นิพนธ์ต้นฉบับ • Original Article

ปริมาณรังสีจากการถ่ายภาพเอกซเรย์เต้านมด้วยเครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอลของโรงพยาบาลศรีนครินทร์

ปริศนา ตราชู, จิราภรณ์ ศรีนัครินทร์, อมรรัตน์ มังษา
ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Radiation dose from Digital Mammography in Srinagarind Hospital

Prissana Trachoo, Jiraporn Srinakarin, Amornrat Mangsa
Department of Radiology, Faculty of Medicine, Khon Kaen University

หลักการและวัตถุประสงค์: ปัจจุบันการตรวจเอกซเรย์เต้านมนิยมตรวจด้วยเครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอลแทนระบบอนาล็อก เนื่องจากมีการศึกษาสนับสนุนว่าได้รับปริมาณรังสีต่อเนื้อเต้านมน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณรังสีของเต้านมในแต่ละช่วงความหนาจากแรงกดทับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์เต้านมในระบบดิจิตอล

วิธีการศึกษา: เป็นการเก็บข้อมูลย้อนหลังของผู้มารับการตรวจเอกซเรย์เต้านมระบบดิจิตอลในช่วงวันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2555 แล้วหาปริมาณรังสีในแต่ละช่วงความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับในท่า MLO (mediolateral oblique) และท่า CC (craniocaudal) ที่ 2-3, 3-4, 4-5 และมากกว่า 5 ซ.ม.ตามลำดับ และหาความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีระหว่างค่า kVp กับค่า mAs

ผลการศึกษา: มีจำนวนผู้ป่วย 2,300 ราย อายุเฉลี่ย 50.9 ปี พบมีปริมาณรังสีจากการตรวจในแต่ละท่าของระดับความหนาดังกล่าว มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.08, 1.37, 1.55, 1.69 มิลลิเกรย์ตามลำดับ ซึ่งแต่ละค่าไม่เกินค่ามาตรฐานสากลของ American College of Radiology (ACR) ที่กำหนดไว้ให้มีค่าน้อยกว่า 3 มิลลิเกรย์ต่อฟิล์ม

สรุป: ปริมาณรังสีในแต่ละช่วงความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับจากเครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอลมีค่าเฉลี่ยที่กึ่งหนึ่งของค่าที่ ACR กำหนด โดยปริมาณรังสีจะเพิ่มขึ้นตามความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับ

คำสำคัญ: เครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอล, ปริมาณรังสี

Background and objective: Full-Field Digital Mammography (FFDM) has been steadily replacing analog mammography due to significantly reduce radiation dose. This study aims to investigate the radiation dose to each breast in relation to compressed breast thickness from digital mammography.

Materials and Methods: Data from all patients who underwent FFDM in Srinagarind Hospital during January 1, 2012 to December 31, 2012 were retrospectively collected. From the MLO (mediolateral oblique) and CC (craniocaudal) views, the average dose in the breast thickness at 2-3 cm, 3-4 cm, 4-5 cm, and >5 cm were determined, respectively. The relationship between dose (d), tube voltage (kVp), and tube current (mAs) were analyzed.

Results: A total of 2,300 patients with mean age of 50.9 years old were included. The average radiation dose measured in each thickness level of the compressed breast were 1.08, 1.37, 1.55, 1.69 mGy, respectively, each of which does not exceed the limit of 3 mGy per film recommended by the American College of Radiology (ACR).

Conclusion: The radiation dose in each of the thickness of the compressed breast from FFDM was approximately a half of the ACR recommendation. The radiation dose is increased by the thickness of the breast.

Keywords: Digital mammography, radiation dose

ศรีนครินทร์เวชสาร 2558; 30 (6): 604-608 ♦ Srinagarind Med J 2015; 30 (6): 604-608

บทนำ

ในปัจจุบันการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมและการตรวจวินิจฉัยโรคเต้านมนิยมตรวจด้วยเครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอล (Full-Field Digital Mammography, FFDM) แทนระบบอนาล็อกเนื่องจากมีการศึกษาที่สนับสนุนว่ามีความไวและความจำเพาะในการวินิจฉัยเหนือกว่าอย่างมีนัยสำคัญ[1-5] อย่างไรก็ตามการถ่ายภาพเอกซเรย์เต้านมอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเต้านมโดยตรงซึ่งเป็นผลจากการทำอันตรกิริยาของรังสีต่ออวัยวะที่ได้รับ และปริมาณรังสีที่ได้รับแปรผันโดยตรงกับความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับขณะตรวจ[6-9] ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจำกัดค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยควรได้รับจากการตรวจเอกซเรย์เต้านมให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสากล โดยทั่วไปนิยมอ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐานของ American College of Radiology (ACR) ที่กำหนดให้การตรวจแต่ละครั้งไม่ควรได้รับรังสีดูดกลืนที่เต้านมเกิน 3 มิลลิเกรย์ต่อภาพ[9,10] และให้คงคุณภาพของภาพที่สามารถวินิจฉัยได้ตามมาตรฐาน นอกจากนี้ปริมาณของรังสีที่ได้รับต่อเนื้อเต้านมในการเอกซเรย์ระบบดิจิตอลพบรายงานว่ามีปริมาณน้อยกว่าการเอกซเรย์ระบบอนาล็อก[1] วัตถุประสงค์การศึกษาครั้งนี้ต้องการศึกษาปริมาณรังสีจากการถ่ายภาพเอกซเรย์เต้านมด้วยเครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอลของผู้ป่วยที่มารับการตรวจเอกซเรย์เต้านมในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ โดยศึกษาในแต่ละช่วงความหนาของเต้านมจากแรงกดทับขณะรับการตรวจว่าอยู่ในระดับมาตรฐานสากลตามเกณฑ์กำหนดของ ACR หรือไม่

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยขอนแก่น (เลขที่โครงการ HE561002) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังของผู้มารับการตรวจเอกซเรย์เต้านมระบบดิจิตอล ณ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ ประกอบด้วยภาพเอกซเรย์เต้านมที่แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้แก่ อายุ kVp mAs และปริมาณรังสีของเต้านม แต่ละคนจะได้รับการตรวจเต้านมทั้งสองข้างๆละ 2 ท่ามาตรฐาน คือ ท่า CC (craniocaudal view) และท่า MLO (mediolateral oblique view) รวมรายละ 4 ภาพ ด้วยเครื่องFFDM ยี่ห้อ HOLOGIC รุ่น Selenia Dimensions (ประเทศสหรัฐอเมริกา) ในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2555 เพื่อหาค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีในแต่ละช่วงความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับที่ 2-3, 3-4, 4-5 และมากกว่า 5 ซม. ตามลำดับ และหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสี (d) และค่า kVp กับ ค่า mAs ของการตรวจเอกซเรย์เต้านมด้วยเครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอล

วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติประกอบด้วย

1. หาค่า เฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอายุของผู้ที่มารับการตรวจเอกซเรย์เต้านม

2. หาค่า เฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD) ค่าน้อยที่สุด (minimum) และค่ามากที่สุด (maximum) ของ kVp, mAs, ความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับ (breast thickness) และปริมาณรังสี (d)

3. หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสี (d) กับค่าพารามิเตอร์ของปริมาณรังสี; kVp, mAs ในท่า CC และท่า MLO

ผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าผู้ที่มารับการตรวจเอกซเรย์เต้านมทั้งหมดจำนวน 2,300 ราย ทำการตรวจรวม 9,200 ภาพ อายุเฉลี่ยของผู้มารับการตรวจทั้งหมดเท่ากับ 50.9 ปี (SD = 8.11) โดยแบ่งจำนวนผู้มารับการตรวจตามช่วงอายุเป็น 6 ช่วงอายุ ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 40-50 ปี มีจำนวน 1,136 ราย คิดเป็นร้อยละ 49.4 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงกลุ่มอายุของผู้มารับการตรวจเอกซเรย์เต้านม มีจำนวน 2,300 ราย

กลุ่มอายุ (ปี)	จำนวน (ราย)	ร้อยละ
<30	29	1.2
30-40	475	20.7
40-50	1136	49.4
50-60	530	23.1
60-70	119	5.1
>75	11	0.5
จำนวนทั้งหมด	2,300	100

ข้อมูลพารามิเตอร์ที่แสดงบนภาพเอกซรย์เต้านมของเครื่อง FFDM ได้แก่ kVp, mAs, ความหนาของเต้านม (breast thickness) และปริมาณรังสี (มิลลิเกรย์) ได้นำมาหาค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD), ค่าค่าน้อยที่สุด (minimum) และค่ามากที่สุด (maximum) ของท่า CC และ ท่า MLO ของเต้านมด้านขวาและด้านซ้าย (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงค่า Mean, SD, Minimum, Maximum ของ kVp, mAs, Breast Thickness และปริมาณรังสีต่อภาพเอกซเรย์เต้านมระบบดิจิตอล

ท่าของการตรวจ	kVp		mAs		Breast Thickness (เซนติเมตร)		ปริมาณรังสี (มิลลิเกรย์)	
	Mean (min-max)***	SD	Mean (min-max)***	SD	Mean (min-max)***	SD	Mean (min-max)***	SD
CC* เต้านมขวา	30.16 (24-36)	2.01	76.35 (24.2-161.4)	20.15	5.96 (2.1-10.3)	1.25	1.71 (0.6-3.65)	0.45
CC* เต้านมซ้าย	30.38 (21-37)	1.98	75.04 (25-165.2)	19.38	6.11 (1.8-11.3)	1.27	1.69 (0.5-3.62)	0.43
MLO** เต้านมขวา	29.96 (20-39)	1.97	71.52 (32-162)	17.67	5.81 (2.5-10.1)	1.17	1.6 (0.6-3.48)	0.4
MLO** เต้านมซ้าย	30.08 (24-35)	1.93	70.48 (27-163.4)	17.47	5.89 (1.9-10.4)	1.19	1.59 (0.52-3.72)	0.4

*CC craniocaudal **MLO mediolateral ***(min = minimum, max = maximum)

ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าน้อยที่สุด และค่ามากที่สุด ของ kVp ต่อภาพ พบว่าท่า CC ของเต้านมด้านขวาจะได้ค่าเท่ากับ 30.16, 2.01, 24 และ 36 ตามลำดับ ส่วนเต้านมด้านซ้ายได้ค่าเท่ากับ 30.38, 1.98, 21 และ 37 ตามลำดับ, ในท่า MLO ของเต้านมด้านขวาได้ค่าเท่ากับ 29.96, 1.97, 20 และ 39 ตามลำดับ และเต้านมด้านซ้ายได้ค่าเท่ากับ 30.08, 1.93, 24 และ 35 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าน้อยที่สุด และค่ามากที่สุด ของ mAs ต่อภาพ พบว่าท่า CC ของเต้านมด้านขวาได้ค่าเท่ากับ 76.35, 20.15 , 24.2 และ 161.7 ตามลำดับ และเต้านมด้านซ้ายได้ค่าเท่ากับ 75.04, 19.38, 25 และ 165.2 ตามลำดับ ในท่า MLO ของเต้านมด้านขวาได้ค่าเท่ากับ 71.52, 17.67, 32 และ162 ตามลำดับ และด้านซ้ายได้ค่าเท่ากับ 70.48, 17.47, 27 และ 163.4 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าน้อยที่สุด และค่ามากที่สุด ของความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับ (breast thickness) ต่อภาพ พบว่า ท่า CC ของเต้านมด้านขวาได้ค่าเท่ากับ 5.96, 1.25, 2.1 และ 10.3 ตามลำดับ และเต้านมด้านซ้ายได้ค่าเท่ากับ 6.11, 1.27, 1.8 และ 11.3 ตามลำดับ ในท่า MLO ของเต้านมด้านขวาได้ค่าเท่ากับ 5.81, 1.17, 2.5 และ 10.1 ตามลำดับ และด้านซ้ายได้ค่าเท่ากับ 5.89, 1.19, 1.9 และ 10.4 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าน้อยที่สุด และค่ามากที่สุด ของปริมาณรังสี (หน่วยวัด = มิลลิเกรย์) ต่อภาพในท่า CC ของเต้านมด้านขวาได้ค่าเท่ากับ 1.71, 0.45, 0.6 และ 3.65 ตามลำดับ เต้านมด้านซ้ายได้ค่าเท่ากับ 1.69, 0.43, 0.5 และ 3.62 ตามลำดับ ในท่า MLO ของเต้านมด้านขวาได้ค่าเท่ากับ 1.6, 0.4, 0.6และ 3.48 ตามลำดับและเต้านมด้านซ้ายได้ค่าเท่ากับ 1.59, 0.4, 0.52 และ 3.72 ตามลำดับ

ผลการศึกษาความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับ (คิดเป็น ซ.ม.) กับปริมาณรังสีเฉลี่ยที่ได้รับ ดังแสดงไว้ในตารางที่3 พบว่า การตรวจในท่า CC ช่วงความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับที่ 2-3, 3-4, 4-5 และมากกว่า 5 ซ.ม.ของเต้านมด้านขวา ได้รับปริมาณรังสีเท่ากับ 1.12, 1.36, 1.61 และ 1.76 มิลลิเกรย์ ตามลำดับ ส่วนเต้านมด้านซ้ายได้รับปริมาณรังสีเท่ากับ 1.06, 1.45, 1.62 และ 1.73 มิลลิเกรย์ตามลำดับ

การตรวจในท่า MLO ของช่วงความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับที่ 2-3, 3-4, 4-5 และมากกว่า 5 ซ.ม. ของเต้านมด้านขวาได้รับปริมาณรังสีเท่ากับ 1.08, 1.45, 1.62 และ1.64 มิลลิเกรย์ตามลำดับ ส่วนเต้านมด้านซ้ายได้รับปริมาณรังสีเท่ากับ 1.06, 1.31, 1.47 และ1.63 มิลลิเกรย์ตามลำดับ สังเกตได้ว่าความหนาของเต้านมในท่า CC และ MLO ที่มากขึ้นปริมาณรังสีจะเพิ่มตามไปด้วยอย่างชัดเจน

ตารางที่ 3 แสดงช่วงความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับกับปริมาณรังสีเฉลี่ยที่ได้รับ

ช่วงความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับ (ซ.ม.)	ปริมาณรังสี (มิลลิเกรย์)				
	CC ข้างขวา	CC ข้างซ้าย	MLO ข้างขวา	MLO ข้างซ้าย	เฉลี่ย
2-3	1.12	1.06	1.08	1.06	1.08
3-4	1.36	1.45	1.34	1.31	1.37
4-5	1.61	1.62	1.51	1.47	1.55
> 5	1.76	1.73	1.64	1.63	1.69

เมื่อนำปริมาณรังสีของผู้ที่มารับบริการเอกซเรย์เต้านมจำนวน 2,300 รายๆ ละ 4 ภาพ รวมทั้งหมด 9,200 ภาพ มาคำนวณหาค่า kVp, mAs โดยใช้สูตรดังแสดงข้างล่างนี้

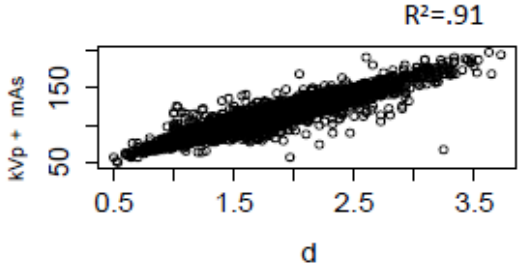
$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

เมื่อ r หมายถึง เป็นดัชนีที่ใช้บอกขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์ โดยค่า r จะเป็นไปได้ -1 ถึง 1

x และ y ตัวแปรที่ต้องการหาความสัมพันธ์ เช่นแสดงความสัมพันธ์ปริมาณรังสี (d) ระหว่าง kVp และ mAs

n เป็นจำนวนตัวอย่าง

พบว่า ปริมาณรังสี (d) ที่ได้รับจากเครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอล มีความสัมพันธ์มากกว่าร้อยละ 90 (R2=.91) กับค่า kVp และค่า mAs (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ (R2) ของปริมาณรังสี (d) ที่ได้รับกับผลรวมของค่า kVp และค่า mAs

วิจารณ์

จากการศึกษาโดยใช้ข้อมูลแบบภาคตัดขวางโดยเก็บข้อมูลย้อนหลังของผู้มารับการตรวจเอกซเรย์เต้านมด้วยเครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอล พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสี (d) กับค่า kVp และค่า mAs ไปในทิศทางเดียวกันมากกว่าร้อยละ 90 แสดงว่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากเครื่องเอกซเรย์เต้านมระบบดิจิตอลที่ใช้ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์มีคุณภาพตามมาตรฐานสากล[9,10] เมื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ได้รับจากการศึกษานี้กับรายงานการศึกษาปริมาณรังสีที่ได้รับจากเครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบอนาล็อกในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ พบว่าปริมาณรังสีที่ได้จากระบบดิจิตอลมีปริมาณน้อยกว่า[11,12] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Henrick และคณะ[7] ที่ศึกษาข้อมูลจำนวน 5,120 การตรวจเอกซเรย์เต้านม ใน 33 แห่ง พบปริมาณรังสีที่ได้รับจากเครื่องเอกซเรย์เต้านมระบบดิจิตอลเฉลี่ย 1.86 มิลลิเกรย์ ต่ำกว่าระบบอนาล็อกถึงร้อยละ 22 โดยได้รับปริมาณรังสีเฉลี่ย 2.37 มิลลิเกรย์ เช่นเดียวกับ Hermann และคณะ[6] ได้รายงานการศึกษาในสตรี 591 ราย อายุเฉลี่ย 55 ปี (34 -81 ปี) จำนวน 1,116 ของการตรวจแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอลรุ่น Senographe 2000D (GE, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ได้ค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสี 1.51 มิลลิเกรย์ (0.66-4.05 มิลลิเกรย์) ของระดับความหนาเต้านมถูกกดทับที่ 5.57 ซ.ม. ซึ่งมีปริมาณรังสีลดลงร้อยละ 25 เมื่อเทียบกับระบบอนาล็อก

การศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าปริมาณรังสีเฉลี่ย จากการตรวจในท่า CC และ MLO ของเต้านมทั้งสองข้าง ตามระดับ

ความหนาที่เต้านมถูกกดทับที่ 2-3, 3-4, 4-5, และมากกว่า 5 ซ.ม. มีค่าเฉลี่ย ที่ 1.08, 1.37, 1.55, 1.69 มิลลิเกรย์ ตามลำดับ พบว่าแต่ละค่าต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของค่ามาตรฐานสากลของ American College of Radiology (ACR) ที่กำหนดไว้ให้มีค่าน้อยกว่า 3 มิลลิเกรย์ต่อภาพ[9,10] พบข้อสังเกตว่าปริมาณรังสีจะเพิ่มขึ้นตามความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่น[6-8] Alizadeh และคณะ[8] ได้รายงานค่าปริมาณรังสี ระดับความหนาเต้านมถูกกดทับ ความเข้มของเนื้อเต้านม ค่า kVp และค่า mAs พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวการศึกษาครั้งนี้ (รูปที่1) จากรายงานต่างๆ พอจะสรุปได้ว่าการตรวจเต้านมด้วยเครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอลให้ปริมาณรังสีน้อยกว่าระบบอนาล็อกถึงร้อยละ 22-25[6,8] และยังมีรายงานอื่นๆ ที่สนับสนุนว่าการตรวจเอกเรซ์เต้านมระบบดิจิตอลมีความไวและความจำเพาะในการวินิจฉัยเหนือกว่าระบบอนาล็อกอย่างมีนัยสำคัญ[1-5] ดังนั้นการพิจารณาการตรวจเอกซเรย์เต้านมในปัจจุบันควรเลือกใช้ระบบดิจิตอลเพื่อลดความเสี่ยงต่อการได้รับปริมาณรังสีซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งเต้านมได้ในอนาคต

สรุป

ปริมาณรังสีในแต่ละช่วงความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับจากการเอกซเรย์เต้านมด้วยเครื่องแมมโมกราฟฟี่ระบบดิจิตอลของโรงพยาบาลศรีนครินทร์มีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่ากึ่งหนึ่งของค่าที่ American College of Radiology (ACR) กำหนด โดยปริมาณรังสีที่เต้านมได้รับจะเพิ่มขึ้นตามความหนาของเต้านมที่ถูกกดทับ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ นักรังสีเทคนิค และอาจารย์ประจำภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อำนวยความสะดวกให้การศึกษาเสร็จสมบูรณ์ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Michell MJ, Iqbal A, Wasan RK, Evans DR, Peacock C, Lawinski CP, Douiri A, Wilson R, Whelehan P. A comparison of the accuracy of film-screen mammography, full-field digital mammography, and digital breast tomosynthesis. Clin Radiol 2012; 67: 976-81.
2. Pisano ED, Yaffe MJ. Digital mammography. Radiology 2005; 234: 353-62.
3. Lewin JM, D'Orsi CA, Hendrick RE, et al. Clinical comparison of full-field digital mammography and screen-film mammography for detection of breast cancer. AJR 2002; 179: 671-7.
4. Pisano ED, Gatsonis CA, Yaffe MJ, Hendrick RE, Tosteson AN, Fryback DG, et al. American College of Radiology Imaging Network Digital Mammographic Imaging Screening Trial: objectives and methodology. Radiology 2005; 236: 404-12.
5. Pisano ED, Gatsonis CA, Hendrick RE, et al. American College of Radiology Imaging Network (ACRIN) Digital Mammographic Imaging Screening Trial (DMIST) Investigators Group. Diagnostic performance of digital versus film mammography for breast-cancer screening. N Engl J Med 2005; 353: 1773-83.
6. Hermann KP, Obenauer S, Marten K, Kehbel S, Fischer U, Grabbe E. Average glandular dose with amorphous silicon full-field digital mammography - Clinical results. Rofo 2002; 174: 696-9.
7. Hendrick RE1, Pisano ED, Averbukh A, Moran C, Berns EA, Yaffe MJ, Herman B, Acharyya S, Gatsonis C. Comparison of acquisition parameters and breast dose in digital mammography and screen-film mammography in the American College of Radiology Imaging Network digital mammographic imaging screening trial. Am J Roentgenol 2010; 194: 362-9.
8. Alizadeh Riabi H[1], Mehnati P, Mesbahi A. Evaluation of mean glandular dose in a full-field digital mammography unit in Tabriz, Iran. Radiat Prot Dosimetry 2010; 142: 222-7.
9. Kanal KM, Krupinski E, Berns EA, Geiser WR, Karellas A, Mainiero MB, et al. ACR–AAPM–SIIM Practice Guideline for Determinants of Image Quality in Digital Mammography. J Digital Imaging 2013; 26: 10-25.
10. American College of Radiology. Mammography quality control manual, medical physicist section. Reston, VA: ACR, 1999.
11. ประชุมพร ผิวเหลือง, เอมอร ไม้เรียง, ภัทรพร ดรศรีจันทร์. เทคนิคการตรวจเต้านมโดยแมมโมกราฟฟี่. ศรีนครินทร์สาร 2551; 23: 93-9.
12. ศิรินารถ ปริยชาตเกสร, หาญพานิชย์เพชรากรณ์, ผิวเหลือง ประชุมพร, บรรจง เขื่อนแก้ว. การวัดปริมาณรังสีดูดกลืนเฉลี่ยที่ต่อมน้ำนมได้รับจากเครื่องเอกซเรย์เต้านมโดยใช้แบบจำลองในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ใน: วราภรณ์ เชื้ออินทร์, บรรณาธิการ. การประชุมวิชาการครั้งที่ 23 ประจำปี 2550 การดูแลผู้ป่วยด้วยหัวใจความเป็นมนุษย์. คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, 2550: 166–7.