

Analysis of Hip Joint Dose in Prostate Cancer Radiation Therapy: A Dosimetric Comparison of Treatment Plans

Tayyeb Pourfallah¹,
Amirhossein Ahmadi²,
Danial Seifi Makrani³,
Ehsan Mihandoust⁴,
Saeed Davodian⁵

¹ Associate Professor, Department of Biochemistry, Biophysics and Genetics, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran,

² Medical Student, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

³ Phd Student in Medical Physics, Faculty of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁴ Phd in Medical Radiation Engineering, Imam Khomeini Hospital, Sari, Iran

⁵ Radiation Oncologist, Imam Khomeini Hospital, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received April 28, 2020 ; Accepted may 18, 2021)

Abstract

Background and purpose: Radiation therapy as a part of cancer treatment is used in almost 50-60% of involved cases. In prostate cancer radiation therapy, a large volume of pelvis is irradiated, so, it is necessary to preserve sensitive organs around the treatment area, especially rectum and bladder. In this study, some dosimetric parameters such as minimum dose (Dmin), maximum dose (Dmax), mean dose (Dmean) to target (PTV) and organs at risk (OAR), Integral dose, Homogeneity Index and Conformity Index were compared between two techniques.

Materials and methods: In this analytical study, computed tomography scans of 50 patients (mean age: 52 years) attending Sari Imam Khomeini Hospital were acquired and transferred to the 3D treatment planning system (TPS). For each patient, a conventional plan (Box Fields) and modified oblique four-field (MOFF) plan were prepared using TPS for 15 MV photon energy. A total dose of 7200 cGy was prescribed for each patient. Data analysis was carried out in SPSS applying paired-t-test.

Results: In current study, 15-MV energies for radiation of pelvis and bladder using box radiation fields (routine plan) lead to maximum uniformity and homogeneity of dose in irradiated tumor tissue. The results also showed that 15-MV energies for radiation of pelvis and bladder and the new plan could decrease the average integrated dose in femur heads.

Conclusion: We observed a significant effect of the geometrics of radiation fields on distribution of dose in tumor tissue and also the amount of dose received by organs at risk in radiotherapy of patients with prostate cancer.

Keywords: radiotherapy, radiation field, prostate cancer, treatment planning

J Mazandaran Univ Med Sci 2021; 31 (197): 123-131 (Persian).

* **Corresponding Author: Danial Seifi Makrani** - Faculty of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
(E-mail: danial.seifi@gmail.com)

بررسی دز رسیده به مفصل ران در پرتودرمانی سرطان پروستات: مقایسه دزیمتریک روش های درمانی

طیب پورفلاح^۱
امیرحسین احمدی^۲
دانیال سیفی ماکرانی^۳
احسان میهن دوست^۴
سعید داودیان^۵

چکیده

سابقه و هدف: تقریباً در ۵۰ تا ۶۰ درصد بیماران مبتلا به سرطان، از پرتودرمانی به عنوان بخشی از فرآیند درمان استفاده می گردد. در پرتودرمانی سرطان پروستات، حجم وسیعی از لگن مورد تابش قرار می گیرد و در نتیجه حفظ ارگان های حساس اطراف ناحیه درمانی مانند رکتوم و مثانه ضروری می باشد. این مطالعه جهت ارزیابی دز رسیده به استخوان فمور، رکتوم و مثانه انجام شد

مواد و روش ها: در این مطالعه تحلیلی، تعداد ۵۰ بیمار مبتلا به سرطان پروستات با میانگین سنی ۵۲ سال که در سال ۱۳۹۷ به مرکز پرتودرمانی بیمارستان امام خمینی (ره) ساری مراجعه نمودند، انتخاب شدند و برای هر یک از بیماران، دو طرح درمان (باکس و "چهار فیلد مورب") طراحی و دز کلی ۷۲۰۰ سانتی گری و انرژی باریکه ۱۵ مگالکترون ولت برای آن ها منظور شد. در مطالعه حاضر به منظور ارزیابی و تجزیه و تحلیل نتایج دو طرح درمان، از نرم افزار SPSS و آزمون آماری Paired-T Test استفاده گردید

یافته ها: نتایج نشان داد که استفاده از انرژی ۱۵ مگالکترون ولت برای تابش ناحیه لگن با به کارگیری ۴ میدان باکس (طرح درمان رایج) منجر به بیشینه یکنواختی و همگنی دز در بافت تحت تابش می انجامد. همچنین استفاده از انرژی ۱۵ مگا ولت برای تابش کل لگن و به کارگیری ۴ میدان تابشی با چینش مورب میدان ها، منجر به کاهش میانگین دز رسیده به سر استخوان ران می گردد.

استنتاج: نتایج این مطالعه نشان دهنده تأثیر قابل توجه انتخاب مناسب طرح درمان بر چگونگی توزیع دز در بافت تومورال و همچنین دز رسیده به بافت های در معرض خطر در پرتودرمانی سرطان پروستات می باشد.

واژه های کلیدی: پرتودرمانی، طراحی میدان تابشی، سرطان پروستات، طراحی درمان

مقدمه

سرطان پروستات دومین سرطان شایع در مردان و نیز دومین عامل مرگ ناشی از سرطان می باشد (۱). در پرتودرمانی سرطان پروستات، حجم وسیعی از لگن مورد تابش قرار می گیرد و در نتیجه حفظ ارگان های حساس اطراف ناحیه درمانی مانند رکتوم و مثانه ضروری می باشد (۲).

E-mail: danial.seifi@gmail.com

مؤلف مسئول: دانیال سیفی ماکرانی: تهران: دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده پزشکی

۱. دانشیار، گروه آموزشی بیوشیمی، بیوفیزیک و ژنتیک، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۲. دانشجوی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۳. دانشجوی دکترای فیزیک پزشکی، گروه آموزشی فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشکده علوم پزشکی تهران، ایران

۴. دکترای مهندسی پرتوپزشکی، بخش پرتودرمانی مرکز آموزشی درمانی امام خمینی (ره)، ساری، ایران

۵. پزشک متخصص آنکولوژی پرتویی، بخش پرتودرمانی مرکز آموزشی درمانی امام خمینی (ره)، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۹ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۹/۲/۱۴ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۲/۲۸

استفاده از تکنیک‌های پرتودرمانی جدید در درمان مؤثر این بیماری نقش به سزایی داشته و باعث کاهش پرتوگیری بافت‌های سالم مجاور خواهد شد (۳). در پرتودرمانی کانونشال ناحیه پروستات، عموماً ۴۰ درصد از مفصل ران در میدان درمانی قرار گرفته و مورد تابش قرار می‌گیرد که این امر می‌تواند منجر به مسمومیت‌های خونی در بیمار گردد (۴).

در درمان‌های جدید بیماران با سرطان پروستات، شیمی‌درمانی همزمان با پرتودرمانی به منظور بهبود نتیجه درمان مورد استفاده قرار می‌گیرد که با اضافه شدن شیمی‌درمانی، خطر ایجاد مسمومیت‌های خونی بالاتر می‌رود. مسمومیت خونی مسئله بسیار مهمی است زیرا می‌تواند ادامه درمان را مختل کرده و باعث توقف شیمی‌درمانی شود. مطالعات زیادی، ارتباط میان پارامترهای دزیمتریک مغز استخوان و شدت مسمومیت خونی را مورد بررسی قرار دادند. Mell و همکارانش نشان دادند که دز دریافتی پایین توسط مغز استخوان در بیماران می‌تواند باعث کاهش مسمومیت خونی شده و ادامه درمان به صورت شیمی‌درمانی همزمان (CRT) را فراهم می‌سازد (۵). به منظور توزیع دز مناسب در مفصل ران و سایر ارگان‌های حساس در معرض پرتو در پرتودرمانی سرطان پروستات، امروزه از سیستم‌های پرتودرمانی استفاده می‌شود که می‌تواند توزیع دز دقیق به هدف و حداقل دز رسیده به ارگان‌های در معرض خطر را فراهم سازد. برخی از مطالعات از یک سری پارامترهای دزیمتریک در مقایسه طرح‌های درمانی استفاده کردند. برای مثال پارامترهایی مانند دز تجمعی، شاخص همگنی و شاخص تطابق. براساس نتایج Weiss و همکاران (۶)، با افزایش انرژی پرتو از ۶ مگاولت به ۱۸ مگاولت، پارامترهای همگنی دز و ضریب تطبیق تغییر معنی‌داری ندارد و علاوه بر این در درمان با فوتون‌های ۶ مگاولت، ارگان‌های حساس بهتر حفظ می‌شوند و دز رسیده به آن‌ها کاهش می‌یابد. مطالعات دیگری نیز بیانگر این موضوع است که استفاده از نوع

تکنیک پرتودرمانی، اعم از به کارگیری طرح درمانی مناسب و همین‌طور انرژی مساعد می‌تواند در کاهش دز ارگان‌های حساس مؤثر واقع شود (۸،۷).

Aoyama و همکارانش به ارزیابی میزان دز تجمعی رسیده به بافت نرمال در درمان‌های سه بعدی تطبیقی و رادیوتراپی با شدت مدوله شده بیماران مبتلا به سرطان پروستات با انرژی‌های ۶ و ۲۰ مگاولت پرداختند. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان‌دهنده این بود که با افزایش انرژی فوتون فرودی، دوز تجمعی رسیده به بافت‌های سالم و مثانه کاهش می‌یابد (۹). با توجه به مطالعات صورت گرفته، تغییر نتایج درمان در اثر افزایش انرژی و استفاده از تکنیک‌های نوین درمانی می‌تواند باعث کاهش دز رسیده به ارگان‌های حساس و مفصل ران شود. لزوم افزایش دوز جهت کنترل موضعی تومور، تسریع روند بهبودی سرطان و در نتیجه بهبود کیفیت زندگی بیمار از یک طرف و لزوم کاستن دوز به اعضای حساس به پرتو مانند رکتوم و مثانه در پرتودرمانی سرطان پروستات، جهت کاهش عوارض جانبی، از طرف دیگر، موضوع میزان دوز اعمالی را مورد مصالحه قرار داده است؛ به‌طوری‌که در یک طراحی درمان مناسب باید از میزان دز رسیده به اندام بحرانی آگاه بوده و این میزان تحت کنترل باشد. لذا، هدف از این مطالعه، ارزیابی روش‌های مختلف، مقایسه و بررسی پارامترهای دزیمتریک در دز رسیده به هدف و ارگان‌های در معرض خطر در پرتودرمانی سرطان پروستات است که در این مطالعه ارزیابی میزان تاثیر طرح درمان‌های مختلف بر روی بیماران و یافتن بهینه‌ترین طرح درمان مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مطالعه غیر مداخله‌ای و توصیفی حاضر بر روی اطلاعات ذخیره شده مربوط به بیماران مبتلا به سرطان پروستات با میانگین سنی ۵۲ سال بدون متاستاز و درگیری لنف نودها، که به‌منظور پرتودرمانی به بیمارستان

امام خمینی (ره) ساری در سال ۱۳۹۷ (فروردین ۹۷ لغایت بهمن ۹۷) مراجعه نمودند، به اجرا در آمد. به علت عدم امکان اعمال درمان های متعدد بر بیماران، از اطلاعات ذخیره شده ی CT اسکن بیماران جهت شبیه سازی طرح های مختلف استفاده شده است. برای به دست آوردن اطلاعات بیماران و شبیه سازی مراحل درمان، ابتدا از بیماران تصویر سی تی اسکن با ضخامت اسلایس ۵ میلی متر در وضعیت طاقباز (supine)، توسط دستگاه سی تی اسکن ۶۴ اسلایس ساخت شرکت زیمنس (Siemens Emotion System, Siemens Company, Germany) موجود در بخش رادیوتراپی بیمارستان امام خمینی (ره) ساری به دست آمد. به منظور طراحی درمان صحیح، همه بیماران چه در هنگام تصویربرداری و چه در هنگام پرتودرمانی با مثانه به نسبت پر و رکتوم خالی حضور یافتند. سپس تصاویر به نرم افزار طرح درمان سه بعدی CorePlan از تولیدات شرکت کره ای انتقال یافته و برای هر یک از بیماران دو طرح درمان و در هر جلسه ۲۰۰ سانتی گری دوز طراحی شد. با توجه به رابطه زیر برای برآورد حجم نمونه، در هایت تعداد ۵۰ بیمار مبتلا به سرطان پروستات با میانگین سنی ۵۲ سال کاندیدای پرتودرمانی پروستات انتخاب شدند. در جدول شماره ۱ شاخص های آماری بیماران مورد مطالعه نشان داده شده است. حجم نمونه در این تحقیق با توجه به فرمول زیر مقدار ۵۰ به دست آمد:

$$n = \frac{N \times \sigma^2 \times Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2}{(N-1) \times d^2 + \sigma^2 \times Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2}$$

طراحی درمان

تعداد ۵۰ بیمار با سرطان پروستات موضعی در استیج T₁-T₂ تحت رادیوتراپی خارجی با دز کل ۷۲ گری مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات اولیه پس از Ct-Simulation به سیستم طراحی درمان سه بعدی Coreplan ارسال شد و توسط متخصص پرتودرمانی حجم ناحیه تحت درمان پروستات و همچنین حجم بافت های در معرض خطر (OAR) مشخص شدند.

طبق تعریف ICRU، به دلیل چندکانونه بودن آدنوکارسینومای پروستات، کل پروستات به عنوان حجم هدف عینی تومور (GTV) در نظر گرفته می شود. ناحیه پروستات همراه با غدد سمینال و زیکول (PESV) به عنوان CTV در نظر گرفته شده و به منظور در نظر گرفتن خطاهای مکاندهی بیمار و تجهیزات، حاشیه ای به اندازه ۱cm پیرامون حجم تومور بالینی در همه راستاها به جز راستای خلفی که ۰/۸cm بود، اضافه شد و حجم تومور طراحی شده (Planning tumor volume, PTV) که بافت هدف می باشد، به دست آمد. بافت های در معرض خطر (OAR) نیز که شامل رکتوم، سر استخوان های ران سمت راست و چپ و ناحیه مثانه می باشند، کانتورینگ شد. تصویر شماره ۱ درمانی و ارگان های در معرض خطر را نشان می دهد. پس از رسم نواحی درمانی و نواحی حساس، طرح درمان های مورد نظر طراحی شدند. هدف از پرتودرمانی، رساندن دوز ۷۰ گری در ۳۵ جلسه پرتودرمانی به این حجم به صورت یکنواخت و جلوگیری از رسیدن دوز به سایر ساختارها می باشد. در این مطالعه از دو طرح درمان مختلف شامل چهار میدان با زوایای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است، درواقع، دو طرح درمان مختلف برای هر بیمار برحسب میدان های مختلف تابشی مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. مشخصات طرح های درمانی که در این مطالعه مورد مقایسه قرار گرفته در جدول شماره ۱ به نمایش در آمده است. تصویر شماره ۲ نیز شماتیک دو طرح درمانی مذکور را نشان می دهد. در این مطالعه طرح درمانی MOFF چهار فیلد مورب تغییر داده شده (modified oblique four field-MOFF) با طرح درمانی معمولی باکس (Box) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته شده است. همچنین، در این مطالعه انرژی فوتون، ضریب وزنی پرتو، دوز تجویزی و نحوه شیلد گذاری در کلیه طرح های درمانی ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته شد. سپس برای ارزیابی نتایج کمی و کیفی درمان ها با استفاده از منحنی هیستوگرام دز-حجم،

کمیت‌های دز تجمعی، ضریب تطبیق و ضریب همگنی دز مورد بررسی قرار گرفتند.

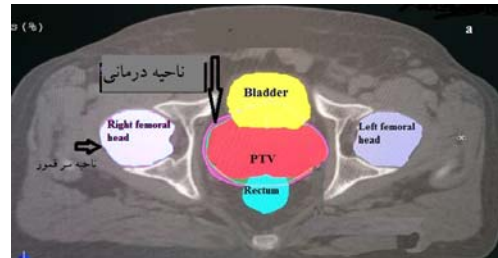
هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد ارزش بیش‌تری خواهد داشت.

$$HI = (D_{2\%} - D_{98\%}) / D_{50\%} \quad (11, 12)$$

که در آن $D_{2\%}$ ، $D_{98\%}$ و $D_{50\%}$ دزی است که به ترتیب ۲ درصد، ۹۸ درصد و ۵۰ درصد از حجم PTV را شامل می‌شوند، هرچه این مقدار به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده میزان همگنی بیش‌تر در حجم موردنظر است. به‌منظور محاسبه دز تجمعی (I.D.)، که حاصل ضرب دوز رسیده به یک عنصر حجم ضربدر حجم آن ضربدر چگالی آن عنصر حجم می‌باشد، رابطه زیر نحوه محاسبه دوز تجمعی را در سیستم‌های محاسبه دوز نشان می‌دهد:

$$I.D. = \sum D_i \times V_i \times \rho_i$$

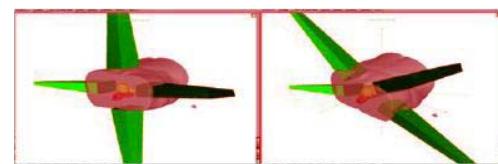
همچنین برای بررسی میزان دز رسیده به ارگان‌های در خطر شامل رکتوم، فمور و مثانه و پیش‌بینی عوارض ایجادشده در آن‌ها کمیت‌های زیر در نظر گرفته شد. برای بررسی ریسک پرتوگیری رکتوم از منحنی DVH استفاده شده است. هیستوگرام‌های حجمی دوز ابزار بسیار مفیدی در بررسی کیفیت طرح درمان می‌باشد. در هیستوگرام‌های حجمی دوز تجمعی مقدار مربوط به هر دوز نشان‌دهنده‌ی حجمی از ناحیه‌ی مورد نظر است که دوزی برابر یا بیش‌تر از آن مقدار را دریافت کرده است. با استفاده از این فاکتور می‌توان میزان پوشش دوزهای مختلف را در یک حجم معین به دست آورد. پوشش دوز ایده‌آل برای حجم هدف، پوشش صد درصدی دوز برای تمام حجم می‌باشد. طبق این منحنی، پارامترهای V_{50} ، V_{65} و V_{70} استخراج گردید که به ترتیب حجمی از ناحیه موردنظر که حداقل دوز ۵۰ گری، حجمی که حداقل دوز ۶۵ گری و حجمی که حداقل دوز ۷۰ گری می‌گیرد، می‌باشند که این مقادیر برای سه ناحیه اطراف در معرض خطر که شامل رکتوم، فمور و مثانه محاسبه شده است. علاوه بر پارامترهای فوق مقدار



تصویر شماره ۱: ناحیه درمانی و ارگان‌های در معرض خطر

جدول شماره ۱: مشخصات دو طرح درمانی مورد استفاده

طرح درمانی			
زاویه پاریک‌ها			
پاریک اول	پاریک دوم	پاریک سوم	پاریک چهارم
صفر	۹۰	۱۸۰	۲۷۰
۵۰	۱۰۰	۲۶۰	۳۱۰



تصویر شماره ۲: شماتیک طرح درمان (MOFF سمت راست) و طرح درمان (Box سمت چپ)

مقایسه طرح‌ها

به منظور ارزیابی ناحیه تحت درمان، مقدار دز میانگین این ناحیه در تمامی بیماران، شاخص انطباق (Confirmitly index یا CI)، شاخص همگنی دز (Hemoginity index یا HI) و مقدار دز تجمعی (Integral Dose) مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهای ذکرشده با استفاده از نمودارهای DVH (Dose-Voloume histogram) استخراج شدند.

$$CI = \frac{V_{95\%}}{PTV} \quad (10)$$

که منظور از $V_{95\%}$ مقدار حجمی است که ۹۵ درصد از دز تجویزی (۱۰ گری) را دریافت می‌کند.

در این مطالعه، از کمیتهای مورد مطالعه در هر یک از بیماران و طرح درمان های ارائه شده، میانگین گیری شد و نتایج در جدول های ۲ تا ۶ آورده شدند.

مقایسه دز رسیده به بافت هدف (ناحیه PTV)

نتایج جداول ۲ و ۳ نشان می دهد که هر دو روش مورد بررسی، توزیع دز حجمی مناسبی را به بافت هدف ارائه نمودند و قادر به دستیابی به اهداف درمانی خواهیم بود. با این حال، مشاهده نتایج در جداول مذکور نشان می دهد که طرح درمانی MOFF می تواند مقدار دز میانگین بیش تری را در شرایط مشابه به بافت تومورال برساند ($P < 0.05$). اما از لحاظ مقادیر دز ماکزیمم، دز مینیمم، شاخص های همگنی و تطابق، از لحاظ آماری تفاوت قابل ملاحظه ای در دو روش مورد بررسی مشاهده نمی شود ($P > 0.05$).

جدول شماره ۲: دز ماکزیمم، دز مینیمم و دز میانگین پروستات برای طرح درمان های ارائه شده (میانگین کل بیماران)

پارامتر	میانگین و انحراف معیار	سطح معنی داری
Dmax (Gy)	درمان Box 74.2 ± 1.13 درمان MOFF 75.3 ± 0.24	۰/۰۶
Dmin (Gy)	درمان Box 59.8 ± 0.15 درمان MOFF 61.9 ± 0.27	۰/۰۳ =
Dmean (Gy)	درمان Box 70.4 ± 0.34 درمان MOFF 71.3 ± 0.69	۰/۰۸

*: مقادیر P-Value کم تر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

جدول شماره ۲: $D_{98\%}$ ، $V_{95\%}$ و TCP پروستات برای طرح درمان های ارائه شده (میانگین کل بیماران)

پارامتر	میانگین و انحراف معیار	سطح معنی داری
$D_{98\%}$ (Gy)	درمان Box 64.14 ± 0.54 درمان MOFF 66.12 ± 0.04	۰/۰۱ *
$V_{95\%}$ (%)	درمان Box 96.01 ± 0.03 درمان MOFF 96.31 ± 0.08	۰/۰۶
TCP (%)	درمان Box 98.2 ± 0.08 درمان MOFF 98.5 ± 0.07	۰/۰۷

*: مقادیر P-Value کم تر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

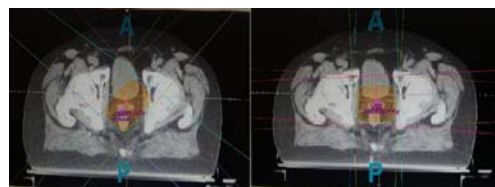
دز بیشینه (Dmax)، دز میانگین (Dmean)، TCP^۱ و NTCP^۲ نیز برای ارگان های مورد بررسی از طریق نمودار DVH استخراج گردید. داده های نمودارهای هیستوگرام حجمی دز برای ساختارهایی مثانه، فمور، رکتوم و تومور بالینی در نرم افزار طراحی درمان محاسبه شده و به صورت خام از نرم افزار استخراج گردید. این داده ها جهت ارزیابی مقایسات دزیمتریک و اثرات زیست پرتویی قابل استفاده می باشد.

آنالیز آماری

پس از ورود اطلاعات، تجزیه و تحلیل داده ها تحت نرم افزار SPSS و با توجه به تعداد نمونه های مورد مطالعه، میانگین و انحراف معیار هر یک از کمیت ها به دست آمد. برای ارزیابی و تجزیه و تحلیل نتایج از آزمون آماری Paired-T Test استفاده گردید. همچنین سطح معنی داری $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته ها

در این مطالعه طرح های درمانی سه بعدی با استفاده از انرژی ۱۵ مگا وولت و دو طرح درمانی Box و طرح درمانی MOFF بر روی تصاویر سی تی اسکن ۵۰ بیمار مرد مبتلا به سرطان پروستات مورد بررسی مقایسه ای قرار گرفت. تصویر شماره ۳ نمونه ای از طرح های درمانی مورد مقایسه، در نرم افزار coreplan نشان می دهد.



تصویر شماره ۳: نمایش طرح های درمانی در نرم افزار coreplan

1. Tumor control probability
2. Normal tissue complication probability

در مورد شاخص $D_{98\%}$ طبق جدول شماره ۳، که نشان‌دهنده دزی است که ۹۸ درصد از حجم PTV را شامل می‌شود، استفاده از طرح درمانی MOFF باعث بهبود این پارامتر خواهد شد. به این معنی که استفاده از روش درمانی MOFF می‌تواند دز بیش‌تری را به ۹۸ درصد از حجم تومور تحویل دهد.

طبق جدول شماره ۴، مقادیر شاخص همگنی و شاخص انطباق در درمان Box نسبت به درمان MOFF برتری داشته است.

مقایسه دز رسیده به سر فمور

نتایج جدول شماره ۵ نشان می‌دهد استفاده از روش درمانی MOFF، می‌تواند محافظت بهتری از استخوان‌های سران بیماران داشته باشد. طبق جدول میانگین دز رسیده به فمور (چپ و راست) در بیمارانی که از طرح درمانی MOFF استفاده شده کاهش داشته و همچنین پارامتر V_{50Gy} که بر حسب درصد بیان شده است، در طرح درمانی MOFF کاهش یافته است. یعنی استفاده از تکنیک MOFF می‌تواند درصد حجمی از استخوان فمور را که دز ۵۰ گری دریافت می‌کند را کاهش دهد.

جدول شماره ۴: شاخص انطباق، شاخص همگنی و دز تجمعی پروستات برای طرح درمان‌های ارائه شده (میانگین کل بیماران)

پارامتر	میانگین و انحراف معیار	درمان Box	درمان MOFF	سطح معنی داری
شاخص انطباق	0.89 ± 0.02	درمان Box	درمان MOFF	0.01^*
شاخص همگنی	0.91 ± 0.11	درمان Box	درمان MOFF	0.03^*
دز تجمعی (Kg.Gy)	49.8 ± 1.4	درمان Box	درمان MOFF	0.01

*: مقادیر P-Value کم‌تر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

جدول شماره ۵: دز میانگین، V_{70Gy} و NTCP استخوان فمور راست و چپ (میانگین کل بیماران)

پارامتر	درمان Box	درمان MOFF	سطح معنی داری
فمور راست	3.02 ± 0.01	2.52 ± 0.01	0.04^*
	2.68 ± 0.43	1.02 ± 0.39	0.06^*
	1.43 ± 0.01	0.74 ± 0.09	0.036^*
فمور چپ	2.82 ± 0.01	2.4 ± 0.02	0.04^*
	3.01 ± 0.58	1.65 ± 0.17	0.005^*
	1.58 ± 0.02	0.74 ± 0.01	0.004^*

*: مقادیر P-Value کم‌تر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

مقایسه دز رسیده به مثانه

در مورد دز رسیده به مثانه نتایج نشان‌دهنده این است که استفاده از طرح درمانی MOFF می‌تواند دز رسیده به مثانه بیماران را افزایش دهد و هیچ‌گونه برتری در استفاده از طرح درمانی MOFF مشاهده نگردید. طبق نتایج جدول شماره ۶، دز میانگین رسیده به مثانه و همچنین پارامتر V_{70Gy} در طرح درمانی MOFF افزایش داشته است که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار بود.

جدول شماره ۶: دز میانگین، $D_{30\%}$ ، V_{65G} و V_{70Gy} مثانه و رکتوم (میانگین کل بیماران)

از گان در معرض خطر	پارامتر	درمان Box	درمان MOFF	سطح معنی داری
مثانه	$D_{30\%}(Gy)$	1.02 ± 0.18	1.02 ± 0.14	0.005^*
	$V_{65Gy}(\%)$	22.5 ± 0.73	24.2 ± 0.61	0.01
	$V_{70Gy}(\%)$	11.0 ± 0.42	13.2 ± 0.74	0.001^*
	NTCP (%)	2.05 ± 0.77	2.33 ± 0.31	0.06
رکتوم	$D_{30\%}(Gy)$	4.02 ± 0.25	4.02 ± 0.14	0.02
	$D_{30\%}(Gy)$	5.81 ± 0.04	4.91 ± 0.04	0.05
	$V_{65Gy}(\%)$	29.5 ± 1.23	18.2 ± 0.47	0.02
	$V_{70Gy}(\%)$	8.01 ± 0.01	7.2 ± 0.07	0.06
	NTCP (%)	2.45 ± 0.07	2.33 ± 0.81	0.07

*: مقادیر P-Value کم‌تر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

مقایسه دز رسیده به رکتوم

نتایج جدول شماره ۶ نشان می‌دهد، میانگین دز رسیده به رکتوم، حجمی از رکتوم که دز ۶۵ گری و ۷۰ گری دریافت کرده و نیز مقدار دزی که به ۳۰ درصد از حجم رکتوم رسیده در دو روش مورد استفاده از لحاظ آماری تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشته است.

بحث

امروزه با توسعه روش‌های پرتودرمانی سه بعدی همچون روش پرتودرمانی سه بعدی تطبیقی (3D Conformal) و روش پرتودرمانی با شدت تعدیل یافته (IMRT) دز دریافتی بافت‌های در معرض خطر به کمترین میزان خود رسیده و پارامترهای طراحی درمان و توزیع دوز بافت هدف (PTV) ارتقا چشمگیری یافته است. در کنار تکنیک‌های درمانی فوق، استفاده از

برخی شرایط تابش دهی همچون استفاده از انرژی های مختلف و میدان های تابشی نیز بر پارامترهای طراحی درمان تأثیر قابل توجهی دارند. این مطالعه به منظور بررسی تأثیر چینش میدان ها بر فاکتورهای ارزیابی توزیع دز در بافت هدف و دز رسیده به بافت های در معرض خطر انجام گردید.

اثرات دزیمتریک و زیستی روش های پرتودرمانی پروستات در مطالعات پیشین مورد بررسی قرار گرفته اند. اگرچه امروزه در مرکز پرتودرمانی امام خمینی ساری امکان درمان یا میدان های بالاتر مانند روش IMRT میسر نمی باشد، اکثر مطالعات بر برتر بودن روش IMRT بر روش های قدیمی تر مانند روش های کانفرمال (تطبیقی) اذعان دارند. برای نمونه، در مطالعه ای که توسط لوکستون و همکاران انجام شد (۱۳)، مقدار احتمال کنترل تومور (TCP) برای روش IMRT بیش تر از روش کانفورمال گزارش شده است. اگرچه در مطالعه مذکور، مقدار شاخص NTCP در دو روش تفاوت بارزی نداشته است. با این حال با توجه به شرایط موجود و بیماران بسیاری که به منظور پرتودرمانی به مراکز کشور مراجعه می کنند، استفاده از تکنیک های MOFF کانفورمال مانند روش مورد استفاده در این پژوهش، می تواند تا حدی مقدار آسیب رسیده به بافت های نرمال

اطراف هدف برای مثال دز رسیده به استخوان فمور را کاهش دهد. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که استفاده از انرژی های ۱۵ مگاولت فوتونی که در هر دو روش مورد بحث در این مطالعه بکار گرفته شد، می تواند در پرتودرمانی خارجی پروستات باعث بهبود شاخص های توزیع دز پروستات و کاهش دز تجمعی بافت های در معرض خطر همچون مثانه، رکتوم و سر استخوان های ران شود که بیانگر بهبود پارامترهای طراحی درمان در پرتودرمانی ناحیه لگن با انرژی های بالای فوتونی است که با نتایج حاصل از مطالعات چانگ و همکاران و مطالعه ای که توسط جباری انجام شد، مطابقت دارد (۱۴، ۱۵). همچنین مطالعه حاضر نشان داد که تعداد میدان های تابشی و ترتیب یا چینش آنها نیز بر پارامترهای توزیع دز در بافت هدف و دز دریافتی بافت های در معرض خطر تأثیر معنی داری دارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران، پرسنل محترم بخش پرتودرمانی بیمارستان امام (ره) ساری و تمام کسانی که در انجام این مطالعه ما را یاری نمودند نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

References

1. Mohler J, Bahnson RR, Boston B, Busby JE, D'Amico A, Eastham JA, et al. NCCN clinical practice guidelines in oncology: prostate cancer. J Natl Compr Canc Netw 2010; 8(2): 162-200.
2. Lukka H, Ward P, Pickles T, Morton G, Brundage M, Souhami L. Controversies in prostate cancer radiotherapy: consensus development. Can J Urol 2001; 8(4): 1314-1322.
3. De Meerleer GO, Vakaet LA, De Gersem WR, De Wagter C, De Naeyer B, De Neve Wilfried. Radiotherapy of prostate cancer with or without intensity modulated beams: a planning comparison. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics 2000; 47(3): 639-648.
4. Biegała M, Hydzik A. Analysis of dose distribution in organs at risk in patients with prostate cancer treated with the intensity-modulated radiation therapy and arc technique. Journal of Medical Physics 2016; 41(3): 198.
5. Mell LK, Kochanski JD, Roeske JC, Haslam JJ, Mehta N, Yamada SD, et al. Dosimetric

- predictors of acute hematologic toxicity in cervical cancer patients treated with concurrent cisplatin and intensity-modulated pelvic radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006; 66(5): 1356-1365.
6. Weiss E, Siebers JV, Keall PJJR. An analysis of 6-MV versus 18-MV photon energy plans for intensity-modulated radiation therapy (IMRT) of lung cancer. *Radiotherapy and Oncology* 2007; 82(1): 55-62.
 7. Pourfallah T, Shahidi M, Seifi Makrani D, Mihandoust E, Davodian S. Dosimetric Evaluation of Target Volume in Breast Boost Radiotherapy: Comparison of Electron and Photon Beam. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2019; 29(175): 65-75 (Persian).
 8. Seifi Makrani D, Hasanzadeh H, Allahverdi Pourfallah T, Ghasemi A, Jadidi M. Non-surgical Treatments of Esophageal Cancer. *Archives of Advances in Biosciences* 2015; 6(1). (Persian).
 9. Aoyama H, Westerly DC, Mackie TR, Olivera GH, Bentzen SM, Patel RR, et al. Integral radiation dose to normal structures with conformal external beam radiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006; 64(3): 962-967.
 10. 3. Special considerations regarding absorbed-dose and dose—volume prescribing and reporting in IMRT. *J ICRU* 2010; 10(1): 27-40.
 11. Chen W, Yang X, Jiang N, Zhang Z, Hong J, He Y, et al. Intensity-modulated radiotherapy, volume-modulated arc therapy and helical tomotherapy for locally advanced nasopharyngeal carcinoma: a dosimetric comparison. *Transl Cancer Res* 2017; 6(5): 929-939.
 12. Arthurs M, Gillham C, O'Shea E, McCrickard E, Leech MJPro. Dosimetric comparison of 3-dimensional conformal radiation therapy and intensity modulated radiation therapy and impact of setup errors in lower limb sarcoma radiation therapy. *Practical Radiation Oncology* 2016; 6(2): 119-125.
 13. Luxton G, Hancock SL, Boyer AL. Dosimetry and radiobiologic model comparison of IMRT and 3D conformal radiotherapy in treatment of carcinoma of the prostate. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 59(1): 267-284.
 14. Chung J-B, Kim J-S, Kim I-A, Lee J-W, Cho W, Suh T-SJKPS. The effect of photon energy on the intensity-modulated radiation therapy plan for prostate cancer: a planning study. *J Korean Phys Soc* 2011; 59(1): 183-188.
 15. Molazadeh M, Saberi H, Rahmatnejad L, Molani A, Jabbari N. Evaluation the effect of photon beam energies on organ at risk doses in three-dimensional conformal radiation therapy. *Res J Appl Eng Technol* 2013; 6(12): 2110-2117 (Persian).