

**PLANNING TARGET VOLUME (PTV) MARGIN
DETERMINATION FROM MARKER-BASED AND
THE EXACTRAC 6D X-RAY IGRT SYSTEM IN
PROSTATE CANCER PATIENTS**



SIWADOL PLEANAROM

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
(MEDICAL PHYSICS)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY**

2018

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

PLANNING TARGET VOLUME (PTV) MARGIN DETERMINATION FROM MARKER-BASED AND THE EXACTRAC 6D X-RAY IGRT SYSTEM IN PROSTATE CANCER PATIENTS

SIWADOL PLEANAROM 5637828 RAMP/M

M.Sc. (MEDICAL PHYSICS)

THESIS ADVISORY COMMITTEE: LALIDA TUNTIPUMIAMORN, M.Sc., PITTAYA DANKULCHAI, M.D.

ABSTRACT

Modern technology, such as intensity modulated and image-guided radiation therapy, have revolutionized radiation treatment with improved outcome and reduced toxicity. However, radiotherapy is a complex process and potential errors can occur in each step. Introduction of the margin concept, together with image-guided radiation therapy, was found to be an effective method to correct errors from target delineation, patient setup and organ motion. In this work, prostate cancer patients, with implanted fiducial markers receiving external beam radiotherapy with the TrueBeam STx linear accelerator using the ExacTrac image-guided system, were examined to determine the optimal planning target volume (PTV) margin. From twenty-eight prostate cancer patients, 936 stereoscopic x-ray images and 271 cone beam computed tomography (CBCT) images from the On-Board Imager system were obtained for the analysis. Data of the setup deviations from three setup techniques, including initial laser setting up, marker matching and soft tissue matching, were accumulated. The population systematic (Σ) and random (σ) error were calculated using the van Herk recipe ($2.5\Sigma + 0.7\sigma$) to determine the PTV margin. Results of the PTV margins based on three different setup techniques were calculated to be: 6.19 mm, 8.08 mm and 13.79 mm from laser setup; 1.46 mm, 1.86 mm. and 2.11 mm from the ExacTrac system with fiducial marker matching, and; 3.20 mm, 2.80 mm and 3.10 mm from CBCT in lateral, longitudinal and vertical directions, respectively. It can be seen from this study that using the ExacTrac image-guided system together with implanted fiducial markers was an effective technique to reduce the setup uncertainty. Moreover, the investigated PTV margin from both the ExacTrac system and the CBCT confirmed that the PTV margin (5 mm) for prostate cancer, which is applied routinely in the clinic, was acceptable. However, only interfractional setup error was analysed in this study. Investigation of the intrafractional error should provide a useful subject for further studies and maybe included into the determination for optimal PTV margin as well.

KEY WORDS: THE EXACTRAC / PTV / SYSTEMATIC ERROR / RANDOM ERROR
PROSTATE CANCER

123 pages

การกำหนดขอบเขตของ PTV ในผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมาก โดยอาศัยการฝัง MARKER ร่วมกับการใช้ระบบภาพถ่ายนำวิถีภาพเอกซเรย์ THE EXACTRAC 6D

PLANNING TARGET VOLUME (PTV) MARGIN DETERMINATION FROM MARKER-BASED AND THE EXACTRAC 6D X-RAY IGRT SYSTEM IN PROSTATE CANCER PATIENTS

ศิวดล เปลี่ยนอารมย์ 5637828 RAMP/M

วท.ม. (ฟิสิกส์การแพทย์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ลลิตา ตันตัญญูอมร, วท.ม., พิทยา ด้านกุลชัย, พ.บ.

บทคัดย่อ

ปัจจุบันรังสีรักษาเทคนิคทันสมัยที่ใช้เทคโนโลยีของการปรับความเข้มของลำรังสีร่วมกับระบบภาพถ่ายนำวิถีสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการรักษาโดยให้อัตราการควบคุมโรคที่สูงขึ้นและช่วยลดภาวะแทรกซ้อนได้ ทางรังสีรักษาเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนประกอบด้วยขั้นตอนเข้าด้วยกัน ส่งผลให้ออกมาของความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นภายในแต่ละขั้นตอนสูงชันเช่นกัน การใช้วิธีการขยายขอบเขตของก้อนมะเร็งที่แพทย์กำหนดเพื่อปัญหาการส่งรังสีพลาดเป้าที่อาจเกิดจากการจัดท่าผู้ป่วย การทำงานของเครื่องฉายรังสี ร่วมด้วยการเคลื่อนไหวของอวัยวะภายในผู้ป่วยที่ไม่สามารถควบคุมได้ และการนำเทคโนโลยีระบบภาพถ่ายนำวิถีที่มีประสิทธิภาพมาช่วยตรวจสอบความถูกต้องเป็นแนวทางหนึ่งในการบริหารจัดการเพื่อเพิ่มคุณภาพการรักษาแก่ผู้ป่วยรังสีรักษา ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์จะทำการศึกษาในผู้ป่วยมะเร็งต่อมลูกหมากจำนวน 28 ราย ที่ได้รับการฝัง fiducial markers และรับการฉายรังสีระยะไกลด้วยเครื่องเร่งอนุภาคทางการแพทย์ TrueBeam STx ร่วมกับการใช้ระบบภาพถ่ายนำวิถีชนิด ExacTrac ที่สาขาวิชารังสีรักษา โรงพยาบาลศิริราช ในระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมปี พ.ศ.2559 เพื่อทำการตรวจสอบและประเมินหาขอบเขตที่เหมาะสมสำหรับการวางแผนการรักษา (Planning target volume: PTV) โดยนำภาพเอกซเรย์แบบ stereoscopic จากระบบภาพ ExacTrac จำนวน 936 ภาพ และจำนวนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีลำรังสีแบบทรงกรวย (Cone beam CT) จากระบบ On-Board Imager จำนวน 271 ภาพ มาประเมินค่าความผิดพลาดของตำแหน่งก้อนมะเร็ง และวิเคราะห์จากการจัดท่าผู้ป่วยก่อนรับการฉายรังสีที่เทคนิคต่างกัน ซึ่งได้แก่ การจัดท่าผู้ป่วยด้วยระบบเลเซอร์ในห้องฉายรังสี, การถ่ายภาพเอกซเรย์จากระบบ ExacTrac ที่ใช้ตำแหน่งของ fiducial marker เป็นตำแหน่งอ้างอิงในการเปรียบเทียบ และการใช้ภาพถ่ายเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีลำรังสีแบบทรงกรวย โดยพิจารณาจากตำแหน่งอวัยวะที่สนใจ ข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจะถูกนำมาวิเคราะห์เป็นค่าความผิดพลาดแบบระบบ (Σ) และแบบสุ่ม (σ) สำหรับกลุ่มประชากรที่ได้ทำการรวบรวมในงานวิจัยนี้ เพื่อใช้คำนวณหาขอบเขตที่เหมาะสมของการวางแผนการรักษาต่อไปจากสมการของ van Herk และคณะ ที่กำหนดจาก $2.5\Sigma + 0.7\sigma$ ผลการศึกษาค่าขอบเขตที่เหมาะสมของการวางแผนการรักษาในแต่ละเทคนิค พบว่าจากการจัดท่าด้วยระบบเลเซอร์ มีค่าเป็น 6.19 มิลลิเมตร, 8.08 มิลลิเมตรและ 13.79 มิลลิเมตรในทิศทางด้านซ้าย-ขวา, ด้านแนวนอน และด้านแนวตั้งตามลำดับ เมื่อใช้การตรวจสอบตำแหน่งผู้ป่วยจากภาพเอกซเรย์จากระบบ ExacTrac ร่วมกับ fiducial marker ขอบเขตที่เหมาะสมของการวางแผนการรักษามีค่าลดลงเป็น 1.46 มิลลิเมตร, 1.86 มิลลิเมตร และ 2.11 มิลลิเมตร และการใช้ข้อมูลจากเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีลำรังสีแบบทรงกรวยโดยเปรียบเทียบจากตำแหน่งอวัยวะที่สนใจ มีค่าเป็น 3.20 มิลลิเมตร, 2.80 มิลลิเมตร และ 3.10 มิลลิเมตร ในทิศทางด้านซ้าย-ขวา, ด้านแนวนอน และด้านแนวตั้งตามลำดับ จากผลการคำนวณค่าขอบเขตของการวางแผนการรักษาที่เหมาะสม สรุปได้ว่าการใช้ระบบภาพถ่ายนำวิถี ExacTrac ร่วมกับ fiducial marker เป็นเทคนิคที่ใช้การตรวจสอบและสามารถลดความผิดพลาดของการจัดท่าผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีค่าไม่แตกต่างจากการประเมินโดยใช้ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีลำรังสีแบบทรงกรวยอย่างเป็นนัยสำคัญ ข้อมูลของค่าขอบเขตของการวางแผนการรักษาที่เหมาะสมที่คำนวณได้ทั้งจากภาพเอกซเรย์จากระบบ ExacTrac และภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีลำรังสีแบบทรงกรวยจากระบบ On-Board Imager ทั้งสองค่า มีค่าไม่เกินค่าขอบเขตของการวางแผนการรักษาที่ใช้ในงานประจำทางคลินิก (5 มิลลิเมตร) อย่างไรก็ตามข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ในการศึกษานี้เป็นการประเมินค่าความผิดพลาดของการจัดเทคนิคที่เกิดขึ้นระหว่างครั้งของการฉายรังสีและเป็นข้อมูลแบบสามมิติเท่านั้น ข้อเสนอแนะจากการศึกษานี้ขึ้น ในการหาขอบเขตของการวางแผนการรักษาในอนาคตที่เหมาะสมในแต่ละสถาบันการรักษาควรคำนึงถึงข้อมูลความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการฉายรังสีรวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลในแนวการบิดตัว (rotation axis) ของต่อมลูกหมากมาร่วมด้วย ซึ่งจะช่วยให้ได้ค่าขอบเขตของการวางแผนการรักษาในมะเร็งต่อมลูกหมากที่ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป