



Special Article

การจัดการการเคลื่อนไหวจากการหายใจสำหรับการฉายรังสีบริเวณช่องอกและช่องท้องด้านบนในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

Respiratory motion management techniques for radiotherapy of thoracic and upper abdominal tumors at King Chulalongkorn Memorial Hospital

เมทินี วิเศษรินทอง^{1*} • จารึก ก้านเพชร¹

¹สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 10330

Metinee Wisetrinthong^{1*} • Jaruek Kanphet¹

¹Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society, Bangkok, Thailand, 10330

ผู้รับผิดชอบบทความ: เมทินี วิเศษรินทอง | Corresponding author: Metinee Wisetrinthong (metinee32@gmail.com)

Received: 14 January 2024 | Revised: 28 April 2024 | Accepted: 25 May 2024

Thai J Rad Tech 2024;49(1):69-75

บทคัดย่อ

เครื่องฉายรังสีและเทคนิคการฉายรังสีในปัจจุบันมีประสิทธิภาพในการฉายและสามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบจากรังสีที่จะมีผลต่ออวัยวะสำคัญและเนื้อเยื่อข้างเคียงได้เป็นอย่างดี แต่สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงสำหรับขั้นตอนการวางแผนและการฉายรังสีโดยเฉพาะบริเวณปอดและท้องช่วงบน คือ การเคลื่อนไหวจากการหายใจ ซึ่งอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการกำหนดเป้าหมายและหลีกเลี่ยงอวัยวะสำคัญและเนื้อเยื่อปกติข้างเคียงได้ ในบทความนี้จะอธิบายวิธีการจัดการการเคลื่อนไหวของการหายใจของสาขาวิชารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เพื่อลดผลกระทบจากการหายใจซึ่งจะทำให้ฉายรังสีได้อย่างแม่นยำและสามารถลดปริมาณรังสีต่ออวัยวะสำคัญและเนื้อเยื่อปกติอันจะส่งผลให้เกิดผลข้างเคียงจากการฉายรังสีลดลง

คำสำคัญ: การจัดการการเคลื่อนไหวจากการหายใจ, การกลั่นใจนิ่ง, ระบบภาพสามมิติจำลองพื้นผิวของผู้ป่วย, ระบบการจัดการตำแหน่งตามเวลาจริง, ระบบตรวจสอบตำแหน่งรอยโรคที่ใช้การตรวจจับสัญญาณการหายใจ

Abstract

The radiation therapy precisely targets high doses of radiation and minimizes the risk of radiation exposure to neighboring healthy tissue of the modern radiotherapy machines and treatment planning techniques has been well demonstrated. However, it presents unique challenges for accurate planning and delivery especially in the lungs and upper abdomen where respiratory motion can be significantly confounding accurate targeting and avoidance of normal tissues. In this paper, we explain how to manage breathing motions in the field of division of Radiation Oncology, Department of Radiotherapy, King Chulalongkorn Memorial Hospital to reduce the effects of breathing motion, which will

allow precise irradiation and can reduce the amount of radiation on Organs at risk and normal tissues, which will result in fewer side effects from radiation

Keywords: Motion management, deep inspiration breath hold, 3D surface tracking system, real time position management, respiratory gating

บทนำ

การฉายรังสีด้วยเทคนิคขั้นสูงในปัจจุบัน เช่น เทคนิค Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT), เทคนิค Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) และ เทคนิค Stereotactic Body Radiation Therapy (SBRT) ล้วนเป็นเทคนิคที่นำรังสีพลังงานสูงที่มีความเข้มเฉพาะที่เข้าสู่ร่างกายผู้ป่วยเพื่อรักษาโรคมะเร็ง เพิ่มประสิทธิภาพในการรักษารวมทั้งหลีกเลี่ยงผลข้างเคียงของรังสีต่อเนื้อเยื่อปกติและอวัยวะภายในที่สำคัญ แต่อย่างไรก็ดี การเคลื่อนที่ของอวัยวะภายในจากการหายใจจะมีผลต่อปริมาณรังสีเฉพาะที่ที่ให้แก่ผู้ป่วยบริเวณช่องอกและช่องท้องด้านบน โดยอาจมีผลต่อความชัดเจนของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้วางแผนการรักษา (planning CT) ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีม (Cone beam CT) ที่ใช้ตรวจสอบตำแหน่งก่อนการรักษา อาจทำให้ ขนาด รูปร่าง และ ตำแหน่ง ของก้อนมะเร็งและอวัยวะภายในเปลี่ยนแปลงไปไม่ตรงกับขั้นตอนจำลองการรักษา ในบทความนี้จะนำเสนอวิธีการที่สาขารังสีรักษามะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย นำมาใช้เพื่อจัดการการเคลื่อนไหวจากการหายใจของอวัยวะภายในขณะฉายรังสี

การเคลื่อนไหวในการฉายรังสี (Motion in radiotherapy)

การหายใจเป็นสาเหตุหลักของการเคลื่อนไหว มีลักษณะและรูปแบบเฉพาะในผู้ป่วยแต่ละคน แต่องค์ประกอบของการหายใจของผู้ป่วยก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในแต่ละครั้งของการฉายรังสี เช่น จุดสูงสุดต่ำสุดของสัญญาณการหายใจ (amplitude), ช่วงของการหายใจ (period), และลักษณะของการหายใจ^[1] ดังนั้นการหายใจจึงไม่มีลักษณะเฉพาะที่แน่นอน^[2] การหายใจของผู้ป่วยสามารถเปลี่ยนแปลงได้ทั้งระหว่างและภายในครั้งของการฉายรังสี การเคลื่อนที่ของก้อนมะเร็งที่บริเวณปอดถูกพบว่ามี ความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเคลื่อนที่ของกะบังลม โดยจะมีผลต่อตำแหน่งด้าน Superior-inferior และขนาดของ Gross tumor volume (GTV) ของก้อนมะเร็งที่อยู่ภายในปอด โดยอาจมีขอบเขตของการคลาดเคลื่อนสูงถึง 50 มิลลิเมตร^{[2],[3-6]} การเคลื่อนที่มากที่สุดของก้อนมะเร็งอยู่ที่บริเวณด้านล่างของปอด^[1,7] ซึ่งมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุดแนว Superior-

inferior ประกอบกับการเคลื่อนที่ที่เปลี่ยนแปลงในทิศทาง Anterior-posterior และ ทิศทาง Left-right^[2,7,8] อีกเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ดี การเคลื่อนที่ของก้อนมะเร็งที่มีตำแหน่งอยู่ภายนอกปอดโดยทั่วไปจะมีค่าการเคลื่อนที่ของตำแหน่งก้อนมะเร็งน้อยกว่า 5 มิลลิเมตรและมีเพียงไม่ถึง 12% ที่เคลื่อนที่มากกว่า 10 มิลลิเมตร อวัยวะภายในช่องท้องด้านบน เช่น ตับ ไต และม้ามมีการเคลื่อนที่จากการหายใจ โดยทั่วไปมากกว่า 10 มิลลิเมตร อย่างมีนัยยะสำคัญ^[8,9] จากคำแนะนำตามมาตรฐานสากลของ American Association of Physicists in Medicine Task Group 76 (AAPM TG 76)^[2] หากก้อนมะเร็งมีการเคลื่อนที่เป็นระยะทางมากกว่า 5 มิลลิเมตร ควรใช้วิธีการจัดการการหายใจ โดยที่ผู้ป่วยจะต้องสามารถให้ความร่วมมือได้เพื่อให้สามารถจัดการการเคลื่อนที่ของก้อนมะเร็งที่เกิดจากการหายใจดังกล่าวสามารถช่วยป้องกันเนื้อเยื่อปกติไม่ได้รับรังสีที่มากเกินไป

วิธีการจัดการการเคลื่อนไหว (Motion management method)

การจัดการเคลื่อนไหวในทางรังสีรักษา คือ เทคโนโลยีทางรังสีประเภทหนึ่งศึกษาและพิจารณาการเคลื่อนไหวกว้างการฉายรังสีและทำให้การเคลื่อนไหวนั้นส่งผลต่อการฉายรังสีน้อยที่สุด ซึ่งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์มีระบบจัดการการเคลื่อนไหวอยู่ 3 วิธี ดังนี้

1. การขยายขอบเขตของก้อนมะเร็ง (Margin)

วิธีการขยาย margin เป็นวิธีพื้นฐานที่ง่ายและใช้กันมาอย่างยาวนาน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาการเคลื่อนไหวแบบที่เกิดขึ้นในขณะฉายรังสี (Intrafraction motion) ได้ เนื่องจากการหายใจจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไม่เท่ากันในทุกทิศทาง ดังนั้นขนาดของการขยาย Margin จึงไม่เท่ากันในแต่ละทิศทางด้วย^[10] วิธีการกำหนดขนาดของ Margin ที่ดีที่สุด คือ การกำหนดโดยหาขอบเขตการเคลื่อนที่ของ Target volume หรืออวัยวะสำคัญ และใช้ขอบเขตของการเคลื่อนที่ดังกล่าว เป็นขอบเขตอ้างอิงของการกำหนดขนาดของ Planning target volume (PTV) ด้วย แม้ว่า การขยาย Margin จะทำให้ปริมาณรังสีที่กำหนดแก่

ก่อนมะเร็งครอบคลุมขอบเขตการเคลื่อนที่ที่เกิดจากการหายใจ แต่การขยาย Margin ขนาดใหญ่ก็จะทำให้อวัยวะสำคัญและเนื้อเยื่อปกติข้างเคียงได้รับรังสีโดยไม่จำเป็นด้วย ดังนั้นการตัดสินใจว่าจะใช้ Margin ขนาดเท่าไรนั้นต้องพิจารณาร่วมกันระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณรังสีที่กำหนดไปที่ Target volume กับผลข้างเคียงที่เนื้อเยื่อปกติจะได้รับ^[11]

การขยาย Margin ของสาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีข้อกำหนดคือ^[12] ในก้อนมะเร็งที่อยู่บริเวณปอด จาก GTV เป็น CTV (Clinical Target Volume) จะขึ้นกับชนิดของก้อนมะเร็ง โดย กรณีเป็นก้อนมะเร็งชนิด Squamous cell จะขยาย Margin โดย $CTV = GTV + 0.6$ เซนติเมตร กรณีเป็นมะเร็งชนิด Adenocarcinoma จะขยาย margin โดย $CTV = GTV + 0.8$ เซนติเมตร และกรณี ขยาย Margin จาก CTV เป็น PTV จะขึ้นกับว่าใช้เทคนิคของการควบคุมการหายใจหรือไม่ กรณีใช้เทคนิคการควบคุมการหายใจร่วมด้วย จะขยาย margin โดย $PTV = CTV + 0.5$ ถึง 1 เซนติเมตร แต่กรณีที่เป็นการหายใจแบบอิสระจะขยายเพิ่มมากขึ้นเพื่อการเคลื่อนไหวของอวัยวะภายในแบบ Internal target volume (ITV) ด้วย สำหรับก้อนมะเร็งที่อยู่บริเวณ Upper abdomen จะเคลื่อนที่ค่อนข้างเยอะตามจังหวะการหายใจ กรณีใช้เทคนิค breath hold เพื่อควบคุมการหายใจ มักจะขยาย $PTV = CTV + 1$ ถึง 1.5 เซนติเมตร ยกเว้น กรณีอยู่ใกล้ ลำไส้เล็กอาจจะขยาย Margin น้อยลงและทำ CBCT บ่อยขึ้นได้เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงจากการฉายรังสีซึ่งอาจมีผลต่อลำไส้เล็กได้

การจัดการการหายใจด้วยวิธีขยาย margin นั้นในการกำหนดขนาดของ PTV margin ควรคำนึงถึง ค่าความคลาดเคลื่อนในการจัดทำ (Set up error), การเปลี่ยนแปลงของร่างกายผู้ป่วย (anatomical change) และ internal movement ของ target volume ด้วย

2. การกลั้นใจนิ่ง (Respiratory breath hold)

การเคลื่อนที่จากการหายใจ สามารถควบคุมได้จากการกลั้นหายใจ หากเลือกใช้วิธีนี้เพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวจากการหายใจ ต้องเริ่มจากการเก็บภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบกลั้นหายใจขณะเก็บภาพเพื่อใช้ในการวางแผนการรักษา (Planning CT) ในขณะจำลองการรักษาและใช้ภาพนี้เป็นภาพอ้างอิงในการจัดตำแหน่งผู้ป่วยในขณะฉายรังสีโดยให้ผู้ป่วยกลั้นหายใจให้ได้เท่ากับขณะเก็บภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา แม้ว่าวิธีการจัดการการหายใจด้วยอุปกรณ์และวิธีการต่างๆ มีใช้หลายวิธี แต่ที่นิยมใช้ในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

สำหรับการฉายรังสีบริเวณช่องอกและท้องส่วนบน คือ การกลั้นหายใจของผู้ป่วยขณะสแกนภาพ

ตารางที่ 1 ค่าการขยายขอบเขตของก้อนมะเร็งของการฉายรังสีมะเร็งบริเวณช่องอกและช่องท้องด้านบนของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

Chest

Type of Cancer	The Margin extended from CTV (cm.)
Squamous cell carcinoma	+0.6
Adenocarcinoma	+0.8
+ motion management	+0.5

Abdomen

Type of Cancer	The Margin extended from CTV (cm.)
+ motion management	+1 to 1.5*

*Depend on distance between PTV and Bowel

โดยการใช้เทคนิค Deep Inspiration Breath Hold (DIBH) คือการหายใจเข้าลึกสุดแล้วกลั้นใจนิ่ง เพื่อให้อวัยวะภายในช่องอกหรือก้อนมะเร็งอยู่นิ่ง ใช้เวลาในการกลั้นหายใจต่อครั้งประมาณ 20-30 วินาที ทั้งในขั้นตอนการจำลองการรักษา และขั้นตอนการฉายรังสี เทคนิค DIBH นี้นิยมใช้ในการฉายรังสีบริเวณช่องอก เช่น โรคมะเร็งปอด และโรคมะเร็งเต้านมด้านซ้าย เป็นต้น การควบคุมการหายใจด้วยเทคนิค DIBH สำหรับฉายรังสีบริเวณเต้านมของผู้ป่วยนั้น จำเป็นต้องตัดภาพ CT ทั้งหมด 2 ซีรีย์ คือ ภาพผู้ป่วยหายใจปกติ (Free breath) และ ภาพผู้ป่วยขณะทำ DIBH เพื่อให้แพทย์พิจารณาใช้ภาพใดภาพหนึ่งจาก 2 ซีรีย์นั้นเป็นภาพที่ใช้ในการวางแผนการรักษา เพราะประโยชน์ในการใช้เทคนิค DIBH ในการฉายผู้ป่วยที่ฉายรังสีบริเวณเต้านมนั้น คือการลดปริมาณรังสีต่อหัวใจที่ผู้ป่วยจะได้รับ โดยขณะหายใจเข้าและกลั้นใจรูปร่างของหัวใจจะเรียวยาวและปริมาตรของปอดจะเพิ่มขึ้น ทำให้ระยะระหว่างผนังทรวงอก (chest wall) กับหัวใจเพิ่มขึ้น จึงสามารถลดปริมาณรังสีที่มีผลต่อหัวใจได้ ซึ่งจะมีผู้ป่วยบางรายที่ลักษณะทางกายภาพของผู้ป่วยขณะหายใจเข้าสุดแล้วกลั้นใจไม่ทำให้ระยะระหว่างปอดและผนังทรวงอกเพิ่มขึ้นจึงไม่ได้ประโยชน์จากการใช้เทคนิค DIBH ซึ่งต้องให้แพทย์พิจารณาจากการเปรียบเทียบภาพจากทั้งสองซีรีย์ของคนไข้แต่ละราย ในขณะที่ผู้ป่วยที่ใช้เทคนิค DEBH หรือเทคนิค DIBH ที่ไม่ได้ฉายรังสีรักษามะเร็งเต้านม สามารถ

ตัดภาพซีทีในซีรี Breath hold เพียงซีรีเดียว เพราะผู้ป่วยจะได้ประโยชน์จากควบคุมการหายใจด้วยเทคนิคการกลั้นใจทุกคน

สำหรับการฉายรังสีบริเวณช่องท้อง ใช้การกลั้นหายใจของผู้ป่วยขณะทำการสแกนภาพเพื่อจำลองการรักษาและขณะฉายรังสี โดยการใช้เทคนิคที่เรียกว่า Deep Expiration Breath Hold (DEBH) คือการหายใจออกสุดแล้วกลั้นใจนิ่ง เพื่อให้อวัยวะภายในช่องท้องหรือก้อนมะเร็งอยู่นิ่ง ใช้เวลาในการกลั้นหายใจต่อครั้งประมาณ 20-30 วินาที ทั้งในขั้นตอนการจำลองการรักษา และขั้นตอนการฉายรังสี เช่นเดียวกับเทคนิค DIBH

เทคนิค DEBH นี้นิยมใช้ในการฉายรังสีบริเวณช่องท้องด้านบน เช่น โรคมะเร็งตับ และโรคท่อน้ำดี เป็นต้น

โดยในขั้นตอนการจำลองการรักษาในเทคนิค DIBH และ DEBH นั้นจะนำระบบภาพนำวิถี (IGRT) เข้ามาใช้สำหรับดูกราฟการหายใจของผู้ป่วยในขณะสแกนภาพ และใช้ในการบันทึกกราฟเพื่อนำกราฟการหายใจของผู้ป่วยในขั้นตอนการจำลองการฉายรังสีไปใช้ควบคุมการหายใจของผู้ป่วยให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนดในขณะฉายรังสี โดยระบบภาพนำวิถีที่นำมาใช้ควบคุมการหายใจ มีดังนี้



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 1 ระบบ AlignRT ถูกติดตั้งร่วมกับเครื่องฉายรังสี TrueBeam ที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (ก) หน้าจอระบบ AlignRT แสดงค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในขอบเขตที่กำหนด (3 เซนติเมตร) (ข) หน้าจอระบบ AlignRT แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของเตียงแนว vertical longitudinal และ Yaw เกินขอบเขตที่กำหนด (3 เซนติเมตร) (ค)

2.1 ระบบภาพสามมิติจำลองภาพพื้นผิวของผู้ป่วย (Real time 3D surface tracking system)

ระบบภาพสามมิติจำลองภาพพื้นผิวของผู้ป่วยโดยที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ใช้เป็นระบบ AlignRT (VisionRT, Ltd, London, UK) เป็น non ionizing IGRT สำหรับช่วยในการจัดทำผู้ป่วย ตัวเครื่องประกอบด้วยชุดกล้องทั้งหมด 3 ชุดกล้องติดอยู่บนเพดานห้องฉายรังสี บริเวณปลายเท้าผู้ป่วยและท่ามุม 60 องศาไปทางด้านซ้ายและขวาอีกด้านละ 1 ชุดกล้องดังแสดงในภาพที่ 1 แต่ละชุดกล้องประกอบด้วย stereovision camera, texture camera, ดันกำเนิดแสง flash สีขาวและแสงสีแดงที่มีลายจำเพาะ ซึ่งใช้ในการสร้างภาพพื้นผิวจำลองของผู้ป่วย ระบบ AlignRT มีซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาใช้ในการสร้างภาพจำลองพื้นผิวของผู้ป่วยขึ้นมาใหม่แล้วแสดงภาพการเคลื่อนที่ของผู้ป่วยตลอดเวลา (Real time) และสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนโดยนำไปเปรียบเทียบกับภาพอ้างอิงซึ่งได้มาจากข้อมูลภาพ

Surface contour จากภาพที่ใช้วางแผนการรักษา (Planning CT) หรือภาพที่ได้จากระบบ AlignRT ที่บันทึกไว้จากการฉายรังสีครั้งแรก การฉายรังสีมะเร็งช่องอกและช่องท้องส่วนบนนิยมใช้ภาพอ้างอิงจากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการวางแผนการรักษา ที่ได้จากการเก็บภาพจากการจำลองการรักษา โดยใช้เทคนิคการกลั้นหายใจตามที่แพทย์กำหนด เปรียบเทียบกับตำแหน่งผู้ป่วยในขณะได้รับการฉายรังสีให้ผู้ป่วยกลั้นใจให้ได้ตำแหน่งเดียวกับภาพอ้างอิงโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินที่กำหนดไว้ คือ ± 3 มิลลิเมตร กรณีผู้ป่วยกลั้นหายใจไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดเครื่องจะหยุดปล่อยรังสีและเมื่อผู้ป่วยสามารถกลั้นหายใจอยู่ในช่วงที่กำหนดได้เครื่องจะกลับมาปล่อยรังสีอีกครั้ง ทำเช่นนี้จนกว่าจะฉายรังสีผู้ป่วยแล้วเสร็จตามแผนการรักษาในแต่ละครั้ง

2.2 ระบบการจัดการตำแหน่งตามเวลาจริง (Real-time-position-management, RPM)

ระบบการจัดการตำแหน่งตามเวลาจริง เป็นระบบที่นิยมใช้ในการสร้างภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ 4 มิติ (4 Dimensional Computed Tomography; 4-D CT) ประกอบด้วยกล่องพลาสติกที่ใช้สะท้อนสัญญาณการเคลื่อนไหวจากการหายใจ (Reflective external marker) ที่มีน้ำหนักเบาและไม่ดูดกลืนรังสี เป็นอุปกรณ์ที่มีจุดสะท้อนอินฟราเรดวางไว้บนตัวผู้ป่วยดังแสดงในภาพที่ 2 และกล้องวิดีโออินฟราเรด (infrared video camera) ที่อยู่ปลายเตียงทำการส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังจุดสะท้อนอินฟราเรดบนกล่องพลาสติกดังกล่าว และรับสัญญาณที่สะท้อนกลับตามจังหวะการหายใจของผู้ป่วย การวางกล่องตรวจบริเวณกึ่งกลางระหว่าง Xiphoid process กับสะดือ ปรับกล้องอินฟราเรดให้สามารถมองเห็นอุปกรณ์ได้อย่างชัดเจน จากนั้นจะได้สัญญาณ Sine wave ที่สอดคล้องกับการหายใจของผู้ป่วยโดยสามารถเลือกความสัมพันธ์ของการหายใจของผู้ป่วยกับกราฟอ้างอิงได้สองลักษณะ คือ กำหนดค่าสูงสุดต่ำสุด (Amplitude), กำหนดช่วงของความสัมพันธ์ (Phase)



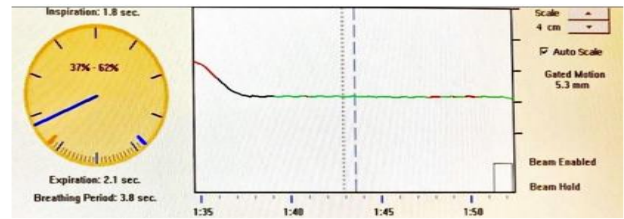
(ก)

(ข)

รูปที่ 2 การวางกล่อง RPM บนตัวผู้ป่วย (ก) และกล้องจับสัญญาณจากกล่อง RPM (ข)

สำหรับการฉายรังสีมะเร็งช่องอกและช่องท้องด้านบนนิยมใช้เทคนิค Breath hold โดยให้ผู้ป่วยหายใจสุดแล้วกลั้นใจและให้ระบบ RPM ตรวจจับตำแหน่งของกล่องที่วางอยู่บนตัวผู้ป่วยสร้างกราฟแบบ real time ขณะกลั้นหายใจแสดงตำแหน่งและช่วงเวลาให้ผู้ป่วยสามารถกลั้นใจได้ ดังแสดงในภาพที่ 3 เปรียบเทียบกราฟการหายใจที่แสดงขณะผู้ป่วยอยู่ในห้องฉายรังสีกับกราฟที่แสดงการหายใจขณะเก็บภาพ Planning CT ที่บันทึกไว้ขณะจำลองการรักษาเพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิง กำหนดขอบเขตความคลาดเคลื่อนของการหายใจโดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงไม่เกิน 3 มิลลิเมตร กรณีผู้ป่วยไม่สามารถกลั้นหายใจให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้เครื่องจะหยุดปล่อยรังสีและเมื่อผู้ป่วยสามารถกลั้นหายใจอยู่ในช่วงที่กำหนดได้

เครื่องจะกลับมาปล่อยรังสีอีกครั้งทำเช่นนั้นจนกว่าจะฉายรังสีผู้ป่วยแล้วเสร็จตามแผนการรักษาในแต่ละครั้ง

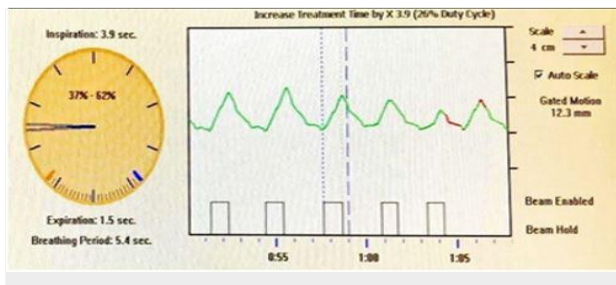


รูปที่ 3 กราฟการหายใจแบบหายใจออกสุดแล้ว กลั้นใจนิ่ง (DEBH) ที่เก็บสัญญาณโดยระบบ RPM ใช้ในการควบคุมการหายใจด้วยวิธี Respiratory breath hold

3. ระบบตรวจสอบตำแหน่งรอยโรคที่ใช้การตรวจจับสัญญาณการหายใจ (Respiratory gating)

ระบบตรวจสอบตำแหน่งรอยโรคที่ใช้การตรวจจับสัญญาณการหายใจ จากการเก็บข้อมูลภาพโดยใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ 4 มิติ (4D CT) ที่มีซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ขั้นสูงเป็นแนวทางในการบริหารลำรังสีร่างกายของผู้ป่วยในขณะที่ผู้ป่วยหายใจ ซึ่งช่วยเพิ่มความถูกต้องในการฉายรังสีในก้อนมะเร็งที่เคลื่อนที่โดยการถ่ายภาพ 4-D CT สำหรับหาขอบเขตของก้อนมะเร็ง ที่เคลื่อนที่จากการหายใจ โดยสามารถหาขอบเขตของก้อนมะเร็งที่เคลื่อนที่ทั้งหมดเพื่อฉายรังสีให้ครอบคลุมก้อนมะเร็ง ทำให้ช่วยกำหนดขอบเขตในการฉายรังสีได้ดีขึ้น^[13,14] ภาพ 4-D CT เป็นภาพที่ได้จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ร่วมกับระบบติดตามสัญญาณการหายใจ ใช้เพื่อแสดงขอบเขตการเคลื่อนที่ของก้อนมะเร็ง ในรูปแบบสามมิติเปรียบเทียบกับเวลา โดยใช้อ้างอิงประกอบของกราฟการหายใจคือ Amplitude หรือ Phase เป็นสิ่งที่กำหนดช่วงของการรักษา ซึ่งในการฉายรังสีให้แก่ผู้ป่วยเครื่องฉายรังสีจะทำการฉายใน Amplitude หรือ Phase ของการหายใจที่กำหนดไว้เท่านั้นและจะหยุดฉายรังสีในช่วง Amplitude หรือ Phase ที่ไม่ได้กำหนด ทำให้ปริมาณรังสีที่กำหนดครอบคลุมเฉพาะก้อนมะเร็งที่เป็นเป้าหมายของการฉายเท่านั้นและโดนอวัยวะที่สำคัญและเนื้อเยื่อข้างเคียงน้อยลง สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย ใช้ระบบ RPM มาใช้เพื่อช่วยตรวจจับการหายใจ โดยวาง Reflective external marker อยู่ที่บริเวณกึ่งกลางระหว่าง Xiphoid process กับสะดือ และมีกล้อง Infrared video camera ที่อยู่ปลายเตียงทำการส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังจุดสะท้อนอินฟราเรดบนกล่องพลาสติกดังกล่าว และรับสัญญาณที่สะท้อนกลับตามจังหวะการ

หายใจของผู้ป่วย กระบวนการทั้งหมด เช่นเดียวกับกระบวนการทำของ Breath hold ต่างกันตรงที่ ระหว่างการเก็บภาพซีที ที่ใช้ในการวางแผนการรักษา ผู้ป่วยจะหายใจปกติเพื่อให้ระบบ RPM เก็บสัญญาณการหายใจในรูปแบบของกราฟ ดังแสดงในภาพ 4 เพื่อให้แพทย์พิจารณาเลือก Amplitude หรือ Phase ที่เหมาะสมในการรักษาและห้องฉายรังสีจะใช้กราฟที่แพทย์กำหนดนี้เป็นค่าอ้างอิงในการฉายรังสีให้แก่ผู้ป่วยในแต่ละครั้ง ในผู้ป่วยที่ฉายรังสีบริเวณปอดและท้องส่วนบนด้วยเทคนิค SBRT ที่มีปริมาณรังสีต่อครั้งสูงและจำนวนครั้งที่ฉายน้อยควรใช้วิธีการจัดการเคลื่อนไหวจากการหายใจร่วมด้วยทุกครั้งและใช้เทคนิค FFF (Flattening Filter Free) เพิ่ม Dose rate เพื่อลดเวลาในการฉายลงเป็นการลดผลของการเคลื่อนไหวที่เกิดจากการหายใจ



รูปที่ 4 กราฟการหายใจแบบปกติที่เก็บสัญญาณโดยระบบ RPM ใช้ในการควบคุมการหายใจด้วยวิธี Gating

จัดการการหายใจโดยการใช่วิธี gating หรือ breathing hold นั้น จำเป็นต้องอธิบายขั้นตอนและวิธีปฏิบัติให้ผู้ป่วยทราบและเข้าใจเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถให้ความร่วมมือในการปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและจำเป็นต้องเตรียมผู้ป่วยโดยการซ้อมกลั้นหายใจประมาณ 2-3 รอบพร้อมกับดูกราฟการหายใจขณะซ้อมเพื่อให้แน่ใจว่าผู้ป่วยสามารถกลั้นหายใจตามที่แพทย์กำหนดได้

บทสรุป

การควบคุมการเคลื่อนไหวจากการหายใจสำหรับการฉายรังสีบริเวณช่องอกและช่องท้องด้านบนนั้นเป็นสิ่งจำเป็น โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ได้ใช้วิธีจัดการการเคลื่อนไหว แบ่งเป็น 3 วิธี คือ การขยายขอบเขตของก้อนมะเร็ง (Margin) การกลั้นใจนิ่ง (Respiratory Breath hold) ระบบตรวจสอบตำแหน่งรอยโรคที่ใช้การตรวจจับสัญญาณการหายใจ (Respiratory Gating) ซึ่งแต่ละวิธีมีความเหมาะสมสำหรับผู้ป่วยแต่ละประเภทขึ้นกับลักษณะของโรค เทคนิคการฉายรังสีและสภาพร่างกายของผู้ป่วยแต่ละคน โดยการจัดการการเคลื่อนไหวของ

ผู้ป่วยที่ถูกต้องและเหมาะสมจะทำให้การฉายรังสีผู้ป่วยบรรลุวัตถุประสงค์และผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Seppenwoolde Y, Shirato H, Kitamura K, et al. Precise and real-time measurement of 3D tumor motion in lung due to breathing and heartbeat, measured during radiotherapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2002; 53:822–834.
- [2] Keall PJ, Mageras GS, Balter JM, et al. The management of respiratory motion in radiation oncology report of AAPM Task Group 76. Med Phys. 2006; 33:3874–3900
- [3] Hanley J, Debois MM, Mah D, et al. Deep inspiration breath-hold technique for lung tumors: The potential value of target immobilization and reduced lung density in dose escalation. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1999; 45:603–611.
- [4] Balter JM, Lam KL, McGinn CJ, Lawrence TS, Ten Haken RK. Improvement of CT-based treatment-planning models of abdominal targets using static exhale imaging. Int J Radiat Oncol. 1998; 41:939–943.
- [5] Davies SC, Hill AL, Holmes RB, Halliwell M, Jackson PC. Ultrasound quantitation of respiratory organ motion in the upper abdomen. Br J Radiol. 1994; 67:1096–102.
- [6] Bussels B, Goethals L, Feron M, et al. Respiration-induced movement of the upper abdominal organs: A pitfall for the three-dimensional conformal radiation treatment of pancreatic cancer. Radiother Oncol. 2003; 68:69–74.
- [7] Liu HH, Balter P, Tutt T, et al. Assessing respiration-induced tumor motion and internal target volume using four-dimensional computed tomography for radiotherapy of lung cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2007; 68:531–540.
- [8] Langen KM, Jones DTL. Organ motion and its management. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2001; 50:265–278.
- [9] Brandner ED, Wu A, Chen H, et al. Abdominal organ motion measured using 4D CT. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2006; 65:554–560.
- [10] Ezhil M, Vedam S, Balter P, et al. Determination of patient-specific internal gross tumor volumes for lung cancer using four-dimensional computed tomography. Radiat Oncol. 2009; 4:4.
- [11] Ahn S, Yi B, Suh Y, et al. A feasibility study on the prediction of tumour location in the lung from skin motion. Br J Radiol. 2004; 77:588–596.
- [12] Jeffrey D Bradley, Chen Hu, Ritsuko R Komaki, et al. Long-Term Results of NRG Oncology RTOG 0617: Standard- Versus High-Dose Chemoradiotherapy with or without Cetuximab for Unresectable Stage III Non-Small-Cell Lung Cancer. J Clin Oncol. 2020 Mar 1;38(7):706-714.
- [13] Chumsuwan N, Kowittheeraphong N, Ruedoodee M, Sae-tan M. Setup error, assessment of female breast cancer

radiotherapy at Songklanagarind Hospital. Thai J Rad Tech.
2022;47(1):35-42.

- [14] Tongngarm W, Kornsopa S, Saenchon P, Pongsak N, Yingsom N, Lalomchai K, Waisarikam Y, Yabsantia S. Setup errors and CTV to PTV margin for upper abdominal cancer with intensity modulated radiotherapy technique using electronic portal imaging device in Sakon Nakhon Hospital. Thai J Rad Tech. 2024;49(1):1-13.