ความเป็นไปได้ในการเพิ่มระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกและความสัมพันธ์ของแอมพลิจูด การหายใจกับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกในการฉายรังสีมะเร็งเต้านมซ้าย โดยการใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง

Feasibility of increasing heart to chest wall distance and relationship between respiratory amplitude and heart to chest wall distance in left breast cancer radiotherapy using abdominal compression

สิรดา เขียนเมืองน้อย[1], พิชญาภรณ์ กลั่นกลิ่น[2], สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์[2]

[1]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2]หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้นิพนธ์ประสานงาน

สิรดา เขียนเมืองน้อย

สาขาวิชาฟิสิกส์การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 110 ถนนอินทวโรรส ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

อีเมล: siradakhian@gmail.com

Sirada Khianmuangnoi[1], Pitchayaponne Klunklin[2], Somsak Wanwilairat[2]

[1]Medical Physics Master Degree Program, Faculty of Medicine, Chiang Mai University

[2]Division of Therapeutic Radiology and Oncology, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Chiang Mai University

Corresponding Author:

Sirada Khianmuangnoi

Medical Physics Program, Faculty of Medicine, Chiang Mai University 110 Inthawarorot Road, Tambol Sripoom, Amphoe Mueang, Chiang Mai 50200

E-mail: siradakhian@gmail.com

Submitted: July 17, 2021

Revised: August 6, 2021

Accepted: September 13, 2021

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: ในการฉายรังสีมะเร็งเต้านมซ้าย ปริมาณรังสีที่หัวใจ และหลอดเลือดหัวใจซ้าย (left anterior descending artery, LAD) เป็นปัญหาที่สำคัญ จึงมีความพยายามที่จะพัฒนาวิธีทางรังสีรักษาที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำซ้ำได้ เพื่อลดปริมาณรังสีที่ไปยังอวัยวะดังกล่าว

วัตถุประสงค์: ศึกษาการใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง (Abdominal Compression: AC) ร่วมกับเทคนิคการหายใจเข้าลึกระดับปานกลาง (Moderate deep inspiration breath hold: mDIBH+AC) ในการฉายรังสีมะเร็งเต้านมซ้าย โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประเมินการเพิ่มระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกเมื่อใช้ mDIBH+AC พร้อมหาความสัมพันธ์ของแอมพลิจูดการหายใจกับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก และวัตถุประสงค์รองเพื่อประเมินปริมาณรังสีที่หัวใจ และ LAD ได้รับ รวมถึงระยะเวลาหายใจเข้าแล้วกลั้นลมหายใจค้าง

วัสดุและวิธีการ: ศึกษาในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมซ้าย 11 ราย โดยจำลองการฉายรังสีด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และบันทึกสัญญาณการหายใจด้วย Anzai Belt สามชุดข้อมูลคือ หายใจอิสระ (Free Breath: FB), หายใจเข้าลึกสุดแล้วกลั้นลมหายใจค้าง (Deep inspiration breath hold: DIBH) และหายใจเข้าลึกระดับปานกลางร่วมกับใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง (mDIBH+AC) จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลสัญญาณการหายใจด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก, แอมพลิจูดการหายใจ และปริมาณรังสีที่หัวใจ และ LAD ได้รับ จากแผนการฉายรังสีรวมถึงเปรียบเทียบระยะเวลากลั้นหายใจระหว่าง DIBH กับ mDIBH+AC

ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกมีค่า 0.46 ± 0.22, 0.99 ± 0.57 และ 0.97± 0.54 ซม. สำหรับ FB, DIBH และ mDIBH+AC ตามลำดับ พบความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดการหายใจกับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกเป็นเชิงบวกระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Pearson เท่ากับ 0.623 นอกจากนี้ mDIBH+AC เมื่อเทียบกับ FB สามารถลดค่า Dmean, Dmax, V20Gy และ V30Gy ที่หัวใจ ลง 5.40%, 5.39 %, 23.02% และ 28.14% ตามลำดับ และลดค่า Dmean, Dmax และ D2% ที่ LAD ลง 13.77% , 6.59% และ 7.16% ตามลำดับ และผู้ป่วยส่วนใหญ่มีระยะเวลากลั้นลมหายใจค้างด้วยเทคนิค mDIBH+AC นานกว่าเทคนิค DIBH คือเพิ่มจาก 28.52±6.54 วินาที เพิ่มเป็น 31.13±8.35 วินาที (p=0.122)

ข้อสรุป: การใช้ AC มีประสิทธิภาพในการเพิ่มระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก รวมถึงลดปริมาณรังสีที่หัวใจและ LAD ได้รับ เมื่อเทียบกับ FB นอกจากนี้ AC ยังช่วยให้การทำ mDIBH มีระดับที่คงที่ยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การหายใจเข้าลึกระดับปานกลาง, ระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก, แอมพลิจูดการหายใจ, อุปกรณ์กดหน้าท้อง

Abstract

Backgrounds: In radiotherapy for left sided breast cancer, the radiation dose to the heart and left anterior descending artery (LAD) are major concerns. There have been attempts to develop an effective and reproducible radiotherapy technique in order to minimize dose to the organ at risk.

Objectives: To investigate the use of the Abdominal Compression (AC) with moderate deep inspiration breath hold technique (mDIBH+AC) in left side breast cancer radiotherapy.

The primary objective was to evaluate an increasing of the heart to chest wall distance by using mDIBH+AC along with the relationship between respiratory amplitude and the heart to chest wall distance. The secondary objective was to assess the radiation doses delivered to the heart and LAD and duration for breath hold technique.

Materials and methods: Eleven patients with left sided breast cancer were enrolled in our study. CT simulation was undergone and recorded respiratory signal with Anzai Belt system in 3 data sets: Free breath (FB), Deep inspiration breath hold (DIBH) and moderate deep inspiration breath hold with abdominal compression (mDIBH+AC). Respiratory signal was analyzed with Fourier Transform technique. Then, the heart to chest wall distance, the respiratory amplitude and radiation doses of the heart and LAD from the radiation treatment plans were evaluated. The time of breath hold was also compared between DIBH and mDIBH+AC.

Results: The average heart to chest wall distances were 0.46 ± 0.22, 0.99 ± 0.57 and 0.97± 0.54 cm for FB, DIBH and mDIBH+AC, respectively. We found a moderate positive correlation between respiratory amplitude and the heart to chest wall distance with a statistically significant Pearson correlation coefficient of 0.623. Using mDIBH+AC reduced Dmean, Dmax,V20Gy and V30Gy of the heart by 5.40%, 5.39%, 23.02% and 28.14%, respectively, and Dmean, Dmax and D2% on LAD by 13.77%, 6.59% and 7.16%, respectively when compared with FB. Moreover, the duration of breath hold in mDIBH+AC was longer than DIBH in most patients, increased from 28.52±6.54 sec to 31.13±8.35 sec (p=0.122).

Conclusions: Using of AC is effective to increase the heart to chest wall distance including reducing radiation dose to the heart and LAD compared with FB. Moreover, AC showed improving stability of mDIBH.

Key words: Moderate deep inspiration breath hold, Heart to chest wall distance, Respiratory amplitude, Abdominal Compression

J Thai Assoc Radiat Oncol 2021; 27(2): R76-R90

บทนำ

รังสีรักษาสำหรับผู้ป่วยมะเร็งเต้านมมีประโยชน์ในการเพิ่มการควบคุมโรคเฉพาะที่และอัตราการรอดชีวิตโดยรวม[1,2] อย่างไรก็ตามรังสีปริมาณต่ำที่หัวใจได้รับทำให้เกิดผลแทรกซ้อนต่อระบบหัวใจระยะยาวหลังจากได้รับการฉายรังสี รายงานของ Darby[3] พบว่าความเสี่ยงของอุบัติการณ์โรคหัวใจและหลอดเลือดหัวใจจะเพิ่มขึ้นประมาณ 7.4 % ต่อเกรย์ของปริมาณรังสีเฉลี่ยที่หัวใจได้รับเนื่องจากโครงสร้างสำคัญด้านหน้าของหัวใจอยู่ใกล้ผนังทรวงอกและบ่อยครั้งมักจะเข้าไปอยู่ในบริเวณพื้นที่รังสีสูงโดยเฉพาะในผู้ป่วยฉายรังสีมะเร็งเต้านมซ้าย จึงมีความพยายามที่จะใช้เทคนิคต่างๆเพื่อช่วยลดปริมาณรังสีที่หัวใจและหลอดเลือดหัวใจได้รับ ซึ่งหนึ่งในเทคนิคที่ได้รับความนิยมมากคือเทคนิคการหายใจเข้าลึกสุดแล้วกลั้น

ลมหายใจค้าง (Deep inspiration breath hold, DIBH) เทคนิคนี้เกี่ยวข้องกับการฝึกผู้ป่วยให้หายใจเข้ามากที่สุดแล้วกลั้นลมหายใจค้าง ทำให้เกิดการเพิ่มระยะห่างระหว่างหัวใจกับผนังทรวงอก รวมถึงเพิ่มปริมาตรของปอดระหว่างการฉายรังสี ส่งผลให้หัวใจและปอดได้รับปริมาณรังสีลดลง วิธีนี้จำเป็นต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์ติดตามสัญญาณการหายใจภายนอกได้แก่ Varian real-time position management, Active Breathing Control หรือ Anzai Belt เป็นต้น[1,4] แต่การทำซ้ำของระดับการกลั้นหายใจ, ความแปรปรวนระหว่างการกลั้นลมหายใจภายในการฉายรังสีแต่ละครั้ง, ระยะเวลาที่ผู้ป่วยกลั้นหายใจ และการให้ความร่วมมือของผู้ป่วย เป็นข้อจำกัดของเทคนิคดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีระบบ Audio Visual Feedback ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูง[5] นอกจากนี้วิธีหายใจเข้าแล้วกลั้นลมหายใจค้างระดับปานกลาง (Moderate deep inhalation breath hold: mDIBH) ถูกนำเสนอให้ใช้แทนเทคนิค DIBH จากประสบการณ์ของ Keall[6] แสดงให้เห็นว่าการหายใจเข้าลึกแล้วกลั้นลมหายใจค้างระดับปานกลาง (mDIBH) โดยตั้งระดับการหายใจไว้ที่ 75% ของความสามารถในการหายใจเข้าลึกสุด ผู้ป่วยสามารถทำได้ดี และอวัยวะภายในมีการเคลื่อนไหวอยู่ในระดับเท่าเดิมในขณะที่ผู้ป่วยมีความสบายกว่าการทำ DIBH

Anzai Belt ประกอบด้วย อุปกรณ์วัดสัญญาณจากการวัดความดันที่ถูกบรรจุภายในเข็มขัดแบบยืดหยุ่นซึ่งพันรอบลำตัวผู้ป่วย ทำหน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวผนังทรวงอกแบบเรียลไทม์ โดยเปลี่ยนแรงกดทางกายภาพเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เมื่อผู้ป่วยหายใจเข้าเข็มขัดจะรัดแน่นส่งแรงกระทำต่ออุปกรณ์วัดสัญญาณ ทำให้ได้สัญญาณแอมพลิจูดสูงขึ้นและแอมพลิจูดลดลงเมื่อหายใจออก[7] เทคนิคการจำกัดการหายใจให้ตื้น (Forced Shallow Breathing with Abdominal Compression) เป็นการใช้แผ่นกดหน้าท้องกดบริเวณผนังหน้าท้อง โดยใช้แรงกดมากที่สุดเท่าที่ผู้ป่วยทนได้ เพื่อบังคับให้ผู้ป่วยหายใจตื้นขึ้น[4] Wunderink W[8] รายงานประสิทธิภาพของอุปกรณ์กดหน้าท้อง (Abdominal Compression: AC) ในผู้ป่วยมะเร็งตับปฐมภูมิ สามารถช่วยลดการเคลื่อนไหวของก้อนเนื้องอกในแนวบน-ล่าง และแนวหน้า-หลัง ในผู้ป่วยทุกราย และบางการศึกษาพบว่าอุปกรณ์กดหน้าท้องสามารถลดปริมาณรังสีบริเวณอวัยวะสำคัญข้างเคียง เช่น ตับและปอด ในการฉายรังสีศัลยกรรมบริเวณลำตัว (Stereotactic Body Radiation Therapy, SBRT)[9]

เนื่องจากข้อจำกัดด้านทรัพยากรของหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มีเพียงอุปกรณ์กดหน้าท้องและอุปกรณ์สร้างสัญญาณการหายใจรุ่น Anzai Belt ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพของการใช้อุปกรณ์กดหน้าท้องร่วมกับการหายใจค้างระดับปานกลาง (moderate DIBH+AC: mDIBH+AC) โดยอาศัย Anzai Belt เป็นอุปกรณ์วัดสัญญาณการหายใจ โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือประเมินการเพิ่มระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกเมื่อใช้เทคนิค mDIBH+AC และหาความสัมพันธ์ของแอมพลิจูดการหายใจกับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก และมีวัตถุประสงค์รองคือหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีที่หัวใจและหลอดเลือดหัวใจซ้ายได้รับและการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาของการหายใจเข้าแล้วกลั้นลมหายใจค้างเมื่อใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง

วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองแบบไปข้างหน้า ได้รับการรับรองจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยของคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (เอกสารรับรองโครงการวิจัยในมนุษย์ เลขที่ 192/2563) ใช้ข้อมูลภาพถ่ายรังสีตัดขวางแบบสามมิติ และสัญญาณการหายใจของผู้ป่วย ที่เข้ารับการรักษา ณ หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563

กลุ่มตัวอย่าง

ผู้ป่วยเพศหญิงอายุระหว่าง 18-70 ปี ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งเต้านมซ้ายระยะ I-III และผ่าตัดบริเวณเต้านมแบบ Modified radical mastectomy จำนวน 11 ราย โดยผู้ป่วยต้องสามารถทนต่อการใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง (AC) และกลั้นลมหายใจอย่างน้อย 15 วินาที ได้

ขั้นตอนดำเนินการ

จัดท่าผู้ป่วยเตรียมพร้อมสำหรับจำลองการฉายรังสีด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ จากนั้นติดตั้งอุปกรณ์วัดสัญญาณการหายใจรุ่น Anzai belt (AZ-733VI, Anzai Medical Co., Japan) ที่เชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ AZ-733VI เวอร์ชั่น 1.06 ภายในคอมพิวเตอร์โน้ตบุค โดยนำเข็มขัดอีลาสติกคาดบริเวณลำตัวผู้ป่วย ให้ตำแหน่งของช่องบรรจุอุปกรณ์รับสัญญาณอยู่บริเวณกระดูกซายโครงระดับลิ้นปี่เยื้องไปด้านขวาของผู้ป่วย บรรจุอุปกรณ์รับสัญญาณเข้าไปในช่องของเข็มขัดและปรับความแน่นของเข็มขัดให้เหมาะสม จากนั้นบันทึกสัญญาณการหายใจพร้อมกับถ่ายภาพรังสีตัดขวางแบบสามมิติในผู้ป่วยแต่ละรายดังนี้ ผู้ป่วยหายใจอิสระ (Free-breath: FB), ผู้ป่วยหายใจเข้าลึกสุดแล้วกลั้นลมหายใจค้าง และผู้ป่วยหายใจเข้าลึกระดับปานกลางร่วมกับการใช้อุปกรณ์กดหน้าท้องโดยนำอุปกรณ์กดหน้าท้องรุ่น Body Pro-Lok Systems with Abdominal Compression วางคร่อมลำตัวผู้ป่วยตำแหน่งของแผ่นกดกดบริเวณผนังหน้าท้องต่ำกว่ากระดูกลิ้นปี่ประมาณ 2-3 ซม. ปรับระดับแขนกดทั้งสองข้างลงต่ำจนแผ่นกดสัมผัสกับผนังหน้าท้อง แสดงดัง**ภาพที่ 1** ให้ผู้ป่วยหายใจเข้าลึกสุดแล้วกลั้นลมหายใจค้าง จากนั้นค่อยๆ ปรับเพิ่มระดับแรงกดของ AC ให้มากที่สุดเท่าที่ผู้ป่วยทนได้ พร้อมประเมินแอมพลิจูดการหายใจจากกราฟสัญญาณการหายใจที่ได้จากอุปกรณ์ Anzai belt แล้วให้ผู้ป่วยหายใจปกติ เริ่มบันทึกสัญญาณการหายใจ โดยมีคำสั่งเสียงให้ผู้ป่วยหายใจเข้าลึกสุดแล้วกลั้นใจค้างไว้อีกครั้ง โดยระดับการกลั้นลมหายใจจะถูกควบคุมด้วยระดับแรงกดของ AC จากนั้นเริ่มถ่ายภาพรังสีตัดขวางพร้อมบันทึกสัญญาณการหายใจ

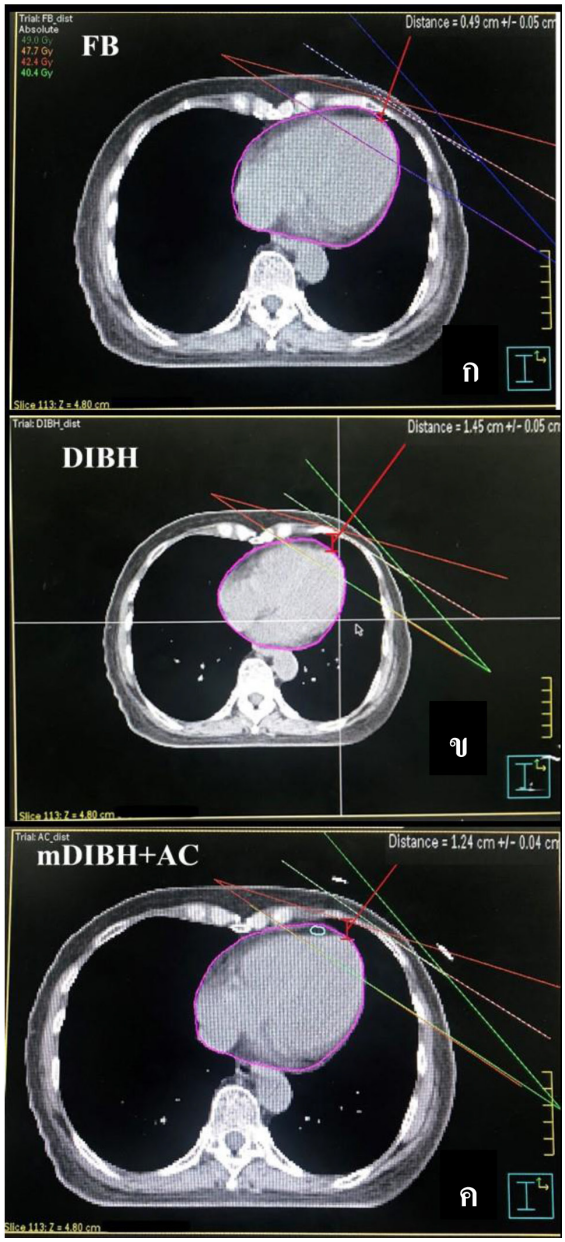
1. ระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก

วัดระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกจากข้อมูลภาพถ่ายรังสีตัดขวางแบบสามมิติ โดยอ้างอิงวิธีการวัดจากงานวิจัยของ Register S[10] โดยใช้ภาพผู้ป่วย FB เป็นข้อมูลเริ่มต้นสำหรับอ้างอิง คือ ภาพผู้ป่วย FB กำหนดลำรังสีเข้าในแนวสัมผัสลำตัวผู้ป่วยสองทิศทางตรงกันข้าม (two opposing tangential beams) โดยเอียงลำรังสีให้ผ่านเนื้อเยื่อปอดด้านรอยโรคน้อยที่สุด กำหนดขอบเขตลำรังสีให้ครอบคลุมตำแหน่งเป้าหมาย โดยไม่คำนวณปริมาณรังสี เลือกสไลด์ที่บริเวณหัวใจเข้าไปในพื้นที่รังสีมากที่สุด จากนั้นวัดระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกในแนวหน้า-หลัง บริเวณตำแหน่ง anterior cardiac



ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งของอุปกรณ์กดหน้าท้อง (AC)

contour ถึง ผนังทรวงอก สำหรับข้อมูลภาพเทคนิค DIBH และ mDIBH+AC กำหนดจุดศูนย์ร่วม ทิศทางลำรังสี และพื้นที่รังสีเหมือนกับภาพผู้ป่วย FB วัดระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก บริเวณตำแหน่งและสไลด์เดียวกันกับภาพผู้ป่วย FB แสดงดัง**ภาพที่ 2**



ภาพที่ 2 การวัดระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก: (ก) หายใจอิสระ, (ข) หายใจเข้าลึกสุดแล้วกลั้นลมหายใจค้าง, (ค) หายใจเข้าลึกระดับปานกลางร่วมกับใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง

2. แอมพลิจูดการหายใจและระยะเวลากลั้นลมหายใจ

หาค่าแอมพลิจูดสัญญาณการหายใจ และระยะเวลากลั้นลมหายใจ จากไฟล์ข้อมูลที่ถูกเก็บในรูปของ ASCII-file (.CSV) โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ภายหลังเก็บข้อมูลภาพ ดังนี้

1) เทคนิค FB สัญญาณการหายใจมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ แสดงดัง**ภาพที่ 3ก** จึงคำนวณด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มจากโปรแกรม Microsoft Excel ที่ติดตั้งฟังก์ชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม เพื่อหาค่าเฉลี่ยของแอมพลิจูดของเทคนิค FB (FB amplitude)

2) เทคนิค DIBH แสดงดัง**ภาพที่ 3ข** แยกแอมพลิจูดสัญญาณการหายใจ ออกเป็น 2 ส่วน คือ ความสูงของสัญญาณตอนหายใจเข้าลึกสุดแล้วกลั้นลมหายใจ (DIBH amplitude) วัด DIBH amplitude จากแนวแกน Y ของกราฟสัญญาณการหายใจ และความเสถียรของสัญญาณช่วงค้างลมหายใจ (DIBH stability amplitude) สัญญาณการหายใจมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ขนาดเล็กๆ จึงคำนวณด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทราสฟอร์มและหาระยะเวลากลั้นลมหายใจจากแนว แกน X ของกราฟสัญญาณการหายใจ

3) เทคนิค mDIBH+AC แสดงดัง**ภาพที่ 3ค** แยกแอมพลิจูดสัญญาณการหายใจและวิธีวิเคราะห์สัญญาณ ออกเป็น 2 ส่วน เช่นเดียวกับเทคนิค DIBH คือ ความสูงของสัญญาณตอนหายใจเข้าลึกระดับปานกลางร่วมกับใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง (mDIBH+AC amplitude) และความเสถียรของสัญญาณช่วงค้างลมหายใจร่วมกับใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง (mDIBH+AC stability amplitude) รวมถึงการหาระยะเวลากลั้นลมหายใจ

3. ความสัมพันธ์ของแอมพลิจูดการหายใจกับระยะของหัวใจกับผนังทรวงอก

หาความสัมพันธ์ของแอมพลิจูดการหายใจจากทุกเทคนิค ประกอบด้วย FB amplitude, DIBH amplitude และ mDIBH+AC amplitude ที่ได้จากระบบวัดสัญญาณการหายใจรุ่น Anzai belt กับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกของทุกเทคนิคจากข้อมูลภาพถ่ายรังสีตัดขวางบริเวณเต้านมซ้าย รวมทั้งหมด 33 ชุดข้อมูล

4. ปริมาณรังสีที่หัวใจและหลอดเลือดหัวใจซ้าย

เปรียบเทียบผลการคำนวณปริมาณรังสีบริเวณหัวใจและหลอดเลือดหัวใจซ้ายระหว่างเทคนิค FB กับเทคนิค mDIBH+AC ในผู้ป่วยจำนวน 11 ราย ทั้งสองเทคนิคได้กำหนดปริมาณรังสีไปที่ผนังทรวงอก และต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้ด้านซ้าย 50 Gy (2 Gy/Fraction) โดยวางแผนเทคนิคการฉายรังสีปรับความเข้มแบบตัดขวางแหล่งกำเนิดหมุนรอบตัวผู้ป่วย (Helical Tomotherapy) ในโปรแกรม Planning station TomoTherapy HiArt เวอร์ชั่น 5.1.1.6 ใช้ Field width เท่ากับ 2.5 ซม., Pitch เท่ากับ 0.215 และModulation factor เท่ากับ 3.50 ในทุกแผนการรักษา



ภาพที่ 3 กราฟสัญญาณการหายใจของผู้ป่วย: (ก) หายใจอิสระ, (ข) หายใจเข้าลึกสุดแล้วกลั้นลมหายใจค้าง, (ค)หายใจเข้าลึกระดับปานกลางร่วมกับใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

คำนวณด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics เวอร์ชั่น 22 ข้อมูลระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก แอมพลิจูดการหายใจ ปริมาณรังสีที่หัวใจและหลอดเลือดหัวใจซ้าย และระยะเวลาการกลั้นลมหายใจ ใช้ Paired Samples T-Test พิจารณาความสัมพันธ์ที่ค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ p-value < 0.05 และความสัมพันธ์ของแอมพลิจูดการหายใจกับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก ใช้ Pearson Correlation พิจารณาความสัมพันธ์ที่ค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ p-value < 0.01

ผลการศึกษา

1. ระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก

จาก**ตารางที่ 1** แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกของเทคนิค FB, DIBH และ mDIBH+AC พบว่ามีค่า 0.46 ± 0.22 ซม., 0.99 ± 0.57 ซม. และ 0.97± 0.54 ซม. ตามลำดับ โดยเทคนิค DIBH และmDIBH+AC มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเทคนิค FB แต่ระหว่างเทคนิค DIBH กับ mDIBH+AC ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกของเทคนิค FB, DIBH และ mDIBH+AC

ข้อมูล		เทคนิคการหายใจ			p-value		
		FB (±SD)	DIBH (±SD)	mDIBH+ AC (±SD)	FB vs DIBH	FB vs mDIBH+AC	DIBH vs mDIBH+AC
ระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก (ซม.)	Mean	0.46 (± 0.22)	0.99 (± 0.57)	0.97 (± 0.54)	0.009	0.003	0.840
	Min.	0.20	0.35	0.33			
	Max.	0.98	1.87	1.77			

2. แอมพลิจูดการหายใจ

อุปกรณ์กดหน้าท้องใช้ระดับแขนกดเฉลี่ย 7 และระดับแรงกดหรือแรงสกรูเฉลี่ย 31 ดัง**ตารางที่ 2** ซึ่งผู้ป่วยแต่ละรายจะมีระดับของแขนกด และแรงกดไม่เท่ากันขึ้นกับขนาดความหนาลำตัว และความสามารถต่อการทนต่อแรงกดของผู้ป่วย โดยแอมพลิจูดการหายใจแยกเป็น 2 ส่วน คือ

1) ความสูงของสัญญาณตอนหายใจเข้าแล้วกลั้นลมหายใจ (Breath hold amplitude) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดการหายใจของเทคนิค FB amplitude, DIBH amplitude และ mDIBH+AC amplitude พบว่ามีค่า 21.03±6.89 au., 63.27±20.05 au. และ 55.68±21.41 au. ตามลำดับ ซึ่งทั้งสามเทคนิคมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (FB vs DIBH amplitude p < 0.001, FB vs mDIBH+AC amplitude p < 0.001 และ DIBH vs mDIBH+AC amplitude p = 0.046)

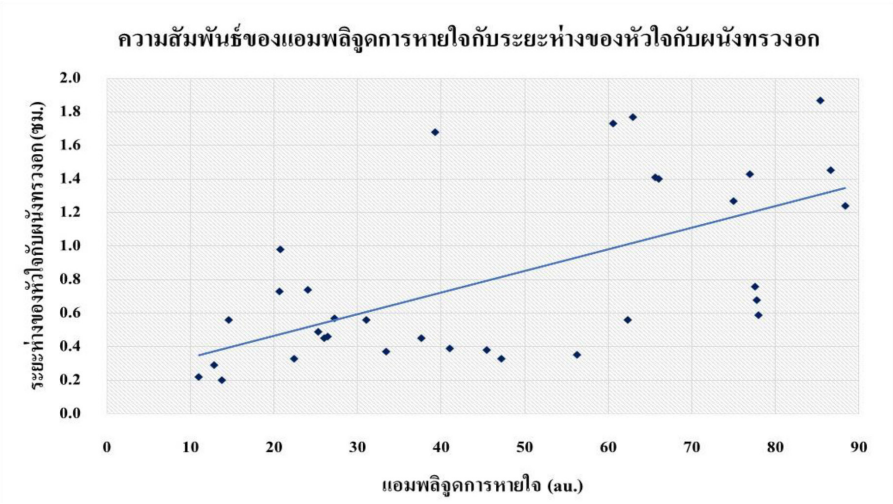
2) ความเสถียรของสัญญาณช่วงค้างลมหายใจ (Breath hold stability amplitude) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ DIBH stability amplitude และ mDIBH+AC stability amplitude พบว่ามีค่า 3.78±2.04 au. และ 3.24±2.03 au. ตามลำดับ พบว่าเทคนิค mDIBH+AC มีระยะแอมพลิจูดช่วงค้างลมหายใจน้อยกว่าเทคนิค DIBH แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.383) ซึ่งผู้ป่วย 63.64 % เมื่อใช้ AC มีแนวโน้มที่แอมพลิจูดช่วงค้างลมหายใจมีค่าน้อยกว่าซึ่งแสดงถึงสัญญาณค่อนข้างมีความเสถียรดีกว่า

ตารางที่ 2 ข้อมูลของระดับของแขนกดและแรงกดของอุปกรณ์กดหน้าท้องในผู้ป่วยแต่ละราย

ผู้ป่วย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	เฉลี่ย
ระดับแขนกด	12	6	8	6	7	6	6	12	5	3	6	7
ระดับแรงกด	30	40	35	38	30	30	30	33	35	20	20	31

3. ความสัมพันธ์ของแอมพลิจูดการหายใจกับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก

แอมพลิจูดการหายใจกับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกมีความสัมพันธ์กันเชิงบวกอยู่ในระดับปานกลาง คือเมื่อระยะแอมพลิจูดการหายใจเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตาม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เท่ากับ 0.623 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) แสดงดัง**ภาพที่ 4**



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแอมพลิจูดการหายใจกับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก

4. ปริมาณรังสีที่หัวใจและหลอดเลือดหัวใจด้านซ้าย

เพื่อแสดงตัวอย่างผลของระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ AC ในการฉายรังสีผู้ป่วยมะเร็งเต้านมซ้าย จึงเปรียบเทียบแผนการฉายรังสีระหว่างเทคนิค FB กับเทคนิค mDIBH+AC พบว่าการใช้ AC สามารถช่วยลดปริมาณรังสีบริเวณหัวใจและหลอดเลือดหัวใจซ้ายได้เมื่อเทียบกับเทคนิค FB โดยพบว่าบริเวณหัวใจ การใช้ AC สามารถลด Dmean, Dmax, V20Gy และV30Gy ได้ 5.40%, 5.39%, 32.02% และ 28.14% ตามลำดับ และบริเวณหลอดเลือดหัวใจซ้ายสามารถลด Dmean, Dmax , D2% ได้ 13.77 % , 6.59% และ 7.16% ตามลำดับ แสดงตาม**ตารางที่ 3**

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าตัวแปรรังสีคณิตพิจารณาที่หัวใจและหลอดเลือดหัวใจซ้ายของแผนรังสีรักษาตัดขวางแบบเกลียวหมุนระหว่างเทคนิค FB และ เทคนิค mDIBH+AC

อวัยวะ	ตัวแปรรังสีคณิต	เทคนิค		Δ (%)	p-value
		FB (±SD)	mDIBH+AC (±SD)		
หัวใจ	D_{mean} (Gy)	9.26 (±1.21)	8.75 (±1.31)	-5.40	0.015
	D_{max} (Gy)	44.78 (±5.74)	42.45 (±6.90)	-5.39	0.023
	V_{20Gy} (%)	7.97 (±3.15)	6.308 (±3.40)	-23.02	0.001
	V_{30Gy} (%)	2.31 (±2.34)	1.65 (±2.00)	-28.14	0.011
หลอดเลือดหัวใจซ้าย	D_{mean} (Gy)	21.52 (±5.38)	18.48 (±5.27)	-13.77	0.007
	D_{max} (Gy)	40.39 (±8.23)	37.61 (±8.95)	-6.59	0.100
	$D_{2\%}$ (Gy)	36.53 (±7.71)	33.82 (±8.88)	-7.16	0.096

5. ระยะเวลาการหายใจเข้าแล้วกลั้นลมหายใจค้าง

ระยะเวลาเฉลี่ยของการหายใจเข้าแล้วกลั้นลมหายใจค้างเมื่อไม่ใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง (DIBH time) มีค่า 28.52±6.54 วินาที และเพิ่มขึ้นเป็น 31.13±8.35 วินาที เมื่อใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง (mDIBH+AC time) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.122) แต่ผู้ป่วยส่วนใหญ่ 63.6% เมื่อใช้เทคนิค mDIBH+AC มีแนวโน้มที่ระยะเวลาการหายใจเข้าแล้วกลั้นลมหายใจค้างนานกว่าไม่ใช้ AC

บทวิจารณ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของการใช้อุปกรณ์กดหน้าท้องร่วมกับเทคนิคหายใจค้างระดับปานกลาง (mDIBH+AC) ซึ่งเป็นเรื่องค่อนข้างใหม่และยังไม่มีการศึกษามาก่อนหน้า โดยในการศึกษาครั้งนี้พบว่าเทคนิค mDIBH+AC สามารถเพิ่มแอมพลิจูดการหายใจเมื่อเทียบกับเทคนิค FB ได้เช่นเดียวกับเทคนิค DIBH และจากผลของความสัมพันธ์เชิงบวกระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแอมพลิจูดการหายใจกับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก ทำให้ระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกเพิ่มขึ้นได้เมื่อเทียบกับเทคนิค FB อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งระยะห่างที่เพิ่มขึ้นเป็นผลจากการที่เมื่อหายใจเข้าแล้วปอดจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ทำให้ผนังทรวงอกขยายออกห่างจากหัวใจ เมื่อพิจารณาที่ค่าแอมพลิจูดการหายใจ พบว่าเทคนิค DIBH มีแอมพลิจูดการหายใจมากกว่าทำให้ได้ระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกที่ห่างมากกว่า แต่การทำซ้ำสำหรับการฉายรังสีในแต่ละวันโดยกลั้นลมหายใจให้ได้ระดับเดิมทุกครั้งอาจทำได้ยาก การใช้ AC ร่วมด้วยอาจช่วยให้ระดับการหายใจของผู้ป่วยคงที่มากขึ้นและสามารถกลั้นลมหายใจได้ใกล้เคียงกันในทุกวันที่มารับการฉายรังสี จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าหากใช้เทคนิค mDIBH+AC เราจะสามารถกำหนดขนาดของแอมพลิจูดการหายใจในแต่ละครั้งได้โดยการตั้งค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์กดหน้าท้องตามตารางที่ 2 ซึ่งการใช้ AC ทำให้ mDIBH+AC amplitude แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ DIBH amplitude เนื่องจากกลไกการหายใจเข้าและออก คือ เมื่อหายใจเข้าจะส่งผลให้กล้ามเนื้อกระบังลมหดตัวและเลื่อนลงต่ำ กระดูกซี่โครงเลื่อนสูงขึ้น ทำให้ปริมาตรของทรวงอกเพิ่มขึ้นและดึงอากาศเข้าไปภายในปอด เมื่อหายใจออกกล้ามเนื้อกระบัง

ลมคลายตัว กระดูกซี่โครงเลื่อนลงต่ำ ทำให้ปริมาตรในช่องอกลดลง[11] ดังนั้น เมื่อ DIBH ผู้ป่วยจะสามารถสูดลมหายใจได้เต็มที่ทำให้เข็มขัดรัดตัวผู้ป่วยแน่นขึ้น ส่งผลให้แอมพลิจูดสัญญาณสูงขึ้น แต่เมื่อใช้ AC ซึ่งเป็นการจำกัดการเคลื่อนไหวเนื่องจากการหายใจจะส่งผลให้ผู้ป่วยสูดลมหายใจเข้าลึกสุดได้ไม่เต็มที่คล้ายกับการหายใจเข้าระดับปานกลาง (mDIBH) ส่งผลให้แอมพลิจูดสัญญาณการหายใจที่ได้มีค่าน้อยกว่า DIBH เป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้ระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกของ mDIBH+AC มีค่าน้อยกว่า DIBH

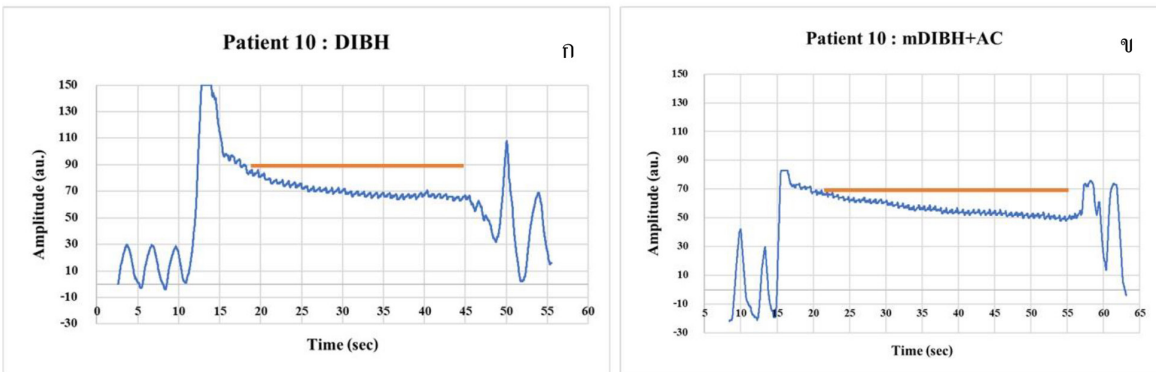
เนื่องจากการใช้ AC สามารถช่วยเพิ่มระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกได้เมื่อเทียบกับเทคนิค FB จึงส่งผลทำให้ปริมาณรังสีโดยเฉลี่ยที่หัวใจและหลอดเลือดหัวใจลดลง จากรายงานของ Darby SC[3] พบความเสี่ยงของอุบัติการณ์โรคหัวใจและหลอดเลือดหัวใจเพิ่มขึ้นประมาณ 7.4% ต่อเกรย์ของปริมาณรังสีเฉลี่ยที่หัวใจได้รับ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้ได้วางแผนการฉายรังสีที่ผนังทรวงอกและต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ด้านซ้ายปริมาณ 50 Gy ตาม **ตารางที่ 3** พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีเฉลี่ยที่หัวใจได้รับลดลงจาก 9.26 (±1.21) Gy ของเทคนิค FB เป็น 8.75 (±1.31) Gy เมื่อใช้ AC ดังนั้นการใช้อุปกรณ์กดหน้าท้องจึงน่าจะสามารถช่วยลดความเสี่ยงของอุบัติการณ์โรคหัวใจและหลอดเลือดหัวใจได้เมื่อเทียบกับเทคนิค FB นอกจากนี้ในผู้ป่วยส่วนใหญ่ 63.6% การใช้ AC สามารถช่วยเพิ่มระยะเวลาของการกลั้นลมหายใจค้างได้นานกว่าการไม่ใช้ AC จากการศึกษาของ Sager O[12] ที่ประเมินผลทางรังสีคณิตของการใช้ Active Breathing Control ด้วยเทคนิคหายใจเข้าแล้วกลั้นลมหายใจค้างระดับปานกลางในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมซ้าย พบว่าผู้ป่วยมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการกลั้นลมหายใจอยู่ที่ 28.16±3.52 วินาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ DIBH time แต่ยังมีค่าน้อยกว่า mDIBH+AC time ในการศึกษาของเรา อย่างไรก็ตาม แม้ว่า mDIBH+AC time จะมีแนวโน้มนานกว่า DIBH time แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจจะเป็นผลจากที่ในการศึกษาครั้งนี้ได้ตั้งค่าแรงกดของอุปกรณ์กดหน้าท้องไว้สูงมาก อ้างอิงตามวิธีการใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง [6] ซึ่งแรงกดที่สูงนั้น อาจสร้างความอึดอัดหรือไม่สบายตัวแก่ผู้ป่วยได้ และทำให้ระยะเวลาการกลั้นลมหายใจของ mDIBH+AC ไม่ยาวนานพอจนมีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับ DIBH

การศึกษาครั้งนี้ยังพบประโยชน์ของการนำ AC มาใช้ร่วมกับการหายใจเข้าแล้วกลั้นลมหายใจ คือ ช่วยให้การรักษาระดับแอมพลิจูดขณะกลั้นลมหายใจค้าง ให้มีระดับที่เปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ค่อนข้างน้อยกว่า จากงานวิจัยของ Chu KY[13] ศึกษาผลของการใช้ AC ต่อความคลาดเคลื่อนของการจัดท่าผู้ป่วยและการจับคู่ภาพทางรังสีระหว่างฉายรังสีบริเวณช่องท้องเปรียบเทียบระหว่างการไม่ใช้และใช้ AC พบว่า ความคลาดเคลื่อนเริ่มต้นของการจัดท่าผู้ป่วยทั้งสองแบบมีค่าใกล้เคียงกัน แต่การใช้ AC ใช้เวลาถ่ายภาพด้วย Cone beam CT แล้วจับคู่ภาพถ่ายทางรังสีน้อยกว่าและจำนวนภาพถ่ายทางรังสีเฉลี่ยต่อแฟรกชั่นมีจำนวนน้อยกว่า ผลของการใช้เวลาจับคู่ภาพถ่ายที่น้อยลง ทำให้สามารถช่วยเพิ่มความถูกต้องของการฉายรังสีเนื่องจากช่วยลดโอกาสการเกิด Intrafraction motion นอกจากนี้ผู้ป่วยยังสามารถหายใจเข้าแล้วกลั้นลมหายใจค้างด้วยระดับการกลั้นลมหายใจที่คงที่ ตัวอย่างกราฟสัญญาณการหายใจของผู้ป่วยรายที่ 10 แสดงดัง**ภาพที่ 5** เมื่อพิจารณาขนาดแอมพลิจูดช่วงขณะค้างลมหายใจ การใช้ AC ช่วงของแอมพลิจูดการค้างลมหายใจค่อนข้างเบี่ยงเบนจากเส้นสีส้มน้อยกว่า แสดงถึงความคงที่ดีกว่า เนื่องจากมีแรงกดของ AC เข้ามาช่วยกำหนดระดับของการค้างลมหายใจและยังช่วยลดการเคลื่อนไหวเนื่องจากการหายใจ จากผลการศึกษาครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบขนาดแอมพลิจูดขณะค้างลมหายใจ พบว่า การใช้ AC ขณะกลั้นลมหายใจค้าง ขนาดแอมพลิจูดช่วงที่ค้างลมหายใจมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า เนื่องจากเทคนิคการใช้ AC และเทคนิค DIBH นั้น เป็นวิธีการจัดการคลื่อนไหวของอวัยวะต่างๆจากการหายใจตามคำแนะนำของ AAPM task group 76[4] โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดการเคลื่อนไหวของก้อนเนื้องอกและขยาย

เนื้อเยื่อปอดปกติให้ออกจากบริเวณรังสีปริมาณสูง (สำหรับ DIBH) มีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการเคลื่อนไหวเนื่องจากการหายใจในรังสีรักษามะเร็งเต้านม โดยการศึกษาของ Qi XS[14] และการศึกษาของ Wang W [15] พบว่าการเคลื่อนไหวเนื่องจากการหายใจส่งผลให้ปริมาณรังสีที่อวัยวะเป้าหมายและอวัยวะปกติได้รับแตกต่างจากปริมาณรังสีที่วางแผนไว้ โดยเฉพาะปริมาณรังสีที่ internal mammary node มีการเปลี่ยนแปลง อย่างมีนัยสำคัญกับการขนาดแอมพลิจูดของการหายใจ

เนื่องจากการศึกษานี้ตั้งระดับแรงกดของ AC ไว้สูงมาก จึงอาจส่งผลให้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระยะห่างระหว่างหัวใจกับผนังทรวงอก รวมถึงระยะเวลาการกลั้นลมหายใจเมื่อเทียบกับ DIBH อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ AC ช่วยให้ระดับแอมพลิจูดขณะค้างลมหายใจนิ่งขึ้น และหากลดแรงกด AC ลงอาจมีโอกาสเพิ่มระยะห่างระหว่างหัวใจกับผนังทรวงอกและระยะเวลากลั้นลมหายใจให้ยาวขึ้นได้ โดยจากการศึกษาข้อมูลต่างๆผู้ทำการวิจัยพบว่าระดับแรงกดของ AC ที่น่าจะเหมาะสมคือระดับแรงกดที่ทำให้แอมพลิจูดสัญญาณการหายใจอยู่ที่ระดับการหายใจ 75% ของระดับการหายใจเข้าลึกสุด โดยอ้างอิงจากประสบการณ์ของ Keall[6] ที่แสดงให้เห็นว่าการหายใจเข้าลึกสุดแล้วกลั้นหายใจระดับปานกลาง (mDIBH) โดยตั้งค่าระดับการหายใจไว้ที่ 75% ของความสามารถของการหายใจเข้าลึกสุดของผู้ป่วยนั้น ผู้ป่วยจะยังคงได้รับความสบายโดยที่อวัยวะภายในมีการเคลื่อนไหวอยู่ในระดับเท่าเดิม สำหรับเทคนิค mDIBH+AC นั้น หลังจากการติดตั้งอุปกรณ์กดหน้าท้องแล้วควรมีการประเมินแอมพลิจูดการหายใจจากกราฟสัญญาณการหายใจของผู้ป่วยที่ได้จากอุปกรณ์ติดตามสัญญาณการหายใจภายนอก แล้วทำการปรับลดระดับแรงกดของ AC ลงจนกระทั่งทำให้แอมพลิจูดสัญญาณการหายใจลดระดับเหลือประมาณ 75% ของระดับแอมพลิจูดการหายใจเข้าลึกสุด น่าจะทำให้ได้ระยะห่างระหว่างหัวใจกับผนังทรวงอกที่มากขึ้น รวมถึงเพิ่มระยะเวลาการกลั้นลมหายใจให้นานขึ้นได้ ทั้งนี้การหาระดับแรงกดของ AC ที่เหมาะสมอาจจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไปในอนาคต เพื่อให้การใช้ mDIBH+AC มีประโยชน์สูงสุด

เป้าหมายของการศึกษานี้ให้ความสำคัญกับค่าระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้เทคนิค mDIBH+AC ซึ่งในทางปฏิบัติยังคงมีข้อจำกัดอยู่ เช่น ความสามารถในการทนต่อแรงกดของ AC, การให้ความร่วมมือของผู้ป่วย และลักษณะทางกายวิภาคของผู้ป่วยแต่ละรายที่ไม่เอื้อต่อการติดตั้ง AC ซึ่งอาจส่งผลทำให้การใช้ AC ไม่ช่วยให้ระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกเพิ่มขึ้นจากเทคนิค FB ในส่วนของการหาความสัมพันธ์ของ



ภาพที่ 5 กราฟสัญญาณการหายใจของผู้ป่วยรายที่ 10: (ก) ไม่ใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง (DIBH), (ข) ใช้อุปกรณ์กดหน้าท้อง (mDIBH+AC)

แอมพลิจูดการหายใจกับระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอก ผู้วิจัยคาดหวังว่าเพื่อนำมาใช้ในการประเมินผู้ป่วยสำหรับเลือกเทคนิคการฉายรังสีในอนาคตต่อไป แม้ในภาพรวมจะมีค่าความสัมพันธ์อยู่ระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาในผู้ป่วยแต่ละรายกลับ พบว่าบางรายที่มีค่าแอมพลิจูดการหายใจสูงแต่กลับมีระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกน้อยกว่ารายที่มีแอมพลิจูดการหายใจที่ต่ำกว่า แสดงดังภาพที่ 4 เนื่องจากตำแหน่งการวางอุปกรณ์รับสัญญาณไม่ใช่บริเวณที่ต้องการหาความสัมพันธ์ เพราะในงานวิจัยนี้อุปกรณ์รับสัญญาณวางบริเวณกระดูกชายโครงระดับลิ้นปี่ เยื้องไปด้านขวาของผู้ป่วย เพื่อหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนจากการเต้นของหัวใจ, ลักษณะทางกายวิภาคของผู้ป่วยที่แตกต่างกัน และจำนวนกลุ่มตัวอย่างอาจมีจำนวนไม่มากเพียงพอ ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการศึกษาที่ละเอียดต่อไป นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดเรื่องการแปลงข้อมูลสัญญาณการหายใจด้วยฟังก์ชันฟูเรียร์ทราสฟอร์มจากแอมพลิจูดกับเวลาไปเป็นแอมพลิจูดกับความถี่ ซึ่งแอมพลิจูดของ DIBH range กับ mDIBH+AC range มีข้อมูลช่วงไม่ค่อยเหมาะสม เมื่อแปลงข้อมูลสัญญาณแล้วได้ค่าเข้าใกล้ศูนย์บนแกนความถี่ อีกทั้งโปรแกรมที่ติดตั้งให้ข้อมูลที่ยังไม่ละเอียดนัก ส่งผลให้การวิเคราะห์ผลของความนิ่งของกลั้นหายใจยังไม่ชัดเจน และการแสดงข้อมูลเฟสการหายใจบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มาจากการเลือกภาพที่สแกนในช่วงการหายใจที่สัมพันธ์กับกราฟสัญญาณการหายใจภายในคอมพิวเตอร์โน้ตบุคของชุดอุปกรณ์ Anzai belt อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ การเชื่อมสัญญาณจากคอมพิวเตอร์โน้ตบุคของชุดอุปกรณ์ Anzai belt เข้ากับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โดยตรง อาจทำให้การเลือกภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทำได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อสรุป

การใช้อุปกรณ์กดหน้าท้องร่วมกับการหายใจเข้าแล้วกลั้นลมหายใจค้างระดับปานกลาง (mDIBH+AC) มีความเป็นไปได้ในการเพิ่มระยะห่างของหัวใจกับผนังทรวงอกเมื่อเทียบกับเทคนิค FB โดยระยะห่างระหว่างหัวใจกับผนังทรวงอกมีความสัมพันธ์กับแอมพลิจูดการหายใจ ผลของระยะห่างที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณรังสีที่หัวใจและหลอดเลือดหัวใจซ้ายลดลง และระยะเวลาการกลั้นลมหายใจค้างมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเทคนิค DIBH นอกจากนี้ข้อดีของ AC ยังช่วยให้การทำ mDIBH มีระดับที่คงที่ยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาฟิสิกส์การแพทย์ และเจ้าหน้าที่ประจำหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอบคุณผศ.พญ.พิชญาภรณ์ กลั่นกลิ่น และผศ.ดร.สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์ ซึ่งให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนงานวิจัยครั้งสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Desai N, Currey A, Kelly T, Bergom C. Nationwide trends in heart-sparing techniques utilized in radiation therapy for breast cancer. Adv Radiat Oncol. 2019;4:246-252.
2. Bergom C, Currey A, Desai N, Tai A, Strauss JB. Deep inspiration breath hold: techniques and advantages for cardiac sparing during breast cancer irradiation. Front Oncol. 2018;8:1-10.
3. Darby SC, Ewertz M, McGale P, Bennet AM, Blom UB, Brønnum D, et al. Risk of ischemic heart disease in women after radiotherapy for breast cancer. N Engl J Med. 2013; 368:987-98.
4. Giraud P, Houle A. Respiratory gating for radiotherapy: Main technical aspects and clinical benefits. ISRN Pulmonology. 2013;1-14.
5. Ledsom D, Reilly AJ, Probst H. Assessment of deep inspiration breath hold (DIBH) amplitude and reduction in cardiac dose in left breast cancer patients. Radiography (Lond). 2017;1-6.
6. Keall PJ, Mageras GS, Balter JM, Emery RS, Forster KM, Jiang SB, et al. The management of respiratory motion in radiation oncology report of AAPM Task Group 76. Med Phys. 2006; 33: 3874-3900.
7. Patient Immobilization and Image Guidance. In: Metcalfe P, Kron T, Hoban P, editors. The physics of radiotherapy x-rays and electrons. [Internet]. [cited 2020 Mar 10]. Available from: https://medical physics.org/documents/MetcalfeCh12.pdf
8. Wunderink W, Romero AM, Kruijf WD, Boer HD, Levendag P, Heijmen B. Reduction of respiratory liver tumor motion by abdominal compression in stereotactic body frame analyzed by tracking fiducial markers implanted in liver. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2008;71:907-915.
9. Snider JW, Molitoris J, Zhang B, Chuong MD. Abdominal Compression During Liver Stereotactic Body Radiation Therapy (SBRT) by Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) Affords Significant Liver Sparing. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2015;93:S116-117.
10. Register S, Takita C, Reis I, Zhao W, Amestory W, Wright J. Deep inspiration breath hold technique for left sided breast cancer: An analysis of predictor for organ at risk sparing. Med Dosim. 2015; 40:89-95.
11. Singh AD. The implementation & evaluation of four-dimensional computed tomography in lung radiotherapy [Master's thesis]. Swansea: Swansea university; 2013.
12. Sager O, Beyzadeoglu M, Dincoglan F, Oysul K, Kahya YE, Gamsiz H, et al. The role of active breathing control-moderate deep inspiration breath hold (ABC-mDIBH) usage in non-mastectomized left sided breast cancer radiotherapy: a dosimetric evaluation. Int J Hematol. 2012;22:147-155.

13. Chu KY, Cooke R, Heuvel FV, Mukherjee S , Hawkins MA. Impact of abdominal compression on setup error and image matching during radical abdominal radiotherapy. Tech Innov Patient Support Radiat Oncol. 2019;12:28-33.
14. Qi XS, White J, Rabinovitch R, Merrell K, Sood A, Bauer A, et al. Respiratory organ motion and dosimetric impact on breast and nodal irradiation. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2010;78:609-617.
15. Wang W, Li JB, Hu HG, Li FX, Xu M, Sun T, et al. Correlation between target motion and the dosimetric variance of breast and organ at risk during whole breast radiotherapy using 4DCT. Radiat Oncol. 2013;8:1-6.