



شبهه سازی دوز جذبی تومور ملانوم چشمی در براکی تراپی با استفاده از کد کامپیوتری GEANT4 مبتنی بر روش مونت کارلو

وحیدیان، محمد* (۱) - قربان زاده، محمد (۲) - حسینی، سید ابوالفضل (۳)

دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی انرژی، گروه کاربرد پرتوها

چکیده:

پرتو درمانی، به روش استفاده از پرتوهای یونساز برای درمان گفته می‌شود که به دو صورت از راه دور (Teletherapy) و از نزدیک (Brachytherapy) انجام می‌شود. در روش پرتو درمانی از نزدیک از چشمه های رادیواکتیو قرار داده شده در دانه هایی (seeds) که در پلاک هایی با ابعاد مختلف طراحی شده اند، بر روی ناحیه مورد درمان استفاده می‌شود. در این پژوهش از روش براکی تراپی با چشمه رادیواکتیو پالادیوم-۱۰۳ برای درمان تومور ملانوم چشمی با استفاده از کد مونت کارلویی GEANT4 جهت بررسی اثرات میزان دوز جذبی در بافت های سالم فانتوم آب چشم انسان استفاده شده است.

کلمات کلیدی: براکی تراپی - ملانوم چشمی - دوزیمتری - روش مونت کارلو - کد GEANT4

مقدمه:

پرتو درمانی که در آن از پرتوهای یونساز استفاده می‌شود یکی از راه هایی است که در زمینه درمان سرطان به این هدف پاسخ می‌دهد [۱]. منظور از درمان در مواجهه با بیماری سرطان، از بین بردن سلول های سرطانی یا متوقف کردن رشد و جلوگیری از تقسیم و گسترش آنها در قسمت های دیگر بدن است.

پرتو درمانی به دو روش صورت می‌پذیرد: پرتو درمانی از راه دور و پرتو درمانی از نزدیک.

در پرتو درمانی از راه دور، با استفاده از یک دستگاه مولد اشعه که در فاصله معینی از بیمار قرار گرفته است، پرتو در مسیر مشخص و به مقدار مجاز که توسط فیزیک پزشکی^۳ محاسبه و تعیین می‌گردد، به ناحیه مورد نظر تابیده می‌شود. تابش با بافت تومور و بافتهای سالم موجود در مسیر پرتو برهم کنش انجام می‌دهد.

^۱Teletherapy

^۲Brachytherapy

^۳Physicist



در پرتودهی از نزدیک یا براکی تراپی، چشمه های فوتونی یا الکترونی با انرژی های پایین به صورت دانه های رادیواکتیو در نزدیکی تومور کشت می شود. با توجه به انرژی پایین ذرات گسیلی، بیشتر انرژی چشمه در بافت احاطه کننده آنها تلف می گردد. بنابراین مقدار انرژی آزاد شده در بافت های سالم اطراف تومور کاهش می یابد [۱-۳].

چشمه هایی که در براکی تراپی استفاده می شود شامل چشمه های تابش بتا یعنی استرونتیوم - ۹۰، روتینیوم - ۱۰۶، ایتریوم - ۹۰، فسفراس - ۳۲ و چشمه های تولید کننده فوتون های کم انرژی مانند ید - ۱۲۵، پالادیوم - ۱۰۳ و ایریدیوم - ۱۹۲ می باشد. در روش براکی تراپی برای درمان تومورهای چشمی از روتینیوم - ۱۰۶، ید - ۱۲۵ و پالادیوم - ۱۰۳ استفاده می کنند. در این پژوهش، ما از چشمه پالادیوم - ۱۰۳ استفاده خواهیم کرد.

تومورهای چشمی بر حسب اینکه در چه سنی دیده شود، تقسیم بندی می شوند. ملانوم در بزرگسالان و معمولاً در ۶۰ تا ۷۰ سالگی دیده می شوند و رتینوبلاستوما در سنین زیر ۷ سال شایع است. ملانوما چشمی یکی از نادرترین و خطرناک ترین تومورهای درون چشمی با احتمال رویداد یک نفر در صد هزار نفر در سال می باشد. این نوع تومور بیشتر در افراد بالغ رخ می دهد و احتمال رخ دادن آن در کودکان بسیار کم است [۷-۸]. ملانوم یووال یکی از تومورهای سرطانی اولیه چشم که در کره چشم در یووا که شامل عنبیه، جسم مژگانی، یا کورویئید است [۹، ۴-۱۱].

از طریق سونوگرافی، ضخامت تومور و میزان گستردگی آن که در انتخاب نوع پلاک برای درمان مهم است تعیین می شود. دانه ها (Seeds) در داخل پلاک روی دایره های هم مرکزی به فاصله ۵/۱ میلی متر از لبه پلاک چیده شده اند که موقعیت های مکانی این دانه ها بر اساس نوع پلاک متفاوت است. پلاک های استاندارد COMS، پلاک های ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۰ و ۲۲ میلی متری با تعداد دانه های ۵، ۸، ۱۳، ۲۱ و ۲۴ می باشد. در این پژوهش، دوزیمتری براکی تراپی چشم با استفاده از پلاک حاوی دانه های رادیواکتیو پالادیوم - ۱۰۳ با استفاده از نرم افزار GEANT4 مورد مطالعه قرار گرفته است.

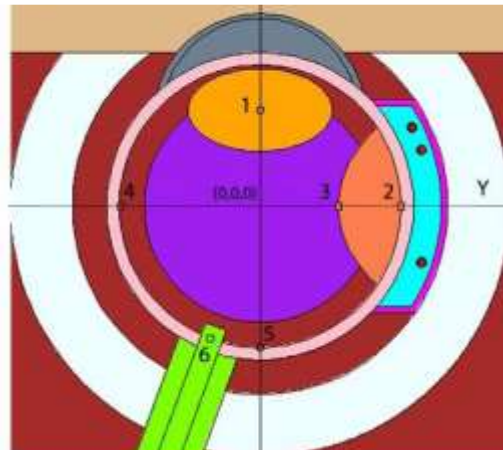
روش کار :

در حال حاضر، شبیه سازی مونت کارلو با استفاده از کد کامپیوتری GEANT4 (با فیزیک لیست QBBC physics list) انجام شده است. از مزایای کد اشاره شده می توان به هندسه ناهمگن سه بعدی برای فوتون ها و الکترون های واقع در محدوده انرژی از ۱ کیلو الکترون ولت تا ۱ گیگا الکترون ولت اشاره کرد.

در پژوهش مونت کارلویی حاضر، از شبیه سازی فانتوم آب چشم انسان استفاده شده است که در آن دوزیمتری براکی تراپی چشم با استفاده از پلاک حاوی دانه های چشمه رادیواکتیو پالادیوم - ۱۰۳ (مدل model 200, TheraSeed, Theragenics Corp., Buford, GA) انجام شده است.

به منظور تعریف کامل کره چشم انسان، اجزای سازنده آن با استفاده از روابط میان اشکال مختلف با هندسه و ویژگی‌های خاص شبیه سازی شده است. از این رو، تمام جزئیات مربوط به فانتوم شبیه سازی شده در این پژوهش ذکر شده است. علاوه بر این، پلاک چشم ۱۶ میلی متری شامل ۱۳ دانه چشمه رادیواکتیو پالادیوم - ۱۰۳ با مختصات دقیق تعریف شده است.

برای انجام دوزیمتری باید در شش نقطه بحرانی چشم این عمل صورت گیرد که برای درک بهتر، در شکل شماره ۱، مدل شبیه سازی شده در کد کامپیوتری MCNPX (از پژوهش قبلی [۱۲]) آورده شده است. همچنین مدل شبیه سازی شده کره چشم انسان در کد کامپیوتری GEANT4 در این پژوهش، در شکل شماره ۲ آورده شده است.

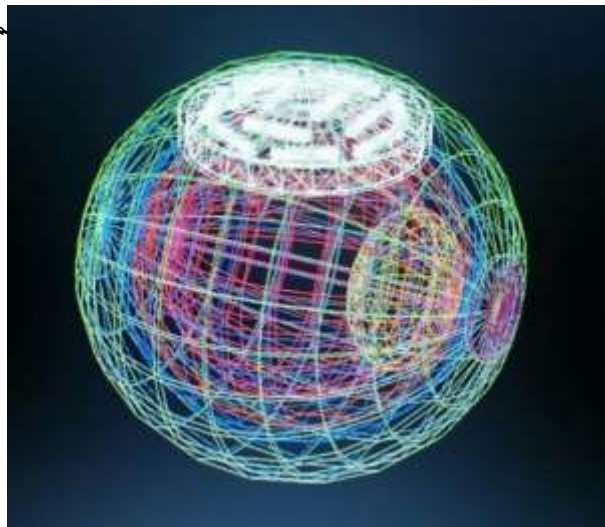


شکل شماره (۱) - مدل شبیه سازی

گذاری شماره های ۱ تا ۶ به ترتیب:

لنز (lens)، صلبیه (sclera)، قله تومور (tumor apex)، نقطه مقابل (opposite side)، لکه زرد چشم (macula) و عصب بینایی (optic nerve) - همچنین

مق دوز شبیه سازی شده اند.

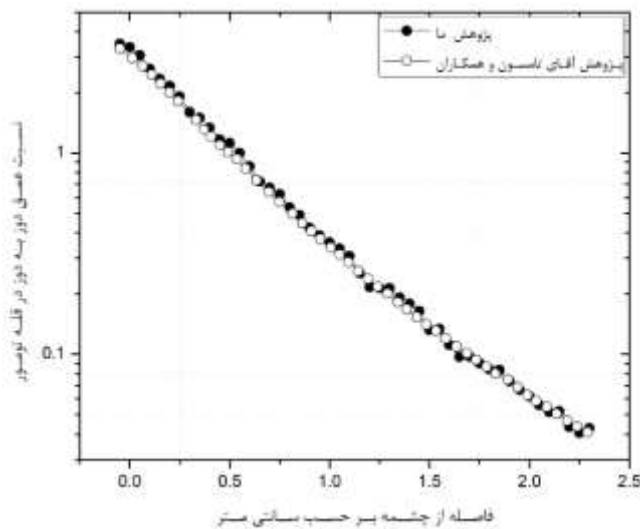


شکل شماره (۲) - مدل شبیه سازی شده کره چشم انسان در کد کامپیوتری GEANT4. شامل همه ساختارهای چشم به جز عصب بینایی (optic nerve)

نتایج :

۱- راستی آزمایی

جهت راستی آزمایی شبیه سازی انجام شده با توجه به توصیه انجمن فیزیک پزشکی آمریکا (AAPM)، منحنی عمق دوز در شکل شماره ۳، برای چشمه رادیواکتیو پالادیوم - ۱۰۳ قرار گرفته شده در پلاک چشمی ۱۶ میلی متری استاندارد COMS، در فانتوم آب محاسبه شده است که برابر با نسبت عمق دوز محاسبه شده (در فاصله صلیبه تا نقطه مقابل) به دوز در قله تومور می باشد. این نتایج با نتایج پژوهش آقای تامسون و همکاران مقایسه شده است که تطابق خوبی را نشان می دهد [۴].



شکل شماره (۳) - مقایسه بین نتایج نسبت عمق دوز محاسبه شده (در فاصله صلیبه تا نقطه مقابل) به دوز در قله تومور در پژوهش فعلی با پژوهش آقای تامسون و همکاران [۴] در فانتوم آب



۲ - محاسبات دوزیمتری

جدول زیر (جدول شماره ۱)، مقایسه میان نتایج دوزیمتری فانتوم آب چشم انسان در دو کد کامپیوتری MCNPX (از پژوهش قبلی [۱۲]) و GEANT4 را نشان می‌دهد (خطاهای نسبی برای نتایج هر دو کد، زیر ۱٪ بوده است).

جدول شماره (۱) - مقایسه نتایج دوزیمتری حاصل از کدهای کامپیوتری MCNPX و GEANT4 در فانتوم آب

نتایج کد EGSnrc user-code BrachyDose [۴] (بر حسب Gy و به ازای یک ذره $\times 10^{-15}$)	نتایج کد GEANT4 (بر حسب Gy و به ازای یک ذره $\times 10^{-15}$)	نتایج کد MCNPX [۱۲] (بر حسب Gy و به ازای یک ذره $\times 10^{-15}$)	نقاط بحرانی	ردیف
16/34	21/36	11/92	لنز	۱
85/00	108/45	64/31	قله تومور	۲
287/90	410/28	217/97	صلبیه	۳
11/40	17/03	7/68	لکه زرد چشم	۴
3/77	4/65	2/62	نقطه مقابل	۵
22/75	27/42	19/28	مرکز چشم	۶

بحث و نتیجه گیری :

در این پژوهش، به دو رویکرد مختلف در بررسی نتایج پرداخته ایم. با توجه به نتایج دوزیمتری در جدول شماره ۱، مشاهده می‌کنیم که میزان دوزهای بدست آمده در کد کامپیوتری GEANT4، بیش تر از مقادیر مشابه آن در کد کامپیوتری MCNPX می‌باشند.

طبق شبیه سازی مشابه توسط آقای تامسون و همکاران با کد کامپیوتری EGSnrc user-code BrachyDose، که این کد جزء پیشنهاد های انجمن فیزیک پزشکی آمریکا (AAPM) می باشد، مشاهده می شود که نتایج دوزیمتری در کد کامپیوتری GEANT4 برای فانتوم آب مناسب نبوده است [۴].



لذا پیشنهاد می شود در پژوهش بعدی، به مقایسه دوزیمتری میان این کد ها در فانتوم واقعی چشم انسان پرداخته شود تا اثرات ناشی از بر همکنش میان بافت های مختلف چشم و پرتوهای گسیلی، بررسی گردد.

مراجع :

1. Exsir Monfared Mohammad, Najmabadi Fereidoon. Theory of Computations and Physics of radiotherapy (External Beam Radiotherapy), Jahad daneshgahi issuance-1372 Autumn
2. Herman Samber, Acquaintance with hygiene physics from Radiology viewpoint. The issuance of the Tehran University. First edition 1371
3. Leibel, S.A. and Philips T. L., "Textbook of Radiation Oncology" 2nd Edition, Saunders publications, Elsevier Inc, (2004), pp 349.
4. R. M. Thomson, R. E. P Taylor and D. W. O Rogers. Monte Carlo dosimetry for ¹²⁵I and ¹⁰³Pd eye plaque brachytherapy. Medical Physics. (2008); **35**:5530-5543.
5. ICRU, "photon, Electron, Photon and Neutron Interaction Data for Body Tissues", ICRU Report 46, ICRU Washington D.C., 1986
6. Fundamental and principle of Ophthalmology", Basic and Clinical Science Course, American academy of Ophthalmology (section 2) (1998-1999)
7. Mazon JJ, Noel, Simon JM, Racadot S, Jauffret E (February 2003). "Brachytherapy in Head and neck cancers" in French. Cancer Radiotherapy. 7(1): 62-72. PMID 12648718
8. Merrick GS, Butler WM, Wallner KE, Galbreath RW, Adamovich E (2005). "Monotherapeutic brachytherapy for clinically organ-confined prostate cancer" W V Med J 101
9. M. Patel, E. Smyth, P.B. Chapman, et al. Therapeutic Implications of the Emerging Molecular Biology of Uveal Melanoma. Clinical Cancer Research. (2011); **17(8)**:2087-2100.



10. R.M. Warren. Prognosis of malignant melanomas of the choroid and ciliary body. *Current Concepts in Ophthalmology*. (1974); **4**:158-167.
11. S.Nag, J.M. Quivey, J.D. Earle, et al. The American Brachytherapy Society recommendations for brachytherapy of uveal melanomas. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*. (2003); **56**(2):54455.
12. Asadi, S., Vaez-zadeh, M., Vahidian, M., Marghchouei, M., & Masoudi, S. F. (2016). Ocular Brachytherapy Dosimetry for ^{103}Pd and ^{125}I in The Presence of Gold Nanoparticles: Monte Carlo Study. *Radiotherapy and Oncology*, 118, S105.