

วัณโรค: การพัฒนากระบวนการป้องกันควบคุมวัณโรคปอดในเรือนจำ

TB: Development of Prevention and Control Pulmonary Tuberculosis Process in Prisons

เพ็ญศรี ไผทรัตน์* วท.ม. (สุขศึกษา)

เอนก มุ่งอ้อมกลาง* วว. เวชศาสตร์ป้องกัน (แขนงระบาดวิทยา)

ธนาкар แถมเจริญ* วท.บ. (สาธารณสุขศาสตร์)

เกศสุดา อำพริ่ง* ปวส.

กนกวรรณ จิวเชื้อพันธุ์** ศศ.ม. (บริหารงานยุติธรรม)

Pensri Phatairat* M.Sc. (Health Education)

Anek Mungaomklang* Thai Board of Preventive Medicine (Epidemiology)

Thanakarn Thaemcharoen * B.Sc. (Public Health)

Ketsuda Ampring* High Voc. Cert.

Kanokwan Chewchuapun ** M.A. (Criminal Justice Administration)

* สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี กรมควบคุมโรค

Office of Disease Prevention and Control, Region 4 Saraburi, Department of Disease Control

** กองทัณฑวิทยา กรมราชทัณฑ์ Penology Division, Department of Corrections

Received: Oct 2, 2023

Revised: Dec 31, 2023

Accepted: Jun 22, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ใช้รูปแบบวิจัยเชิงวิเคราะห์แบบย้อนหลัง เพื่อศึกษากระบวนการคัดกรองและวินิจฉัยผู้ป่วยวัณโรคปอดในเรือนจำ คำนวณระยะเวลาที่เหมาะสมในการคัดกรองวัณโรคปอด และศึกษาประสิทธิภาพของระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ต้องขังรายเก่าในเรือนจำ 14 แห่งจากพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 จำนวน 22,000 คน ระยะเวลาในการศึกษาระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2564 - มีนาคม 2566 โดยศึกษากระบวนการและผลการคัดกรองวัณโรคปอดด้วยการถ่ายภาพรังสีทรวงอกของผู้ต้องขังด้วยเอกซเรย์ระบบดิจิทัล ทุก 3, 6 และ 12 เดือน ผลการตรวจเสมหะด้วย GeneXpert MTB/RIF หรือ RT-PCR ในรายที่ AI พบค่าความผิดปกติของเนื้อเยื่อปอดเข้าได้กับวัณโรคปอด วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้จำนวนและร้อยละ วิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบปัญญาประดิษฐ์ด้วยสถิติ Mann-Whitney U test ผลการศึกษาพบผู้ป่วยวัณโรคปอดทุกระยะของการคัดกรองทุก 3 และ 6 เดือน ร้อยละ 0.62 และ 0.63 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการคัดกรองทุก 12 เดือน ที่จะพบผู้ป่วยวัณโรคร้อยละ 0.22 ในเรือนจำที่มีระบบการคัดกรองผู้ต้องขังแรกรับอย่างเข้มงวดไม่พบผู้ต้องขังรายเก่าป่วยวัณโรคปอด ระบบปัญญาประดิษฐ์สามารถแยกกลุ่มผู้ต้องขังที่เสมหะพบเชื้อวัณโรคออกจากกลุ่มเสมหะไม่พบเชื้อวัณโรคได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผู้ป่วยวัณโรคปอดเข้าสู่ระบบการรักษาช้าเกินกว่า 29 วัน ร้อยละ 56.10 การถ่ายภาพรังสีทรวงอกรอบ 3 และ 6 เดือนและอ่านฟิล์มด้วย AI สามารถคัดกรองผู้ป่วยวัณโรคปอดในเรือนจำได้เร็วกว่าเดิมที่ดำเนินการ 1 ครั้งต่อปีและอ่านฟิล์มโดยแพทย์ ดังนั้นโรงพยาบาลควรคัดกรองผู้ต้องขังอ่านฟิล์มด้วยระบบ AI และคัดกรองซ้ำทุก 3 หรือ 6 เดือน เพื่อลดการแพร่กระจายเชื้อ และเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการชั้นสูงตรวสอบปริมาณการตรวจเสมหะที่เพิ่มขึ้นต่อไป

คำสำคัญ: วัณโรคปอด, เรือนจำ, เอกซเรย์ทรวงอก, ปัญญาประดิษฐ์

ABSTRACT

A retrospective analytic study without concurrent controls aimed to develop a screening and diagnosis process for tuberculosis (TB) patients in prisons, to determine the appropriate time interval for TB screening of “long-term” inmates, and to study the effectiveness of an AI-based system in screening for TB. The sample group consisted of 22,000 long-term captives from 14 prisons in the Region 4 Health Provider. Collection of data carried out from November 1, 2021 through March 31, 2022. The screening process conducted finding cases in the time every 3, 6, and 12 months using digital X-ray systems, and for those with abnormal lung tissues to be tested for TB using the GeneXpert MTB/RIF or RT-PCR method. Analyses of the data by using the Mann-Whitney U test needed to compare the image scores of inmates with TB to those without TB. The study found that all the long-term inmates were screened for TB, and the prevalence of TB in the 3 and 6-month screenings was 0.62% and 0.63% respectively, which was higher than the 12-month screening. Prisons with screening systems did not find any long-term inmates had TB, and the AI-based system was able to significantly distinguish TB patients from non-TB patients. Furthermore, 56.1% of TB patients experienced delayed treatment. The AI-based system can screen for TB in prisons faster than former methods, and it is recommended that prisons installing an AI-based X-ray system to screen long-term prisoners every 3 or 6 months is able to reduce the spread of TB and to prepare the lab for an increase in the amount of sputum tests.

Keywords: Pulmonary Tuberculosis, Prison, Chest X-ray, Artificial intelligence

บทนำ

วัณโรค (Tuberculosis: TB) เป็นโรคติดต่อระบบหายใจที่ยังคงเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขเป็นได้ทุกวัย วัณโรคปอด และภายในแขนงหลอดลม พบมากที่สุดร้อยละ 80 ของวัณโรคทั้งหมดแพร่เชื้อทางระบบหายใจ และเป็นสาเหตุของการป่วยและตายในหลายประเทศทั่วโลก องค์การอนามัยโลกกำหนดเป้าหมายลดอุบัติการณ์ของวัณโรคของโลกให้น้อยกว่า 10 ต่อประชากรแสนคน ในปี พ.ศ. 2578 (กองวัณโรค กรมควบคุมโรค, 2564) ประเทศไทยอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีภาระวัณโรค และวัณโรคดื้อยาหลายขนาน (WHO, 2022) ปีงบประมาณ 2564 ประเทศไทยมีรายงานผู้ป่วยวัณโรครายใหม่ และกลับเป็นซ้ำที่ขึ้นทะเบียนรักษา 71,488 ราย จากรายงานกองยุทธศาสตร์และแผนงาน กรมควบคุมโรค (2565) ค่าคาดประมาณ 105,000 คน คิดเป็น 143

รายต่อประชากรแสนคน อัตราความครอบคลุมของการค้นหาและขึ้นทะเบียนร้อยละ 68 โดยเร่งรัดค้นหาผู้ติดเชื้อวัณโรคและผู้ป่วยวัณโรคให้ครอบคลุมด้วยการคัดกรองในกลุ่มเสี่ยง เพิ่มการเข้าถึงการวินิจฉัยที่รวดเร็วโดยเทคโนโลยีอนุชีววิทยาในกลุ่มเสี่ยงต่าง ๆ รวมทั้งผู้ต้องขังในเรือนจำ (กองวัณโรค กรมควบคุมโรค, 2564b)

ในปี 2562 สำนักวัณโรค กรมควบคุมโรค กำหนดให้ผู้ต้องขังที่อยู่ในเรือนจำตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป ร้อยละ 90 ได้รับการถ่ายภาพรังสีทรวงอก (Chest X-ray: CXR) ปีละ 1 ครั้ง ผลผลิตปกติเข้าได้กับวัณโรคให้ส่งเสมหะตรวจด้วยวิธี Smear ทุกราย มีผู้ต้องขังที่ขึ้นทะเบียนรักษามากถึง 4,000 รายต่อปี ต่อมาปี 2564 ปรับใช้ GeneXpert MTB/RIF หรือ RT-PCR ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความไวสูงกว่าในการตรวจเสมหะ

ทั้งนี้พบว่าอุบัติการณ์ของวัณโรคในเรือนจำสูงกว่าประชากรทั่วไป 6-8 เท่า (สำนักวัณโรค กรมควบคุมโรค, 2563) อัตราความครอบคลุมของการค้นหาและขึ้นทะเบียนรักษาเขตสุขภาพที่ 4 อยู่ที่ร้อยละ 60.60 (กองวัณโรค กรมควบคุมโรค, 2566) ซึ่งห่างไกลจากค่าคาดหวังประมาณ 8,099 ราย เนื่องจากเรือนจำมีข้อจำกัดด้านสถานที่ อยู่อย่างแออัด มีการย้ายเข้า - ออก ตลอดเวลา ยากต่อการแพร่กระจายเชื้อวัณโรค ทำให้ผู้ต้องขังในเรือนจำเป็นกลุ่มเสี่ยงที่สำคัญต่อการป่วยเป็นวัณโรคและวัณโรคติดต่อหลายขนาน การค้นผู้ป่วยให้พบเร็วที่สุดและรีบรักษาให้หาย เพื่อตัดวงจรการแพร่กระจายเชื้อและป้องกันไม่ให้เกิดวัณโรคที่มีอาการรุนแรงได้เร็วขึ้น (สำนักวัณโรค กรมควบคุมโรค, 2559; กองวัณโรค กรมควบคุมโรค, 2563) แต่การค้นหาวัณโรคเชิงรุกมีข้อจำกัดไม่สามารถให้บริการได้ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย (กองบริหารการสาธารณสุข สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2564) จึงมีการใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์ช่วยคัดกรองวัณโรคในเรือนจำ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาระบบการคัดกรองวัณโรคปอดในเรือนจำ ค้นหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการคัดกรองวัณโรคปอดด้วยการถ่ายภาพรังสีทรวงอกในผู้ต้องขังรายเก่า และประสิทธิผลของระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการคัดกรองวัณโรคปอดในเรือนจำเขตสุขภาพที่ 4

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นรูปแบบวิจัยเชิงวิเคราะห์แบบย้อนหลัง (Retrospective analytic study) โดยการศึกษาข้อมูลสถานการณ์วัณโรคในเรือนจำ และแนวทางการคัดกรองวัณโรคปอดในผู้ต้องขังรายเก่า กระบวนการคัดกรองวัณโรคปอดด้วยการถ่ายภาพรังสีทรวงอกผู้ต้องขังรายเก่า ผลการถ่ายภาพรังสีทรวงอก เก็บข้อมูลผู้ต้องขังที่เข้ารับการถ่ายภาพรังสีทรวงอก ด้วยรถเอกซเรย์ระบบดิจิทัลพระราชทานในเรือนจำเขตสุขภาพที่ 4 ระหว่างวันที่ 1 พฤศจิกายน 2564 ถึง 31 มีนาคม 2566

ประชากร คือ ผู้ต้องขังรายเก่าในเรือนจำในเขตสุขภาพที่ 4 จำนวน 18 แห่ง จำนวนรวมทั้งสิ้น 30,403 คน (กรมราชทัณฑ์, 2564)

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ต้องขังรายเก่าในเรือนจำ 14 แห่ง โดยการเลือกแบบเจาะจง จำนวนรวมทั้งสิ้น 22,000 คน โดยเป็นผู้ต้องขังรายเก่าทุกคนที่อยู่ในเรือนจำและเข้ารับการถ่ายภาพรังสีทรวงอกด้วยรถเอกซเรย์ระบบดิจิทัล ของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี เกณฑ์ในการคัดออก คือ ผู้ต้องขังรายเก่าที่อยู่ระหว่างรักษาวัณโรค ย้ายเรือนจำ พันโท

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

1. แบบเก็บข้อมูลกระบวนการคัดกรองวัณโรคปอดด้วยรถเอกซเรย์ระบบดิจิทัลพระราชทาน สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี ประกอบด้วยวิธีที่ใช้ในการคัดกรองวัณโรคปอดผู้ต้องขังรายเก่า ความถี่ในการคัดกรองซ้ำ วิธีการดำเนินการเมื่อผลภาพถ่ายทรวงอกผิดปกติ และวิธีการตรวจเสมหะ
2. ผลการตรวจคัดกรองการถ่ายภาพรังสีทรวงอกด้วยรถเอกซเรย์ระบบดิจิทัลพระราชทาน ในเรือนจำด้วยระบบ AI โดยใช้ค่าความละเอียดต่ำสุด ที่ระบบสามารถตรวจจับความผิดปกติของเนื้อเยื่อปอดที่เข้าได้กับวัณโรคขนาด 0.5 เซนติเมตรขึ้นไป (TB score ร้อยละ 15 ขึ้นไป) เป็นเกณฑ์ตัดสินว่าปอดมีความผิดปกติเข้าได้กับวัณโรค
3. แบบเก็บข้อมูลรายบุคคลของผู้ต้องขังที่มีผลการถ่ายภาพรังสีทรวงอกผิดปกติเข้าได้กับวัณโรค ประกอบด้วยข้อมูล ชื่อ สกุล เพศ อายุ โรคประจำตัว วันที่เข้าเรือนจำ วันที่ได้รับการถ่ายภาพรังสีทรวงอกร้อยละของความผิดปกติของเนื้อเยื่อปอดที่เข้าได้กับวัณโรค วันที่ขึ้นทะเบียนรักษาใน NTIP และแบบรายงานผลการตรวจเสมหะพบเชื้อ ไม่พบเชื้อวัณโรค

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1. ขออนุญาตทำการศึกษาวิจัยและขอใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากผู้อำนวยการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี
2. ทบทวนวิเคราะห์สถานการณ์และรูปแบบการคัดกรองวัณโรคในเรือนจำ

3. เก็บรวบรวมกระบวนการคัดกรองวัณโรคปอด
ผู้ต้องขังรายเก่าในเรือนจำ

4. เก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ดังนี้

4.1 จำนวนผู้ต้องขังที่เข้ารับบริการ ผู้ต้องขังที่มี
ผลภาพถ่ายรังสีทรวงอกผิดปกติเข้าได้กับวัณโรคปอด
(ค่าความผิดปกติตั้งแต่ร้อยละ 15 ซึ่งเป็นค่าความละเอียด
ต่ำสุดที่ระบบ AI สามารถตรวจจับความผิดปกติของ
เนื้อเยื่อปอดที่เข้าได้กับวัณโรคขนาด 0.5 เซนติเมตร)
โดยการถ่ายภาพรังสีทรวงอก ด้วยรถเอกซเรย์ระบบ
ดิจิทัลพระราชทาน สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4
จังหวัดสระบุรี แบ่งกลุ่มการถ่ายภาพรังสีทรวงอกเป็น
3 กลุ่มโดยในแต่ละเรือนจำจะใช้รูปแบบใดรูปแบบ
หนึ่งเท่านั้น กลุ่มที่ 1 ถ่ายภาพรังสีทรวงอกทุก
3 เดือน กลุ่มที่ 2 ถ่ายภาพรังสีทรวงอกทุก 6 เดือน
และกลุ่มที่ 3 ถ่ายภาพรังสีทรวงอกทุก 12 เดือน

4.2 รวบรวมข้อมูลผลเสมหะ detected MTB
ด้วยวิธี GeneXpert MTB/RIF หรือ Molecular
(RT-PCR) จากห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ด้าน
ควบคุมโรค สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัด
สระบุรี

4.3 เก็บข้อมูลการขึ้นทะเบียนรักษาของผู้ที่มีผล
ภาพถ่ายรังสีทรวงอกผิดปกติเข้าได้กับวัณโรคปอด
และมีผลเสมหะพบเชื้อวัณโรค จากโปรแกรมรายงาน
ข้อมูลวัณโรคของประเทศไทย (NTIP) ระดับเขต
สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี

5. วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลผลภาพถ่ายรังสี
ทรวงอกผิดปกติ ผลเสมหะพบเชื้อ และระยะเวลา
การเข้าสู่อุปการะรักษาหลังจากผลภาพถ่ายรังสีทรวงอก
ผิดปกติ ด้วยการแจกแจงความถี่และร้อยละ

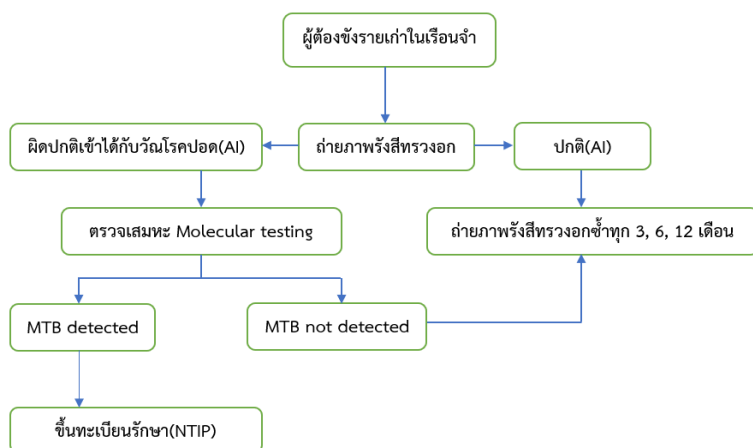
2. เปรียบเทียบค่ามัธยฐานค่าความผิดปกติภาพถ่าย
รังสีทรวงอกของผู้ต้องขังที่ผลเสมหะพบเชื้อวัณโรค
กับกลุ่มที่ผลเสมหะปกติ ในเรือนจำ ด้วยสถิติ Mann
Whitney U test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้ได้รับการรับรองจาก
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย เขตสุขภาพที่ 4
เลขที่ 004/67E วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2567

ผลการศึกษา

ผลการคัดกรองวัณโรคตามกระบวนการคัดกรอง
วัณโรคปอดผู้ต้องขังรายเก่าเขตสุขภาพที่ 4
ที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี
พัฒนาขึ้น พบว่า ผู้ต้องขังรายเก่า 14 แห่ง ได้รับการ
คัดกรองวัณโรคปอดด้วยการถ่ายภาพรังสีทรวงอก
22,000 คน มีผลภาพถ่ายรังสีทรวงอกผิดปกติเข้าได้
กับวัณโรค 2,586 คน หลังจากนั้นทำการตรวจเสมหะ
ด้วยวิธี GeneXpert MTB/RIF หรือ Molecular
(RT-PCR) พบผู้ป่วยวัณโรคปอด 105 คน คิดเป็น
ร้อยละ 0.48 ของผู้ต้องขังรายเก่าที่ได้รับการคัดกรอง
ทั้งหมดและมีการขึ้นทะเบียนรักษาใน NTIP ทุกราย
แต่มีข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ระยะเวลาดังแต่การคัด
กรองจนถึงการขึ้นทะเบียนรักษา NTIP จำนวน 82 ราย
ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการคัดกรองวัณโรคปอดในเรือนจำ ที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี พัฒนาขึ้น

ข้อมูลทั่วไป
ผู้ป่วยวัณโรคปอดรวมทั้งหมด 105 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 94.29 อายุ 30-39 ปี มากที่สุด ร้อยละ 40.95 รองลงมาคือ อายุ 40-49 ปี ร้อยละ 24.76 และอายุ 20-29 ปี ร้อยละ 17.14 ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 88.57 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยวัณโรคปอดในเรือนจำ (n=105 คน)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	99	94.29
หญิง	6	5.71
อายุ (ปี)		
20-29	18	17.14
30-39	43	40.95
40-49	26	24.76
50-59	10	9.53
60-65	4	3.81
ไม่ทราบ	4	3.81
โรคประจำตัว		
ไม่มี	93	88.57
มีโรคประจำตัว	12	11.43
Old TB	3	2.86
Biological False Positive	2	1.90
ความดันโลหิตสูง	2	1.90
อ้วน	2	1.90
ลมชัก	1	0.95
หอบ	1	0.95
จิตเวช	1	0.95

จำนวนผู้ต้องขังที่ได้รับการคัดกรองวัณโรคปอดด้วยการถ่ายภาพรังสีทรวงอก ทุก 3 เดือน จำนวน 4,705 คน พบผู้ป่วยวัณโรคปอด 29 ราย คิดเป็นร้อยละ 0.62 ได้รับการคัดกรองทุก 6 เดือน 9,403 คน พบผู้ป่วยวัณโรคปอด 59 ราย คิดเป็นร้อยละ 0.63 ได้รับการคัดกรองทุก 12 เดือน 7,892 คน พบผู้ป่วย

วัณโรคปอด 17 ราย คิดเป็นร้อยละ 0.22 จากการคัดกรองพบผู้ป่วยวัณโรคปอดในทุกรอบของการคัดกรองด้วยการถ่ายภาพรังสีทรวงอก ความชุกสะสมของวัณโรคปอดในรอบการถ่ายภาพรังสีทรวงอกทุก 3 และ 6 เดือน เท่ากับร้อยละ 0.62 และ 0.63 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของการคัดกรองและอัตราการตรวจเสมหะพบเชื้อวัณโรคในกลุ่มผู้ต้องขังที่มีภาพรังสีทรวงอกเข้าได้กับวัณโรคปอดในผู้ต้องขังจาก 14 เรือนจำในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4

ระยะเวลา	จำนวนผู้ต้องขัง (คน)	ระยะห่างของการถ่ายภาพรังสีทรวงอก		
		3 เดือน	ทุก 6 เดือน	ทุก 12 เดือน
รวม	จำนวนผู้ต้องขังที่ได้รับการถ่ายภาพรังสีทรวงอก (AI)	4,705	9,403	7,892
	จำนวนที่ตรวจพบยืนยันเป็นวัณโรคปอด	29	59	17
	ร้อยละ	0.62	0.63	0.22
ครั้งแรก	จำนวนผู้ต้องขังที่ได้รับการถ่ายภาพรังสีทรวงอก (AI)	2,530	6,210	6,504
	จำนวนที่ตรวจพบยืนยันเป็นวัณโรคปอด	8	21	6
	ร้อยละ	0.32	0.34	0.09
เดือนที่ 3	จำนวนผู้ต้องขังที่ได้รับการถ่ายภาพรังสีทรวงอก (AI)	2,541	NA	NA
	จำนวนที่ตรวจพบยืนยันเป็นวัณโรคปอด	2	NA	NA
	ร้อยละ	0.08	NA	NA
เดือนที่ 6	จำนวนผู้ต้องขังที่ได้รับการถ่ายภาพรังสีทรวงอก (AI)	2,500	4,592	NA
	จำนวนที่ตรวจพบยืนยันเป็นวัณโรคปอด	12	15	NA
	ร้อยละ	0.48	0.33	NA
เดือนที่ 9	จำนวนผู้ต้องขังที่ได้รับการถ่ายภาพรังสีทรวงอก (AI)	2,770	NA	NA
	จำนวนที่ตรวจพบยืนยันเป็นวัณโรคปอด	7	NA	NA
	ร้อยละ	0.25	NA	NA
เดือนที่ 12	จำนวนผู้ต้องขังที่ได้รับการถ่ายภาพรังสีทรวงอก (AI)	ND	5,245	3,188
	จำนวนที่ตรวจพบยืนยันเป็นวัณโรคปอด	ND	23	11
	ร้อยละ	ND	0.44	0.35

หมายเหตุ: 1. NA คือยังไม่ถึงรอบการคัดกรอง,

2. ND คือ ไม่ได้คัดกรอง ในรอบ 12 เดือนของเรือนจำที่คัดกรองในรูปแบบทุก 3 เดือน ไม่ได้คัดกรองเนื่องจากข้อจำกัดของรถเอกซเรย์ระบบดิจิทัลพระราชทาน สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรีที่ไม่สามารถเข้าให้บริการได้ทันรอบระยะเวลาที่กำหนด

3. จำนวนผู้ต้องขังในแต่ละรอบไม่เท่ากันเนื่องจากการรับผู้ต้องขังใหม่ และพ้นโทษ

ผู้ต้องขังพบเชื้อวัณโรคปอด 105 ราย ได้รับการขึ้นทะเบียนรักษาในระบบ NTIP 105 ราย แต่มีข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ประเด็นนี้ 82 ราย หลังภาพถ่ายรังสีทรวงอกพบผลผิดปกติเข้าได้กับวัณโรคได้รับขึ้นทะเบียนรักษาภายใน 8-14 วัน จำนวน 11 ราย

ร้อยละ 13.41 ได้รับขึ้นทะเบียนรักษาภายใน 15-21 วัน จำนวน 17 ราย ร้อยละ 20.73 ได้รับขึ้นทะเบียนรักษาภายใน 22-28 วัน จำนวน 8 ราย ร้อยละ 9.76 เกินกว่า 28 วัน รวมจำนวน 46 ราย ร้อยละ 56.10 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนที่ผู้ต้องขังพบเชื้อวัณโรคปอดได้รับการขึ้นทะเบียนรักษาใน NTIP นับจากวันที่พบภาพถ่ายรังสีทรวงอกผิดปกติเข้าได้กับวัณโรคปอดจำแนกตามกลุ่มเรือนจำ (n=82)

กลุ่มเรือนจำ	8-14 วัน		15-21 วัน		22-28 วัน		>28 วัน		สะสมรวม
	จำนวน (ราย)	ร้อยละ	จำนวน (ราย)	ร้อยละ	จำนวน (ราย)	ร้อยละ	จำนวน (ราย)	ร้อยละ	จำนวน (ราย)
กลุ่มที่ 1	1	4.17	0	0.00	0	0.00	23	95.83	24
กลุ่มที่ 2	10	20.83	17	35.42	8	16.67	13	27.08	48
กลุ่มที่ 3	0	0.00	0	0.00	0	0.00	10	100.00	10
รวม	11	13.41	17	20.73	8	9.76	46	56.10	82

เมื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนมาตรฐานภาพถ่ายรังสีทรวงอกของผู้ต้องขังในเรือนจำ ที่ผลเสมหะพบเชื้อวัณโรค กับกลุ่มที่ผลเสมหะปกติ ที่มีผลเสมหะครบถ้วน 721 คน จากทั้งหมด 1,865 ราย พบว่า ระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) สามารถแยกกลุ่มผู้ต้องขังที่ป่วยออกจากกลุ่มปกติได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลต่างของค่ามัธยฐาน 10.29 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานคะแนนภาพถ่ายรังสีทรวงอกของผู้ต้องขังในเรือนจำที่เสมหะพบเชื้อวัณโรคกับกลุ่มที่ผลเสมหะปกติ ที่มีผลเสมหะครบถ้วน (n=721 คน)

ผลการตรวจ เสมหะ	จำนวน (ราย)	ค่ามัธยฐาน		ผลต่าง ของ ค่ามัธยฐาน	ช่วงความ เชื่อมั่น 95% ผลต่างของ ค่ามัธยฐาน	p-value
		คะแนน ภาพถ่ายรังสี ทรวงอก	95%CI ค่ามัธยฐาน			
พบเชื้อ	69	36.58	26.04-45.36	10.29	0.02-10.19	0.02*
ไม่พบเชื้อ	652	26.29	24.56-28.10			

* $p\text{-value}<0.05$

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบ ความสูงผู้ป่วยวัณโรคปอดในผู้ต้องขังรายเก้าร้อยละ 0.48 และเป็นผู้ต้องขังชายเกือบทั้งหมด แต่มีโอกาเสี่ยงต่อการแพร่เชื้อวัณโรคในเรือนจำ เนื่องจากผู้ป่วย 1 รายสามารถแพร่เชื้อให้คนใกล้ชิดได้มากถึง 10 ราย (กองวัณโรค กรมควบคุมโรค, 2564) จากสภาพความเป็นอยู่อย่างแออัด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุชาญวัชร สมสอน และตันหยง เอี่ยมพร (2565) ที่พบว่าทุกเรือนจำในเขตสุขภาพที่ 4 มีข้อจำกัดด้านโครงสร้างของเรือนนอน

ของผู้ต้องขังมีความสูงน้อยกว่า 3.50 เมตร และสัดส่วนพื้นที่นอนน้อยกว่า 1.20 ตารางเมตรต่อคน และการถ่ายภาพรังสีทรวงอกช่วยในการค้นพบผู้ป่วยได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของดารณี ภักดีวาปี และสุภาภรณ์ วัฒนธร (2562) ที่พบว่า ผู้ต้องขังในเขตสุขภาพที่ 4 ป่วยเป็นวัณโรคปอดพบเชื้อร้อยละ 0.90 เป็นผู้ป่วยวัณโรคปอดที่มีอาการร้อยละ 18.60 และพบผู้ป่วยวัณโรคปอดที่ไม่มีอาการผิดปกติจากการถ่ายภาพรังสีทรวงออกร้อยละ 81.40 การคัดกรอง

ด้วยการถ่ายภาพรังสีทรวงอก เป็นวิธีการที่มีความไว pooled sensitivity (95%CI) ร้อยละ 98 สูงกว่าการคัดกรองด้วยอาการ ความจำเพาะ pooled specificity ร้อยละ 75 เมื่อเทียบกับวิธีเพาะเลี้ยงเชื้อ ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน ก่อนส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการชั้นสูง เพื่อยืนยันการตรวจพบเชื้อวัณโรค (กองวัณโรค กรมควบคุมโรค, 2564a) จึงควรใช้ในการคัดกรองผู้ต้องขังทุกคนเพื่อตรวจพบผู้ป่วยได้เร็ว ลดโอกาสการแพร่กระจายเชื้อ ในการรักษาอาจทำให้การใช้ยาเกินความเป็นจริงเกิดปัญหาการดื้อยาได้แต่ปัญหาการดื้อยาไม่มากเนื่องจากเป็นกลุ่มที่อยู่ในพื้นที่ จำกัดสามารถควบคุมกำกับการกินยาต่อหน้า (DOTS) ได้มากกว่าผู้ป่วยนอกเรือนจำ

เรือนจำจังหวัดสิงห์บุรี ไม่พบผู้ป่วยวัณโรคในผู้ต้องขังรายเก่า อาจเป็นไปได้ว่าในเรือนจำไม่มีผู้ติดเชื้อที่ไม่แสดงอาการปะปน เนื่องจากมีระบบคัดกรองและแยก ผู้ต้องขังรับใหม่/รับย้ายถูกแยกกักที่ห้องแรกรับและได้รับการถ่ายภาพรังสีทรวงอกป่วยวันศุกร์ที่โรงพยาบาลสิงห์บุรี (Green channel) หากผลการตรวจพบปอดผิดปกติ นำเข้าห้องแยกโรคและส่งตรวจวินิจฉัย หากพบป่วยเป็นวัณโรคให้รักษาที่คลินิกวัณโรคของโรงพยาบาลสิงห์บุรี พยาบาลควบคุมกำกับการกินยาต่อหน้า เมื่อพ้นระยะแพร่เชื้อจึงส่งกลับแดนพิจารณาคดี/แดนเด็ดขาด (วันดี วิรัสสะ, 2561) ซึ่งแตกต่างจากเรือนจำอื่นที่คัดกรองผู้ต้องขังรายใหม่เดือนละ 1 ครั้ง ตามแนวทางการคัดกรองวัณโรคในเรือนจำ

การที่ผู้ต้องขังได้รับการถ่ายภาพรังสีทรวงอกทุก 3 และ 6 เดือน ทำให้มีโอกาสพบผู้ป่วยมากกว่าการคัดกรองทุก 12 เดือน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอัตราการพบปอดผิดปกติของผู้ต้องขังที่ได้รับการถ่ายภาพรังสีทรวงอกทุก 3 เดือนและ 6 เดือนมากกว่า 12 เดือน 3 เท่า แต่อย่างไรก็ตามระยะเวลาที่เหมาะสมควรเป็นทุก 6 เดือน เนื่องจากอัตราการพบปอดผิดปกติไม่แตกต่าง

ความชุกของผู้ป่วยวัณโรคในเรือนจำใกล้เคียงกันในกลุ่มคัดกรองทุก 3 เดือนและ 6 เดือน เป็นไปได้ว่าผู้ต้องขังที่รับใหม่หลังจากแยกกักไว้ครบ 1 เดือน

เปลี่ยนสถานะเป็นผู้ต้องขังรายเก่า ซึ่งอาจได้รับเชื้อและยังค้นไม่พบเข้าไปปะปน ส่งผลให้มีโอกาสตรวจพบในการถ่ายภาพรังสีทรวงอกทุกรอบ เนื่องจากผู้ต้องขังมีการเคลื่อนย้ายสูง บางส่วนเมื่อศาลตัดสินความผิดแล้วถูกย้ายไปคุมขังในเรือนจำกลางระดับต่าง ๆ บางส่วนถูกย้ายกลับไปคุมขังตามภูมิลำเนาหรือมีการย้ายระหว่างเรือนจำเพื่อลดความแออัด การเคลื่อนย้ายส่งผลให้โอกาสการกระจายตัวของเชื้อเพิ่มสูงขึ้น (พิมพ์นารา อินตะประเสริฐ, 2564) รวมทั้งมีโอกาสในการแพร่เชื้อไปยังชุมชน และถ้าเป็นเชื้อวัณโรคดื้อยาจะทำให้การรักษายุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายสูง เพิ่มระยะเวลาการรักษาจาก 6 เดือนเป็น 8-24 เดือน ค่าใช้จ่ายเพิ่มจาก 2,500 บาทเป็น 80,000-100,000 บาทแต่มีผลการรักษาสำเร็จเพียงร้อยละ 60 (สำนักวัณโรค กรมควบคุมโรค, 2561) และอีกสาเหตุที่ทำให้ยังคงมีการแพร่กระจายวัณโรคปอดในเรือนจำ อาจเนื่องจากผู้ต้องขังที่ป่วยวัณโรคปอด ร้อยละ 56.1 ใช้เวลานานกว่า 29 วัน จึงได้รับการขึ้นทะเบียนรักษา ซึ่งเสี่ยงต่อการเสียชีวิต เช่นเดียวกับการศึกษาของสฤกษ์เดช เจริญไชย (2555) พบว่ามีความล่าช้าในการวินิจฉัย ล่าช้ามากที่สุด 59 วัน ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดของปริมาณการตรวจที่ไม่สามารถรองรับและน้ำยาสำหรับตรวจขาดตลาด ทำให้ตรวจเสมหะล่าช้า จึงกระทบกับการขึ้นทะเบียนรักษา

ผู้ต้องขังภาพถ่ายรังสีทรวงอกเข้าได้กับวัณโรคปอด 721 คนและมีผลเสมหะพบเชื้อวัณโรค 69 คนคิดเป็นความชุกร้อยละ 9.5 สำหรับการศึกษาของประดิษฐ์ นิธิติศัย (2565) พบว่าความชุกของวัณโรคในเรือนจำจังหวัดลำปางร้อยละ 17.11 ของผู้ต้องขังที่พบภาพรังสีผิดปกติ การใช้ AI ช่วยวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีทรวงอก ทำให้ลดระยะเวลาในการรอมผลอ่านฟิล์ม เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน เนื่องจาก AI สามารถแยกคนที่มีผลภาพถ่ายรังสีทรวงอกผิดปกติออกจากปกติ และคัดแยกรายชื่อให้เรือนจำเก็บเสมหะส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ เพื่อหาเชื้อวัณโรคด้วย GeneXpert MTB/RIF assay หรือ Molecular testing ได้ทันที ส่งผลให้ผู้ป่วยเข้ารับการรักษา

ลดโอกาสแพร่กระจายเชื้อและเสียชีวิต และสามารถประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลได้เร็วช่วยแพทย์ในการวิเคราะห์โรค และเพิ่มโอกาสการพบผู้ป่วยวัณโรคปอดมากขึ้น อีกทั้งการถ่ายภาพรังสีทรวงอกระบบดิจิทัลช่วยให้ค้นผู้ป่วยวัณโรคปอดเพิ่มขึ้น 2 เท่าเมื่อเทียบกับการคัดกรองด้วยอาการเพียงอย่างเดียว (Velen *et al.*, 2021) และระบบการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีทรวงอก สามารถตรวจหาและระบุตำแหน่งผิดปกติในระดับที่เทียบเท่ากับรังสีแพทย์ ประหยัดเวลาและแก้ไขปัญหาขาดรังสีแพทย์โดยเฉพาะในประเทศที่มีรายได้ต่ำ หรือปานกลางที่มีภาระวัณโรคสูงและขาดรังสีแพทย์ (Cao *et al.*, 2021) ซึ่งเหมาะกับประเทศไทย

ข้อจำกัดของการศึกษา

1. ข้อมูลเดือนที่ 12 ของกลุ่มเรือนจำรูปแบบคัดกรองทุก 3 เดือนขาดหายไป อาจทำให้อัตราการตรวจพบยืนยันเป็นวัณโรคปอด คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง
2. ข้อมูลในระบบ NTIP ไม่ครบถ้วนทำให้ไม่สามารถคำนวณระยะเวลาตั้งแต่ถ่ายภาพรังสีจนถึงขึ้นทะเบียนรักษาได้ครบทุกราย
3. ข้อมูลผลเสมหะถูกเก็บโดย excel โดยพยาบาลเรือนจำ ไม่ครบถ้วน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าคะแนนภาพถ่ายรังสีทรวงอกได้ครบทุกราย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรให้มีการถ่ายภาพรังสีทรวงอก ผู้ต้องขังอ่านฟิล์มด้วยระบบ AI ทุก 3 หรือ 6 เดือน เพื่อคัดกรอง

ผู้ป่วย นำเข้าสู่ระบบการรักษา ลดโอกาสการแพร่เชื้อและเสียชีวิตได้เร็วขึ้น

2. คัดกรองผู้ต้องขังรายใหม่ด้วยการถ่ายภาพรังสีทรวงอกแรกจับและจัดให้อยู่ในพื้นที่เฉพาะรอให้คัดกรองรอบ 2 (3 หรือ 6 เดือน) จึงนำเข้าแดนต่าง ๆ เพื่อลดโอกาสการนำเชื้อในชุมชนมาแพร่ในเรือนจำซึ่งคับแคบ

3. โรงพยาบาลแม่ข่ายเตรียมความพร้อมอุปกรณ์เคมีภัณฑ์สำหรับรองรับปริมาณการตรวจเสมหะทางห้องปฏิบัติการด้วยวิธี GeneXpert ช่วงที่มีการถ่ายภาพรังสีทรวงอกคัดกรองวัณโรคปอดในเรือนจำ หรือตรวจเสมหะด้วยวิธีการที่รวดเร็วขึ้น เช่น การใช้ Molecular testing เพื่อวินิจฉัยได้รวดเร็ว ขึ้นทะเบียนรักษาผู้ป่วยตั้งแต่แรกลดการแพร่กระจายเชื้อไปยังบุคคลอื่น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่และพยาบาลเรือนจำในเขตสุขภาพที่ 4 ผู้รับผิดชอบงานวัณโรค ของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรี สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ทีมเอกซเรย์ศูนย์สาธิตเวชศาสตร์ป้องกัน กลุ่มห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ด้านควบคุมโรค สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 4 จังหวัดสระบุรีที่อำนวยความสะดวก รวมทั้งให้ข้อมูลผู้ต้องขังรายบุคคล ผลการถ่ายภาพรังสีทรวงอก และผลการตรวจเสมหะ ขอขอบคุณแพทย์หญิงพันธุ์นัย ธิติชัย ที่ปรึกษาทางการจัดการข้อมูลและสถิติ

เอกสารอ้างอิง

- กรมราชทัณฑ์. (2564). รายงานสถิติผู้ต้องขังราชทัณฑ์ทั่วประเทศ [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อ 21 กรกฎาคม 2566]; แหล่งข้อมูล: http://www.correct.go.th/rt103pdf/report_result.php?date=2021-11-01&report=
- กองบริหารการสาธารณสุข สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2564). แนวทางการพัฒนาระบบบริการสาธารณสุขสำหรับผู้ต้องขังในเรือนจำ (ฉบับปรับปรุง). สมุทรปราการ: บอรัณ ทุปีพิลลิตซิง.
- กองยุทธศาสตร์และแผนงาน กรมควบคุมโรค. (2565). แผนงานด้านการป้องกันควบคุมโรคและภัยสุขภาพ ระยะ 5 ปี (พ.ศ.2566-2570). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดี้ดีไซน์.
- กองทัณฑวิทยา กรมราชทัณฑ์. (2564). ปรับอัตราความจุผู้ต้องขัง [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อ 3 พฤษภาคม 2567]; แหล่งข้อมูล: <http://www.correct.go.th/infosaraban64/letter/filepdf/1634709164.pdf>
- กองวินโรค กรมควบคุมโรค. (2563). คู่มือการประเมินคุณภาพการป้องกันและรักษาวัณโรคในเรือนจำ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดี้ดีไซน์.
- กองวินโรค กรมควบคุมโรค. (2564a). แนวทางการควบคุมวัณโรคประเทศไทย พ.ศ. 2564. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดี้ดีไซน์.
- กองวินโรค กรมควบคุมโรค. (2564b). แผนปฏิบัติการระดับชาติ ด้านการต่อต้านวัณโรค พ.ศ. 2560 - 2564 (เพิ่มเติม พ.ศ. 2565) กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดี้ดีไซน์.
- กองวินโรค กรมควบคุมโรค. (2566). รายละเอียดตัวชี้วัดตามคำรับรองการปฏิบัติราชการหน่วยงาน กรมควบคุมโรค ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2566]; แหล่งข้อมูล: <https://ddc.moph.go.th/psdg/pagecontent.php?page=1076&dept=psdg>
- ดารณี รักดีวาปี และสุภาภรณ์ วัฒนาร. (2562). การสำรวจความชุกของวัณโรคปอดพบเชื้อในผู้ต้องขังในเรือนจำพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 พ.ศ. 2560. วารสารการแพทย์และสาธารณสุขเขต 4, 9(2), 50-58. [สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2566]; แหล่งข้อมูล: <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1048420200909074802.pdf>
- ประดิษฐ์ นิธิติชัย. (2565). สถานการณ์การเกิดวัณโรคในผู้ต้องขังในเรือนจำ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง. วารสารวิชาการสุขภาพภาพเหนือ. 9(1), 194-209. [สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2567]; แหล่งข้อมูล: <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/johss/article/view/252865/173139>
- พิมพ์นารา อินตะประเสริฐ. (2564). SDG Updates เพราะสิทธิที่จะมีชีวิตรอดเป็นของทุกคน ส่องสถานการณ์วัณโรคในเรือนจำเมื่อโควิดเข้าไปกดทับ [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2566]; แหล่งข้อมูล: <https://www.sdgmovement.com/2021/07/01/sdgupdates-tb-prison/>
- วันดี วิรัสสะ. (2561). การพัฒนารูปแบบการคัดกรองค้นหาผู้ป่วยวัณโรค ในเรือนจำจังหวัดสิงห์บุรี ปี 2561. วารสารการแพทย์และสาธารณสุขเขต 4, 10(2), 1-9. [สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2566]; แหล่งข้อมูล: <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1048620201005013813.pdf>
- สฤณีเดช เจริญไชย. (2555). ความล่าช้าในการวินิจฉัยและรักษาวัณโรคปอดของโรงพยาบาลรัฐในจังหวัดปทุมธานี. สาธารณสุขศาสตร์มหาบัณฑิต. คณะสาธารณสุขศาสตร์ กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สำนักวัณโรค กรมควบคุมโรค. (2559). มาตรฐานการป้องกันและดูแลรักษาวัณโรคในเรือนจำ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดี้ดีไซน์.

- สำนักวัณโรค กรมควบคุมโรค. (2561). แนวทางปฏิบัติป้องกันควบคุมวัณโรคด้วยยาหลายขนานชนิดรุนแรงมาก ภายใต้พระราชบัญญัติโรคติดต่อ พ.ศ. 2558. ฉบับปรับปรุง. กรุงเทพมหานคร: อักษรกราฟฟิก แอนด์ดีไซน์.
- สำนักวัณโรค กรมควบคุมโรค. (2563). คู่มือการประเมินคุณภาพการป้องกันและรักษาวัณโรคในเรือนจำ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิกแอนด์ดีไซน์.
- สุชาญวัชร สมสอน และตันหยง เอี่ยมพร. (2565). ผลการประเมินคุณภาพการป้องกันและรักษาวัณโรคในเรือนจำเขตสุขภาพที่ 4 ปีงบประมาณ 2564. วารสารป้องกันควบคุมโรคเขตเมือง, 6(2), 112-121. [สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2566]; แหล่งข้อมูล:
<https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1241320220304090618.pdf>
- Cao, X. F., Li, Y., Xin, H. N., Zhang, H. R., Pai, M., & Gao, L. (2021). Application of artificial intelligence in digital chest radiography reading for pulmonary tuberculosis screening. *Chronic diseases and Translational Medicine*, 7(1), 35-40. [cited 2023 October 7]; Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1016/j.cdtm.2021.02.001>
- Velen, K., Sathar, F., Hoffmann, C.J., *et al.* (2021). Digital Chest X-Ray with Computer-aided Detection for Tuberculosis Screening within Correctional Facilities. *Annals of the American Thoracic Society*, 19(8), 1313-1319. [cited 2023 October 7]; Available from: <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202103-380OC>
- World Health Organization. (2022). Global Tuberculosis Report 2022: TB incidence. [cited 2023 June 2]; Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/363752/9789240061729-eng.pdf?sequence=1>