



Original Article

การวิเคราะห์ความเสถียรของค่าการสอบเทียบของหัววัดสำหรับปริมาณรังสีดูดกลืนในน้ำ ($N_{D,w}$) ในหัววัดรังสีไอออนไนเซชันชนิดฟาร์มเมอร์โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี

Stability analysis of calibration factor for absorbed dose in water ($N_{D,w}$) in famer type ionization chambers using 10 years historical data

จารึก ก้านเพชร* • วโรชา แสนกล้า • ธนวัฒน์ ทาวรวงษ์

สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ่ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 10330

Jaruek Kanphet* • Warocha Saenkla • Tanawat Tawonwong

Division of Radiation Oncology, Department of Radiology, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society, Bangkok, Thailand, 10330

ผู้รับผิดชอบบทความ: จารึก ก้านเพชร | Corresponding author: Jaruek Kanphet (metinee32@gmail.com)

Received: 5 June 2024 | Revised: 23 December 2024 | Accepted: 24 December 2024

Thai J Rad Tech 2024;49(1):121-128

บทคัดย่อ

บทนำ: ค่า calibration factor ($N_{D,w}$) เป็นค่าที่มีความสำคัญเพราะมีความสัมพันธ์กับปริมาณรังสีที่ให้แก่ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยวิธีฉายรังสี ค่า $N_{D,w}$ นี้จะได้รับการส่ง หัววัดรังสี (ionization chamber) ไปสอบเทียบที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งจะส่งไปสอบเทียบประมาณ 1-3 ปีต่อครั้ง แต่เนื่องจากสถานการณ์ระบาดของโรค COVID-19 ทำให้การนัดหมายในการสอบเทียบมีความล่าช้าออกไป ซึ่งอาจจะส่งผลต่อปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้ ทำให้ต้องพิจารณาถึงค่าความคลาดเคลื่อนของค่า calibration factor ที่อาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ยังไม่ได้ส่งไปสอบเทียบ **วัตถุประสงค์การศึกษา:** การศึกษานี้ได้ทำการพิจารณาหาค่าความคลาดเคลื่อน ย้อนหลังของค่า $N_{D,w}$ ของ ionization chamber 2 ชนิดตลอดระยะเวลา 10 ปี **วิธีการศึกษา:** หาค่าค่าเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงย้อนหลังของค่า $N_{D,w}$ ของ ionization chamber 2 ชนิดที่ใช้งานมากที่สุดของทางรังสีรักษา คือ FC65_G และ FC65_P รวมทั้งหมด 4 หัววัด โดย กำหนดให้ค่า $N_{D,w}$ ที่ส่งเป็นปีแรกและปีครั้งก่อนหน้าของ ionization chamber แต่ละหัววัดเป็นค่าอ้างอิง ตามลำดับ **ผลการศึกษา:** ความเปลี่ยนแปลงของค่า $N_{D,w}$ อยู่ภายในช่วงน้อยกว่า $\pm 3\%$ ทำให้เรามั่นใจได้ว่าตลอด 10 ปี หัววัดรังสีมีเสถียรภาพค่อนข้างสูง ดังนั้นหาก หัววัดรังสีไม่ผิดปกติและมีสถานการณ์ที่ทำให้เราไม่สามารถส่งสอบเทียบได้ เช่น สถานการณ์ COVID-19 เราจึงมีความเชื่อมั่นในการใช้ค่า $N_{D,w}$ ต่อไป **สรุปผลการศึกษา:** Famer chamber มีค่า calibration factor ค่อนข้างคงที่ แปลว่า ประสิทธิภาพในการวัดรังสีของหัววัดทั้งหมดค่อนข้างมีเสถียรภาพ ดังนั้น เชื่อได้ว่าในระยะเวลาที่ยังไม่สามารถส่งหัววัดสอบเทียบได้ ซึ่งอาจมากกว่า 3 ปีในแต่ละรอบของการส่ง ยังคงสามารถใช้หัววัด Famer chamber เหล่านั้นมาทำการวัดรังสีได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ: ค่าการสอบเทียบ, ค่า $N_{D,w}$, การสอบเทียบ, หัววัดรังสี, หัววัดไอออนไนเซชัน

Abstract

Background: The calibration factor ($N_{D,w}$) is an important value related to the amount of radiation given to patients receiving radiation therapy. The $N_{D,w}$ value is obtained by sending an ionization chamber to take the calibration examination at the Department of Medical Sciences Ministry of Public Health approximately every 2-3 years frequently. Still, due to the COVID-19 outbreak situation, the calibration appointment has been delayed. This makes it necessary to consider the discrepancy in calibration factor values that may occur during the period that has not yet been sent for calibration. **Objective:** This study considered the tolerance values. Historical analysis of $N_{D,w}$ values over 10 years of 2 types of ionization chambers. **Methods:** Analysis of $N_{D,w}$ values over 10 years of 2 types of ionization FC65_G and FC65_P, including a total of 4 ionization chambers that are most used in radiotherapy. **Results:** Found the change in $N_{D,w}$ values was within the range less than $\pm 3\%$ allows us to be confident that throughout 10 years it has a relatively high stability **Conclusion** Famer chamber has a relatively constant calibration factor, meaning that the radiation measurement performance of all chamber is relatively stable. Therefore, it is believed that during the period when the chamber cannot be calibrated, which may be more than 3 years per round of sending, the Famer chambers can still be used to measure radiation accurately.

Keywords: Calibration factor, $N_{D,w}$, calibration, dosimeter, ionization chamber

บทนำ

เนื่องจากการวัดปริมาณรังสีดูดกลืนในน้ำมีความสำคัญในทางรังสีรักษาเพราะเป็นการวัดปริมาณรังสีที่มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต^[1-3] ดังนั้นค่า $N_{D,w}$ คือค่าแก้ไขในการสอบเทียบหรือ calibration factor ในเทอมของการวัดรังสีดูดกลืน (absorbed dose) ในน้ำของหัววัดรังสีแต่ละตัว ได้จากห้องปฏิบัติการมาตรฐาน (standard laboratory)^[4] เป็นค่าที่มีความสำคัญเพราะมีความสัมพันธ์กับความถูกต้องของปริมาณรังสีที่ให้แกผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยวิธีฉายรังสี^[5,6] การรู้ค่าความคลาดเคลื่อนของหัววัดรังสีที่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาที่ใช้งานจะทำให้เกิดความมั่นใจในความถูกต้องของปริมาณรังสีที่ให้แกผู้ป่วยได้ ดังนั้นการส่งหัววัดสอบเทียบเพื่อหาค่า calibration factor ใหม่เป็นระยะๆ ประมาณ 1-3 ปีตามที่แต่ละหน่วยงานกำหนดจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นมาก^[4,7] แต่ด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรค COVID 19 และเนื่องจากทุกศูนย์ต้องส่งสอบเทียบที่ Secondary Standard Dosimetry Laboratory (SSDL)^[8] สำนักสถิติและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ทำให้ระยะเวลาการนัดหมายของแต่ละศูนย์รังสีรักษานานออกไปมากขึ้น นักฟิสิกส์การแพทย์จึงต้องพิจารณาความเป็นไปได้ของค่าความคลาดเคลื่อนของความถูกต้องของหัววัดรังสีที่อาจเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาส่งสอบเทียบนี้ เพื่อพิจารณาใช้หรือไม่ใช้หัววัดรังสีในการทำประกันคุณภาพเครื่องฉายรังสีในช่วงที่ยังไม่ได้ส่งหัววัดสอบเทียบ

การศึกษาของ Manoj Semwal และคณะ^[9] ได้ทำการศึกษาค่าความเปลี่ยนแปลงของค่า $N_{D,w}$ ของ ionization chamber 2 ชนิดชนิดละ 1 หัววัด จากการส่งสอบเทียบที่ SSDL ในประเทศอินเดีย ในขณะที่ยังไม่เคยมีการศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า $N_{D,w}$ จากค่าที่ได้จาก SSDL ในประเทศไทย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของค่า calibration factor ($N_{D,w}$) ที่ได้จากการส่งสอบเทียบที่ SSDL โดยเปรียบเทียบกับกับหัววัดประเภท Farmer 2 ชนิด ทั้งหมด 4 หัววัด ซึ่งเป็นหัววัดที่ใช้ในการสอบเทียบและทำประกันคุณภาพเครื่องฉายรังสีบ่อยที่สุดของสาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย โดยจะพิจารณาค่า $N_{D,w}$ ที่ได้จาก SSDL ในประเทศไทยย้อนหลังกลับไปมากกว่า 10 ปี เริ่มตั้งแต่ปี 2005 ถึง 2022 ค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมดจะช่วยให้เห็นความเป็นไปได้ของค่าความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นกับหัววัดรังสี ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบหนึ่งเพื่อพิจารณาดัดสันใจของหน่วยงานในการส่งหัววัดเพื่อสอบเทียบซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักฟิสิกส์การแพทย์ทั้งประเทศในการตัดสินใจใช้หรือไม่ใช้หัววัดรังสีในช่วงเวลาที่ส่งหัววัดล่าช้านี้ได้

วิธีการศึกษา

หัววัดรังสี cylindrical ionization chamber ประเภท Famer chamber ชนิด FC65_G ได้แก่ FC 65-G :2659 ใช้คู่กับ Electrometer ประเภท Dose 1: 19225 และ FC 65-G:

TNC: 1700 ใช้คู่กับ Electrometer ประเภท Dose 1: 12827 และหัววัดรังสีประเภท Famer chamber ชนิด FC65_P ได้แก่ FC 65-P: 2651 ใช้คู่กับ Electrometer ประเภท Dose 1: 19231 และ FC 65-P: 912 ใช้คู่กับ Electrometer ประเภท Dose 1: 9570 ทั้งหมด เป็นของบริษัท IBA Dosimetry, GmbH, Germany ถูกใช้ในการศึกษานี้โดยหัววัดรังสี cylindrical chamber ชนิด Famer chamber มีคุณลักษณะทางเทคนิคดังแสดงในตารางที่ 1 ถูกส่งไปสอบเทียบที่ SSDL

สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข และทำตั้งแต่ปี 2020 ถึงปัจจุบัน เริ่มเก็บข้อมูลค่า calibration factor ปี 2005 จำนวน 1 หัววัด ปี 2009 จำนวน 1 หัววัด และปี 2013 จำนวน 2 หัววัด ส่งสอบเทียบเป็นช่วงๆ ช่วงละ 1-3 ปี โดยที่ SSDL ได้ทำการสอบเทียบโดยใช้ลำรังสีแกมมาจากเครื่องโคบอลต์ 60 (Co-60) ในหุ่นจำลองน้ำ (Water phantom) ภายใต้สภาวะอ้างอิง (Reference condition) ตาม protocol ที่ TRS-398^[4] ระบุ สำหรับหาค่า calibration factor ($N_{D,w}$) ของหัววัดทั้งหมดเพื่อใช้ในการหาค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในน้ำของฟิสิกส์พลังงานสูงและลำอิเล็กตรอนพลังงานมากกว่า 10 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV) โดยตรวจสอบคุณภาพของหัววัดรังสีทั้งหมดด้วยวิธีทำ constancy check กับ Sr-90 check source ทุก 3 เดือน

การศึกษานี้ได้หาค่าเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของค่า $N_{D,w}$ สำหรับ cylindrical ionization chamber ทั้ง 4 หัววัด โดยกำหนดให้ค่า $N_{D,w}$ ที่ส่งเป็นปีแรกและปีครั้งก่อนหน้าของ ionization chamber แต่ละหัววัดเป็นค่าอ้างอิง ตามลำดับ พิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของค่า $N_{D,w}$ ที่ใช้ค่าที่ส่งเป็นปีแรกกับค่าปีก่อนหน้าเป็นค่าอ้างอิง เพื่อประเมินค่าเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของค่า $N_{D,w}$ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลามากกว่า 10 ปี โดยใช้สมการดังนี้

$$\% \text{ diff} = \frac{N_{D,w,2} - N_{D,w,1}}{N_{D,w,1}} \times 100$$

โดยที่

$\% \text{ diff}$ = เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลง

ค่า calibration factor ($N_{D,w}$)

$N_{D,w,1}$ = ค่า calibration factor ($N_{D,w}$)

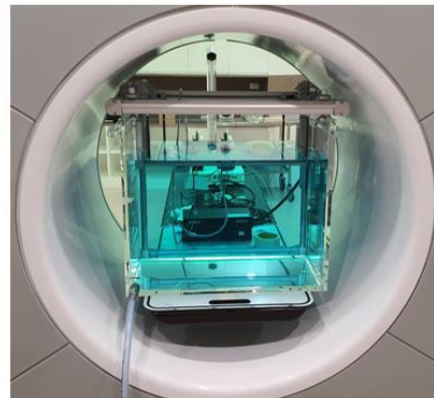
ของ ionization chamber ในแต่ละปี

$N_{D,w,2}$ = ค่า calibration factor ($N_{D,w}$)

ของ ionization chamber ในปีที่ใช้เป็นค่าอ้างอิง



(A)



(B)

รูปที่ 1 หัววัดรังสี ionization chamber ชนิด FC65 G / Famer (A), และการจัดหุ่นจำลองน้ำเพื่อใช้ในการวัดปริมาณรังสีโดยใช้หัววัดรังสี ionization chamber ชนิด FC65 G (B)

ตารางที่ 1 Technical specification ของ Famer type chamber

	Cavity volume (cm ³)	Cavity length (mm)	Cavity radius (mm)	Wall material	Wall thickness (g/cm ²)	Central electrode material	Water- proof
FC65-G	0.65	23.1	3.1	Graphite	0.073	Aluminum	Y
FC65-P	0.65	23.1	3.1	POM ¹	0.057	Aluminum	Y

¹Poly Oxy Methylene (CH₂O)ตารางที่ 2 ค่า Calibration factor ($N_{D,w,Q0}$) สำหรับ Famer chamber 4 หัววัด จากปี 2009 ถึง ปี 2022

Year of calibration	Calibration factor: $N_{D,w,Q0}$ (mGy/nC)			
	FC 65-G:2659 (Dose 1 :19225)	FC 65-G: TNC:1700 (Dose 1:12827)	FC 65-P: 2651 (Dose 1: 19231)	FC 65-P: 912 (Dose 1: 9570)
2009	-	47.91	-	-
2010	-	-	-	48.89
2011	-	47.88	-	48.99
2012	-	-	-	-
2013	48.38	-	48.32	-
2014	-	-	-	49.18
2015	-	-	-	-
2016	48.34	47.86	48.43	-
2017	-	47.95	-	49.28
2018	48.44	-	48.35	-
2019	-	47.95	-	49.40
2020	-	-	-	-
2021	-	47.71	-	49.25
2022	48.06	-	48.27	-
Mean ± SD	48.31 ± 0.17	47.88 ± 0.09	48.34 ± 0.07	49.17 ± 0.19

ตารางที่ 3 ค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า $N_{D,w,Q0}$ ที่ได้จากการเปรียบเทียบกับค่าที่ส่งสอบเทียบในปีก่อนหน้าที่ติดกันตลอดระยะเวลา มากกว่า 10 ปีสำหรับหัววัด Famer Chamber

Year of calibration	Percentage difference of $N_{D,w,Q0}$ values from consecutive calibration (%)			
	FC 65-G:2659 (Dose 1:19225)	FC 65-G: TNC:1700 (Dose 1:12827)	FC 65-P: 2651 (Dose 1: 19231)	FC 65-P: 912 (Dose 1: 9570)
2009	-	-	-	-
2010	-	-	-	-
2011	-	0.063	-	0.205
2012	-	-	-	-
2013	-	-	-	-
2014	-	-	-	0.388
2015	-	-	-	-
2016	0.083	0.042	0.228	-
2017	-	0.188	-	0.203
2018	0.207	-	0.165	-
2019	-	0.000	-	0.244
2020	-	-	-	-
2021	-	0.501	-	0.304
2022	0.784	-	0.165	-
Mean $\pm$ SD	0.358 $\pm$ 0.374	0.199 $\pm$ 0.204	0.186 $\pm$ 0.045	0.269 $\pm$ 0.078
Mean $\pm$ SD (All)		0.236 $\pm$ 0.193		

ผลการศึกษา

ตารางที่ 2 แสดงค่า $N_{D,w}$ ของทุกๆ ช่วงที่ส่งสอบเทียบของ หัววัด Famer chamber ทั้ง 4 หัววัดจะเห็นว่าในแต่ละช่วง ค่า $N_{D,w}$ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงสลับไปมาเล็กน้อยจำนวน 3 หัววัด และมีอยู่ 1 หัววัด คือ FC 65-P: 912 ต่อกับ Dose 1: 9570 มี ค่า $N_{D,w}$ เปลี่ยนแปลงสูงขึ้นเล็กน้อยในทุก ๆ ปี ตารางที่ 3 แสดง ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่า $N_{D,w}$ ที่ได้รับในปีนั้นๆ เปรียบเทียบกับค่า $N_{D,w}$ ของปีก่อนหน้า (เว้นช่วงระยะเวลากันประมาณ 1-3 ปี) ตลอดระยะเวลา มากกว่า 10 ปีในทุกหัววัด รังสี โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงสูงที่สุดเท่ากับ 0.784% ซึ่งเป็นค่าที่ทำการสอบเทียบหัววัด FC 65-G: 2659

ต่อกับ Dose 1: 19225 ในปี 2022 ค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างจากค่า $N_{D,w}$ ครั้งก่อนหน้าของหัววัด Famer chamber ทั้ง 4 หัว เท่ากับ 0.236% ตารางที่ 4 แสดงค่า เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่า $N_{D,w}$ ที่ได้รับในปีนั้นๆ เปรียบเทียบกับค่า $N_{D,w}$ ที่ส่งสอบเทียบในปีแรก (เว้นช่วง ระยะเวลากันประมาณ 1-3 ปี) ตลอดระยะเวลา มากกว่า 10 ปีในทุกหัววัดรังสี โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสูงที่สุด เท่ากับ 1.043% ซึ่งเป็นค่าที่ทำการสอบเทียบหัววัด FC 65-P: 912 ต่อกับ Dose 1: 9570 ในปี 2019 ค่าเฉลี่ยของค่า เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจากค่า $N_{D,w}$ ครั้งก่อนหน้าของหัววัด Famer chamber ทั้ง 4 หัว เท่ากับ 0.336%

ตารางที่ 4 ค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า $N_{D,w,Q0}$ ที่ได้จากการเปรียบเทียบกับค่าที่ส่งสอบเทียบในปีแรก ตลอดระยะเวลามากกว่า 10 ปี สำหรับหัววัด Famer Chamber

Year of calibration	percentage difference of $N_{D,w,Q0}$ values from initial calibration (%)			
	FC 65-G:2659 (Dose 1:19225)	FC 65-G: TNC:1700 (Dose 1:12827)	FC 65-P: 2651 (Dose 1: 19231)	FC 65-P: 912 (Dose 1: 9570)
2009	-	-	-	-
2010	-	-	-	-
2011	-	0.063	-	0.205
2012	-	-	-	-
2013	-	-	-	-
2014	-	-	-	0.593
2015	-	-	-	-
2016	0.083	0.104	0.228	-
2017	-	0.083	-	0.789
2018	0.124	-	0.062	-
2019	-	0.083	-	1.043
2020	-	-	-	-
2021	-	0.417	-	0.736
2022	0.661	-	-0.103	-
Mean $\pm$ SD	0.289 $\pm$ 0.323	0.150 $\pm$ 0.150	0.131 $\pm$ 0.086	0.673 $\pm$ 0.308
Mean $\pm$ SD (All)	0.336 $\pm$ 0.323			

อภิปรายผลการศึกษา

ตามที่คณะกรรมการระหว่างประเทศด้านหน่วยและการวัดทางรังสี (International Commission on Radiation Unit and Measurement: ICRU)^[10] แนะนำให้ความถูกต้องของการวัดปริมาณรังสีทางกายภาพ (physical dosimetry) ต้องมีความถูกต้องอยู่ในช่วง $\pm 3\%$ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าการให้ปริมาณรังสีต่อผู้ป่วยจะมีความถูกต้องทั้งหมดอยู่ในช่วง $\pm 5\%$ ^[11] จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรค COVID 19 ทำให้สถานที่

ราชการต้องปิดติดต่อกันเป็นเวลานานและการติดต่อเป็นไปอย่างยากลำบากทำให้ระยะเวลาการส่งสอบเทียบของทุกศูนย์รังสีรักษาต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นซึ่งจะยาวนานกว่า 1-3 ปี ในแต่ละรอบของการสอบเทียบ ซึ่งอาจจะส่งผลถึงค่าความถูกต้องของปริมาณรังสีที่ให้แก่ผู้ป่วยตลอดระยะเวลาที่ทำการรักษา^[12] จากผลของการศึกษาจะเห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการส่งสอบเทียบสองครั้งที่อยู่ในช่วง 1-3 ปีจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.236% และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า

$N_{D,w}$ ในระยะยาวโดยใช้ค่า $N_{D,w}$ ที่ส่งปีแรกเป็นค่าอ้างอิง พบว่าเปอร์เซ็นต์ค่าความเปลี่ยนแปลงจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.336% จะเห็นว่า เปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงในระยะยาวมีค่ามากกว่า เปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงในแต่ละครั้งที่ส่งอยู่เล็กน้อย ค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นผลมาจากการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับผลการทำ constancy check source ที่ทำทุก 3 เดือนโดยทุกหัววัดจะมีค่าคงที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 1.7% ในขณะที่ผลการศึกษาของ Manoj Semwal และคณะ^[9] พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของการส่งสอบเทียบสองครั้งที่อยู่ในช่วง 1-3 ปีจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.870% และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของค่า $N_{D,w}$ ในระยะยาวโดยใช้ค่า $N_{D,w}$ ที่ส่งปีแรกเป็นค่าอ้างอิง พบว่าเปอร์เซ็นต์ค่าความเปลี่ยนแปลงจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.005% ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงมากกว่าของประเทศไทย ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ คือ ค่า $N_{D,w}$ ที่ได้จาก SSDL เป็นค่าที่ได้จากผู้ทำการสอบเทียบหลายทีมเนื่องจากการเก็บค่าที่ใช้ระยะเวลาที่ยาวนาน และเนื่องจากมีหัววัดรังสีจำนวนมากจึงส่งสอบเทียบได้ในระยะเวลาที่ไม่เท่ากันทุกครั้งแต่ไม่เกิน 3 ปี ในแต่ละรอบของการส่งสอบเทียบและไม่สามารถเก็บหัววัดรังสีไว้ในที่เดียวกันได้ ต้องกระจายเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นทั้งหมด 2 ตู้ในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน อาจส่งผลต่อค่า $N_{D,w}$ ของแต่ละหัววัดให้เปลี่ยนแปลงไม่เท่ากัน แต่อย่างไรก็ตาม ตลอดระยะเวลามากกว่า 10 ปีที่ผ่านมาค่าเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงของค่า $N_{D,w}$ มีค่าค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับคำแนะนำของ ICRU ปัจจุบันที่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของหัววัดรังสี คือ วิธีการเก็บรักษาและวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพของหัววัดรังสี โดยจะต้องเก็บรักษาหัววัดรังสีไว้ในตู้ดูดความชื้นตลอดเวลา มีกระบวนการตรวจสอบประสิทธิภาพของหัววัดเป็นระยะ เช่น การทำ check source เป็นต้น และการทำ external audit เช่น การส่งตรวจสอบค่าของ output โดย IROC เป็นระยะๆ จะทำให้รู้ประสิทธิภาพของหัววัดว่ายังสามารถใช้งานได้อย่างปกติหรือไม่ เพื่อให้สามารถให้ปริมาณรังสีแก่ผู้ป่วยได้อย่างถูกต้อง

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาจะเห็นว่า Famer chamber มีค่า calibration factor ค่อนข้างคงที่ แปลว่าประสิทธิภาพในการวัดรังสีของหัววัดทั้งหมดค่อนข้างมีเสถียรภาพ อยู่ภายใน 0.4 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น เชื่อได้ว่าในระยะเวลาที่ยังไม่สามารถส่งหัววัดสอบเทียบได้เนื่องจากสถานการณ์ระบาดของ COVID19 ซึ่งอาจมากกว่า 3 ปีในแต่ละรอบของการส่ง ยังคงสามารถใช้

หัววัด Famer chamber เหล่านั้นมาทำการวัดรังสีได้อย่างถูกต้อง แต่อย่างไรก็ดี การพิจารณาใช้หรือไม่ใช้หัววัดรังสีในช่วงที่ยังไม่ได้ส่งสอบเทียบนี้เป็นการตัดสินใจเฉพาะของแต่ละหน่วยงานโดยผลของการศึกษานี้เป็นเพียงการให้ข้อมูลที่เพิ่มขึ้นจากการเก็บค่า calibration factor มาเป็นเวลานานเพื่อประกอบการพิจารณาและในช่วงที่แสดงข้อมูลไม่มี chamber ตัวไหนมีประวัติการเสียหายที่อาจส่งผลกระทบต่อค่าความถูกต้องของข้อมูล และเมื่อสถานการณ์กลับมาปกติแล้วก็จำเป็นที่จะต้องส่งสอบเทียบหัววัดให้อยู่ในช่วง 1-3 ปี ในหน่วยงานที่มีหัววัดหลายหัววัด และไม่ได้ทำการสอบเทียบทุกหัววัดในระยะเวลาที่กำหนดในหน่วยงาน อาจจะทำให้การสอบเทียบหัววัดที่ไม่ได้ ทำการส่งสอบเทียบค่ากับทาง SSDL ด้วยนักฟิสิกส์การแพทย์ในหน่วยงานเบื้องต้นเพื่อให้แน่ใจว่าหัววัดนั้นยังมีประสิทธิภาพ ความถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ เพื่อความถูกต้องของปริมาณรังสีให้แก่ผู้ป่วยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางสาวเมทินี วิเศษรินทอง ผู้อำนวยการพิเศษ นักรังสีการแพทย์ ระดับ 7 สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย ที่ให้คำปรึกษาในบทความนี้และช่วยออกแบบตารางพร้อมทั้งคำนวณค่าทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hohlfield K. The standard DIN 6800: procedures for absorbed dose determination in radiology by the ionization method (IAEA-SM-298/31). Vienna: IAEA; 1988:13–22.
- [2] Andreo P. Absorbed dose beam quality factors for the dosimetry of high-energy photon beams. *Phys Med Biol.* 1992;37(10):2189–2211.
- [3] Rogers DWO. The advantages of absorbed-dose calibration factors. *Med Phys.* 1992;19(5):1227–1239.
- [4] International Atomic Energy Agency (IAEA). Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: an international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water. Technical Reports Series No. 398. Vienna: IAEA; 2001.
- [5] Minniti R, Shobe J, Seltzer SM, Chen-Mayer HH, Domen SR. Absorbed dose to water calibration of ionization chambers in a ^{60}Co gamma-ray beam. *NIST Spec Publ.* 2006;250:250–274.
- [6] Castro P, García-Vicente F, Mínguez C, Floriano A, Sevillano D, Pérez L, et al. Study of the uncertainty in the determination of the absorbed dose to water during external beam radiotherapy calibration. *J Appl Clin Med Phys.* 2008;9(1):70–86.

- [7] Muir BR. Ion chamber absorbed dose calibration coefficients, ND_w , measured at ADCLs: distribution analysis and stability. Med Phys. 2015;42(3):1546–1554.
- [8] Karzmark CJ. Concerning radiotherapy standard dose meter calibration. Med Phys. 1980;7(5):574–575.
- [9] Manoj S, Harishchandra G, Sakshi S, Ashok K, Aruna K. Variation in dosimeter calibration factor (ND_w) over a period of 20 years. J Med Phys. 2021;46(2):125–127.
- [10] International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). Measurement quality assurance for ionizing radiation dosimetry. ICRU Report 76. Oxford: Oxford University Press; 2006.
- [11] Mijnheer BJ, Battermann JJ, Wambersie A. Reply to: precision and accuracy in radiotherapy. Radiother Oncol. 1989;14(2):163–167.
- [12] Ravichandran R, Binukumar JP, Davis CA. Estimation of absorbed dose in clinical radiotherapy linear accelerator beams: effect of ion chamber calibration and long-term stability. J Med Phys. 2013;38(4):205–209.