



## Original Article

# การประเมินผลการวินิจฉัยวัณโรคปอดด้วยภาพถ่ายรังสีทรวงอกของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX จากการยืนยันผลด้วยวิธี Xpert MTB/RIF Ultra ในกลุ่มผู้รับการตรวจที่มีผลเสมหะ AFB เป็นลบ

## Evaluation of pulmonary tuberculosis diagnosis in chest radiographs using the AXIR-CX artificial intelligence program from confirmation results based on the Xpert MTB/RIF Ultra method in recipients with negative AFB sputum results

นาราวินท์ กุลนารา<sup>1\*</sup> • พงษ์เดช สารการ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002 ประเทศไทย

<sup>2</sup>กลุ่มวิจัยวิทยาการระบาดและป้องกันโรคมะเร็งในภูมิภาคอาเซียน คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002 ประเทศไทย

Narawin Kulnara<sup>1\*</sup> • Pongdech Sarakarn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Biostatistics Department, Faculty of Public Health, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

<sup>2</sup>ASEAN Cancer Epidemiology and Prevention Research Group (ACEP), Faculty of Public Health, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

ผู้รับผิดชอบบทความ: นาราวินท์ กุลนารา | Corresponding author: Narawin Kulnara (narawin@gmail.com)

Received: 29 February 2024 | Revised: 28 May 2024 | Accepted: 3 June 2024

Thai J Rad Tech 2024;49(1):48-59

### บทคัดย่อ

**บทนำ:** วัณโรคเป็นปัญหาสำหรับระบบสาธารณสุขทั้งในระดับโลกและประเทศไทย เมื่อทำการคัดกรองวัณโรคปอดด้วยภาพถ่ายทางรังสี พบปัญหาการขาดแคลนรังสีแพทย์ในการแปลผลภาพรังสี จึงได้มีการนำโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX มาใช้ในการแปลผล การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณสมบัติของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ในการคัดกรองวัณโรคปอดจากภาพรังสีดิจิทัลทรวงอก โดยใช้วิธี Xpert MTB/RIF Ultra เป็นวิธีมาตรฐานอ้างอิง **วิธีการศึกษา:** ใช้รูปแบบเชิงพรรณนาย้อนหลัง สุ่มภาพรังสีจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกจาก 6 โรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดจันทบุรีที่ใช้ DR detector รุ่น AeroDR 2 1417S เก็บข้อมูลตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2562 ถึง 30 กันยายน 2566 วิเคราะห์ด้วยสถิติการทดสอบวินิจฉัย วิเคราะห์กราฟเส้นโค้ง ROC และวัดความสอดคล้องด้วยสถิติแคปปา **ผลการศึกษา:** โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX วิเคราะห์ภาพรังสีทรวงอกจำนวน 459 ภาพ พบ ค่าความไวและความจำเพาะเท่ากับร้อยละ 80.6 (95% CI: 69.5-88.9) และร้อยละ 59.2 (95% CI: 54.1-64.1) ตามลำดับ ความแม่นยำเท่ากับ 62.5% (95% CI: 58.1-66.9) อัตราส่วนความน่าจะเป็นของผลบวกเท่ากับ 1.97 เท่า (95% CI: 1.67-2.33) และอัตราส่วนความน่าจะเป็นของผลลบเท่ากับ 0.33 เท่า (95% CI: 0.20-0.53) การวิเคราะห์กราฟเส้นโค้ง ROC ได้จุดตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 0.5 พื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC เท่ากับร้อยละ 69.9 (95% CI: 64.6-75.1) เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 พบว่าพื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC ของเพศชายและหญิงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.12) และพื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC ของกลุ่มอายุ 15-54 ปี และกลุ่มอายุตั้งแต่ 55 ปี แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.29) สัมประสิทธิ์แคปปา ระหว่างโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX กับวิธี Xpert MTB/RIF Ultra เท่ากับ 0.22 (95% CI: 0.15-0.29) **สรุปผลการศึกษา:** โปรแกรม

ปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX สามารถนำมาใช้ตรวจคัดกรองวัณโรคปอดในโรงพยาบาลชุมชนได้ แต่ควรใช้อย่างระมัดระวัง เนื่องจากค่าประมาณพื้นที่ใต้กราฟ ROC อยู่ในช่วงค่อนข้างต่ำ และระดับความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์พอใช้

**คำสำคัญ:** ภาพรังสีดิจิทัลทรวงอก, โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX, วิธี Xpert MTB/RIF Ultra, วัณโรคปอด

## Abstract

**Introduction:** Tuberculosis is a problem for the public health system both globally and in Thailand. When screening for pulmonary tuberculosis using radiographic images, a shortage of radiologists to interpret the images was found. Therefore, the AXIR-CX artificial intelligence program was introduced for image interpretation. This study aims to evaluate the performance of the AXIR-CX artificial intelligence program in screening for pulmonary tuberculosis using digital chest radiographs, with the Xpert MTB/RIF Ultra method as the reference standard. **Methods:** A retrospective descriptive design was used, with digital chest radiographs randomly selected from samples at six primary hospitals in Chanthaburi province using the AeroDR 2 1417S DR detector. Data were collected from October 1, 2019, to September 30, 2023. The data were analyzed using diagnostic test statistics, ROC curve analysis, and Kappa statistics for agreement measurement. **Results:** The AXIR-CX artificial intelligence program analyzed 459 chest X-ray images and found that the sensitivity and specificity were 80.6% (95% CI: 69.5-88.9) and 59.2% (95% CI: 54.1-64.1), respectively. The accuracy was 62.5% (95% CI: 58.1-66.9). The positive likelihood ratio was 1.97 (95%CI: 1.67 to 2.33), and the negative likelihood ratio was 0.33 (95%CI: 0.20 to 0.53). The ROC curve analysis yielded a cutoff point of 0.5, with the area under the ROC curve being 69.9% (95% CI: 64.6-75.1). When setting the significance level at 0.05, there was no statistically significant difference in the area under the ROC curve between males and females ( $p$ -value = 0.12), and there was no statistically significant difference in the area under the ROC curve between the age groups of 15-54 years and those aged 55 years and older ( $p$ -value = 0.29). The kappa coefficient between the AXIR-CX artificial intelligence program and the Xpert MTB/RIF Ultra method was 0.22 (95% CI: 0.15-0.29). **Conclusion:** The AXIR-CX artificial intelligence program can be used with caution for screening pulmonary tuberculosis in primary hospitals, as the decision criteria for estimating the area under the ROC curve is relatively low, and the level of agreement strength is fair.

**Keywords:** Chest digital radiograph, AXIR-CX Artificial Intelligence Program, Xpert MTB/RIF Ultra Method, Pulmonary tuberculosis

## บทนำ

วัณโรค (Tuberculosis) เป็นโรคติดต่อจากเชื้อแบคทีเรียชนิด *Mycobacterium tuberculosis* โดยทำให้เกิดอาการปอดอักเสบรุนแรง และหากเชื้อกระจายไปสู่อวัยวะอื่นในร่างกาย ทำให้เสียชีวิตได้ องค์การอนามัยโลกรายงานว่าในแต่ละปีมีประชากรทั่วโลกติดเชื้อวัณโรคประมาณ 10 ล้านคน จากรายงานในปี ค.ศ. 2021 มีผู้ติดเชื้อวัณโรคทั้งหมด 10.6 ล้านคน และมีผู้เสียชีวิตจากโรคนี้ประมาณ 1.6 ล้านคน<sup>[1]</sup> สำหรับประเทศไทย จำนวนผู้มีอาการวัณโรคใหม่หรือกำเริบในปี พ.ศ. 2565 จำนวนมากถึง 71,924 คน<sup>[2]</sup> อย่างไรก็ตาม ผู้ติดเชื้อวัณโรคประมาณร้อยละ 85 สามารถรักษาให้หายขาดได้ หากมีการตรวจพบในระยะแรกและได้รับการรักษาอย่างต่อเนื่อง<sup>[1]</sup>

การตรวจคัดกรองวัณโรคกำหนดให้ทำการถ่ายภาพรังสีทรวงอกในประชากรทั่วไปที่มีอาการสงสัยว่าเป็นวัณโรค รวมถึงประชากรกลุ่มเสี่ยง และเมื่อผลตรวจสรุปว่าเข้าข่ายเป็นวัณโรคปอด ผู้รับการตรวจคัดกรองต้องได้รับการตรวจยืนยันครั้งแรกโดยการเก็บเสมหะส่งตรวจเพื่อหาเชื้อดื้อสีทนกรด หรือ acid-fast bacilli (AFB) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (microscopic examination) หากผลการตรวจเป็นบวก ถือเป็นวัณโรคปอด แต่หากผลการตรวจเป็นลบ กลุ่มผู้รับการตรวจที่มีผลเสมหะ AFB เป็นลบจะถูกส่งตรวจยืนยันด้วยวิธีการทางชีวโมเลกุล (Xpert MTB/RIF Ultra)<sup>[3]</sup> ซึ่งเป็นวิธีการตรวจคัดกรองวัณโรคที่มีค่าความไวและความจำเพาะมากกว่าการคัดกรองด้วยอาการวิธี AFB และภาพรังสีทรวงอก<sup>[4]</sup> ใช้ระยะเวลารายงานผล 1-2 วัน และใช้เสมหะเพียง 15.6 CFU/mL<sup>[5]</sup> ดังนั้น องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ใช้ตรวจคัดกรองวัณโรคแทน AFB ในปัจจุบัน<sup>[6]</sup>

แนวทางการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดจากการตรวจภาพถ่ายรังสีทรวงอกจำเป็นต้องอาศัยรังสีแพทย์เป็นผู้ทำการประเมินและแปลผลภาพรังสี แต่ในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงพยาบาลชุมชนที่ขาดแคลนรังสีแพทย์ โดยข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรสุขภาพของกระทรวงสาธารณสุข ณ วันที่ 22 กันยายน 2566 พบว่าจำนวนรังสีแพทย์ที่ประจำการในโรงพยาบาลทั่วประเทศมีทั้งหมด 1,549 ราย โดยประจำการในโรงพยาบาลชุมชนเพียง 60 ราย คิดเป็นร้อยละ 3.9<sup>[7]</sup> ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดจากภาพถ่ายรังสี แม้การตรวจคัดกรองดังกล่าวจะสามารถดำเนินการได้ในโรงพยาบาลขนาดใหญ่ เช่น โรงพยาบาลประจำจังหวัด แต่ผู้ป่วยที่อยู่ห่างไกลต้องเสียเวลาและค่าเดินทางในการเข้ารับการตรวจคัดกรอง จากข้อจำกัดดังกล่าว โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้แปลผลภาพถ่ายรังสีในการตรวจคัดกรองวัณโรคในโรงพยาบาลชุมชน เพื่อเพิ่มทางเลือกในการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดในโรงพยาบาลชุมชนที่ไม่มีรังสีแพทย์

โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ถูกพัฒนาโดยนักวิจัยจากประเทศเกาหลีใต้เพื่อใช้วิเคราะห์ภาพถ่ายทางการแพทย์ (medical imaging) จากรายงานผลการวิจัยของ Yoo และคณะ ที่ทำการทดสอบคุณสมบัติในการตรวจคัดกรองโรค พบ ค่าความไว (Sensitivity) ร้อยละ 72 ค่าความจำเพาะ (Specificity) ร้อยละ 89 ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ร้อยละ 80 และค่าพื้นที่ใต้กราฟ ROC (AUC) ร้อยละ 80<sup>[8]</sup>

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาของ Yoo และคณะ ยังมีข้อจำกัดจากการนำภาพรังสีที่มีความหลายของแหล่งที่มา ไม่มีการระบุชื่อ รุ่น ที่ใช้สร้างภาพรังสีระบบดิจิทัล ซึ่งอาจจะแตกต่างกันและความแตกต่างดังกล่าวมีผลทำให้คุณสมบัติของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์แตกต่างกัน<sup>[9]</sup> นอกจากนี้ งานวิจัยไม่ได้จำแนกวิธีการอ้างอิงที่ใช้ยืนยันผู้ป่วยที่เป็นวัณโรคปอดที่นำมาทดสอบว่ามาจาก AFB หรือ Xpert MTB/RIF Ultra หรือการเพาะเลี้ยงเชื้อวัณโรค (TB culture) ซึ่งแต่ละวิธีมีค่าความไว ความจำเพาะ และความถูกต้องแตกต่างกัน<sup>[4]</sup>

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งคำถามว่าโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาใช้แปลผลภาพถ่ายรังสีทรวงอกเพื่อตรวจคัดกรองวัณโรคปอดในโรงพยาบาลชุมชนได้หรือไม่ จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาความไวและความจำเพาะของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ในการตรวจคัดกรองวัณโรคปอด วัตถุประสงค์รองเพื่อศึกษาคุณสมบัติของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ได้แก่ ความถูกต้อง อัตราส่วนที่ควรจะเป็นของผลบวก

(Likelihood ratio positive, LR+) อัตราส่วนที่ควรจะเป็นของผลลบ (Likelihood ratio negative, LR-) วิเคราะห์กราฟเส้นโค้ง ROC (Receiver Operating Characteristic) โดยหาจุดตัดที่เหมาะสมของการใช้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX พื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC ของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ที่มี Xpert MTB/RIF Ultra เป็นวิธีมาตรฐาน เปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC ของเพศ เปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC ของกลุ่มอายุ และความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยวัณโรคปอดด้วยภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกจากการใช้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX เทียบกับการยืนยันผลด้วยวิธี Xpert MTB/RIF Ultra ในกลุ่มผู้รับการตรวจที่มีผลเสมหะ AFB เป็นลบ

### วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบย้อนหลัง (Retrospective descriptive study) ประชากรที่สนใจศึกษา คือ ภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกที่ใช้ระบบสร้างภาพรังสีระบบดิจิทัล (DR detector) รุ่น AeroDR 2 1417S ของโรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดจันทบุรีจำนวน 6 โรงพยาบาล ได้แก่ โรงพยาบาลมะขาม โรงพยาบาลโป่งน้ำร้อน โรงพยาบาลขลุง โรงพยาบาลนายายอาม โรงพยาบาลแก่งหางแมว และโรงพยาบาลเขาสุกิม ในกลุ่มผู้รับการตรวจที่มีผลเสมหะ AFB เป็นลบ เกณฑ์การคัดเลือกร่วมวิจัยคือภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกท่า antero-posterior หรือ postero-anterior ของผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป และได้รับการตรวจยืนยันวัณโรคปอดด้วยวิธี Xpert MTB/RIF Ultra เกณฑ์การคัดออกคือภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกของผู้รับบริการเป็นวัณโรคนอกปอด (Extrapulmonary Tuberculosis) ภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกที่มีสิ่งแปลกปลอมอยู่ในภาพ และภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกของผู้รับบริการที่ได้รับการตรวจยืนยันวัณโรคปอดด้วยวิธี Xpert MTB/RIF Ultra แล้วไม่สามารถรายงานผลได้ (Invalid / Error) เก็บข้อมูลตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2562 จนถึง 30 กันยายน 2566 ทำการสุ่มได้ขนาดตัวอย่างตามสูตรหาขนาดตัวอย่างสำหรับการตรวจคัดกรองโรค<sup>[10]</sup> โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) เท่ากับ 0.05 ความไว (Sensitivity) ของวิธีการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดเท่ากับ 0.94<sup>[11]</sup> ค่าความคลาดเคลื่อน (d) เท่ากับ 0.05 ความชุก (Prevalence) ของผู้ป่วยวัณโรคปอดเท่ากับร้อยละ 0.1892<sup>[12]</sup>

$$n_{\text{case}} = \frac{Z_{\alpha/2}^2 (\text{Sensitivity})(1 - \text{Sensitivity})}{d^2}$$

$$n_{\text{case}} = \frac{1.96^2 (0.94)(1-0.94)}{0.05^2} = 86.67$$

แทนค่าในสูตร

$$n_{\text{total}} = \frac{n_{\text{cases}}}{\text{prevalence}}$$

$$n_{\text{total}} = \frac{86.67}{0.189}$$

$$n_{\text{total}} = 458.6 \sim 459$$

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้จึงไม่น้อยกว่า 459 ภาพรังสีดิจิทัลทรวงอก

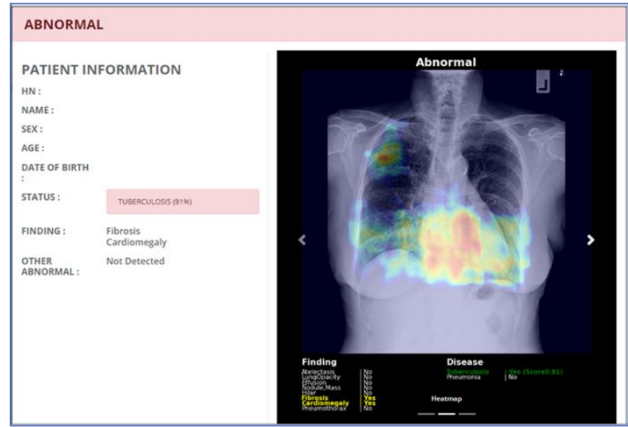
**ข้อพิจารณาทางจริยธรรม**

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ HE664045 โดยยึดหลักเกณฑ์ตามคำประกาศเฮลซิงกิ (Declaration of Helsinki) และแนวทางการปฏิบัติการวิจัยทางคลินิกที่ดี (ICH GCP) รับรอง ณ วันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

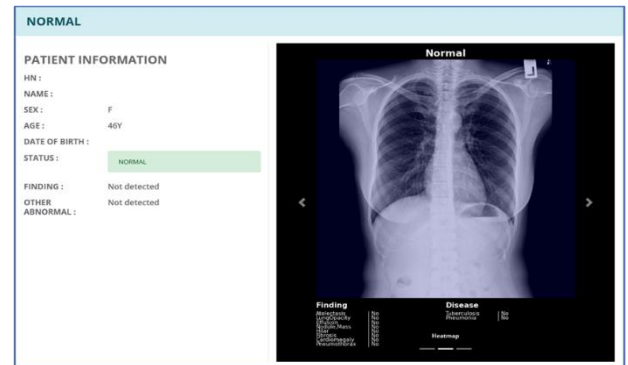
ตัวแปรและการวัดตัวแปรในการศึกษานี้ประกอบด้วย ผลการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดจากภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกด้วยโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ซึ่งมีค่าเป็น 2 กลุ่ม คือ เป็นวัณโรคปอดและไม่เป็นวัณโรคปอด โดยผู้วิจัยจะนำภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกที่ถูกสุ่มเป็นตัวอย่าง ชนิดไฟล์ DICOM ขนาด matrix size เฉลี่ย 9,466 KB โดยไม่มีการปรับแต่งภาพ (post-processing) ตามบริบทการใช้งานจริง อัปโหลดไฟล์ให้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์แปลผลวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นในการเป็นวัณโรคปอด ภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกที่มีค่าความน่าจะเป็นมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50 ถือว่าเป็นวัณโรคปอด ดังรูปที่ 1 และค่าความน่าจะเป็นน้อยกว่า 50 (แสดงค่าเป็น No) ถือว่าไม่เป็นวัณโรคปอด ดังรูปที่ 2 ผลการตรวจยืนยันวัณโรคด้วยวิธีทางชีวโมเลกุล Xpert MTB/RIF Ultra ซึ่งมีค่าเป็น MTB detected หมายถึงพบเชื้อวัณโรค และ MTB not detected หมายถึงไม่พบเชื้อวัณโรค

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

อธิบายลักษณะพื้นฐานของตัวอย่างที่ศึกษา โดยกรณีข้อมูลต่อเนื่องที่มีการแจกแจงปกติใช้ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และกรณีที่มีการแจกแจงไม่ปกติ ใช้ค่ามัธยฐาน (ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด) สำหรับข้อมูลเชิงกลุ่ม วิเคราะห์ด้วยความถี่และร้อยละ



รูปที่ 1 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีทรวงอกด้วยโปรแกรม AXIR-CX รายงานความน่าจะเป็นว่าเป็นโรค (ABNORMAL) ชนิด Tuberculosis (81%)



รูปที่ 2 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีทรวงอกด้วยโปรแกรม AXIR-CX รายงานความน่าจะเป็นว่าไม่เป็นวัณโรค (NORMAL)

เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย วิเคราะห์ด้วยสถิติ Diagnostic Test โดยใช้ Xpert MTB/RIF Ultra เป็นวิธีมาตรฐาน (Reference standard) และโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX เป็นวิธีทดสอบ (Index test) กำหนดระดับความเชื่อมั่นของการประมาณค่าที่ร้อยละ 95 ได้แก่ ความไว ความจำเพาะ ความถูกต้อง อัตราส่วนที่ควรจะเป็นของผลบวก และอัตราส่วนที่ควรจะเป็นของผลลบ สามารถพิจารณาได้จากตาราง 2x2 โดยมีสัญลักษณ์ a, b, c, d แทนจำนวนความถี่ของผลลัพธ์ที่ได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวินิจฉัยด้วยวิธีที่ 1 เทียบกับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีมาตรฐาน

	ผลการวินิจฉัยด้วยวิธีมาตรฐาน		
	เป็นโรค	ไม่เป็นโรค	
	ผลบวก (Positive)	ผลบวกจริง a	ผลบวกลวง b
ผลการวินิจฉัยด้วยวิธีที่ 1	ผลลบ (Negative)	ผลลบลวง c	ผลลบจริง d

ความไว (Sen) =  $a/(a+c)$

ความจำเพาะ (Spec) =  $d/(b+d)$

ความถูกต้อง (Acc) =  $(a+d)/(a+b+c+d)$

อัตราส่วนที่ควรจะเป็นของผลบวก (LR+) =  $Sen/(1-Spec)$

อัตราส่วนที่ควรจะเป็นของผลลบ (LR-) =  $(1-Sen)/Spec$

วิเคราะห์กราฟเส้นโค้ง ROC (Receiver Operating Characteristic) โดยหาจุดตัดที่เหมาะสมด้วยวิธี Youden's index ซึ่งถูกนิยามโดยสมการ ดังนี้

Youden's J = Sensitivity + Specificity – 1

การใช้ Youden's Index ค้นหาจุดตัดที่เหมาะสมบนกราฟ ROC มีขั้นตอนดังนี้

- 1) วาดกราฟ ROC และระบุจุดบนกราฟที่ต้องการพิจารณา
- 2) คำนวณ Sensitivity และ Specificity จากจุดบนกราฟที่ต้องการพิจารณา
- 3) คำนวณ Youden's Index โดยใช้สมการข้างต้น
- 4) ทำขั้นตอนที่ 1-3 สำหรับทุกจุดบนกราฟ ROC ที่ต้องการ
- 5) เลือกจุดที่มีค่า Youden's Index สูงสุด เป็นจุดตัดที่เหมาะสม

พื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC ของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ที่มี Xpert MTB/RIF Ultra เป็นวิธีมาตรฐาน เปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC ของเพศ และเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC ของกลุ่มอายุ (15-54 ปี และตั้งแต่ 55 ปีขึ้นไป)

ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยวัณโรคปอดด้วยภาพรังสีดิจิทัลที่ตรวจออกจากการใช้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX เทียบกับการยืนยันผลด้วยวิธี Xpert MTB/RIF Ultra ด้วยสถิติแคปปา (Kappa statistic) โดยใช้สูตรและวิธีการคำนวณดังนี้

$$K = \frac{(\text{Observed agreement} - \text{Expected agreement})}{(1 - \text{Expected agreement})}$$

โดยที่

K = ค่าสถิติแคปปา

Observed agreement (PO) = ค่าสังเกตสัดส่วนความเห็นสอดคล้อง

Expected agreement (PE) = ค่าคาดหวังสัดส่วนความเห็นสอดคล้อง

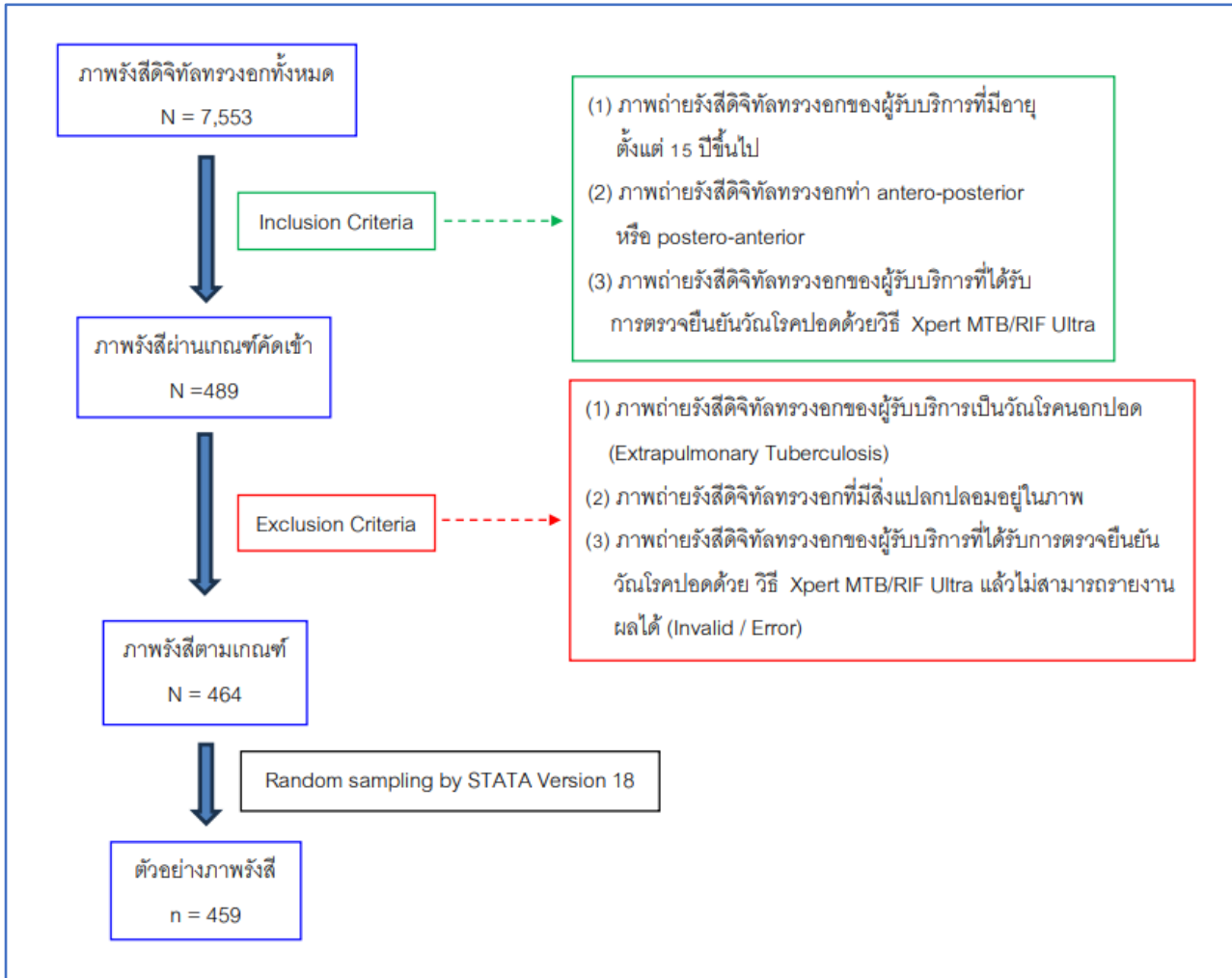
วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม STATA Version 18 (ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

### ผลการศึกษา

ตัวอย่างภาพรังสีดิจิทัลที่ตรวจออกของผู้มารับบริการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดในโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดจันทบุรี 6 โรงพยาบาล ได้แก่ โรงพยาบาลมะขาม โรงพยาบาลโป่งน้ำร้อน โรงพยาบาลขลุ้ง โรงพยาบาลนายายอาม โรงพยาบาลแก่งหางแมว และโรงพยาบาลเขาสุกิมา ภายใต้การใช้ระบบสร้างภาพรังสีดิจิทัล (DR detector) รุ่น AeroDR 2 1417S และมีผลการตรวจเสมหะ AFB เป็นลบ ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2562 ถึง 30 กันยายน 2566 ผ่านเกณฑ์คัดเข้า/คัดออก และทำการสุ่มได้ขนาดตัวอย่างจำนวน 459 ภาพรังสีดิจิทัลที่ตรวจออก ดังรูปที่ 3

ตัวอย่างภาพรังสีดิจิทัลที่ตรวจออกเป็นภาพจากเพศชายร้อยละ 65.6 อายุเฉลี่ยของผู้ได้รับการถ่ายภาพ 58.3 ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 17.5) สัญชาติไทยร้อยละ 95.0 และเป็นภาพถ่ายรังสีดิจิทัลที่ตรวจออกจากโรงพยาบาลมะขาม ร้อยละ 31.8 ดังตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีดิจิทัลที่ตรวจออกด้วยโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX จำนวน 459 ภาพ มีความน่าจะเป็นวัณโรคปอดร้อยละ 47.06 ดังตารางที่ 3

เมื่อทำการยืนยันการเป็นวัณโรคปอดด้วยวิธี Xpert MTB/RIF Ultra ผลการตรวจคัดกรองวัณโรคจากภาพถ่ายรังสีดิจิทัลที่ตรวจออกด้วย AXIR-CX จากภาพถ่ายรังสีดิจิทัลที่ตรวจออกจำนวน 459 ภาพ พบ มีผลบวกจริง 58 ภาพ และผลลบจริง 229 ภาพ ดังตารางที่ 4



รูปที่ 3 ขั้นตอนการเลือกตัวอย่างภาพถ่ายรังสีดิจิทัลทรวงอกของผู้มารับบริการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดใช้ DR detector รุ่น AeroDR 2 1417S และมีผลการตรวจเสมหะ AFB เป็นลบ

ผลการวิเคราะห์ความไวและความจำเพาะของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ในการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดจากภาพถ่ายรังสีทรวงอกพบว่า โปรแกรมมีความสามารถในการค้นหาผู้ป่วยเป็นวัณโรคปอดหรือค่าความไว (Sensitivity) เท่ากับร้อยละ 80.6 ความสามารถในการค้นหาผู้ที่ไม่ป่วยเป็นวัณโรคปอดหรือค่าความจำเพาะ (Specificity) เท่ากับร้อยละ

59.2 ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ในการตรวจคัดกรองวัณโรคเท่ากับร้อยละ 62.5 ผู้ที่เป็นวัณโรคมีโอกาสที่จะพบผลตรวจเป็นบวกด้วยการตรวจคัดกรองของ AXIR-CX มากกว่าผู้ที่ไม่เป็นโรค (LR+) 1.97 เท่า และผู้ที่เป็นวัณโรคปอดมีโอกาสที่จะพบผลตรวจเป็นลบด้วยการตรวจคัดกรองของ AXIR-CX น้อยกว่าผู้ที่ไม่เป็นโรค (LR-) 0.33 เท่า ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 2 ลักษณะทางประชากรของผู้ได้รับการถ่ายภาพรังสีดิจิทัลทรวงอก (n=459)

ลักษณะทางประชากร	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	301	65.6
หญิง	158	34.4
อายุ		
15-54 ปี	184	40.1
55 ปี	275	59.9
ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงมาตรฐาน) 58.3 (17.5)		
ค่ามัธยฐาน (ต่ำสุด, สูงสุด) 60 (15, 97)		
สัญชาติ		
ไทย	436	95.0
กัมพูชา	22	4.8
ลาว	1	0.2
โรงพยาบาล		
มะขาม	146	31.8
ขลุง	121	26.4
โป่งน้ำร้อน	64	13.9
นายายอาม	48	10.5
แก่งหางแมว	48	10.5
เขาสุกิม	32	6.9

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นวัณโรคปอดจากภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกด้วยโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX (n=459)

ความน่าจะเป็น	จำนวน	ร้อยละ
ไม่เป็นวัณโรคปอด	243	52.94
เป็นวัณโรคปอด	216	47.06
50%-59%	24	11.11
60%-69%	39	18.06
70%-79%	51	23.61
80%-89%	81	37.50
90%-100%	21	9.72

ตารางที่ 4 ผลการตรวจคัดกรองวัณโรคจากภาพถ่ายรังสีดิจิทัลทรวงอกด้วยโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX กับผลการยืนยันการตรวจด้วยวิธี Xpert MTB/RIF Ultra (n=459)

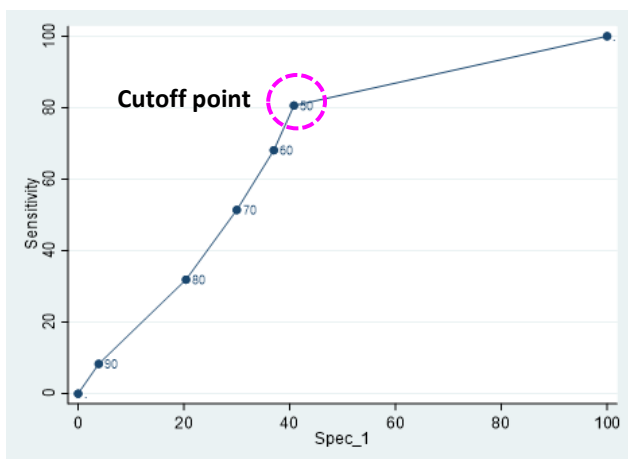
		Xpert MTB/RIF Ultra		รวม
		เป็นวัณโรคปอด	ไม่เป็นวัณโรคปอด	
CXR (AXIR-CX)	เป็นวัณโรคปอด	58	158	216
	ไม่เป็นวัณโรคปอด	14	229	243
	รวม	72	387	459

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ในการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดจากภาพถ่ายรังสีดิจิทัลทรวงอก (n=459)

การวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	95% CI
Sensitivity	80.6 %	69.5 % to 88.9 %
Specificity	59.2 %	54.1 % to 64.1 %
Accuracy	62.5 %	60.2 % to 64.8 %
Positive Likelihood ratio	1.97	1.67 to 2.33
Negative Likelihood ratio	0.33	0.20 to 0.53

**การวิเคราะห์กราฟเส้นโค้ง ROC (Receiver Operating Characteristic)**

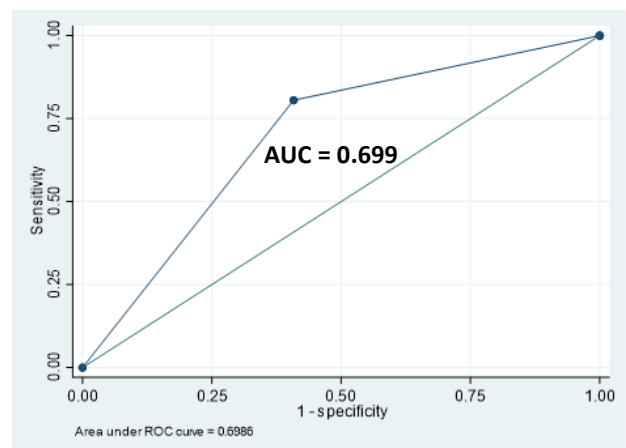
พิจารณาจุดตัดที่เหมาะสมบนกราฟ ROC จุดตัดที่เหมาะสมคือ 0.5 ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 จุดตัดที่เหมาะสมบนกราฟ ROC ของการใช้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX

พื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC (AUC) ของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ที่มี Xpert MTB/RIF Ultra เป็นวิธี

มาตรฐาน เท่ากับร้อยละ 69.9 ช่วงความเชื่อมั่นอยู่ระหว่างร้อยละ 64.6 ถึงร้อยละ 75.1 ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 Receiver Operating Characteristic (ROC) และพื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC (AUC) ของการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดจากภาพถ่ายรังสีด้วยโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX

พื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC (AUC) ของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ที่มี Xpert MTB/RIF Ultra เป็นวิธีมาตรฐาน ในเพศชายจำนวน 301 ภาพถ่ายรังสีดิจิทัลทรวงอก เท่ากับร้อยละ 66.8

พื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC (AUC) ของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ที่มี Xpert MTB/RIF Ultra เป็นวิธีมาตรฐาน ในเพศหญิงจำนวน 158 ภาพถ่ายรังสีดิจิทัลทรวงอกเท่ากับร้อยละ 73.8

พื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC (AUC) ของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ที่มี Xpert MTB/RIF Ultra เป็นวิธีมาตรฐาน ในกลุ่มอายุ 15-54 ปี จำนวน 184 ภาพถ่ายรังสีดิจิทัลทรวงอกเท่ากับร้อยละ 73.0

พื้นที่ใต้กราฟ ROC (AUC) ของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ที่มี Xpert MTB/RIF Ultra เป็นวิธีมาตรฐาน ในกลุ่มอายุตั้งแต่ 55 ปี จำนวน 275 ภาพถ่ายรังสีดิจิทัลทรวงอกเท่ากับร้อยละ 68.4

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC (AUC) ของเพศชายแตกต่างกับเพศหญิงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value เท่ากับ 0.12) และพื้นที่ใต้กราฟเส้นโค้ง ROC (AUC) ของกลุ่มอายุ 15-54 ปี แตกต่างกับกลุ่มอายุตั้งแต่ 55 ปี อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value เท่ากับ 0.26) ดังตารางที่ 6

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การแปลผลคลื่นโรคปอดระหว่างโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX กับวิธี Xpert MTB/RIF Ultra มีความสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.001) โดยสถิติแคปปา (Kappa) มีค่าเท่ากับ 0.22 (95%CI: 0.15 ถึง 0.29) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบ AUC

รายการ	ขนาดตัวอย่าง	AUC	ช่วงเชื่อมั่น 95% ของผลต่างค่า AUC	p-value*
เพศ				
ชาย	301	0.668	0.017 – 0.157	0.12
หญิง	158	0.738		
อายุ (ปี)				
15-54	184	0.730	0.038 - 0.130	0.29
55	275	0.684		

\* Chi square test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 7 ผลความสอดคล้องระหว่างโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX กับวิธี Xpert MTB/RIF Ultra ในการแปลผลคลื่นโรคปอด (n=459)

ความสอดคล้องของค่าสังเกต (ร้อยละ)	ความสอดคล้องของค่าคาดหวัง (ร้อยละ)	Kappa (95% CI)	p-value*
62.5	52.0	0.22 (0.15-0.29)	< 0.001

\* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

### อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษานี้ โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX มีค่าความไวเท่ากับร้อยละ 80.6 (95% CI: 69.5 ถึง 88.9) จากค่าความไวดังกล่าว โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX สามารถนำมาใช้ตรวจคัดกรองค้นหาผู้ป่วยวัณโรคปอดได้ เนื่องจากมีค่าความไวมากกว่าวิธีการตรวจคัดกรองจากอาการสงสัยและวิธีการ

ตรวจหาเชื้อติดสีทึบกรดด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีค่าความไวเท่ากับร้อยละ 24 (95%CI: 10 ถึง 51) และร้อยละ 61 (95%CI: 31 ถึง 89) ตามลำดับ<sup>[4]</sup>

ค่าความไวจากการศึกษานี้ มีค่ามากกว่าการศึกษาของ Yoo และคณะ<sup>[8]</sup> อาจเนื่องจากการศึกษานี้ใช้ระบบการสร้าง

ภาพรังสีดิจิทัลที่ถ่ายเดียวกัน ซึ่งระบบสร้างภาพที่ต่างกันมีผลต่อความไว<sup>[9]</sup>

ค่าความจำเพาะของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับร้อยละ 59.2 (95%CI: 54.1 ถึง 64.1) ต่ำกว่างานวิจัยของ Yoo และคณะถึง 30% และความถูกต้องของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับร้อยละ 62.5 (95%CI: 60.2 ถึง 64.8) ซึ่งต่ำกว่า Yoo และคณะถึง 20% เนื่องจากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำภาพรังสีที่ได้ของทุกโรงพยาบาลที่ศึกษาอัลทอลด์ให้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์แปลผลเหมือนกับการใช้งานจริงของโรงพยาบาลชุมชนที่ให้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์แปลผลภาพรังสีโดยไม่มีการปรับแต่งเบื้องต้น เช่น horizontal flip, rotations, shifts และไม่ได้ทำ Image processing โดยใช้ stochastic region sharpening, elastic transforms, enlargement, randomly erasing patches, enlargement และ contrast adjustment เป็นต้น ดังนั้นอาจจะทำให้ค่าความจำเพาะและความถูกต้องของงานวิจัยนี้ต่ำกว่าของ Yoo และคณะ

งานวิจัยนี้ค่าผลบวกหลงส่วนใหญ่เกิด Lung opacity, Fibrosis เนื่องจากรอยโรคของวัณโรคปอดที่ inactive นั้นจะให้ลักษณะทางรังสีทรวงอกเป็น reticular infiltration ซึ่งส่วนใหญ่พบว่ามีพยาธิสภาพเป็น fibrosis จากภาพเอกซเรย์ปอด แต่ Lung opacity และ Fibrosis ไม่ได้เกิดจากเชื้อวัณโรคเพียงอย่างเดียว ดังนั้นโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX จึงอาจอ่านว่าเป็นวัณโรคได้ ผลลบหลงเกิดจากโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์แปลผลว่า Abnormal, Effusion แตกต่างจากงานวิจัยของ Yoo และคณะ ที่พบว่าสาเหตุที่ Accuracy ต่ำเกิดจากมีสัดส่วนของผลบวกหลงจาก atelectasis and plural thickening และ ผลลบหลง ที่มากจาก infiltration, consolidation และ fibrosis เนื่องจาก รอยโรคบนภาพรังสีอาจเกิดจากเชื้อแบคทีเรียชนิดหรือโรคอื่นได้ เช่น consolidation ในผู้ป่วยที่เป็นปอดอักเสบจากเชื้อแบคทีเรีย เป็นต้น

อัตราส่วนที่ควรจะเป็นของผลบวกมีค่า 1.97 เท่า (95%CI: 1.67 ถึง 2.33) บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นของการเป็นโรคอยู่ในระดับเล็กน้อย ในขณะที่อัตราส่วนที่ควรจะเป็นของผลลบมีค่า 0.33 เท่า (95%CI: 0.20 ถึง 0.53) บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นของการไม่เป็นโรคอยู่ในระดับเล็กน้อยแต่บางครั้งก็มีความสำคัญ<sup>[13]</sup>

จากการวิเคราะห์หาจุดตัดที่เหมาะสมของการใช้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX จากกราฟเส้นโค้ง ROC ในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 0.5 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yoo และคณะ<sup>[8]</sup>

พื้นที่ใต้กราฟ ROC (Area Under ROC: AUC) ในการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดจากภาพถ่ายรังสีทรวงอกของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ในการศึกษานี้มีค่าเท่ากับร้อยละ 68.6 (95% CI: 62.7 ถึง 74.6) ซึ่งตามเกณฑ์การตัดสินใจของค่าประมาณพื้นที่ใต้กราฟ ROC มีค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างต่ำ<sup>[14]</sup> แต่ยังสามารถนำมาใช้งานได้

เมื่อแยกวิเคราะห์ตามเพศพบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พื้นที่ใต้กราฟ ROC ของเพศชายและเพศหญิงแตกต่างกันไม่มีความสำคัญทางสถิติ (p-value เท่ากับ 0.12) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Andrew J. Codlin<sup>[9]</sup> และพื้นที่ใต้กราฟ ROC ของกลุ่มอายุ 15-54 ปีและอายุตั้งแต่ 55 ปี แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value เท่ากับ 0.29) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Andrew J. Codlin และคณะ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าในงานวิจัยที่มีการนำภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกมาให้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์แปลผล ทั้งเพศและกลุ่มอายุ ไม่ส่งผลต่อการแปลผลภาพรังสีทรวงอกของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวินิจฉัยวัณโรคปอดด้วยภาพถ่ายรังสีทรวงอกจากการใช้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX สอดคล้องการยืนยันผลด้วยวิธี Xpert MTB/RIF Ultra ในกลุ่มผู้รับการตรวจที่มีผลเสมหะ AFB เป็นลบ โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX แปลผลภาพรังสีดิจิทัลทรวงอก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.001) โดยระดับของความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์พอใช้<sup>[15]</sup> (Kappa = 0.22, 95%CI: 0.15 – 0.29) เนื่องจาก ตัวอย่าง 459 ภาพถ่ายรังสีดิจิทัลทรวงอก มีผลบวกหลง 158 ภาพ และผลลบหลง 14 ภาพ ทำให้ค่าคาดหวังสัดส่วนความเห็นสอดคล้อง (PE) ในงานวิจัยนี้มีค่า 0.52 ซึ่งค่อนข้างน้อย จึงให้ทำ 1-PE มีค่าค่อนข้างมาก ส่งผลให้ค่าสถิติ kappa มีค่าน้อย หรือจะพิจารณาจากความถูกต้องที่มีค่าต่ำ สถิติ kappa จะมีค่าต่ำไปด้วย

**ข้อดี** ประเมินคุณสมบัติของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX และความสอดคล้องในการแปลผลภาพรังสีทรวงอก ระหว่าง AXIR-CX กับ Xpert MTB/RIF Ultra ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น หากต้องการนำโปรแกรมไปใช้เป็นเครื่องมือตรวจคัดกรองวัณโรคปอด

**ข้อจำกัด** รูปแบบการศึกษาเป็นการศึกษาแบบย้อนหลัง ภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกที่ได้อาจจะมีการใช้โปรโตคอลที่แตกต่างกัน เช่น การใช้เทคนิค High kV หรือ Low kV ส่งผลให้คุณภาพของภาพรังสีแตกต่างกัน เป็นต้น

จากการทำงานของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX ที่รายงานความน่าจะเป็นของภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกที่ไม่เป็นวัณ

โรคปอดเป็นค่าเดียวคือ No ไม่ได้รายงานเป็นตัวเลขที่มีค่าความน่าจะเป็นร้อยละ 0 ถึง 49 จึงอาจจะทำให้การหาจุดตัดที่เหมาะสมของการใช้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX จากกราฟเส้นโค้ง ROC คลาดเคลื่อนได้

## สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาเพื่อประเมินคุณสมบัติการแปลผลภาพรังสีดิจิทัลทรวงอกในการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX พบ ค่าความไว และความจำเพาะเท่ากับร้อยละ 80.6 และ 59.2 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า มีคุณสมบัติที่สามารถนำโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX มาใช้ตรวจคัดกรองค้นหาวัณโรคปอดในโรงพยาบาลชุมชนได้ เพิ่มทางเลือกการคัดกรองวัณโรคปอดในโรงพยาบาลชุมชนที่ไม่มีรังสีแพทย์ แต่การนำโปรแกรมไปใช้งานควรใช้อย่างระมัดระวังเนื่องจากค่าประมาณพื้นที่ใต้กราฟ ROC อยู่ในช่วงค่อนข้างต่ำ และระดับความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์พอใช้

## ข้อเสนอแนะ

การตัดสินใจนำโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX หรือโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์อื่น ๆ มาใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจคัดกรองวัณโรคปอด ควรได้รับทดสอบคุณสมบัติของโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ว่ามีคุณสมบัติตรงตามที่บริษัทรายงานหรือไม่ตามบริบทของโรงพยาบาลที่ใช้งานอยู่ เพื่อเพิ่มความมั่นใจในการใช้งานโปรแกรม การศึกษานี้เมื่อพิจารณาจากค่าความไว โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX สามารถนำมาตรวจคัดกรองวัณโรคปอดได้ เนื่องจากมีความไวมากกว่าวิธีการตรวจคัดกรองจากอาการสงสัยและวิธีการตรวจหาเชื้อติดสีทรวงอกด้วยกล้องจุลทรรศน์ หากมีการศึกษาในอนาคตควรมีการนำวิธีการตรวจคัดกรองจากอาการสงสัยร่วมกับการใช้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์แปลผลภาพรังสีดิจิทัลทรวงอก เพื่อเพิ่มความไวในการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดให้มากยิ่งขึ้น ดังจะเห็นได้จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมานของ van't Hook A และคณะ<sup>[16]</sup> ที่ผลการศึกษา พบ ความไวในการตรวจคัดกรองวัณโรคปอดเพิ่มขึ้นเมื่อมีการคัดกรองด้วยอาการร่วมกับภาพรังสีทรวงอก และควรมีการศึกษาถึงวิธีการปรับแต่งภาพก่อนอัปโหลดให้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ AXIR-CX เพื่อให้ความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของโรงพยาบาลมะขาม โรงพยาบาลโป่งน้ำร้อน โรงพยาบาลขลุง โรงพยาบาลนายายอาม โรงพยาบาลแก่งหางแมว และโรงพยาบาลเขาสกิม ที่อนุเคราะห์ ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลสำหรับการศึกษา

## เอกสารอ้างอิง

- [1] World Health Organization. Annual report of tuberculosis. Annual global TB report of WHO [Internet]. 2022 [cited 2023 Sep 22];8(1):1-68.
- [2] Provisional tuberculosis (TB) notifications [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2023 [cited 2023 Sep 22].
- [3] กองวัณโรค กรมควบคุมโรค. National Tuberculosis Control Programme Guideline, Thailand 2021. Bangkok: Division of Tuberculosis; 2021.
- [4] World Health Organization. Systematic screening for active tuberculosis: an operational guide. Geneva: World Health Organization; 2015.
- [5] World Health Organization. WHO meeting report of a technical expert consultation: non-inferiority analysis of Xpert MTB/RIF Ultra compared to Xpert MTB/RIF. Geneva: World Health Organization; 2017. Report No.: WHO/HTM/TB/2017.04. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- [6] World Health Organization. WHO consolidated guidelines on tuberculosis. Module 3: Diagnosis. In: Rapid diagnostics for tuberculosis detection. Geneva: World Health Organization; 2020.
- [7] ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรสุขภาพ [Internet]. [cited 2023 Sep 22].
- [8] Yoo SH, Geng H, Chiu TL, Yu SK, Cho DC, Heo J, et al. Study on the TB and non-TB diagnosis using two-step deep learning-based binary classifier. J Instrum. 2020 Oct 1;15(10).
- [9] Codlin AJ, Dao TP, Vo LNQ, Forse RJ, Van Truong V, Dang HM, et al. Independent evaluation of 12 artificial intelligence solutions for the detection of tuberculosis. Sci Rep. 2021 Dec 1;11(1).
- [10] Hajian-Tilaki K. Sample size estimation in diagnostic test studies of biomedical informatics. J Biomed Inform. 2014;48:193-204.
- [11] Zhan Y, Wang Y, Zhang W, Ying B, Wang C. Diagnostic accuracy of the artificial intelligence methods in medical imaging for pulmonary tuberculosis: A systematic review and meta-analysis. J Clin Med. 2023;12(1):303.
- [12] สำนักวัณโรค กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. การสำรวจความชุกของวัณโรคระดับชาติในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2555-2556. 2560.

- [13] Chu K. An introduction to sensitivity, specificity, predictive values and likelihood ratios. *Emerg Med.* 1999;11(3):175-181.
- [14] พงษ์เดช สารการ. หลักการทางชีวสถิติและแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม STATA 15. ขอนแก่น: สาขาวิชาวิทยาการระบาดและชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2566.
- [15] Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1997;33(1):159-174.
- [16] van't Hoog A, Viney K, Biermann O, Yang B, Leeftang MMG, Langendam MW. Symptom- and chest-radiography screening for active pulmonary tuberculosis in HIV-negative adults and adults with unknown HIV status. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2022;3.