

Dosimetric Evaluation of Target Volume in Breast Boost Radiotherapy: Comparison of Electron and Photon Beam

Tayyeb Pourfallah¹,
Maryam Shahidi²,
Danial Seifi Makrani³,
Ehsan Mihandoust⁴,
Saeed Davodian⁵

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

²Assistant Professor, Department of Biochemistry, Biophysics & Genetics, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

³Msc in Medical Physics, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

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

⁵Radiation Oncologist, Imam Khomeini Hospital, Sari, Iran

(Received April 17, 2018 ; Accepted July 23, 2019)

Abstract

Background and purpose: Breast-conserving surgery followed by radiation therapy to the whole breast is now recognized as a standard strategy in patients with breast cancer. Recommended technique for radiotherapy is whole breast irradiation followed by boost to the tumor bed. This study aimed to compare the dosimetric parameters of electron and photon beams for boosting irradiation in post-lumpectomy patients of breast cancer.

Materials and methods: This analytical study included 50 patients of post-lumpectomy breast cancer. Treatment Planning System (TPS) was used to compare the plans for electron beam and photon beam boost irradiation. The organs at risk (OAR) consist of heart, ipsilateral lung, and skin. Target-volume coverage, Conformity Index (CI), Homogeneity Index (HI), and doses to OAR were compared.

Results: Photon plans represented a considerably better CI and HI for the planning target volumes (PTV), compared to the electron beam plans. Regarding OAR sparing, the V_{1Gy} and D_{mean} in heart and ipsilateral lung with photon beam were significantly higher than electron beam ($P < 0.05$).

Conclusion: Dosimetric analysis revealed that CI index, HI index, and PTV coverage were significantly better in photon boost plans, while OAR dosimetry conveyed a significant reduction in ipsilateral lung and heart doses with electron beam plans.

Keywords: breast cancer radiotherapy, photon beam, electron beam, boost technique

J Mazandaran Univ Med Sci 2019; 29 (175): 65-75 (Persian).

* Corresponding Author: Danial Seifi Makrani - Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran (E-mail: d.seifi@mazums.ac.ir)

ارزیابی دزیمتریک حجم هدف در پرتودرمانی فاز دوم سرطان پستان: مقایسه باریکه الکترونی و فوتونی

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

چکیده

سابقه و هدف: امروزه پرتو درمانی، پس از جراحی حفظ پستان به عنوان یک استراتژی استاندارد برای بیماران مبتلا به سرطان پستان شناخته می‌شود. تکنیک‌های توصیه شده برای پرتودرمانی شامل تابش کل حجم سینه و متعاقب آن انجام پرتودرمانی فاز دوم (تکنیک boost) می‌باشد. هدف از این مطالعه مقایسه دزیمتریک باریکه‌های الکترونی و فوتونی در پرتودرمانی فاز دوم سرطان پستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تحلیلی، ۵۰ بیمار مبتلا به سرطان پستان که کاندیدای پرتودرمانی پستان بودند انتخاب شدند. توسط نرم‌افزار طراحی درمان، پلن‌های درمانی برای باریکه الکترونی و فوتونی مورد مقایسه قرار گرفتند. ارگان‌های در معرض خطر (OAR) در این مطالعه شامل قلب، ریه سمت درگیر و پوست می‌باشند. میزان پوشش حجم هدف، شاخص تطابق (CI) شاخص همگنی (HI) و دز رسیده به OAR در دو روش مذکور مورد مقایسه قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج حاکی از بهبود شاخص CI در حجم هدف برای پرتو فوتونی نسبت به باریکه‌های الکترونی بود. در مورد شاخص HI نیز، اختلاف معنی‌داری در باریکه‌های فوتونی دیده شد ($P < 0/05$). در مورد دز رسیده به OAR، پارامترهای VI_{Gy} و دز میانگین در قلب و ریه سمت درگیر با پرتو فوتونی به طور قابل توجهی بیش‌تر از پرتو الکترونی بود. **استنتاج:** مقایسه دزیمتریک دو روش نشان‌دهنده بهبود پوشش حجم هدف و دو شاخص CI و HI در استفاده از باریکه‌های فوتونی می‌باشد. با این حال، در بررسی دز رسیده به OAR، باریکه الکترونی مزیت کاهش دز به ارگان‌های در معرض خطر همانند قلب و ریه را داراست.

واژه‌های کلیدی: پرتودرمانی سرطان پستان، باریکه فوتونی، باریکه الکترونی، فاز دوم

مقدمه

یک میلیون مورد جدید به آمار مبتلایان افزوده می‌شود (۲). در کشور ما نیز بیش‌ترین عامل مراجعه زنان به مراکز رادیوتراپی، این نوع سرطان است. در حال حاضر

سرطان پستان یکی از شایع‌ترین بدخیمی‌ها (یک‌چهارم کل سرطان‌های زنان) در میان جمعیت زنان ۴۰ تا ۵۰ ساله در کل دنیا می‌باشد (۱) و هر ساله حدود

E-mail: d.seifi@mazums.ac.ir

مؤلف مسئول: دانیال سیفی ماکرانی - ساری: کیلومتر ۱۷ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده پزشکی

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

۲. استادیار، گروه آموزشی بیوشیمی، بیوفیزیک و ژنتیک، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۳. کارشناس ارشد فیزیک پزشکی، گروه آموزشی بیوشیمی، بیوفیزیک و ژنتیک، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۴. دکتری تخصصی مهندسی پرتو پزشکی، بخش پرتودرمانی بیمارستان امام خمینی (ره)، ساری، ایران

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۸ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۸/۲/۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۴/۲

عموماً به منظور تحویل دز مناسب به محل تومور اولیه استفاده می‌شود (۲۰، ۱۹). همچنین برخی مطالعات استفاده از پرتو ایکس را به منظور رساندن دز مناسب به محل تومور مناسب دیده‌اند (۲۲، ۲۱). هدف از این مطالعه مقایسه پارامترهای دزیمتریک این دو روش در پرتودرمانی فاز دوم سرطان پستان می‌باشد. دز حداکثر، دز متوسط، شاخص همگنی، شاخص انطباق به منظور مقایسه پارامترهای کلینیکی حجم طراحی هدف (PTV) و ارگان‌های حساس در معرض خطر (OARs) به عنوان شاخص ارزیابی دزیمتریک استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

مطالعه تحلیلی حاضر، بر روی اطلاعات ذخیره شده مربوط به بیماران مبتلا به سرطان پستان پس از جراحی که به منظور پرتو درمانی به بیمارستان امام خمینی (ره) ساری در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ مراجعه نمودند، انجام شد. به علت عدم امکان اعمال درمان‌های متعدد بر بیماران، از اطلاعات ذخیره شده CT اسکن بیماران جهت شبیه‌سازی طرح‌های مختلف استفاده شده است. برای به دست آوردن اطلاعات بیماران و شبیه‌سازی مراحل درمان، از دستگاه CT سیمولاتور ساخت شرکت زیمنس موجود در بخش رادیوتراپی بیمارستان امام خمینی (ره) استفاده شد. با توجه به رابطه زیر برای برآورد حجم نمونه، در نهایت تعداد ۵۰ بیمار مبتلا به سرطان پستان با میانگین سنی ۴۵ سال کاندیدای پرتودرمانی کل پستان انتخاب شدند. در جدول شماره ۱ شاخص‌های آماری بیماران مورد مطالعه نشان داده شده است. لازم به ذکر است معیارهای ورود به طرح شامل سن بیش‌تر از ۱۸ سال، جراحی توده با حاشیه منفی، فاصله از خط وسط تا خط میانی زیربغلی بیش‌تر از ۲۵cm (جهت از بین رفتن هموژنیستی دوز در بافت) و درگیری غدد لنفاوی سوپراکلاویکل و زیر بغل پستان بودند. حجم نمونه در این مطالعه با توجه به فرمول زیر مقدار ۵۰ به دست آمد:

پرتودرمانی به عنوان بخشی از درمان استاندارد کمکی با هدف کاهش عود موضعی و بهبود بقاء بیماران، در بسیاری از موارد مرتبط با سرطان پستان کاربرد دارد (۴۳). در گذشته مرسوم‌ترین روش درمان سرطان پستان، برداشتن کل پستان درگیر بود. این عمل به منظور کاهش احتمال عود بیماری انجام می‌گردید. امروزه با پیشرفت‌هایی که در سیستم‌های تصویربرداری و ماموگرافی صورت گرفته است، سرطان پستان در مراحل اولیه قابل شناسایی بوده و تا حد امکان، کم‌تر از جراحی برداشت کامل پستان (ماستکتومی) استفاده می‌شود (۵). بهترین روش درمان استاندارد برای بیماران که در مراحل اولیه بیماری قرار دارند، جراحی حفظ پستان با برداشتن تومور (لامپکتومی) و به دنبال آن رادیوتراپی خارجی کل پستان می‌باشد (۸-۵). همچنین در مطالعات اخیر بر لزوم انجام پرتودرمانی فاز دوم (تکنیک boost) در درمان سرطان پستان بسیار تأکید شده است (۹-۱۲)، هرچند هنوز به طور واضح در مطالعات گذشته تکنیک استاندارد به منظور پرتودرمانی فاز دوم بیان نشده است. دلیل انجام پرتو درمانی فاز دوم، افزایش شانس نگهداری و حفاظت از پستان و جلوگیری از بازگشت دوباره سرطان در ناحیه قفسه سینه، پوست، زخم ناحیه ماستکتومی و غدد پیرامون آن شامل غدد جانبی (Axillary nodes)، غدد بالای قفسه سینه (Supraclavicular nodes)، غدد درونی پستان (Internal mammary nodes) و افزایش طول عمر است (۱۳، ۱۴). از مهم‌ترین اندام‌های بحرانی در پرتودرمانی سرطان پستان که احتمال تابش‌گیری آن‌ها بسیار است، قلب و ریه هستند (۱۵، ۱۶). در مورد ریه عوارضی مانند پنومونیت و فیروز ریوی شایع است و در مورد قلب نیز فیروز میوکارد می‌تواند به صورت اختلالات هدایتی در قلب رخ دهد که این اختلال با مقدار دز اشعه بسیار مرتبط است (۱۷، ۱۸). استفاده از باریکه الکترونی (EB) با توجه به ایجاد دز همگن در حجم هدف و کاهش تحویل دز به بافت‌های عمقی،

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

جدول شماره ۱: شاخص‌های آماری اصلی بیماران مورد مطالعه

شاخص	تعداد بیماران (درصد)
سن	۴۵-۷۹ (۲۴-۴۵) سال
محل توده	
سمت چپ	۳۷ (۷۴)
سمت راست	۱۳ (۲۶)
کلیپس جراحی	
بله	۳۵ (۷۰)
خیر	۱۵ (۳۰)
موقعیت لامپکتومی	
بیرون بالا	۱۱ (۲۲)
بیرون پایین	۹ (۱۸)
درون بالا	۱۳ (۲۶)
درون پایین	۱۷ (۳۴)

می‌باشد. در مورد سایر جهات همچون لترال ناحیه میداگریلاری، در جهت میانی از محل اتصال دنده‌ها و استرنوم، از قسمت روبرو تا ۵ میلی‌متر قبل از پوست و در نهایت از پشت، تمام بافت پستان به استثنای عضلات بزرگ و کوچک سینه‌ای و دنده‌ها را شامل می‌شود. به‌منظور تعریف ناحیه سوپراکلاویکل، این ناحیه به‌صورت حد بالایی سوپراکلاویکل (بین تیروئید و غضروف کریکوئید)، حد تحتانی سوپراکلاویکل (بین فضای بین دنده‌های دوم)، حد داخلی (عضله استرنوماستوئید) و حد میانی (یک سوم خارجی کلاویکل) تعیین شد.

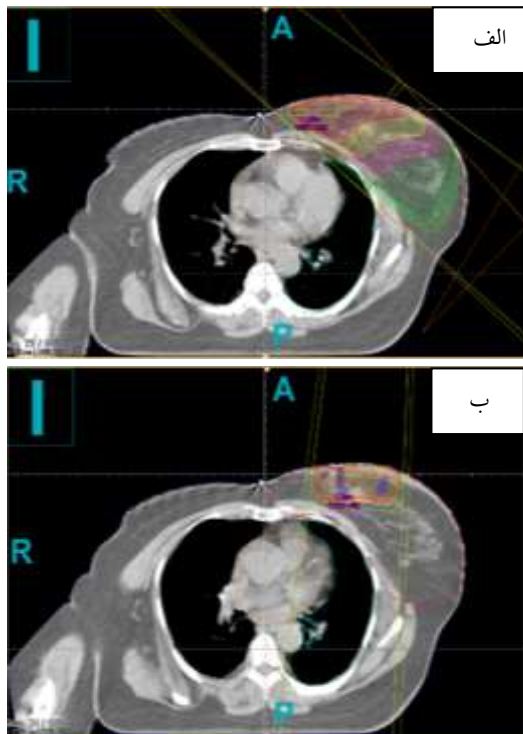
همان‌طور که ذکر شد ناحیه لامپکتومی شامل محل توده اولیه، با توجه به تصاویر قبل از جراحی بیمار و یا با مشاهده کلیپس جراحی، وایر و یا حتی فیروز در تصاویر بعد از جراحی بیمار همراه با یک حاشیه ۷ میلی‌متری در تمامی جهات مشخص شد. این ناحیه شامل مواردی مانند پوست و عضلات پستان، دنده، ریه و قلب نخواهد شد.

طراحی درمان

درمان دقیق و صحیح در رادیوتراپی یکی از مشکلات جدی برای درمان سرطان‌هاست. طراحی درمان این اطمینان را حاصل می‌کند که تومور حداکثر دز را دریافت کرده و بافت‌های نرمال که در مسیر پرتوهای پروتودرمانی قرار دارند نیز کم‌ترین میزان ممکن دز را دریافت خواهند داشت تا بیش‌ترین سود درمان که همان کنترل سرطان است با کم‌ترین عوارض درمان حاصل شود. طراحی درمان بیماران طی دو تکنیک درمان با باریکه‌های فوتونی و درمان با باریکه الکترون توسط سیستم طراحی درمان CorePlan به انجام رسید. این نرم‌افزار محاسبات دز دقیق بر پایه روش کانولوشن انجام می‌دهد و صحت این سیستم توسط صدها متخصص تأیید شده است (۲۳-۲۶). در روش اول، طراحی درمان شامل دو فیلد تانزانسیل کوچک، با

تعریف حجم هدف و ارگان‌های در معرض خطر

به‌منظور تهیه تصاویر Ct، تمامی بیماران در حالت خوابیده به پشت (Supine) قرار گرفتند. بدین‌صورت که دست سمت پستان درگیر با زاویه ۹۰ درجه و یا بیش‌تر بالای سر بیمار و دست دیگر به‌صورت موازی در کنار بدن قرار می‌گیرد. در این مطالعه، اسکن ناحیه توراکس تمامی بیماران با یک پروتوکول انجام شده و به‌منظور در نظر گرفتن کامل حجم هدف، پهنای برش هر اسلایس ۳mm می‌باشد که تعداد ۱۴۰ اسلایس برای هر بیمار در دسترس است. همچنین به‌منظور تشخیص صحیح‌تر محل لامپکتومی، مارک‌های رادیوپاک بر روی محل جراحی بیماران قرار گرفته تا در تصاویر بهتر مشخص شوند. پس از ثبت و ارسال تصاویر Ct بیماران به سیستم طراحی درمان CorePlan، بافت پستان به‌عنوان حجم هدف (PTV) و بافت‌های قلب، ریه همان سمت، ریه و پستان سمت راست به‌عنوان اندام‌های سالم در معرض خطر (OAR) براساس معیارهای Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) توسط پزشک متخصص پروتودرمانی کانتور گردید. بر اساس معیارهای RTOG، حجم کلینیکی هدف (CTV) شامل تمام بافت پستان می‌باشد که بنا بر تعریف ICRP50 و ICRP62 از بالا با شروع دنده دوم و از پایین تا قسمتی که در تصاویر Ct بافت پستان قابل مشاهده است،



تصویر شماره ۲: نمونه‌ای از طراحی درمان بیمار با توده در پستان چپ در دو روش. تصویر الف: درمان با باریکه‌های فوتونی، تصویر ب: درمان با باریکه الکترونی

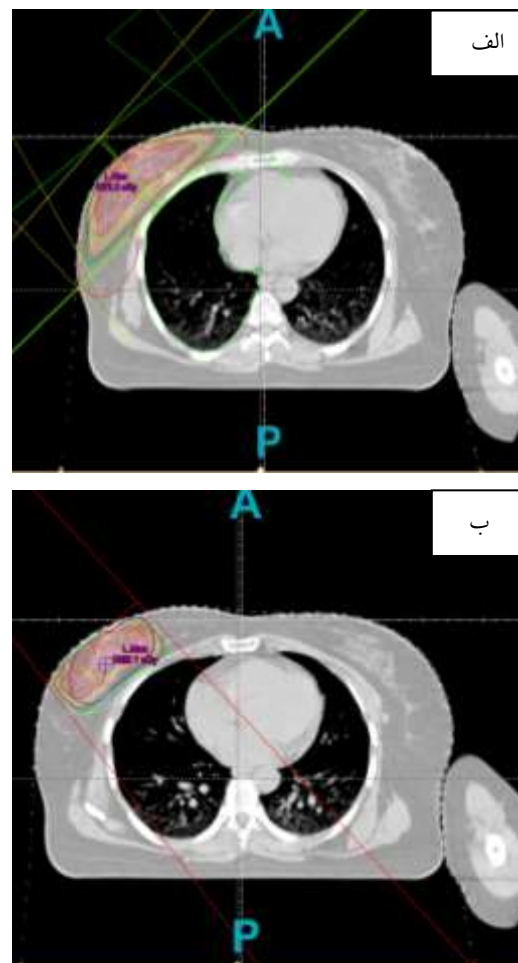
مقایسه طرح‌ها

به منظور ارزیابی ناحیه لامپکتومی، مقدار دز میانگین این ناحیه در تمامی بیماران، $V_{95\%}$ (حجمی از PTV که ۹۵ درصد از دز تجویزی را دریافت می‌کند) و $V_{107\%}$ (حجمی از PTV که ۱۰۷ درصد از دز تجویزی را دریافت می‌کند) که به منظور ارزیابی نقاط داغ استفاده می‌شود، شاخص انطباق (Confirmity index یا CI) و شاخص همگنی دز (Hemoginity index یا HI) مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهای ذکر شده با استفاده از نمودارهای DVH استخراج شدند.

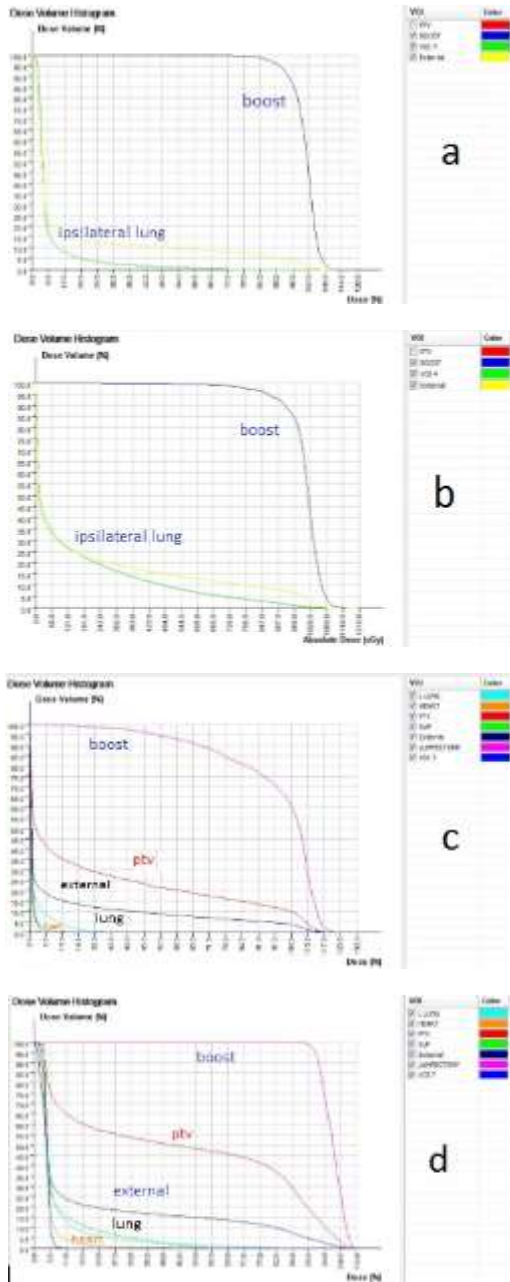
$$CI = \frac{V_{95\%}}{PTV} \quad (۲۷)$$

که منظور از $V_{95\%}$ ، مقدار حجمی است که ۹۵ درصد از دز تجویزی (۱۰ گری) را دریافت می‌کند. هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد ارزش بیش‌تری خواهد داشت.

انرژی ۶MV همراه با دو وج، جهت دیواره قفسه سینه با توجه به ارگان‌های در معرض خطر در نظر گرفته شده و در روش دوم باریکه الکترونی با انرژی‌های ۶MeV و گاهی ۹MeV (با توجه به عمق و پوشش PTV) به کار گرفته شد. مقدار دز کل رسیده به ناحیه لامپکتومی در هر دو روش ۱۰Gy بوده که طی ۵ فرکشن به ناحیه مورد نظر فرستاده شده است. لازم به ذکر است که برای تمامی ۵۰ بیمار مورد مطالعه، هر دو روش طراحی درمان استفاده شده تا بهترین پوشش ناحیه مربوطه با توجه به ارگان‌های حساس در معرض خطر به دست آید. تصویر شماره ۱ و ۲ نمونه‌ای از طراحی درمان به دو روش مذکور را نشان می‌دهد.



تصویر شماره ۱: نمونه‌ای از طراحی درمان بیمار با توده در پستان راست در دو روش. تصویر الف: درمان با باریکه‌های فوتونی، تصویر ب: درمان با باریکه الکترونی



تصویر شماره ۳: نمونه‌ای از منحنی DVH مربوط به طراحی‌های درمان. a و b: باریکه الکترونی و c و d: باریکه فوتونی. با توجه به تصویر، نمودار مربوط به لامپکتومی در باریکه‌های فوتونی نشان دهنده پوشش بهتر حجم هدف می‌باشد. حفظ ارگان‌های در معرض خطر توسط باریکه‌های الکترونی بطور قابل توجهی بهبود یافته است

یافته‌ها

نتایج به دست آمده از سیستم طراحی درمان برای دو گروه درمان با باریکه الکترونی و فوتونی به طور جداگانه محاسبه و باهم مقایسه شدند. جدول شماره ۱

$$HI = (D_{2\%} - D_{98\%}) / D_{50\%} \quad (28, 29)$$

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. همچنین برای بررسی میزان دز رسیده به ارگان‌های در خطر شامل قلب و ریه و پیش‌بینی عوارض ایجاد شده در آن‌ها کمیت‌های زیر در نظر گرفته شد. برای بررسی ریسک پرتوگیری قلب از منحنی DVH پارامترهای V_{1Gy} و V_{3Gy} استخراج گردید که به ترتیب درصدی از حجم قلب هستند که دز ۱ و ۳ گری را دریافت کرده بودند. لازم به ذکر است مقادیر محاسبه شده برای قلب فقط برای بیمارانی که مبتلا به سرطان پستان سمت چپ بودند به انجام رسید (۳۹ بیمار از ۵۰ بیمار). به منظور بررسی ریسک پرتوگیری ریه سمت درگیر، از پارامترهای V_{1Gy} و V_{3Gy} استفاده شد که به ترتیب حجم‌هایی از ریه سمت درگیر هستند که دزی معادل ۱ و ۳ گری را دریافت کرده بودند. به منظور دز رسیده به پوست در ناحیه لامپکتومی، پارامترهای V_{2Gy} و V_{8Gy} محاسبه شدند که به ترتیب درصدی از حجم تعریف شده از پوست هستند که دزی معادل ۲ و ۸ گری را دریافت کردند. علاوه بر پارامترهای فوق مقدار دز بیشینه (D_{max}) و دز میانگین (D_{mean}) نیز برای تمام ارگان‌های مورد بررسی استخراج گردید. به کمک دز میانگین، می‌توان دز دریافتی اندام‌ها را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل دزیمتری جهت مقایسه و تعیین پوشش حجم بافت در نظر گرفت. همچنین بررسی نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه مورد تجزیه و تحلیل کلینیکی و فیزیکی قرار گرفت. مقدار سطح معنی‌داری $P < 0.05$ در نظر گرفته شد. تصویر شماره ۳ نمونه‌ای از منحنی‌های DVH مربوط به بیمارانی نشان داده شده است.

قلب که دز ۱ گری و ۳ گری دریافت کرده و حجمی از ریه که دز ۱ گری و ۳ گری دریافت کرده و مقادیر مشابه برای دز پوست در ناحیه لامپکتومی را نشان می‌دهد. با توجه به این که پارامترهای V_{3Gy} قلب و V_{3Gy} ریه در پیش‌بینی ریسک بروز عوارض قلبی و ریوی ایجاد شده در اثر تابش‌گیری نقش مهمی دارند، این پارامترها برای بیماران مورد مطالعه در این جدول گزارش گردیده است.

جدول شماره ۳: دز رسیده به ارگان‌های در معرض خطر

ارگان	تعداد بیماران	شاخص	باریکه الکترونی	باریکه فوتونی
قلب	۳۹	دز بیشینه (گری)	۳۱۰۷±۲۶۷	۳۱۰۷±۲۶۷
		دز میانگین (گری)	۰/۲۸±۰/۱۱	۰/۵۷±۰/۱۰
		V_{1Gy} (درصد)	۸/۶۲±۱/۱۴	۲۵/۲۲±۳/۳۲
		V_{3Gy} (درصد)	۱/۳۳±۰/۵۵	۰/۹۱±۰/۱۵
ریه سمت درگیر	۵۰	دز بیشینه (گری)	۸/۴۴±۱/۴۹	۹/۱۲±۶/۵۷
		دز میانگین (گری)	۰/۶۱±۰/۱۷۲	۰/۸۴±۰/۱۱۴
		V_{1Gy} (درصد)	۱۵/۰۲±۲/۶۸	۲۴/۸۵±۳/۵۶
		V_{3Gy} (درصد)	۴/۱۸±۲/۸۹	۳/۱۸±۱/۹۷
پوست ناحیه لامپکتومی	۵۰	V_{2Gy} (درصد)	۱۰/۳۵±۱/۰۲	۲۷/۶۶±۲/۴۷
		V_{3Gy} (درصد)	۸/۳۴±۲/۱۹	۳/۱۶±۱/۴۳

بحث

به‌طور معمول، استفاده از باریکه الکترونی به‌طور گسترده به منظور درمان فاز دوم سرطان پستان استفاده می‌شود زیرا باریکه الکترونی دارای مزایای انکارناپذیری است نظیر یکپارچگی دز در حجم هدف و کاهش شدید دز با افزایش عمق. با این حال، باریکه الکترونی دارای محدودیتهایی نیز هست، که توسط بعضی از محققین نیز به آن اشاره شده است. Kovac و همکاران بیان نمودند که پوشش هدف و مقدار انطباق در باریکه‌های الکترونی پایین‌تر از باریکه‌های فوتونی است (۲۱). Toscas و همکاران به این نتیجه رسیدند که تنها توده‌های سطحی می‌توانند توسط باریکه‌های الکترونی به‌خوبی درمان شوند (۳۰). ایشان اظهار داشتند که باریکه الکترونی پراثرتری می‌تواند به‌طور مطلوب حجم هدف را پوشش دهد در حالی که به‌طور هم‌زمان پوست، قلب، پستان و ریه‌ها دز زیادی دریافت خواهند

اطلاعات بیماران شامل سن، موقعیت توده و وجود یا عدم وجود کلیس جراحی را نشان می‌دهد. تعداد ۵۰ بیمار با مشخصات پیش‌گفت وارد مطالعه شدند که میانگین سن بیماران به‌طور دقیق برابر با ۴۶/۲ سال بود. دز میانگین دریافتی اندام‌ها را می‌توان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل دزیمتری جهت مقایسه و تعیین پوشش حجم بافت در نظر گرفت. دز میانگین تک‌تک حجم‌ها، بعد از طراحی درمان و با استفاده از نمودار توزیع دز-حجم (DVH)، برای هر کدام از طرح‌های بیماران به دست آمد و طبق جدول شماره ۲ گزارش گردید. طبق اطلاعات موجود در جدول شماره ۲، دز میانگین ناحیه لامپکتومی در باریکه الکترونی نسبت به روش استفاده از باریکه فوتونی مقدار بیش‌تری می‌باشد. در روش باریکه الکترونی، حدود ۸۶/۲۷ درصد از حجم ناحیه لامپکتومی دز بالای ۹۵ درصد دریافت شده که در روش فوتونی، ۹۷/۴۲ درصد از حجم لامپکتومی حداقل دز ۹۵ درصد دریافت کرده است.

جدول شماره ۲: دز رسیده به ناحیه لامپکتومی

شاخص	باریکه الکترونی	باریکه فوتونی
دز میانگین (گری)	۹/۱۲±۴/۱۸	۱۰/۰۲±۳/۶۱
شاخص انطباق CI	۰/۹۳±۰/۰۱	۰/۹۶±۰/۰۲
شاخص همگنی HI	۰/۲۲±۰/۰۱	۰/۱۴±۰/۰۲
$V_{95\%}$ (%)	۸۶/۲۷±۹/۶۶	۹۷/۴۲±۹/۰۵
$V_{107\%}$ (%)	۱۱/۴۵±۷/۹۲	۰/۴۱±۷/۳۲

همگنی و یکنواختی دز در حجم هدف

شاخص‌های همگنی و انطباق در جدول شماره ۲ قابل مشاهده است. در این جدول توزیع دز در ناحیه لامپکتومی برای دو گروه درمان با باریکه الکترونی و فوتونی نشان داده شده که نتایج به دست آمده برای این دو گروه بیانگر آن است که هر دو شاخص انطباق و همگنی در باریکه فوتونی بهتر خواهد بود. این تفاوت‌ها در CI و HI از نظر آماری نیز معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$).

اندام‌های بحرانی

جدول شماره ۳ اطلاعات مربوط به دز رسیده به ارگان‌های در معرض خطر را نمایش می‌دهد. حجمی از

کرد. Alexander و همکاران گزارش کردند که اگر از الکترون‌های پرانرژی برای درمان استفاده شود، ارگان‌های حساس در معرض خطر دز بالایی دریافت خواهند کرد (۳۱). مقدار ضرایب CI و HI در حجم هدف فاکتورهای مهمی به منظور ارزیابی تکنیک‌های پرتودرمانی می‌باشند که می‌توانند فاکتورهای بااهمیتی در زمینه زیایی برای بیماران سرطان پستان تلقی شوند. در مطالعه‌ای که توسط Van Parijs، به منظور بررسی پرتودرمانی فاز دوم سرطان پستان انجام شد، نشان داده شد که بهترین CI در تکنیک‌های پرتودرمانی آرک (چرخشی) به دست خواهد آمد (۳۲). این مطالعه همچنین نشان داد که مقدار $V_{95\%}$ در استفاده از باریکه فوتونی بسیار بالاتر از باریکه الکترونی است که با نتایج مطالعه حاضر نیز مطابقت دارد. در مطالعه مذکور مقدار فاکتور CI نیز بین دو روش مورد مقایسه قرار گرفت که در نهایت به این نتیجه رسیدند که ضریب تطابق در باریکه الکترونی نسبت به باریکه فوتونی بهتر است. در مطالعه‌ای که توسط Park و همکارانش انجام شد نشان دادند که هر دو شاخص CI و HI در باریکه‌های فوتونی نسبت به باریکه الکترونی برتری دارد که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (۳۳). با توجه به نتایج جدول شماره ۲ برای دو روش در پرتودرمانی فاز دوم سرطان پستان به نظر می‌رسد به دلیل بالا بودن شاخص‌های تطابق و همگنی در روش فوتون تراپی نسبت به الکترون تراپی کنترل موضعی تومور در این روش بهتر بوده و احتمال عود بیماری نیز کم‌تر خواهد بود (0.14 ± 0.02) در مقابل (0.22 ± 0.01). حفاظت از قلب در پرتودرمانی سرطان پستان از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. مطالعات طولانی مدت نشان داده است که در میان بیماران مبتلا به سرطان پستان که تحت پرتودرمانی قرار گرفتند، مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی و سرطان ریه به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است؛ بنابراین، مزیت درمان بیماران پس از پرتودرمانی ممکن است با افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و سرطان

در مراحل اولیه تحت تأثیر قرار گیرد. با بررسی که بر روی شاخص‌های دزیمتری در نواحی ریه و قلب برای این دو روش درمان بر روی نمونه‌ها صورت گرفت، مشخص شد که سمیت ناشی از پرتودرمانی با الکترون برای بافت‌های نرمال کم‌تر بوده و عوارض ناشی از درمان با این روش نسبت به فوتون تراپی کم‌تر خواهد بود. این موضوع به خوبی در جداول شماره ۳ و ۴ نیز دیده می‌شود به‌نحوی که دز (شامل دز بیشینه، دز میانگین، $VIGy$ (درصد) ارگان‌های مثل ریه و قلب در الکترون تراپی نسبت به فوتون تراپی کم‌تر بوده و این ارگان‌ها کم‌تر در معرض تابش با دزهای بالا قرار می‌گیرند. لذا این مطالعه نشان داده است که درمان با باریکه الکترونی مزیت کاهش دز به ارگان‌های در معرض خطر همانند قلب و ریه را داراست که می‌تواند در تصمیم‌گیری درمان بیماران نقش بسزایی دارا باشد. با توجه به این که پوست ناحیه لامپکتومی نیز در روش الکترون تراپی دز کم‌تری دریافت می‌کند، عوارض ثانویه ناشی از پرتوگیری پوست نیز در این روش کم‌تر خواهد بود.

مطالعه نشان داده هر دو روش استفاده از باریکه‌های الکترونی و فوتونی می‌توانند برای پیشگیری از عود مجدد تومور در بیماران پس از لامپکتومی استفاده شوند. با توجه به نتایج، باریکه فوتونی، از لحاظ شاخص‌های دزیمتریک ناحیه هدف، می‌تواند گزینه‌ای بهتر از الکترون تلقی شود، با توجه به این واقعیت که پوشش PTV و شاخص‌های تطابق و همگنی با فوتون برتر بودند. مزیت درمان با باریکه الکترونی دز دریافتی کم‌تر ارگان‌های نرمال و کاهش مشکلات پوستی در بیماران است، بنابراین در مراکز که روش پرتودرمانی الکترونی در دسترس نیست، استفاده از باریکه فوتونی می‌تواند به‌طور مؤثری برای درمان فاز دوم استفاده شود.

سپاسگزاری

کد اخلاق این مقاله IR.MAZUMS.REC.1397.2770 می‌باشد. بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی

در انجام این مطالعه ما را یاری نمودند نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

دانشگاه علوم پزشکی مازندران، پرسنل محترم بخش پرتودرمانی بیمارستان امام (ره) ساری و تمام کسانی که

References

- Halperin EC, Brady LW, Perez CA, Wazer DE. Perez & Brady's principles and practice of radiation oncology. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
- Prabhakar R, Rath G, Julka P, Ganesh T, Joshi R, Manoharan N. Breast dose heterogeneity in CT-based radiotherapy treatment planning. *J Med Phys* 2008; 33(2): 43-48.
- Kronowitz SJ, Robb GL. Radiation therapy and breast reconstruction: a critical review of the literature. *Plast Reconstr Surg* 2009; 124(2): 395-408.
- Pourfallah TA, Allahverdi M, Alam NR, Ay MR, Zahmatkesh MH. Differential dose volume histograms of Gamma Knife in the presence of inhomogeneities using MRI-polymer gel dosimetry and MC simulation. *Med Phys* 2009; 36(7): 3002-3012.
- Darby S, McGale P, Correa C, Taylor C, Arriagada R, Clarke M, et al. Effect of radiotherapy after breast-conserving surgery on 10-year recurrence and 15-year breast cancer death: meta-analysis of individual patient data for 10 801 women in 17 randomised trials. *Lancet* 2011; 378(9804): 1707-1716.
- Veronesi U, Cascinelli N, Mariani L, Greco M, Saccozzi R, Luini A, et al. Twenty-year follow-up of a randomized study comparing breast-conserving surgery with radical mastectomy for early breast cancer. *N Engl J Med* 2002; 347(16): 1227-1232.
- Veronesi U, Marubini E, Mariani L, Galimberti V, Luini A, Veronesi P, et al. Radiotherapy after breast-conserving surgery in small breast carcinoma: long-term results of a randomized trial. *Ann Oncol* 2001; 12(7): 997-1003.
- Park CC, Mitsumori M, Nixon A, Recht A, Connolly J, Gelman R, et al. Outcome at 8 years after breast-conserving surgery and radiation therapy for invasive breast cancer: influence of margin status and systemic therapy on local recurrence. *J Clin Oncol* 2000; 18(8): 1668-1675.
- Bantema-Joppe EJ, Schilstra C, de Bock GH, Dolsma WV, Busz DM, Langendijk JA, et al. Simultaneous integrated boost irradiation after breast-conserving surgery: physician-rated toxicity and cosmetic outcome at 30 months' follow-up. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2012; 83(4): e471-e77.
- Reitsamer R, Peintinger F, Kopp M, Menzel C, Kogelnik HD, Sedlmayer F. Local recurrence rates in breast cancer patients treated with intraoperative electron-boost radiotherapy versus postoperative external-beam electron-boost irradiation. *Strahlenther Onkol* 2004; 180(1): 38-44.
- Romestaing P, Lehingue Y, Carrie C, Coquard R, Montbarbon X, Ardiat J-M, et al. Role of a 10-Gy boost in the conservative treatment of early breast cancer: results of a randomized clinical trial in Lyon, France. *J Clin Oncol* 1997; 15(3): 963-968.
- McDonald MW, Godette KD, Whitaker DJ, Davis LW, Johnstone PA. Three-year outcomes of breast intensity-modulated radiation

- therapy with simultaneous integrated boost. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010; 77(2): 523-530.
13. Whelan TJ, Pignol J-P, Levine MN, Julian JA, MacKenzie R, Parpia S, et al. Long-term results of hypofractionated radiation therapy for breast cancer. *N Engl J Med* 2010; 362(6): 513-520.
 14. Polgár C, Fodor J, Major T, Orosz Z, Németh G. The role of boost irradiation in the conservative treatment of stage I-II breast cancer. *Pathol Oncol Res* 2001; 7(4): 241-250.
 15. Khan FM, Gibbons JP, Sperduto PW. Khan's Treatment Planning in Radiation Oncology. 4thed. Philadelphia, LWW; 2016.
 16. Ghasemi A, Allahverdi Pourfallah T, Akbari M. The Effect of Non-carbon Fiber Base Plates on Skin Dose Increase in Radiotherapy of Breast Cancer Using Gaf-Chromic Films. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2015; 24(122): 339-344 (Persian).
 17. Blom Goldman U, Svane G, Anderson M, Wennberg B, Lind P. Long-term functional and radiological pulmonary changes after radiation therapy for breast cancer. *Acta Oncol* 2014; 53(10): 1373-1379.
 18. Wen G, Tan YT, Lan XW, He ZC, Huang JH, Shi JT, et al. New Clinical Features and Dosimetric Predictor Identification for Symptomatic Radiation Pneumonitis after Tangential Irradiation in Breast Cancer Patients. *J Cancer* 2017; 8(18): 3795-3802.
 19. Sedlmayer F, Reitsamer R, Wenz F, Sperk E, Fussl C, Kaiser J, et al. Intraoperative radiotherapy (IORT) as boost in breast cancer. *Radiat Oncol* 2017; 12(1): 23.
 20. Yuen CY, Au WL, Chan WL, Yiu YT, Law YY, Wong TL. Dosimetric comparison of simultaneous integrated boost versus concomitant electron boost in radiotherapy treatment of breast cancer. *J Radiother Pract* 2017; 16(3): 334-341.
 21. Kovacs A, Hadjiev J, Lakosi F, Glavak C, Antal G, Bogner P, et al. Comparison of photon with electron boost in treatment of early stage breast cancer. *Pathol Oncol Res* 2008; 14(2): 193-197.
 22. Nguyen K, Mackenzie P, Allen A, Dreosti M, Morgia M, Zissiadis Y, et al. Breast interest group faculty of radiation oncology: Australian and New Zealand patterns of practice survey on breast radiotherapy. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2017; 61(4): 508-516.
 23. Jung J, Cho W, Lee J, Suh T, editors. The Experimental Verification of Collapsed Cone Convolution Algorithm for Dose Calculation in Radiation Treatment Planning System. World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering; 2012 May 26-31. Beijing, China; Springer, 2013.
 24. Baghani H, Aghamiri S, Gharaati H, Mohammadi M, Daghigh SH, editors. Treatment Planning Verification in Craniospinal Radiotherapy. World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering; 2012 May 26-31, Beijing, China; Springer, 2013.
 25. Jung JY, Cho W, Kim MJ, Lee JW, Suh TS. Evaluation of Beam Modeling Using Collapsed Cone Convolution Algorithm for Dose Calculation in Radiation Treatment Planning System. *Korean J Med Phys* 2012; 23(3): 188-198.
 26. Chang J, Lee D, Suh TS. Development of a deformable lung phantom for the evaluation of deformable registration. *J Appl Clin Med Phys* 2010; 11(1): 3081.
 27. Feuvret L, Noël G, Mazon JJ, Bey P. Conformity index: a review. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006; 64(2): 333-342.

28. 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. *TCR* 2017; 6(5): 929-939.
29. Arthurs M, Gillham C, O'Shea E, McCrickard E, Leech M. Dosimetric comparison of 3-dimensional conformal radiation therapy and intensity modulated radiation therapy and impact of setup errors in lower limb sarcoma radiation therapy. *Pract Radiat Oncol* 2016; 6(2): 119-125.
30. Toscas JI, Linero D, Rubio I, Hidalgo A, Arnalte R, Escudé L, et al. Boosting the tumor bed from deep-seated tumors in early-stage breast cancer: a planning study between electron, photon, and proton beams. *Radiother Oncol* 2010; 96(2): 192-198.
31. Alexander A, Soisson E, Hijal T, Sarfehnia A, Seuntjens JJR, Oncology. Comparison of modulated electron radiotherapy to conventional electron boost irradiation and volumetric modulated photon arc therapy for treatment of tumour bed boost in breast cancer. *Radiother Oncol* 2011; 100(2): 253-258.
32. Van Parijs H, Reynders T, Heuninckx K, Verellen D, Storme G, De Ridder MJRO. Breast conserving treatment for breast cancer: dosimetric comparison of different non-invasive techniques for additional boost delivery. *Radiat Oncol* 2014; 9(1): 36.
33. Park SH, Kim JC. Comparison of electron and x-ray beams for tumor bed boost irradiation in breast-conserving treatment. *J Breast Cancer* 2013; 16(3): 300-307.