

นิพนธ์ต้นฉบับ

การวัด Computed Tomography Dose Index ด้วยฟิล์มภาพโครมิก รุ่น XR-QA2

ศุภาวิฑู สุขเพ็ญ, ภัตสุริย์ ชีพสุมนต์, ธันยวีร์ เพ็ญแป้น

บทคัดย่อ

- บทนำ:** ฟิล์มราดิโอโครมิก (ภาพโครมิก) ได้ถูกนำมาใช้ในการวัดปริมาณรังสีอย่างแพร่หลาย ฟิล์มภาพโครมิก รุ่น XR-QA2 (International Specialty Products, Wayne, NJ) เป็นฟิล์มชนิดที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสีได้จนถึง ๒๐๐ มิลลิเกรย์ และพลังงานระหว่าง ๒๐ กิโลโวลต์ที่สูงที่สุด (kilovoltage peak: kVp) และ ๒๐๐ กิโลโวลต์ที่สูงที่สุด (kilovoltage peak: kVp) จึงเหมาะที่จะใช้ทำการวัดการกระจายปริมาณรังสีจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์
- วิธีการศึกษา:** งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดค่า Computed Tomography Dose Index (CTDI) ด้วยฟิล์มภาพโครมิก รุ่น XR-QA2 ก่อนการใช้งานฟิล์ม ได้สร้างกราฟมาตรฐานสำหรับสอบเทียบค่าปริมาณรังสีที่ทราบค่ากับความดำของฟิล์ม ที่เกิดขึ้นจากการฉายรังสีด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ รุ่น Aquilion LB โดยตัดฟิล์มให้มีขนาดกว้าง ๐.๘ เซนติเมตรและยาว ๑๕ เซนติเมตร เพื่อให้มีปริมาตรของการรับรังสีเท่ากับหัววัดชนิดไอออนเซชันแชมเบอร์ (Radcal 10 X 5-3 CT) ใส่ในช่องว่างทั้ง ๕ ช่องในหุ่นจำลองเพื่อวัดการกระจายของรังสีเมื่อใช้ลำรังสีที่มีความกว้าง ๑๖ และ ๓๒ มิลลิเมตร เทียบกับการวัดโดยใช้ไอออนเซชันแชมเบอร์
- ผลการศึกษา:** ค่า CTDI ที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อวัดโดยไอออนเซชันแชมเบอร์และฟิล์มภาพโครมิกมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง $\pm$ ร้อยละ ๘ ส่วนค่า CTDI_w มีความแตกต่างกันประมาณร้อยละ ๒ - ๓
- วิจารณ์ และ :** ฟิล์มภาพโครมิก รุ่น XR-QA2 สามารถนำมาใช้วัดการกระจายของปริมาณรังสีจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์
- สรุปผลการศึกษา:** และคำนวณค่า CTDI ได้
- คำสำคัญ:** เอกซเรย์คอมพิวเตอร์, ปริมาณรังสี CTDI, ฟิล์มภาพโครมิก

วันที่รับบทความ: ๒๖ ตุลาคม ๒๕๕๘

วันที่อนุญาตให้ตีพิมพ์: ๓ มีนาคม ๒๕๕๙

บทนำ

การถ่ายภาพทางรังสีด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เป็นวิธีการตรวจวินิจฉัยโรคที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และให้ผลการวินิจฉัยที่มีประสิทธิภาพ ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สูงกว่าการถ่ายภาพรังสีด้วยเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยปริมาณรังสีจะแสดงในรูปแบบของค่า volume weighted CTDI ($CTDI_{vol}$) และค่า Dose Length Product (DLP) ซึ่งแม้จะไม่ใช่ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับโดยตรงแต่เป็นค่าโดยประมาณที่สัมพันธ์กับปริมาณรังสีที่ดูดกลืนในตัวผู้ป่วย เพื่อนำไปประเมินเป็นค่าปริมาณรังสีเชิงผล (effective dose) และค่าความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งจากการได้รับรังสีต่อไป^{๑-๔} ดังนั้นการตรวจสอบความถูกต้องของค่าปริมาณรังสีจากการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ จึงเป็นสิ่งที่ต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอ

ค่า $CTDI_{vol}$ และ DLP มีพื้นฐานมาจากการคำนวณโดยใช้ค่า Computed Tomography Dose Index (CTDI) ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในการวัดที่กำหนดโดย International Electrotechnical Commission^๕ โดยทั่วไปจะวัดจากหุ่นจำลองทรงกระบอกที่ทำจาก Polymethyl methacrylate (PMMA) ๒ ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๖ เซนติเมตร และ ๓๒ เซนติเมตร ใช้แทนส่วนศีรษะและลำตัวของผู้ป่วย หุ่นจำลองทั้งสองชิ้นมีความยาว ๑๕ เซนติเมตร มีช่องว่างจำนวน ๕ ช่อง อยู่ตำแหน่งกึ่งกลางหุ่นจำลอง (center) ๑ ช่อง และตำแหน่งผิว ๑ เซนติเมตร จากขอบของหุ่นจำลอง (periphery) อีก ๔ ช่อง CTDI คือปริมาณรังสีที่ดูดกลืนเฉลี่ยตลอดแนวแกน z วัดจากการสแกนแบบ axial ในขณะที่หลอดเอกซเรย์หมุน ๑ รอบโดยใช้ไอออนไนเซชันแชมเบอร์ที่มีความยาว ๑๐๐ มิลลิเมตร

ฟิล์มเรดิโอโครมิกเป็นฟิล์มที่ตอบสนองต่อพลังงานรังสี และเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีตามสัดส่วนปริมาณรังสีที่ได้รับ โดยไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการล้างฟิล์ม ไม่ไวต่อแสง สามารถใช้งานในอุณหภูมิห้องได้ และฟิล์มจะทำปฏิกิริยากับรังสีเอกซเรย์เท่านั้น^{๖, ๗}

ฟิล์มเรดิโอโครมิกชนิดภาพโครมิก รุ่น XR-QA2 (International specialty products, Wayne, NJ) เป็นฟิล์มที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลายในการวัดปริมาณรังสี การตอบสนองของฟิล์มภาพโครมิก ไม่ขึ้นอยู่กับทิศทางของลำรังสีและมุมของแผ่นฟิล์มกับลำรังสี ความดำของฟิล์มจะถึงจุดอิ่มตัวภายหลัง ๒๔ ชั่วโมงหลังการฉายรังสี ฟิล์มภาพโครมิก รุ่น XR-QA2 เป็นฟิล์มชนิดที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วง ๐ - ๒๐๐ มิลลิเกรย์ และพลังงานระหว่าง ๒๐ กิโลโวลต์

สูงสุด (kilovoltage peak: kVp) และ ๒๐๐ กิโลโวลต์สูงสุด (kilovoltage peak: kVp) จึงเหมาะที่จะใช้ทำการวัดปริมาณรังสีจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ วิธีการวัดปริมาณรังสีโดยการใส่ฟิล์มเรดิโอโครมิก ทำโดยตัดแผ่นฟิล์มให้เป็นแนวยาวตามที่ต้องการ เพื่อสร้างโปรไฟล์ของการกระจายรังสีได้ตามแนวแกน Z ก่อนใช้งานฟิล์มเรดิโอโครมิก จะต้องได้รับการสอบเทียบค่า ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าความดำบนฟิล์ม โดยการนำฟิล์มไปรับรังสีในปริมาณที่ทราบและอ่านค่าความดำจากฟิล์ม^๘

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดค่า CTDI ในหุ่นจำลองด้วยการใช้ฟิล์มภาพโครมิกและเปรียบเทียบค่า CTDI จากการวัดโดยใช้ไอออนไนเซชันแชมเบอร์

วิธีการศึกษา

วัสดุอุปกรณ์

๑. หุ่นจำลองส่วนลำตัวสำหรับวัดค่า CTDI ที่ประดิษฐ์ขึ้นจากไนลอนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๓๒ เซนติเมตร ยาว ๑๕ เซนติเมตร^๙

๒. ฟิล์มเรดิโอโครมิกชนิดภาพโครมิก รุ่น XR-QA2 (International specialty products, Wayne, NJ)

๓. เครื่องสแกนเนอร์ยี่ห้อ Epson รุ่น V330 (Epson America, Inc.)

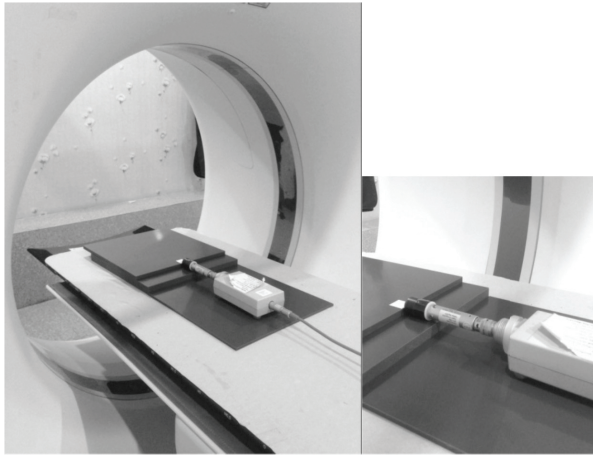
๔. หัววัดรังสีชนิดไอออนไนเซชันแชมเบอร์ Radcal รุ่น 10 X 5-6 ขนาดปริมาตร (effective volume) ๖ ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 10 X 5-3T ปริมาตร ๓ ลูกบาศก์เซนติเมตร และเครื่องอ่านผล ยี่ห้อ Radcal รุ่น 9010 (Radcal corporation)

๕. เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ Toshiba® รุ่น Aquilion LB ๑๖ สไลด์ (Toshiba medical system corporation)

๖. โปรแกรม Image J^{๑๐}

การสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับสอบเทียบค่าปริมาณรังสีและความดำบนฟิล์ม

สร้างกราฟมาตรฐานสำหรับสอบเทียบค่าปริมาณรังสีและความดำบนฟิล์มโดยการฉายรังสีจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ วางแผ่นฟิล์มขนาด ๒ x ๒ ตารางเซนติเมตร ที่จุดกึ่งกลางการหมุนของหลอดเอกซเรย์และตัวรับรังสี (isocenter) ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และวางไอออนไนเซชันแชมเบอร์ขนาดปริมาตร ๖ ลูกบาศก์เซนติเมตร คู่กัน เพื่ออ่านค่าปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ โดยให้ตำแหน่งของฟิล์ม และไอออนไนเซชันแชมเบอร์อยู่ในระดับเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ ๑



รูปที่ ๑ การวางตำแหน่งแผ่นฟิล์มและหัววัดรังสีไอออนไนเซชัน แชนเบอร์เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับสอบเทียบ ค่าปริมาณรังสีและความดำบนฟิล์ม

ฉายรังสีโดยการสแกนแบบ Axial ตั้งค่าพารามิเตอร์ โดยใช้ค่าความต่างศักย์ 120 kVp ลำรังสีกว้าง ๓๒ มิลลิเมตร ฉายรังสีลงบนฟิล์มจำนวน ๒๐ แผ่น โดยฉายทีละแผ่น ทำให้ฟิล์มได้รับปริมาณรังสีตั้งแต่ ๐ ถึง ๒๐๐ มิลลิเกรย์ โดยการปรับค่าผลคูณของกระแสหลอดและเวลา (mAs) อ่านค่าปริมาณรังสีจากไอออนไนเซชันแชนเบอร์ ทั้งฟิล์มไว้ ๒๔ ชั่วโมงให้เกิดจุดอิ่มตัวของความดำ จากนั้นนำฟิล์มแต่ละแผ่นไปสแกนด้วยเครื่อง Epson V330 ซึ่งเป็นรุ่นของเครื่องสแกนที่มีการศึกษาแล้วว่าสามารถใช้ในการสแกนฟิล์มภาพโครมิกได้^{๑๑} โดยตั้งค่าการสแกนที่ 72 dpi 48 bit color (RGB) ทำการสแกนโดยคว่ำด้านที่เกิดความดำลงชิดกับเครื่องสแกน เว้นระยะจากขอบทั้งสี่ด้านของเครื่องสแกน อย่างน้อย ๑ นิ้ว เพื่อให้ฟิล์มอยู่ในบริเวณที่แสงจากเครื่องสแกนมีความสม่ำเสมอ^{๑๒}

อ่านค่าโดยเลือกใช้ภาพจาก red channel เพราะสีแดงอยู่ในย่านที่มีความยาวคลื่น ๖๓๖ นาโนเมตร ซึ่งมีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีสูงสุด^{๑๓, ๑๔} ใช้โปรแกรม ImageJ อ่านค่า pixel value จากฟิล์มแต่ละแผ่นที่รับรังสีและไม่ได้รับรังสี โดยวาด Region of Interest (ROI) เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดประมาณ ๑.๘ x ๑.๘ ตารางเซนติเมตร จากนั้นนำมาหาค่าความดำ (Optical Density หรือ OD) ตามสูตร

$$OD = \log_{10} \left(\frac{\text{Pixel value}_{\text{unexposed}}}{\text{Pixel value}_{\text{exposed}}} \right) \dots \dots \dots (\text{สมการที่ } ๑)$$

เมื่อ

OD คือ ความดำของฟิล์มแต่ละแผ่น

Pixel value_{unexposed} คือ ค่าพิกเซลเฉลี่ยของฟิล์มที่ไม่ได้รับรังสี

Pixel value_{exposed} คือ ค่าพิกเซลเฉลี่ยของฟิล์มที่ได้รับรังสีแต่ละแผ่น

สร้างกราฟระหว่างค่าความดำและปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ โดยการปรับเส้นโค้งด้วยสมการ Rod bard^{๑๕}

$$Y = d + \frac{(a-d)}{1 + (x/c)^b}; X = c \times \left[\frac{(a-d)}{(Y-d)} - 1 \right]^{\frac{1}{b}} \dots \dots \dots (\text{สมการที่ } ๒)$$

เมื่อ

Y คือ ค่าความดำบนฟิล์ม

X คือ ค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้จากไอออนไนเซชันแชนเบอร์

a คือ ค่าความดำบนฟิล์มเมื่อปริมาณรังสีเท่ากับ ๐

b คือ ความชันของกราฟ

c คือ ปริมาณรังสีเมื่อค่าความดำของฟิล์มอยู่ที่กึ่งกลางระหว่าง ๐ และ α

d คือ ค่าความดำบนฟิล์มเมื่อปริมาณรังสีเท่ากับ α

การวัดค่า CTDI₁₀₀ โดยใช้ไอออนไนเซชันแชนเบอร์

การวัดค่า CTDI₁₀₀ ทำโดยวางหุ่นจำลองศีรษะหรือลำตัวไว้บนเตียงเอกซเรย์และจัดตำแหน่งกึ่งกลางหุ่นจำลองให้อยู่ในตำแหน่ง isocenter จากนั้นสอดไอออนไนเซชันแชนเบอร์สำหรับวัดค่า CTDI ซึ่งมีปริมาตร ๓ ลูกบาศก์เซนติเมตร ความยาวของ effective volume ๑๐๐ มิลลิเมตร เข้าไปในช่องที่ตำแหน่งตรงกลาง (Centre) และอีก ๔ ช่องที่ตำแหน่ง ๑ เซนติเมตรจากผิวของหุ่นจำลอง (Anterior, Posterior, Right Lateral และ Left Lateral) โดยให้ effective volume ของไอออนไนเซชันแชนเบอร์อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของหุ่นจำลอง ดังรูปที่ ๒



รูปที่ ๒ ตำแหน่งการวัดค่าปริมาณรังสีภายในหุ่นจำลอง

effective

วัดปริมาณรังสีในแต่ละช่องจากการสแกนแบบ Axial โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ 120 kVp, 200 mAs FOV = ๔๐๐ มิลลิเมตร ฟิลเตอร์ FC 18 และใช้ความกว้างของลำรังสี ๒ ค่าคือ ๑๖ มิลลิเมตร (๔ x ๔ มิลลิเมตร) และ ๓๒ มิลลิเมตร (๘ x ๔ มิลลิเมตร)

คำนวณค่า CTDI ในแต่ละตำแหน่ง ทั้ง ๕ ตำแหน่ง (ที่ช่องกึ่งกลางหุ่นจำลอง ๑ ช่อง และช่องที่ผิวอีก ๔ ช่อง) ในหน่วย mGy/100 mAs โดยใช้ค่าเฉลี่ยของรังสีที่อ่านได้คูณกับความยาวของไอออนเซชันแชนเบอร์ จากนั้นหารด้วยความกว้างของลำรังสีตามสมการ

$$CTDI = \frac{R \times L}{nT} \times cf \dots \dots \dots (\text{สมการที่ ๓})$$

เมื่อ

R คือ ค่าที่อ่านได้จากการวัดด้วยไอออนเซชันแชนเบอร์ (ซึ่งโดยปกติค่าที่อ่านได้จะแก้ค่าอุณหภูมิและความดันแล้ว)

cf คือ ค่าแก้สำหรับการตอบสนองของไอออนเซชันแชนเบอร์ คำนวณได้จากการสอบเทียบไอออนเซชันแชนเบอร์จากห้องปฏิบัติการ Secondary Standards Dosimetry Laboratory (SSDL) โดยปกติจะมีค่าใกล้เคียง ๑

L คือ ความยาวของ ไอออนเซชันแชนเบอร์ (ในที่นี้คือ ๑๐๐ มิลลิเมตร)

n คือ จำนวนชิ้นภาพ

T คือ ความหนาของชิ้นภาพ

คำนวณค่า Weighted CTDI ($CTDI_w$) ในหุ่นจำลอง ซึ่งเป็นค่าปริมาณรังสีจากการสแกนแบบ Axial ๑ สไลด์ ซึ่งคำนึงถึงการกระจายของรังสีในตำแหน่งต่างๆ ของหุ่นจำลองซึ่งมาจากสัดส่วน CTDI ณ ตำแหน่งตรงกลางหุ่นจำลองและ CTDI ตำแหน่ง ๑ เซนติเมตรจากผิวของหุ่นจำลอง เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_{100,center} + \frac{2}{3} CTDI_{100,periphery} \dots \dots \dots (\text{สมการที่ ๔})$$

เมื่อ

$CTDI_{100,C}$ คือ ค่า $CTDI_{100}$ วัดได้จากตำแหน่งตรงกลางหุ่นจำลอง

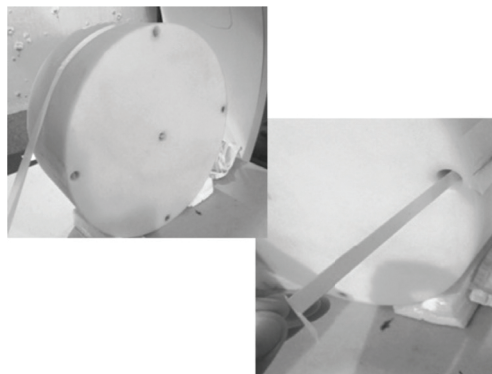
$CTDI_{100,P}$ คือ ค่า $CTDI_{100}$ วัดได้จากระยะ ๑ เซนติเมตรจากผิวของหุ่นจำลอง

การวัดค่า $CTDI_{100}$ โดยใช้เรติโอโครมิกฟิล์ม

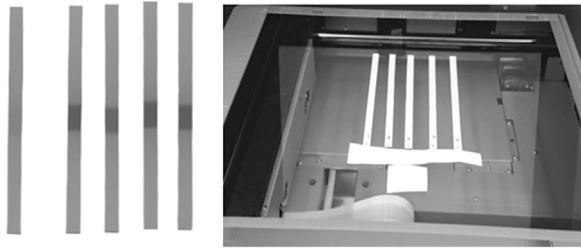
วางหุ่นจำลองไว้บนเตียงเอกซเรย์และจัดตำแหน่งกึ่งกลางหุ่นจำลองให้อยู่ในตำแหน่ง isocenter เช่นเดียวกับการวัดค่าโดยใช้ไอออนเซชันแชนเบอร์ แต่ใช้ฟิล์มภาพโครมิกขนาดกว้าง ๐.๘ มิลลิเมตรและยาว ๑๕ เซนติเมตร เพื่อให้ฟิล์มมีปริมาตรของการรับรังสีเท่ากับหัววัดชนิดไอออนเซชันแชนเบอร์ 10 x 5-3 CT ขนาดปริมาตร ๓ ลูกบาศก์เซนติเมตร นำฟิล์มภาพโครมิก ใส่ในช่องว่างทั้ง ๕ ช่องในหุ่นจำลอง โดยฟิล์มอยู่ในแนวตั้งขนานกับทิศทางของลำรังสี ดังรูปที่ ๓ จากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการตอบสนองของฟิล์มต่อปริมาณรังสีไม่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของลำรังสีที่ตกกระทบฟิล์ม^{๑๑}

วัดปริมาณรังสีในแต่ละช่องจากการสแกนแบบ Axial โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ 120 kVp, 800 mAs FOV = ๔๕๐ มิลลิเมตร ฟิลเตอร์ FC 18 และใช้ความกว้างของลำรังสี ๒ ค่าคือ ๑๖ มิลลิเมตร (๔ x ๔) และ ๓๒ มิลลิเมตร (๘ x ๔) ฟิล์มที่ได้รับรังสีแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ ๔ (ซ้าย) ทั้งฟิล์มไว้ ๒๔ ชั่วโมง จากนั้นนำฟิล์มแต่ละแผ่นไปสแกน ดังรูปที่ ๔ (ขวา) โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ของการสแกนตามที่ได้กล่าวไปข้างต้นในหัวข้อการสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับสอบเทียบค่าปริมาณรังสีและความดำบนฟิล์ม จากนั้นใช้โปรแกรม ImageJ อ่านค่าฟิกเชลเฉลี่ยเพื่อหาค่าความดำ (Optical Density หรือ OD) ตามระยะทางที่ได้รับรังสีในแนวแกน z (หน่วยมิลลิเมตร) และสร้างเป็นโปรไฟล์รังสี

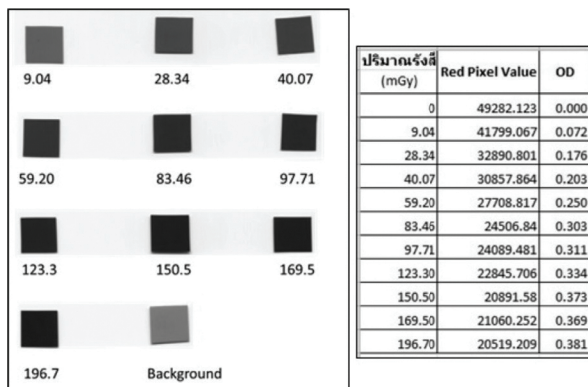
คำนวณค่า CTDI ในหน่วย mGy/100 mAs จากทั้ง ๕ ตำแหน่ง ในหุ่นจำลอง (Anterior, Posterior, Right Lateral และ Left Lateral) โดยหาค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีในช่วงระยะทาง ๑๐๐ มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความยาวของไอออนเซชันแชนเบอร์ ดังสมการที่ ๓ และค่า $CTDI_w$ และเปรียบเทียบกับสมการที่ ๓ ค่าระหว่างการใช้อิออนเซชันแชนเบอร์และฟิล์มภาพโครมิก



รูปที่ ๓ การใส่แถบฟิล์มภาพโครมิกในช่องว่างของหุ่นจำลองเพื่อวัดค่าปริมาณรังสี



รูปที่ ๔ (ซ้าย) แถบฟิล์มภาพโครมิกที่ได้รับรังสีแล้ว
(ขวา) การวางฟิล์มเพื่อสแกนความดำบนแผ่นฟิล์ม



รูปที่ ๕ ค่าปริมาณรังสีที่ฟิล์มแต่ละแผ่นได้รับ (มิลลิเกรย์)
และความดำบนฟิล์ม (OD)

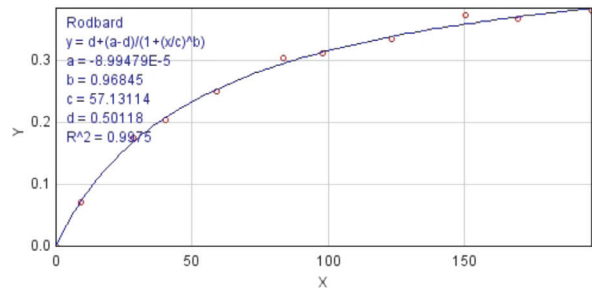
ผลการศึกษา

ผลการสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับสอบเทียบค่าปริมาณรังสีและความดำบนฟิล์ม เป็นไปตามรูปที่ ๕ ความดำของฟิล์มแต่ละแผ่นที่ได้รับปริมาณรังสี ๐ ถึง ๑๙๖.๗ มิลลิเกรย์ เป็นผลให้ฟิล์มเกิดความดำ ๐ ถึง ๐.๓๘๑ OD โปรไฟล์รังสีที่ได้ และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีและความดำของฟิล์มเป็นไปตามสมการ Rod bard ดังแสดงในรูปที่ ๖

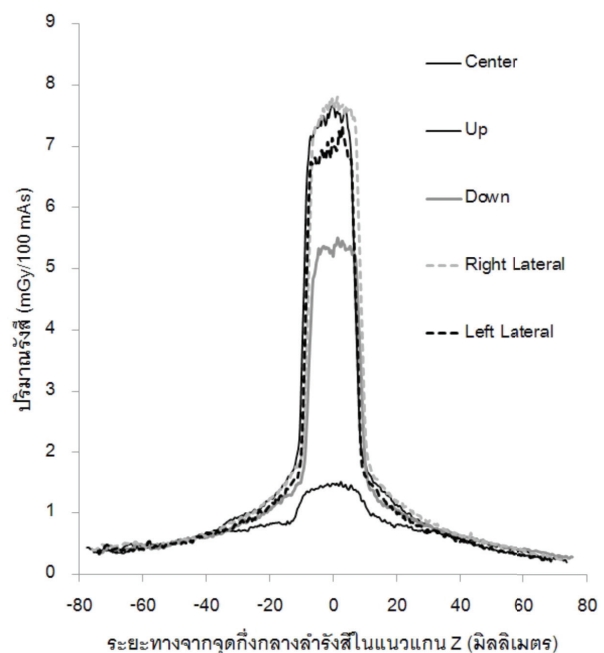
ตัวอย่างกราฟการกระจายของรังสี จากช่องว่างตรงกลาง (Centre) และทั้ง ๔ ช่องที่ผิว (Up Down Right และ Left) ในหุ่นจำลองส่วนลำตัวโดยใช้ลำรังสีที่มีความกว้าง ๑๖ มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ ๗ ปริมาณรังสีจากช่องตรงกลางจะมีค่าน้อยกว่าที่ผิวทั้งนี้เนื่องจากเกิดการลดทอนปริมาณรังสีจากความหนาของหุ่นจำลอง ส่วนการกระจายปริมาณรังสีที่ช่องว่างบริเวณผิวหุ่นจำลองทั้งสี่ช่อง มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นค่าที่ได้จากช่องว่างด้านที่อยู่ชิดกับเตียงจะมีค่าน้อยกว่าทั้งนี้เนื่องจากเกิดการลดทอนปริมาณรังสีโดยพื้นเตียง

ส่วนค่า CTDI ที่วัดโดยใช้ลำรังสีที่มีความกว้าง ๑๖ มิลลิเมตรและ ๓๒ มิลลิเมตร ในหุ่นจำลองส่วนศีรษะและ

ลำตัวและการเปรียบเทียบค่า CTDI และ $CTDI_w$ (ตามสมการที่ ๔) จากการวัดด้วยไอออนเซชันแคมเบอร์ และฟิล์มภาพโครมิก แสดงดังตารางที่ ๑ โดยความแตกต่างของค่า $CTDI_{100}$ ระหว่างไอออนเซชันแคมเบอร์ และฟิล์มภาพโครมิกที่วัดได้จากตำแหน่งต่าง ๆ ในหุ่นจำลองมีค่าอยู่ในช่วง $\pm$ ร้อยละ ๘ ส่วนความแตกต่างของค่า $CTDI_w$ อยู่ระหว่างร้อยละ ๒ - ๓



รูปที่ ๖ กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีในหน่วยมิลลิเกรย์ (แกน X) และความดำบนแผ่นฟิล์ม (แกน Y)



รูปที่ ๗ กราฟการกระจายรังสี เมื่อวัดในหุ่นจำลองส่วนลำตัวที่ตำแหน่งช่องว่างตรงกลาง (Centre) และที่ผิวโดยรอบทั้งสี่ช่อง ตำแหน่ง Up, Down, Right และ Left โดยใช้ลำรังสีที่มีความกว้าง ๑๖ มิลลิเมตร

ตารางที่ ๑ CTDI₁₀₀ (mGy/100 mAs) ที่วัดได้จากการใช้ไอออนไนเซชันแชมเบอร์ และฟิล์มภาพโครมิกในหุ่นจำลอง เมื่อใช้ลำรังสีที่มีความกว้าง ๑๖ มิลลิเมตรและ ๓๒ มิลลิเมตร

ตำแหน่งที่วัด	CTDI ₁₀₀ (mGy/100 mAs)			
	ลำรังสี ๑๖ มม.		ลำรังสี ๓๒ มม.	
	IC	Film	IC	Film
Centre	๕.๕๖	๕.๓๓	๕.๒๑	๕.๒๘
Anterior	๑๓.๐๙	๑๒.๕๘	๑๒.๐๗	๑๒.๓๕
Posterior	๙.๙๒	๑๐	๙.๓๙	๙.๐๓
Right Lateral	๑๒.๓๗	๑๒.๙๗	๑๒.๒๔	๑๑.๒๙
Left Lateral	๑๒.๔	๑๑.๕๗	๑๒.๕๘	๑๑.๗๑
CTDI _w	๙.๘๒	๙.๖๓	๙.๕๕	๙.๑๖

IC หมายถึง ไอออนไนเซชันแชมเบอร์

Film หมายถึง ฟิล์มภาพโครมิก

วิจารณ์ และสรุปผลการศึกษา

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าฟิล์มภาพโครมิก สามารถนำมาใช้เพื่อวัดการกระจายของปริมาณรังสีและคำนวณค่า CTDI ได้ โดยค่า CTDI ที่วัดได้จากตำแหน่งต่างๆ ระหว่างการใช้ไอออนไนเซชันแชมเบอร์และฟิล์มภาพโครมิก มีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง $\pm$ ร้อยละ ๘ ส่วนค่า CTDI_w มีความแตกต่างกันประมาณร้อยละ ๒ - ๓ เมื่อใช้ลำรังสีที่มีความกว้าง ๑๖ มิลลิเมตรและ ๓๒ มิลลิเมตร

การใช้ฟิล์มภาพโครมิก ในการหาค่า CTDI มีข้อดีที่เหนือกว่าการใช้ไอออนไนเซชันแชมเบอร์คือทำให้ทราบรูปร่างของการกระจายปริมาณรังสี ซึ่งการวัดด้วยไอออนไนเซชันแชมเบอร์ไม่สามารถทำได้เพราะจะแสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีตลอดความยาวของ effective volume ของไอออนไนเซชันแชมเบอร์เท่านั้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากฟิล์มมีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วง 0 - 200 mGy ซึ่งทำให้เกิดความดำสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.38 OD ดังนั้นจึงต้องกำหนดค่ากระแสหลอดและเวลา (mAs) ให้มากพอที่จะทำให้ฟิล์มเกิดความดำอยู่ในช่วงของกราฟมาตรฐาน และควรปฏิบัติตามคำแนะนำในคู่มืออย่างเคร่งครัดเพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการอ่านค่าที่อาจจะเกิดขึ้นได้

โดยสรุปฟิล์มภาพโครมิก รุ่น XR-QA2 สามารถนำมาใช้วัดการกระจายของปริมาณรังสีและคำนวณค่า CTDI ได้โดยความคลาดเคลื่อนของการวัดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคุณสมบัติ บุญขาว คุณเกรียงไกร จันรักษา และเจ้าหน้าที่

แผนกรังสีรักษาโรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิจัย และขอขอบคุณคณะผู้บริหาร แผนกรังสีรักษาโรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลกที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ประกอบการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

๑. Huda W, Ogden KM, Korasani MR. Converting dose-length product to effective dose at CT. *Radiology* 2008;248:995-1003.
๒. Amis ES, Butler PF, Applegate KE, Birnbaum SB, Brateman LF, Hevezi JM, et al. American College of Radiology White Paper on Radiation Dose in Medicine. *J Am C Radiol* 2007;4:272-84.
๓. Berrington GA, Mahesh M, Kim KP, Bargavan M, Lewis R, Mettler F, et al. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. *Achieves of Internal Medicine* 2009;169:2071-7.
๔. Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, Kim K-P, Mahesh M, Gould R, et al. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *Arch Intern Med* 2009;169:2078-86.
๕. International Electrotechnical Commission (IEC). Medical Electrical Equipment Part 2-44. Particular requirements for the safety of X-ray equipment for computed tomography. IEC Standard 6061-2-44 Ed. 2 Amendment 1. 2003.

๖. Gorny KR, Leitzen SL, Bruesewitz MR, Kofler JM, Hangiandreou NJ, McCollough CH. The calibration of experimental self-developing Gafchromic HXR film for the measurement of radiation dose in computed tomography. *Med Phys* 2005;32:1010-6.
๗. Rampado O, Garelli E, Deagostini S, Ropolo R. Dose and energy dependence of response of Gafchromic XR-QA film for kilovoltage x-ray beams. *Phys Med Biol* 2006;51:2871-81.
๘. Giaddui T, Cui Y, Galvin W, Yu Y, Xiao Y. Characteristics of Gafchromic XRQA-2 films for kV image dose measurement. *Med Phys* 2012;39:842-50.
๙. Sookpeng S, Cheebsumon P, Pengpan T, Martin CJ. Comparison of computed tomography dose index in polymethyl methacrylate and nylon dosimetry phantoms. *J Med Phys* 2016;41:45-51.
๑๐. Ferreira T, Rasband W. The ImageJ User Guide - Version 1.44 U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland; 2011.
๑๑. Alnawaf H, Yu P, Butson M. Comparison of Epson scanner quality for radiochromic film evaluation. *J Appl Clin Med Phys* 2012;13:314-21.
๑๒. Alnawaf H, Butson M, Cheung T, Yu PK. Scanning orientation and polarization effects for XRQA radiochromic film. *Phys Med* 2010;26:216-9.
๑๓. Alnawaf H, Cheung T, Butson MJ, Yu PK. Absorption spectra response of XRQA radiochromic film to x-ray radiation. *Radiation Measurements* 2010;45:129-32.
๑๔. Devic S. Radiochromic film dosimetry: Past, present, and future. *Phys Med* 2011;27:122-34.
๑๕. Sookpeng S, Martin CJ, Gentle DJ. A study of CT dose distribution in an elliptical phantom and the influence of automatic tube current modulation in the x-y plane. *J Radiol Prot* 2013;33:461-83.
๑๖. Butson MJ, Cheung T, Yu PK. Radiochromic film dosimetry in water phantoms. *Phys Med Biol* 2001; 46:27-31.

Abstract

Computed Tomography Dose Index measurements using Gafchromic film XR-QA2

Supawitoo Sookpeng, Patsuree Cheebsumon, Thanyawee Pengpan

Department of Radiological Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University

Introduction: Radiochromic (Gafchromic) film has been used in a range of dosimetry applications. Gafchromic film XR-QA2 (International specialty products, Wayne, NJ) has an operational dose response range up to 200 mGy in the energy range between 20 kVp and 200 kVp. This film has become increasingly popular for measuring CT dose distributions.

Method: This study aimed to measure Computed Tomography Dose Index (CTDI) using Gafchromic XR-QA2. The film was calibrated using a Toshiba® CT scanner model Aquilion LB. Strips of Gafchromic film 0.8 cm wide and 15 cm long, which has an area equivalent to the effective volume of the ionization chamber (IC), were placed in each of five holes of the phantom. Dosimetric measurements were made for 16 mm and 32 mm beam width and values from the films were compared to those from the IC.

Result: Differences in CTDI measurements between Gafchromic XR-QA film and the IC were within $\pm 8\%$, while those for CTDI_w were about 2 - 3%.

Discussion and Conclusion: Gafchromic XR-QA2 can be used for measurements of dose distribution from Computed Tomography scanners and calculation of CTDI values.

Key words: Computed Tomography, CTDI, Gafchromic film