

การเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ได้จากเทคนิคการ สร้างภาพแบบ variable angle และ semi-orthogonal ของอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี ในรังสีรักษาระยะใกล้ โดยวางแผนการรักษาแบบ 2 มิติ

Dose comparison between variable angle and semi-orthogonal reconstruction techniques of the Fletcher applicator in 2D-based brachytherapy

โชติกา จำปาเงิน¹

Chotika Jumpangern¹

จารึก ก้านเพชร¹

Jaruek Kanphet¹

ศิริพร พรหมวัลย์¹

Siriporn Promwan¹

ทวีป แสงแห่งธรรม²

Taweap Sanghangthum²

¹ สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยาฝ่ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

¹ Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society

² สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University

ABSTRACT

Background: The applicator reconstruction uncertainties lead to an incorrect dose distribution for the patient.

Objective: To compare the point dose between the variable angle (VA) reconstruction technique and the semi-orthogonal (SO) reconstruction technique of the Fletcher applicator in 2D-based brachytherapy treatment planning.

Materials and methods: The applicators, tandem and tandem + ovoid set, in water equivalent in-house phantom with a localization jig were exposed at 0o and 90o gantry angles by conventional treatment simulator (Varian Acuity). The applicators were set at the localization jig center and the machine isocenter, 4 cm shifted in right, left, cranial and caudal directions. These 5 image sets were exported to brachytherapy treatment planning system, Oncentra Brachy v.4.3. Both VA and SO used the same images. The dwell positions and dwell times were identical defined for both techniques. The dose at 4 reference points at right, left, anterior, and posterior around the applicator were compared each technique.

Results: When the applicator was not at the center of the device, the maximum dose difference shown at cranial-caudal shifted in tandem + ovoid was $6.48 \pm 1.78\%$ (4.01 to 8.97%) while the applicator set at the center of the device, the maximum dose difference shown in tandem + ovoid was $1.72 \pm 1.25\%$ (0.21 to 2.76%). The details of the study were in the article.

Conclusion: Based on this study, the two techniques could be used interchangeably although the applicator was 4 cm shifted of the applicator in right, left directions from the center of the localization jig but should not shift to cranial and caudal direction. The maximum dose difference was found in the tandem + ovoid set.

Key Words: 2D brachytherapy, dose comparison, semi-orthogonal, variable angle.

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: ตำแหน่งอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีในคอมพิวเตอร์วางแผนการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ที่คลาดเคลื่อนนำไปสู่การให้ปริมาณรังสีที่ไม่ถูกต้องได้

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีจากการสร้างภาพอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีระหว่างเทคนิค variable angle (VA) และเทคนิค semi-orthogonal (SO) ในภาพ 2 มิติ

วัสดุและวิธีการ: เครื่องจำลองการฉายรังสีถ่ายภาพรังสีอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี (tandem และ tandem + ovoid) ในแผนทอมสมมูลย์เนื้อเยื่อ (เสมือนผู้ป่วย) ที่ครอบด้วยเครื่องมือช่วยสร้างภาพ (localization jig) ที่ 0° และ 90° โดยอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีอยู่ที่กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ และจุดศูนย์กลางเครื่อง และที่ 4 ซม. ไปทางขวา ซ้าย ศีรษะ เท้า ส่งภาพทั้ง 5 ชุดไปที่โปรแกรมวางแผนการรักษา (Oncentra Brachy v. 4.3) เพื่อสร้างภาพทั้งเทคนิค VA และ SO ด้วยภาพชุดเดียวกัน กำหนดตำแหน่งและระยะเวลาของสารกัมมันตรังสีทั้ง 2 เทคนิคค่าเท่ากันและเปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่าง 2 เทคนิคที่จุดเดียวกันคือหน้า หลัง ขวาและซ้ายรอบอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี

ผลการศึกษา: เมื่ออุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีไม่อยู่กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ ความแตกต่างปริมาณรังสีมากที่สุดอยู่ที่แนวศีรษะ-เท้าใน tandem + ovoid มีค่า $6.48 \pm 1.78\%$ (4.01 ถึง 8.97%) และเมื่ออุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีอยู่กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ ความแตกต่างปริมาณรังสีมากที่สุดใน tandem + ovoid มีค่า $1.72 \pm 1.25\%$ (0.21 ถึง 2.76%) รายละเอียดของผลการศึกษาอยู่ในบทความ

สรุป: จากการศึกษาครั้งนี้ทั้ง 2 เทคนิคสามารถใช้ทดแทนกันได้ ถึงแม้ว่าอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีเลื่อน 4 ซม. ไปทางขวา-ซ้ายจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ แต่ไม่ควรเลื่อนไปทางศีรษะ-เท้า โดยความแตกต่างปริมาณรังสีมากที่สุดในชุด tandem + ovoid

คำสำคัญ: 2D brachytherapy, dose comparison, semi-orthogonal, variable angle.

บทนำ:

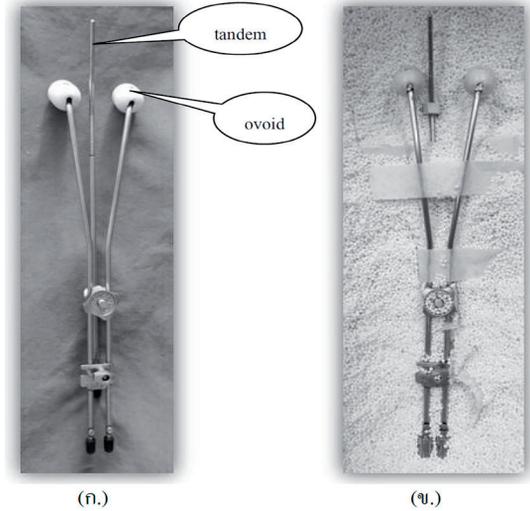
การรักษาโรคด้วยรังสีแบ่งเป็นการฉายรังสีและการสอดใส่สารกัมมันตรังสีหรือการใส่แร่ ซึ่งเป็นการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้โดยให้สารกัมมันตรังสีอยู่ใกล้หรือในก้อนมะเร็งโดยอาศัยคุณสมบัติการลดทอนของปริมาณรังสีอย่างรวดเร็วที่ระยะห่างจากสารกัมมันตรังสีออกไป โดยการนำอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีวางในบริเวณที่ต้องการรักษา วางแผนการรักษา

ตามปริมาณรังสีที่กำหนด สอดใส่สารกัมมันตรังสีในอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีด้วยระบบควบคุมระยะไกลตามตำแหน่งและเวลาที่ได้จากแผนการรักษา นำสารกัมมันตรังสีออกจากผู้ป่วย แล้วจึงนำอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีออกจากตัวผู้ป่วย การสร้างภาพอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีและการกำหนดตำแหน่งสารกัมมันตรังสีเป็นส่วนหนึ่งในขบวนการที่ผู้ป่วยจะได้รับปริมาณรังสีถูกต้องและแม่นยำ เนื่องจากการ

จัดวางสารกัมมันตรังสีขึ้นกับตำแหน่งอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีและตำแหน่งสารกัมมันตรังสีที่ถูกสร้างในคอมพิวเตอร์วางแผนการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ โดยมีหลักการเพื่อให้ก้อนมะเร็งถูกทำลายจากการได้รับรังสีปริมาณมาก ในขณะที่อวัยวะข้างเคียงได้รับปริมาณรังสีไม่เกินค่ากำหนด เพื่อไม่ให้เกิดผลข้างเคียงจากการรักษา ด้วยการใส่แร่ การสร้างภาพอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี 2 มิติเพื่อวางแผนการรักษา คือการใช้เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์ระนาบตำแหน่งหรือบริเวณที่ต้องการรักษา อวัยวะข้างเคียงและตำแหน่งของสารกัมมันตรังสี ข้อดีคือทำได้รวดเร็วรวมทั้งมีต้นทุนที่ถูกกว่าจึงยังมีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ในการศึกษานี้ ทำการสร้างภาพอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีจากภาพ 2 มิติแบ่งเป็น 2 วิธี คือ 1. การสร้างภาพด้วยเทคนิค semi-orthogonal (SO) เป็นการสร้างภาพที่อาศัยเครื่องมือช่วยสร้างภาพ (localization jig) เพื่อความถูกต้องสูง^[1,2] โดยมากใช้กับเครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์แบบซีอาร์เอ็มเนื่องจากมีการแก้ค่าจากการใช้เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์แบบซีอาร์เอ็มซึ่งเคลื่อนที่ได้ทำให้ภาพรังสีที่ได้เป็นแบบไม่มีจุดหมุน (non-isocentric) การใช้ตัวรับภาพที่มีน้ำหนัก และความไม่แน่นอน เช่น ค่ามุมถูกต้องตลอดเอกซเรย์ อัตราการขยายภาพรังสีแต่ละภาพ (ระยะจากหลอดเอกซเรย์ถึงผู้ป่วยและระยะจากผู้ป่วยถึงตัวรับภาพ) เป็นต้น 2.การสร้างภาพด้วยเทคนิค variable angle (VA) เป็นการสร้างภาพที่ไม่อาศัยเครื่องมือช่วยสร้างภาพ ใช้การแก้ค่าจากค่าอัตราการขยายของภาพ โดยเทคนิคทั้ง 2 นี้มีความคลาดเคลื่อนจากการสร้างตำแหน่งสารกัมมันตรังสีอยู่ภายใน 1 มม.^[2,3] สาเหตุที่ทำให้การศึกษาคือเนื่องจากเครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์แบบซีอาร์เอ็มที่ใช้ในเทคนิค SO ไม่ทำงานในบางครั้งทำให้ต้องพิจารณาวิธีการสร้างภาพแบบอื่นเพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาด้วยการใส่แร่ในวันนั้น จึงมีการนำเทคนิค VA มาใช้ทดแทนเทคนิค SO โดยใช้เครื่องเอกซเรย์แบบเครื่องจำลองการฉายรังสีที่มีอยู่แทนเครื่องเอกซเรย์แบบซีอาร์เอ็มและจากการศึกษาที่ผ่านมาพบการเปรียบเทียบปริมาณรังสีจากการสร้างภาพแบบ 2 มิติระหว่าง 2 เทคนิคนี้ค่อนข้างน้อย การศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบปริมาณรังสีจากการสร้างภาพอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีชนิด Fletcher ด้วยเทคนิค VA และเทคนิค SO ในภาพ 2 มิติจากเครื่องเอกซเรย์แบบเครื่องจำลองการฉายรังสี ในแพนทอมสมมูลย์เนื้อเยื่อ (สาคุ) ซึ่งสามารถยึดตรึงอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีให้ไม่มีการเคลื่อนไหวยระหว่างการศึกษานี้

วัสดุและวิธีการ:

การศึกษานี้ได้ดำเนินการที่สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย โดยอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีชนิด Fletcher ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งมี



รูปที่ 1 อุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีชนิด Fletcher (ก.) tandem และ (ข.) อุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีอยู่ในแพนทอมสมมูลย์เนื้อเยื่อ

ตัวแทนสารกัมมันตรังสี (dummy source) สอดอยู่ภายในและวางสารที่บ่งชี้ภายนอกรอบอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี 4 ตำแหน่ง ขวา ซ้าย หน้า และหลัง ทั้งหมดอยู่ในแพนทอมสมมูลย์เนื้อเยื่อ ซึ่งแพนทอมเปรียบเสมือนผู้ป่วยนอนหงาย ศีรษะไปทางหัวของเครื่องจำลองการฉายรังสี (Varian Acuity) ครอบด้วยเครื่องมือช่วยสร้างภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2 วางจุดกากบาทของเครื่องมือช่วยสร้างภาพให้อยู่ที่



รูปที่ 2 เครื่องมือช่วยสร้างภาพ (localization jig)

ตำแหน่งจุดศูนย์กลางเครื่องจำลองการฉายรังสี (isocenter point) ถ่ายภาพรังสีชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีที่ตำแหน่งหัวเครื่อง 0° และ 90° ดังแสดงในรูปที่ 3 เป็นภาพ 1 ชุดต่อ 1 ตำแหน่งของอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีสำหรับวางแผนการรักษาทั้งเทคนิค VA และเทคนิค SO ชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีถูกจัดวางรวมทั้งหมด 5 ตำแหน่งเมื่อเทียบกับเครื่องมือช่วยสร้างภาพดังแสดงในรูปที่ 4 โดยตำแหน่งที่ 1 อยู่กึ่งกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพเป็นตำแหน่งอ้างอิง และอีก 4 ตำแหน่งอยู่ห่าง 4 ซม. จากกึ่งกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพไปทาง ขวา ซ้าย ศีรษะ เท้า เสมือนผู้ป่วยขยับตัวไปทาง ขวา ซ้าย (ขีดเครื่องหมายช่วยสร้างภาพด้านขวา ซ้าย) และไปทางศีรษะ เท้า (จากกึ่งกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพไปทางศีรษะ เท้า) จะได้ภาพ 5 ชุดสำหรับวางแผนการรักษาทั้ง 2 เทคนิค ส่งภาพรังสีผ่านระบบเครือข่ายเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ (Oncentra Brachy v. 4.3) ดังแสดงในรูปที่ 5

การสร้างภาพในการศึกษาที่ได้แก่

1. เทคนิค VA (ไม่ใช้เครื่องมือช่วยสร้างภาพ)⁽⁴⁾ ใช้ภาพรังสีจากเครื่องจำลองการฉายรังสี 2 ภาพ โดยที่แต่ละภาพเป็นมุมใดๆ แต่ต้องมีมุมห่างกันระหว่าง 60°-120° หรือ $60^\circ \leq \alpha + \beta \leq 120^\circ$ ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยการศึกษาเลือกมุม 0° และ 90° การสร้างภาพด้วยเทคนิค VA ได้จากภาพที่แก้ค่าอัตราขยายภาพสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

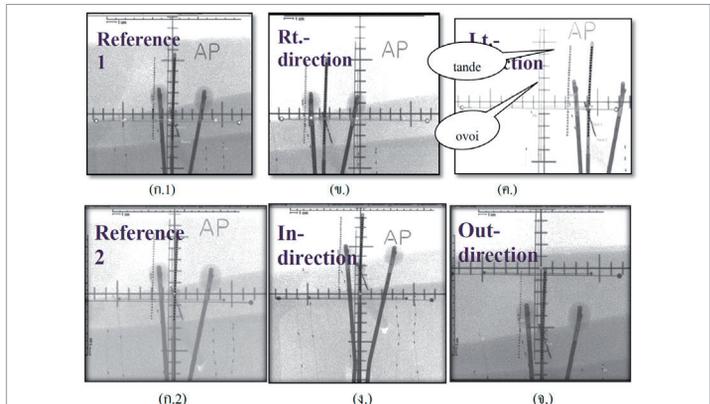
$$\text{ค่าอัตราขยายภาพ} = \frac{\text{FID} + \text{IPD}}{\text{FID}} \quad (1)$$

เมื่อ FID = ระยะจากจุดโฟกัสถึงจุด isocenter

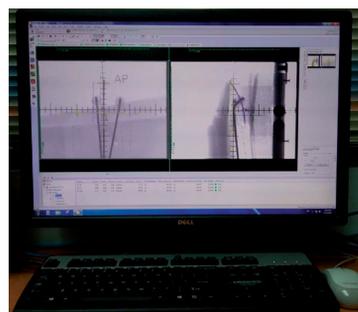
IPD = ระยะจากจุด isocenter ถึงแผ่นรับภาพ



รูปที่ 3 ตำแหน่งหัวเครื่องจำลองการฉายรังสีถ่ายภาพรังสีทั้งเทคนิค VA และเทคนิค SO ของชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือช่วยสร้างภาพที่ (ก.) มุม 0o และ (ข.) มุม 90o

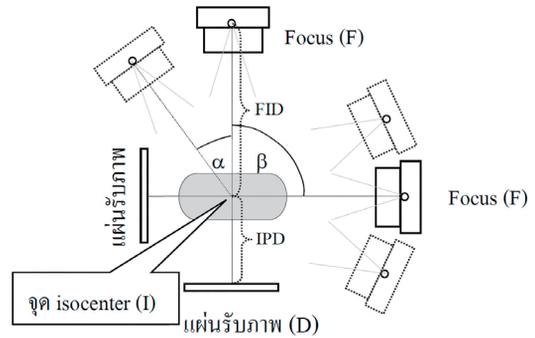


รูปที่ 4 อุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี 5 ตำแหน่งเมื่อเทียบกับเครื่องมือช่วยสร้างภาพ โดย ตำแหน่งที่ 1 อยู่กึ่งกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพซึ่ง (ก.1) เป็นตำแหน่งอ้างอิงของภาพ ข.-ค. และ (ก.2) เป็นตำแหน่งอ้างอิงของภาพ ง.-จ. (ข) 4 ซม. ไปทางขวาเป็นตำแหน่งที่ 2 (ค.) 4 ซม. ไปทางซ้ายเป็นตำแหน่งที่ 3 (ง.) 4 ซม. ไปทางศีรษะเป็นตำแหน่งที่ 4 และ (จ.) 4 ซม. ไปทางเท้าเป็นตำแหน่งที่ 5

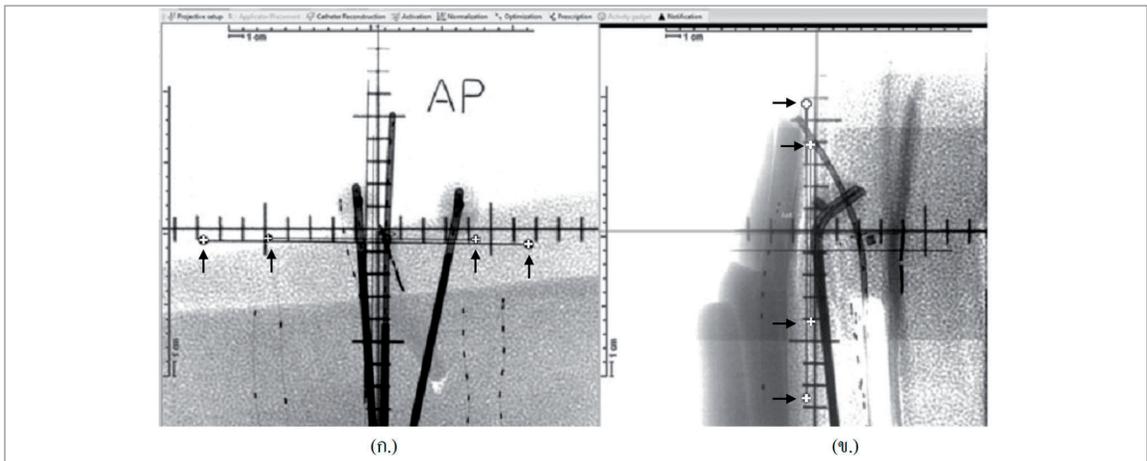


รูปที่ 5 เครื่องคอมพิวเตอร์วางแผนการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ (Oncentra Brachy v. 4.3)

2. เทคนิค SO (ใช้เครื่องมือช่วยสร้างภาพ) 4 ส่วนมากใช้กับภาพรังสีจากเครื่องเอกซเรย์ซีอาร์เอ็มตั้งได้กล่าวไว้ในบทนำ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่องจำลองการฉายรังสี โดยใช้ภาพรังสี 2 ภาพ ซึ่งมีเครื่องมือช่วยสร้างภาพครอบคลุมสอดใส่สารกัมมันตรังสี โดยที่แต่ละภาพไม่ต้องทำมุมฉากอย่างแท้จริง แต่ต้องการให้ตำแหน่งจุดทั้ง 4 ที่อยู่บนเครื่องมือช่วยสร้างภาพและอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีปรากฏในภาพรังสี ดังแสดงในรูปที่ 7 ขนาดและตำแหน่งถูกต้องของรูปกากบาทบนกล่องเครื่องมือช่วยสร้างภาพจริงมีบันทึกไว้แล้วในเครื่องวางแผนการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ การสร้างภาพได้จากการคำนวณขนาดและตำแหน่งที่เคลื่อนไปของรูปกากบาทที่อยู่ด้านบนและด้านข้างของเครื่องมือช่วยสร้างภาพที่ปรากฏบนภาพรังสีทั้งสอง โดยกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพคือตำแหน่งที่กากบาทด้านบนและด้านข้างมาตัดกัน ดังแสดงในรูปที่ 8



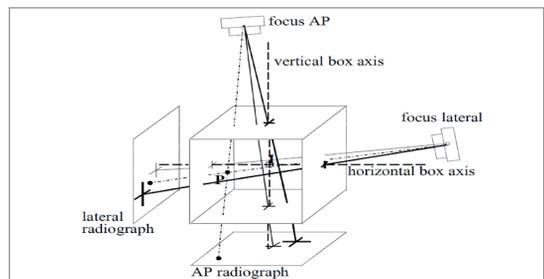
รูปที่ 6 เทคนิค Variable angle reconstruction technique (VA) (ไม่ใช้เครื่องมือสร้างภาพ) โดย α = ภาพรังสีมุมที่ 1 และ β = ภาพรังสีมุมที่ 2 (ภาพแต่ละภาพเป็นมุมใดๆก็ได้แต่ต้องมีมุมห่างกันระหว่าง 60° - 120° หรือ $60^\circ \leq \alpha + \beta \leq 120^\circ$ (การศึกษาเลือก $\alpha + \beta = 90^\circ$)



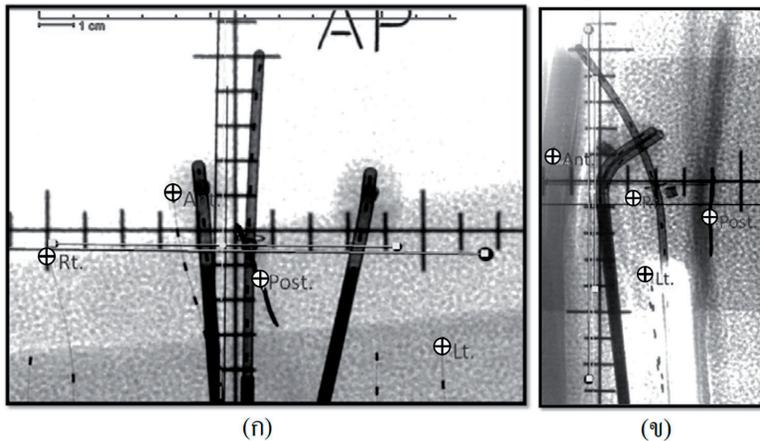
รูปที่ 7 ตำแหน่ง () จุดทั้ง 4 บนเครื่องมือช่วยสร้างภาพ และอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีในภาพรังสี (ก.) ภาพรังสีด้านหน้า (0°) และ (ข.) ภาพรังสีด้านข้าง (0°)

เมื่อ I = จุดตัดของกากบาทจากด้านบนและด้านข้างซึ่งอยู่กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ
P = จุดที่ต้องการสร้างภาพ

การสร้างภาพอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีในการศึกษานี้มี 2 ชุด คือชุดที่วางในโพรงมดลูกอย่างเดียว (ชุด tandem) และชุดที่วางในโพรงและปากมดลูก (ชุด tandem + ovoid) กำหนดปริมาณรังสีที่ 2 ซม.จาก tandem ตลอดความยาว (catheter points) ทำการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ตำแหน่งเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 9 คือหน้า หลัง ขวาและซ้ายของอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีโดยตำแหน่งและระยะ



รูปที่ 8 เทคนิค semi-orthogonal (SO) (ใช้เครื่องมือสร้างภาพ)



รูปที่ 9 ตำแหน่งเปรียบเทียบปริมาณรังสีคือ หน้า (AP) หลัง (Post) ขวา (Rt) และซ้าย (Lt) รอบอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีบนภาพ (ก.) ภาพรังสีด้านหน้า (0°) และ (ข.) ภาพรังสีด้านข้าง (0°)

เวลาของสารกัมมันตรังสีทั้งเทคนิค VA และเทคนิค SO ค่าเท่ากับ เทคนิคที่เปรียบเทียบได้แก่

1. เทคนิคต่างกัน (เทคนิค VA/SO) ใช้ภาพเดียวกันโดยเปรียบเทียบภาพอ้างอิงจำนวน 2 ภาพและภาพจากการเลื่อนอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีออกไปจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพจำนวน 4 ภาพ ค่าความแตกต่างปริมาณรังสีแสดงเป็นร้อยละของความแตกต่าง ปริมาณรังสี 2 เทคนิค ดังแสดงในสมการที่ 2

$$\frac{\text{ความแตกต่างปริมาณรังสี (\%)} = \frac{\text{ค่าปริมาณรังสีเทคนิค VA} - \text{ค่าปริมาณรังสีเทคนิค SO}}{\text{ค่าปริมาณรังสีเทคนิค SO}} \times 100 \quad (2)$$

2. เทคนิคเดียวกัน (เทคนิค VA/VA และเทคนิค SO/SO) ใช้ภาพต่างกันโดยเปรียบเทียบภาพอ้างอิงที่ไม่ใช่ภาพเดียวกันจำนวน 2 ภาพ ที่กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ ค่าความแตกต่างปริมาณรังสีแสดงเป็น ร้อยละของความแตกต่างปริมาณรังสีเทคนิคเดียวกันโดยดังแสดงใน สมการที่ 3

$$\frac{\text{ความแตกต่างปริมาณรังสี (\%)} = \frac{\text{ค่าปริมาณรังสีภาพอ้างอิง 2} - \text{ค่าปริมาณรังสีภาพอ้างอิง 1}}{\text{ค่าปริมาณรังสีภาพอ้างอิง 1}} \times 100 \quad (3)$$

ผลการศึกษา:

ความแตกต่างปริมาณรังสีระหว่าง 2 เทคนิคแสดงเป็นร้อยละของ ค่าเฉลี่ยความแตกต่างได้ดังนี้ ในชุด tandem เมื่อมีการเลื่อนตำแหน่ง ในแนวขวา-ซ้ายและศีรษะ-เท้ามีค่าความแตกต่างเท่ากับ $1.81 \pm 0.75\%$ (0.66 ถึง 3.17%) และ $1.25 \pm 2.04\%$ (-1.47 ถึง 3.48%) ตามลำดับ ส่วนชุด tandem + ovoid เมื่อเลื่อนแนวขวา-ซ้ายและศีรษะ-เท้ามีค่า $2.59 \pm 0.96\%$ (1.48 ถึง 4.06%) และ $6.48 \pm 1.78\%$ (4.01 ถึง 8.97%)

ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ในขณะที่ ตารางที่ 3 แสดงความแตกต่างปริมาณรังสีกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพในชุด tandem พบว่าเทคนิค VA/VA ให้ความแตกต่างอยู่ที่ $-0.69 \pm 0.34\%$ (-1.01 ถึง -0.22%) เทคนิค SO/SO แตกต่างที่ $-0.58 \pm 0.46\%$ (-1.21 ถึง -0.18%) จากการเปรียบเทียบภาพต่างกันของภาพอ้างอิง 1 และ 2 (ภาพอ้างอิง 2/ภาพอ้างอิง 1) ส่วนเทคนิค VA/SO แตกต่างที่ $0.65 \pm 0.86\%$ (-0.04 ถึง 1.80%) และ $0.71 \pm 0.86\%$ (0.16 ถึง 2.00%) จากการเปรียบเทียบภาพเดียวกันจากภาพอ้างอิง 1 และ 2 (ภาพอ้างอิง 1/ภาพอ้างอิง 1 และ ภาพอ้างอิง 2/ภาพอ้างอิง 2) ตามลำดับ สำหรับชุด tandem + ovoid เทคนิค VA/VA แตกต่างที่ $-1.54 \pm 0.51\%$ (-1.86 ถึง -0.78%) เทคนิค SO/SO แตกต่างที่ $0.18 \pm 1.18\%$ (-1.23 ถึง 1.20%) จากการเปรียบเทียบภาพต่างกันจากภาพอ้างอิง 1 และ 2 (ภาพอ้างอิง 2/ภาพอ้างอิง 1) ส่วนเทคนิค VA/SO จากภาพอ้างอิง 1 แตกต่างที่ $1.72 \pm 1.25\%$ (0.21 ถึง 2.76%) และ $-0.75 \pm 2.02\%$ (-1.91 ถึง 2.28%) ในภาพอ้างอิง 2 โดยค่าความแตกต่างในตารางที่ 3 ที่ชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีอยู่กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพมีค่าน้อยกว่าตารางที่ 1 และ 2 ที่ชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีเลื่อนออกไปจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ตารางที่ 1.1 ชุด tandem ในภาพเดียวกันเมื่อเลื่อนอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีในแนวขวา-ซ้ายจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ความแตกต่างปริมาณรังสีเมื่อเลื่อนชุด tandem (%)				
ตำแหน่งเปรียบเทียบรอบชุด tandem	เลื่อนไปขวา	เลื่อนไปซ้าย	กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ (Ref.1)	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างในแนวขวา-ซ้าย (%)
ขวา	1.10	1.87	-0.04	
ซ้าย	2.16	0.66	0.82	1.81±0.75
หน้า	1.73	1.71	0.02	
หลัง	3.17	2.06	1.80	

แสดงร้อยละของความแตกต่างปริมาณรังสีของเทคนิค VA เมื่อเทียบกับเทคนิค SO ในภาพเดียวกันของชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีชุด tandem เมื่อเลื่อนอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีในแนวขวา-ซ้ายจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ตารางที่ 1.2 ชุด tandem + ovoid ในภาพเดียวกัน เมื่อเลื่อนอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีในแนวขวา-ซ้ายจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ความแตกต่างปริมาณรังสีเมื่อเลื่อนชุด tandem + ovoid (%)				
ตำแหน่งเปรียบเทียบรอบชุด tandem + ovoid	เลื่อนไปขวา	เลื่อนไปซ้าย	กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ (Ref.1)	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างในแนวขวา-ซ้าย (%)
ขวา	1.68	2.65	0.21	
ซ้าย	2.43	1.74	1.16	2.59±0.96
หน้า	1.48	3.74	2.76	
หลัง	4.06	2.96	2.73	

แสดงร้อยละของความแตกต่างปริมาณรังสีของเทคนิค VA เมื่อเทียบกับเทคนิค SO ในภาพเดียวกันของชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีชุด tandem + ovoid เมื่อเลื่อนอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีในแนวขวา-ซ้ายจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ตารางที่ 2.1 ชุด tandem ในภาพเดียวกัน เมื่อเลื่อนอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีแนวศีรษะ-เท้าจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ความแตกต่างปริมาณรังสีเมื่อเลื่อนชุด tandem (%)				
ตำแหน่งเปรียบเทียบรอบชุด tandem	เลื่อนไปทางศีรษะ	เลื่อนไปทางเท้า	กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ (Ref.2)	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างในแนวศีรษะ-เท้า (%)
ขวา	3.48	1.57	0.45	
ซ้าย	-0.43	-1.47	0.16	1.25±2.04
หน้า	3.37	1.08	0.66	
หลัง	3.38	-0.95	2.00	

แสดงร้อยละของความแตกต่างปริมาณรังสีของเทคนิค VA เมื่อเทียบกับเทคนิค SO ในภาพเดียวกันของชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีชุด tandem เมื่อเลื่อนอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีแนวศีรษะ-เท้าจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ตารางที่ 2.2 ชุด tandem + ovoid ในภาพเดียวกัน เมื่อเลื่อนอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีแนวศีรษะ-เท้าจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ความแตกต่างปริมาณรังสีเมื่อเลื่อนชุด tandem + ovoid (%)				
ตำแหน่งเปรียบเทียบ รอบชุด tandem + ovoid	เลื่อนไปทางศีรษะ	เลื่อนไปทางเท้า	กลางเครื่องมือช่วยสร้าง ภาพ (Ref.2)	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างใน แนวศีรษะ-เท้า (%)
ขวา	6.94	5.90	-1.57	
ซ้าย	4.01	4.66	-1.78	6.48±1.78
หน้า	8.97	8.13	-1.91	
หลัง	7.89	5.33	2.28	

แสดงร้อยละของความแตกต่างปริมาณรังสีของเทคนิค VA เมื่อเทียบกับเทคนิค SO ในภาพเดียวกันของชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีชุด tandem + ovoid เมื่อเลื่อนอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีแนวศีรษะ-เท้าจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ตารางที่ 3.1 ชุด tandem ในภาพต่างกันและภาพเดียวกันของชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ความแตกต่างปริมาณรังสีเมื่อชุด tandem อยู่กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ (%)								
ตำแหน่งเปรียบเทียบ รอบชุด tandem	เทคนิค VA/VA	ภาพ (อ้างอิง 2)/(อ้างอิง 1)		ภาพ (อ้างอิง 1)/ (อ้างอิง 1)		ภาพ (อ้างอิง 2)/ (อ้างอิง 2)		ค่าเฉลี่ย ความต่าง เทคนิค VA/ SO
		ค่าเฉลี่ย ความต่าง เทคนิค VA/ VA	เทคนิค SO/SO	ค่าเฉลี่ย ความต่าง เทคนิค SO/ SO	เทคนิค VA/SO	ค่าเฉลี่ย ความต่าง เทคนิค VA/ SO	เทคนิค VA/SO	
ขวา	-0.83		-0.18		-0.04		0.45	
ซ้าย	-0.22	-0.69±0.34	-0.65	-0.58±0.46	0.82	0.65±0.86	0.16	0.71±0.86
หน้า	-0.71		-0.30		0.02		0.29	
หลัง	-1.01		-1.21		1.80		2.00	

แสดงร้อยละของความแตกต่างปริมาณรังสีในภาพต่างกันและภาพเดียวกันของชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีชุด tandem กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

บทวิจารณ์:

ความแตกต่างระหว่าง 2 เทคนิค ชุด tandem + ovoid จากตารางที่ 1.2 และ 2.2 มีปริมาณรังสีแตกต่างมากกว่าชุด tandem จากตารางที่ 1.1 และ 2.1 เพราะมีความซับซ้อนของอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีมากกว่าซึ่งมีผลต่อการสร้างภาพ ค่าร้อยละของความแตกต่างเฉลี่ยในชุด tandem + ovoid ในแนวขวา-ซ้ายจากตารางที่ 1.2 มีความแตกต่างปริมาณรังสีน้อยกว่าแนวศีรษะ-เท้าจากตารางที่ 2.2 เพราะการเลื่อนชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสียังคงอยู่ใน

เครื่องมือช่วยสร้างภาพ ซึ่งต่างกับการเลื่อนชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีในแนวศีรษะ-เท้าที่อยู่นอกเครื่องมือช่วยสร้างภาพทำให้มีค่าความแตกต่างมากที่สุดเกิน 5% ซึ่งช่วงที่ยอมรับได้คือ 5 % (เป้าหมาย 3 %) สำหรับการคำนวณปริมาณรังสีเป็นจุดที่ระยะห่าง 0.5-5.0 ซม.จากสารกัมมันตรังสี^[8,9] จากการศึกษาของ Tyogi K และคณะสรุปว่าปริมาณรังสีที่จุดตัวแทนของกระเพาะปัสสาวะและที่จุดตัวแทนของทวารหนักของเทคนิค VA และเทคนิค SO สามารถนำมา เปรียบเทียบกันได้ 5 ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยการเปรียบเทียบข้อมูลของ

ตารางที่ 3.2 ชุด tandem + ovoid ในภาพต่างกันและภาพเดียวกันของชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ความแตกต่างปริมาณรังสีเมื่อชุด tandem + ovoid อยู่กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ (%)								
ตำแหน่งเปรียบเทียบรอบชุด tandem + ovoid	ภาพ (อ้างอิง 2)/(อ้างอิง 1)				ภาพ (อ้างอิง 1)/(อ้างอิง 1)		ภาพ (อ้างอิง 2)/(อ้างอิง 2)	
	เทคนิค VA/VA	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างในเทคนิค VA/VA	เทคนิค SO/SO	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างในเทคนิค SO/SO	เทคนิค VA/SO	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างในเทคนิค VA/SO	เทคนิค VA/SO	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างในเทคนิค VA/SO
ขวา	-1.66		-1.23		0.21		-1.57	
ซ้าย	-1.85	-1.54±0.51	1.10	0.18±1.18	1.16	1.72±1.25	-1.78	-0.75±2.02
หน้า	-1.86		1.20		2.76		-1.91	
หลัง	-0.78		-0.34		2.73		2.28	

แสดงร้อยละของความแตกต่างปริมาณรังสีในภาพต่างกันและภาพเดียวกันของชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีชุด tandem + ovoid กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณรังสีของจุดที่เป็นตัวแทนของกระเพาะปัสสาวะและทวารหนักระหว่างเทคนิค VA กับเทคนิค SO จากการศึกษาของ Tyogi K และคณะ^[5]

	Orthogonal method		Semi-orthogonal method
	Tyogi et al.(n = 15) ^[5]	Onal et al. (n = 63) ^[6]	Jamema et al. (n = 22) ^[7]
Point A(Gy)	7	7	7
Bladder Mean (range) (Gy)	3.08 (1.9-5.9)	6.1 (2.9-8.7)	4.56
Rectum Mean (range) (Gy)	4.2 (2.8-5.9)	5 (2.2-10.7)	4.63

ผู้อื่นที่ทำในเทคนิค VA กับเทคนิค SO ของตนเองซึ่งให้ปริมาณรังสีเท่ากันที่จุด A (จุดอ้างอิงสำหรับการรักษามะเร็งปากมดลูกของระบบ ICRU(International Commission on Radiation Units and Measurements)) จากตารางที่ 3.1-3.2 ชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีอยู่กลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณรังสีในเทคนิคเดียวกันจากการสร้างภาพของตำแหน่งอ้างอิง 2 ภาพ จะเห็นว่าในเทคนิคเดียวกันมีค่าความแตกต่างปริมาณรังสีเล็กน้อย เนื่องจากการกำหนดตำแหน่งจุดเป็นส่วนหนึ่งในขบวนการสร้างภาพและก่อให้เกิดความแตกต่างของปริมาณรังสี แต่เมื่อเปรียบเทียบต่างเทคนิคกันค่าความแตกต่างมีค่ามากขึ้นเพราะ

เป็นผลจากเทคนิคต่างกันและการกำหนดตำแหน่งจุด อย่างไรก็ตามก็ตีค่าความแตกต่างทั้งการเปรียบเทียบในเทคนิคเดียวกันและต่างเทคนิคกันจากตำแหน่งอ้างอิง ค่าความแตกต่างจะน้อยกว่าชุดอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีที่มีการเลื่อนจากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ

การศึกษาคั้งนี้เป็นการศึกษาความแตกต่างของปริมาณรังสีที่ได้จากเทคนิคการสร้างภาพ 2 เทคนิคในภาพเดียวกัน ดังนั้นตัวแปรที่ทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณรังสีจึงเกิดจากเทคนิคการสร้างภาพที่ต่างกันและการกำหนดตำแหน่งจุดเท่านั้น ซึ่งในสถานการณ์จริงที่บริการผู้ป่วยคือเทคนิค SO จะใช้ภาพจากเครื่องเอกซเรย์แบบซีอาร์เอ็มที่อาศัยเครื่องมือช่วย

สร้างภาพ ดังนั้นตัวแปรที่มีจำนวนมากว่าส่งผลให้เกิดความแตกต่างของปริมาณรังสีเท่าได้นั้นต้องทำการศึกษาต่อไปเมื่อเทียบกับเทคนิค VA ที่ใช้ภาพจากเครื่องเอกซเรย์แบบเครื่อง

จำลองการฉายรังสีหรือเครื่องที่มีจุดศูนย์กลางเครื่องที่แน่นอนสำหรับการถ่ายภาพรังสีที่มีค่าอัตราการขยายภาพถูกต้อง

สรุป:

จากการศึกษาทั้ง 2 เทคนิคสามารถใช้ทดแทนกันได้ถึงแม้ว่าอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสีเลื่อน 4 ซม.ไปในแนวขวา-ซ้าย จากกลางเครื่องมือช่วยสร้างภาพ แต่ไม่ควรเลื่อนไป

ทางศีรษะ-เท้า โดยมีความแตกต่างปริมาณรังสีมากที่สุดใอุปกรณ์สอดใส่สารกัมมันตรังสี ชุด tandem + ovoid

เอกสารอ้างอิง

1. Liu L, Bassano DA, Prasad SC, Keshler BL, Hahn SS. On the use of C-arm fluoroscopy for treatment planning in high dose rate brachytherapy. *Med Phys.* 2003;30:2297-302.
2. Fung AYC. C-Arm imaging for brachytherapy source reconstruction: Geometrical accuracy. *Med Phys.* 2002; 29:724-26.
3. Chang L, Ho SY, Chui CS, Du YC, Chen T. Verification and source-position error analysis of film reconstruction techniques used in the brachytherapy planning systems. *Med Phys.* 2009; 36:4115-20.
4. Nucletron B.V. Radiographic Reconstruction Methods. In: Oncentra® Brachy v.4.3 - Physics and Algorithms. Netherlands. Nucletron B.V. ; p.7- (17-19)
5. Tyagi K, Mukundan H, Mukherjee D, Semwal M, Sarin A. Non isocentric film-based intracavitary brachytherapy planning in cervical cancer: a retrospective dosimetric analysis with CT planning. *J Contemp Brachytherapy.* 2012; 4:129-34.
6. Onal C, Arslan G, Topkan E, Pehlivan B, Yavuz 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. *J Exp Clinical Cancer Res.* 2009; 28: 95.
7. Jamema SV, Saju S, Mahantshetty U, Pallad S, Deshpande DD, Shrivastava SK, et al. Dosimetric evaluation of rectum and bladder using image based CT planning and orthogonal radiographs with ICRU 38 recommendations in Intracavitary brachytherapy. *J Med Phys* 2008; 33: 3-8.
8. ESTRO. Reconstruction technique. In: Venselaar J, Calatayud JP, editors. A practical guide to quality control of brachytherapy equipment. European guidelines for quality assurance in radiotherapy. ESTRO Booklet No. 8. 1st ed. European Society for Therapeutic Radiology and Oncology: Belgium: Brussels:Mounierlaan; 2004.p. 126, 224-5.
9. Van Dyk J, Barnett RB, Cygler JE, Shragge PC. Commissioning and quality assurance of treatment planning computers. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1993;26:261-73.

