บทบาทของนักฟิสิกส์การแพทย์ในการติดตั้งและเริ่มใช้งานเครื่องเร่งอนุภาคสำหรับงานรังสีรักษา: แนวปฏิบัติทางคลินิกและการบริหารความเสี่ยง

The role of medical physicists in the installation and clinical implementation of linear accelerators for radiotherapy: clinical practice and risk management considerations

จารึก ก้านเพ็ชร[1], ศิริญญา เรืองชาญ[1], ณัฐฐา ปลั่งเปล่ง[1], ธนวัฒน์ ถาวรวงษ์[1], ทวีป แสงแห่งธรรม[2]

[1]สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ่ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย กรุงเทพมหานคร

[2]สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้นิพนธ์ประสานงาน

จารึก ก้านเพ็ชร

สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ่ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

Email: jaruek2525@gmail.com

Jaruek Kanphet[1], Sirinya Ruangchan[1], Nuttha Plangpleng[1], Tanawat Tawonwong[1], Taweap Sanghangthum[2]

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

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

Corresponding author

Jaruek Kanphet

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

Email: jaruek2525@gmail.com

Submitted: Feb 20, 2026

Revised: Jun 14, 2026

Accepted: Jun 25, 2026

บทคัดย่อ

การติดตั้งและเริ่มใช้งานเครื่องเร่งอนุภาคสำหรับงานรังสีรักษาเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของทีมสหสาขาวิชาชีพ โดยเฉพาะนักฟิสิกส์การแพทย์ซึ่งมีบทบาทสำคัญตั้งแต่การวางแผนโครงสร้างพื้นฐาน การออกแบบระบบป้องกันรังสี ขั้นตอนการตรวจแรกรับเครื่อง การตรวจวัดปริมาณรังสีรอบห้องรักษาเพื่อความปลอดภัยจากรังสี ขั้นตอนการวัด จัดเก็บและตรวจสอบข้อมูลทางฟิสิกส์เพื่อป้อนเข้าสู่ระบบวางแผนการรักษา ตลอดจนการตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องแม่นยำก่อนเปิดให้บริการทางคลินิก

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดประสบการณ์และแนวทางปฏิบัติสำหรับนักฟิสิกส์การแพทย์รุ่นใหม่ โดยอ้างอิงแนวทางจาก American Association of Physicists in Medicine (AAPM), European Society for Radiotherapy and Oncology (ESTRO) และ International Atomic Energy Agency (IAEA) มีการนำเสนอกรอบการทำทางคลินิก 4 ระยะ ได้แก่ การวางแผนเชิงกลยุทธ์และการออกแบบโครงสร้างพื้นฐาน การติดตั้งเครื่องฉายรังสีและตรวจสอบแรกรับ การเก็บข้อมูลลำรังสีและโมเดลเครื่องวางแผนการรักษา และการตรวจสอบความถูกต้องก่อนใช้จริงทางคลินิก

นอกจากนี้ บทความนี้ยังเน้นประเด็นสำคัญด้านการบริหารความเสี่ยง การประกันคุณภาพ การจัดทำเอกสาร และการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านกฎระเบียบ ซึ่งล้วนมีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จในการจัดตั้งและดำเนินงานของศูนย์รังสีรักษาแห่งใหม่ อีกทั้งได้กล่าวถึงบทบาทที่เปลี่ยนแปลงไปของนักฟิสิกส์การแพทย์ในฐานะผู้นำด้านความปลอดภัยทางคลินิก การจัดการคุณภาพ และการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการให้บริการทางการแพทย์ด้วยการนำเสนอข้อคิดเห็นเชิงปฏิบัติและบทเรียนที่ได้รับจากประสบการณ์จริง บทความนี้มีเป้าหมายเพื่อสนับสนุนการพัฒนาวิชาชีพของนักฟิสิกส์การแพทย์ และส่งเสริมการให้บริการรังสีรักษาที่มีความปลอดภัย มีประสิทธิผล และมีคุณภาพสูง

คำสำคัญ: นักฟิสิกส์การแพทย์, เครื่องเร่งอนุภาคเชิงเส้น, การเก็บข้อมูลลำรังสี, การตรวจสอบแรกรับ, การประกันคุณภาพ

Abstract

The installation and clinical implementation of a linear accelerator (LINAC) for radiotherapy are complex processes that require close collaboration among multidisciplinary healthcare professionals. Medical physicists play a pivotal role throughout the entire project lifecycle, from infrastructure planning and radiation shielding design to acceptance testing, radiation surveys, beam commissioning, treatment planning system (TPS) modeling, and pre-clinical quality assurance verification. These activities are essential to ensure the accuracy, safety, and reliability of radiation treatment delivery.

This article aims to share practical experience and provide guidance for early-career medical physicists involved in installing and commissioning new LINAC systems. The discussion is based on recommendations and professional guidelines published by the American Association of Physicists in Medicine (AAPM), the European Society for Radiotherapy and Oncology (ESTRO), and the International Atomic Energy Agency (IAEA). A clinical governance framework is presented, encompassing four major phases: strategic planning and infrastructure design, installation and acceptance testing, beam commissioning and TPS modeling, and clinical validation before service release.

In addition, this article highlights key aspects of risk management, quality assurance, documentation, and regulatory compliance that contribute to the successful implementation of a new radiotherapy facility. The evolving role of medical physicists as leaders in clinical safety, quality management, and technological integration is also discussed. By sharing practical insights and lessons learned, this article seeks to support the professional development of medical physicists and promote safe, effective, and high-quality radiotherapy services.

Keywords: medical physicist, linear accelerator, commissioning, acceptance test, quality assurance

J Thai Assoc Radiat Oncol 2026; 32(2): O1 - O12

1. บทนำ

การรักษาด้วยรังสีเป็นหนึ่งในวิธีหลักในการรักษาโรคมะเร็งในปัจจุบัน โดยเครื่องเร่งอนุภาคเชิงเส้น (linear accelerator; LINAC) เป็นหัวใจสำคัญของการให้รังสีรักษาสมัยใหม่ ไม่ว่าจะเป็นเทคนิค three-dimensional conformal radiation therapy (3D-CRT), intensity modulated radiation therapy (IMRT), volumetric modulated arc therapy (VMAT), stereotactic radiosurgery (SRS) หรือ stereotactic body radiation therapy (SBRT)[1,2,3] การติดตั้งเครื่อง LINAC เครื่องใหม่จึงไม่ใช่เพียงการติดตั้งอุปกรณ์ทางการแพทย์ แต่เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงเชิงระบบที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐาน ความปลอดภัยทางรังสี การบริหารความเสี่ยง และการเตรียมความพร้อมของบุคลากรในทุกระดับ นักฟิสิกส์การแพทย์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในทุกขั้นตอนของการติดตั้งจนเริ่มใช้งานเครื่อง[4,5] ตั้งแต่การออกแบบห้องฉายรังสี การประเมินความปลอดภัยทางรังสี การกำหนดคุณลักษณะ (specifications) ของเครื่อง การตรวจแรกรับเครื่อง การวัดข้อมูลลำรังสี การสร้าง beam model ในระบบวางแผนการรักษา ไปจนถึงการประเมินความพร้อมก่อนเปิดใช้งานจริงทางคลินิก ในประสบการณ์ของผู้เขียน การติดตั้ง LINAC ใหม่ที่ประสบความสำเร็จไม่ได้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับ “ระบบการทำงาน” ที่มีมาตรฐาน การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ และวัฒนธรรมด้านความปลอดภัยของทีมรักษา บทความนี้จึงมุ่งนำเสนอแนวทางการปฏิบัติจริงสำหรับนักฟิสิกส์การแพทย์รุ่นใหม่ เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการทำงานและพัฒนางานวิชาการต่อไป โดยการอ้างอิงจาก American Association of Physicists in Medicine (AAPM), European Society for Radiotherapy and Oncology (ESTRO) และ International Atomic Energy Agency (IAEA)[6,7,8]

2. กรอบแนวคิดการกำกับดูแลเชิงคลินิก (clinical governance framework)

การติดตั้งและเปิดใช้งาน LINAC สามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะหลัก ได้แก่

- ระยะที่ 1: การวางแผนและออกแบบโครงสร้างพื้นฐาน
- ระยะที่ 2: การติดตั้งเครื่องฉายรังสีและการตรวจแรกรับ
- ระยะที่ 3: การเก็บข้อมูลลำรังสีและการโมเดลเครื่องวางแผนการรักษา
- ระยะที่ 4: การตรวจสอบข้อมูลก่อนใช้งานจริงทางคลินิก

ในแต่ละระยะงาน นักฟิสิกส์การแพทย์ต้องกำหนดเป้าหมายการดำเนินงาน หลักฐานการตรวจสอบย้อนกลับ (audit evidence) และระบบประกันคุณภาพที่ชัดเจน เพื่อให้มั่นใจว่าระบบทั้งหมดพร้อมสำหรับการรักษาผู้ป่วยอย่างปลอดภัย

3. บทบาทของนักฟิสิกส์การแพทย์ในแต่ละระยะ

3.1 ระยะที่ 1: การวางแผนและออกแบบโครงสร้างพื้นฐาน

3.1.1 การออกแบบห้องฉายรังสีและระบบป้องกันรังสี

การออกแบบห้องฉายรังสี สำหรับ LINAC เป็นหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเกี่ยวข้องโดยตรงกับความปลอดภัยทางรังสีของผู้ป่วย บุคลากร และประชาชนทั่วไป นักฟิสิกส์การแพทย์ต้องร่วมกับวิศวกรและสถาปนิกในการกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

- การออกแบบห้องฉายรังสีและห้องต่าง ๆ ในแผนก
- การคำนวณผนังห้องฉายรังสีทั้ง primary barrier และ secondary barrier[9]

• การประเมิน workload, use factor และ occupancy factor

• การวิเคราะห์ neutron contamination สำหรับพลังงานตั้งแต่ 10 MV ขึ้นไป[9,5]

• การออกแบบ maze และประตูป้องกันรังสี

• การจัดทำ shielding calculation report และวัดปริมาณรังสีจริงสำหรับหน่วยงานกำกับดูแล ดังแสดงใน**ภาพที่ 1**

นักฟิสิกส์การแพทย์มีบทบาทสำคัญในการคำนวณและการออกแบบโครงสร้าง การออกแบบที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้ต้องปรับปรุงโครงสร้างภายหลังเนื่องจากไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด อาจทำให้มีต้นทุนสูงขึ้นและส่งผลต่อระยะเวลาเปิดให้บริการ

3.1.2 การกำหนดคุณลักษณะเครื่อง (technical specification)

ก่อนการจัดซื้อเครื่องฉายรังสี นักฟิสิกส์การแพทย์มีบทบาทในการกำหนดคุณลักษณะของเครื่องฉายรังสีและอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับบริบทของหน่วยงาน เช่น พลังงานของ photon และ electron beam, จำนวนและรูปแบบของ MLC, ระบบ imaging เช่น kV imaging, MV imaging และ CBCT, ความสามารถด้าน IGRT และ motion management, ความเข้ากันได้กับ TPS และระบบ record & verify, ความพร้อมสำหรับเทคนิคขั้นสูง เช่น SRS, SBRT และ adaptive radiotherapy เป็นต้น การกำหนด specifications ที่เหมาะสมจะช่วยลดปัญหาการใช้งานในระยะยาวและรองรับการพัฒนาทางคลินิกในอนาคต



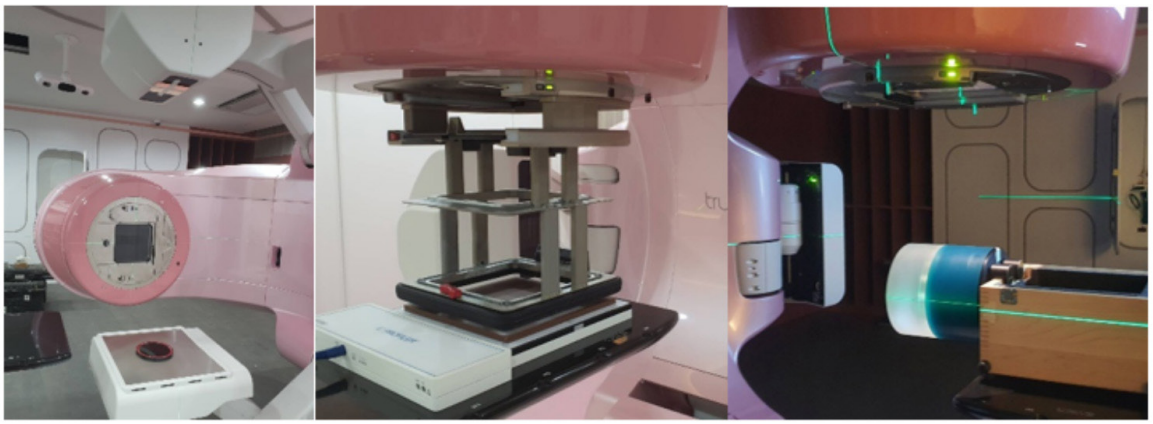
ภาพที่ 1 นักฟิสิกส์การแพทย์วัดปริมาณรังสีรั่วไหลบนหลังคาห้องฉายรังสี โดยใช้ survey meter

3.2 ระยะที่ 2: การติดตั้งเครื่องฉายรังสีและการตรวจแรกรับ

การติดตั้งเครื่องฉายรังสี เป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของวิศวกรของบริษัท อย่างไรก็ตาม นักฟิสิกส์การแพทย์จำเป็นต้องดูแลในกระบวนการส่วนนี้ เพื่อความเรียบร้อยระหว่างการติดตั้ง และเมื่อติดตั้งเครื่องฉายรังสีเสร็จ นักฟิสิกส์การแพทย์ร่วมกับวิศกรของบริษัทผู้ผลิตทำการตรวจสอบแรกรับเพื่อยืนยันว่าเครื่องฉายรังสีมีสมรรถนะตามข้อกำหนดของผู้ผลิตและเงื่อนไขในสัญญา ดังแสดงตัวอย่างใน**ภาพที่ 2** ซึ่งมีรายการทดสอบที่สำคัญดังนี้[1]

- output constancy
- beam flatness และ symmetry
- mechanical isocenter accuracy
- gantry, collimator และ couch rotation accuracy
- laser alignment
- optical distance indicator accuracy
- multileaf collimator (MLC) positioning accuracy
- safety interlock systems[1]
- imaging performance และ image registration accuracy

หากตรวจพบค่าต่างๆ ที่ทำการทดสอบมีค่าไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสากลหรือข้อกำหนดคุณลักษณะของหน่วยงาน นักฟิสิกส์การแพทย์สามารถแจ้งให้วิศวกรของบริษัทผู้ผลิตปรับตั้งค่าให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสม เนื่องจากในระยะนี้ นักฟิสิกส์การแพทย์ต้องจัดทำเอกสารผลการตรวจสอบ พร้อมลงนามรับรอง acceptant certificate เพื่อยืนยันว่าเครื่องพร้อมเข้าสู่กระบวนการเก็บข้อมูลลำรังสี (commissioning) และเพื่อใช้เป็นเอกสารหลักฐานในการขอใบอนุญาตครอบครองและใช้เครื่องกำเนิดรังสี



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2 ส่วนหนึ่งของการทำ acceptance test โดยนักฟิสิกส์การแพทย์ร่วมกับวิศวกรของบริษัท (ก) การตรวจสอบคุณภาพของภาพ kV imaging โดยการทำ kV imaging acquisition โดยใช้ leeds phantom (ข) การตรวจสอบ electron field flatness and symmetry โดยใช้ beam profiler (ค) การตรวจสอบคุณภาพของภาพ CBCT โดยใช้ Catphan 600

ข้อควรระวังจากประสบการณ์จริง

หนึ่งในปัญหาที่พบได้บ่อยคือการเร่งเปิดการใช้งานเครื่องอาจเป็นข้อจำกัดทางด้านเวลาในการทำการทดสอบและการปรับค่าให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาจปล่อยให้ค่านั้นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เท่านั้นซึ่งอาจไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมที่สุดทางคลินิกและสอดคล้องกับ machine performance capability ซึ่งอาจไม่ได้ค่าที่ดีที่สุดในการรักษาและอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงทางคลินิกได้ นักฟิสิกส์การแพทย์จึงต้องยึดหลัก patient safety เป็นสำคัญ แม้จะมีแรงกดดันด้านเวลาและปริมาณผู้ป่วยก็ตาม

3.3 ระยะที่ 3: การเก็บข้อมูลลำรังสีและการโมเดลเครื่องวางแผนการรักษา

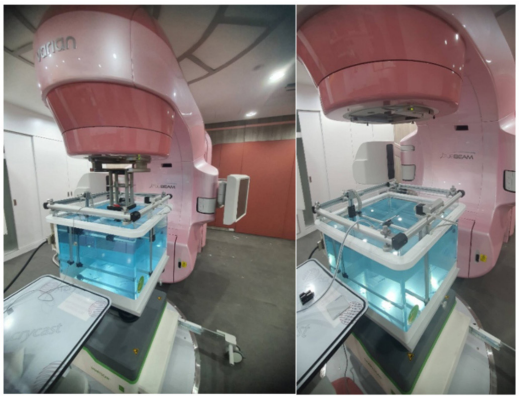
การเก็บข้อมูลลำรังสี (beam commissioning) เป็นหัวใจสำคัญของการเปิดใช้งาน LINAC[11,12] เนื่องจากเป็นกระบวนการสร้างข้อมูลลำรังสีสำหรับระบบวางแผนการรักษา หากข้อมูลไม่ถูกต้องอาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของปริมาณและการกระจายรังสี (dose distribution) ในผู้ป่วยได้โดยตรง ซึ่งอาจมีผลต่อการรักษาผู้ป่วยได้

3.3.1 การวัดข้อมูลลำรังสี

ข้อมูลพื้นฐานที่ต้องวัดในการทำ beam commissioning[11, 13] ได้แก่

- percentage depth dose (PDD)
- beam profiles
- tissue phantom ratio (TPR)
- output factors
- wedge factors
- off-axis ratios
- MLC transmission
- leaf end effect และคุณสมบัติเฉพาะของ MLC
- small field dosimetry
- และอื่น ๆ ขึ้นกับระบบวางแผนการรักษาแต่ละบริษัท

การวัดควรทำในสภาวะแวดล้อมอ้างอิง (reference condition) เครื่องมือที่ใช้ต้องผ่านการสอบเทียบตามมาตรฐานสากล และมีทำตาม protocol เป็นที่ยอมรับตามที่แต่ละสถาบันเลือกใช้ดังแสดงใน**ภาพที่ 3**



(ก) (ข)

ภาพที่ 3 ส่วนหนึ่งของการทำ beam commissioning โดยนักฟิสิกส์การแพทย์ (ก) การทำ electron beam calibration (ข) การทำ photon beam calibration

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดรังสี ตัวอย่างเช่น

- ionization chamber ขนาดต่าง ๆ
- diode detector
- 3D water phantom scanning system
- electrometer ที่ผ่านการสอบเทียบมาตรฐาน
- Gafchromic film หรือ detector array สำหรับการ validation
- thermometer และ barometer

นักฟิสิกส์การแพทย์ควรตรวจสอบ uncertainty ของระบบการวัดทุกขั้นตอน และจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบเพื่อรองรับการตรวจสอบย้อนหลังได้ง่าย

3.3.3 การสร้าง beam model ใน TPS

หลังจากได้ข้อมูลลำรังสี จะเข้าสู่ขั้นตอนการสร้าง beam model ในเครื่องวางแผนการรักษา (treatment planning system, TPS) โดยประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญ คือ

- การปรับ algorithm parameters
- การ optimize beam modeling
- การเปรียบเทียบ calculated data กับ measured data
- การทำ gamma analysis เช่น 2%/2 mm หรือ 3%/2 mm[14]
- การ validation สำหรับ IMRT และ VMAT[15,16]

การทำ TPS commissioning ควรครอบคลุมทั้งกรณี simple field และ highly modulated field เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถใช้งานได้จริงทางคลินิกและครอบคลุมทุกเทคนิคในการวางแผนการรักษา

ข้อควรระวังจากประสบการณ์จริง

นักฟิสิกส์การแพทย์รุ่นใหม่มักให้ความสำคัญกับ “ผลลัพธ์ผ่านเกณฑ์” มากกว่าการเข้าใจสาเหตุของความคลาดเคลื่อน ในความเป็นจริง commissioning ที่ดีไม่ใช่เพียงการผ่าน tolerance แต่ต้องเข้าใจ behavior ของเครื่องและข้อจำกัดของ detector รวมถึงต้องสามารถอธิบายความผิดปกติที่พบได้อย่างมีเหตุผล

3.4 ระยะที่ 4: การตรวจสอบข้อมูลก่อนใช้งานจริงทางคลินิก

ก่อนเปิดให้บริการผู้ป่วยจริง ต้องมีการตรวจสอบระบบทั้งหมดในลักษณะ end-to-end workflow ตั้งแต่การจำลองการรักษาไปจนถึงการฉายรังสีจริง มีกระบวนการสำคัญ ดังนี้

- end-to-end testing (CT simulation ⟶ planning ⟶ delivery ⟶ measurement)[17]
- patient-specific QA
- dry run simulation
- verification ของ IGRT workflow
- emergency procedure rehearsal
- time-out protocol validation
- final clinical release approval

ในระยะนี้ นักฟิสิกส์การแพทย์ต้องทำงานร่วมกับรังสีแพทย์ นักรังสีการแพทย์ และวิศวกร เพื่อให้มั่นใจว่ากระบวนการรักษาทั้งหมดมีความปลอดภัยและสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ

4. การบริหารความเสี่ยง (risk management)

การบริหารความเสี่ยงเป็นองค์ประกอบสำคัญของการติดตั้งเครื่องใหม่ นักฟิสิกส์การแพทย์ควรมีบทบาทนำในการประเมินและลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น โดยกิจกรรมสำคัญด้าน risk management มีดังนี้

- risk assessment ก่อนติดตั้ง
- failure mode and effects analysis (FMEA)[18]
- การพัฒนา mitigation strategy
- การกำหนด QA tolerance และ action level ของสถาบันตัวเอง

• การจัดทำ incident learning system[19]

• การเตรียมเอกสารสำหรับ regulatory inspection

ประสบการณ์ จากหลายสถาบันพบว่า ความผิดพลาดส่วนใหญ่มักไม่ได้เกิดจากเครื่องมือเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจาก workflow communication และ human factors ดังนั้นการสร้างวัฒนธรรมด้านความปลอดภัยจึงมีความสำคัญไม่แพ้การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี

5. การจัดทำเอกสารและการเตรียมตรวจประเมิน

การจัดทำเอกสารที่ครบถ้วนเป็นสิ่งจำเป็นทั้งในด้านคุณภาพ การตรวจประเมิน และการสอบทวนย้อนหลังดังแสดงใน**ภาพที่ 4** เอกสารสำคัญที่ควรจัดเตรียม มีดังนี้

• shielding calculation report
• acceptance testing report
• beam commissioning report
• TPS validation report
• end-to-end test documentation
• patient-specific QA protocol
• risk register และ failure mode and effect analysis (FMEA) documentation
• preventive maintenance records
• clinical release authorization form
• emergency response protocol

เอกสารทั้งหมดควรมี version control และสามารถตรวจสอบย้อนหลังได้อย่างเป็นระบบ[20]



ภาพที่ 4 นักฟิสิกส์การแพทย์ ร่วมประชุมกับเจ้าหน้าที่จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (ปส.) ในการตรวจรับการประเมินเครื่องฉายรังสี เพื่อออกใบอนุญาตครอบครอง ใช้เครื่องกำเนิดรังสี

6. บทบาทของนักฟิสิกส์การแพทย์ในมุมมองวิชาชีพ

ในอดีตบทบาทของนักฟิสิกส์การแพทย์อาจถูกมองว่าเป็นผู้ดูแลเครื่องมือหรือทำงานด้านการวัดปริมาณรังสีเท่านั้น แต่ในปัจจุบัน บทบาทได้ขยายไปสู่การเป็นผู้นำด้าน clinical safety, quality management และ technological integration[6] นักฟิสิกส์การแพทย์ยุคใหม่จึงต้องมีทักษะที่หลากหลาย ได้แก่

- ความรู้ทางฟิสิกส์รังสีและการวัดรังสี
- ความเข้าใจด้าน clinical workflow
- ความสามารถด้าน data analysis และ informatics
- ทักษะการสื่อสารและการทำงานเป็นทีม
- ความสามารถในการบริหารโครงการและบริหารความเสี่ยง

สำหรับนักฟิสิกส์การแพทย์รุ่นใหม่ สิ่งสำคัญที่สุดไม่ใช่เพียง “การทำตาม protocol” แต่คือการเข้าใจเหตุผลเบื้องหลังของทุกขั้นตอน และกล้าที่จะตั้งคำถามเมื่อพบความผิดปกติ และมีความซื่อสัตย์กล้ายอมรับเมื่อตนเองทำผิดพลาดเพื่อจะได้แก้ไขได้อย่างถูกต้องและทันเวลา

7. การอภิปราย

การติดตั้งเครื่องเร่งอนุภาคใหม่เป็นหนึ่งในกระบวนการที่มีความซับซ้อนที่สุดในงานรังสีรักษา เนื่องจากเกี่ยวข้องทั้งงานด้านวิศวกรรม ฟิสิกส์การแพทย์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และการดูแลผู้ป่วย ความสำเร็จของโครงการไม่ได้ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับความพร้อมของทีมภายในองค์กร โดยเฉพาะนักฟิสิกส์การแพทย์ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมโยงองค์ความรู้ทางเทคนิค ทางฟิสิกส์และทางคลินิกเข้ากับความถูกต้องแม่นยำและความปลอดภัยทางคลินิก ในหลายประเทศบทบาทของนักฟิสิกส์การแพทย์ในการ commissioning และ clinical release ถูกกำหนดอย่างชัดเจนในระดับกฎหมายและมาตรฐานวิชาชีพ ขณะที่ในประเทศไทยหน่วยงานหลายแห่งยังประสบปัญหาด้านจำนวนบุคลากร เวลา และทรัพยากร ดังนั้นการพัฒนาระบบ และการถ่ายทอดประสบการณ์จากรุ่นพี่สู่รุ่นน้องจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนี้ เทคโนโลยีรังสีรักษาสมัยใหม่ เช่น adaptive radiotherapy, AI-assisted planning และ online imaging system จะยิ่งเพิ่มความซับซ้อนของ workflow ในอนาคต[21,22] นักฟิสิกส์การแพทย์จึงต้องพัฒนาความรู้และทักษะอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

8. ข้อสรุป

การติดตั้งและเริ่มใช้งานเครื่องเร่งอนุภาคสำหรับงานรังสีรักษาเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนสูง และเกี่ยวข้องโดยตรงกับความปลอดภัยของผู้ป่วย คุณภาพการรักษา และความน่าเชื่อถือของระบบบริการทางรังสีรักษาทั้งระบบ บทบาทของนักฟิสิกส์การแพทย์จึงไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการวัดปริมาณรังสีหรือการตรวจสอบเครื่องมือเท่านั้น แต่ครอบคลุมถึงการเป็นผู้นำด้าน clinical safety, quality assurance, risk management และการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าสู่การรักษาทางคลินิกอย่างปลอดภัย ตลอดทุกระยะของโครงการ ตั้งแต่การออกแบบห้องฉายรังสี การกำหนดคุณลักษณะของเครื่อง การตรวจรับและ commissioning การสร้างแบบจำลองลำรังสีในระบบวางแผนการรักษา ไปจนถึงการตรวจสอบ end-to-end workflow ก่อนเปิดใช้งานจริง นักฟิสิกส์การแพทย์มีบทบาทสำคัญในการประกันว่าระบบทั้งหมดสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และสอดคล้องกับมาตรฐานสากล จากประสบการณ์จากการติดตั้ง เครื่องเร่งอนุภาคในหลายสถาบันชี้ให้เห็นว่าความสำเร็จของการเปิดใช้งานเครื่องใหม่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับคุณภาพของระบบงาน การสื่อสารระหว่างสหสาขาวิชาชีพ การบริหารความเสี่ยง และวัฒนธรรมด้านความปลอดภัยขององค์กร

ดังนั้นนักฟิสิกส์การแพทย์จึงต้องมีทั้งความรู้เชิงเทคนิค ความเข้าใจทางคลินิก และทักษะด้านการบริหารจัดการควบคู่กัน ท้ายที่สุด การ commissioning เครื่องเร่งอนุภาคที่ดีไม่ใช่เพียงการทำให้ค่าทางฟิสิกส์ “ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน” แต่คือการสร้างความมั่นใจว่า ผู้ป่วยทุกคนจะได้รับการรักษาที่ปลอดภัย แม่นยำ และมีคุณภาพสูงสุดตามมาตรฐานวิชาชีพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นางสาวเมทินี วิเศษรินทอง นักรังสีการแพทย์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาและให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการทำและวิเคราะห์ผล daily QA, motion management, IGRT ประจำห้องฉายรังสีและยังช่วยตรวจทานเนื้อหาในการเขียนบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Khan FM, Gibbons JP. Khan’s The Physics of Radiation Therapy. 6th ed. Wolters Kluwer; 2019.
2. McGinley PH. Shielding techniques for radiation oncology facilities. 3rd ed. Madison (WI): Medical Physics Publishing; 2010.
3. Benedict SH, Yenice KM, Followill D, Galvin JM, Hinson W, Kavanagh B, et al. Stereotactic body radiation therapy: the report of AAPM Task Group 101. Med Phys. 2010;37(8):4078-101.
4. International Atomic Energy Agency. Roles and responsibilities, and education and training requirements for clinically qualified medical physicists. Vienna: IAEA; 2013. (IAEA Human Health Series No. 25).
5. Clements JB, Baird CT, de Boer SF, Fairobent LA, Fisher Tyler, Goodwin JH, et al. AAPM medical physics practice guideline 10.a.: scope of practice for clinical medical physics. J Appl Clin Med Phys. 2018;19:11-25.
6. Klein EE, Hanley J, Bayouth J, Yin FF, Simon W, Dresser S, et al. Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators. Med Phys. 2009;36:4197–4212.
7. ESTRO. ESTRO Booklet No. 9: Guidelines for the verification of IMRT. Brussels: European Society for Radiotherapy and Oncology; 2008.
8. International Atomic Energy Agency. Radiation oncology physics: a handbook for teachers and students. Vienna: IAEA; 2005.

9. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural shielding design and evaluation for megavoltage X- and gamma-ray radiotherapy facilities. Bethesda (MD): NCRP; 2005. (NCRP Report No. 151).
10. Otto K. Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc. Med Phys. 2008;35:310-317.
11. Das IJ, Cheng CW, Watts RJ, Ahnesjo A, Gibbons John, Li XA, et al. Accelerator beam data commissioning equipment and procedures: report of the TG-106 of the Therapy Physics Committee of the AAPM. Med Phys. 2008;35:4186-215.
12. "International Atomic Energy Agency". Absorbed dose determination in external beam radiotherapy. Vienna: IAEA; 2000. (Technical Reports Series No. 398).
13. Alfonso R, Andreo P, Capote R, Saiful Huq M, Kilby W, Kjall P, et al. A new formalism for reference dosimetry of small and nonstandard fields. Med Phys. 2008;35:5179-86.
14. Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. Med Phys. 1998;25:656-61.
15. 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.
16. Mynampati DK, Yaparpalvi R, Hong L, Kuo HC, Mah D. Application of AAPM TG 119 to volumetric arc therapy (VMAT). J Appl Clin Med Phys. 2012;13:338-48.
17. Miften M, Olch A, Mihailidis D, Moran J, Pawlicki Todd, Molineu A, et al. Tolerance limits and methodologies for IMRT measurement-based verification QA: recommendations of AAPM Task Group 218. Med Phys. 2018;45:e53-e83.
18. Ford EC, Gaudette R, Myers L, Vanderver B, Engineer L, Zellars R, et al. Evaluation of safety in a radiation oncology setting using failure mode and effects analysis. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2009;74: 852-8.
19. International Atomic Energy Agency. Lessons learned from accidental exposures in radiotherapy. Vienna: IAEA; 2000. (Safety Reports Series No. 17).
20. Kutcher GJ, Coia L, Gillin M, Hanson WF, Leibel S, Morton RJ, et al. Comprehensive QA for radiation oncology: report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 40. Med Phys. 1994;21:581-618.
21. Yan D, Vicini F, Wong J, Martinez A. Adaptive radiation therapy. Phys Med Biol. 1997;42:123-32.
22. Hussein M, Heijmen BJM, Verellen D, Nisbet A. Automation in intensity modulated radiotherapy treatment planning—a review of recent innovations. Br J Radiol. 2018;91:20180270.