



## بررسی اثر اپلیکاتور بر ایجاد ناهمسانگردی در اطراف چشمه ی براکی تراپی سزیم-۱۳۷ سلکترون توسط شبیه سازی مونت کارلو و دزیمتری TLD

رضا فقیهی<sup>۱</sup>، علی سلیمانی میگونی<sup>۲</sup>، سیمین مهدی زاده<sup>۳</sup>، محمد امین مصلح شیرازی<sup>۴</sup>، صدیقه سینا<sup>۵</sup>\*

۱- استادیار بخش مهندسی هسته ای دانشگاه شیراز

۲-استاد دانشگاه کنتاکی، آمریکا

۳- رئیس مرکز تحقیقات تابش، دانشگاه شیراز

۴-استادیار دانشگاه علوم پزشکی، شیراز

۵- بخش مهندسی هسته ای، دانشگاه شیراز

\* samirasina@yahoo.com

### چکیده

براکتی تراپی یک روش درمانی است که در آن چشمه های رادیواکتیو آب بندی شده برای پرتودهی تومورهای بدخیم نواحی مختلف بدن از جمله مغز، سر، گردن، پروستات و رحم، از فاصله ی نزدیک به کار گمارده می شوند. قبل از استفاده از چشمه های براکی تراپی، دانش کاملی از نحوه ی توزیع دز در اطراف آن، امری ضروری است. چشمه ی سزیم سلکترون، یکی از چشمه های با نرخ دز کم است که در سیستم های بارگذاری از راه دور برای درمان سرطان های مختلف، از جمله سرطان های روده و رحم استفاده می شود. این سیستم متشکل از چشمه های فعال و غیر فعال کروی به قطر ۲.۵ میلیمتر است که با چینش های متنوع آن ها درون اپلیکاتور فولادی، می توان توزیع های دز مختلفی را به وجود آورد. هدف از این تحقیق بررسی اثر اپلیکاتور بر توزیع دز در اطراف یک چشمه ی کروی است. در این تحقیق، توزیع دز در اطراف یک چشمه ی کروی با تکنیک مونت کارلو توسط کد MCNP4C و اندازه گیری عملی توسط دزیمتری ترمولومینسانس TLD بررسی گردید. کلیه ی آزمایش های مربوط به این تحقیق، در فانتوم مکعبی از جنس پلکسی گلاس با ابعاد  $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 30\text{cm}$  با طراحی های خاص، انجام گرفت. برای این منظور، حفراتی بر روی این فانتوم ها به منظور قرار گرفتن چیپس های TLD حفر گردید و پس از پرتودهی، TLD ها توسط سیستم قرائت مدل هارشا ۴۵۰۰ خوانده شدند. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از آن است که حضور اپلیکاتور باعث کاهش قابل ملاحظه ی دز در لبه های اپلیکاتور نسبت به صفحه ی عرضی آن می شود. این در حالی است که سیستم های طراحی درمان توزیع دز یکنواختی را در اطراف اپلیکاتور فرض می کنند و این امر باعث ایجاد خطا در طراحی درمان می شود. در این تحقیق، به بررسی مقادیر این خطا در نقاط مختلف در صفحه ی طولی اپلیکاتور می پردازیم.

۱- مقدمه



برای تراپی یک روش درمانی است که در آن چشمه‌های رادیواکتیو آب بندی شده برای پرتودهی تومورهای بدخیم از فاصله‌ی نزدیک به کار گمارده می‌شود. این روش درمانی نقش مهمی در درمان سرطان‌های نواحی مختلف بدن از جمله مغز، سر، گردن، پروستات، رحم و ... دارد. [1]

برای تراپی دو روش اصلی متفاوت دارد. روش اول، پرتو دهی درون حفره‌ای می‌باشد که در آن، چشمه‌های رادیواکتیو درون حفره‌های بدن در جوار تومورها قرار می‌گیرد و آن را در معرض پرتوگیری قرار می‌دهد. روش دوم برای تراپی "interstitial" است که در آن سیدهای رادیواکتیو مستقیماً در حجم تومور کاشته می‌شوند. [2]

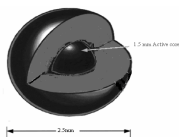
هدف از این تحقیق، به دست آوردن اثر اپلیکاتور بر نحوه‌ی توزیع دز در بدن در برای تراپی با چشمه سزیم ۱۳۷ دستگاه سلکترون است. اثر تضعیف و پراکندگی از اپلیکاتور و چشمه‌های غیر فعال باعث می‌شود که توزیع دز در اطراف چشمه، یک توزیع یکنواخت نباشد که در این تحقیق به کمک دزیمتری ترمولومینسانس و شبیه‌سازی توسط کد MCNP4C به بررسی نحوه‌ی تغییر توزیع یکنواخت دز در اطراف چشمه در حضور اپلیکاتور می‌پردازیم. پیش از این نیز تحقیقات زیادی در مورد نحوه‌ی اثر اپلیکاتور در بسیاری از چشمه‌های برای تراپی انجام گرفته است.

در سال ۱۹۸۳، ویلکینسون و همکاران توزیع دز در اطراف واحد برای تراپی سلکترون را اندازه‌گیری نمودند و به این نتیجه رسیدند که عدم به حساب آوردن اثرات شیلدینگ اپلیکاتور و اسپیسرها خطای بسیار زیادی را در لبه‌های اپلیکاتور ایجاد می‌کند [3]. در سال ۱۹۸۷، پلا و همکاران یک تحقیق عملی را برای محاسبه‌ی دز در اطراف اپلیکاتورها با چشمه کبالت HDR ۶۰ انجام دادند و کاهش دز ۲۲ درصدی را در انتهای اپلیکاتور ناشی از اثر شیلدینگ آن ملاحظه نمودند [4]. در سال ۱۹۹۱ سوئیگ و همکاران به بررسی اثرات شیلدینگ اپلیکاتور با چشمه سزیم برای تراپی پرداختند و کاهش ۲۰ درصدی در لبه‌ی اپلیکاتور مشاهده کردند. [5] در این تحقیق به بررسی اثرات شیلدینگ اپلیکاتور مستقیم موسوم به اپلیکاتور سیلندر بر توزیع دز یک تک چشمه‌ی کروی به دو روش دزیمتری TLD و شبیه‌سازی به کمک کد مونت کارلو MCNP4C می‌پردازیم.

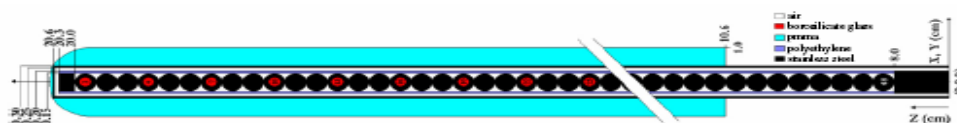
## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- چشمه‌ی سزیم ۱۳۷ مدل سلکترون

این چشمه، که شامل قرص‌های کروی ۲/۵ میلیمتری می‌باشند که قطر هسته‌های فعال آن، ۱/۵ میلیمتر است و با ۰/۵ میلیمتر فولاد پوشانده شده‌اند (شکل ۱). با کنار هم قرار دادن چشمه‌های کروی اکتیو و غیر اکتیو (dummy) درون اپلیکاتور، می‌توانیم توزیع‌های متفاوت دز را به دست آوریم. شکل اپلیکاتور مستقیم استوانه‌ای که این کره‌ها در آن قرار می‌گیرند در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱: ساختمان چشمه های کروی سزیم

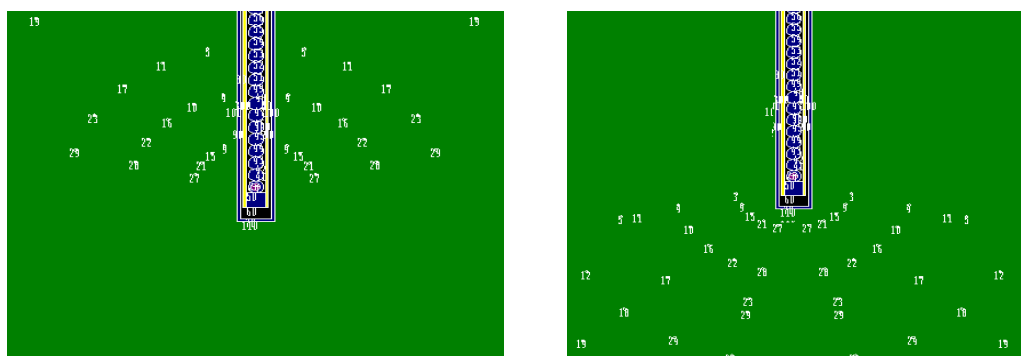


شکل ۲: اپلیکاتور مستقیم (سیلندر) استفاده شده در این تحقیق

## ۲-۲- تکنیک های دزیمتری

### ۲-۲-۱- دزیمتری توسط کد مونت کارلو

برای به دست آوردن دز در اطراف چشمه از روش شبیه سازی مونت کارلو به کمک کد MCNP4C استفاده گردید. این کد قادر به در نظر گرفتن بر هم کنش های فوتوالکتریک، کامپتون و تولید جفت است. تالی های بسیار مختلفی در MCNP4C برای شبیه سازی خصوصیات مختلف فیزیکی موجود است. در این تحقیق از تالی F6 برای بدست آوردن دز جذب شده در یک نقطه مشخص در فانتوم آب، استفاده شد. برای به دست آوردن دز در نقاط اطراف اپلیکاتور، توروس هائی به شعاع سطح مقطع ۰.۵ میلیمتر در اطراف اپلیکاتور تعریف گردید. نمای جانبی هندسه ی شبیه سازی شده در این تحقیق، در شکل ۳ نشان داده شده است.



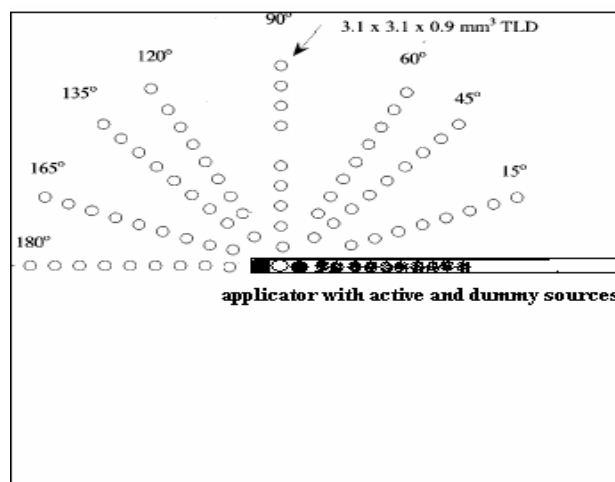
شکل ۳: هندسه ی شبیه سازی شده ی یک چشمه ی فعال درون اپلیکاتور

### ۲-۲-۲- دزیمتری توسط دزیمتر های ترمولومینسانس



برای به دست آوردن دز در اطراف چشمه، فانتومی مکعبی به ابعاد ۳۰ سانتی متر ساخته شد و حفراتی در قطعه‌ی مرکزی این فانتوم جهت قرار دادن چیپس‌های TLD حفر گردید. شکل ۴، نمائی از قطعه‌ی مرکزی فانتوم را نشان می‌دهد. چیپس‌های TLD پس از قرار گرفتن در این حفره‌ها و پرتوگیری توسط یک تک چشمه‌ی کروی اکتیو، توسط دستگاه قرائت TLD مدل هارشاو ۴۵۰۰ قرائت گردید. چشمه‌ی استفاده شده برای کالیبراسیون TLDها، چشمه‌ی سزیم استاندارد با اکتیویته‌ی ۲۵۰ کوری می‌باشد. از آنجا که چشمه‌ی کالیبراسیون و چشمه‌ی براکی تراپی، هر دو سزیم می‌باشند، در این تحقیق، فاکتور تصحیح انرژی برابر ۱ می‌باشد.

به این ترتیب با داشتن دز در نقاط و زاویه‌های مختلف در صفحه‌ی طولی چشمه و اپلیکاتور می‌توانیم اثر کاهش دز در لبه‌های اپلیکاتور را به وضوح مشاهده کنیم.



شکل ۴: قطعه‌ی مرکزی فانتوم ساخته شده

### ۳- نتایج

چنانچه انتظار می‌رود، حضور اپلیکاتور از جنس فولاد، باعث ایجاد ناهمسانگردی در اطراف چشمه‌ی سزیم کروی می‌شود. جداول ۱ و ۲ به ترتیب نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی توسط کد مونت کارلو در آب و اندازه‌گیری توسط چیپس‌های TLD در فانتوم پلکسی گلاس را نشان می‌دهد. همان طوری که از جداول پیداست، هر چه به سمت لبه‌های اپلیکاتور نزدیک می‌شویم، ناهمسانگردی در توزیع دز بیشتر می‌شود.

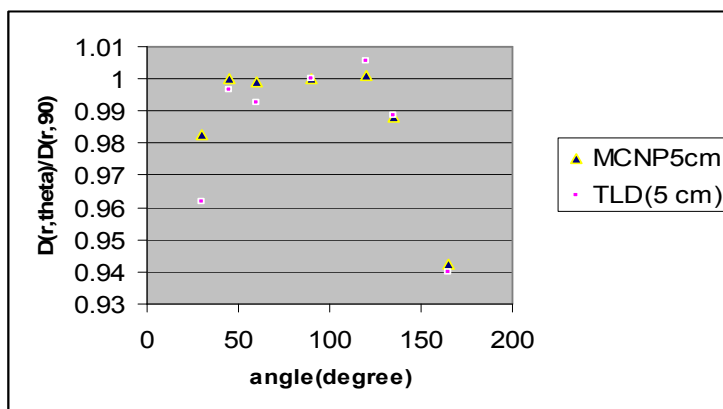
جدول ۱: ناهمسانگردی ایجاد شده در توزیع دز بر اثر حضور اپلیکاتور، (نتایج شبیه سازی مونت کارلو)

	$D^*(r,\theta) / D^*(R,90)$						
	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$120^\circ$	$135^\circ$	$165^\circ$
۱	0.986662	1.001449	1.004196	۱	1.002683	0.989467	0.928361
۲	0.985573	1.001603	1.002975	۱	1.001683	0.988678	0.931606
۳	0.984525	1.000503	1.001239	۱	1.00187	0.988511	0.93428
۵	0.982684	0.998933	1.000304	۱	1.001058	0.988078	0.942324
۷	0.97827	0.995363	0.997855	۱	1.000012	0.987863	0.948861

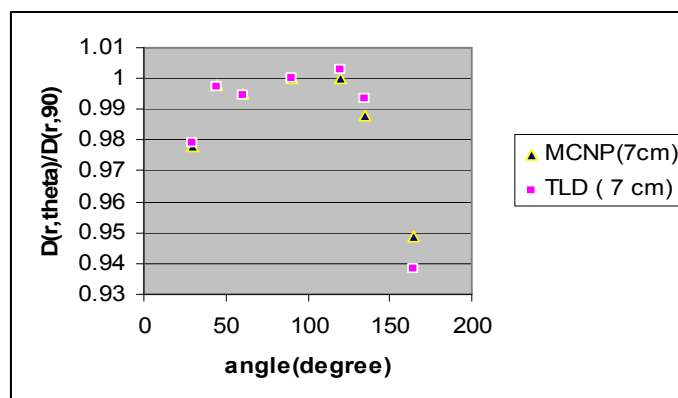
جدول ۲: ناهمسانگردی ایجاد شده در توزیع دز بر اثر حضور اپلیکاتور، (نتایج دزیمتری TLD)

	$D^*(r,\theta) / D^*(R,90)$						
	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$120^\circ$	$135^\circ$	$165^\circ$
۱			0.994157	۱		0.903354	
۲	0.896183			۱		0.938219	0.903841
۳	0.904712	0.957528	0.999671	۱	1.001912	0.949539	0.904219
۵	0.916582	0.961876	0.992575	۱	1.005437	0.988881	0.939757
۷	0.921336	0.979122	0.99469	۱	1.002953	0.993698	0.93814

شکل های ۵ و ۶، اثرات این ناهمسانگردی را در فواصل ۵ سانتی متر و ۷ سانتی متری از مرکز چشمه به خوبی نشان می دهند.



شکل ۵: ناهمسانگردی ایجاد شده در اثر حضور اپلیکاتور در فاصله ۵ سانتی متری از چشمه



شکل ۶: نا همسانگردی ایجاد شده در اثر حضور اپلیکاتور در فاصله ی ۷ سانتی متری از چشمه

### بحث در نتایج

در سیستم های طراحی درمان، توزیع دز یکنواختی در اطراف چشمه ی سزیم براکی تراپی فرض می شود. این در حالی است که حضور چشمه های غیر فعال و اپلیکاتور باعث ایجاد ناهمسانگردی در توزیع دز می شوند. نادیده گرفتن تضعیف و پراکندگی از این چشمه ها و اپلیکاتور، باعث ایجاد خطا در محاسبات دز می گردد. مقدار این خطا در لبه های اپلیکاتور افزایش بسیار زیاد و غیر قابل اغماضی دارد.

### منابع و ماخذ

- [1]. Ghiassi-Nejad, M., Jafarizadeh, Ahmadian-pour, M.R., Ghahramani, A.R., *Applied Radiations and Isotopes, Dosimetric characteristics of 192-Ir sources in interstitial brachytherapy*, (2000).
- [2]. Williamson. J.F., Thomadsen, B.R., Nath, R., *Brachytherapy Physics. Medical Physics. Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin*, (1995).
- [3]. Wilkinson J M, Moore C J, Notley H M and Hunter R D , "The use of Selectron afterloading equipment to simulate and extend the Manchester system for intracavitary therapy of the cervix uteri", *Br. J. Radiol.* **56** 409–14 (1983).
- [4]. Pla C, Evans M and Podgorsak E B, " Dose distributions around Selectron applicators" *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* **13** 1761–6 (1987).
- [5]. Siwek R A, O'Brien P F and Leung P M K, "Shielding effects of Selectron applicator and pellets on isodose Distributions." *Radiother. Oncol.* **20** 132–8 (1991).