

นิพนธ์ต้นฉบับ

การวัดอุณหภูมิน้ำยาดีเวลลอปเปอร์โดยหัววัดแบบอิเล็กทรอนิกส์

เจตศักดิ์ วัชรประภาพงศ์*

บทคัดย่อ

อุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ในเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ มีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของภาพถ่ายรังสีที่ได้รับ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องทำการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์อยู่ตลอดเวลาที่เครื่องทำการล้างฟิล์ม แต่การตรวจวัดโดยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป มักไม่สะดวกต่อการปฏิบัติงาน การนำหัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์ มาใช้แทนเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ทำให้การวัดอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ ทำได้โดยสะดวก มีความถูกต้องและมีราคาไม่แพง วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2547; 37: 2-9.

คำรหัส: Automatic film processor, Developer

* นักรังสีเทคนิค กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลเชียงรายประชานุเคราะห์

Abstracts : Measure the developing temperature using electronic temperature probe**Chetsak Watcharaprapapong***

The developing temperature in automatic film processor affects on the radiographic quality. It is necessary to measure the temperature between the processor is running. Usually, Mercuric thermometer is used, but it is not convenient. Therefore, to improve measuring method, the electronic temperature probe is selected. It is easy, accuracy, and non-expensive. *Bull Chiang Mai Assoc Med Sci* 2004; 37: 2-9.

Key words: Automatic film processor, Developer

* Radiologist, Radiology department, Chiangrai regional hospital

บทนำ

การล้างฟิล์มนับเป็นขั้นตอนที่มีผลเป็นอย่างมากต่อคุณภาพของภาพถ่ายรังสีที่ได้รับ⁽¹⁾ เนื่องจากการล้างฟิล์มเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะเปลี่ยนภาพแฝง (Latent image) ที่อยู่บนแผ่นฟิล์ม ให้ปรากฏเป็นภาพรังสีที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า การล้างฟิล์มทั้งชนิดที่เป็นการล้างด้วยมือ (Manual processing) และการล้างด้วยเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ (Automatic Film Processing) มีปัจจัยหลายตัวที่มีผลต่อคุณภาพของภาพที่ได้รับและปฏิบัติงานจำเป็นต้องควบคุมให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนด เช่น ความคงที่ของน้ำยาล้างฟิล์ม, ระยะเวลาในการล้างฟิล์ม, ความสะอาดของอุปกรณ์และน้ำที่ใช้ในการล้างฟิล์มและอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ เป็นต้น

ในการล้างฟิล์มด้วยเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ อุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ มีผลค่อนข้าง

มากต่อคุณภาพของภาพถ่ายรังสีที่ได้รับ ทั้งในด้านความดำ (Density), ความคมชัด (Contrast), ความมัวของภาพ (Fog) รวมทั้งรอยต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนฟิล์ม โดยทั่วไปอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ที่ใช้ในการล้างฟิล์ม มีค่าอยู่ระหว่าง 28 ถึง 35 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์

ตามมาตรฐานของ National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP)⁽⁵⁾ ยอมรับให้มีความผิดพลาดของอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ได้ไม่เกิน ± 0.3 องศาเซลเซียส ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์มีค่าต่ำกว่าที่ตั้งไว้ จะทำให้ภาพรังสีที่ได้มีความดำ (density) น้อยลงและในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ มีค่าสูงกว่าที่ตั้งไว้จะส่งผลให้ความดำบนภาพรังสีที่ได้รับมากขึ้น เกิดความมัว (Fog) บนฟิล์มมากและเกิด

รอยขีดข่วนบนฟิล์มได้ง่ายเนื่องจากอิมัลชัน (Emulsion) ที่อยู่บนฟิล์มเกิดการพองตัวมากเกินไป

ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ จำเป็นต้องได้รับการตรวจวัดอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการล้างฟิล์ม การตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท เป็นวิธีการที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แต่ไม่ค่อยสะดวกต่อการใช้งาน และไม่สามารถทำการวัดขณะที่เครื่องกำลังล้างฟิล์มได้ ดังนั้นการทดลองนี้จึงต้องการศึกษาการใช้หัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic temperature probe) วัดอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ในเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ

วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อสร้างหัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมกับการใช้วัดอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ในขณะที่เครื่องกำลังล้างฟิล์ม

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. หัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์
2. มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital multi-meter) ยี่ห้อ Digicon DM-872
3. เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
4. เครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ ยี่ห้อ Kodak M6B

ขั้นตอนการศึกษา

ในการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. ศึกษา ออกแบบและสร้างหัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์
2. การเปรียบเทียบผลการวัดอุณหภูมิของหัววัดแบบอิเล็กทรอนิกส์กับเทอร์โมมิเตอร์แบบ

ปรอท

3. การติดตั้งหัววัดในเครื่องล้างฟิล์ม

4. การเปรียบเทียบการวัดอุณหภูมิด้วยหัววัดแบบอิเล็กทรอนิกส์กับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทในเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ

1. ศึกษา ออกแบบและสร้างหัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์

ในการออกแบบหัววัดอุณหภูมิ เน้นให้หัววัดมีขนาดเล็ก เพื่อสะดวกในการติดตั้งในถังล้างฟิล์ม เป็นอุปกรณ์ที่สามารถหาง่ายและใช้อุปกรณ์ประกอบภายนอกน้อย จากการศึกษาข้อมูลของไอซีหรือวงจรรวม (Integrate circuit, IC) พบว่าไอซีเบอร์ LM 335 ของบริษัท National semiconductor เหมาะสมที่จะใช้เป็นหัววัดอุณหภูมิ เนื่องจากไอซี LM335 ถูกออกแบบมาสำหรับใช้วัดอุณหภูมิโดยตรง มีราคาถูก (ราคาประมาณตัวละ 70 บาท) และมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิเป็นแบบเชิงเส้น (Linear) ดังรูปที่ 1 โดยที่ไอซี LM335 มีคุณสมบัติที่สามารถเปลี่ยนค่าอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้าได้โดยตรงและให้ความสัมพันธ์ในขนาด 10 มิลลิโวลต์ต่อองศาเคลวิน ($10 \text{ mV}/^{\circ}\text{K}$)⁽⁴⁾ ซึ่งหมายความว่าถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเคลวิน จะมีแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 10 มิลลิโวลต์ จากข้อมูลไอซีที่ได้นำมาเขียนเป็นวงจรในรูปที่ 2 โดยใช้โปรแกรม Circuit Maker 6.0 student version

หลักการทำงานของวงจร

จากวงจรในรูปที่ 2 ไอซี LM335 (U1) ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิ และเปลี่ยนให้เป็นแรงดันไฟฟ้า (VT) จ่ายออกตามค่าอุณหภูมิ โดยจะให้ค่าแรงดันไฟฟ้า VT เท่ากับศูนย์โวลต์ที่อุณหภูมิศูนย์องศาเคลวิน (0°K หรือ -273°C) และจะให้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 10 มิลลิโวลต์

การทำงานของไอซี LM335 มีความถูกต้องเที่ยงตรง

ตัวต้านทาน R3 และ R4 ทำหน้าที่สร้างแรงดันเปรียบเทียบขนาด 2.73 โวลต์ เพื่อป้อนให้กับขั้วลบของมัลติมิเตอร์ (M2) ทำให้สามารถอ่านค่าอุณหภูมิที่วัดได้เป็นองศาเซลเซียส โดยมีความสัมพันธ์เท่ากับ 10 มิลลิโวลต์ต่อ 1 องศาเซลเซียส

ในการอ่านค่าอุณหภูมิจะใช้มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital multimeter) ในสเกล 2 โวลต์ วัดค่าแรงดันไฟฟ้า VT ที่จุด M1 กับจุด M2 ค่าแรงดันที่วัดได้ จะแสดงค่าอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส มีความละเอียดถึง 0.1 องศาเซลเซียส

ไอซี LM 324 (U3, U4) ทำหน้าที่เป็นตัวบ่งบอกสถานะของอุณหภูมิที่วัดได้ว่ามีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ โดยเมื่ออุณหภูมิที่วัดได้มีค่าสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ U3 จะให้แรงดันไฟฟ้าออกมาทางขา 1 ทำให้ ไดโอดเปล่งแสงตัวที่ 2 (LED 2) สว่าง และเมื่ออุณหภูมิที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าที่ตั้งไว้ U4 จะให้แรงดันไฟฟ้าออกมาทางขา 14 ทำให้ไดโอดเปล่งแสงตัวที่ 1 (LED 1) สว่าง การตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการตรวจวัด ทำโดยการปรับที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ R5 ให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด Vs ดังนี้

$$V_s = 2.73 + 0.01 \times T_c \text{ (โวลต์)}$$

เมื่อ T_c = อุณหภูมิที่ต้องการปรับตั้งในหน่วยองศาเซลเซียส

V_s = ค่าแรงดันไฟฟ้าที่อุณหภูมิปรับตั้งไว้ในหน่วยองศาเซลเซียส

V_L = ค่าแรงดันไฟฟ้าที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าที่ตั้งไว้ 0.2–0.5 องศาเซลเซียส

ดังนั้น $V_s - V_L = 2 - 5$ มิลลิโวลต์

การปรับแต่ง

เพื่อให้ห้ววัดอุณหภูมิที่สร้างขึ้นวัดอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง จำเป็นต้องทำการปรับแต่งห้ววัดอุณหภูมิดังนี้

1. ปรับแต่งให้ค่าแรงดันไฟฟ้า VT ให้มีค่าเท่ากับ 2.73 โวลต์ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส โดยทำการจุ่มห้ววัดที่หุ้มด้วยปลอกเข็ม Disposable และ เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ลงในภาชนะพลาสติกบรรจุน้ำแข็งบริสุทธิ์ที่หุบให้ละเอียด ปลอยทิ้งไว้จนอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทมีค่าเท่ากับ 0 °C และค่าแรงดัน VT ที่วัดได้มีค่าคงที่ แล้วทำการปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ R2 ให้แรงดันไฟฟ้า VT ที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 2.73 โวลต์
2. ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าเปรียบเทียบที่จุด M2 ให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 2.73 โวลต์ โดยปรับที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ R4

2. การเปรียบเทียบการวัดอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทและเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์

จุ่มห้ววัดที่หุ้มด้วยปลอกเข็ม Disposable และเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ลงในภาชนะพลาสติกบรรจุน้ำแข็งบริสุทธิ์ที่หุบให้ละเอียด ปลอยทิ้งไว้จนอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทมีค่าเท่ากับ 0 °C อ่านอุณหภูมิจากเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์

เติมน้ำอุ่นลงไปในภาชนะที่บรรจุน้ำแข็งทีละน้อยเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ จนอุณหภูมิเพิ่มถึง 40 องศาเซลเซียส ใช้เครื่องวัดเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทและเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์วัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปเป็นระยะ

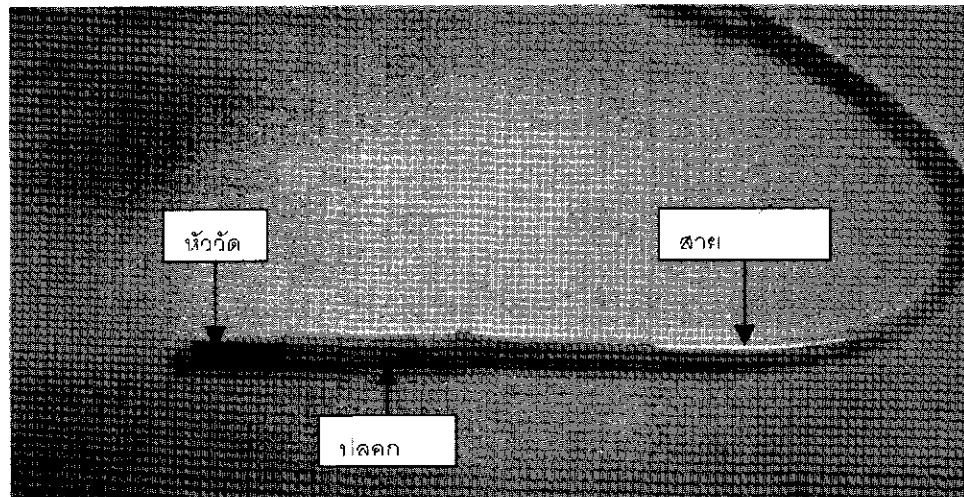
3. การติดตั้งห้ววัดอุณหภูมิในเครื่องล้างฟิล์ม

ในการวัดอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์

ด้วยหัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์ จำเป็นต้องจุ่มหัววัดลงในถังน้ำยา ตัวหัววัดอุณหภูมิที่ทำขึ้นจากไอซี LM 335 มีส่วนประกอบที่เป็นโลหะที่ถูกกัดกร่อนได้ง่ายโดยสารละลายที่มีสภาพเป็นกรดและด่าง ดังนั้นจึงต้องหุ้มหัววัดอุณหภูมิด้วยวัสดุที่มีความทนทานต่อสภาพความเป็นด่างของน้ำยา ในเครื่องล้างฟิล์ม ได้ทดลองหุ้มหัววัดด้วยปลอกเข็ม Disposable เบอร์ 18 และสายท่อ

ออกซิเจนสำหรับผู้ป่วย ยึดติดกันด้วยกาวตราช้าง ดังรูปที่ 3

การติดตั้งในเครื่องล้างฟิล์ม จะติดตั้งหัววัดโดยให้ยึดติดกับขอบถังน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ด้วยสายรัด แบบพลาสติกตรงบริเวณช่องว่างด้านข้างของชุด ลูกกลิ้งของดีเวลลอปเปอร์ โดยให้หัววัดจุ่มลงไป ในน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ประมาณ 3 นิ้ว ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 แสดงการหุ้มหัววัดด้วยปลอกเข็มและสายท่อออกซิเจน



รูปที่ 4 แสดงการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องล้างฟิล์ม Kodak M6B

4. การเปรียบเทียบการวัดอุณหภูมิด้วยหัววัดแบบอิเล็กทรอนิกส์กับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทในเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ

ทำการทดลองวัดอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ด้วยหัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบการวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทวันละ 3 ครั้ง เวลา 8.00 น., 12.00 น. และ 15.30 น. รวมระยะเวลา 15 วัน

ผลการศึกษา

จากการทดลองศึกษาการวัดอุณหภูมิด้วยหัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น พบว่า

1. การวัดอุณหภูมิในช่วง $0-40^{\circ}\text{C}$ ของหัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์สอดคล้องกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอททุกช่วงอุณหภูมิ โดยมีค่าแตกต่างกัน $0-0.1^{\circ}\text{C}$

2. การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่หุ้มด้วยพลาสติก Disposable เบอร์ 18 และสายท่อออกซิเจน ไว้ในถังน้ำยาดีเวลลอปเปอร์เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าสภาพทางเคมีของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายใดๆ ต่อหัววัดอุณหภูมิ

3. ผลการวัดอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ในเครื่องล้างฟิล์ม 15 วัน 45 ครั้ง เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท อ่านได้ค่าอยู่ระหว่าง 34.4-35.2 องศาเซลเซียส หัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์อ่านค่าได้ระหว่าง 34.7-35.7 องศาเซลเซียส โดยวัดได้ค่ามากกว่าเทอร์โมมิเตอร์ 0.3-0.5 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 0.4 องศาเซลเซียส

วิจารณ์

1. หัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นวัดอุณหภูมิที่ขึ้นลงได้สอดคล้องกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ตามผลข้อ 1. สามารถ

นำมาใช้วัดอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ ในเครื่องล้างฟิล์ม ได้เพราะหัววัดมีความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 0.1 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงสามารถตรวจจับวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในช่วง 0.3 องศาเซลเซียสได้

2. ในการวัดอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ในเครื่องล้างฟิล์ม หัววัดอุณหภูมิที่สร้างขึ้นจะถูกจุ่มแช่อยู่ในถังน้ำยาตลอดเวลาที่เครื่องทำงาน ทำให้ความร้อนสะสมที่หัววัดมีค่ามากกว่าเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทที่จุ่มลงไปวัดครั้งละ 2 นาที จึงอ่านค่าได้มากกว่าค่าที่วัดจากเทอร์โมมิเตอร์ 0.4 องศาเซลเซียส ดังนั้นหากต้องการทราบอุณหภูมิที่ถูกต้องของน้ำยาจะต้องนำค่าที่แตกต่างไปแก้ค่า

สรุปผลการศึกษา

หัววัดอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์ สามารถใช้วัดอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ได้ มีความถูกต้อง เมื่อเปรียบเทียบกับการวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท สามารถบอกค่าอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 0.1 องศาเซลเซียส และสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำยาดีเวลลอปเปอร์ ในขณะที่เครื่องกำลังล้างฟิล์มอยู่ ทำให้การควบคุมคุณภาพของเครื่องล้างฟิล์มทำได้โดยสะดวก

เอกสารอ้างอิง

1. จิตต์ไชย สุริยะการ, มานัส มงคลสุข, มาลินี ธนารุณ, ชวลิต วงษ์เอก. การควบคุมคุณภาพของภาพเอกซเรย์. กรุงเทพฯ : พี.เอ.ลีฟวิ่ง, 2538.
2. สมยศ เชียงฉิน. อิเล็กทรอนิกส์เทอร์โมสแตท. รวมโครงการอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องควบคุม.

กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2539

3. Health sciences division, Eastman kodak company. Operator manual kodak RP-X-OMAT processor model M6B. Publication No. 246627. New york, USA: 1991
4. National semiconductor corporation.

LM335 precision temperature sensors. DS005698. www.national.com : 2000

5. NCRP Report No.99. Quality control in diagnostic imaging. Maryland: National Council on Radiation Protection and Measurements, 1988.