BRIEF REPORT

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

Seyed Mohsen Hosseini Daghigh[1],
Hamid Reza Baghani[2],
Seyed Mahmoud Reza Aghamiri[3],
Seyed Rabi Mahdavi[4]

[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).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

گزارش کوتاه

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و ششم شماره ۱۴۴ دی سال ۱۳۹۵ (۳۵۱-۳۴۶)

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

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

چکیده

سابقه و هدف: محاسبات دوز در سیستم‌های طراحی درمان براکی 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 براکی 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 براکی 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 براکی تراپی HDR نای و صحت طرح درمان انجام شده دارد.

واژه های کلیدی: براکی 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 براکی‌تراپی درون لوله‌ای با آهنگ دوز بالا (Intraluminal High Dose Rate Brachytherapy) استفاده می‌شود(۶-۲). 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 براکی‌تراپی متصل و چشمه وارد اپلیکاتور می‌شود.

پس از واردشدن چشمه به بدن و توقف درنقاط مختلف، مطابق طرح درمان، دوز تجویز شده (Loaded Dose) به

مولف مسئول: محمودرضا آقامیری- تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، گروه پرتوپزشکی Email: smr-aghamiri@sbu.ac.ir
۱. دانشجوی دوره دکتری پرتوپزشکی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه پرتوپزشکی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. استاد، گروه پرتوپزشکی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۴. دانشیار، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۵/۴/۵ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۵/۴/۱۹ تاریخ تصویب : ۱۳۹۵/۵/۳۱

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

نقاط مورد نظر داده می‌شود(۹-۷). 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 براکی‌تراپی 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 براکی‌تراپی HDR نای در نرم‌افزار Flexiplan توسط فیلم دوزیمتری می‌باشد.

مواد و روش ها

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 پلکسی‌گلاس (PMMA) با آب، جنس فانتوم از پلکسی‌گلاس 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 پلکسی‌گلاس پر شد (تصویر شماره ۱) که معادل حالت در نظر گرفته شده توسط نرم‌افزار طراحی درمان است.



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

برای قرار دادن اپلیکاتور براکی‌تراپی 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

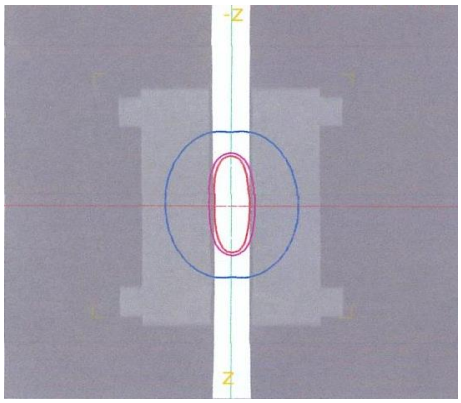
در این مرحله ابتدا اپلیکاتور براکی‌تراپی نای از طریق استوانه ۲ میلی‌متری در وسط فانتوم قرار داده شد. سپس فانتوم به اتاق سی‌تی اسکن منتقل (تصویر شماره ۲) و تصاویر به سیستم طراحی درمان Flexiplan منتقل گردید. این کار به طور مشابه با قرار دادن استوانه ۱۸ میلی‌متری نیز انجام شد.

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. طرح‌درمان مربوط به استوانه ۱۸ میلی‌متر در تصویر شماره ۳ نمایش داده شده است.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]



تصویر شماره ۲: تهیه تصاویر سی‌تی 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 ۱۸ میلی‌متری

با پیاده‌سازی دو طرح‌درمان 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 ۹۵ 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 ۱ میلی‌متر است که این مسئله در ساخت فانتوم لحاظ گردید.

فیلم‌های مورد استفاده در کالیبراسیون دارای ابعاد $۴\times۱۵\ cm^2$ بوده و توسط چشمه ایریدیوم ۱۹۲ کالیبره شدند. برای این کار، چشمه در داخل فانتوم آب و در فاصله معینی از فیلم قرار گرفت. سپس سطوح دوز مورد نظر (۰/۵ تا ۲ گری با گام‌های ۰/۲۵ 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 ۳ دقیقه در دستگاه پردازشگر قرار گرفت. سپس فیلم پردازش‌شده 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 ۱ به چگالی اپتیکی خالص تبدیل شد(۱۳):

$$NetOD=Log_{10}(\frac{PV_{before}}{PV_{after}}) \quad (1)$$

که در این رابطه PV_{before}=۶۵۲۸۰ 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.

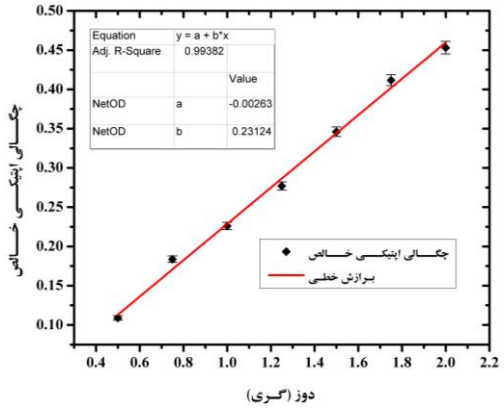
به منظور اندازه‌گیری دوز در فاصله ۱۰/۵ میلی‌متری از مرکز استوانه، شیاری به ضخامت ۱ میلی‌متر، معادل ضخامت هر فیلم، بین دیواره خارجی استوانه ۲۰ میلی‌متری و دیواره داخلی نای در مرکز فانتوم در نظر گرفته شد و فیلم به صورت استوانه‌ای درون این شیار (دور استوانه ۲۰ میلی‌متری) قرار گرفت. سپس پرتودهی در هر دو طرح‌درمان مورد نظر انجام و میزان قرائت فیلم‌های تابش‌دیده از طریق منحنی کالیبراسیون به دوز جذبی تبدیل شد. در این حالت نیز هر پرتودهی ۳ بار تکرار گردید. برای پرتودهی از دستگاه براکی‌تراپی Flexitron استفاده شد.

یافته ها و بحث

منحنی کالیبراسیون فیلم EDR2 در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، پاسخ فیلم در گستره ۰/۵ تا ۲ گری خطی می‌باشد.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

نتایج حاصل از فیلم دوزیمتری در نقطه موردنظر 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

نوع استوانه مورد استفاده	میانگین دوز اندازه گیری شده (گری)	درصد اختلاف
استوانه با سوراخ ۲ میلی متری (معادل آب)	۱/۲۲۵ ± ۰/۰۰۴	۱۲
استوانه با سوراخ ۱۸ میلی متری (معادل هوا)	۱/۳۷۵ ± ۰/۰۰۵	

همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، نتایج فیلم دوزیمتری در دو حالت موردمطالعه اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای دارند. یعنی وقتی که درون نای پر از هوا باشد، دوز جذبی در نقطه مورد بررسی حدود ۱۲درصد بیش‌تر از وقتی است‌که درون نای پر از آب فرض شود. این مسئله به دلیل بیش‌تر بودن ضریب جذب جرمی آب نسبت به هواست که می‌تواند پیامدهای مخاطره‌آمیزی به‌دنبال داشته باشد، زیرا ممکن است بافت‌های 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- <۰/۰۰۲).

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 بیش‌تر است. نتایج حاصل از کار Anagnostopoulos و همکاران نیز صحت نتایج حاصل از کار حاضر را مورد تایید قرار می‌دهد(۱۵). در این مطالعه نیز نتایج حاصل از سیستم طراحی درمان PLATO BPS در براکی‌تراپی مری، در حضور ناهمگنی هوای درون نای، کم‌تر از نتایج مربوط به کد مونت‌کارلوی MCNPX به دست آمد.

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

References

1. 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.
2. Lu JJ, Baians 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.
3. Skowronek J, Piotrowski T, Młynarczyk W, Ramlau R. Advanced tracheal carcinoma --a therapeutic significance of HDR brachytherapy

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]

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, Bielęda 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 heterogeneitieson 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, Robatjazi 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.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-12]