

ارزیابی حاشیه‌های حجم هدف طراحی درمان در توموتراپی سرطان پروستات و جابجایی ارگان‌ها در بین جلسات درمانی و عوامل مؤثر بر جابجایی حجم هدف و ارگان‌های در معرض خطر

وحید شعبانی‌نژاد^۱، احمد شائنی^۲، مهناز رعایایی^۳، علی اخوان^۳، محسن صائب^۴، سمیرا هادی‌نژاد^۵

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: حرکت حجم هدف طراحی درمان تصویر مگاولتاژ توموگرافی کامپیوتری PTV در توموتراپی سرطان پروستات یک چالش مهم در طراحی درمان است. این مطالعه با هدف ارزیابی حاشیه‌ی حجم هدف طراحی درمان برای توموتراپی سرطان پروستات انجام شد.

روش‌ها: از سال ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۲، تعداد ۲۰ بیمار مبتلا به سرطان پروستات تحت توموتراپی قرار گرفتند. قبل از هر جلسه درمانی، تصویر مگاولتاژ توموگرافی کامپیوتری (MVCT) از بیمار گرفته شد و تنظیمات بیمار با استفاده از مارکرهای استخوان لگن و خالکوبی‌های روی پوست انجام گرفت. قبل از درمان حجم پروستات توسط سونوگرافی اندازه‌گیری شد. حجم ممانه در تصاویر MVCT اندازه‌گیری و با تصاویر CTsim مقایسه شد. جابجاییهای PTV اندازه‌گیری و حاشیه‌ی مورد نیاز برای ۹۵ درصد PTV با استفاده از میانگین جابجایی پروستات تعیین شد. ضرایب همبستگی بین حجم ممانه، حجم پروستات و جابجایی PTV محاسبه گردید.

یافته‌ها: در مجموع ۴۹۷ تصویر MVCT و ۲۰ تصویر CT آنالیز شد. حاشیه‌های ناهمسانگرد PTV به ترتیب برای PTV1 (۱۴-۹/۶ میلی‌متر)، برای PTV2 (۱۱/۴-۶/۲ میلی‌متر) و برای PTV3 (۵/۹-۳/۵ میلی‌متر) در جهت قدامی-خلفی بودند. بین تغییرات حجم ممانه و جابجایی پروستات ارتباط معنی‌داری وجود دارد. اما بین حجم پروستات و جابجایی پروستات ارتباطی یافت نشد.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که برای جبران عدم قطعیت‌های تصادفی ناشی از حرکت پروستات در بین جلسات توموتراپی، یک حاشیه‌ی PTV غیریکنواخت مورد نیاز است. بر شدن ممانه و رژیم غذایی نقش مهمی در جابجایی پروستات ایفا می‌کنند.

واژگان کلیدی: سرطان پروستات؛ پرتودرمانی با شدت مدوله شده؛ حجم هدف در طراحی درمان؛ ارگان‌های در معرض خطر

ارجاع: شعبانی‌نژاد وحید، شائنی احمد، رعایایی مهناز، اخوان علی، صائب محسن، هادی‌نژاد سمیرا. ارزیابی حاشیه‌های حجم هدف طراحی درمان در توموتراپی سرطان پروستات و جابجایی ارگان‌ها در بین جلسات درمانی و عوامل مؤثر بر جابجایی حجم هدف و ارگان‌های در معرض خطر. مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۴۰۳؛ ۴۲ (۷۵۳): ۱-۶

ممانه عموماً بیشترین سهم را در جابجایی پروستات دارند و در نتیجه جابجایی پروستات در جهت‌های فوقانی-تحتانی و قدامی-خلفی بیشتر است (۲). با توجه به نزدیکی پروستات و سمینال و زیکل به رکتوم و ممانه، در صورت درمان با حاشیه نامناسب حجم درمان احتمال عود مجدد یا ایجاد تأثیر در ارگان‌های حساس مانند ممانه و رکتوم وجود خواهد داشت (۳). در مطالعه‌ای که Mak و همکاران

مقدمه

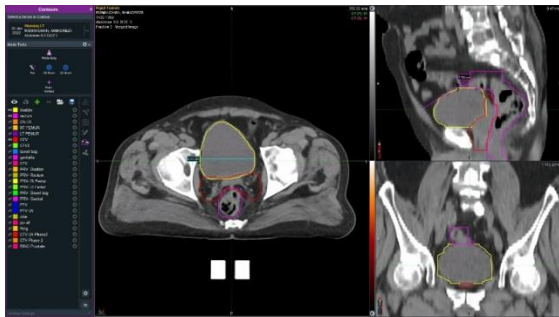
در میان روش‌های پرتودرمانی، توموتراپی (Tomotherapy) HT به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین تکنیک‌ها می‌باشد که از اشعه‌ی ایکس مگاالکترون ولتی برای فرایندهای تصویربرداری و درمانی استفاده می‌کند (۱). حرکت پروستات در حین پرتودرمانی و بین جلسات درمانی یکی از چالش‌های مهم پرتودرمانی پروستات است. رکتوم و

- ۱- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۲- استاد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۳- دانشیار، گروه رادیوآنکولوژی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۴- دکترای تخصصی، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۵- کارشناسی ارشد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
- نویسنده‌ی مسؤول: احمد شائنی؛ استاد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

Email: shanei@med.mui.ac.ir

گرفتند و وسایل ثابت سازی بیمار بین زانوهای آن‌ها قرار گرفت. تصویربرداری CTSim طبق پروتکل استاندارد لگن از بیماران با مثانه پر و رکتوم خالی انجام شد. پس از سی‌تی‌اسکن، خالکوبی برای تنظیمات بعدی روی پوست بیمار انجام شد و تصاویر سی‌تی به دست آمده به سیستم طراحی درمان برای کاتورتینگ تومور و سایر ارگان‌ها منتقل شد.

کاتورتینگ و طراحی درمان: پزشک آنکولوژیست با استفاده از سیستم طراحی درمان (CA, USA). کاتورتینگ پروستات، سمینال و رکتوم، مثانه، سر استخوان ران، و سایر اندام‌های در معرض خطر را بر اساس داده‌های CTSim انجام داد. PTV شامل سمینال و رکتوم و پروستات است. پس از تعیین GTV و CTV توسط آنکولوژیست برای تعیین PTV حاشیه‌ی ۴/۵ میلی‌متری برای پوشش حرکت پروستات در اطراف CTV در نظر گرفته شد. نمونه‌ای از کاتورتینگ در شکل ۱ نشان داده شده است. در طراحی درمان، سعی گردید، توزیع دز یکنواخت و مطابق با ICRU انجام شود.



شکل ۱. نمونه‌ای از کاتورتینگ تصاویر CTSim

انجام درمان: بیمار به حالت طاق باز بر روی تخت توموتراپی Radiaxact ساخت شرکت Accuracy آمریکا دراز کشیده و تنظیمات بیمار با استفاده از لیزر در اتاق طبق طراحی درمان و خالکوبی روی پوست بیمار انجام شد. علاوه بر تنظیمات با توجه به لیزر و خالکوبی بدن که به آن تنظیمات آفلاین می‌گویند، در ابتدای هر جلسه یک تصویر MVCT از بیمار گرفته می‌شود تا تنظیمات بر اساس آناتومی استخوان انجام شود که به آن تنظیمات آنلاین می‌گویند.

تجزیه و تحلیل نتایج: تعداد ۲۰ تصویر سی‌تی اسکن طراحی درمان و MVCT ۴۹۷ که در ابتدای تمام جلسات درمانی از بیمار گرفته شده بود، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آن‌جایی که جابجایی در جهت قدامی - خلفی نسبت به دیگر جهات بیشترین مقدار را دارد لذا از نظر بالینی اهمیت بیشتری دارد. بنابراین در این مطالعه جابجایی در جهت قدامی - خلفی را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دادیم (۷).

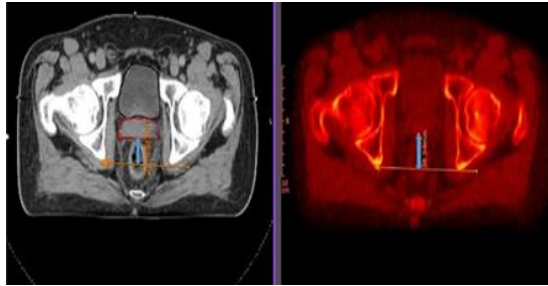
انجام دادند، حرکت غده‌های سمینال و رکتوم را چپ ۲۴ بیمار را به طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. حاشیه‌ی محاسبه شده برای پوشش ۹۰ درصد حرکت‌ها برای سمینال و رکتوم چپ ۱۵/۶ میلی‌متر و برای سمینال و رکتوم راست ۱۶/۵ میلی‌متر بود (۴). این مطالعه با هدف بررسی حاشیه (Planning target volume) PTV (سمینال و رکتوم) و جابجایی ناشی از رژیم غذایی و ارتباط آن‌ها با حجم پروستات در هلیکال توموتراپی سرطان پروستات که رادیکال پروستاتکتومی نشده‌اند، انجام شد.

نکته‌ی قابل توجه این است که پروستات در طول پرتودرمانی مستعد جابجایی است و عوامل مختلفی مانند تنظیم بیمار، طولانی شدن زمان درمان، و تغییر در اندازه و وزن بیمار در طول درمان می‌توانند در جابجایی پروستات نقش داشته باشند و باعث عدم قطعیت در موقعیت هدف شوند (۵). در درمان سرطان پروستات، تعیین دقیق حجم هدف شامل غده پروستات و سمینال و رکتوم ضروری است. سیستم‌های تصویربرداری پیشرفته مانند توموگرافی کامپیوتری مگاولتاژ، نقش مهمی در تعیین دقیق حجم هدف دارند.

روش‌ها

از سال ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۲، تعداد ۲۰ بیمار مبتلا به سرطان پروستات با میانگین سنی ۶۷ سال و میانگین وزنی ۸۰ کیلو با انحراف معیار ۸/۸۷ و میانگین حجم پروستات ۵۱/۶ سی‌سی که تحت توموتراپی در بیمارستان سیدالشهدا (ع) اصفهان بودند، وارد این مطالعه شدند. معیارهای ورود شامل بیمارانی بود که تحت عمل جراحی رادیکال پروستاتکتومی قرار نگرفته و طیف سنی متفاوتی با مراحل سرطان پروستات مختلف را در برمی‌گرفت. بیماران حجم‌های متفاوتی از پروستات داشتند و پرتودرمانی آن‌ها توسط روش IMRT برای سرطان پروستات انجام شد (۶). در بیماران بسته به پیشرفت سرطان، دز تجویز شده از ۵۰ تا ۷۵ غری متغیر بود که در ۲۵ تا ۴۴ جلسه تحویل داده شد (۱۳). حجم پروستات بیماران قبل از شروع درمان توسط مدالیته سونوگرافی مشخص و ثبت گردید. قبل از شبیه‌سازی برای طراحی درمان، دستورالعمل‌های غذایی به بیماران ارائه و به آن‌ها آموزش داده شد که توصیه‌های ذکر شده در بروشور را به‌طور کامل مطالعه کرده و به آن‌ها پایبند باشند و به‌طور کامل اجرا کنند. دستورالعمل‌ها شامل مواردی بود که به بیماران توصیه می‌کرد که قبل از پرتودرمانی از خوردن غذاهای نفاخ اجتناب شود سعی شود با مثانه تقریباً پر و رکتوم خالی برای پرتودرمانی در مرکز حاضر شوند (۶).

شبیه‌سازی سی‌تی CTSim همه‌ی بیماران تحت شبیه‌سازی سی‌تی با استفاده از دستگاه SIEMENS Healthineers syngo CT VB20 قرار گرفتند. بیماران در وضعیت طاق باز بر روی تخت سی‌تی قرار



شکل ۳. اندازه‌گیری جابجایی PTV نسبت به آناتومی استخوان در برش‌های مشابه (CTsim چپ، MVCT راست)

میانگین جابجایی و انحراف معیار توسط نرم‌افزار ۲۰۱۶ Excel محاسبه شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk بررسی گردید. همگی داده‌ها دارای توزیع گاوسی یا نرمال بودند. در توزیع گاوسی، میانگین نشان‌دهنده‌ی عدم قطعیت سیستمی و انحراف معیار، نشان‌دهنده‌ی عدم قطعیت تصادفی بود. عدم قطعیت تصادفی شامل حرکت در حین درمان و در بین جلسات درمانی، تنظیم بیمار و عدم قطعیت سیستماتیک شامل تنظیم بیمار، کانتورینگ و حرکت حین درمان و در بین جلسات درمانی است. این مقاله با کد اخلاق IR.MUI.MED.REC.1401.003 در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان به تصویب رسیده است.

یافته‌ها

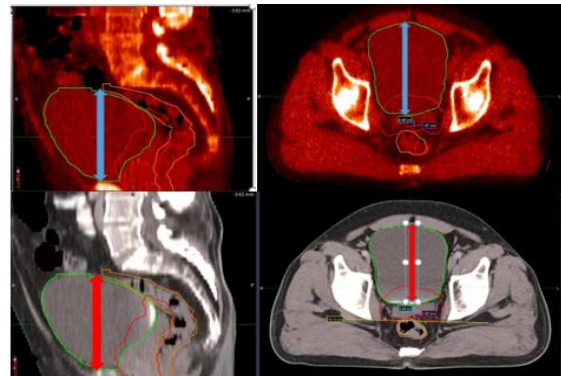
با توجه به تأثیر دو عامل حجم مثانه و گاز رکتوم، عدم قطعیت تصادفی و سیستماتیک زیادی در جهت قدامی خلفی برای حرکت پروستات در بین جلسات درمانی مشاهده شد. حاشیه‌ی غیریکنواخت مناسب برای پوشش کامل ۹۵ درصد دز تحویلی محاسبه شد که در جدول ۱ نشان داده شده است.

بحث

در رادیوتراپی، به ویژه در IMRT، تعیین PTV با حاشیه‌ی مناسب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۸). میانگین جابجایی PTV₁ در جهت قدامی (۳/۵۷ میلی‌متر) و PTV₂ در جهت قدامی (۲/۵۸ میلی‌متر) و PTV₃ در جهت قدامی (۱/۲۰ میلی‌متر) را نشان می‌دهد. تنظیمات بیمار مانند تطبیق استخوانی یا بالون اندورکتال منجر به افزایش قابل توجهی در حاشیه‌های PTV می‌شود (۹). در مقالات، بیشترین تغییرات کانتورینگ در نواحی نزدیک به سمینال وزیکل گزارش شده است (۱۰). طبق نتایج، بیشترین جابجایی PTV ناحیه‌ی سمینال وزیکل بوده زیرا دارای کمترین فاصله تا مثانه می‌باشد. ضرایب همبستگی نشان داد که بین تغییرات حجم مثانه و جابجایی PTV رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد.

پس از هر جلسه درمانی و تحویل دز تجویز شده، اطلاعات و تصاویر MVCT سیستم توموتراپی با استفاده از نرم‌افزار MIM (نرم‌افزار ثبت و ارزیابی تصویر قبل و بعد از درمان) از سیستم استخراج شد. در تصاویر استخراج شده، ابتدا تصاویر MVCT بررسی شد. اگر بیمار در روز پرتو درمانی دارای نفخ بود امتیاز ۱ و اگر فاقد نفخ بود امتیاز صفر داده شد. تصاویر CTSim و MVCT توسط نرم‌افزار MIM ادغام شدند و ۴ برش محوری در جهت سری-دمی از تصاویر انتخاب شد. تصویر اول شامل برش میانی مثانه برای مقایسه‌ی قطر مثانه در CTSim و MVCT برای ارزیابی حجم مثانه در جلسات درمانی در مقایسه با طراحی درمان بود. حجم PTV (سمینال وزیکل و پروستات) به ۳ زیربخش (PTV₁, PTV₂, PTV₃) تقسیم شد. برش ابتدایی PTV یا سمینال وزیکل PTV₁ نامگذاری گردید. برش بعدی شامل برش وسط PTV یا برش مرکز پروستات به نام PTV₂ و آخرین برش شامل انتهای PTV یا انتهای پروستات به نام PTV₃ نامگذاری شد.

همانند شکل ۲، قطر مثانه را در تصاویر CTSim و MVCT در جهت قدامی-خلفی و در جهت فوقانی-تحتانی اندازه‌گیری و حجم تقریبی مثانه را محاسبه شد.



شکل ۴. اندازه‌گیری قطر مثانه در جهت‌های AP و SI (ردیف بالا MVCT، ردیف پایین CTSim)

حجم مثانه در تصاویر MVCT که حجم در روز درمان بود را از حجم محاسبه شده در تصاویر CTSim تفریق کردیم. چنانچه مثانه پرتو بود حاصل تفریق را با علامت مثبت ثبت کردیم و برعکس. برای به دست آوردن نتایج دقیق، موقعیت PTV₁ و PTV₂ و PTV₃ را در تصاویر MVCT نسبت به آناتومی استخوان لگن اندازه‌گیری کردیم و از مقدار عددی اندازه‌گیری شده در تصاویر CTSim تفریق نمودیم. اگر مقدار عددی حاصل از تفریق، مقدار مثبت باشد، نشان‌دهنده‌ی جابجایی PTV در جهت قدامی و اگر منفی بود، نشان‌دهنده‌ی جابجایی PTV در جهت خلفی است (شکل ۲، ۳).

جدول ۱. حاشیه‌ی مورد نیاز برای پوشش هندسی کامل PTV جهت تحویل ۹۵ درصد دز تجویزی

حاشیه‌ی مورد نیاز برای پوشش ۹۵ درصد نمونه‌های مطالعه (میلی‌متر)	میانگین جابجایی (میلی‌متر) σ	2SD (mm)	جهت جابجایی
۱۴/۰۷	قدامی (۳/۵۷)	۱۰/۵	PTV ₁ قدامی
۶/۹۳			PTV ₁ خلفی
۱۱/۴۲	قدامی (۲/۸۵)	۸/۸۴	PTV ₂ قدامی
۶/۲۶			PTV ₂ خلفی
۵/۹	قدامی (۱/۲)	۴/۷	PTV ₃ قدامی
۳/۵			PTV ₃ خلفی

Poli ME و همکاران، حاشیه‌ی محاسبه شده در جهت خلفی و قدامی با این مطالعه کاملاً متفاوت بود، زیرا در مطالعه آن‌ها، موقعیت یابی پروستات و تنظیمات با استفاده از سونوگرافی انجام گرفت و تأثیر فشار پروب اولتراسوند در حرکت پروستات در جهت خلفی بیشتر بود، بنابراین میزان حاشیه‌ی محاسبه شده در جهت خلفی بیشتر است و نتایج به دست آمده کاملاً با این مطالعه متفاوت می‌باشد (۱۲).

حاشیه‌ی محاسبه شده در این مطالعه برای پوشش ۹۰ درصد جابجایی PTV مناسب بوده اما در حال حاضر پیشنهاد نمی‌شود. چون با این حاشیه مقداری تداخل در حاشیه‌ی ارگان‌های حساس مانند مثانه و رکتوم خواهیم داشت که ایجاد سمیت در این ارگان‌ها محتمل می‌باشد. محدودیت این مطالعه، اندازه‌گیری جابجایی پروستات در جهت‌های جانبی و تحتانی - فوقانی می‌باشد. زیرا در این مطالعه از فیدوشیال مارکرها در پروستات استفاده نشده است و تنظیمات بر اساس خالکوبی‌ها و آناتومی استخوانی انجام گرفته است. بنابراین اندازه‌گیری جابجایی در جهت‌های جانبی و تحتانی و فوقانی امکان‌پذیر نبود. پیشنهاد می‌گردد برای بهبود این مطالعه، ثبت میزان آب و نوع غذای مصرفی در دو یا سه روز قبل از شبیه‌سازی سی‌تی و استفاده از همان مقدار آب و غذاهای مشابه از لحاظ حجمی در روز قبل از پرتودرمانی و پرهیز از خوردن غذاها و نوشیدنی‌های نفاخ انجام گیرد و سپس بررسی مجدد در یک مطالعه‌ی جدید صورت پذیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود برای هر مرکز رادیوتراپی با توجه به فرهنگ و تفاوت در رفتار جمعیت هر جغرافیا باید حاشیه‌ی PTV مختص همان مرکز و جغرافیا ارزیابی و تعیین گردد. پیشنهاد دیگر بررسی سمیت ارگان‌های حساس در معرض اشعه مانند مثانه و رکتوم و ارزیابی دز رسیده به این ارگان‌ها و بهینه‌سازی حاشیه‌ی پیشنهاد شده با توجه به ارزیابی سمیت می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این بررسی مشاهده شد که در حدود ۸۶ درصد از جلسات درمانی جابجایی PTV و OAR وجود داشته که ناشی از تغییر حجم مثانه و گاز روده بوده است. این آمار اهمیت رعایت دستورالعمل‌های غذایی

اما این ضرایب همبستگی نشان داد که بین حجم پروستات که در ابتدای مطالعه توسط سونوگرافی اندازه‌گیری شد و جابجایی پروستات رابطه‌ی معنی‌داری وجود ندارد. بیشترین دامنه‌ی جابجایی در ناحیه‌ی PTV₁ و کمترین محدوده‌ی جابجایی در ناحیه‌ی PTV₃ بوده است. دز تحویلی در ۱۴ درصد از جلسات درمانی از ۴۹۷ جلسه تقریباً مطابق با طراحی درمان بود و حجم مثانه و رکتوم مشابه طراحی درمان بود. در ۱۳ درصد از جلسات درمانی، بیماران فقط نفخ داشته و در ۳۸ درصد از جلسات درمانی فقط تغییرات حجم مثانه را شاهد بودیم و در ۳۵ درصد جلسات درمانی، بیماران هم دارای تغییرات حجم مثانه بودند و هم شاهد رکتال گاز و یا نفخ. حاشیه‌ی محاسبه شده برای PTV₁ در جهت قدامی بیشترین مقدار و برای PTV₃ در جهت خلفی کمترین مقدار را داشت.

در مطالعه‌ی انجام شده توسط Oehler و همکاران، با توجه به اینکه علاوه بر تنظیمات بر اساس آناتومی استخوانی و خالکوبی، فیدوشیال مارکرها نیز در تنظیمات بیمار دخیل بوده لذا تعیین حاشیه‌ی PTV در IGRT هیپوفکشن شده سرطان پروستات با استفاده از رادیوتراپی با پرتو مخروطی دارای مقدار ۷/۲ میلی‌متر در جهت قدامی، ۵/۵ میلی‌متر در جهت خلفی، ۷/۱ میلی‌متر در جهت طولی و ۵/۵ میلی‌متر در جهت جانبی بود (۱۱). حاشیه‌ی PTV محاسبه شده در این مطالعه در جهت قدامی و خلفی نسبت به مطالعه‌ی Oehler و همکاران بزرگتر بود، زیرا در این مطالعه تنظیمات بر اساس آناتومی استخوانی و خالکوبی‌های روی پوست بیمار انجام شده است. در صورتی که تنظیمات بر اساس فیدوشیال مارکرهای کاشته شده در پروستات انجام شود، می‌توان تنظیمات دقیق‌تری انجام داد، اما عوارض کاشت هسته‌های فیدوشیال مارکر در پروستات، عفونت‌های بعدی بوده و در واقع این روش به نوعی روش تهاجمی می‌باشد.

در مطالعه‌ی Poli و همکاران، حاشیه‌ی PTV مورد نیاز برای پوشش جابجایی‌های پروستات، ۷/۷ میلی‌متر در سمت راست، ۶/۷ میلی‌متر در سمت چپ، ۲/۷ میلی‌متر در جهت قدامی، ۱۴/۹ میلی‌متر در خلفی، ۱۱/۱ میلی‌متر در بالا، ۶/۹ میلی‌متر در جهت پایین (۱۲). در مطالعه‌ی

قبل از رادیوتراپی را نشان می‌دهد.

پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله از بخش پرتودرمانی بیمارستان سیدالشهدا (ع) اصفهان که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، سپاسگزاری می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل پایان‌نامه‌ی دکتری با کد ۳۴۰۰۹۰۵ مصوب شورای

References

1. Karampour- Najafabadi M, Jafari A, Najafizade N, Saeb M, Shanei A. Radiobiological evaluation and comparison of treatment plans in two methods of 3D adaptive radiation therapy and tomotherapy for left pendular breast cancer and the risk of pericarditis and pneumonia [in Persian]. *J Isfahan Med School* 2023; 41(726): 543-9.
2. Ghilezan MJ, Jaffray DA, Siewerdsen JH, van Herk M, Shetty A, Sharpe MB, et al. Prostate gland motion was assessed with cine-magnetic resonance imaging (cine-MRI). *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 62(2): 406-17.
3. Gluck I, Vineberg KA, Ten Haken RK, Sandler HM. Evaluating the relationships between rectal normal tissue complication probability and the portion of seminal vesicles included in the clinical target volume in intensity-modulated radiotherapy for prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009;73(2): 334-40.
4. Mak D, Gill S, Paul R, Stillie A, Haworth A, Kron T, et al. Seminal vesicle interfraction displacement and margins in image-guided radiotherapy for prostate cancer. *Radiat Oncol* 2012; 7: 139.
5. Afkhami Ardekani M, Ghaffari H, Navaser M, Zoljalali Moghaddam SH, Refahi S. Effectiveness of rectal displacement devices in managing prostate motion: a systematic review. *Strahlenther Onkol* 2021; 197(2): 97-115.
6. Dearnaley D, Syndikus I, Sumo G, Bidmead M, Bloomfield D, Clark C, et al. Conventional versus hypofractionated high-dose intensity-modulated radiotherapy for prostate cancer: preliminary safety results from the CHHiP randomized controlled trial. *Lancet Oncol* 2012; 13(1): 43-54.
7. Polat B, Guenther I, Wilbert J, Goebel J, Sweeney RA, Flentje M, Guckenberger M. Intra-fractional uncertainties in image-guided intensity-modulated radiotherapy (IMRT) of prostate cancer. *Strahlenther Onkol* 2008; 184(12): 668-73.
8. Tsai J-S, Micaily B, Miyamoto C. Optimization and quality assurance of an image-guided radiation therapy system for intensity-modulated radiation therapy radiotherapy. *Med Dosim* 2012; 37(3): 321-33.
9. Nairz O, Merz F, Deutschmann H, Kopp P, Schöller H, Zehentmayr F, et al. A strategy for the use of image-guided radiotherapy (IGRT) on linear accelerators and its impact on treatment margins for prostate cancer patients. *Strahlenther Onkol* 2008; 184(12): 663-7.
10. Remeijer P, Rasch C, Lebesque JV, van Herk M. A general methodology for three-dimensional analysis of variation in target volume delineation. *Med Phys* 1999; 26(6): 931-40.
11. Oehler C, Lang S, Dimmerling P, Bolesch C, Kloock S, Tini A, et al. PTV margin definition in hypofractionated IGRT of localized prostate cancer using cone beam CT and orthogonal image pairs with fiducial markers. *Radiat Oncol* 2014; 9: 229.
12. Poli ME, Parker W, Patrocínio H, Souhami L, Shenouda G, Campos LL, et al. An assessment of PTV margin definitions for patients undergoing conformal 3D external beam radiation therapy for prostate cancer based on an analysis of 10,327 pretreatment daily ultrasound localizations. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 67(5): 1430-7.

Assessing PTV Margins in Prostate Cancer Tomotherapy and Inter-Fractional Motion and Factors Impacting PTV and OAR Displacement

Vahid Shabaninejad¹, Ahmad Shanei², Mahnaz Roayaei³, Ali Akhavan³,
Mohsen Saeb⁴, Samira Hadinezhad⁴

Original Article

Abstract

Background: Treatment planning target volume (PTV) motion in prostate cancer tomotherapy is an important challenge in treatment planning. This study aimed to evaluate PTV margins for prostate cancer tomotherapy.

Methods: From 2021 to 2023, 20 patients with prostate cancer underwent tomotherapy. Before each treatment session, the MVCT image was taken from the patient, and the patient's settings were made using pelvic bone markers and tattoos. Before treatment, prostate volume was measured by ultrasound. Bladder volume was measured in MVCT images and compared with CTSim images. PTV displacements were measured and the required margin for 95% PTV dose was determined using the average prostate displacement. Correlation coefficients between bladder volume, prostate volume, and PTV displacement were calculated.

Findings: This study analyzed a total of 497 MVCT and 20 CT images. Anisotropic PTV margins, accounting for random uncertainties, were 14-6.9 mm for PTV1, 11.4-6.2 mm for PTV2, and 5.9-3.5 mm for PTV3 in the anterior-posterior direction, respectively.

Conclusion: This research reveals that a non-uniform PTV margin is needed to compensate for the random uncertainties caused by the movement of the prostate between tomotherapy sessions. Filling of the bladder and diet play a vital role in the displacement of the prostate.

Keywords: Prostate cancer, Intensity-modulated radiation therapy, Planning target volume, Organ at risk

Citation: Shabaninejad V, Shanei A, Roayaei M, Akhavan A, Saeb M, Hadinezhad S. **Assessing PTV Margins in Prostate Cancer Tomotherapy and Inter-Fractional Motion and Factors Impacting PTV and OAR Displacement.** J Isfahan Med Sch 2024; 42(753): 1-6.

1- PhD Student, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- Associate Professor, Department of Radiotherapy and Oncology, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

4- PhD, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

5- MSc, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Ahmad Shanei, Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: shanei@med.mui.ac.ir