

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดของค่าดัชนีชี้วัดปริมาณรังสีที่เปลี่ยนแปลงไป เทียบกับอายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสี

ฐิตินันท์ จันเส¹, ฤทธพนธ์ นิธิจินดานนท์², บรรจง เชื้อนแก้ว³

(วันที่รับบทความ: 3 ตุลาคม 2567, วันที่แก้ไข: 25 พฤศจิกายน 2567, วันที่ตอบรับ: 25 พฤศจิกายน 2567)

บทคัดย่อ

ค่าดัชนีชี้วัดปริมาณรังสี (Exposure Index; EI) เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณรังสีที่แผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลได้รับรังสีเอกซ์ในการสร้างภาพ ซึ่งตามมาตรฐาน IEC 62494-1:2008 กล่าวว่าแผ่นรับภาพที่มีประสิทธิภาพดี จะต้องมียุทธศาสตร์ของค่า EI ที่แสดงผลจากแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัล ไม่เกินร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับค่า EI มาตรฐาน โดยค่า EI มาตรฐาน คำนวณจากค่าปริมาณรังสีในหน่วยไมโครเกรย์ [μGy] คูณด้วย 100 เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัล งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองหาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาดของ EI เมื่อแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลถูกใช้งานไปอย่างต่อเนื่อง โดยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลค่า EI จากแผ่นรับภาพรังสี Konica Minolta AeroDR P-52 (AeroDR2 1417S) ที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ศูนย์อนามัยที่ 7 จังหวัดขอนแก่น ที่มีอายุการใช้งานเริ่มตั้งแต่ปีที่ 1 จนถึงปีที่ 6 ซึ่งการเก็บข้อมูลค่า EI นั้น ดำเนินการภายใต้เงื่อนไขของการสร้างรังสีเอกซ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน RQA5 ใน IEC 61267:2005 ผลการทดลองพบว่าค่าความผิดพลาดของค่า EI ของแผ่นรับภาพที่ทำการทดสอบ มีการเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้น โดยมีค่าความผิดพลาดเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 0.8 ต่อปี ซึ่งหากการเสื่อมสภาพของแผ่นรับภาพรังสีแผ่นนี้ ยังคงเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้นเช่นนี้ต่อไป แผ่นรับภาพแผ่นนี้จะสามารถใช้ได้จนถึง 23 ปี อย่างไรก็ตามต้องมีการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อแสดงให้เห็นว่าการเสื่อมสภาพของแผ่นรับภาพจะเป็นแบบเชิงเส้นต่อไปได้นานเพียงใด

คำสำคัญ: ดัชนีชี้วัดปริมาณรังสี, EI, แผ่นรับภาพรังสีดิจิทัล, อายุการใช้งาน, การเสื่อมสภาพ

¹นักรังสีการแพทย์ชำนาญการ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ศูนย์อนามัยที่ 7 ขอนแก่น,

²ฤทธพนธ์ นิธิจินดานนท์ อาจารย์ประจำสาขาวิชารังสีเทคนิค คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล

มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช, ³อาจารย์ประจำสาขาวิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Corresponding author ฤทธพนธ์ นิธิจินดานนท์ e-mail: s.kridsanapan@gmail.com

The relationship between the Exposure Index Error Compared to the Lifetime of the Radiographic Image Detector

Thitinan Chanse¹, Kridsanapan Nitijindanont², Banjong Kheonkaew³

(Received 3rd October 2024; Revised : 25th November 2024; Accepted 25th November 2024)

Abstract

Exposure Index (EI) is a quantity that indicates the effectiveness of a digital imaging detector for generating an image when exposed to X-rays. According to IEC 62494-1:2008 standard for the good performance image detector, there must be an error in the EI value displayed by the image detector not more than 20 percent compared to the standard EI value. The standard EI value is calculated from the radiation dose in microgray [μGy] multiplied by 100. In order to control the quality of the digital radiographic imaging detector, this research therefore conducted an experiment to find the trend of changing the error value of EI when the digital radiographic image detector is used continuously. The data on EI values were collected from the Konica Minolta AeroDR P-52 image detector (AeroDR2 1417S) at the Regional Health Promotion Center 7 Khonkaen, with a lifetime starting from 1 year to 6 years. The collection of EI data is carried out under conditions of generating quality X-rays according to the RQA5 standard in IEC 61267:2005. The results show that the error of the EI value of the image detector is a linear change with an error rate of +0.8 percent per year. If the deterioration of this image detector continues to linear change, this image detector can be used for up to 23 years. However, more data must be collected to show how long linear deterioration of the image detector can continue.

Keywords: Exposure index, EI, Digital radiographic image detector, Lifetime, Deterioration

¹Radiologic Technologist (Professional Level) Health Promoting Hospital, Regional Health Promotion Center 7 Khon kaen, ²Lecturer, Department of Radiological Technology, Faculty of Medicine Vajira Hospital, Navamindradhiraj University, Bangkok ³Assoc.Prof. Department of Radiology, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen

Corresponding Author: Kridsanapan Nitijindanont e-mail: kridsanapan.nit@nmu.ac.th

บทนำ

ดัชนีชี้วัดปริมาณรังสี (Exposure Index; EI) เป็นค่าที่จะบอกให้นักรังสีเทคนิคทราบค่าปริมาณรังสีที่ตกบนแผ่นรับภาพโดยประมาณ และเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพดิจิทัลทางอ้อม⁽¹⁻²⁾ สำหรับวิธีการได้มาซึ่งค่า EI นี้ จะอ้างอิงจากมาตรฐาน IEC 62494-1⁽³⁾ ซึ่งมีค่าโดยประมาณเท่ากับค่าปริมาณรังสีที่มากระทบแผ่นรับภาพ ในหน่วย $[\mu\text{Gy}]$ คูณด้วย 100 แต่ค่า EI นี้ มีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการแปลงสัญญาณรังสีไปเป็นสัญญาณภาพ ดังนั้น ค่า EI อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้หากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในแผ่นรับภาพเกิดการเสื่อมสภาพ ตามมาตรฐาน IEC 62494-1 กำหนดไว้ว่าหากค่า EI ที่แสดงผลจากแผ่นรับภาพ มีความผิดพลาดเกิน 20% เมื่อเทียบกับค่า EI มาตรฐานแล้ว⁽³⁾ จะถือว่าแผ่นรับภาพนั้นไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของภาพรังสี และประเมินการตั้งค่าเทคนิคที่ใช้ในการสร้างภาพ เพราะอาจมีผลทำให้คุณภาพของภาพไม่ดีเท่าเดิม หากนักรังสีเทคนิคตั้งค่าเทคนิคตามปกติ ภาพผลลัพธ์ที่ได้อาจมีคุณภาพต่ำจนต้องถ่ายซ้ำ ทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์ค่า EI, Deviation Index (DI) สามารถนำไปสู่การวิเคราะห์ปริมาณรังสีอ้างอิง (DRLs) ที่ได้มาตรฐาน และสามารถใช้เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ความเหมาะสมของการตั้งค่าเทคนิคที่ใช้กับผู้ป่วยได้ด้วย⁽⁴⁾ หากไม่ได้ทำการทดสอบหาค่า EI ที่เปลี่ยนแปลงไปจะไม่ทราบว่าแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลที่ใช้อยู่ยังคงให้ค่า EI ที่คงที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่

ตามที่มาตรฐาน IEC 62494-1 ได้ระบุเกี่ยวกับค่าความผิดพลาดของค่า EI ชี้ให้เห็นว่าแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลสามารถเสื่อมสภาพได้เมื่อได้รับรังสี ซึ่งจากงานวิจัยของ Zolochovsky A.A. และคณะ⁽⁵⁾ รายงานว่าวัสดุเรืองแสงที่นำมาใช้ในแผ่นรับภาพรังสีสามารถเสื่อมสภาพได้เมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และรังสี⁽⁵⁾ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าค่า EI มีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัล และทางโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ศูนย์อนามัยที่ 7 ขอนแก่น ได้นำระบบสร้างภาพรังสีดิจิทัลมาใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่งแต่ก็ยังไม่มีการตรวจสอบค่า EI ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์ค่า EI ที่เปลี่ยนแปลงไปตามอายุของแผ่นรับภาพรังสี ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ศูนย์อนามัยที่ 7 ขอนแก่น เพื่อคำนวณหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะใช้แผ่นรับภาพนี้ต่อไปเพื่อเฝ้าระวังคุณภาพของแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัล และเพื่อการวางแผนด้านงบประมาณสำหรับจัดซื้อจัดจ้างแผ่นรับภาพรังสีทดแทน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาดของค่าดัชนีชี้วัดปริมาณรังสี (EI) ที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเทียบกับอายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสี

สมมุติฐานการวิจัย

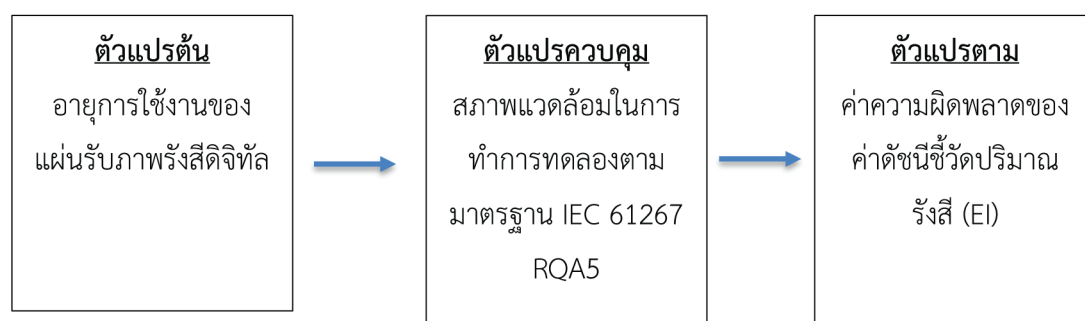
เมื่ออายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความผิดพลาดของค่าดัชนีชี้วัดปริมาณรังสี (EI) เพิ่มขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ดำเนินการทดสอบแผ่นรับภาพรังสีของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ศูนย์อนามัยที่ 7 ขอนแก่น จำนวน 2 แผ่น (แผ่นรับภาพรังสี A และแผ่นรับภาพรังสี B) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องหมายการค้า และรุ่นเดียวกัน แต่มีอายุการใช้งานที่ต่างกัน โดยเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 ใน

ปี พ.ศ. 2566 แผ่นรับภาพ A มีอายุการใช้งาน 1 ปี ส่วนแผ่นรับภาพ B มีอายุการใช้งาน 5 ปี และเก็บข้อมูลครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ. 2567 แผ่นรับภาพ A มีอายุการใช้งาน 2 ปี ส่วนแผ่นรับภาพ B มีอายุการใช้งาน 6 ปี ระยะเวลาดำเนินการวิจัย ระหว่างวันที่ 6 มกราคม 2566 ถึง วันที่ 5 พฤษภาคม 2567

กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยมีตัวแปรต้นคืออายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัล และตัวแปรตามคือค่าความผิดพลาดของค่า EI มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ตัวแปรควบคุม คือสภาพแวดล้อมในการทำการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย ระยะห่างระหว่างหลอดเอกซเรย์กับแผ่นรับภาพ 180 ซม. ชนิดและความหนาของแผ่นกรองรังสี เป็นอลูมิเนียมหนา 21 มม. และค่าความต่างศักย์ที่ใช้กับหลอดเอกซเรย์ 70 kVp ซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐาน IEC 61267(6) RQA5 ซึ่งจะทำให้ได้ลำรังสีที่มีคุณภาพเดียวกัน แม้ว่าจะใช้เครื่องกำเนิดรังสีเครื่องอื่น

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองนี้ เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาดของค่า EI เมื่ออายุการใช้งานแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะทำการเก็บข้อมูลค่า EI จากภาพถ่ายเอกซเรย์ กล่าวคือ บันทึกค่า EI ที่แสดงผลบนหน้าจอของเครื่องควบคุมการถ่ายภาพขณะทำการฉายรังสีไปยังแผ่นรับภาพ โดยตั้งค่าความต่างศักย์ให้กับหลอดเอกซเรย์ ประมาณ 70 kVp และฉายรังสีขนาดประมาณ 1.0, 2.5, 5.0, 10, 12, และ 20 ไมโครเกรย์ (μGy) ไปยังแผ่นรับภาพ ทำซ้ำ 3 ครั้ง พร้อมทั้งบันทึกค่า EI แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย คำนวณความผิดพลาด

พลาดเทียบกับค่า EI มาตรฐาน⁽⁷⁻⁸⁾ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ แผ่นรับภาพที่เลือกใช้จะเป็นแผ่นรับภาพของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ศุภยอนามัยที่ 7 ขอนแก่น เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องหมายการค้าและรุ่นเดียวกัน แต่มีอายุการใช้งานต่างกัน โดยเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 ในปี 2566 แผ่นรับภาพ A มีอายุการใช้งาน 1 ปี ส่วนแผ่นรับภาพ B มีอายุการใช้งาน 5 ปี และเก็บข้อมูลครั้งที่ 2 ในปี 2567 แผ่นรับภาพ A มีอายุการใช้งาน 2 ปี ส่วนแผ่นรับภาพ B มีอายุการใช้งาน 6 ปี

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนี้ เครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยทั่วไป เครื่องหมายการค้า Toshiba High frequency Inverter generator ขนาด 50 kW 630 mA 150 kVp รุ่น KXO-50SS ผ่านการทดสอบคุณภาพตามมาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์แล้ว โดยมีผลทดสอบ kV Accuracy < 5 %, Time Accuracy < 10%, Dose Reproducibility < 2%CV, Light beam overlap < 1%, HVL > 2.9 mmAl^(7, 9) ใช้แผ่นรับภาพรังสีดิจิทัล เครื่องหมายการค้า KONICA MINOLTA รุ่น AeroDR P-52 (AeroDR2 1417S) จำนวน 2 แผ่น ซึ่งเป็นรุ่นเดียวกัน แต่มีอายุการใช้งานต่างกัน ซึ่งแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลแต่ละแผ่นที่ใช้ทดลองมีอัตราการใช้งานใกล้เคียงกัน และเครื่องมือวัดปริมาณรังสีเครื่องหมายการค้า Radcal รุ่น AGT-P-AG ที่ผ่านการสอบเทียบตามมาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์แล้ว นอกจากนี้ยังมีการใช้แผ่นกรองรังสี ตามมาตรฐาน IEC 61267 เป็นอลูมิเนียมหนา 21 มม. และมีชุด

อุปกรณ์จัดสภาพแวดล้อมตามมาตรฐาน IEC 61267 ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่ได้จดอนุสิทธิบัตรแล้ว⁽¹⁰⁾

ขั้นตอนการทำการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองโดย ทำการจัดสภาพแวดล้อมการทดลองตามมาตรฐาน IEC 61267 และทดลองตั้งค่าเทคนิค (kVp, mAs) เพื่อให้ได้ค่าปริมาณรังสีสำหรับการทดลองวิเคราะห์ค่า EI โดยใช้ค่าประมาณ 1.0, 2.5, 5.0, 10, 12, และ 20 ไมโครเกรย์ (μGy) ซึ่งการจัดสภาพแวดล้อมในการทดลองตามมาตรฐาน IEC 61267 ดำเนินการดังนี้คือ ใช้ระยะห่างระหว่างหลอดเอกซเรย์ถึงผิวแผ่นรับภาพไม่น้อยกว่า 150 เซนติเมตร ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ระยะ 180 เซนติเมตร ติดแผ่นกรองรังสีอลูมิเนียมหนา 21 มิลลิเมตร ที่คอลลิเมเตอร์ จากนั้นวางหัววัดรังสีที่ตำแหน่งกึ่งกลางแผ่นรับภาพ ตั้งค่าความต่างศักย์ของหลอดเอกซเรย์ (kVp) 70 kVp และตั้งค่ากระแสหลอดคูณด้วยเวลา (mAs) ต่ำที่สุด จากนั้นฉายรังสีแล้วบันทึกค่า kVp, ค่าความหนาครึ่งค่า (Half Value Layer; HVL) และค่าปริมาณรังสี (Dose) ที่อ่านได้จากเครื่องวัดรังสี โดยมีเกณฑ์พิจารณาตามมาตรฐาน IEC 61267 RQA5 สำหรับเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป คือหากค่า HVL ไม่อยู่ในช่วง 6.5 - 7.1 mmAl ให้ปรับค่า kVp แล้วฉายรังสีซ้ำ โดยค่า kVp ต้องอ่านค่าได้ในช่วง 66 - 74 kVp ซึ่งค่าเหล่านี้คือค่าบ่งชี้คุณภาพของลำรังสี เมื่อได้ kVp และ HVL ที่เหมาะสมแล้วทำการปรับ mAs ให้ได้ปริมาณรังสีใกล้เคียง 1.0, 2.5, 5.0, 10, 12, และ 20 μGy บันทึกค่า Dose ที่ได้ พร้อมทั้งค่า mAs ที่ตั้งค่าไว้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณรังสี (Dose [μGy]) ที่ได้จากการตั้งค่าเทคนิค (kVp, mAs) ค่าต่าง ๆ สำหรับใช้ในการทดสอบแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัล

ที่	การตั้งค่าเทคนิคที่เครื่องควบคุม				ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดรังสี				
	การฉายรังสี								
	kVp	mA HVL	s	mAs	kVp	kVp Error*	HVL [mmAl]	Error**	Dose [μGy]
1	70	100	0.036	3.6	70.4	-0.4	6.89	-0.09	0.97
2	70	100	0.071	7.1	69.9	+0.1	6.96	-0.16	2.46
3	70	100	0.180	18.0	69.7	+0.3	6.94	-0.14	4.92
4	70	100	0.360	36.0	69.4	+0.6	6.95	-0.15	9.93
5	70	100	0.440	44.0	69.5	+0.5	6.95	-0.15	12.44
6	70	100	0.710	71.0	69.4	+0.6	6.95	-0.15	20.50

* kVp Error คำนวณจาก ค่า kVp ที่อ่านได้จากเครื่องวัดรังสี ลบด้วย ค่า kVp ตามที่มาตรฐานกำหนด คือ 70 kVp ซึ่งค่าที่อ่านได้ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน คือ 66 - 74 kVp (70 ± 4 kVp)

** HVL Error คำนวณจาก ค่า HVL ที่อ่านได้จากเครื่องวัดรังสี ลบด้วย ค่า HVL ตามที่มาตรฐานกำหนด คือ 6.8 mmAl ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน คือ 6.5 - 7.1 mmAl (6.8 ± 0.3 mmAl)

เมื่อได้ค่าเทคนิคที่เหมาะสมแล้ว ทำการฉายรังสีลงบนแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลที่ต้องการวิเคราะห์ค่า EI โดยนำหัววัดรังสีจากขั้นตอนแรกออก แล้ววางแผ่นรับภาพ A แทนที่ จากนั้นฉายรังสีตามเงื่อนไข kVp และ mAs ที่ได้จากขั้นตอนแรก โดยฉายซ้ำ 3 ครั้งสำหรับแต่ละเงื่อนไข บันทึกค่า EI แล้วทำการทดลองเช่นเดียวกันกับแผ่นรับภาพ B และทำการทดลองกับแผ่นรับภาพทั้งสองแผ่นซ้ำอีกครั้งเมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ทำการหาค่าเฉลี่ยของ EI ที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ กัน (EI_{AV})

คำนวณความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับค่า EI มาตรฐาน โดยค่า EI มาตรฐาน (EI_{STD}) คำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$EI_{STD} = \text{Dose } [\mu\text{Gy}] \times 100$$

เมื่อ Dose [μGy] คือปริมาณรังสีที่อ่านได้จากเครื่องวัดรังสี มีหน่วยเป็น [μGy] และความคลาดเคลื่อน (Error) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ [%] คำนวณได้จากสมการ

$$\text{Error } [\%] = \frac{|EI_{AV} - EI_{STD}|}{EI_{STD}} \times 100$$

จากนั้น เขียนกราฟแสดงการเบี่ยงเบนไปของค่าความคลาดเคลื่อนของค่า EI ในแต่ละปี และทำนายอายุการใช้งานที่เป็นไปได้

สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า EI จะใช้สถิติเชิงพรรณนา โดยแสดงผลเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของค่า EI ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี จากนั้นนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนของค่า EI [%] กับอายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัล เพื่อหาแนวโน้มของการเบี่ยงเบนไปของค่าความคลาดเคลื่อนตามอายุการใช้งาน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel คำนวณแนวโน้ม แสดงสมการความสัมพันธ์ รวมทั้งคำนวณค่าความน่าเชื่อถือของเส้นแนวโน้มด้วยสถิติ R-Squared

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง ข้อความที่แสดงว่าการวิจัยได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยแล้ว (ถ้ามี)

งานวิจัยนี้ไม่ได้ยื่นขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่ไม่ได้ดำเนินการทดลองกับมนุษย์

ผลการศึกษา

จากการทดลองพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของค่า EI ของแผ่นรับภาพ KONICA MINOLTA AeroDR P-52 (AeroDR2 1417S) เมื่อมีอายุการใช้งานมากขึ้น แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 บันทึกค่าความคลาดเคลื่อนของค่า EI เทียบกับอายุของแผนรับภาพรังสี

EI _{STD}	ค่า EI ที่อ่านได้ ปีที่												Error [%] ปีที่			
	1			2			5			6			1	2	5	6
	EI _{AV}	SD	EI _{AV}	EI _{AV}	SD	EI _{AV}	EI _{AV}	SD	EI _{AV}	EI _{AV}	SD	2.91	3.75	5.93	6.72	
97.00	99.91	2.31	100.78	1.43	103.11	2.26	103.98	2.10	2.91	3.75	5.93	6.72				
246.00	252.89	1.95	255.47	4.70	261.45	2.36	263.66	4.18	2.72	3.71	5.91	6.70				
492.00	507.01	3.65	510.70	9.33	522.80	7.39	527.23	4.55	2.96	3.66	5.89	6.68				
993.00	1021.80	8.53	1030.63	8.56	1054.96	5.27	1064.00	7.30	2.82	3.65	5.87	6.67				
1244.00	1279.45	9.86	1290.65	5.98	1321.00	7.05	1332.57	9.22	2.77	3.61	5.83	6.65				
2050.00	2107.40	3.40	2127.90	9.26	2176.69	7.81	2195.55	9.05	2.72	3.66	5.82	6.63				
Error เฉลี่ย [%]													2.82	3.67	5.87	6.67

เมื่อนำข้อมูลมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนของค่า EI เทียบกับอายุของแผ่นรับภาพรังสี พบว่า ค่า EI มีความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเมื่อมีอายุการใช้งานนานขึ้น เป็นความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกัน ดังรูปที่ 2 ซึ่งโปรแกรม Microsoft Excel สามารถสร้างเส้นแนวโน้มของความสัมพันธ์ พร้อมทั้งแสดงสมการของความสัมพันธ์ ที่ระดับความถูกต้อง 99.94% (R-squared = 0.9994) ได้ดังนี้

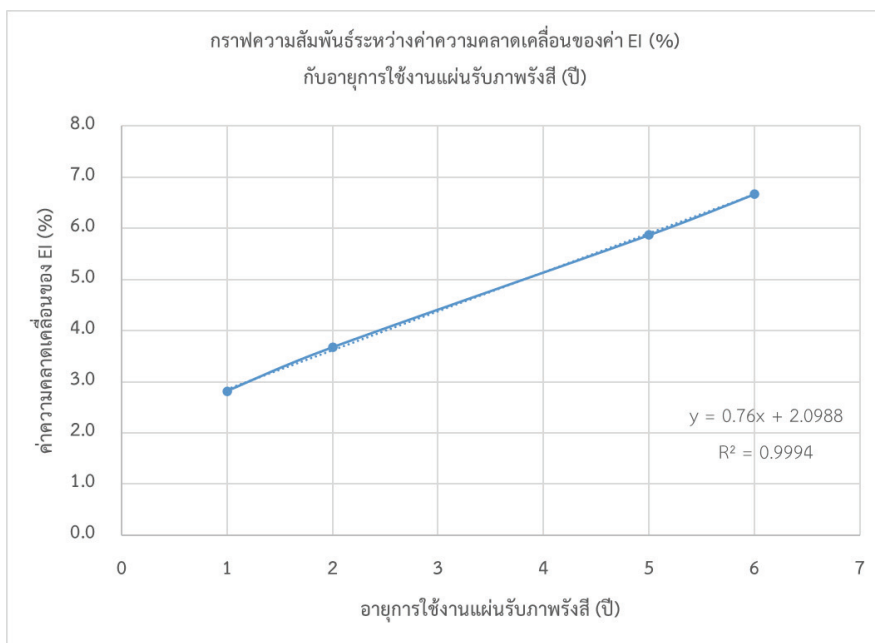
$$y = 0.76x + 2.0988$$

เมื่อ y คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่า EI [%] และ x คือ อายุการใช้งานแผ่นรับภาพ

รังสีดิจิทัล [ปี] จากสมการความสัมพันธ์ดังกล่าว สามารถจัดรูปสมการเพื่อคำนวณอายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัล ตามเกณฑ์ของมาตรฐาน IEC 62494-1 (ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 20%) ได้ดังนี้

$$x = \frac{y - 2.0988}{0.76}$$

โดยแทนค่า y เป็น 20 จะได้ค่า x ประมาณ 23.55 ปี ซึ่งหมายความว่า สามารถทำนายอายุการใช้งานของแผ่นรับภาพ KONICA MINOLTA AeroDR P-52 (AeroDR2 1417S) ว่า จะสามารถนำมาใช้ต่อเนื่องได้นานที่สุดประมาณ 23 ปี



รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนของค่า EI [%]
กับอายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสี [ปี]

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองหาค่าความคลาดเคลื่อนของค่า EI ตามมาตรฐาน IEC 62494-1 และนำขอบเขตการยอมรับ (ไม่เกิน 20%) มาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินอายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสี โดยเครื่องเอกซเรย์ที่ใช้ในการทดลองได้ผ่านการทดสอบคุณภาพมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์แล้ว และลำรังสีที่ใช้ทำการทดลองก็มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 62494-1 โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เป็นการยืนยันความน่าเชื่อถือ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของค่า EI แปรผันตรงกับอายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย เมื่ออายุการใช้งานเพิ่มขึ้นค่าความคลาดเคลื่อนของค่า EI จะเพิ่มขึ้นตามแบบแปรผันตรงกันและจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนของค่า EI [%] กับอายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสี [ปี] สามารถทำนายอายุของแผ่นรับภาพได้ 23 ปี

การทดลองนี้แสดงให้เห็นการเสื่อมสภาพของแผ่นรับภาพในรูปแบบของค่าความคลาดเคลื่อนของ EI ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zolochovsky A.A. และคณะ⁽⁵⁾ ที่กล่าวว่าปัจจัยหนึ่งที่ทำให้แผ่นรับภาพชนิดสารเรืองแสง (Scintillation Detector) เสื่อมสภาพก็คือการได้รับรังสีนั่นเอง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Atsushi T. และคณะ⁽¹¹⁾ ที่แสดงให้เห็นว่า เมื่อแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลได้รับรังสีไปเรื่อย ๆ นั้น ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น จำนวนพิกเซลที่เสื่อมสภาพเพิ่มมากขึ้น และมีสัญญาณรบกวน

เพิ่มขึ้น เป็นต้น ด้วยวิธีนี้ นอกจากจะสามารถประเมินอายุการใช้งานได้แล้ว ยังแสดงให้เห็นว่าแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลยังมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน และยังคงใช้งานได้ดี อย่างไรก็ตาม ต้องมีการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อแสดงให้เห็นว่าการเสื่อมสภาพของแผ่นรับภาพจะเป็นแบบเชิงเส้นต่อไปได้นานเพียงใด

ข้อเสนอแนะ

การทดลองนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลภายในระยะเวลา 2 ปี โดยใช้แผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลเครื่องหมายการค้าและรุ่นเดียวกัน แต่มีอายุการใช้งานต่างกัน จำนวน 2 แผ่น อาจจะต้องเก็บข้อมูลต่อเนื่องไปอีกเพื่อให้เห็นแนวโน้มว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนของ EI จะยังคงแปรผันตรงตามอายุการใช้งานแบบเชิงเส้นต่อไปหรือไม่ และควรเก็บข้อมูลอัตราการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลที่ทำการทดลองแต่ละแผ่น ว่ามีความถี่ในการใช้งานแตกต่างกันหรือไม่ เนื่องจากอาจมีผลต่อความเสื่อมของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัล

การประเมินอายุการใช้งานของแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลสามารถประเมินได้จากตัวแปรอื่น เช่น ค่า Signal Transfer Properties: STP, Uniformity, Image Retention/ Ghosting Artifact, Threshold Contrast Detectability/ Low Contrast Resolution, Limiting High Contrast Spatial Resolution, Scaling Error หรือ Image Blurring ได้เช่นกัน แต่การประเมินจากค่า EI สามารถทำได้ง่ายกว่ามาก เนื่องจากเป็นค่าที่แสดงขึ้นที่หน้าจอแสดงผล

ที่อยู่ในส่วนควบคุมการฉายภาพรังสี (DR console monitor) และเป็นมาตรฐานสากล ซึ่งการสร้างภาพรังสีดิจิทัล จะนำสัญญาณภาพมาจากการเรืองแสงของแผ่นรับภาพเมื่อได้รับรังสี ซึ่งจะถูกแปลงเป็นค่าพิกเซลเพื่อประมวลผลเป็นภาพ ดังนั้นตัวแปรอื่น ๆ จะเป็นตัวแปรโดยอ้อมเกือบทั้งหมด ยกเว้น การตรวจสอบ STP ซึ่งเป็นการตรวจสอบความคงที่ของค่าพิกเซลที่ตอบสนองต่อรังสี ที่สามารถนำมาประเมินความคงที่ของค่าพิกเซลเพื่อเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของค่า EI ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการศูนย์อนามัยที่ 7 ขอนแก่น ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่งานรังสีวิทยา และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้การดำเนินการจัดทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- บรรจง เชื้อนแก้ว. การสร้างภาพรังสีดิจิทัล. พิมพ์ครั้งที่ 3. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2562
- เพชรกร หาดูพานิชย์. มารู้อีกค่า EI กันดีไหม? [อินเทอร์เน็ต]. 18 ตุลาคม 2556. (เข้าถึงเมื่อวันที่ 23 กันยายน 2567); เข้าถึงได้จาก: <https://www.gotoknow.org/posts/551192>.
- International Electrotechnical Commission. IEC 62494-1, Ed 1.0. Medical electrical equipment – Exposure index of digital X-ray imaging system-Part 1: Definitions and requirements for general radiography. Geneva, Switzerland. (2008).
- Hyemin P., Yongsu Y., Jungmin K., Jungsu K., Hoiwoun J., Nobukazu T. Use of clinical Exposure Index and Deviation Index Based on National Diagnostic Reference Level as Dose-Optimization Tools for General Radiography in KOREA. Radiation Protection Dosimetry (2020); 1-13
- Zolochovsky A.A., Goncharova G.V., Borodenko Yu.A., Kozmin Yu.S. Simulation of the Scintillation Detector Degradation Process. Journal of National Technical University “Kharkov Polytechnic Institute” (2008) 9: 79-89.
- International Electrotechnical Commission. IEC 61267, Ed 1.0. Medical diagnostic X-ray equipment – Radiation conditions for use in the determination of characteristics. Geneva, Switzerland. (1994).
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. การควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยทางการแพทย์. บริษัท ปิยอนด์ พับลิชชิง จำกัด; 2565
- Seibert JA, Morin RL. The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization

of radiation dose to the pediatric population. *Pediatr Radiol* (2011) 41(5): 573-81.

9. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. มาตรฐานคุณภาพเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยทางการแพทย์ (Quality standard of medical diagnostic X-ray machines). บริษัท ปิยอนด์ พับลิชชิง จำกัด; 2562
10. บรรจง เชื้อนแก้ว, กฤษณพันธ์ นิธิจินดา นนท์, ผู้ประดิษฐ์; มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ผู้ขอรับสิทธิบัตร. เครื่องมือจัดวางอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพแผ่นรับภาพรังสีดิจิทัลสิทธิบัตร. ประเทศไทย สิทธิบัตรไทย 303000723. 4 มีนาคม 2566.
11. Atsushi T., Takahiko K., Shoichi S., Kazuo K., Masatoshi T., Hiroshi F. Development of quality control system for flat-panel detectors. *Radiol Phys Technol* (2011) 4:164-72