

การศึกษาการเชื่อมต่อภาพถ่ายเอกซเรย์แบบระยะยาวกระดูกสันหลังด้วยโปรแกรมอิมเมจคอมโพสิทเอดิตเตอร์

The study of image stitching of long-length spine radiography using image composite editor program

พิมพ์ชนก สารโจน์¹ • กนกวรรณ เดชะผล¹ • กษิรา ไชยศรี¹ • สุกจิตราภรณ์ เทพานนท์² • ศรธรรม พรสวรรค์ชัย²
จกกลณี พงษ์ทรัพย์³ • วิณา แชนเขียว⁴ • อัจฉรา โพธิ์มาก⁴ • นิภาพร จงประเสริฐ⁴ • นงลักษณ์ กุลคำ⁴ • ฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก^{1,*}

¹ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

²แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

³แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลพุทธชินราชพิษณุโลก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

⁴แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลกำแพงเพชร อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000

Pimchanok Sarot¹ • Kanokwan Dechapon¹ • Kasira Chaisri¹ • Sujitraporn Tapanon² • Sornram Pornsawanchai² • Jongkolnee Poonsub³ • Weena Samkeaw⁴ • Atchara Phomak⁴ • Nipraporn Jongprasert⁴ Nonglak Goonkham⁴ • Titipong Kaewlek^{1,*}

¹Department of Radiological Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000, Thailand

²Department of Radiology, Lampang Hospital, Lampang, 52000, Thailand

³Department of Radiology, Buddhachinaraj Phitsanulok Hospital, Phitsanulok, 62000, Thailand

⁴Department of Radiology, Kamphaengphet Hospital, Kamphaengphet, 62000, Thailand

*Correspondence to: titipongk@nu.ac.th

Thai J Rad Tech 2019;44(1):23-33

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อประเมินวิธีการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาว โดยใช้โปรแกรมการเชื่อมต่อภาพอิมเมจคอมโพสิทเอดิตเตอร์ ภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังต้นฉบับถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน แล้วนำมาเชื่อมต่อด้วยโปรแกรม 4 วิธีการ ประกอบด้วย วิธีการแบบอัตโนมัติ วิธีการเคลื่อนที่บนระนาบ วิธีการเคลื่อนที่บนระนาบแบบเบ้ และวิธีการเคลื่อนที่บนระนาบแบบทัศนมิติ ภาพที่ได้ถูกประเมินผลในเชิงปริมาณโดยการวัดเส้นโปรไฟล์ และเชิงคุณภาพโดยนักรังสีเทคนิค 3 ท่าน ที่มีประสบการณ์การทำงานอย่างน้อย 5 ปี ผลในเชิงปริมาณพบว่าในกลุ่มภาพปกติ วิธีการเคลื่อนที่บนระนาบแบบทัศนมิติสามารถเชื่อมต่อภาพได้โดยเกิดการผิดเพี้ยนน้อยที่สุด กลุ่มของภาพเอกซเรย์ผิดปกติและกลุ่มระดับไม่รุนแรง ทุกวิธีการสามารถเชื่อมต่อภาพได้ผลดีโดยไม่เกิดการผิดเพี้ยน ความรุนแรงของโรคระดับปานกลาง (ความโค้งของกระดูกสันหลัง 42-45 องศา) วิธีการเคลื่อนที่บนระนาบแบบทัศนมิติ และเคลื่อนที่แบบเบ้ ได้ผลการเชื่อมผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ความรุนแรงของโรคที่ระดับปานกลาง (ความโค้งของกระดูกสันหลัง 31-39 องศา) วิธีการเคลื่อนที่บนระนาบแบบทัศนมิติ และเคลื่อนที่บนระนาบ ได้ผลผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ความรุนแรงของโรคที่ระดับรุนแรง วิธีการเคลื่อนที่บนระนาบได้ผลผิดเพี้ยนน้อยที่สุด การประเมินผลเชิงคุณภาพทั้งในการเชื่อมต่อของกลุ่มภาพเอกซเรย์ปกติ และผิดปกติ ผลการประเมินความสอดคล้องในการประเมินคุณภาพของภาพโดยนักรังสีเทคนิคในกลุ่มภาพเอกซเรย์ปกติมีความสอดคล้องในระดับปานกลาง และในกลุ่มภาพเอกซเรย์ผิดปกติมีความสอดคล้องในระดับดี โปรแกรมอิมเมจคอมโพสิทเอดิตเตอร์สามารถใช้ในการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังได้ทั้งภาพกระดูกสันหลังปกติ และผิดปกติ

คำสำคัญ: การเชื่อมภาพ โปรแกรมการเชื่อมภาพ ภาพถ่ายเอกซเรย์แบบระยะยาว เอกซเรย์กระดูกสันหลัง

Abstract

The aim of this study was to evaluate a method for image stitching of long-length spine radiography. The image composite editor program was used to stitch the scoliotic whole-spine radiographic imaging. The original spine radiographs were divided into two parts and processed by 4 methods including the auto detection, planar motion, planar motion with perspective, and planar motion with skew functions, respectively. The resulted images were quantitatively assessed by using the profile plot value, and qualitatively analyzed by 3 imaging technologists who have at least 5 years of working experience. The quantitative resulted in normal spine radiograph, the planar motion with perspective was stitch with less distortion. For scoliotic assessment showing, mild scoliosis, the processed images were not distorted. For the moderate group (42-45° angle of spine), the planar motion with perspective and the planar motion with skew were the least distortions. For the moderate group (31-39° angle of spine), the planar motion with perspective and the planar motion provided smallest distortion. For the severe group, the planar motion was the best method with less distortion. For qualitative analysis, both normal spine and scoliotic radiograph were stitched. The moderate consistency of image quality assessed by three imaging technologists in the groups of normal radiographs was obtained. Scoliotic radiograph stitching group provided good consistency. The image composite editor program can be used to stitch both normal and scoliotic radiographs.

Keywords: Image stitching, Image stitching program, Long-length radiography, Spine radiography

บทนำ

กระดูกสันหลังเป็นส่วนของร่างกายที่มีหน้าที่รับน้ำหนักและช่วยพยุงร่างกายให้สามารถตั้งตรงได้ ในคนปกติ หากมองจากด้านหลังจะเห็นกระดูกสันหลังมีแนวเป็นแนวเส้นตรง แต่สำหรับในคนที่เป็โรคกระดูกสันหลังคด เมื่อมองจากด้านหลังจะเห็นแนวกระดูกโค้งไปทางซ้ายหรือขวาไม่เป็นเส้นตรงเหมือนคนปกติ¹ โรคกระดูกสันหลังคดพบประมาณร้อยละ 2-3 ของประชากรในการตรวจวินิจฉัยโรคกระดูกสันหลังคดทำได้โดยการถ่ายภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังแบบระยะยาว² ซึ่งการถ่ายภาพเอกซเรย์ทางการแพทย์นั้นเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการสร้างภาพ เพื่อตรวจวินิจฉัยความผิดปกติของอวัยวะต่างๆ ซึ่งการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไป¹ จะทำการถ่ายเพียงครั้งเดียว ด้วยตัวรับภาพแบบ 1 แผ่น ข้อมูลภาพเอกซเรย์ที่ได้จะปรากฏเฉพาะอวัยวะที่อยู่ในขอบเขตของตัวรับภาพนั้นๆ เท่านั้น ในกรณีที่แพทย์สงสัยว่าผู้ป่วยจะเป็นโรคกระดูกสันหลังคด แพทย์จำเป็นที่จะต้องเห็นขอบเขตของกระดูกสันหลังทั้งหมดตลอดแนวในภาพเดียว ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการถ่ายภาพเอกซเรย์โดยอาศัยกลไกในการเลื่อนตำแหน่งตัวรับภาพลงมาตามตำแหน่งของอวัยวะแบบต่อเนื่อง โดยใช้ตัวรับภาพเพียงแผ่นเดียว โดยระบบคอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลภาพเอกซเรย์ที่ได้มาเชื่อมต่อกันเป็นภาพเดียว เพื่อให้ได้องค์ประกอบของอวัยวะที่มีระยะยาวต่อเนื่องกัน เรียกวิธีการนี้ว่าการ

ถ่ายภาพเอกซเรย์แบบระยะยาว (long-length radiography)³⁻⁵ ซึ่งการถ่ายด้วยวิธีนี้จะต้องอาศัยอุปกรณ์สำหรับใส่ตัวรับภาพ พร้อมทั้งกลไกในการเลื่อนตำแหน่งหลอดเอกซเรย์ที่มีความสัมพันธ์กัน อีกทั้งเมื่อได้ข้อมูลภาพแล้ว ยังต้องอาศัยการเชื่อมต่อข้อมูลภาพโดยใช้โปรแกรมเฉพาะของบริษัทผู้ผลิต⁶⁻⁷ หากโรงพยาบาลต้องการระบบดังกล่าวมาใช้ในการถ่ายภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลัง ต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง ในโรงพยาบาลภาครัฐส่วนใหญ่อาจจะมิงงบประมาณไม่เพียงพอในการติดตั้งและจำนวนผู้ป่วยที่ต้องเข้ารับการถ่ายภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังแบบระยะยาวนั้นยังคงมีจำนวนไม่มาก ทำให้เมื่อติดตั้งระบบดังกล่าวมาแล้วอาจจะไม่คุ้มทุน ดังนั้นโรงพยาบาลส่วนใหญ่จึงเลือกใช้การถ่ายภาพเอกซเรย์แบบทั่วไปโดยใช้ตัวรับภาพ 2-3 ภาพแล้วนำมาต่อกัน และโดยการถ่ายภาพจะเลื่อนหลอดเอกซเรย์ไปยังตำแหน่งที่จะถ่ายภาพที่ได้จะมีการซ้อนทับกันของภาพบางส่วน และจะไม่มีการเชื่อมต่อกันอย่างสมบูรณ์หรือโรงพยาบาลอาจจะใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพเอกซเรย์แบบดิจิทัลที่มีอยู่ทุกๆ ไปได้ แต่ต้องมีการติดตั้งโปรแกรมที่มีราคาแพงเพิ่มเติม หรือประยุกต์ใช้โปรแกรมในการตกแต่งภาพได้ ในปัจจุบันมีโปรแกรมที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อภาพแบบพาโนรามาหลากหลายโปรแกรม เช่น Kolor Autopano, Hugin, Autostitch และ Composite Editor เป็นต้น โปรแกรมเหล่านี้ใช้สำหรับการเชื่อมต่อ

ถ่ายภาพวิวทิวทัศน์จากถ่ายภาพด้วยกล้องแบบดิจิทัล⁸⁻¹³ โดยอาศัยหลักการค้นหาจุดที่มีความคล้ายกันของข้อมูลภาพ แล้วเชื่อมต่อภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สังเกตเห็นความสามารถของโปรแกรมเชื่อมต่อภาพเหล่านี้เพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับภาพทางการแพทย์ จึงสนใจที่จะทำการทดสอบกับภาพเอกซเรย์ โดยใช้ข้อมูลภาพจากการถ่ายภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวที่ได้จากการทำ Scanogram จากฐานข้อมูลโรงพยาบาลพุทธชินราช และนำภาพที่ได้มาเปรียบเทียบกับต้นฉบับเพื่อหาโปรแกรมและวิธีการที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการถ่ายภาพเอกซเรย์แบบระยะยาวของผู้ป่วยจริงต่อไป

วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองโดยกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

การดำเนินงานวิจัยกลุ่มทดสอบ แบ่งขั้นตอนได้ดังนี้

1. คัดเลือกไฟล์ภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวแบบ Scanogram จากเครื่องเอกซเรย์ยี่ห้อ Samsung โรงพยาบาลพุทธชินราช ไฟล์ภาพนามสกุล DICOM (.dcm) เป็นภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวแบบปกติ จำนวน 15 ภาพ และภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวแบบผิดปกติ จำนวน 15 ภาพ รวมทั้งหมด 30 ภาพ
2. แบ่งภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวที่ได้จากการทำ Scanogram ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน ตามขนาดภาพโดยใช้โปรแกรม Photoshop cs6 ให้มีพื้นที่ซ้อนทับกันของภาพประมาณ 1 นิ้ว ดังแสดงในภาพที่ 1
3. นำภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวแบบปกติ และแบบผิดปกติมาเชื่อมต่อโดยใช้โปรแกรม Image Composite Editor

ขั้นตอนการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังแบบปกติ มีรายละเอียดดังนี้

- ตั้งค่าโปรแกรม Image Composite Editor ในขั้นตอนนำภาพเข้า (Import) หัวข้อ Camera motion 4 วิธีการ ได้แก่ การตรวจจับแบบอัตโนมัติ (Auto detection) แบบเคลื่อนที่บนระนาบ (Planar motion) แบบเคลื่อนที่บนระนาบเบ้ (Planar motion with skew) และแบบเคลื่อนที่บนระนาบแบบทัศนมิติ (Planar motion with perspective) โดยจะเลือกใช้วิธีการการตรวจจับแบบอัตโนมัติ (Auto detection) จัดหน้า (Lay out) แนวตั้งจำนวน 2 แถว เลือกระยะมุม (Angular range) เป็นน้อย

กว่า 360 องศา การซ้อนทับของภาพ เลือกการซ้อนทับแนวตั้งร้อยละ 10 การค้นหาข้อมูลภาพด้วยรัศมีร้อยละของภาพ

- โปรแกรมดำเนินการค้นหาการจัดเรียง (Alignment) ระหว่างรอยต่อของภาพ และคำนวณคุณลักษณะที่คล้ายคลึงของภาพหลายๆ ส่วน (Composite image) เพื่อหาจุดที่ใช้ในการเชื่อมต่อภาพให้ได้ภาพเอกซเรย์ที่สมบูรณ์มากที่สุด โดยกำหนดแนวการระหว่างมุมระหว่างภาพ (Orientation) เป็น 0 องศา

- การตัดภาพ (Crop) เลือกแบบอัตโนมัติ แล้วเลือกขนาดภาพเป็นร้อยละ 100 ของขนาดภาพเดิมรูปแบบไฟล์ชนิด PNG (.png) มีคุณภาพระดับเหนือสูง (Superb) ที่ 100 แล้วบันทึกภาพ

- ทำขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 ซ้ำ โดยเปลี่ยนรูปแบบการตรวจจับข้อมูลภาพจากข้อ 3 หัวข้อ Camera motion เป็นแบบเคลื่อนที่บนระนาบ เคลื่อนที่บนระนาบแบบเบ้ และเคลื่อนที่บนระนาบแบบทัศนมิติ ตามลำดับ โดยการตั้งค่าอื่น ๆ คงเดิม

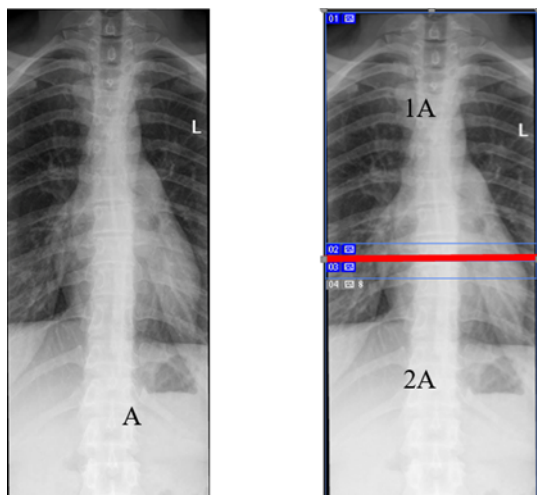
ขั้นตอนการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังแบบผิดปกติ มีรายละเอียดดังนี้

- ตั้งค่าโปรแกรม Image Composite Editor ในขั้นตอนนำภาพเข้าในหัวข้อ Camera motion ซึ่งจะมี 4 วิธีการ เช่นเดียวกับภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังแบบปกติ เลือกใช้วิธีการตรวจจับแบบอัตโนมัติ จัดหน้าแนวตั้งจำนวน 2 แถว เลือกระยะมุมน้อยกว่า 360 องศา การซ้อนทับของภาพการค้นหาข้อมูลภาพด้วยรัศมีร้อยละ 10 ของภาพ

- ในส่วนของเลือกการซ้อนทับแนวตั้งสำหรับการเชื่อมต่อภาพกระดูกสันหลังระยะยาวแบบผิดปกติ แบ่งการใช้ค่าพารามิเตอร์ตามลักษณะความผิดปกติ โดยแบ่งกลุ่มค่าการซ้อนทับของภาพตามความรุนแรงของโรคตามรายละเอียดดังนี้

- ความรุนแรงของการคดงอในช่วง Mild เลือกการซ้อนทับแนวตั้งร้อยละ 3
- ความรุนแรงของการคดงอในช่วง Moderate แบ่งตามมุมการคดของกระดูกสันหลัง
- กรณีมุมอยู่ในช่วง 42-45 องศา การซ้อนทับของภาพเลือกการซ้อนทับแนวตั้งร้อยละ 10
- กรณีมุมอยู่ในช่วง 31-39 องศา การซ้อนทับของภาพเลือกการซ้อนทับแนวตั้งร้อยละ 1
- ความรุนแรงของการคดงอในช่วง Severe เลือกการซ้อนทับแนวตั้ง ร้อยละ 3

- การวัดมุมจะทำการวัดจากภาพต้นฉบับ โดยใช้วิธีวัดมุมกระดูกสันหลังแบบ Cobb's angle อ้างอิงการวัดมุม
 - โปรแกรมดำเนินการค้นหาการจัดเรียงระหว่างรอยต่อของภาพ และคำนวณคุณลักษณะที่คล้ายคลึงของภาพหลายๆส่วนเพื่อหาจุดที่ใช้ในการเชื่อมต่อภาพให้ได้ภาพเอกซเรย์ที่สมบูรณ์มากที่สุดโดยกำหนดแนวการระหว่างมุมระหว่างภาพเป็น 0 องศา
 - ขั้นตอนการตัดภาพ เลือกเป็นแบบอัตโนมัติ แล้วเลือกขนาดภาพเป็นร้อยละ 100 ของขนาดภาพเดิม เลือกคุณภาพระดับเหนือสูง แล้วบันทึกภาพ
 - ทำทุกขั้นตอนซ้ำ โดยเปลี่ยนรูปแบบการตรวจข้อมูลภาพเป็นแบบเคลื่อนที่บนระนาบ เคลื่อนที่บนระนาบแบบเบ้ และเคลื่อนที่บนระนาบแบบทัศนมิติ ตามลำดับการตั้งค่าอื่น ๆ คงเดิม



ภาพที่ 1 แสดงการแบ่งภาพ A) ภาพเอกซเรย์ต้นฉบับ 1A) ภาพส่วนบน 2A) ภาพส่วนล่าง

การดำเนินงานวิจัยกลุ่มทดสอบ แบ่งขั้นตอนได้ดังนี้

1. นำข้อมูลภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวจากโรงพยาบาลศูนย์ลำปาง จำนวน 10 ชุดข้อมูลภาพ ซึ่งใน 1 ชุดข้อมูลภาพประกอบด้วย ภาพถ่ายเอกซเรย์ต้นฉบับ (ส่วนบนและส่วนล่าง อย่างละ 1 ภาพ ดังภาพที่ 3) และภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อด้วยโปรแกรมของบริษัท BJC 1 ภาพ
2. นำภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวต้นฉบับ (ส่วนบนและส่วนล่าง) ที่มีกระดูกสันหลังแบบปกติ

และผิดปกติอย่างละ 5 ชุด มาเชื่อมต่อกับโปรแกรม Image Composite Editor โดยวิธีการตั้งค่าตามข้อ 1 และ 2 ตามลำดับ

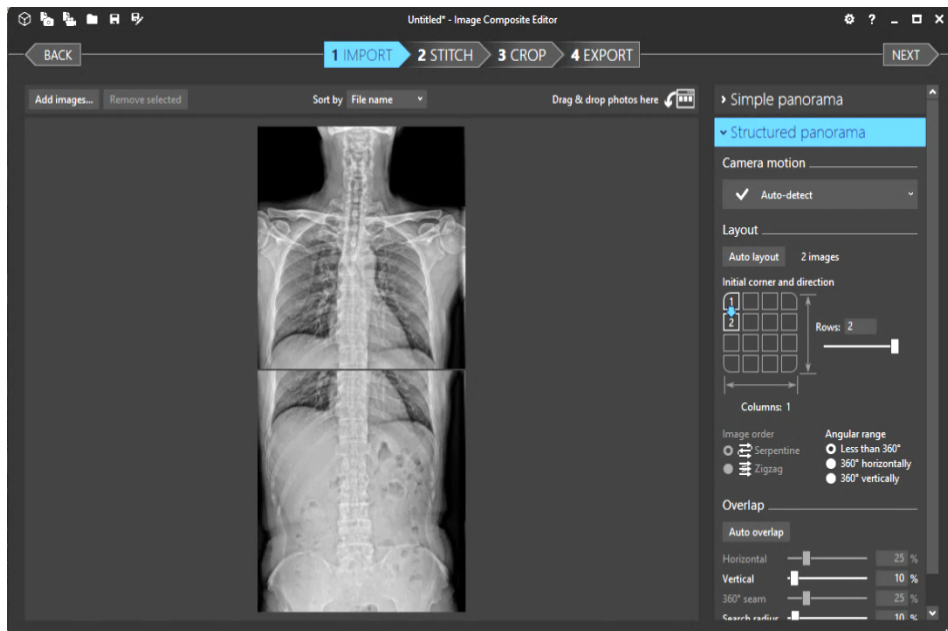
การประเมินคุณภาพของการเชื่อมต่อภาพด้วยโปรแกรม Image Composite Editor

การประเมินคุณภาพของการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวด้วยโปรแกรม Image Composite Editor ประกอบด้วยการประเมินคุณภาพของภาพเชิงปริมาณด้วยการวัดค่าข้อมูลเชิงเส้นแบบโปรไฟล์ (Profile measurement) และการประเมินคุณภาพเชิงคุณภาพโดยนักรังสีเทคนิคที่มีประสบการณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การประเมินคุณภาพของภาพเชิงปริมาณ

นำผลการเชื่อมต่อภาพด้วยโปรแกรม Image Composite Editor จากข้อ 1 และ 2 ประเมินโดยการวัดค่าข้อมูลเชิงเส้นแบบโปรไฟล์ ในลักษณะการวัดในแนวนอน บริเวณที่เป็นรอยต่อของภาพที่ทำการเชื่อมต่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง(การหด การขยายของภาพ)ของข้อมูลภาพจากโปรไฟล์ของภาพเอกซเรย์ที่ผ่านการเชื่อมต่อด้วยโปรแกรม Image Composite Editor กับภาพเอกซเรย์ต้นฉบับ โดยใช้โปรแกรม Image J 1.46r Java1.6.0_20 (64 bit)

การวัดค่าข้อมูลเชิงเส้นแบบโปรไฟล์จะทำการลากเส้นตรงให้ผ่านอวัยวะหรือตำแหน่งที่เป็นบริเวณรอยต่อของภาพเอกซเรย์ที่ผ่านการเชื่อมต่อด้วยโปรแกรม Image Composite Editor และลากเส้นในตำแหน่งเดียวกันบนภาพเอกซเรย์ต้นฉบับ ดังแสดงบนภาพที่ 4



ภาพที่ 2 แสดงการตั้งค่าการเชื่อมต่อภาพกระดูกสันหลังระยะยาวแบบปกติโดยโปรแกรม Image Composite Editor



ภาพที่ 3 แสดงภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวส่วนบนและส่วนล่างก่อนจะนำเข้าโปรแกรมเชื่อมต่อภาพ ของโรงพยาบาลศูนย์ลำปาง

การประเมินคุณภาพของภาพเชิงคุณภาพ

นำผลการเชื่อมภาพด้วยโปรแกรม Image Composite Editor จากข้อ 1 และ 2 มาประเมินคุณภาพของภาพเชิงคุณภาพ โดยการนำภาพเอกซเรย์ต้นฉบับและภาพเอกซเรย์ที่ผ่านการเชื่อมต่อด้วยโปรแกรม Image Composite Editor ทั้ง 4 วิธีการ ทั้งกลุ่มภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังปกติ และผิดปกติ มาประเมินความคล้ายกันของข้อมูลภาพ โดยนักรังสีเทคนิคโรงพยาบาลกำแพงเพชร จำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีประสบการณ์การทำงานมากกว่า 5 ปี โดยพิจารณาคุณภาพของภาพตามเกณฑ์ระดับคะแนน ดังนี้

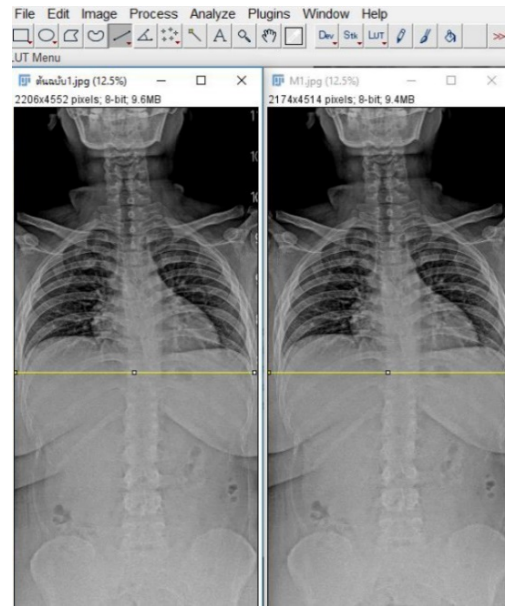
- คะแนน 3 หมายถึง ภาพต้นฉบับมีความเหมือนกันกับภาพที่เชื่อมต่อด้วยโปรแกรม มีลักษณะของกระดูกสันหลังไม่ผิดเพี้ยน
- คะแนน 2 หมายถึง ภาพต้นฉบับมีความเหมือนกันกับภาพที่เชื่อมต่อด้วยโปรแกรม มีลักษณะของกระดูกสันหลังผิดเพี้ยนเล็กน้อย
- คะแนน 1 หมายถึง ภาพต้นฉบับมีความเหมือนกันกับภาพที่เชื่อมต่อด้วยโปรแกรม มีลักษณะของกระดูกสันหลังผิดเพี้ยนมาก

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลการประเมินคุณภาพของภาพเชิงคุณภาพของนักรังสีเทคนิคทั้ง 3 ท่าน มาวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนประเมิน โดยใช้สถิติ The Friedman Test ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 16 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์กันของการให้คะแนนประเมินคุณภาพของนักรังสีเทคนิค ทั้ง 3 ท่าน ด้วย Intraclass Correlation Coefficient (ICC: 2,1)¹⁶ แบบ Two-way random single measures (absolute agreement) โดยพิจารณาผลความสอดคล้องจากตารางที่ 1

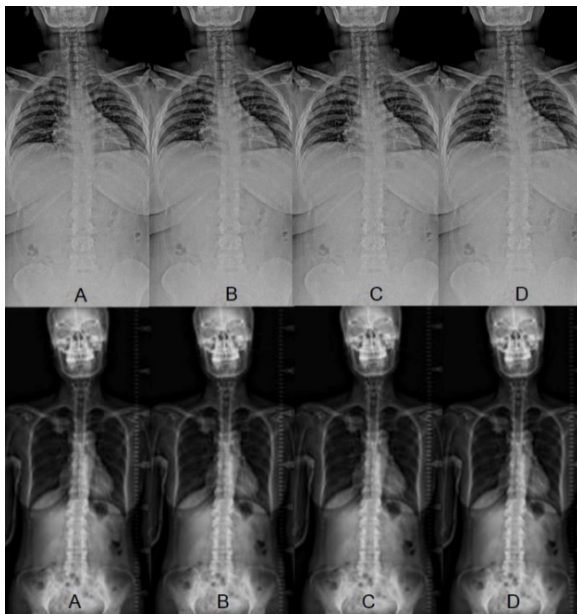
ตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ผลความสอดคล้องของการให้คะแนนของนักรังสีเทคนิคทั้ง 3 ท่าน

Intraclass correlation coefficients (ICC) ¹⁶	ความสอดคล้อง
< 0.5	ไม่สอดคล้อง
0.5-0.75	ปานกลาง
0.75-0.9	ดี
>0.9	ดีมาก

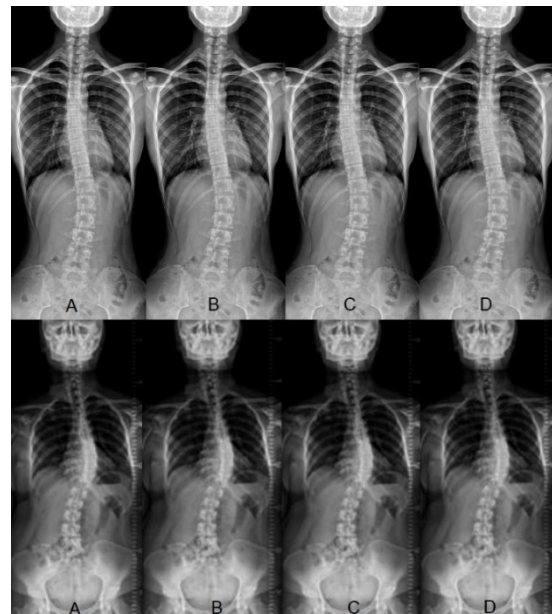


ภาพที่ 4 แสดงการลากเส้นวัดโปรไฟล์ของภาพเอกซเรย์ต้นฉบับ (ซ้าย) กับภาพเอกซเรย์ที่ผ่านการเชื่อมต่อกับโปรแกรม Image Composite Editor (ขวา)

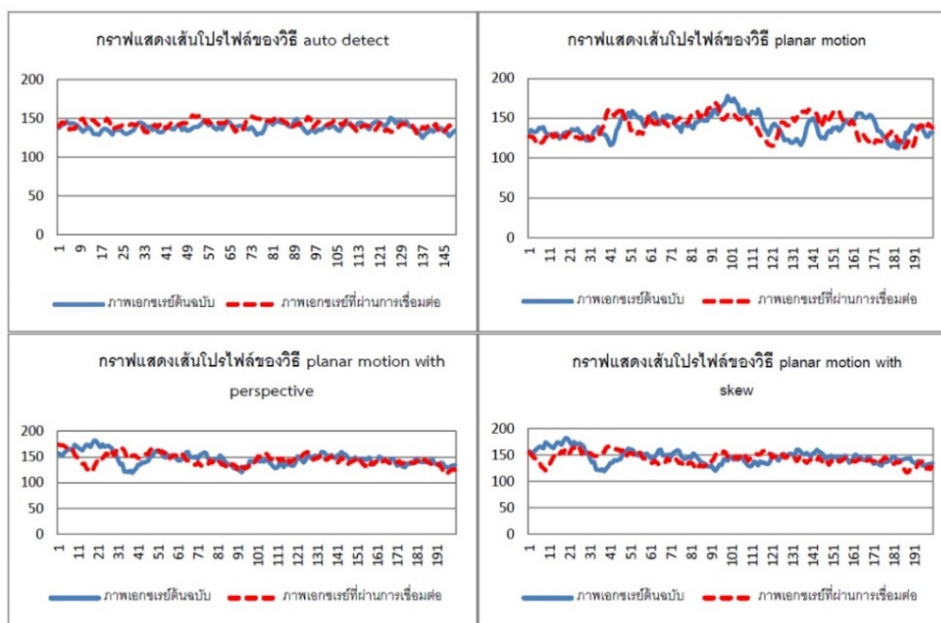
ผลการศึกษา



ภาพที่ 5 แสดงผลการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังลักษณะปกติของกลุ่มทดสอบ (ด้านบน) และกลุ่มทดสอบ (ด้านล่าง) ด้วยโปรแกรม Image composite editor ทั้ง 4 วิธีการ A) วิธี Auto detect B) วิธี Planar motion C) วิธี Planar motion with perspective D) วิธี Planar motion with skew

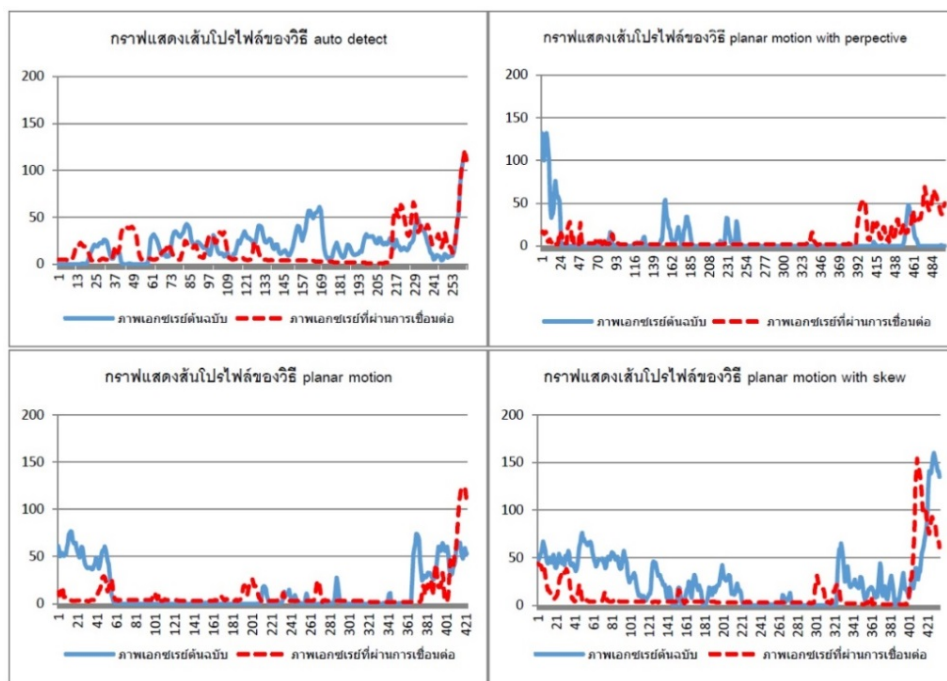


ภาพที่ 6 แสดงผลการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังลักษณะผิดปกติของกลุ่มทดสอบ (ด้านบน) และกลุ่มทดสอบ (ด้านล่าง) ด้วยโปรแกรม Image composite editor ทั้ง 4 วิธีการ A) วิธี Auto detect B) วิธี Planar motion C) วิธี Planar motion with perspective D) วิธี Planar motion with skew



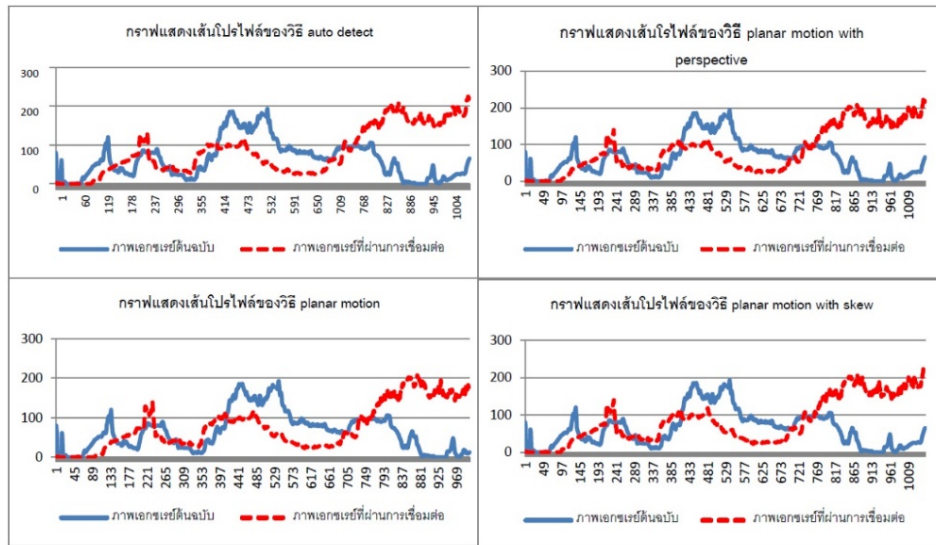
หมายเหตุ : แกน X แสดง pixel ของภาพ แกน Y แสดงค่า intensity ของภาพ

ภาพที่ 7 ภาพแสดงเส้นโปรไฟล์ของภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวแบบปกติบริเวณที่เป็นรอยเชื่อมต่อกันของภาพเอกซเรย์ที่ผ่านการเชื่อมต่อ และภาพเอกซเรย์ต้นฉบับของกลุ่มทดสอบ



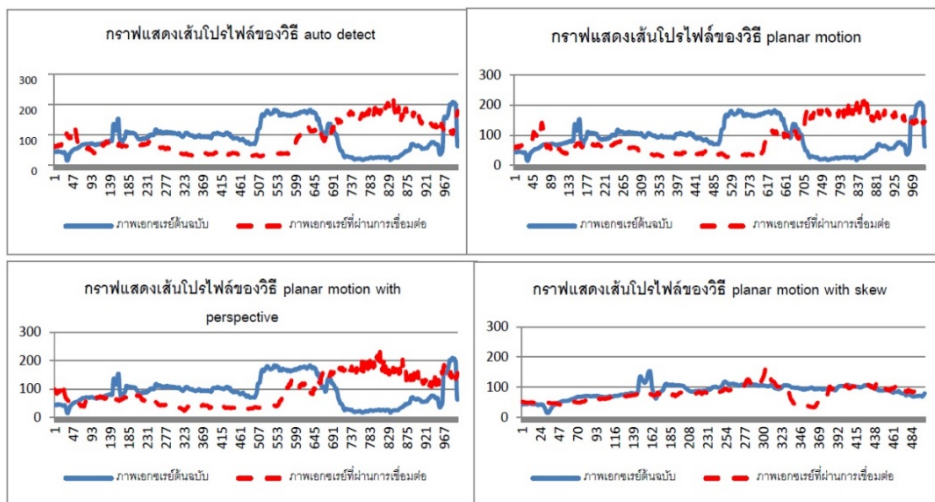
หมายเหตุ : แกน X แสดง pixel ของภาพ แกน Y แสดงค่า intensity ของภาพ

ภาพที่ 8 ภาพแสดงเส้นโปรไฟล์ของภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวแบบผิดปกติ บริเวณที่เป็นรอยเชื่อมต่อกันของภาพเอกซเรย์ที่ผ่านการเชื่อมต่อ และภาพเอกซเรย์ต้นฉบับของกลุ่มทดสอบ



หมายเหตุ : แกน X แสดง pixel ของภาพ แกน Y แสดงค่า intensity ของภาพ

ภาพที่ 9 ภาพแสดงเส้นโปรไฟล์ของภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวแบบปกติบริเวณที่เป็นรอยเชื่อมต่อกันของภาพเอกซเรย์ที่ผ่านการเชื่อมต่อ และภาพเอกซเรย์ต้นฉบับของกลุ่มทดสอบ



หมายเหตุ : แกน X แสดง pixel ของภาพ แกน Y แสดงค่า intensity ของภาพ

ภาพที่ 10 ภาพแสดงเส้นโปรไฟล์ของภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวแบบผิดปกติบริเวณที่เป็นรอยเชื่อมต่อกันของภาพเอกซเรย์ที่ผ่านการเชื่อมต่อ และภาพเอกซเรย์ต้นฉบับของกลุ่มทดสอบ

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินคุณภาพเชิงคุณภาพโดยนักรังสีเทคนิค 3 ท่าน

ลักษณะภาพ กระดูกสันหลัง	นักรังสีเทคนิคคนที่ 1	ค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพ											
		นักรังสีเทคนิคคนที่ 1				นักรังสีเทคนิคคนที่ 2				นักรังสีเทคนิคคนที่ 3			
		วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 4	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 4	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 4
กลุ่ม ปกติ	2.47	2.53	2.47	2.47	2.73	2.73	2.60	2.67	2.87	2.80	2.87	2.87	
ทดสอบ ผิดปกติ	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
กลุ่ม ปกติ	2.40	2.40	2.40	2.40	2.80	2.80	2.80	2.80	2.40	2.60	2.60	2.60	
ทดสอบ ผิดปกติ	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	1.60	1.60	1.60	1.60	

จากภาพที่ 5 และ 6 เป็นภาพตัวอย่างผลการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังชนิดทั้งลักษณะปกติและผิดปกติด้วยโปรแกรม Image composite editor ทั้ง 4 วิธีการ คือแบบอัตโนมัติ แบบเคลื่อนที่บนระบบ แบบเคลื่อนที่บนระนาบเบ้ และแบบเคลื่อนที่บนระนาบแบบทัศนมิติ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลความแตกต่างของคะแนนประเมินในกลุ่มทดสอบ ภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวปกติและผิดปกติ (0.479 และ 0.587) มีผลค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินโดยนักรังสีเทคนิค 3 ท่าน ไม่แตกต่างกัน และมีความสอดคล้องที่ระดับปานกลาง (0.617) และ ระดับดี (0.897) ตามลำดับ

ผลความแตกต่างของคะแนนประเมินในกลุ่มทดสอบ ภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวปกติและผิดปกติ (0.392 และ 0.494) มีผลค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินโดยนักรังสีเทคนิค 3 ท่าน ไม่แตกต่างกัน และการให้คะแนนในกลุ่มนี้มีความสอดคล้องน้อยที่ระดับ -0.319 และ -0.313 ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการศึกษา

การวินิจฉัยและวางแผนการรักษาสำหรับผู้ป่วยกระดูกสันหลังคด จะใช้การถ่ายภาพเอกซเรย์แบบระยะยาว (Long-length radiography) เพื่อให้ได้องค์ประกอบของอวัยวะที่มีระยะยาวต่อเนื่องกัน ซึ่งการถ่ายภาพเอกซเรย์ระยะยาวจะอาศัยกลไกในการเลื่อนตำแหน่งตัวรับภาพลงตามตำแหน่งของอวัยวะแบบต่อเนื่อง โดยใช้ตัวรับภาพเพียงแผ่นเดียว แล้วระบบคอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลภาพเอกซเรย์ที่ได้มาเชื่อมต่อกันเป็นภาพเดียว ซึ่งการถ่ายด้วยวิธีนี้จะต้องอาศัยอุปกรณ์สำหรับใส่ตัวรับภาพ พร้อมทั้งกลไกในการเลื่อนตำแหน่งหลอดเอกซเรย์ที่มีความสัมพันธ์กัน อีกทั้งเมื่อได้ข้อมูลภาพแล้ว ยังต้องอาศัยการเชื่อมต่อข้อมูลภาพโดยใช้โปรแกรมเฉพาะของบริษัทผู้ผลิต หากโรงพยาบาลต้องการระบบดังกล่าวมาใช้ในการถ่ายภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลัง ต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง ในโรงพยาบาลภาครัฐส่วนใหญ่อาจจะมิงบประมาณไม่เพียงพอในการติดตั้ง ดังนั้นโรงพยาบาลส่วนใหญ่จึงเลือกใช้การถ่ายภาพเอกซเรย์แบบทั่วไปแบบดิจิทัลโดยใช้ตัวรับภาพ²⁻³ ภาพแล้วนำมาต่อกันโดยใช้โปรแกรมของผู้ผลิตที่มีราคาแพง ผู้วิจัยจึงศึกษาโปรแกรมที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อภาพแบบพาโนรามิกที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อถ่ายภาพวิทวีทัศน์จาก

ถ่ายภาพด้วยกล้องแบบดิจิทัล โดยอาศัยหลักการค้นหาจุดที่มีความคล้ายกันของข้อมูลภาพแล้วเชื่อมต่อภาพจากการศึกษาในงานวิจัยของฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก¹⁷ ได้การประยุกต์ใช้โปรแกรมเชื่อมต่อภาพ (Image composite editor) เพื่อการเชื่อมต่อภาพกระดูกขาระยะยาว จากภาพต้นฉบับแบบมีและไม่มีอุปกรณ์บอกระยะบนภาพ ทดสอบการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดูกขาที่แบ่งเป็น 3 ส่วน พบว่าภาพในกลุ่มที่ไม่มีอุปกรณ์บอกระยะ ที่ใช้วิธีการอัตโนมัติและวิธีเคลื่อนที่บนระนาบเชื่อมต่อโดยไม่มีการผิดรูป และโปรแกรมสามารถเชื่อมต่อภาพได้ถูกต้องสูงทุกวิธีการในภาพที่มีอุปกรณ์บอกระยะ

การศึกษาครั้งนี้จึงนำแนวคิดและขั้นตอนการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาวจากการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยข้างต้นมาใช้ในการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังระยะยาว โดยเลือกใช้วิธีการเชื่อมต่อ 4 วิธีการ คือ แบบอัตโนมัติ เคลื่อนที่บนระนาบเบ้ เคลื่อนที่บนระนาบแบบทัศนมิติ และการเคลื่อนที่แบบหมุนของโปรแกรม Image composite editor ตามวิธีการของฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก และหาวิธีการที่เหมาะสมกับการเชื่อมต่อภาพกระดูกสันหลัง

ด้านประสิทธิภาพของโปรแกรมและวิธีการที่ใช้ในการเชื่อมต่อภาพ

ในภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังปกติการเชื่อมต่อด้วยวิธีแบบอัตโนมัติโปรแกรมจะค้นหาความคล้ายกันของจุดบนภาพแบบอัตโนมัติและทำการเชื่อมต่อ พบว่ามีความคล้ายคลึงกับภาพต้นฉบับ โดยที่ไม่มีการผิดเพี้ยนของอวัยวะของภาพที่เชื่อมต่อ กรณีของภาพที่มีการซ้อนทับกันจะเกิดจากในภาพมีกระดูกซี่โครงมีวัตถุที่ทำให้ยึดตรึงผู้ป่วยอยู่ ทำให้ภาพที่ทำการเชื่อมต่อเกิดความผิดเพี้ยนไป สำหรับภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังปกติที่เชื่อมต่อด้วยวิธีเคลื่อนที่บนระนาบมีความคล้ายคลึงกับภาพต้นฉบับ โดยที่ไม่มีการผิดเพี้ยนของอวัยวะบนภาพ บางภาพมีบางส่วนกระดูกซี่โครงหายไป มีการเลื่อนตำแหน่งของปอด เป็นภาพซ้อนลักษณะมี 2 ปอดลักษณะของภาพที่มีความผิดเพี้ยนไปจากต้นฉบับ มักจะเกิดบนภาพที่ผู้ป่วยมีขนาดลำตัวใหญ่

ภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังปกติที่เชื่อมต่อด้วยวิธีเคลื่อนที่บนระนาบแบบทัศนมิติ ภาพที่ได้จะมีความคล้ายคลึงกับภาพต้นฉบับโดยที่ไม่มีการผิดเพี้ยนของอวัยวะบนภาพ มีบางภาพเกิดการซ้อนกันของกระดูกสันหลัง และกระดูกซี่โครง เกิดกับภาพที่มีเนื้อเยื่อไม่เรียบมีการซ้อนทับกันของเนื้อเยื่อและผู้ป่วยที่มีเต้านมขนาดภาพเอกซเรย์

กระดุกสันหลังปกติที่เชื่อมต่อกันด้วยวิธีเคลื่อนที่บนระนาบมีความผิดเพี้ยนจากต้นฉบับมาก เช่นการหดสั้นลงของปอด กระดุกซี่โครงมีการซ้อนทับและหายไปบางส่วน เกิดรอยต่ออย่างชัดเจน และเกิดการเชื่อมต่อกันไม่สมบูรณ์ เกิดภาพซ้อนของปอดทั้งสองข้างบางบริเวณของปอดหายไป ลักษณะภาพที่มีความผิดเพี้ยนจะเกิดกับภาพของผู้ป่วยที่มีเต้านมและลำตัวขนาดใหญ่

เมื่อนำวิธีการเชื่อมต่อภาพทั้ง 4 วิธีมาเปรียบเทียบกัน ผลการประเมินเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ พบว่าวิธีเคลื่อนที่บนระนาบแบบทศนิยมมิติ สามารถเชื่อมต่อภาพโดยไม่มี ความผิดเพี้ยนมากที่สุด ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก¹⁷ เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำการเชื่อมต่อของภาพเอกซเรย์กระดุกสันหลังที่ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ซึ่งแตกต่างจากงานของฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก¹⁷ ที่ใช้ภาพที่ถูกแบ่งเป็น 3 ส่วน

สำหรับภาพเอกซเรย์กระดุกสันหลังระยะยาวที่มีอาการผิดปกติ การเชื่อมต่อจะแบ่งตามลักษณะความรุนแรงของการคดของกระดุกสันหลัง พบว่าในกลุ่มภาพเอกซเรย์กระดุกสันหลังผิดปกติความรุนแรงของโรคที่ระดับ Mild ทุกวิธีการสามารถเชื่อมต่อภาพได้โดยไม่มีการผิดเพี้ยน ในกลุ่มความรุนแรงของโรคที่ระดับปานกลาง (Moderate) ในกลุ่มที่มีความโค้งของกระดุกสันหลัง 31-39 องศา วิธีเคลื่อนที่บนระนาบแบบทศนิยมมิติ และเคลื่อนที่บนระนาบสามารถเชื่อมต่อภาพได้โดยไม่มีการผิดเพี้ยน เมื่อพิจารณาจากเส้นโปรไฟล์พบว่ามีการซ้อนทับกันได้พอดีของเส้นโปรไฟล์มากที่สุด สำหรับวิธีตรวจจับแบบอัตโนมัติ และเคลื่อนที่บนระนาบแบบ 3 แกน การเชื่อมต่อภาพมีการผิดเพี้ยนของภาพ เห็นรอยเชื่อมต่อกันของภาพอย่างชัดเจน กระดุกสันหลังไม่มีการเชื่อมต่อกันอย่างสมบูรณ์และมีการเอียงออกไปบริเวณด้านข้าง

ความรุนแรงของโรคที่ระดับ Moderate กลุ่มที่มีความโค้งของกระดุกสันหลัง 42-45 องศา วิธีการเคลื่อนที่บนระนาบแบบทศนิยมมิติ และเคลื่อนที่บนระนาบแบบ 3 แกน มีการซ้อนทับกันของเส้นโปรไฟล์มากที่สุด และภาพสามารถเชื่อมต่อได้โดยไม่มีความผิดเพี้ยน โดยที่วิธีตรวจจับแบบอัตโนมัติ และเคลื่อนที่บนระนาบ มีการเชื่อมต่อผิดเพี้ยนมากที่สุด กลุ่มภาพเอกซเรย์กระดุกสันหลังผิดปกติความรุนแรงของโรคที่ระดับ Severe วิธีการแบบเคลื่อนที่บนระนาบ สามารถเชื่อมต่อได้ดีโดยไม่มีความผิดเพี้ยนของภาพมากที่สุด

กลุ่มของภาพเอกซเรย์กระดุกสันหลังผิดปกติความรุนแรงของโรคที่ระดับ Severe มีผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก¹⁷ ซึ่งใช้วิธีเคลื่อนที่บนระนาบ ใน

ภาพเอกซเรย์กระดุกขาที่มีความโค้งงอมาก ดังนั้น วิธีเคลื่อนที่บนระนาบจึงเหมาะสมกับการเชื่อมต่อภาพของอวัยวะที่มีความโค้งงอมาก จะเห็นได้ว่าวิธีเคลื่อนที่บนระนาบแบบทศนิยมมิติ สามารถเชื่อมต่อภาพได้ดีในกลุ่มของภาพกระดุกสันหลังแบบผิดปกติที่ความรุนแรงระดับ Mild และ Moderate ซึ่งมีความเหมือนกับการเชื่อมต่อในภาพเอกซเรย์กระดุกสันหลังปกติ ซึ่งวิธีเคลื่อนที่บนระนาบแบบทศนิยมมิติ เหมาะสมกับการเชื่อมต่อภาพเอกซเรย์กระดุกสันหลังที่มีการโค้งงอของกระดุกสันหลังน้อย

สรุปผลการศึกษา

จากการทดสอบการใช้โปรแกรมเชื่อมต่อภาพด้วย Image Composite Editor สำหรับภาพเอกซเรย์กระดุกสันหลังระยะยาว ที่มีการเชื่อมต่อกันของภาพ 2 ส่วนเข้าด้วยกัน ในกลุ่มภาพเอกซเรย์กระดุกสันหลังระยะยาวแบบปกติพบว่าวิธีการเชื่อมต่อภาพแบบเคลื่อนที่บนระนาบแบบทศนิยมมิติ สามารถเชื่อมต่อภาพได้โดยไม่มีความผิดเพี้ยนภาพที่ได้มีความคล้ายคลึงกับภาพต้นฉบับมากที่สุด ในส่วนของภาพเอกซเรย์กระดุกสันหลังแบบผิดปกติแบ่งกลุ่มการเชื่อมต่อเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับความรุนแรงของโรค เมื่อผ่านการเชื่อมต่อด้วยโปรแกรม ภาพที่ผ่านการเชื่อมต่อมีความคล้ายคลึงกับภาพต้นฉบับคือภาพในกลุ่มเอกซเรย์กระดุกสันหลังผิดปกติความรุนแรงของโรคที่ระดับ Mild ทุกวิธีการเชื่อมต่อสามารถเชื่อมต่อภาพได้โดยไม่มีความผิดเพี้ยน ความรุนแรงของโรคที่ระดับ Moderate ที่มีความโค้งของกระดุกสันหลัง 31-39 องศา วิธีการเคลื่อนที่บนระนาบแบบทศนิยมมิติ และวิธีเคลื่อนที่บนระนาบ เป็นวิธีการเชื่อมต่อที่เหมาะสมที่สุด สามารถเชื่อมต่อภาพได้โดยไม่มีความผิดเพี้ยน สำหรับกลุ่มที่มีความโค้งของกระดุกสันหลัง 42-45 องศา วิธีการเคลื่อนที่บนระนาบแบบทศนิยมมิติ และวิธีเคลื่อนที่บนระนาบแบบ 3 แกน เป็นวิธีการเชื่อมต่อภาพที่เหมาะสม สามารถเชื่อมต่อภาพได้โดยไม่มีความผิดเพี้ยนภาพเอกซเรย์กระดุกสันหลังผิดปกติความรุนแรงของโรคที่ระดับ Severe วิธีการเคลื่อนที่บนระนาบเป็นวิธีที่เหมาะสมสามารถเชื่อมต่อภาพได้โดยไม่มีความผิดเพี้ยน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนวิจัย คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ขอขอบพระคุณนักรังสีเทคนิคของโรงพยาบาลพุทธชินราชพิษณุโลก และโรงพยาบาลลำปาง สำหรับการอำนวยความสะดวกการเก็บข้อมูลภาพและนักรังสีเทคนิคโรงพยาบาลกำแพงเพชรที่ช่วยประเมินคุณภาพของภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. อำนวย จิระสิริกุล.กระดูกสันหลังคด (Scoliosis).[อินเทอร์เน็ต], 2555 [เข้าถึงเมื่อ 11 เมษายน 2560]. เข้าถึงได้จาก : <http://haamor.com/th/กระดูกสันหลังคด>
2. ฉัตรชัย นกดี. หมอนกระดูกสันหลังคด. [อินเทอร์เน็ต], 2557 เข้าถึงเมื่อ 11 เมษายน 2560]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaihealth.or.th/Content/24827-หมอนกระดูกสันหลังคด.html>.
3. Chen C, Kojcev R, Haschtmann D, Fekete T, Nolte L, Zheng G. Ruler Based Automatic C-Arm Image Stitching Without Overlapping Constraint. Journal of digital imaging. 2015;28(4):474-80.
4. Sabharwal S, Kumar A. Methods for assessing leg length discrepancy. Clinical orthopaedics and related research. 2008;466(12):2910-22.
5. Samsudin S, Adwan S, Arof H, Mokhtar N, Ibrahim F. Development of automated image stitching system for radiographic images. Journal of digital imaging. 2013;26(2):361-70.
6. Carestream. A comprehensive long-bone image solution for directview cr system. [Internet]. 2016 [cited 2017 april 11]. Available from: <http://docplayer.net/5992289-Carestream-directview-cr-long-length-imaging-system.html>
7. Carestream. Carestream DirectView DR Long-Length Imaging System with Automatic and Manual Stitching. [Internet]. 2016 [cited 2017 april 11]. Available from: <https://www.cmxmedicalimaging.com/carestream-directview-cr-long-length-imaging-system/>
8. Abhijith.N.A. 8 Best Photo Stitching Software 2016. [Internet]. 2016 [cited 2017 april 25]. Available from: <https://beebom.com/photo-stitching-software>.
9. Gizmo R. Best Free Digital Image Stitcher 2015 [Internet]. 2015 [cited 2017 april 25]. Available from: <http://www.techsupportalert.com/best-free-digital-image-stitcher.htm>.
10. Group MRCP. Image Composite Editor 2015 [Internet]. 2015 [cited 2017 april 25]. Available from: <https://www.microsoft.com/en-us/um/redmond/projects/ice>.
11. Hugin. Panorama Photo Stitcher 2016. [Internet]. 2016 [cited 2017 april 25]. Available from: <http://www.hugin.soureforge.net/>.
12. Kolor. Kolor Autopana 2014 [Internet]. 2014 [cited 2017 april 25]. Available from: <http://www.kolor.com>.
13. Matthew A. AutoStitch: a new dimension in automatic image stitching 2015 [Internet]. 2015 [cited 2017 april 25]. Available from: <http://matthewalunbrown.com/autostitch/autostitch.html>
14. Microsoft. Image Composite Editor [Internet]. 2016 [cited 2017 april 25]. Available from: <https://www.microsoft.com/en-us/research/product/computational-photography-Applications/image-composite-editor/>
15. การใช้โปรแกรม ImageJ. [อินเทอร์เน็ต], 2557 เข้าถึงเมื่อ 3 พฤษภาคม 2560]. เข้าถึงได้จาก : <https://sites.google.com/site/thaiimagej/homeโปรแกรม>
16. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research J Chiropr Med. 2016;15(2): 155–163. doi: 10.1016/j.jcm.2016.02.012
17. ลีตีพงศ์ แก้วเหล็ก. การประยุกต์ใช้โปรแกรมการเชื่อมภาพสำหรับภาพถ่ายเอกซเรย์แบบระยะยาว. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. 2560; 17(1):147-157.



วารสารรังสีเทคนิค

The Thai Journal of Radiological Technology

การศึกษาการเชื่อมต่อภาพถ่ายเอกซเรย์แบบระยะยาวกระดูกสันหลังด้วยโปรแกรม

อิมเมจคอมโพสิทเอ็ดดิเตอร์

The study of image stitching of long-length spine radiography using
image composite editor program

พิมพ์ชนก สาโรจน์ • กนกวรรณ เดชะผล • กษิรา ไชยศรี • สุจิตราภรณ์ เทพานนท์ • ศรราม พรสวรรค์ชัย

จงกลณี พลุทรัพย์ • วิณา แชมเขียว • อัจฉรา โพธิ์มาก • นิภาพร จงประเสริฐ • นงลักษณ์ กุลคำ • ฐิติพงศ์ แก้วเหล็ก

Thai J Rad Tech 2019;44(1):23-33

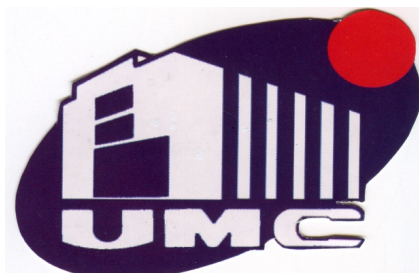
วารสารรังสีเทคนิค

วารสารวิชาการของสมาคมรังสีเทคนิคแห่งประเทศไทย

ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล

แขวงศิริราช เขตบางกอกน้อย กทม. 10700

Sponsored by



บริษัท เอ็กซ์เรย์คอมพิวเตอร์อุรุพงษ์ จำกัด