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

سید محمد تقی بحرینی طوسی'، حسن صابری<sup>۳</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 دریافت نسخه اصلاح شده: ۸٤/۷/۱۱

## چکیدہ

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 جلو گیری شود با وجود ایـن بـدلیل وجـود الکترونهای آلـوده کننـده همـراه پرتوهای ایکس امکان دارد که دوز پوست تا حد زیادی افزایش یابد بطوری که خاصیت حفاظت از پوست پرتوهای ایکس پرانرژی که یکی از مزایای استفاده از آنها در پرتو درمانی با شتابدهنده می باشد، از بین برود. یکی از ارزانترین روش هائی که برای کاهش الکترونهای آلوده کننده پیشنهاد میشود استفاده از یک قیلتر با عدد اتمی متوسط به بالا است. در ایـن مطالعه اثـر فیلترهائی از جنس سرب، مس و آلومینیوم با ضخامت های مختلف بر روی دوز سطحی حاصل از پرتوی ایکس شـتابدهنده نیتـون با انـرژی 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 ۰۱۵ cm<sup>۲</sup> انجام شد. از فانتوم آب Scanditronix همراه با نـرم افـزار RFA Plus برای محاسبه مقادیر درصد های دوز عمقی استفاده گردید. همچنین یک کیسه پلاستیکی بسیار نازک بـه شـکل 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 ۲۰، 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 ۱۰×۱۰، ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتیمتر مربع به مقدار ۷/۵، ۹/۹ و ۶/۹٪ کاهش دهد. همچنین استفاده همزمان از فیلتر سربی به ضخامت ۲۰، میلی متر و کیسه هلیوم کاهش بیشتری در دوز سطحی ایجاد می کند به طوریکه Ds را در سه میدان ۱۰×۲۰، ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتیمتر مربع به اندازه ۲/۹، ۱/۱ و ۱/۲٪ 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 10PC فیلتری از جنس سرب به ضخامت ۲۰، میلی متر می باشد. همچنین با توجه به اینکه فیلتر سربی برای شتابدهنده نپتون ۲۰۲۲ در میدان های ۲۰×۲۰، ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتیمتر مربع به اندازه ۳/۶، ۲/۱۰ و ۲/۱٪ کاهش می دهد. را و ۲۰٫۵ میلی متر وقتی همراه با کیسه هلیوم استفاده شود تنها به میزان چند درصد موجب کاهش دوز سطحی می شود را ۶/۰، ۲٫۰ و ۲/۱ درصد به ترتیب در میدان های ۲۰×۲۰، ۲۰۰ میلی متر می باشد. همچنین با توجه به اینکه فیلتر سربی برای شتابدهنده مذکور سهم الکترونهای ثانویه ناشی از برخورد فوتون ها در ستون هوای بین سر شتابدهنده و فانتوم آب بسیار میرای شتابدهنده مذکور سهم الکترونهای 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. (مجه فیزیک پزشکی ایران، دوره ۲، شماره ۸، پایز ۲۰، ۲۰۰۹

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

\* نویسنده مسؤول، حسن صابری آدرس: گروه فیزیک پزشکی، دانیشکده پزشکی دانیشگاه علوم پزشکی مشهد، h\_saberi37@yahoo.com تلفن:۲-۲۰۸۱ ۸۵۴۴ ۸۱ (۱۵۵۱) ۹۹+

#### ۱- مقدمه

یکی از روشهای متداول درمان تومورهای بدخیم عمقی، پرتو درمانی با پرتوهای ایکس مگاولتاژ است .هدف از پر تو دهمی در این نوع درمان اعمال دوز بالا به بافت سر طانی 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 پر انرژی امکان میدهد که هنگام استفاده از ایـن پرتوها بتوان دوز جـذبی بافتهای عمقی را افزایش داد در حالیکه از رسیدن دوز زیاد به بافتهای سالم و پوست جلوگیری کرد که به آن اثر حفاظت يوست (Skin Sparing) گفته ميشود. متأسفانه برخورد فوتونها با مواد مختلفي كه در طول مسير حركت خود با أنها مواجه هستند سـبب توليـد الكترونهـاي ثانويـه، كـه بـه أنهـا الکترونهای آلوده کننده میگویند، این خاصیت حفاظتی پرتوهای مگاولتاژ تا حدودی از بین برود [۱و۲]ایس الكترونها عمق نفوذ كمي دارند و برخورد أنها با بدن تنها سبب افزایش دوز جذبی پوست میشود. از دهه ۱۹۷۰ میلادی كاهش الكترونهاي ألوده كننده يكي از موضوعات مورد بحث در مقالات علمی بوده است. یکی از روشهای پیشنهادی برای حذف این نوع آلودگی ها استفاده از صافیهائی با عـدد اتمـی 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 شـتابدهنده نپتـون 10 PC مورد بررسی قرار میدهد. انرژی نامی پرتوهای ایکس این شتابدهنده ۹ مگا ولت است. تـا ایـن تـاریخ هـیچ گزارشی مربوط به مطالعه اثر صافی ها بر پرتوهای ایکس حاصل از شتابدهنده مذکور یا هر نوع شتابدهنده دیگر با انرژی نامی ۹ مگاولت 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 فیلتره ای آلومینیـومی ، مـسی و سـربی بـا ضخامتهای مختلف استفاده گردید.

از فيلتر هاي آلومينيومي با ضخامت هاي ٢/٠، ٨/٠، ١/٢ ، ۱/۸، ۲/٤ و ۳/۳ میلی متر و فیلترهای مسی با ضخامت های ۰/۲، ۰/۲، ۲/۰، ۸/۰، ۱/۱ و ۱/۹ میلیمتر و فیلترهای سربی با ضخامت های ۰/۲، ۳/۰، ٤/۰، ۲/۰، ۸/۰، 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 پرسیکس 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 قـرار 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 [٨]. 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.

## 3- نتايج

همه مطالعات در SSD = ۱۰۰ cm و در سه اندازه میدان ۱۰×۱۰، ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع انجام شدند. هر یک از آزمایشات دوزیمتری سه بار تکرار شد، بطوریکه تکرارپذیری نتایج کمتر از ۰/۰٪ ± 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 هرسه میدان مذکور ارائه شده اند. همچنین در نمودارهای ۲۰۱ و ۳ نتایج حاصل از دوزیمتری در فانتوم آب در چند میلی متر نخست ناحیه تجمع دوز (Build-Up) نشان داده شده اند.

ر دوز سطحی(Ds) هنگام استفاده از فیلتر های سربی	بدول ۱ – درصدهای
--	------------------

تر مربع)	ان (سانتی من	اندازه مید	ضخامت فيلتر
70×70	۲۰×۲۰	1.×1.	(ميليمتر)
٤٨/٨	٤٤/٠	۳۰/۹	•
٤١/٢	۳۸/۲	TV/E	٠/٢
٤ • /٤	٣٧/٥	۲٦/٨	۰/٣
۳۹/۲	21/1	۲٥/۲	•/٤
٤•/٧	۳٦/٨	۲٥/٨	۰/٦
٤١/١	WV/7	27/2	•/A
٤١/٩	۳۸/۰	۲٦/٨	١
٤٢/١	۳۸/۵	YV/1	١/٥
٤٢/٥	۳۹/۲	۲۸/۲	٢

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 ۱۰۱۰ 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 آشکارساز مشاهده می شود.



شکل ۲- تصویری از آشکارساز 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، ۷۲/۰ 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



نمودار۳- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای سربی در میدان ۲۰×۲۵ 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 ٤، ٥ و ٦ مشاهده می گردد. با توجه به جدول ۲ ملاحظه می گردد که برای هر سه میدان ۱۰×۱۰، ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع در بین فیلترهای مسی فیلتری به ضخامت ٦/۰ میلیمتر مؤثر ترین فیلتر در کاهش درصد دوز سطحی می باشد.

جدول ۲– درصدهای دوز سطحی (Ds) هنگام استفاده از فیلتر های مسی

اندازه میدان (سانتی متر مربع)			ضخامت فيلتر
70×70	۲۰×۲۰	1.×1.	(ميليمتر)
٤٨/٨	٤٤/٠	۳۰/۹	•
٤٢/١	۳۸/۷	۲۸/۲	•/٢
٤١/٧	۳۸/۰	۲۷/۵	•/٤
٤١/٢	۳٦/٩	۲٦/٩	•/٦
٤٢/٣	٣٧/٥	TV/E	•/A
٤٢/٩	٣٩/١	۲۸/۰	1/1
٤٣/٧	٤٠/٣	۲۸/٦	1/4



در هر سه نمودار ۱، ۲ و۳ ملاحظه میـشود کـه کـاهش دوز در

عمق های سطحی وجود دارد. در اندازه میدان معین شکل

منحنی برای همه فیلترهای سرب تقریباً یکسان تغییر می کند

و اثر همه فيلترها دركاهش دوز سطحي تنها ٤/٠ تـا ٣/٣ ٪ بـا

هم متفاوت میباشد. مطابق جدول ۱ مشاهده میشود که برای میدان ۱۰×۱۰ سانتی متر مربع کمترین مقدار دوز سطحی

مربوط به فیلتر سربی به ضخامت ۰/٤ میلیمتر می باشد کـه دوز سطحی را از ۳۰/۹ به ۲۵/۲ درصد کاهش می دهد یعنی

دوز سطحی ۵/۷ ٪ کاهش یافته است. همین فیلتر در میدانهای ۲۰×۲۰ و ۲۵× ۲۵ سانتی مترمربع مؤثرترین فیلتر می باشد که درصد دوز سطحی را از ٤٤/۰ و ۲۸/۸ درصد بترتیب به ۳٦/۱ و ۲۹/۲ درصد تنزل می دهد که بترتیب معادل با ۷/۹ و۶/۹ درصد کاهش در درصد دوز سطحی می باشد. در هر سه میدان مشاهده می شود که ابتدا دوز سطحی تدریجاً افزایش می یابد.

نمودار ٤- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای مسی در میدان ۱۰×۱۰ سانتی متر مربع



نمودار ٥- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای مسی در میدان ۲۰×۲۰ سانتی متر مربع





فیلتری به ضخامت ۲/۰ میلیمتر در میدان ۱۰×۱۰ سانتی متر مربع درصد دوز سطحی را از ۲۰/۹ ٪ به ۲۲/۹٪ و در میدانهای ۲۰×۲۰ و ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع درصدهای دوز سطحی را بترتیب از ٤٤/۰ و ۸/۸٪ به ۳۲/۹ و ۲۱/۲ ٪ کاهش داده است که بترتیب معادل با ۲۱/۱ و ۲/۲ ٪ کاهش درصدهای دوز سطحی می باشند.

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

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

مربع)	میدان (سانتی متر	اندازه	ضخامت فيلتر
70×70	۲۰×۲۰	1.×1.	(ميليمتر)
٤٨/٨	٤٤/٠	۳۰/۹	•
٤٤/٧	٤١/١	۲۹/۸	۰/٣
٤٣/٨	٤٠/٥	29/2	• / A
٤٣/١	۳۹/۳	۲۸/۷	١/٢
٤٢/٥	۳۸/۸	۲۸/۳	١/٨
٤١/٩	۳۸/۱	۲۸/۰	٢/٤
٤٢/٧	۳۹/۳	۲۹/۳	٣/٣



نمودار ۷- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای آلومینیومی در میدان ۱۰×۱۰سانتی متر مربع



نمودار ۸- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای آلومینیومی در میدان ۲۰×۲۰ سانتی مترمربع



نمودار ۹- تغییرات درصدهای دوز عمقی در ناحیه تجمع دوز برای فیلترهای آلومینیومی در میدان ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع

وج ها و سطح فانتوم گردید و سپس تأثیر کیسه هلیوم همراه با فیلتر سربی به ضخامت ٤/٠ میلیمتر یعنی مناسبترین فیلتر برای کاهش آلودگی الکترونی و دوز سطحی مورد ارزیابی قرار گرفت. بمنظور جلو گیری 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 ٤ و نمودارهای ۱۱،۱۰ و ۱۲ مشاهده می شوند. فیلتری به ضخامت ۲/٤ میلیمتر که مؤثرترین فیلتر آلومینیوم است در میدان ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع قادر است که درصد دوز سطحی را از ۸/۸۸ به ۲/۱۵٪ برساند که معادل کاهش ۲/۹ درصد است. درحالی که در همین میدان فیلتر مسی به ضخامت ۲/۰ میلی متر ۲/۷ درصد و فیلتر سربی به ضخامت ۲/۰ میلی متر ۲/۹ 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 ۲/۹ 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

تر مربع)	میدان (سانتی م	اندازه	مانت با عدم شمر
toxto	۲۰×۲۰	1•×1•	
٤٨/٨	٤٤/٠	۳۰/۹	میدان باز (بدون هیچ وسیله اضافی در مسیر پرتو)
٤٥/٦	٤١/٢	۲۸/۹	استفاده از کیسه حاوی هلیوم
۳٦/٥	۳۳/۹	۲٤/٦	استفاده از کیسه هلیومی و فیلتر سربی به ضخامت mm ۰/٤ mm

جدول ٤- درصدهای دوز سطحی(Ds) هنگام استفاده از کیسه هلیومی با و بدون فیلتر سربی به ضخامت ٠/٤ میلی متر







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 ۲٤/٦، ۳۳/۹ و ۳۵/۵ درصد می شود، یعنی برای اندازه میدان های مذکور درصد دوز سطحی به ترتیب ۱۰/۱ و ۱۲/۳ درصد کاهش می یابد.

٤- 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 ۸/۲، ۲۸/۹ و ۲/۵۲ درصد تغییر می یابند که بترتیب معادل ۰/۲، ۸/۲ و ۲/۳ درصد کاهش در دوز سطحی می باشد، اما وقتی که از کیسه هلیوم همراه با فیلتر سربی به ضخامت ٤/۰ میلیمتر استفاده گردید مقدار کاهش دوز سطحی بیشتر از زمانی است که از فیلتر یا کیسه هلیوم به تنهائی استفاده میشود. برای میدان های ۱۰×۲۰، ۲۰×۲۰ و ۲۵× ۲۵

مشاهده می شود. همچنین جدول ۳ نشان می دهد که در هـر 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 ضـخامت ٤/٠ میلیمتـر 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 ۱۸/٤٪ کاهش دهد؛ در حالیکه همین فیلتر در میدان هـای ۲۰×۲۰ و۲۵×۲۵ سـانتی متـر مربـع دوز سطحی را بترتیب ۱۸/۰٪ و ۱۹/۷٪ کاهش می دهد. قسلاً نیـز در تحقیقی مشابه روی شتابدهنده با اشعه ایکس NV ۱۰ برای کاهش آلودگی الکترونی استفاده از یک فیلتر سـربی بــه ضخامت ۰/۳۲ میلیمتر پیشنهاد شده بود که این فیلتر را بلافاصله بعد از کولیماتور ثانویـه قـرار دادنـد کـه در مطالعـه حاضر نیز چنین عمل شد. فیلتـر بهینـه در ایـن پـژوهش نیـز معادل ٤/٠ میلیمتر سرب است که به فیلتر پیشنهادی پـ ژوهش ذکر شده بسیار نزدیک است [٥]. با مقایسه نتایج حاصل از جدول ٤ و جدول ١ بوضوح مشاهده میشود که تأثیر فیلتر همراه با کیسه هلیوم مؤثرتر از

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

اگر فرض کنیم که فیلتر قادر باشد که تقریباً تمامی الکترونهای ثانویه حاصل از سر شتابدهنده را جذب کند و نیز کیسه هلیوم نیز متعاقباً بتواند از تولید الکترونهای 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 دسـتگاه و سـتون هوای بین دستگاه و سطح فانتوم را محاسبه کرد. از طرف دیگر با تفریق نتایج مربوط به استفاده همزمان فیلتر و هلیوم از نتايج مربوط به فيلتر تنها ميتوان سهم الكترونهاي 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 روى توزيع دوز فانتوم مؤثر مي باشند لذا نتايج حاصل كمي با مقادیر واقعی متفاوت خواهند بود). با توجه به نکات مـذکور میتوان گفت که سهم الکترونهای ثانویه آلوده کننده حاصل از ستون هوای بین سر دسـتگاه و سـطح فـانتوم کمتـر از سـهم الكترونهاي ثانويه حاصل از سر شتابدهنده مي باشـد. نتـايج حاصل از محاسبات سهم الکترونهای حاصل از دو قـسمت مذکور را در جدول ۵ میتوان مشاهده کرد.

اندازه میدان (سانتی متر مربع)				
roxro	2•×2•	1•×1•	فاحيه مورد نظر	
/9/1	<u>//</u> ٧/٣	7.2/٣	سر دستگاه	
7/17/7	/ ٢/٨	/۲/•	ستون هوای بین سر دستگاه و سطح فانتوم	
<u>/</u> 17/٣	/1./1	/.٦/٣	مجموع	

جدول ٥- نتایج مربوط به محاسبات سهم الکترونهای ثانویه حاصل از سر دستگاه و ستون هوا در درصد های دوز سطحی (Ds) محاسبه شده در فانتوم آب

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

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

منابع

- 1. Khan FM. Physics of Radiation Therapy. 3rd 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.
- 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.