

دزسنجی با استفاده از فیلم در براکی‌تراپی دهانه رحم در فانتوم و مقایسه آن با نرم‌افزار

مکمل برنامه طراحی درمان دستگاه GZP6

الیاسی، مهدیه^۱ - آقامیری، سید محمود رضا^۱ - حریری تبریزی، ساناز*^۱ - رجبی، علی^۲ - رجب بلوکات،

افتخار^۲

^۱ دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، گروه پرتو پزشکی

^۲ بیمارستان شهداء تجریش، بخش رادیوتراپی - آنکولوژی

چکیده:

در این مطالعه برای حصول اطمینان از دز اعمالی در براکی‌تراپی دهانه رحم، دز اندام هدف و اندام‌های بحرانی با استفاده از فیلم در فانتوم اندازه‌گیری شده و با محاسبات برنامه طراحی درمان مقایسه شده است. به دلیل محدودیت برنامه طراحی درمان مخصوص دستگاه براکی‌تراپی آهنگ دز بالای GZP6 هنگام استفاده از برنامه‌های از پیش تعیین نشده و عدم امکان به دست آوردن دز اندام بحرانی از آن، نتایج حاصل از دزیمتری توسط فیلم با دز محاسبه شده توسط نرم‌افزار مکمل برنامه طراحی درمان (GZP6 CTPS) مقایسه شده است. مقایسه نتایج دزسنجی عملی با خروجی CTPS نشان داد که تغییر مکان توقف چشمه در اپلیکاتورهای اوئید منجر به کاهش اختلاف نسبی بین اندازه‌گیری و محاسبه می‌شود.

کلیدواژه: براکی‌تراپی، سرطان دهانه‌ی رحم، دزسنجی، نرم‌افزار مکمل برنامه طراحی درمان GZP6، فیلم رادیوکرومیک

مقدمه:

دستگاه براکی‌تراپی GZP6 با چشمه کبالت ۶۰ از جمله دستگاه‌های مورد استفاده در ایران است که توزیع دز آن در اندام هدف و اندام‌های بحرانی هنگام درمان سرطان دهانه رحم توسط اندازه‌گیری و محاسبه مورد ارزیابی قرار گرفته است. این دستگاه دارای نقایصی مانند نداشتن یک برنامه طراحی درمان کامل در درمان‌های از پیش تعریف نشده، عدم قابلیت تغییر کمیت‌های دزیمتری متغیر با زمان و استفاده از تخمین چشمه نقطه‌ای در محاسبه دز می‌باشد. به همین دلیل نرم‌افزاری تحت عنوان مکمل برنامه طراحی درمان دستگاه GZP6 (GZP6 CTPS) ارائه شده است [۱ و ۲]. در این مطالعه با استفاده از اپلیکاتورهای مخصوص درمان سرطان دهانه رحم (تاندم و اوئید) دز رسیده به بافت‌های حساس (رکتوم و مثانه) در حین درمان با استفاده از فانتوم اندازه‌گیری و سپس با دزهای محاسبه شده توسط CTPS مقایسه گردیده است. ارزیابی توزیع دز این دستگاه در مطالعه دیگری نیز انجام یافته که در آن از برنامه‌های از پیش تعیین شده و برنامه طراحی درمان دستگاه استفاده شده است [۳]. در آن مطالعه مشاهده گردید که بیشینه دز رکتوم ۷۳٪ و مثانه ۴۵٪ بیماران تحت درمان، از بیشینه دز مجاز توصیه شده توسط ICRU 38 تجاوز کرده است [۳].

روش کار:

فانتوم:

در این مطالعه از فانتوم دهانه رحم با قابلیت قراردعی اپلیکاتورهای تاندم و اوئید استفاده گردید. این فانتوم از چندین ورقه پرسپکس با ابعاد $18 \times 16 \times 0.2 \text{ cm}^3$ ساخته شده که به گونه‌ای برش خوردند که یک تاندم با حداقل انحنا و دو اوئید با قطر 3 cm مخصوص اپلیکاتورهای دستگاه برایکی تراپی GZP6 در آن قرار می‌گیرند [۴].

دزسنجی با استفاده از فیلم:

در این مطالعه از فیلم رادیوکرومیک EBT2 استفاده شده است. جهت کالیبراسیون فیلم تعداد ۴۲ قطعه فیلم با ابعاد $1/5 \times 1/5 \text{ cm}^2$ برش داده شد. از این تعداد، ۲ قطعه فیلم برای ثبت زمینه و ۴۰ قطعه فیلم به ۲۰ گروه ۲ تایی تقسیم شد. به هر گروه ۲ تایی دزهای ۰/۵ تا ۶/۵ گری با پله‌های ۰/۵ گری و ۷ تا ۱۵ با فواصل ۱ گری داده شد. برای پرتودهی، فیلم‌ها در عمق ۳ سانتی‌متری صفحات پرسپکس در میدانی با ابعاد $10 \times 10 \text{ cm}^2$ و فاصله چشمه تا سطح 80 cm توسط دستگاه پرتودرمانی کبالت تحت تابش قرار گرفتند.

جهت دزسنجی در فانتوم، دو قطعه فیلم با ابعاد $10 \times 10 \text{ cm}^2$ و پنج قطعه با ابعاد $1/5 \times 1/5 \text{ cm}^2$ از همان بسته استفاده شده برای فیلم‌های کالیبراسیون، برش داده شد که محل قرارگیری هر یک در فانتوم عبارتند از:

۱) قطعه شماره ۱ با ابعاد $10 \times 10 \text{ cm}^2$ در صفحه‌ای به فاصله 17 mm از وسط تاندم در زیر اپلیکاتورها برای اندازه‌گیری دز رکتوم، ۲) قطعات شماره ۲ و ۳ با ابعاد $1/5 \times 1/5 \text{ cm}^2$ در صفحه‌ای به فاصله 3 mm وسط تاندم در بالای اپلیکاتورها و مرکز فیلم در فاصله 2 cm سانتی‌متر بالا و جوانب از وسط اوئیدها برای اندازه‌گیری دز نقاط مرجع A، ۳) قطعه شماره ۴ با ابعاد $10 \times 10 \text{ cm}^2$ در صفحه‌ای به فاصله 16 mm از وسط تاندم در بالای اپلیکاتورها برای اندازه‌گیری توزیع دز مثانه، ۴) قطعه شماره ۵ با ابعاد $1/5 \times 1/5 \text{ cm}^2$ در صفحه‌ای به فاصله 25 mm از وسط تاندم در بالای اپلیکاتورها برای یافتن توزیع دز در بخشی از حجم درمانی و ۵) دو قطعه ۶ و ۷ با ابعاد cm^2

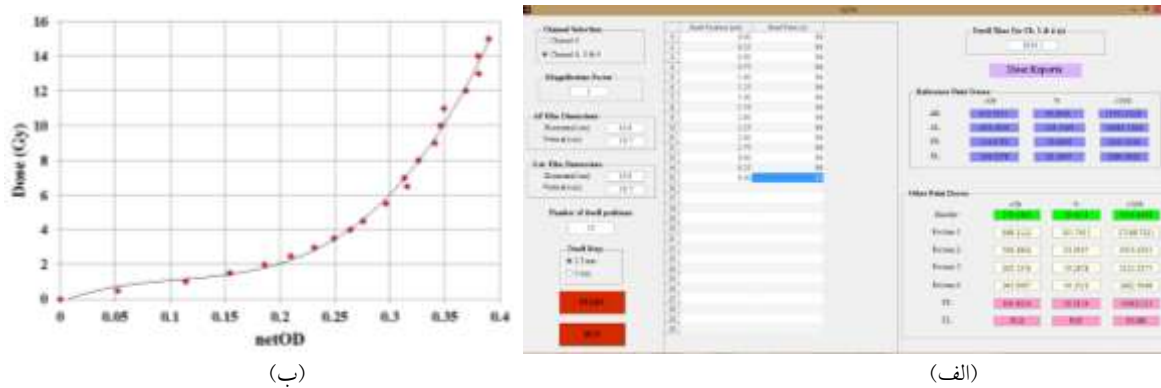
$1/5 \times 1/5$ در روی فانتوم برای محاسبه دز ناشی از دستگاه تصویربرداری اشعه C-Arm X

در کنار تمام فیلم‌ها جهت مشخص بودن موقعیت مکانی فیلم‌ها در تصاویر رادیوگرافی، سوزن ته گرد قرار داده شد. بعد از قرارگیری فیلم‌ها در محل موردنظر، توسط C-Arm یک تصویر قدامی-خلفی و یک جانبی جهت استفاده در CTPS گرفته و سپس فیلم‌های مربوط به اندازه‌گیری دز C-Arm از داخل فانتوم خارج شدند. در این مرحله کانال‌های دستگاه GZP6 به اپلیکاتورها وصل شده و با اعمال یک درمان معمولی سرطان دهانه رحم با تجویز دز $6/4$ گری به نقطه A پرتودهی انجام پذیرفت.

محاسبه دز توسط نرم‌افزار GZP6 CTPS:

نقاط و مدت توقف چشمه حین اندازه‌گیری که در برگه مشخصات آن داده می‌شود، به CTPS وارد شد. شکل ۱)

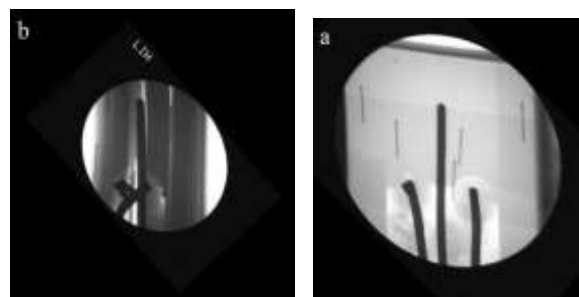
الف) نمایی از داده‌های ورودی به نرم‌افزار و شکل (۲) تصویر ورودی به نرم‌افزار را نشان می‌دهد. نقاط AR، AL، مثانه، چهار نقطه رکتوم در تصاویر مشخص گردید. پس از اجرای برنامه، دز نقاط تعیین شده و همچنین منحنی توزیع دز به دست آمد. برای مقایسه نتایج حاصل از CTPS و دزسنجی‌های عملی انجام‌شده، از شاخص گاما مطابق توصیه Low استفاده گردید [۶۵].



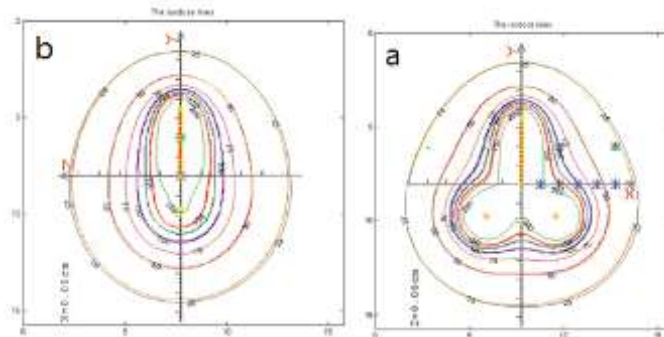
شکل (۱): الف) محیط واسط کاربری CTPS که سمت چپ اطلاعات ورودی مشابه اندازه‌گیری و سمت راست دزهای حاصل را نشان می‌دهد. ب) منحنی کالیبراسیون فیلم‌ها

نتایج :

برای مقایسه خروجی TPS با خروجی CTPS در یک درمان ساده از پیش تعریف شده در سیستم، تصاویر اسکن شده خروجی TPS به‌عنوان تصویر ورودی وارد CTPS شد. خروجی در شکل (۳) در دو حالت قدامی-خلفی و جانبی نشان داده شده است. منحنی‌های هم دز به دست آمده از دو نرم‌افزار دقیقاً روی هم منطبق شدند. از آنجایی که TPS در برنامه‌های از پیش تعیین نشده، ایزودز نشان نمی‌دهد نمی‌توان اندازه‌گیری را با آن مقایسه کرد ولی چون CTPS و TPS همخوانی خوبی دارند پس در حکم TPS سیستم عمل می‌کند. از این رو برای ارزیابی و مقایسه در این پروژه از CTPS استفاده گردید.



شکل (۲): تصاویر ورودی به CTPS. (a) تصویر قدامی-خلفی (b) تصویر جانبی



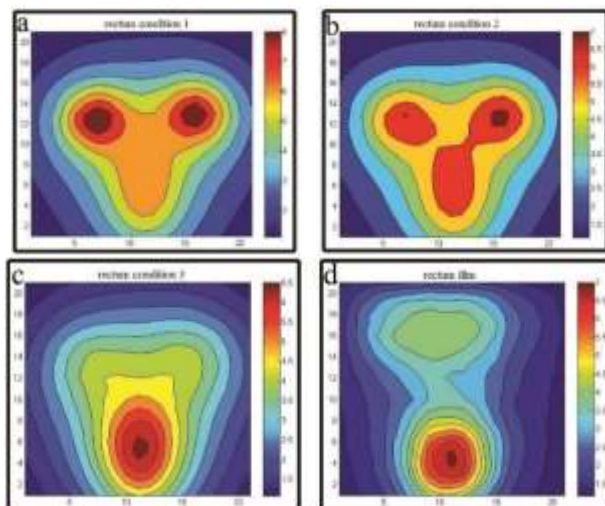
شکل (۳): توزیع دز حاصل از CTPS بر روی تصویر خروجی TPS، (a) قدامی - خلفی و (b) جانبی

منحنی کالیبراسیون فیلم‌ها از طریق برازش بر روی داده‌های تجربی به صورت رابطه (۱) به دست آمد. (شکل ۱)

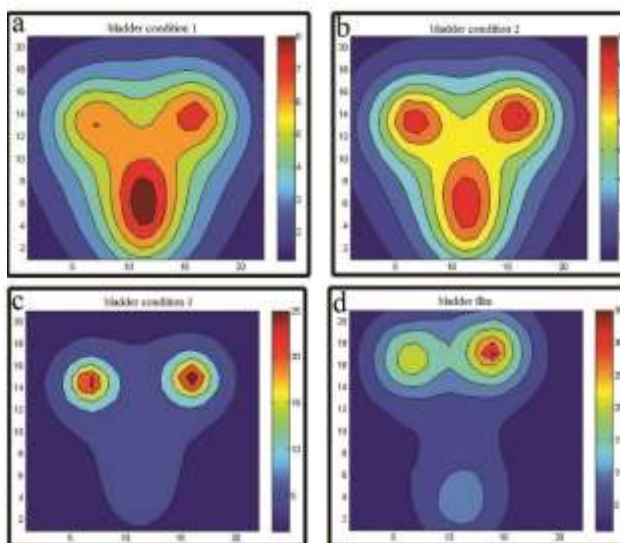
$$D \text{ (Gy)} = 542.098 \text{ netOD}^3 - 175.74 \text{ netOD}^2 + 24.51 \text{ netOD} - 0.148 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.993$$

انتظار می‌رفت که محل توقف چشمه‌ها در اوئیدها در نوک آنها باشد. تحلیل شاخص گامای به دست آمده از مقایسه اندازه‌گیری و محاسبه توسط CTPS و همچنین تفاوت شکلی توزیع دز در دو حالت منجر به تقویت این فرضیه شد که محل توقف چشمه‌ها در اوئیدها برخلاف انتظار است. در نتیجه دو حالت دیگر برای قرارگیری چشمه‌ها در اوئیدها در نظر گرفته شد که در هر کدام، چشمه‌ها از نوک اوئیدها فاصله بیشتری می‌یافتند. در حالت دوم همانند حالت اول برای هر دو بخش، بین توزیع دز ناشی از CTPS و فیلم اختلاف دیده شد ولی مشابهت توزیع دز در CTPS با توزیع دز فیلم، به خصوص در ناحیه تاندم، بیشتر شده و نرخ پذیرش شاخص گاما افزایش یافت. به علاوه، بیشینه دز دریافتی رکتوم از ۸ گری به ۷ گری (معادل فیلم) رسید. در این حالت همچنان اختلاف زیادی بین بیشینه دز دریافتی فیلم مثانه و توزیع دز محاسبه شده توسط CTPS مشاهده شد. در نتیجه مکان توقف چشمه‌های اوئیدها باز هم به فیلم مثانه نزدیک‌تر شدند که معادل با حالت سوم است. مشابهت توزیع دز رکتوم و مثانه حاصل از فیلم و CTPS در این حالت بسیار بیش‌تر شد. در هر دو روش در رکتوم بیشترین دز در قسمت تاندم و در مثانه بیشترین دز در قسمت اوئیدها دیده شد. همچنین بیشینه دز مثانه از ۸ و ۹ گری در دو حالت قبلی به ۲۵ گری رسیده است و اختلاف آن با بیشینه دز فیلم (۳۵ Gy)، کمتر شد. نرخ پذیرش شاخص گاما در رکتوم در حالت اول، دوم و سوم به ترتیب برابر ۱۲/۵٪، ۱۴/۳٪ و ۱۸/۶٪ به دست آمد در حالی که این مقادیر برای مثانه برابر ۴۸/۵٪، ۴۸/۰٪ و ۴۸/۳٪ حاصل شد. به عنوان نمونه، شکل‌های (۴) و (۵) منحنی‌های هم دز حاصل از اندازه‌گیری با فیلم و نرم‌افزار GZP6 CTPS را نشان می‌دهد. مقایسه دز حاصل از اندازه‌گیری و CTPS برای نقاط مرجع A و سه نقطه انتخابی در رکتوم و مثانه در جدول (۱) برای نقاط دو به دو متناظر انجام پذیرفته که روند کاهش اختلاف نسبی اندازه‌گیری و CTPS در طی تغییر مکان توقف چشمه در اوئید را نشان می‌دهد.



شکل (۴): تغییرات توزیع دز رکتوم، (a) توزیع دز رکتوم حاصل از CTPS حالت اول (b) توزیع دز رکتوم حاصل از CTPS حالت دوم (c) توزیع دز رکتوم حاصل از CTPS حالت سوم (d) توزیع دز رکتوم حاصل از اندازه‌گیری با فیلم



شکل (۵): تغییرات توزیع دز مثانه، (a) توزیع دز مثانه حاصل از CTPS حالت اول (b) توزیع دز مثانه حاصل از CTPS حالت دوم (c) توزیع دز مثانه حاصل از CTPS حالت سوم (d) توزیع دز مثانه حاصل از اندازه‌گیری با فیلم

جدول (۱): مقایسه دز نقطه به نقطه حاصل از اندازه گیری و نرم افزار مکمل طراحی درمان در سه حالت

نقاط مورد نظر	دز فیلم (Gy)	دز CTPS حالت اول (Gy)	دز CTPS حالت دوم (Gy)	دز CTPS حالت سوم (Gy)	اختلاف نسبی (حالت اول) (%)	اختلاف نسبی (حالت دوم) (%)	اختلاف نسبی (حالت سوم) (%)
A راست	۶/۱	۶/۶	۶/۶	۶/۱	-۷/۶	-۷/۶	-۰/۳
A چپ	۶/۳	۷/۴	۷/۳	۶/۳	-۱۶/۴	-۱۵/۱	-۰/۱
رکتوم ۱	۵/۷	۷/۰	۶/۷	۶/۴	-۲۳/۱	-۱۷/۸	-۱۲/۹
رکتوم ۲	۳/۵	۶/۴	۵/۸	۴/۸	-۸۱/۱	-۶۴/۴	-۳۵/۰
رکتوم ۳	۳/۵	۶/۰	۵/۴	۴/۳	-۷۰/۰	-۵۲/۸	-۲۲/۳
مثانه ۱	۹/۳	۵/۹	۶/۱	۷/۵	۳۶/۱	۳۳/۹	۱۹/۸
مثانه ۲	۱۴/۸	۵/۲	۵/۴	۷/۴	۶۴/۸	۶۳/۲	۵۰/۱
مثانه ۳	۱۷/۹	۴/۰	۴/۲	۵/۹	۷۷/۵	۷۶/۵	۶۷/۲

بحث و نتیجه گیری :

با بررسی توزیع دز رکتوم و مثانه دیده شد که چشمه در موقعیتی که در طراحی درمان به عنوان مکان توقف چشمه تعیین شده که آن نقطه ای در راستای تاندم است، متوقف نمی شود در نتیجه برای درمان نمی توان به دزهای تعیین شده توسط طراحی درمان خود دستگاه اکتفا کرد. همچنین با بررسی نقطه ای دز نقاط در رکتوم و مثانه با دو روش اندازه گیری و مکمل طراحی درمان، دیده شد که بین دز حاصل از اندازه گیری و دز حاصل از نرم افزار تطابق مناسبی وجود ندارد که این هم می تواند به عدم اطمینان از مکان دقیق توقف چشمه مربوط شود. از طرف دیگر، محاسبات دز در سیستم طراحی درمان و برنامه مکمل طراحی درمان براکی تراپی GZP6 بر مبنای پروتکل AAPM-TG43 انجام می گیرد که در این پروتکل تمام مواد معادل آب (بافت نرم) در نظر گرفته می شود. معادل آب در نظر گرفتن اپلیکاتورهای در محاسبات دز، می تواند نقش مهمی در کاهش صحت تعیین دز داشته باشد. به خصوص که اپلیکاتورهای دستگاه GZP6 از جنس فولاد ضد زنگ بوده و بیشترین ضریب تصحیح را نسبت به اپلیکاتورهای تیتانیومی و پلاستیکی به خود اختصاص می دهد. هرچند، با توجه به انرژی بالای کبالت ۶۰، اختلافی بیش از ۳٪ مورد انتظار نیست [۷]. به دلیل مشاهده تطابق مناسب با بیش از ۹۸٪ توافق شاخص گاما بین توزیع دز اندازه گیری شده و محاسبه شده توسط CTPS هنگام استفاده از یک تک اپلیکاتور تاندم [۸]، شک به قرارگیری نادرست چشمه در اپلیکاتورهای اوئید قدرت گرفت. عدم تطابق بین دز اندازه گیری و محاسبه شده توسط برنامه طراحی درمان در مطالعه دیگری که به منظور ارزیابی دز اندام بحرانی صورت پذیرفته بود نیز مشاهده شده است

[۳]. بنابراین باید مکان دقیق توقف چشمه در اپلیکاتورها مشخص گردد و به نرم‌افزار مکمل طراحی درمان اعمال شود تا بتوان دز اندام هدف و بحرانی را با دقت و صحت قابل قبول تخمین زد.

مراجع:

- [1] Hariri Tabrizi S, Kamali Asl A. Introducing a complementary treatment planning software for GZP6 brachytherapy system. in Biomedical engineering and informatics (BMEI), 2010 3rd International Conference on, 3:1350-1352, 2010
- [2] Hariri Tabrizi S, Kamali Asl A, and Azma Z. Monte Carlo derivation of AAPM TG-43 dosimetric parameters for GZP6 Co-60 HDR sources . Med Phys, 28(2): 153-160, 2012.
- [3] Bahreyni Toossi M.T, Ghorbani M, Makhdoumi Y, et al. A retrospective analysis of rectal and bladder dose for gynecological brachytherapy treatments with GZP6 HDR afterloading system. Reports Pract. Oncol. Radiother. 17(6): 352-357, 2012
- [4] Gholami S, Mirzaei H.R, Jabbari Arfaee A, et al. A novel phantom design for brachytherapy quality assurance, Int JRad Res 14(1), Jan 2016.
- [5] Low DA, Harms WB, Mutic, et al. A technique for the quantitative evaluation of Dose Distributions. Med Phys, 25: 656-61, 1998.
- [6] Low DA, Dempsey JF. Evaluation of the gamma dose distribution Comparison method, Med Phys, 30: 2455-64, 2003.
- [7] Ghorbani M, Hashempour M, Azizi M, Meigooni A S. Evaluating the effect of various intracavitary applicators on dosimetric parameters of 192 Ir, 137 Cs and 60Co sources. Australas Phys Eng Sci Med, 39:477, 2016.
- [8] رجیبی. ع، اعتبارسنجی نرم‌افزار مکمل برنامه طراحی درمان دستگاه براکی تراپی GZP6، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۹۴-

۱۳۹۳