

การตรวจสอบความเสื่อมสภาพน้ำยาล้างฟิล์มเอกซเรย์ แบบอลูมิเนียมชั้นบันไดในโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา

เกษมณี วุฒิจินดาโรจน์, วท.บ.(รังสีเทคนิค)*

บทคัดย่อ

ภูมิหลัง: น้ำยาล้างฟิล์มเอกซเรย์จะเสื่อมสภาพหลังจากการใช้งานมาแล้วระยะหนึ่ง การตรวจสอบความเสื่อมสภาพของน้ำยาล้างฟิล์มมีความจำเป็นเพื่อป้องกันฟิล์มไม่ได้อุณหภูมิและช่วยลดการเอกซเรย์ซ้ำ โดยการตรวจสอบความเสื่อมสภาพของน้ำยาล้างฟิล์มเอกซเรย์แบบอลูมิเนียมชั้นบันไดด้วยสายตาเป็นวิธีที่ง่ายในทางปฏิบัติ **วัตถุประสงค์:** เพื่อตรวจสอบความเสื่อมสภาพของน้ำยาล้างฟิล์มเอกซเรย์แบบอลูมิเนียมชั้นบันไดระหว่างการประเมินด้วยสายตาและด้วยเครื่องเคนซีโตมิเตอร์ **วัสดุและวิธีการ:** ทำการทดสอบคุณภาพของน้ำยาล้างฟิล์มของเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติในกลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ตั้งแต่ 22 มิถุนายน 2549 ถึงวันที่ 6 สิงหาคม 2549 โดยใช้การตรวจสอบแบบอลูมิเนียมชั้นบันไดด้วยสายตาและเครื่องเคนซีโตมิเตอร์ **ผลการศึกษา:** การตรวจสอบแบบสายตาหาค่าคอนทราสต์ดีฟเฟอเรนซ์พบว่ามีความค่าเกินมาตรฐาน 2 ชั้นซึ่งบ่งว่าน้ำยาล้างฟิล์มเสื่อมสภาพและการตรวจสอบแบบอลูมิเนียมชั้นบันไดด้วยเครื่องเคนซีโตมิเตอร์ พบว่า ค่าสปีคอินเดกซ์ คอนทราสต์อินเดกซ์มีค่าเพิ่มขึ้น หรือลดลง มากกว่า 0.1 และเบส พลัส ฟ็อกมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงมากกว่า 0.05 การตรวจสอบทั้ง 2 อย่าง ได้ผลเหมือนกัน **สรุป:** การประเมินความเสื่อมสภาพของน้ำยาล้างฟิล์มของเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติแบบอลูมิเนียมชั้นบันไดด้วยสายตาได้ผลไม่แตกต่างจากวิธีการประเมินด้วยเครื่องเคนซีโตมิเตอร์

Abstract: Evaluation of Film Processing Solution Deterioration using Aluminium Stepped Wedge in Maharat Nakhon Ratchasima Hospital

Ketmanee Wuttijindaroj, B.Sc. (Radiological Technology)

Department of Radiology, Maharat Nakhon Ratchasima Hospital.

Nakhon Ratch Med Bull 2006; 30: S73-9.

Background: Exhaustion of the processing solution occurs following the prolonged use. Therefore, evaluation of the solutions should be done periodically to assure the uniformity of the development of the radiographs during the useful life of the solutions and to prevent the suboptimal film and the repeat studies. Evaluation of film processing solution deterioration after using Aluminium Step Wedge, the outcome will be evaluated by naked eye is very simple and practical. **Objectives:** To evaluate the accuracy of film processing solution deterioration after using Aluminium Step Wedge by naked eye and the Densitometer. **Materials and Methods:** Study in the Department of Radiology, Maharat Nakhon Ratchasima Hospital from 22nd June 2006 to 6th August 2006, total 46 days. The study was done by inspection of the radiographs of an Aluminium Step Wedge. Densitometer also was used to measure the optical density of the radiographs. **Result:** The contrast different of the radiograph optical density was more than step 2 on visual inspection, that the processing solution is exhausted. The study using Densitometer revealed that the increase or decrease of the speed index and contrast index was more than 0.1 while the increase or decrease of the base plus fog was more than 0.05. The same result was obtained from the study using the densitometer. **Conclusion:** Evaluation of film processing solution deterioration using aluminium step wedge by naked eye is effective as using the densitometer.

ภูมิหลัง

โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา เป็นโรงพยาบาลขนาด 1,019 เตียง มีผู้มารับบริการเป็นจำนวนมากเฉลี่ยวันละ 1,913 คน⁽¹⁾ หัตถการทางการแพทย์ในทุกๆ ด้านย่อมมีปริมาณมากตามจำนวนผู้มารับบริการของโรงพยาบาล รวมถึงการใช้ฟิล์มในการถ่ายภาพทางรังสีเพื่อวินิจฉัยโรค โดยในปัจจุบันกลุ่มงานรังสีวินิจฉัย โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ได้ใช้เครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติเพื่อการบริการที่รวดเร็ว ทั้งนี้ น้ำยาล้างฟิล์มที่ใช้กับเครื่องล้างฟิล์มดังกล่าวต้องได้รับการตรวจสอบความเสื่อมสภาพเนื่องจากน้ำยาล้างฟิล์มจะเสื่อมสภาพตามปริมาณการใช้งานและเพื่อลดปัญหาฟิล์มไม่ได้คุณภาพ รวมทั้งลดการเอกรชเรย์ซ้ำ

การตรวจสอบความเสื่อมสภาพของน้ำยาล้างฟิล์มแบบอลูมิเนียมขั้นบันได (Aluminium step wedge) เป็นวิธีที่ประหยัด วัสดุอุปกรณ์หาใช้ได้ง่าย โดยใช้อลูมิเนียมเส้นแผ่นแบนยาว วางเรียงซ้อนกันเหมือนขั้นบันได ซึ่งมีขนาดและจำนวนแตกต่างกันไป อาจมี 10, 11, 16 หรือ 21 ขั้น และภาพถ่ายที่ได้จากการถ่ายภาพอลูมิเนียมดังกล่าวจะมีความดำลดหลั่นลงไปตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำภาพถ่ายรังสีไปประเมินด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์จะสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพ หรือความเสื่อมสภาพของน้ำยาล้างฟิล์มได้ แต่การประเมินด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์มีความยุ่งยากและใช้เวลานาน หากสามารถประเมินด้วยสายตาได้ จะทำให้การประเมินความเสื่อมของน้ำยาล้างฟิล์มมี

ความสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความเสื่อมสภาพน้ำยาล้างฟิล์มแบบอลูมิเนียมชั้นบันไดระหว่างการประเมินด้วยสายตาและด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยราชภัฏ

คำนิยามศัพท์

-- คำสปีดอินเดกซ์ (Speech index) เป็นค่าความดำของลำดับขั้นของแถบฟิล์ม ที่มีค่าใกล้เคียงกับ 1+ (เบส + ฟอก) มากที่สุด

- ค่าคอนทราสต์อินเดกซ์ (Contrast index) เป็นผลต่างของค่าความดำจุด 2 จุดบนฟิล์ม ในทางปฏิบัติจะหาผลต่างของความดำระหว่างขั้น 2 ขั้นใด ๆ บนแถบฟิล์มก็ได้ วัดค่าความดำจะอยู่ในช่วง 0.25+ (เบส + ฟอก) กับ 2.0+ (เบส + ฟอก)

- ค่าเบส พลัส ฟอก (Base plus fog) เป็นค่าความดำของเบสของฟิล์มรวมกับค่าความดำที่เกิดจากสารไวแสงบางส่วนของฟิล์มที่ไม่ถูกแสง แต่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาล้างฟิล์ม วัดค่า ณ ขั้นที่ 1 ของแถบฟิล์มควบคุม ซึ่งเป็นขั้นที่ขาวที่สุด

ข้อกำหนด

1. การศึกษานี้ใช้เครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ Konica รุ่น SRX-701
2. ใช้อลูมิเนียมชั้นบันได 11 ขั้นที่มีอยู่แล้วในกลุ่มงานรังสีวิทยา
3. ใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์เครื่องเดียวกัน ตั้งค่าเอกซโพสเซอร์ 70 เค.วี.พี. ใช้เวลาในการฉายรังสี 0.5 วินาที, ค่ากระแสหลอด 100 มิลลิแอมแปร์ และระยะ focal spot to film distance เท่ากับ 100 เซนติเมตร
4. ใช้ฟิล์มชนิดและรุ่นเดียวกันตลอดการทดสอบ
5. การประเมินด้วยสายตาจากตู้ส่องฟิล์มที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว

6. เริ่มต้นการทดสอบตั้งแต่วันที่เริ่มใช้น้ำยาล้างฟิล์ม มีการเติมน้ำยาในถังพักตลอดการศึกษา โดยไม่มีการล้างถัง สิ้นสุดการทดสอบเมื่อต้องล้างถังเนื่องจากตะกอนอุดตันไส้กรองน้ำ และไส้กรองน้ำยาสร้างภาพ

7. ค่าคอนทราสต์ดีเฟอเรนซ์ (contrast different) ที่ได้จากการประเมินด้วยสายตาเบี่ยงเบนเกิน ± 2 ถือว่าเกินขีดจำกัดที่ยอมรับได้

8. National Council on Radiation Protection and Measurement (NCRP) กำหนดค่าจากการประเมินด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ที่ถือว่าเกินขีดจำกัดที่ยอมรับได้คือ สูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ดังนี้

- ค่าเบส พลัส ฟอก มีค่าต่างกัน 0.05
- คำสปีดอินเดกซ์ มีค่าต่างกัน 0.10
- ค่าคอนทราสต์อินเดกซ์ มีค่าต่างกัน 0.10

วัสดุและวิธีการ

เริ่มการตรวจสอบความเสื่อมของน้ำยาล้างฟิล์มเอกซเรย์ที่ใช้กับเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ ตั้งแต่ 22 มิถุนายน 2549 ถึงวันที่ 6 สิงหาคม 2549 รวม 46 วัน คือตั้งแต่วันที่เริ่มต้นใช้น้ำยาล้างฟิล์ม จนถึงวันสุดท้ายที่ตะกอนอุดตันไส้กรองและต้องเปลี่ยนน้ำยาล้างฟิล์มด้วยวิธีแบบอลูมิเนียมชั้นบันได เปรียบเทียบผลของค่าเบส พลัส ฟอก ค่าคอนทราสต์อินเดกซ์ คำสปีดอินเดกซ์ จากการประเมินด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ และค่าคอนทราสต์ดีเฟอเรนซ์ จากการประเมินด้วยสายตาโดยมีวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

1. เครื่องเอกซเรย์ Toshiba รุ่น KXO-80G
2. เครื่องล้างฟิล์ม Konica รุ่น SRX-701
3. อลูมิเนียมชั้นบันได
4. เครื่องเดนซิโตมิเตอร์
5. ฟิล์มขนาด 8x10 นิ้ว
6. ภาสเชท สกรีนขนาด 8x10 นิ้ว จำนวน 1 ชุด
7. น้ำยาสร้างภาพ จำนวน 1 ชุด

8. น้ำยาคงสภาพ จำนวน 1 ชุด
9. แผ่นฟิล์มดำ หรือกระดาษดำ จำนวน 1 แผ่น

วิธีการศึกษา

ทำความสะอาดถังล้างฟิล์มอัตโนมัติด้วยการล้าง ถังน้ำยาล้างฟิล์มทั้งในเครื่องและในถังพัก แล้วผสม น้ำยาล้างฟิล์มใหม่

1. ทำฟิล์มควบคุม ถ่ายภาพเอกซเรย์อลูมิเนียม แบบขั้นบันได จำนวน 1 แผ่น หลังจากถ่ายภาพเอกซเรย์ ของอวัยวะต่าง ๆ ตามปกติ เทียบเท่าฟิล์มขนาด 14x17 นิ้ว จำนวน 50 แผ่น แล้วนำไปล้างในน้ำยาล้างฟิล์ม เพื่อให้ปฏิกิริยาเคมีของน้ำยาล้างฟิล์มอยู่ในสภาวะสมดุล

1.1 แบบวัดด้วยสายตา

- นำฟิล์มขนาด 8x10 นิ้ว จำนวน 1 แผ่น ถ่ายภาพ เอกซเรย์อลูมิเนียมแบบขั้นบันได 11 ชั้น
- นำฟิล์มที่ได้ตัดส่วนที่เป็นพื้นหลังออก ให้ เหลือไว้แต่ส่วนที่เป็นภาพของอลูมิเนียมขั้นบันไดแต่ละ ชั้น
- นำกระดาษดำหรือแผ่นฟิล์มดำมาเจาะช่อง จำนวน 2 ช่อง ให้อยู่ในระดับเดียวกันโดยให้มีขนาด เท่ากับอลูมิเนียมขั้นบันไดชั้นที่ 6 หรือชั้นที่อยู่ตรงกลาง ของอลูมิเนียมขั้นบันได
- นำฟิล์มควบคุมติดที่กระดาษ หรือฟิล์มดำที่เจาะ ช่องทางด้านใดด้านหนึ่ง

1.2 แบบวัดด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์

- นำฟิล์มควบคุมที่ได้จากการเอกซเรย์อลูมิเนียม แบบขั้นบันไดมาหาค่าความดำของแต่ละขั้นบันไดด้วย เครื่องเดนซิโตมิเตอร์ บันทึกค่าปกติของแต่ละขั้น
- หาค่าเบส พลัส ฟอก ค่าสปีดอินเดกซ์ และค่า คอนทราสต์อินเดกซ์ แล้วบันทึกลงบนกราฟควบคุม คุณภาพของแต่ละค่า

2. ทำฟิล์มทดสอบ ถ่ายภาพเอกซเรย์อลูมิเนียม แบบขั้นบันไดในแต่ละวัน จำนวน 1 แผ่น หลังจากถ่าย

ภาพเอกซเรย์ของอวัยวะต่าง ๆ ตามปกติ เทียบเท่าฟิล์ม ขนาด 14x17 นิ้ว จำนวน 50 แผ่น แล้วนำไปล้างในน้ำยา ล้างฟิล์ม เพื่อให้ปฏิกิริยาเคมีของน้ำยาล้างฟิล์มอยู่ใน สภาวะสมดุลก่อนทำการศึกษา

3. นำฟิล์มทดสอบที่ได้ไปประเมินค่าคอน ทราสต์ดีฟเฟอร์เรนซ์ด้วยสายตาและค่าเบส พลัส ฟอก ค่าสปีดอินเดกซ์ และค่าคอนทราสต์อินเดกซ์ ด้วยเครื่อง เดนซิโตมิเตอร์

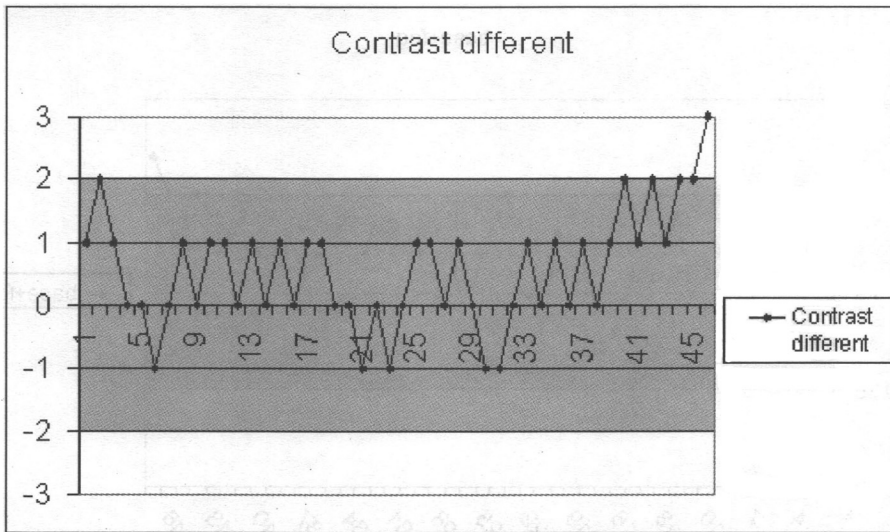
3.1 การประเมินด้วยสายตา นำภาพถ่ายที่ได้ใน แต่ละวันติดกับช่องที่เหลือในแผ่นฟิล์มควบคุมที่ทำไว้ เปรียบเทียบระหว่างช่องที่ 6 ของฟิล์มควบคุมและฟิล์ม ทดสอบที่ได้โดยหากค่าความดำเท่ากัน ค่าคอนทราสต์- ดีฟเฟอร์เรนซ์จะเท่ากับ 0 หากฟิล์มทดสอบดำมากกว่าจะ ใช้เครื่องหมาย + หากฟิล์มทดสอบดำน้อยกว่าจะใช้ เครื่องหมาย - เช่น ฟิล์มควบคุมขั้นที่ 6 มีค่าเท่ากับขั้นที่ 8 ของฟิล์มทดสอบ ค่าที่ได้จะเท่ากับ +2 หากเท่ากับขั้นที่ 4 ของฟิล์มทดสอบค่าคอนทราสต์ดีฟเฟอร์เรนซ์ที่ได้จะ เท่ากับ -2 ทั้งนี้หากคอนทราสต์ดีฟเฟอร์เรนซ์เกินกว่า +2 จะทำซ้ำในวันนั้น ๆ โดยตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำยา สร้างภาพ, ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำยาล้างฟิล์ม, เวลา ของการล้างฟิล์มคุณสมบัติของน้ำยาล้างฟิล์ม เช่น ความ เก่าของน้ำยา หรือการปนเปื้อน เพื่อปรับให้ได้มาตรฐาน แล้วทดสอบซ้ำ

3.2 การประเมินด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ หาค่า เบส พลัส ฟอก ค่าสปีดอินเดกซ์ และค่าคอนทราสต์อิน เดกซ์ แล้วบันทึกลงบนกราฟควบคุมคุณภาพของแต่ละ ค่า

4. เปรียบเทียบผลการประเมินด้วยสายตาและด้วย เครื่องเดนซิโตมิเตอร์

ผลการศึกษา

การประเมินความเสื่อมของน้ำยาล้างฟิล์มแบบ อลูมิเนียมขั้นบันไดด้วยสายตาคพบว่า วันที่ 1 ถึงวันที่ 45



ภาพที่ 1 กราฟแสดงค่าคอนทราสต์ดิฟเฟอเรนซ์ ระยะเวลาการใช้น้ำยาล้างฟิล์ม 46 วัน

ที่ใช้น้ำยาล้างฟิล์ม มีค่าคอนทราสต์ดิฟเฟอเรนซ์ไม่เกิน ± 2 แต่ในวันที่ 46 ค่าคอนทราสต์ดิฟเฟอเรนซ์เท่ากับ +3 ดังภาพที่ 1 ซึ่งเป็นค่าที่เกินขีดจำกัดที่ยอมรับได้ หมายความว่าน้ำยาล้างฟิล์มเกิดความเสื่อมสภาพ

ผลการประเมินด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ พบว่าฟิล์มควบคุมค่าเบส พลัส ฟลอก เท่ากับ 0.30 ค่าสปีดอินเดกซ์เท่ากับ 1.30 ค่าคอนทราสต์ดิฟเฟอเรนซ์เท่ากับ 1.82 ดังนั้นช่วงของค่าทั้ง 3 ที่ยอมรับได้เมื่อนำฟิล์มมาเปรียบเทียบจะอยู่ในช่วงดังตารางที่ 1

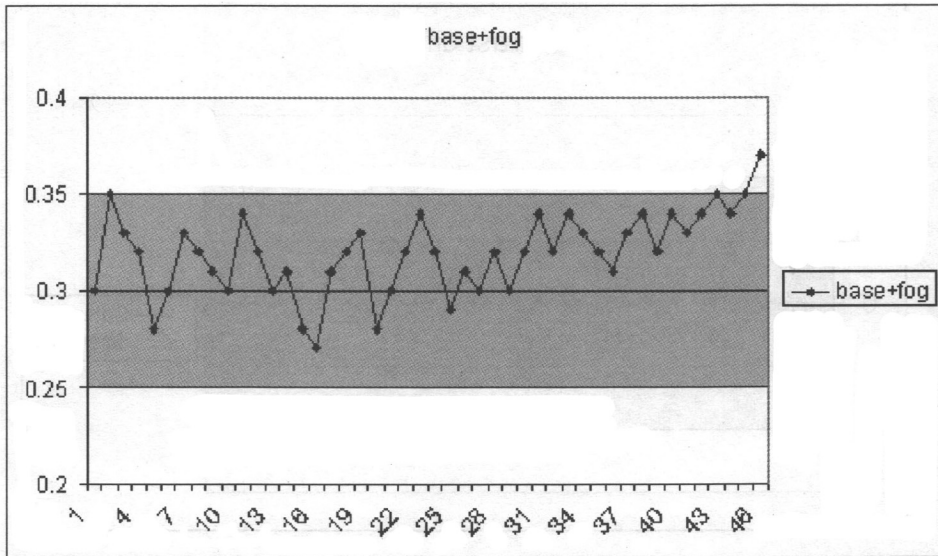
ตารางที่ 1 ช่วงที่ยอมรับได้ของค่าเบส พลัส ฟลอก ค่าสปีดอินเดกซ์ ค่าคอนทราสต์ดิฟเฟอเรนซ์

	ช่วงที่ยอมรับได้
ค่าเบส พลัส ฟลอก	0.25 - 0.35
ค่าสปีดอินเดกซ์	1.20 - 1.40
ค่าคอนทราสต์ดิฟเฟอเรนซ์	1.72 - 1.92

ผลการประเมินฟิล์มทดสอบด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ ตั้งแต่เริ่มต้นใช้น้ำยาจนถึงวันที่ 45 พบว่าค่าเบส พลัส ฟลอก ค่าสปีดอินเดกซ์ ค่าคอนทราสต์ดิฟเฟอเรนซ์ อยู่ใน ช่วงที่ยอมรับได้ แต่ในวันที่ 46 พบว่า ค่าเบส พลัส ฟลอก ค่าสปีดอินเดกซ์ ค่าคอนทราสต์ดิฟเฟอเรนซ์ มีค่าเกินช่วงที่ยอมรับได้ ดังภาพที่ 2, 3, 4

วิจารณ์

ผลการเปรียบเทียบวิธีตรวจสอบความสัมพันธ์สภาน้ำยาล้างฟิล์มเอกซเรย์ด้วยเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติแบบอลูมิเนียมชั้นบันได ระหว่างการประเมินด้วยสายตาและด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ พบว่าทั้งสองวิธีให้ผลตรงกัน คือ วันที่ 1-45 ของการใช้น้ำยาล้างฟิล์ม ค่าที่ใช้ตรวจสอบโดยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ ซึ่งได้แก่ค่าเบส พลัส ฟลอก ค่าสปีดอินเดกซ์ ค่าคอนทราสต์ดิฟเฟอเรนซ์ และค่าที่ตรวจสอบด้วยสายตา คือ ค่าคอนทราสต์ดิฟเฟอเรนซ์ อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และวันที่ 46 ในการใช้น้ำยาดังกล่าวจะอยู่นอกเหนือช่วงที่ยอมรับได้ นั่นคือ

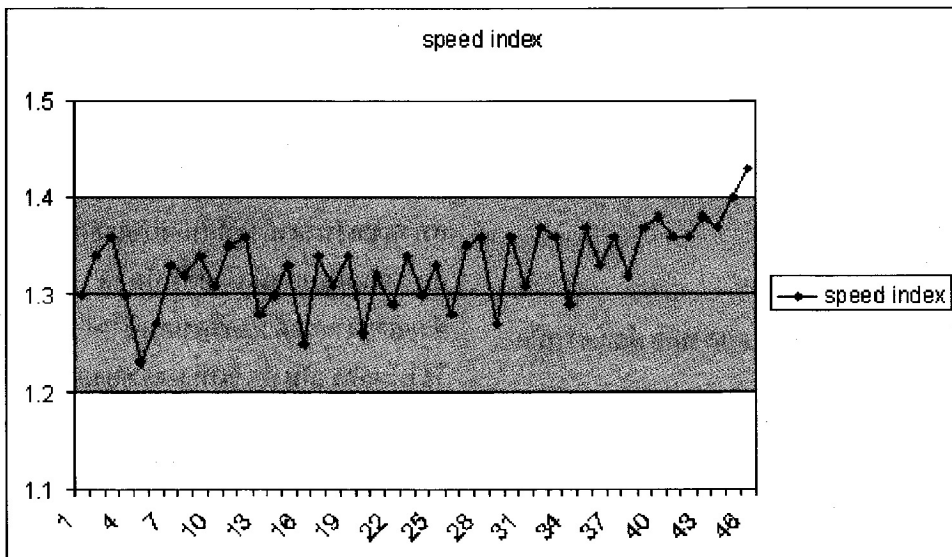


ภาพที่ 2 กราฟแสดงค่าเบส พลัส ฟอก ระยะเวลาการใช้น้ำยาล้างฟิล์ม 46 วัน

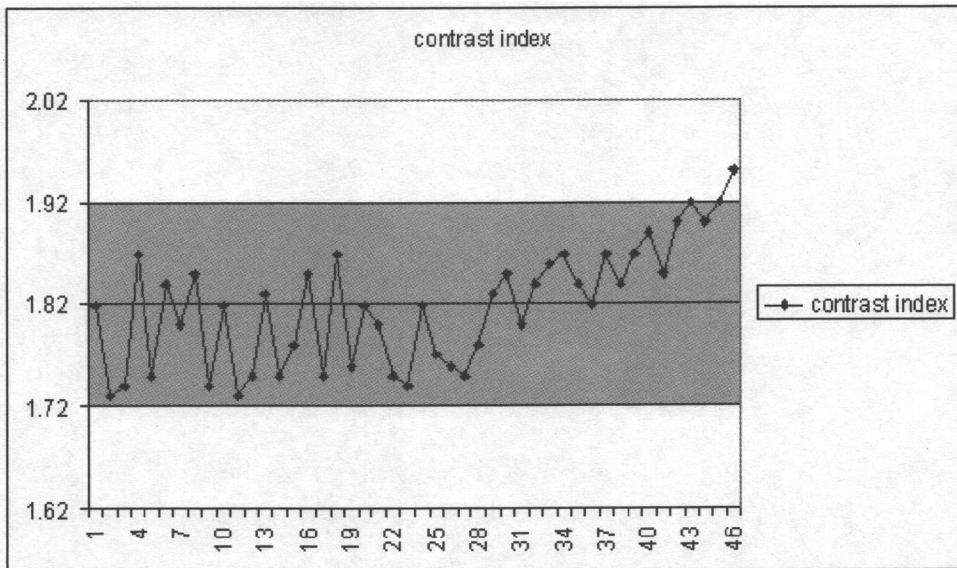
พบความเสื่อมของน้ำยาล้างฟิล์มที่เกินช่วงที่ยอมรับได้ในวันที่ 46 เช่นเดียวกันทั้งสองวิธี

ความเสื่อมสภาพของน้ำยาล้างฟิล์มของเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีอูลิเมียม

ขั้นบันไดใช้การประเมินด้วยสายตา โดยไม่ต้องใช้ค่าเป็นตัวเลขและดูได้จากความแตกต่างของขั้นบันไดเปรียบเทียบกับฟิล์มมาตรฐาน ผลที่ได้เชื่อถือได้เช่นเดียวกับวิธีการใช้เครื่องเซนซิเตอร์ แต่การตรวจสอบด้วย



ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่าสปีดอินเดกซ์ ระยะเวลาการใช้น้ำยาล้างฟิล์ม 46 วัน



ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าคอนทราสต์อินเดกซ์ ระยะเวลาการใช้น้ำยาล้างฟิล์ม 46 วัน

สายตาเป็นวิธีการที่ต้องการความแม่นยำและทักษะของผู้ตรวจสอบ นอกจากนี้ยังมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องที่ควรคำนึงถึงได้แก่ เครื่องเอกซเรย์ สายตาของคนอ่านฟิล์ม ความสม่ำเสมอและความคงที่ของความสว่างจากตู้ส่องฟิล์ม โดยการศึกษานี้ได้ควบคุมปัจจัยดังกล่าว แต่ การนำวิธีตรวจสอบด้วยสายตาไปใช้ในกระบวนการทำงาน ควรต้องพัฒนาทักษะของบุคลากรที่เกี่ยวข้องให้เป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อให้สามารถตรวจสอบได้แม่นยำและถูกต้องอย่างแท้จริง

สรุป

การประเมินความสัมพันธ์สภาพของน้ำยาล้างฟิล์มของเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติแบบอลูมิเนียมชั้นบันไดด้วยสายตาได้ผลไม่แตกต่างจากวิธีการประเมินด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์

เอกสารอ้างอิง

1. รายงานประจำปี โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ประจำปีงบประมาณ 2548.

2. จิตต์ไชย สุริยไชยากร, มานัส มงคลสุข, มาลินี ธนาารุณ, ขวลิต วงษ์เอก. การควบคุมคุณภาพการล้างฟิล์ม. ใน: จิตต์ไชย สุริยไชยากร, มานัส มงคลสุข, มาลินี ธนาารุณ, ขวลิต วงษ์เอก. บรรณาธิการ. การควบคุมคุณภาพของภาพเอกซเรย์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: พี.เอส.เลฟวิ่ง จำกัด; 2539. หน้า 42-62.

3. มาลินี ธนาารุณ, ประธาน วงศ์ตาหล้า, ภัตสุริย์ ชีพสุมนต์, อรุณี เหมะรุฉลิน, ธันยวีร์ เฟื่องเป็น, ศุภวิฑู สุขเฟื่อง. Processor Quality Control. ใน: มาลินี ธนาารุณ, ประธาน วงศ์ตาหล้า, ภัตสุริย์ ชีพสุมนต์, อรุณี เหมะรุฉลิน, ธันยวีร์ เฟื่องเป็น, ศุภวิฑู สุขเฟื่อง. บรรณาธิการ. คู่มือคุณภาพสำหรับงานรังสีวินิจฉัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัทไทยเทคโนโลยี; 2547. หน้า 45-9.

4. National Council on Radiation Protection and Measurements "Quality Assurance for Diagnostic Imaging Equipment", NCRP Report No.99, 1988

5. Available from <http://www.crcpd.org/Pubs/QC-DOS/QC-vol1-web.pdf>

6. Available from <http://svcc.edu/programs/RAD/RAD-294-OBE.pdf>

7. Available from <http://www.crcpd.org/PDF/12-92qac.pdf>