

นิพนธ์ฉบับ

การออกแบบ ผลิต และประเมินตู้ดูภาพรังสีเต้านมเอกประสงค์

อุทุมมา มัชฌะเนมิ* และ ขวัญชัย รัตนเสถียร**

บทคัดย่อ

ภาพรังสีเต้านมเป็นภาพที่มีค่าเปรียบเทียบและมีรายละเอียดมากกว่าภาพรังสีทั่วไป จึงต้องใช้ตู้ดูภาพรังสีเต้านมโดยเฉพาะ แต่เนื่องจากมีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศจึงไม่มีใช้แพร่หลายนัก ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะผลิตตู้ดูภาพรังสีเต้านมที่มีคุณภาพตามมาตรฐานสากลแต่ราคาถูกกว่าด้วยวัสดุที่หาได้ในประเทศ โดยออกแบบให้ตัวตู้มีส่วนที่สามารถใช้สำหรับดูภาพรังสีเต้านมและภาพรังสีทั่วไปโดยใช้หลอดไฟแสงเงิน 3 หลอด ขนาด 18 วัตต์ กำลังส่องสว่าง 20,000 แคนเดลาต่อตารางเมตร มีอุณหภูมิแสง 12,000 เคลวิน วัสดุสะท้อนแสงเลือกใช้แผ่นอะคริลิกสีขาว ปรับมุมสะท้อนแสงซ้ายขวาที่ 45 องศา วัดกำลังส่องสว่างและความสม่ำเสมอของแสงบนหน้าพื้นผิวสำหรับดูภาพได้ค่ากำลังส่องสว่าง 3316 แคนเดลาต่อตารางเมตร ความไม่สม่ำเสมอมีค่าความแปรปรวนน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการผลิตโดยเลือกใช้ไฟเบอร์กลาสเป็นส่วนโครงสร้างมีรูปร่างตามความต้องการ สำหรับอุปกรณ์ยึดภาพรังสีใช้ระบบยึดด้วยแม่เหล็กฝังในไฟเบอร์กลาส ด้านข้างส่วนหน้าของตู้ดูภาพรังสีออกแบบให้สามารถสอดฟิล์มเข้าไปด้านซ้าย-ขวาและบนล่างประมาณด้านละ 2.6 เซนติเมตร ตู้ดูภาพที่ได้มีขนาดพื้นที่ดูฟิล์มขนาด 35.6 คูณ 43.2 เซนติเมตร เมื่อผลิตแล้วนำมาประเมินโดยการวัดค่ากำลังส่องสว่างเมื่อเปิดครบทุกหลอดได้ค่าประมาณ 3600 แคนเดลาต่อตารางเมตร และความสม่ำเสมอเท่ากับ 4.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตู้ดูภาพรังสีเต้านมตู้ดูภาพรังสีสามารถใช้ดูภาพรังสีเต้านมได้ 2 คู่ในส่วนบน 1 คู่ และส่วนล่าง 1 คู่ การเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างระหว่างตู้ที่ผลิตขึ้นเพื่อประโยชน์ในการใช้งานร่วมกันมีค่าแตกต่างกัน 5.9 เปอร์เซ็นต์ จึงสรุปได้ว่าตู้ดูภาพรังสีที่ผลิตขึ้น มีค่ากำลังความส่องสว่างและความสม่ำเสมอของแสงอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ ตามที่องค์กรและสถาบันต่างประเทศกำหนด ผลจากการประเมินความสามารถในการแยกรายละเอียดของตู้ดูภาพรังสีที่ผลิตขึ้นกับตู้ดูภาพรังสีที่ใช้ทั่วไป พบว่าตู้ดูภาพรังสีที่ผลิตขึ้นช่วยให้เห็นรายละเอียดได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสามารถใช้ภาพรังสีเอกประสงค์นี้ได้สำหรับการดูภาพรังสีทั่วไป และใช้เป็นชุดตู้ดูภาพรังสีสำหรับการดูภาพรังสีในการถ่ายภาพรังสีเต้านมได้อย่างมีมาตรฐานดี วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2549; 39: 64-70.

คำรหัส : ค่าเปรียบเทียบ ภาพรังสี ภาพรังสีเต้านม ไฟเบอร์กลาส ความเข้มแสง กำลังส่องสว่าง

*ภาควิชารังสีเทคนิค, **ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Abstract : Design, production and evaluation of multipurpose mammography viewer.

Utumma Maghanemi* and Kwanchai Ratanasthien**

Mammograms are radiograms with high contrast film for more details than other general radiograms. The special viewer is needed for mammography viewing process but due to its expensiveness and must be imported from foreign countries; it is not widely used in the mammography clinic. We are interested design and production of mammography viewer in conformation with international standard with local materials for cheaper price. The viewer was designed to be used for viewing of both mammogram and general radiogram. Three silver light fluorescence lamps with 18 watt 20,000 candelas per square meter luminance and color temperature at 12,000 Kelvin were used as light sources. White acrylic sheet with 4 mm thickness was used for reflector using 45 degree for left and right side angular reflectors. The experimental results were used for the production of light source of the viewer. Main structures of multipurpose mammography viewers were made from fiberglass for modern trend of design. Film holders were designed by using magnetic system underneath the fiberglass cover to sandwich the film at all 4 sides of viewer, spotlight was equipped at basement of viewer. Radiogram can be inserted underneath the side cover of viewer for about 2.6 centimeter at all 4 sides. The 35.6 by 43.2 centimeter viewer can accommodate one 35.6 by 43.2 centimeter chest film or 4 of 20.3 by 25.4 centimeter mammograms at the same time. The light intensities were evaluated after production to be approximately at 3600 candelas per square meter with 4.7 percent coefficient of variation. The comparison of light intensities between viewers has no significant different in light intensities with 5.9 percent coefficient of variation. Our viewers are in conformation with international standard and in comparison with general viewers they are able to significantly increase visualization. We are concluded that our viewers are suitable for both general purpose viewers and mammography viewers with international standard and can be used as multipurpose viewer. *Bull Chiang Mai Assoc Med Sci* 2006; 39: 64-70.

Key word : Contrast, Mammogram, Radiogram, Fiberglass, Intensity, luminance.

*Department of Radiologic Technology and **Department of Medical Technology, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University.

บทนำ

มะเร็งเต้านม เป็นมะเร็งที่พบมากเป็นอันดับ 2 ของมะเร็งในสตรีไทยรองจากมะเร็งปากมดลูก โดยมีอัตราเสี่ยง 163 คนในประชากร 1,000,000 คน¹ และมี

แนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามความเจริญในแบบตะวันตก นอกจากนั้นยังพบว่าหากตรวจพบมะเร็งเต้านมได้ในระยะแรกผู้ป่วยมีโอกาสรอดสูงมากถึงร้อยละ 90-95 ในระยะที่สองเป็นระยะที่โรคเริ่มกระจายไปที่

ต่อมาเหลือแล้ว โอกาสหายจะลดลงครึ่งหนึ่งเหลือร้อยละ 50 และ ในระยะที่สามจะลดลงเหลือร้อยละ 20 ส่วนระยะที่สี่ถ้าผู้ป่วยได้รับการรักษาตามหลักวิชาการ และได้รับความร่วมมือที่ดีจากผู้ป่วยและญาติ โอกาสที่จะมีชีวิตรอดอยู่ในช่วงเวลา 5 ปีมีเพียงร้อยละ 5-10 เท่านั้น² ดังนั้นการตรวจพบมะเร็งเต้านมในระยะแรกจึงมีความสำคัญมาก วิธีการตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งเต้านมระยะแรกที่ได้รับการยอมรับ และมีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ การตรวจโดยการถ่ายภาพรังสีเต้านม³ แต่เนื่องจากมะเร็งเต้านมระยะแรกมีรอยโรคขนาดเล็กมากและมีความยากต่อการตรวจพบ จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือและวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ในทุกขั้นตอนของกระบวนการตรวจ ขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งหนึ่งในการวินิจฉัยโรคมะเร็งเต้านมของรังสีแพทย์คือขั้นตอนการถ่ายภาพรังสีสำหรับการอ่านภาพรังสี ซึ่งจำเป็นต้องใช้ชุดอุปกรณ์เฉพาะ สำหรับการอ่าน ได้แก่ ตู้ดูภาพรังสีชนิดพิเศษ, เลนส์ขยาย และ ไฟสำหรับส่องดูรอยโรคเฉพาะที่ เนื่องจากภาพรังสีเต้านม มีช่วงของค่าเปรียบต่างกว้าง และมีรายละเอียดมากกว่าภาพรังสีทั่วไป ถ้าใช้ตู้ดูภาพรังสีสำหรับดูภาพรังสีทั่วไป อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการวินิจฉัยได้ง่าย การมีชุดอุปกรณ์เฉพาะ สำหรับการดูภาพรังสีเต้านมนี้ เพื่อให้สามารถเห็นรอยโรคที่มีขนาดเล็กได้ และเพื่อให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบมะเร็งเต้านมในระยะแรกมีมากขึ้น หรือ มีความคลาดเคลื่อนน้อยลง⁴⁻⁷

ตามนโยบายของกระทรวงสาธารณสุข ได้มีการดำเนินการให้โรงพยาบาลศูนย์ โรงพยาบาลประจำจังหวัด และศูนย์มะเร็งทั่วประเทศมีเครื่องถ่ายภาพรังสีเต้านมเพื่อลดอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งเต้านมในประเทศ⁸ เพื่อลดผลกระทบต่องานเวชระเบียนและสังคม โรงพยาบาลและหน่วยงานต่างๆ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วยสำหรับการดูภาพรังสีเต้านม ผู้วิจัยได้ออกแบบ ผลิต และ ประเมินชุดอุปกรณ์สำหรับอ่านภาพรังสีเต้านมขึ้น เพื่อให้มีมาตรฐาน และประสิทธิภาพในการใช้งานโดยอ้างอิงมาตรฐานขององค์กรสากลต่างๆ ที่เป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ ทั้งนี้เพราะการประกันคุณภาพและสถานะในการดูภาพรังสีเต้านม ช่วยลดข้อผิดพลาดในการวินิจฉัย⁹⁻¹² แสงไฟจากตู้ดูภาพรังสีสำหรับอ่านภาพ

รังสีเต้านมควรมีค่าอย่างน้อย 3,000 แคนเดลาต่อตารางเมตร แสงไฟจากตู้ดูภาพรังสีทั้งหมดทุกส่วนในตัวเดียวกันค่าที่อ่านได้ควรมีความแตกต่างกันไม่เกิน $\pm 10\%$ แสงไฟจากตู้ดูภาพรังสีที่จะใช้งานเป็นชุดเดียวกันค่าที่อ่านได้ควรมีความแตกต่างกันไม่เกิน $\pm 30\%$ และแสงไฟจากภายนอกไม่ควรเกิน 50 ลักซ์ ดังนั้นบริเวณที่ติดตั้งตู้ดูภาพรังสีสำหรับการอ่านภาพรังสีควรคำนึงถึงแสงรบกวนจากภายนอก โดยการใช้อุปกรณ์ป้องกันแสงรบกวนจากภายนอกด้วย

วัสดุอุปกรณ์

หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชนิดแสงสีเงินขนาด 18 วัตต์ กำลังส่องสว่างประมาณ 20,000 แคนเดลาต่อตารางเมตร อุณหภูมิแสง 12,000 เคลวิน เครื่องมือวัดแสง แผ่นพลาสติกสีขาว กระดาษเคลือบมันสีเงิน แผ่นอะลูมิเนียม แผ่นอะคริลิก แผ่นสเตนเลส ชุดน้ำยาสำหรับผลิตฟิล์มไตรนเรซิน และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง สำหรับการผลิตไฟเบอร์กลาส

วิธีการทดลอง

การออกแบบตู้ดูภาพรังสีเต้านม ส่วนโครงตู้ดูภาพใช้วัสดุไฟเบอร์กลาส เพื่อสามารถสร้างรูปแบบตามต้องการ และกำหนดสีของอุปกรณ์ได้ง่าย มีความแข็งแรงและสวยงาม ส่วนบนควรมีหลังคาเพื่อกันแสงรบกวนจากภายนอก เลือกทดสอบวัสดุที่จะใช้ทำเป็นส่วนสะท้อนแสง และ กระจายแสงของตู้ดูภาพรังสีเต้านมโดยเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติสะท้อนแสงดี เช่น กระดาษสีเงิน แผ่นสเตนเลส แผ่นอะลูมิเนียม และ แผ่นอะคริลิกสีขาว หลังจากนั้นออกแบบ และ ผลิตเป็นส่วนดูภาพโดยมีอุปกรณ์สำหรับตรึงภาพรังสีให้อยู่ติดหน้าจอภาพด้วยระบบแม่เหล็ก เพื่อให้ตู้ดูภาพรังสีมีความเย็นไม่มีรอยเกาะจากอุปกรณ์ตรึงภาพรังสี ส่วนส่องสว่างตู้ดูภาพรังสีออกแบบใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชนิดแสงสีเงิน ขนาด 18 วัตต์ อุณหภูมิแสงไฟ 12,000 เคลวิน กำลังส่องสว่างประมาณ 20,000 แคนเดลาต่อตารางเมตร จำนวน 3 หลอดสำหรับตู้ขนาด 35.5 X 43 ซม. เพื่อให้มีความเข้มแสงมากกว่า 3,000 แคนเดลาต่อ

ตารางเมตร เมื่อออกแบบชุดสะท้อนแสง และ กระจายแสงแล้ว ทดลองปรับตำแหน่งหลอดไฟ ให้ความเข้มแสงสม่ำเสมอมากที่สุด แล้วทดสอบ และ ประเมินตู้ดูภาพรังสีเต้านมที่ผลิตขึ้น ด้วยอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ผลิตขึ้นแล้วประเมินความสามารถในการแยกรายละเอียด โดยให้นักรังสีเทคนิค 10 คน ดูภาพรังสีของหุ่นจำลองมาตรฐาน ที่ใช้ทดสอบภาพรังสีเต้านม ร่วมกับการใช้แบบประเมิน¹³ เปรียบเทียบระหว่างตู้ดูภาพที่ผลิตขึ้น กับตู้ดูภาพรังสีที่ใช้ทั่วไป

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบวัสดุที่นำมาใช้เป็นส่วนสะท้อนแสง และ กระจายแสงของตู้ดูภาพรังสีเต้านม แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งวัสดุที่คัดเลือกได้คือแผ่นอะคริลิกสีขาว นำมาปรับมุม และ ระดับการวางหลอดไฟได้มุม และตำแหน่งที่

เหมาะสมดังรูปที่ 1 ซึ่งใช้ 3 หลอดสำหรับพื้นที่ขนาด 35.6 X 43.2 ซม. โครงสร้างส่วนตัวตู้ดูภาพไซไฟเบอร์กลาส เพราะมีน้ำหนักเบา แข็งแรงและ ทนทาน สามารถขึ้นรูปเป็นลักษณะต่างๆและกำหนดสีได้ง่าย ออกแบบให้มีรูปร่างสวยงามความคงตัวในการตั้งวางใช้งานได้ดี สามารถวางเรียงกันเพื่อใช้เปรียบเทียบภาพรังสีได้ดังรูปที่ 2 ตู้ดูภาพรังสีเอกประสาท์ที่ออกแบบมีขนาดพื้นที่ดูฟิล์มความกว้างคูณยาวสามารถดูภาพรังสีทั่วไป 1 ชุด ขนาด 35.6 X 43.2 ซม. สามารถใช้ดูภาพรังสีเต้านม 2 คู่ ส่วนบน และ ส่วนล่าง ส่วนฐานเป็นส่วนบรรจุชุดควบคุมกระแสไฟฟ้าและใช้สำหรับวางตั้งกับพื้นได้อย่างคงตัวพื้นที่ส่องสว่างใช้แผ่นอะคริลิกหนา 4 มม. เป็นทั้งแผ่นกระจายแสงและ สะท้อนแสง ประเมินความส่องสว่างด้วยการวัดแสงที่พื้นที่ดูภาพในส่วนของความสม่ำเสมอของแสง



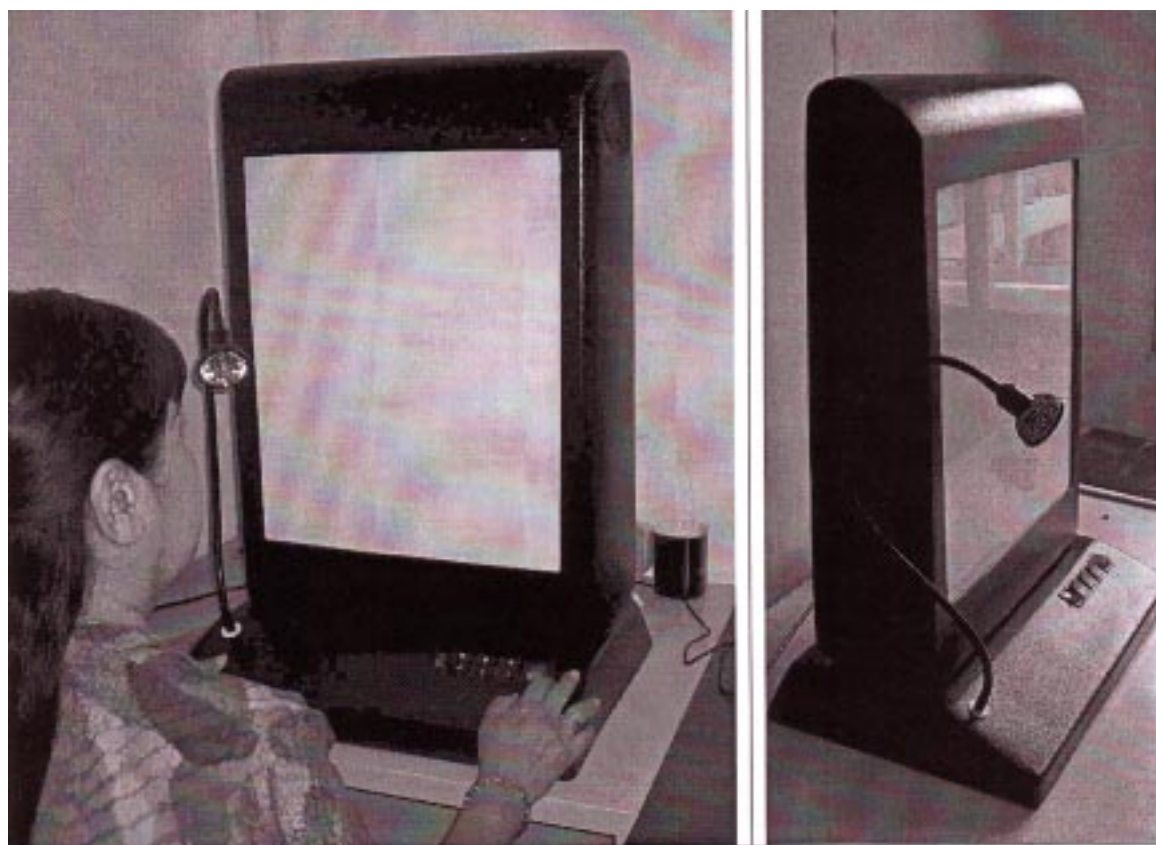
รูปที่ 1 โครงร่างของส่วนสะท้อนแสงและกระจายแสงและการวางหลอดไฟมองจากด้านหัวท้าย 3 หลอดสำหรับตู้ขนาด 35.6 คูณ 43.2 เซนติเมตร และ 2 หลอดสำหรับตู้ขนาด 25.4 คูณ 40 เซนติเมตร

ตารางที่ 1 การทดสอบวัสดุที่นำมาใช้เป็นส่วนสะท้อนแสงและกระจายแสงของตู้ดูภาพรังสี

วัสดุ	ค่าเฉลี่ยกำลังส่องสว่าง (แคนเดลาต่อตารางเมตร)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แคนเดลาต่อตารางเมตร)		สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (เปอร์เซ็นต์)	
	25×40	35.5 × 43	25×40	35.5 × 43	25×40	35.5 × 43
กระดาษสีเงิน	3056	2642	410.2	98.2	13.42	3.72
แผ่นอะลูมิเนียม	2596	2444	200.5	251.5	7.72	10.29
แผ่นสเตนเลส	1546	1999	151.5	149.3	9.77	7.47
แผ่นอะคริลิกขาว	3333	3646	134.4	195.5	4.03	5.46

ตารางที่ 2 กำลังส่องสว่างและความสม่ำเสมอของแสงในส่วนต่างๆ ของตู้ดูภาพรังสี

ช่องดูภาพรังสีที่	กำลังส่องสว่าง แคนเดลาต่อ ตารางเมตร	ค่าความ แปรปรวน(%)	แสงจากภายนอก (ลักส์)	
			ปิดหลังคาตู้	เปิดหลังคาตู้
1 (บนซ้าย)	3664	4.8	32	80
2 (บนขวา)	3652	5.2	32	80
3 (ล่างซ้าย)	3658	3.9	33	78
4 (ล่างขวา)	3641	4.9	33	78
ค่าเฉลี่ย	3654	4.7	33	79



รูปที่ 2 ตู้ดูภาพรังสีเต้านมเอกประสงค์

การประเมินความสามารถ ของตู้ดูภาพรังสี
ที่ผลิตขึ้นในการแยกรายละเอียด โดยนักรังสีเทคนิค 10
คน ดูภาพรังสีของหุ่นจำลองมาตรฐาน สำหรับทดสอบ

ภาพรังสีเต้านมร่วมกับการใช้แบบประเมิน¹³ เมื่อ
เปรียบเทียบกับตู้ดูภาพรังสีที่ใช้ทั่วไป พบว่าคะแนนรวม
มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$)

โดยในส่วนของการท่อน้ำนมและจุดเคลือบติดภาพรังสีเต้านมที่ผลิตขึ้น สามารถแยกรายละเอียดได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อขนาดเล็กกว่า 0.75 มม. และ 0.24 มม. ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการทดลอง

ตู้ภาพรังสีที่ผลิตขึ้นมีส่วนคุณภาพรังสีที่สามารถใช้งานได้ทั้งการถ่ายภาพรังสีทั่วไป ภาพรังสีจากเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และ ภาพรังสีดิจิทัลอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่ถึงขนาด 35.6x43.2 ซม. เปรียบเทียบกันมีค่าความแปรปรวนทั้งภายในและระหว่างพื้นที่ตู้ภาพรังสีเพียง 4.8 เปอร์เซ็นต์ โครงอุปกรณ์สะท้อนแสงทำด้วยไฟเบอร์กลาสผสมพลาสติกเพื่อให้หน้าหนักเบาและสามารถผลิตได้สะดวก การมีหลังคาสามารถช่วยป้องกันการรบกวนจากแสงภายนอกได้¹⁴ ตู้ภาพรังสีนี้สามารถใช้งานได้แบบอเนกประสงค์ และ ต่อยอดเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าต่อไป โดยในด้านต้นทุนการผลิตตู้ภาพรังสีต้นแบบนี้ใช้ต้นทุนประมาณ 5,000 บาท ซึ่งมีราคาถูกกว่าตู้ภาพรังสีมาตรฐานจากต่างประเทศที่มีราคาหลายหมื่นบาทจนถึงหลายแสนบาท ในส่วนตู้ภาพรังสีทั่วไปเมื่อใช้สำหรับถ่ายภาพรังสีเต้านมจะทำให้แสงจากตู้ภาพรบกวนการถ่ายภาพของรังสีแพทย์เนื่องจากฟิล์มมีขนาดเล็กกว่าพื้นที่ตู้ภาพ จึงควรมีอุปกรณ์บังแสงเป็นอุปกรณ์เสริม และ ควรมีอุปกรณ์สำหรับกำหนดขนาดจุดและแนวขยายกรณีที่ต้องการเน้นดูด้วย การมีไฟแสงสว่างแบบจุดหน้าเครื่องจะช่วยอำนวยความสะดวกแก่รังสีแพทย์เป็นอย่างดี

บทสรุป

ตู้ภาพรังสีเต้านมที่ผลิตขึ้น สามารถใช้ถ่ายภาพรังสีเต้านม ภาพรังสีทั่วไป ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และ ภาพดิจิทัลอื่น ๆ มีกำลังส่องสว่างในทุกตู้มากกว่า 3,000 แคนเดลาต่อตารางเมตร และ ค่าความสม่ำเสมอดีมาก อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานขององค์กรนานาชาติที่เกี่ยวข้อง ส่วนหลังคาสามารถลดแสงรบกวนจากภายนอกได้ โครงตู้สามารถถอดแยกชิ้น ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นช่วยเพิ่มโอกาสในการวินิจฉัย และมีมาตรฐาน ดี สามารถใช้ทดแทนอุปกรณ์ราคาแพง

จากต่างประเทศ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ เป็นโครงการต่อยอด จากโครงการที่ได้รับการสนับสนุนการวิจัย จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรมโครงการ “โครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2548”

เอกสารอ้างอิง

1. Deerasamee S, Martin N, Sriamporn S et al .Cancer in Thailand,Vol 11,1992 -1994, IARC Technical Report No. 34.Lyon 1994 , p24.
2. มะเร็งเต้านม[ระบบออนไลน์]แหล่งที่มา <http://www.siamhealth.net/Disease/cancer/breastcancer.htm> (18 August 2006)
3. มะเร็งเต้านม [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.elib-online.com/doctors/cancer-breast05.html> (18 August 2006)
4. Robson KJ, Kotre CJ , Faulkner K . An experimental investigation of the effect of light-box luminance on the detection of low contrast objects in mammography . Br J Radiol 1996; 69:153-9.
5. Kimme-Smith C, Haus AG, DeBruhl N, Bassett LW. Effect of ambient light and view box luminance on the detection of calcification in mammography. The American Journal of Roentgenology, Vol 168, p775-778, 1997
6. Hill S J, Faulkner K, Law J , Starritt H C. Film viewing condition in mammography. Br J Radiol 1997; 70:409-11.
7. Calvin F , Julia A B. Blinded review of retrospectively visible unreported breast cancer: An eye-position analysis. Radiology Online RSNA, 2001.
8. American College of Radiology. ACR practice guideline for the performance of screening mammography. American College of Radiology:

- 2004.
9. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images. Radiation Protection NO.91. European Commission: 1996
 10. International Atomic Energy Agency. Optimization of the radiological protection of patients image quality and dose in mammography (coordinated research in Europe). IAEA: 2005.
 11. World Health Organization. Quality assessment of diagnostic radiology service in 5 Latin American Countries. WHO: 2001
 12. McCarthy E, Brennan P C. Viewing conditions for diagnostic images in three major Dublin hospitals: a comparison with WHO and CEC recommendations. Br J Radiol 2003; 76: 94-97.
 13. Erica KW, Jennifer W. Procedures and documentation for mammography and quality management. USA. The McGraw-Hill Companies, 2000:119-20.
 14. กฤตพันธุ์ เชื้อมสุมัคคี ขวัญชัย รัตนเสถียร และ อุทุมมา มัชฌะเนมณี. การออกแบบ การผลิต และ ประเมินชุดอุปกรณ์สำหรับการอ่านภาพรังสี เต้านม. รวบรวมผลงานโครงการที่ได้รับทุน IRPUS ประจำปี 2548 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม หน้า 330-1.