

การเปรียบเทียบเชิงรังสีคณิตของแผนรังสีรักษาร่วมพิภัก ระหว่างเทคนิครังสีสามมิติกับเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียว หมุนสำหรับเนื้องอกสมอง

Dosimetric Comparison of Stereotactic Radiotherapy Treatment Planning between Three Dimensional Conformal Radiation Therapy and Tomotherapy for Brain tumor

ดาร์ตัน คำชมภู¹, ศ. พญ.อัมใจ ชิตาพานารักษ์¹, ผศ. ดร.สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์¹,
Darat Khamchompoo, MSc.¹, Prof. Imjai Chitapanarux, M.D.¹, Asst. Prof. Somsak Wanwilairat, Ph.D.¹,

¹ หน่วยงานรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

¹ Division of Therapeutic Radiology and Oncology, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Thailand.

ABSTRACT

Backgrounds: Stereotactic Radiotherapy (SRT) for brain tumor must have highly accuracy of radiation to get the maximum radiation dose to the lesions while organs at risk (OARs) receives the minimum radiation dose. The research found that the Helical Tomotherapy (HT) is used in SRT for brain tumor. The study was done retrospectively to plan and compare SRT with HT.

Objective: To plan SRT with HT for brain tumor and compare dosimetric parameters of planning target volume (PTV) and OARs with three-dimensional radiotherapy (3DCRT) using a linac with micro-multileaf collimator.

Materials and Methods: This is a retrospective study for SRT treatment planning comparison between HT and 3DCRT using a linac with micro-multileaf collimator. The CT images of 17 brain tumor cases who received SRT were used to generate HT planning. The comparison dosimetric parameters of PTV were conformity index (CI) and homogeneity index (HI). The OARs were brainstem, optic chiasm, optic nerves and eyes. The comparison dosimetrics parameters of OARs maximum dose (Dmax), minimum dose (Dmin) and mean dose (Dmean). The whole brain dose parameters were D50 and integral dose.

Result: The result showed the CI of PTV were 1.15, 1.51 and the HI of PTV were 6.51%, 9.64% for HT and 3-DCRT, respectively. There were no statistically significant differences. For OARs, Dmax, Dmin and Dmean of brain stem, optic nerves and eyes in HT plan were higher than 3-DCRT plan. There were statistically significant differences of Dmax, Dmean at the eyes and Dmin at the optic nerves. However, Dmax and Dmin of the optic chiasm of HT were less than 3-DCRT but there was no statistically significant difference. For the whole brain, D50 and integral dose of HT plan were 0.4 and 3.32 Gy, respectively.

Conclusion: The comparison of SRT treatment planning for Brain tumor, the HT plan showed better CI and HI of PTV than the 3-DCRT plan. The HT was an appropriate SRT technique for Brain tumor. Although the HT had low dose spread out to surrounding normal tissues, the normal tissue tolerance did not exceed.

Keywords: Stereotactic Radiotherapy/ Helical Tomotherapy/ Three-dimensional radiotherapy/ Dosimetric parameters

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: การฉายรังสีร่วมฟิสิกส์ผู้ป่วยเนื้องอกสมอง ต้องการความแม่นยำในการฉายรังสีสูงเพื่อให้รอยโรคได้รับปริมาณรังสีสูงสุดและให้เนื้อเยื่อปกติได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุด จากการค้นคว้าศึกษางานวิจัยเรื่องการฉายรังสีร่วมฟิสิกส์ พบว่ามีการใช้เทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนสำหรับการฉายรังสีร่วมฟิสิกส์ในผู้ป่วยเนื้องอกสมอง จึงทำวิจัยเชิงทดลองแบบย้อนหลังเพื่อวางแผนและประเมินรังสีรักษาพร้อมฟิสิกส์ด้วยเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน

วัตถุประสงค์: เพื่อวางแผนรังสีรักษาร่วมฟิสิกส์ด้วยเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนสำหรับการฉายรังสีเนื้องอกสมองแล้วเปรียบเทียบกับค่าตัวแปรเชิงรังสีคณิตของรอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียงกับแผนรังสีสามมิติที่ใช้อุปกรณ์จำกัดลำรังสีแบบซีขนาดเล็ก

วัสดุและวิธีการ: การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบย้อนหลัง เพื่อวางแผนรังสีรักษาร่วมฟิสิกส์ ด้วยเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนในผู้ป่วยจำนวน 17 ราย ที่ได้รับการฉายรังสีเนื้องอกสมองด้วยเทคนิครังสีรักษาร่วมฟิสิกส์สามมิติที่ใช้อุปกรณ์จำกัดลำรังสีแบบซีขนาดเล็ก แล้วเปรียบเทียบกับค่าตัวแปรเชิงรังสีคณิตของรอยโรค ได้แก่ ค่าดัชนีความเข้ารูปรูปร่าง ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ ส่วนอวัยวะปกติข้างเคียงที่พิจารณาเปรียบเทียบ ได้แก่ ก้านสมอง ศูนย์รวมประสาทตา เส้นประสาทตา และตา ค่าตัวแปรเชิงรังสีคณิตของอวัยวะปกติข้างเคียง ได้แก่ ปริมาณรังสีสูงสุด ปริมาณรังสีต่ำสุด และปริมาณรังสีเฉลี่ย ส่วนเนื้อสมองทั้งหมด พิจารณาค่าปริมาณรังสีที่ปริมาตรเนื้อสมองอย่างน้อยร้อยละ 50 (D50) และค่า Integral dose

ผลการศึกษา: ผลการวิจัยพบว่าค่าดัชนีความเข้ารูปรูปร่างของปริมาตรมีค่า 1.15 และ 1.51 ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ ของปริมาตรเป้าหมายมีค่า 6.51% และ 9.64% สำหรับเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน และเทคนิครังสีสามมิติตามลำดับ ทั้งสองค่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับอวัยวะข้างเคียงพบว่าค่าปริมาณรังสีสูงสุด, ปริมาณรังสีต่ำสุด และปริมาณรังสีเฉลี่ย ของก้านสมอง เส้นประสาทตา และตา ในเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่ามากกว่าเทคนิครังสีสามมิติ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าปริมาณรังสีสูงสุดและปริมาณรังสีเฉลี่ยที่ตาและค่าปริมาณรังสีต่ำสุดที่เส้นประสาทตา อย่างไรก็ตามพบว่าศูนย์รวมเส้นประสาทตาค่าปริมาณรังสีสูงสุดและปริมาณรังสีต่ำสุดของเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่าน้อยกว่าเทคนิครังสีสามมิติแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า D50 และ Integral dose ของเนื้อสมองของเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่า 0.4 เกรย์ และ 3.32 เกรย์ ตามลำดับ

ข้อสรุป: แผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนให้ค่าดัชนีความเข้ารูปรูปร่าง และความสม่ำเสมอในปริมาตรเป้าหมายดีกว่าแผนรังสีสามมิติ กล่าวได้ว่าเป็นเทคนิคที่มีความเหมาะสมสำหรับการฉายรังสีร่วมฟิสิกส์ผู้ป่วยเนื้องอกในสมอง แต่การฉายรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนจะมีรังสีปริมาณต่ำกระจายออก ส่งผลต่อปริมาณรังสีที่เนื้อเยื่อปกติข้างเคียงได้รับ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าค่าปริมาณรังสีที่เนื้อเยื่อปกติข้างเคียงได้รับมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด

คำสำคัญ : รังสีร่วมฟิสิกส์/ รังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน/ รังสีสามมิติ/ ตัวแปรเชิงรังสีคณิต

บทนำ (Introduction)

จากสถิติของสมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทยปี พ.ศ.2558 พบผู้ป่วยเนื้องอกสมองประมาณร้อยละ 4.5 ของมะเร็งทั้งหมด พบผู้ป่วยใหม่ 7.19 ราย ต่อประชากรหนึ่งแสนคนต่อปีและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น⁽¹⁾ วิธีการรักษาหลักของเนื้องอกสมอง คือ การผ่าตัด แต่ในกรณีที่ไม่สามารถผ่าตัดรอยโรคออกได้หมด หรือผู้ป่วยที่ไม่สามารถ

ผ่าตัดได้ จะใช้การฉายรังสีเป็นหลักสำหรับผู้ป่วย โดยอาจมีการฉายรังสีเฉพาะตำแหน่งบริเวณที่เป็นรอยโรค หรือฉายรังสีครอบคลุมทั้งสมอง ขึ้นอยู่กับชนิด ความรุนแรงของโรค และสภาพร่างกายของผู้ป่วย รังสีรักษามีบทบาทในการรักษาเนื้องอกสมอง การฉายรังสีจะช่วยยืดอายุผู้ป่วยหรือยืดระยะเวลาในการเกิดอาการขึ้นมาใหม่ได้⁽²⁾

รังสีรักษาร่วมพิภัก หรือ รังสีร่วมพิภัก เป็นเทคนิคการฉายรังสีแบบหนึ่งที่ทำให้ปริมาณรังสีสูงในพื้นที่รังสีขนาดเล็ก นิยมนำมาใช้รักษาโรคเนื้องอกสมองที่ต้องการความแม่นยำในการฉายรังสีสูงเพื่อให้รอยโรคได้รับปริมาณรังสีสูงสุดและให้เนื้อเยื่อปกติได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุด⁽³⁾ โดยรังสีร่วมพิภักจะใช้ลำรังสีขนาดเล็กจากหลายทิศทางในแนวพิภักที่กำหนดพุ่งตรงสู่เป้าหมาย หรือรอยโรคที่กำหนด⁽⁴⁾ เทคนิคนี้รังสีร่วมพิภักจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

- 1) Stereotactic Radiosurgery (SRS) รังสีศัลยกรรม เป็นการฉายรังสีร่วมพิภักเพียงครั้งเดียวด้วยปริมาณรังสีสูง
- 2) Stereotactic Radiotherapy (SRT) รังสีรักษาร่วมพิภัก เป็นการฉายรังสีร่วมพิภักที่แบ่งการฉายรังสีหลายๆครั้งด้วยปริมาณรังสีต่อครั้งนี้น้อยลงกว่ารังสีศัลยกรรม

ในระยะที่ผ่านมาหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ให้การรักษามะเร็งเนื้องอกสมองด้วยเทคนิคนี้รังสีรักษาร่วมพิภัก โดยใช้เครื่องฉายรังสีแบบเครื่องเร่งอนุภาคร่วมกับอุปกรณ์จำกัดลำรังสีแบบสี่ขนาดเล็กเรียกว่า ไมโครมัลติลีฟคอลลิมเตอร์ (Micro-multileaf collimator : mMLC) โดยใช้เทคนิคนี้รังสีสามมิติ (Three Dimensional Conformal Radiation Therapy : 3DCRT) ต่อมาอุปกรณ์จำกัดลำรังสีแบบสี่ขนาดเล็กที่ใช้ร่วมกับเครื่องฉายรังสีแบบเครื่องเร่งอนุภาคร่วมกับอุปกรณ์จำกัดลำรังสีแบบสี่ขนาดเล็กเรียกว่า ไมโครมัลติลีฟคอลลิมเตอร์ (Micro-multileaf collimator : mMLC) โดยใช้เทคนิคนี้รังสีสามมิติ (Three Dimensional Conformal Radiation Therapy : 3DCRT) ต่อมาอุปกรณ์จำกัดลำรังสีแบบสี่ขนาดเล็กที่ใช้ร่วมกับเครื่องฉายรังสีแบบเครื่องเร่งอนุภาคร่วมกับอุปกรณ์จำกัดลำรังสีแบบสี่ขนาดเล็ก

ในงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาย้อนหลัง(Retrospective study) โดยการวางแผนรังสีบำบัดแบบเกลียวหมุน สำหรับการฉายรังสีรักษาร่วมพิภักบนข้อมูลภาพรังสีตัดขวางของผู้ป่วยเนื้องอกสมองที่เคยได้รับการรักษาในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ด้วยรังสีรักษาร่วมพิภักเทคนิคนี้รังสีสามมิติ และเปรียบเทียบค่าตัวแปรเชิงรังสีคณิตระหว่างแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนกับแผนรังสีสามมิติที่ใช้เครื่องฉายรังสีแบบเครื่องเร่งอนุภาคร่วมกับอุปกรณ์จำกัดลำรังสีแบบสี่ขนาดเล็ก

วัสดุและวิธีการ (Materials and Methods)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาย้อนหลัง เพื่อเปรียบเทียบแผนรังสีรักษาร่วมพิภักโดยใช้ค่าตัวแปรเชิงรังสีคณิต ระหว่างเทคนิคนี้รังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนกับเทคนิคนี้รังสีสามมิติที่ใช้อุปกรณ์จำกัดลำรังสีแบบสี่ขนาดเล็ก สำหรับการฉายรังสีรักษาร่วมพิภัก (SRT) เนื้องอกในสมอง

1. กลุ่มตัวอย่างข้อมูล

ใช้ภาพรังสีตัดขวางของผู้ป่วยเนื้องอกในสมองที่ได้รับการรักษาด้วยเทคนิคนี้รังสีสามมิติที่ใช้อุปกรณ์จำกัดลำรังสีแบบสี่ขนาดเล็ก สำหรับการฉายรังสีรักษาร่วมพิภัก (SRT) ในช่วงปี พ.ศ.2551-2556 จำนวน 17 ราย ใช้เป็นข้อมูลนามาวางแผนฉายรังสีรักษาร่วมพิภัก เทคนิคนี้รังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน

2. การวาดรอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียง

เนื่องจากเครื่องวางแผนรังสีรักษาร่วมพิภัก (Brain-SCANTM version 5.2) ที่ใช้วางแผนเทคนิคนี้รังสีสามมิติเดิมไม่สามารถส่งข้อมูลภาพวาดรอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียง (DICOM RT export) มายังเครื่องคอมพิวเตอร์วาดรอยโรคได้ จึงต้องทำการกำหนดตำแหน่งรอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียงใหม่สำหรับผู้ป่วยทุกรายบนเครื่องคอมพิวเตอร์วาดรอยโรคด้วยมือ (Manual) ให้เหมือนรอยโรคเดิมที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนรังสีรักษาร่วมพิภัก โดยรังสีแพทย์เป็นผู้ประเมินความถูกต้องของภาพตำแหน่งรอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียงที่วาดขึ้นใหม่ของผู้ป่วยทุกราย และได้นำข้อมูลปริมาตรของรอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียงจากเครื่องวางแผนรังสีรักษาร่วมพิภักกับเครื่องคอมพิวเตอร์วาดรอยโรคมาเปรียบเทียบปริมาตรทางสถิติ พบว่าปริมาตรรอยโรคและอวัยวะปกติข้างเคียงจากเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การวางแผนรังสีรักษาร่วมพิภัก

ใช้ข้อมูลภาพรังสีตัดขวางของผู้ป่วยเนื้องอกในสมองจำนวน 17 ราย จำนวนปริมาณรังสีต่อครั้ง(Dose/fx) จำนวนครั้งที่ฉายรังสี (No. of fraction) และปริมาณรังสี (Prescription dose) ที่แพทย์กำหนดให้ปริมาตรเป้าหมาย (PTV) แสดงในตารางที่ 1

การวางแผนรังสีรักษาร่วมพิภัก (SRT) ด้วยเทคนิคนี้รังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน ใช้โปรแกรม HiArt planning station เวอร์ชัน 5.1.0.4 กำหนดเทคนิคการฉายรังสีปรับความเข้มเป็น

Tomohelical ความกว้างพื้นที่รังสี (Field width) เท่ากับ 1.05 เซนติเมตร ค่าพิทช์ (Pitch) เท่ากับ 0.287 และค่าโมดูเลชันแฟคเตอร์ (Modulation Factor) โดยในงานวิจัยนี้ใช้ค่าระหว่าง 2.0 - 2.5 และการคำนวณปริมาณรังสีใช้อัลกอริทึม Convolution superposition

4. การเปรียบเทียบแผนรังสีรักษาร่วมพิกัดระหว่างเทคนิค

การเปรียบเทียบแผนรังสีรักษาร่วมพิกัดระหว่างเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนกับเทคนิคครั้งสี่สามมิติ จะแบ่งออกเป็น การเปรียบเทียบปริมาณการแผ่กระจาย และการเปรียบเทียบอวัยวะปกติข้างเคียงโดยใช้เครื่องมือเปรียบเทียบดังนี้

1) การเปรียบเทียบสำหรับปริมาตรเป้าหมาย (PTV) ใช้ตัวแปรเชิงรังสีคณิต

- 1.1) ค่าดัชนีความเข้ารูป (Conformity Index: CI) เป็นดัชนีบ่งชี้ความเข้ารูปของการกระจาย ปริมาณรังสีในอวัยวะเป้าหมายสอดคล้องกับลักษณะรูปร่างอวัยวะเป้าหมาย⁽⁵⁾ โดยคำนวณได้จากสมการ 1

$$CI = \frac{\text{Treated Vol.}}{\text{PTV}} \quad (1)$$

โดยที่ Treated Volume คือปริมาตรที่ครอบคลุมด้วยเส้นปริมาณรังสีที่แพทย์กำหนด (Prescription dose) PTV คือ ปริมาตรของอวัยวะเป้าหมาย

จากสมการ 1 แผนรังสีรักษาที่ดีควรมีค่าดัชนีความเข้ารูปเข้าใกล้ 1

- 1.2) ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (Homogeneity Index: HI) เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงความสม่ำเสมอของการกระจายปริมาณรังสีในอวัยวะเป้าหมาย PTV หรือ CTV⁽⁶⁾ สามารถคำนวณได้จากสมการ 2

$$HI = \frac{D_2 - D_{98}}{D_p} \times 100\% \quad (2)$$

โดย D2 คือ ปริมาณรังสีที่ปริมาตรเป้าหมายอย่างน้อยร้อยละ 2 ได้รับ
D98 คือ ปริมาณรังสีที่ปริมาตรเป้าหมายอย่างน้อยร้อยละ 98 ได้รับ
Dp คือ ปริมาณรังสีที่ต้องการให้ปริมาตรเป้าหมายได้รับ

จากสมการ 2 แผนรังสีรักษาที่ดีควรมีค่าดัชนีความสม่ำเสมอหรือเข้าใกล้ 0

2) การเปรียบเทียบอวัยวะปกติข้างเคียงใช้ตัวแปรเชิงรังสีคณิต

- 2.1) ก้านสมอง: ปริมาณรังสีสูงสุด (Dmax) และ ปริมาณรังสีต่ำสุด (Dmin)
- 2.2) ศูนย์รวมเส้นประสาทตา: ปริมาณรังสีสูงสุด และ ปริมาณรังสีต่ำสุด
- 2.3) เส้นประสาทตา: ปริมาณรังสีสูงสุด และ ปริมาณรังสีต่ำสุด
- 2.4) ตา: ปริมาณรังสีสูงสุด และ ปริมาณรังสีเฉลี่ย (Dmean)

ตารางที่ 1 จำนวนปริมาณรังสีต่อครั้ง, จำนวนครั้งที่ฉายรังสี และปริมาณรังสีทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

ลำดับ	Dose/fx	No. of fx	Prescription dose (Gy)
1.	2	25	50
2.	3	14	42
3.	3	14	42
4.	3	14	42
5.	2	25	50
6.	2	27	54
7.	2	27	54
8.	6	6	36
9.	2	27	54
10.	2	27	54
11.	2	27	54
12.	6	6	36
13.	3	14	42
14.	6	6	36
15.	2	25	50
16.	6	6	36
17.	3	14	42

- 2.5) สมองทั้งหมด: ปริมาณรังสีที่ปริมาตรอย่างน้อยร้อยละ 50 ของสมองทั้งหมดได้รับ (D50) และ Integral dose (ID) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับ และมีโอกาสที่ทำให้เกิดผลข้างเคียงจากการรักษาด้วยการฉายรังสี⁽⁷⁾ คำนวณค่าดังกล่าวจากสมการ $ID = V_j \rho_j D_{mean}$

V_j : Volume of whole brain

ρ_j : Constant density 1 g/cm³

D_{mean} : Mean organ dose

ผลการศึกษา (Results)

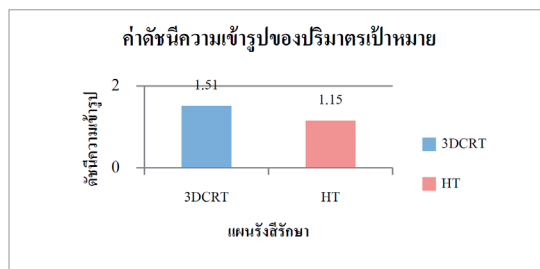
ผลการวิจัยพบว่าค่า CI ของ PTV มีค่า 1.15 และ 1.51 (ดังแสดงในภาพที่ 1) ค่า HI ของ PTV มีค่า 6.51% และ 9.64% (ดังแสดงในภาพที่ 2) สำหรับเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน และเทคนิคครึ่งสี่สามมิติตามลำดับ ทั้งสองค่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับอวัยวะข้างเคียงการเปรียบเทียบแผนรังสีรักษาระหว่างแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนและแผนรังสีสามมิติ (ดังแสดงในภาพที่ 3) ก้านสมองพิจารณา Dmax พบว่ามีค่า 32.55 เกรย์ และ 30.15 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.0867) และ Dmin พบว่ามีค่า 0.57 เกรย์ และ 0.60 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.8725), ศูนย์รวมประสาทตาพิจารณา Dmax พบว่ามีค่า 14.63 เกรย์ และ 16.95 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.9978) และ Dmin พบว่ามีค่า 4.59 เกรย์ และ 4.87 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.8102), เส้นประสาทตาพิจารณา Dmax สำหรับเส้นประสาทตาข้างขวามีค่า 8.81 เกรย์ และ 8.1 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.3408) และ Dmin มีค่า 2.00 เกรย์ และ 0.86 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.0148) และ Dmax สำหรับเส้นประสาทตาข้างซ้ายมีค่า 11.58 เกรย์ และ 10.16 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.1021) และ Dmin มีค่า 2.52 เกรย์ และ 0.83 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.0342), ตาพิจารณา Dmax สำหรับตาข้างขวามีค่า 5.28 เกรย์ และ 2.53 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.0005) และ Dmean มีค่า 2.34 เกรย์ และ 1.10 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.0044) และ Dmax สำหรับตาข้างซ้ายมีค่า 5.90 เกรย์ และ 2.86 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.0013) และ Dmean มีค่า 2.68 เกรย์ และ 1.28 เกรย์ ตามลำดับ (p-value 0.0091), สมองทั้งหมดพิจารณาค่าปริมาณรังสีที่ปริมาตรอย่างน้อยร้อยละ 50 ของสมองทั้งหมดได้รับ และปริมาณรังสี ID แต่เนื่องจากแผนรังสีรักษาร่วมพิกัดเทคนิค

รังสีสามมิติค่า D50 และ ID ไม่สามารถหาค่าที่ถูกต้องได้ เนื่องจากการวางแผนรังสีรักษาร่วมพิกัดสามมิติไม่ได้วาดเนื้อสมองทั้งหมดไว้ ผลการทดลองจึงมีเพียงผลข้อมูลค่า D50 และ ID ของแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน ดังนี้ D50 มีค่า 0.40 เกรย์ และ ID มีค่า 3.32 เกรย์

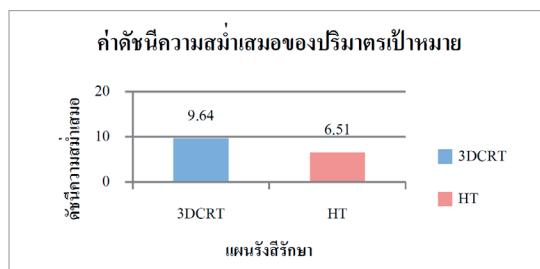
บทวิจารณ์ (Discussion)

1. ปริมาณรังสีที่ครอบคลุมปริมาตรเป้าหมาย

พบว่าแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่า CI ที่ดีกว่าแผนรังสีรักษาร่วมพิกัดสามมิติ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Soisson ET. และคณะ⁽⁸⁾ และ Shim J.B. และคณะ⁽⁹⁾ เนื่องจากเทคนิคทั้งสองมีแนวโน้มสร้างสียลายทิศทางรอบตัวผู้ป่วยจึงให้ดัชนีความเข้า

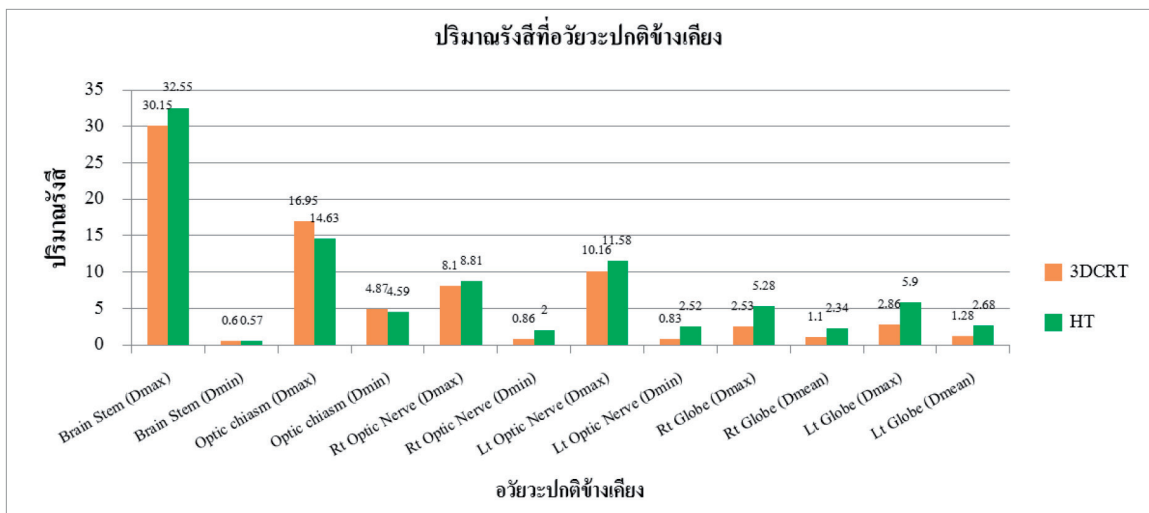


ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงค่าดัชนีความเข้ารูปของปริมาตรเป้าหมายระหว่างแผนรังสีสามมิติกับแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงค่าดัชนีความสม่ำเสมอของปริมาตรเป้าหมายระหว่างแผนรังสีสามมิติกับแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน

รูปที่ตี และค่า HI พบว่าแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่าที่ดีกว่าแผนรังสีรักษาร่วมพิกัดสามมิติ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nagai A. และคณะ⁽¹⁰⁾ ที่ทำการศึกษาการฉายรังสีร่วมพิกัดด้วยเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนแก่ผู้ป่วย พบว่าค่า HI ของปริมาณรังสีใน PTV มีค่าสูง เทคนิคดังกล่าวให้อัตราการควบคุมโรคดีขึ้น เนื่องจากเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนใช้การปรับการกระจายความเข้มรังสีด้วย Inverse planning ในแนว



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงปริมาณรังสีสูงสุด, ปริมาณรังสีต่ำสุด และปริมาณรังสีเฉลี่ยของอวัยวะปกติข้างเคียงในแผนรังสีสามมิติและรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน

รังสีรอบตัวผู้ป่วยจึงทำให้มีความสม่ำเสมอของการกระจายปริมาณรังสีมากกว่าเทคนิครังสีสามมิติ

2. ปริมาณรังสีที่อวัยวะสำคัญข้างเคียง

ก้านสมอง

พิจารณา Dmax โดยกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 54 เกรย์ พบว่าแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่ามากกว่าแผนรังสีสามมิติ ซึ่งมีค่าไม่เกิน 54 เกรย์ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะก้านสมองเป็นอวัยวะสำคัญที่มีอยู่ใกล้ PTV และลักษณะการเข้าทิศทางการรังสีรอบตัวผู้ป่วยของเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนจึงทำให้ปริมาณรังสีสูงสุดที่ก้านสมองมีค่ามากกว่า และพิจารณา Dmin พบว่าทั้งสองเทคนิคมีค่าใกล้เคียงกันและพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ศูนย์รวมประสาทตา

พิจารณา Dmax โดยกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 54 เกรย์ พบว่าแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่าน้อยกว่าแผนรังสีสามมิติ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ใช้ Inverse planning เพื่อให้มีการกระจายปริมาณรังสีที่อวัยวะปกติข้างเคียงน้อย ซึ่งมีค่าไม่เกิน 54 เกรย์ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cozzia L. และคณะ⁽¹¹⁾ เมื่อพิจารณา Dmin พบว่าแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่าน้อยกว่าแผนรังสีสามมิติและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เส้นประสาทตา

พิจารณา Dmax โดยกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 54 เกรย์ พบว่าแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่ามากกว่าแผนรังสีสามมิติ ซึ่งมีค่าไม่เกิน 54 เกรย์ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณา Dmin พบว่าแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่ามากกว่าแผนรังสีสามมิติ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shim J.B. และคณะ⁽⁹⁾ เนื่องจากทิศทางการรังสีของเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนเข้าแบบหมุนรอบตัวผู้ป่วย ทำให้เกิดรังสีปริมาณต่ำกระจายบริเวณเส้นประสาทตา แต่อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด

ตา

พิจารณา Dmax โดยกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 50 เกรย์ พบว่าแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่ามากกว่าแผนรังสีสามมิติ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณา

Dmean กำหนดไม่เกิน 35 เกรย์ พบว่าแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่ามากกว่าแผนรังสีรักษาร่วมพิกัดสามมิติ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการศึกษาทั้งสองค่าที่พิจารณาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cozzia L. และคณะ⁽¹¹⁾ เนื่องจากทิศทางลำรังสีของเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนเข้าแบบหมุนรอบตัวผู้ป่วย ทำให้เกิดรังสีปริมาณต่ำกระจายบริเวณตาทั้งสองข้าง แต่เทคนิครังสีรักษาร่วมพิกัดสามมิติสามารถกำหนดทิศทางลำรังสี หรือกันลำรังสี (Block) ไม่ให้ผ่านตาทั้งสองข้าง ส่วนแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนไม่ได้เลือกกันลำรังสีแบบ Complete block หรือ Directional block เพราะตาทั้งสองข้างไม่อยู่ใกล้ PTV จึงส่งผลให้ปริมาณรังสีที่ตาทั้งสองข้างได้รับในเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่ามากกว่า แต่อย่างไรก็ตามทั้งสองค่าดังกล่าวมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด

เนื้อสมองทั้งหมด

พิจารณาค่า D50 และ ID พบว่าค่า D50 มีค่า 0.40 ถือว่าปริมาณของเนื้อสมองทั้งหมดได้รับปริมาณรังสีมีค่าน้อยมาก ข้อมูลเดิมจากแผนรังสีรักษาร่วมพิกัดสามมิติค่า D50 และ ID ไม่สามารถหาค่าที่ถูกต้องได้ พิจารณางานวิจัยของ Fogliata A. และคณะ⁽¹²⁾ ที่ได้ศึกษาและเปรียบเทียบผลเชิงรังสีชนิดระหว่างเทคนิครังสีปรับความเข้มแขนหมุนรอบตัว, เทคนิครังสีปรับความเข้มแขนหมุนอยู่นิ่ง และเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุน สำหรับการฉายรังสีเนื้องอกสมอง พบว่าค่า ID จากการศึกษางานวิจัยนี้มีค่า ID น้อยกว่างานวิจัยของ Fogliata A. และคณะ

บทสรุป (Conclusion)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีความเข้ารูป และความสม่ำเสมอของปริมาณรังสีที่ปริมาตรเป้าหมายสูงกว่าแผนรังสีรักษาร่วมพิกัดสามมิติ แต่มีข้อจำกัดคือ การกระจายของปริมาณรังสีต่ำ จึงมีผลต่อปริมาณรังสีสูงสุดและปริมาณรังสีเฉลี่ยของตาทั้งสองข้าง และมีผลต่อปริมาณรังสีต่ำสุดของเส้นประสาทตาทั้งสองข้าง เมื่อนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับแผนรังสีรักษาร่วมพิกัดสามมิติ จึงทำให้แผนรังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด สรุปได้ว่าเทคนิครังสีตัดขวางแบบเกลียวหมุนเป็นเทคนิคที่มีความเหมาะสมสำหรับการฉายรังสีรักษาร่วมพิกัด (SRT) เมื่อเทียบกับรังสีรักษาร่วมพิกัดสามมิติสำหรับผู้ป่วยเนื้องอกสมอง

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และการสนับสนุนอย่างดียิ่งจาก ศาสตราจารย์ พญ.อัมใจ ชิตาพนารักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์ รองศาสตราจารย์ นพ.เอกสิทธิ์ ธราวิจิตรกุล และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความช่วยเหลือและการสนับสนุนในการดำเนินการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณครอบครัวของผู้วิจัย คุณชาตรี ศรีชาติ ที่มีส่วนช่วยเหลือ เป็นกำลังใจและสนับสนุนให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จและประสบสัมฤทธิ์ผลด้วยดี

เอกสารอ้างอิง (References)

1. สมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย. สถิติจำนวนบุคลากร เครื่องมือและผู้ป่วยรังสีรักษาในประเทศไทย 2557-2558 [อินเทอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2559]. เข้าถึงได้จาก <http://www.thastro.org/index.php/2014-03-27-01-07-52>
2. อรรถพร บุญเกิด. โรคเนื้องอกสมอง (Brain tumor) [อินเทอร์เน็ต]. 2555 [เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน 2559]. เข้าถึงได้จาก <http://med.mahidol.ac.th/surgery/sites/default/files/public/pdf/PDFneuro/4.pdf>
3. Michael C. AAPM Report no.54 Stereotactic radiosurgery [Internet]. 1995 [cited 2016 March 15]. Available: https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_54.pdf
4. Elia AE, Shih HA, Loeffler JS. Stereotactic radiation treatment for benign meningiomas. Neurosurg Focus. 2007;23:E5.
5. Feuvret L, Noel G, Mazon JJ, Bey P. Conformity index. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2006; 64:333-42.
6. Yoon M, Park SY, Shin D, Lee SB, Hong RP, Kim DY, et al. A new homogeneity index based on statistical analysis of the dose-volume histograms. Am Coll Med Phys 2007; 8:9-17.
7. Arienzo MD, Masciullo SG, Sanctis VD, Osti MF, Chiacchiararelli L, Enrici RM. Integral Dose and Radiation-Induced Secondary Malignancies: Comparison between Stereotactic Body Radiation Therapy and Three-Dimensional Conformal Radiotherapy. Int J Environ Res Public Health. 2012;9:4223-40
8. Soisson ET, Tome WA, Richards GM, Mehta MP. Comparison of linac based fractionated stereotactic radiotherapy and tomotherapy treatment plans for skull-base tumors. Radiother Oncol 2006; 78:313-21.
9. Shim JB, Lee S, Cho SJ, Lee SH, Kim J, Kim J, et al. Comparison of linac-based fractionated stereotactic radiotherapy and tomotherapy treatment plans for intra-cranial tumors. Chinese Physics C 2010; 34:1768-74.
10. Nagai A, Shibamoto Y, Yoshida M, Wakamatsu K, Kikuchi Y. Treatment of Single or Multiple Brain Metastases by Hypofractionated Stereotactic Radiotherapy Using Helical Tomotherapy. Int J Mol Sci 2014; 15:6910-24.
11. Cozzi L, Clivio A, Bauman G, Cora S, Nicolini G, Pellegrini R. Comparison of advanced irradiation techniques with photons for benign intracranial tumours. Radiother Oncol 2006; 80:268-73.
12. Fogliata A, Clivio A, Nicolini G, Vanetti E, Cozzi L. Intensity modulation with photons for benign intracranial tumours: A planning comparison of volumetric single arc, helical arc and fixed gantry techniques. Radiother Oncol 2008; 89:254-62.

