วารสารวิชาการสาธารณสุข
ปีที่ ๑๘ ฉบับที่ ๕ กันยายน - ตุลาคม ๒๕๕๒

Journal of Health Science
Vol. 18 No. 5 September - October 2009

Original Article

นิพนธ์ต้นฉบับ

การคำนวณปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับแบบ Real time

ศุภวิทู สุขเพ็ง
คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

บทคัดย่อ วัตถุประสงค์หลักของการวิจัย คือ การสร้างสมการคำนวณปริมาณเอกซโพเชอร์ที่ผิวผู้ป่วยได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไปโดยทำการศึกษาจากเครื่องเอกซเรย์ 2 รุ่นคือรุ่น A และรุ่น B จากโรงพยาบาลของรัฐภายในจังหวัดพิษณุโลก สุโขทัยและกำแพงเพชร ผู้วิจัยวัดค่าเอกซโพเชอร์ โดยใช้หัววัดรังสีชนิดไอออไนซ์เซชั่นแชมเบอร์ (ยี่ห้อ RADCAL รุ่น 10X5-6M) พร้อมทั้งใช้วิธีการวัดของ American Association of Physics in Medicine หมายเลข 31 ผลการวิจัยพบว่าได้สมการหาค่าปริมาณรังสีที่ผิวผู้ป่วยได้รับจาก ค่าความต่างศักย์ ค่ากระแสหลอดและเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพ ระยะทางจากหลอดเอกซเรย์ถึงผิวผู้ป่วย ระยะทางจากหลอดเอกซเรย์ถึงส่วนรับภาพ และอายุการใช้งานของเครื่องเอกซเรย์ โดยสมการของเครื่องเอกซเรย์ทั้งรุ่น A และรุ่น B สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าปริมาณรังสีที่ผิวผู้ป่วยได้รับโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง ± 0.908 และ ± 2.169 ตามลำดับ

คำสำคัญ: **เอกซโพเชอร์ที่ผิว, การถ่ายภาพเอกซเรย์**

บทนำ

ในปัจจุบันมีการนำรังสีมาใช้ประโยชน์ทางด้านการแพทย์อย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามผู้ป่วยที่เข้ารับการถ่ายภาพรังสีย่อมได้รับทั้งประโยชน์และโทษไปพร้อม ๆ กันเพราะเมื่อรังสีเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์จะถ่ายทอดพลังงานทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโมเลกุล นำไปสู่ผลทางชีววิทยาต่าง ๆ ที่ตามมา เช่นการตายของเซลล์ การกลายพันธ์ ปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดที่มีผลต่อความเสียหายของระบบชีวภาพของร่างกายก็คือปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับ ยิ่งได้รับปริมาณรังสีมากขึ้นโอกาสของการเกิดผลทางชีวภาพจะมากขึ้น[1] นอกจากนี้ยังมีหลักฐานเป็นที่แน่ชัดว่ารังสีเอกซ์เป็นสารก่อมะเร็ง การได้รับรังสีจะทำให้อุบัติการณ์ของการเป็นมะเร็งสูงขึ้นและบริเวณที่ได้รับรังสีมีโอกาสเป็นมะเร็งมากกว่าบริเวณที่ไม่ได้รับ[2] ดังนั้นจึงต้องใช้รังสีอย่างระมัดระวังแม้จะมีปริมาณน้อยก็ตาม

ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์นั้นเป็นสิ่งที่นักรังสีเทคนิคทุกคนควรตระหนักถึงและให้ความสำคัญ แต่การที่จะทราบปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับนั้น มีวิธีการอันยุ่งยากซับซ้อนต้องวัดโดยใช้เครื่องวัด

ปริมาณรังสีซึ่งมีราคาที่ค่อนข้างสูง[3] มักไม่พบในโรงพยาบาลส่วนใหญ่ ทำให้ไม่สามารถหาค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ จึงมีผู้ที่พยายามคิดค้นหาวิธีการที่จะสามารถคำนวณปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์โดยใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับค่าปริมาณรังสี

จากการทบทวนวรรณกรรมพบงานวิจัยที่ได้หาวิธีการคำนวณค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ เช่นสุชาติ โกทันต์[4] ได้ศึกษาสมการคำนวณปริมาณรังสีดูดกลืนที่ผิวได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ของเครื่องเอกซเรย์ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ที่ได้รับการสอบเทียบมาตรฐานของเครื่องมือจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์แล้ว โดยนำมาสร้างเป็นสมการในการคำนวณจากความสัมพันธ์ของระยะทางจากจุดกำเนิดรังสีถึงผิวหนัง (Source Skin Distance: SSD) ความหนาของฟิลเตอร์ภายในหลอดเอกซเรย์ ค่าความต่างศักย์ (kVp) ที่ใช้ในการถ่ายเอกซเรย์ ค่ากระแสไฟฟ้า (mA) รวมถึงเวลา (s) ที่ใช้ในการถ่ายเอกซเรย์ นอกจากนี้ มิทซูฮิโร และคณะ[5] ได้ศึกษาสมการเพื่อประเมินค่าปริมาณรังสีดูดกลืนที่เต้านมได้รับจากการถ่ายเอกซเรย์เต้านมของประเทศญี่ปุ่นและได้สมการซึ่งประกอบด้วยความสัมพันธ์จาก ค่า mAs ที่ใช้ในการถ่ายเอกซเรย์เต้านม ค่า output และค่า SSD

อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยที่มุ่งพัฒนาสมการสำหรับการคำนวณปริมาณรังสีที่ผิวผู้ป่วย (Entrance Skin Exposure : ESE) ได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ได้ทั่วไป ผู้วิจัยจึงคิดพัฒนาสมการสำหรับคำนวณปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ โดยใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับค่าปริมาณเอกซโพเซอร์ในอากาศ (exposure) ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิเรนเกนท์ (Milliroentgen : mR) จากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่าoutput ของเครื่อง ค่า kVp ค่า mA ค่า s ที่ใช้ในการถ่ายเอกซเรย์ มาหาความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปของสมการเพื่อสามารถหาค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับเพียงทราบค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในสมการก็จะสามารถคำนวณค่า ESE ได้ทันที เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยชิ้นนี้มิเพียงแต่เป็นการยืนยันเรื่องความปลอดภัยจากรังสีของผู้ป่วยเท่านั้น แต่ยังถือเป็นการปฏิบัติตามข้อกำหนดของการควบคุมคุณภาพของการถ่ายภาพเอกซเรย์อีกด้วย

วิธีการศึกษา

เก็บรวบรวมข้อมูลและคุณสมบัติของเครื่องเอกซเรย์และปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไปของโรงพยาบาลรัฐบาล 27 แห่งในจังหวัดพิษณุโลก สุโขทัยและกำแพงเพชร

ขั้นตอนการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ได้การพิจารณารับรองทางจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องเอกซเรย์ของโรงพยาบาลต่าง ๆ
2. หัววัดรังสีชนิดไอออไนเซชั่น ยี่ห้อ RADCAL รุ่น 9010 พร้อมเครื่องอ่านผล

ขั้นตอนการทดลอง

1. เก็บรวบรวมข้อมูลยี่ห้อและรุ่นของเครื่องเอกซเรย์

2. วัดค่า exposure โดยจัดระยะจากหลอดเอกซเรย์ถึงอุปกรณ์รับภาพที่ใช้ประจำ คือ 100 เซนติเมตร วางหัววัดให้ห่างจากหลอดเอกซเรย์เป็นระยะ 77 เซนติเมตร วางหัววัดเหนือพื้นเตียง โดยใช้อุปกรณ์จำลองความหนา 23 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความหนาเฉลี่ยของผู้ป่วยทั่วไป ตามคำแนะนำจากรายงานของ American Association of Physicists in Medicine (AAPM) หมายเลข 31[6] วางแผ่นตะกั่วบนอุปกรณ์จำลองใต้หัววัด เพื่อป้องกันรังสีกระเจิงที่อาจเกิดจากอุปกรณ์นั้น ๆ และเปิดพื้นที่ลำรังสีให้ครอบคลุมเฉพาะบริเวณหัววัดตั้งค่า kVp และค่า mA และ s ที่ใช้งานประจำ โดยให้ค่า kVp คงที่ เปลี่ยนค่า mAs ตามค่า kVp นั้น ๆ นำค่า Exposure ที่ได้มาหารด้วยค่า mAs

เพื่อหาค่า output ของเครื่อง

3. หาความสัมพันธ์ระหว่าง output กับค่า kVp และ HVL และความสัมพันธ์ระหว่าง HVL กับค่า kVp

4. สร้างสมการหาค่า output

5. สร้างสมการหาค่า exposure[1] โดย exposure = output X mAs

6. สร้างสมการหาค่า ESE[1] โดยใช้กฎกำลังสองผกผัน เพื่อแก้ค่า exposure สำหรับความหนาของผู้ป่วยโดยอาศัยระยะจาก แหล่งกำเนิดรังสีถึงอุปกรณ์รับภาพ (Source Detector Distance: SDD) และระยะทางจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงผิวหนังของผู้ป่วย (Source Skin Distance: SSD) ตามสมการ

$$ESE\ (mR) = exposure \times \left\{\frac{SDD}{SSD}\right\}^2$$

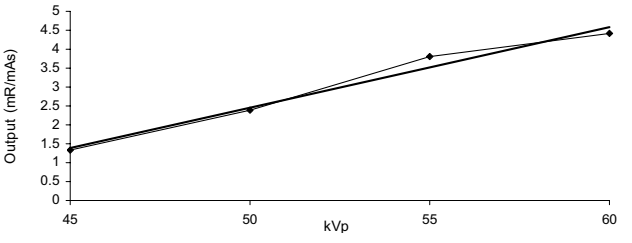
7. ตรวจสอบความถูกต้องของสมการโดยเปรียบเทียบกับการวัดค่าในผู้ป่วยจริง โดยจำลองค่า kVp และ mAs ที่ใช้จริงจากนั้นต่อหัววัดรังสีเข้ากับเครื่องอ่านซึ่งตั้งค่าให้อ่านในหน่วย mR วางเครื่องอ่านไว้หลังส่วนควบคุมเครื่อง เพื่อให้ง่ายต่อการอ่านค่ารังสี

ผลการศึกษา

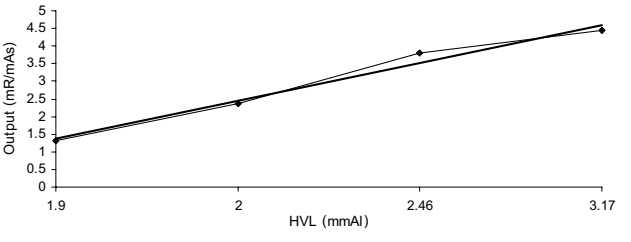
พบว่ามีเครื่องเอกซเรย์อยู่ 2 รุ่นที่โรงพยาบาลส่วนใหญ่ใช้ คือรุ่น A และรุ่น B โดยเป็นเครื่องชนิด 1 phase- full wave ผู้วิจัยจึงสร้างสมการสำหรับเครื่องเอกซเรย์ 2 รุ่นนี้เท่านั้น

สำหรับเครื่องเอกซเรย์รุ่น A พบว่า ค่า output มีความสัมพันธ์กันกับค่า kVp HVL (รูปที่ 1 และรูปที่ 2) อายุการใช้งานของเครื่อง ส่วนค่า kVp มีความสัมพันธ์กันกับค่า HVL ในรูปเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 (รูปที่ 3) และค่า HVL มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกันกับอายุการใช้งานของเครื่องเอกซเรย์ในรูปความสัมพันธ์เชิงเส้น ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

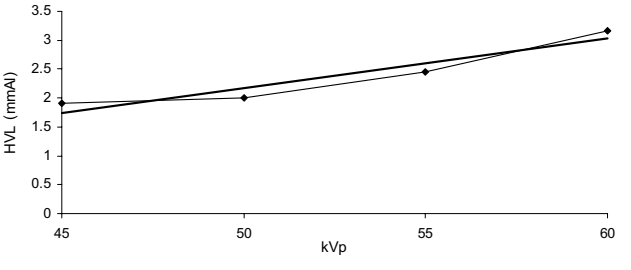
โดยค่า output, ค่า kVp และค่า HVL สามารถแสดงในรูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นได้ดังนี้



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า output และค่า kVp ของเครื่องเอกซเรย์รุ่น A



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า output และค่า HVL ของเครื่องเอกซเรย์รุ่น A



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า HVL และค่า kVp ของเครื่องเอกซเรย์รุ่น A

สรุปสมการถดถอยที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ค่า output ของเครื่องเอกซเรย์รุ่น A คือ

output = 0.147kVp + 0.129Age - 5.087 ..... **(1)**

ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิเรนเกนต์ต่อผลคูณระหว่างกระแสหลอดกับเวลา (mR/mAs)

สำหรับเครื่องเอกซเรย์รุ่น B พบว่าค่า output มีความสัมพันธ์กับค่า kVp, ค่า HVL และอายุการใช้งานของเครื่องเอกซเรย์ (รูปที่ 4 และรูปที่ 5) โดยมีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

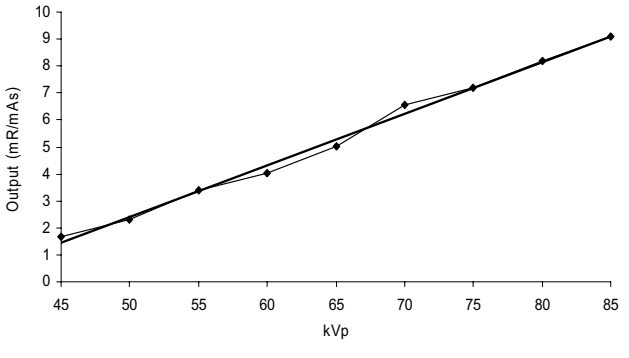
แต่อายุการใช้งานของเครื่องจะเป็นรูปแบบในทิศทางตรงกันข้าม

ค่า kVp มีความสัมพันธ์กันกับค่า HVL (รูปที่ 6) โดยมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 แต่ไม่มีความสัมพันธ์กันกับอายุการใช้งานของเครื่องเอกซเรย์

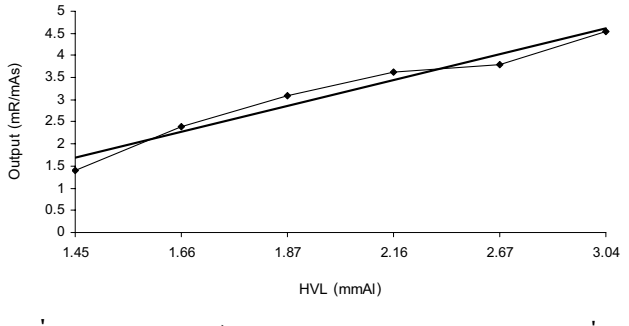
ค่า HVL มีความสัมพันธ์กันกับอายุการใช้งานของเครื่องเอกซเรย์ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

ซึ่งสามารถแสดงในรูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นได้ดังนี้

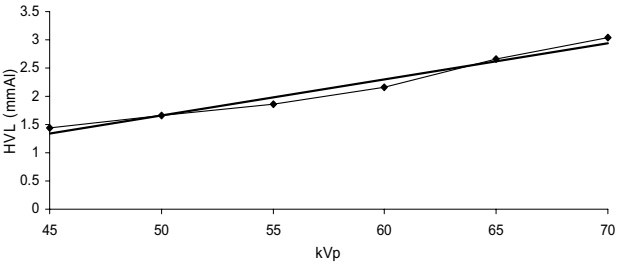
พิจารณาจากค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมของสมการถดถอย และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ เพื่อทำนายค่า output ของเครื่องเอกซเรย์รุ่น B พบว่าค่า kVp, อายุการใช้งานของเครื่อง และค่า HVL สามารถทำนายสมการค่า output ดังนั้นจึงสามารถนำตัวแปรอิสระเหล่านี้ มาสร้างสมการถดถอย ได้ดังนี้



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า output และค่า kVp ของเครื่องเอกซเรย์รุ่น B



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า output และค่า HVL ของเครื่องเอกซเรย์รุ่น B



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า HVL และค่า kVp ของเครื่องเอกซเรย์รุ่น B

Conversion Factor = 0.221kVp - 2.287HVL - 0.148Age - 3.039 ..... **(2)**

นอกจากนี้พบว่า ค่าความต่างศักย์มีความสัมพันธ์กับค่า HVL และอายุการใช้งานของเครื่องโดย

HVL = 0.029kVp + 0.023Age + 0.205 ..... **(3)**

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว จึงนำสมการ (3) แทนค่าลงในสมการ (2) จะได้สมการสำหรับการพยากรณ์ค่า output ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิเรนเกนต์ต่อผลคูณระหว่างกระแสหลอดกับเวลา (mR/mAs) ดังนี้

Output = 0.1547kVp - 0.2006Age - 3.5078 ..... **(4)**

หลังจากได้สร้างสมการสำหรับการพยากรณ์ค่า Output แล้ว สามารถนำสมการที่ได้เหล่านั้นมาคูณกับค่า mA และ s เพื่อได้ค่า Exposure ตามความสัมพันธ์

Exposure = Output × mA × s ..... **(5)**

เนื่องจากสมการที่ได้เป็นสมการที่ใช้สำหรับการหาค่า exposure ที่ระดับความหนา 23 เซนติเมตร และระยะจากหลอดเอกซเรย์ถึงหัววัด 100 เซนติเมตร แต่การนำไปใช้วัดผู้ป่วยจริงซึ่งมีความหนาที่ไม่เท่ากัน และการจัดระยะทางจากหลอดเอกซเรย์ถึงตัวผู้ป่วยหรืออุปกรณ์รับภาพก็ไม่เท่ากัน ดังนั้นค่า exposure ก็ย่อมแปรผันตามระยะทางที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นไปตามกฎกำลังสองผกผัน จึงนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ทำให้ได้

สมการพยากรณ์ค่า ESE ของเครื่องแต่ละรุ่น ดังนี้

1. สมการเอกซโพเซอร์ที่ผิวผู้ป่วยได้รับของเครื่องเอกซเรย์รุ่น A

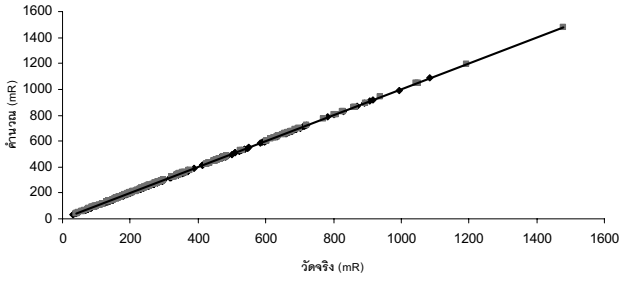
$$ESE = (0.147kVp + 0.129Age - 5.087) \times mAs \times \left\{\frac{SDD}{SSD}\right\}^2$$

2. สมการเอกซโพเซอร์ที่ผิวผู้ป่วยได้รับของเครื่องเอกซเรย์รุ่น B

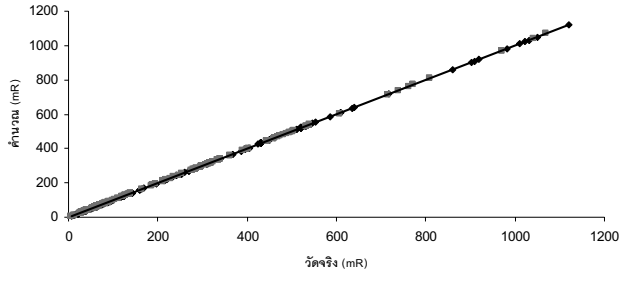
$$ESE = (0.1547kVp - 0.2006Age - 3.5078) \times mAs \times \left\{\frac{SDD}{SSD}\right\}^2$$

สำหรับเครื่องเอกซเรย์รุ่น A พบว่าค่า ESE ที่คำนวณได้มีร้อยละความผิดพลาดจากการวัดจริงเท่ากับ ± 0.908 (รูปที่ 7)

สำหรับเครื่องเอกซเรย์รุ่น B พบว่าค่า ESE ที่คำนวณได้มีร้อยละความผิดพลาดจากการวัดจริงเท่ากับ ± 2.169 (รูปที่ 8)



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบระหว่างค่า exposure ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการพยากรณ์และค่า exposure ที่ได้จากการวัดจริงของเครื่องเอกซเรย์รุ่น A



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบระหว่างค่า exposure ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการพยากรณ์และค่า exposure ที่ได้จากการวัดจริงของเครื่องเอกซเรย์รุ่น B

วิจารณ์

จากการพัฒนาสมการสำหรับคำนวณค่า ESE จากการถ่ายภาพเอกซเรย์ครั้งนี้ปรากฏว่าได้สมการสำหรับเครื่องเอกซเรย์ 2 รุ่น (ต่างยี่ห้อ) ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดย รุ่น A มีใช้จำนวน 7 โรงพยาบาลและรุ่น B จำนวน 6 โรงพยาบาล และพบว่าอายุการใช้งานของทั้ง 2 ยี่ห้อนั้น มีอายุการใช้งานน้อยกว่า 15 ปี ส่วนเครื่องเอกซเรย์รุ่นและยี่ห้ออื่นมีใช้เพียงเครื่องละ 2 โรงพยาบาลเท่านั้น ทำให้มีข้อมูลไม่เพียงพอในการนำมาวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์และเปรียบเทียบผลที่ได้

จากการหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่า output พบว่า ค่าที่มีความสัมพันธ์กับค่า output มากที่สุด คือ ค่า kVp เมื่อได้สมการพยากรณ์ค่า output แล้ว จะนำค่านั้นมาสร้างสมการหาค่า exposure โดยนำค่า output ที่ได้เข้าไปคูณกับค่า mA และ s จะได้ออกมาเป็นค่า exposure และหลังจากที่ได้สมการพยากรณ์ค่า output และค่า exposure แล้ว ก็จะสามารถนำมาสร้างสมการเพื่อหาค่า ESE ได้ แต่ต้องใช้กฎกำลังสองผกผันเข้ามาช่วยในการแก้ค่าความหนาของผู้ป่วยเพื่อให้ได้ทราบปริมาณรังสีที่แท้จริงและใกล้เคียงกันมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของโมฮามาเดียล[3] และสุชาติ โกทันต์[4] ได้ศึกษาสมการคำนวณปริมาณรังสีดูดกลืนที่ผิวได้รับโดยพบว่าค่า mA, s และ kVp มีผลต่อปริมาณรังสีดูดกลืนที่ผู้ป่วยได้รับแต่ต้องมีการแก้ค่าโดยอาศัยความหนาของอวัยวะผู้ป่วยเช่นเดียวกัน

จากสมการที่ได้จากงานวิจัยชิ้นนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงในผู้ป่วยพบว่ามีความผิดพลาดที่น้อยพอสมควรและสังเกตว่าค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบนั้นพบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณนั้นจะมีค่ามากกว่าค่าที่วัดได้จริงหากใช้สมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ถึงแม้จะมีความผิดพลาดบ้างแต่ผู้วิจัยคิดว่าสามารถยอมรับได้ เป็นที่น่าสังเกตว่าในช่วงการตั้งค่า kVp ที่ต่ำและการตั้งค่า mAs

ที่สูงจะมีร้อยละความผิดพลาดสูง แต่ช่วงที่ใช้งานบ่อยหรือมีค่า kVp อยู่ในระดับกลางนั้น จะไม่ค่อยมีความแตกต่างกันมากนัก อาจเป็นผลจากสมการ ที่ใช้ในการคำนวณค่า kVp ในระดับต่ำไม่มีความแม่นยำ แต่ค่า kVp ระดับนี้มักจะใช้กับอวัยวะที่ไม่ได้รับอันตรายมากนัก เมื่อได้รับรังสี เช่น มือ แขน ขา เป็นต้น แต่ถ้าหากเป็นเด็กหรือผู้ที่มีพยาธิสภาพต่าง ๆ ก็ให้พิจารณาเลือกค่าที่เหมาะสมในการใช้งานต่อไป ดังนั้นสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ เหมาะสำหรับใช้ในการวัด ESE โดยใช้ช่วงค่า 60-80 kVp และ 10-50 mAs จะสามารถพยากรณ์ได้ใกล้เคียงและแม่นยำมากที่สุด จากการตรวจสอบพบว่า เป็นช่วงค่าเทคนิคที่นิยมใช้ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ทรวงอกและบริเวณช่องท้องและเชิงกราน ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่มีอวัยวะที่สำคัญและมีความไวต่อรังสีมากกว่าบริเวณอื่น แสดงว่าสมการที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปใช้แทนหัววัดรังสีได้ แต่ต้องอยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม

ข้อยุติ

จากการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องเอกซเรย์รุ่น A และรุ่น B ซึ่งนิยมใช้สำหรับการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไปของโรงพยาบาลสังกัดภาครัฐบาลใน 3 จังหวัดคือจังหวัดพิษณุโลก สุโขทัยและกำแพงเพชรพบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อค่า output ของเครื่องเอกซเรย์คือ ค่า kVp และค่า HVL จึงสามารถหาสมการเพื่อทำนายค่า output ได้ จากนั้นนำค่า output ที่ได้ไปคูณกับค่า mA และ s เพื่อหาค่า exposure ที่เกิดจากสมการนั้นจะสามารถสร้างสมการหาค่า ESE ได้ โดยใช้กฎกำลังสองผกผันเป็นค่าแก้ที่เกิดจากระยะ SSD และ SDD สมการที่ได้จากการวิจัยนี้มี 2 สมการคือ

1) สมการหาปริมาณรังสีที่ผิวผู้ป่วยได้รับของเครื่องเอกซเรย์รุ่น A

$$ESE\ (mR) = (0.147kVp - 0.076Age - 5.042) \times mAs \times \left\{\frac{SDD}{SSD}\right\}^2$$

2) สมการหาปริมาณรังสีที่ผิวผู้ป่วยได้รับของเครื่องเอกซเรย์รุ่น B

$$ESE\ (mR) = (0.1505kVp - 0.2092Age - 3.34515) \times mAs \times \left\{\frac{SDD}{SSD}\right\}^2$$

สำหรับสมการของเครื่องเอกซเรย์รุ่น A และ B สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาค่า ESE โดยคิดเป็นร้อยละความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $\pm$ 0.908 และ $\pm$ 2.169 สำหรับเครื่องเอกซเรย์รุ่น A และ B ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยการสนับสนุนและให้ความอนุเคราะห์จากบุคคลและหน่วยงานหลายฝ่าย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งกรุณาให้การสนับสนุนและอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการโรงพยาบาลและเจ้าหน้าที่ทุกท่านในโรงพยาบาลทุกแห่งที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล การใช้เครื่องมือ และให้คำแนะนำเป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Bushong SC. Radiologic science for technologists. 7th ed. St. Louis: Mosby; 2001.
2. International Commission of Radiological Protection Committee 3. Diagnostic reference levels in medical imaging review and additional advice: a web module [online] 2001 [cited 2006 Dec 8]; Available from: URL: http://www.icrp.org/docs/DRL_for_web.pdf
3. Mohamadain KEM, Rosa LAR, Azevedo ACP, Guebel MRN, Boechat MCB, Habani F. Dose evaluation for pediatrics chest x-ray examinations in Brazil and Sudan: low dose and reliable examinations can be achieved in developing countries. Phy Med Biol 2004; 49:1017-31.

4. Suchart K. Comparison of calculated and direct measured x-radiation output (dissertation). Bangkok: Mahidol University; 1998.
5. Mitsuhiro M, Shinichi I, Ikuko H, Shuji Y, Takashi U., Yuji O. Real-time estimation system for Mean Glandular Dose in mammography. Radiation Medicine 2003; 21:280-4.
6. The American Association of Physicists in Medicine Task Group 8. Standardized methods for measuring diagnostic X-ray exposure: a web module [serial online] 2005 [cited 2006 Dec 8]; Available from: URL: http://www.doh.gov.za/department/radiation/codeofpractice/ electronicproducts/ionising/diag_xray.pdf

Abstract **Real-time Dose Calculation in Radiographic Examination**
Supawitoo Sookpeng
Faculty of Allied Health Science, Naresuan University, Phitsanulok
Journal of Health Science **2009; 18:764-70.**

The primary purpose of this research was to develop the equation for calculation of patient entrance skin exposure (ESE) from radiographic examinations. Two models (A and B) of general x-ray equipment of governmental hospitals in Phitsanulok, Sukhothai and Kumpang Phet provinces were included in this study. The exposure was measured by Ionization chamber RADCAL 10X5-6M according to AAPM No. 31 recommendation. The results reveal that the equation was developed in terms of the voltage, current and time that used in radiographic examination, source skin distance, source detector distance and age of x-ray machine. The equations for both model A and B can be used for calculation of patient entrance skin exposure (ESE) with the mean percentage errors of ± 0.908 and ± 2.169 respectively.

Key words: **entrance skin exposure, radiographic examination**