تعیین توزیع دوز پلاک مدل COMS با چشمه I^{125} مورد استفاده در براکی تراپی چشم و مقایسه با مقادیر گزارش شده تجربی

غلامرضا رئیس علی*[۱]، پروانه شکرانی[۲]، اعظم جنتی اصفهانی[۲]، مریم قاسمی غنچه نازی[۲]

۱- سازمان انرژی اتمی ایران ،پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای ، پژوهشکده کاربرد پرتوها

۲- دانشگاه علوم پزشکی اصفهان ، دانشکده پزشکی، گروه فیزیک پزشکی

*نویسنده عهده دار مکاتبات (raisali@aeoi.org.ir)

چکیده

براکی تراپی با پلاک چشمی حاوی دانه های رادیواکتیو I^{125} ، در درمان تومورهای بدخیم چشمی، مانند ملانوما بکار برده می شود. تعدادی دانه رادیواکتیو، درون پلاکی از جنس طلا که قسمتی از یک‌پوسته کروی است، قرار می گیرند. سپس پلاک با توجه به محل قاعده تومور به صلیبه بخیه زده می شود. هدف از این درمان، پرتودهی تومور با دوز حداقل ۸۵ Gy است. هدف از انجام این تحقیق شبیه سازی پلاک چشمی مدل COMS با چشمه I^{125} به روش مونت کارلو، با استفاده از کد MCNP-4C و مقایسه توزیع دوز محاسبه شده برای این پلاک، با نتایج تجربی است.

در این تحقیق درصد دوز عمقی ودوز خارج از محور مرکزی (پروفایل دوز) و خطوط هم دوز پلاک چشمی مدل COMS با قطر داخلی ۲۰ mm حاوی ۳ چشمه دانه ای I^{125} مدل ۶۷۱۱ در فانتوم آب محاسبه شده است. محاسبات توزیع دوز پلاک در فانتومی کروی به شعاع ۱۲ میلی متر و حاوی آب، با تالی F6 انجام شد و نتایج حاصل از محاسبات کد MCNP-4C با نتایج دوزیمتری تجربی، مقایسه گردید. حداکثر اختلاف بین نتایج درصد دوز عمقی محاسبه شده پلاک COMS با قطردهانه ۲۰ mm، و نتایج Knutsen حدود ۳ ٪ بود. این اختلاف در مورد درصد دوز خارج از محور مرکزی پلاک، در فاصله ۱۰ میلی متری از پلاک حدود ۶ ٪ بود. مقایسه نتایج محاسباتی این تحقیق و نتایج تجربی نشان می دهد که محاسبات دوز پلاکهای مدل COMS با قطر دهانه ۲۰ mm ، باکد MCNP-4C معتبر بوده و روش شبیه سازی با استفاده از کد MCNP-4C می تواند در دوزیمتری این پلاکها مکمل روشهای دوزیمتری تجربی شود. بعلاوه، محاسبات دوز پلاکهای براکی تراپی چشم، می تواند در طراحی بهینه این پلاکها در درمان تومورهایی با اندازه، شکل و موقعیت های مختلف مفید باشد.

کلید واژه ها: براکی تراپی چشم، I^{125} ، پلاک COMS ، شبیه سازی مونت کارلو، کد MCNP-4C، توزیع دوز.

۱- مقدمه

از روشهای متداول درمان ملانومای چشمی، براکی تراپی با استفاده از پلاکهای چشمی حاوی مواد رادیواکتیو است که به منظور کنترل رشد تومور، حفظ دید و حفظ ساختارهای چشمی انجام می گیرد [۱]. تاکنون رادیوایزوتوپهای گوناکونی مانند؛ ^{222}Rn، ^{198}Au، ^{60}Co، ^{192}Ir، ^{125}I، ^{103}pd و ^{106}Ru در پلاکهای چشمی مورد استفاده قرار گرفته اند[۲، ۳، ۴، ۵ و ۶]. از بین این رادیوایزوتوپها، ^{125}I با نیمه عمر ۵۹/۴ روز و متوسط انرژی ۲۸ keV معمولترین رادیوایزوتوپ مورد استفاده در پلاکهای چشمی است. پلاک چشمی COMS از جنس طلا ساخته شده است. به منظور سهولت جایگذاری دانه های رادیو اکتیو ^{125}I درون پلاک و همچنین به منظور کاهش دوز صلیبه، در ساختمان پلاک از سیلاستیک (Silicon rubber) استفاده می شود. جهت درمان، پلاک به پشت صلیبه چشم، مقابل تومور بخیه زده می‌شود و با توجه به اندازه تومور، مدت ۳ تا ۷ روز جهت تابش به تومور، پشت چشم باقی می ماند[۷].

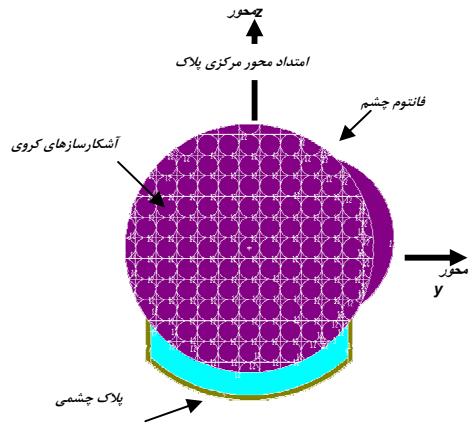
دوزیمتری پلاکهای چشمی، به منظور طراحی پلاکهای مناسب جهت درمان تومورهایی با شکل و اندازه های مختلف ضروری است. همچنین با توجه به عوارض زودرس و دیررس ایجاد شده از تابش اشعه به ساختارهای حساس چشمی [۸]، دوزیمتری پلاکهای چشمی به منظور بررسی دوز رسیده به ساختارهای چشمی و نهایتا کاهش عوارض درمانی با اهمیت است.

توزیع دوز حاصل از پلاکهای چشمی را می توان با روشهای دوزیمتری تجربی یا شبیه سازی مونت کارلو اندازه گیری و محاسبه کرد [۶ و ۹]. در تحقیق Luxton و همکارانش [۶] توزیع دوز در امتداد محورمرکزی پلاک طلای محتوی یک دانه ^{125}I با استفاده از دوزیمتر TLD میله ای و شبیه سازی مونت کارلو تعیین شده است. در تحقیق Knutsen و همکارانش [۹] محاسبات دوز در امتداد محور مرکزی پلاک و پروفایلهای دوز پلاک COMS با قطر ۱۲میلی متر و ۲۰ میلی متر (به ترتیب دارای ۸ دانه ^{125}I مدل ۶۷۰۲و ۳ دانه ^{125}I مدل ۶۷۱۱) و پلاک USC#9 (حاوی ۹ دانه ^{125}I، مدل ۶۷۱۱) ، با استفاده از آشکارساز دیود و سیستم طراحی درمان کامپیوتری Bebig محاسبه شده است. دوزیمتری های تجربی، جهت بدست آوردن دوز رسیده به ساختارهای چشمی در درمان با پلاک چشمی، با محدودیتهایی نظیر اندازه کوچک پلاکهای چشمی، وابستگی به نحوه قرارگیری آشکارساز، آرتیفکت ها و عدم دقت زیاد در پاسخ آشکارساز روبرواست. اما داده‌های بدست آمده با روش مونت‌کارلو در یکنواختی، تفکیک زاویه‌ای و فضایی و محدوده فاصله، نسبت به داده های تجربی برترند. در این تحقیق محاسبات توزیع دوز یک پلاک چشمی، با کمک شبیه سازی مونت کارلو، کد MCNP-4C [۱۰] انجام گرفته است.

۲- مواد و روشها

۲-۱- شبیه سازی فانتوم

محاسبات دوز در فانتوم چشم، کره ای با شعاع ۱۲ mm، حاوی آب معمولی، انجام شد. آشکارسازهای فرضی، به صورت کره هایی با شعاع ۱ mm و محتوی آب معمولی شبیه سازی شدند. برای تعبیه آشکارسازها درون فانتوم چشم، با کمک دستور lattice ، داخل فانتوم به یک شبکه با عناصر مکعب مستطیل، تقسیم شد و آشکارسازها مطابق شکل ۱ با دستورهای Fill و Universe درعناصر شبکه فانتوم قرارداده شدند.

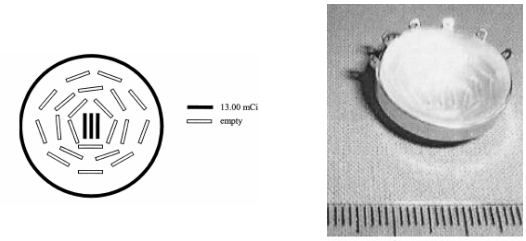


شکل ۱- فانتوم چشم شبیه سازی شده در این تحقیق. شبکه بندی درون محیط فانتوم، جهت جایگذاری آشکارسازهای کروی، با قطرmm ۲ ، ایجاد شده است. قسمت متورم در سمت راست فانتوم، نشاندهنده محل قرنیه چشم است و محورهای مختصات مشخص شده در شکل، همان محورهای مختصات به کار برده شده در شبیه سازی با استفاده از کد MCNP-4C است که جهت محور x به سمت خارج صفحه می باشد.

۲-۲- شبیه سازی هندسه پلاک

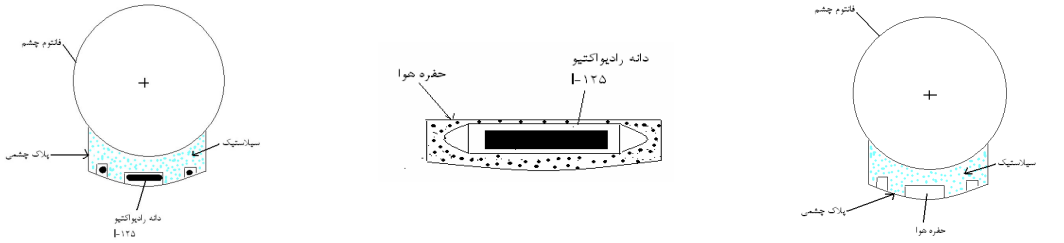
پلاک چشمی شبیه سازی شده در این تحقیق، پلاک مدل COMS با قطر داخلیmm ۲۰ حاوی ۳ چشمه دانه ای I^{125} مدل ۶۷۱۱ می باشد(شکل ۲). ابتدا دانه مدل ۶۷۱۱ که قبلا توسط Rivard و همکارانش شبیه سازی شده است[۱۱]، شبیه سازی گردید. سپس پلاک مدل COMS با قطر mm۲۰ حاوی ۳ چشمه دانه ای I^{125} مدل ۶۷۱۱ [۹] شبیه سازی شد. جهت شبیه سازی سیلاستیک و دانه های I^{125} در درون پلاک، از دستورهای Universe و Fill ، استفاده شد. در شبیه سازی، جایگذاری دانه ها درون حفره ای از هوا که در سیلاستیک تعبیه شده، انجام گرفت (شکل۳) [۹]. در ابتدا یکی از دانه ها در حفره ای از هوا شبیه سازی گردید، سپس با استفاده از دستور Like

m But، دانه های دیگر در موقعیتهای متفاوت، قرار داده شد و برای تغییر موقعیت، جهت سازگاری با استانداردهای چیدمان دانه های COMS [۱۲]، از دستور TRCL استفاده شد.



(ب) (الف)

شکل۲- پلاک COMS 20mm : الف) تصویر این پلاک، ب) نمایی از مقطع این پلاک [۹].



(ج) (ب) (الف)

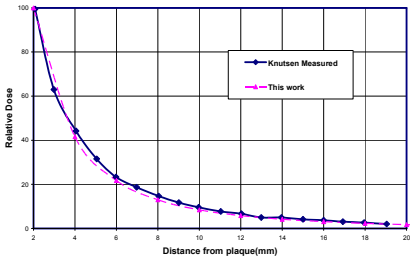
شکل۳-نحوه جایگذاری دانه هایI^{125} در پلاک : الف) حفره هوای شبیه سازی شده در داخل پلاک، ب) دانه I^{125} شبیه سازی شده در حفره هوا، ج) جایگذاری مجموعه حفره هوا و دانهI^{125} در داخل پلاک.

۲-۳- محاسبات دوز

جهت بدست آوردن توزیع دوز ایجاد شده از این پلاک، از شبیه سازی مونت کارلو توسط کد MCNP-4C استفاده شد. ابتدا به منظور اطمینان از صحت محاسبات انجام شده توسط کد MCNP-4C ، محاسبات توزیع دوز هر دانه I^{125} مدل ۶۷۱۱ در فانتوم آب انجام گردید و پارامترهای دوزیمتری این دانه با توجه به توصیه های پروتکل TG-43UI محاسبه شد. نتایج حاصل از محاسبات، با نتایج دوزیمتری تجربی Rivard و همکارانش محک زده شد[۱۱]. سپس با جایگذاری این دانه در پلاک، دوزیمتری پلاک در فانتوم آب انجام شد. محاسبه درصد دوز عمقی با تالی F6، در فاصله ۲ تا ۲۲ میلی متری از پلاک انجام شد علاوه بر این دوز خارج از محور مرکزی پلاک (پروفایل دوز) نیز با تالی F6، درفاصله mm ۱۰- تا mm ۱۰+ در دو طرف محور مرکزی پلاک در عمق ۱۰ میلی متری فانتوم محاسبه گردید.

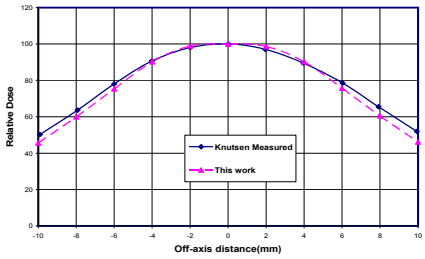
۳- نتایج

مقادیر محاسبه شده درصد دوز عمقی در امتداد محور مرکزی پلاکCOMS 20mm ، با نتایج دوزیمتری تجربی Knutsen و همکارانش مقایسه گردید(شکل ۴). حداکثر انحراف بین نتایج دو مطالعه حدود ۳٪ بود[۹].



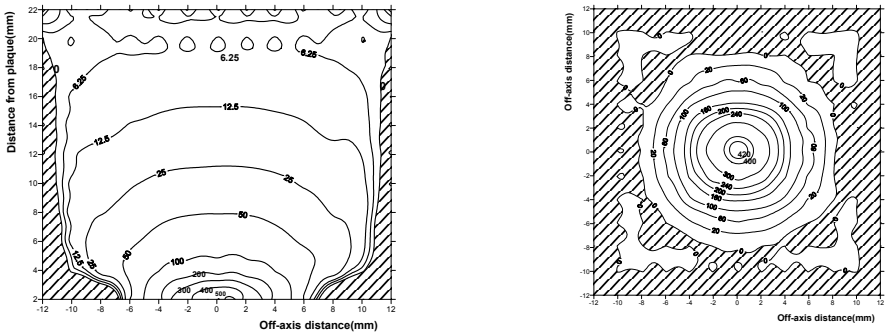
شکل ۴- نمودار مقایسه بین تغییرات درصد دوز در امتداد محور مرکزی پلاک COMS 20mm بر حسب فاصله از پلاک با نتایج Knutsen و همکارانش [۹].

پروفایل دوز محاسبه شده در عمق ۱۰ میلی متری فانتوم نیز با نتایج دوزیمتری تجربی Knutsen و همکارانش مقایسه گردید[۹](شکل ۵). در این مورد حداکثر اختلاف بین نتایج دو مطالعه حدود ۶٪ بود.



شکل۵- نمودار مقایسه پروفایل دوز پلاک COMS 20mm در عمق ۱۰ میلی متری با نتایج Knutsen [۹].

همچنین خطوط هم دوز ناشی از پلاک، برای زمان درمان ۷ روز، در نقاط مختلف فانتوم بدست آمد. شکل های ۶- الف و ۶- ب منحنی های هم دوز را به ترتیب در صفحه مرکزی عمود بر پلاک و صفحه گذرنده از پایه تومور نشان می دهند.



(ب) (الف)

شکل۶- خطوط هم دوز ناشی از پلاک COMS 20mm : الف) در صفحه گذرنده از پایه تومور، ب) صفحه مرکزی عمود بر پلاک. خطوط هم دوز به مقدار ۸۵ Gy بهنجار شده اند. دوزGy ۸۵ دوزی است که در مدت ۷ روز برای درمان تومور ملانوما، به راس تومور می رسد.

۴- بحث و نتیجه گیری

با استفاده از خطوط هم دوز ناشی از پلاک COMS 20mm و با توجه به اینکه‌توزیع دوز ایجاد شده از پلاک باید قادر به پوشش کامل تومور باشد بصورتیکه حداکثر دوز تجویز شده به حجم درمان منتقل شود و در عین حال حداقل دوز به ساختارهای سالم برسد، مشاهده گردید که خط هم دوز ۱۰۰٪ ، در صفحه عمود بر پلاک(شکل ۶- ب) در عمق حدوداً ۵ mm قرار دارد و خط هم دوز ۱۰۰٪ این پلاک در صفحه موازی با پلاک(شکل ۶- الف) ناحیه ای با عرض حدوداً ۱۲ mm را پوشش می دهد. بنابراین نتیجه میگیریم که این پلاک جهت درمان تومورهائی با ضخامت حدوداً ۵ mm و قطر پایه حدوداً ۱۲ mm مناسب است. با استفاده از نتایج این تحقیق و بررسی دوز ساختارهای چشمی مجاور تومور و مقایسه آن با دوز حد تحمل این ساختارها می توان با طراحی مناسب پلاک، توزیع دوز بهینه را برای این ساختارها ایجاد کرد. همچنین با توجه به همخوانی نتایج حاصل از شبیه سازی با مقادیر تجربی، شبیه سازی محاسبات دوز پلاک COMS 20mm معتبر بوده و کد MCNP-4C می تواند در دوزیمتری این پلاک مکمل روشهای دوزیمتری تجربی گردد. همچنین با محاسبات توزیع دوز، می توان ابعاد تومور مورد درمان با این پلاک را پیش بینی‌کرد.

مراجع

1- Kincaid MC. *Uveal Melanoma*. Cancer Control J. 5(4): 299-309;1998.
2- Stallard HB.*Radiobiology for malignant melanoma of the choroids*. Br J Ophthalmol. 50: 147-155; 1996.
3- Finger PT, Berson A and Ng T. *Palladium-103 plaque radiotherapy for choroidal melanoma. An 11-year study*. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 54: 1438-1445; 2002.
4- The collaborative ocular melanoma study group. *The COMS randomized trial of Iodine-125 brachytherapy for choroidal melanoma, III: Initial mortality findings*. Arch Ophthalmol. 119: 969-982; 2001.
5- Lommatsch PK, Werschnik C and Schuster E. *Long-term follow-up of Ru-106/Rh-106 brachytherapy for posterior uveal melanoma*. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 238: 129-137; 2000.
6- Luxton G, Astrahan MA and Petrovich Z. *Dosimetric calculations and measurements of gold plaque ophthalmic irradiators using Ir-192 and I-125 seeds*. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 15: 167-176; 1988.
7- Schell MC, Weaver KA, Phillips TC and Char DH. *Designs of I-125 eye plaques for radiotherapy*. Endocurieth Hypertherm Oncol In press. 1990.
8- Chalkey T. *Ocular melanoma task force report*. Am J ophthalmol. 90: 728-733; 1980.
9- Knutsen S, Hafslund R and Monge OR. *Dosimetric verification of dedicated 3-D treatment planning system for episcleral plaque therapy*. Int J Radiat Oncol Biol Phys.51: 1159-1166; 2001.
10- J. F. Briesmeister, editor, MCNP-4C A General Monte Carlo N - Particle Transport Code System - Version 4C*, Los Alamos National Laboratory, LA-13709-M, 2000*
11- Rivard MJ, Coursey BM, Deward LA, Hanson WF, Hug MS, Ibbott GS, Mitch MG, Nath R and Williamson JF. *Update of AAPM Task Group No.43 Report: A revised AAPM protocol for brachytherapy dose calculations*. 31: 633-674; 2004.
12- kline R. *Notes Regarding Seed Coordinates of COMS eye plaques*. COMS eye plaque. 2002.