



Journal of Thai Association of Radiation Oncology

Volume 27 Issue 1 January – June 2021

Original Articles

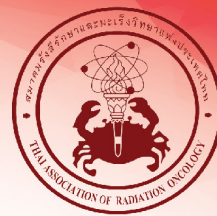
- Encouragement Activities for reducing number of pediatric patients that require general anesthesia and reducing concerns in parents and pediatric patients who undergo irradiation at King Chulalongkorn Memorial Hospital
- Deep learning model development for auto-delineation of organ at risks on CT simulation images in head and neck cancer
- Comparison of the effectiveness and satisfaction of water bath and oven for mask molding in radiotherapy
- The quality control of delivering radiation therapy using check list verification document
- Comparison of two patient-specific VMAT QA systems: Portal Dosimetry versus ArcCHECK phantom
- Outcomes of preoperative radiotherapy in rectal cancer: a single institute experience

ISSN 2730-177X (Online)

สมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย



Thai Association of Radiation Oncology



รายชื่อคณะกรรมการบริหาร

สมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย

วาระปี 2564-2566

คณะกรรมการบริหาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์ชลเกียรติ	ขอประเสริฐ	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	นายกสมาคม
รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงมณฑนา	ธนะไชย	โรงพยาบาลรามาริบัติ	อุปนายก 1
ศาสตราจารย์แพทย์หญิงอัมใจ	ชิตาพนารักษ์	โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์	อุปนายก 2 และประธานฝ่ายวิเทศสัมพันธ์ และภาพลักษณ์องค์กร
รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงกาญจนา	โชติเลอศักดิ์	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	เลขาธิการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์จักรพงษ์	จักกาทร์	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	ประธานฝ่ายวิชาการ
รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงพุดพิพรรณ	พัทวิพงศ์	โรงพยาบาลรามาริบัติ	รองประธานฝ่ายวิชาการ 1
ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงนันทกานต์	อภิโรตม์	โรงพยาบาลศิริราช	รองประธานฝ่ายวิชาการ 2
รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงจันจิรา	เพชรสุศิริ	โรงพยาบาลศิริราช	รองประธานฝ่ายวิชาการ 3
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (พิเศษ) แพทย์หญิงกิตติวดี	ศักดิ์ศรีชัย	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	รองฝ่ายวิเทศสัมพันธ์ และภาพลักษณ์องค์กร และรองประธานฝ่ายสารสนเทศ
รองศาสตราจารย์นายแพทย์เอกสิทธิ์	ธราวิจิตรกุล	โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์	ประธานฝ่ายวิจัย
ศาสตราจารย์นายแพทย์ชวลิต	เลิศบุษยานุกุล	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	ประธานฝ่ายวารสาร
รองศาสตราจารย์นายแพทย์เต็มศักดิ์	พิงศ์มี	โรงพยาบาลสงขลานครินทร์	ประธานฝ่ายสารสนเทศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงปฐมพร	ศิริประภาศิริ	สถาบันมะเร็งแห่งชาติ	ประธานฝ่ายสนับสนุนการจัดระบบบริการ
แพทย์หญิงชลณีย์	คล้ายทอง	โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์	รองประธานฝ่ายสนับสนุนการจัดระบบบริการ
น.อ.แพทย์หญิงหม่อมหลวงอภิรัตน์	กฤดากร	โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช	ประธานฝ่ายกฎหมาย
นายแพทย์ธราธร	ดุงคะสมิต	โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี	รองฝ่ายกฎหมาย
ดร.แพทย์หญิงณปภัช	อมรวิเชษฐ์	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	เหรัญญิก
ว่าที่ร้อยตรี นายแพทย์ปิยะ	ประทีปเสนา	โรงพยาบาลราชวิถี	นายทะเบียน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงชมพร	สีตะธนี	โรงพยาบาลรามาริบัติ	คณะกรรมการกลาง
รองศาสตราจารย์นายแพทย์ศรีชัย	ครุสันธิ์	โรงพยาบาลศรีนครินทร์	คณะกรรมการกลาง
รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงธนาทิพย์	ตันติวัฒน์	โรงพยาบาลศิริราช	คณะกรรมการกลาง
พ.อ.แพทย์หญิงศิรินทิพย์	ทรงวุฒิวิชัย	โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า	คณะกรรมการกลาง
นายแพทย์จิรศักดิ์	สุชาบุรณ์	โรงพยาบาลมะเร็งลพบุรี	คณะกรรมการกลาง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงศศิภาณจน์	จำจด	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	คณะกรรมการกลาง
รองศาสตราจารย์นายแพทย์พิทยา	ด่านกุลชัย	โรงพยาบาลศิริราช	คณะกรรมการกลาง

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์จักรพงษ์	จักกาทร์	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	ประธานฝ่ายวิชาการ
รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงพุดพิพรรณ	พัทวิพงศ์	โรงพยาบาลรามาริบัติ	รองประธานฝ่ายวิชาการ 1
ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงนันทกานต์	อภิโรตม์	โรงพยาบาลศิริราช	รองประธานฝ่ายวิชาการ 2
รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงจันจิรา	เพชรสุศิริ	โรงพยาบาลศิริราช	รองประธานฝ่ายวิชาการ 3



สมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย Thai Association of Radiation Oncology

รายชื่อคณะกรรมการบริหาร

สมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย

วาระปี 2564-2566

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์หญิงกิริติกันต์	บุญญาวรรณ	โรงพยาบาลรามารามิบัติ	ผู้ช่วยฝ่ายวิชาการ
ดร.แพทย์หญิงอนุสรรา	ประยงค์รัตน์	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	ผู้ช่วยฝ่ายวิชาการ
นายแพทย์เพทาย	รอตละมูล	โรงพยาบาลสงขลานครินทร์	ผู้ช่วยฝ่ายวิชาการ

คณะกรรมการฝ่ายวิจัย

รองศาสตราจารย์นายแพทย์เอกสิทธิ์	ธราวิชิตกุล	โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ประธานฝ่ายวิจัย
รองศาสตราจารย์นายแพทย์กุลธร	เทพมงคล	โรงพยาบาลศิริราช	ผู้ช่วยฝ่ายวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์หญิงจิราพร	เสตกรณกุล	โรงพยาบาลศิริราช	ผู้ช่วยฝ่ายวิจัย
นายแพทย์ชัยรัตน์	โล่วณิชเกียรติกุล	โรงพยาบาลรามารามิบัติ	ผู้ช่วยฝ่ายวิจัย
น.ต.แพทย์หญิงกนกพิศ	ไต้หวันชัย	โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช	ผู้ช่วยฝ่ายวิจัย
แพทย์หญิงจิตติพร	จารุเอียร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	ผู้ช่วยฝ่ายวิจัย

คณะกรรมการฝ่ายปฎิคม

น.อ.แพทย์หญิงหม่อมหลวงอภิตี	กฤดากร	โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช	ประธานฝ่ายปฎิคม
นายแพทย์ธรรธร	ตุ่งคะสมิต	โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี	รองฝ่ายปฎิคม
นายแพทย์เพชร	อลิสานนท์	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	ผู้ช่วยฝ่ายปฎิคม

คณะกรรมการฝ่ายวารสาร

ศาสตราจารย์นายแพทย์ชวลิต	เลิศบุษยานุกุล	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	ประธานฝ่ายวารสาร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (พิเศษ) แพทย์หญิงชนมณีนภา นันทวิทยา		โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	ผู้ช่วยฝ่ายวารสาร
แพทย์หญิงจิตติพร	จารุเอียร	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	ผู้ช่วยฝ่ายวารสาร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวีป	แสงแห่งธรรม	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	ผู้ช่วยฝ่ายวารสาร
ดร.พวงเพ็ญ	ตั้งบุญดวงจิต	โรงพยาบาลรามารามิบัติ	ผู้ช่วยฝ่ายวารสาร
รองศาสตราจารย์นายแพทย์หญิงพิมพ์ขวัญ	กำเนิดศุภผล	โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ผู้ช่วยฝ่ายวารสาร

คณะกรรมการฝ่ายสารสนเทศ

รองศาสตราจารย์นายแพทย์เต็มศักดิ์	พิงรัตน์	โรงพยาบาลสงขลานครินทร์	ประธานฝ่ายสารสนเทศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์(พิเศษ)แพทย์หญิงกิตติวดี ศักดิ์ศรีชัย		โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	ผู้ช่วยฝ่ายสารสนเทศ
นายแพทย์ชวลิต	หลักดี	โรงพยาบาลพุทธชินราช	ผู้ช่วยฝ่ายสารสนเทศ
นายแพทย์ภูริวัฒน์	เมื่องวงศ์	โรงพยาบาลมะเร็งลำปาง	ผู้ช่วยฝ่ายสารสนเทศ
นายแพทย์ยศดนัย	นาเมืองจันทร์	โรงพยาบาลศรีนครินทร์	ผู้ช่วยฝ่ายสารสนเทศ



ที่ปรึกษา

สมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย

ปี พ.ศ. 2564- 2566

รายชื่อที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์เกียรติคุณนายแพทย์ไพรัช เทพมงคล
ศาสตราจารย์เกียรติคุณแพทย์หญิงพวงทอง ไกรพิบูลย์
ศาสตราจารย์เกียรติคุณนายแพทย์วิชาญ หล่อวิทยา
ศาสตราจารย์เกียรติคุณแพทย์หญิงลักขณา โพชนุกูล
พลอากาศตรีนายแพทย์เอกชัย วิเศษศิริ
ศาสตราจารย์เกียรติคุณแพทย์หญิงวิมล สุขถมยา

นายแพทย์ยงยุทธ คงธนรัตน์
รองศาสตราจารย์พลตรีแพทย์หญิงพรศรี คัดชอบ
รองศาสตราจารย์พลตรีนายแพทย์ประมุข พรหมรัตน์พงศ์
ศาสตราจารย์นายแพทย์พิทยภูมิ ภัทรนุภาพร
รองศาสตราจารย์นายแพทย์ประเสริฐ เลิศสงวนสินชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงสมใจ แดงประเสริฐ

อาจารย์อาวุโส สมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย

ศาสตราจารย์เกียรติคุณแพทย์หญิงสายสงวน อุณห์นนท์
นายแพทย์สิริศักดิ์ ภูริพัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์ภิญโญ กำภู ณ อยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงสุรีย์ จิตะฐาน
รองศาสตราจารย์นายแพทย์วิสูตรี วุฒิพลักษ์
นายแพทย์พิศิษฐ์ ศิริสุข
รองศาสตราจารย์นายแพทย์จติ สุขถมยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์อนันต์ โทณสิน
รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงสุพัตรา แสงรุจิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์โรจน์รุ่ง สุวรรณสุทธิ
นายแพทย์สมชาย วัฒนาอาภรณ์ชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์ประยุทธ์ โรจน์พรประดิษฐ์
นายแพทย์ณรงค์พล เทียนทอง
แพทย์หญิงสายพิน ตั้งศรีชัด
นายแพทย์ธนเดช สินธุเสก
นายแพทย์สมคิด เพ็ญพัธกุล
นายแพทย์ศักดิ์พิสิษฐ์ นวสิริ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์นพพล อัสวเมธา
ศาสตราจารย์นายแพทย์ทองปลิว เปรมปรี

แพทย์หญิงสุนันทา ศรีสุบัติ-พลอยส่องแสง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์วิรัตน์ ไพรัชเวทย์
รองศาสตราจารย์นายแพทย์วรชัย ตั้งวรพงศ์ชัย
รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงมณฑิรา เปส
นายแพทย์ชาญชัย จารุพาณิชย์กุล
รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงเยาวลักษณ์ ขาญศิลป์
นายแพทย์อภิชาติ พานิชชีวลักษณ์
นายแพทย์ชนวิรัตน์ เทศะวิบูล
รองศาสตราจารย์นายแพทย์โสภณ กัมพลพันธ์
รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงสุพัตรา แสงรุจิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์ โรจน์รุ่ง สุวรรณสุทธิ
นายแพทย์สมชาย วัฒนาอาภรณ์ชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์ ประยุทธ์ โรจน์พรประดิษฐ์
นายแพทย์ณรงค์พล เทียนทอง
แพทย์หญิงสายพิน ตั้งศรีชัด
นายแพทย์ธนเดช สินธุเสก
นายแพทย์สมคิด เพ็ญพัธกุล
นายแพทย์ศักดิ์พิสิษฐ์ นวสิริ

Content

มะเร็งวิวัฒน์

วารสารสมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย
ปีที่ 27 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2564

- 03 คณะกรรมการบริหารสมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทยปี 2564 - 2566
- 05 ที่ปรึกษาสมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทยปี 2564 - 2566
- 07 บรรณาธิการแถลง
-
- R1 การเสริมสร้างกำลังใจเพื่อลดจำนวนผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ต้องวางยาสลบและลดความกังวลของผู้ปกครองและผู้ป่วยเด็กขณะฉายรังสี
ในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
Encouragement Activities for reducing number of pediatric patients that require general anesthesia and reducing concerns in parents and pediatric patients who undergo irradiation at King Chulalongkorn Memorial Hospital
วรญา เงินเดือน, บัญชา พันธุ์แดง, โพธิ์ทอง ดวงสุพรรณ
- R12 การพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนดขอบเขตอัตโนมัติของอวัยวะข้างเคียงปกติบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลอง
การรักษาผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอ
Deep learning model development for auto-delineation of organ at risks on CT simulation images in head and neck cancer
รัฐพงษ์ นันทาแพร่, จิตติพงศ์ แก้วเหล็ก
- R29 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความพึงพอใจหม้อต้มและเตาอบสำหรับขึ้นรูปหน้ากากในงานรังสีรักษา
Comparison of the effectiveness and satisfaction of water bath and oven for mask molding in radiotherapy
ศุภากร สุวรรณไตร, อภิราม ตรีสงค์, วนุชัช แจ่มประจักษ์, เกวารินทร์ ขยายวงศ์, พันทิพา อุณหศิริ
- R43 การควบคุมคุณภาพการฉายรังสีในงานรังสีรักษาโดยใช้แบบการตรวจสอบข้อมูล
The quality control of delivering radiation therapy using check list verification document
เกวารินทร์ ขยายวงศ์, สุทธิพงศ์ ฤทธิผล, นงศันุช คำตา, พิมพ์ดา จันราช, ภูวนัย เจียนดอน, อภิวัฒน์ กองกิริต, ชนิกันต์ ชำนาญหอม, วรญา เงินเดือน
- R54 การเปรียบเทียบการทวนสอบแผนการรักษาผู้ป่วยในเทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้มเชิงปริมาตรด้วยเครื่องมือวัดรังสีสอง
ระบบ: เครื่องมือวัดรังสีระบบพอร์ทอลเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดรังสีอาร์คเช็ค
Comparison of two patient-specific VMAT QA systems: Portal Dosimetry versus ArcCHECK phantom
คณนัท อุทิตสาร, เทพพิทักษ์ วัฒนสาร, จีรวัฒน์ พิมพ์ทอง, คมกริช ครองเกียรติเลิศ, ชลธร พิทุสูตร, วิราศินี เฉลิมขวลิต, จิตรลดา จิตรม้น
- R67 รายงานการวิเคราะห์ผลการรักษามะเร็งลำไส้ตรงด้วยวิธีฉายรังสีก่อนการผ่าตัด
Outcomes of preoperative radiotherapy in rectal cancer: a single institute experience
ปรางระวี แสงจันทร์



บรรณาธิการแถลง

เจ้าของ

สมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมการวิจัยทางการแพทย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคมะเร็ง
2. เพื่อแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นทางวิชาการ ด้านการแพทย์ การสาธารณสุข และวิทยาศาสตร์สุขภาพของประเทศไทย โดยเฉพาะด้านโรคมะเร็ง
3. เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ความรู้ทางวิชาการแพทย์ และวิทยาศาสตร์สุขภาพ เกี่ยวกับโรคมะเร็ง
4. เพื่อเป็นวารสารเผยแพร่กิจกรรมของสมาคม รังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย

นโยบายการพิจารณาบทความ

บทความทุกบทความจะต้องผ่านการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 2 ท่าน แบบผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แต่งไม่ทราบชื่อท่านและกัน (double-blind review)

กำหนดออก

วารสารตีพิมพ์เผยแพร่ 2 ฉบับต่อปี ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม

สำนักงานกองบรรณาธิการ

สาขาวิชารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์ : 66-2-2564334 โทรสาร : 66-2-2564590
E-mail : thairedjournal@gmail.com
Webpage : <https://www.tci-thaijo.org/index.php/jtar/index>

ที่ปรึกษา

ศส.นพ.ชลเกียรติ ขอบประเสริฐ
รศ.พญ.มณฑนา ชนะไชย
ศ.พญ.อัมมใจ ชิตพานิช

บรรณาธิการ

ศ.นพ.ชวลิต เลิศบุษยานุกูล

รองบรรณาธิการ

ศส.(พิเศษ) พญ.ชนมณีนภา นันทวิทยา
อ.พญ.ฐิติพร จารุเอียร
ศส.ดร.ทวีป แสงแห่งธรรม
อ.ดร.พวงเพ็ญ ตั้งบุญดวงจิตตร
รศ.พญ.พิมพ์ขวัญ กำเนิดศุภผล

กองบรรณาธิการ

รศ.นพ. เอกสิทธิ์ ธาวาจิตรกุล ศส.ดร.สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์
ศส.นพ.ธนาพันธุ์ พิรวงศ์ รศ.พญ.พุดิพรรณ พัทธวิฑูรย์
อ.นิภา ชุมสุวรรณ ศส.พญ.จิราพร เสถียรณกุล
รศ.ลลิตา ตันติภูมิอมร อ.ธง โชติชุดิพันธุ์
อ.แสงอุทิศ ทองสวัสดิ์

ผู้ประสานงานกองบรรณาธิการ

ชัยรัชต์ม์ ตีวรรณวงศ์

ฝ่ายศิลปกรรม

วรัญญา อาศัยศาสน์

วารสารฉบับนี้ ขอต้อนรับผู้บริหารสมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทยวาระใหม่ ภายใต้การนำของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ ชลเกียรติ ขอบประเสริฐ ซึ่งจะอยู่ในวาระตั้งแต่ปี 2564-2566 ท่ามกลางการระบาดของเชื้อโควิด-19 ทำให้การดำเนินการของทั้งสมาคมและวารสารอยู่ภายใต้บรรยากาศการประชุมออนไลน์ทั้งหมด ผมขอขอบคุณกองบรรณาธิการ และผู้สนับสนุน อันได้แก่ ผู้นิพนธ์ต้นฉบับ ตลอดจนผู้เชี่ยวชาญในการให้ความเห็นของทุกบทความ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเราจะผ่านภาวะวิกฤตินี้ในเร็ววัน

การเสริมสร้างกำลังใจเพื่อลดจำนวนผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ต้องวางยาสลบและลด
ความกังวลของผู้ปกครองและผู้ป่วยเด็กขณะฉายรังสีในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

Encouragement Activities for reducing number of pediatric
patients that require general anesthesia and reducing concerns in
parents and pediatric patients who undergo irradiation at King
Chulalongkorn Memorial Hospital

วรญา เงินเดือน¹, บัญชา พันธุ์แดง¹, โพธิ์ทอง ดวงสุพรรณ¹

¹สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ้ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

ผู้นิพนธ์ประสานงาน

วรญา เงินเดือน

สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ้ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

1873 ถ.พระราม 4 เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

อีเมล: mol_nooky@hotmail.com

Woraya Nguanthean¹, Bancha Pantang¹, Photong Dungsupan¹

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

Corresponding author

Woraya Nguanthean

Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, King Chulalongkorn Memorial Hospital

1873, Rama 4 Rd., Pathum Wan District, Bangkok 10330

email: mol_nooky@hotmail.com

Submitted: July 20, 2020

Revised: October 21, 2020

Accepted: November 11, 2020

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: การรักษาโรคมะเร็งเด็กประกอบด้วย การผ่าตัด เคมีบำบัด และการฉายรังสี ซึ่งจะเลือกใช้วิธีใดขึ้นกับชนิดและระยะของโรคมะเร็ง สำหรับการฉายรังสี ผู้ป่วยเด็กต้องนอนอยู่ในห้องฉายรังสีคนเดียวอาจทำให้รู้สึกกลัว โดยเฉพาะในผู้ป่วยเด็กเล็กทำให้ผู้ป่วยไม่ให้ความร่วมมือกับการรักษา ซึ่งเป็นปัญหาที่พบบ่อยในการฉายรังสีโรคมะเร็งเด็ก จึงจำเป็นต้องร่วมกับแพทย์ทางวิสัญญีเพื่อวางยาสลบขณะฉายรังสี ทำให้เด็กต้องนอนโรงพยาบาล และส่งผลกระทบต่อคุณภาพและสุขภาพจิตของเด็กด้วย

วัตถุประสงค์: เพื่อลดจำนวนผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ต้องวางยาสลบและลดความกังวลของผู้ปกครองและผู้ป่วยเด็กที่ต้องวางยาสลบขณะฉายรังสีที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

วัสดุและวิธีการ: ผู้ป่วยมะเร็งเด็กอายุ 1-15 ปี จำนวน 148 ราย ที่ได้รับการฉายรังสีในปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2561 ณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ กิจกรรมประกอบด้วย การทำนัดการรักษาด้วยบัตรนัดที่สวยงามน่ารัก เช่น เป็นลวดลายการ์ตูน ก่อนเริ่มกระบวนการรักษา เจ้าหน้าที่จะพูดคุยเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับเด็กและให้กำลังใจด้วยการมอบของรางวัลหากผู้ป่วยให้ความร่วมมือ เมื่อการรักษาเสร็จสิ้นแพทย์เจ้าของไข้จะมอบเกียรติบัตรเป็นการแสดงความชื่นชมและให้ผู้ปกครองทำแบบสอบถามเพื่อประเมินผลของกิจกรรม โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็นแบบประเมินก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม หัวข้อที่ประเมินได้แก่ ความกังวลในการวางยาสลบ ความหวาดกลัวของผู้ป่วยเด็ก และความพึงพอใจโดยรวมการเข้าร่วมกิจกรรม นอกจากนี้ยังรวบรวมสถิติในการยกเลิกการวางยาสลบในการฉายรังสีของผู้ป่วยเด็กด้วย

ผลการศึกษา: ผลการศึกษาพบว่าความกังวลใจในการวางยาสลบของผู้ปกครองลดลงจาก 70% เหลือ 12% ความหวาดกลัวของผู้ป่วยเด็กลดลงจาก 77% เหลือ 20% และความพึงพอใจในกิจกรรมเพิ่มขึ้นจาก 27% เป็น 95% นอกจากนั้นยังสามารถลดจำนวนผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ไม่ต้องวางยาสลบได้ 35.7%

ข้อสรุป: จากการศึกษาพบว่าการจัดกิจกรรมเพื่อสร้างเสริมกำลังใจช่วยลดความกังวลใจในการรักษาให้ทั้งผู้ปกครองและตัวผู้ป่วยเด็ก ผู้ป่วยเด็กให้ความร่วมมือในการฉายรังสีได้มากขึ้นและสามารถลดจำนวนผู้ป่วยที่ต้องได้รับการดมยาสลบในการฉายรังสี

คำสำคัญ: การวางยาสลบ, การฉายรังสี, ผู้ป่วยมะเร็งเด็ก, ความกังวลใจ

Abstract

Background: Treatment of pediatric cancer consists of surgery, chemotherapy and radiation, depending on type and stage of cancer. During therapy, pediatric patients have to be alone in the radiation room. They might feel frustrated or worried and some cannot cooperate the treatment which is one of the most common problem in pediatric cancer patients. Therefore, general anesthesia is unavoidable. These patients are required to be admitted during the treatment which could affect their quality of life as well as their emotion.

Objective: The purpose of this study is to reduce the number of the pediatric patients who require anesthesia and to reduce anxiety in parents and patients during radiation treatment at Division of Radiation Oncology, King Chulalongkorn Memorial Hospital.

Materials and methods: From 2014 to 2018, 148 pediatric cancer patients (aged: 1-15 years) received radiation treatment at King Chulalongkorn Memorial Hospital. A lovely appointment card was given on the first day. Staff familiarized themselves with the patients and prepared the reward when the patients well cooperated with the treatment. At the end of the treatment, the patients received certificate from physicians to appreciate their cooperation. The concern and satisfaction of parents were assessed by questionnaires before and after treatment. In addition, the reduction in anesthesia cancellation during radiation treatment was recorded.

Results: This study demonstrated that the activities reduced parental anxiety from 70% to 12% at the end of treatment. The fear of patients decreased from 77% to 20% and satisfaction increased from 27% to 95%. In addition, the number of cancer patients in children without anesthesia were reduced by 35.7%.

Conclusion: This study demonstrated that encouragement activities reduced anxiety in treatment for parents and pediatric patients. When the patients were more cooperative, the number of daily anesthesia was reduced.

Keywords: Anesthesia, radiation, pediatric, patients, anxiety

J Thai Assoc Radiat Oncol 2021; 27(1): R1-R11

บทนำ

เมื่อกล่าวถึง “โรคมะเร็ง” คนส่วนใหญ่จะเข้าใจว่าเป็นโรคอันตรายร้ายแรงที่เกิดขึ้นในผู้ใหญ่ อย่างไรก็ตามเราสามารถพบมะเร็งในผู้ป่วยเด็ก (pediatric cancer) ได้เช่นกัน ซึ่งหมายถึง โรคมะเร็งที่เกิดขึ้นในวัยเด็กแรกเกิดจนกระทั่งถึงอายุประมาณ 15 ปี โรคมะเร็งเด็กพบได้ไม่บ่อยนัก จากข้อมูลคาดการณ์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2557 พบว่ามีผู้ป่วยใหม่ประมาณ 15,780 ราย และมีผู้เสียชีวิต 1,960 ราย โดยมีอุบัติการณ์เท่ากับ 186.6 รายต่อประชากร 1 ล้านคนต่อปี หมายความว่าในเด็ก 285 คน จะพบผู้ป่วยมะเร็ง 1 คนโรคมะเร็งที่พบบ่อยมากที่สุดคือโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว ชนิด acute lymphoblastic leukemia รองมาได้แก่ โรคมะเร็งในระบบประสาทสมอง (CNS tumors) และโรคมะเร็งต่อมน้ำเหลือง (lymphoma) ตามลำดับ^[1,2]

สำหรับประเทศไทยพบผู้ป่วยโรคมะเร็งเด็กมีอุบัติการณ์เท่ากับ 74.9 รายต่อประชากร 1 ล้านคนต่อปี โรคมะเร็งชนิดที่พบบ่อยมากที่สุดได้แก่โรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว (leukemia) รองลงมาได้แก่ โรคมะเร็งต่อมน้ำเหลือง (lymphoma) และโรคมะเร็งในระบบประสาทส่วนกลาง (neoplasms of the central nervous system, CNS)^[1] สถิติโรคมะเร็งเด็กของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย พบผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ได้รับการรักษาด้วยการฉายรังสีระหว่างปี 2557-2562 เป็นจำนวนทั้งสิ้น 320 ราย โดยพบจำนวนผู้ป่วยเด็กชาย 177 รายและผู้ป่วยเด็กหญิง 143 ราย

การรักษาโรคมะเร็งเด็ก ประกอบด้วย การผ่าตัด เคมีบำบัด และการฉายรังสี จะเลือกใช้วิธีใดขึ้นกับชนิดและระยะของโรคมะเร็ง การให้รังสีรักษาในเด็ก นอกจากจะต้องคำนึงถึงภาวะแทรกซ้อนจากการรักษาแล้ว ยังต้อง

ให้ความสำคัญกับเรื่องสุขภาพทางใจจิตรวมถึงความกังวลใจของเด็กและผู้ปกครองด้วย การรักษาด้วยการฉายรังสีผู้ป่วยเด็กต้องนอนนิ่งๆ เพื่อให้ลำรังสีโดนบริเวณก้อนมะเร็งอย่างแม่นยำและขณะเดียวกันจะต้องให้ปริมาณรังสีไปยังบริเวณเนื้อเยื่อปกติน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นการใช้วัสดุยึดตรึง (Immobilization) จึงมีความสำคัญในการฉายรังสีเป็นอย่างมาก เพื่อให้สามารถจัดวางตำแหน่งที่ฉายรังสีได้เหมือนกันทุกๆ วัน (reproducibility)

ในการฉายรังสี เด็กจะต้องนอนอยู่ในห้องฉายรังสีคนเดียว ผู้ป่วยเด็กบางรายไม่สามารถให้ความร่วมมือได้ โดยเฉพาะเด็กเล็ก ซึ่งปัญหาที่พบบ่อยในการฉายรังสีโรคมะเร็งเด็ก จึงจำเป็นต้องร่วมกับแพทย์ทางวิสัญญีเพื่อทำการวางยาสลบ ผู้ป่วยมะเร็งเด็กจะต้องได้รับการฉายรังสีอย่างต่อเนื่อง 10-33 ครั้ง แล้วแต่ชนิดของโรคและการที่เด็กต้องได้รับการวางยาสลบทุกวันทำให้เด็กต้องนอนโรงพยาบาล ต้องเตรียมตัวในการวางยาสลบ เช่น ต้องงดน้ำและอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมงก่อนเริ่มการฉายรังสี ทำให้กระทบต่อคุณภาพชีวิต เช่น เด็กต้องหยุดพักการเรียนส่งผลกระทบต่อสุขภาพจิตของเด็ก ตลอดจนผลกระทบต่อผู้ปกครองที่ต้องมาดูแล ผู้ปกครองเกิดความกังวลที่บุตรหลานต้องถูกวางยาสลบทุกวันเป็นต้น จุดประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อจัดกิจกรรมเสริมสร้างกำลังใจเพื่อลดจำนวนผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ต้องวางยาสลบและลดความกังวลของผู้ปกครองและผู้ป่วยเด็กขณะฉายรังสีในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

วัสดุและวิธีการ

ผู้ป่วย: ผู้ป่วยที่เข้าร่วมกิจกรรมคือ ผู้ป่วยมะเร็งเด็กช่วงอายุ 1-15 ปี จำนวน 148 ราย ที่ได้รับการฉายรังสีในระหว่างปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2561 ที่สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

การเตรียมผู้ป่วยมะเร็งเด็ก

ผู้ป่วยเด็กทุกรายที่ได้รับการรักษาด้วยการฉายรังสีได้รับการประเมินจากทีมแพทย์ก่อนว่ามีแนวโน้มที่จะ

รับฟังและปฏิบัติตามที่เจ้าหน้าที่ได้หรือไม่ ในผู้ป่วยที่ให้ความร่วมมือดี สามารถนัดมาเพื่อการวางแผนการฉายรังสีได้โดยไม่ต้องดมยาสลบ แต่สำหรับรายที่ไม่ให้ความร่วมมือและจำเป็นต้องวางยาสลบเพื่อให้ผู้ป่วยเด็กนอนโรงพยาบาล และติดต่อประสานงานกับทีมแพทย์วิสัญญี จากนั้นเจ้าหน้าที่ประจำห้องฉายจะเข้ามาพูดคุยกับผู้ป่วยเด็กและผู้ปกครอง พาเดินดูห้องฉายรังสีเพื่อให้เด็กเห็นว่าไม่มีความน่ากลัวและไม่เจ็บ ภายในห้องควบคุมมีอุปกรณ์เพื่อให้ผู้ปกครองสามารถพูดคุยโต้ตอบกับเด็กได้ตลอดระยะเวลาในการรักษาเพื่อลดภาวะความกังวล แต่หากผู้ป่วยเด็กยังไม่สามารถให้ความร่วมมือปฏิบัติตามเจ้าหน้าที่ได้จำเป็นต้องวางยาสลบร่วมกับการฉายรังสีในที่สุด

การจัดทำผู้ป่วยมะเร็งเด็ก (Position)

การจัดทำผู้ป่วยเด็กในห้องจำลองการฉายรังสีด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT simulation) เด็กจะอยู่ในท่านอนหงาย^[3] มีการใช้น้ำหนักากเพื่อยึดตรึงตำแหน่งผู้ป่วย (head-shoulder mask immobilization) หากฉายบริเวณศีรษะจัดทำให้อนหงายหน้าเพื่อเปิดทางเดินหายใจให้สะดวก ขีดขอบเขตการฉายรังสีจะครอบคลุมศีรษะ ในกรณีที่ฉายบริเวณลำตัว อาจมีการทำ Vac lock ร่วมด้วยและขีดเส้นบนตัว เด็กจะอยู่ในความดูแลของทีมรังสีแพทย์ แพทย์วิสัญญี พยาบาล นักรังสีการแพทย์ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องตลอดทั้งกระบวนการ (ภาพที่ 1) หลังจากการจำลองการรักษาเสร็จสิ้นแล้ว เจ้าหน้าที่ที่นำนัดการรักษาด้วยบัตรนัดที่สวดยามน่ารัก เช่น เป็นลวดลายการ์ตูนที่เด็กๆ ชอบ ดังภาพที่ 2

การฉายรังสีผู้ป่วยมะเร็งเด็ก (Treatment room)

ผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ได้รับการฉายรังสีด้วยเครื่องเร่งอนุภาค (Varian Rapid Arc: Varian Medical System, Inc., Palo Alto, CA) ผู้ป่วยเด็กได้รับการฉายรังสีโดยให้ปริมาณรังสี 1.8-2.0 Gy ต่อครั้ง เป็นจำนวนทั้งหมด 10-33 ครั้ง เจ้าหน้าที่จะพูดคุยเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับเด็กและให้กำลังใจด้วยการมอบรางวัลให้ทุกวันหาก



ภาพที่ 1 แสดงกระบวนการจำลองการรักษาและการฉายรังสีในผู้ป่วยเด็กที่ได้รับการคมยาสลบ (ก) การจำลองการรักษาด้วย CT Simulation (ข) การจำลองการรักษาด้วย MRI Simulation (ค) การฉายรังสี



ภาพที่ 2 แสดงบัตรนัดฉายรังสีสำหรับผู้ป่วยเด็ก (ก) ด้านหน้า (ข) ด้านหลัง

ผู้ป่วยให้ความร่วมมือในการรักษา ในช่วงแรกของการรักษาผู้ป่วยเด็กอาจจะยังไม่สามารถปฏิบัติตามได้ จำเป็นต้องได้รับการวางยาสลบไปก่อน เจ้าหน้าที่จะปฏิบัติแบบนี้ทุกวันเมื่อได้รับการรักษาครบตามที่วางแผนการรักษาไว้ ซึ่งผู้ป่วยเด็กบางรายสามารถให้ความร่วมมือและฉายรังสีโดยไม่ต้องวางยาสลบ เมื่อเสร็จสิ้นการรักษาแพทย์เจ้าของไข้จะได้มอบเกียรติบัตรให้แก่เด็กเป็นการแสดงความชื่นชม ดังภาพที่ 3

แบบสอบถามให้ผู้ปกครองเป็นผู้ประเมินกิจกรรม: แบ่งแบบสอบถามออกเป็น 2 ครั้งคือ ครั้งแรกก่อนเริ่มฉายรังสีวันแรกและครั้งที่สองวันจบการรักษา หัวข้อที่ประเมิน ได้แก่ ความรวดเร็วในการให้บริการ การดูแลเอาใจใส่และความพร้อมในการให้บริการ ความกังวลใจเกี่ยวกับการวางยาสลบ ความหวาดกลัวของผู้ป่วยเด็กและความพึงพอใจโดยรวม ในการเข้าร่วมกิจกรรม แบ่งระดับความพึงพอใจเป็น 3 ระดับ คือ พึงพอใจมาก

พึงพอใจปานกลางและพึงพอใจน้อย นอกจากนี้ยังรวบรวมสถิติในการยกเลิกการวางยาสลบในการฉายรังสีของผู้ป่วยเด็กด้วย

ผลการศึกษา

มีผู้ป่วยเด็กที่เข้ารับการรักษาทันทีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ. 2561 จำนวน 262 ราย ต้องวางยาสลบทั้งหมด 148 ราย ดังตารางที่ 1-2 และจำนวนผู้ป่วยเด็กแยกตามอายุ ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 3 เกียรติบัตร

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ได้รับการรักษาด้วยการฉายรังสีทั้งหมด

พ.ศ.	2557	2558	2559	2560	2561
หัวข้อ					
ผู้ป่วยเด็กทั้งหมด (ราย)	47	60	58	35	62
เพศชาย (ราย)	29 (61.7%)	31 (51.7%)	33 (56.9%)	20 (57.1%)	30 (48.4%)
เพศหญิง (ราย)	18 (38.3%)	29 (48.3%)	25 (43.1%)	15 (43.9%)	32 (52.6%)

ตารางที่ 2 จำนวนผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ต้องได้รับการวางยาสลบ

พ.ศ.	2557	2558	2559	2560	2561
หัวข้อ					
ผู้ป่วยเด็กทั้งหมด (ราย)	47	60	58	35	62
ผู้ป่วยเด็กที่ต้องวางยาสลบ (ราย)	33 (70.2%)	29 (48.3%)	41 (70.7%)	14 (40.0%)	31 (50.0%)

ตารางที่ 3 จำนวนผู้ป่วยมะเร็งเด็กแยกตามอายุ

ปี พ.ศ.	จำนวนผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ต้องวางยาสลบ	อายุ 1-5 ปี	อายุ 6-10 ปี	อายุ 11-15 ปี
2557	33	13 (39.39%)	20 (60.61%)	-
2558	29	21 (72.41%)	8 (27.59%)	-
2559	41	12 (29.27%)	29 (70.73%)	-
2560	14	11 (78.57%)	2 (14.29%)	1 (7.14%)
2561	31	26 (83.87%)	5 (16.13%)	-

จำนวนผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ต้องวางยาสลบและจำนวนผู้ป่วยเด็กที่เข้าร่วมกิจกรรมแล้วสามารถยกเลิกการวางยาสลบได้ภายในระยะเวลา 5 ปี และยังพบว่าผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่สามารถยกเลิกการวางยาสลบในการฉายรังสีได้

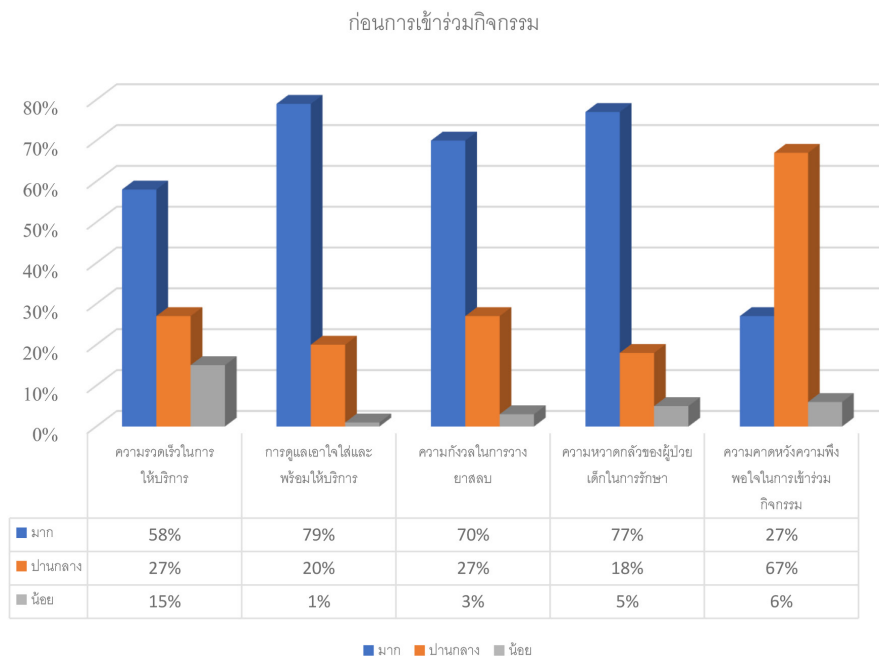
หลังจากที่ฉายรังสีไปได้ 3-10 ครั้ง โดยมีค่าเฉลี่ย 6.3 ครั้ง ซึ่งมีผู้ป่วยเด็ก 122 ราย สามารถยกเลิกการวางยาสลบได้ 26 ราย คิดเป็น 17.6% โดยพบว่าในปี 2560 สามารถยกเลิกการวางยาสลบได้มากถึง 35.7% ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนผู้ป่วยเด็กที่ต้องวางยาสลบตั้งแต่เริ่มต้น จนจบการฉายรังสี

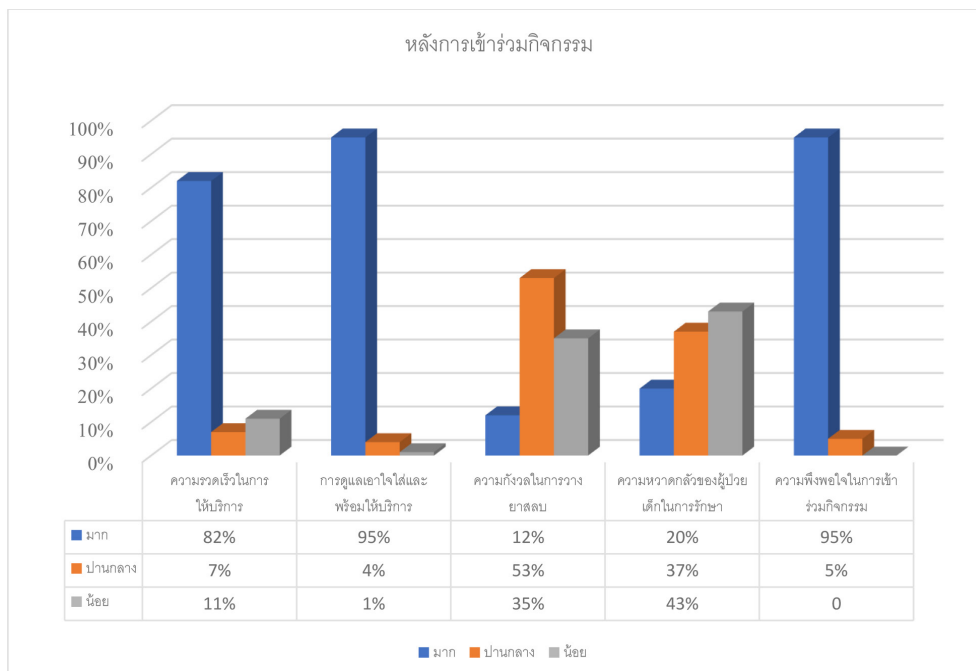
ปี พ.ศ.	จำนวนผู้ป่วยเด็กที่ต้องวางยาสลบ	จำนวนผู้ป่วยเด็กที่ต้องวางยาสลบจนครบ	จำนวนผู้ป่วยเด็กที่เลิกวางยาสลบหลังจากได้ของขวัญ
2557	33	30 (90.9%)	3 (9.1%)
2558	29	26 (89.7%)	3 (10.3%)
2559	41	35 (85.7%)	6 (14.6%)
2560	14	9 (64.3%)	5 (35.7%)
2561	31	22 (71.0%)	9 (29.0%)
รวม	148	122 (82.4%)	26 (17.6%)

ภาพที่ 4 และ 5 แสดงความพึงพอใจระดับ มาก ปานกลาง และน้อย ในหัวข้อต่างๆก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม และจากภาพที่ 6 เปรียบเทียบความพึงพอใจระดับมาก ในหัวข้อความรวดเร็วในการให้บริการ ก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม พบว่าเพิ่มขึ้นจาก 58% เป็น 82% ทำให้ผู้ป่วยเด็กไม่ต้องรอการฉายรังสีนาน เนื่องจากผู้ป่วยเด็กต้องดื่มน้ำและอาหาร และช่วยในเรื่องการ

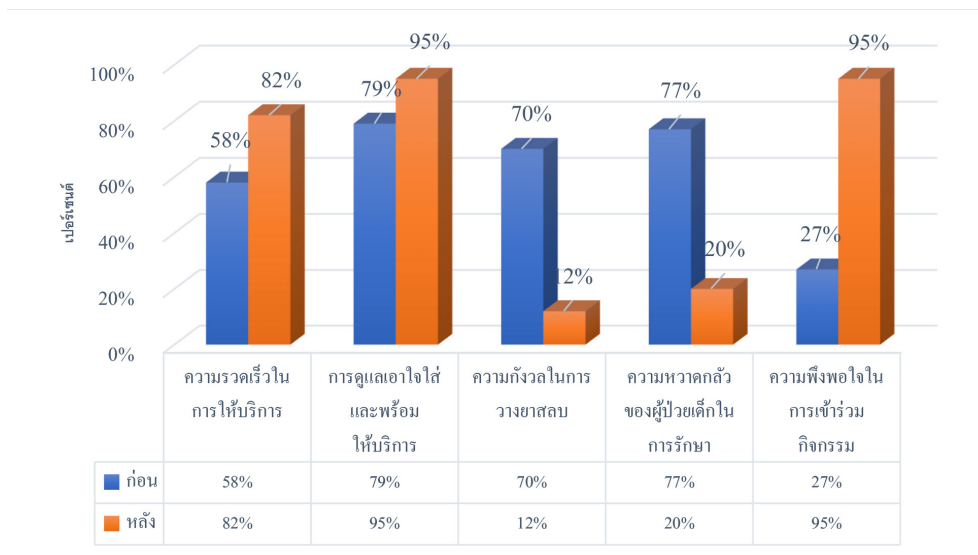
ลดระยะเวลารอคอยในการฉายรังสีตามนโยบายของสาขา รังสีรักษา อีกด้วย การดูแลเอาใจใส่และพร้อมให้บริการเพิ่มขึ้น 79% เป็น 95% ความกังวลใจในการวางยาสลบของผู้ปกครองลดลงจาก 70% เหลือเพียง 12% ความหวาดกลัวของผู้ป่วยเด็กลดลงจาก 77% เหลือ 20% ความพึงพอใจในกิจกรรมเพิ่มขึ้นจาก 27% เป็น 95%



ภาพที่ 4 กราฟความพึงพอใจในหัวข้อต่างๆ ก่อนผู้ป่วยมะเร็งเด็กเข้าร่วมกิจกรรม



ภาพที่ 5 กราฟความพึงพอใจในหัวข้อต่างๆ หลังผู้ป่วยมะเร็งเด็กเข้าร่วมกิจกรรม



ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบความพึงพอใจระดับมากในหัวข้อต่างๆ ก่อนและหลังผู้ป่วยมะเร็งเด็ก

บทวิจารณ์

ผู้ป่วยมะเร็งเด็กที่ต้องได้รับการรักษาด้วยการฉายรังสีร่วมกับการวางยาสลบมีจำนวนค่อนข้างมาก ซึ่งการวางยาสลบอาจจะพบอาการข้างเคียงได้ พบได้ไม่สูงมากแต่ก็สามารถพบได้ ซึ่งพบในงานวิจัยของ Anghelescu^[4] คือ อัตราของภาวะแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการดมยาสลบต่ำ (1.3%) ถึงแม้ว่าจะอยู่ในระดับต่ำแต่หากเกิดขึ้นจะพบความรุนแรงมาก สำหรับการศึกษาในครั้งนี้พบว่าผู้ป่วยที่เข้าร่วมงานวิจัยครั้งนี้สามารถช่วยลดการวางยาสลบในผู้ป่วยมะเร็งเด็กได้ถึง 17.6% เป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Haeberli^[5] ซึ่งสามารถลดการวางยาสลบได้จาก 21.4% ลดลงเหลือ 8.9%

งานวิจัยของ Angstrom-Brannstrom^[6] แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่มีต่อครอบครัวและตัวผู้ป่วยเด็กที่ได้รับการฉายรังสี ทั้งในเรื่องความทุกข์ทรมานใจ ความกังวลใจในการวางยาสลบ ซึ่งพบค่อนข้างมากแต่เมื่อเข้าร่วมงานวิจัยก็สามารถจัดการกับกระบวนการความคิดได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่ผู้ปกครองมีความกังวลใจที่ผู้ป่วยเด็กต้องวางยาสลบขณะฉายรังสี พบว่ามีความ

กังวลใจลดลงอย่างเห็นได้ชัด (ก่อนและหลังเข้าร่วมวิจัยมีความกังวลใจ 70% และ 12% ตามลำดับ)

จากการทำแบบประเมินของผู้ปกครองมีความพึงพอใจมากและทำให้มีกำลังใจในการดูแลผู้ป่วยเพิ่มขึ้น มีความมั่นใจในการรักษาและทำให้คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นซึ่งมีแนวทางเดียวกับงานวิจัยของ Vlachioti^[7] ซึ่งพบว่าเด็กและวัยรุ่นที่ป่วยเป็นมะเร็งเมื่อจบการรักษามีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและได้รับกำลังใจจากครอบครัวและคนรอบข้าง

ความหวาดกลัวของผู้ป่วยเด็กทำให้เด็กไม่ให้ความร่วมมือในการรักษา เช่น ร้องไห้ พบได้บ่อยและมีสถิติสูงถึง 77% ซึ่งมีความสอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่ได้ศึกษาเรื่อง ที่พบว่าความเครียดและความกังวลใจในผู้ป่วยมะเร็งเกิดขึ้นกับตัวผู้ป่วยหรือผู้ปกครองมีค่อนข้างสูงจากงานวิจัยของ Opasrattanakorn^[8] ซึ่งประเมินเรื่องความเครียดของผู้ป่วยโรคมะเร็งโพรงจมูก พบว่าความเครียดของผู้ป่วยมากที่สุด 49% ปานกลาง 35% และน้อยที่สุด 16%

เรื่องอายุของผู้ป่วยมะเร็งเด็กยังเป็นอีกปัจจัยที่อาจผลกับการตมยาได้ เช่น ตำแหน่งของ tumor และ เด็กอายุน้อยที่ไม่สามารถให้ความร่วมมือได้หรือกรณีที่ผู้ป่วยไม่รู้สติ อาจจะต้องวางยาสลบอยู่ดี อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อผู้ป่วยปกครองและผู้ป่วยเด็กหลังจากเข้าร่วมกิจกรรมนี้แล้ว ให้ความหวาดกลัวของผู้ป่วยเด็กน้อยลงเหลือเพียง 20% เท่านั้น นอกจากนั้นความพึงพอใจสำหรับกิจกรรมนี้ยังมีมากถึง 95%

ข้อสรุป

สำหรับผู้ป่วยเด็กยังมีเข้ามารับการรักษาโรคมะเร็งด้วยรังสีมีจำนวนมากและหลายรายต้องได้รับการวางยาสลบทำให้กระทบต่อคุณภาพชีวิตแก่ผู้ป่วยและผู้ปกครอง จากการศึกษาพบว่าทำให้กำลังใจและ

ช่วยลดความกังวลใจในการวางยาสลบทั้งผู้ป่วยปกครองและตัวผู้ป่วยเอง ทำให้ผู้ป่วยสามารถร่วมมือในการฉายรังสีได้มากขึ้น และสามารถลดจำนวนผู้ป่วยที่ต้องได้รับการตมยาสลบในการฉายรังสี ซึ่งอาจทำให้ผู้ป่วยมะเร็งเด็กมีคุณภาพชีวิตและสุขภาพจิตที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.พญ.กาญจนา โชติเลอศักดิ์ อ.พญ.ชนมณีนภา นันทวิทยา อ.นพ.ทัศน์พงศ์ รวยยาว และ อ.ดร.พญ.อนุสสร่า ประยงค์รัตน์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาและช่วยขัดเกลารายการเขียนบทความนี้ ขอขอบพระคุณของขวัญของรางวัลที่มอบให้กับผู้ป่วยเด็กซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากงบประมาณจากกลุ่มงาน PCT รังสีรักษา รวมทั้งบุคลากรในหน่วยงานรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา

เอกสารอ้างอิง

1. อ.พญ. อนุสสร่า ส่งทอง, รศ.พญ. กาญจนา โชติเลอศักดิ์. เอกสาร มะเร็ง ในเด็ก (Pediatric cancer) [Internet]. 2016. Available from: <http://www.chulacancer.net>
2. Ward E, DeSantis C, Robbins A, Kohler B, Jemal A. Childhood and adolescent cancer statistics, 2014. CA Cancer J Clin. 2014;64:83–103.
3. Parker WA, Freeman CR. A simple technique for craniospinal radiotherapy in the supine position. Radiother Oncol. 2006;78:217–22.
4. Anghelescu DL, Burgoyne LL, Liu W, Hankins GM, Cheng C, Beckham PA, et al. Safe anesthesia for radiotherapy in pediatric oncology: St. Jude Children's Research Hospital experience, 2004–2006. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2008;71: 491–7.
5. Haeberli S, Grotzer MA, Niggli FK, Landolt MA, Linsenmeier C, Ammann RA, et al. A psychoeducational intervention reduces the need for anesthesia during radiotherapy for young childhood cancer patients. Radiat Oncol. 2008;3:17.
6. Angstrom-Brannstrom C, Engvall G, Mullaney T, Nilsson K, Wickart-Johansson G, Svard A-M, et al. Children undergoing radiotherapy: Swedish parents' experiences and suggestions for improvement. PLoS One. 2015;10: e0141086.
7. Vlachioti E, Matziou V, Perdikaris P, Mitsiou M, Stylianou C, Tsoumakas K, et al. Assessment of quality of life of children and adolescents with cancer during their

treatment. Jpn J Clin Oncol. 2016;46: 453–61.

8. Opasrattanakorn, S, Detprapon, M, Sumdaengrit B. Stress and Coping of

Nasopharyngeal Carcinoma Patients Receiving Concurrent Treatment. Rama Nurs J. 2015;21:158-171.

การพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนดขอบเขตอัตโนมัติ
ของอวัยวะข้างเคียงปกติบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลอง
การรักษาผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอ

Deep learning model development for auto-delineation of organ
at risks on CT simulation images in head and neck cancer

รัฐพงษ์ นันทาแพร์¹, ฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก^{1,2}

¹สาขาฟิสิกส์การแพทย์ ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

²ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

นิพนธ์ผู้ประสานงาน

รัฐพงษ์ นันทาแพร์

สาขาฟิสิกส์การแพทย์ ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

อีเมล: rutthapongn61@nu.ac.th

Rutthapong Nantaprae¹, Titipong Kaewlek^{1,2}

¹*Medical physics program, Department of radiological technology, Faculty of allied health sciences, Naresuan University*

²*Department of radiological technology, Faculty of allied health sciences, Naresuan University*

Corresponding author

Rutthapong Nantaprae

*Medical physics program, Department of radiological technology, Faculty of allied health sciences, Naresuan University,
Muang, Phitsanulok, Thailand 65000*

E-mail: rutthapongn61@nu.ac.th

Submitted: Oct 31, 2020

Revised: Jan 5, 2020

Accepted: Feb 2, 2020

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: ในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอที่รักษาด้วยการฉายรังสี การกำหนดขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติมีความสำคัญต่อการวางแผนการรักษา เนื่องจากอวัยวะข้างเคียงปกตินี้อาจสูญเสียการทำงาน หากได้รับปริมาณรังสีสูงเกินขีดจำกัด โดยปกติการกำหนดขอบเขตถูกกำหนดโดยแพทย์รังสีรักษาแต่มีข้อจำกัดเช่น ใช้เวลาการกำหนดขอบเขตนาน มีความแปรปรวนภายในและระหว่างแพทย์ผู้กำหนดขอบเขต รวมถึงประสบการณ์ของแพทย์

วัตถุประสงค์: เพื่อพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนดขอบเขตอัตโนมัติของอวัยวะข้างเคียงปกติบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอ และประเมินโมเดลที่พัฒนาขึ้น

วัสดุและวิธีการ: ศึกษาโดยใช้ข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา และข้อมูลการกำหนดขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติเป็นข้อมูลสอนโมเดล ใช้รูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่ายยูเน็ตและพีเจอาร์พีระมิตเน็ตเวิร์ค (เอฟพีเอ็น) ร่วมกับโมเดลแบคโบนแบบวีจีจี19 สอนโมเดลด้วยวิธีปรับจูน และวิธีการถ่ายทอดการเรียนรู้ ประเมินโมเดลด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน (ดีเอสซี) ค่าระยะห่าง 95 เปอร์เซ็นไทล์ฮาวดรอฟ (95% เอชดี) ประเมินเวลาฝึก และเวลาทำนายมาส์ก

ผลการศึกษา: โมเดล ที่ยูวีจีจี19 และ เอฟเอฟวีจีจี19 ให้ผลค่าดีเอสซีของแต่ละอวัยวะข้างเคียงปกติมากกว่า 0.80 ยกเว้นในต่อน้ำลายข้างกกหูทั้งสองข้าง และไขสันหลังที่ให้ค่าดีเอสซีมากกว่า 0.72 ผลการประเมินระยะ 95% เอสดี ของแต่ละอวัยวะข้างเคียงปกติมีค่าน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ยกเว้นในขากรรไกรล่างและต่อน้ำลายข้างกกหูทั้งสองข้างมีค่าน้อยกว่า 4 มิลลิเมตร เวลาเฉลี่ยในการทำนายมาส์ก เท่ากับ 1.286 และ 1.534 วินาทีต่อภาพ สำหรับโมเดลที่ยูวีจีจี 19 และเอฟเอฟวีจีจี 19 ตามลำดับ

ข้อสรุป: โมเดลที่พัฒนาขึ้นสามารถให้ผลการทำนายมาส์กที่ดี ประเมินด้วยค่าดีเอสซี 95% เอชดี ได้ใกล้เคียงกับการศึกษาอื่นก่อนหน้านี้ และสามารถทำนายมาส์กได้อย่างรวดเร็ว

คำสำคัญ: สถาปัตยกรรมโครงข่ายยูเน็ต สถาปัตยกรรมโครงข่ายพีเจอาร์พีระมิตเน็ตเวิร์ค (เอฟพีเอ็น) การถ่ายทอดการเรียนรู้และการปรับจูน

Abstract

Backgrounds: The organs at risk (OARs) delineation process has an important role in treatment planning for head and neck radiation therapy. Overdose to these OARs may cause long term functional loss. In clinic practice, OARs are usually delineated by Radiation Oncologist (RO). Nevertheless, it takes a long time and depends on RO experience. Moreover, intra-inter observer variation is observed.

Objective: To develop a deep learning model for auto-delineation of OARs on head and neck cancer patients computed tomography images and evaluating the performance of the model.

Materials and Methods: Head and neck computed tomography simulation images and DICOM structure radiation therapy were used for training deep learning models. The models were developed by using U-Net architecture and Features Pyramid Networks (FPN) architecture. The architectures were modified by using the VGG19 backbone. Fine tune method and Transfer

learning method were used to train deep learning models. The models were evaluated by Dice Similarity Coefficient (DSC), 95 percentile Hausdorff Distance (95%HD), the time of model training, and the time of model auto-predictions.

Results: The averages DSC results of the TUVGG19 model and FFVGG19 were more than 0.80 for all the OARs, except DSC of both parotid glands and spinal cord were more than 0.72. The averages 95% HD were less than 2 millimeters for all the OARs, except 95% HD of mandible and both parotid glands were not more than 4 millimeters. The average times to predict mask were 1.286 and 1.534 seconds per image for the TUVGG19 model and FFVGG19 model, respectively.

Conclusion: Deep learning models for auto-delineation of OARs have been developed. They showed good prediction performance. The results were evaluated by DSC value and 95%HD likewise the value of previous studies and fast predictions mask.

Keywords: U-Net architecture, Features Pyramid Network (FPN) architecture, Transfer learning and fine tune

J Thai Assoc Radiat Oncol 2021; 27(1): R12-R28

บทนำ

ปัจจุบันมีแนวทางการรักษามะเร็งหลายแนวทางการรักษาด้วยการฉายรังสีเป็นหนึ่งในวิธีการรักษาที่ได้รับการยอมรับ สำหรับอวัยวะบริเวณที่มีความซับซ้อนทางกายวิภาคศาสตร์ เช่น บริเวณศีรษะและลำคอ เนื่องจากวิธีการรักษาอื่นเช่น การผ่าตัด ทำได้ยากและอาจมีผลกระทบหลังการรักษามากกว่า บริเวณศีรษะและลำคอมีตำแหน่งที่จะเกิดโรคมะเร็งได้หลายตำแหน่ง เช่น มะเร็งหลังโพรงจมูก หลอดอาหาร กล่องเสียง ต่อมไทรอยด์ ลิ้น และต่อมน้ำลายข้างกกหู ซึ่งโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ เหล่านี้พบได้มากในผู้ป่วยมะเร็งชาวไทย จากสถิติผู้ป่วยมะเร็งที่เข้ารับบริการที่สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ่ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ปี 2562^[1] พบว่ามีจำนวนผู้ป่วยมะเร็งชนิดต่างๆ ที่กล่าวข้างต้นรวมมากถึง 453 ราย

กระบวนการรักษาผู้ป่วยมะเร็งด้วยการฉายรังสีประกอบด้วยหลายขั้นตอน^[2] ได้แก่ การจัดทำจำลองการรักษา การกำหนดขอบเขตเป้าหมายและอวัยวะข้างเคียงปกติ การวางแผนการรักษาและการกำหนดปริมาณรังสี การประกันคุณภาพก่อนการฉายรังสี การฉายรังสี และการติดตามการรักษา ซึ่งแต่ละกระบวนการดังกล่าวมานั้นมีความเกี่ยวข้องกัน หากมีความคลาดเคลื่อนของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการอื่นของการรักษา เช่น การฉายรังสีเพื่อทำลายเซลล์มะเร็งที่บริเวณศีรษะและลำคอหากมีการกำหนดขอบเขตเป้าหมายและอวัยวะข้างเคียงปกติที่ใหญ่หรือเล็กกว่าขนาดจริง จะส่งผลกระทบต่อวางแผนการรักษาและการกำหนดปริมาณรังสี ซึ่งอาจส่งผลให้ก้อนมะเร็งอาจได้รับปริมาณรังสีน้อยกว่าที่กำหนด ทำให้ไม่สามารถทำลายเซลล์มะเร็งได้ หรืออวัยวะข้างเคียงปกติอาจจะได้รับ

ปริมาณรังสีเกินขีดจำกัดได้ ซึ่งส่งผลให้อวัยวะข้างเคียงปกติสูญเสียการทำงานปกติได้ มีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษามะเร็งด้วยวิธีการฉายรังสี เช่น การเกิดภาวะน้ำลายแห้ง (xerostomia)^[3] การตายของกระดูกขากรรไกรหลังการฉายรังสี (post extraction osteoradionecrosis)^[4] การเกิดความผิดปกติต่อดวงตาและระบบประสาทตา^[5] การเกิดอาการผิดปกติจากการสูญเสียการทำงานของก้านสมองและไขสันหลัง^[6] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งให้ความสนใจกับขั้นตอนของการกำหนดขอบเขตของอวัยวะข้างเคียงปกติ

การกำหนดขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติในปัจจุบันถูกกำหนดโดยแพทย์รังสีรักษา แต่มีข้อจำกัดคือ ขั้นตอนการกำหนดขอบเขตใช้ระยะเวลานาน มีความแปรปรวนระหว่างและภายในแพทย์ผู้กำหนดขอบเขต และมีปัจจัยด้านประสบการณ์ของแพทย์ร่วมด้วย^[7] มีหลายการศึกษาก่อนหน้านี้ได้พัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนดขอบเขตของอวัยวะข้างเคียงปกติบริเวณศีรษะและลำคอ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดข้อจำกัดในการกำหนดขอบเขตที่กล่าวข้างต้น จากการทบทวนวรรณกรรม การศึกษาของ Wu X. และคณะ^[8] ศึกษาการกำหนดขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติอัตโนมัติด้วยวิธีการ Automatic Anatomy Recognition สร้างโมเดลการกำหนดขอบเขตหลายวัตถุบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สำหรับการวางแผนการรักษาบริเวณศีรษะและลำคออัตโนมัติ การศึกษาของ Ibragimov B. และ Xing L.^[9] ศึกษาการแบ่งส่วนอวัยวะข้างเคียงปกติในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์บริเวณศีรษะและลำคอ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันในการตรวจจับตำแหน่งลักษณะภาพจากรูปแบบความเข้มรอบ Voxel ของอวัยวะข้างเคียงปกติที่สนใจบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computed Tomography: CT) การศึกษาของ Zhu W. และคณะ^[10] พัฒนาโมเดล Anatomy Net สำหรับการแบ่งส่วนปริมาตรทางกายวิภาคศาสตร์บริเวณศีรษะและลำคออัตโนมัติ กำหนดขอบเขตอัตโนมัติของปริมาตรอวัยวะข้างเคียงปกติได้ 9 อวัยวะ โดยใช้โครงสร้างสถาปัตยกรรมโครงข่าย 3D

U-net เป็นโครงข่ายหลักของโมเดลและเพิ่มการปรับปรุงส่วนการเข้ารหัสและการถอดรหัสของโมเดล และใช้ฟังก์ชันการสูญเสียแบบใหม่ จากที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่นำมาช่วยลดข้อจำกัดในขั้นตอนกำหนดขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติได้ และมีรูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่ายอีกหลายรูปแบบที่น่าสนใจรวมถึงรูปแบบวิธีการสอนโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนดขอบเขตอัตโนมัติของอวัยวะข้างเคียงปกติบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษาที่ใช้รูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่าย U-net^[11] และ Features Pyramid Networks (FPN)^[12] และประเมินโมเดลที่พัฒนาขึ้น

วัตถุประสงค์และวิธีการศึกษา

วัสดุอุปกรณ์

เครื่องมือสำหรับการศึกษาที่ใช้งาน Kaggle Virtual Machines ที่มีลักษณะการทำงานเป็น Jupyter notebooks สำหรับเขียนโปรแกรม ใช้งาน segmentation model library^[13] บนพื้นฐานโครงสร้าง Keras (tensor flow) สำหรับการสร้างรูปสถาปัตยกรรมโครงข่าย และใช้งาน Dicom-contour library^[14] สำหรับการแปลงภาพ DICOM และข้อมูลการกำหนดขอบเขตบนภาพ DICOM ให้อยู่ในรูปแบบอาร์เรย์

ข้อมูลภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์วางแผนการรักษาประกอบด้วยภาพ CT และข้อมูลการกำหนดขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติจากฐานข้อมูลสาธารณะออนไลน์ The Cancer Image Achieve ในชุดข้อมูล Head-Neck-PET-CT^[15] จาก 4 สถาบันที่แตกต่างกันใน Québec จำนวน 101 ราย และจากชุดข้อมูล TCGA-HNSC^[16] จำนวน 1 ราย

วิธีการ

การศึกษานี้ดำเนินการพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนดขอบเขตอัตโนมัติของอวัยวะ

ข้างเคียงปกติบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์วางแผนการรักษาด้วยสถาปัตยกรรมโครงข่าย U-Net และ FPN กำหนดศึกษาใน 7 อวัยวะข้างเคียงปกติ ได้แก่ brain stem, left eye globe, right eye globe, mandible, left parotid gland, right parotid gland และ spinal cord การดำเนินงานประกอบด้วยขั้นตอนการเตรียมข้อมูล การพัฒนาโมเดล การทดสอบและประเมินผล มีรายละเอียด ดังนี้

1. เตรียมข้อมูล image และ mask

1.1 การเตรียมข้อมูลภาพ CT

เนื่องจากภาพ CT เป็นภาพ DICOM ที่ข้อมูลของแต่ละ pixel อยู่รูปแบบ Hounsfield Unit (HU) ซึ่งเป็นค่าข้อมูลที่มีช่วงค่อนข้างกว้าง (-1000, 1000 HU) แต่อวัยวะข้างเคียงปกติที่สนใจศึกษามีความแตกต่างของเนื้อเยื่อกับบริเวณโดยรอบน้อย จึงกำหนดข้อมูลภาพ CT นำเข้าในรูปแบบของ window ที่เหมาะสม และเพื่อให้สามารถแยกขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติที่ชัดเจนขึ้น กำหนดให้ภาพ input มีขนาด 512, 512, 3 โดยแต่ละ channel คือภาพ 1 window ได้แก่ brain window, soft tissue window และ bone window

1.2 การเตรียมข้อมูล mask

นำข้อมูลจากชุดข้อมูล DICOM RT Structure มาแยกข้อมูลขอบเขตของอวัยวะข้างเคียงปกติที่สนใจศึกษาให้อยู่ในรูปแบบ mask array โดยใช้ DICOM-contour library จากนั้นแปลงเป็นภาพลักษณะ binary image สำหรับแต่ละอวัยวะข้างเคียงปกติ แล้วทำการรวมภาพลักษณะ binary image เป็น 1 ชุดภาพ มีขนาดเป็น 512, 512, 7 กำหนดให้แต่ละ channel เป็นภาพ binary image ของแต่ละอวัยวะข้างเคียงปกติที่สนใจ

1.3 การแบ่งชุดข้อมูล

ข้อมูลที่เตรียมจากข้อ 1.1 และ 1.2 จะถูกแบ่งเป็น 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ 1. ชุดข้อมูลสำหรับการสอนโมเดล จำนวน 75 ราย (เป็นภาพ CT และ ภาพ mask จำนวนอย่างละ 7,683 ภาพ) 2. ชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบโมเดล 12 ราย (เป็นภาพ CT และ ภาพ mask

จำนวนอย่างละ 1,136 ภาพ) และ 3. ชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบโมเดล 15 ราย (เป็นภาพ CT และ ภาพ mask อย่างละ 1,504 ภาพ) ข้อมูลภาพทั้งหมดแสดงการกระจายความถี่ mask ของข้อมูลแต่ละอวัยวะข้างเคียงปกติ แสดงดังภาพที่ 1

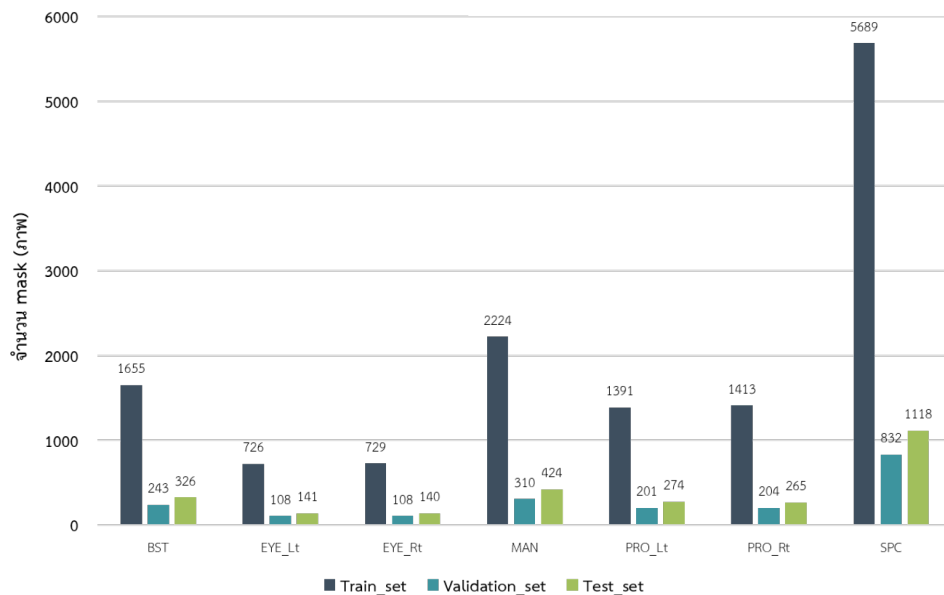
2.การพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนดขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติ

2.1 สถาปัตยกรรมโครงข่าย ทำการสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่มีรูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่ายแบบ U-Net และ FPN โดยใช้ segmentation model library เลือกใช้โมเดล backbone แบบ VGG19 สำหรับทั้งสองรูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่าย

2.1.1 สถาปัตยกรรมโครงข่าย U-Net ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วน down sampling และส่วน up sampling แสดงดังภาพที่ 2

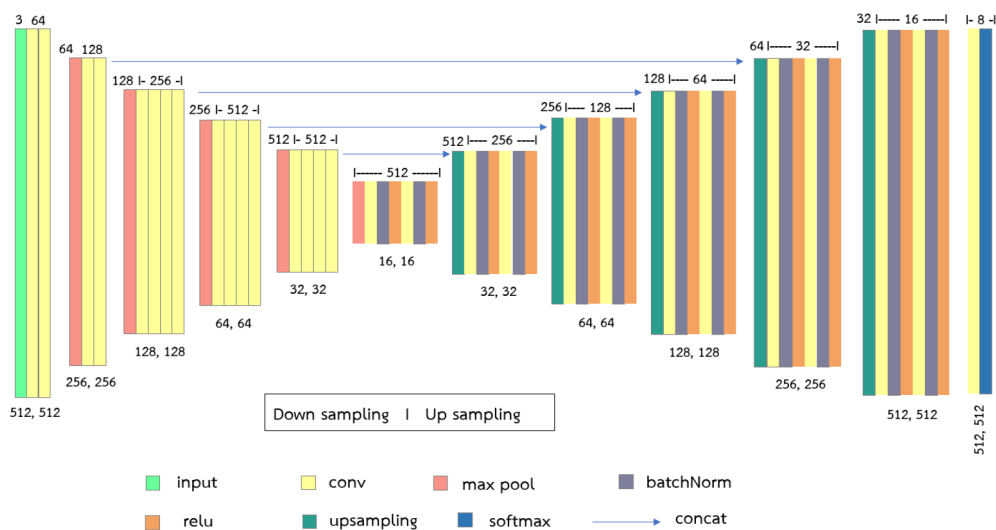
ส่วนของ down sampling ใช้โมเดล backbone แบบ VGG19 ประกอบด้วย 5 block ใน block ที่ 1 และ 2 ประกอบด้วยชั้นคอนโวลูชัน 2 ชั้นเชื่อมต่อกับชั้น pooling 1 ชั้น ใน block ที่ 3 ถึง 5 ประกอบด้วยชั้นคอนโวลูชัน 4 ชั้น ตามด้วยชั้น pooling 1 ชั้น

ส่วนของ up sampling ประกอบด้วย 5 block ที่สัมพันธ์กับส่วน down sampling โดยแต่ละ block ประกอบด้วย ชั้นคอนโวลูชัน ชั้น batch normalization และชั้น activation (Relu) จำนวน block ละ 2 ชุดตามด้วยชั้น up sampling ยกเว้นใน block 5 ที่ไม่เชื่อมต่อด้วยชั้น up sampling แต่เชื่อมต่อด้วยชั้นคอนโวลูชันและชั้น activation (soft max) การเชื่อมกันในส่วนของ down sampling และ up sampling เชื่อมต่อด้วย block ตรงกลางระหว่างสองส่วน เรียกว่า center block มีการเรียงของชั้นดำเนินการเหมือนกับส่วนของ up sampling ใน block ที่ 1 ถึง 4 และใช้วิธี concatenation ในการเชื่อมต่อ feature map ระหว่าง block ที่ 2 ถึง 5 ในส่วน down sampling กับ block ที่ 1 ถึง 4 ในส่วน up sampling



ภาพที่ 1 การกระจายความถี่ mask อวัยวะข้างเคียงปกติของชุดข้อมูลสอน ชุดข้อมูลตรวจสอบ และชุดข้อมูลทดสอบ

คำย่อ: BST = brain stem, EYE_Lt = left eye globe, EYE_Rt = right eye globe, MAN = mandible, PRO_Lt = left parotid gland, PRO_Rt = right parotid gland, SPC = spinal cord



ภาพที่ 2 รูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่าย U-Net

คำย่อ: conv = convolution layer, max pool = max pooling layer, batchNorm = batch normalization layer, relu = rectified linear activation function layer, upsampling = upsampling layer, softmax = soft max activation function layer, concat = concatenation

2.1.2 สถาปัตยกรรมโครงข่าย FPN ประกอบด้วย การเชื่อมต่อของชั้นดำเนินการ 3 แนวได้แก่ bottom-up (BU), top-down (TD) และแนว lateral I, II (L-I, L-II) การเชื่อมต่อของแนว BU ใช้โมเดล backbone แบบ VGG19 เช่นเดียวกับส่วน down sampling ของ สถาปัตยกรรมโครงข่าย U-Net ประกอบด้วย 5 block แสดงดังภาพที่ 3

การเชื่อมต่อในแนว L-I ใช้ผลลัพธ์จากชั้น คอนโวลูชันสุดท้ายของ block 2 BU ถึง block 5 BU และผลลัพธ์จากชั้น max pooling ของ block 5 BU ถูกนำมาคอนโวลูชันด้วย kernel ขนาด (1, 1) ได้ผลลัพธ์ แสดงเป็น block 2 L-I ถึง block 5 L-I สำหรับการ คอนโวลูชันของ block 2 BU ถึง block 5 BU ตามลำดับ และผลลัพธ์ที่ได้จากการคอนโวลูชันชั้น max pooling ใน block 5 BU จะถูกใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการ ดำเนินการในแนวการเชื่อมต่อ TD

การเชื่อมต่อในแนว TD ใช้ผลลัพธ์จากการ เชื่อมต่อในแนว L-I ของชั้น max pooling ใน block 5 BU เป็นข้อมูลเริ่มต้นเพื่อทำการ up sampling ผลลัพธ์ จากการ up sampling ในขั้นนี้จะถูกรวมเข้ากับผลลัพธ์ block 5 L-I ด้วยวิธีการ add ผลที่ได้แสดงเป็นผลลัพธ์ ของ block 5 TD จากนั้นผลลัพธ์นี้จะถูก up sampling และรวมกับผลของ block 4 L-I ด้วยวิธีการ add ผลที่ได้ แสดงเป็นผลลัพธ์ของ block 4 TD จากนั้นใช้รูปแบบการ เชื่อมต่อลักษณะเดียวกันกับ block 3 L-I กับ ผล up sampling ของ block 4 TD แสดงเป็นผลลัพธ์ของ block 3 TD และ block 2 L-I กับ ผล up sampling ของ block 3 TD แสดงเป็นผลลัพธ์ของ block 2 TD ตามลำดับ

การเชื่อมต่อในแนว L-II ใช้ผลลัพธ์ของ block 2 TD ถึง block 5 TD ถูกดำเนินการด้วยชั้นคอนโวลูชัน ชั้น batch normalization และชั้น activation (Relu) สำหรับแต่ละ block TD ละ 2 ชุด ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้ แสดงเป็น block 2 L-II ถึง block 5 L-II โดยผลลัพธ์ block 3 L-II ถึง block 5 L-II จะถูก up sampling ด้วย kernel ขนาด (2, 2), (4, 4), (8, 8) ตามลำดับ ผลลัพธ์

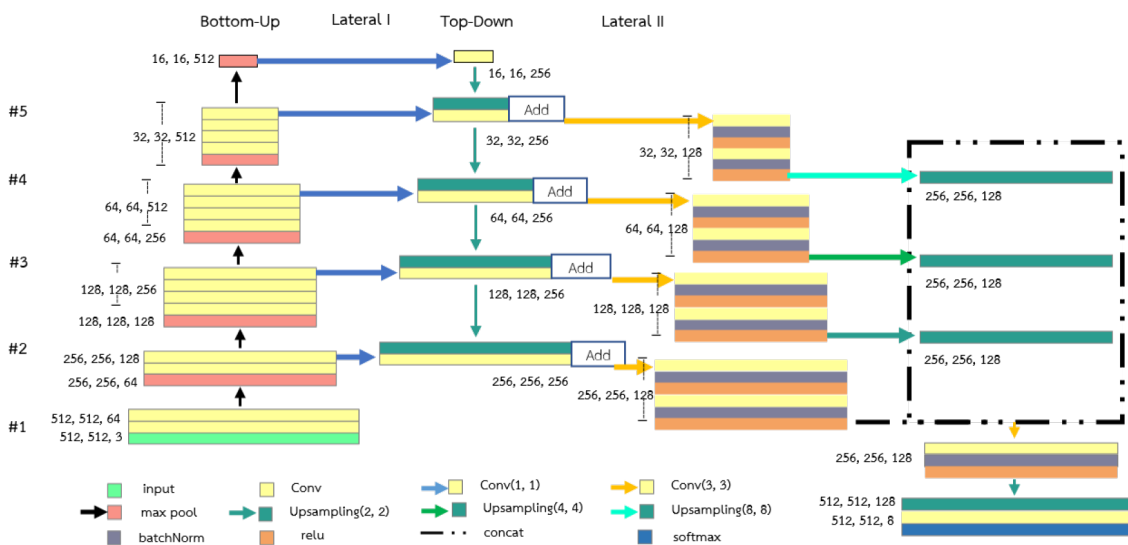
จากการดำเนินการ up sampling ถูกเชื่อมผสานเข้ากับ ผลลัพธ์ block 2 L-II ด้วยวิธีการ concatenation ผลลัพธ์ที่ได้จากการ concatenation จะถูกนำมาดำเนินการ ด้วยชั้นคอนโวลูชัน ชั้น batch normalization ชั้น activation (Relu) แล้วทำการ up sampling ตามด้วยการคอนโวลูชัน และใช้ชั้น activation (soft max) เพื่อทำนายผลลัพธ์ การเชื่อมต่อของสถาปัตยกรรม พีเจอาร์พีระมิดแสดงดังภาพที่ 3

2.2 การสอนโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนด ขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติบริเวณศีรษะและลำคอ แบ่งออกเป็น 2 วิธี ในแต่ละสถาปัตยกรรมโครงข่าย วิธีที่ 1 สอนโมเดลด้วยวิธี fine tune (ค่าพารามิเตอร์ของ โมเดลที่สัมพันธ์กับโมเดล backbone แบบ VGG19 ซึ่งมีค่า weight ที่ถูกสอนด้วยชุดข้อมูล ImageNet 2012 ILSVRC^[17] ถูกนำมาใช้เป็นค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น ของโมเดล) และวิธีที่ 2 สอนโมเดลโดยใช้วิธีการถ่ายทอด การเรียนรู้^[18] ด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก ImageNet (ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลที่สัมพันธ์กับโมเดล backbone แบบ VGG19 ถูกตรึง (freeze) เป็นพารามิเตอร์ของ โมเดล) โมเดลสำหรับการศึกษานี้จึงมีด้วยกัน 4 โมเดล ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1 ขั้นตอนการสอน ทำการกำหนดอัตราการเรียนรู้ที่ 0.0001 กำหนด batch size = 4 สำหรับขั้นตอนการสอน (train) และ batch size = 1 ในขั้นตอนการตรวจสอบ (validation) กำหนด epoch = 20 เลือกใช้ Adam optimizer เลือกใช้ Dice Loss + Categorical Focal Loss เป็นฟังก์ชันการ สูญเสีย และกำหนดให้หยุดการฝึกเมื่อค่า validation loss ไม่มีการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องกัน 3 ครั้ง

3. การทดสอบและการวัดผล

3.1 การประเมินความถูกต้องการทำงานของ โมเดล

ดำเนินการประเมินผลความเหมือนของ ภาพ mask array จากการกำหนดขอบเขตอวัยวะ ข้างเคียงปกติจากโมเดลที่พัฒนาขึ้นกับ mask array



ภาพที่ 3 รูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่าย FPN

คำย่อ: conv = convolution layer, conv (1,1) = convolution kernel size 1x1 layer, conv (3,3) = convolution kernel size 3x3 layer, max pool = max pooling layer, batchNorm = batch normalization layer, relu = rectified linear activation function layer, upsampling (2,2) = upsampling kernel size 2x2 layer, upsampling (4,4) = upsampling kernel size 4x4 layer, upsampling (8,8) = upsampling kernel size 8x8 layer, softmax = soft max activation function layer, concat = concatenation, Add = addition method

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก

Models	Total parameters	Trainable parameters	Non-trainable parameters
FUVGG19	29,062,984	29,058,952	4,032
TUVGG19	29,062,984	9,034,568	20,028,416
FFVGG19	22,890,312	22,888,008	2,304
TFVGG19	22,890,312	2,863,624	20,026,688

คำย่อ: FUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, TUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, FFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19, TFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19

จากการกำหนดขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติด้วยการวาดมือในการวางแผนการรักษา ด้วยภาพลักษณะ 2 มิติ (2D CT) ของบริเวณศีรษะและลำคอ โดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบตามที่กำหนดไว้ในข้อ 1.3

การเปรียบเทียบความเหมือนเชิงรูปร่างถูกคำนวณหาค่า Dice Similarly Coefficient (DSC)^[19] แสดงการคำนวณดังสมการ 1 และการเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ของ mask array ทั้งสองในรูปแบบระยะห่างของขอบ mask ถูกคำนวณด้วยค่า 95 Percentile Hausdorff Distance (95%HD)^[19] แสดงการคำนวณดังสมการ 2

$$DSC = \frac{2|A \cap B|}{|A| + |B|} \quad (1)$$

เมื่อ $|A|$ และ $|B|$ เป็นพื้นที่ของ mask ที่ได้จากการทำนายและ mask อ้างอิง และ $|A \cap B|$ เป็นพื้นที่ที่ซ้อนทับกันของ mask จากการทำนายและ mask อ้างอิง โดยค่า DSC เท่ากับ 1 ถ้า mask ของ 2 ชุด ซ้อนทับกันอย่างสมบูรณ์ และเท่ากับ 0 ถ้า mask ของ 2 ชุด ไม่ซ้อนทับกัน

$$d_{H, r}(x, y) = K_r \left\{ \min_{y \in Y} d(x, y) \right\}, \forall x \in X \quad (2)$$

$$d_{H, r}(x, y) = \frac{d_{H, r}(x, y) + d_{H, r}(y, x)}{2} \quad (3)$$

เมื่อ K_r คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ใช้ในการคำนวณ (95 Percentile) และ $d(x, y)$ คือ ระยะทางระหว่าง จุด x บนเส้นแสดงรูปร่างขอบเขต mask จากการทำนายและจุด y บนเส้นแสดงรูปร่างขอบเขต mask อ้างอิง

3.2 การประเมินเวลา

ดำเนินการประเมินระยะเวลาการฝึกจากการจับเวลาการเริ่มต้นถึงเสร็จสิ้นการฝึกในแต่ละ epoch และประเมินระยะเวลาการทำนายภาพ โดยการนำข้อมูลภาพ CT เข้าสู่โมเดลแล้วให้โมเดลทำนายภาพผลลัพธ์

mask array ของแต่ละโมเดล ทำการจับเวลาด้วย time library แล้วหาผลต่างของระยะเวลาที่ได้จากการบันทึกเวลาเริ่มการทำนายของโมเดล และเวลาการทำนายแล้วเสร็จของโมเดล

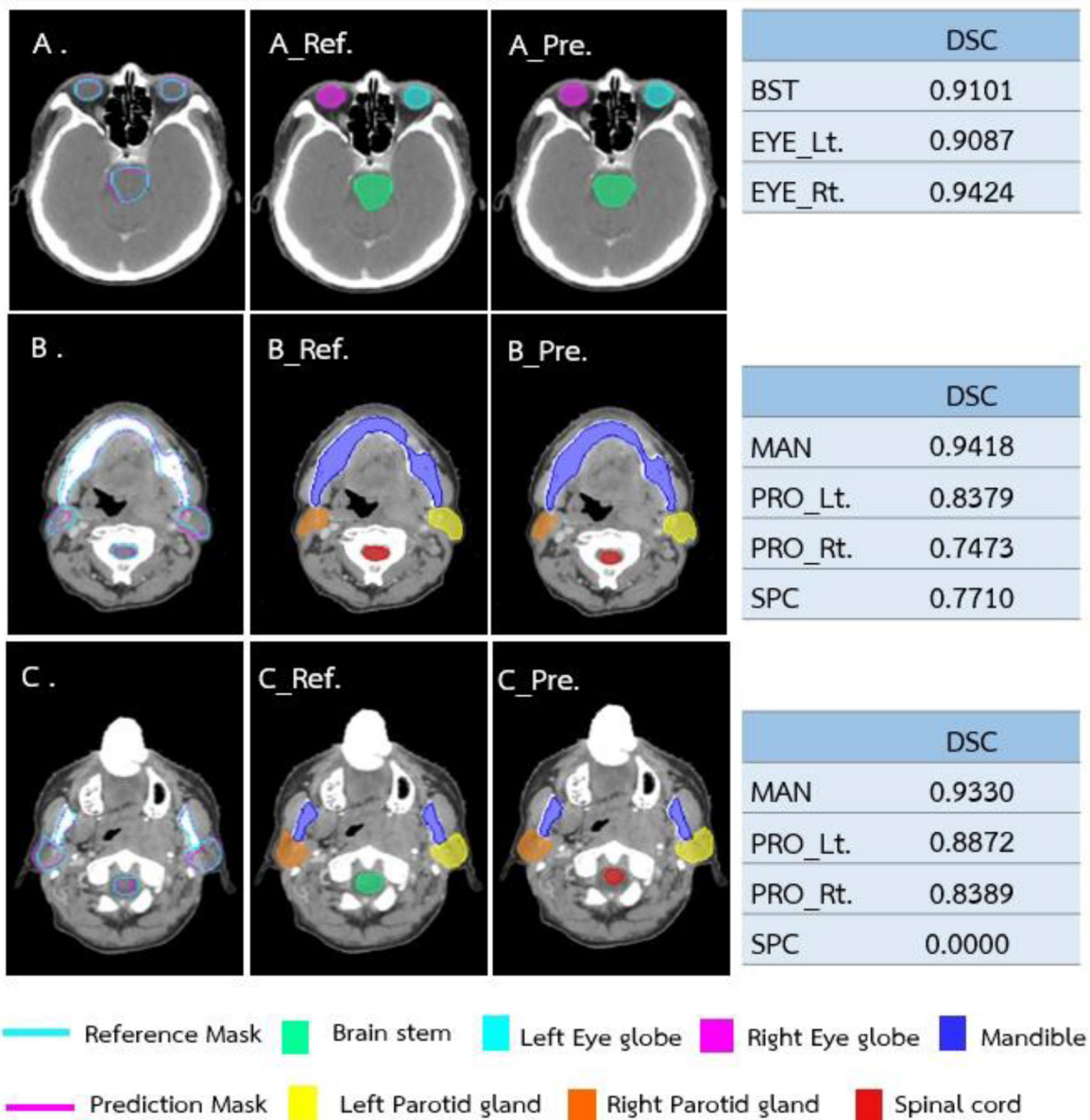
ผลการศึกษา

ผลการทำนาย mask จากโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนดขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติบริเวณศีรษะและลำคอที่พัฒนาขึ้นแสดงตัวอย่างผลของการทำนายดังภาพที่ 4 พบว่า เมื่อเทียบกับ mask อ้างอิงในภาพที่ 4A_Ref, 4B_Ref กับภาพ 4A_Pre, 4B_Pre โมเดลสามารถทำนาย mask ได้ดี แต่มีการทำนายผิดพลาดในบางภาพ CT ดังแสดงในภาพเปรียบเทียบระหว่างภาพ 4C_Ref กับภาพที่ 4C_Pre ผลพบการทำนายผิดของโมเดลว่าเป็น spinal cord แต่ในความเป็นจริงแล้วเป็นภาพ mask อ้างอิงของ brain stem นอกจากนี้แล้วผลการทำนาย mask ของทั้ง 4 โมเดลบนภาพจำนวน 15 ชุด พบว่ามี 1 ชุดข้อมูลที่ไม่สามารถให้ผลการทำนาย mask ได้ ดังนั้น การศึกษาในส่วนของคุณค่า DSC และ 95%HD ของการศึกษานี้จะคำนวณเฉพาะข้อมูลใน 14 ชุดข้อมูลที่สามารถทำนาย mask ได้เท่านั้น

ผลการประเมินความเหมือนของ mask ที่ทำนายจากชุดข้อมูลภาพ CT กลุ่มทดสอบ จากการคำนวณค่า DSC จากภาพการทำนาย 7 อวัยวะข้างเคียงปกติ เปรียบเทียบกับภาพอ้างอิง ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 5

พบว่าโมเดล TUVGG19 ให้ค่าเฉลี่ย DSC สูงที่สุดในอวัยวะข้างเคียงปกติ brain stem, left eye globe, right eye globe และ mandible มีค่าเฉลี่ยของ DSC เท่ากับ 0.815 ± 0.052 , 0.869 ± 0.040 , 0.864 ± 0.056 และ 0.887 ± 0.030 ตามลำดับ

โมเดล FVGG19 มีค่าเฉลี่ยของ DSC สูงที่สุดในอวัยวะข้างเคียงปกติ left parotid gland และ spinal cord มีค่าเฉลี่ยของ DSC เท่ากับ 0.746 ± 0.082 และ 0.792 ± 0.050 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ตัวอย่างผลการทำนาย mask และค่า DSC จากโมเดล TUVGG19

คำย่อ: ภาพ 4A - 4C แสดงเส้นขอบเขตของ mask อ้างอิง (สีฟ้า) และ mask ที่ได้จากโมเดล (สีชมพู), ภาพ 4A_Ref - 4C_Ref แสดงพื้นที่ mask อ้างอิง, ภาพ 4A_Pre - 4C_Pre แสดงพื้นที่ mask จากการทำนายของโมเดล, BST = brain stem, EYE_Lt = left eye globe, EYE_Rt = right eye globe, MAN = mandible, PRO_Lt = left parotid gland, PRO_Rt = right parotid gland, SPC = spinal cord

โมเดล FUVGG19 มีค่าเฉลี่ย DSC สูงที่สุดในอวัยวะข้างเคียงปกติ right parotid gland มีค่าเฉลี่ยของ DSC เท่ากับ 0.760 ± 0.095

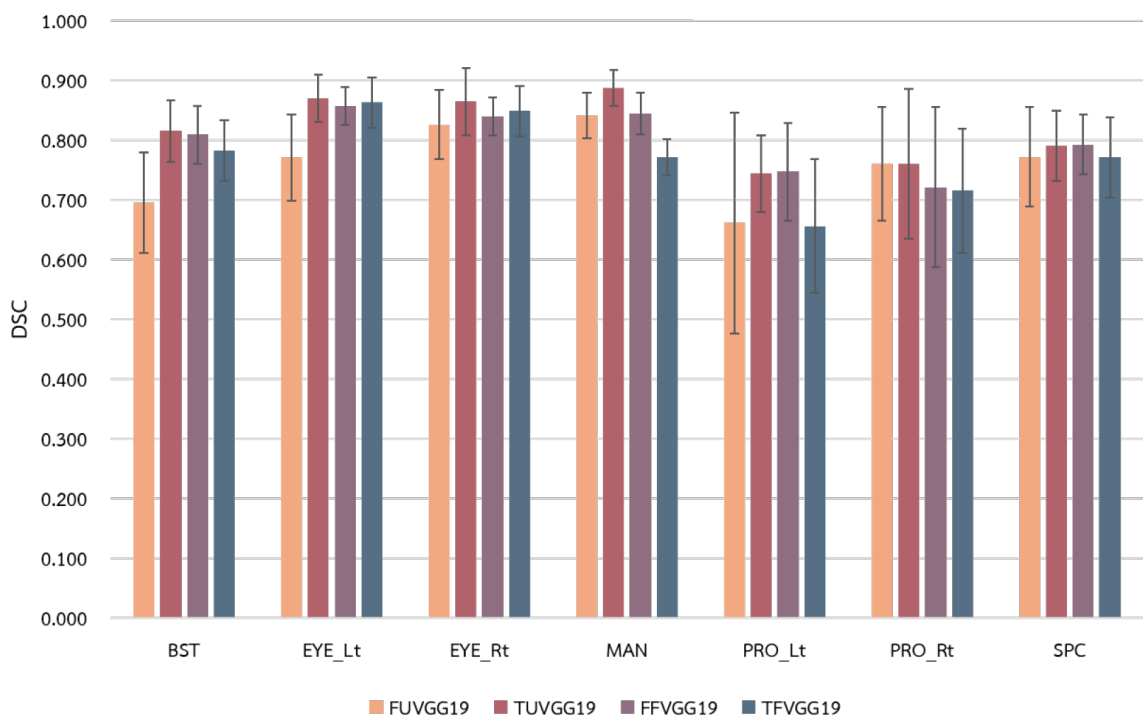
ผลการประเมินระยะห่างของขอบเขต mask ที่ทำนายจากชุดข้อมูลภาพ CT กลุ่มทดสอบ ผลการคำนวณค่า 95%HD แสดงดังภาพที่ 6

ผลของโมเดล FUVGG19 มีค่าเฉลี่ย 95%HD ต่ำที่สุดในอวัยวะข้างเคียงปกติ mandible, right parotid gland และ spinal cord มีค่าเฉลี่ย 95%HD เท่ากับ 3.288 ± 1.241 , 3.008 ± 0.960 และ 1.209 ± 0.281 มิลลิเมตร ตามลำดับ

โมเดล TUVGG19 มีค่าเฉลี่ย 95%HD ต่ำที่สุดในอวัยวะข้างเคียงปกติ brain stem และ right eye globe มีค่าเฉลี่ย 95%HD เท่ากับ 1.764 ± 0.486 และ 1.079 ± 0.242 มิลลิเมตร ตามลำดับ

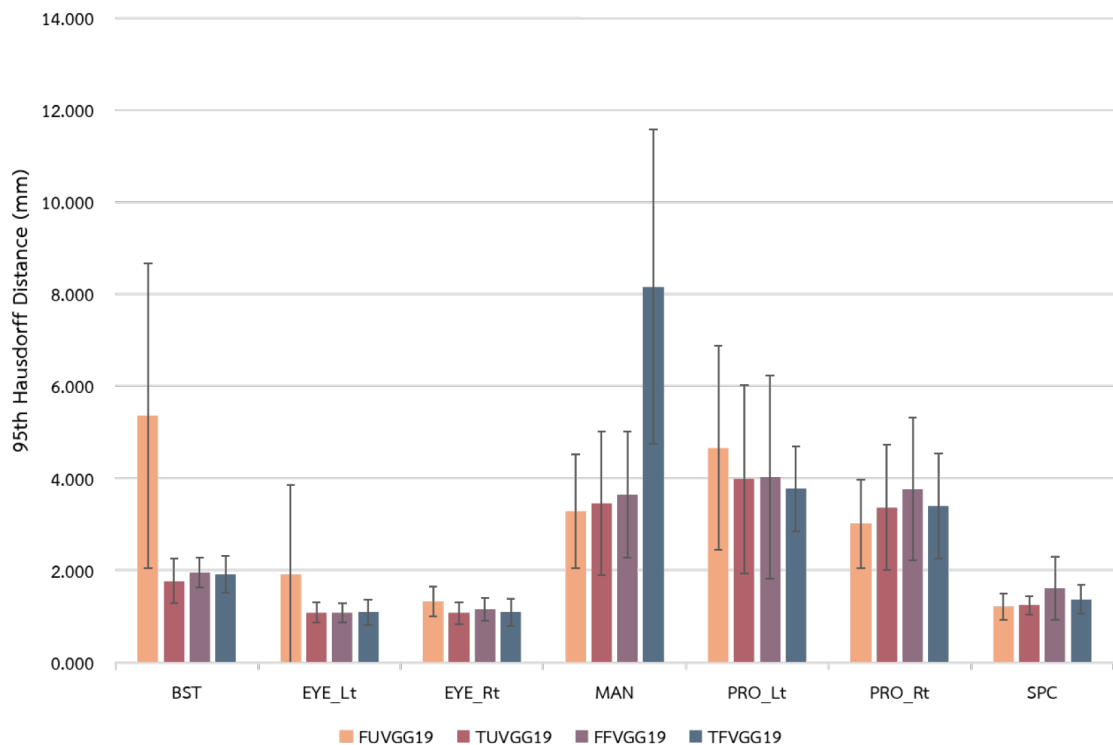
โมเดล FFVGG19 มีค่าเฉลี่ย 95%HD ต่ำที่สุดในอวัยวะข้างเคียงปกติ left eye globe มีค่าเฉลี่ย 95%HD เท่ากับ 1.075 ± 0.212 มิลลิเมตร

โมเดล TFVGG19 มีค่าเฉลี่ย 95%HD ต่ำที่สุดในอวัยวะข้างเคียงปกติ left parotid gland ค่าเฉลี่ย 95%HD เท่ากับ 3.770 ± 0.919 มิลลิเมตร



ภาพที่ 5 ค่า DSC เฉลี่ยของแต่ละอวัยวะข้างเคียงปกติที่ถูกทำนายด้วยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก 4 โมเดล

คำย่อ: FUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, TUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, FFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19, TFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19, BST = brain stem, EYE_Lt = left eye globe, EYE_Rt = right eye globe, MAN = mandible, PRO_Lt = left parotid gland, PRO_Rt = right parotid gland, SPC = spinal cord



ภาพที่ 6 ค่าเฉลี่ย 95%HD ของแต่ละอวัยวะข้างเคียงปกติที่ถูกทำนายด้วยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก 4 โมเดล

คำย่อ: FUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, TUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, FFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19, TFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19, BST = brain stem, EYE_Lt = left eye globe, EYE_Rt = right eye globe, MAN = mandible, PRO_Lt = left parotid gland, PRO_Rt = right parotid gland, SPC = spinal cord

ผลการประเมินเวลาการทำงานของโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนดขอบเขตอัตโนมัติของอวัยวะข้างเคียงปกติ ข้อมูลเวลาการสอนโมเดลและข้อมูลเวลาการทำนาย mask ของแต่ละโมเดล แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าโมเดลที่สอนโดยใช้วิธีการ transfer learning ใช้เวลาน้อยกว่าการสอนโมเดลด้วยวิธีการ fine tune ทั้งใน 2 รูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่าย (U-Net และ FPN) เวลาลดลง 258.4 และ 296 วินาทีต่อ epoch ตามลำดับ

เวลาการทำนาย mask ของโมเดลที่ถูกสอนด้วยวิธี transfer learning และวิธีการ fine tune มีความใกล้เคียงกันทั้งสองวิธีในแต่ละสถาปัตยกรรมโครงข่าย โดย

โมเดลที่ใช้สถาปัตยกรรมโครงข่าย U-Net ใช้เวลาในการทำนาย mask น้อยกว่าโมเดลที่ใช้ FPN

บทวิจารณ์

การศึกษานี้ได้ทำการพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนดขอบเขตอัตโนมัติของอวัยวะข้างเคียงปกติบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์วางแผนการรักษา โดยใช้รูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่าย 2 รูปแบบ ได้แก่ U-Net และ FPN และใช้โมเดล backbone แบบ VGG 19 ร่วมกับ

ตารางที่ 2 เวลาการสอนและเวลาการทำนาย mask ของโมเดล

Models	Training time (second per epoch)	Prediction time (second per image)
FUVGG19	737.2	1.307
TUVGG19	478.8	1.286
FFVGG19	1056	1.534
TFVGG19	760	1.430

คำย่อ: FUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, TUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, FFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19, TFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19

การสอน 2 วิธี ได้แก่ วิธี fine tune และ วิธี transfer learning ด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก ImageNet

พบว่ามียางภาพ ให้ผลการทำนาย mask ผิดพลาดจาก mask อ้างอิงที่ถูกกำหนดว่าเป็น brain stem เป็นอวัยวะข้างเคียงปกติ spinal cord ในกรณีนี้จากการศึกษาพบว่ามักเกิดในบริเวณรอยต่อขอบบนของ spinal cord กับขอบล่างของ brain stem มีสาเหตุมาจากชุดข้อมูลสอนซึ่งถูกเก็บมาจากหลายแหล่งข้อมูล ซึ่งการกำหนดขอบเขตส่วนขอบบนและขอบล่างของ spinal cord และ brain stem ไม่ชัดเจน แม้ว่าการปฏิบัติทางคลินิกมีการแนะนำตามคู่มือการกำหนดขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติอย่างชัดเจนที่ให้กำหนดขอบบนของ spinal cord ที่ตำแหน่ง Tip of dens ของ C2 ซึ่งพบว่ามี ความคลาดเคลื่อนของขอบเขตนี้เช่นเดียวกับการศึกษาของ van der Veen J. และคณะ^[7] หากมีการเพิ่มชุดข้อมูลสำหรับการสอนในส่วนนี้จะช่วยลดความแปรปรวนของการกำหนดขอบเขตดังกล่าวนี้ได้

จากผลการทดลองพบว่าทั้ง 4 โมเดล มี 1 ชุดข้อมูล การทดสอบจากทั้งหมด 15 ชุดข้อมูลที่ไม่สามารถทำนาย mask ได้ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของข้อมูลกลุ่มทดสอบทั้ง 15 ชุด พบว่าข้อมูลชุดที่ไม่สามารถทำนาย

mask ได้ มีขนาด Field of View (FOV) เท่ากับ 320×320 มิลลิเมตร ต่างจากชุดข้อมูลอีก 14 ชุด ที่มีขนาด FOV อยู่ในช่วง 522×522 มิลลิเมตร ถึง 650×650 มิลลิเมตร ซึ่งมีความใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับขนาด FOV ของชุดข้อมูลในการสอนโมเดล ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าขนาดของ FOV เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการทำนายของโมเดลที่พัฒนาขึ้น โดยแนะนำให้ใช้ทำนายภาพ CT ที่มีขนาด FOV ตั้งแต่ 500 ถึง 600 มิลลิเมตร จึงจะทำให้โมเดลสามารถทำนายผล mask ได้

จากผลการศึกษาการประเมินความเหมือนของ mask ที่ทำนายจากชุดข้อมูลภาพ CT กลุ่มทดสอบ ทั้ง 14 ชุด ข้อมูล จากการประเมินค่า DSC พบว่าโมเดลที่สามารถทำนาย mask แล้วให้ค่า DSC สูง คือ โมเดล TUVGG19 และ FFVGG19 ที่ให้ค่า DSC มากกว่า 0.80 ยกเว้นใน parotid ทั้ง 2 ข้างและ spinal cord ที่ให้ค่า DSC มากกว่า 0.72 และมีแนวโน้มผลการทำนายที่ให้ค่า DSC ใกล้เคียงกับผล DSC จากการศึกษาก่อนหน้านี้ ดังแสดงในตารางที่ 3

จากผลการคำนวณค่า DSC พบว่าโมเดล TUVGG19 และ FFVGG19 สามารถทำนายได้ดีในอวัยวะข้างเคียงปกติที่มีความแตกต่างของเนื้อเยื่อสูงได้ดีกว่าการทำนาย

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย DSC จากโมเดล TUVGG19, FFVGG19 และค่า DSC จากการศึกษาท่อน้ำ (หน่วย: ร้อยละ)

Organs	Wu X. ^[8]	Ibragimov B. ^[9]	Zhu W. ^[10]	Chen A. ^[20]	TUVGG19	FFVGG19
BST	NA	NA	86.65±2.00	80.30	81.50 ± 5.20	80.90 ± 4.80
EYE_Lt	NA	88.40±2.70	NA	NA	86.90 ± 4.00	85.70± 3.10
EYE_Rt	NA	87.70±3.70	NA	NA	86.40 ± 5.60	83.90 ± 3.20
MAN	89.00	89.50±3.60	92.51±2.00	91.70	88.70 ± 3.00	84.40 ± 3.50
PRO_Lt	77.00	76.60±6.10	88.07±2.00	81.10	74.40 ± 6.40	74.70 ± 8.20
PRO_Rt	76.00	77.90±5.40	87.35±4.00	81.40	76.00± 12.50	72.00 ± 3.40
SPC	NA	87.00±3.20	NA	NA	79.00 ± 5.90	79.20 ± 5.00

คำย่อ: FUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, TUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, FFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19, TFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19, BST = brain stem, EYE_Lt = left eye globe, EYE_Rt = right eye globe, MAN = mandible, PRO_Lt = left parotid gland, PRO_Rt = right parotid gland, SPC = spinal cord, NA = not available

ในอวัยวะที่มีความแตกต่างของเนื้อเยื่อต่ำสุดคล้อยกับผลค่า DSC จากการศึกษาของ Wu X. และคณะ^[8] และ Ibragimov B. และ Xing L.^[9] แม้ว่าในการศึกษานี้จะใช้วิธีการเตรียมข้อมูลภาพที่กำหนดค่า windows ในชุดข้อมูลภาพ CT นำเข้า โดยพบว่าการเลือกใช้ soft tissue windows ยังไม่สามารถช่วยให้โมเดลแยกขอบเขตของ parotid glands กับเนื้อเยื่อโดยรอบได้ดีเท่าที่ควร การกำหนดค่าข้อมูลภาพ CT นำเข้าด้วย bone windows และ brain windows โมเดลที่พัฒนาขึ้นสามารถแยกขอบเขตอวัยวะข้างเคียงปกติในบริเวณที่สัมพันธ์กับทั้ง 2 windows นี้ให้ผลค่อนข้างดี นอกจากนี้พบว่าโมเดล TUVGG19 ที่ใช้สถาปัตยกรรมโครงข่าย U-Net สอนโมเดลด้วยวิธีการ transfer learning ให้ผลค่า DSC สูงกว่าการสอนด้วยวิธีการ fine tune ในขณะที่โมเดล FFVGG19 ที่ใช้สถาปัตยกรรมโครงข่าย FPN ให้ผลค่า DSC สูงในวิธีการสอนที่ตรงข้ามกับโมเดล TUVGG19 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่า DSC รูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่ายและวิธีการสอน พบว่าการเลือกใช้รูปแบบ

สถาปัตยกรรมโครงข่ายและวิธีการสอนที่ทำให้โมเดลมีค่าพารามิเตอร์ที่สามารถสอนได้ในจำนวนที่เหมาะสมจะส่งผลให้โมเดลมีการเรียนรู้ได้ดีและสามารถทำนาย mask ได้ถูกต้อง เช่น โมเดล TUVGG19 มีจำนวนพารามิเตอร์ที่สามารถสอนได้เหมาะสมกว่า โมเดล FUVGG19 ที่มีจำนวนพารามิเตอร์ที่สอนได้มากเกินไป หรือโมเดล FFVGG19 มีจำนวนพารามิเตอร์ที่สามารถสอนได้เหมาะสมกว่าโมเดล TFVGG19 ที่มีจำนวนพารามิเตอร์ที่สอนได้น้อยเกินไป

จากผลการประเมินระยะห่างขอบเขต mask ที่ทำนายจากชุดข้อมูลภาพ CT กลุ่มทดสอบ ผลการวัดค่า 95%HD พบว่า mask ของอวัยวะข้างเคียงปกติจากโมเดลที่มีผลค่า DSC สูง จะส่งผลให้มีค่า 95%HD ที่ต่ำกว่า โมเดลที่ให้ผลค่า DSC ต่ำ โดยค่า 95%HD จากโมเดล TUVGG19 และโมเดล FFVGG19 มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาท่อน้ำแสดงดัง**ตารางที่ 4**

จากผลการประเมินเวลาการทำงานของโมเดล พบว่าโมเดลที่ใช้วิธีการสอนโดยวิธีการ transfer learning ใช้

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย 95%HD จากโมเดล FUVGG19 และโมเดล FVGG19 และค่าเฉลี่ย 95%HD จากการศึกษาท่อน้ำ (หน่วย: มิลลิเมตร)

Organs	Wu X. ^[8]	Ibragimov B. ^[9]	Zhu W. ^[10]	TUVGG19	FFVGG19
BST	NA	5.15	6.42 ± 2.38	1.76 ± 0.49	1.95 ± 0.32
EYE_Lt	NA	NA	NA	1.08 ± 0.22	1.08 ± 0.21
EYE_Rt	NA	NA	NA	1.07 ± 0.24	1.16 ± 0.24
MAN	1.60	2.49	6.28 ± 2.21	3.45 ± 1.56	3.65 ± 1.36
PRO_Lt	3.25	6.97	9.31 ± 3.32	3.98 ± 2.05	4.02 ± 2.21
PRO_Rt	3.23	6.43	10.08 ± 5.09	3.37 ± 1.36	3.77 ± 1.56
SPC	NA	NA	NA	1.24 ± 0.20	1.61 ± 0.68

คำย่อ: FUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, TUVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม U-net โมเดล backbone แบบ VGG19, FFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี fine tune รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19, TFVGG19 = โมเดลที่สอนด้วยวิธี transfer learning รูปแบบสถาปัตยกรรม FPN โมเดล backbone แบบ VGG19, BST = brain stem, EYE_Lt = left eye globe, EYE_Rt = right eye globe, MAN = mandible, PRO_Lt = left parotid gland, PRO_Rt = right parotid gland, SPC = spinal cord, NA = not available

เวลาน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการสอนด้วยวิธี fine tune ทั้ง 2 รูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่าย ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนพารามิเตอร์ กล่าวคือวิธีการ transfer learning ทำให้จำนวนพารามิเตอร์ที่สามารถสอนได้ในแต่ละสถาปัตยกรรมโครงข่ายลดลง จึงทำให้ใช้เวลาในการสอนลดลง ในขณะที่เวลาการทำนาย mask ของโมเดลมีความแตกต่างตามรูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่าย เวลาการทำนาย mask ของโมเดลในรูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่ายเดียวกันที่ใช้วิธีการสอนที่ต่างกัน มีความต่างเพียงเล็กน้อย เนื่องจากการศึกษานี้ทำการศึกษาผ่าน virtual machines บนระบบออนไลน์ทำให้มีความคลาดเคลื่อนของเวลาจากการประมวลผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

สรุป

การพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับกำหนดขอบเขตอัตโนมัติของอวัยวะข้างเคียงปกติบริเวณศีรษะและลำคอ จากการใช้รูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่าย

U-Net โมเดล backbone แบบ VGG19 สอนโมเดลด้วยวิธีการ transfer learning และ FPN โมเดล backbone แบบ VGG19 สอนโมเดลด้วยวิธี fine tune ให้ผลการกำหนดขอบเขตที่มีค่า DSC มากกว่า 0.80 ในอวัยวะข้างเคียงปกติ brain stem, left and right eye globe, mandible และมีค่า DSC มากกว่า 0.72 ใน left and right parotid glands และ spinal cord ผลการประเมินค่า 95%HD น้อยกว่า 2 มิลลิเมตรในอวัยวะข้างเคียงปกติ brain stem, left and right eye globes, spinal cord และค่า 95%HD น้อยกว่า 4 มิลลิเมตร ในอวัยวะข้างเคียงปกติ mandible, left and right parotid gland เวลาในการทำนาย 1.286 และ 1.534 วินาทีต่อภาพ ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับสถานที่ทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ่ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์. สถิติผู้ป่วยที่มาใช้บริการที่สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา 20 อันดับโรค (ราย) ปี 2562. 2562 [cited 27 ตุลาคม 2563]. Available from: <https://www.chulacancer.net/service-statistics-inner.php?id=699>.
2. Merlotti A, Alterio D, Vigna-Taglianti R, Muraglia A, Lastrucci L, Manzo R, et al. Technical guidelines for head and neck cancer IMRT on behalf of the Italian association of radiation oncology - head and neck working group. *Radiat Oncol* 2014;9:264.
3. Dirix P, Nuyts S. Evidence-based organ-sparing radiotherapy in head and neck cancer. *Lancet Oncol* 2010;11:85-91.
4. Thariat J, Ramus L, Maingon P, Odin G, Gregoire V, Darcourt V, et al. Dentalmaps: automatic dental delineation for radiotherapy planning in head-and-neck cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2012;82:1858-65.
5. Mayo C, Martel MK, Marks LB, Flickinger J, Nam J, Kirkpatrick J. Radiation dose-volume effects of optic nerves and chiasm. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;76:S28-35.
6. Kirkpatrick JP, van der Kogel AJ, Schulteiss TE. Radiation dose-volume effects in the spinal cord. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;76:S42-9.
7. van der Veen J, Willems S, Deschuymer S, Robben D, Crijs W, Maes F, et al. Benefits of deep learning for delineation of organs at risk in head and neck cancer. *Radiother Oncol* 2019;138:68-74.
8. Wu X, Udupa JK, Tong Y, Odhner D, Pednekar GV, Simone CB, 2nd, et al. Auto-contouring via automatic anatomy recognition of organs at risk in head and neck cancer on CT images. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng* 2018;10576.
9. Ibragimov B, Xing L. Segmentation of organs-at-risks in head and neck CT images using convolutional neural networks. *Med Phys* 2017;44:547-57.
10. Zhu W, Huang Y, Zeng L, Chen X, Liu Y, Qian Z, et al. AnatomyNet: Deep learning for fast and fully automated whole-volume segmentation of head and neck anatomy. *Med Phys* 2018;46.
11. Ronneberger O, Fischer P, Brox T. U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. 2015;9351:234-41.
12. Lin T, Dollár P, Girshick R, He K, Hariharan B, Belongie S, editors. Feature Pyramid Networks for object detection. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR); 2017 21-26 July 2017.
13. Yakubovskiy P. Segmentation Models 2018 [cited 2020 Oct 27]. Available from: <https://segmentation-models.readthedocs.io/en/latest/>.
14. Turgutlu K. dicom-contour 2018 [cited 2020 Oct 27]. Available from: <https://github.com/KeremTurgutlu/dicom-contour>.

15. Head-Neck-PET-CT [Internet]. Available from: <https://wiki.cancerimagingarchive.net/display/Public/Head-Neck-PET-CT>.
16. TCGA-HNSC [Internet]. [cited Oct 27]. Available from: <https://wiki.cancerimagingarchive.net/display/Public/TCGA-HNSC>.
17. IMAGENET Large Scale Visual Recognition Challenge 2012 (ILSVRC2012) [cited 2020 Oct 29]. Available from: <http://image-net.org/challenges/LSVRC/2012/index#data>.
18. Transfer learning & fine-tuning 2020 [updated 2020 May 12; cited 2020 Oct 29]. Available from: https://keras.io/guides/transfer_learning/.
19. Ren X, Xiang L, Nie D, Shao Y, Zhang H, Shen D, et al. Interleaved 3D-CNNs for joint segmentation of small-volume structures in head and neck CT images. *Med Phys* 2018;45:2063-75.
20. Chen A, Dawant BM. Multi-atlas approach for the automatic segmentation of multiple structures in head and neck CT images. *The MIDAS 2016*.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความพึงพอใจหม้อต้มและเตาอบสำหรับขึ้นรูป หน้ากากในงานรังสีรักษา

Comparison of the effectiveness and satisfaction of water bath and oven for mask molding in radiotherapy

ศุภกร สุวรรณไตร¹, อภิราม ตรัสงค์¹, วณัฐ แจ่มประจักษ์¹, เภาวรินทร์ ขยายวงศ์¹, พันทิwa อุณหศิริ²

¹สาขาวิชารังสีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

²สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

ผู้พิมพ์ประสานงาน

พันทิwa อุณหศิริ

สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย 1873 ถนน พระราม 4 เขตปทุมวัน แขวงปทุมวัน
กรุงเทพมหานคร 10330

อีเมล: nim_1000d@hotmail.com

Supakorn Suwannatrai¹, Aphiram Treesong¹, Wanutuch Jangprajak¹, Paowarin Khayaiwong¹, Puntiva Oonsiri²

¹Division of Radiological Technology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand

²Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, King Chulalongkorn Memorial Hospital, The Thai Red Cross Society, Bangkok, Thailand

Corresponding author

Puntiva Oonsiri

Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, King Chulalongkorn Memorial Hospital, The Thai Red Cross Society, Bangkok, Thailand

email: nim_1000d@hotmail.com

Submitted: January 7, 2021

Revised: March 3, 2021

Accepted: March 25, 2021

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: หน้ากากเป็นอุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วยสำหรับงานรังสีรักษา การขึ้นรูปหน้ากากสามารถใช้หม้อต้มหรือเตาอบหน้ากากเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนเพื่อให้หน้ากากเทอร์โมพลาสติกอ่อนตัวก่อนจะนำมาขึ้นรูปตามรูปร่างผู้ป่วย

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความพึงพอใจของหม้อต้มและเตาอบในการขึ้นรูปหน้ากากสำหรับงานรังสีรักษา

วัสดุและวิธีการ: ทดสอบประสิทธิภาพของหม้อต้มและเตาอบหน้ากาก แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ 1) ระยะเวลาในการเตรียมอุณหภูมิ 2) ระยะเวลาในการอุ่นหน้ากาก และ 3) ระยะเวลาในการขึ้นรูปหน้ากาก โดยทำการรวบรวมข้อมูลการใช้หน้ากากเทอร์โมพลาสติกจากผู้ป่วยจำนวน 20 ราย ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงกันยายน 2563 โดยแบ่งการใช้หน้ากากที่ใช้กับหม้อต้มและเตาอบออกเป็น หน้ากากสันแบบใช้งานครั้งแรก หน้ากากยาวแบบใช้งานครั้งแรก หน้ากากสันแบบนำกลับมาใช้ซ้ำ และหน้ากากยาวแบบนำกลับมาใช้ซ้ำ นอกจากนี้ได้ประเมินความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์ต่อการใช้หม้อต้มและเตาอบหน้ากากด้วย

ผลการศึกษา: ผลการทดสอบประสิทธิภาพของหม้อต้มและเตาอบ พบว่า 1) ระยะเวลาในการเตรียมอุณหภูมิให้คงที่ 67 องศาเซลเซียส ของหม้อต้มจะใช้เวลานานกว่าเตาอบ คือ เฉลี่ย $2,772.0 \pm 20.8$ วินาที และ 103.3 ± 5.8 วินาที ตามลำดับ 2) ระยะเวลาในการอุ่นหน้ากากด้วยหม้อต้มจะใช้เวลาน้อยกว่าเตาอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3) ระยะเวลาในการขึ้นรูปของหน้ากากจากการอุ่นด้วยหม้อต้มและเตาอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการประเมินความพึงพอใจพบว่า โดยรวมนักรังสีการแพทย์พอใจกับการใช้หม้อต้มอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ในเรื่องระยะเวลาในการขึ้นรูปหน้ากาก ระยะเวลาการคืนรูปของหน้ากาก และการปรับแต่งหน้ากากเฉพาะส่วน ส่วนการใช้เตาอบเกิดความพึงพอใจมากที่สุด เรื่องความสะอาดของหน้ากากและการทำความสะอาดอุปกรณ์

ข้อสรุป: ประสิทธิภาพในการขึ้นรูปหน้ากากจากการใช้หม้อต้มและเตาอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน นักรังสีการแพทย์พึงพอใจหม้อต้มมากที่สุดในเรื่องการปรับแต่งหน้ากากเฉพาะส่วน และพึงพอใจเตาอบมากที่สุดเกี่ยวกับเรื่องความสะอาดของหน้ากาก

คำสำคัญ: หม้อต้มหน้ากาก เตาอบหน้ากาก หน้ากากเทอร์โมพลาสติก การจำลองการรักษา อุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วย

Abstract

Backgrounds: Thermoplastic masks are used for patient immobilization in radiotherapy. Water bath and dry heat oven are used for thermoplastic masks warming before molding on the patient's skin.

Objective: To compare the effectiveness and satisfaction between water bath and dry heat oven for thermoplastic mask molding in radiotherapy.

Materials and methods: The effectiveness of the water bath and the oven was examined in 3 categories: 1) preheat time, 2) mask warming time, and 3) mask molding time. The data of 20 patient who used thermoplastic masks were collected from August to September 2020. The thermoplastic masks were separated to new short mask, new long mask, reused short mask, and

reused long mask. In addition, the satisfaction survey of usage a water bath and an oven for thermoplastic mask molding was evaluated by questionnaire from the radiotherapists.

Results: The results of effectiveness of the water bath and the oven were: 1) The average preheat time to 67 °C of the water bath was longer than the oven, 2,772.0±20.8 seconds and 103.3±5.8 seconds, respectively. 2) The mask warming time of the water bath was significantly shorter than the oven. 3) The mask molding time was not significantly different between using the water bath and the oven. The satisfaction survey from the radiotherapists which relevance with the water bath in very good levels was mask molding time, restore time for reusable, and reshape in a specific area. Meanwhile, the oven was very impressed in the mask's cleanliness and the clean-up method.

Conclusion: The overall effectiveness of thermoplastic mask molding for radiotherapy by using the water bath and the oven was not different. The satisfaction scoring parameters of the water bath was maximum in reshape in a specific area, but the oven is cleanliness.

Keywords: water bath, dry heat oven, thermoplastic mask, simulation, immobilization devices

J Thai Assoc Radiat Oncol 2021; 27(1): R29-R42

บทนำ

การรักษาด้วยการฉายรังสีประกอบด้วยหลายกระบวนการที่ต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน ได้แก่ การจำลองการรักษา การวางแผนการรักษา การตรวจสอบแผนการรักษาและตำแหน่งของผู้ป่วย และการฉายรังสี จึงจำเป็นต้องจัดทำผู้ป่วยให้อยู่ในตำแหน่งเดิมทุกครั้งที่จะฉายรังสี และตรงกับตำแหน่งการวางแผนการรักษาในทุกครั้งของการฉายรังสี^[1] เพื่อให้การฉายรังสีแต่ละครั้งเกิดประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีอุปกรณ์จำกัดการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยในระหว่างการฉายรังสี เรียกว่า อุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วย (immobilization devices)^[2] อุปกรณ์ที่ใช้ยึดตรึงผู้ป่วยที่เข้ารับการฉายรังสีรักษาโรคมะเร็งบริเวณศีรษะและลำคอ คือ หน้ากากเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic mask) เนื่องจากตำแหน่งรอยโรคอยู่ใกล้ส่วนของอวัยวะข้อต่อที่สามารถเคลื่อนไหวได้ง่าย บริเวณนี้มีความซับซ้อน

ของอวัยวะปกติข้างเคียงจำนวนมาก ซึ่งหากมีการเคลื่อนไหวเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ^[3] โดยการศึกษาของ Bahl A^[4] พบว่าการใช้หน้ากากเทอร์โมพลาสติกไม่ก่อให้เกิดผลแทรกซ้อนทางรังสีแบบเฉียบพลันต่อผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งบริเวณศีรษะและลำคอ นอกจากนี้หน้ากากเทอร์โมพลาสติกยังสามารถปรับแก้ไขหรือขึ้นรูปใหม่ได้ทันทีที่เหมาะสมกับบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของรอยโรคอย่างเห็นได้ชัดเจนจากการตอบสนองต่อรังสีที่ได้รับ หรือผู้ป่วยน้ำหนักลดลง เป็นต้น^[5]

หน้ากากเทอร์โมพลาสติกเป็นหน้ากากที่ทำจากพลาสติกที่มีโครงสร้างของสายโพลิเมอร์แบบโซ่ตรง และเป็นสายยาวที่มีการจัดเรียงตัวแบบสุ่ม เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวและแข็งตัวได้ดังเดิมเมื่ออุณหภูมิลดลง^[6,7] ทำให้หน้ากากชนิดนี้สามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างได้ตามต้องการ

เมื่อได้รับความร้อนในอุณหภูมิที่เหมาะสมและจะมีระยะเวลาในการขึ้นรูปที่แตกต่างกันตามประเภทหรือชนิดของหน้ากาก^[8] หน้ากากเทอร์โมพลาสติกจะใช้เฉพาะในผู้ป่วยแต่ละราย ตั้งแต่การจำลองการฉายรังสีจนจบกระบวนการฉายรังสี ซึ่งวิธีการจัดทำผู้ป่วยและการขึ้นรูปหน้ากากเป็นหน้าที่หลักของนักรังสีการแพทย์ โดยการขึ้นรูปหน้ากากเทอร์โมพลาสติกจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ในการให้ความร้อนเพื่อทำให้พลาสติกอ่อนตัว เช่น หม้อต้มหน้ากาก (water bath) หรือเตาอบหน้ากาก (dry heat oven) จากนั้นจึงนำหน้ากากไปวางทาบบนใบหน้าหรือบริเวณรอยโรคเพื่อขึ้นรูปตามโครงสร้างของบริเวณที่จะทำการรักษา ซึ่งจะยึดตรึงไว้กับอุปกรณ์บนเตียงให้พอดี จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงตามอุณหภูมิห้องจะช่วยให้หน้ากากแข็งตัวและมีรูปร่างเฉพาะกับผู้ป่วย สามารถนำมาใช้ซ้ำจนครบจำนวนครั้งที่รักษาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องก็มิทำให้หน้ากากเปลี่ยนรูปร่างไป Leech M^[9] แนะนำให้ตรวจสอบความร้อนของพลาสติกก่อนจะวางบนผิวหนังผู้ป่วย และต้องแน่ใจว่าไม่มีช่องว่างระหว่างหน้ากากและผิวหนัง ซึ่งนักรังสีการแพทย์สามารถทำการตรวจสอบได้จากภาพถ่ายทางรังสีขณะผู้ป่วยนอนบนเตียงฉายรังสี^[10]

การใช้ความร้อนจากหม้อต้มและเตาอบในการทำหน้ากากอ่อนตัวนิยมตั้งอุณหภูมิที่ 60-75 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับความหนาและชนิดของหน้ากากตามที่บริษัทแนะนำ โดย Ravine TJ^[11] ได้ศึกษาพบว่า แบทที่เรียในน้ำที่ใช้ในหม้อต้มหน้ากากเป็นชนิดที่ก่อให้เกิดโรคบนผิวหนังผู้ป่วยได้ ดังนั้นเตาอบจึงถูกนำมาใช้ในหลายหน่วยงาน ซึ่งเป็นการใช้ลมในการหมุนเวียนความร้อนภายในเตาจนกระทั่งมีอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้หน้ากากอ่อนตัวแล้วจึงนำหน้ากากเข้าไปอบ ข้อดีคือ อุณหภูมิมีความสม่ำเสมอทั้งเตา ช่วยลดระยะเวลาในการเตรียมอุณหภูมิและลดความเปราะเปื้อนที่มาจากน้ำ^[12-14] ซึ่งเตาอบอาจช่วยลดความเสี่ยงที่เกิดจากการแบคทีเรียในน้ำได้

สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย ได้จัดซื้อเตาอบหน้ากากมา

ใช้ในหน่วยงานตั้งแต่ พ.ศ. 2562 จากเดิมที่มีหม้อต้มหน้ากากใช้งานอยู่แล้ว เพื่อพัฒนางานด้านบริการให้ดีขึ้น แต่ยังคงพบว่านักรังสีการแพทย์ยังคงใช้หม้อต้มหน้ากากเป็นหลักและการใช้เตาอบหน้ากากยังไม่เป็นที่นิยม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพยายามวิเคราะห์หาสาเหตุของการไม่ได้รับความนิยมใช้เตาอบหน้ากาก โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหม้อต้มและเตาอบสำหรับขึ้นรูปหน้ากากในงานรังสีรักษารวมถึงประเมินความพึงพอใจการใช้งานจากนักรังสีการแพทย์

วัตถุประสงค์และวิธีการ

ข้อมูลการใช้งานหม้อต้มและเตาอบหน้ากากถูกรวบรวมในเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 ณ สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของหม้อต้มและเตาอบหน้ากาก ได้แก่ ระยะเวลาการเตรียมอุณหภูมิให้พร้อมใช้งาน ระยะเวลาในการอุ่นหน้ากาก และระยะเวลาในการขึ้นรูปของหน้ากาก และส่วนที่สองเป็นการประเมินความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์ต่อการใช้หม้อต้มและเตาอบหน้ากาก

1. การทดสอบประสิทธิภาพของหม้อต้มและเตาอบหน้ากาก

1.1 ระยะเวลาการเตรียมอุณหภูมิ

หม้อต้มหน้ากากที่ใช้งาน ณ สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย เป็นหม้อต้มสแตนเลส ผลิตในประเทศไทย ขนาด 70x60x12 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) พร้อมฝาปิด มีขีดลดอุณหภูมิความร้อนอยู่ภายใต้หม้อต้ม สามารถจูนน้ำได้ ประมาณ 50 ลิตร มีหน้าจอแสดงอุณหภูมิแบบดิจิทัล และมีข้อต่อระบบเปิด-ปิดเพื่อระบายน้ำ ดังภาพที่ 1 (ก) สำหรับเตาอบหน้ากากในการศึกษานี้จากบริษัท Klarity รุ่น KEL-1300 Klarity AirFlowTM Oven (Klarity medical product, LLC, USA) ขนาดภายนอก 80x88x41 เซนติเมตร ขนาดภายใน 64x48x27 เซนติเมตร สามารถปรับตั้ง

อุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 องศาเซลเซียส มีหน้าจอแสดงผลระดับอุณหภูมิเป็นแบบดิจิทัล ภายในมีพัดลมเพื่อช่วยหมุนเวียนลมร้อนให้สม่ำเสมอ และมีตะแกรงสำหรับวางหรือแขวนหน้ากาก ดังภาพที่ 1 (ข) โดยระยะเวลาการเตรียมอุณหภูมิพิจารณาจากการบันทึกค่า



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 อุปกรณ์อุ่นหน้ากาก (ก) หม้อต้มหน้ากาก และ (ข) เตาอบหน้ากาก

1.2 ระยะเวลาการอุ่นหน้ากาก

หน้ากากเทอร์โมพลาสติก จากบริษัท CIVCO^[15] (Civco Radiotherapy, Iowa, USA) ได้แก่ หน้ากากสั้น เฉพาะส่วนศีรษะ รุ่น MTAPUID ขนาด 310x266x20 มิลลิเมตร ความหนา 3.2 มิลลิเมตร น้ำหนัก 0.20 กิโลกรัม และหน้ากากยาวสำหรับส่วนศีรษะและลำคอ รุ่น MTAPSID 3.2 ขนาด 483x606x20 มิลลิเมตร ความหนา 3.2 มิลลิเมตร น้ำหนัก 0.48 กิโลกรัม โดยแบ่งหน้ากากแต่ละชนิดออกเป็นแบบใช้งานครั้งแรกและนำกลับมาใช้ซ้ำ ทำการบันทึกเวลาในการอุ่นหน้ากากแต่ละประเภทจากผู้ป่วยที่ต้องใช้หน้ากากจำนวนทั้งหมด 20 ราย จัดกลุ่มผู้ป่วยประเภทละ 5 ราย จากนั้นทำการอุ่นหน้ากากโดยใช้หม้อต้ม โดยจับเวลาการอุ่นหน้ากากตั้งแต่เริ่มจุ่มหน้ากากลงในหม้อต้ม จนพลาสติกเปลี่ยนสีจากขาวขุ่นเป็นใส และเห็นความอ่อนตัวได้ชัดเจน ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากนักรังสีการแพทย์ประจำห้องจำลองการ

รักษาที่มีประสบการณ์จำนวน 2 คน ดังภาพที่ 2 (ก) ส่วนหน้ากากที่นำกลับมาใช้ซ้ำจำเป็นต้องใช้ปากคีบปลายมน (dressing forceps stainless) แยกส่วนของหน้ากากที่ซ้อนทับให้แยกออกจากกันและปรับตำแหน่งการอ่อนตัวตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ดังภาพที่ 2 (ข) ส่วนเตาอบจะจับเวลาอุ่นหน้ากากตั้งแต่เริ่มปิดฝาเตาอบจนหน้ากากอ่อนตัวลงพร้อมใช้งานลักษณะเดียวกันกับการใช้หม้อต้ม ซึ่งหน้ากากแบบใช้ครั้งแรกจะมีลักษณะดังภาพที่ 3 (ก) และแบบนำกลับมาใช้ซ้ำมีลักษณะดังภาพที่ 3 (ข)

1.3 ระยะเวลาการขึ้นรูปหน้ากาก

บันทึกเวลาในการนำหน้ากากเทอร์โมพลาสติกมาขึ้นรูปบริเวณศีรษะสำหรับหน้ากากสั้น และบริเวณศีรษะและลำคอสำหรับหน้ากากยาว เริ่มตั้งแต่วางแผ่นหน้ากากทาบลงบนหน้าผู้ป่วย จนหน้ากากเปลี่ยนจากใสเป็นสีขาวขุ่น และแข็งเป็นรูปร่างเค้าโครงตามใบหน้าผู้ป่วย ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากนักรังสีการแพทย์ประจำ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 การใช้หม้อต้มอุ่นหน้ากาก (ก) แบบใช้งานครั้งแรก และ (ข) หน้ากากแบบนำกลับมาใช้ซ้ำ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3 การใช้เตาอบอุ่นหน้ากาก (ก) แบบใช้งานครั้งแรก และ (ข) หน้ากากแบบนำกลับมาใช้ซ้ำ

ห้องจำลองการรักษาที่มีประสบการณ์จำนวน 2 คน เช่นเดียวกับการอุ่นหน้ากาก

2. การประเมินความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์เกี่ยวกับการใช้หม้อต้มและเตาอบหน้ากาก

แบบประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้หม้อต้มและเตาอบหน้ากาก โดยนักรังสีการแพทย์ทั้งหมด 12 ท่าน แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลของผู้ทำการประเมินและความพึงพอใจในการใช้งานของอุปกรณ์ทั้งสองชนิด สำหรับข้อมูลของผู้ทำการประเมินได้แก่ เพศ อายุ เป็นเจ้าหน้าที่ประจำหรือหมุนเวียนมาประจำการในห้องจำลองการรักษา และระดับการศึกษา เป็นต้น สำหรับความพึงพอใจในการใช้งาน ได้แก่ 1) ความสะอาดของ

หน้ากาก ซึ่งพิจารณาจากพื้นผิวหน้ากากที่แห้งสนิท 2) ระยะเวลาในการทำงานโดยรวมสำหรับหน้ากากใหม่ 3) ความสามารถในการคืนรูปหน้ากากชนิดที่นำกลับมาใช้ โดยพิจารณาจากความสม่ำเสมอของรูปร่างหน้ากากที่หดตัวเมื่อโดนความร้อน และไม่มีส่วนของหน้ากากพับซ้อนทับกัน 4) การปรับแก้ไขหน้ากากเฉพาะส่วน 5) การทำความสะอาดหม้อต้มและเตาอบหน้ากาก ซึ่งมีระดับคะแนน 1-5 คือ ควรปรับปรุงจนถึงพึงพอใจมากที่สุด ตามลำดับ

วิเคราะห์ความแตกต่างของระยะเวลาการอุ่นหน้ากาก การขึ้นรูปหน้ากาก และความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์ ระหว่างหม้อต้มและเตาอบหน้ากาก ด้วยสถิติ t-test

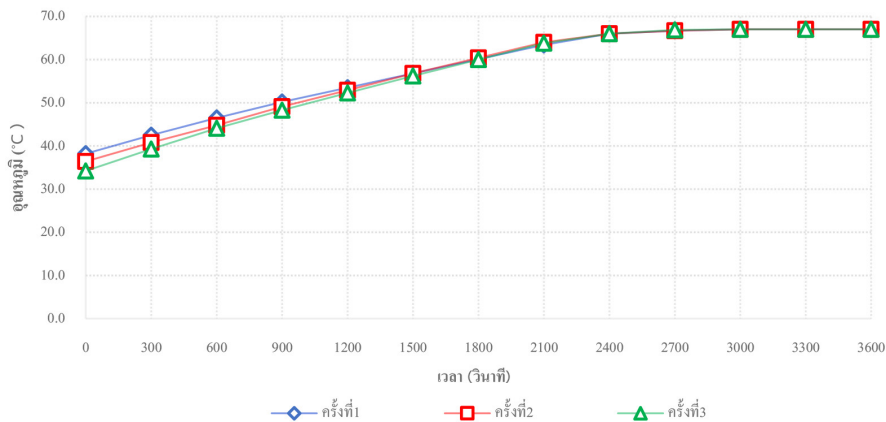
ผลการศึกษา

1. การทดสอบประสิทธิภาพของหม้อต้มและเตาอบหน้ากาก

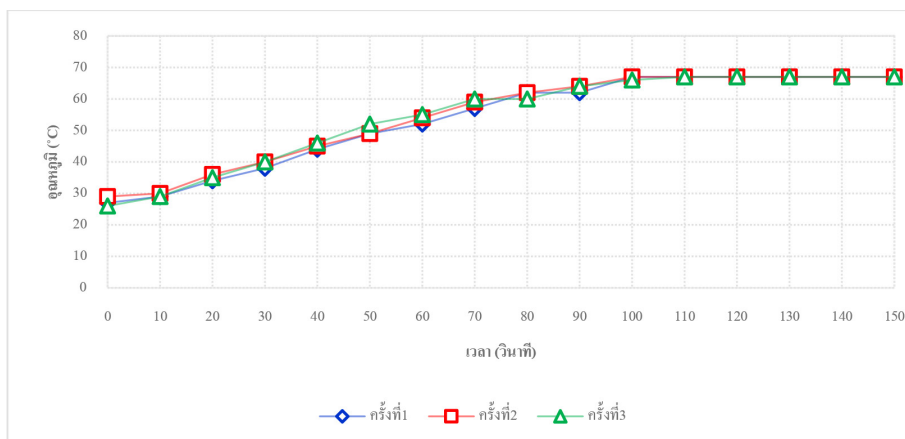
1.1 ระยะเวลาการเตรียมอุณหภูมิ

ระยะเวลาเฉลี่ยในการเตรียมอุณหภูมิของหม้อต้มและเตาอบให้พร้อมใช้งานที่ 67 องศาเซลเซียส คือ

2,772.0±20.8 วินาที และ 103.3±5.8 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้นอุณหภูมิจะคงที่ไปตลอดจนกระทั่งปิดเครื่อง แสดงดังภาพที่ 4 และ 5 ซึ่งผลการทดสอบประสิทธิภาพของเวลาในการเตรียมอุณหภูมิพบว่า การเตรียมอุณหภูมิให้พร้อมใช้งานของหม้อต้มนานกว่าเตาอบประมาณ 27 เท่า



ภาพที่ 4 ระยะเวลาในการเตรียมอุณหภูมิให้พร้อมใช้งานของหม้อต้ม



ภาพที่ 5 ระยะเวลาในการเตรียมอุณหภูมิให้พร้อมใช้งานของเตาอบ

1.2 ระยะเวลาการอ่านหน้ากาก

ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาในการอ่านหน้ากากจากหม้อต้มและเตาอบ โดยแบ่งตามประเภทของหน้ากากและการใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาระหว่างการอ่านหน้ากากพบว่า การใช้งานครั้งแรกทั้งหน้ากากสันและหน้ากากยาวจะใช้เวลาอ่านด้วยเตาอบนานกว่าหม้อต้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณา

หน้ากากประเภทหน้ากากกลับมาใช้ซ้ำพบว่า หน้ากากยาวแบบนำกลับมาใช้ซ้ำใช้เวลาอ่านด้วยเตาอบนานกว่าหม้อต้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การใช้หน้ากากสันแบบนำกลับมาใช้ซ้ำ เมื่ออ่านด้วยหม้อต้มและเตาอบจะใช้เวลาไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สรุปการเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการอ่านหน้ากากจากหม้อต้มและเตาอบ แสดงดัง **ตารางที่ 1**

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการอ่านหน้ากากจากหม้อต้มและเตาอบ

ชนิดของหน้ากาก	หม้อต้ม (วินาที)	เตาอบ (วินาที)	P-value
หน้ากากสันแบบใช้งานครั้งแรก	72.6±14.0	215.0±13.5	< 0.05*
หน้ากากยาวแบบใช้งานครั้งแรก	141.0±9.1	412.6±32.3	< 0.05*
หน้ากากสันแบบนำกลับมาใช้ซ้ำ	120.2±36.0	154.6±4.8	0.08
หน้ากากยาวแบบนำกลับมาใช้ซ้ำ	142.40±29.3	201.4±26.0	< 0.05*

* พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.3 ระยะเวลาการขึ้นรูปหน้ากาก

ระยะเวลาในการขึ้นรูปจากการอ่านหน้ากากด้วยหม้อต้มและเตาอบ พบว่าระยะเวลาในการขึ้นรูปหน้ากาก

ทุกชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการขึ้นรูปหน้ากากจากการอ่านด้วยหม้อต้มและเตาอบ แสดงดัง **ตารางที่ 2**

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการขึ้นรูปหน้ากากจากการอ่านด้วยหม้อต้มและเตาอบ

ชนิดของหน้ากาก	หม้อต้ม (วินาที)	เตาอบ (วินาที)	P-value
หน้ากากสันแบบใช้งานครั้งแรก	74.2±26.0	77.0±9.4	0.30
หน้ากากยาวแบบใช้งานครั้งแรก	71.8±5.4	82.2±24.6	0.46
หน้ากากสันแบบนำกลับมาใช้ซ้ำ	78.2±22.8	83.6±28.6	0.80
หน้ากากยาวแบบนำกลับมาใช้ซ้ำ	81.8±12.0	71.6±11.2	0.25

2 การประเมินความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์เกี่ยวกับการใช้หม้อต้มและเตาอบหน้ากาก

ข้อมูลของนักรังสีการแพทย์ที่ตอบแบบสอบถามมีทั้งหมด 12 คน เป็นเพศหญิง 10 คน (ร้อยละ 83.3) และเพศชาย 2 คน (ร้อยละ 16.7) ประสบการณ์ของการเป็นเจ้าหน้าที่ประจำห้องจำลองการรักษา แบ่งเป็นเจ้าหน้าที่ประจำ คือ นักรังสีการแพทย์ที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติงานหลักที่ห้องจำลองการรักษา 5 คน (ร้อยละ 41.7) ซึ่งมีประสบการณ์การทำงานมากกว่า 5 ปี และเจ้าหน้าที่ผลัดเปลี่ยน คือ นักรังสีการแพทย์ที่ได้รับมอบหมายให้

เปลี่ยนหน้าที่มาปฏิบัติงานห้องจำลองตามระยะเวลาที่หน่วยงานกำหนด 7 คน (ร้อยละ 58.3) โดยมีประสบการณ์การทำงานน้อยกว่า 5 ปี ช่วงอายุ 21-39 ปี 10 คน (ร้อยละ 83.3) และช่วงอายุ 40 – 49 ปี 2 คน (ร้อยละ 16.7) การศึกษาระดับปริญญาตรี 10 คน (ร้อยละ 83.3) และปริญญาโท 2 คน (ร้อยละ 16.7) ผลสำรวจความพึงพอใจโดยรวมของนักรังสีการแพทย์ทั้ง 12 คนต่อการใช้งานหม้อต้มและเตาอบพบว่า มีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.0 ± 0.6 และ 3.8 ± 0.9 ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การประเมินความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์ในการใช้หม้อต้มและเตาอบหน้ากาก

รายการประเมิน	ความพึงพอใจ (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)		P-value
	หม้อต้ม	เตาอบ	
1. ความสะอาดของหน้ากาก	3.7 ± 0.8 (พึงพอใจ)	4.5 ± 0.7 (พึงพอใจมากที่สุด)	< 0.05*
2. ระยะเวลาในการขึ้นรูป	4.3 ± 0.5 (พึงพอใจมากที่สุด)	3.8 ± 0.9 (พึงพอใจ)	0.13
3. ความสามารถในการคืนรูปของหน้ากาก	4.5 ± 0.5 (พึงพอใจมากที่สุด)	3.7 ± 0.9 (พึงพอใจ)	0.64
4. การปรับแต่งเฉพาะส่วน	4.6 ± 0.7 (พึงพอใจมากที่สุด)	2.8 ± 1.1 (พอใช้)	< 0.05*
5. การทำความสะอาดอุปกรณ์	3.1 ± 0.8 (พอใช้)	4.3 ± 0.8 (พึงพอใจมากที่สุด)	< 0.05*
รวม	4.0 ± 0.6 (พึงพอใจ)	3.8 ± 0.9 (พึงพอใจ)	

* พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 3 ผลประเมินความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์ในการใช้หม้อต้มหน้ากาก พบว่า มีความ

พึงพอใจมากที่สุด 3 รายการ คือ ระยะเวลาในการขึ้นรูป ความสามารถในการคืนรูปหน้ากาก และการปรับแต่งหน้ากากเฉพาะส่วน

ด้านผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้เตาอบหน้ากาก พบว่า นักรังสีการแพทย์มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด 2 รายการ ได้แก่ ความสะอาดของหน้ากากและการทำความสะอาดอุปกรณ์ ส่วนเรื่องการปรับแต่งเฉพาะส่วนอยู่ในระดับพอใช้

เมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจในการใช้งานระหว่างหม้อต้มและเตาอบ (ตารางที่ 3) พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจต่อการใช้หม้อต้มในการอุ่นหน้ากากสำหรับการปรับแต่งหน้ากากเฉพาะส่วนมากกว่าการใช้เตาอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในเรื่องของความสะอาดของหน้ากากและการทำความสะอาดอุปกรณ์หลังจากใช้งานพบว่า นักรังสีการแพทย์พึงพอใจในการใช้เตาอบมากกว่าหม้อต้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับระยะเวลาและความสามารถในการคืนรูปหน้ากากเมื่อเทียบระหว่างหม้อต้มและเตาอบพบว่าระดับความพึงพอใจไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

บทวิจารณ์

ในการทดสอบประสิทธิภาพของหม้อต้มและเตาอบหน้ากาก ผลการเปรียบเทียบพบว่าประสิทธิภาพของการขึ้นรูปหน้ากากเทอร์โมพลาสติกของหม้อต้มและเตาอบโดยรวมพบว่ามีต่างกัน ข้อดีของหม้อต้มคือ ระยะเวลาในการอุ่นหน้ากagn้อย สามารถปรับแต่งรูปร่างของหน้ากากได้ง่ายและสะดวก ส่วนข้อดีของเตาอบคือ ระยะเวลาในการเตรียมอุณหภูมิสั้น อีกทั้งเรื่องความสะอาดที่สามารถช่วยลดการสะสมของเชื้อโรคและแบคทีเรียที่มาจากน้ำอันเป็นสาเหตุให้เกิดโรคทั้งในผู้ป่วยและนักรังสีการแพทย์ได้ และไม่ต้องติดตั้งระบบการระบายน้ำที่จะทำให้ห้องเตรียมอุปกรณ์เกิดความชื้น ข้อเสียของหม้อต้มคือ การเตรียมอุณหภูมินาน ข้อควรระวังในการใช้งานของหม้อต้ม คือ น้ำร้อนลวกที่ผิวของผู้ป่วยและนักรังสีการแพทย์ และอาจทำให้รู้สึกแสบร้อนที่ผิวได้ ส่วนข้อเสียของเตาอบคือ ใช้ระยะเวลาในการอุ่นหน้ากagnาน และไม่สะดวกในการปรับแต่งรูปร่างหน้ากากแบบเฉพาะส่วน

สำหรับผลการทดสอบประสิทธิภาพของเวลาในการเตรียมอุณหภูมิพบว่า การเตรียมอุณหภูมิให้พร้อมใช้งานของหม้อต้มนานกว่าเตาอบประมาณ 45 นาที ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิงเปรียบเทียบการใช้งานของหม้อต้มและเตาอบ^[13] โดยเตาอบใช้ระยะเวลาในการเตรียมอุณหภูมิน้อยกว่า 10 นาที เช่นเดียวกับคู่มือการใช้งานของเตาอบบริษัท Klarity^[16] ที่ระบุเวลาในการเตรียมเตาอบประมาณ 5-6 นาที เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของหม้อต้มและเตาอบมีความแตกต่างกัน คือ หม้อต้มต้องอาศัยขดลวดในการนำความร้อนจึงต้องใช้เวลาในการทำให้ขดลวดร้อนก่อน จากนั้นจะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากขดลวดมายังน้ำ^[17,18] และต้องกระจายความร้อนให้สม่ำเสมอทั่วทั้งหม้อต้มจึงใช้เวลานานเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงเพียงพอแล้วน้ำจึงจะเป็นตัวกลางในการพาความร้อนมายังหน้ากาก เพื่อให้พลาสติกได้รับความร้อนและอ่อนตัวลง^[6,7] ในขณะที่เตาอบมีพัดลมเป็นตัวช่วยในการหมุนเวียนลมร้อน ซึ่งอากาศจากภายนอกถูกดูดเข้ามาภายในเตาอบผ่านตัวกำเนิดความร้อนโดยตรง ทำให้อากาศภายในเตาอบมีอุณหภูมิสูงขึ้นทุกจุดภายในเตาอบมีความสม่ำเสมอเพราะพัดลมช่วยในการหมุนเวียนลมร้อนได้ดี^[19] และความหนาแน่นของอากาศน้อยกว่าน้ำ^[17] จึงใช้เวลาไม่นานเท่าหม้อต้ม แต่ทั้งหม้อต้มและเตาอบต่างมีระบบรักษาอุณหภูมิไว้ให้คงที่ตามที่ได้กำหนดไว้แม้จะยังไม่ปิดเครื่องก็สามารถคงอุณหภูมิให้พร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา ข้อดีของระยะเวลาในการเตรียมอุณหภูมิให้เร็วนี้มีผลดีต่อนักรังสีการแพทย์คือ สามารถปิดเครื่องได้เมื่อไม่ใช้งานในระยะเวลาอันได้ สำหรับระยะเวลาในการอุ่นหน้ากagnพบว่าการอุ่นหน้ากagnด้วยหม้อต้มจะใช้เวลาน้อยกว่าเตาอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นหน้ากากสันแบบนากลับมาใช้ซ้ำ จะใช้เวลาในการอุ่นหน้ากagnไม่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะใช้หม้อต้มหรือเตาอบก็ตาม เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการอุ่นหน้ากagnโดยการใช้น้ำร้อนและเตาอบพบว่า การอุ่นหน้ากagnที่ใช้งานครั้งแรกด้วยหม้อต้มจะใช้เวลาน้อยกว่าเตาอบประมาณ 3 เท่า คือ ระยะเวลาในการอุ่นหน้ากagn

ด้วยหม้อต้มโดยเฉลี่ยประมาณ 1-3 นาที ส่วนเตาอบ 3-9 นาที ซึ่งสอดคล้องกับระยะเวลาที่ใช้ในงานวิจัยของ Bogdanov B^[14] และสอดคล้องกับรายงานของบริษัท Klarity^[19] นอกจากนั้น ระยะเวลาในการอุ่นหน้ากากนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของหน้ากากด้วยเช่นกัน การใช้หม้อต้มจะใช้ระยะเวลาไม่นานเท่าเตาอบ เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการเก็บความร้อนได้ดีกว่าอากาศ สามารถนำความร้อนได้มากกว่าอากาศประมาณ 50 เท่า^[17] ทำให้ความร้อนจากน้ำถ่ายเทไปยังพลาสติกได้เร็ว ในขณะที่อากาศนำความร้อนได้ไม่ดีเท่านี้ จึงต้องมีการหมุนเวียนลมร้อนภายในเตาอบตลอดเวลา ส่งผลให้การพาความร้อนไปยังหน้ากากช้ากว่าการใช้น้ำ แม้ว่าอุณหภูมิภายในจะสม่ำเสมอก็ตาม ส่วนการอุ่นหน้ากากแบบนำกลับมาใช้ซ้ำด้วยการใช้หม้อต้มจะใช้เวลาน้อยกว่าการใช้เตาอบไม่มากนัก เนื่องจากการใช้หม้อต้มจะต้องมีการเคลื่อนส่วนของหน้ากากที่ซ้อนทับออกจากกัน ดังภาพที่ 2 (ข) เพื่อป้องกันการซ้อนทับของพลาสติกในระหว่างการอุ่นด้วยหม้อต้ม แต่ในเตาอบจะใช้วิธีการแขวนหน้ากากบนตะแกรง ดังภาพที่ 3 (ข) ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ไม่ต่างกันมากนักในการอุ่นหน้ากาก

สำหรับระยะเวลาการขึ้นรูปหน้ากาก ถึงแม้ระยะเวลาในการขึ้นรูปของหน้ากากสั้นและยาว ทั้งแบบใช้งานครั้งแรก และแบบนำกลับมาใช้ซ้ำจากการอุ่นหน้ากากด้วยหม้อต้มและเตาอบจะต่างกัน แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ผลสอดคล้องกับคู่มือการใช้งานระบุระยะเวลาในการขึ้นรูปหน้ากากเท่ากับ 75 วินาที และ 90 วินาที สำหรับหน้ากากแบบสั้นและหน้ากากยาวตามลำดับ^[15] ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เวลาขึ้นรูปอยู่ในช่วงที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ให้ผลไม่สอดคล้องกับบทความเรื่องการเปรียบเทียบระหว่างหม้อต้มและเตาอบหน้ากากจากบริษัท Orfit^[13] ที่ได้อธิบายว่าการใช้หม้อต้มนั้นจะใช้เวลาในการขึ้นรูปหน้ากากน้อยกว่าการใช้เตาอบ เนื่องจากการระเหยของน้ำจะเป็นการพาความร้อนออกจากหน้ากาก จึงทำให้การขึ้นรูปหน้ากากแข็งตัวได้เร็วกว่า ข้อควรคำนึงถึงเกี่ยวกับ

ระยะเวลาในการขึ้นรูปหน้ากาก คือ นักรังสีการแพทย์จึงควรใช้ความระมัดระวังในการตรึงหน้ากากและต้องจัดให้หน้ากากแนบชิดกับผิวหนังให้มากที่สุด เพื่อป้องกันการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยและป้องกันตำแหน่งการจัดท่าที่คลาดเคลื่อนไปจากแผนการรักษา แต่ระยะเวลาอันสั้นกลับมีผลดีต่อผู้ป่วยคือ ผู้ป่วยไม่ต้องทนความร้อนในขณะตรึงหน้ากากและไม่ทำให้ผิวหนังของผู้ป่วยแสบร้อน^[19]

ในการประเมินความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์เกี่ยวกับการใช้หม้อต้มและเตาอบหน้ากาก ผลการประเมินความพึงพอใจพบว่าส่วนใหญ่พึงพอใจในเรื่องการปรับแต่งหน้ากาเฉพาะส่วน เพราะเหมาะกับหน้ากากที่ต้องใช้กับผู้ป่วยที่มีอุปกรณ์ร่วมกับการจัดท่าและอุปกรณ์ช่วยเหลือผู้ป่วยหลายแบบ เช่น อุปกรณ์ช่วยกักและดันโคนลิ้น เครื่องช่วยหายใจ หรือสายสวนอาหาร เป็นต้น ซึ่งนักรังสีการแพทย์สามารถปรับแต่งหน้ากากให้เป็นไปตามอุปกรณ์ได้ในขณะที่จุ่มหน้ากากในน้ำร้อน นอกจากนี้ผู้ป่วยหลายรายมีความจำเป็นที่จะต้องปรับรูปร่างของหน้ากากในระหว่างการรักษา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดของก้อนมะเร็ง ดังนั้นทางเลือกหนึ่งที่สำคัญคือการใช้หน้ากากเดิมของผู้ป่วยเองและปรับเฉพาะส่วนที่ต้องการ อีกทั้งคุณสมบัติของเทอร์โมพลาสติกที่มีความสามารถในการหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้^[7] จึงสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามการนำมาใช้ซ้ำนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละหน่วยงานและสภาพของหน้ากากด้วย สำหรับความสามารถในการคืนรูปจากทั้งหม้อต้มและหม้ออบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระยะเวลาในการขึ้นรูปนั้นนักรังสีการแพทย์ให้ความเห็นว่าว่าการใช้หม้อต้มจะเร็วกว่าเตาอบและสามารถสังเกตการณ์เปลี่ยนสีของพลาสติกที่แยกความต่างระหว่างการอ่อนตัวและการแข็งตัวได้ดี แต่ผลจากการจับเวลาพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ นักรังสีการแพทย์จะต้องทำงานด้วยความรวดเร็ว เพราะหากไม่ระมัดระวังจะส่งผลต่อการตรึงหน้ากากและการจัดทำผู้ป่วยในกระบวนการฉายรังสีลำดับต่อไป

นักรังสีการแพทย์พึงพอใจกับการใช้งานเตาอบใน

ด้านความสะอาดของหน้ากาก เพราะหน้ากากแห้ง ไม่มีหยดน้ำเกาะ ทำให้ไม่ต้องมีการขับน้ำออกจากหน้ากาก ไม่ทำให้เสื้อผ้าหรือผิวหนังผู้ป่วยเปื้อน รวมทั้งไม่มีหยดน้ำที่พื้นผิวของเตียงและอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ร่วมกับผู้ป่วย การใช้หม้อต้มอาจจำเป็นต้องทำความสะอาดห้องและบริเวณที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การทำความสะอาดหยดน้ำที่เกิดบนเตียง อุปกรณ์จัดทำผู้ป่วย พื้นห้องตั้งแต่บริเวณที่วางเตียงตลอดจนทางเดินไปยังเตียงผู้ป่วย การใช้เตาอบจึงช่วยลดความกังวลเรื่องความเปื้อนจากน้ำทั้งบริเวณผิวหนังของผู้ป่วยและบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานได้อีกทั้งมีรายงานวิจัยพบว่าน้ำที่อยู่ในหม้อต้มมีการสะสมเชื้อโรคและแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคได้^[21] ข้อเสนอแนะในการลดความเสี่ยงจากเชื้อโรคจากการอุ่นหน้ากากด้วยหม้อต้ม คือ จะต้องปฏิบัติตามคู่มือของหม้อต้มและหน้ากาก โดยเฉพาะเรื่องอุณหภูมิและระยะเวลาในการอุ่นหน้ากากเพื่อทำลายเชื้อโรคที่อยู่ในน้ำ รวมทั้งให้ทำความสะอาดหม้อต้มเป็นประจำ ล้างมือหรือสวมถุงมือขณะทำการอุ่นหน้ากาก เป็นต้น^[20] ดังนั้นการใช้เตาอบ อาจจะช่วยลดความเสี่ยงที่ผู้ป่วยและนักรังสีการแพทย์ได้รับเชื้อเชื้อโรคและแบคทีเรียที่สะสมอยู่ในหม้อต้ม จากการสัมผัสน้ำในหม้อต้มดังงานวิจัยที่สนับสนุนข้างต้น^[21] นักรังสีการแพทย์มีความพึงพอใจมากในเตาอบได้แก่ ความสะอาดของหน้ากาก และการทำความสะอาดอุปกรณ์ เพราะไม่มีการสะสมคราบตะกอนของน้ำที่เกิดบนอุปกรณ์ และไม่ต้องเปลี่ยนน้ำทุกสัปดาห์ การทำความสะอาดเตาอบ เพียงแค่ใช้ผ้าแห้งและนุ่มเช็ดเท่านั้น ไม่ควรใช้สเปรย์ฉีดด้านนอก เพราะจะทำลายผิวของวัสดุได้ หรือหากสกปรกมากอาจใช้น้ำอุ่นเช็ดก็ได้ แต่ต้องซับด้วยผ้าแห้งตามเสมอ^[21]

อึ่งหม้อต้มและเตาอบต่างมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหน่วยงานในการเลือกใช้ และปรับให้เหมาะสมตามสถานการณ์ ทั้งนี้การเลือกใช้อุปกรณ์ใดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นงบประมาณของการจัดซื้อเครื่อง การจัดเตรียมห้องและพื้นที่ที่ใช้สำหรับเตรียมหน้ากาก การติดตั้งระบบไฟฟ้าและระบบน้ำประปา ตลอดจนการประยุกต์ใช้หน้ากากกับผู้ป่วยจริงว่าหน่วยงานใช้งานลักษณะใด แต่หากมีเครื่องใดเครื่องหนึ่งแล้วไม่ได้หมายความว่า หน่วยงานนั้นจะไม่สามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ เพราะทั้งสองเครื่องล้วนออกแบบมาให้รองรับการใช้งานของหน้ากากได้ทุกชนิดและสามารถประยุกต์ใช้กับหน้ากากได้ทุกรูปแบบเสมอ

ข้อสรุป

ประสิทธิภาพในการขึ้นรูปหน้ากากจากการใช้หม้อต้มและเตาอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน นักรังสีการแพทย์พึงพอใจหม้อต้มในเรื่องระยะเวลาในการขึ้นรูปหน้ากาก และพึงพอใจเตาอบเกี่ยวกับเรื่องความสะอาด ผู้ใช้สามารถเลือกและประยุกต์การใช้งานได้ตามความเหมาะสมของแต่ละหน่วยงาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบุคลากรทุกท่านของสาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชาวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย ไม่ว่าจะเป็นรังสีแพทย์ นักฟิสิกส์การแพทย์ และนักรังสีการแพทย์ รวมทั้งและคณาจารย์จากสาขาวิชารังสีเทคนิค มหาวิทยาลัยรามคำแหงทุกท่านที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Mundt AJ, Roeske JC, Chung TD, Weichselbaum RR. Principles of radiation oncology. In: Kufe DW, Pollock RE, Weichselbaum RR, Bast RC, Gansler TS, Holland J, et al. Holland-Frei Cancer Medicine. 6th ed. Hamilton (ON): BC Decker; 2003. P. 585-604.
2. Uricchio N, Givens J, Keskemety J, Leaver D. Computed tomography simulation procedures. In: Washington CM, Leaver D, editors. Principles and practice of radiation therapy 4th ed. St. Louis, MO: Elsevier; 2016. p459-64.
3. Dieterich S, Ford E, Pavord D, Zeng J. Practical radiation oncology physics: a companion to Gunderson & Tepper's clinical radiation oncology. 1st ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2016. p. 87-93.
4. Bahl A, Ghosal S, Kapoor R, Bhattacharya T, Sharma SC. Clinical implications of thermoplastic mask immobilization on acute effects of radiotherapy in head and neck cancers. J Postgrad Med Educ Res. 2012;46:187-9.
5. Hoisak JDP, Paxton AB, Waghorn BJ, Pawlicki T. Surface Guided Radiation Therapy [Online]. 2020 [cited 2020 July 5], Available from: https://books.google.co.th/books?id=XX_QDwAAQBAJ&pg=PA320&lpg=PA320&dq=oven+and+water+bath+for+mask+immobilization&source=bl&ots=hSIbFFLE7Z&sig=ACfU3U2m4Dd3wNxtY_s0I719cEewj63gRQ&hl=th&sa=X&ved=2ahUKEwjkcKWx4_qAhUc7XMBHbWvDIYQ6AEwAXoECAgQAQ#v=onepage&q=oven%20and%20water%20bath%20for%20mask%20immobilization&f=false
6. อัสวานีย์ สติรักษ์. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 18 พ.ย. 2563], เข้าถึงได้จาก: <http://www.nsm.or.th/other-service/669-online-science/knowledge-inventory/sci-vocabulary/sci-vocabulary-science-museum/4285-thermoplastic.html>
7. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ประเภทและการใช้งานของพลาสติก [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 1 ธ.ค. 2563], เข้าถึงได้จาก: <https://www.mtec.or.th/bio-plastic/what-is-plastic/plastic-usage.html>
8. ดลใจ เรืองฤทธิ์. การเตรียมแผ่นหน้ากากเอกซเรย์จากเทอร์โมพลาสติก เพื่อประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ [อินเทอร์เน็ต] [เข้าถึงเมื่อ 1 ธ.ค. 2563], เข้าถึงได้จาก: <https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/200148>
9. Leech M, Coffey M, Mast M, Moura F, Osztavics A, Pasini D, et al. ESTRO ACROP guidelines for positioning, immobilisation and position verification of head and neck patients for radiation therapists. Tech Innov Patient Support Radiat Oncol. 2017;1:1-7.
10. Oonsiri P. การใช้ IsoCal ในการประเมินระบบจุดหมุนของเครื่องฉายรังสีซีทีฮอ Varian รุ่น C-series และ รุ่น TrueBeam. J Thai Assoc of Radiat Oncol. 2019;25:19-27.
11. Ravine TJ, Brewer PS, Bru SE, Tyler S. Sampling of patient radiation therapy thermoplastic immobilization forms

- reveals several types of attached bacteria. *J Med Imaging Radiat Sci* 2020; 51:117-27.
12. Thermoplastic Mask Oven: What It Is and How It's Optimizing Workflows [Online]. 2020 [cited 2020 July 5], Available from: <https://www.taloncontrols.com/blog/thermoplastic-mask-oven-what-it-is-and-how-its-optimizing-workflows/>
 13. Water Bath vs. Dry-Heat Convection Oven [Online]. 2020 [cited 2020 July 6], Available from: <https://www.orfit.com/blog/water-bath-vs-dry-heat-convection-oven/>
 14. Bogdanov B, Borghs K, Jordaens I. Precision, stability and comfort of patient immobilization in radiation oncology: immobilization devices based on Nano technology [Online]. 2020 [cited 2020 July 6], Available from: <https://www.orfit.com/app/uploads/Stability-and-precision-of-immobilization-in-Radiation-Oncology-using-Nanotechnology.pdf>
 15. CIVCO Medical solution. Standard white thermoplastics CIVCO technical data sheet. [Online]. 2020 [cited 2020 October 15], Available from: https://civcort.com/ro/resources/Technical-Spec-Sheets/StandardWhiteThermoplasticTechnicalDataSheet_2016P1224_A.pdf
 16. Klarity. Ovens. [Online]. 2020 [cited 2020 December 1], Available from: <https://www.klaritymedical.com/ovens>
 17. โสรัชต์ เจริญวงศ์. ฟิสิกส์ทั่วไป General physics PH103. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง; 2543. หน้า 61-4.
 18. The physics classroom. Methods of heat transfer. [Online]. 2020 [cited 2020 December 12], Available from: <https://www.physicsclassroom.com/class/thermalP/Lesson-1/Methods-of-Heat-Transfer>
 19. Klarity. Dry heat FAQ. [Online]. 2020 [cited 2020 October 30], Available from: <https://www.klaritymedical.com/oven-faq>
 20. Brewer PS, Ravine TJ, Bru SE. Risk of patient infection from heating appliances used to produce thermoplastic immobilization devices. *Radiation Therapist* 2014; 23:125-35.
 21. Klarity. KEL-1300 Klarity Airflow™ Oven Manual. [Online]. 2020 [cited 2020 December 1], Available from: <https://static1.squarespace.com/static/5500bfbbe4b081f1de79c158/t/5e33300eaa93854bcb217b2/1580412948312/KEL-1300+Manual+Final.pdf>

การควบคุมคุณภาพการฉายรังสีในงานรังสีรักษาโดยใช้แบบการตรวจสอบข้อมูล

The quality control of delivering radiation therapy using check list verification document

ณาวรินทร์ ขยายวงศ์², สุทธิพงศ์ ฤทธิผล¹, นงนุช คำตา¹, พิมพ์ดา จันราช¹,
ภูวนัย เจียนดอน², อภิวัฒน์ กองกิริต², ชนิกันต์ ชำนาญหมอ², วรญา เงินเดือน¹

¹สาขาวิชารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ้ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย กรุงเทพฯ

²สาขาวิชารังสีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ

ผู้รับผิดชอบประสานงาน

วรญา เงินเดือน

สาขาวิชารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ้ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

1873 ถนนพระราม 4 แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

อีเมล: mol_nooky@hotmail.com

Paowarin Khayaiwong², Suttipong Rittiplaeng¹, Nongnut Khamta¹, Pimpida Junrach¹

Puwanai Jeindon², Apiwat Kongkirit², Chanikran Chamnanmor², Woraya Nguanthean¹

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

²Radiological Technology Department, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok

Corresponding author

Woraya Nguanthean

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

1873, Rama 4 Rd, Patumwan, Bangkok 10330, Thailand

E-mail: mol_nooky@hotmail.com

Submitted: Feb 10, 2021

Revised: Mar 23, 2021

Accepted: May 13, 2021

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: การรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งด้วยการฉายรังสี ประกอบด้วยหลายขั้นตอน การส่งต่อข้อมูลของผู้ป่วยในแต่ละขั้นตอนจึงมีความสำคัญ เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการฉายรังสี จำเป็นต้องตรวจสอบข้อมูลที่ส่งต่อ เช่น ปริมาณรังสี จำนวนครั้งที่ฉาย พลังงาน เป็นต้น เพื่อประโยชน์ในการรักษาผู้ป่วยอย่างถูกต้อง

วัตถุประสงค์: เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในขั้นตอนการฉายรังสีและหาแนวทางป้องกัน เพื่อให้การรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้เอกสารการตรวจสอบข้อมูล

วัสดุและวิธีการ: เอกสารการตรวจสอบข้อมูลของผู้ป่วยที่เข้ารับการฉายรังสีรักษา จากสาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ตั้งแต่เดือนพ.ย. 2561 ถึง พ.ค. 2562 จำนวน 691 ราย นักรังสีการแพทย์ตรวจสอบข้อมูลและค่าพารามิเตอร์เปรียบเทียบกับเอกสารกำหนดปริมาณรังสีจากรังสีแพทย์และแบบพิมพ์แผนการรักษาจากฟิสิกส์การแพทย์ จำแนกความถี่และร้อยละของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดยจำแนกสาเหตุความคลาดเคลื่อนมาจากบุคลากร เครื่องฉายรังสี อุปกรณ์ที่ใช้ในการฉายรังสี วิธีปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมในการปฏิบัติงาน ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่พบมีการแก้ไขทันที พร้อมทั้งเก็บรวบรวมและนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกิดขึ้น

ผลการศึกษา: เอกสารที่ได้รับการตรวจสอบข้อมูลพบความคลาดเคลื่อนทั้งหมด 52 เหตุการณ์ เกิดจากบุคลากร 30 เหตุการณ์ (ร้อยละ 57.70) เครื่องมือ 9 เหตุการณ์ (ร้อยละ 17.31) อุปกรณ์ที่ใช้ในการฉายรังสี 4 เหตุการณ์ (ร้อยละ 7.69) วิธีปฏิบัติงาน 8 เหตุการณ์ (ร้อยละ 15.38) และสิ่งแวดล้อมในการปฏิบัติงาน 1 เหตุการณ์ (ร้อยละ 1.92)

ข้อสรุป: สาเหตุหลักของการเกิดความคลาดเคลื่อนในการฉายรังสีมาจากบุคลากร การใช้เอกสารการตรวจสอบข้อมูลจึงเป็นเครื่องมือสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพการฉายรังสีและใช้เป็นแนวทางให้บุคลากรตระหนักในหน้าที่ในการตรวจสอบก่อนการฉายรังสี เพื่อช่วยป้องกันและแก้ไขความคลาดเคลื่อนก่อนฉายรังสีให้กับผู้ป่วยได้

คำสำคัญ: การควบคุมคุณภาพ, ความคลาดเคลื่อน, เอกสารตรวจการสอบข้อมูล, การตรวจสอบก่อนการฉายรังสี

Abstract

Background: Radiation therapy consists of many steps for treating the cancer patient. The patient's data transfer is very important. In order to prevent any errors in data transfer, such as radiation dose, number of treatment fraction, beam energy, the data checklist is necessary and will benefit in treating patients.

Objective: The purpose was to examine the data from the checklist verification document and analyze the cause of the treatment error.

Materials and methods: Six-hundred-ninety-one patients' checklists from Division of Radiation Oncology, King Chulalongkorn Memorial Hospital, were retrospectively reviewed from November 2018 to May 2019. The prescribed dose from the radiation oncologist and the treatment plan sheet from medical physicist were checked by radiation therapist before treatment. The frequency and percentage of the incidence of errors were classified as man, machine,

material, method, and environment. Once an error was detected, it could be immediately corrected. The incidence was collected and analyzed to find out the causes of errors.

Results: Fifty-two events were detected from the checklist documents. These errors could be classified as a man for 30 events (57.70%), machine for 9 events (17.31%), material for 4 events (7.69%), method for 8 events (15.38%) and environmental error for 1 event (1.92%).

Conclusion: The major cause of treatment error was from human. The checklist verification document is an essential tool for treatment quality control and it is the radiation therapists responsibilities guide to do a pre-treatment verification. It helps to prevent and correct the errors before treatment delivery.

Keywords: Quality control, errors, checklist document, pre-treatment verification

J Thai Assoc Radiat Oncol 2021; 27(1): R43-R53

บทนำ

การฉายรังสีรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งประกอบด้วยการทำงานหลายขั้นตอน^[1] ซึ่งเป็นการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างบุคลากรหลายสาขา เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการสร้างภาพทางรังสีเพื่อใช้ในการจำลองการรักษา (simulation) การจัดอุปกรณ์สำหรับยึดตรึงผู้ป่วย (immobilization) เพื่อให้ผู้ป่วยอยู่นิ่งและคงท่าเดิมไว้ตลอดการฉายรังสี การวางแผนการรักษา (treatment planning) โดยการกำหนดขอบเขตของก้อนมะเร็งและอวัยวะปกติ เลือกเทคนิคที่ใช้ในการรักษา กำหนดปริมาณรังสี และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการฉายรังสี จากนั้นทำการตรวจสอบตำแหน่งก่อนทำการฉายรังสี (pre-treatment verification) ให้ตรงตามแผนการรักษาด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจสอบตำแหน่ง เมื่อถูกต้องแล้วจึงทำการฉายรังสีรักษา (treatment delivery) ด้วยเครื่องฉายรังสี พบว่าในแต่ละขั้นตอนต้องได้รับข้อมูลจากการส่งต่อโดยเริ่มจากห้องจำลองการรักษาจนถึงห้องฉายรังสีรักษา ส่งผลให้การปฏิบัติงานทุกขั้นตอนล้วนมีความเสี่ยงต่อการเกิดความคลาดเคลื่อนทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการระบุ

ตัวบุคคลของผู้ป่วย ตำแหน่งของก้อนมะเร็ง การเลือกใช้อุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วย การกำหนดปริมาณรังสี การส่งผ่านข้อมูล และการฉายรังสีรักษา สิ่งเหล่านี้อาจทำให้ข้อมูลที่ส่งไปยังห้องฉายรังสีไม่ถูกต้องตามแผนที่วางไว้จนเกิดผลกระทบต่อการรักษาได้^[2,3] ทาง ICRU รายงานที่ 24 (ICRU report No. 24) แนะนำค่าความถูกต้องในการฉายรังสีไม่ควรเกินร้อยละ +5 ของปริมาณรังสีที่กำหนดให้ก้อนมะเร็งได้รับ ซึ่งค่าดังกล่าวหมายถึงความคลาดเคลื่อนในทุกขั้นตอนการฉายรังสีรักษา^[4] ในบทบาทของนักรังสีการแพทย์จึงจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบข้อมูลของผู้ป่วยให้ตรงตามแผนการรักษาเสมอ เพื่อลดความเสี่ยงที่ทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีไม่ตรงตามแผนในการฉายรังสีรักษา ดังนั้นสิ่งสำคัญคือ การตรวจสอบข้อมูลก่อนการฉายทุกครั้ง จึงมีการออกแบบเอกสารสำหรับบันทึกข้อมูลผู้ป่วย เรียกว่า เอกสารการตรวจสอบข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการฉายรังสีรักษาทั้งหมด เช่น ชื่อผู้ป่วย ตำแหน่งที่ฉายรังสี พลังงาน เครื่องฉายรังสี เป็นต้น แล้วนำเอกสารนั้นมาใช้ในหน่วยงานเพื่อให้บุคลากรทุกตำแหน่งเข้าใจตรงกัน แม้ว่าจะปฏิบัติงานคนละส่วนก็ตาม

ซึ่งหากข้อมูลไม่ครบหรือข้อมูลที่ส่งมาไม่ถูกต้องจะส่งผลต่อกระบวนการฉายรังสีรักษาทั้งหมด^[5] ปัจจุบันมีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการตรวจสอบข้อมูลจากการศึกษาของ Klein และคณะ^[6] พบว่าการตรวจสอบข้อมูลของผู้ป่วยก่อนฉายรังสีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย สามารถตรวจพบความคลาดเคลื่อนที่จะทำให้เกิดอันตรายขึ้นกับผู้ป่วยได้ ทางหน่วยงานมีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยและยังคงใช้เอกสารการตรวจสอบข้อมูลที่ออกแบบมาเพื่อให้เป็นมาตรฐานในตรวจสอบซ้ำ ซึ่งเป็นการป้องกันข้อมูลสูญหายในระหว่างการถ่ายโอนข้อมูลหรือในกรณีที่เครื่องขัดข้อง ซึ่ง Oonsiri P^[7] พบว่าการใช้เอกสารการตรวจสอบข้อมูล (checklist verification document) ของผู้ป่วยที่หน่วยงานได้ออกแบบมานั้นเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความเหมาะสมและสามารถหาสาเหตุและแก้ไขก่อนการฉายรังสีได้เช่นกัน นอกจากนี้ Asnasshari K^[1] ยังพบความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการบริหารจัดการระบบการส่งข้อมูลในหน่วยงาน และเกิดจากบุคลากรในหน่วยงาน แม้ว่าจะใช้ทั้งเอกสารและคอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบแล้วก็ตาม ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญของการตรวจสอบในทุกขั้นตอนการรักษาด้วยการฉายรังสี โดยเฉพาะก่อนการฉายรังสีและเล็งเห็นปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากความคลาดเคลื่อนในการฉายรังสีหากไม่ได้รับการแก้ไข จึงรวบรวมเอกสารการตรวจสอบข้อมูลของผู้ป่วยก่อนการฉายรังสีตั้งแต่ก่อนเริ่มฉายรังสีครั้งแรกและทุกสัปดาห์ตลอดระยะเวลาที่เข้ารับการรักษานำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยมีวัตถุประสงค์คือ วิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากขั้นตอนการฉายรังสีและหาแนวทางการป้องกัน เพื่อให้การรักษาเป็นไปตามแผนการรักษาของแพทย์และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

วัสดุและวิธีการ

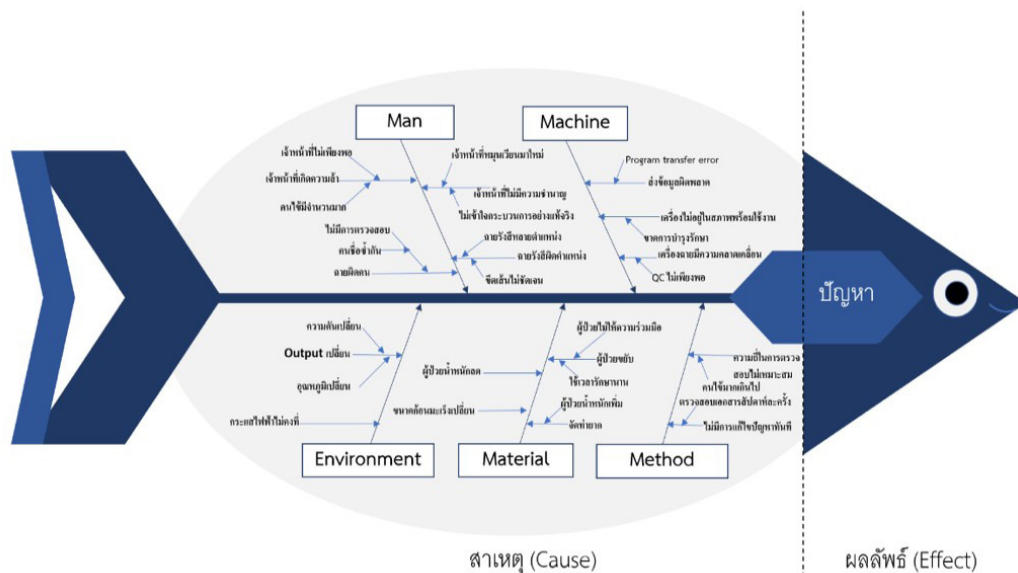
เอกสารการตรวจสอบข้อมูลของผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาฉายรังสีรักษา ณ สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน

2561 ถึง พฤษภาคม 2562 รวบรวมได้ 691 ราย ซึ่งเอกสารทั้งหมดตรวจสอบก่อนการฉายรังสีและบันทึกความคลาดเคลื่อนทุกครั้งโดยนักรังสีการแพทย์ประจำห้องฉายรังสี จากการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลตามแนวคิดของ Yamane และคณะ^[8] พบว่าเพื่อให้ข้อมูลมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ควรใช้กลุ่มตัวอย่างมากกว่า 253 ราย ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์จากเอกสารการตรวจสอบข้อมูลทั้งหมด 691 ราย

ข้อมูลที่ต้องตรวจสอบตามเอกสารประกอบด้วย ชื่อและนามสกุลผู้ป่วย (patient name), รหัสประจำตัวผู้ป่วย (hospital number: HN), เครื่องฉายรังสี (machine), พลังงานที่ใช้ในการฉายรังสี (energy) ตำแหน่งการฉายรังสี (treatment location), ปริมาณรังสีทั้งหมดที่ต้องการฉาย (total dose), ปริมาณรังสีที่ฉายแต่ละครั้ง (dose/fraction), จำนวนครั้งของการฉาย (number of fractions), เวลาที่ฉายรังสี (monitor unit: MU) อุปกรณ์ช่วยในการจัดทำผู้ป่วย ได้แก่ หน้ากาก (mask), อุปกรณ์รองรับเข่าและเท้า (knee and foot support), วัสดุสมมูลเนื้อเยื่อ (bolus), อุปกรณ์ปรับแต่งลำรังสีรูปสามเหลี่ยม (wedge), เทคนิคที่ใช้ในการฉายรังสี ได้แก่ source to axis distance (SAD) หรือ source to skin distance (SSD), การหมุนสำรวจการชนของหัวเครื่องฉายรังสี (gantry survey) และการตรวจสอบขอบเขตรังสีที่ฉาย (fields verification) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นการตรวจสอบก่อนการฉายรังสี ขณะที่การสังเกตผู้ป่วยระหว่างฉายรังสีจากโทรทัศน์วงจรปิด (patient monitoring via CCTV), การเคลื่อนที่ของ jaws และ multileaf Collimator (jaws and MLC movement) ตรวจสอบขณะฉายรังสี หลังจากฉายรังสีเรียบร้อยแล้วต้องตรวจสอบจำนวนลำรังสีที่ฉายครบแล้ว (number of field completed) ให้ถูกต้อง โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับเอกสารกำหนดปริมาณรังสีจากรังสีแพทย์และแบบพิมพ์แผนการรักษาจากนักฟิสิกส์การแพทย์ที่ส่งข้อมูลมายังห้องฉายรังสีดังแสดงในภาพที่ 1

ส่วนของก้างปลาแต่ละก้าง**ดังภาพที่ 2** หลักการที่นำมาใช้แยกกลุ่มปัจจัยหลักเพื่อนำไปสู่การหาสาเหตุย่อยต่างๆ คือ “4M 1E” สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ “4M 1E” ย่อมาจาก (1) บุคลากร (Man: M) หมายถึง บุคลากรผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการฉายรังสี, (2) เครื่องฉายรังสี (Machine: M) หมายถึง ความผิดปกติที่เกิดจากเครื่องฉายรังสี, (3) อุปกรณ์ที่ใช้ในการฉายรังสี (Material: M) หมายถึง

อุปกรณ์ช่วยจัดท่าและช่วยในการฉายรังสีแก่ผู้ป่วย, (4) วิธีปฏิบัติงาน (Method: M) หมายถึง ขั้นตอนการทำงานบางอย่างไม่ถูกต้องหรือเกิดเหตุสุดวิสัยในการปฏิบัติงานและ (5) สิ่งแวดล้อม (Environment: E) หมายถึง สิ่งแวดล้อมภายในห้องฉายรังสี ได้แก่ อากาศ ความสว่าง อุณหภูมิ ระดับน้ำ รวมทั้งบรรยากาศในการปฏิบัติงาน^[9]



ภาพที่ 2 ตัวอย่างโครงสร้างของแผนผังสาเหตุและผลแยกตามปัจจัยหลัก

จากหลักดังกล่าว เมื่อแยกรายการที่ตรวจสอบตามกลุ่มปัจจัยหลักทั้ง 5 สามารถแยกรายการได้ดังนี้ treatment techniques, gantry survey เป็นกลุ่ม man หากเป็น machine, energy จัดอยู่ในกลุ่ม machine ส่วน accessories อยู่ในกลุ่ม material ส่วน fields verification อยู่กลุ่ม method และกลุ่มสุดท้ายคือ environment ซึ่งบางรายการสามารถจำแนกได้หลายกลุ่ม จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยการสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้อง

ถึงขั้นตอนที่พบความผิดปกตินั้น แล้วจึงจำแนกตามปัจจัยหลัก และหาแนวทางป้องกันจากเหตุผิดปกตินั้น

ผลการศึกษา

จากการเก็บเอกสารการตรวจสอบข้อมูลทั้งหมด 691 ราย พบความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น 48 ราย คิดเป็นร้อยละ 6.95 โดยสามารถจำแนกตามรายการตรวจสอบได้ดัง **ตารางที่ 1**

ตารางที่ 1 แสดงความถี่และร้อยละความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ตามรายการตรวจสอบจากเอกสารการตรวจสอบข้อมูลของผู้ป่วยทั้งหมด

รายการตรวจสอบ	ความถี่ (ราย)	ร้อยละ
1. Patient name, HN	3	6.25
2. Treatment location	13	27.08
3. Machine, energy	11	22.92
4. Total dose, dose/fraction, number of fractions, MU	11	22.92
5. Accessories (mask, support, bolus, wedge)	1	2.08
6. Treatment techniques (SSD, SAD)	3	6.25
7. Gantry survey, fields verification	4	8.33
8. Patient monitoring via CCTV	0	0
9. Jaws and MLC movement	0	0
10. Field and number of fields completed	2	4.17
รวม	48	100

รายการตรวจสอบพบความคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ ข้อ 2. Treatment location จำนวน 13 ราย (ร้อยละ 27.08) รองลงมา คือ ข้อ 3. Machine, energy และ ข้อ 4. Total dose, dose/fraction, number of fractions, MU ในจำนวนความถี่ที่เท่ากัน 11 ราย (ร้อยละ 22.92) ความคลาดเคลื่อนทั้งหมดจะถูกตรวจพบก่อนการฉายรังสี ส่วนการตรวจสอบขณะที่ฉายรังสี คือข้อ 8. และ 9. ไม่พบสิ่งผิดปกติใด ๆ และหลังจากฉายรังสีเรียบร้อยแล้วมีการตรวจสอบในข้อ 10. Field and number of fields completed พบความถี่จำนวน 2 ราย (ร้อยละ 4.17) โดยเหตุการณ์เกือบทั้งหมดที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะของ near miss error และมีการเปลี่ยนแผนการรักษาแต่ไม่ได้แก้ไขในเอกสาร ซึ่งไม่มีผลต่อความผิดพลาดต่อปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ

จากเอกสารการตรวจสอบข้อมูลที่พบความคลาดเคลื่อนทั้ง 48 ราย เมื่อนำผลที่เกิดขึ้นในแต่ละรายมาวิเคราะห์และแยกเป็นจำนวนเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่

เป็นสาเหตุของการเกิดความคลาดเคลื่อนนั้น สามารถจำแนกตามปัจจัยของ “4M 1E” ได้ทั้งหมด 52 เหตุการณ์ แสดงว่าผู้ป่วยบางรายมีความคลาดเคลื่อนก่อนการฉายรังสีมากกว่า 1 เหตุการณ์ งานวิจัยนี้จึงรวบรวมเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วจำแนกตามสาเหตุ หากสาเหตุเกิดจาก บุคลากรเป็นหลัก จะครอบคลุมถึงการสื่อสาร การบันทึกข้อมูล ตลอดจนการใช้เครื่องมือ ส่วนสาเหตุจากเครื่องฉายรังสีผิดปกติ หรือเครื่องฉายรังสีทำงานได้ไม่สมบูรณ์ (machine interlock occurred during radiation) เกี่ยวข้องกับปัจจัยจาก machine หากมีการใช้อุปกรณ์เสริมเพื่อช่วยในการฉายรังสีไม่ครบตามแผน หรือมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของก้อนมะเร็ง หรือผู้ป่วยเข้ารับการผ่าตัดจนต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วยนั้น จัดอยู่ในกลุ่มสาเหตุจาก accessories and patient ทางด้านปัจจัยที่เกิดจาก method นั้น มีสาเหตุจากการฉายรังสีและใช้เครื่องมือผิดวิธี ตลอดจนวิธีการตรวจสอบตำแหน่งผู้ป่วยผิดวิธี เช่น ไม่ทำตามความถี่ที่ตั้งไว้ เป็นต้น

จึงสรุปรวมว่าเกิดสาเหตุจาก incorrect และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมนั้นเกิดจาก สภาพแวดล้อมของห้องฉาย ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ อากาศ รวมถึงระดับน้ำ ซึ่งจากการตรวจ

สอบเอกสารสามารถแสดงผลดังตารางที่ 2 และนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาโดยแก้ตามสาเหตุที่ได้วิเคราะห์ และต้องแก้ไขก่อนฉายรังสีทุกครั้ง

ตารางที่ 2 แสดงปัจจัยหลักและสาเหตุของเหตุการณ์ที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนก่อนการฉายรังสีจากเอกสารการตรวจสอบข้อมูล

ปัจจัยหลัก	สาเหตุ	จำนวน(เหตุการณ์)	ร้อยละ
Man (Human)	Staff	30	57.70
Machine	Machine interlock occurred during radiation	9	17.31
Material	Accessories and patient	4	7.69
Method	Incorrect	8	15.38
Environment	Environment around in room treatment (Temperature, Gas and Water level)	1	1.92
รวม		52	100

จากตารางที่ 2 พบว่าสาเหตุหลักของการเกิดความคลาดเคลื่อนคือ บุคลากร (Man) ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ที่เกิดความคลาดเคลื่อนมากถึง 30 เหตุการณ์ (ร้อยละ 57.70) เช่น เหตุการณ์การฉายรังสีไม่ตรงตามแผนการรักษา เกิดจากการระบุส่วนที่จะฉายผิดหรือมีจุดกึ่งกลางลำรังสีสองตำแหน่งแต่ฉายตำแหน่งเดียว ตรวจพบระหว่างการฉายรังสี ซึ่งได้บันทึกไว้และแก้ไขทันที เหตุการณ์การบันทึกค่าพลังงานรังสีผิดพลาดจาก 6 MV เป็น 10 MV เกิดจากแพทย์เขียนพลังงานไว้ก่อนการวางแผนการรักษา เมื่อคำนวณปริมาณรังสีด้วยพลังงานอื่นแต่ไม่ได้แก้ไขเอกสารบันทึกข้อมูล ทำให้เกิดเหตุการณ์การบันทึกค่าพลังงานผิดพลาดแต่ผู้ป่วยได้รับการฉายรังสีที่ถูกต้อง หรือเหตุการณ์หัวเครื่องฉายรังสีชนแขนผู้ป่วย เกิดจากการไม่ตรวจสอบองศาการหมุนของหัวเครื่องฉายรังสี เป็นต้น ซึ่งตรงกับรายการตรวจสอบตารางที่ 1 หัวข้อ 2, 3 และ 7 ตามลำดับ เหตุการณ์ดังกล่าวตรงกับวันที่ตรวจสอบ จึงลงบันทึกไว้ หากเกิดใน

วันที่ไม่ได้ตรวจสอบจะทำการบันทึกไว้ก่อนการฉายในสลิปดาห์ถัดไป อย่างไรก็ตาม นักรังสีการแพทย์ทำการตรวจสอบความถูกต้องทุกวัน เพียงแต่ลงบันทึกไว้สลิปดาห์ละครั้งเท่านั้น

เหตุการณ์ทั้ง 52 เหตุการณ์จากผู้ป่วย 48 ราย พบความผิดปกติจำนวน 3 รายที่มีเหตุการณ์ผิดปกติมากกว่า 1 เหตุการณ์ คือ รายแรก เกิดจากการลงบันทึกข้อมูลไม่ตรงตามแผนการรักษา จนเป็นเหตุให้ไม่มีการตรวจสอบก่อนการฉาย ทำให้ผู้ป่วยไม่ได้ใส่อุปกรณ์เพิ่มเติม จึงได้รับการฉายรังสีผิดไปจากแผนการรักษา จำแนกอยู่ในกลุ่มปัจจัยจาก man, material และ method ส่วนรายที่สองพบว่าขอบเขตของการฉายรังสีไม่ถูกต้องเนื่องจากไม่ระบุขอบเขตที่ชัดเจน และเกิดการละลายที่จะตรวจสอบตำแหน่งให้ถูกต้องโดยใช้อุปกรณ์สร้างภาพทางรังสี จัดกลุ่มปัจจัยคือ man และ method รายสุดท้ายเกิดจากการหมุนแกนทรีของเครื่องฉายรังสีชนแขนผู้ป่วย ซึ่งพบว่าไม่ได้ทำตามวิธีการตรวจสอบที่ถูกต้อง ซึ่งตรวจสอบพบว่าเกิดจากปัจจัยจาก man และ method

บทวิจารณ์

การศึกษาข้อมูลจากเอกสารการตรวจสอบข้อมูลทั้งหมด 691 ราย ไม่พบความผิดปกติก่อนการฉายรังสีรักษาจำนวน 643 ราย คิดเป็นร้อยละ 93.05 และพบความคลาดเคลื่อนจำนวน 48 ราย คิดเป็นร้อยละ 6.95 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในรายการตรวจสอบส่วนใหญ่คือ ตำแหน่งของการฉายรังสี (treatment location) ประกอบด้วย ตำแหน่งหรือ isocenter ของการฉายรังสีเปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิมที่แพทย์ได้ทำการกำหนดไว้ในแผนการรักษาตั้งแต่ครั้งแรก ซึ่งเกิดจากการปรับแผนการรักษา โดยไม่มีการส่งข้อมูลบอกในใบวางแผนการรักษา เกิดได้จากทั้งบุคลากร และวิธีการปฏิบัติงานไม่ว่าจะเป็นการจัดตำแหน่งไม่ตรงตามแผน หรือเกิดจากกระบวนการทำงานที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งโดยใช้อุปกรณ์สร้างภาพรังสีคอมพิวเตอร์แบบโคน (cone-beam computed tomography: CBCT) ซ้ำอีกครั้ง พร้อมทั้งตรวจสอบแผนการรักษาของนักฟิสิกส์การแพทย์และแจ้งรังสีแพทย์ก่อนฉาย เพื่อยืนยันตำแหน่งที่ถูกต้อง ในขณะที่เดียวกันหากลำรังสีไม่คลุมตำแหน่งที่จะฉาย เนื่องจากตำแหน่งที่จะฉายมีการเปลี่ยนแปลง สามารถใช้ CBCT ตรวจสอบตำแหน่งได้เช่นกันและจากนั้นจะแจ้งรังสีแพทย์เพื่อปรับแผนการรักษาใหม่ หรือขอบเขตลำรังสีไม่คลุมบริเวณที่การหายใจเกิดเมื่อเครื่องฉายรังสีไม่อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน ดังนั้นจะต้องมีการควบคุมคุณภาพของเครื่องเป็นประจำทุกวัน นอกจากนี้ยังพบว่ามีความผิดพลาดในระหว่างการบันทึกและส่งต่อข้อมูลที่ส่งผลให้ตำแหน่งการฉายเปลี่ยนไป สามารถแก้ไขได้โดยการทวนสอบข้อมูลทั้งจากแผนการรักษาและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกับงานวิจัยของ Kline^[6] และ Asnasshari^[11] ส่วนอีกปัญหาหนึ่งที่พบมากเช่นกันคือการลงบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณรังสี พลังงาน และเครื่องมือที่ใช้ฉายรังสี โดยงานวิจัยนี้มีการใช้ระบบเครือข่ายช่วยในการส่งข้อมูล และใช้การตรวจสอบซ้ำโดยนักรังสีการแพทย์ พร้อมทั้งลงแบบบันทึกข้อมูลของ

ผู้ป่วย ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการสื่อสารระหว่างบุคลากรในหน่วยงาน และการส่งผ่านข้อมูลของระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Baiotto^[10] คือมีความคลาดเคลื่อนในการสื่อสารของบุคลากรเป็นปัจจัยหลัก

ดังนั้นเมื่อจำแนกความคลาดเคลื่อนโดยใช้หลักการ “4M 1E” พบว่า ส่วนใหญ่เกิดจากบุคลากรหรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในงานรังสีรักษา (man) สาเหตุความคลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุด คือ การบันทึกข้อมูลไม่ถูกต้อง เช่น การระบุส่วนที่ฉายผิด การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่จะฉาย การบันทึกเทคนิคผิดพลาดจาก SSD เป็น SAD การเปลี่ยนจุดกึ่งกลางลำรังสี แต่สิ่งเหล่านั้นไม่ได้บันทึกในแบบฟอร์มบันทึกแผนการรักษาให้บุคลากรในห้องฉายรังสีรับทราบ และนักรังสีการแพทย์ไม่ได้ตรวจสอบและยืนยันตามแผนการรักษา ซึ่งมักเกิดจากการสื่อสารระหว่างบุคลากรในหน่วยงาน ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการบันทึกข้อมูลทั้งส่วนของการกำหนดปริมาณรังสีและแผนการรักษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Asnasshari^[11] และ Baiotto^[10] จึงควรตรวจสอบและสื่อสารข้อมูลที่ตรงกันก่อนลงบันทึกทุกครั้ง

ทางด้านเครื่องฉายรังสี (machine) อาจเกิดความขัดข้องของเครื่อง เช่น เครื่องฉายรังสีไม่สามารถทำงานได้ เพราะเกิดอุณหภูมิสูง หรือระดับแก๊สในเครื่องไม่อยู่ในสถานะสมดุล หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการกำบังรังสีและกำหนดรูปร่าง เพื่อปรับความเข้มของลำรังสีที่เรียกว่า MLC เกิดขัดข้อง เป็นต้น ซึ่งหากเครื่องผิดปกติสามารถแจ้งช่างซ่อมบำรุงหรือวิศวกรประจำเครื่องฉายมาตรวจสอบได้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการฉายรังสี (material) ในการฉายรังสีแต่ละครั้งอาจใช้ระยะเวลาานาน ทำให้ผู้ป่วยมีการเคลื่อนไหวในระหว่างฉายรังสี หรือผู้ป่วยมีอาการปวดมากจนไม่สามารถนอนเป็นเวลานานได้ จนส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น ดังนั้นควรประเมินอาการผู้ป่วยก่อนและหาอุปกรณ์เสริมเพื่อรองรับร่างกายบริเวณที่ประเมินแล้วว่ามีการเคลื่อนไหวมากที่สุดไว้แต่ต้องไม่ทำให้ท่าของ

ผู้ป่วยเปลี่ยน หากผู้ป่วยไม่ให้ความร่วมมือควรแจ้งเหตุผลที่ต้องใช้อุปกรณ์เสริม หรือแจ้งรังสีแพทย์เพื่อปรับการฉายรังสี อุปกรณ์จะต้องครบตามจำนวนที่วางแผนไว้ หากไม่ครบควรมีการตรวจสอบก่อนฉายรังสี และในกรณีที่ไม่ระบุไว้ในแผนการรักษา แต่มีการใช้ในการจำลองการรักษา ควรแจ้งรังสีแพทย์เพื่อยืนยันความถูกต้องของอุปกรณ์ที่ใช้ก่อนฉาย หัวข้อวิธีปฏิบัติงาน (method) มีความสอดคล้องกับสาเหตุที่เกิดจากบุคลากร เกิดความคลาดเคลื่อนจากการสื่อสารและการส่งข้อมูลการรักษาหรือขาดความระมัดระวังในการทำงานร่วมกัน เช่น การไม่ตรวจสอบองศาของเครื่องฉายรังสี ทำให้หัวเครื่องชนแขนหรืออุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วย หรือหากไม่ตรวจสอบตำแหน่งที่จะฉายโดยใช้อุปกรณ์ตรวจสอบทำให้บริเวณที่ฉายได้รับปริมาณรังสีไม่ถูกต้อง ดังนั้นควรตรวจสอบเครื่องและบริเวณที่จะฉายรังสีทุกครั้งก่อนการฉายรวมทั้งลงบันทึก สอดคล้องกับคำแนะนำของ Thwaites^[5] คือ เมื่อมีการตรวจสอบข้อมูลทุกอย่างก่อนฉาย จะส่งเสริมด้านความปลอดภัยให้กับผู้ป่วยและส่งผลให้การรักษาเป็นไปอย่างถูกต้อง

ปัจจัยสุดท้าย คือ สิ่งแวดล้อมในการปฏิบัติงาน (environment) ไม่ว่าจะเป็น อากาศ ความสว่าง อุณหภูมิ ระดับน้ำ และบรรยากาศในการปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้พบความผิดปกติเพียงเหตุการณ์เดียว คือมีน้ำจากเครื่องปรับอากาศหยดลงมาทำให้พื้นลื่น ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อเจ้าหน้าที่และผู้ป่วยในระหว่างการฉายรังสีได้ ดังนั้นควรตรวจสอบสภาพแวดล้อมก่อนการปฏิบัติงานทุกครั้ง หรือมีป้ายเตือนเพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้

เมื่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของรังสีรักษาเพิ่มมากขึ้น การปฏิบัติงานและการบริการผู้ป่วยให้มีความปลอดภัย มีความสะดวกและรวดเร็ว จึงมีบทบาทสำคัญ อย่างไรก็ตามในทุกกระบวนการฉายรังสีอาจมีความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวไว้ในตัวอย่างข้างต้น หากมีจุดใดจุดหนึ่งเกิดความคลาดเคลื่อนอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของการรักษาผู้ป่วยได้ ดังนั้นควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์และข้อมูล

อย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งมีการส่งเสริมมาตรการในการปฏิบัติงานในแนวทางเดียวกัน เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการฉายรังสีรักษาหรือหากพบความผิดพลาดจำเป็นต้องมีการดำเนินการแก้ไขให้เร็วที่สุด การตรวจสอบโดยใช้เอกสารการตรวจสอบข้อมูลจึงเป็นส่วนหนึ่งของการควบคุมคุณภาพงานทางรังสีรักษาที่สำคัญ^[11]

ข้อสรุป

จากการศึกษาครั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของการฉายรังสีรักษามากที่สุดเกิดจากบุคลากร โดยมีสาเหตุมาจากการบันทึกข้อมูลและการสื่อสารที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งแนวทางป้องกันคือควรมีการฝึกอบรมและพัฒนาบุคลากรให้มีความเข้าใจในหน้าที่และตระหนักถึงผลเสียที่จะเกิดขึ้น การสื่อสารกันระหว่างสหสาขาวิชาชีพทั้งแพทย์ นักฟิสิกส์การแพทย์ นักรังสีการแพทย์ การตรวจสอบข้อมูลและเครื่องก่อนฉายรังสี รวมทั้งสร้างแนวปฏิบัติให้เป็นมาตรการหรือกฎระเบียบในการปฏิบัติงานให้เป็นไปทางเดียวกัน เช่น ทำการควบคุมคุณภาพของเครื่องเป็นประจำทุกวันพร้อมทั้งมีการลงบันทึกข้อมูลในระบบหรือเป็นลายลักษณ์อักษรเพื่อนำไปปรับและหาแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ขึ้นอีก การตรวจสอบแผนการรักษาโดยใช้เอกสารการตรวจสอบข้อมูลนับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของการควบคุมคุณภาพในงานรังสีรักษาเพราะจะช่วยให้การตรวจสอบ ป้องกันและแก้ไขความผิดปกติก่อนการฉายรังสีรักษาได้

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ขอขอบพระคุณรังสีแพทย์ นักฟิสิกส์การแพทย์ และนักรังสีการแพทย์ รวมทั้งบุคลากรในสาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย และคณาจารย์จากสาขาวิชารังสีเทคนิค มหาวิทยาลัยรามคำแหงทุกท่านที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Asnaashari K, Gholami S, Khosravi HR. Lessons learnt from errors in radiotherapy centers. *Int J Radiat Res.* 2014; 12:361-7.
2. World Health Organization. Radiotherapy risk profile [Internet]. WHO press;2008 [cited 2019 Nov 20]. Available from: https://www.who.int/patientsafety/activities/technical/radiotherapy_risk_profile.pdf?ua=1
3. Guide SS. Radiation protection and safety in medical uses of ionizing radiation. IAEA Safety Standards Series No SSG-46 2018.
4. Menzel HG. International commission on radiation units and measurements. *J ICRU.* 2014;14:1-2.
5. Thwaites DI, Mijnheer BJ, and Mills JA. Quality assurance of external beam radiotherapy. In: Podgorsak EB, editor. *Radiation oncology physics: a handbook for teacher and student* Quality assurance of external beam radiotherapy. Vienna, Austria: IAEA, 2005. P.406-13, 433-4.
6. Klein EE, Drzymala RE, Purdy JA, Michalski J. Errors in Radiation oncology: A study in pathways and dosimetric impact. *J App Clin Med Phy.* Summer 2005;6:81-94.
7. Oonsiri P, Suriyapee S, Naksawat N, Rungpanyawut P. Radiotherapy error detection by treatment verification sheet. *J Thai Assoc Radiat Onco.* 2013; 19:15-20.
8. Yamane T. *Statistics: An Introductory Analysis.* 3rd ed. New York: Harper and Row; 1973.
9. ประไพทิพย์ ลือพงษ์. การควบคุมคุณภาพ. เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง; 2560
10. Baiotto B, Bracco C, Bresciani S, Mastantuoni A, Gabriele P, Stasi M. Quality assurance of a record-and-verify system. *Tumori J.* 2009;95:467-72.
11. สมบัติ บุญขวาง. การสร้างระบบควบคุมคุณภาพในงานวางแผนรังสีรักษา [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2552

Comparison of two patient-specific VMAT QA systems: Portal Dosimetry versus ArcCHECK phantom

การเปรียบเทียบการทวนสอบแผนการรักษาผู้ป่วยในเทคนิคการฉายรังสี
แบบปรับความเข้มเชิงปริมาตรด้วยเครื่องมือวัดรังสีสองระบบ:
เครื่องมือวัดรังสีระบบพอร์ทอลเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดรังสีอาร์คเช็ค

Kananan Utitsarn¹, Thepphithak Watthanasarn¹, Jeerawat Pimthong¹, Komkrit Krongkietlearts¹,
Chonlathorn Pihusut¹, Wirasinee Chaloechawalit¹, Jitlada Jitmon¹

¹Department of Radiotherapy, Lopburi Cancer Hospital, Lopburi, Thailand

Corresponding author:

Kananan Utitsarn

11/1 Tambon Thale Chup Son, Mueang Lop Buri District, Lopburi 15000

Email: kanananmim@hotmail.com

คณนันท อุทิศสาร¹, เทพพิทักษ์ วัฒนสาร¹, จีรววัฒน์ พิมพทอง¹, คมกริช ครองเกียรติเลิศ¹, ชลธร พิหูสูตร¹, วิราดิณี เฉลิมขวลิต¹,
จิตรลดา จิตรมัน¹

กลุ่มงานรังสีรักษา โรงพยาบาลมะเร็งลพบุรี

ผู้นิพนธ์ประสานงาน

คณนันท อุทิศสาร

11/1 ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15000

อีเมล: kanananmim@hotmail.com

Submitted: Jan 4, 2021

Revised: Mar 23, 2021

Accepted: May 13, 2021

Abstract

Background: Due to the complexity of VMAT dose distribution, the implementation of pre-treatment verification is an essential process in clinical practice to ensure that the accuracy of radiation dose is delivered to the patient as planned.

Objective: To compare the VMAT pre-treatment QA results for head and neck cancer and prostate cancer using Portal Dosimetry system (PDs) and ArcCHECK phantom with difference gamma evaluation criteria.

Materials and Methods: Thirty VMAT plans of head and neck site and prostate site were created and delivered on two different QA systems; PDs and ArcCHECK. The measured planar dose matrices were compared with planned dose and were analyzed using global gamma evaluation with the criteria of 3%/3 mm, 3%/2 mm and 2%/2 mm.

Results: The average passing rate of head and neck cases measured by PDs and ArcCHECK using 3%/3 mm was $97.9 \pm 0.9\%$ and $97.8 \pm 0.8\%$, respectively. When using 3%/2 mm and 2%/2 mm, the average passing rate measured by PDs was $95.7 \pm 0.8\%$ and $76.5 \pm 2.6\%$, while the results measured by ArcCHECK was $96.6 \pm 0.8\%$ and $79.8 \pm 2.1\%$, respectively. Similar trend of the results was observed for prostate cases; however, the higher passing rate was detected due to lesser complexity in prostate plan. The average passing rate measured by PDs and ArcCHECK using 3%/3 mm was $99.1 \pm 0.9\%$ and $99.6 \pm 0.5\%$, respectively. When using 3%/2 mm, the passing rate of $98.1 \pm 1.0\%$ and $98.7 \pm 0.9\%$ was observed for PDs and ArcCHECK, respectively. The passing rate decreased to $97.0 \pm 0.9\%$ for PDs and $97.4 \pm 0.7\%$ for ArcCHECK when 2%/2 mm was applied.

Conclusion: The gamma passing rates of PDs were comparable to those of the ArcCHECK measurements for all gamma criteria. The distinct differences were observed when the stringent gamma criteria were applied.

Keywords: ArcCHECK, Patient-specific QA, VMAT

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: เนื่องจากความซับซ้อนของการกระจายปริมาณรังสีในแผนการรักษาด้วยเทคนิคการฉายรังสีปรับความเข้มเชิงปริมาตร (VMAT) การทวนสอบแผนการรักษาก่อนการฉายรังสีจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้มั่นใจว่าผู้ป่วยจะได้รับปริมาณรังสีที่ถูกต้องตามแผนการรักษา

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบผลการทวนสอบแผนการรักษา VMAT ในมะเร็งศีรษะและลำคอ และมะเร็งต่อมลูกหมากโดยใช้เครื่องมือวัดรังสีระบบพอร์ทัล (PDs) และเครื่องมือวัดรังสีอาร์คเชค (ArcCHECK) โดยทำการประเมินผลด้วยเกณฑ์แกมมาต่างๆ

วัสดุและวิธีการ: ทำการฉายรังสีแผนการทวนสอบ VMAT ของมะเร็งศีรษะและลำคอ และมะเร็งต่อมลูกหมาก ทั้งหมด 30 แผน ลงบนอุปกรณ์รับภาพอิเล็กทรอนิกส์ (EPIDs) ของเครื่องฉายรังสีรุ่น และ ArcCHECK จากนั้นทำการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ได้จากการวัดค่ารังสีในแนวระนาบเมทริกซ์ กับปริมาณรังสีจากแผนการรักษา และทำการวิเคราะห์ด้วยโกลบอลแกมมา ที่เกณฑ์ 3%/3 มม, 3%/2 มม และ 2%/2 มม.

ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยของ passing rate ในมะเร็งศีรษะและลำคอที่ทำการวัดโดย PDs และ ArcCHECK เมื่อใช้เกณฑ์ 3%/3 มม เท่ากับ $97.9 \pm 0.9\%$ และ $97.8 \pm 0.8\%$, ตามลำดับ เมื่อใช้เกณฑ์ 3%/2 มม และ 2%/2mm, ค่าเฉลี่ยของ passing rate ที่ทำการวัดโดย PDs เท่ากับ $95.7 \pm 0.8\%$ และ $76.5 \pm 2.6\%$ ในขณะที่ค่าการวัดโดย ArcCHECK เท่ากับ $96.6 \pm 0.8\%$ และ $79.8 \pm 2.1\%$ ตามลำดับ ผลการศึกษาในมะเร็งต่อมลูกหมากมีแนวโน้มเป็นไปในแบบเดียวกันกับมะเร็งศีรษะและลำคอ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า มีค่า passing rate ที่สูงกว่าเนื่องจากในมะเร็งต่อมลูกหมากมีความซับซ้อนน้อยกว่า ค่าเฉลี่ยของ passing rate ที่ทำการวัดโดย PDs และ ArcCHECK เมื่อใช้เกณฑ์ 3%/3 มม เท่ากับ $99.1 \pm 0.9\%$ และ $99.6 \pm 0.5\%$ ตามลำดับ เมื่อใช้เกณฑ์ 3%/2 มม ค่า passing rate เท่ากับ $98.1 \pm 1.0\%$ และ $98.7 \pm 0.9\%$ สำหรับการวัดโดย PDs และ ArcCHECK ตามลำดับ ค่า passing rate มีค่าลดลงเท่ากับ $97.0 \pm 0.9\%$ สำหรับ PDs และ $97.4 \pm 0.7\%$ สำหรับ ArcCHECK เมื่อทำการลดเกณฑ์ไปที่ 2%/2 มม.

ข้อสรุป: ค่า passing rates ของ PDs มีค่าเทียบเท่ากับค่า passing rate ของ ArcCHECK ในทุกๆ เกณฑ์แกมมา และจะพบค่าความแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อทำการลดค่าเกณฑ์แกมมา

คำสำคัญ: เครื่องมือวัดรังสีอาร์เคเชค, การทวนสอบแผนการรักษา, เทคนิคการฉายรังสีปรับความเข้มเชิงปริมาณ

J Thai Assoc Radiat Oncol 2021; 27(1): R54-R66

Introduction:

Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) provides highly conformal radiation dose distribution to the target while sparing the radiation dose to the organs at risk. It delivers radiation with dynamic dose rate, collimator angulation and gantry rotation^[1]. Due to the complexity of the VMAT dose distribution, the implementation of pre-treatment verification or treatment planning quality assurance (QA) is an essential procedure in clinical practice to ensure that the accuracy of radiation dose is delivered

to the patient as planned. The planning QA is also possible to detect the systematic errors which can lead to various side effects for the patients^[2].

Several QA systems, such as 2D or 3D array of ionization chamber or diode, film and Electronic Portal Imaging Device based are available and widely used for VMAT QA^[3-6]. The planning QA examines the concordance between planned dose distribution from the treatment planning system and the measured dose delivered by the linear accelerator. The analysis is generally performed with the

gamma evaluation method which is derived from the protocol regarding the choice of the deviation of % dose difference, distance to agreement and the gamma pass rate criterion^[7].

The scope of this study covered the use of two dosimetry systems for VMAT QA: Portal dosimetry system (PDs) and ArcCHECK phantom which are available at our clinic. The aim was to understand and compared the gamma pass rate of those two dosimetry systems. Previous studies have reported the performance of ArcCHECK and PDs for VMAT QA. Li et al.^[8] and Chaswal et al.^[9] evaluated the use of ArcCHECK for VMAT plans verification. The studies showed very good gamma analysis for the simple plan verification. However, the correction for detector directional dependence was needed. Bailey et al.^[10] performed pretreatment VMAT QA with PDs. It appeared good gamma passing rate but the detector inherent limitation due to gantry motion and detector sag should be concerned. Most of studies mentioned above performed the analysis using gamma criteria of 3%/3 mm which was recommended by AAPM TG119^[11]. However, numbers of studies have discussed the acceptance criteria for VMAT QA. Hussein et al.^[12] compared gamma analysis of ArcCHECK, EPID, Delta4 and EBT2 film. They found higher sensitivity of error detection when the gamma criteria of less than 3%/3 mm was applied. Vieilleveigne et al.^[13] compared ArcCHECK, 2D array 729 and EPID and studied the their sensitivity to delivery errors. The devices presented similar potential for VMAT QA even analyst with tight criteria of 2%/2 mm. Another purpose of this

study was to study the detectors response on the gamma index passing rate when applied various acceptance criteria and developed the VMAT QA protocol for our center.

Materials and Methods:

A. Patient selection

Fifteen head-and-neck (HN) and fifteen prostate VMAT cases treated by 6 MV photon beams were retrospectively selected. Two arcs or three arcs were created with a dose rate of 400 MU/min for each patient. Eclipse treatment planning system version 13.6 (Varian Medical System, Palo Alto, CA) and analytical anisotropic algorithm (AAA) with 2.5 mm calculation grid size were used for patient plan calculating. For HN plans, the treatment plan consisted of 2-3 dose levels of 66-70 Gy (High risk CTV), 59.4 Gy (Intermediate risk CTV) and 54 Gy (Low risk CTV) with a dose fraction of 2-2.12 Gy. For prostate plans, the prescribed doses of 70-76 Gy with a dose fraction of 2 Gy were generated.

To create the treatment verification plans, the plans containing an actual fluence and calculated MLC leaf motion were exported to two QA systems; PDs and ArcCHECK. PDs generated the calculated portal images while ArcCHECK recalculated all parameters as a planned dose map. Then, the data were transferred to the Linac for dose delivery using ARIA information system. All measurements were performed using Varian Clinac iX (Varian Medical System, Palo Alto, CA) equipped with a Millennium 120 MLCs. A composited portal measured dose image from PDs and a measured

planar dose from ArcCHECK were compared with the calculated dose from TPS using gamma evaluation.

B. Patient-specific QA VMAT system

B.1 Portal Dosimetry system (PDs)

Portal Dosimetry system (Varian Medical System, Palo Alto, CA) acquired image with Varian Portal Vision and analyzed with Portal Dosimetry (version 13.6). The images were obtained with amorphous silicon EPID model aS1000 which was set statically at 105 cm source detector distance (SDD) respect to the rotated gantry with no additional build up. EPID has 40 × 30 cm² detecting surface size with a 1024 × 768 pixel of active area (0.39 mm resolution). It was attached directly to the Varian Clinac iX by a robotic Exact arm. The detector was calibrated follow the manufacturer's specifications^[14], dark field and flood field calibration was performed each day before measurement. The detector dose calibration was performed monthly delivered by a 10 × 10 cm² open field at 100 cm SDD. The dose scaling was calibrated to 1 Calibration Unit (CU) = 1 centigray (cGy)^[10]. EPID sag was performed on the first time of machine installation. The average of detector sagging was within 2 mm for all tested. The treatment machine QA was performed monthly to ensure that the gantry sag was within ± 2 mm^[15].

B.2 ArcCHECK cylindrical phantom

ArcCHECK (Sun Nuclear Inc, Melbourne, FL) combined with SNC patient software (version 8.1)

is a 3D cylindrical detector. It consists of 1386 silicon diode detectors embedded on the cylindrical surface area of 21 cm diameter and 21 cm array length. The device has the inherent detector of 2.85 cm and 1 cm detector spacing. ArcCHECK dose calibration was performed follow the manufacturer's guidelines before each measurement session with a 10 × 10 cm² open field at 100 cm source axis distance (SAD)^[16]. For plan verification measurements, ArcCHECK was set isocentrically (SAD = 86.3 cm) accommodate with a MultiPlug inserted inside in the center of the phantom (cavity diameter = 15 cm). All measurements recorded by ArcCHECK were corrected for background radiation, angular dependence, field size dependence and heterogeneity automatically. The correction factors were determined from manufacturer during initial calibration of the detector^[9].

C. Evaluation protocol

Gamma evaluation or gamma index analysis developed by Low et al.^[17] is a common quantitative method for assessment the agreement between measured dose and the TPS planned dose. The agreement between two point in dose spatial domain was calculated using two acceptance criteria: percentage dose difference (%DD); and distance to agreement (DTA). The gamma index value assigned to each individual points are satisfied the passing criterion by the condition value ≤ 1^[18]. The gamma passing rate or the percentage of passing point can be calculated for different criteria or apply an action

level by the user^[19]. This study used a global gamma evaluation method where the percent differences for every point was normalized to a globally used single value, usually the maximum planned dose^[18].

The absolute gamma analysis with criteria of 3%/3 mm, 95% as an action level followed the AAPM TG 119 protocol was used^[11] for PDs and ArcCHECK VMAT QA. Criteria of 3%/2 mm with a threshold of 95%, as suggested by AAPM No.218^[7] and the criterion of 2%/2 mm with 90% pass rate recommended from previous studies^[13,20] was also reported. These analyses included 10% dose threshold for all devices. The dose threshold corresponds to the detectors receiving doses less than 10% of the maximum dose were excluded from this analysis in order to minimize the effects of noise in low dose regions^[11]. The significance of the differences between portal dosimetry system and the ArcCHECK measurements was examined with two tails paired t-test for all criteria.

Results

The example of the comparison between measured and calculated dose with PDs and ArcCHECK is shown in **Figure 1** and **Figure 2**, respectively. The mean value and standard deviation (SD) of % gamma passing rate for all gamma criteria of 30 VMAT plans using portal dosimetry system and ArcCHECK are presented in **Table 1** (head and neck) and **Table 2** (prostate), respectively. The summary of gamma passing rate comparison between measured and calculated dose of those two dosimeters are

shown in **Table 3**. All head and neck plans measured by PDs and ArcCHECK had the average gamma passing rate using 3%/3 mm of $97.9 \pm 0.9\%$ and $97.8 \pm 0.8\%$, respectively. When 3%/2 mm and 2%/2 mm were applied, the average passing rate measured by PDs was $95.7 \pm 0.8\%$ and $76.5 \pm 2.6\%$ while the results measured by ArcCHECK was $96.6 \pm 0.8\%$ and $79.8 \pm 2.1\%$, respectively. There were no significant different between ArcCHECK and PDs in planar dose measurements and TPS dose calculation (p-value = 0.760) when 3%/3 mm was selected. The result showed statistically significant differences when gamma criteria were reduced to 3%/2 mm (p-value = 0.003) and 2%/2 mm (p-value = 0.001).

For prostate plans, when 3%/3 mm criteria were applied the average gamma passing rate measured by PDs and ArcCHECK was $99.1 \pm 0.9\%$ and $99.6 \pm 0.5\%$, respectively. The results showed passing rate of $98.1 \pm 1.0\%$ for PDs and $98.7 \pm 0.9\%$ and for ArcCHECK when 3%/2 mm was used. For 2%/2 mm, the passing rate decreased to $97.0 \pm 0.9\%$ for PDs and $97.4 \pm 0.7\%$ for ArcCHECK. The prostate cases illustrated no statistically significant difference for all gamma criteria.

Discussion

Both PDs and ArcCHECK dosimetry currently have been operated at Lopburi Cancer Hospital. The detectors were tested and characterized before being used for clinical patient-specific VMAT QA. This study investigated the PDs results comparing to the ArcCHECK cylindrical phantom by utilizing various gamma criteria.

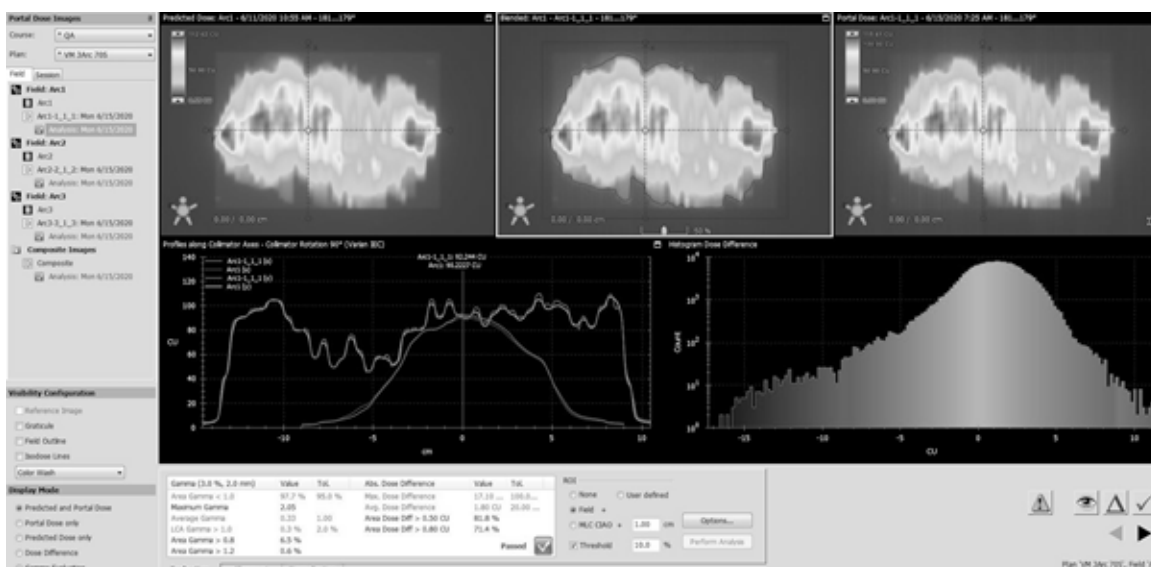


Figure 1 The comparison of PDs calculated (top left) and EPID measured planar dose distribution (top right) showing gamma analysis results (top middle) and line profile agreement (bottom).

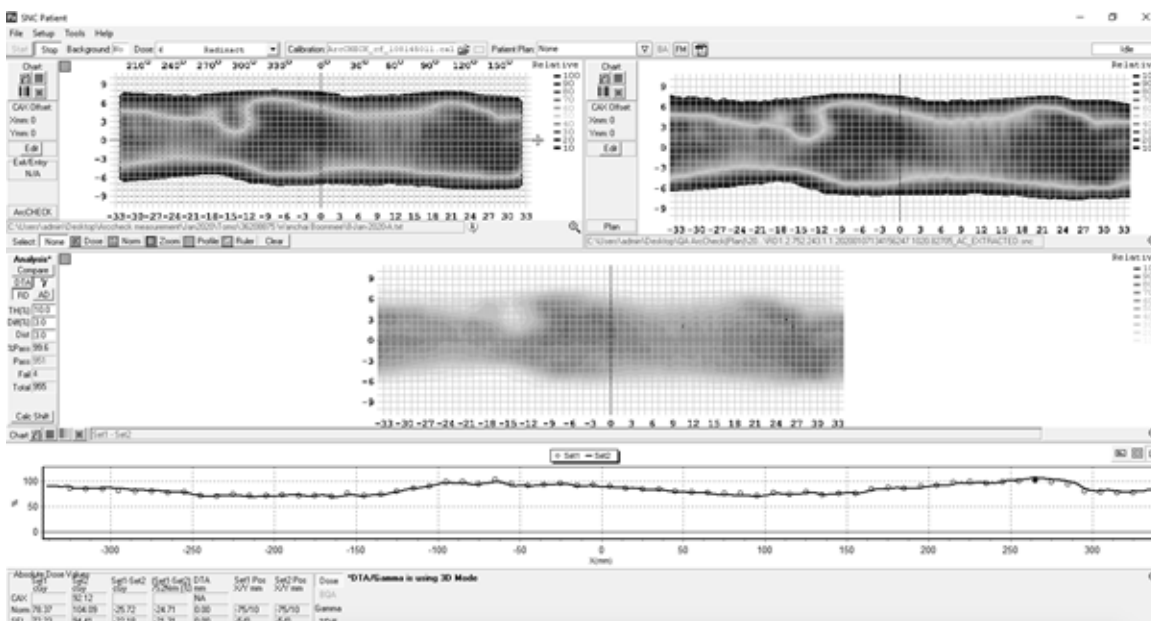


Figure 2 The comparison of TPS calculated (top right) and ArcCHECK measured planar dose distribution (top left) showing gamma analysis results and line profile agreement (bottom).

Table 1 The mean value and SD of % gamma passing rate for all gamma criteria of head and neck plans using PDs and ArcCHECK dosimetry.

Patient No.	3%/3 mm		3%/ 2 mm		2%/2 mm	
	Portal dose	ArcCHECK	Portal dose	ArcCHECK	Portal dose	ArcCHECK
1	98.2	97.1	97.0	97.5	78.0	81.2
2	97.8	98.5	96.2	96.9	75.0	80.0
3	98.2	96.9	96.7	97.0	79.4	79.0
4	98.5	97.8	95.6	97.6	77.6	82.5
5	98.5	99.0	95.9	97.5	74.7	79.3
6	99.9	97.6	95.9	96.8	78.2	80.1
7	96.0	96.0	94.9	96.0	69.9	73.7
8	98.7	97.8	94.9	96.1	73.6	77.0
9	96.6	98.0	94.0	96.4	79.9	80.3
10	98.0	98.3	95.0	95.2	76.9	82.0
11	98.0	97.8	95.0	95.2	74.8	80.5
12	97.9	98.0	96.3	97.2	78.3	80.3
13	97.4	98.3	95.0	96.9	77.0	80.8
14	96.9	97.0	95.9	96.1	76.5	80.2
15	98.0	99.0	96.5	97.0	77.4	79.7
Average	97.9	97.8	95.7	96.6	76.5	79.8
SD	0.9	0.8	0.8	0.8	2.6	2.1

For head and neck cases, the passing rate for both PDs and ArcCHECK were more than 95% when using 3%/3 mm and 3%/2 mm criteria. The results agreed well with previous studies presented in **Table 4**. However, when reduced the criteria to 2%/2 mm, our study presented the lowest passing rate which was less than 80%. This might be because most of the VMAT plans in this study consisted of at least 3 PTV which

represented the complex plan. The complex plans showed more gamma failing points, especially at high dose gradient region or beam edge. Another reason was our study used absolute gamma analysis, while studies reported in Table 4 did not clarify whether global/local gamma method or absolute/ relative gamma analysis were applied. The passing rate in relative gamma analysis could be higher than in absolute

Table 2 The mean value and SD of % gamma passing rate for all gamma criteria of prostate plans using PDs and ArcCHECK dosimetry.

Patient No.	3%/3 mm		3%/ 2 mm		2%/2 mm	
	Portal dose	ArcCHECK	Portal dose	ArcCHECK	Portal dose	ArcCHECK
1	99.0	99.7	97.0	98.9	95.7	96.0
2	99.4	99.9	98.0	99.4	96.7	97.7
3	100.0	99.5	99.0	97.4	96.0	98.0
4	100.0	99.1	97.0	97.8	96.0	96.7
5	98.0	100.0	98.0	98.4	97.8	97.0
6	100.0	99.3	97.0	99.4	96.0	98.0
7	99.0	98.9	99.0	97.9	98.0	97.0
8	98.0	99.2	97.0	98.1	96.8	97.0
9	99.7	100.0	98.0	99.0	96.8	97.0
10	99.5	100.0	97.0	99.0	97.0	97.5
11	99.9	100.0	99.9	99.6	98.4	98.0
12	98.0	100.0	99.9	100.0	98.2	98.7
13	99.1	100.0	98.1	99.9	97.3	97.9
14	98.0	99.0	98.8	98.0	96.5	97.0
15	98.0	98.8	98.0	97.2	97.2	97.0
Average	99.1	99.6	98.1	98.7	97.0	97.4
SD	0.9	0.5	1.0	0.9	0.9	0.7

gamma analysis because the average depth dose (DD) between the calculated and measured dose distributions was minimized.

Similar trend of passing rate was found for the prostate cases which represented the simple plan. When reduced the gamma criteria, the passing rate was reduced. The results were more than 95% for all gamma criteria even for the stringent criteria of 2%/2 mm with no significant

difference (p-value > 0.05) for both PDs and ArcCHECK. This was probable because the spherical shape of the prostate and simple surrounded organ at risk generated less complicated dose distribution than head and neck plans. Comparable results with others were observed as presented in **Table 4**.

Although EPID have higher detector resolution, ArcCHECK always showed slightly

Table 3 The summarize of gamma passing rate (%) comparison between measured and calculated planar dose of PDs and ArcCHECK dosimetry.

Tumor site	Gamma criteria	Portal dosimetry	ArcCHECK	P-value
Head and Neck	3%/3 mm	97.9 ± 0.9	97.8 ± 0.8	0.760
	3%/2 mm	95.7 ± 0.8	96.6 ± 0.8	0.003
	2%/2 mm	76.5 ± 2.6	79.8 ± 2.1	0.001
Prostate	3%/3 mm	99.1 ± 0.9	99.6 ± 0.5	0.080
	3%/2 mm	98.1 ± 1.0	98.7 ± 0.9	0.130
	2%/2 mm	97.0 ± 0.9	97.4 ± 0.7	0.161

Table 4 The comparison of gamma passing rate in this study and previous works.

Dosimeter	First Author	3%/3mm		3%/2mm		2%/2mm	
		H&N	Pelvis	H&N	Pelvis	H&N	Pelvis
PDs	This study	97.9	99.1	95.6	98.1	76.4	97.0
	Huang ^[21]	96.3	96.2	—	—	97.1	97.0
	Mohamed ^[22]	97.7	—	—	—	94.7	—
	Bailey ^[10]	95.3	98.2	—	—	—	—
	Woon ^[23]	97.8	—	96.5	—	96.3	—
ArcCHECK	This study	97.8	99.5	96.6	98.6	79.7	97.4
	Li ^[24]	98.2	98.5	—	—	89.6	90.9
	Thiyagarajan ^[25]	98.1	100.0	—	—	—	—
	Ahmed ^[26]	—	—	98.4	99.9	94.2	97.5
	Woon ^[23]	97.8	—	96.5	—	96.3	—

higher passing rate than those of measurements by PDs for all gamma criteria. This was due to the plans consisting of the large enough field size to contain all diodes in the transverse section. The diodes located on either side of the beamlet in transverse section would have a higher measured than planned dose. Therefore, a

higher dose could be observed. The lower passing rate of PDs may be because the closely embedded chambers in EPID provided slightly higher sensitivity to detect the DD in high dose gradient region. Thus, a lower passing rate was presented.

The performance showed that PDs and ArcCHECK agreed well with each other for all gamma criteria. However, the passing rates reduced as tightening passing criteria was applied. This illustrated that detector configuration and resolution had impact on the calculation of the gamma index. For the tightening criteria (2%/2mm), the ratio between the detector grid spacing and the DTA would be less than the conventional gamma index of 3%/3mm. Our results presented that, if the stringent DTA was applied, a larger %DD was required to obtain the higher pass rate.

This work indicated that either 3%/3 mm or 3%/2 mm could achieve the action level of 95% with the comparable results for two types of dosimeters. However, 2%/2 mm might be too strict for our clinic. More measurement data and more samples are needed for further evaluation. Introduction of the errors by utilizing more high

modulation treatment plans to study the detectors sensitivity of error detection will be performed in the future with additional other analysis such as percentage dose error (%DE) from dose volume histogram (DVH) and dose ratio comparison.

Conclusion

In this study, the gamma passing rates of the portal dosimetry system were comparable to those of the ArcCHECK measurements for all gamma criteria. The distinct differences were observed when the stringent gamma criteria were applied. The results revealed both systems to be suitable for patient-specific QA measurements for VMAT with 3%/3 mm or 3%/2 mm gamma criteria, depending on the status of clinic, both systems could be used interchangeably for routine pretreatment QA.

References:

1. Dursun P, Taşkın ZC, Altınel K. The determination of optimal treatment plans for Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT). *Eur J Oper Res.* 2019; 272:372–88.
2. Mijnheer B, Jomehzadeh A, González P, Olaciregui-Ruiz I, Rozendaal R, Shokrani P, et al. Error detection during VMAT delivery using EPID-based 3D transit dosimetry. *Phys Medica.* 2018;54:137–45.
3. Sudloy N, E.haravichitkul SW. Dosimetry Characteristics and Gamma Passing Rate of ArcCHECK for Volumetric Modulated Arc Therapy Treatment Planning Verification. *J Thai Assoc Radiat Oncol.* 2019; 25:43–57.
4. Khaophong J, Yongvithisatid P, Pairat K, Dechsupa P, Tangboonduangjit P, Asavaphatiboon S. Evaluation of Delta 4 system in patient specific QA for VMAT technique: Retrospective lung VMAT cases. *J Phys Conf Ser.* 2019;1248.
5. Urso P, Lorusso R, Marzoli L, Corletto D, Imperiale P, Pepe A, et al. Practical application of Octavius®-4D: Characteristics

- and criticalities for IMRT and VMAT verification. *J Appl Clin Med Phys*. 2018; 19:517–24.
6. Maraghechi B, Davis J, Badu S, Fleck A, Darko J, Osei E. Retrospective analysis of portal dosimetry pre-treatment quality assurance of prostate volumetric-modulated arc therapy (VMAT) plans. *J Radiother Pract*. 2018;17:44–52.
 7. Miften M, Olch A, Mihailidis D, Moran J, Pawlicki T, Molineu A, et al. Tolerance limits and methodologies for IMRT measurement-based verification QA: Recommendations of AAPM Task Group No. 218. *Med Phys*. 2018;45:e53–83.
 8. Li G, Zhang Y, Jiang X, Bai S, Peng G, Wu K, et al. Evaluation of the ArcCHECK QA system for IMRT and VMAT verification. *Phys Medica*. 2013;29:295–303.
 9. Chaswal V, Weldon M, Gupta N, Chakravarti A, Rong Y. Commissioning and comprehensive evaluation of the ArcCHECK cylindrical diode array for VMAT pretreatment delivery QA. *J Appl Clin Med Phys*. 2014;15:212–25.
 10. Bailey DW, Kumaraswamy L, Bakhtiari M, Malhotra HK, Podgorsak MB. EPID dosimetry for pretreatment quality assurance with two commercial systems. *J Appl Clin Med Phys*. 2012;13:82–99.
 11. Ezzell GA, Burmeister JW, Dogan N, LoSasso TJ, Mechalakos JG, Mihailidis D, et al. IMRT commissioning: multiple institution planning and dosimetry comparisons, a report from AAPM Task Group 119. *Med Phys*. 2009;36:5359–73.
 12. Hussein M, Rowshanfarzad P, Ebert MA, Nisbet A, Clark CH. A comparison of the gamma index analysis in various commercial IMRT/VMAT QA systems. *Radiother Oncol*. 2013;109:370–6.
 13. Vieilleveigne L, Molinier J, Brun T, Ferrand R. Gamma index comparison of three VMAT QA systems and evaluation of their sensitivity to delivery errors. *Phys Medica*. 2015;31:720–5.
 14. Van Esch A, Depuydt T HD. The use of an aSi-based EPID for routine absolute dosimetric pre-treatment verification of dynamic IMRT fields. *Radiother Oncol*. 2004;:223–34.
 15. Klein EE, Hanley J, Bayouth J, Yin F, Simon W, Dresser S, et al. Task Group 142 report: quality assurance of medical accelerators. *Med Phys*. 2009;36:4197–212.
 16. Corporation SN. ArcCHECK [Internet]. Sun Nuclear corporation. 2012 [cited 2020 Dec 25], Available from: <https://www.sunnuclear.com/products/arccheck>
 17. Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. *Med Phys*. 1998; 25:656–61.
 18. Yu L, Tang TLS, Cassim N, Livingstone A, Cassidy D, Kairn T, et al. Analysis of dose comparison techniques for patient-specific quality assurance in radiation therapy. *J Appl Clin Med Phys*. 2019; 20:189–98.

19. Low DA. Gamma dose distribution evaluation tool. J Phys Conf Ser. 2010; 250:349–59.
20. Heilemann G, Poppe B, Laub W. On the sensitivity of common gamma-index evaluation methods to MLC misalignments in Rapidarc quality assurance. Med Phys. 2013;40:1–12.
21. Huang YC, Yeh CY, Yeh JH, Lo CJ, Tsai PF, Hung CH, et al. Clinical practice and evaluation of electronic portal imaging device for VMAT quality assurance. Med Dosim. 2013;38:35–41.
22. Mohamed IE, Ibrahim AG, Zidan HM, El-Bahkiry HS, El-sahragti AY. Physical dosimetry of volumetric modulated arc therapy (VMAT) using EPID and 2D array for quality assurance. Egypt J Radiol Nucl Med. 2018;49:477–84.
23. Woon W, Ravindran PB, Ekanayake P, Vikraman S, Lim YYF, Khalid J. A study on the effect of detector resolution on gamma index passing rate for VMAT and IMRT QA. J Appl Clin Med Phys. 2018; 19:230–48.
24. Li G, Zhang Y, Jiang X, Bai S, Peng G, Wu K, et al. Evaluation of the ArcCHECK QA system for IMRT and VMAT verification. Phys medica. 2013;29:295–303.
25. Thiyagarajan R, Nambiraj A, Sinha SN, Yadav G, Kumar A, Subramani V, et al. Analyzing the performance of ArcCHECK diode array detector for VMAT plan. Reports Pract Oncol Radiother. 2016; 21:50–6.
26. Ahmed S, Nelms B, Kozelka J, Zhang G, Moros E, Feygelman V. Validation of an improved helical diode array and dose reconstruction software using TG-244 datasets and stringent dose comparison criteria. J Appl Clin Med Phys. 2016;17: 163–78.

Outcomes of preoperative radiotherapy in rectal cancer:

a single institute experience

รายงานการวิเคราะห์ผลการรักษามะเร็งลำไส้ตรง

ด้วยวิธีฉายรังสีก่อนการผ่าตัด

Prangrawee Sangchan

Division of radiation oncology, Department of radiology, Faculty of Medicine, Thammasat University

Corresponding author

Prangrawee Sangchan

Division of radiation oncology, Department of radiology, Faculty of Medicine, Thammasat University

95 Moo 8 Phaholyothin Road, Khlong Neung subdistrict, Khlong Luang district,

Pathum Thani, Thailand 12120

Email: radoncps@tu.ac.th

ปรางระวี แสงจันทร์

หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผู้พิมพ์ประสานงาน

ปรางระวี แสงจันทร์

หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

95 หมู่ 8 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง ปทุมธานี 12120

อีเมล: radoncps@tu.ac.th

Submitted: April 20, 2021

Revised: May 31, 2021

Accepted: June 10, 2021

Abstract

Background: The combination of preoperative radiotherapy, total mesorectal excision surgery and systemic chemotherapy contributed to improved disease control of rectal cancer in modern era. Different radiotherapy fractionation has been used in clinical practice in Thammasat hospital.

Objective: To evaluate treatment outcomes of rectal cancer patients who underwent preoperative radiotherapy at Thammasat hospital.

Materials and methods: Retrospective chart review of rectal cancer patients who underwent preoperative radiotherapy at Thammasat hospital from October 1, 2015 to January 31, 2021.

Results: A total of 70 rectal cancer patients underwent preoperative radiotherapy. Most patients were in a locally advanced stage. Sixty-three patients received conventional fractionation radiotherapy concurrent with intravenous 5-fluorouracil or oral capecitabine followed by surgery and adjuvant chemotherapy. The median dose of conventional fraction was 50.4 Gy. Preoperative short-course radiotherapy of 25 Gy in 5 fractions followed by surgery and adjuvant chemotherapy was given in seven patients. All of the patients who received short course radiotherapy and 80.95% of patients who received long-course radiotherapy achieved complete resection. Pathological complete response was found in 11.4% with all being the subset that received long course radiotherapy. From the median follow-up time of 20.5 month, 2-year overall survival was 88.5%, 2-year progression-free survival was 49.3%, 2-year locoregional recurrence free was 70.5% and 2-year distant metastasis free survival was 58%. A total of 30 patients developed disease failure. Eight patients (11.4%) had loco-regional recurrence as the first recurrence, 4 of them had persistent disease (5.7%); 22 developed distant metastasis (32.8%) including one who had synchronous loco-regional and distant metastasis (1.4%). Complete resection was shown to improve progression free survival in multivariate analysis (HR 0.11, 95%CI 0.05-0.27, p value<0.001).

Conclusions: Preoperative radiotherapy, both short course and long course fractionation, facilitate complete resection in rectal cancer. Distant metastasis is the most common cause of disease recurrence.

Keywords: preoperative radiotherapy, short course radiotherapy, rectal cancer

บทคัดย่อ

หลักการและเหตุผล: การรักษามะเร็งลำไส้ตรงด้วยการฉายรังสีก่อนการผ่าตัดแบบเลาะเนื้อเยื่อรอบลำไส้ออก ร่วมกับการให้ยาเคมีบำบัด มีส่วนช่วยให้ผลการรักษาในยุคปัจจุบันได้ผลดีมากขึ้น การฉายรังสีด้วยสูตรปริมาณรังสี ที่ต่างกันได้นำมาใช้ในโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ

วัตถุประสงค์: เพื่อวิเคราะห์ผลการรักษาโรคมะเร็งลำไส้ตรง ของผู้ป่วยในโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ ที่ได้รับการฉายรังสีก่อนการผ่าตัด

วัสดุและวิธีการ: การทบทวนเวชระเบียนย้อนหลังของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ตรง ที่ได้รับการฉายรังสีก่อนการผ่าตัด ในโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ ตั้งแต่ ตุลาคม 2558 ถึง มกราคม 2564

ผลการศึกษา: ผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งลำไส้ตรงจำนวนทั้งสิ้น 70 ราย ได้รับการรักษาด้วยการฉายรังสีก่อนการผ่าตัด โดยส่วนใหญ่เป็นโรคระยะลุกลามเฉพาะที่ ผู้ป่วยจำนวน 63 รายได้รับการฉายรังสีก่อนการผ่าตัดแบบสูตรยาว ร่วมกับเคมีบำบัด 5-Fluorouracil ทางหลอดเลือดดำ หรือยา Capecitabine ทางปาก ตามด้วยการผ่าตัดและยาเคมีบำบัดหลังการผ่าตัด ค่ามัธยฐานปริมาณรังสีที่ได้รับคือ 50.4 เกรย์ ผู้ป่วยจำนวน 7 รายได้รับการฉายรังสีก่อนการผ่าตัดแบบสูตรสั้น 25 เกรย์ใน 5 ครั้ง ตามด้วยการผ่าตัดและยาเคมีบำบัดหลังการผ่าตัด โดยผู้ป่วยทุกรายที่ได้รับการฉายรังสีสูตรระยะสั้นและ 80.95% ของผู้ป่วยที่ได้รับการฉายรังสีสูตรระยะยาวสามารถเข้ารับการผ่าตัดออกได้หมด ผลขึ้นเนื่องจากการผ่าตัดพบว่า 11.4% ไม่พบรอยโรคมะเร็งหลงเหลือ โดยทั้งหมดเป็นผู้ป่วยที่ได้รับการฉายรังสีสูตรระยะยาว จากค่ามัธยฐานเวลาการติดตาม 20.5 เดือน อัตราการรอดชีวิตที่สองปีอยู่ที่ 88.5%, อัตราการรอดชีวิตโดยปราศจากการกำเริบที่สองปี 49.3%, อัตราการควบคุมโรคเฉพาะที่ต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียง 70.5% และอัตราการรอดชีวิตโดยไม่มีการแพร่กระจายที่สองปี 58% ในผู้ป่วย 30 รายที่มีโรคกลับเป็นซ้ำ 8 ราย (11.4%) เกิดโรคกลับเป็นซ้ำเฉพาะที่ 4 รายเป็นรอยโรคเดิมที่ไม่ตอบสนองต่อการรักษา มีผู้ป่วยจำนวน 22 ราย (32.8%) มีโรคแพร่กระจาย โดยที่ 1 ราย (1.4%) มีกลับเป็นซ้ำเฉพาะที่ร่วมด้วย ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเพิ่มโอกาสรอดชีวิตโดยปราศจากการกำเริบในการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร ได้แก่ การผ่าตัดก่อนออกได้หมด (HR 0.11, 95%CI 0.05-0.27, p value<0.001)

ข้อสรุป: การฉายรังสีก่อนการผ่าตัดมะเร็งลำไส้ ไม่ว่าด้วยสูตรระยะยาวหรือระยะสั้น ช่วยทำให้สามารถผ่าตัดก่อนมะเร็งออกได้หมด การแพร่กระจายของโรคมะเร็งไปยังอวัยวะอื่นคือสาเหตุหลักของการล้มเหลวของการรักษา

คำสำคัญ: การฉายรังสีก่อนการผ่าตัด, การฉายรังสีสูตรระยะสั้น, มะเร็งลำไส้ตรง

J Thai Assoc Radiat Oncol 2021; 27(1): R60-R73

Backgrounds

In Early 2000s, extra-fascial excision of rectal cancer by removing rectum and the surrounding mesorectum was proven to improve disease control and overall survival^[1-2]. In locally advanced stage rectal cancer, postoperative radiotherapy therapy was recommended until studies including randomized controlled trial identified that preoperative radiotherapy

achieved better local control with fewer toxicities^[3-4]. Adding concurrent chemotherapy during preoperative radiotherapy decreased locoregional recurrence^[5] and even improved cancer-specific survival in locally advanced disease^[6-7]. The combination of effective total mesorectal excision the addition of preoperative radiotherapy and systemic chemotherapy contributed to improved outcomes of locally

advanced rectal cancer treatment and become a standard in the modern era^[8-9].

Radiotherapy treatment volume of rectal cancer includes added margin of primary tumor, lymphadenopathy and potential microscopic disease in pelvic cavity. Conventional fractionation or long-course radiotherapy concurrent with systemic chemotherapy was the most common regimen as this had been in the established studies^[3-4]. Short course radiotherapy given to the same treatment volume followed by immediate surgery within one week was another approach that was used^[10]. Studies found no different disease outcomes in either preoperative short-course and long-course radiotherapy^[11-12]. Interdepartmental communication is important to determine the sequence of treatment plan in multidisciplinary team. There has been more discussion to encourage usage of short course radiotherapy regimen during pandemic as it required less radiotherapy treatment time and resources while yielding comparable oncologic outcomes^[13].

The study goal is to analyze outcomes comparing to literature data and determine feasibility of each regimen in our institution in order to further improve treatment protocol.

Materials and methods

Patient

We studied rectal cancer patients who underwent preoperative radiotherapy at Thammasat university hospital from October 1,2015 to December 31,2020. Retrospective chart

review was performed to collect demographic data and treatment outcome.

Treatment

Two well-established preoperative radiotherapy regimens were used in rectal cancer treatment; long course concurrent radiotherapy and short course radiotherapy. Either long course or short course radiotherapy can be administered unless potential circumferential margin involvement or unresectable tumor are predicted, then long course radiotherapy is preferred. Preoperative long course radiotherapy patients received radiotherapy concurrent with intravenous 5-fluorouracil or oral Capecitabine followed by surgery after 8-12 weeks and received four months of adjuvant chemotherapy. For patients who received preoperative short course radiotherapy, surgery was performed within one week followed by six months of adjuvant chemotherapy. Adjuvant chemotherapy regimens included FOLFOX, XELOX, 5-FU/LV, Capecitabine and CapeOx.

Radiotherapy

Patient underwent computed tomography (CT) simulation in supine position with foot support immobilization. A series of axial images was obtained on a CT simulator (Siemens SOMATOM Definition AS) with continuous 3-mm slice thickness. Additional deformable image registration with axial MRI T2-weighted FS was performed if available. Contour of target tumor and organ at risk was performed by radiation oncologists. Three-dimensional radiotherapy

planning was calculated using Elekta's Monaco treatment planning system (version 5.11.03) which was subsequently treated with Versa HD Linear accelerator.

Clinical target volume (CTV) included primary rectal cancer and regional lymph nodes; perirectal, internal iliac, pelvic side wall and presacral node. For patients who received short course radiotherapy, radiation dose of 25 Gray (Gy) in 5 fractions was prescribed. For patients who received long course radiotherapy, the initial 45 Gy in conventional fraction was prescribed to the same CTV. Sequential boost of 5.4-9 Gy was then prescribed to cover clinical target volume of gross primary tumor plus 2 centimeters. Additional 5 millimeters margin was used for planning target volume (PTV).

Outcome measurement

The overall survival (OS) was calculated from the day of pathological diagnosis until death from any cause. Progression-free survival (PFS) was calculated from the day of pathological diagnosis until death from any cause or any cancer events, including locoregional and distant recurrence. Distant metastasis free survival (DMFS) rate was calculated from the day of pathological diagnosis until death from any cause or distant metastasis. Loco-regional control (LRC) was calculated from the day of pathological diagnosis until local and/or regional recurrence or death from any cause. Patients without mortality or any cancer events were censored at the time of last follow-up.

Pathological complete response (pCR) was defined as no viable tumor cell in both primary tumor (T) and nodal (N) disease. Partial pathological response included any regression of T or N or extramural vascular invasion (EMVI) from initial clinical staging. No pathological response was progression or no detectable pathological change from baseline. Unresectable cases were classified as no pathological response. The AJCC 8th edition was used to classify TNM stages.

Statistical analysis

Time-to-event analyses for OS, PFS, LRC and DMFS were calculated by the Kaplan-Meier method.

Univariate and multivariate models were used to identify clinical risk factors influencing treatment outcomes by calculating hazard ratios (HR) in Cox regression models. Results with two-sided p values of ≤ 0.05 were regarded as statistically significant. Analyses and calculation were performed using R software (R core team, version 3.5.3, Vienna, Austria).

Ethics

Study protocol was reviewed and data access was approved by the Human Research Ethics Committee of Thammasat university (MTU-EC-RA-0-029/64).

Results

A total of 70 locally advanced rectal cancer patients underwent preoperative radiotherapy at

Thammasat hospital from October 1, 2015 to January 31, 2021. Patient characteristic was shown in **Table 1**. The average age was 61 years (range, 27-81 years) and most of the patients

were male (50, 71.4%). Most patients were in nonmetastatic locally advanced stage; Tumor stage three to four, positive nodal disease without distant metastasis.

Table 1. Patient characteristics

Demographic		Number	Percentage
Age	≤ 50	11	15.7%
	Mean = 61 (range 27-81)	47	67.1%
	>70	12	17.2%
Sex	Male	50	71.4%
	Female	20	28.6%
T stage	T1	0	0%
	T2	2	2.8%
	T3	51	72.9%
	T4	17	24.3%
N stage	N0	8	11.4%
	N1	46	65.7%
	N2	16	22.9%
M stage	M0	61	87.1%
	M1a	9	12.9%
Pathology	Adenocarcinoma	69	98.6%
	Mucinous	1	1.4%
Radiotherapy Long course RT	5FU/LV	17	24.3%
	Capecitabine	44	62.8%
	RT alone	2	2.9%
Short course		7	10%
RT dose fractionation (25-60 Gy)	25 Gy	7	10%
	50.4-54 Gy	48	68.6%
	>54 Gy	15	21.4%
Adjuvant chemotherapy	Completed	51	72.9%
	No/incompleted	19	27.1%

Demographic		Number	Percentage
Surgery	Low anterior resection	39	55.7%
	Abdominoperineal resection	18	25.7%
	Pelvic exenteration	4	5.7%
	No surgery	9	12.9%
Resectability	R0 resection	58	82.9%
	R1 resection	0	0%
	R2 resection/unresectable	12	17.1%
Pathological response	Complete	8	11.4%
	Partial	46	65.7%
	No	16	22.9%

Abbreviation: RT = radiotherapy, 5-FU = Fluorouracil, LV = Leucovorin

Treatment

Sixty-three patients received conventional fractionation radiotherapy concurrent with intravenous 5-fluorouracil or oral capecitabine; two of 63 received radiotherapy alone. The median dose of conventional fraction was 50.4 Gy (range, 50.4-60 Gy). Median time from the end of radiation to surgery was 62 days (range, 22-134 days)

Preoperative short course radiotherapy of 25 Gy in 5 fractions was given in seven patients followed by surgery and adjuvant chemotherapy. Three out of seven patients underwent surgery within one week per protocol (range, 4-71 days). Regardless of radiotherapy regimen, 19 (27.1%) patients failed to complete planned adjuvant chemotherapy due to following reasons; postoperative complication (3), chemotherapy toxicities (5), denial of treatment (2) and rapid progression of disease before completion of adjuvant chemotherapy (9).

Oncologic outcomes

From the median follow-up time of 20.5 month (range, 1-78 months), 2-year overall survival was 88.5% (95%CI 79.8-98.1%) and 2-year progression free survival was 49.3% (95%CI 38.1-63.8%). 2-year locoregional recurrence control was 70.5% (95%CI 58.1-85.7%). 2-year distant metastasis free survival was 58% (95%CI 46.6-72.3%) (figure 1). A total of 30 patients developed disease failure. Eight patients (11.4%) had loco-regional recurrence as the first recurrence with four had persistent disease (5.7%); 22 developed distant metastasis (32.8%) and one had synchronous loco-regional and distant metastasis (1.4%). Gastrointestinal toxicities as follows; anastomosis leakage, bowel obstruction, bowel fistula and radiation proctitis was found in three, one, one and one patients respectively. The following genitourinary toxicities; bladder fistula, ureteral stenosis and radiation cystitis was reported in three, one and one patients, respectively.

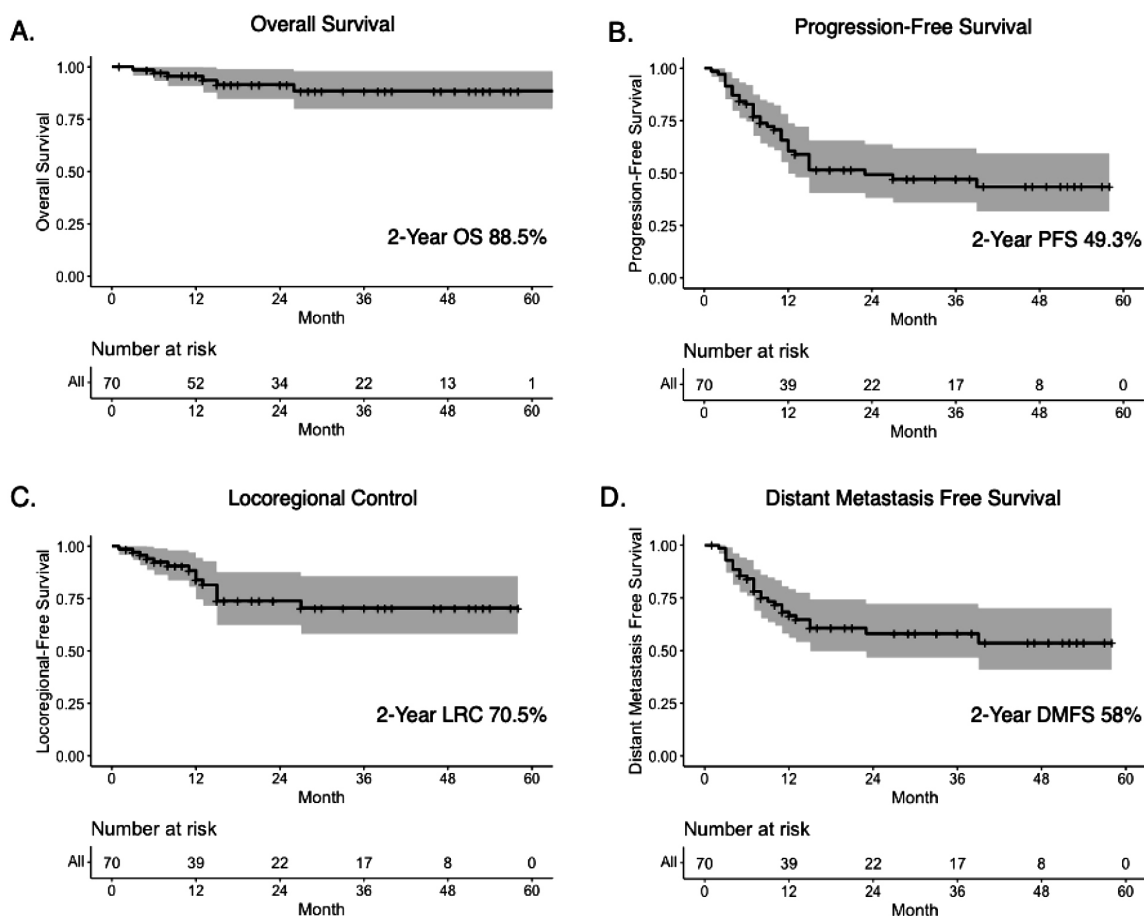


Figure1. Kaplan Meier plots of disease outcomes. (A) Overall survival. The 2-year overall survival was 88.5%, (88.5%, 95%CI 79.8-98.1%); (B) Progression-free survival. The 2-year progression free survival was 49.3%, (49.3%, 95%CI 38.1-63.8%); (C) Loco-regional control. The 2-year locoregional recurrence control was 70.5%, (70.5%, 95%CI 58.1-85.7%); (D) Distant metastasis free survival. The 2-year distant metastasis free survival was 58%, (58%, 95%CI 46.6-72.3%)

Overall, preoperative radiotherapy achieved complete resectability in 58 out of 70 patients (82.9%). All of patients who received short course radiotherapy achieved complete resectability (100%, 7 out of 7) while 80.95% (51 out of 63) of patients who received long course radiotherapy underwent complete resection. Pathological

complete response was found in 11.4% overall (8 out of 70 patients). All of these patients were the subset that received long course radiotherapy (8 out of 63 patients, 12.7%). None of the patients in short course preoperative subgroup achieved complete pathological response.

Correlation of clinical risk factors with progression free survival were calculated using cox regression analysis. The risk factors were age, sex, ECOG performance status, Tumor stage, nodal positivity, complete resection, pathological complete response and preoperative

radiotherapy regimen. The result was shown in **table 2**. Complete resection was the only factor that shown to improve progression free survival in univariate analysis (HR 0.15, 95%CI 0.07-0.32, *p* value<0.001) as well as in multivariate analysis (HR 0.11, 95%CI 0.05-0.27, *p* value<0.001).

Table2. Cox proportional hazard ratio of risk factors and progression free survival.

Covariates	Univariate Cox HR (95%CI)	p-value	Multivariate Cox HR (95%CI)	p-value
Age	1.10 (0.76-1.60)	0.61	1.11 (0.75-1.66)	0.60
Sex female vs male	1.63 (0.80-3.32)	0.17	2.11 (0.97-4.61)	0.06
ECOG 1 vs 0	1.29 (0.45-3.68)	0.63	0.67 (0.22-3.07)	0.78
T3-T4 vs T1-T2	0.90 (0.27-2.94)	0.86	1.62 (0.31-8.39)	0.57
Positive nodal disease	1.01 (0.35-2.87)	0.98	1.32 (0.36-4.78)	0.68
Complete resection	0.15 (0.07-0.32)	<0.001	0.11 (0.05-0.27)	<0.001
pCR	1.19 (0.42-3.37)	0.75	1.24 (0.29-5.25)	0.77
Short course vs Long course	1.21 (0.43-3.45)	0.71	1.78 (0.56-5.68)	0.33

Abbreviations: HR= Hazard Ratio, CI = confidence interval, ECOG= Eastern Cooperative Group performance status, pCR= pathological complete response.

Discussion

The effectiveness of total mesorectal excision surgery, the addition of preoperative radiotherapy and systemic chemotherapy contributed to improved disease control in modern era^[9,14]. The aim of preoperative radiotherapy, either a short course or long course RT, is to facilitate resection and reduces local recurrence^[15-16]. The study included unresectable disease as a

part of locoregional failure whether it was due to persistent disease or patient refusal of surgery. With the small total number of patients, this contributed to a relatively low locoregional control compared to previous data that excluded these population^[5,6,8]. Overall treatment failure was predominantly due to distant metastasis as in the other studies^[6,8]. Contemporary data showed that long course CCRT achieved

pCR at 11.4-19.5%^[14, 17] while short course radiotherapy achieved pCR around 0.7% although survival outcomes were not different^[12].

Attention has been shifted toward hypofractionation radiotherapy especially when utilization of time and resources have to be optimized amid pandemic. Short course preoperative radiotherapy regimen showed comparable oncological outcomes compared to conventional fraction in many studies including the randomized controlled trial^[18]. Although none of the patients who received short course radiotherapy in this study achieved complete pathological response, complete surgical resection was achieved in every case even though the total number was low. Since complete resection was the proven factor to increase chance of better PFS in both univariate and multivariate analysis, the effort of implementing this regimen was not futile. Short course radiotherapy shortened radiotherapy treatment time but it is important to have multidisciplinary cooperation to ensure surgical plan within one week. Four out of seven patients who received short course radiotherapy failed to undergo surgery within one-week interval but all patients still achieved complete resection. There were proven benefits of watch and wait or delayed surgery after short course radiotherapy to enhance tumor regression and decrease postoperative complication especially in elderly patients^[19-20].

Any modality that is helpful for complete resectability as well as other variables that were proven to improve disease control such as

complete pathologic response[8] should be encouraged.

Distant metastasis was the prominent cause of disease failure in this study even after excluding ones with initial M1a stage. This correlates with the previous study^[21]. A significant number of patients in our study failed to receive complete adjuvant chemotherapy mostly because of chemotherapy toxicities and rapid development of metastasis. Justification of adjuvant chemotherapy was questioned as studies found no significant survival benefit in overall patients but in certain subgroup such as ones with primary tumor in upper rectum and ones with residual tumor after preoperative chemoradiation^[22-23]. Unable to complete adjuvant chemotherapy was also an important factor contributed to suboptimal treatment result whether it was from postoperative complication that delayed the adjuvant chemotherapy or poor compliance of patients^[24-25]. Novel studies^[26-27] found a promising approach of using neoadjuvant chemotherapy to minimize distant metastasis and achieved pCR rate up to 28.4%. The result of this study, showing that distant metastasis was the main problem of disease failure, encouraged our team to consider incorporating total neoadjuvant therapy into our institutional protocol.

The limitation of this study is the retrospective approach. Direct comparison of different radiotherapy regimens requires a randomized controlled design. The relatively small number of sample size from a single institute study limits the generalization of the result from this study.

Conclusion

Preoperative radiotherapy, both short course and long course fractionation, facilitate complete resection in rectal cancer. Distant metastasis is

the most common cause of disease recurrence.

Conflict of interest

None.

References

1. Hill GL, Rafique M. Extrafascial excision of the rectum for rectal cancer. *Br J Surg.* 1998;85:809-12.
2. Havenga K, Enker WE, Norstein J, Moriya Y, Heald RJ, van Houwelingen HC, et al. Improved survival and local control after total mesorectal excision or D3 lymphadenectomy in the treatment of primary rectal cancer: an international analysis of 1411 patients. *Eur J Surg Oncol.* 1999;25:368-74.
3. Sauer R, Becker H, Hohenberger W, Rodel C, Wittekind C, Fietkau R, et al. Preoperative versus postoperative chemoradiotherapy for rectal cancer. *N Engl J Med.* 2004;351:1731-40.
4. Glimelius B, Isacson U, Jung B, Pahlman L. Radiotherapy in addition to radical surgery in rectal cancer: evidence for a dose-response effect favoring preoperative treatment. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1997; 37:281-87.
5. Bosset JF, Collette L, Calais G, Mineur L, Maingon P, Jelic LR, et al. Chemotherapy with preoperative radiotherapy in rectal cancer [published correction appears in *N Engl J Med.* 2007 Aug 16;357:728]. *N Engl J Med.* 2006;355:1114-23.
6. Braendengen M, Tveit KM, Berglund A, Birkemeyer E, Frykholm G, Pahlman L, et al. Randomized phase III study comparing preoperative radiotherapy with chemoradiotherapy in nonresectable rectal cancer. *J Clin Oncol.* 2008;26:3687-94.
7. Glimelius B, Holm T, Blomqvist L. Chemotherapy in addition to preoperative radiotherapy in locally advanced rectal cancer - a systematic overview. *Rev Recent Clin Trials.* 2008;3:204-11.
8. Sauer R, Liersch T, Merkel S, Fietkau R, Hohenberger W, Hess C, et al. Preoperative versus postoperative chemoradiotherapy for locally advanced rectal cancer: results of the German CAO/ARO/AIO-94 randomized phase III trial after a median follow-up of 11 years. *J Clin Oncol.* 2012;30:1926-33.
9. Guillem JG, Chessin DB, Cohen AM, Shia J, Mazumdar M, Enker W, et al. Long-term oncologic outcome following preoperative combined modality therapy and total

mesorectal excision of locally advanced rectal cancer. *Ann Surg.* 2005; 241: 829-38.

10. van Gijn W, Marijnen CA, Nagtegaal ID, Kranenbarg EM, Putter H, Wiggers T, et al. Preoperative radiotherapy combined with total mesorectal excision for resectable rectal cancer: 12-year follow-up of the multicentre, randomised controlled TME trial. *Lancet Oncol.* 2011;12:575-82.
11. Ngan SY, Burmeister B, Fisher RJ, Solomon M, Goldstein D, Joseph D, et al. Randomized trial of short-course radiotherapy versus long-course chemoradiation comparing rates of local recurrence in patients with T3 rectal cancer: Trans-Tasman Radiation Oncology Group trial 01.04 [published correction appears in *J Clin Oncol.* 2013 Jan 20;31:399]. *J Clin Oncol.* 2012;30: 3827-33.
12. Bujko K, Nowacki MP, Nasierowska-Guttmejer A, Michalski W, Bebenek M, Kryj M. Long-term results of a randomized trial comparing preoperative short-course radiotherapy with preoperative conventionally fractionated chemoradiation for rectal cancer. *Br J Surg.* 2006;93:1215-23.
13. Paul Romesser. Managing Locally Advanced Rectal Cancer with Short-Course Radiation Therapy During the COVID-19 Pandemic. [Internet] Memorial Sloan Kettering Cancer Center ;2020 May 11. [cited 2021 Apr 13]. Available from: <https://www.mskcc.org/clinical-updates/managing-locally-advanced-rectal-cancer-short-course-radiation-therapy-during-covid-19-pandemic>
14. Gérard JP, Conroy T, Bonnetain F, Bouche O, Chapet O, Dejdard MT, et al. Preoperative radiotherapy with or without concurrent fluorouracil and leucovorin in T3-4 rectal cancers: results of FFCD 9203. *J Clin Oncol.* 2006;24:4620-25.
15. Glynne-Jones R, Wyrwicz L, Tiret E, Brown G, Rodel C, Cervantes A, et al. Rectal cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up [published correction appears in *Ann Oncol.* 2018 Oct 1;29:iv263] [published correction appears in *Ann Oncol.* 2018 Oct;29 Suppl 4:iv263]. *Ann Oncol.* 2017; 28:iv22-iv40.
16. Sebag-Montefiore D, Stephens RJ, Steele R, Monson J, Grieve R, Khanna S, et al. Preoperative radiotherapy versus selective postoperative chemoradiotherapy in patients with rectal cancer (MRC CR07 and NCIC-CTG C016): a multicentre, randomised trial. *Lancet.* 2009;373: 811-20.
17. O'Connell MJ, Colangelo LH, Beart RW, Petrelli NJ, Allegra CJ, Sharif S, et al. Capecitabine and oxaliplatin in the preoperative multimodality treatment of rectal cancer: surgical end points from National Surgical Adjuvant Breast and Bowel Project trial R-04. *J Clin Oncol.* 2014;32:1927-34.

18. Erlandsson J, Holm T, Pettersson D, Berglund A, Cedermark B, Radu C, et al. Optimal fractionation of preoperative radiotherapy and timing to surgery for rectal cancer (Stockholm III): a multi-centre, randomised, non-blinded, phase 3, non-inferiority trial. *Lancet Oncol.* 2017;18:336-46.
19. Fokas E, Liersch T, Fietkau R, Hohenberger W, Beissbarth T, Hess C, et al. Tumor regression grading after preoperative chemoradiotherapy for locally advanced rectal carcinoma revisited: updated results of the CAO/ARO/AIO-94 trial. *J Clin Oncol.* 2014;32:1554-62.
20. Cummings MA, Usuki KY, Fleming FJ, Tejani MA, Katz AW. Short course radiation therapy for rectal cancer in the elderly: can radical surgery be avoided?. *J Gastrointest Oncol.* 2019;10:357-61.
21. Yoo RN, Kim HJ. Total neoadjuvant therapy in locally advanced rectal cancer: Role of systemic chemotherapy. *Ann Gastroenterol Surg.* 2019;3:356-67.
22. Breugom AJ, Swets M, Bosset JF, Collette L, Sainato A, Cionini L, et al. Adjuvant chemotherapy after preoperative (chemo) radiotherapy and surgery for patients with rectal cancer: a systematic review and meta-analysis of individual patient data. *Lancet Oncol.* 2015;16:200-7.
23. Maas M, Nelemans PJ, Valentini V, Crane CH, Capirci C, Rodel C, et al. Adjuvant chemotherapy in rectal cancer: defining subgroups who may benefit after neoadjuvant chemoradiation and resection: a pooled analysis of 3,313 patients. *Int J Cancer.* 2015;137:212-20.
24. Bosset JF, Calais G, Mineur L, Maingon P, Rundic SS, Bensadoun RJ, et al. Fluorouracil-based adjuvant chemotherapy after preoperative chemoradiotherapy in rectal cancer: long-term results of the EORTC 22921 randomised study. *Lancet Oncol.* 2014;15:184-90.
25. Khrizman P, Niland JC, ter Veer A, Milne D, Dunn KB, Carson 3rd WE, et al. Postoperative adjuvant chemotherapy use in patients with stage II/III rectal cancer treated with neoadjuvant therapy: a national comprehensive cancer network analysis. *J Clin Oncol.* 2013;31:30-38.
26. Biagi JJ, Raphael MJ, Mackillop WJ, Kong W, King WD, Booth CM. Association between time to initiation of adjuvant chemotherapy and survival in colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2011;305:2335-42.
27. Bahadoer RR, Dijkstra EA, van Etten B, Marijnen C, Putter H, Kranenbarg E, et al. Short-course radiotherapy followed by chemotherapy before total mesorectal excision (TME) versus preoperative chemoradiotherapy, TME, and optional adjuvant chemotherapy in locally advanced rectal cancer (RAPIDO): a randomised, open-label, phase 3 trial [published correction appears in *Lancet*

Oncol. 2021 Feb;22:e42]. Lancet Oncol. 2021;22:29-42.

28. Conroy T, Lamfichekh N, Etienne PL, Rio E, FRANCOIS E, Nebout NM, et al: Total neoadjuvant therapy with mFOLFIRINOX versus preoperative

chemoradiation in patients with locally advanced rectal cancer: Final results of PRODIGE 23 phase III trial, a UNICANCER GI trial. J Clin Oncol 38: 2020 (suppl; abstr 4007).



สมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทย

<https://www.thastro.org>