



Original Article

การเปรียบเทียบความคงที่ของปริมาณรังสีระหว่างเครื่อง myQA Daily และ Machine Performance Check

The comparison of output constancy on linear accelerator between myQA Daily and Machine Performance Check

วิสันท์ อาภาเศรษฐสกุล • ยุภาวดี โชติมิตร • นิชาภา สุทนธ์ • จันทน์ คุ่มเขว้า • นุสรณ์ อาภาเศรษฐสกุล*

สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ่ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย ถนนพระรามสี่ กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย

Wisana Arphasetthasakul • Yupawadee Chotmit • Nichapa Suthon • Jumnon Kumkhawo • Nussara Arphasetthasakul*

Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Rama IV Road, Bangkok 10330 Thailand

*ผู้รับผิดชอบบทความ: นุสรณ์ อาภาเศรษฐสกุล | Corresponding author: Nussara Arphasetthasakul (nussara3493@gmail.com)

Received: 5 November 2021 | Revised: 22 June 2021 | Accepted: 28 June 2021

Thai J Rad Tech 2022;47(1):17-22

บทคัดย่อ

บทนำ: การวัดปริมาณรังสีประจำวันของเครื่องฉายรังสีมีความสำคัญมากในการฉายรังสีด้วยเทคนิคที่มีความซับซ้อน เครื่อง myQA Daily และ MPC สามารถนำมาใช้การประกันคุณภาพประจำวันของเครื่องเร่งอนุภาคในการวัดปริมาณรังสีประจำวันได้ **วัตถุประสงค์:** เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือประกันคุณภาพ 2 ชนิด คือ myQA Daily และ MPC ในการวัดปริมาณรังสีประจำวันจากเครื่องเร่งอนุภาค **วิธีการศึกษา:** การวัดปริมาณรังสีประจำวันจากเครื่องเร่งอนุภาคจะวัดด้วย myQA Daily และ MPC เป็นระยะเวลา 4 เดือน จากเครื่องเร่งอนุภาค Varian รุ่น TrueBeam ที่รังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV และ 6 MV FFF อนุภาคอิเล็กตรอนพลังงาน 6 MeV **ผลการศึกษา:** ค่าเฉลี่ยจากการวัดด้วยเครื่อง myQA Daily และ MPC มีค่าเฉลี่ยการวัดต่างกันไม่เกินร้อยละ 1.00 และมีค่าต่างกันมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 1.07 ที่รังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV และทั้งสองเครื่องมือมีความสอดคล้องกันระดับดี (CCC = 0.68), ระดับดีมาก (CCC = 0.80) และระดับใช้ได้ (CCC = 0.66) ที่พลังงาน 6 MV, 6 MV FF และ 6 MeV ตามลำดับรวมทั้งมีความสัมพันธ์กันในระดับดีมาก (Pearson correlation = 0.93), ระดับดีมาก (Pearson correlation = 0.89) และระดับดี (Pearson correlation = 0.80) ที่พลังงาน 6 MV, 6 MV FF และ 6 MeV ตามลำดับ **สรุปผลการศึกษา:** ค่าที่วัดได้ด้วยเครื่องทั้งสองจากเครื่องเร่งอนุภาคด้วยรังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV และ 6 MV FFF อนุภาคอิเล็กตรอนพลังงาน 6 MeV มีความสอดคล้องและสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี และมีค่าความแตกต่างจากการวัดปริมาณรังสีประจำวันไม่เกินร้อยละ 2

คำสำคัญ: เครื่องเร่งอนุภาค, การประกันคุณภาพ, myQA Daily, Machine Performance Check

Abstract

Background: The daily output measurement of the linear accelerator is essential in sophisticated radiation techniques. The myQA Daily and the Machine Performance Check (MPC) can be used to assure the daily quality assurance of the linear accelerators in daily output measurements. **Objective:** this study is to compare the efficiency of two quality assurance tools, myQA Daily and MPC, in measuring the daily output measurement linear accelerators. **Methods:** The data of daily output were obtained for three months with myQA Daily and MPC measurements from the Varian TrueBeam at 6 MV, 6 MV-FFF photon beams and 6 MeV electrons. **Results:** the mean difference of daily output by the myQA Daily and MPC was no more than 1.00% and the largest difference was 1.07% at 6 MV photon beams. The concordance correlation coefficient was 0.68, 0.80 and 0.66 for 6 MV, 6 MV FFF and 6 MeV respectively. The Pearson correlation was 0.93, 0.89 and 0.80 for 6 MV, 6 MV FFF and 6 MeV respectively. **Conclusions:** the results from myQA and MPC show well agreement and correlation. The percentage difference from the daily dose measurement is not more than 2%.

Keywords: Linear accelerator, Quality assurance, myQA Daily, Machine Performance Check

บทนำ

การรักษาโรคมะเร็งในปัจจุบันใช้การผสมผสานการรักษาด้วยกันหลายวิธี ทำให้การฉายรังสีเข้ามามีบทบาทสำคัญในการรักษาโรคมะเร็งมากขึ้น อาศัยหลักการที่ว่า การฉายรังสีไปยังเนื้อเยื่อของเนื้องอกหรืออวัยวะใดๆก็ตามซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิตรังสีจะทำให้เกิดการตาย การเปลี่ยนแปลงรูปร่างและสรีระวิทยาของเซลล์นั้น^[1] การใช้เครื่องเร่งอนุภาคเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการรักษาโรคมะเร็งซึ่งสามารถผลิตได้ทั้งรังสีเอกซ์และอนุภาคอิเล็กตรอน นอกจากนี้เทคนิคในการฉายรังสีในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เช่น การฉายรังสีแบบปรับความเข้ม (Intensity Modulated Radiation Therapy: IMRT) การฉายรังสีแบบปรับความเข้มรอบตัวผู้ป่วย (Volumetric Modulated Arc Therapy: VMAT) รังสีศัลยกรรมร่วมพิกัต (Stereotactic Radiation Surgery) รังสีร่วมพิกัต (Stereotactic Radiation Therapy) หรือรังสีร่วมพิกัตบริเวณลำตัว (Stereotactic Body Radiation Therapy) เป็นต้น ประกอบกับการรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งด้วยเครื่องเร่งอนุภาคเป็นการใช้รังสีปริมาณสูง จึงต้องการความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้นไปด้วย ดังนั้นการประกันคุณภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการใช้งานของเครื่องฉายรังสี^[2] ประกอบกับก่อนการนำเครื่องวัดรังสีมาใช้งานต้องศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติของเครื่องวัดรังสีนั้นก่อน^[3]

การประกันคุณภาพ หรือ Quality assurance (QA) คือ การดำเนินการเพื่อให้เครื่องเร่งอนุภาคทำงานได้ตามที่คาดไว้^[4] เพื่อให้มั่นใจว่าคุณลักษณะของเครื่องเร่งอนุภาคจะไม่เบี่ยงเบนไปจากค่าพื้นฐานซึ่งได้มาจากการเก็บข้อมูลระหว่างขั้นตอนการ

ทำ Commissioning^[5,6] การวิเคราะห์แนวโน้มของรังสีเอกซ์และลำอิเล็กตรอนว่าปริมาณรังสีที่ปล่อยออกมาจากเครื่องมีความคงที่ จุดศูนย์กลางมีความสมมาตร ขอบเขตลำรังสีและพลังงานถูกต้อง โดย American Association of Physicists in Medicine (AAPM) แบ่งกลุ่มประเภทของการประกันคุณภาพเครื่องฉายประจำวันได้ดังนี้^[7] คือ ความปลอดภัย (Safety) กลไกของเครื่องฉายรังสี (Mechanical) คุณภาพด้านปริมาณรังสี (Dosimetric) และระบบสร้างภาพ (Imaging System) เครื่องมือที่สามารถใช้ในการประกันคุณภาพประจำวันของเครื่องเร่งอนุภาคในการวัดปริมาณรังสีประจำวันมีหลายประเภท เช่น QuickCheck (PTW, Freiburg, German), DailyQA3 (SunNuclear, Melbourne, FL, USA), myQA Daily (IBA dosimetry, Schwarzenbruck, Germany) อีกทั้งยังมีฟังก์ชันของเครื่องฉายรังสีที่สามารถใช้ในการประกันคุณภาพเครื่องฉายรังสีประจำวันได้ เช่น Machine Performance Check; MPC (Varian Medical System, Palo Alto, CA, USA) ซึ่งเครื่องมือที่ได้กล่าวมาสามารถวัดปริมาณรังสีประจำวันได้ทุกเครื่อง ซึ่ง QuickCheck มีข้อดีคือ ไม่ต้องใช้สายสัญญาณระหว่างการวัด ข้อมูลทั้งหมดเก็บไว้ในตัวเครื่อง ซึ่งหลังจากนั้นต้องมีการถ่ายโอนข้อมูลที่วัดได้ลงในระบบคอมพิวเตอร์ต่อไป เครื่อง DailyQA3 ต้องใช้สายสัญญาณในการวัดรังสี และต่อสายเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง ดังนั้นจึงสามารถเห็นการวัดได้ทันที

ในปัจจุบันโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์สภากาชาดไทยได้ใช้เครื่อง myQA Daily ในการประกันคุณภาพทุกวัน ซึ่งมีข้อดีคือ ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ สามารถวัดและวิเคราะห์ค่า Output, Flatness, Symmetry, Field size และพลังงานภายในเครื่อง

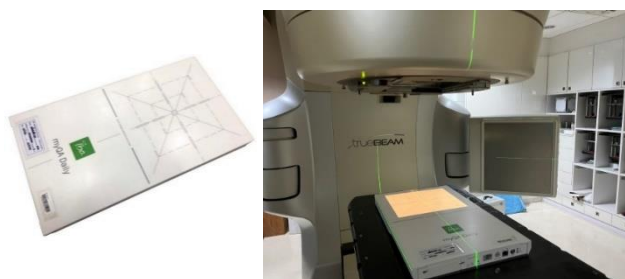
เดียว และยังมีข้อดี คือ การเชื่อมต่อโดยไม่ต้องใช้สายสัญญาณ (Wireless) และสามารถทราบข้อมูลการวัดได้ทันทีในระบบคอมพิวเตอร์ แต่ยังมีการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องเพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพของเครื่องเร่งอนุภาคค่อนข้างน้อย

ส่วน Machine Performance Check เป็นหนึ่งในฟังก์ชันการควบคุมคุณภาพของเครื่องเร่งอนุภาคที่มาพร้อมกับระบบเครื่องเร่งอนุภาค ซึ่งสามารถวัดปริมาณรังสีประจำวันได้โดยใช้ Electronic portal imaging device เป็นตัววัดรังสี ดังนั้นวัตถุประสงค์ของวิจัยนี้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการวัด Output constancy ในเครื่องมือประกันคุณภาพประจำวันของเครื่องเร่งอนุภาคทั้ง myQA Daily และ Machine Performance Check

วิธีดำเนินการวิจัย

myQA Daily (IBA dosimetry, Schwarzenbruck, Germany) (ภาพที่ 1) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทำประกันคุณภาพเครื่องเร่งอนุภาคประจำวันมีหัววัด Ionization chamber จำนวน 125 หัววัด จัดเรียงในรูปแบบพิเศษเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงสุด และเชื่อมต่อกับตัวแปลงสัญญาณเป็นระบบดิจิทัลที่มีความละเอียดสูง ซึ่งสามารถวัดและวิเคราะห์ค่า Output, Flatness, Symmetry, Field size และ energy ภายในเครื่องเดียว myQA Daily ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนหัววัดรังสีและส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยส่วนหัววัดรังสีประกอบด้วยแกน x และแกน y ทำมุมเป็นแนวทแยง บริเวณศูนย์กลางของส่วนหัววัดรังสีแสดงด้วยเครื่องหมาย “+” มีขนาด Field size 2 ขนาดที่สามารถวัดรังสีได้ คือ ขนาด 10x10 และ 20x20 ตารางเซนติเมตร

ฟังก์ชัน MPC (Varian Medical System, Palo Alto, CA, USA) (ภาพที่ 2) ซึ่งเป็นฟังก์ชันหนึ่งของเครื่องเร่งอนุภาคยี่ห้อ



รูปที่ 1 เครื่อง myQA Daily และ การเตรียมอุปกรณ์ในการวัด Output constancy

Varian รุ่น True Beam (Varian Medical System, Palo Alto, CA, USA) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทำการประกันคุณภาพ

เครื่องเร่งอนุภาคได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ผู้ใช้สามารถเข้าฟังก์ชันการทำงานนี้จากหน้าเมนูหลักบนคอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องเร่งอนุภาคซึ่งการประกันคุณภาพฉายรังสีด้วย MPC ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ ได้แก่ Isocal phantom (ภาพที่ 3) และซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการประกันคุณภาพเครื่องเร่งอนุภาคและระบบภาพนำวิถีโดยสามารถตรวจสอบได้ทั้งด้านกลไกของเครื่องมือ การวัดปริมาณรังสี และความถูกต้องของระบบการสร้างภาพ โดยอาศัยข้อมูลภาพที่ได้จากกระบวนสร้างภาพทั้งจากต้นกำเนิดรังสีชนิด MV และ kV นำมาวิเคราะห์ผล ซึ่งกระบวนการตรวจสอบทั้งหมดเป็นการทำแบบอัตโนมัติ กระบวนการเก็บภาพวิเคราะห์ผลสามารถทำได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว^[8]



รูปที่ 2 Machine Performance Check (MPC)



รูปที่ 3 Isocal phantom และการเตรียมอุปกรณ์ในการวัด output

ในการเก็บข้อมูลค่าร้อยละการเบี่ยงเบนจากค่าพื้นฐาน ซึ่งค่าพื้นฐาน คือ ค่าปริมาณรังสีที่ได้มาจากการวัดปริมาณรังสีหลังจากการสอบเทียบปริมาณรังสี (Calibration)^[2] การประกันคุณภาพปริมาณรังสีประจำวันได้ถูกรวบรวมเป็นเวลา 4 เดือนในการศึกษารังสีนี้ได้ทำการวัดปริมาณรังสีโดยใช้เครื่อง myQA Daily และ MPC ที่เครื่อง Varian รุ่น TrueBeam (Varian

Medical System, Palo Alto, CA, USA) ซึ่งมีรังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV, 10 MV, 6 MV FFF และ 10 MV FFF อนุภาคอิเล็กตรอนพลังงาน 6 MeV, 9 MeV, 12 MeV, 15 MeV, 18 MeV และ 22 MeV โดยผู้ทำการวิจัยได้เลือกรังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV, 6 MV FFF และอนุภาคอิเล็กตรอนพลังงาน 6 MeV เนื่องจากเป็นพลังงานที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยเป็นส่วนใหญ่ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ Pearson correlation เพื่อหาความสัมพันธ์ของเครื่องมือที่ใช้ในการทำประกันคุณภาพเครื่องเร่งอนุภาคประจำวันทั้ง 2 เครื่อง และหาความแตกต่างของการประกันคุณภาพปริมาณรังสีประจำวันด้วยเครื่อง myQA Daily และ MPC ดังสมการ

$$\text{ความแตกต่างของการประกันคุณภาพปริมาณรังสีประจำวัน} \\ = \text{ค่าที่วัดได้จากเครื่อง MPC} - \text{ค่าที่วัดได้จากเครื่อง myQA Daily}$$

ค่าพารามิเตอร์สำหรับการวัดรังสีของเครื่อง myQA Daily คือ

ขนาดลำรังสีเท่ากับ 20x20 ตารางเซนติเมตร ให้ Monitor unit เท่ากับ 100 MU ระยะทางระหว่างจุดกำเนิดรังสีถึงตัววัดรังสีเท่ากับ 100 เซนติเมตร ค่าพารามิเตอร์สำหรับการวัดรังสีของ MPC คือ ขนาดลำรังสีเท่ากับ 20x26.6 ตารางเซนติเมตร ให้ Monitor unit เท่ากับ 39 MU ระยะทางระหว่างจุดกำเนิดรังสีถึงตัววัดรังสีเท่ากับ เท่ากับ 100 เซนติเมตร โดยเป็นพารามิเตอร์ที่อยู่ในเครื่องฉายรังสี Varian TrueBeam

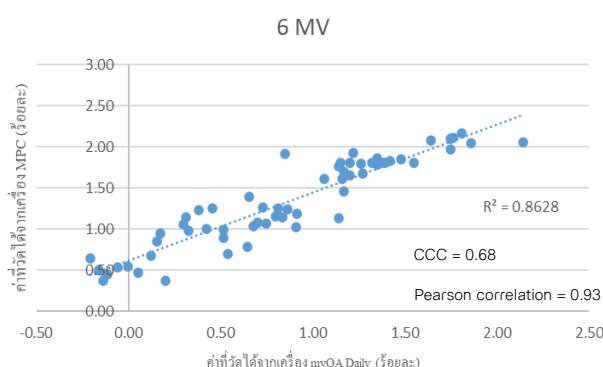
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละการเบี่ยงเบนจากค่าพื้นฐานจากการเก็บข้อมูลการประกันคุณภาพปริมาณรังสีประจำวัน จากเครื่องเร่งอนุภาคของรังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV และ 6 MV FFF อนุภาคอิเล็กตรอนพลังงาน 6 MeV ตลอด 4 เดือน แสดงในตารางที่ 1 พบว่าการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือทั้งสองมีค่าเฉลี่ยต่างกันไม่เกินร้อยละ 1.00 โดยการวัดปริมาณรังสีเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกินร้อยละ 3

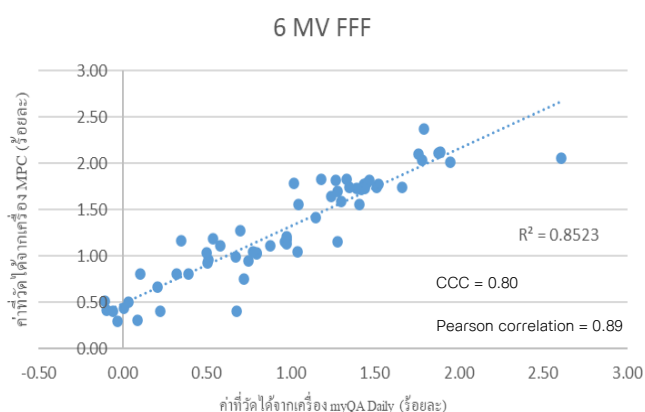
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเก็บข้อมูลการประกันคุณภาพปริมาณรังสีประจำวัน

พลังงาน	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ร้อยละ)		ความแตกต่างของการวัด (ร้อยละ)
	myQA Daily	MPC	
6 MV	0.87 ± 0.59	1.34 ± 0.53	0.47
6 MV FFF	0.57 ± 0.63	0.87 ± 0.62	0.30
6 MeV	0.30 ± 0.86	0.81 ± 0.75	0.51

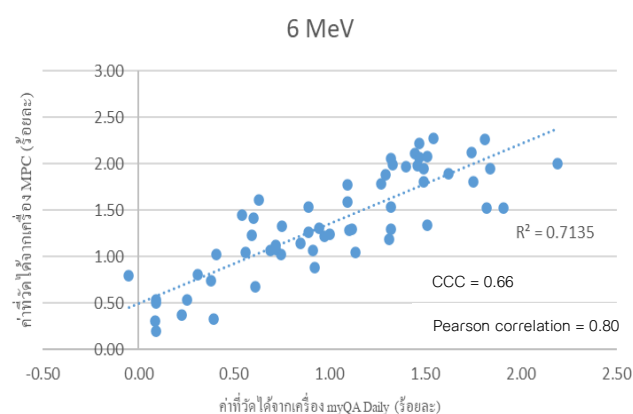
สำหรับข้อมูลจากการวัดด้วยเครื่อง myQA Daily และ MPC ที่รังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV (ภาพที่ 4) พบว่าทั้งสองเครื่องมือมีความสอดคล้องกันระดับดี (CCC = 0.68) และทั้งสองเครื่องมือมีความสัมพันธ์กันในระดับดีมาก (Pearson correlation = 0.93) ส่วนข้อมูลจากการวัดด้วยเครื่อง myQA Daily และ MPC ที่รังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV FFF (ภาพที่ 5) พบว่าทั้งสองเครื่องมือมีความสอดคล้องกันระดับดีมาก (CCC = 0.80) และทั้งสองเครื่องมือมีความสัมพันธ์กันในระดับดีมาก (Pearson correlation = 0.89) และข้อมูลจากการวัดด้วยเครื่อง myQA Daily และ MPC ที่อนุภาคอิเล็กตรอนพลังงาน 6 MeV (ภาพที่ 6) พบว่า ทั้งสองเครื่องมือมีความสอดคล้องกันระดับใช้ได้ (CCC = 0.66) และทั้งสองเครื่องมือมีความสัมพันธ์กันในระดับดี (Pearson correlation = 0.80)



รูปที่ 4 ค่าความแตกต่างจากการวัดปริมาณรังสีประจำวันด้วยเครื่อง myQA Daily และ MPC ที่รังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV



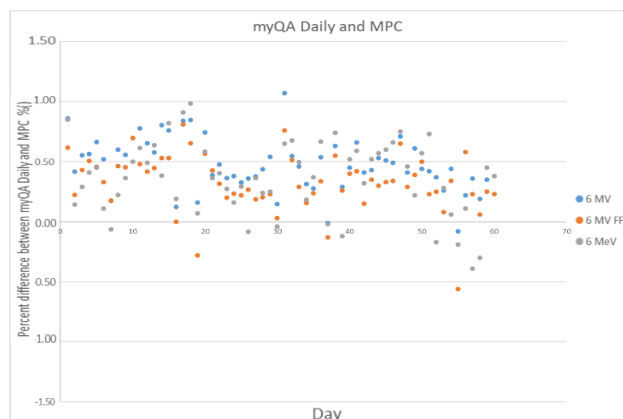
รูปที่ 5 ค่าความแตกต่างจากการวัดปริมาณรังสีประจำวันด้วยเครื่อง myQA Daily และ MPC ที่รังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV FFF



รูปที่ 6 ค่าความแตกต่างจากการวัดปริมาณรังสีประจำวันด้วยเครื่อง myQA Daily และ MPC ที่อนุภาคอิเล็กตรอนพลังงาน 6 MeV

การศึกษานี้ได้ใช้ Pearson correlation เพื่อหาความสัมพันธ์ของเครื่องมือที่ใช้ในการทำประกันคุณภาพเครื่องเร่งอนุภาคประจำวันทั้ง 2 เครื่อง พบว่าค่าความแตกต่างของการประกันคุณภาพปริมาณรังสีประจำวันด้วยเครื่อง myQA Daily และ MPC ของเครื่องเร่งอนุภาคของรังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV และ 6 MV FFF อนุภาคอิเล็กตรอนพลังงาน 6 MeV (ภาพที่ 7) มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Barnes MP และคณะ^[9] ที่ทำการทดสอบการวัดปริมาณรังสีด้วย MPC กับหัววัดรังสีชนิดไอออนไนเซชันซึ่งมีความแตกต่างกันมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.60 และใกล้เคียงกับงานวิจัยของนักปณิธิ และคณะ^[8] ซึ่งทดสอบการวัดปริมาณรังสีด้วย myQA Daily กับหัววัดรังสีชนิด

ไอออนไนเซชันซึ่งมีความแตกต่างกันมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 1.30 แต่ไม่เกินร้อยละ 2 ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองสอดคล้องกัน



รูปที่ 7 ร้อยละความแตกต่างจากการวัดปริมาณรังสีประจำวันระหว่างเครื่อง myQA Daily และ MPC

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง myQA Daily และ Machine Performance Check สำหรับการวัดปริมาณรังสีประจำวัน พบว่า ค่าที่วัดได้ด้วยเครื่องทั้งสองจากเครื่องเร่งอนุภาคด้วยรังสีเอกซ์พลังงาน 6 MV และ 6 MV FFF อนุภาคอิเล็กตรอนพลังงาน 6 MeV มีความสอดคล้องและสัมพันธ์กันเป็นอย่างดีและมีความแตกต่างจากการวัดปริมาณรังสีประจำวันไม่เกินร้อยละ 2 สามารถใช้ทดแทนกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รังสีรักษา. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 25 กรกฎาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก <http://chulacancer.net>
- [2] พันทิพา อุณหศิริ. การประกันคุณภาพเครื่องฉายรังสีรุ่น TrueBEAM ด้วยวิธี Machine Performance Check (MPC). Journal of Thai Association of Radiation Oncology. 2018 Jun 28;24(1): 45-52.
- [3] Podgarsak EB. Radiation oncology physics: a handbook for teachers and student Vienna: International Atomic Energy Agency; 2005.
- [4] Pearson M, Eaton D, Greener T. Long-term experience of MPC across multiple TrueBeam linacs: MPC concordance with conventional QC and sensitivity to real world faults. Journal of Applied Clinical Medical Physics. 2020 Aug;21(8): 224-35.
- [5] Klein EE, Hanley J, Bayouth J, Yin FF, Simon W, Dresser S, Serago C, Aguirre F, Ma L, Arjomandy B, Liu C. Task Group

- 142 report: Quality assurance of medical accelerators a. Medical physics. 2009 Sep;36(9Part1): 4197-212.
- [6] Klein EE, Hanley J, Bayouth J, Yin F, Simon W, Dresser S, Serago C, Aguirre F, Ma L, Arjomandy B, Liu C. Quality assurance of medical accelerators: report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 142. Med Phys. 2009; 36:4197-212.
- [7] Clivio A, Vanetti E, Rose S, Nicolini G, Belosi MF, Cozzi L, Baltes C, Fogliata A. Evaluation of the machine performance check application for TrueBeam linac. Radiation Oncology. 2015 Dec;10(1):1-1.
- [8] นกปิ่นท์ ไสวรรณะ, ปณิดา คิลป์ประกอบ, ภัทราวดี พรหมงูเหลือม, สรจรส อุณหศิริ, ตักดา กิ่งแก้ว. การประเมินประสิทธิภาพเครื่อง myQA Daily สำหรับการวัดปริมาณรังสี ของเครื่องเร่งอนุภาค Performance evaluation of myQA Daily for output constancy check on linear accelerator, Journal of Thai Association of Radiation Oncology, Vol.24, No.1, July-December 2021: 1-12.
- [9] Barnes MP, Greer PB. Evaluation of the TrueBeam machine performance check (MPC) beam constancy checks for flattened and flattening filter_free (FFF) photon beams. Journal of applied clinical medical physics. 2017 Jan;18(1): 139-50.