

Evaluating the Effect of Air Inhomogeneity on Dose Calculations of Trachea HDR Brachytherapy Using EDR2 Film

Seyed Mohsen Hosseini Daghigh¹,
Hamid Reza Baghani²,
Seyed Mahmoud Reza Aghamiri³,
Seyed Rabi Mahdavi⁴

¹ PhD Student in Radiation Medicine, School of Nuclear Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Department of Radiation Medicine, School of Nuclear Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

³ Professor, Department of Radiation Medicine, School of Nuclear Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Iran University of Medical Science, Tehran, Iran

(Received June 25, 2016 ; Accepted August 21, 2016)

Abstract

Background and purpose: Dose calculations in trachea HDR brachytherapy treatment planning systems are greatly based on TG-43 protocol in which, all materials including air inside trachea are treated the same as water. The aim of this study was to survey the effect of air on dose calculations of Flexiplan treatment planning system in trachea HDR brachytherapy.

Materials and methods: To evaluate the effect of air inhomogeneity, a neck-equivalent plexiglass cylindrical phantom was used. Dose measurement was carried out by EDR2 film. Treatment planning and irradiation were performed using Flexiplan software and Flexitron brachytherapy system, respectively.

Results: The results showed that considering the air inside trachea as water increases the absorbed dose by 12% which can lead to increment of patient dose.

Conclusion: A significant difference was seen between dosimetry results in the two conditions. Therefore, taking the air similar to water has a considerable effect on dose calculations of trachea HDR brachytherapy and accuracy of treatment plan performed.

Keywords: trachea HDR brachytherapy, air inhomogeneity, Flexiplan treatment planning software, EDR2 film

J Mazandaran Univ Med Sci 2016; 26(144): 346-351 (Persian).

ارزیابی اثر ناهمگنی هوا در محاسبات دوز برای تراپی HDR نای توسط فیلم EDR2

سید محسن حسینی دقیق^۱حمیدرضا باغانی^۲سید محمودرضا آقامیری^۳سید ربیع مهدوی^۴

چکیده

سابقه و هدف: محاسبات دوز در سیستم‌های طراحی درمان برای تراپی HDR نای عمدتاً بر مبنای پروتوکل TG-43 انجام می‌گیرد که در این پروتوکل، تمام مواد از جمله هوای درون نای، معادل آب در نظر گرفته می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی اثر هوا در محاسبات دوز برای تراپی HDR نای در سیستم طراحی درمان Flexiplan می‌باشد.

مواد و روش‌ها: برای ارزیابی اثرات ناشی از ناهمگنی هوا از یک فانتوم استوانه‌ای پلکسی گلاس معادل گردن استفاده گردید. برای اندازه‌گیری دوز فیلم EDR2 به کار گرفته شد. طراحی درمان و پرتودهی نیز به ترتیب توسط نرم افزار Flexiplan و سیستم برای تراپی Flexitron انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که معادل آب در نظر گرفته شدن هوای داخل نای می‌تواند دوز جذب شده را به اندازه ۱۲ درصد افزایش دهد که منجر به اضافه دوزگیری بیمار می‌گردد.

استنتاج: با توجه به نتایج می‌توان گفت که اختلاف معنی‌داری میان نتایج دوزیمتری در دو حالت مورد مطالعه وجود دارد. بنابراین معادل آب در نظر گرفته شدن هوا اثر قابل توجهی در محاسبات دوز برای تراپی HDR نای و صحت طرح درمان انجام شده دارد.

واژه‌های کلیدی: برای تراپی HDR نای، ناهمگنی هوا، نرم‌افزار طراحی درمان Flexiplan، فیلم EDR2

مقدمه

سرطان نای (Trachea Cancer) یکی از خطرناک‌ترین سرطان‌های حال حاضر ایران است (۱). برای درمان این بیماری از برای تراپی درون لوله‌ای با آهنگ دوز بالا (Intraluminal High Dose Rate Brachytherapy) استفاده می‌شود (۲-۶). در این روش اپلیکاتورهایی از جنس پلاستیک از طریق نای وارد بدن شده و بعد از اسکن بیمار، طرح درمان توسط نرم‌افزار طراحی درمان (Treatment Planning System) انجام می‌شود. سپس اپلیکاتور به دستگاه برای تراپی متصل و چشمه وارد اپلیکاتور می‌شود. پس از وارد شدن چشمه به بدن و توقف در نقاط مختلف، مطابق طرح درمان، دوز تجویز شده (Loaded Dose) به

Email: smr-aghamiri@sbu.ac.ir

مؤلف مسئول: محمودرضا آقامیری - تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، گروه پرتو پزشکی

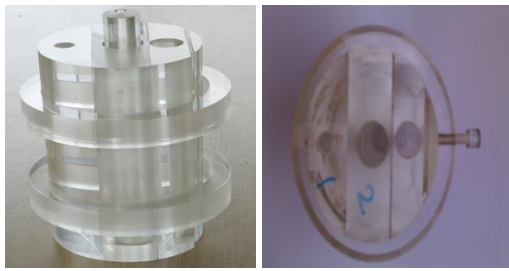
۱. دانشجوی دوره دکتری پرتو پزشکی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲. استادیار، گروه پرتو پزشکی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳. استاد، گروه پرتو پزشکی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴. دانشیار، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۵ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۵/۴/۱۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۵/۳۱



تصویر شماره ۱: فانتوم مورد استفاده در این پژوهش (سمت راست) و استوانه قرار گرفته در مرکز فانتوم (سمت چپ)

برای قرار دادن اپلیکاتور براکی تراپی نای درون فانتوم و ایجاد دو حالت مورد مطالعه، استوانه‌هایی به قطر خارجی ۲۰ میلی‌متر تهیه شد که درون آن‌ها سوراخ‌هایی به قطر ۲ و ۱۸ میلی‌متر تعبیه شده بود. هنگامی که استوانه ۱۸ میلی‌متری درون سوراخ نای در مرکز فانتوم قرار می‌گیرد، نای کاملاً باز مانده و درون آن پر از هوا می‌شود. این حالت مشابه حالت واقعی نای در طی درمان خواهد بود. هنگامی که استوانه ۲ میلی‌متری درون سوراخ نای در فانتوم قرار گیرد، تمام فضای درون نای توسط پلکسی گلاس (معادل آب) پر خواهد شد. این حالت مشابه وضعیتی است که نرم‌افزار طراحی درمان بر اساس آن محاسبات دوز را انجام می‌دهد.

طراحی درمان

در این مرحله ابتدا اپلیکاتور براکی تراپی نای از طریق استوانه ۲ میلی‌متری در وسط فانتوم قرار داده شد. سپس فانتوم به اتاق سی تی اسکن منتقل (تصویر شماره ۲) و تصاویر به سیستم طراحی درمان Flexiplan منتقل گردید. این کار به طور مشابه با قرار دادن استوانه ۱۸ میلی‌متری نیز انجام شد.

در نهایت، طرح درمان مناسب برای بارگذاری دوز ۱/۲۲۵ گری در فاصله ۱۰/۵ میلی‌متری از مرکز فانتوم، برای هر دو نوع استوانه صورت پذیرفت. طرح درمان مربوط به استوانه ۱۸ میلی‌متر در تصویر شماره ۳ نمایش داده شده است.

نقاط مورد نظر داده می‌شود (۷-۹). نرم‌افزارهای طراحی درمان براکی تراپی عمدتاً بر مبنای پروتوکل TG-43 توسعه می‌یابند. در این پروتوکل تمام محیط معادل آب در نظر گرفته می‌شود. یکی از نرم‌افزارهای طراحی درمان مورد استفاده در ایران برای مقاصد براکی تراپی نرم‌افزار Flexiplan است که عملکرد آن نیز بر اساس پروتوکل TG-43 می‌باشد (۱۰، ۸). در حالت عادی درون نای پر از هواست که در محاسبات دوز، معادل آب در نظر گرفته می‌شود. اختلاف زیاد ضریب جذب جرمی آب و هوا (۱۱) ممکن است صحت طرح درمان‌های انجام شده را تحت تاثیر قرار دهد. هدف از این پژوهش، بررسی میزان تاثیر ناهمگنی هوا در محاسبات دوز براکی تراپی HDR نای در نرم‌افزار Flexiplan توسط فیلم دوزیمتری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

فانتوم مورد استفاده

در این مطالعه تجربی، از یک فانتوم معادل گردن استفاده شد که محل قرارگیری اپلیکاتور و نای در داخل آن تعبیه شده بود. به دلیل توافق مناسب ضریب جذب جرمی و چگالی پلکسی گلاس (PMMA) با آب، جنس فانتوم از پلکسی گلاس انتخاب گردید (۱۲). فانتوم مورد نظر به صورت استوانه‌ای به شعاع ۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۵۰ میلی‌متر ساخته شد که در وسط آن یک سوراخ معادل نای به قطر ۲۲ میلی‌متر ایجاد گردید (شعاع واقعی نای در هنگام دوزیمتری برابر ۱۸ میلی‌متر است که با قرارگیری قطعات دیگر فانتوم درون این سوراخ، قطر آن به این مقدار کاهش می‌یابد). تصویر فانتوم مورد استفاده در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است.

برای ارزیابی اثرات مربوط به ناهمگنی هوای موجود در نای دو حالت مختلف مدنظر قرار گرفت. در حالت اول سوراخ استوانه‌ای ۲۲ میلی‌متری پر از هوا در نظر گرفته شد که معادل حالت واقعی نای هنگام درمان می‌باشد. در حالت دوم فضای داخل سوراخ استوانه‌ای توسط پلکسی گلاس پر شد (تصویر شماره ۱) که معادل حالت در نظر گرفته شده توسط نرم‌افزار طراحی درمان است.

$4 \times 15 \text{ cm}^2$ بوده و توسط چشمه ایریدیوم 192 کالیبره شدند. برای این کار، چشمه در داخل فانتوم آب و در فاصله معینی از فیلم قرار گرفت. سپس سطوح دوز مورد نظر ($0/5$ تا 2 گری با گام‌های $0/25$ گری)، از طریق توقف چشمه در داخل اپلیکاتور تحویل گردید. برای هر سطح دوز پرتودهی سه بار تکرار شد. برای قرائت پاسخ فیلم‌ها پس از پرتودهی، ابتدا فیلم به مدت 3 دقیقه در دستگاه پردازشگر قرار گرفت. سپس فیلم پردازش شده اسکن و سطح خاکستری آن در نقاط مورد نظر (I)، توسط نرم افزار ImageJ قرائت گردید. در نهایت مقادیر به دست آمده با استفاده از معادله شماره 1 به چگالی اپتیکی خالص تبدیل شد (۱۳):

$$\text{NetOD} = \text{Log}_{10} \left(\frac{PV_{\text{before}}}{PV_{\text{after}}} \right) \quad (1)$$

که در این رابطه $PV_{\text{before}} = 65280$ سطح خاکستری فیلم تابش ندیده و PV_{after} سطح خاکستری فیلم پس از پرتودهی است. در نهایت با به دست آوردن چگالی اپتیکی خالص فیلم‌ها در سطوح دوز مربوطه، منحنی کالیبراسیون به دست آمد.

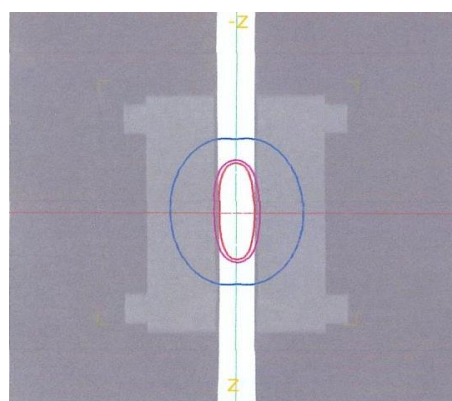
به منظور اندازه‌گیری دوز در فاصله $10/5$ میلی‌متری از مرکز استوانه، شیری به ضخامت 1 میلی‌متر، معادل ضخامت هر فیلم، بین دیواره خارجی استوانه 20 میلی‌متری و دیواره داخلی نای در مرکز فانتوم در نظر گرفته شد و فیلم به صورت استوانه‌ای درون این شیار (دور استوانه 20 میلی‌متری) قرار گرفت. سپس پرتودهی در هر دو طرح درمان مورد نظر انجام و میزان قرائت فیلم‌های تابش دیده از طریق منحنی کالیبراسیون به دوز جذبی تبدیل شد. در این حالت نیز هر پرتودهی 3 بار تکرار گردید. برای پرتودهی از دستگاه براکی تراپی Flexitron استفاده شد.

یافته‌ها و بحث

منحنی کالیبراسیون فیلم EDR2 در نمودار شماره 1 نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پاسخ فیلم در گستره $0/5$ تا 2 گری خطی می‌باشد.



تصویر شماره ۲: تهیه تصاویر سی تی اسکن از فانتوم استوانه‌ای مورد استفاده در این پژوهش به همراه اپلیکاتور قرار گرفته در محل



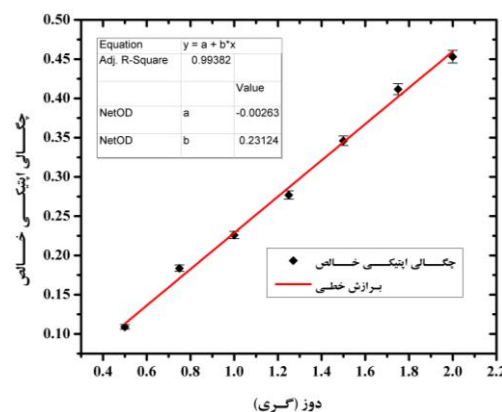
تصویر شماره ۳: نمایی جانبی از طرح درمان انجام شده برای استوانه 18 میلی‌متری

با پیاده‌سازی دو طرح درمان مشابه برای این دو حالت، میزان دوز رسیده به نای از طریق دوزیمتری عملی اندازه‌گیری و نتایج با یکدیگر مقایسه گردید. از این طریق اثرات مربوط به ناهمگنی هوا در میزان دوز رسیده به دیواره نای مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی سطح معنی‌داری اختلاف نتایج از آزمون t در سطح اطمینان 95 درصد استفاده شد.

دوزیمتری و پرتودهی

برای دوزیمتری عملی از فیلم EDR2 استفاده شد. فیلم‌های مورد استفاده از نوع پرتونگاری بوده و به دلیل حساسیت به نور با یک پوشش کدر مورد استفاده قرار می‌گیرند. ضخامت فیلم با پوشش حدود 1 میلی‌متر است که این مسئله در ساخت فانتوم لحاظ گردید. فیلم‌های مورد استفاده در کالیبراسیون دارای ابعاد

نتایج حاصل از فیلم دوزیمتری در نقطه مورد نظر در دو حالت واقعی و در نظر گرفته شده در طراحی درمان در جدول شماره ۱ گزارش شده است.



نمودار شماره ۱: منحنی کالیبراسیون فیلم EDR2

جدول شماره ۱: نتایج حاصل از فیلم دوزیمتری در دو حالت مورد مطالعه در این پژوهش

درصد اختلاف	میانگین دوز اندازه گیری شده (گری)	نوع استوانه مورد استفاده
۱۲	$1/225 \pm 0/004$	استوانه با سوراخ ۲ میلی متری (معادل آب)
	$1/375 \pm 0/005$	استوانه با سوراخ ۱۸ میلی متری (معادل هوا)

همان طور که ملاحظه می شود، نتایج فیلم دوزیمتری در دو حالت مورد مطالعه اختلاف قابل ملاحظه ای دارند. یعنی وقتی که درون نای پر از هوا باشد، دوز جذبی در نقطه مورد بررسی حدود ۱۲ درصد بیش تر از وقتی است که درون نای پر از آب فرض شود. این مسئله به دلیل بیش تر بودن ضریب جذب جرمی آب نسبت به هواست

که می تواند پیامدهای مخاطره آمیزی به دنبال داشته باشد، زیرا ممکن است بافت های سالم اطراف نای به دلیل معادل آب در نظر گرفته شدن هوای داخل نای، دوز اضافی دریافت نمایند. نتایج حاصل از تحلیل آماری نیز معناداری اختلاف نتایج به دست آمده را مورد تایید قرار داد ($p < 0/002$).

Poon و Verhaegen نیز به نتایج مشابهی دست یافتند (۱۴). در این پژوهش، مقادیر دوز حاصل از کد مونت کارلوی PTRAN در حضور ناهمگنی هوا، با مقادیر دوز حاصل از پروتوکل TG-43، مقایسه شد. نتایج حاصل از پژوهش مذکور نشان داد که مقادیر دوز محاسبه شده توسط کد PTRAN از مقادیر دوز حاصل از پروتوکل TG-43 بیش تر است. نتایج حاصل از کار Anagnostopoulos و همکاران نیز صحت نتایج حاصل از کار حاضر را مورد تایید قرار می دهد (۱۵). در این مطالعه نیز نتایج حاصل از سیستم طراحی درمان PLATO BPS درون نای، در برابر تراپی مری، در حضور ناهمگنی هوای درون نای، کم تر از نتایج مربوط به کد مونت کارلوی MCNPX به دست آمد.

در نهایت نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که صحت عملکرد نرم افزار طراحی درمان Flexiplan در حضور ناهمگنی هایی از قبیل هوا، با چالش مواجه است. این واقعیت لزوم تصحیح نتایج به دست آمده توسط پروتوکل TG-43 و این نرم افزار طراحی درمان را در حضور ناهمگنی مورد تایید قرار می دهد.

References

- Hosseini Daghigh SM, Mahdavi SR, Aghamiri SMR, Jaberi R, Baghani HR, Eidi R, et al. Applicator attenuation effect on on dose calculations of esophageal high-dose rate brachytherapy using EDR2 film. Iran J Med Phys 2012; 9(1): 19-24.
- Lu JJ, Baianis YS, Wolfson AH, Donna E, Brandon AH, Raub WA, et al. High dose rate

- endobronchial brachytherapy for the management of non-small cell lung cancer with an endobronchial or peribronchial component. Cancer Therapy 2004; 2: 469-474.
- Skowronek J, Piotrowski T, Młynarczyk W, Ramlau R. Advanced tracheal carcinoma --a therapeutic significance of HDR brachytherapy

- in palliative treatment. *Neoplasma* 2004; 51(4): 313-318.
4. Kawamura H, Ebara T, Katoh H, Tamaki T, Ishikawa H, Sakurai H, et al. Long-term results of curative intraluminal high dose rate brachytherapy for endobronchial carcinoma. *Radiat Oncol* 2012; 7: 112.
 5. Celebioglu B, Gurkan OU, Erdogan S, Savas I, Köse K, Kurtman C, et al. High dose rate endobronchial brachytherapy effectively palliates symptoms due to inoperable lung cancer. *Jpn J Clin Oncol* 2002; 32(11): 443-448.
 6. Muto P, Ravo V, Panelli G, Liguori G, Fraioli G. High dose rate brachytherapy of bronchial cancer: treatment optimization using three schemes of therapy. *Oncologist* 2000; 5(3): 209-214.
 7. Gay HA, Allison RR, Downie GH, Mota HC, Austerlitz C, Jenkins T, et al. Toward endobronchial Ir-192 high-dose-rate brachytherapy therapeutic optimization. *Phys Med Biol* 2007; 52(11): 2987-2999 .
 8. Flexiplan User's Guide and Tutorial, Version 2.5, SonoTECH, Germany, 2009.
 9. Skowronek J, Piorunek T, Kanikowski M, Chicheł A, Bieleśda G. Definitive high -dose - rate endobronchial brachytherapy of bronchial stump for lung cancer after surgery. *Brachytherapy* 2013; 12(6): 560-566.
 10. Rivard MJ, Coursey BM, DeWerd LA, Hanson WF, Huq MS, Ibbott GS, et al. Update of AAPM Task Group No. 43 Report: A revised AAPM protocol for brachytherapy dose calculations. *Med Phys* 2004; 31(3): 633-674.
 11. Zabihzadeh M, Yadollahpour A, Kargar L. The effects of tissue heterogeneities on dose distribution of iridium-192 source in brachytherapy treatments. *Biomed & Pharmacol J* 2013; 6(2): 205-213.
 12. Lambert J, McKenzie DR, Law S, Elsey J, Suchowerska N. A plastic scintillation dosimeter for high dose rate brachytherapy. *Phys Med Biol* 2006; 51(21): 5505-5516.
 13. Baghani HR, Aghamiri SM, Mahdavi SR, Robotjazi M, Zadeh AR, Akbari ME, et al. Dosimetric evaluation of Gafchromic EBT2 film for breast intraoperative electron radiotherapy verification. *Phys Med* 2015; 31(1): 37-42.
 14. Poon E, Verhaegen F. A CT-based analytical dose calculation method for HDR 192Ir brachytherapy. *Med Phys* 2009; 36 (9): 3982-3994.
 15. Anagnostopoulos G, Baltas D, Pantelis E, Papagiannis P, Sakelliou L. The effect of patient inhomogeneities in oesophageal 192Ir HDR brachytherapy: a Monte Carlo and analytical dosimetry study. *Phys Med Biol* 2004; 49(12): 2675-2685.