การตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อจากการใช้โปรแกรม BrachyVision ในการวางแผนการรักษาโรคมะเร็งปากมดลูก ด้วยการสอดใส่แร่อิริเดียม-192 ในโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา

อัจฉรี ศรีนุเคราะห์, วท.ม.(ฟิสิกส์การแพทย์)

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการวางแผนการรักษาโรคมะเร็งปากมดลูก โดยการสอดใส่แร่อิริเดียม-192 ของหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ซึ่งใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ BrachyVision และภาพรังสีดิจิตอลที่ส่งผ่าน Digital imaging and communications in medicine จากเครื่องเอกซเรย์ C-arm ยี่ห้อ OEC รุ่น 9800plus **วิธีการศึกษา:** หาค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนของค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อจากการวางแผนการรักษา เปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จริงด้วยเครื่องวัดรังสี NE 0.60 cc Robust ionization chamber type 2581 (polystyrene cap) **ผลการศึกษา:** พบว่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนของการคำนวณปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อ เมื่อไม่แก้ค่าการลดทอนพลังงานรังสีของ applicators (Tandem และ Ovoid factors) มีค่าอยู่ระหว่าง -1.4197% ถึง 1.2304% และมีค่า -2.9956% ถึง -0.3042% เมื่อแก้ค่า Tandem factor และ -2.2789% ถึง 0.3937% เมื่อแก้ค่า Ovoid factor **สรุป:** กระบวนการวางแผนการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกด้วยการสอดใส่แร่อิริเดียม-192 ของหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา มีความผิดพลาดอยู่ภายใน $\pm$3% ซึ่งสามารถยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล

---

* หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา จ.นครราชสีมา 30000

Abstract: Verification of Absorbed Dose in Muscle Values Calculated by the BrachyVision Software for the Treatment Planning of Carcinoma of Cervix using Iridium-192 Intracavitary Insertion Technique in Maharat Nakhon Ratchasima Hospital

Adcharee Seenukhroah, M.Sc.

Division of therapeutic radiology and oncology, Maharat Nakhon Ratchasima Hospital.

Nakhon Ratch Med Bull 2006; 30: S61-6.

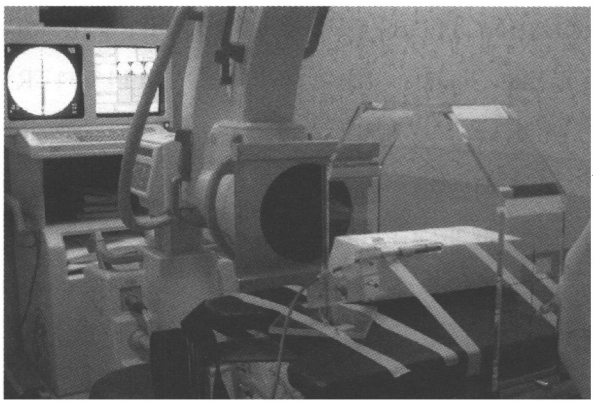
Objective: To verify the accuracy of the treatment planning for carcinoma of cervix using Iridium-192 intracavitary insertion technique in Division of therapeutic radiology and oncology, Maharat Nakhon Ratchasima Hospital. The treatment plans are computed by the BrachyVision software using digital radiation images imported from the C-arm x-ray machine (OEC brand, 9800plus model) via digital imaging and communications in medicine. **Materials and Methods:** The absorbed dose in muscle values calculated by the treatment planning were compared with those values obtained from the measurement of NE 0.60 cc Robust ionization chamber type 2581 (polystyrene cap). **Results:** The error of the calculation of absorbed dose in muscle, without the correction of radiation attenuation factor of the applicators (Tandem and Ovoid factors), ranged from -1.4197% to 1.2304%. With the correction of Tandem and Ovoid factors, the error ranged from -2.9956% to -0.3042% and -2.2789% to 0.3937% respectively. **Conclusion:** The accuracy of the treatment planning for carcinoma of cervix using Iridium-192 intracavitary insertion technique in Maharat Nakhon Ratchasima hospital is acceptable within the tolerance error of $\pm$3%.

ภูมิหลัง

การวางแผนการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกด้วยการสอดใส่แร่อิริเดียม-192 ของหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ BrachyVision ในการคำนวณปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อ โดยใช้ภาพรังสีดิจิตอลที่ส่งผ่าน digital imaging and communications in medicine (DICOM) จากเครื่องเอกซเรย์ C-arm ยี่ห้อ OEC รุ่น 9800 plus แทนการใช้ฟิล์มหรือภาพรังสีดิจิตอลจากเครื่อง simulator เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและงบประมาณ กระบวนการวางแผนการรักษาดังกล่าว ถูกใช้อยู่ในหลายหน่วยงานทางรังสีรักษาในประเทศไทย อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานการวิจัยการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อ ด้วยโปรแกรม BrachyVision เมื่อใช้ภาพรังสีดิจิตอลจากเครื่องเอกซเรย์ C-arm ดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาถึงความถูกต้องของการวางแผนการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูก ด้วยการสอดใส่แร่อิริเดียม-192 จากการใช้โปรแกรม BrachyVision ของหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา

วัสดุและวิธีการ

1. ชุดอุปกรณ์ถ่ายภาพรังสีดิจิตอล (ท่า anterio-posterior และ lateral) ด้วยเครื่องเอกซเรย์ C-arm โดยชุดอุปกรณ์ประกอบด้วย หัววัดรังสี 0.6 cc Robust ionization chamber type 2581 พร้อม buildup cap ซึ่งอยู่ขนานและ



ภาพที่ 1 ชุดอุปกรณ์ ประกอบด้วยหัววัดรังสีพร้อม buildup cap และ X-ray marker เพื่อถ่ายภาพรังสีด้วยเครื่องเอกซเรย์ C-arm (OEC 9800 plus)

ระดับเดียวกันกับ X-ray marker การถ่ายภาพรังสีดิจิตอลแต่ละชุดจะขยับ X-ray marker ห่างออกจากหัววัดรังสีทีละ 5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) แล้วส่งภาพรังสีดิจิตอลทั้งหมดผ่าน DICOM เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนการรักษา

2. วางแผนการรักษาจากภาพรังสีดิจิตอลแต่ละชุดด้วยโปรแกรม BrachyVision version 7.3.10 (ภาพที่ 2) โดยกำหนดเวลาการรักษา (treatment time) ของเม็ดแร่เป็น 50, 100 และ 200 วินาที เพื่อหาค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อที่ effective point ของหัววัดรังสี (absorbed dose in muscle at effective point; $D_{muscle(Peff)}$)

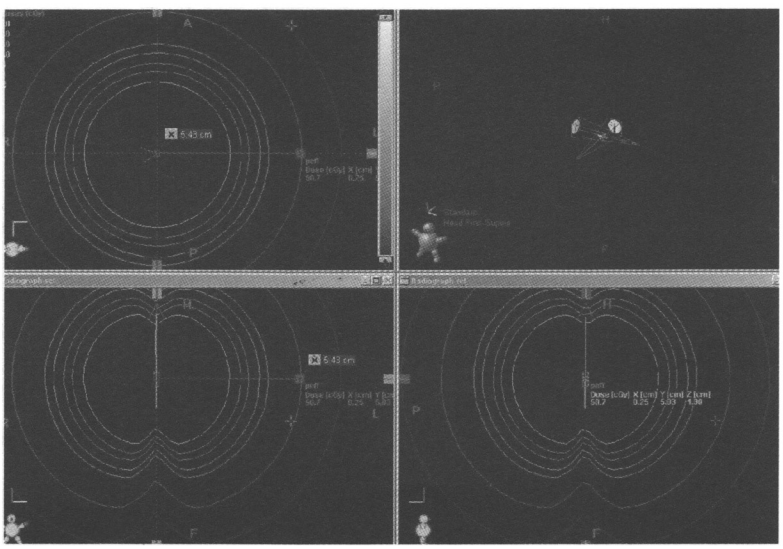
3. ต่อสายจากเครื่องใส่แร่แบบอัตราปริมาณรังสีสูง อิริเดียม-192 ยี่ห้อ Varisource รุ่น 200 วางแทนที่ตำแหน่งของ X-ray marker (ภาพที่ 3) และต่อสายเคเบิลจากหัววัดรังสีเข้ากับเครื่องวัดรังสี Farmer dosimeter type 2570/1B

4. ทำการฉายรังสีหัววัดรังสีด้วยเครื่องใส่แร่ตามแผนการรักษาต่าง ๆ จากข้อ 2

5. อ่านค่าประจุ (charge) หน่วยเป็น Coulomb (C) ที่เครื่องวัดรังสีวัดได้ แล้วคำนวณหาค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อที่ effective point ของหัววัดรังสี ($D_{muscle(Peff)}$) ด้วยสูตร $D_{muscle(Peff)} = M_l * p_s * N_k * (1-g) * (k_m k_{att}) * S_{w,air} * p_u * (\mu en/\rho)$ muscle, water หน่วยเป็น Gray, Gy

โดยที่ M_l คือประจุที่วัดได้ด้วยการใช้ voltage เป็น -V และแก้ค่าอุณหภูมิและความดันอากาศแล้ว

p_s (recombination factor) คือ ค่าแก้สำหรับการขาดความอิ่มตัวของการนับวัดประจุของเครื่องวัดรังสี ionization chamber อันเนื่องมาจากการที่ประจุที่แตกตัว



ภาพที่ 2 ผลการคำนวณปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อที่ effective point ของหัววัดรังสี ($D_{muscle(Peff)}$) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ BrachyVision version 7.3.10

แล้วกลับไปรวมตัวกันใหม่ (ion recombination) จากสัดส่วนของประจุที่นับวัดได้จากการตั้งค่า voltage เป็น -V และ -V/4 หาค่า p_s ได้เท่ากับ 1.0033[1]

N_k คือ air kerma calibration factor ซึ่งสำหรับ ionization chamber นี้ มีค่าเท่ากับ 5.367 nGy/nC

g คือ สัดส่วนของพลังงานของอนุภาคมีประจุทุติยภูมิ (secondary charged particles) ที่สูญเสียไปในรูปแบบของ Bremsstrahlung x-ray มีค่าเท่ากับ 0.003[1]

k_m คือ ค่าแก้สำหรับความไม่สมมูลกับอากาศของวัสดุที่ใช้ทำเป็น wall และ buildup cap ของ ionization chamber

k_{att} คือ ค่าแก้สำหรับการลดทอนพลังงาน (attenuation) ของรังสี ซึ่งเกิดจากการดูดกลืน (absorption) และการกระเจิง (scattering) ของรังสีใน wall ของ ionization chamber ผลคูณของ $k_m k_{att}$ สำหรับ ionization chamber นี้ เท่ากับ0.959[1]

$S_{w,air}$ คือ สัดส่วนของ averaged stopping power ของน้ำต่ออากาศ ในที่นี้เท่ากับ 1.133[1]

p_u คือ ค่าแก้สำหรับความไม่สมมูลกับน้ำของ ionization chamber นั่นคือวัสดุที่ใช้ทำ wall ของ ionization chamber และ air cavity จากรูปที่ 14 ของ TRS 277 หาค่า p_u ได้เท่ากับ 1.0095[1] $(\mu en/\rho)$ muscle, water คือ สัดส่วนของ averaged mass energy absorption coefficients ของเนื้อเยื่อต่อน้ำ ในที่นี้เท่ากับ 0.9912[2,3]

ภาพที่ 3 แสดงการจัดอุปกรณ์ในการฉายรังสีหัววัดรังสีของ ionization chamber ด้วยเครื่องใส่แร่ VariSource รุ่น 200 โดยเอา X-ray marker ออกแล้ววางสายแทนที่ในตำแหน่งเดียวกัน

6. คูณ $D_{muscle(Peff)}$ จากข้อ 5 ด้วยค่าการลดทอนพลังงานของรังสี โดย Fletcher-Suit-Delclos (FSD) applicators ของ VariSource สำหรับใส่แร่ในโรคมะเร็งปากมดลูก ซึ่งได้แก่ Tandem และ Ovoid factors โดยหาได้จากสัดส่วนของปริมาณรังสีขณะมีและไม่มี applicators ซึ่งจากการศึกษา ค่า Tandem factor เท่ากับ 0.9847 และ Ovoid factor เท่ากับ 0.9916

7. เปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อจากข้อ 5 และ 6 กับการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในข้อ 2

ผลการศึกษา

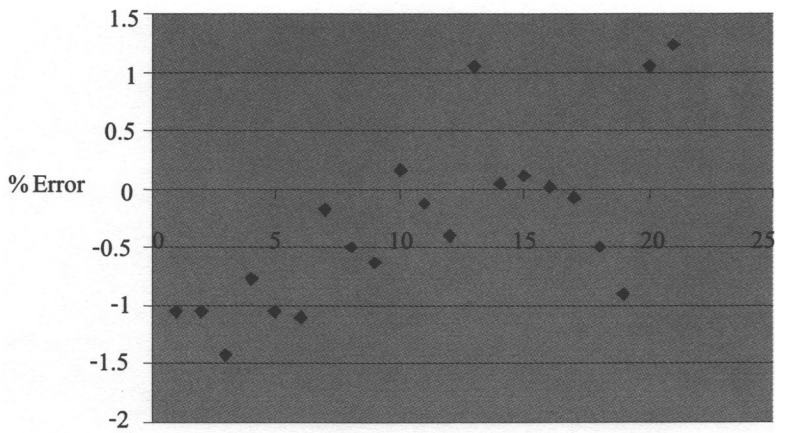
ร้อยละของความคลาดเคลื่อน (% error) ของการคำนวณปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อโดยโปรแกรม BrachyVision ขณะไม่มี FSD applicators (Tandem และ Ovoid) มีค่าระหว่างร้อยละ -1.4197 ถึงร้อยละ 1.2304

เมื่อแก้ค่าการลดทอนพลังงานของรังสีของ Tandem (Tandem factor) แล้ว พบว่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนของปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อที่คำนวณได้มีค่าระหว่างร้อยละ -2.9956 ถึงร้อยละ -0.3042

เมื่อแก้ค่าการลดทอนพลังงานของรังสีของ Ovoid (Ovoid factor) แล้ว พบว่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนของปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อที่คำนวณได้มีค่าระหว่างร้อยละ -2.2789 ถึงร้อยละ 0.3937

วิจารณ์

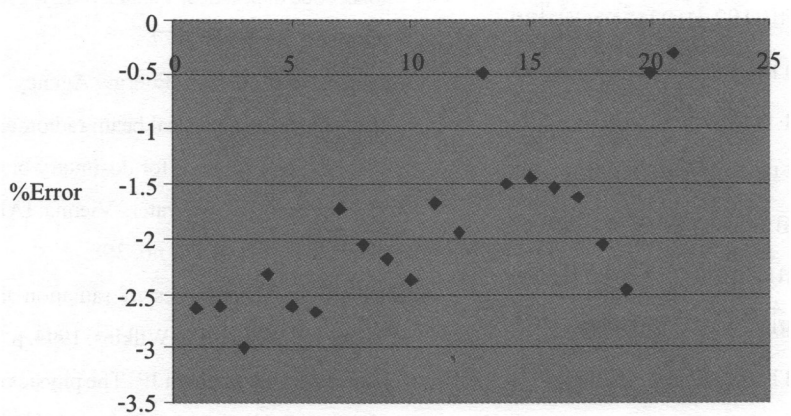
ค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อที่ได้จากการวางแผนการรักษาโดยใช้โปรแกรม BrachyVision และภาพ



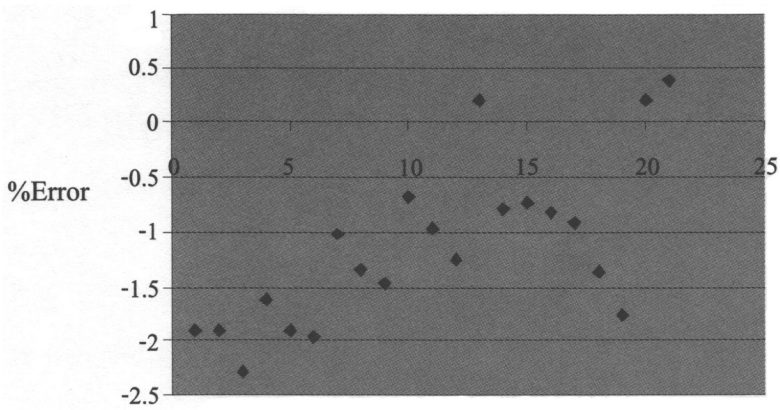
แผนภูมิที่ 1 ร้อยละของความคลาดเคลื่อนของการคำนวณปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อโดยโปรแกรม BrachyVision เมื่อไม่แก้ค่า Tandem และ Ovoid factors

รังสีดิจิตอลจากเครื่องเอกซเรย์ C-arm ของหน่วยงาน ส่วนใหญ่จะต่ำกว่าความเป็นจริง โดยเฉพาะเมื่อคิดค่าแก้การลดทอนพลังงานรังสีของ applicators ที่ใช้ด้วย อย่างไรก็ตาม ความผิดพลาดของค่าที่ได้จากการวางแผนการรักษาดังกล่าวไม่เกิน $\pm$3% ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานสากล[1]

การวัดปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อโดยตรง จะใช้ thermoluminescence dosimeter (TLD) ซึ่งต้องลงทุนค่อนข้างสูง แต่เนื่องจากหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ไม่มีอุปกรณ์ดังกล่าว จึงใช้ NE 0.60 cc Robust ionization chamber type 2581 (polystyrene cap) ที่ได้รับการสอบเทียบมาตรฐาน



แผนภูมิที่ 2 ร้อยละของความคลาดเคลื่อนของการคำนวณปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อโดยโปรแกรม BrachyVision เมื่อแก้ค่า Tandem factor



แผนภูมิที่ 3 ร้อยละของความคลาดเคลื่อนของการคำนวณปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อโดยโปรแกรม Brachy Vision เมื่อแก้ค่า Ovoid factor

แล้ว วัดปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อทางอ้อม โดยการวัดการแตกตัวเป็นประจุใน air cavity ของ ionization chamber แล้วคำนวณไปเป็นค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อแทน ซึ่งโดยปกติเครื่องวัดรังสีนี้ จะใช้วัดปริมาณรังสีจากเครื่องฉายรังสีระยะไกลโคบอลต์-60 ค่าความถูกต้องของเครื่องวัดรังสีดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีความผิดพลาดน้อยกว่า $\pm$0.5% เมื่อใช้ทดสอบวัดต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน Strontium-90

ในการสอดใส่แร่อิริเดียม-192 ในการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งปากมดลูกจริง มีหลายปัจจัยที่อาจมีผลต่อการกระจายของรังสี ตัวอย่างเช่น ผ้าก๊อสที่ยึด applicators ให้อยู่นิ่งและช่วยดัน bladder และ rectum ให้ห่างออกจากต้นกำเนิดรังสีให้มากที่สุด ซึ่งการดูดกลืนรังสีของวัสดุดังกล่าวอาจไม่สมมูลกับเนื้อเยื่อ ดังนั้นในการรักษาผู้ป่วยจริง ปริมาณรังสีที่เนื้อเยื่อได้รับอาจแตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งจะได้มีการศึกษาในผู้ป่วยจริงในโอกาสต่อไป

สรุป

กระบวนการวางแผนการรักษาโรคมะเร็งปากมดลูกด้วยการสอดใส่แร่อิริเดียม-192 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ BrachyVision ของหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา มีความผิดพลาดอยู่ภายใน $\pm$3% ซึ่งสามารถยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล

เอกสารอ้างอิง

1. International Atomic Energy Agency. Absorbed dose determination in photon and electron beams: an international code of practice. Vienna: IAEA; 1987. IAEA technical report series. no. 277.
2. International Atomic Energy Agency. Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: an international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water. Vienna: IAEA; 2000. IAEA technical report series. no. 398.
3. Kahn FM. The physics of radiation therapy. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1994. p.131-72.
4. Johns HE, Cunningham JR. The physics of radiology. 4th ed. Springfield: Charles C Thomas publisher; 1983. p.217-66.
5. Brahme A. Accuracy requirements and quality assurance of external beam therapy with photons and electrons. Acta Oncologica. Supplementum 1. Stockholm: AB C O Ekblad & Co; 1988. p.55-69.