



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

دوزیمتری پلاک چشمی نوع CCB با استفاده از ابزار Geant4 و مقایسه با کد MCNP و

نتایج تجربی

محمد تقی بطیار^(۱)، فائزه رحمانی^(۲)، سید محمودرضا آقامیری^(۱)

^(۱) دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، گروه پروتوزشکی

^(۲) دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده فیزیک،

چکیده

در این پژوهش توزیع دوز ناشی از پلاک چشمی مقعر نوع CCB در چشم با استفاده از ابزار شیء گرای Geant4 انجام شد. علت استفاده از Geant4 مدل‌های فیزیکی دقیق آن است که ترابرد الکترون‌ها را با دقت بالا انجام می‌دهد. دوز نسبی در محور مرکزی با استفاده از ابزار Geant4 محاسبه شد و با نتایج حاصل از کد MCNP و اطلاعات شرکت سازنده این نوع پلاک مقایسه شد. نتایج نشان داد که شبیه سازی با ابزار Geant4 نسبت به کد MCNP دقیق‌تر بوده و با نتایج ارائه شده شرکت سازنده اختلاف ۵٪ دارد.

واژگان کلیدی: براکی تراپی، دوزیمتری، ابزار شیء گرای Geant4، ملانوما، MCNP.

مقدمه

ملانوما از تومورهای بدخیم ملانوسیت‌ها می‌باشد که با بیشتر در پوست و البته در روده و چشم نیز دیده می‌شود. دسته‌بندی ملانوماها بر اساس ضخامت تومور و عمق نفوذ آن در بافت می‌باشد که بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود. مهمترین فاکتور تشخیصی این نوع تومورها ضخامت تومور می‌باشد. محل قرارگیری و ضخامت تومور محدوده‌ی درمانی را تعیین می‌کند [۱ و ۲]. رایج‌ترین چشمه‌های مورد استفاده برای درمان تومورهای چشمی، چشمه‌های ید-۱۲۵ و روتنیوم-۱۰۶ می‌باشند. یکی از روش‌های محاسبه‌ی دز روش تحلیلی می‌باشد که در این روش توزیع دز اطراف چشمه‌ی تابشی مقعر محاسبه می‌شود [۳]. ولی در عمل استفاده از روش‌های تحلیلی کاملاً تقریبی بوده و فقط در مورد محیط‌های با چگالی ثابت کاربرد دارند. یکی از روش‌های حل این مشکلات استفاده از روش مونت-کارلو می‌باشد که نقش مهمی در دوزیمتری و رادیوتراپی ایفا می‌کند [۴]. روش مونت‌کارلو روشی کاملاً دقیق برای محاسبات دوزیمتری می‌باشد که قادر است به صورت دقیقی هندسه‌ی سیستم را توصیف و ترابرد ذرات را در محیط شبیه‌سازی نماید. تاکنون محاسبات جامعی با استفاده از ابزار شیء گرای GEANT4 به منظور دوزیمتری پلاک‌های چشمی صورت نگرفته است. در ابتدا اعتبارسنجی این ابزار در محاسبات دوزیمتری پلاک‌های چشمی می‌باشد، که پس از اعتبارسنجی کد و مقایسه نتایج با اطلاعات شرکت سازنده‌ی این پلاک‌ها (BEBIG, Germany) و محاسبات انجام شده با کد MCNP، دوز در قسمت‌های مختلف چشم محاسبه شده و این دوز برای انواع مختلف مواد به عنوان فانوم چشم مقایسه شده است.



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

روش کار

در این مقاله برای محاسبه‌ی دوز در قسمت‌های مختلف چشم در براکی تراپی از ابزار شیء‌گرای Geant4 استفاده شده است. قسمت‌های مختلف چشم و تومور با استفاده از هندسه‌های سه بعدی تعریف و ماده‌ی هر یک در نظر گرفته شده است.

ابزار شیء‌گرای Geant4 مجموعه نرم‌افزاری رایگان بوده که شامل ترکیبی از ابزارهای کلیدی و کلاس‌های عملیاتی برای تراپد دقیق ذرات در ماده است. تمام جنبه‌های مختلف شبیه‌سازی در این ابزار شیء‌گرا پیاده‌سازی می‌شود [۵]. ابزار شیء‌گرای Geant4 براساس برنامه‌نویسی ++C نوشته شده است و روش‌های بسیار پیشرفته‌ی مهندسی نرم‌افزار و ویژگی شیء‌گرایی را مورد استفاده قرار می‌دهد [۶]. در این ابزار پس از ساخت هندسه، چشمه و بخش‌های مختلف ساخت پروژره باید کلاسی را به منظور تعریف فرایندهای فیزیکی به منظور برهمکنش ذرات ذرات مختلف درگیر در پروژره ساخت. مدلی که در این پروژره مورد استفاده قرار گرفت مدل Livermore بود. اطلاعات این مدل از داده‌های کتابخانه‌ی Livermore اقتباس شده است. این مدل نیز برای گاما و الکترون و در بازه‌ی انرژی ۲۵۰ الکترون ولت تا ۱۰۰ گیگا الکترون ولت برای گاما و ۱۰ الکترون ولت تا ۱۰۰ گیگا الکترون ولت برای الکترون معتبر می‌باشد [۷].

- آناتومی چشم به همراه تومور

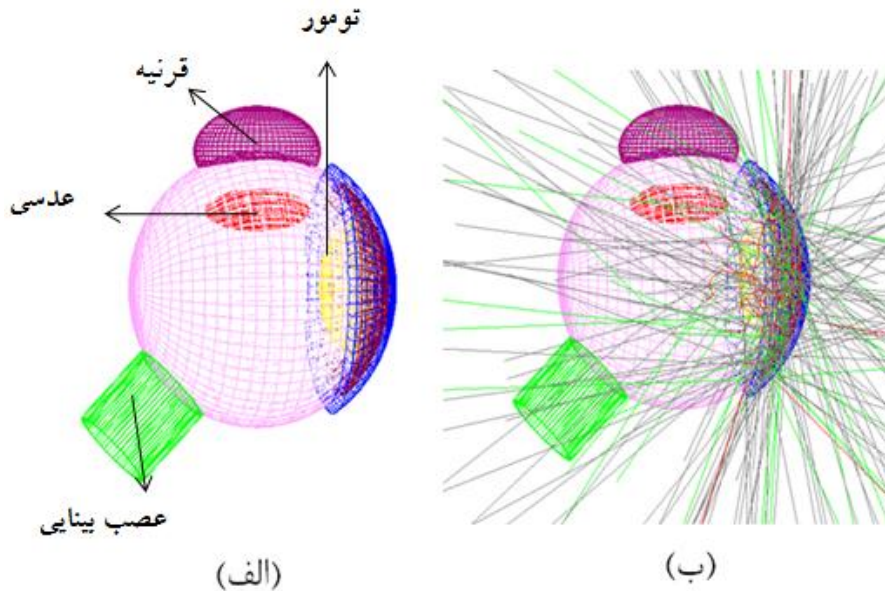
کره چشم مرکب از سه پرده می‌باشد. خارجی ترین پرده، که صلبیه نام دارد، الیافی بوده و به کره چشم ساختاری کروی شکل می‌دهد. صلبیه خود متشکل از صلبیه شفاف به ضخامت ۰.۳ تا ۱.۰ و قطر ۲۴ میلی‌متر است (صلبیه توانایی دریافت دز تابشی بسیار بالایی را دارد). ۶ ماهیچه چشمی متصل به صلبیه حرکت کره چشم را در حفره چشمی کنترل می‌کنند. صلبیه از جلو به قرنیه ختم می‌گردد. مشیمیه (با ضخامت ۰.۱ تا ۰.۳ میلی‌متر) به همراه جسم مژگانی (با ضخامت ۲ میلی‌متر) و عنیبه (با ضخامت ۰.۵ تا ۳ میلی‌متر) بافت رنگدانه‌ای او را تشکیل می‌دهند (لایه میانی). او منشأ روی دادن انواع مختلف ملانوم می‌باشد. مشیمیه قهوه‌ای و یا شکلاتی رنگ بوده و در حدود ۵/۶ قسمت پشتی کره چشم را شامل می‌شود و اساساً مرکب از شبکه متراکمی از سرخرگ‌های کوچک، سیاهرگ‌ها و مویرگ‌ها می‌باشد. مشیمیه همچنین کانال‌های لنفاوی را شامل می‌گردد. داخلی ترین لایه کره چشم، شبکیه، ضخامتی در حدود ۰.۱ میلی‌متر دارد. شبکیه شفاف بوده و باعث شکست پرتوهای نورانی می‌شود. شبکه عروقی شبکیه از سرخرگ مرکزی شبکیه‌اینشأت می‌گیرد که از طریق عصب چشم وارد کره چشم می‌گردد. زجاجیه که قسمت داخلی کره چشم را پر می‌کند هیچ نوع سلول زنده‌ای را شامل نمی‌شود [۸]. ترکیب و چگالی قسمت‌های مختلف چشم طبق جدول (۱) تعریف شده است [۹].



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

با در نظر گرفتن توصیفات فوق هندسه‌ی چشم به صورت شکل ۱ خواهد بود.



شکل ۱: (الف) شبیه سازی هندسه‌ی چشم و اجزاء آن در Geant4 (ب) ترابرد ۲۰۰ ذره به منظور نمایش

- چشمه‌ی Ru-106 مورد استفاده

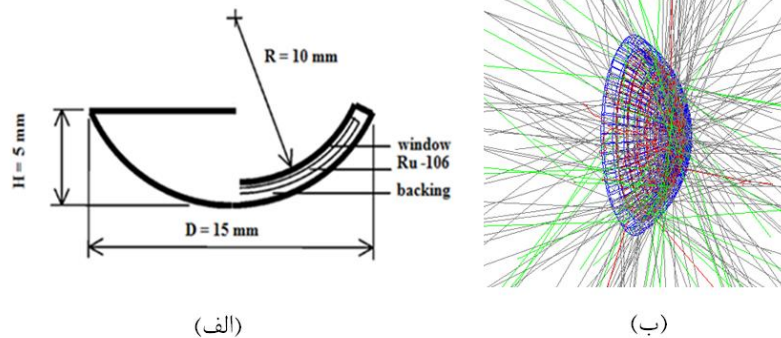
ایزوتوپ روتنیوم ۱۰۶ دارای نیمه عمر ۳۶۷ روز بوده و به رادیوم ۱۰۶ واپاشیده می‌شود که پرتوهای بتا با بیشینه انرژی ۳۹ keV گسیل می‌کند. رادیوم نیز با نیمه عمر ۳۶ ثانیه به پلادیوم با انرژی ماکزیمم ۳.۵ MeV و انرژی میانگین ۱.۵ MeV واپاشیده می‌شود که تابش درمانی مؤثری ایجاد می‌کند [۱۰].

- پلاک مورد استفاده

اپلیکاتورهای روتنیوم ۱۰۶ شبیه‌سازی شده شکل ۳ از نوع اپلیکاتورهای مقعر CCB بوده و دارای قطر ۲۰ میلی‌متر می‌باشد. در این اپلیکاتورها پوششی به ضخامت (۰.۱ میلی‌متر) چشمه‌ی روتنیوم-۱۰۶ را پوشش خواهد داد، این پوشش هیچ اثر جذبی روی گسیل پرتوهای بتا نخواهد گذاشت. به عبارت دیگر سطح محدب پلاک بوسیله ۰.۷ میلی‌متر فویل نقره پوشیده می‌شود که ۹۵٪ کلاکتیویته را جذب می‌کند [۱۰].

بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

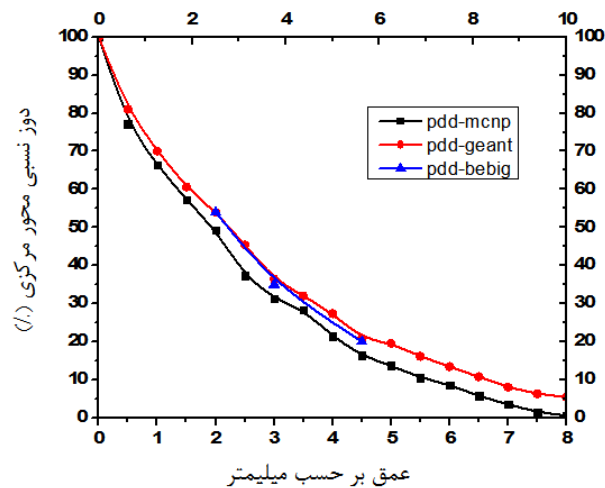
۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۳: (الف) مشخصات پلاک نوع CCB و (ب) پلاک شبیه سازی شده در ابزار Geant4

نتایج

در این قسمت دوز نسبی در طول محور مرکزی حاصل از ابزار Geant4 با نتایج حاصل از کد MCNP و اطلاعات شرکت سازنده‌ی پلاک مقایسه شده است و در شکل ۴ نشان داده شده است. تطابق بسیار خوبی بین نتایج حاصل از Geant4 و کد MCNP و اطلاعات شرکت سازنده‌ی پلاک وجود داشت.



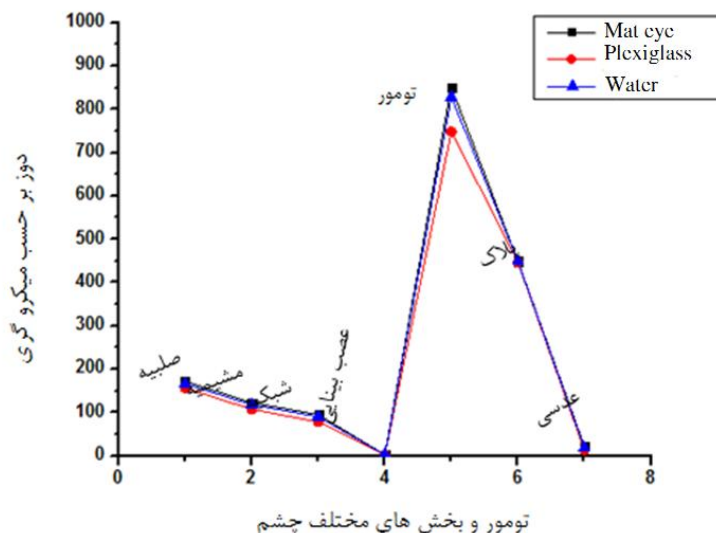
شکل ۴: مقایسه‌ی دوز نسبی محور مرکزی این پژوهش با نتایج کد MCNP و اطلاعات شرکت سازنده

در جدول ۲ نیز میزان اختلاف بین نتایج در عمق‌های مختلف نشان داده شده است. پس از اعتبارسنجی ابزار Geant4 دوز قسمت‌های مختلف چشم محاسبه شده و مقایسه‌ای بین این دوز برای مواد مختلف به عنوان فانتوم چشم انجام گرفت. نتایج در شکل ۵ نشان داده شده است.



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۵: دوز قسمت‌های مختلف چشم، برای مواد مختلف به عنوان فانتوم

در جدول ۲ نیز دوز بخش‌های مختلف چشم برای چند ماده‌ی مختلف به عنوان فانتوم چشم نشان داده شده است. جدول (۲): دوز بخش‌های مختلف چشم برای سه نوع ماده‌ی مختلف (خطای شبیه سازی)

فانتوم	صلبیه	مشیمیه	شبکیه	قرنیه	تومور	عدسی
مواد چشم	۱۷۱.۸۹ (۲.۳٪)	۱۲۲.۵ (۰.۷٪)	۹۵.۰۴ (۲.۱٪)	۲۸۶ (۴.۲٪)	۸۵۰.۶ (۳.۴٪)	۲۱.۵۰ (۳٪)
پلکسی گلاس	۱۵۵.۹ (۱.۲٪)	۱۰۷.۲ (۱.۱٪)	۷۸.۴۵ (۳.۳٪)	۲۰۱ (۲.۳٪)	۷۴۸.۵ (۲.۹٪)	۱۲.۹۴ (۲.۱٪)
آب	۱۶۶.۴ (۱.۳٪)	۱۱۷.۳ (۲.۶٪)	۹۰.۲۰ (۴.۱٪)	۲۹۵ (۵.۱٪)	۸۲۸.۱ (۴.۵٪)	۲۳.۷۰ (۲.۵٪)

۱- بحث و نتیجه گیری

طبق نتایج این پژوهش ابزار Geant4 در انرژی‌های پایین براکی‌تراپی نیز به خوبی انرژی‌های بالا عمل کرده و دقت بسیار بالایی دارد (خطای کمتر از ۰.۵٪). همچنین طبق جدول ۲ در حالتی که چشم و اجزاء آن به طور کامل تعریف شوند نسبت به وقتی که از فانتوم آب یا پلکسی استفاده می‌شود دوز تومور بیشتر خواهد بود و دوز بخش‌های حیاتی چشم مانند قرنیه و عدسی قدری کاهش خواهد یافت. بدین ترتیب با تعریف کامل چشم به نتایج دزیمتری بهتری نسبت به دو حالت دیگر دست خواهیم یافت.

منابع

1. "The GEC ESTRO Handbook of brachytherapy" – Edited by: Gerbaulet A., Potter R.,



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

- Mazonj., Meertens H., Van Limbergen E., European society for therapeutic Radiology and oncology and International Atomic Energy Agency (IAEA), ISBN 90-804532-5, Leuven, Belgium, (2002).
2. Cecil Essentials of Medicine (5th edition)- chapter 54: Cancer Etiology- pp485- Saunders publication- Edited by: Thomas E. Andreoli, Charels C. J. Carpenter, Robert C. Griggs, Josef Loscalzo. (2001)
 3. Hokkanen J, Heikkonen J, Holmberg P. Theoretical calculations of dose distribution for beta-ray applicators. Med. Phys.24:211-213(1997)
 4. Andreo P. Monte Carlo techniques in medical radiation physics. Phys.Med. Biol. 36:861±920 (1991).
 5. GEANT—Detector description and simulation tool,CERN Program Library Long Write-up W5013, CERN Geneva.
 6. S. Agostinelli et al., “Geant4: A simulation toolkit,” Nucl. Instrum.Meth. A, vol. 506, no. 3, pp. 250–303, (2003).
 7. Geant4 physics refrence manual
 8. “The GEC ESTRO Handbook of brackhytherapy” – Edited by: GerbauletA.,Potter R., Mazonj.j., Meertens H., Van Limbergen E., European society for therapeutic Radiology and oncology and International Atomic Energy Agency (IAEA), ISBN 90-804532-5, Leuven, Belgium, (2002).
 9. Smith DJ. Photon, Electron, Photon and Neutron Interaction Data for Body Tissues. Washington D.C.:ICRU Report No: 46.
 10. M.C. Fuss, A.Mun˜oz, J.C.Oller, F.Blanco, A.Williart, P.Limao-Vieira, M.J.G.Borge, O.Tengblad , C. Huerga, M.Te’llez, G.Garci’a, “Energy deposition by a 106Ru/106Rh eye applicator simulated using LEPTS, a low-energy particle track simulation”, Applied Radiation and Isotopes, 69, 1198–1204, (2011).