

การพัฒนาอุปกรณ์ช่วยจัดท่าถ่ายภาพรังสีออร์โธวิวสำหรับโรคข้อเข่าเสื่อม เพื่อใช้กับเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป

Development of the OrthoView Radiographic Imaging Device for Knee Osteoarthritis Using General X-ray Machines

อัมพร ทรัพย์มา¹ สุชาดา ปุสสีแสงอ่อน¹ สุรสิทธิ แก้วแท้¹ สุพจน์ อินทร์บ้าน²

Amporn Sapmar¹ Suchada Pusrisengon¹ Surasit Kaewtae¹ Supoj Inban²

¹ กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลพิชิต จังหวัดพิชิต ² กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลพระนารายณ์มหาราช จังหวัดลพบุรี

¹ Department of Radiology Pichit Hospital, Pichit Province ² Department of Radiology King Narai Hospital, Lopburi Province

(Received: June 1, 2025; Revised: November 15, 2025; Accepted: December 31, 2025)

บทคัดย่อ

โรคข้อเข่าเสื่อมเป็นปัญหาสุขภาพที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ การถ่ายภาพรังสีออร์โธวิวมีบทบาทสำคัญต่อการวินิจฉัยและประเมินความรุนแรงของโรค โดยการจัดท่าผู้ป่วยที่ถูกต้องเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสีออร์โธวิวที่ใช้ทำงานร่วมกับเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป 2) ประเมินความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์ที่มีต่ออุปกรณ์ และ 3) ประเมินคุณภาพของภาพรังสีที่ได้จากอุปกรณ์ ดำเนินการวิจัยและพัฒนา ร่วมกับนักรังสีการแพทย์ 7 คน และใช้ภาพรังสีออร์โธวิว 10 ภาพในการประเมิน อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยระบบยกผู้ป่วยด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและไม่บรรทัดสเกลที่บ่งชี้ สามารถปรับความสูงได้ 10-50 เซนติเมตร รองรับน้ำหนักได้สูงสุด 120 กิโลกรัม ผลการประเมินพบว่านักรังสีการแพทย์มีความพึงพอใจในระดับสูง (ค่าเฉลี่ย 4.29-4.86) โดยด้านความคงทนของวัสดุและความสวยงามของการออกแบบได้รับคะแนนสูงสุด (ค่าเฉลี่ย = 4.86) ภาพรังสีที่ได้มีคุณภาพในระดับดีถึงดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.1-4.7) โดยด้านความถูกต้องทางกายวิภาคได้คะแนนสูงสุด (ค่าเฉลี่ย = 4.7) และพบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินในระดับดีถึงดีมาก (ค่า kappa = 0.65-0.85) สรุปได้ว่าอุปกรณ์ช่วยจัดท่าออร์โธวิวที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัย ลดความเสี่ยงจากการได้รับรังสีซ้ำ และเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพทางต้นทุนสำหรับโรงพยาบาลทั่วไป

คำสำคัญ: อุปกรณ์ช่วยจัดท่าถ่ายภาพรังสี, โรคข้อเข่าเสื่อม, ออร์โธวิว

*ผู้ให้การติดต่อ (Corresponding e-mail: kengjangmt@gmail.com)

Abstract

Osteoarthritis is a prevalent health problem among the elderly. OrthoView radiography plays a key role in disease diagnosis and disease severity assessment, and proper patient positioning is essential. This study aimed to 1) design and develop an OrthoView radiographic imaging device compatible with general X-ray machines, 2) evaluate radiographers' satisfaction with the device, and 3) assess the quality of

radiographic images obtained using the device. The research and development were conducted with seven radiographers and 10 OrthoView radiographic images. The device consists of a motorized patient-lifting system and a radiopaque, adjustable scaled ruler ranging from 10 to 50 cm in height, with a maximum weight capacity of 120 kg. Radiographers reported high levels of satisfaction (mean = 4.29–4.86), with material durability and aesthetics receiving the highest ratings (mean = 4.86). The radiographic images were rated as good to excellent in quality (mean scores = 4.1–4.7), with anatomical accuracy achieving the highest score (mean = 4.7). Inter-rater reliability ranged from substantial to almost perfect (kappa = 0.65–0.85). In conclusion, the OrthoView device appears to improve diagnostic accuracy, reduce the risk of repeated radiation exposure, and provide a cost-effective solution for use in general hospitals.

Keywords: Radiographic positioning device, Knee osteoarthritis, OrthoView

บทนำ

โรคข้อเข่าเสื่อม (Knee Osteoarthritis: KOA) เป็นโรคข้อเสื่อมที่พบได้บ่อยที่สุดในประชากรผู้สูงอายุ โดยมีลักษณะสำคัญคือการเสื่อมสลายของกระดูกอ่อนผิวข้อและการอักเสบเรื้อรังของเยื่อหุ้มข้อ¹ องค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ประเมินการว่าโรคนี้ส่งผลกระทบต่อประชากรวัยผู้สูงอายุมากกว่าร้อยละ 10 และเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียสมรรถภาพในการดำเนินชีวิตประจำวัน² ปัจจัยเสี่ยงหลักได้แก่ อายุที่เพิ่มขึ้น ภาวะน้ำหนักเกิน การใช้งานข้อเข่าซ้ำ ๆ และการบาดเจ็บที่ข้อเข่า³ การวินิจฉัยโรคข้อเข่าเสื่อมอาศัยการประเมินทั้งอาการทางคลินิกและการตรวจทางรังสีวิทยาเป็นหลัก⁴ โดยการถ่ายภาพรังสีข้อเข่าในท่ายืนรับน้ำหนัก (Weight-bearing radiography) ถือเป็นวิธีการมาตรฐานที่ช่วยประเมินความกว้างของช่องข้อต่อซึ่งสะท้อนถึงความหนาของกระดูกอ่อนที่เหลือนอยู่⁵ อย่างไรก็ตาม กระบวนการถ่ายภาพดังกล่าวยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความยากลำบากในการจัดท่าผู้ป่วยที่มีอาการปวดรุนแรง และความเสี่ยงจากการได้รับรังสีซ้ำของผู้ช่วยเหลือ⁶ นอกจากนี้การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่า (Total Knee Arthroplasty: TKA) จำเป็นต้องใช้ภาพถ่ายรังสีข้อเข่า (OrthoView Radiography) ซึ่งเป็นภาพถ่ายรังสีที่เห็นภาพตั้งแต่ข้อสะโพก ลงมาถึงข้อเท้าในภาพเดียวกัน เพื่อประเมินแนวแกนรับแรงของขา แต่เครื่องมือสำหรับถ่ายภาพดังกล่าวมีราคาแพง⁷ รวมถึงซอฟต์แวร์วิเคราะห์ภาพดิจิทัลที่ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวัด⁸ ซึ่งวิธีการเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายสูงและความซับซ้อนในการใช้งาน โดยเฉพาะในโรงพยาบาลชุมชนและพื้นที่ห่างไกล⁹

จากสถิติของโรงพยาบาลพิจิตรระหว่างปี พ.ศ. 2564-2566 พบว่าจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับการถ่ายภาพรังสีข้อเข่าในท่ายืนเพิ่มขึ้นจาก 514 เป็น 961 ราย¹⁰ สะท้อนถึงความต้องการการตรวจที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ปัญหาด้านการจัดท่าผู้ป่วยและข้อจำกัดของเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปจึงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการวินิจฉัย โดยเฉพาะในสถานพยาบาลระดับทุติยภูมิและตติยภูมิที่มีทรัพยากร

จำกัด¹¹ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โรงพยาบาลพิจิตรจึงได้พัฒนาอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสีออร์โธวีโดยต่อยอดจากอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสีข้อเข่าในท่ายืนแบบเดิม ซึ่งมีข้อจำกัดที่สำคัญหลายประการ ได้แก่ ด้านความปลอดภัยและความสะดวกที่ต้องให้ผู้ป่วยใช้แรงขาขึ้น-ลงบันไดด้วยตนเอง ทำให้ผู้ป่วยสูงอายุหรือมีอาการปวดเข่ารุนแรงเกิดความลำบากและเสี่ยงต่อการล้ม ด้านความแม่นยำและประสิทธิภาพที่ขาดมาตรฐานวัดอ้างอิงสำหรับการถ่ายภาพรังสีออร์โธวี และด้านความคงทนและความมั่นคงที่มีโครงสร้างไม่แข็งแรงพอ การพัฒนาอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสีออร์โธวีในครั้งนี้ จึงมุ่งแก้ไขข้อจำกัดของอุปกรณ์เดิมและเพิ่มจุดเด่นในมิติต่าง ๆ ตามที่ได้ประเมินผลไว้ล่วงหน้า ดังนี้

ด้านความปลอดภัย: ออกแบบระบบยกผู้ป่วยด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าแทนการก้าวขึ้นบันไดด้วยตนเอง ช่วยลดความเสี่ยงจากการล้ม เพิ่มความสะดวก และความปลอดภัยให้กับผู้ป่วย

ด้านประสิทธิภาพ: เพิ่มไม้บรรทัดสเกลที่บ่งชี้ เนื่องจากการถ่ายภาพรังสีออร์โธวีต้องถ่ายภาพให้เห็นตั้งแต่ข้อสะโพกไปจนถึงข้อเท้า แต่ด้วยข้อจำกัดของขนาดแผ่นรับภาพจึงต้องถ่ายภาพรังสี 3 ภาพเพื่อให้ครอบคลุมอวัยวะดังกล่าว ซึ่งไม้บรรทัดเป็นตัวช่วยบอกระยะในขณะจัดทำถ่ายภาพ และช่วยในขั้นตอนการเชื่อมต่อภาพ เพื่อให้ได้ภาพถ่ายรังสีออร์โธวี

ด้านความคงทนและความสวยงาม: เลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานสำหรับโครงสร้างหลัก และออกแบบให้สวยงาม

ด้านความมั่นคง: ออกแบบฐานรับน้ำหนักและระบบล็อกความสูงให้มีความมั่นคงแข็งแรงมากขึ้น

การพัฒนาต่อยอดครั้งนี้ สอดคล้องกับหลักการ ALARA (As Low As Reasonably Achievable) ของ International Commission on Radiological Protection (ICRP) ที่เน้นการลดการได้รับรังสีโดยไม่จำเป็น⁶ และตอบสนองต่อความต้องการทางคลินิกตามแนวทางปฏิบัติของ Osteoarthritis Research Society International (OARSI)³ ในการจัดทำผู้ป่วยที่ถูกต้องและปลอดภัย เพื่อให้ได้ภาพรังสีที่มีคุณภาพสำหรับการวินิจฉัยและวางแผนการรักษาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

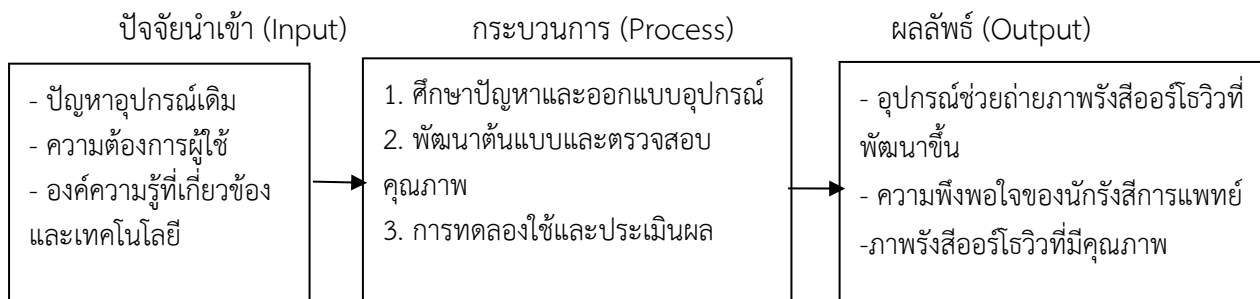
1. เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพทางรังสีออร์โธวี สำหรับผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ใช้งานร่วมกับเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป
2. เพื่อทดลองใช้อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น กับผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมจริง และประเมินความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์ ต่อการใช้งานอุปกรณ์
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีออร์โธวี ที่ได้จากการใช้งานอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

สมมุติฐานการวิจัย

1. อุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสีออร์โธวีที่พัฒนาขึ้น สามารถผลิตภาพรังสีที่มีคุณภาพในระดับดีถึงดีเยี่ยม ตามมาตรฐาน FDA Criteria ในทุกด้านที่กำหนด ได้แก่ ความถูกต้องทางกายวิภาค การจัดทำตรงตามมาตรฐาน และความชัดเจนของภาพ หรือไม่ อย่างไร
2. นักรังสีการแพทย์มีความพึงพอใจในระดับดีถึงดีมาก ตามเกณฑ์มาตรฐานในทุกด้าน ได้แก่ ความคงทนของวัสดุ ความปลอดภัยในการใช้งาน และประสิทธิภาพการทำงาน หรือไม่ อย่างไร
3. การประเมินคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีออร์โธวีมีความสอดคล้องกันในระดับดีถึงดีมาก หรือไม่ อย่างไร

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ตามโมเดล Input-Process-Output โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยดำเนินการตามกระบวนการ 3 ระยะที่ต่อเนื่องกัน

กระบวนการวิจัยและพัฒนา มี 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 การศึกษาปัญหาและออกแบบอุปกรณ์

1. การศึกษาปัญหาและความต้องการ: ดำเนินการวิเคราะห์ปัญหาจากการสัมภาษณ์นักรังสีการแพทย์จำนวน 5 คน และจากการสังเกตกระบวนการทำงานจริงในรังสีวินิจฉัย เพื่อระบุข้อจำกัดของอุปกรณ์เดิมและความต้องการของผู้ใช้งานอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่น่าสนใจในบทนำ

2. การออกแบบอุปกรณ์: ออกแบบอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสีออร์โทวีโดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรมและหลักการด้านรังสีวิทยา (ALARA principle) ประกอบด้วย ออกแบบระบบยกผู้ป่วยด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อแทนที่การก้าวขึ้นบันไดของอุปกรณ์เดิม ออกแบบไม้บรรทัดสเกลที่รังสีในตัวอุปกรณ์ ทำจากสแตนเลส ยาว 160 เซนติเมตร โดยมีสเกลที่ยิงด้วยเลเซอร์ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการจัดทำและเชื่อมต่อภาพ

ระยะที่ 2 การพัฒนาด้านแบบและตรวจสอบคุณภาพ

1. การสร้างต้นแบบอุปกรณ์: สร้างต้นแบบอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสีตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ในระยะที่ 1

2. การตรวจสอบคุณภาพอุปกรณ์ (ก่อนการทดลองใช้กับผู้ป่วย): ดำเนินการทดสอบโดยนายช่างเทคนิคร่วมกับนักรังสีการแพทย์ เพื่อประเมินความปลอดภัยและความพร้อมใช้ของต้นแบบ ก่อนนำไปใช้จริงกับผู้ป่วย

3. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย: ดำเนินการก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจ: ตรวจสอบความตรงของเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และแบบประเมินคุณภาพภาพรังสี: ใช้แบบประเมินตามเกณฑ์มาตรฐาน FDA Criteria

ระยะที่ 3 การทดลองใช้และประเมินผล

1. การทดลองใช้อุปกรณ์: นำอุปกรณ์ต้นแบบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากระยะที่ 2 ไปใช้กับผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมจริง ในการถ่ายภาพรังสีเอ็กซเรย์ โดยถ่ายภาพรังสี 3 ภาพต่อผู้ป่วย (บริเวณข้อสะโพก, ข้อเข่า, และข้อเท้า) โดยแต่ละภาพมีการซ้อนทับกัน 5 เซนติเมตร

2. การประเมินผล:

- ความพึงพอใจผู้ใช้งาน: เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักรังสีการแพทย์จำนวน 7 คน หลังจากที่พวกเขาได้ทดลองใช้อุปกรณ์กับผู้ป่วยจริงแล้ว โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว

- คุณภาพภาพรังสี: ประเมินภาพถ่ายรังสีเอ็กซเรย์จำนวน 10 ภาพ ซึ่งได้มาจากกระบวนการในข้อ 1 ภาพถ่ายรังสีทั้ง 10 ภาพนี้ได้รับการประเมินโดยนักรังสีการแพทย์ผู้มีความชำนาญจำนวน 3 คน โดยผู้ประเมินทั้งทุกคนได้ประเมินภาพรังสีทั้งหมดทั้ง 10 ภาพอย่างอิสระต่อกัน จากนั้นนำผลการประเมินมาวิเคราะห์หาความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักรังสีการแพทย์ กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลพิจิตร และภาพถ่ายรังสีของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่มารับบริการถ่ายภาพรังสีเอ็กซเรย์ ณ โรงพยาบาลพิจิตร

กลุ่มตัวอย่าง มี 2 กลุ่ม ดังนี้

1. นักรังสีการแพทย์ (ผู้ใช้งานอุปกรณ์) จำนวน 7 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากนักรังสีการแพทย์ในหน่วยงานมีจำนวนจำกัดและเป็นผู้ใช้งานอุปกรณ์โดยตรง โดยมีความรู้คุณสมบัติ ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือก คือ 1) นักรังสีการแพทย์ ที่มีประสบการณ์มากกว่า/เท่ากับ 3 ปี 2) มีประสบการณ์เคยใช้งานอุปกรณ์ช่วยจัดทำ และ 3) ยินดีเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก คือ 1) ผู้ที่ไม่ได้ใช้งานอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพระหว่างการเก็บข้อมูล

2. ภาพถ่ายรังสีของผู้ป่วยข้อเข่าเสื่อมที่แพทย์ส่งตรวจ จำนวน 10 ภาพ ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบระบบ (Systematic Sampling) จากฐานข้อมูลภาพรังสีเอ็กซเรย์ที่ถ่ายได้ในช่วงการเก็บข้อมูล

เกณฑ์การคัดเลือก คือ 1) ภาพถ่ายรังสีเอ็กซเรย์ที่แพทย์ส่งตรวจในท่ายืนและเอ็กซเรย์ของผู้ป่วยข้อเสื่อมที่มีอายุ มากกว่า/เท่ากับ 50 ปี และ 2) มีระดับความรุนแรงของข้อเสื่อม Kellgren-Lawrence ระดับ 2-3

เกณฑ์การคัดออก คือ ภาพถ่ายรังสีคุณภาพไม่สมบูรณ์ และภาพจากผู้ป่วยที่จัดทำไม่ได้ตามมาตรฐาน

สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลพิจิตร และมีระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 16 ธันวาคม 2567 ถึง 28 กุมภาพันธ์ 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน

เครื่องมือในการวิจัย และการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือในการวิจัย ประกอบด้วย 2 ประเภทหลัก ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

1.1 อุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพทางรังสีเอ็กซเรย์ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

1.2 เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป (Shimadzu รุ่น Rad Speed) ได้รับการตรวจสอบคุณภาพมาตรฐานจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เขตสุขภาพที่ 3

1.3 แผ่นรับภาพรังสีระบบดิจิทัล (Canon รุ่น CXDI-710C Wireless)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.1 แบบสอบถามความพึงพอใจ คือ แบบสอบถามนี้ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นใหม่โดยอ้างอิงจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและปัญหาจากการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานในระยะที่ 1 ใช้มาตราส่วนแบบลิเคิร์ต 5 ระดับ (1 = น้อยที่สุด, 5 = มากที่สุด) วัด 6 ด้าน ได้แก่ 1) ความคงทนของวัสดุ 2) ความปลอดภัย 3) ความเหมาะสมด้านขนาด 4) ความสะดวกในการจัดทำ 5) ประสิทธิภาพการทำงาน และ 6) ความสวยงามและการออกแบบ

2.2 แบบประเมินคุณภาพของภาพถ่ายรังสี คือ แบบประเมินนี้พัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงจากมาตรฐาน FDA Criteria¹² โดยตรง ใช้มาตราส่วนการให้คะแนน 1-5 (5 = ดีที่สุด) เพื่อประเมิน 6 ด้าน ได้แก่ 1) ความชัดเจนของภาพ 2) ความถูกต้องทางกายวิภาค 3) การจัดทำตรงตามมาตรฐาน 4) ความเหมาะสมปริมาณรังสี 5) ประสิทธิภาพการวินิจฉัยโรค และ 6) ความสม่ำเสมอของภาพ

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. การตรวจสอบคุณภาพอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น วิธีการตรวจสอบ ทำการทดสอบโดยนายช่างเทคนิคร่วมกับนักรังสีการแพทย์ ซึ่งมีรายการทดสอบ ได้แก่

1.1 ทดสอบการรับน้ำหนัก (สูงสุด 120 กิโลกรัม)

1.2 ทดสอบความเร็วและความปลอดภัยของระบบมอเตอร์

1.3 ทดสอบความชัดเจนและความถูกต้องของสเกลบนภาพรังสี

1.4 ตรวจสอบระบบความปลอดภัย (ระบบล็อกความสูง, ระบบตัดไฟ)

2. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.1 แบบสอบถามความพึงพอใจ ทดสอบความตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านรังสีวินิจฉัยและวิศวกร 3 ท่าน ได้ปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามตามคำแนะนำ ได้ค่าดัชนีความตรงของเนื้อหา (IOC) คือ 0.67-1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับ (มากกว่า 0.50) และทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างนักรังสีการแพทย์ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริงจำนวน 5 คน ผลการวิเคราะห์ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ได้ค่า 0.82 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับ (0.70) แสดงว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นในระดับดี

2.2 แบบประเมินคุณภาพภาพรังสี ใช้แบบประเมินที่พัฒนาตามมาตรฐาน FDA Criteria¹² โดยตรง ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ยอมรับในระดับสากล ดังนั้นจึงถือว่ามีความตรงตามเนื้อหาในเชิงหลักเกณฑ์ (Criterion-related Validity)

จริยธรรมการวิจัยและการพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการรับรองด้านจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลพิจิตร กระทรวงสาธารณสุข (ใบรับรองเลขที่ COE No. 0250/2567, REC No. 0250/2567 เมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2567) ดำเนินการภายใต้กรอบหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ตาม "The Belmont

Report" ซึ่งประกอบด้วยหลักการพื้นฐาน 3 ประการ ได้แก่ หลักความเคารพในบุคคล (Respect for person) หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย (Beneficence) และ หลักความยุติธรรม (Justice) มาตรการคุ้มครองสิทธิและความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัยมีดังนี้

1. การยินยอมโดยได้รับการบอกเล่าอย่างครบถ้วน โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ กระบวนการวิจัย รวมถึงประโยชน์และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยตัดสินใจและลงนามในเอกสารแสดงความยินยอม

2. การรักษาความลับ ข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลทางการแพทย์ทั้งหมดถูกเก็บรักษาเป็นความลับ ใช้รหัสแทนตัวบุคคลในการวิเคราะห์ข้อมูล และจะนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวม

3. การมีส่วนร่วมโดยสมัครใจและสิทธิในการถอนตัว ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถตัดสินใจเข้าร่วมหรือถอนตัวออกจากการวิจัยได้ตลอดเวลา โดยไม่ส่งผลกระทบต่อ การรับบริการทางการแพทย์ตามปกติ

4. การประเมินความปลอดภัยและความเสี่ยง อุปกรณ์และขั้นตอนการถ่ายภาพรังสีได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ป่วยเป็นหลักและปฏิบัติตามหลัก ALARA เพื่อลดปริมาณการได้รับรังสีให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเก็บข้อมูลความพึงพอใจของผู้ใช้งาน กลุ่มเป้าหมาย คือ นักรังสีการแพทย์ 7 คน โดยมีวิธีการเก็บข้อมูล ดังนี้

1.1 หลังจากทึบนักรังสีการแพทย์ทดลองใช้อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นกับผู้ป่วยจริงแล้ว จะแจกแบบสอบถามความพึงพอใจให้ผู้ใช้งานทุกคน

1.2 อธิบายวัตถุประสงค์และวิธีการตอบแบบสอบถามอย่างชัดเจน

1.3 เก็บแบบสอบถามทันทีหลังจากผู้ใช้งานตอบเสร็จ

ขั้นตอนที่ 2 การเก็บข้อมูลคุณภาพของภาพถ่ายรังสี กลุ่มเป้าหมายคือ ภาพรังสีออร์โทวีว 10 ภาพ โดยมีวิธีการเก็บข้อมูล ดังนี้

2.1 คัดเลือกภาพรังสีออร์โทวีวจำนวน 10 ภาพ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบระบบ (Systematic Sampling) จากฐานข้อมูลภาพรังสีทั้งหมดที่ถ่ายได้โดยใช้อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นในช่วงเวลาการศึกษา

2.2 ผู้ประเมินทั้ง 3 คน จะประเมินภาพรังสีทั้ง 10 ภาพ โดยแต่ละคนประเมินภาพทั้งหมดอย่างอิสระต่อกัน (ไม่ประเมินร่วมกัน)

2.3 จัดส่งภาพรังสีทั้งหมดให้ผู้ประเมินทั้ง 3 คน พร้อมแบบประเมินคุณภาพภาพรังสี

2.4 เก็บแบบประเมินหลังจากผู้ประเมินทุกคนประเมินเสร็จสิ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติต่อไปนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics): ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้วิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และคะแนนคุณภาพภาพรังสี

2. สถิติวิเคราะห์ความเชื่อมั่น: ใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ในการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจ เกณฑ์ยอมรับค่ามากกว่า 0.70

3. สถิติวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน: ใช้ ค่า Fleiss' Kappa (K)¹³ ในการวิเคราะห์ความสอดคล้องของการประเมินคุณภาพภาพรังสีระหว่างผู้ประเมิน 3 คน โดยใช้เกณฑ์การตีความค่า Kappa ตาม Landis และ Koch¹⁴ ดังนี้

- 0.81-1.00 = ความสอดคล้องระดับดีมาก (Almost Perfect)
- 0.61-0.80 = ความสอดคล้องระดับมาก (Substantial)
- 0.41-0.60 = ความสอดคล้องระดับปานกลาง (Moderate)
- 0.21-0.40 = ความสอดคล้องระดับน้อย (Fair)
- 0.00-0.20 = ความสอดคล้องระดับน้อยมาก (Slight)
- น้อยกว่า 0.00 = ไม่มีความสอดคล้อง (Poor)

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างมี 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มนักรังสีการแพทย์ จำนวน 7 คน ชาย 2 คน (28.6%) หญิง 5 คน (71.4%) อายุเฉลี่ย 43.6 ปี และมีประสบการณ์ทำงานเฉลี่ย 18.2 ปี และ 2) กลุ่มภาพถ่ายรังสีออร์โธวีจากฐานข้อมูลจำนวน 10 ภาพ ประเมินโดยนักรังสีการแพทย์ 3 คน เป็นชาย 1 คน (33.3%) และหญิง 2 คน (66.7%) อายุระหว่าง 40-50 ปี อายุเฉลี่ย 46.3 ปี ซึ่งมีประสบการณ์การทำงาน 10-20 ปี 1 คน และ มากกว่า 20 ปี 2 คน ประสบการณ์ทำงานเฉลี่ย 21.5 ปี

2. การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสีออร์โธวี

จากการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสีออร์โธวีสำหรับใช้กับเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป สามารถสรุปผลการพัฒนาได้ ดังภาพที่ 2 ดังนี้



อุปกรณ์เดิม

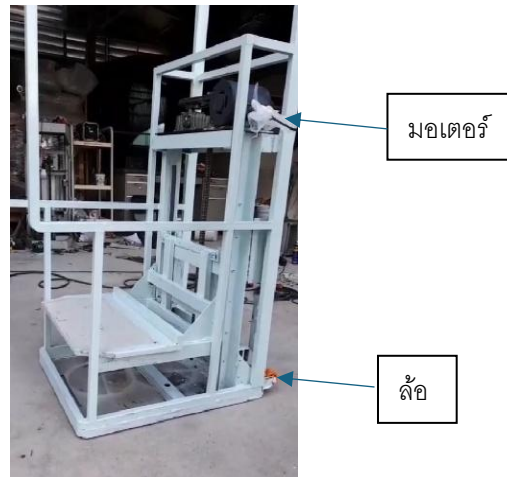


อุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพเวอร์ชันใหม่

ภาพที่ 2 แสดงอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพทางรังสีข้อเข่าในท่ายืน

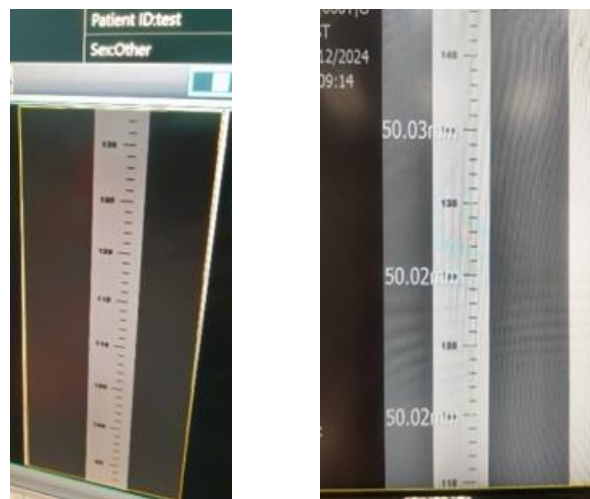
อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 ส่วนหลักซึ่งทดสอบแล้วได้ผล ดังนี้

2.1 ใส่มอเตอร์เพื่อช่วยยกผู้ป่วยขึ้น และใส่ล้อเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนที่ โดยระบบยกผู้ป่วยด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า สามารถปรับความสูงได้ตั้งแต่ 10-50 เซนติเมตร รับน้ำหนักได้สูงสุด 120 กิโลกรัม และใช้เวลา ในการยกผู้ป่วยประมาณ 10-20 วินาที ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงระบบยกและระบบเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสี

2.2 ไม่บรรทัดสเกลที่รังสีใช้สแตนด์เลสยึงสเกลด้วยเลเซอร์ความยาว 160 เซนติเมตร มีสเกลละเอียดทุก 1 เซนติเมตร ทดสอบแล้วพบว่าสามารถมองเห็นสเกลชัดเจนบนภาพถ่ายรังสี ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงไม้บรรทัดสเกลที่รังสี

2.3 อุปกรณ์มีระบบความปลอดภัย ได้แก่ ระบบล็อกความสูง ระบบสายดิน และระบบตัดไฟอัตโนมัติ

3. ประเมินความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์

การประเมินการใช้งานอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพทางรังสี โดยนักรังสีการแพทย์ของกลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลพิจิตร ทั้งหมด 7 คน ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นได้ผล ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์ต่อการใช้งานอุปกรณ์ (N=7)

หัวข้อการประเมิน (6 ด้าน)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD)	ระดับความพึงพอใจ
1. ความคงทนของวัสดุ	4.86	0.38	ดีมาก
2. ความสวยงามและการออกแบบ	4.86	0.38	ดีมาก
3. ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.71	0.49	ดีมาก
4. ประสิทธิภาพการทำงาน	4.57	0.53	ดีมาก
5. ความเหมาะสมด้านขนาด	4.43	0.53	ดี
6. ความสะดวกในการจัดทำผู้ป่วย	4.29	0.76	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่าความพึงพอใจของนักรังสีการแพทย์ต่อการใช้งานอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสีออร์โทวีที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับดีถึงดีมากทุกด้าน (ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.29 ถึง 4.86)

ด้านที่ได้รับคะแนนสูงสุด ได้แก่ ความคงทนของวัสดุ และ ความสวยงามและการออกแบบ (ค่าเฉลี่ย = 4.86, SD = 0.38) ซึ่งสะท้อนว่าอุปกรณ์มีโครงสร้างมั่นคงแข็งแรงและมีการออกแบบทางวิศวกรรมที่ได้มาตรฐาน

ด้านที่มีคะแนนต่ำสุด คือ ความสะดวกในการจัดทำผู้ป่วย (ค่าเฉลี่ย = 4.29, SD = 0.76) อย่างไรก็ตาม คะแนนดังกล่าวยังอยู่ในระดับดี แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ยังมีจุดที่สามารถพัฒนาปรับปรุงเพื่อเพิ่มความคล่องตัวในการใช้งานได้ต่อไป

4. ผลการประเมินคุณภาพของภาพถ่ายรังสี

ภาพถ่ายทางรังสีข้อเข่าที่ได้จากการใช้งานอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างการถ่ายภาพรังสีออร์โทวี

เมื่อส่งภาพทั้ง 3 ภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4 เข้าระบบจัดเก็บภาพแล้วทำการเชื่อมต่อภาพโดยใช้สเกลของไม้บรรทัดเป็นตัวช่วยบอกระยะ ประกอบกับการต่อภาพให้ถูกต้องตามกายวิภาคศาสตร์ ได้ภาพทางรังสีออร์โทวี ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงภาพถ่ายรังสีออร์โทวีหลังจากทำการเชื่อมต่อภาพทั้งสามภาพแล้ว

การประเมินคุณภาพของภาพถ่ายรังสีออร์โทวีจำนวน 10 ภาพ โดยนักรังสีการแพทย์ผู้มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี จำนวน 3 คน พบว่าภาพถ่ายรังสีที่ได้จากอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในระดับดีถึงดีมาก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ยคุณภาพของภาพถ่ายรังสีออร์โทวี (N=10)

หมวดหมู่การประเมิน (6 ด้าน)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ระดับคุณภาพ
1. ความถูกต้องทางกายวิภาค	4.7	0.50	ดีมาก
2. การจัดทำตรงตามมาตรฐาน	4.5	0.35	ดีมาก
3. ความสม่ำเสมอของภาพ	4.3	0.70	ดี
4. ความเหมาะสมปริมาณรังสี	4.3	0.80	ดี
5. ความชัดเจนของภาพ	4.2	0.45	ดี
6. ประสิทธิภาพการวินิจฉัยโรค	4.1	0.70	ดี

จากตารางที่ 2 พบว่า ด้านความถูกต้องทางกายวิภาคได้รับคะแนนสูงที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.7, SD = 0.50) รองลงมาคือ การจัดทำตรงตามมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ย = 4.5, SD = 0.35) สะท้อนถึงความแม่นยำของอุปกรณ์ในการช่วยจัดทำผู้ป่วยและรักษาสัดส่วนทางกายวิภาค ขณะที่ด้านประสิทธิภาพการวินิจฉัยโรคได้รับคะแนนต่ำที่สุด แต่ยังอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย = 4.1, SD = 0.70)

การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินด้วย Fleiss' Kappa พบว่ามีความสอดคล้องในระดับดีถึงดีมาก ($\kappa = 0.65-0.85$) ในทุกหมวดหมู่ โดยด้านความถูกต้องทางกายวิภาคมีค่าความสอดคล้องสูงที่สุด ($\kappa = 0.85$) แสดงให้เห็นว่าผู้ประเมินมีความเห็นตรงกันในระดับสูง และผลการประเมินมีความน่าเชื่อถือ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย การวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยถ่ายภาพรังสีออร์โทวีสำหรับเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยสรุปผลสำคัญ ดังนี้

1. การพัฒนาอุปกรณ์ - ได้อุปกรณ์ที่มีระบบยกผู้ป่วยด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและไม้บรรทัดสเกลที่ปรับความสูงได้ 10-50 เซนติเมตร รองรับน้ำหนักได้ถึง 120 กิโลกรัม

2. ความพึงพอใจผู้ใช้งาน - นักรังสีการแพทย์ 7 คน มีความพึงพอใจในระดับสูงถึงดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.29-4.86)

3. คุณภาพภาพรังสี - ภาพถ่ายรังสีออร์โทวีว 10 ภาพ มีคุณภาพระดับดีถึงดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.1-4.7) โดยมีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินในระดับดีถึงดีมาก ($K = 0.65-0.85$)

อภิปรายผลการวิจัย

1. ด้านความพึงพอใจผู้ใช้งาน ผลการศึกษาพบว่าด้าน "ความคงทนของวัสดุ" และ "ความสวยงามของการออกแบบ" ได้รับคะแนนสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.86) ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบที่ใช้วัสดุเหล็กที่มีคุณภาพและไม่เป็นสนิมสำหรับโครงสร้างหลัก และการใช้ไม้บรรทัดยิงสเกลด้วยเลเซอร์ที่ให้ความแม่นยำสูง การเลือกใช้วัสดุนี้แตกต่างจากอุปกรณ์เดิมที่ใช้วัสดุโลหะทั่วไปซึ่งเกิดสนิมได้ง่าย และมีการออกแบบที่คำนึงถึงความสวยงามควบคู่กับประโยชน์ใช้สอย สอดคล้องกับการศึกษาของ Chen และคณะ⁷ ที่ระบุว่า การใช้วัสดุคุณภาพสูงและการออกแบบทางวิศวกรรมที่เหมาะสมส่งผลต่อความน่าเชื่อถือและอายุการใช้งานของอุปกรณ์ทางการแพทย์

2. ด้านคุณภาพภาพรังสี ผลการประเมินพบว่าด้าน "ความถูกต้องทางกายวิภาค" และ "การจัดท่าตรงตามมาตรฐาน" ได้คะแนนสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.7 และ 4.5 ตามลำดับ) ซึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบระบบยกผู้ป่วยด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าที่ช่วยจัดท่าผู้ป่วยในตำแหน่งที่ถูกต้องและคงที่ ส่งผลให้ได้ภาพรังสีที่มีความแม่นยำทางกายวิภาคสูง ระบบนี้ช่วยลดความผิดพลาดจากการจัดท่าเนื่องจากการขยับเปลี่ยนท่าของผู้ป่วย อีกทั้งยังลดความเสี่ยงการบาดเจ็บสำหรับผู้ป่วยสูงอายุที่มีภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Buckland-Wright¹⁵ ที่เน้นความสำคัญของการได้ภาพรังสีในท่ายืนรับน้ำหนักที่ถูกต้องสำหรับการวินิจฉัยโรคข้อเข่าเสื่อม

ข้อจำกัดและการพัฒนาต่อไป

การวิจัยนี้มีข้อจำกัดด้านขอบเขตการทดสอบที่ดำเนินการในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมระดับความรุนแรงปานกลาง (Kellgren-Lawrence Grade 2-3) เป็นหลักเนื่องจากเป็นกลุ่มที่แพทย์ส่งตรวจด้วยการถ่ายภาพรังสีออร์โทวีวบ่อยที่สุดในทางคลินิก ทำให้ยังไม่สามารถประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในผู้ป่วยระดับรุนแรงมาก (Grade 4) ที่อาจมีภาวะขาโก่งหรือขาเกร็งได้อย่างครอบคลุม เนื่องจากการจัดทำในผู้ป่วยกลุ่มนี้อาจต้องการการออกแบบเฉพาะเพิ่มเติม

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การขยายกลุ่มผู้รับบริการ - อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ได้กับผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในทุกระดับความรุนแรง (Kellgren-Lawrence Grade 1-4) โดยเฉพาะผู้ป่วยกลุ่ม ดังนี้ 1) ผู้ป่วยสูงอายุ ที่มีความยากลำบากในการเคลื่อนไหว 2) ผู้ป่วยที่มีน้ำหนักตัวมาก เนื่องจากอุปกรณ์รองรับน้ำหนักได้ถึง 120 กิโลกรัม และ 3) ผู้ป่วยที่ต้องได้รับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่า เนื่องจากให้ภาพออร์โทวีวที่แม่นยำสำหรับการวางแผนการผ่าตัด

2. ประโยชน์ที่ได้รับ - ในการศึกษาครั้งนี้มีประโยชน์สำหรับกลุ่มต่าง ๆ คือ 1) สำหรับผู้ป่วย ช่วยลดความเสี่ยงจากการล้ม ลดความเจ็บปวดขณะจัดท่า ได้รับการวินิจฉัยที่แม่นยำมากขึ้น 2) สำหรับบุคลากร ช่วยลดการได้รับรังสีซ้ำ ทำงานสะดวกและปลอดภัยมากขึ้น และ 3) สำหรับโรงพยาบาลทั่วไป ที่ไม่มีเครื่องถ่ายภาพรังสี ออร์โทวีวเฉพาะ ช่วยทำให้มีทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากขึ้น

3. การฝึกอบรมบุคลากร - ควรจัดฝึกอบรมการใช้งานอุปกรณ์อย่างเป็นระบบ พร้อมจัดทำคู่มือปฏิบัติงานที่ชัดเจน

4. การปรับปรุงอุปกรณ์ - พัฒนาระบบเลื่อนแผ่นรับภาพให้ใช้งานง่ายขึ้น และออกแบบส่วนรองรับผู้ป่วยให้เหมาะสมกับผู้ที่มีข้อจำกัดทางการเคลื่อนไหวมากขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

1. การเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่าง ควรศึกษากับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้น ทั้งในส่วนของนักรังสีการแพทย์และจำนวนภาพรังสี เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา

2. การศึกษาประสิทธิภาพในกลุ่มผู้ป่วยหลากหลาย ควรทดสอบอุปกรณ์กับผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในทุกระดับความรุนแรง (Kellgren-Lawrence Grade 1-4) โดยเฉพาะผู้ป่วยระยะรุนแรงที่มีภาวะขาโก่งหรือขาเกมาก ซึ่งอาจต้องการการออกแบบเฉพาะ

3. การประยุกต์ใช้กับอวัยวะอื่น ๆ ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับใช้อุปกรณ์กับการถ่ายภาพรังสีในส่วนอื่น ๆ เช่น การถ่ายภาพรังสีกระดูกสันหลังทั้งหมด (Whole spine) เพื่อเพิ่มประโยชน์ใช้สอย

4. การศึกษาผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์สาธารณสุข ควรวิจัยเชิงลึกเกี่ยวกับความคุ้มค่าทางการเงินและการลดค่าใช้จ่ายในการบริการเมื่อนำอุปกรณ์นี้ไปใช้ในโรงพยาบาลขนาดเล็กและขนาดกลาง

ข้อเสนอแนะเหล่านี้จะช่วยให้การพัฒนาอุปกรณ์สมบูรณ์มากขึ้น และส่งเสริมการนำนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในระบบสาธารณสุขของประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

1. Hunter DJ, Bierma-Zeinstra S. Osteoarthritis. Lancet. 2019; 393(10182): 1745-59.
2. World Health Organization. Osteoarthritis [Internet]. 2023 [cited 2024 Mar 15]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/osteoarthritis>
3. Bannuru RR, Osani MC, Vaysbrot EE, Arden NK, Bennell K, Bierma-Zeinstra SMA, et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage. 2019; 27(11): 1578-89.
4. Kohn MD, Sassoon AA, Fernando ND. Classifications in brief: Kellgren-Lawrence classification of osteoarthritis. Clin Orthop Relat Res. 2016; 474(8): 1886-93.
5. Gornale PS, Patravali PJ. Analysis of osteoarthritis in knee X-ray images using machine learning techniques. J Med Imaging Health Inform. 2020; 10(4): 893-900.
6. International Commission on Radiological Protection. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. Ann ICRP. 2017; 46(1): 1-144.
7. Chen Y, Zhang J, Li X. Development of a motorized patient positioning system for weight-bearing radiography. J Med Eng Technol. 2020; 44(3): 123-35.
8. Peterfy CG, Schneider E, Nevitt M. The osteoarthritis initiative: report on the design rationale for the magnetic resonance imaging protocol for the knee. Osteoarthritis Cartilage. 2018; 26(4): 571-8.

9. Zhang W, Moskowitz RW, Nuki G, Altman RD, Arden N, Bierma-Zeinstra S, et al. OARSI recommendations for the non-surgical management of knee osteoarthritis, Part II: OARSI evidence-based, expert consensus guidelines. *Osteoarthritis Cartilage*. 2020; 28(3): 256-63.
10. Radiology Department, Phichit Hospital. Radiological examination statistics 2023. Phichit: Phichit Hospital; 2023. (in Thai)
11. Ministry of Public Health Thailand. Public health statistics A.D. 2023. Nonthaburi: Ministry of Public Health; 2023. (in Thai)
12. U.S. Food and Drug Administration. Criteria for assessing image quality in diagnostic radiography [Internet]. Silver Spring: FDA; 2021 [cited 2024 Mar 15]. Available from: <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/radiography/radiographic-image-quality>
13. Fleiss JL, Levin B, Paik MC. Statistical methods for rates and proportions. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2003.
14. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977; 33: 159-74.
15. Buckland-Wright JC. Recent advances in imaging of osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2021; 29(2): 145-53.