การเปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างอัลกอริทึม Anisotropic Analytical Algorithm (AAA) และ Acuros XB (AXB) สำหรับการรักษาด้วยรังสีศัลยกรรมแบบ stereotactic บริเวณสมองชนิดฉายครั้งเดียวด้วยลำรังสีพลังงาน 6 MV แบบไม่มี flattening filter

โดย
ดร.คณนันท์ อุทิตสาร

การเปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างอัลกอริทึม Anisotropic Analytical Algorithm (AAA) และ Acuros XB (AXB) สำหรับการรักษาด้วยรังสีศัลยกรรมแบบ stereotactic บริเวณสมองชนิดฉายครั้งเดียว ด้วยลำรังสีพลังงาน 6 MV แบบไม่มี flattening filter (FFF)

Dosimetric comparison of the Anisotropic Analytical Algorithm and Acuros XB for single-fraction cranial stereotactic radiosurgery with a 6 MV flattening filter-free beam

คณนันท์ อุทิตสาร*

เทพพิทักษ์ วัฒนสาร

วิราศิณี เฉลิมชวลิต

คมกริช ครองเกียรติเลิศ

Kananan Utitsarn*

Thepphithak Watthanasarn

Wirasinee Chaloemchawalit

Komkrit Krongkietlearts

Department of Radiotherapy, Lopburi Cancer Hospital, Lopburi, Thailand

* Author to whom any correspondence should be addressed.

E-mail: kananmim@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทนำ การรักษาด้วยรังสีศัลยกรรมแบบครั้งเดียว (stereotactic radiosurgery หรือ SRS) ให้ปริมาณรังสีระดับทำลายเนื้อเยื่อแก่รอยโรคขนาดเล็กในกะโหลกศีรษะ ซึ่งปริมาณรังสีที่ระบบวางแผนการรักษารายงานออกมานั้นขึ้นอยู่กับอัลกอริทึมที่ใช้คำนวณ ดังนั้นการเปลี่ยนอัลกอริทึมในทางคลินิกจึงส่งผลโดยตรงต่อตัวเลขที่ใช้ตัดสินใจรักษา

วัตถุประสงค์ การศึกษาเชิงสำรวจนี้วัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีที่รายงาน เมื่อนำแผนการรักษาที่อนุมัติใช้จริงด้วย Anisotropic Analytical Algorithm (AAA) มาคำนวณซ้ำด้วย Acuros XB (AXB) ในโหมด dose-to-medium พร้อมทั้งเปรียบเทียบดัชนีคุณภาพแผนการรักษาและปริมาณรังสีที่เนื้อสมองปกติระหว่างสองอัลกอริทึม

วิธีดำเนินการ ผู้วิจัยนำรอยโรคมะเร็งแพร่กระจายมาที่สมองจำนวน 7 รอยโรคในผู้ป่วย 6 ราย ซึ่งรักษาด้วยเทคนิค volumetric modulated arc therapy ลำรังสี 6 MV flattening filter-free มาคำนวณซ้ำบนชุดภาพ CT ชุดเดิม โดยคงค่า arc geometry, control points, ลำดับการเคลื่อนที่ของ multileaf collimator และค่า monitor unit ไว้ทั้งหมด ไม่มีการ re-optimise หรือ renormalise จากนั้นเปรียบเทียบค่าจาก dose-volume histogram ของ planning target volume (PTV) เนื้อสมองปกติ และอวัยวะสำคัญ ร่วมกับดัชนีคุณภาพแผนการรักษา ได้แก่ RTOG prescription-isodose-to-target-volume (PITV) ratio, Paddick conformity index (PCI) และ gradient index (GI) โดยวิเคราะห์ด้วยสถิติ exact two-sided Wilcoxon signed-rank test แบบจับคู่ และตีความผลในเชิงสำรวจ

ผลการศึกษา AXB รายงานปริมาณรังสีที่ PTV ต่ำกว่า AAA ในแผนการรักษาชุดเดียวกัน โดยค่าเฉลี่ย D95% ลดลงจาก 21.66 เป็น 21.10 Gy ค่าเฉลี่ย D98% ลดลงจาก 21.19 เป็น 20.58 Gy และค่าเฉลี่ย Dmean ลดลงจาก 24.58 เป็น 24.13 Gy ($p = 0.016$ ทั้งสามค่า) ส่วนผลต่างของ D98% แบบจับคู่มีค่าเฉลี่ยร้อยละ

3.00 ± 0.80 ของปริมาณรังสีที่สั่ง ในขณะที่ PITV ratio ลดลงจาก 1.19 เป็น 1.10 และ GI เพิ่มขึ้นจาก 3.23 เป็น 3.43 (p = 0.016 ทั้งสองค่า) แต่ PCI ไม่แตกต่างกัน (0.79 เทียบกับ 0.82, p = 0.188) และค่า V12Gy กับ V10Gy ของเนื้อสมองปกติไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้การตรวจสอบคุณภาพแผนการรักษาตามปกติด้วย electronic portal imaging device ให้ค่าเฉลี่ย gamma passing rate ที่เกณฑ์ 2%/2 mm เท่ากับร้อยละ 98.5 ± 1.7 ซึ่งยืนยันความสามารถในการส่งลำรังสีตามแผนที่อนุมัติ
มิใช่การตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมใดอัลกอริทึมหนึ่ง

สรุป ผลการศึกษาสนับสนุนให้ทบทวนค่าปริมาณรังสีที่เป้าหมายอย่างรอบคอบ
เมื่อหน่วยงานเปลี่ยนจากกระบวนการเดิมที่ใช้ AAA ไปใช้ AXB
แม้ว่ารอยโรคในกะโหลกศีรษะจะอยู่ในเนื้อเยื่อที่ค่อนข้างเป็นเนื้อเดียวกันก็ตาม อย่างไรก็ตาม
จำนวนตัวอย่างมีเพียง 7 รอยโรค และไม่มีการวัดปริมาณรังสีอ้างอิงอิสระ
การศึกษานี้จึงยังไม่สามารถสรุปความเหนือกว่าทางคลินิก
หรือผลต่อการควบคุมก้อนมะเร็งและการเกิดพิษจากรังสีได้

คำสำคัญ รังสีศัลยกรรม, Acuros XB, Anisotropic Analytical Algorithm, การคำนวณปริมาณรังสี, EPID dosimetry, มะเร็งแพร่กระจายมาที่สมอง, flattening filter-free

Abstract

Introduction: Stereotactic radiosurgery delivers an ablative single-fraction dose to small intracranial targets, and the reported dose depends on the calculation algorithm.

Objectives: This exploratory case series quantified the change in reported dosimetry when plans clinically finalised with the Anisotropic Analytical Algorithm (AAA) were recalculated with Acuros XB (AXB) in dose-to-medium mode.

Methods: Seven consecutive brain metastases in six patients, treated with 6 MV flattening filter-free volumetric modulated arc therapy, were recalculated on the same CT dataset using identical arc geometry, control points, multileaf collimator sequences and monitor units, without re-optimisation or renormalisation. Dose-volume histogram parameters were compared for the planning target volume (PTV), normal brain and organs at risk, and plan quality with the RTOG prescription-isodose-to-target-volume (PITV) ratio, the Paddick conformity index (PCI) and the gradient index (GI). Paired comparisons used exact two-sided Wilcoxon signed-rank tests and are interpreted as exploratory.

Results: AXB reported lower PTV dose metrics than AAA for the same deliverable plans, with mean D95% falling from 21.66 to 21.10 Gy, D98% from 21.19 to 20.58 Gy and Dmean from 24.58 to 24.13 Gy (all $p = 0.016$). The mean paired D98% difference was 3.00 ± 0.80% of the prescription dose. The PITV ratio fell from 1.19 to 1.10 and GI rose from 3.23 to 3.43 (both $p = 0.016$), whereas PCI did not differ (0.79 versus 0.82, $p = 0.188$). Normal-brain V12Gy and V10Gy were unchanged. Routine electronic portal imaging device dosimetry of the delivered

plans gave a mean 2%/2 mm gamma passing rate of 98.5 ± 1.7%, documenting deliverability rather than validating either algorithm.

Conclusion: These findings support careful review of target-dose metrics when an established AAA workflow is transitioned to AXB. The cohort is small and no independent reference dosimetry was available, so the study establishes neither clinical superiority nor an effect on tumour control or toxicity.

Keywords: stereotactic radiosurgery, Acuros XB, Anisotropic Analytical Algorithm, dose calculation, EPID dosimetry, brain metastases, flattening filter-free