DESIGN AND CONSTRUCTION OF A RESPIRATORY MOTION PHANTOM FOR TESTING THE TARGETING ACCURACY OF THE CYBERKNIFE SYSTEM WITH THE SYNCHRONY® RESPIRATORY TRACKING SYSTEM

CHIRASAK KHAMFONGKHRUEA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE (MEDICAL PHYSICS)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2010

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

Copyright by Mahidol University

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A RESPIRATORY MOTION PHANTOM FOR TESTING THE TARGETING ACCURACY OF THE CYBERKNIFE SYSTEM WITH THE SYNCHRONY® RESPIRATORY TRACKING SYSTEM

CHIRASAK KHAMFONGKHRUEA 5036373 RAMP/M

M.Sc. (MEDICAL PHYSICS)

THESIS ADVISORY COMMITTEE: PUANGPEN TANGBOONDUANGJIT, Ph.D., PORNPAN YONGVITHISATID, M.Sc., CHIRAPHA TANNANONTA, M.Sc.

ABSTRACT

Tumor moving due to respiration during the radiation treatment process is difficult to manage. Without management for respiratory motion, the critical organs may receive a high radiation dose with decreasing target dose. Synchrony® respiratory tracking of the Cyberknife system provides the unique possibility to do real-time patient and tumor motion tracking.

An in-house respiratory motion phantom was designed and constructed for testing the targeting accuracy of the Synchrony® system. To simulate target and skin respiratory motions, an in-house respiratory motion phantom ($17 \times 45 \times 15$ cm^3) made of acrylic was created. Inside the phantom, there were two parts; the mechanical part is composed of a cam and a slash cut pipe driven by a gear motor with 12 VDC to move the tumor and skin motion platform. The electrical part consists of AC to DC switching connected to an adjustable voltage regulator for supplying the gear motor. The amplitude and respiratory rate of the phantom were calibrated and evaluated using the Varian Real-Time Position Management (RPM) system. Then the phantom was used to test the targeting accuracy of the Synchrony® system by varying the amplitude of skin motion, respiratory rate, and tumor motion distance.

The phantom can be moved along the superior-inferior (SI) directions (tumor motion) with the distances of 15, 25, and 35 mm and moved along the anterior-posterior (AP) direction (skin motion) from 0 to 15 mm. The respiratory rates can be varied from 0 to 30 cycles/min. The maximum SD of amplitude and the respiratory rate in the phantom were 0.22 mm and 0.089 sec/cycle, respectively. The targeting error of the Synchrony® system is less than 1.0 mm. The skin motion amplitude, respiratory rate, and tumor distance don't affect the targeting accuracy of the system.

KEY WORDS: CYBERKNIFE/ SYNCHRONY RESPIRATORY TRACKING SYSTEM/ RESPIRATOTY MOTION PHANTOM/ TARGETING ACCURACY

63 pages.

Copyright by Mahidol University

การออกแบบและประดิษฐ์หุ่นจำลองการหายใจสำหรับทดสอบความถูกต้องของเป้าหมายของเทคนิคการติดตามการหายใจซินโครนีในเครื่องฉายรังสีศัลยกรรมทั่วร่างกายชนิดไซเบอร์ไนฟ์

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A RESPIRATORY MOTION PHANTOM FOR TESTING THE TARGETING ACCURACY OF THE CYBERKNIFE SYSTEM WITH THE SYNCHRONY® RESPIRATORY TRACKING SYSTEM

จีรศักดิ์ คำฟองเครือ 5036373 RAMP/M

วท.ม. (ฟิสิกส์การแพทย์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : พวงเพ็ญ ตั้งบุญดวงจิตร, Ph.D., พรพรรณ ยงวิทิตสถิต, M.Sc., จีระภา ตันนานนท์, M.Sc.

บทคัดย่อ

ในกระบวนการฉายรังสีที่จัดการเกี่ยวกับก้อนเนื้องอกที่มีการเคลื่อนที่ตามการหายใจเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก ซึ่งถ้าไม่มีการจัดการจะทำให้เนื้อเยื่อปกติได้รับปริมาณรังสีสูงขณะที่ก้อนเนื้องอกได้น้อยลง ในเครื่องฉายรังสีศัลยกรรมทั่วร่างกายชนิดไซเบอร์ไนฟ์มีระบบการติดตามการหายใจชนิดซินโครนีที่สามารถติดตามก้อนเนื้องอกที่มีการเคลื่อนที่ตามการหายใจแบบทันทีได้

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบและประดิษฐ์หุ่นจำลองการหายใจที่จำลองก้อนเนื้องอกและการเคลื่อนที่ของการหายใจสำหรับทดสอบความถูกต้องของเป้าหมายของระบบการติดตามการหายใจชนิดซินโครนี โดยที่หุ่นจำลองสร้างจากแผ่นอะคริลิกขนาด 17×45×15 ซม^3 ซึ่งกลไกลการขับเคลื่อนใช้เกียร์มอเตอร์ในการขับแคมและท่อพีวีซีปลายตัดให้เกิดการเคลื่อนที่ของแท่นก้อนเนื้องอกและผิวหนัง ในส่วนของอิเล็กทรอนิกส์ได้ใช้เอซี/ดีซี สวิตชิ่งและวงจรเร็กกูเลเตอร์เพื่อปรับความต่างศักย์ที่จ่ายกระแสไฟให้กับเกียร์มอเตอร์เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อน โดยสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ จากนั้นหุ่นจำลองได้ทำการสอบเทียบและประเมินโดยใช้ระบบอาร์พีเอ็มและมีการนำหุ่นจำลองมาทดสอบความถูกต้องของเป้าหมายของระบบซินโครนีโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดของการหายใจ, อัตราเร็วของการหายใจและระยะของก้อนเนื้องอก

จากผลการทดลองพบว่าหุ่นจำลองการหายใจสามารถเคลื่อนที่ในแนวบนล่าง (ก้อนเนื้องอก) เป็นระยะ 15, 25 และ 25 มม. เคลื่อนที่ในแนวหน้าหลัง (ขนาดการหายใจ) เป็นระยะ 0 ถึง 15 มม. และอัตราการหายใจสามารถปรับเปลี่ยนได้ตั้งแต่ 0 ถึง 30 ครั้งต่อนาที โดยที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากที่สุดในการเคลื่อนที่ในแนวหน้าหลังของขนาดการหายใจและอัตราเร็วในการหายใจมีค่า 0.22 มม. และ 0.089 วินาทีต่อรอบ ตามลำดับ ส่วนความคลาดเคลื่อนของเป้าหมายในระบบการติดตามการหายใจชนิดซินโครนีมีค่าน้อยกว่า 1 มม. และพบว่าขนาดของการหายใจ, อัตราเร็วของการหายใจและระยะของก้อนเนื้องอกไม่มีผลต่อความถูกต้องของระบบซินโครนี

63 หน้า

Copyright by Mahidol University