

การเปรียบเทียบเชิงรังสีคณิตของแผนรังสีรักษาระยะใกล้ ระหว่างวิธีปรับด้วยมือกับวิธีพลิกกลับสำหรับมะเร็งปากมดลูก

Dosimetric comparison between manual and inverse optimization in brachytherapy planning for cervical cancer

■ พรสุรีย์ ไชยฤทธิ์* เอกสิทธิ์ ธาราวิชิตกุล สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์
Pomsuree Chaiyarit* Ekkasit Tharavichitkul Somsak Wanwilairat

หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
Division of Therapeutic Radiology and Oncology, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: mubim_aaji@hotmail.com)
* Corresponding author (Email: mubim_aaji@hotmail.com)

Received February 2017

Accepted as revised April 2017

Abstract

Background: For image-guided brachytherapy (IGBT) for cervical cancer, manual optimization is normally used in routine practice. However, to define the dwell position and dwell time, experiences of the planner is the key factor. The inverse optimization which dwell weight and dwell time were calculated by computer was introduced to improve planning quality. However, evaluation of the benefit of inverse optimization in comparison to manual optimization is controversial.

Purpose: To compare dosimetric parameters between manual and inverse optimize planning for cervical cancer treated by IGBT.

Materials and methods: Forty-four CT-images set with inserted applicator of 11 cervical cancer patients were used. All patients were treated by teletherapy 50 Gy in 25 fractions and intracavitary brachytherapy with the 4 fractions of 7 Gy to D90 of HR-CTV. Manual and inverse algorithm IPSA method were used for optimization in all CT images set. Dose parameters to HR-CTV and organs at risk and optimization time consuming from both plans were compared and paired t-test was used to evaluate the difference.

Results: Inverse optimization plan significantly showed higher D90 of HR-CTV than manual method. For Organs at risk, inverse optimization showed higher dose of D2cc to bladder and rectum, but lower dose to sigmoid and bowel in comparison to manual method Moreover, the optimization time was lower for inverse planning.

Conclusion: The inverse optimize planning showed better target coverage dose and lower dose to bowels and sigmoid in the intracavitary planning. The inverse optimization time is significantly faster than manual optimization.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(2): 293-299. Doi: 10.14456/jams.2017.29

Keywords: Manual optimization, inverse optimization, CT-based brachytherapy

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: ในกระบวนการของรังสีรักษาระยะใกล้โดยใช้ภาพนำ การปรับปริมาณรังสีด้วยมือเป็นวิธีการที่ใช้ตามปกติในการรักษาผู้ป่วย แต่จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้วางแผนในการกำหนดตำแหน่งและเวลาของต้นกำเนิดรังสี จึงได้มีการนำการวางแผนแบบพลิกกลับมาใช้โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยในการกำหนดตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสี เพื่อพัฒนาคุณภาพในการวางแผน แต่ผลการเปรียบเทียบการศึกษาที่ผ่านมายังมีข้อสรุปในทิศทางที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบค่าตัวแปรเชิงรังสีคณิตระหว่างการวางแผนวิธีปรับด้วยมือและวิธีพลิกกลับ ในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกโดยใช้รังสีรักษาระยะใกล้โดยใช้ภาพนำ

วัสดุและวิธีการศึกษา: การศึกษานี้ใช้ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำนวน 44 ชุด จากผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกทั้งหมด 11 ราย ผู้ป่วยทุกรายได้รับการฉายรังสีปริมาณ 50 เกรย์ ใน 25 ครั้ง ร่วมกับรังสีรักษาระยะใกล้แบบ intracavitary ในปริมาณรังสีครั้งละ 7 เกรย์ จำนวน 4 ครั้ง ที่ D90 ของ HR-CTV โดยภาพเอกซเรย์แต่ละชุดจะถูกนำไปวางแผนรังสีรักษาระยะใกล้วิธีปรับด้วยมือและวิธีพลิกกลับอัลกอริทึม IPSA และปริมาณรังสีต่อรอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียง รวมถึงเวลาที่ใช้ในการวางแผนทั้งสองแบบ และวิเคราะห์สถิติโดยใช้ paired t-test

ผลการศึกษา: แผนรังสีรักษาระยะใกล้วิธีพลิกกลับให้ปริมาณรังสีต่อ D90 ของ HR-CTV มากกว่าการวางแผนวิธีปรับด้วยมือ เมื่อพิจารณาอวัยวะปกติข้างเคียง การวางแผนวิธีพลิกกลับให้ปริมาณรังสีต่อ D2cc สูงกว่าในกระเพาะปัสสาวะ ลำไส้ตรง และให้ปริมาณรังสีน้อยกว่าในลำไส้ส่วนซิกมอยด์และลำไส้เล็ก นอกจากนี้การวางแผนรังสีรักษาด้วยวิธีย้อนกลับยังใช้เวลาในการวางแผนน้อยกว่า

สรุปผลการศึกษา: การวางแผนรังสีรักษาระยะใกล้วิธีพลิกกลับมีความครอบคลุมปริมาตรเป้าหมายที่มากกว่า และลดปริมาณรังสีที่ลำไส้เล็กและลำไส้ส่วนซิกมอยด์ได้ นอกจากนี้เวลาที่ใช้ในการปรับแผนรังสีรักษาระยะใกล้วิธีพลิกกลับยังน้อยกว่าวิธีปรับด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(2): 293-299. Doi: 10.14456/jams.2017.29

คำสำคัญ: Manual optimization, inverse optimization, CT-based brachytherapy

บทนำ (Introduction)

รังสีรักษาระยะใกล้ (Brachytherapy) เป็นวิธีการรักษาที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูก การรักษาด้วยรังสีระยะใกล้นี้จะให้ปริมาณรังสีสูงที่รอยโรคที่อยู่บริเวณกึ่งกลางอุ้งเชิงกราน และลดปริมาณรังสีที่อวัยวะปกติข้างเคียงโดยรอบได้¹ ปัจจุบันมีการนำเทคนิคการสร้างภาพแบบ 3 มิติมาใช้ในทางรังสีรักษาระยะใกล้เพิ่มขึ้นเนื่องจากสามารถประเมินปริมาตรรอยโรค และการกระจายของโรคไปยังบริเวณต่างๆ ได้ดีกว่าการสร้างภาพแบบ 2 มิติ มีความถูกต้องของปริมาณรังสีมากกว่า และยังสามารถพิจารณาอวัยวะของผู้ป่วยเป็นรายบุคคลได้อีกด้วย² แนวปฏิบัติในการวางแผนและการประเมินแผนรังสีรักษา ทั้งการวาดรอยโรค การสร้างภาพ

อุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีบนโปรแกรมวางแผน การปรับแผนรังสีรักษา และการใช้ตัวแปรประเมินผลการวางแผน แนวปฏิบัติที่นิยมใช้กันแพร่หลายมากที่สุดในปัจจุบัน คือ Groupe Européen de Curie thérapie (GEC) and the European Society for Radiotherapy & Oncology (ESTRO) หรือ GEC-ESTRO³

การกำหนดปริมาณรังสีที่รักษาระยะใกล้โดยกำหนดไปยังบริเวณ HR-CTV และปริมาณเชิงรังสีคณิตที่นำมาพิจารณาเพื่อประเมินแผนรังสีรักษาตามแนวปฏิบัติของ GEC-ESTRO พิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับปริมาตรรอยโรค หรืออวัยวะปกติข้างเคียง (dose volume histogram หรือ DVH) แผนรังสีรักษาที่ดีคือ ปริมาณรังสี

ต้องครอบคลุมรอยโรค โดยที่อวัยวะปกติข้างเคียงต้องไม่เกินขีดจำกัดของปริมาณรังสีที่กำหนดไว้ ปริมาณรังสีที่ได้เป็นผลจากการปรับแผนรังสีรักษาเป็นการกระจายปริมาณรังสีจากสารกัมมันตรังสี (dose distribution) สามารถปรับได้จากตำแหน่งของสารกัมมันตรังสี (dwell position) และเวลาที่สารกัมมันตรังสีหยุดในแต่ละตำแหน่ง (dwell time) หรือกำหนดจากค่า dwell weight ของแต่ละ dwell position โดยค่า dwell weight จะสัมพันธ์กับค่า dwell time วิธีวางแผนรังสีรักษาในปัจจุบันมี 2 วิธี คือ วิธีปรับด้วยมือ (manual optimization method) และวิธีพลิกกลับ (inverse optimization method)⁴

สำหรับการวางแผนรังสีรักษาระยะใกล้แบบปรับด้วยมือนั้น สามารถคำนวณการกระจายปริมาณรังสีได้จากการปรับ dwell weight ด้วยมือนั้น ส่วน dwell position จะถูกกำหนดไว้คงที่โดยผู้วางแผน วิธีนี้จึงต้องใช้เวลาและความชำนาญของผู้วางแผน ในขณะที่การวางแผนรังสีรักษาระยะใกล้แบบพลิกกลับ เครื่องคอมพิวเตอร์จะคำนวณและกำหนดทั้ง dwell position และ dwell weight ให้สัมพันธ์กับปริมาณรังสีบริเวณรอยโรค และอวัยวะปกติข้างเคียงที่แพทย์กำหนดไว้⁶

การศึกษานี้ต้องการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่รอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียง จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและปริมาตรที่ได้รับรังสี (DVH) ของการวางแผนรังสีรักษาระยะใกล้แบบปรับด้วยมือกับแบบพลิกกลับ เพื่อพิจารณาว่าวิธีใดให้ผลที่ดีกว่าและเหมาะสมที่จะนำไปใช้ทางคลินิกต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบค่าตัวแปรเชิงรังสีคณิตของแผนรังสีรักษาระยะใกล้ ระหว่างการวางแผนวิธีปรับด้วยมือกับวิธีพลิกกลับในผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูก

วิธีการศึกษา

1. การเลือกผู้ป่วยและการรักษา

การศึกษานี้ใช้ภาพรังสีตัดขวางของผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกจำนวน 11 ราย อายุระหว่าง 40 ถึง 80 ปี ระยะของโรคระหว่าง IIA2 ถึง IIB ผู้ป่วยได้รับการฉายรังสีบริเวณอุ้งเชิงกราน (whole pelvic radiotherapy; WPRT) ด้วยปริมาณรังสี 50 เกรย์ จำนวน 25 ครั้ง ผู้ป่วยทุกรายรับการรักษาด้วยรังสีรักษาระยะใกล้จำนวน 4 ครั้ง แต่ละครั้ง

มีการใส่อุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี (applicator) แบบ Tandem และ 2O voids โดยรังสีรักษาแพทย์เป็นผู้กำหนดปริมาตรรอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียงได้แก่ HR-CTV กระเพาะปัสสาวะ (bladder) ลำไส้ตรง (rectum) ลำไส้ส่วนซิกมอยด์ (sigmoid) และ ลำไส้เล็ก (bowels) การรักษาแต่ละครั้งรังสีรักษาแพทย์กำหนดให้ร้อยละ 90 ของปริมาตรรอยโรค (D_{90}) ได้รับปริมาณรังสีเท่ากับ 7 เกรย์

2. การวางแผนรังสีรักษาระยะใกล้

การวางแผนรังสีรักษาเริ่มจากการสร้างภาพอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี (applicator reconstruction) จากภาพรังสีตัดขวางวาดรอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียง (Figure 1) จากนั้นคำนวณปริมาณรังสีโดยมีเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ค่า D_{90} ของปริมาตร HR-CTV ต้องเท่ากับ 7 เกรย์ การคำนวณปริมาณรังสีแบ่งเป็น 2 วิธีคือ

2.1 การวางแผนรังสีรักษาวิธีปรับด้วยมือ

ผู้วางแผนกำหนด dwell position และ dwell weight เครื่องวางแผนรังสีรักษาจะคำนวณปริมาณรังสีและการกระจายปริมาณรังสี และผู้วางแผนประเมินแผนรังสีรักษา หากแผนรังสีรักษายังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผู้วางแผนปรับ dwell position และ dwell weight ใหม่ และประเมินแผนรังสีรักษาใหม่จนกว่าจะผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.2 การวางแผนรังสีรักษาวิธีพลิกกลับ

ผู้วางแผนกำหนดปริมาณรังสีที่ต้องการให้รอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียงได้รับ กำหนดค่าความสำคัญของแต่ละส่วน (penalty) เรียกว่า dose constraint และเครื่องวางแผนรังสีรักษาจะคำนวณ dwell position และ dwell weight ให้โดยอัตโนมัติตาม dose constraint ที่กำหนดไว้ จากนั้นผู้วางแผนประเมินแผนรังสีรักษา หากแผนรังสีรักษายังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผู้วางแผนต้องกลับไปปรับ dose constraint ใหม่ และให้เครื่องวางแผนรังสีรักษาคำนวณปริมาณรังสี และประเมินแผนรังสีรักษาใหม่จนกว่าจะผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

การวางแผนรังสีรักษาทั้ง 2 วิธีใช้ข้อมูลภาพรังสีตัดขวางที่มีการวาดรอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียง และการสร้างภาพอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีชุดเดียวกัน (Figure 1) เพื่อเปรียบเทียบ

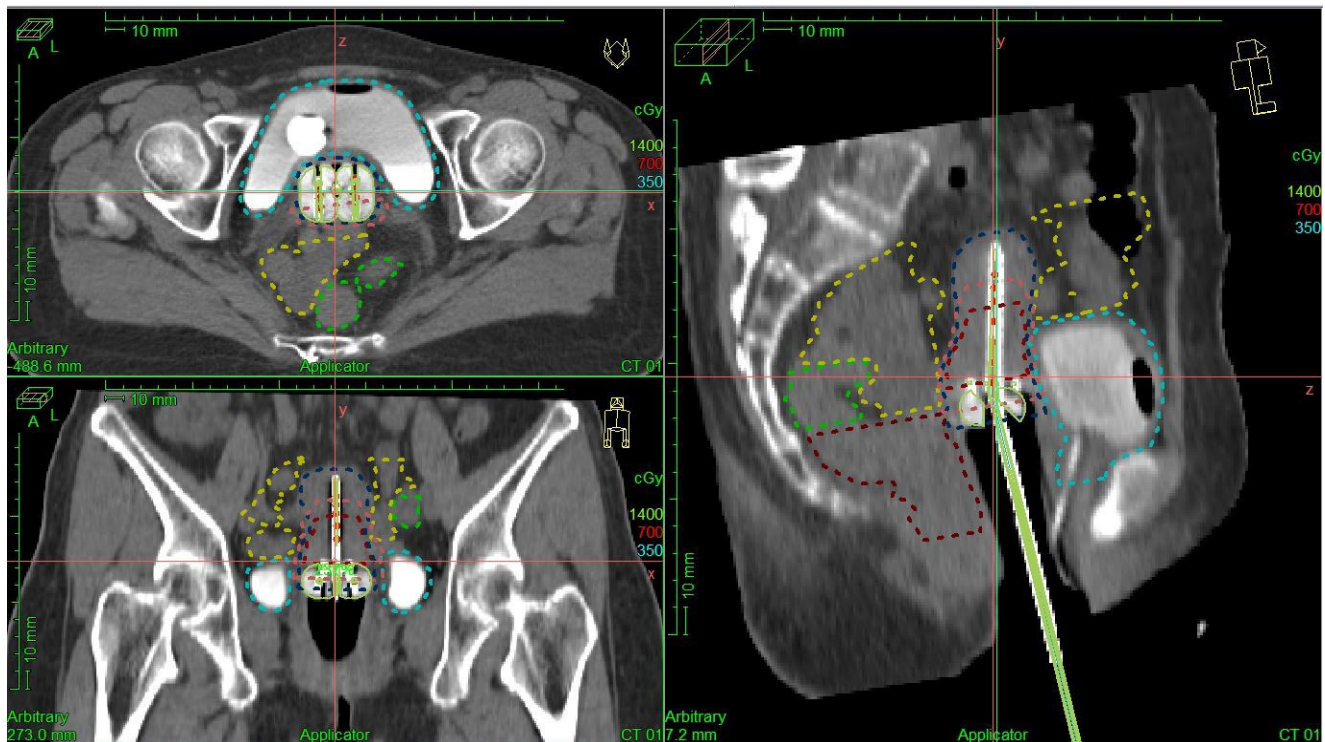


Figure 1 CT-image with target organs at risk and applicator reconstruction.

3. การประเมินแผนรังสีรักษา

การประเมินแผนรังสีรักษา พิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและปริมาตรที่ได้รับรังสี (dose volume histograms; DVH) โดยแบ่งเป็น

3.1 ปริมาตรรอยโรค

ประเมินจากปริมาณรังสีน้อยที่สุดที่ปริมาตรร้อยละ 90 และร้อยละ 100 (D_{90} และ D_{100}) ซึ่งรอยโรคได้รับ และปริมาตรของรอยโรคที่ได้รับรังสีร้อยละ 100 และร้อยละ 200 (V_{100} และ V_{200}) ของปริมาณรังสีที่กำหนดให้รอยโรค (prescribe dose)

3.2 อวัยวะปกติข้างเคียง

อวัยวะปกติข้างเคียงได้แก่ กระเพาะปัสสาวะ ไส้ตรง ลำไส้ส่วนซิกมอยด์และลำไส้เล็ก ประเมินจากปริมาณรังสีสูงสุดที่ปริมาตร 2 ซีซี (D_{2cc}) ของอวัยวะดังกล่าวได้รับ

4. การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการปรับแผนรังสีรักษา

เริ่มจับเวลาที่ขั้นตอนการกำหนดตำแหน่งสารกัมมันตรังสีหรือกำหนด dose constrain และหยุดเมื่อปริมาตรร้อยละ 90 ของปริมาตร HR-CTV ได้รับรังสีเท่ากับ

7 เกรย์ บันทึกผลการศึกษา ทั้งนี้เพื่อลดอคติ (bias) จากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการปรับแผนการรักษา

5. การวิเคราะห์ผล

การศึกษานี้ใช้สถิติ Paired T-Test เปรียบเทียบค่า D_{90} , D_{100} , V_{100} และ V_{200} ของปริมาตรเป้าหมาย ค่า D_{2cc} ของอวัยวะปกติข้างเคียง และเวลาที่ใช้ในการปรับแผนรังสีรักษา ระยะใกล้ ด้วยค่า p -value 0.05 ด้วยโปรแกรมคำนวณ SPSS Statics version 17.0

ผลการศึกษา

ผลการเปรียบเทียบแผนรังสีรักษาระยะใกล้วิธีปรับด้วยมือและวิธีย้อนกลับจากผู้ป่วยจำนวน 11 ราย รายละเอียด 4 แผนรังสีรักษา รวมทั้งหมด 44 แผนรังสีรักษา ได้ผลดังนี้

ปริมาตรรอยโรค

แผนรังสีรักษาระยะใกล้วิธีพลิกกลับมีค่าเฉลี่ย D_{90} D_{100} และ V_{100} มากกว่าแผนรังสีรักษาวิธีด้วยมือ ในขณะที่ค่า V_{200} มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าแผนรังสีรักษาด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Dosimetric parameter of HR-CTV from manual and inverse optimization plan.

Parameter	Manual plan (Mean±SD)	Inverse plan (Mean±SD)	p-value
D ₉₀	7.005±0.005 Gy	7.007±0.004 Gy	0.048
D ₁₀₀	4.556±0.429 Gy	4.718±0.456 Gy	<0.001
V ₁₀₀	90.040±0.300%	90.060±0.270%	0.018
V ₂₀₀	32.900±4.340%	31.050±4.100%	<0.001

อวัยวะปกติข้างเคียง

แผนรังสีรักษารังสีรักษากระเพาะปัสสาวะและไส้ตรงมากกว่าแผนรังสีรักษาด้วยมือในขณะที่ค่าเฉลี่ย D_{2cc} ที่ลำไส้ส่วนซิกมอยด์

และลำไส้เล็กมีค่าน้อยกว่าแผนรังสีรักษาด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) การกระจายปริมาณรังสี (dose distribution) ของแผนรังสีรักษาปรับด้วยมือและวิธีพลิกกลับ (Figure 2 และ Figure 3) ตามลำดับ

Table 2 Dosimetric parameter (D_{2cc}) of OARs from manual and inverse optimization plan.

Organs at risk	Manual plan (Mean±SD)	Inverse plan (Mean±SD)	p-value
Bladder	5.554±0.986 Gy	5.832±0.831 Gy	0.001
Rectum	3.711±0.923 Gy	3.970±0.906 Gy	<0.001
Sigmoid	4.078±1.331 Gy	3.804±1.211 Gy	<0.001
Bowels	3.879±1.573 Gy	3.459±1.361 Gy	<0.001



Figure 2 Dose distribution of Manual optimization plan.



Figure 3 Dose distribution of Inverse optimization plan.

เวลาที่ใช้ในการปรับแผนรังสีรักษาระยะใกล้

จากการจับเวลาตั้งแต่เริ่มปรับแผนรังสีรักษาจนค่า D_{90} ของปริมาตรรอยโรคมีค่าเท่ากับ 7 เกรย์พบว่า การปรับแผนรังสีรักษาวิธีพลิกกลับใช้เวลาน้อยกว่าการปรับด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเวลาเฉลี่ย 4.59 ± 2.97 นาที ขณะที่ การปรับแผนรังสีรักษาด้วยมือมีเวลาเฉลี่ย 5.62 ± 1.71 นาที ($p < 0.05$)

วิจารณ์ผล (Discussion)

เมื่อพิจารณาที่ปริมาตรเป้าหมายค่าเฉลี่ย D_{90} D_{100} และ V_{100} ของปริมาตรรอยโรค พบว่าแผนรังสีรักษาระยะใกล้วิธีพลิกกลับมีค่าเฉลี่ยมากกว่าแผนรังสีรักษาปรับด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าแผนรังสีรักษาระยะใกล้วิธีพลิกกลับมีความครอบคลุมรอยโรคมากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yoshio K. และคณะ⁷ แต่ต่างจากงานวิจัยของ Swamidas J. และคณะ⁸ และ Chajon E. และคณะ⁹ ที่ใช้อุปกรณ์สอดใส่ต้นกำเนิดรังสีชนิดเดียวกันซึ่งระบุว่าการครอบคลุมปริมาตร HR-CTV ของแผนรังสีรักษาทั้ง 2 วิธีไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากปริมาตรของ HR-CTV ชนิดของอุปกรณ์สอดใส่ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้ และชนิดของต้นกำเนิดรังสีมีผลต่อการคำนวณปริมาณรังสี เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย V_{200} ซึ่งเป็นข้อมูลบอกปริมาตรที่ได้รับปริมาณรังสีเป็น 2 เท่าของปริมาณรังสีที่กำหนดแผนรังสีรักษาวิธีพลิกกลับมีค่าน้อยกว่า เนื่องจากแผนรังสีรักษาวิธีปรับด้วยมือจะปรับให้ dwell weight ในแต่ละ dwell position มีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่แผนรังสีรักษาแบบพลิกกลับคำนวณ dwell weight ในแต่ละ dwell position แตกต่างกันตามรูปร่างของรอยโรค

เมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ย D_{2cc} อวัยวะปกติข้างเคียงพบว่า ที่กระเพาะปัสสาวะและไส้ตรง แผนรังสีรักษาวิธีพลิกกลับให้ปริมาณรังสีมากกว่าวิธีปรับด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญ แต่สามารถลดปริมาณรังสีที่ลำไส้เล็กและลำไส้ส่วนซีกมอยด์ ซึ่งมีความทนต่อรังสีน้อยกว่ากระเพาะปัสสาวะและไส้ตรงได้ดีกว่า การปรับแผนรังสีรักษาขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ปริมาตรรอยโรค ตำแหน่งรอยโรค ตำแหน่งของอวัยวะปกติข้างเคียงและชนิดของอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีที่ใช้ เป็นต้นอย่างไรก็ตามเมื่อคำนวณปริมาณรังสีเชิงชีววิทยา (equivalent dose of 2Gy; EQD2) จากการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ร่วมกับการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้พบว่า ทั้ง 2 วิธี ให้ปริมาณรังสีที่อวัยวะปกติข้างเคียงไม่เกินขีดจำกัดของอวัยวะนั้น

เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการปรับแผนรังสีรักษาพบว่า การปรับแผนรังสีรักษาวิธีพลิกกลับใช้เวลาน้อยกว่าวิธีปรับด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kirisits C. และคณะ¹⁰ ซึ่งนับเป็นข้อดีในการนำไปใช้ทางคลินิก เนื่องจากการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้แต่ละครั้ง ผู้ป่วยจะใส่เครื่องมือภายในร่างกายจนกว่าแพทย์จะประเมินการรักษาจากแผนรังสีรักษาแล้วจึงใส่สารกัมมันตรังสี การที่สามารถลดเวลาในการวางแผนรังสีรักษาได้จะช่วยให้ผู้ป่วยมีความสะดวกมากขึ้น

สรุปผลการศึกษา (Conclusion)

ข้อดีของแผนรังสีรักษาระยะใกล้วิธีพลิกกลับสามารถลดปริมาณรังสีที่ลำไส้เล็กและลำไส้ส่วนซีกมอยด์ได้ และเวลาที่ใช้ในการปรับแผนรังสีรักษาระยะใกล้วิธีพลิกกลับมีค่าน้อยกว่าวิธีปรับด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการวางแผนรังสีรักษาระยะใกล้วิธีพลิกกลับจึงให้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นต่อการรักษาผู้ป่วยด้วยรังสีรักษาระยะใกล้

1. Haie-Meder C, Potter R, Limbergen EV, Briot E, Brabandere MD, Dimopoulos J, et al. Recommendations from the gynaecological (GYN) GEC ESTRO working group (I) concepts and terms in 3D image based 3D treatment planning in cervix cancer brachytherapy with emphasis on MRI assessment of GTV and CTV. *Radiotherapy and Oncology* 2005; 74: 235-45.
2. Onal C, Arslan G, Erkan T, Pehlivan B, Tavuz M, Oymak E, et al. Comparison of conventional and CT-based planning for intracavitary brachytherapy for cervical cancer: Target volume coverage and organs at risk doses. *Journal of Experimental & Clinical Cancer Research* 2009; 28 (95): 1-10.
3. Potter R, Haie-Meder C, Limbergen EV, Barillot I, Brabandere MD, Dimopoulos J, et al. Recommendations from the gynaecological (GYN) GEC ESTRO working group (II): Concepts and terms in 3D image-based treatment planning in cervix cancer brachytherapy—3D dose volume parameters and aspects of 3D image-based anatomy, radiation physics and radiobiology. *Radiotherapy and Oncology* 2006; 78: 67-77.
4. Nucletron. Oncentra® External Beam v4.3 Oncentra® Brachy v4.3 170.730: Physics and Algorithms. 2009 (Pt7): 29-54.
5. Lessard E, Hsu IC, and Pouliot J. Inverse planning for interstitial gynecological template brachytherapy: Truly anatomy-base planning. *International journal of radiation oncology biology physics* 2002; 54 (4): 1243-51.
6. Reddy SS. Treatment planning and optimization in high-dose-rate brachytherapy. *Journal of Cancer Research and Treatment* 2013; 1 (2): 42-4.
7. Yoshio K, Murakami N, Morota M, Hadara K, Kitaguchi M, Seikii S, et al. Inverse planning for combination of intracavitary and interstitial brachytherapy for locally advanced cervical cancer. *Journal of Radiation Research* 2013; 54: 1146-1152.
8. Swamidas J, Kirisits C, Mahantshetty U, Tmkova P, Deshpande DD, Shrivastava SK, et al. Comparison of DVH parameters and loading patterns of standard loading, manual and inverse optimization for intracavitary brachytherapy on a subset of tandem/ovoid cases. *Radiotherapy and Oncology* 2010; 97: 501- 6.
9. Chajon E, Dumas I, Toulema M, Magne N, Coulot J, Verstraet R, et al. Inverse Planning Approach for 3-D MRI-Based Pulse-Dose rate intracavitary Brachytherapy in cervix cancer. *International journal of radiation oncology biology physics* 2007; 69(3): 955-61.
10. Kirisits C, Trnkova P, Baltas D, Dimopoulos J and Potter R. Inverse Optimization for Cervix Cancer Brachytherapy Including Automatic Loading, DVH Optimization and Modification Restriction Adapted From Manual Planning. *Medical Physics* 2008; 35 (6): 2726.
11. Dewitt KD, Hsu C J, Joycelyn S, Weinberg VK, Lessard E and Pouliot J. 3D Inverse Treatment Planning for The Tandem and Ovoid Applicator in Cervical Cancer. *International journal of radiation oncology biology physics* 2005; 63(4): 1270-4.
12. Tmkova P, Baltas D, Karabis A, Stock M, Dimopoulos J, Georg D, et al. A detailed dosimetric comparison between manual and inverse plans in HDR intracavitary/interstitial cervical cancer brachytherapy. *Journal of Contemporary Brachytherapy* 2010; 2(4): 163-70.
13. Kittika K. Consideration sample size and strength of the test. Chiangmai: Textbook program Faculty of Medicine Chiang Mai University; 2010 (in Thai).
14. Tharavichitkul E, Chakrabandhu S, Klunklin P, Onchan W, Chitapanarux I. Image-Based Brachytherapy in Cervical Cancer: Review and Experiences in Faculty of Medicine, Chiang Mai University. *Journal of Cancer Therapy* 2013; 4: 1-7.