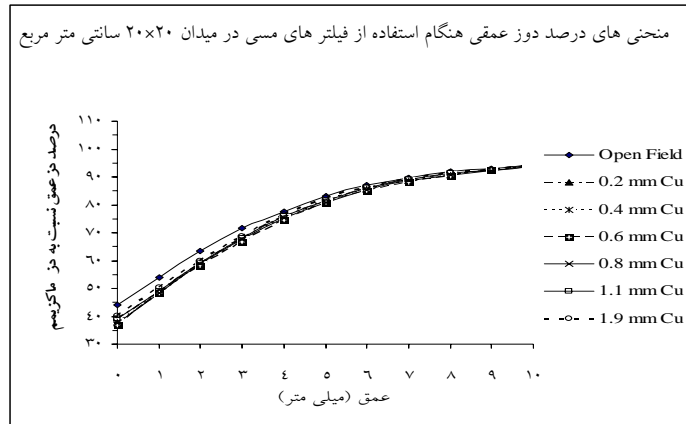
جدول ۲- درصدهای دوز سطحی (Ds) هنگام استفاده از فیلترهای مسی

اندازه میدان (سانتی متر مربع)			ضخامت فیلتر (میلی‌متر)
$25 \times 25$	$20 \times 20$	$10 \times 10$	
$48/8$	$44/0$	$30/9$	۰
$42/1$	$38/7$	$28/2$	$0.2$
$41/7$	$38/0$	$27/5$	$0.4$
$41/2$	$36/9$	$26/9$	$0.6$
$42/3$	$37/5$	$27/4$	$0.8$
$42/9$	$39/1$	$28/0$	$1.1$
$43/7$	$40/3$	$28/6$	$1.9$

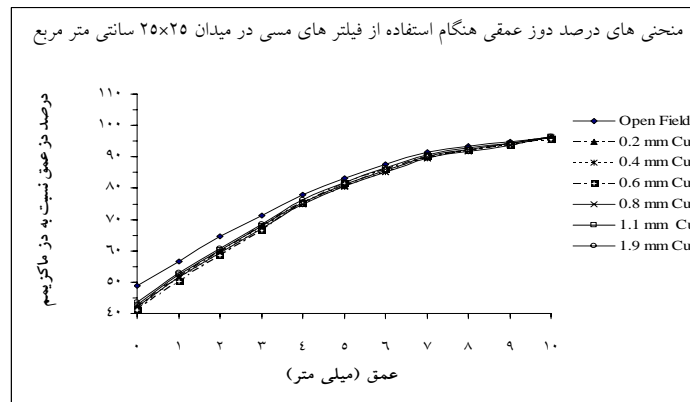
در هر سه نمودار ۱، ۲ و ۳ ملاحظه می‌شود که کاهش دوز در عمق‌های سطحی وجود دارد. در اندازه میدان معین شکل منحنی برای همه فیلترهای سرب تقریباً یکسان تغییر می‌کند و اثر همه فیلترها در کاهش دوز سطحی تنها  $0.4$  تا  $3/3$ ٪ با هم متفاوت می‌باشد. مطابق جدول ۱ مشاهده می‌شود که برای میدان  $10 \times 10$  سانتی متر مربع کمترین مقدار دوز سطحی مربوط به فیلتر سربی به ضخامت  $0.4$  میلی‌متر می‌باشد که دوز سطحی را از  $30/9$  به  $25/2$  درصد کاهش می‌دهد یعنی دوز سطحی  $5/7$ ٪ کاهش یافته است. همین فیلتر در میدانهای  $20 \times 20$  و  $25 \times 25$  سانتی متر مربع مؤثرترین فیلتر می‌باشد که درصد دوز سطحی را از  $44/0$  و  $48/8$  درصد بترتیب به  $36/1$  و  $39/2$  درصد تنزل می‌دهد که بترتیب معادل  $7/9$  و  $9/6$  درصد کاهش در دوز سطحی می‌باشد. در هر سه میدان مشاهده می‌شود که ابتدا دوز سطحی کاهش یافته و سپس با افزایش ضخامت فیلترها درصد دوز سطحی تدریجاً افزایش می‌یابد.



نمودار ۴- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای مسی در میدان  $10 \times 10$  سانتی متر مربع



نمودار ۵- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای مسی در میدان ۲۰×۲۰ سانتی متر مربع



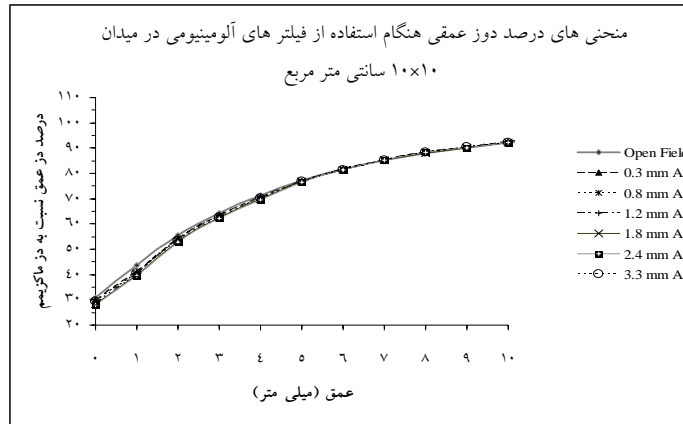
نمودار ۶- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای مسی در میدان ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع

جدول ۳- درصدهای دوز سطحی (Ds) هنگام استفاده از فیلتر های آلومینیومی

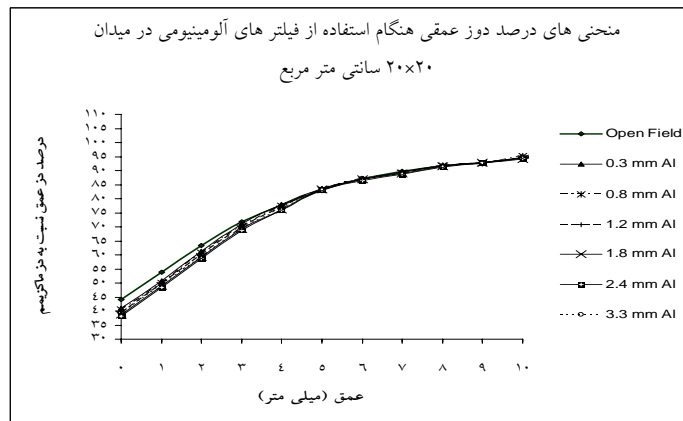
اندازه میدان (سانتی متر مربع)			ضخامت فیلتر (میلیمتر)
۲۵×۲۵	۲۰×۲۰	۱۰×۱۰	
۴۸/۸	۴۴/۰	۳۰/۹	۰
۴۴/۷	۴۱/۱	۲۹/۸	۰/۳
۴۳/۸	۴۰/۵	۲۹/۴	۰/۸
۴۳/۱	۳۹/۳	۲۸/۷	۱/۲
۴۲/۵	۳۸/۸	۲۸/۳	۱/۸
۴۱/۹	۳۸/۱	۲۸/۰	۲/۴
۴۲/۷	۳۹/۳	۲۹/۳	۳/۳

فیلتری به ضخامت ۰/۶ میلیمتر در میدان ۱۰×۱۰ سانتی متر مربع درصد دوز سطحی را از ۳۰/۹٪ به ۲۶/۹٪ و در میدانهای ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع درصدهای دوز سطحی را بترتیب از ۴۴/۰٪ به ۴۸/۸٪ و ۳۶/۹٪ و ۴۱/۲٪ کاهش داده است که بترتیب معادل با ۷/۱ و ۷/۶٪ کاهش درصدهای دوز سطحی می باشند.

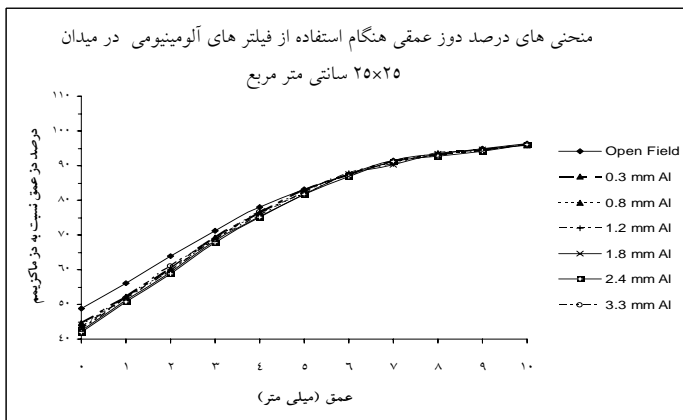
نتایج حاصل از بررسی اثر فیلترهای آلومینیومی بر روی دوز سطح نیز در جدول ۳ و نمودارهای ۷، ۸ و ۹ ارائه شده اند.



نمودار ۷- تغییرات درصد های دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلتر های آلومینیومی در میدان  $10 \times 10$  سانتی متر مربع



نمودار ۸- تغییرات درصد های دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلتر های آلومینیومی در میدان  $20 \times 20$  سانتی متر مربع



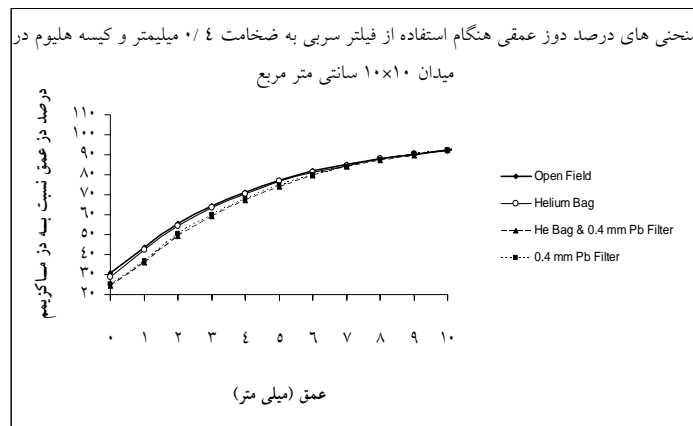
نمودار ۹- تغییرات درصد های دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلتر های آلومینیومی در میدان  $25 \times 25$  سانتی متر مربع

وج ها و سطح فانتوم گردید و سپس تأثیر کیسه هلیوم همراه با فیلتر سربی به ضخامت ۰/۴ میلیمتر یعنی مناسبترین فیلتر برای کاهش آلودگی الکترونی و دوز سطحی مورد ارزیابی قرار گرفت. بمنظور جلوگیری از امکان تأثیر تماس کیسه هلیوم بر روی آشکارساز کیسه هلیوم به فاصله ۱ سانتی متر از آشکار ساز قرار داده شد. نتایج حاصل از آزمایش های مذکور در جدول ۴ و نمودارهای ۱۰، ۱۱، و ۱۲ مشاهده می شوند.

فیلتری به ضخامت ۲/۴ میلیمتر که مؤثرترین فیلتر آلومینیوم است در میدان ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع قادر است که درصد دوز سطحی را از ۴۸/۸ به ۴۱/۹٪ برساند که معادل کاهش ۶/۹ درصد است. درحالی که در همین میدان فیلتر مسی به ضخامت ۰/۶ میلی متر ۷/۶ درصد و فیلتر سربی به ضخامت ۰/۴ میلی متر ۹/۶ درصد دوز سطحی را کاهش میدهند. همین فیلتر آلومینیومی در میدان های ۱۰×۱۰ و ۲۰×۲۰ سانتی متر مربع می تواند درصد دوز سطحی را بترتیب ۲/۹ و ۵/۹ درصد کاهش دهد. در این تحقیق اثر کیسه حاوی هلیوم نیز در دو مرحله مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا این کیسه جایگزین فضای بین نگهدارنده

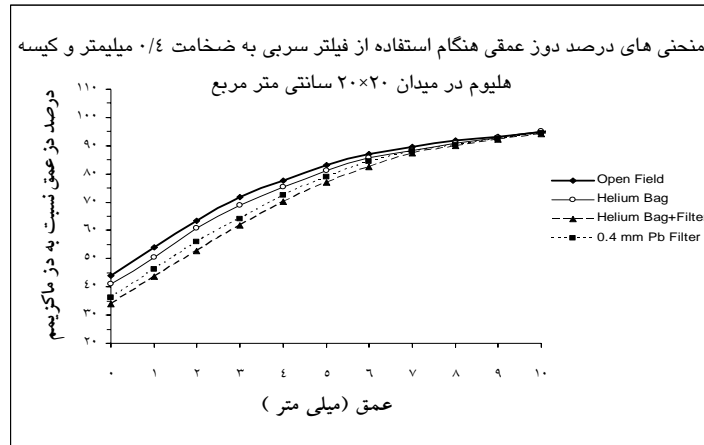
جدول ۴- درصدهای دوز سطحی (Ds) هنگام استفاده از کیسه هلیومی با و بدون فیلتر سربی به ضخامت ۰/۴ میلی متر

اندازه میدان (سانتی متر مربع)			روش مورد استفاده
۲۵×۲۵	۲۰×۲۰	۱۰×۱۰	
۴۸/۸	۴۴/۰	۳۰/۹	میدان باز (بدون هیچ وسیله اضافی در مسیر پرتو)
۴۵/۶	۴۱/۲	۲۸/۹	استفاده از کیسه حاوی هلیوم
۳۶/۵	۳۳/۹	۲۴/۶	استفاده از کیسه هلیومی و فیلتر سربی به ضخامت ۰/۴ mm

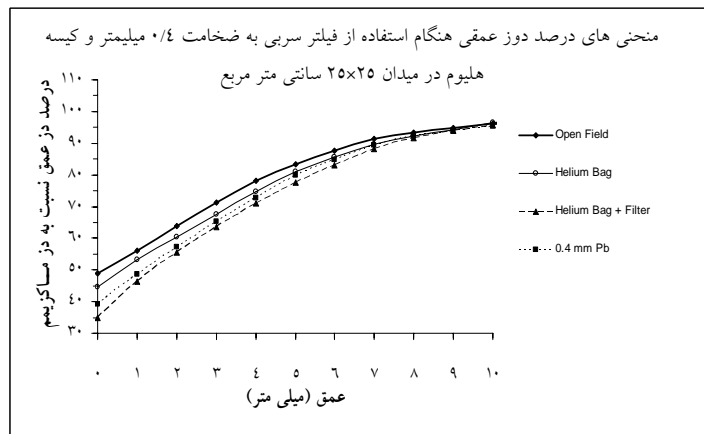


نمودار ۱۰- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ابتدای ناحیه تجمع دوز برای آزمایش کیسه هلیومی با و بدون فیلتر سربی بهینه در میدان ۱۰×۱۰ سانتی متر مربع





نمودار ۱۱- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ابتدای ناحیه تجمع دوز برای آزمایش کیسه هلیومی با و بدون فیلتر سربی بهینه در میدان ۲۰×۲۰ سانتی متر مربع



نمودار ۱۲- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ابتدای ناحیه تجمع دوز برای آزمایش کیسه هلیومی با و بدون فیلتر سربی بهینه در میدان ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع

سانتی متر مربع درصد های دوز سطحی به ترتیب ۲۴/۶، ۳۳/۹ و ۳۶/۵ درصد می شود، یعنی برای اندازه میدان های مذکور درصد دوز سطحی به ترتیب ۶/۳، ۱۰/۱ و ۱۲/۳ درصد کاهش می یابد.

#### ۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه به جداول ۱-۳ بیشترین تأثیر فیلترها بر دوز سطحی در میدانهای بزرگ (۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع)

هنگام استفاده از کیسه هلیوم درصدهای دوز سطحی در میدان های ۱۰×۱۰، ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع بترتیب به ۲۸/۹، ۴۱/۲ و ۴۵/۶ درصد تغییر می یابند که بترتیب معادل ۲/۸، ۳/۲ و ۲/۰ درصد کاهش در دوز سطحی می باشد، اما وقتی که از کیسه هلیوم همراه با فیلتر سربی به ضخامت ۰/۴ میلیمتر استفاده گردید مقدار کاهش دوز سطحی بیشتر از زمانی است که از فیلتر یا کیسه هلیوم به تنهایی استفاده میشود. برای میدان های ۱۰×۱۰، ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵

فیلتر تنها می باشد که این تفاوت مربوط به حذف الکترونهاى تولید شده در هوا می باشد.

اگر فرض کنیم که فیلتر قادر باشد که تقریباً تمامی الکترونهاى ثانویه حاصل از سر شتابدهنده را جذب کند و نیز کیسه هلیوم نیز متعاقباً بتواند از تولید الکترونهاى ثانویه در هوا ممانعت کند میتوان گفت که با تفریق نتایج مربوط به استفاده همزمان از فیلتر و کیسه حاوی هلیوم از نتایج مربوط به میدان باز میتوان سهم آلودگی الکترونی حاصل از سر دستگاه و ستون هوای بین دستگاه و سطح فانتوم را محاسبه کرد. از طرف دیگر با تفریق نتایج مربوط به استفاده همزمان فیلتر و هلیوم از نتایج مربوط به فیلتر تنها میتوان سهم الکترونهاى حاصل از ستون هوای بین سر دستگاه و سطح فانتوم را تخمین زد (البته با توجه به اینکه هنگام استفاده از فیلتر پرتوهای پراکنده نیز بر روی توزیع دوز فانتوم مؤثر می باشند لذا نتایج حاصل کمی با مقادیر واقعی متفاوت خواهند بود). با توجه به نکات مذکور میتوان گفت که سهم الکترونهاى ثانویه آلوده کننده حاصل از ستون هوای بین سر دستگاه و سطح فانتوم کمتر از سهم الکترونهاى ثانویه حاصل از سر شتابدهنده می باشد. نتایج حاصل از محاسبات سهم الکترونهاى حاصل از دو قسمت مذکور را در جدول ۵ میتوان مشاهده کرد.

مشاهده می شود. همچنین جدول ۳ نشان می دهد که در هر سه اندازه میدان فیلتر های آلومینیومی نسبت به فیلترهای سربی و مسی تأثیر کمتری روی دوز سطحی دارند. با توجه به نتایج مذکور می توان فیلتر سربی به ضخامت ۰/۴ میلیمتر را به عنوان فیلتر مناسب برای کاهش دوز سطحی پیشنهاد نمود. این فیلتر می تواند دوز سطحی را در میدان ۱۰×۱۰ سانتی متر مربع به اندازه ۱/۸٪ کاهش دهد؛ در حالیکه همین فیلتر در میدان های ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع دوز سطحی را بترتیب ۱/۸٪ و ۱۹/۷٪ کاهش می دهد. قبلاً نیز در تحقیقی مشابه روی شتابدهنده با اشعه ایکس ۱۰ MV برای کاهش آلودگی الکترونی استفاده از یک فیلتر سربی به ضخامت ۰/۳۲ میلیمتر پیشنهاد شده بود که این فیلتر را بلافاصله بعد از کولیماتور ثانویه قرار دادند که در مطالعه حاضر نیز چنین عمل شد. فیلتر بهینه در این پژوهش نیز معادل ۰/۴ میلیمتر سرب است که به فیلتر پیشنهادی پژوهش ذکر شده بسیار نزدیک است [۵].

با مقایسه نتایج حاصل از جدول ۴ و جدول ۱ بوضوح مشاهده میشود که تأثیر فیلتر همراه با کیسه هلیوم مؤثرتر از

جدول ۵- نتایج مربوط به محاسبات سهم الکترونهاى ثانویه حاصل از سر دستگاه و ستون هوا در درصد های دوز سطحی (Ds) محاسبه شده در فانتوم آب

اندازه میدان (سانتی متر مربع)			ناحیه مورد نظر
۲۵×۲۵	۲۰×۲۰	۱۰×۱۰	
٪۹/۱	٪۷/۳	٪۴/۳	سر دستگاه
٪۳/۲	٪۲/۸	٪۲/۰	ستون هوای بین سر دستگاه و سطح فانتوم
٪۱۲/۳	٪۱۰/۱	٪۶/۳	مجموع

ندارد، در صورتیکه دوز سطحی ناشی از الکترونهاى ثانویه حاصل از سر دستگاه قابل توجه بوده و بستگی خوبی به اندازه میدان نشان می دهد و با افزایش میدان افزایش می یابد.

همچنانکه از جدول مشهود است سهم الکترونهاى حاصل از ستون هوای بین سر دستگاه و سطح فانتوم در درصد دوز سطحی کم می باشد و بستگی زیادی نیز به اندازه میدان

الکترونی مورد بررسی قرار داد. همچنین برای رفع مشکل انسداد میدان نوری توسط فیلتر، میتوان شیشه های سربی با محتوای سربی متفاوت را مطالعه نمود و توان آنها را در کاهش دوز سطحی مورد ارزیابی قرار داد. با وجود این اگر تکنیکها و ابزارهای ثابت سازی بیمار برای جلوگیری از حرکت بیمار در حین درمان بخوبی استفاده شوند، روش مذکور یکی از روشهای مناسب و ارزان برای کاهش دوز سطحی و جلوگیری از عوارض، فراهم می آورد.

نقاط ضعف این روش مربوط به عدم اطمینان از حذف نسبتاً کامل الکترونهای ثانویه توسط سیستم و انسداد مسیر سیستم تمرکز دهنده نوری شتابدهنده است. برای اطمینان از حذف کامل الکترونهای ثانویه میتوان نتایج حاصل از این مطالعه را با نتایج حاصل از سیستم های منحرف کننده مغناطیسی مقایسه کرد. سیستم های مغناطیسی قادر هستند که تقریباً همه الکترونهای ثانویه را از طریق انحراف از مسیر شان حذف کنند [۱۱ و ۱۲]. بنا براین میتوان در پژوهشهای بعدی اثر میدان مغناطیسی را بر کاهش آلودگی

## منابع

1. Khan FM. Physics of Radiation Therapy. 3<sup>rd</sup> ed. Hagerstown (MD): Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
2. Hendee WR, Ibbot GS. Radiation Therapy Physics. 2<sup>nd</sup> ed. St.Louis (Missouri): Mosby; 1996.
3. Ling CC, Biggs P J. Improving the buildup and depth-dose characteristics of high energy photon beams by using electron filters. Med Phys. 1979; 6(4): 296-301.
4. Huang D, Williams S, Chaney E, Long F .Evaluation of lead acrylic as a filter for contaminant electrons in megavoltage photon beams. Med Phys. 1983; 10(1): 93-95.
5. Rao B M, Prasad S G, Parthasaradhi K, Lee Y, Ruparel R, Garces R. Investigation on the near surface dose for three 10-MV x-ray beam accelerators with emphasis on the reduction of electron contamination. Med Phys. 1988; 15(2): 246-249.
6. Rogers DWO .Correcting for electron contamination at dose maximum in photon beams. Med Phys. 1999; 26(4): 533-537.
7. Li XA, Rogers DW. Reducing electron contamination for photon beam-quality specification. Med Phys. 1994; 21(6): 791-797.
8. Leung PMK, Johns HE. Use of electron filters to improve the buildup characteristics of large fields from cobalt-60 beams. Med Phys. 1977; 4(5): 441-444.
9. PTW Freiburg .User Manual: PinPoint chambers Type 31006 and Type 31009; 2003.
10. Almond PR, Biggs PJ, Coursey BM, Hanson WF, Saiful Haq M, Nath R, et al. AAPM's TG-51 protocol for clinical reference dosimetry of high-energy photon and electron beams. Med Phys. 1999; 26(9): 1847-70.

11. Butson MJ, Cheung T, Yu Pan and Metcalfe PE. Evaluation of a radiotherapy electron contamination deflecting system. Rad Meas. 2000; 32:101-104.
12. Medina AL, Teijeiro A, Garcia J, Esperon J, Terron JA, Ruiz DP et al. Characterization of electron contamination in megavoltage photon beams. Med Phys. 2005; 32(5): 1281-92.