

دزسنجی بیمار در درمان تومورهای سرطانی مغز به روش براکی تراپی

نوراشرف الدین، سید ابوالحسن*^(۱) - میری حکیم آباد، سید هاشم^(۲)

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه فیزیک

چکیده:

یکی از روش های درمان تومورهای مغزی روش براکی تراپی است، در این روش برای اینکه بیشترین دز چشمه به بافت های سرطانی برسد و متعاقبا کمترین آسیب به بافت های سالم مجاور وارد شود، چشمه های پرتوزا بطور مستقیم در محل تومور کاشت می شوند. در این کار، فانتوم سرو گردن براساس آخرین تصحیحات کمیته MIRD با استفاده از کد MCNP4C شبیه سازی گردید و محاسبات دزیمتری با استفاده از چندین چشمه پرتوزای مناسب برای تومورهایی در اندازه های مختلف که در نقاط مختلف مغز فانتوم سروگردن قرار داشتند، صورت گرفت و نتایج بررسی شدند.

کلمات کلیدی: براکی تراپی، MCNP4C، MIRD، دزیمتری

مقدمه :

بر اساس مطالعات ارائه شده، هر ساله تعداد زیادی سرطان جدید مشاهده می شود که در درمان بیشتر آنها از پرتوها به عنوان درمان اصلی و یا بخشی از مراحل درمان استفاده می گردد. پرتوهای مورد استفاده اغلب فوتون و الکترون می باشند و پرتوهای پروتون، نوترون، ذرات آلفا و یون های سنگین نیز جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص داده اند. هدف اصلی استفاده از پرتوها، انتقال انرژی پرتوهای یونیزان به جسم هدف و حفاظت بافت های سالم مجاور آن است. لذا با توجه به وضعیت بیمار اطلاع از نحوه توزیع دز در جسم هدف و بافت های سالم اهمیت دارد. در این رابطه می توان با بکارگیری اطلاعات مربوط به چشمه تابش و ناحیه تحت درمان و استفاده از رابطه های ریاضی به محاسبه دقیق دز در جسم هدف و سایر نقاط دیگر پرداخت. در این کار از روش براکی تراپی برای درمان تومورهای مغزی استفاده می کنیم. تاریخچه براکی تراپی به سال ۱۹۰۱ (مدتی بعد از کشف رادیواکتیویته توسط بکرل در سال ۱۸۹۶) بر می گردد. در میانه قرن بیستم استفاده از این روش به علت کاربرد دستی از چشمه های رادیواکتیو و مشکل در معرض پرتو بودن، کاهش یافت. به هر حال پیشرفت سیستم های بارگذاری کنترل از راه دور، خطر در معرض قرار گیری غیر ضروری را برای متصدیان و بیماران کاهش داد [۱]. سیستم های طراحی درمان با کامپیوتر و تجهیزات هدفگیری، براکی تراپی را به یک درمان سالم و موثر برای همه سرطان ها ساخته است [۲]. از چشمه های مختلفی چون ید ۱۲۵، پالادیوم ۱۰۳، طلا ۱۹۸، ایریدیوم ۱۹۲، کبالت ۶۰، سزیم ۱۳۷ و روتنیوم ۱۰۶ و... برای درمان تومورهای

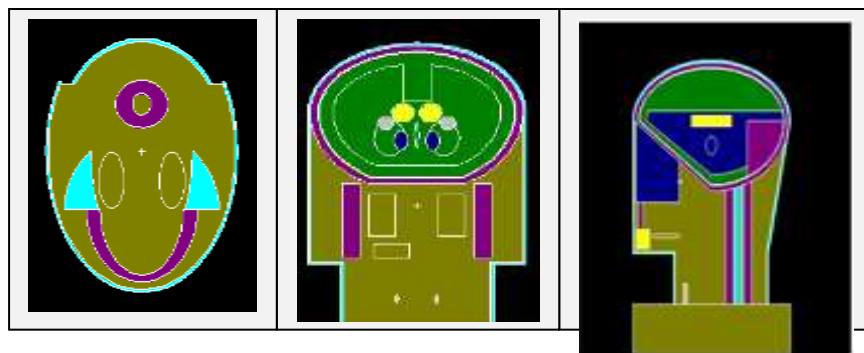
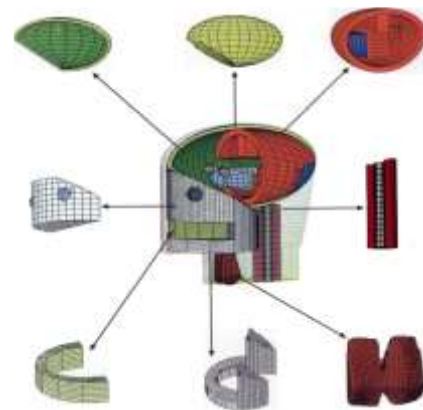
مغزی به روش براکی تراپی استفاده می‌کنند [۳]. در این مقاله با استفاده از کد مونت کارلوی MCNP4C، فانتوم سروگردن فرد بزرگسال شبیه‌سازی شد و محاسبات دزیمتری با استفاده از چشمه‌های تعریف شده انجام شد و نتایج مقایسه گردید. خوشبختانه چشمه ید ۱۲۵، اخیراً توسط دانشمندان کشورمان در سازمان انرژی اتمی ساخته شده و از طریق جراحی استریوتاکتیک در بیمارستان شهدای تجریش مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج مثبت و مفیدی در مراحل درمانی بیماران مبتلا به تومورهای مغزی داشته است [۴].

روش کار :

ابتدا براساس آخرین تصحیحات کمیته MIRD [۵]، فانتوم سروگردن با استفاده از کد مونت کارلوی MCNP4C شبیه سازی شد. نمای کلی از فانتوم جدید سرو گردن در شکل یک آورده شده است. ۲۱ عضو درون این مدل سروگردن قرار داده شده است. ۵ ناحیه از این اعضا مربوط به بافت اسکلتی است (شامل: جمجمه، آرواره و فک، استخوان ستون فقرات، دندان‌ها و استخوان صورت) و باقیمانده اعضا از بافت نرم تشکیل شده‌اند. اعضای اضافه و تصحیح شده در این مدل به شرح روبرو می‌باشد: (۱) جلوی سر، گردن، بالای سر و پشت سر (جلوی سرتوسط یک استوانه بیضی‌گون که با دو صفحه افقی و یک صفحه عمودی قطع داده می‌شود شبیه‌سازی شده، بالای سرتوسط یک نیمه بیضی‌گون توصیف می‌شود، پشت سر توسط یک مخروط بیضی‌شکل که بوسیله سه صفحه (دو صفحه افقی و یک صفحه عمودی) قطع داده می‌شود و قسمت گردن نیز با استفاده از معادله یک استوانه مستدیر طراحی شده است. (۲) پوست اطراف سر و گردن در یک لایه با ضخامت ۰.۲cm، متشکل از بافت نرم تعریف شده است. (۳) جمجمه که حجم لایه‌ای میان دو بیضی‌گون هم مرکز که بایک سطح شیبدار بریده می‌شوند را اشغال می‌کند، (۴) دندان‌ها توسط دو استوانه بیضوی هم مرکز که با دو صفحه افقی و یک صفحه عمودی بریده می‌شوند، طراحی شده، (۵) آرواره (فک) به صورت حجمی میان سه استوانه بیضوی تعریف شده: دو استوانه از این سه استوانه هم‌مرکز و یکی با مرکزی متفاوت از دو استوانه دیگر به‌طوریکه این ۳ استوانه با ۳ صفحه بریده می‌شوند، یک صفحه شیبدار، یک صفحه افقی و یک صفحه عمودی. (۶) استخوان بالایی صورت به شکل استوانه بیضوی که توسط یک صفحه شیبدار بریده می‌شود و شامل چشم‌ها نیز می‌باشد طراحی شده است. (۷) ستون فقرات شامل یک قسمت استخوان ستون فقرات و دو قسمت مرکزی CSF (مایع بین نخاعی؛ بین نخاع و اسکلت ستون فقرات) و Cord (نخاع) که هر سه ناحیه توسط معادلات سه استوانه بیضی‌گون هم‌مرکز تعریف شده‌اند و از بالا به جمجمه و از پایین به پایین‌ترین صفحه معادلات گردن ختم می‌شوند. (۸) ناحیه مغزی نخاعی شامل یک لایه نازک از بافت نرم که بین جمجمه و مغز قرار داشته و همان هندسه جمجمه را دارد، (۹) چشم‌ها که به صورت دو کره در استخوان فوقانی صورت تعریف شده‌اند، (۱۰) تیروئید اصلاح شده که در گردن قرار دارد. (۱۱) مغز که شامل قشر مغز

و مخیچه و غدد داخل مغز از جمله تالاموس، بطن سوم مغز، بطن جانبی مغز، هسته‌های دموار، هسته‌های عدسی شکل که با هندسه‌های متفاوت تعریف شده‌اند می‌باشد. که هر کدام از این اعضای مدل جدید سر و گردن دارای بافت مختص به خود است که از اطلاعات بدست آمده از فانتوم های وکسل در نظر گرفته شده‌اند (از ICRP89). نمای کلی از مغز و غدد داخلی آن که در کد MCNP4C رسم کردیم در شکل ۲ نشان داده شده است. بر طبق معادلات منتشر شده در MIRD-15 برای این نواحی و اعضا، شبیه‌سازی در کد MCNP4C را آغاز کردیم و بدین‌گونه یک فانتوم مدل بزرگسال شبیه‌تر و دقیق‌تر بر اساس آخرین تصحیحات داریم. که در اشکال زیر نمایی از این مدل را (که در قسمت ترسیم کد MCNP4C (plat MCNP4C) طراحی شده‌اند) و در سه دستگاه مختصات $x-y$ ، $z-y$ ، $z-x$ می‌بینیم.

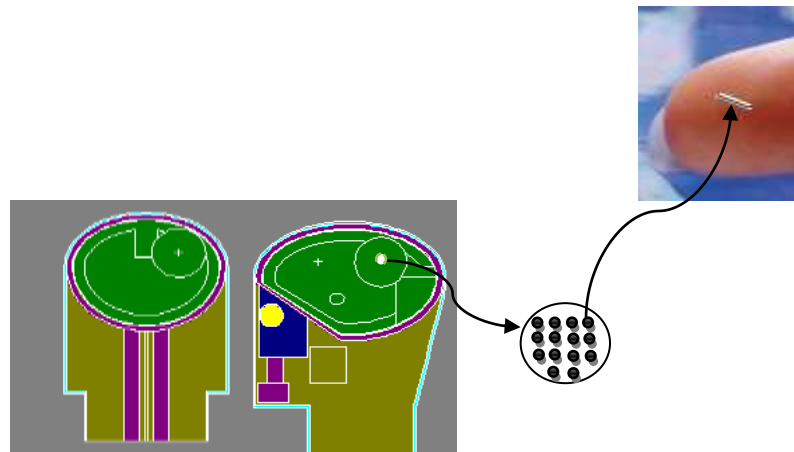
شکل ۱: اعضای داخلی مدل سر و گردن (MIRD15) مدل بزرگسال، (بالا وسط) نمای خارجی حجمه، (بالا سمت چپ) نمای داخلی حجمه (مغز کنار گذاشته شده)، (سمت چپ مرکز) ناحیه فوقانی صورت و چشم‌ها، (پایین سمت چپ) دندانها، (پایین وسط) آرواره و فک، (پایین سمت راست) تیروئید، (راست مرکز) سه ناحیه ستون فقرات و (راست بالا) قشر مغز (قرمز) و مخیچه (آبی).



شکل ۲: نماهایی از مدل سر و گردن جدید در کد MCNP4C

با توجه به مطالعات قبلی، براکی‌تراپی برای تومورهایی تا شعاع $۲/۵$ سانتیمتر جواب می‌دهد [۶]. بدین ترتیب با تعریف تومور در اندازه‌های مختلف و در محل‌های مختلف در فانتوم سر و گردن محاسبات دزیمتری بافت

های مختلف سرو گردن با استفاده از چشمه‌های پرتوزا متنوع که در ابعادی حدود دانه برنج (به طول ۴/۸ میلیمتر و قطر ۰/۸ میلیمتر) طراحی شده اند (تعداد چشمه‌ها بستگی به ابعاد تومور دارد) انجام گرفت.



شکل ۳: نمایی از قرار گیری تومور با شعاع ۲/۵ cm در فانتوم سرو گردن و نمایی از چشمه‌های پرتوزا در محل تومور

در جدول زیر به طور مختصر چشمه‌های مورد استفاده در براکی تراپی توضیح داده شدند:

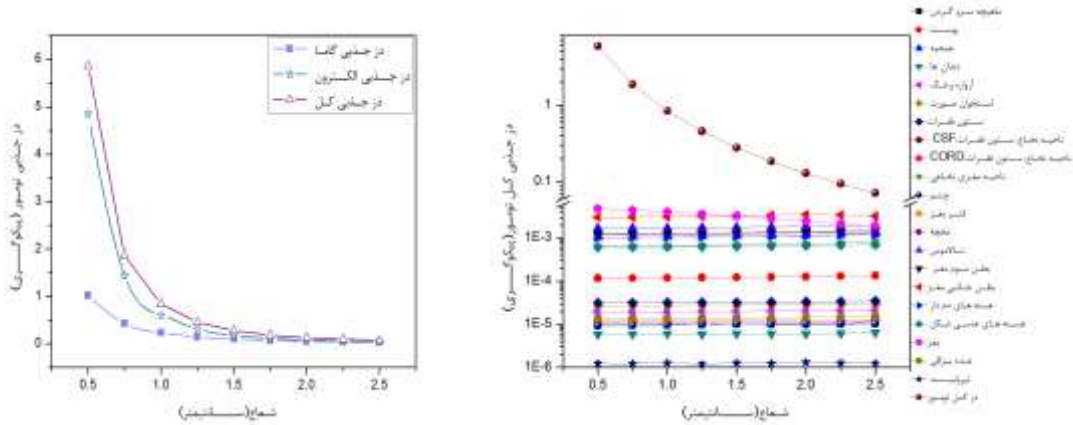
جدول (۱): خصوصیات فیزیکی چشمه‌های پرتوزا مورد استفاده در براکی تراپی [۷]

منبع	شکل معمول مورد استفاده	نوع تولید	نیمه عمر	تابش ها
سزیم ۱۳۷	لوله ، سوزن	محصول شکافت	۳۰/۱۷ سال	MeV ۰/۶۶۲ گاما
کبالت ۶۰	لوله	فعالسازی نوترونی	۵/۲۶ سال	MeV ۱/۱۷ ، ۱/۳۳ گاما
ایریدیم ۱۹۲	سیم	فعالسازی نوترونی	۷۴ روز	MeV ۰/۳۸ گاما (میانگین)
ید ۱۲۵	دانه	هسته دخترزنون ۱۲۵	۵۹/۶ روز	KeV ۳۵/۳۱، ۵/۲۷، ۴/۴ اشعه ایکس
پالادیوم ۱۰۳	دانه	فعالسازی نوترونی	۱۷ روز	KeV ۲۱ اشعه ایکس (میانگین)
طلا ۱۹۸	دانه یا خرده	فعالسازی نوترونی	۲/۷ روز	MeV ۰/۴۴۲ گاما
روتینیوم ۱۰۶	صفحه کوچک	محصول شکافت	۱/۰۲ سال	MeV ۳/۵۴ ذرات بتا

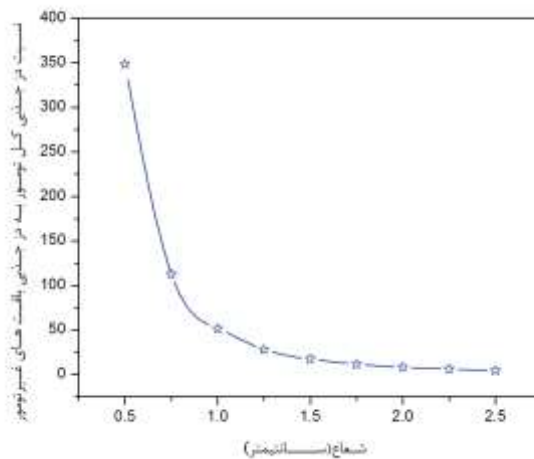
برای چشمه‌های گاما، کرما و دز جذبی محاسبه شد و از آنجا که تفاوت مقادیر کرما و دز جذبی ناچیز بود از کرما بجای دز جذبی استفاده می‌کنیم تا سرعت کار و محاسبات افزایش یابد. بنابراین برای چشمه‌های گاما با استفاده از تالی F6 در کد MCNP4C، دز جذبی که تومور و بافت‌های مجاور تومور (بافت‌های غیرتومورال) دریافت می‌کنند را محاسبه می‌کنیم و برای چشمه بتازا (روتینیوم ۱۰۶)، محاسبات با استفاده از تالی F8 انجام شد و زمان اجرای کد برای هرچشمه بگونه ای بود که خطای محاسبه دز جذبی به زیر یک درصد کاهش یابد، برای این هدف تعداد 10^9 ذره برای ترابرد معین کردیم. نتایج مربوط به چشمه ید ۱۲۵ برای نمونه در ادامه آورده شده است و نمودارهای نسبت دز جذبی تومور به دز جذبی بافت‌های غیر تومور را برای چشمه‌های مختلف در ابعاد مختلف تومور بدست می‌آوریم و با مقایسه آن‌ها، چشمه‌های مناسب را برای براکی تراپی تومورهای مغزی دستبندی می‌کنیم.

چشمه ید ۱۲۵:

برای چشمه ید ۱۲۵، نمودار دز جذبی تومور مربوط به سهم انرژی‌های گاما و الکترون وکل چشمه و همچنین دز جذبی بافت‌های مختلف غیر تومورال را برحسب شعاع‌های مختلف تومور در شکل‌های زیر آورده شده است:



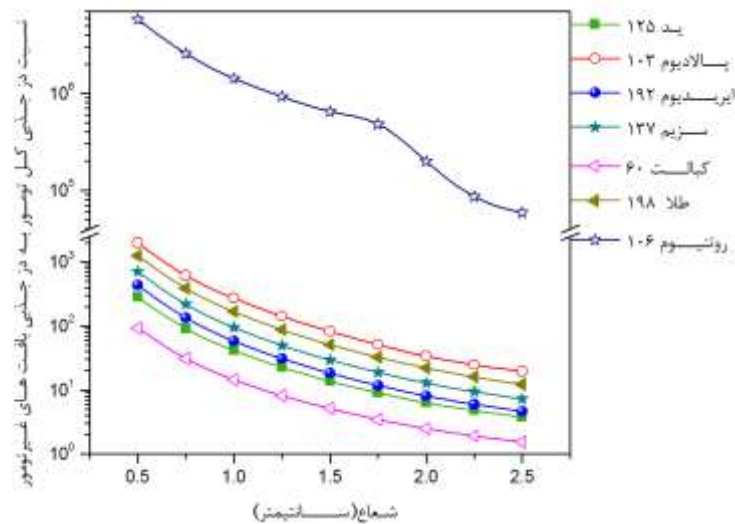
شکل ۴: نمودار دز جذبی تومور و دز جذبی بافت‌های غیر تومورال به ازای چشمه ید ۱۲۵ برحسب اندازه‌های مختلف تومور سپس نسبت دز جذبی بافت تومور به دز جذبی بافت‌های غیر تومورال را به ازای ابعاد مختلف تومور برای چشمه ید ۱۲۵، بدست می‌آوریم و نمودار آن در شکل ۵ آورده شده است:



شکل ۵: نمودار نسبت دز جذبی تومور به دز جذبی بافت‌های غیر تومورال برحسب ابعاد مختلف تومور

این محاسبات برای چشمه‌های مختلف مورد استفاده در براکی‌تراپی انجام شد و برای مقایسه بهتر به ازای شکل هندسی یکسان برای چشمه‌های مختلف که در اندازه ابعاد تومور در کد تعریف کردیم، نمودار

نسبت دز جذبی بافت تومورال به دز جذبی بافت‌های غیرتومورال را محاسبه می‌کنیم و نتایج در شکل ۶ آورده شده است.



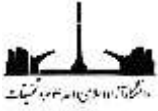
شکل ۶: نمودار مقایسه نسبت دز جذبی تومور به دز جذبی بافت‌های غیرتومور برای انواع چشمه‌های مورد استفاده در براکی-تراپی تومورهای مغزی

بحث و نتیجه گیری :

با توجه به اینکه چه میزان انرژی برای از بین بردن تومور لازم است پزشکان و پرتویزشکان می‌توانند از این نتایج بدست آمده و به ویژه نمودار شکل (۶) استفاده کنند و با توجه به این نکته که هرچه نسبت دز جذبی تومور به دز جذبی بافت‌های غیرتومورال بیشتر باشد آن چشمه برای براکی‌تراپی تومورهای مغزی مناسبتر است، نوع چشمه و تعداد دانه‌های چشمه‌ها و اکتیویته آن‌ها را در درمان تومورهای سرطانی بکار ببرند. برای کارهای بعدی می‌توان سایر عوامل موثر در پاسخ بیولوژیکی تومور از جمله محاسبات BED برای بافت‌های مختلف در محاسبات اعمال شود و در نتیجه نتایج بهتر و کاربردی‌تر بدست خواهند آمد.

مرجع:

- [۱] Gupta VK. (1995). "Brachytherapy – past, present and future". Journal of Medical Physics **20**: 31–38.
- [۲] Gerbaulet A et al. (2005). "General aspects". In Gerbaulet A, Pötter R, Mazeron J, Limbergen EV. The GEC ESTRO handbook of brachytherapy. Belgium: ACCO.
- [۳] Flynn, A. (2011). ISOTOPES AND DELIVERY SYSTEMS FOR BRACHYTHERAPY. Chapter 2: 3
- [۴] <http://www.mehrnews.com/news/1249231/> چشمه براکی‌تراپی ید-۱۲۵ برای درمان تومورهای مغزی تولید شد.



[۵] MIRP Pamphlet No. 15: Radionuclide S Values in a Revised Dosimetric Model of the Adult Head and Brain.

[۶] John H. Suh, Gene H. Barnett "brachytherapy for brain tumor " Hematology / Oncology Clinics of North America, Volume 13, Issue 3, 1 June 1999, Pages 635-650.

[۷] Flynn, A. (2011). ISOTOPES AND DELIVERY SYSTEMS FOR BRACHYTHERAPY. Chapter2: 3