

مقایسه دو سیستم طراحی درمان TiGRT و CorePLAN در رادیوتراپی تطبیقی سه بعدی با استفاده از شاخص شایستگی fEUD جهت بهینه‌سازی درمان

سوسن چراغی^۱، سبا آژنگ^۲، زینب هرمزی مقدم^۱، لایلا علیپور فیروزآبادی^۲

^۱ گروه علوم پرتویی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران، ^۲ گروه رادیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران، گروه فیزیک پزشکی، دانشگاه جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

تاریخ وصول: ۱۴۰۲/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۷

چکیده

زمینه و هدف: انتخاب درست یک سیستم طراحی درمان، نقش بسزایی در درمان مؤثر دارد. محدود بودن توزیع دز به اندام‌های هدف تابش، از اصلی‌ترین اهداف پرتو درمانی می‌باشد. لذا هدف از این مطالعه تعیین و مقایسه دو سیستم طراحی درمان TiGRT و CorePLAN در رادیوتراپی تطبیقی سه بعدی با استفاده از شاخص شایستگی fEUD جهت بهینه‌سازی درمان بود.

روش بررسی: این یک مطالعه گذشته‌نگر که در سال ۱۴۰۲ انجام شد، به منظور مقایسه شایستگی درمان در دو سیستم طراحی درمان Core PLAN و TiGRT، تعداد ۲۰ طرح درمانی برای درمان تومورهای ناحیه سر و گردن و پروستات طراحی شد. مقادیر مربوط به OAR و EUD ارگان‌های هدف مورد مطالعه، محاسبه و با هم مقایسه شدند. هیستوگرام دوز حجم هم‌چنین نتایج هر طرح درمانی با استفاده از شاخص fEUD با هم مقایسه و بررسی شدند، داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از آزمون‌های آماری تی دانشجویی تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: طرح‌های تولیدی تومورهای ناحیه سر و گردن و پروستات برای دو سیستم طراحی درمان، عملکرد مشابه و قابل مقایسه‌ای داشتند ($p=0/46$)، اما در سیستم Core PLAN به دلیل بالاتر بودن شاخص fEUD نسبت به TiGRT بافت‌های سالم کمتر در خطر تشعشع واقع شدند. استفاده از شاخص fEUD همانند مدل‌ها و پارامترهای مبتنی بر بیولوژی در حین استفاده از سیستم‌های طراحی درمان، بهینه‌سازی درمان در پرتودرمانی را برجسته می‌کند.

نتیجه‌گیری: از شاخص fEUD می‌توان برای مقایسه نتایج دو سیستم طراحی درمان استفاده کرد. بر اساس این شاخص، سیستم درمانی CorePLAN برای درمان‌های پیچیده یا چالش برانگیز، جایی که بهینه‌سازی و کیفیت طرح درمانی بسیار مهم است، مناسب است، اما TiGRT برای درمان‌های معمولی جایی که کارایی و سهولت استفاده مهم است، مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: fEUD، سیستم طراحی درمان، رادیوتراپی

*نویسنده مسئول: سوسن چراغی، تهران، دانشگاه علوم پزشکی ایران، گروه علوم پرتویی

Email: cheraghi.s@iums.ac.ir

"نشریه علمی پژوهشی ارمغان دانش وابسته به دانشگاه علوم پزشکی یاسوج، یک نشریه با دسترسی آزاد است و تمامی مقالات منتشر شده در این نشریه به صورت دسترسی آزاد منتشر می‌شوند."

مقدمه

درمان می‌شود (۳ و ۴). در پرتودرمانی تلاش بر این است تا دوز OAR و به دنبال آن عوارض جانبی پرتودرمانی را به حداقل برسانند، اما این کار خصوصاً در نواحی مثل سر و گردن و درمان پروستات و رکتوم در ناحیه لگن که از آناتومی پیچیده‌ای برخوردارند بسیار مشکل است. از شایع‌ترین عوارض پرتودرمانی در ناحیه سروگردن و لگن، کمبود ترشحات بزاقی، اختلالات بینایی، شنیداری، گوارشی و روده‌ای است (۵-۷).^۱

پرتودرمانی سه بعدی کانفورمال یا تری‌دی سی‌آر تی (3D-CRT)^۳ از تکنولوژی نرم‌افزاری و تکنیک‌های خاص تصویربرداری برای نشان دادن ساین، شکل و موقعیت تومور بهره می‌گیرد. پرتودرمانی با شدت تعدیل شده یا آی‌ام‌آرتی (IMRT)^۴ به صورت گسترده در مراکز انکولوژی پرتویی جهت به حداقل رساندن دوز به ارگان‌های در معرض خطر در نزدیکی حجم هدف استفاده می‌شود (۸) و این امکان را فراهم می‌کند که تابش پرتوها بسیار دقیق‌تر و متناسب با شکل و اندازه تومور شکل بگیرد، لذا با استفاده از IMRT این امکان فراهم می‌شود که علاوه بر پوشش حداکثری پرتو دهی بافت تومورال، میزان پرتوهای دریافتی بافت‌های سالم اطراف تومور را کاهش و در نتیجه شانس بهبود بیمار را افزایش دهد.

از مهم‌ترین اهداف یک طرح درمانی ایده‌آل در پرتودرمانی، حفاظت پرتویی بافت‌های سالم اطراف بافت تومورال، توأم با رسیدن دوز کافی به تومور است. در طول پرتودرمانی خارجی^(۱)، پاسخ بیولوژیکی ارگان‌های در معرض خطر تابش یا آی. آر^(۲) به مقدار دوز و حجم بافت تحت تابش وابسته است. در پرتودرمانی تومورهای سر و گردن علاوه بر حجم هدف یا بافت تومورال، بافت‌های سالم اطراف نیز دوز نسبتاً زیادی دریافت می‌کنند. افزایش تماس بافت‌های طبیعی با اشعه علاوه بر عوارض ناخواسته، ممکن است به ظهور تومور ثانویه کمک کند. متمرکز کردن دوز به حجم هدف و کاهش دوز ارگان‌های سالم تا حد زیادی به نرم‌افزارهای طراحی درمان وابسته است (۱). در حقیقت، طراحی درمان در پرتودرمانی شامل برنامه‌ریزی دقیق و هدفمند جلسات پرتودرمانی است که به پزشکان و تیم درمانی کمک می‌کند تا بیماران را با دقت بیشتری درمان کنند. این طراحی شامل: انتخاب مناسب دوزهای پرتودرمانی، تعیین محل و شکل تابش، تعیین زمان‌بندی جلسات و استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته جهت بهبود نتایج درمانی می‌شود (۲). طراحی درمان در پرتودرمانی باعث بهبود کیفیت درمان، کاهش تأثیرات جانبی، افزایش کنترل بالینی با توجه به ویژگی‌های خاص بیماران و بهینه‌سازی زمان‌بندی

1-External Radiotherapy
2-Organs At Risk(OAR)
3-3D-conformal radiation therapy (3D-CRT)
4-Intensity-Modulated Radiation Therapy(IMRT)

به عنوان مثال در پژوهش‌های کوهورت انجام شده از بین ۲۶ بیمار تحت درمان برای مدولوبلاستوما، میانگین دوز دریافتی دستگاه شنوایی ۳۶۰۷ گری در روش IMRT بوده در حالی که دوز دریافتی دستگاه شنوایی در این بیماران به روش 3D-CRT، ۵۴۰۲ گری گزارش شده است و بدین ترتیب ۶۴ درصد بیماران تحت درمان به روش 3DCRT دچار کم شنوایی متوسط تا شدید شدند، در حالی که فقط ۱۳ درصد بیماران تحت درمان با IMRT به مشکلات شنوایی دچار شدند (۹ و ۱۰). استفاده از IMRT برای ارگان‌هایی چون سر و گردن و پروستات که بسیاری از اندام‌های حیاتی و حساس به پرتو در مجاورت آنها قرار دارند رو به گسترش است، به همین علت بیشترین پرتودرمانی برای سرطان‌های سر و گردن و پروستات با این روش گزارش شده‌اند (۱۱-۱۴). هر چند در سال‌های اخیر تعداد روش‌های رادیوتراپی سرطان‌های پروستات افزایش یافته و انواعی از پرتودرمانی‌های خارجی، براکی تراپی با یا بدون اندروژن و رویکردهای جدیدتر گزارش شده‌اند (۱۵-۱۷)، اما در مراکز پرتودرمانی که فاقد سیستم IMRT هستند درمان به روش 3D-CRT انجام می‌شود. شرایط بیماران، نوع تومور و دوز کلی که پزشک برای PTV در نظر می‌گیرد، در انتخاب روش پرتودرمانی مؤثر است به گونه‌ای که اگر دوز کل بیش از حدود ۷۰ گری باشد از روش IMRT استفاده می‌شود تا دوز OAR از محدوده مجاز تجاوز نکند، اما

در دوزهای پایین به علت مصرف زمان کمتر و راحتی بیمار روش 3D-CRT ارجح تر است (۱۸). در هر کدام از این سیستم‌ها گام مهم در پرتودرمانی، طراحی درمان است که با استفاده از تصاویر سی‌تی اسکن بیمار که به نرم افزار سیستم طراحی درمان یا تی‌پی‌اس (TPS)^(۱) انتقال یافته انجام می‌شود. طراحی و برنامه‌ریزی درمان به منظور تعیین محل دقیق توده و توزیع مناسب دوز پرتویی با استفاده از نرم‌افزارهای سه بعدی استفاده می‌شود.^۲ جهت بهبود نتایج عملکرد بالینی برنامه‌های طراحی درمان و دستیابی به توزیع دوز منسجم باید پارامترهای مدولاسیون IMRT تعیین شود (۲۲-۱۹). بنابراین برای رنکینگ دو یا چند سیستم نرم‌افزاری طراحی درمان در رادیوتراپی در کنار کیفیت طرح، پیچیدگی طرح نیز باید با معیارهای QA مورد ارزیابی قرار گیرد (۲۳ و ۲۲) و بدین منظور می‌توان از چندین شاخص مختلف استفاده کرد که برخی از این شاخص‌ها عبارتند از: شاخص همگنی دوز^(۲) و شاخص همگنی حجمی^(۳) این شاخص برای ارزیابی توزیع دوز درمانی در داخل حجم هدف استفاده می‌شود. مقدار این شاخص باید به یک نزدیک باشد تا نشان دهنده توزیع دوز بهتر در حجم هدف باشد. شاخص همگنی حجم^(۴) شاخص دیگر برای ارزیابی همگنی دوز در داخل حجم هدف است مقدار

1-Treatment Planning System(TPS)
2-Dose Homogeneity Index
3-Volume Homogeneity Index
4-Coverage Index

معادل معرفی کرد (۲۷) و معتقد بود توزیع دوز همگن و ناهمگن به یک میزان باعث ممانعت از رشد و تکثیر سلول‌های بافت تومور می‌شوند، سپس مفهوم EUD را گسترش داد تا علاوه بر بافت تومور در سنجش آسیب بیولوژیکی بافت‌های سالم نیز به کار گرفته شود (۲۸). EUD با در نظر گرفتن میزان آسیب زیستی وارد به بافت و نیز اطلاعات استخراج شده از DVH برای هر ساختار آناتومیکی تعریف می‌شود. متعاقباً، مقدار fEUD و ویژگی‌های دوزیمتری طرح را شامل پوشش منطقه تومورال، کاهش دوز OAR و پاسخ‌های بیولوژیکی متعاقب آن و نیز پاسخ بافت هدف را همگی در یک کمیت واحد که در محدوده صفر تا ۱ است، خلاصه می‌کند. هر چقدر میزان شاخص fEUD بیشتر یا به عبارتی به یک نزدیک‌تر باشد، طرح درمانی مورد نظر بهینه و بهتر است. لذا هدف از این مطالعه تعیین و مقایسه دو سیستم طراحی درمان پرتودرمانی هدایت شده هدفمند (TIGRT) (۶) و طراحی درمان متمرکز (هسته ای) (CorePLAN) (۷) در رادیوتراپی تطبیقی سه بعدی با استفاده از شاخص شایستگی fEUD جهت بهینه سازی درمان بود.^۲

روش بررسی

این یک مطالعه گذشته نگر بوده که در سال ۱۴۰۲ انجام شد، به منظور مقایسه شایستگی

این شاخص نیز باید به یک نزدیک باشد تا نشان دهنده همگن بودن دوز در داخل حجم هدف باشد. شاخص پوشش^(۱) شاخصی است که برای ارزیابی پوشش دوز درمانی در داخل حجم هدف از آن استفاده می‌شود. مقدار این شاخص باید به یک نزدیک باشد تا نشان دهنده پوشش دوز بهتر در داخل حجم هدف باشد. در نهایت شاخص تنوع دوز^(۲) برای ارزیابی تنوع دوز در داخل حجم هدف استفاده می‌شود. مقادیر نزدیک به صفر این شاخص نشان دهنده تنوع کمتر دوز در داخل حجم هدف باشد.

در شرایطی که هیستوگرام‌های توزیع دوز حجم (DVH)^(۳) به تنهایی برای مقایسه طرح‌های درمانی کافی نیستند و سایر شاخص‌هایی که اشاره شد بر اساس شاخص‌های فیزیکی طراحی شده‌اند، شاخص بیولوژیکی کیفی (fEUD)^(۴) که ویژگی‌های دوزیمتری و پوشش هدف را در خود منسجم کرده است (۲۴)، می‌تواند به عنوان یک شاخص مناسب جهت کمک به طراحی درمان در رادیوتراپی مطرح شود. fEUD یک پارامتر سنجش کیفی TPSs است که نخستین بار بر اساس ارزیابی‌های بالینی به وسیله شارون برای سیستم طراحی درمان IMRT تعریف شد.

شارون، پارامتر fEUD که از هیستوگرام‌های دوزحجم به دست آمده بود را برای حفظ سلامت ساختارهای حیاتی بر اساس بهینه‌سازی درمان IMRT پیشنهاد داد (۲۵).

fEUD تابعی از دوز معادل یکنواخت یا ای‌یودی (EUD)^(۵) است (۲۶). نیمیرکو مفهوم اولیه EUD برای تومورها را تحت عنوان یک دوز بیولوژیکی

1-Dose Heterogeneity Index
2-Dose Conformity Index
3-Dose Volume Histogram(DVH)
4-Figure of merit Equivalent Uniform Dose(fEUD)
5-Equivalent uniform dose(EUD)
6-Targeted Image-Guided Radiation Therapy(TIGRT)
7-Treatment design (nuclear)

سیستم TIGRT بود که بعد از درمان به Core PLAN منتقل و محاسبات دوز با این نرم افزار نیز انجام شد. معیار ورود به مطالعه بیماران بودند که پرتودرمانی سر و گردن و پروستات داشتند و ارگان‌های سالم در معرض خطر شامل؛ ساقه مغز، حلزون شنوایی، چشم راست و چپ، رکتوم، سر استخوان ران و مثانه دوز قابل توجهی دریافت کردند و طرح درمانی آنها در بخش پرتودرمانی موجود بود. معیار خروج از مطالعه بیماران که سرطان متاستاتیک داشتند و همچنین بیماران که OARs مورد بررسی دوز پرتویی دریافت نکردند.^۴

مقدار EUD برای هر ارگان هدف و هر OAR جداگانه و طبق رابطه زیر محاسبه شد:

$$EUD = (\sum_i v_i D_i^a) 1/a \quad (\text{رابطه شماره ۱})$$

در رابطه شماره ۱، v_i عبارت است از حجم جزیی از ارگان که دوز D_i را دریافت می کند و از DVH استخراج شده است و a پارامتر بدون واحد برای OAR مورد نظر است که اثر حجم را بیان می کند. در این مطالعه از مقادیر a گزارش شده در مقالات استفاده شد (۲۹ و ۲۸) (جدول ۲).

از شاخص fEUD برای ارزیابی کیفیت کلی طرح‌های درمانی استفاده شد که به صورت زیر

تعریف می شود (۲۵): (رابطه شماره ۲)

$$fEUD = 1 / \left[1 + k \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i EUD_{OAR}^i}{\sum_{j=1}^m \omega_j EUD_{Target}^j} \right]$$

- 1-Equivalent air-Tissue Ratio(ETAR)
2-Full Scatter Convolution(FSC)
3-Planning Target Volume(PTV)

درمان در دو سیستم طراحی درمان Core PLAN TPS (ورژن ۳.۵۰.۵، شرکت سازنده سنول سی- جی کشور کره جنوبی) و TIGRT TPS (کولیماتور چندبرگی دینامیک، مدل لینا تک، کشور ایالات متحده آمریکا) دو TPS تجاری انتخابی این تحقیق بودند که از شاخص fEUD برای مقایسه کیفیت طرح‌های درمانی این دو سیستم نرم افزاری استفاده شد و کارایی آنها برای درمان بهینه مورد مقایسه قرار گرفت. محاسبات تصحیح ناهمگنی TPS سه بعدی Core PLAN با الگوریتم نسبت بافت به هوای معادل ای تی ای آر (ETAR)^(۱) و محاسبات تصحیح ناهمگنی سیستم طراحی درمان سه بعدی TIGRT با الگوریتم اِفاس سی (FSC)^(۲) است، هر TPS دارای نرم افزار و الگوریتم‌های خاصی است که برای طراحی برنامه ریزی مشخص شده است (جدول ۱).

درمان با استفاده از پرتودرمانی و الگوریتم‌های مختلف تصحیح ناهمگنی نیز برای بهبود دقت و کارایی درمان استفاده می شوند.

تعداد ۱۰ طرح درمانی اختصاصی سر و گردن و ۱۰ طرح درمانی اختصاصی پروستات در این مطالعه آنالیز شدند. دلیل انتخاب طرح‌های درمانی سر و گردن و پروستات، دقت درمان این نواحی به دلیل پیچیدگی آناتومیکی و مجاورت تومور با ارگان‌هایی با حساسیت پرتویی بالا همانند؛ رکتوم، مثانه، عدسی چشم، غدد بزاقی و ساقه مغز بود. دوز تجویزی برای حجم درمانی پی تی وی (PTV)^(۳) به ترتیب برای سر و گردن و پروستات 54 Gy و 70 Gy بود. طراحی درمان بیماران مورد مطالعه با تصاویر سی تی اسکن و

مقادیر EUD برای هر OAR و PTV به ازای هر طرح درمانی به دست آمد، شکل ۳ نمایشگر مقادیر EUD محاسبه شده بر حسب گری بر اساس منحنی‌های دوز حجم طرح‌های درمانی مختلف است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، شاخص EUD برای ساختارهای آناتومیکی رکتوم، سر استخوان فمور چپ و راست، چشم چپ در برنامه TiGRT بیشتر از Core PLAN است و برای ساختارهای آناتومیکی مثانه، چشم راست، حلزون گوش چپ و راست، ساقه مغز، پروستات و سر و گردن شاخص fEUD برای برنامه Core PLAN بیشتر از TiGRT است ($p > 0.05$).

جدول ۳ مقادیر شاخص شایستگی fEUD محاسبه شده را برای طرح‌های درمانی به روش 3D-CRT که با دو TPS طراحی شده‌اند، مقایسه می‌کند. طرح‌های درمانی سیستم نرم‌افزاری Core PLAN دارای fEUD بالاتری نسبت به طرح‌های درمانی نرم‌افزار TiGRT است.

در رابطه شماره ۲، n و m به ترتیب معرف تعداد OAR و تعداد هدف‌ها می‌باشند. ω_i و ω_j فاکتورهای وزنی هستند که به ترتیب با احتمال عارضه برای آمین OAR و احتمال کنترل برای زامین هدف مطابقت دارند و k فاکتور اهمیت نسبی بین هدف و ارگان‌های در معرض خطر است. در این مطالعه برای k ، ω_i و ω_j مقدار عددی ۱ در نظر گرفته شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون‌های آماری تی دانشجویی تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها

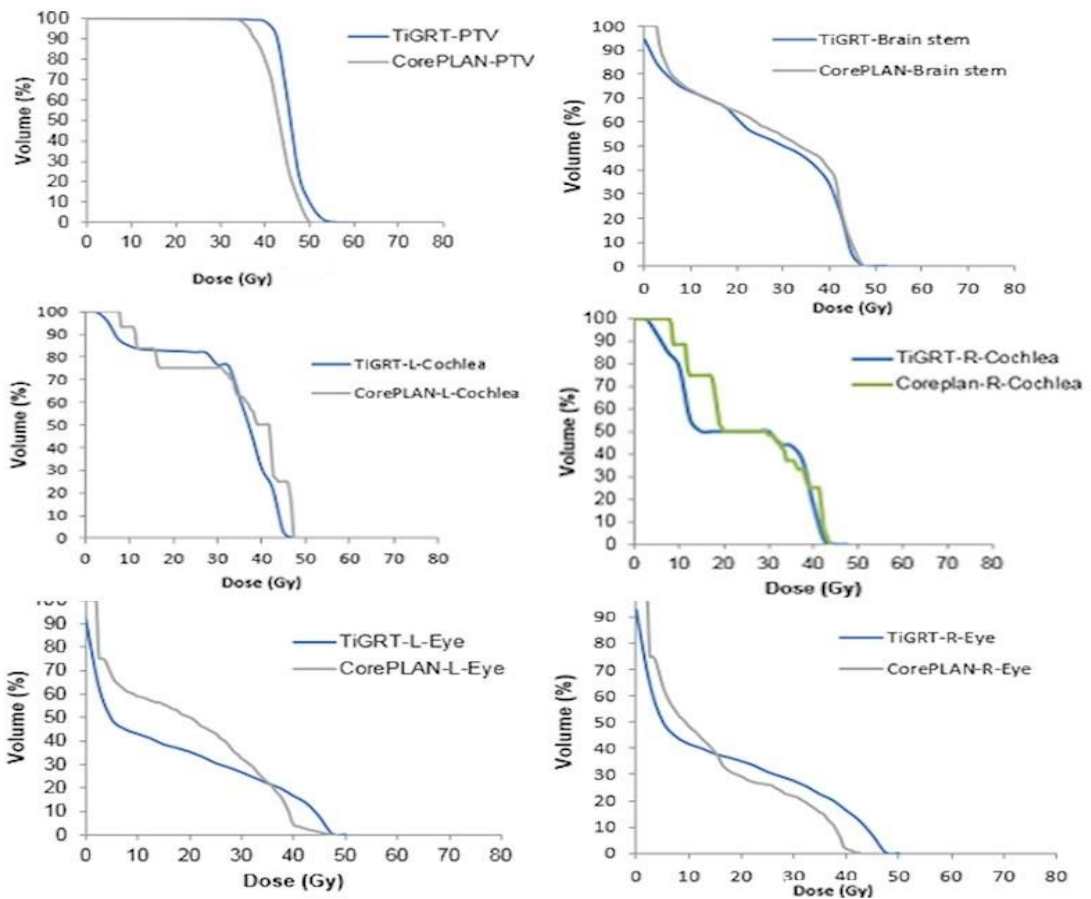
DVHs برای PTVs و ارگان‌های انتخابی در معرض خطر (ساقه مغز، حلزون گوش، چشم‌ها) برای طرح‌های درمانی سه بعدی سر و گردن Core PLAN و TiGRT در شکل ۱ ارایه شده است. DVHs برای PTVs و ارگان‌های در معرض خطر (رکتوم، مثانه، سر استخوان ران چپ و راست) برای طرح‌های درمانی پروستات در شکل ۲ مقایسه شده است ($p > 0.05$).

جدول ۱: الگوریتم‌های تصحیح ناهمگنی به کار رفته در سیستم طراحی درمان Core PLAN و TiGRT

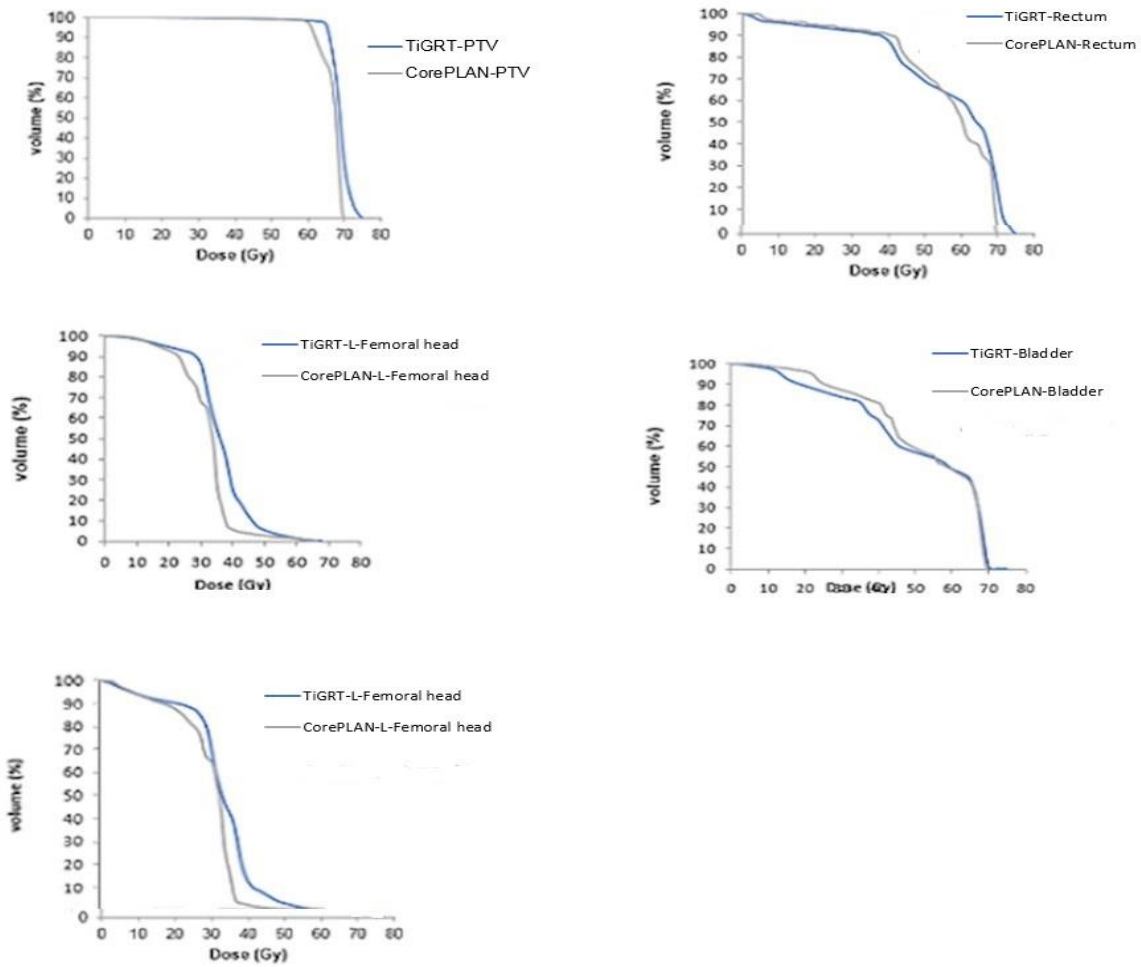
سیستم طراحی درمان مورد مطالعه	کارخانه سازنده	ورژن	گروه الگوریتم	نوع الگوریتم تصحیح ناهمگنی
کُر پَآن	سنول سی - جی، کره جنوبی	۲.۵.۰.۵	الگوریتم بر پایه تصحیح	نسبت بافت به هوای معادل
تی آی جی آر تی - ام ال سی (کولیماتور دینامیک چند برگی)	لینا تک - ایالات متحده آمریکا	۴.۲	الگوریتم بر پایه مدل	پراکندگی پیچیده

جدول ۲: مقادیر پارامتر α برای بافت‌های نرمال در معرض خطر تشعشع بر اساس حساسیت پرتویی در تایش‌های تقطیع شده 1.8-2 Gy

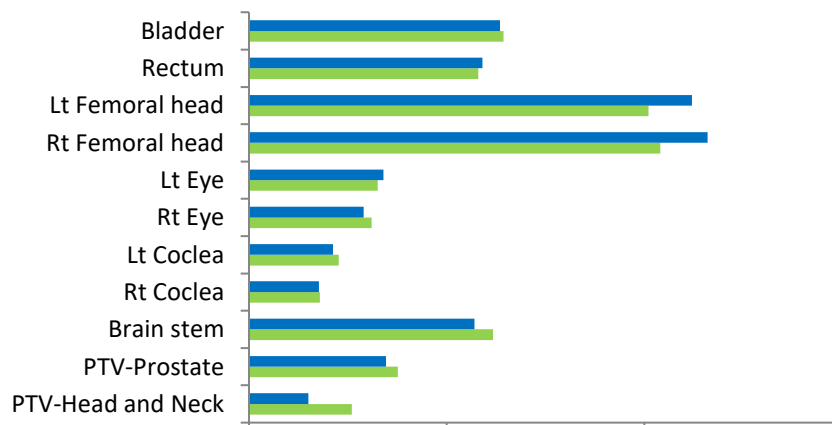
مقدار α	ساختار آناتومیکی
-۱۰	حجم هدف در طراحی (PTV)
۷	ساقه مغز
۳۱	حلزون گوش
۱	ریه
۳	چشم
۴	ناحیه سر استخوان ران
۱۱/۹	مثانه
۱۲/۵	رکتوم



شکل ۱: مقایسه هیستوگرام‌های دوز-حجم برای PTV و OARهای انتخاب شده ساقه مغز، حلزون گوش راست و چپ، چشم راست و چپ طرح‌های درمانی D-CRT^۲ سر و گردن در دو سیستم نرم افزاری Core PLAN و TiGRT



شکل ۲: مقایسه هیستوگرام‌های دوز-حجم برای PTV و OAR های انتخاب شده مثانه، رکتوم و سر استخوان ران راست و چپ طرح‌های درمانی D-CRT۲ پروستات در دو سیستم نرم‌افزاری TiGRT و Core PLAN



شکل ۳: مقایسه مقادیر EUOD های محاسبه شده بر اساس منحنی‌های DVH در دو سیستم طراحی درمان TiGRT و Core PLAN

جدول ۳. مقایسه مقادیر fEUD برای طرح‌های 3D-CRT تولید شده توسط TIGRT و Core PLAN

شاخص بیولوژیکی کیفی	شاخص بیولوژیکی کیفی	شاخص بیولوژیکی کیفی
منطقه آناتومیکی	سر و گردن	۰/۱۰۰
پروستات	۰/۰۴۴	۰/۰۴۱
شاخص بیولوژیکی کیفی کلی	۰/۱۴۴	۰/۱۳۱

بحث

ارزیابی طرح‌های درمانی، یک معیار مهم جهت مقایسه کیفیت، میزان در امان بودن OARs از پرتوگیری اضافی است، اما توزیع دوز جذب شده در قالب DVH و نقشه‌های دوز هیچ اطلاعاتی از پاسخ بیولوژیکی بافت تومورال و OARs ارائه نمی‌کند، لذا فقدان یک ابزار منعطف و جامع امکان بررسی طرح درمانی از نقطه نظر پاسخ بیولوژیکی بافت‌های تحت تابش را از کاربر سلب کرده است و فقط برخی از سیستم‌های طراحی درمان مبتنی بر پاسخ بیولوژیک و مجهز به محاسبات محاسبات ان تی سی پی (NTCP)^(۱) و تی سی پی (TCP)^(۲) هستند که می‌توانند منجر به کمینه شدن پرتوگیری بافت‌های سالم در معرض خطر در مقایسه با سایر طرح‌های درمانی شوند (۳۱ و ۳۰).^۵ در پژوهش‌های انجام شده علاوه بر شاخص‌های TCP، NTCP و fEUD از روش‌های متفاوتی مثل استفاده از شاخص همگنی دوزیمتری یا یودی‌آی (UDI)^(۳) جهت رنکینگ طرح‌های درمانی استفاده می‌شود (۳۲). UDI بر اساس داده‌های دوزیمتری محاسبه می‌شود. این شاخص برای

به منظور به حداقل رساندن دز ارگان‌های در معرض خطر و متمرکز کردن دز به بافت تومورال باید سیستم طراحی درمان مناسب را برگزید، لذا هدف از این مطالعه تعیین و مقایسه دو سیستم طراحی درمان TIGRT و CorePLAN در رادیوتراپی تطبیقی سه بعدی با استفاده از شاخص شایستگی fEUD جهت بهینه‌سازی درمان بود.

در پرتودرمانی ابزارهای ارزیابی طرح‌های درمان برای قضاوت در مورد اهداف برنامه‌ریزی از پیش تعیین شده ضروری هستند اهداف برنامه‌ریزی معمولاً شامل موارد مهمی از قبیل دستیابی به پوشش دوز یکنواخت کامل به هدف (یعنی پوشش نزدیک به ۱۰۰ درصد هدف با دوز تجویز شده)، رسیدن به انطباق بالای دوز هدف، به حداقل رساندن دوز بافت نرمال و محدود کردن دوز به ساختارهای بحرانی کمتر از دوز تحمل آنها است. بدین منظور روش‌های سنتی مانند توزیع دوز سه بعدی و DVH، برای ارزیابی‌های کیفی کافی هستند، اما برای مقایسه کارآمد چند طرح درمانی حاصل از دو یا چند TPS مختلف نیازمند روش‌های ارزیابی کیفی هستیم. در

1-Normal Tissue Complication Probability(NTCP)
2-Tumor Control Probability
3-Unified Dosimetric Index

برای دو ناحیه آناتومیکی سرو گردن و پروستات با استفاده از دو سیستم Core PLAN و TIGRT تولید و با هم مقایسه شدند. TIGRT TPS از یک الگوریتم محاسبه دوز فوتون سه بعدی بر اساس پیچش پراکندگی کامل^(۱) استفاده می‌کند. یکی از نقاط قوت TIGRT TPS کاربر پسند و سهولت استفاده از آن است، TIGRT یک گردش کار ساده ارائه می‌دهد که امکان برنامه‌ریزی سریع و کارآمد درمان را فراهم می‌کند. TIGRT هم‌چنین طیف وسیعی از ویژگی‌های پیشرفته مانند محاسبه دوز مونت کارلو، ثبت تصویر قابل تغییر شکل و برنامه‌ریزی تطبیقی را ارائه می‌دهد که می‌تواند دقت و کارایی درمان را بهبود بخشد (۳۴ و ۳۳).^۶ نتایج حاضر نشان می‌دهد که TIGRT TPS توزیع‌های دوزی را تولید می‌کند که با آن‌هایی که به وسیله CorePLAN TPS تولید می‌شوند، به ویژه از نظر شاخص‌های انطباق و همگنی و میزان پوشش‌دهی ناحیه هدف هم‌چنین حفاظت ساختارهای حیاتی قابل مقایسه هستند. پلن‌های تولیدی این دو TPS در مقیاس کاهش دوز رسیده به OAR عملکرد مشابه و قابل مقایسه‌ای داشتند، اما در پوشش‌دهی بافت هدف متفاوت از هم بودند. شکل و جدول ۳ نشان می‌دهد که به ازای یک PTV معین، هر دو طرح درمانی دارای مقادیر EUD مشابهی هستند اگرچه در دقت‌های بالا شاخص EUD در نتایج طرح Core PLAN برتری دارد (میانگین ۱۴۴ گری در مقابل ۱۳۱ گری)، اما در

ارزیابی همگنی دوز در طرح‌های درمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همگنی دوز به معنی توزیع یکسان دوز درمانی در سراسر حجم هدف است. با استفاده از شاخص UDI می‌توان به صورت کمی ارزیابی کرد که یک طرح درمانی به چه اندازه توانایی ایجاد همگنی دوز را دارد. طبق این سیستم، طرح‌های درمانی به‌عنوان «عالی»، «خوب»، «متوسط» یا «ضعیف» طبقه‌بندی می‌شوند. سیستم رتبه‌بندی پیشنهادی می‌تواند به عنوان یک راهنمای کلی برای ایجاد یک طرح دوزیمتری بهینه در پرتودرمانی خارجی مورد استفاده قرار گیرد، چون شاخص دوزیمتری UDI، پوشش دوز، انطباق، همگنی و گرادیان دوز را یکی می‌کند و در غالب یک عدد نشان می‌دهد. در مطالعه‌ای که در این زمینه انجام شده است با استفاده از شاخص UDI سیستم طراحی درمان BrainSCAN از نظر میزان پوشش بافت هدف، گرادیان دوز، انطباق همگنی و انحراف از پوشش دوز برای ۶ تا ۸ پرتو استاتیک غیرهمسطح با میکروکولیماتور چند برگ (mMLC) جهت ۲۱ مورد استریوتاکتیک رادیوسرجری جمجمه به صورت گذشته‌نگر مورد بررسی قرار گرفت. سپس عدد کسب شده مرتبط با هر طرح درمانی با یک طرح ایده‌آل که پوشش کامل دوز، انطباق همگنی و کاهش گام به گام به دوز صفر خارج از حجم هدف دارد، مقایسه شد و نتایج قابل قبول آن تفسیر شد (۳۲).

در مطالعه حاضر به منظور مقایسه شایستگی

درمان در دو TPS، جمعاً بیست طرح درمانی 3D-CRT

کومار (Senthilumar)، طرح‌های درمانی IMRT مبتنی بر دوز یکنواخت معادل (EUD) را با طرح‌های IMRT مبتنی بر دوز-حجم که در یک TPS تولید می‌شوند، مقایسه کرد. برای رکتوم و مثانه، تفاوت معنی‌داری در میانگین دوز و دوز‌گری D_{30} بین طرح‌های مبتنی بر EUD و طرح‌های مبتنی بر دوز-حجم وجود داشت (۳۷). در مقایسه محاسبات دوز سه TPS، موناکو، اکلپس و پیناکل با مقایسه ۱۸ طرح درمانی ریه و سروگردن کورتین باس (Courtn Bosse) و همکاران نتیجه گرفتند که تفاوت‌هایی در محاسبه دوز بین TPS‌های مختلف وجود دارد. اگرچه این میزان اختلاف نسبتاً کوچک است، اما این تفاوت‌ها در مقایسه با استفاده از DVH می‌تواند آشکار شوند. این تفاوت‌ها به احتمال زیاد ناشی از الگوریتم‌های محاسبه دوز مختلف مورد استفاده در هر TPS است و TPS موناکو که از محاسبات دوز مونت کارلو استفاده می‌کند محاسبات بسیار دقیق‌تری داشت که در نتیجه آن را استاندارد طلایی می‌دانند (۳۸). نتایج این مطالعه همانند مطالعه ما نشان می‌دهد تفاوت در پوشش دوز ارگان‌ها در دو TPS متفاوت معنی‌دار نیست. شاید دلیل عدم اختلاف معنی‌دار مقادیر دوز در مطالعه حاضر به این دلیل است که بافت‌های نرمال مدنظر همگی همگن بوده‌اند چون در مطالعه حسنی و همکاران نشان داده شد که در ناهمگنی ریه، میزان خطای ناشی از نحوه انجام محاسبات دز ناشی از الگوریتم‌های سیستم طراحی درمان قابل توجه بوده و بایستی در امور کلینیکی مدنظر قرار داده شود در

سیستم Core PLAN به دلیل بالاتر بودن شاخص fEUD نسبت به TIGRT، بافت‌های سالم اطراف کمتر در خطر تشعشع واقع شدند. این برتری اندک طرح Core PLAN را می‌توان با نوع الگوریتم تصحیح ناهمگنی به کار رفته در این TPS توضیح داد. در مطالعه بحرینی طوسی و همکاران اندازه‌گیری‌ها نشان داد که TIGRT TPS به طور کلی دوز نقاط خارج از میدان را دست کم می‌گیرد و این دست کم برآورد کردن، برای مناطق نسبتاً نزدیک به لبه میدان درمانی بدتر می‌شود. میانگین دست کم گرفتن دوزهای خارج از میدان ۳۹ درصد بود. با این وجود، دقت محاسبه دوز به وسیله این TPS برای اکثر مناطق در حد تحمل بود، نتیجه این که درمان‌هایی که به دوزهای دقیق خارج از میدان نیاز دارند، مانند درمان در زنان باردار باید روش‌های بازسازی دوز را اعمال کنند (۳۵).

پژوهش‌های دیگری وجود دارند که مقایسه طرح‌های درمانی را با پارامترهای بیولوژیکی مثل EUD و پارامترهای فیزیکی مثل DVH و دوز ارگان‌های غیر هدف بررسی کرده‌اند. در مطالعه پینگ شیا (Ping Xia) کیفیت طرح‌های درمانی نازوفارنکس با تکنیک IMRT و طراحی درمان مرسوم 3D CRT همانند مطالعه حاضر از طریق DVH و دوز OARs مقایسه شده است که در نتیجه طرح‌های IMRT بیشتر از طرح‌های 3D CRT با پوشش دوز مشابه حجم بالینی هدف (CTV) مطابقت داشتند. هم‌چنین طرح‌های IMRT در راستای حفظ ساختار بافت‌های نرمال حساسیت بهتری داشتند (۳۶). در مطالعه دیگری سنیتیل

وجود بستگی دارد. به طور کلی، TPS TiGRT ممکن است برای درمان‌های ساده یا معمولی جایی که کارایی و سهولت استفاده مهم است، مناسب تر باشد. از سوی دیگر، CorePLAN TPS ممکن است برای درمان‌های پیچیده یا چالش برانگیز مناسب باشد، جایی که بهینه‌سازی و کیفیت طرح بسیار مهم است. سخن آخر این که در آینده نه چندان دور فناوری‌های هوش مصنوعی در نهایت پارادایم TPS ها را تغییر خواهد داد (۴۲-۴۴)، اما انسان بایستی به عنوان مرکز فرآیند برنامه‌ریزی‌های درمان در نظارت بر گردش کار TPS‌های بالینی با مسئولیت نهایی ایمنی و کیفیت برنامه درمانی باقی بماند.^۷

محدودیت‌های قابل ذکر در این مطالعه کمبود پژوهش‌هایی بود که به مقایسه بیولوژیکی نتایج TPS‌های مختلف پرداخته‌اند که مقایسه نتایج این مطالعه با پژوهش‌های مشابه می‌توانست به تأیید یا تفسیر بهتری از یافته‌ها منجر شود. پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آینده از نتایج تعامل دو یا چند پارامتر بیولوژیکی در بررسی نقاط قوت و ضعف TPS‌های پرتودرمانی استفاده گردد. همچنین از مدل‌های هوش مصنوعی مبتنی بر ساختار آناتومیکی و توزیع دوز به منظور مقایسه کیفیت طرح‌های درمانی TPS‌های مختلف که استفاده از آنها در کشورمان متداول است، استفاده شود.

صورتی که این اختلاف در بافت همگن قابل چشم پوشی است (۳۹).

بررسی‌ها نشان داده‌اند که سیستم طراحی درمان گر پلن (Core PLAN) در توانایی برای رسیدگی به سناریوهای درمان پیچیده و بهینه‌سازی برنامه‌های درمانی برای اهداف متعدد برتر است. گر پلن الگوریتم‌های بهینه‌سازی پیشرفته و محاسبات دقیق دوز را بر اساس الگوریتم‌های پیچش مخروطی فروریخته (CCC)^(۱) و نسبت هوای بافت معادل (ETAR)^(۲) برای پرتوهای فوتون ارایه می‌دهد که می‌توانند توزیع دوز بسیار منسجم و همگن را حتی در مواردی با آناتومی چالش برانگیز یا اهداف متعدد ایجاد کنند. گر پلن همچنین طیف وسیعی از ابزارها را برای ارزیابی طرح و تضمین کیفیت، مانند تجزیه و تحلیل DVH، مقایسه طرح و جمع‌بندی طرح ارایه می‌دهد که می‌تواند بهینه‌سازی و انطباق طرح درمان را تسهیل کند (۴۱ و ۴۰، ۳۳). نتایج حاضر نشان می‌دهد که سیستم طراحی درمان گر پلن می‌تواند طرح‌های درمانی را تولید کند که قابل مقایسه یا حتی بهتر از آنهایی هستند که به وسیله سیستم طراحی درمان تی آی جی آر تی تولید می‌شوند، به ویژه از نظر پوشش هدف و کاهش دوز در ساختارهای حیاتی. به طور کلی، انتخاب بین TiGRT و CorePLAN به عوامل متعددی مانند پیچیدگی سناریوی درمان، اهداف درمان، تجربه و تخصص کاربر و امکانات

1-Collapsed Cone Convolution(CCC)
2-Equivalent Tissue Air Ratio(ETAR)

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق، از شاخص fEUD می‌توان برای مقایسه نتایج دو سیستم طراحی درمان استفاده کرد. بر اساس این شاخص، دو TPS منتخب در این مطالعه می‌توانند طرح‌های درمانی با کیفیت بالا تولید کنند، سیستم درمانی CorePLAN برای درمان‌های پیچیده یا چالش برانگیز، جایی که بهینه‌سازی و کیفیت طرح‌درمانی بسیار مهم است، مناسب است، اما TIGRT برای درمان‌های معمولی جایی که کارایی و سهولت استفاده مهم است، مناسب می‌باشد، لذا انتخاب از بین آنها به نیازها و اهداف خاص هر سناریو بالینی بستگی دارد.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله برگرفته از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته رادیوبیولوژی با کد اخلاق IR.IUMS.REC.1398.1336 از دانشگاه علوم پزشکی ایران می‌باشد.

مشارکت نویسندگان

کلیه نویسندگان در این پژوهش همکاری لازم را با یکدیگر داشته‌اند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این پژوهش بر خورد لازم دانستند از همکاری معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایران و بخش رادیوتراپی بیمارستان پارس به خاطر همکاری و دسترسی به امکانات درمانی آن مرکز صمیمانه تشکر نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضادی در منافع وجود ندارد.

حمایت مالی

این تحقیق با حمایت مالی و معنوی دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام شد.

REFERENCES

1. Appenzoller LM, Michalski JM, Thorstad WL, Mutic S, Moore KL. Predicting dose-volume histograms for organs-at-risk in IMRT planning. *Med Phys* 2012; 39(12): 7446-61.
2. Hansen CR, Crijns W, Hussein M, Rossi L, Gallego P, Verbakel W, Unkelbach J, Thwaites D, Heijmen B. Radiotherapy Treatment planning study Guidelines (RATING): A framework for setting up and reporting on scientific treatment planning studies. *Radiother Oncol* 2020; 153: 67-78.
3. Hernandez V, Hansen CR, Widesott L, Bäck A, Canters R, Fusella M, Götstedt J, Jurado-Bruggeman D, Mukumoto N, Kaplan LP, Koniárová I, Piotrowski T, Placidi L, Vaniqui A, Jornet N. What is plan quality in radiotherapy? The importance of evaluating dose metrics, complexity, and robustness of treatment plans. *Radiother Oncol* 2020; 153: 26-33.
4. Suit H, du Bois W. The importance of optimal treatment planning in radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991; 21(6): 1471-8.
5. Fang FM, Tsai WL, Chen HC, Hsu HC, Hsiung CY, Chien CY, Ko SF. Intensity-modulated or conformal radiotherapy improves the quality of life of patients with nasopharyngeal carcinoma: comparisons of four radiotherapy techniques. *Cancer* 2007; 109(2): 313-21.
6. Claus F, Duthoy W, Boterberg T, De Gerssem W, Huys J, Vermeersch H, De Neve W. Intensity modulated radiation therapy for oropharyngeal and oral cavity tumors: clinical use and experience. *Oral Oncol* 2002; 38(6): 597-604.
7. Rezaeyan A, Ghaffari H, Mahdavi SR, Nikoofar A. Audiometric findings in patients with head and neck chemoradiotherapy and radiotherapy: short-term outcomes. *Int J Radiat Res* 2019; 17: 633-41.
8. Yu T, Zhang Q, Zheng T, Shi H, Liu Y, Feng S, Hao M, Ye L, Wu X, Yang C. The Effectiveness of Intensity Modulated Radiation Therapy versus Three-Dimensional Radiation Therapy in Prostate Cancer: A Meta-Analysis of the Literatures. *PLoS One* 2016; 11(5): e0154499.
9. Fogliata A, Nicolini G, Alber M, Asell M, Clivio A, Dobler B, et al. On the performances of different IMRT Treatment Planning Systems for selected paediatric cases. *Radiat Oncol* 2007; 2: 7.
10. Hall EJ, Wu CS. Radiation-induced second cancers: the impact of 3D-CRT and IMRT. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 56(1): 83-8.
11. Lee N, Xia P, Fischbein NJ, Akazawa P, Akazawa C, Quivey JM. Intensity-modulated radiation therapy for head-and-neck cancer: the UCSF experience focusing on target volume delineation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 57(1): 49-60.
12. Lee TF, Fang FM, Chao PJ, Su TJ, Wang LK, Leung SW. Dosimetric comparisons of helical tomotherapy and step-and-shoot intensity-modulated radiotherapy in nasopharyngeal carcinoma. *Radiother Oncol* 2008; 89(1): 89-96.
13. Krishnan J, Rao S, Hegde S, Shetty J. A dosimetric comparison of double arc volumetric modulated arc therapy with large field intensity modulated radiation therapy for head and neck cancer. *International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology* 2015; 4(04): 353.
14. Akihiro N, Kunihiro T, Kazunori F, Yuichi S, Takuya N, Tadanori A, et al. The Reproducibility of Patient Setup for Head and Neck Cancers Treated with Image-Guided and Intensity-Modulated Radiation Therapies Using Thermoplastic Immobilization Device. *International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology* 2013; 02; 117-24.
15. Kirillos M. Re: Axel Heidenreich, Gunnar Aus, Michel Bolla, et al. EAU guidelines on prostate cancer. *Eur Urol* 2008; 53: 68-80. *Eur Urol.* 2008; 54(3): 693-5; author reply 695-7.
16. Cooperberg MR, Broering JM, Carroll PR. Time trends and local variation in primary treatment of localized prostate cancer. *Journal of Clinical Oncology* 2010; 28(7): 1117.
17. Kramer KM, Bennett CL, Pickard AS, Lyons EA, Wolf MS, McKoy JM, Knight SJ. Patient preferences in prostate cancer: a clinician's guide to understanding health utilities. *Clin Prostate Cancer.* 2005 Jun; 4(1): 15-23. doi: 10.3816/cgc.2005.n.007. PMID: 15992457.
18. Bakiu E, Telhaj E, Kozma E, Ruçi F, Malkaj P. Comparison of 3D CRT and IMRT Treatment Plans. *Acta Inform Med* 2013; 21(3): 211-2.
19. Ling CC, Zhang P, Archambault Y, Bocanek J, Tang G, Losasso T. Commissioning and quality assurance of RapidArc radiotherapy delivery system. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008; 72(2): 575-81.
20. Thwaites D. Accuracy required and achievable in radiotherapy dosimetry: Have modern technology and techniques changed our views? *Journal of Physics Conference Series* 2013; 10: 444.
21. Hernandez V, Saez J, Pasler M, Jurado-Bruggeman D, Jornet N. Comparison of complexity metrics for multi-institutional evaluations of treatment plans in radiotherapy. *Phys Imaging Radiat Oncol* 2018; 5: 37-43.

22. Nauta M, Villarreal-Barajas JE, Tambasco M. Fractal analysis for assessing the level of modulation of IMRT fields. *Medical Physics* 2011; 38(10): 5385-93.
23. Nauta M, Barajas EV, Tambasco M. Assessing the Level of Modulation of IMRT Fields. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics* 2010; 78(3): S759.
24. Sharon XQi, Allen X, Li K, Kainz K, Ben Brammer GH, Olivera KJ, Ruchala C, Schultz JF. Wilson. Ranking complex IMRT plans using an EUD-Based figure-of-merit index. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics* 2006; 66(3): S658.
25. Qi XS, Semenenko VA, Li XA. Improved critical structure sparing with biologically based IMRT optimization. *Medical Physics* 2009; 36(5): 1790-9.
26. Wu Q, Mohan R, Niemierko A, Schmidt-Ullrich R. Optimization of intensity-modulated radiotherapy plans based on the equivalent uniform dose. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics* 2002; 52(1): 224-35.
27. Niemierko A., Reporting and analyzing dose distributions: a concept of equivalent uniform dose. *Medical physics* 1997; 24(1): 103-10.
28. Niemierko A. A generalized concept of equivalent uniform dose (EUD). *Med Phys* 1999; 26(6): 1100.
29. Mesbahi A, Rasouli N, Mohammadzadeh M. Comparison of radiobiological models for radiation therapy plans of prostate cancer: Three-dimensional conformal versus intensity modulated radiation therapy. *Journal of Biomedical Physics & Engineering* 2019; 9(3): 267.
30. Haghbin A, Mostaar A, Paydar R, Bakhshandeh M, Nikoofar A, Houshyari M, Cheraghi S. Prediction of chronic kidney disease in abdominal cancers radiation therapy using the functional assays of normal tissue complication probability models. *J Cancer Res Ther* 2022; 18(3): 718-24.
31. Cheraghi S, Nikoofar A, Bakhshandeh M, Khoei S, Farahani S, Abdollahi H, Mahdavi SR. Normal tissue complication probability modeling of radiation-induced sensorineural hearing loss after head-and-neck radiation therapy. *Int J Radiat Biol* 2017; 93(12): 1327-33.
32. Cheraghi S, Nikoofar A, Bakhshandeh M, Khoei S, Farahani S, Abdollahi H, Mahdavi SR. Normal tissue complication probability modeling of radiation-induced sensorineural hearing loss after head-and-neck radiation therapy. *Int J Radiat Biol* 2017; 93(12): 1327-33.
33. Farhood B, Bahreyni Toossi M, Soleymanifard S. Assessment of dose calculation accuracy of TiGRT treatment planning system for physical wedged fields in radiotherapy. *Iranian Journal of Medical Physics* 2016. 13(3): 146-53.
34. Keivan H, Shahbazi-Gahrouei D, Shanei A, Amouheidari A. Assessment of imprecise small photon beam modeling by two treatment planning system Algorithms. *Journal of Medical Signals and Sensors* 2018; 8(1): 39.
35. Bahreyni Toossi MT, Soleymanifard S, Farhood B, Mohebbi S, Davenport D. Assessment of accuracy of out-of-field dose calculations by TiGRT treatment planning system in radiotherapy. *J Cancer Res Ther* 2018; 14(3): 634-9.
36. Xia P, Fu KK, Wong GW, Akazawa C, Verhey LJ. Comparison of treatment plans involving intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 48(2): 329-37.
37. Senthilkumar K, Maria Das KJ. Comparison of biological-based and dose volume-based intensity-modulated radiotherapy plans generated using the same treatment planning system. *J Cancer Res Ther* 2019; 15(Supplement): S33-S38.
38. Bosse C, Narayanasamy G, Saenz D, Myers P, Kirby N, Rasmussen K, et al. Dose Calculation Comparisons between Three Modern Treatment Planning Systems. *J Med Phys* 2020; 45(3): 143-7.
39. Hasani M, Mohammadi K, Ghasemi S, Nabavi M. Evaluating accuracy of treatment planning system algorithms using monte carlo simulation in heterogeneity of lung. *Jundishapur Scientific Medical Journal* 2016; 15(2): 241-51.
40. Nasrollah J, Mikaeil M, Omid E, Mojtaba SS, Ahad Z. Influence of the intravenous contrast media on treatment planning dose calculations of lower esophageal and rectal cancers. *J Cancer Res Ther* 2014; 10(1): 147-52.
41. Mahmoudi R, Jabbari N, Aghdasi M, Khalkhali HR. Energy dependence of measured CT numbers on substituted materials used for CT number calibration of radiotherapy treatment planning systems. *PLoS One* 2016; 11(7): e0158828.
42. van de Sande D, Sharabiani M, Bluemink H, Kneepkens E, Bakx N, Hagelaar E, et al. Artificial intelligence based treatment planning of radiotherapy for locally advanced breast cancer. *Phys Imaging Radiat Oncol* 2021; 20: 111-16.

43. Wang C, Zhu X, Hong JC, Zheng D. Artificial intelligence in radiotherapy treatment planning: present and future. *Technology in Cancer Research & Treatment* 2019; 18: 1533033819873922.
44. De Kerf G, Claessens M, Raouassi F, Mercier C, Stas D, Ost P, et al. A geometry and dose-volume based performance monitoring of artificial intelligence models in radiotherapy treatment planning for prostate cancer. *Phys Imaging Radiat Oncol* 2023; 28: 100494.

The Comparison of Two Treatment Planning Systems (Core PLAN and TiGRT) Using the Figure of Merit Equivalent Uniform Dose(fEUD) for Optimization of Radiotherapy Treatment

Cheraghi S¹, Azhang S², Hormozi-Moghaddam Z¹, Alipour Firoozabadi L³

¹Department of Radiation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran, ²Department of Radiology, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran, ³Department of Medical Physics, Ahvaz Jundishapour University, Ahvaz, Iran

Received: 04 Oct 2023 Accepted: 26 Feb 2024

Abstract

Background & aim: Choosing the right treatment design system plays a significant role in effective treatment. The limitation of dose distribution to the target organs is one of the main goals of radiation therapy. Therefore, the purpose of the present study was to determine and compare two treatment planning systems, TiGRT and CorePLAN, in 3D adaptive radiotherapy using the fEUD competency index to optimize the treatment.

Methods: The present retrospective study was conducted in 2023. In order to compare the merit of treatment in two treatment design systems, Core PLAN and TiGRT, 20 treatment plans were designed for the treatment of head and neck and prostate tumors. The values of OAR and EUD of the studied target organs were calculated and compared.

Dose-volume histogram and the results of each treatment plan were compared and analyzed using the fEUD index, the collected data were analyzed using Student's t-tests

Results: The production plans of head and neck and prostate tumors had similar and comparable performance for the two treatment design systems ($p=0.46$), but in the Core PLAN system, due to the higher fEUD index compared to TiGRT, healthy tissues were less at risk of radiation. Using the fEUD index as well as biologically based models and parameters while using treatment design systems highlights treatment optimization in radiation therapy.

Conclusion: fEUD index could be used to compare the results of two treatment design systems. Based on this index, the CorePLAN treatment system is suitable for complex or challenging treatments, where optimization and quality of the treatment plan are very important, but TiGRT is suitable for routine treatments where efficiency and ease of use are important.

Keywords: fEUD index, Treatment Planning System, Radiotherapy

***Corresponding author:** Cheraghi S, Department of Radiation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Email: cheraghi.s@iums.ac.ir

Please cite this article as follows: Cheraghi S, Azhang S, Hormozi-Moghaddam Z, Alipour Firoozabadi L. The Comparison of Two Treatment Planning Systems (Core PLAN and TiGRT) Using the Figure of Merit Equivalent Uniform Dose(fEUD) for Optimization of Radiotherapy Treatment. *Armaghane-danesh* 2024; 29(2): 278-294.

The scientific research journal *Armaghan Danesh*, affiliated with Yasuj University of Medical Sciences, is an open-access publication. All articles published in this journal are freely available to the public.