

بررسی اثر ایمپلنت های دندانی بر توزیع دوز رادیوتراپی به روش مونت کارلو

فاطمه سیف (PhD)^۱، تهمینه سیف (MSc)^{۲*}، میترا اطهری (PhD)^۳، محمدرضا بیاتانی (PhD)^۱، صدف باقری (MSc)^۲

۱- گروه رادیوتراپی و فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران

۲- گروه مهندسی هسته ای، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران، تهران، ایران

۳- گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه اراک، اراک، ایران

دریافت: ۹۶/۱۰/۲۵، اصلاح: ۹۶/۱۲/۲۸، پذیرش: ۹۷/۲/۱۷

خلاصه

سابقه و هدف: با توجه به وجود ارگان های مهم در ناحیه سر و گردن، درمان تومورهایی که در این ناحیه قرار دارند، بسیار حائز اهمیت است. از آنجائیکه وجود ایمپلنت های دندانی می تواند توزیع دوز رادیوتراپی را در منطقه تحت درمان دچار اختلال کند. لذا این مقاله به منظور، بررسی اثر جنس و ابعاد ایمپلنت های دندانی بر توزیع دوز رادیوتراپی به روش مونت کارلو انجام شد.

مواد و روش ها: در این مطالعه، دستگاه شتاب دهنده خطی varian 2100C/D با انرژی ۶MV به وسیله کد مونت کارلو MCNPX شبیه سازی گردید. ایمپلنت های دندانی استوانه ای به طول ۱/۵cm و قطر ۱/۴cm و ایمپلنت استوانه ای به طول ۱/۳cm و قطر ۱/۷cm از جنس های تانتالیوم، steel stain less 316l، زیر کونیوم اکسید، آلیاژ تیتانیوم، آلومینیوم اکسید و polytetrafluorethylen به برنامه شبیه سازی اضافه شدند. جهت بررسی صحت و دقت شبیه سازی، نتایج درصد دوز عمقی و پروفایل های دوز به دست آمده از شبیه سازی با مقادیر تجربی مقایسه شدند.

یافته ها: ایمپلنت دندانی با ابعاد بزرگتر افزایش دوز حداکثر ۵/۸۲٪، ۵/۰۳٪، ۴/۸۳٪، ۴/۴۲٪، ۳/۸۱٪ و ۳/۵۴٪ برای هر شش جنس ماده نام برده شده در فصل مشترک ایمپلنت با بافت و تغییرات بزرگتری را نسبت به ایمپلنت کوچکتر نشان داد و جنس تانتالیوم بیشترین ناهمگونی را نسبت به دیگر مواد ایجاد کرد.

نتیجه گیری: بر اساس نتایج این مطالعه، تاثیر ایمپلنت های دندانی بر توزیع دوز رادیوتراپی به جنس و سطح مقطع آنها بستگی دارد.

واژه های کلیدی: توزیع دوز رادیوتراپی، شبیه سازی مونت کارلو، ایمپلنت دندانی.

مقدمه

به علت وجود ارگانهای حساس و مهم در ناحیه سر و گردن، بررسی دقیق توزیع دوز رادیوتراپی در این نواحی بسیار مهم است. از طرفی وجود مواد جاذب اشعه مانند ایمپلنت های دندانی می تواند توزیع دوز رادیوتراپی را در این نواحی دچار اختلال کند (۱). سرطان می تواند نزدیک ایمپلنت های دندانی اتفاق بیفتد که از جمله آنها می توان به تومورهای بدخیم در ناحیه نازوفارنکس، حفره دهانی و... اشاره نمود (۲). وجود ایمپلنت های دندانی می تواند روی مقدار دوز رسیده به ناحیه تومور اثر بگذارد. این اثر علاوه بر انرژی پرتو به نوع، اندازه، و جنس آنها بستگی دارد (۳). در مطالعه catli Serap و همکارانشان، اثر ایمپلنت های دندانی مختلفی بر دوز بررسی شد و نتایج نشان داد که ایمپلنت از جنس آلیاژ تیتانیوم کمترین ناهمگونی دوز را در فصل مشترک ایمپلنت با بافت ایجاد کرده که علت این امر کمتر بودن چگالی و عدد اتمی آلیاژ تیتانیوم نسبت به سایر مواد به کار

برده شده بود (۴). در پژوهش kwo- ping chang و همکارانشان مشاهده کردند که هر چه عدد اتمی و چگالی ماده مورد نظر بیشتر باشد، افزایش دوز در مرز مشترک ایمپلنت با بافت بیشتر می شود (۵). از فلزات و آلیاژهای مختلفی از جمله تانتالیوم، Steel stain less 316l، زیرکونیوم اکسید، آلیاژ تیتانیوم، آلومینیوم اکسید و Polytetrafluorethylen در ساخت ایمپلنت های دندانی استفاده می شود. تحقیقات نشان داده است که حضور ایمپلنت های دندانی با عدد اتمی و چگالی بالا در فیلدهای درمانی، به عنوان یک ناهمگنی بر توزیع دوز تاثیر می گذارد (۶-۸). یکی از مسائل مهم در درمان با پرتوهای فوتونی در رادیوتراپی، تعیین دقیق میزان دوز دریافتی و مطابقت آن با دوز تجویزی می باشد که با وجود ناهمگنی (وجود ایمپلنت دندانی) در مسیر پرتو، این تطابق کاهش می یابد (۹). یکی از روش های مناسب برای بررسی توزیع دوز رادیوتراپی، شبیه سازی مونت

این مقاله حاصل پایان نامه تهمینه سیف دانشجوی رشته مهندسی هسته ای و طرح تحقیقاتی به شماره ۲۶۷۲ دانشگاه علوم پزشکی اراک می باشد.

* مسئول مقاله: تهمینه سیف

آدرس: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، گروه مهندسی هسته ای. تلفن: ۰۲۱-۴۴۸۶۵۱۵۴

E-mail: t.seif122@gmail.com

مراحل بعد ایمپلنت های با جنسها و اندازه های مختلف که امکان دزیمتری عملی آنها در بدن وجود ندارد شبیه سازی گردید.

شبیه سازی فانتوم همراه با ایمپلنت دندان: در مرحله دوم، دو ابعاد مختلف ایمپلنت و شش نوع ماده و آلیاژ متفاوت که برای ساخت آنها استفاده می شود در نظر گرفته شد. در مورد اول، ایمپلنتی استوانه ای شکل به طول ۱/۵cm، شعاع ۰/۲cm و در مورد دوم ایمپلنتی استوانه ای شکل به طول ۱/۳cm، شعاع ۰/۳۵cm از جنس تانتالیوم، Steel stain less 316l، زیرکونیوم اکسید، آلیاژ تیتانیوم، آلومینیوم اکسید و Polytetrafluorethylene شبیه سازی شدند. درصد دوز عمقی و پروفایل دوز در عمق ۳cm در راستای محور X در فانتوم آب دارای ایمپلنت در $SSD = 100\text{ cm}$ و میدان $10 \times 10\text{ cm}^2$ محاسبه و نتایج محاسبات به دست آمده از شبیه سازی، در هر دو حالت، با و بدون حضور ایمپلنت مقایسه شد.

برای انجام محاسبات از تالی $f8^*$ استفاده شد و تعداد 10^6 ذره شبیه سازی شد. تعداد ذرات با استفاده از روش variance reduction محاسبه گردید. خطای محاسباتی توسط نرم افزار شبیه سازی محاسبه و در پایان هر اجرا و برای هر سلول اعلام گردید که زیر ۲٪ بود. از آزمون دو جمله ای جهت مقایسه پارامترهای کیفی بین دزیمتری و شبیه سازی و از t تست جهت پارامترهای کمی استفاده شد و $p < 0.05$ معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته ها

منحنی های درصد دوز عمقی و پروفایل های دوز محاسبه شده به روش مونت کارلو با مقادیر اندازه گیری شده در دزیمتری، انجام شد.

محاسبات تغییرات دوز ناشی از ایمپلنت های دندان در فانتوم آب: توزیع دوز در فانتوم آب با و بدون حضور ایمپلنت های دندان با شش جنس مختلف بررسی شد. با توجه به مقادیر درصد دوز عمقی برای ایمپلنت استوانه ای شکل به طول ۱/۵cm و شعاع ۰/۲cm، افزایش دوز حداکثر ۵/۴٪، ۳/۲٪، ۲/۷۲٪، ۲/۲۹٪، ۲/۱۱٪ و ۱٪ و کاهش دوز ۳۰/۲۹٪، ۴/۷۳٪، ۴/۳۶٪، ۱/۷۵٪، ۰/۶۵٪ و ۰/۶۲٪ برای ایمپلنت های فلزی از جنس تانتالیوم، Steel stain less 316l، زیرکونیوم اکسید، آلیاژ تیتانیوم، آلومینیوم اکسید و polytetrafluorethylene مشاهده شد.

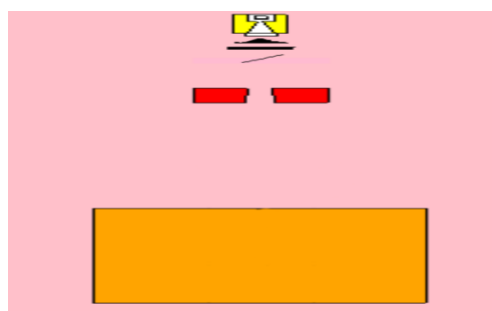
بیشترین کاهش دوز بر اساس مقادیر پروفایل های دوز، ۱۳/۲۹٪، ۴/۵۴٪، ۳/۹۹٪، ۲/۸۴٪، ۲/۸٪ و ۲/۷۸٪ به ترتیب برای هر شش جنس به دست آمد. همچنین مقادیر درصد دوز عمقی برای ایمپلنت استوانه ای شکل به طول ۱/۳cm و شعاع ۰/۳۵cm، افزایش حداکثر دوز ۵/۸۲٪، ۵/۰۳٪، ۴/۸۳٪، ۴/۴۲٪، ۳/۸۱٪ و ۳/۵۴٪ و کاهش دوز ۶۶/۹۴٪، ۳۱/۶۶٪، ۲۸/۳۳٪، ۲۲/۶۸٪، ۱۴/۵٪ و ۱۰/۰۹٪ برای هر شش جنس مشاهده شد.

بیشترین کاهش دوز براساس مقادیر پروفایل های دوز، ۱۴/۵٪، ۷/۵۶٪، ۶/۰۷٪، ۵/۱۲٪، ۵/۰۸٪ و ۳/۹۱٪ به ترتیب برای هر شش جنس مختلف ایمپلنت به دست آمد. یافته های این پژوهش نشان داد، که تأثیر ایمپلنت دندان بر توزیع دوز، تابع پیچیده ای از جنس و ابعاد ایمپلنت است. هرچه عدد اتمی ماده به کار رفته در ایمپلنت بزرگتر و ابعاد بزرگتر باشد ناهمگونی دوز نیز بیشتر می شود و بایستی در محاسبات طراحی درمان بیمار لحاظ گردد (نمودار ۶-۱).

کارلو می باشد که نتایج قابل قبولی برای محاسبه و بررسی دوز جذبی در رادیوتراپی می دهد (۱۰). از آنجاکه برای درمان تومورهای ناحیه گردن معمولاً از انرژی ۶ MV استفاده می شود در این مطالعه شبیه سازی در این انرژی فوتونی انجام شده است. از آنجاکه وجود ایمپلنت سبب تغییر در دوز رادیوتراپی می شود لذا این تغییرات بایستی در طراحی درمان بیمار محاسبه و لحاظ شود. هدف از این تحقیق بررسی اثر ایمپلنت های دندان با جنسها و اندازه های مختلف بر توزیع دوز رادیوتراپی تومورهای ناحیه سر و گردن به روش مونت کارلو و همچنین بررسی دقیق توزیع دوز در اطراف ایمپلنت های دندان می باشد.

مواد و روش ها

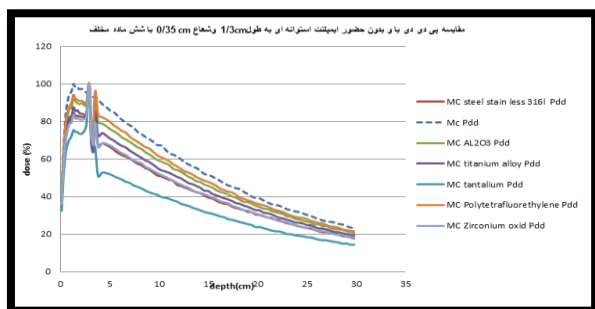
در این تحقیق سر درمانی دستگاه رادیوتراپی varian 2100C/D با استفاده از اطلاعات سازنده دستگاه به طور دقیق و با استفاده از نرم افزار MCNPX شبیه سازی شد. اجزای اصلی سر شتاب دهنده خطی برای فوتون با انرژی ۶MV شامل: چشمه الکترون، هدف، کولیماتور اولیه، پنجره خلاء، فیلتر مسطح کننده، اتاقک یونیزاسیون، آینه و کولیماتورهای ثانویه می باشد. به دلیل نزدیک بودن عدد اتمی آب با بافت بدن انسان فانتوم آب معادل بدن انسان در نظر گرفته شد، مکعبی به ابعاد $50 \times 50 \times 50\text{ cm}^3$ شبیه سازی و در قسمت پایینی سر دستگاه رادیوتراپی قرار گرفت.



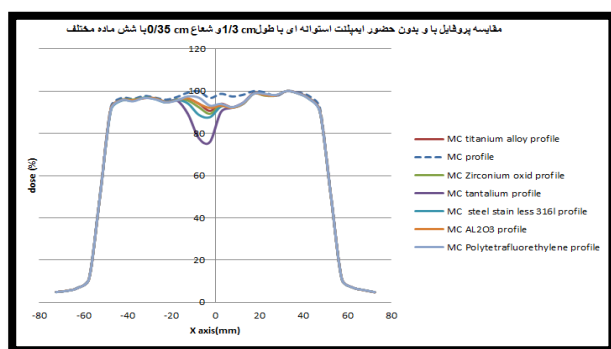
شکل ۱. اجزای سر شتاب دهنده خطی varian 2100C/D شبیه سازی شده توسط کد MCNPX

دستگاه در مد فوتونی با انرژی ۶MV برای میدان $10 \times 10\text{ cm}^2$ شبیه سازی شد. انرژی قطع برای الکترون و فوتون به ترتیب ۰/۵۱۱ MeV و ۰/۰۱ MeV لحاظ شد. در تعریف چشمه الکترون برای دستگاه شتاب دهنده خطی از یک تابع توزیع گوسی استفاده شد.

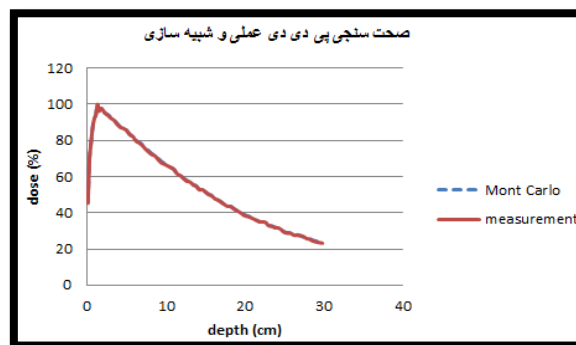
جهت اعتبار سنجی مدل شبیه سازی از شتاب دهنده، منحنی درصد دوز عمقی در $SSD = 100\text{ cm}$ و میدان $10 \times 10\text{ cm}^2$ و پروفایل های دوز در همان SSD و میدان، در عمق ۵ cm در یک فانتوم آب به ابعاد $50 \times 50 \times 50\text{ cm}^3$ توسط روش مونت کارلو محاسبه و با اطلاعات اندازه گیری شده در دزیمتری عملی مقایسه گردید. دزیمتری عملی با فانتوم آب سه بعدی به ابعاد $50 \times 50 \times 50\text{ cm}^3$ و همراه با اتاقک یونیزان استوانه ای (۱۳/CC) با شعاع داخلی ۰/۳ cm و حجم 13 cm^3 ساخت شرکت ScanditronixWellhofer انجام شد. پس از تطابق نتایج شبیه سازی و دزیمتری، از صحت شبیه سازی انجام شده اطمینان حاصل گردید و در



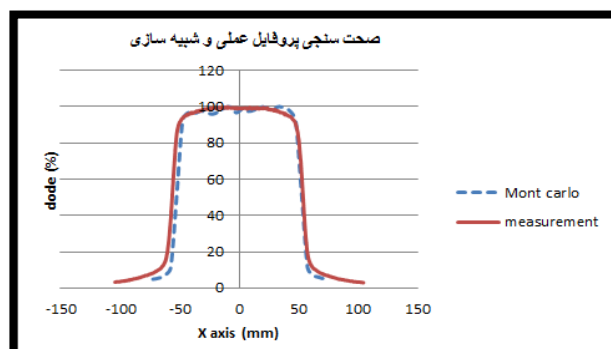
نمودار ۵. منحنی درصد دوز عمقی حاصل شبیه سازی با و بدون حضور ایمپلنت به طول ۱/۳cm و شعاع ۰/۳۵cm، با شش جنس مختلف



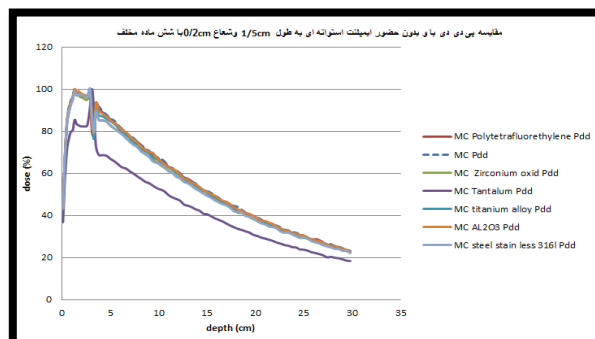
نمودار ۶. منحنی پروفایل دوز حاصل شبیه سازی با و بدون حضور ایمپلنت به طول ۱/۳cm و شعاع ۰/۳۵cm با شش جنس مختلف



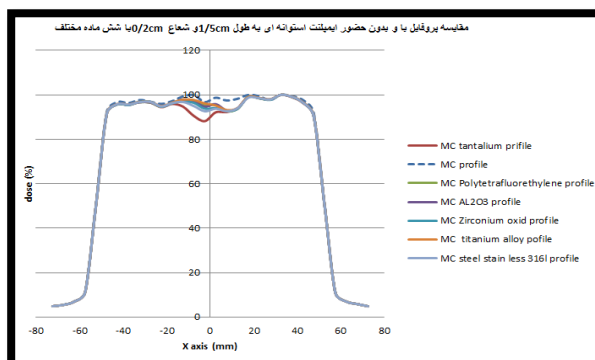
نمودار ۱. منحنی درصد دوز عمقی محاسبه شده توسط شبیه سازی و اندازه گیری شده توسط دزیمتری



نمودار ۲. پروفایل های محاسبه شده توسط شبیه سازی و اندازه گیری شده توسط دزیمتری



نمودار ۳. منحنی درصد دوز عمقی حاصل شبیه سازی با و بدون حضور ایمپلنت به طول ۱/۵cm و شعاع ۰/۲cm، با شش جنس مختلف



نمودار ۴. منحنی پروفایل دوز حاصل شبیه سازی با و بدون حضور ایمپلنت به طول ۱/۵cm و شعاع ۰/۲cm، با شش جنس مختلف

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق تاثیر جنس، نوع و ابعاد ایمپلنت های دندانی بر توزیع دوز رادیوتراپی تاثیر داشتند به گونه ای که برای ایمپلتهای با جنس تانتالیوم و طول ۱/۳cm، شعاع ۰/۳۵cm این تاثیر قابل چشم پوشی نیست و بایستی در محاسبات طراحی درمان بیمار محاسبه شود. حضور ایمپلنت های فلزی در میدان های پرتودرمانی، سبب آشفته گی دوز در بافت های اطراف می شود. در صورتی که ناحیه سرطانی در مجاورت فلز قرار گیرد، آشفته گی هم به صورت افزایش و هم کاهش رخ خواهد داد. مقایسه توزیع دوز در فانتوم آب با ایمپلنت های دندانی نشان داد که کاهش دوز، ناشی از تضعیف پرتو توسط فلز در ناحیه انتهایی ایمپلنت و همچنین افزایش دوز در مرز بین فلز و بافت (فانتوم آب) در ورودی پرتو به فلز، ناشی از الکترون های پس پراکن شده ایجاد شده است. شدت اثر کاهش و افزایش دوز به چگالی، عدد اتمی و ابعاد ایمپلنت بستگی دارد. با افزایش ابعاد چگالی ایمپلنت، آشفته گی دوز در نواحی اطراف آن بیشتر می شود. در پژوهش Serapcatli و همکارانشان، ایمپلنت از جنس آلایز تیتانیوم در مرز مشترک ایمپلنت با بافت افزایش دوز ۶/۳٪ را نشان داد که کمتر از سایر مواد به کار برده در شبیه سازی ایمپلنت بود و علت این امر کمتر بودن چگالی و عدد اتمی آلایز تیتانیوم نسبت به سایر مواد به کار برده شده بود (۴). این نتایج با نتایج پژوهش ما همخوانی داشت. Russell wang و همکارانشان مشاهده کردند ایمپلنت از جنس آلایز تیتانیوم افزایش دوز ۲۷٪ را در سطح مشترک ایمپلنت با بافت ایجاد کرده است. مشاهده کردند که مواد با چگالی بالاتر ناهمگونی دوز بیشتری را ایجاد می کنند (۸)، همچنین این نتایج با نتایج پژوهش ما همخوانی داشت. با توجه به نتایج، استفاده از موادی که دارای چگالی پایین تری نسبت به بقیه هستند

تقدیر و تشکر

بدیتوسیله از آقای دکتر یاسر کاسه ساز جهت همکاری در این تحقیق تقدیر و تشکر می گردد.

مانند (polytetrafluorethylene) توصیه می شود. همچنین توصیه می شود به هنگام طراحی درمان بیمارانی که دارای ایمپلنت دندان هستند در صورت امکان، پرتو به گونه ای تابیده شود که ایمپلنت در مسیر تابش قرار نگیرد تا بتوان ناهمگونی دوز را به حداقل رساند.

Investigating the Effect of Dental Implants on Radiotherapy Dose Distribution Using Mont Carlo Approach

F. Seif (PhD)¹, T. Seif (MSc)^{*2}, M. Athari (PhD)², M.R. Bayatiyani (PhD)¹, S. Bagheri (MSc)³

1.Department of Radiotherapy and Medical Physics, Arak University of Medical Sciences, Arak, I.R.Iran

2.Department of Nuclear Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R.Iran

3.Department of Physics, Faculty of Basic Sciences, Arak University, Arak, I.R.Iran

J Babol Univ Med Sci; 20(8); Aug 2018; PP: 56-61

Received: Jan 15th 2018, Revised: Mar 19th 2018, Accepted: May 7th 2018.

ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVE: Considering the presence of important organs in head and neck area, treatment of tumors which are existing in this area is very important. The existence of dental implants will effect on dose distribution in radiotherapy. The aim of the present research was to study the effect of dimensions and materials dental implants on radiotherapy dose distribution using the Monte Carlo method.

METHODS: In this research study a Varian 2100 C/D linear accelerator with energy of 6MV was simulated using the Monte Carlo Code (MCNP). Dental implants with length 1.5 cm and diameter 0.4 cm dimensions and length 1.3 cm and diameter 0.7 cm dimensions made of tantalum, steel stainless 3161, zirconium oxide, titanium alloy, oxide aluminum and polytetrafluoroethylene were added to the simulation program. Then, in order to assess the simulation correctness and accuracy, the results of Percentage Depth Dose and the dose profiles obtained from the simulation were compared with the experimental dosimetry.

FINDINGS: Dental implants with larger dimensions increased the dose by a maximum of 5.82%, 5.03%, 4.83%, 4.42%, 3.81%, and 3.54% for each of the six mentioned materials and showed larger changes than the smaller implant, and the tantalum genus produced the greatest heterogeneity over other materials.

CONCLUSION: According to the results of this study, the effect of dental implants on dose distribution in cancer patients under radiotherapy depends on its gender and cross section.

KEY WORDS: Radiotherapy dose distribution; Monte Carlo simulation; Dental implant.

Please cite this article as follows:

Seif F, Seif T, Athari M, Bayatiyani MR, Bagheri S. Investigating the Effect of Dental Implants on Radiotherapy Dose Distribution Using Mont Carlo Approach. J Babol Univ Med Sci. 2018;20(8):56-61.

*Corresponding Author: T. Seif (MSc)

Address: Department of Nuclear Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R.Iran

Tel: +98 21 44865154

E-mail: t.seif122@gmail.com

References

1. Chin DW, Treister N, Friedland B, Cormack RA, Tishler RB, Makrigiorgos GM, et al. Effect of dental restorations and prostheses on radiotherapy dose distribution: a Monte Carlo study. *J Appl Clin Med Phys*. 2009 Feb 3;10(1):2853.
2. Halperin EC, Wazer DE, Perez CA, Brady LW. *Perez & Brady's principles and practice of radiation oncology*. 7th ed. Lippincott Williams & Wilkins. 2018.
3. Friedrich RE¹, Todorovic M, Krüll A. Simulation of scattering effects of irradiation on surroundings using the example of titanium dental implants: a Monte Carlo approach. *Anticancer Res*. 2010 May;30(5):1727-30.
4. Çatli S. High-density dental implants and radiotherapy planning: evaluation of effects on dose distribution using pencil beam convolution algorithm and Monte Carlo method. *J Appl Clin Med Phys*. 2015. 16(5):46-52.
5. Chang KP, Lin WT, Shiau AC, Chie YH. Dosimetric distribution of the surroundings of different dental crowns and implants during LINAC photon irradiation. *Radiat Phys Chem*. 2014;104: 339-44.
6. Friedrich RE, Todorovic M, Heiland M, Scheuer HA, Krüll A. Scattering effects of irradiation on surroundings calculated for a small dental implant. *Anticancer Res*. 2012;32(5):2043-6.
7. Osman RB, Swain MV. A critical review of dental implant materials with an emphasis on titanium versus zirconia. *Materials (Basel)*. 2015 Mar; 8(3): 932–958.
8. Wang R, Pillai K, Jones PK. Dosimetric measurement of scattered radiation from dental implants in simulated head and neck radiotherapy. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1998 Mar-Apr;13(2):197-203.
9. Cohen AJ, Koral KF. Backscattering and secondary-electron emission from metal targets of various thicknesses. Cleveland, Ohio: Lewis Research Center; 1965.
10. Hammersley J, Handscomb DC. *Monte carlo methods*. Springer. 2013.