ว กรมวิทย พ 2569; 68 (1): 92-102

การศึกษาความคงที่ของปริมาณรังสีซึ่งวัดโดยใช้ PTW QUICKCHECK^{webline} และ Elekta AQUA System ในการประกันคุณภาพประจำวันเครื่องเร่งอนุภาค โรงพยาบาลมหาวชิราลงกรณธัญบุรี

วิไลวรรณ ไวยวุฒินันท์

กลุ่มงานรังสีรักษา โรงพยาบาลมหาวชิราลงกรณธัญบุรี ปทุมธานี 12110

บทคัดย่อ การประกันคุณภาพของเครื่องเร่งอนุภาคในงานรังสีรักษาเป็นกระบวนการสำคัญที่ต้องดำเนินการประจำวัน เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องให้ปริมาณรังสีถูกต้องตามเกณฑ์มาตรฐาน American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Task Group (TG)-142 เครื่องมือ PTW QUICKCHECK^{webline} และ Elekta AQUA system สามารถใช้วัดปริมาณรังสีประจำวันได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความคงที่ของปริมาณรังสีและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้จากเครื่องมือทั้งสอง การศึกษาเป็นแบบย้อนหลัง (Retrospective Study) โดยเก็บข้อมูลปริมาณรังสีโฟตอนพลังงาน 6 และ 10 Megavolt (MV) เป็นเวลา 8 เดือน ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีจากทั้งสองเครื่องมือต่างกันไม่เกิน ±1% โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (r_s) แสดงความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน พลังงาน 6 MV อยู่ในระดับต่ำ ($r_s = 0.241$) และ 10 MV อยู่ในระดับต่ำมาก ($r_s = 0.181$) การวิเคราะห์ Bland-Altman พบว่าค่าที่วัดได้มีความสอดคล้องกันดี พลังงาน 6 MV มีค่าเฉลี่ยความแตกต่าง = -0.0006, Limit of Agreement (LOA) = -0.008 ถึง 0.006 และพลังงาน 10 MV มีค่าเฉลี่ยความแตกต่าง = -0.0002, LOA = -0.008 ถึง 0.008 สรุปได้ว่าเครื่องมือทั้งสองสามารถใช้ตรวจสอบปริมาณรังสีประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้ทดแทนกันได้

คำสำคัญ: ความคงที่ของปริมาณรังสี, เครื่องเร่งอนุภาค, การประกันคุณภาพประจำวัน, PTW QUICKCHECK, Elekta AQUA system

Corresponding author E-mail: nongwilaiwani@gmail.com

Received: 8 September 2025 *Revised: 28 November 2025* *Accepted: 3 December 2025*

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีในการรักษาโรคมะเร็งได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีการผสมผสานการรักษาที่มีรูปแบบต่าง ๆ มากขึ้น อาจให้รังสีเพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับการผ่าตัดและ/หรือการให้ยาเคมีบำบัดร่วมด้วย โดยเฉพาะการฉายรังสีมีบทบาทในการรักษาโรคมะเร็ง อาศัยหลักการที่ว่าการฉายรังสีไปยังเนื้อเยื่อของเนื้องอกหรืออวัยวะใด ๆ ก็ตามซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิตรังสีจะทำให้เกิดการตาย การเปลี่ยนแปลงรูปร่างและสรีรวิทยาของเซลล์นั้น การใช้เครื่องเร่งอนุภาค (Linear accelerator: LINAC) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการรักษาโรคมะเร็งที่สามารถผลิตได้ทั้งรังสีเอกซ์และอนุภาคอิเล็กตรอน[1] เทคนิคการฉายรังสีมีตั้งแต่ธรรมดาไปจนถึงเทคนิคที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เพื่อช่วยให้การรักษามีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่ เทคนิคการฉายรังสีแบบปรับความเข้ม (Intensity modulated radiation therapy: IMRT) และเทคนิคการฉายรังสีปรับความเข้มหมุนรอบตัวผู้ป่วย (Volumetric modulated arc therapy: VMAT) ทั้งสองเทคนิคนี้มีข้อดี คือ สามารถกำหนดให้การกระจายของปริมาณรังสี (Isodose distribution) มีรูปร่างใกล้เคียงกับก้อนมะเร็ง ซึ่งจะช่วยลดปริมาณรังสีให้กับอวัยวะที่อยู่ใกล้เคียง[2]

การประกันคุณภาพเครื่องเร่งอนุภาพทางการแพทย์อ้างอิงตาม American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Task Group (TG)-142[3] ซึ่งปรับปรุงจาก AAPM Task group 40[4] โดยมีการเพิ่มเติมในเรื่องเทคโนโลยีและอุปกรณ์ใหม่ เช่น Multi-leaf collimator (MLC) และ Respiratory gating เป็นต้น และเพิ่มเติมในเรื่องของเทคนิคการฉายรังสีแบบใหม่ต่าง ๆ เช่น Intensity modulated radiation therapy (IMRT), Stereotactic radiosurgery (SRS) โดยความถี่ของการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือทางการแพทย์ทั่วไป แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ รายวัน (Daily check) รายเดือน (Monthly check) และรายปี (Annual Check)[3] สำหรับการฉายรังสีด้วยเครื่องเร่งอนุภาคนั้น นักรังสีการแพทย์จะทำการประกันคุณภาพ (Quality Assurance: QA) เป็นประจำทุกวันเพื่อให้มั่นใจได้ว่าคุณลักษณะของเครื่องเร่งอนุภาคจะไม่เบี่ยงเบนไปจากค่าพื้นฐาน ซึ่งข้อมูลได้จากการเก็บข้อมูลระหว่างการตรวจสอบและวัดค่าคุณลักษณะพื้นฐานของเครื่องเร่งอนุภาคเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนนำไปใช้ในการรักษาผู้ป่วยจริง (Commissioning)[3] AAPM แบ่งกลุ่มเครื่องฉายประจำวันตามประเภทของการประกันคุณภาพ[5] ได้แก่ ความปลอดภัย (Safety) กลไกของเครื่องฉายรังสี (Mechanical) คุณภาพด้านปริมาณรังสี (Dosimetry) และระบบสร้างภาพ (Imaging) ทั้งนี้เครื่องมือที่ใช้วัดคุณภาพประจำวันมีหลายประเภท[1] เช่น PTW QUICKCHECK[webline], myQA Daily เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันของเครื่องฉายรังสีที่สามารถใช้ในการประกันคุณภาพของเครื่องฉายรังสีประจำวัน เช่น Machine Performance Check: MPC และ Automated Quality Assurance system: Elekta AQUA system (AQUA® v3.0) software test เป็นต้น

โรงพยาบาลมหาวชิราลงกรณธัญบุรี ได้ติดตั้งเครื่องเร่งอนุภาคตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 เทคนิคที่ใช้ส่วนใหญ่เป็น VMAT และใช้ PTW QUICKCHECK[webline] ในการตรวจสอบคุณภาพประจำวัน ซึ่งสามารถตรวจวัด Output, ความราบเรียบ (Flatness), ความสมมาตร (Symmetry) และขนาดพื้นที่ลำรังสี (Field size) นอกจากนี้โรงพยาบาลยังมี Elekta AQUA system ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ของเครื่องเร่งอนุภาค ยี่ห้อ Elekta สามารถใช้ตรวจสอบคุณภาพประจำวันโดยใช้ Electronic Portal Imaging Device (EPID) เป็นตัววัดรังสีเพื่อวัดปริมาณรังสี (Output) ขนาดพื้นที่ลำรังสี และ Multi-Leaf Collimator (MLC) ได้เช่นกัน ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาว่า Elekta AQUA system สามารถให้ผลการตรวจสอบความคงที่ของปริมาณรังสีได้ใกล้เคียงกับ PTW QUICKCHECK[webline] หรือสามารถนำมาใช้ทดแทนได้ในกรณีที่เครื่องมือไม่สามารถใช้งานได้ เพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับในแต่ละวันถูกต้องตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่งผลให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาที่ถูกต้อง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคงที่ของปริมาณรังสี (Output Constancy) และหาความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้จากเครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system ทั้งนี้ได้ตั้งสมมุติฐานการวิจัยว่า ความคงที่ของปริมาณ

รังสี (Output Constancy) ที่วัดได้จากเครื่อง PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system ไม่แตกต่างกัน และเครื่องมือที่ใช้วัดการประกันคุณภาพ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system มีความสัมพันธ์กันทางบวกของการวัดปริมาณรังสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สามารถใช้แทนกันได้ในกรณีที่เครื่องวัดที่ใช้ตรวจสอบเกิดข้อบกพร่องไม่สามารถใช้งานได้

วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบย้อนหลัง (Retrospective Study) ดำเนินการศึกษา ณ กลุ่มงานรังสีรักษา โรงพยาบาลมหาวชิราลงกรณธัญบุรี ช่วงวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2567 ถึง 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2568

กลุ่มตัวอย่าง ปริมาณรังสีที่วัดได้จากเครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system คำนวณโดยใช้สูตรของ Yamane T[(6)] ดังสมการ

$$n = \frac{N}{1+Ne^2}$$

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N แทน จำนวนประชากร (จำนวนวันทำการที่เปิดฉายรังสีใน 1 ปี เท่ากับ 241 วัน)

e แทน ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (0.05)

แทนค่าในสมการได้ n เท่ากับ 150 ตัวอย่าง และเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 20[(7)] เพื่อเป็นการทดแทนหากมีการสูญเสียกลุ่มตัวอย่างระหว่างดำเนินการวิจัย (Drop out) เท่ากับ 30 ดังนั้นขนาดตัวอย่างที่ใช้เท่ากับ 180 ตัวอย่าง

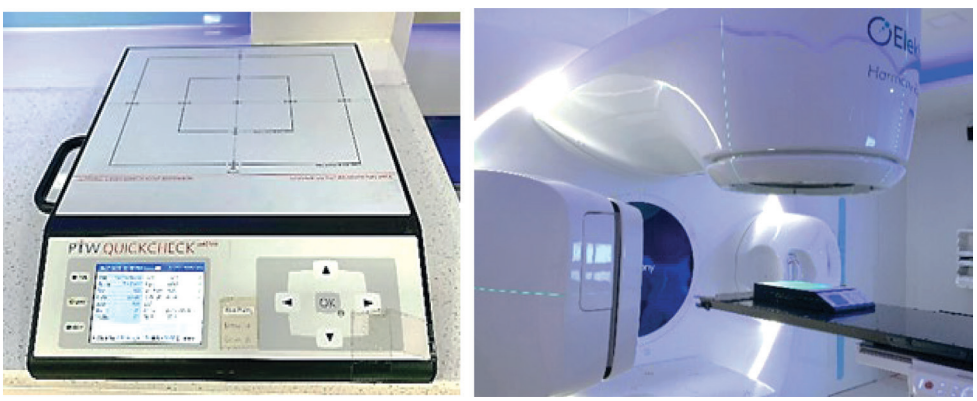
เกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (Inclusion Criteria) ได้แก่ ข้อมูลปริมาณรังสีที่วัดได้จากการประกันคุณภาพจากเครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system

เกณฑ์คัดเลือกตัวอย่างออกจากการศึกษา (Exclusion Criteria) ได้แก่ ข้อมูลปริมาณรังสีที่วัดห่างกันเกิน 1 ชั่วโมง เป็นต้นไป และข้อมูลการวัดปริมาณรังสีไม่ครบถ้วน

การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 360 ตัวอย่าง

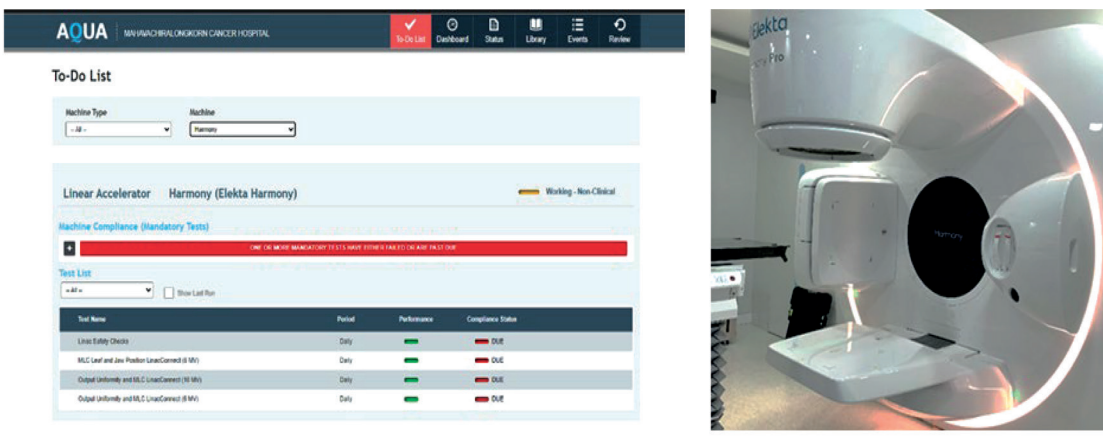
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

PTW รุ่น QUICKCHECK[webline] (PTW, Freiburg, Germany) เป็นเครื่องมือที่ใช้ทำการประกันคุณภาพเครื่องเร่งอนุภาคประจำวันมีหัววัดเป็น ionization chambers จำนวน 13 หัววัด มีระบบการทำงานอัตโนมัติตามรายการที่กำหนดไว้ แสดงผลการวัดทันทีผ่านจอแสดงผล ไม่จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณระหว่างการวัดข้อมูล สามารถวัดและวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ Output, Flatness, Symmetry และ Field size ที่ระดับพลังงานต่าง ๆ ภายในเครื่องได้ ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บในตัวเครื่องและต้องมีการถ่ายโอนข้อมูลที่วัดได้ผ่านโปรแกรม QUICKCHECK Software ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 PTW รุ่น QUICKCHECK[webline] และการเตรียมอุปกรณ์ในการวัด Output constancy (ที่มา: วิไลวรรณ ไวยวุฒินันท์ กลุ่มงานรังสีรักษา โรงพยาบาลมหาวชิราลงกรณธัญบุรี)

Elekta AQUA system (Elekta AB, Stockholm, Sweden) เป็นซอฟต์แวร์ของเครื่องเร่งอนุภาค ยี่ห้อ Elekta รุ่น AQUA 3.0 ที่ใช้ในการประกันคุณภาพเครื่องเร่งอนุภาค ออกแบบมาเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องเร่งอนุภาคแบบอัตโนมัติ สามารถเข้าใช้งานผ่านโปรแกรม Automated QA ใช้ EPID เป็นตัววัดรังสี สามารถวัดและวิเคราะห์ค่าปริมาณรังสี และขนาดลำรังสีที่ระดับพลังงานต่าง ๆ ภายในเครื่องเร่งอนุภาค โดยกระบวนการวัดและวิเคราะห์ข้อมูลจะดำเนินการโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องเร่งอนุภาคในด้านต่าง ๆ ได้แก่ Geometric, Collimator, Gantry rotation isocenter, Radiation field size, MLC and jaws และ Gantry angle readout รวมถึง จุด isocenter ของภาพ kilo-voltage: kV และ mega-voltage: MV (kV-MV isocenter) ได้อย่างแม่นยำ ข้อมูลจากการตรวจวัดจะถูกประมวลผลและจัดทำรายงานผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Elekta AQUA system และการเตรียมอุปกรณ์รับภาพอิเล็กทรอนิกส์ Elekta iViewGT™
(ที่มา: วิไลวรรณ ไวยวุฒินันท์ กลุ่มงานรังสีรักษา โรงพยาบาลมหาวชิราลงกรณธัญบุรี)

เครื่องเร่งอนุภาคยี่ห้อ Elekta รุ่น Harmony Pro (Elekta AB, Sweden) หัวเครื่องเป็นแบบ Agility ที่มีชุดอุปกรณ์บังคับลำรังสี ขนาด 5 มิลลิเมตร จำนวน 80 คู่ มีชุดอุปกรณ์ในการสร้างภาพแบบเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (XVI cone beam CT) และสร้างภาพด้วยเครื่องเร่งอนุภาค รุ่น iView GT™ (Elekta AB, Sweden) โปรแกรมประมวลผล เป็น Version 5.0.7.1 มีรังสีโฟตอนจำนวน 2 พลังงาน คือ 6 MV และ 10 MV ตามลำดับ

อุปกรณ์รับภาพอิเล็กทรอนิกส์ ยี่ห้อ Elekta รุ่น iView GT™ (Elekta AB, Sweden) มีส่วนรับภาพขนาด 41× 41 ตารางเซนติเมตร ความละเอียด 1,024 × 1,024 พิกเซล ระยะจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงตัวรับภาพ เท่ากับ 160 เซนติเมตร

แบบบันทึกข้อมูลการวัดรังสีประจำวัน ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา Item Objective Congruence Index (IOC) เท่ากับ 1.0

วิธีการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลค่าร้อยละการเบี่ยงเบนจากค่าพื้นฐานสำหรับเป็นค่าอ้างอิง (Reference) ซึ่งค่าพื้นฐานได้จากการวัดปริมาณรังสีหลังจากการสอบเทียบปริมาณรังสี (Calibration) กับเครื่องมือประกันคุณภาพ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system ซึ่งเครื่องเร่งอนุภาคได้รับการสอบเทียบมาตรฐาน และค่า Output เท่ากับ 1 centi Gray (cGy)/1 Monitor unit (MU) ที่ขนาดพื้นที่ลำรังสี เท่ากับ 10 × 10 ตารางเซนติเมตร ระยะทางจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงจุดศูนย์กลางการหมุนของเครื่อง (SAD) เท่ากับ 100 เซนติเมตร โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

PTW QUICKCHECK[webline] ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ขนาดพื้นที่ลำรังสี เท่ากับ 20 × 20 ตารางเซนติเมตร SAD เท่ากับ 100 เซนติเมตร Monitor unit เท่ากับ 100 MU และไม่ใส่ตัวกรองลิ่มรังสี (wedge) Elekta AQUA system ค่าพารามิเตอร์

ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ขนาดพื้นที่ลำรังสี เท่ากับ 20 × 20 ตารางเซนติเมตร แกนทรี เท่ากับ 0 องศา คอลลิเมเตอร์ เท่ากับ 0 องศา ตำแหน่ง MV flat panel อยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง (center) Monitor unit เท่ากับ 100 MU อัตราปริมาณรังสี (Dose rate) เท่ากับ 600 MU/min ระบบจะวิเคราะห์ภาพถ่าย (Open Field images) ที่ใช้ในการทดสอบ Output Constancy จำนวน 3 ภาพ และใช้ค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีจากภาพมาใช้คำนวณค่าปริมาณรังสี

ทำการวัดปริมาณรังสีประจำวันจากเครื่องเร่งอนุภาคที่รังสีโฟตอนพลังงาน 6 MV และ 10 MV โดยใช้เครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system ในทุกเช้า รวม 180 วัน บันทึกค่าการวัดลงในแบบบันทึกข้อมูลการวัดรังสีประจำวัน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม IBM SPSS version 30

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความคงที่ของปริมาณรังสี (Output Constancy) ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และหาความแตกต่างของการประกันคุณภาพทั้ง 2 เครื่อง ดังสมการ

ความแตกต่างของการประกันคุณภาพปริมาณรังสีประจำวัน = ค่าที่วัดจาก Elekta AQUA system – ค่าที่วัดจากเครื่อง PTW QUICKCHECK[webline]

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีระหว่าง 2 กลุ่ม ด้วยด้วยสถิติ Mann–Whitney U Test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ หาความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ และหาความสอดคล้องของข้อมูลปริมาณรังสีที่วัดได้โดยใช้ Bland–Altman plot

จริยธรรมการวิจัย

ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน โรงพยาบาลมหาวชิราลงกรณ ธัญบุรี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข โดยมีเอกสารรับรองเลขที่ MTH 2025-02 เมื่อวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2568

ผล

ค่าเฉลี่ยของร้อยละการเบี่ยงเบนพื้นฐานจากการเก็บข้อมูลการประกันคุณภาพปริมาณรังสีประจำวันจากเครื่องเร่งอนุภาคของรังสีโฟตอนพลังงาน 6 MV และ 10 MV ที่วัดได้จากเครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system พบว่าการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือทั้งสองมีค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีต่างกันไม่เกินร้อยละ 1 โดยการวัดปริมาณรังสีเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกินร้อยละ 3 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยปริมาณรังสี (Output) ที่วัดได้จากเครื่องมือประกันคุณภาพประจำวัน

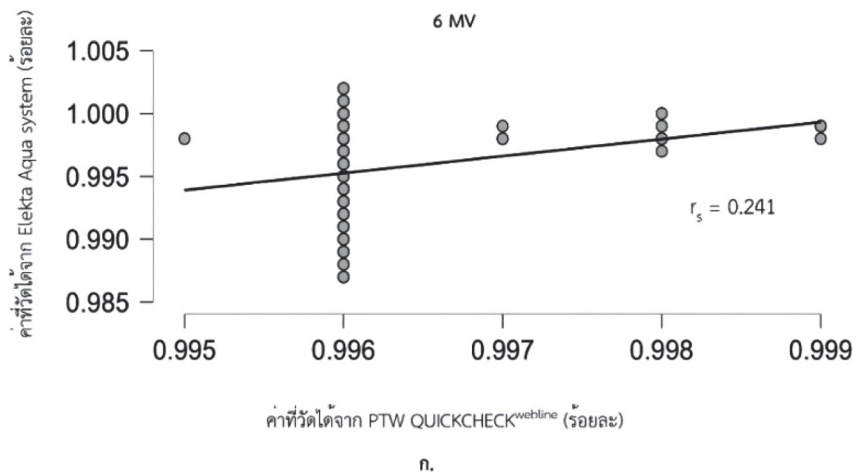
พลังงาน (MV)	ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ร้อยละ)		ความแตกต่างของการวัด (ร้อยละ)
	PTW QUICKCHECK[webline]	Elekta AQUA system	
6	0.996±0.000	0.995±0.004	−0.001
10	1.003±0.002	1.003±0.004	0.000

การเปรียบเทียบผลการวัดปริมาณรังสีโฟตอนระหว่างเครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system ด้วยสถิติ Mann–Whitney U Test ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ที่พลังงาน 6 MV ($U = 17204.500$, $p = 0.277$) และพลังงาน 10 MV ($U = 17419.500$, $p = 0.214$) ดังแสดงในตารางที่ 2

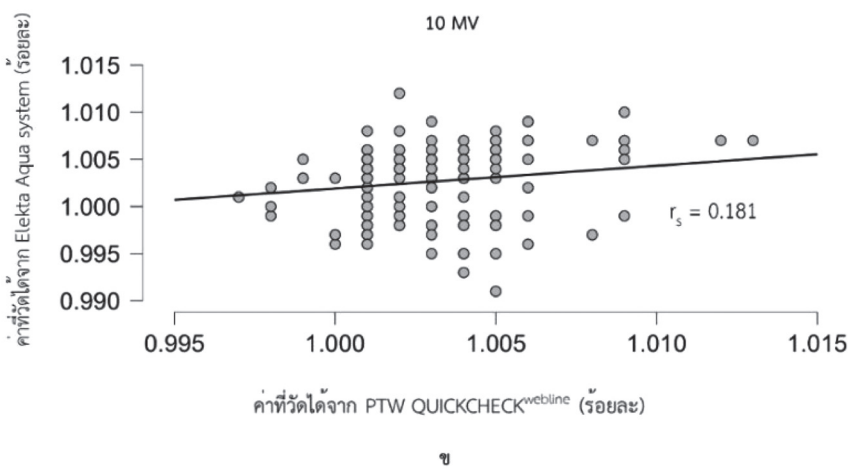
ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานปริมาณรังสีระหว่างเครื่องมือ ด้วย Mann-Whitney U Test

พลังงาน	เครื่องมือ	ค่ามัธยฐาน (Median)	พิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (IQR)	U	p
6 MV	Elekta AQUA system	0.997	0.005	17204.500	0.277
	PTW QUICKCHECK[webline]	0.996	0.000		
10 MV	Elekta AQUA system	1.004	0.006	17419.500	0.214
	PTW QUICKCHECK[webline]	1.002	0.003		

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากเครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's rho: r_s) พบว่าที่พลังงาน 6 MV มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ (r_s = 0.241) ในขณะที่พลังงาน 10 MV มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก (r_s = 0.181) ดังแสดงในภาพที่ 3



ก.



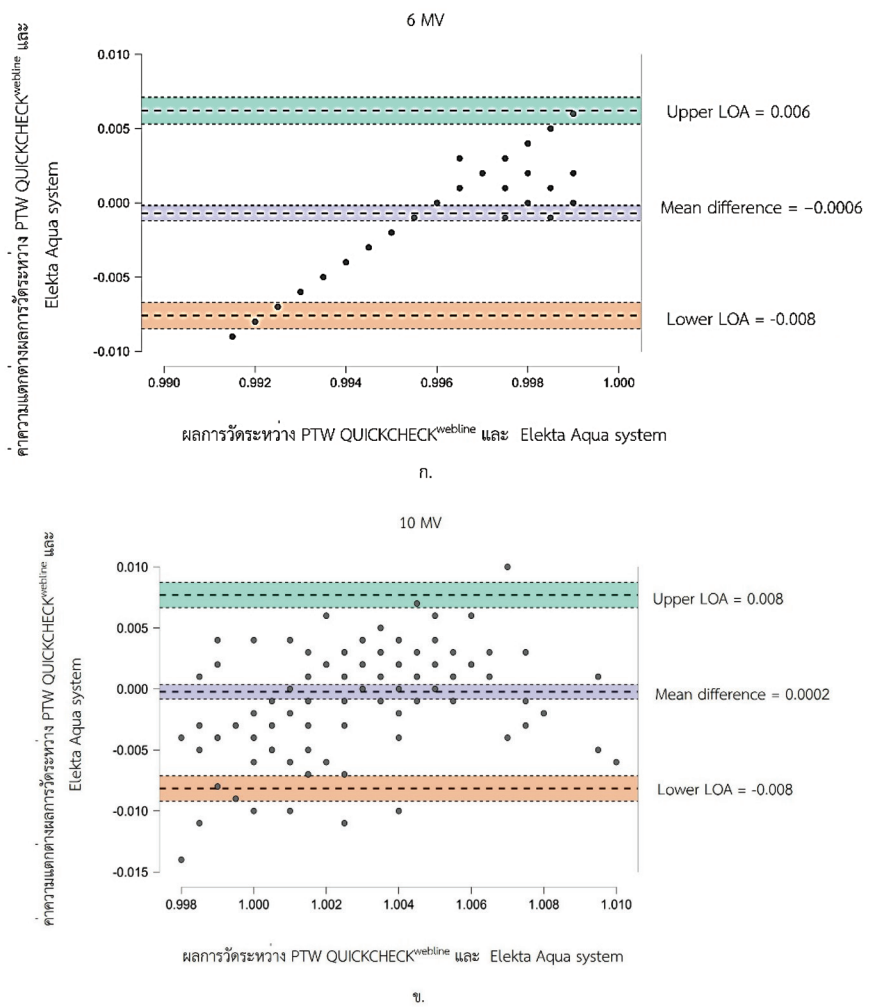
ข

ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากเครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system (ก) พลังงาน 6 MV (ข) พลังงาน 10 MV

วิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ระหว่างเครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system โดยใช้การวิเคราะห์ Bland-Altman พบว่ามีความสอดคล้องกันทั้งสองพลังงาน ที่พลังงาน 6 MV มีค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (Bias) เท่ากับ -0.0006 (95% CI = -0.001 ถึง -0.000) ขีดจำกัดความสอดคล้อง (LOA) อยู่ในช่วง -0.008 ถึง 0.006 และพลังงาน 10 MV มีค่าเฉลี่ยความแตกต่าง = -0.0002 (95% CI = -0.0008 ถึง 0.0003) ขีดจำกัดความสอดคล้องอยู่ในช่วง -0.008 ถึง 0.008 ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 4

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ โดยใช้การวิเคราะห์ Bland-Altman

พลังงาน	พารามิเตอร์	ค่าที่วัดได้	ช่วงความเชื่อมั่น 95 %
6 MV	ขีดจำกัดความสอดคล้องบน (Upper LOA)	0.006	0.005 ถึง 0.007
	อคติ (Bias)	-0.0006	-0.001 ถึง -0.000
	ขีดจำกัดความสอดคล้องล่าง (Lower LOA)	-0.008	-0.008 ถึง -0.007
10 MV	ขีดจำกัดความสอดคล้องบน (Upper LOA)	0.008	0.007 ถึง 0.009
	อคติ (Bias)	-0.0002	-0.0008 ถึง 0.0003
	ขีดจำกัดความสอดคล้องล่าง (Lower LOA)	-0.008	-0.009 ถึง -0.007



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากเครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system (ก) พลังงาน 6 MV (ข) พลังงาน 10 MV

วิจารณ์

ค่าเฉลี่ยของร้อยละการเบี่ยงเบนพื้นฐานที่วัดได้จากเครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] และ Elekta AQUA system แตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 1 เมื่อเปรียบเทียบด้วยสถิติ Mann-Whitney U Test ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือทั้งสองสามารถวัดค่าปริมาณรังสีได้ใกล้เคียงกัน และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามแนวทางของ AAPM TG-142[3] ที่กำหนดค่าความคงที่ของปริมาณรังสีของเครื่องเร่งอนุภาคไม่เกิน ±3% สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า[8-10] ที่พบว่า PTW QUICKCHECK[webline] สามารถวัดความคงที่ของปริมาณรังสีโฟตอนพลังงาน 6 MV และ 10 MV อยู่ในขอบเขตที่กำหนด และสอดคล้องกับรายงานของ Letourneau D และคณะ[11] ที่พบว่า Elekta AQUA system ให้ผลการวัดความคงที่ของปริมาณรังสีโฟตอนที่พลังงาน 6 MV และ 10 MV อยู่ในขอบเขตที่กำหนด แตกต่างกันไม่เกิน ±3% ความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้จากทั้งสองเครื่องมือที่พลังงาน 6 MV และ 10 MV พบว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน (positive correlation) แต่มีความแข็งแกร่งเชิงอันดับอยู่ในระดับต่ำและต่ำมาก ตามลำดับ ทั้งนี้ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (Random Errors) ที่เกิดขึ้นจากการอ่านสัญญาณของ detector ในแต่ละครั้ง โดยเฉพาะเมื่อค่าปริมาณรังสีที่วัดมีความใกล้เคียงกันมากสามารถส่งผลให้ลำดับข้อมูล (ranking) เปลี่ยนได้ง่าย ทำให้ค่าความสัมพันธ์เชิงอันดับลดลง สะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างเกี่ยวกับคุณสมบัติพื้นฐานและความเสถียรของระบบการตรวจวัดรังสี ดังนี้

ในเชิงกลไกเครื่องมือ PTW QUICKCHECK[webline] มีหัววัดเป็นชนิด ionization chambers ซึ่งอาศัยหลักการวัดปริมาณรังสีจากการแตกตัวของอากาศใน ionization chambers มีสัญญาณรบกวนน้อย ส่งผลให้ค่าที่วัดได้มีความเสถียรสูง และมีการตอบสนองต่อพลังงานค่อนข้างคงที่ (energy independent) ทำให้ค่าที่วัดได้มีความน่าเชื่อถือสูงและมักถูกใช้เป็นเครื่องมืออ้างอิง (Reference) ในงานด้านการประกันคุณภาพ และ Elekta Aqua system ใช้ EPID เป็นตัววัดรังสี มีโครงสร้างแบบ amorphous silicon (a-Si) มีจุดเด่นด้านความไวสูงและสามารถตรวจจับสัญญาณได้รวดเร็ว แต่มีข้อจำกัดด้าน energy dependence, signal non-uniformity รวมถึงความไวต่อสิ่งแปลกปลอม (Artifacts) ในภาพ ซึ่งเป็นปัจจัยเชิงระบบ (Systematic Factors) ที่ส่งผลให้เกิดความแปรผันของค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ในแต่ละครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับหัววัดแบบ Ionization Chamber ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มที่เกิดจากการอ่านสัญญาณของ EPID ในแต่ละครั้งโดยเฉพาะเมื่อค่าปริมาณรังสีที่วัดได้มีความใกล้เคียงกันมาก แม้แต่ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มเพียงเล็กน้อยที่เกิดจากสัญญาณรบกวนใน EPID สามารถเปลี่ยนแปลงลำดับข้อมูล (Ranking) ได้ง่าย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าความสัมพันธ์เชิงอันดับ (Rank Correlation) ลดลงสู่ระดับต่ำหรือต่ำมาก

การศึกษาของ Ma Y และคณะ[12] แสดงให้เห็นว่าการวัดปริมาณรังสีด้วย EPID สามารถเทียบเคียงได้กับวิธีการมาตรฐานต่อเมื่อมีการสอบเทียบ ผลการวิจัยพบว่าการวัดปริมาณรังสีโฟตอนทั้งแบบ Flattening Filter (FF) และ Flattening Filter Free (FFF) โดยใช้ EPID ที่ผ่านการสอบเทียบไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งคุณภาพของภาพ EPID มีผลต่อค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ ดังที่ Norvill CAJ[13] พบว่า Elekta AQUA system มีข้อจำกัดเรื่องคุณภาพของภาพที่วัดโดยใช้ EPID เกี่ยวกับสิ่งแปลกปลอม (Artifacts) และความไม่สม่ำเสมอของภาพ (Non-uniformity) ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำของ Isocenter การค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่าปัญหาคุณภาพของภาพ EPID ไม่ได้จำกัดอยู่แค่การหา Isocenter เท่านั้น แต่ส่งผลต่อการวัดปริมาณรังสี ดังนั้นการใช้งาน EPID เพื่อตรวจวัดปริมาณรังสีจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการจัดการความแปรผันของสัญญาณผ่านกระบวนการสอบเทียบอย่างเคร่งครัดและสม่ำเสมอ รวมถึงการปรับแก้ค่า Dark Field เพื่อปรับแก้สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในขณะที่ไม่มีรังสีตกกระทบ และ Flood Field เพื่อปรับแก้ความไม่สม่ำเสมอของการตอบสนองในแต่ละพิกเซล และ

ต้องทำการสอบเทียบตามพลังงาน (energy calibration) เพื่อให้การตอบสนองต่อพลังงานมีความสม่ำเสมอส่งผลให้การวัดปริมาณรังสีมีความถูกต้องและแม่นยำ

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าปริมาณรังสีระหว่างเครื่องมือทั้งสอง โดยใช้ Bland-Altman Plot ที่พลังงาน 6 MV พบว่ามีค่าอคติเชิงระบบ (Systematic Bias) เล็กน้อย เท่ากับ -0.0006 ค่า Bias มีค่าเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยค่าที่วัดได้จาก Elekta AQUA system มีค่าต่ำกว่า PTW QUICKCHECK^webline เพียง 0.06% ขีดจำกัดความสอดคล้อง (LOA) อยู่ในช่วง -0.008 ถึง 0.006 แสดงให้เห็นว่าการวัดทั้งหมด 95 เปอร์เซ็นต์ ค่าการวัดมีความแตกต่างกันไม่เกิน -0.8% ถึง +0.6% และช่วง LOA ที่คำนวณได้นี้แคบและอยู่ภายในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (แตกต่างกันไม่เกิน 3%) สำหรับพลังงาน 10 MV พบว่ามีค่าอคติเชิงระบบ (Systematic Bias) เล็กน้อย เท่ากับ -0.0002 โดยค่าที่วัดได้จาก Elekta AQUA system มีค่าต่ำกว่า PTW QUICKCHECK^webline เพียง 0.02% ขีดจำกัดความสอดคล้อง (LOA) อยู่ในช่วง -0.008 ถึง 0.008 แสดงให้เห็นว่าการวัดทั้งหมด 95 เปอร์เซ็นต์ ค่าการวัดมีความแตกต่างกันไม่เกิน ±0.8% และช่วง LOA ที่คำนวณได้นี้แคบและอยู่ภายในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Bland JM และ Altman DG[14] ที่กล่าวถึงการประเมินความสอดคล้องของเครื่องมือวัด ควรพิจารณาจากค่าความแตกต่างเฉลี่ย (Bias) และช่วงขีดจำกัดความสอดคล้อง (LOA) หากค่าทั้งสองอยู่ภายในขอบเขตที่ยอมรับได้ทางคลินิก เครื่องมือทั้งสองถือว่ามีความสอดคล้องกันเพียงพอที่จะใช้ทดแทนกันได้ ในการศึกษานี้ ช่วง LOA ที่คำนวณได้มีความแคบมากเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ±3% ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในงานประกันคุณภาพทางรังสีรักษาตามแนวทางของ AAPM TG-142[3] จึงแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือทั้งสองมีความน่าเชื่อถือสูงและให้ผลลัพธ์ที่เทียบเคียงกันได้ จึงสรุปได้ว่าเครื่องมือทั้งสองมีความสอดคล้องในการวัดสูงมากและสามารถใช้แทนกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการประกันคุณภาพประจำวัน

สรุป

เครื่องมือวัด PTW QUICKCHECK^webline และ Elekta AQUA system มีความสอดคล้องกัน สามารถใช้งานทดแทนกันที่พลังงาน 6 MV และ 10 MV ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ก่อนการใช้งานควรสอบเทียบเครื่องมือที่ใช้วัด PTW QUICKCHECK^webline ตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการตลอดจนอุปกรณ์รับภาพอิเล็กทรอนิกส์ (EPID) ต้องมีการปรับแก้ Dark Field และ Flood Field เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการรับภาพ (Uniformity) และต้องทำสอบเทียบ (calibrate) ตามพลังงานเพื่อให้การตอบสนองต่อพลังงาน (Energy Dependence) อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้การวัดปริมาณรังสีได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาเฉพาะรังสีโฟตอนพลังงาน 6 MV และ 10 MV ชนิดที่มีแผ่นกรองลำรังสี (Flattening Filter) ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้บ่อยในทางคลินิก แต่ยังไม่ครอบคลุมระดับพลังงานอื่น ๆ ที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่สูงกว่า เช่น พลังงาน 6 MV FFF (Flattening Filter Free), 10 MV FFF, 15 MV, 18 MV และรังสีอิเล็กตรอน ดังนั้นจึงควรมีศึกษาเปรียบเทียบความคงที่และความสอดคล้องของปริมาณรังสีโดยใช้เครื่องมือวัดชนิดอื่นที่ใช้ในทางคลินิกเพิ่มเติม ตลอดจนผลกระทบของปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิในห้องเครื่องเร่งอนุภาค และเวลาเปิดเครื่อง (warm-up time) ที่อาจส่งผลต่อการวัดปริมาณรังสี ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือประกันคุณภาพในด้านอื่น ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลง dose rate ต่อการวัดปริมาณรังสี (Dose rate dependent) ความสามารถในการวัดซ้ำในระยะยาว (Long term reproducibility)

การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์

บทความฉบับนี้มีการใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ ChatGPT (OpenAI, รุ่น GPT-4) เพื่อแก้ไขไวยากรณ์ภาษาอังกฤษในบทคัดย่อ และ Gemini (Google, รุ่น 3 Flash) เพื่อช่วยสืบค้นวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมจากที่ได้เขียนขึ้นแล้ว ทั้งนี้เนื้อหาเชิงวิชาการ การวิเคราะห์และการสรุปผล ทั้งหมดเป็นผลงานของผู้เขียน ซึ่งได้

ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และรับผิดชอบต่อเนื้อหาทั้งหมดในบทความฉบับนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการโรงพยาบาลมหาวชิราลงกรณธัญบุรี คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน ที่อนุมัติให้ทำการวิจัยและเก็บข้อมูลในโรงพยาบาลได้ ขอขอบคุณ คุณอุไรรัตน์ แก้วบุญเพิ่ม คุณทินกร ดอนมูล บริษัท PTW บริษัท อิเล็กต้า ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำทางด้านฟิสิกส์การแพทย์ และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่กลุ่มงานรังสีรักษาทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. วิสัณห์ อาภาเศรษฐสกุล, ยุภาวดี โชติมิตร, นิชาภา สุทนต์, จำนงค์ คุ้มเขว้า, นุสรา อาภาเศรษฐสกุล. การเปรียบเทียบความคงที่ของปริมาณรังสีระหว่างเครื่อง myQA Daily และ Machine Performance Check. ว รังสีเทคนิค 2565; 47(1): 17–22.
2. ศิวลี สุริยาปี, ทวีป แสงแห่งธรรม, พันทิวา อุณห์ศิริ. ฟิสิกส์ทางรังสีรักษา. กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2563. p.153-63.
3. 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(9): 4197–212.
4. 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(4): 581–618.
5. Clivio A, Vanetti E, Rose S, Nicolini G, Belosi MF, Cozzi L, et al. Evaluation of the machine performance check application for TrueBeam Linac. Radiat Oncol 2015; 10: 97. (11 pages).
6. Yamane T. Statistics: an introductory analysis. 3rd ed. New York: Harper & Row; 1973. p. 727-728.
7. Gray JR, Grove SK, Sutherland S. Burns and Grove's the practice of nursing research: appraisal synthesis and generation of evidence. 8th ed. St. Louis: Elsevier; 2016. p. 615-628.
8. Jiang D, Wang X, Dai Z, Shen J, Wang D, Bao Z, et al. Systematic and comprehensive analysis of the dose-response characteristics of a morning quality check of a linear accelerator and an important application of accelerator performance prediction. Int J Radiat Res 2020; 18(4): 841-51.
9. Nicewonger D, Myers P, Saenz D, Kirby N, Rasmussen K, Papanikolaou N, et al. PTW QUICKCHECK[webline] daily quality assurance phantom comparison and overall performance. JBUON 2022; 24(4): 1724-34.
10. Nyaichyai KS, Jha D, Adhikari K, Prajapati R, Neupane R. Monitoring linear accelerator output constancy and overall performance using the PTW QUICKCHECK[webline]. Nepal Phys Soc J 2019; 8(3): 66-74.
11. Letourneau D, Wang A, Homer P, Nurul A, Norrlinger B, Jaffray D. Automated quality assurance system for linear accelerators. Med Phys 2011. 38(6): 3367-8.
12. Ma Y, Wang X, Mai R, Wang T, Pei Y, Liu S, et al. An electronic portal image device (EPID)-based multiplatform rapid daily LINAC QA tool. J Appl Clin Med Phys 2021; 22(1): 45-58.
13. Norvill CAJ. Impact of electronic portal image quality on Elekta AQUA® collimator isocenter. J Appl Clin Med Phys 2023; 24: e13934. (7 pages).
14. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1986; 1(8476): 307-10.

The Study of Daily Linear Accelerator Output Constancy Using PTW QUICKCHECK[webline] and Elekta AQUA System at Mahavajiralongkorn Thanyaburi Hospital

Wilaiwan Waiyawuttinan

Department of Radiotherapy, Mahavajiralongkorn Thanyaburi Hospital, Pathum Thani 12110, Thailand

ABSTRACT Quality assurance (QA) of linear accelerators in radiation therapy is a critical process that must be performed daily to ensure accurate and consistent radiation output within acceptable limits, as recommended by the American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Task Group (TG)-142. PTW QUICKCHECK[webline] and Elekta AQUA systems are commonly used for daily QA. This Retrospective Study collected photon beam output data at 6 Megavolt (MV) and 10 MV over eight months. The results showed that the average output measurements from both devices differed by no more than ±1%, with no statistically significant difference ($p > 0.05$). The Spearman's rank correlation coefficient (r_s) indicated a positive but weak correlation for both energies: $r_s = 0.241$ for 6 MV and $r_s = 0.181$ for 10 MV. The Bland–Altman analysis demonstrated good agreement between the two measurement systems, with a mean difference of -0.0006 and limits of agreement (LOA) from -0.008 to 0.006 for 6 MV, and a mean difference of -0.0002 with LOA from -0.008 to 0.008 for 10 MV. In conclusion, both devices provide reliable daily dose constancy checks and can be used interchangeably for daily linear accelerator quality assurance.

Keywords: Output constancy, Linear accelerator, Daily quality assurance, PTW QUICKCHECK, Elekta AQUA system