

ระบบการให้คะแนนทำนายการเสียชีวิตในระยะแรกของผู้ป่วยวัณโรค:

การทบทวนการนำไปใช้ทางคลินิก

Early mortality prediction score for tuberculosis patients:

a clinical implementation review

ปรารธนา พลากำแพง¹Prattana Palakomhaeng¹ปรเมษฐ์ อินทร์สุข²Poramate Insook²ปรมดี ศักดิ์แสน^{3*}Porramat Saksaen^{3*}¹โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านหนองห้า¹Nongha Sub-District Health Promoting Hospital²คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้²Faculty of Nursing, Maejo University³สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่³Chiang Mai Provincial Public Health Office

*Corresponding author e-mail: porra2636@gmail.com

DOI: 10.14456/taj.2025.10

Received: May 24, 2025 Revised: July 8, 2025 Accepted: July 13, 2025

บทคัดย่อ

การเสียชีวิตในระยะแรกของการรักษาวัณโรคยังคงเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญระดับโลก โดยพบอัตราการเสียชีวิตสูงถึงร้อยละ 50 ในช่วง 2-3 เดือนแรกของการรักษา การพัฒนาระบบการให้คะแนนทำนายความเสี่ยงจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการคัดกรองและวางแผนการดูแลรักษา การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระบบการให้คะแนนที่ใช้ในปัจจุบัน โดยศึกษาองค์ประกอบและตัวแปรสำคัญในการพยากรณ์โรค ประเมินประสิทธิภาพและข้อจำกัดในทางคลินิก ตลอดจนปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับหน่วยบริการสาธารณสุขในระดับต่างๆ การศึกษาใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรมและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ที่เกี่ยวกับการนำไปใช้ทางคลินิก ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการระบบคะแนนพื้นฐานที่ใช้ตัวแปรทางคลินิกประมาณ 5-8 ตัวแปร มีระบบที่มีความซับซ้อน ซึ่งบูรณาการตัวแปรทางคลินิก ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ และปัจจัยทางประชากรศาสตร์และสังคม รวมถึงการพัฒนาเฉพาะสำหรับผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเสียชีวิตโดยระบบที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำในการทำนาย (area under the curve, AUC) อยู่ระหว่าง 0.81-0.89 และสามารถลดอัตราการเสียชีวิตในช่วง 2 เดือนแรกได้ร้อยละ 30-40 แม้จะพบข้อจำกัดด้านความแม่นยำในประชากรที่มีความแตกต่างและความซับซ้อนในการประยุกต์ใช้ แต่แนวโน้มการพัฒนาที่มุ่งเน้นการใช้ปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีใหม่ ควบคู่กับการพัฒนาระบบที่มีความยืดหยุ่น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำนายและความเหมาะสมกับบริบทที่แตกต่างกัน

Abstract

Early mortality during tuberculosis treatment remains a significant global public health concern, with mortality rates reaching up to 50% within the first 2-3 months of treatment. The development of risk prediction scoring systems is therefore crucial for screening and treatment planning. This study aimed to analyze

current scoring systems by examining their components and key prognostic variables, evaluating their clinical effectiveness and limitations, and identifying factors contributing to successful implementation across different healthcare settings. The methodology involved a systematic literature review of clinical implementation studies. Results revealed an evolution from basic scoring systems using 5–8 clinical variables to more complex systems integrating clinical parameters, laboratory findings, and socio-demographic factors, including specialized systems for high-risk patients. The developed systems demonstrated predictive accuracy (area under the curve, AUC) ranging from 0.81 to 0.89 and achieved a 30–40% reduction in early mortality rates within the first two months. Despite limitations in accuracy across diverse populations and implementation complexities, emerging trends focusing on artificial intelligence and new technologies, coupled with flexible system development, show promise in enhancing predictive efficiency and contextual adaptability across different settings.

คำสำคัญ

วัณโรค; การเสียชีวิตระยะแรก;
ระบบคะแนนทำนายความเสี่ยง;
การทบทวนการนำไปใช้ทางคลินิก;

Keywords

tuberculosis; early mortality;
risk prediction scoring system;
clinical implementation

บทนำ

วัณโรคเป็นโรคติดต่อที่เกิดจากเชื้อ *Mycobacterium tuberculosis* และเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยและเสียชีวิตมาเป็นเวลานานนับสหัสวรรษ แม้จะมีการพัฒนาวัคซีนและยารักษามาเป็นระยะเวลานาน แต่วัณโรคยังคงเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตทั่วโลก⁽¹⁾ จากรายงานองค์การอนามัยโลก ปี พ.ศ. 2567 พบผู้ป่วยวัณโรครายใหม่ปีละประมาณ 10.6 ล้านคน และมีผู้เสียชีวิตมากกว่า 1.4 ล้านคน ส่งผลให้ยังไม่สามารถบรรลุเป้าหมายการยุติวัณโรคที่ต้องการลดอัตราการเสียชีวิตลงร้อยละ 90 และลดอุบัติการณ์ลง ร้อยละ 80 ภายในปี พ.ศ. 2573 สำหรับประเทศไทย จากรายงานของกองวัณโรค กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข พบว่าผู้ป่วยวัณโรครายใหม่และกลับเป็นซ้ำมีแนวโน้มลดลงจาก 81,971 ราย ในปี พ.ศ. 2562 เป็น 70,847 ราย ในปี พ.ศ. 2564 แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 78,955 ราย ในปี พ.ศ. 2566 ขณะที่อัตราการเสียชีวิตในระยะแรกของการรักษามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 8.2 ในปี

พ.ศ. 2562 เป็นร้อยละ 9.8 ในปี พ.ศ. 2565 ส่งผลให้ผลการรักษาสำเร็จลดลงจากร้อยละ 85.6 เป็นร้อยละ 79.8 ในช่วงเดียวกัน⁽²⁾

การเสียชีวิตในระยะแรกของการรักษาวัณโรคยังคงเป็นความท้าทายที่สำคัญสำหรับเป้าหมายการควบคุมวัณโรค ในการศึกษาของต่างประเทศ พบว่า การเสียชีวิตของผู้ป่วยวัณโรคเกิดขึ้นในช่วง 2–3 เดือนแรกหลังเริ่มการรักษาโดยมีอัตราการเสียชีวิตสูงถึงร้อยละ 40–50⁽³⁾ ส่วนในประเทศไทย การศึกษาในจังหวัดเชียงราย พบว่า การเสียชีวิตของผู้ป่วยวัณโรคในระยะเข้มข้นของการรักษา (intensive phase) คือ การรักษาด้วยยาต้านวัณโรค 4 ชนิด ได้แก่ isoniazid, rifampin, ethambutol และ pyrazinamide ในช่วง 2 เดือนแรก มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 38–46 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น⁽⁴⁾ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ป่วยที่มีภาวะแทรกซ้อนและปัจจัยเสี่ยงสูง ได้แก่ ผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 65 ปี ผู้ที่มีภาวะทุพโภชนาการ ผู้ติดเชื้อ HIV ผู้ป่วยโรคเรื้อรัง (ผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ ผู้ป่วยมะเร็ง) และ

ผู้ที่มีประวัติการใช้สารเสพติด ผู้ป่วยติดสุราหรือผู้ที่สูบบุหรี่^(2,5) การเสียชีวิตในระยะแรกส่งผลกระทบต่อระบบสุขภาพ ครอบครัว และสังคม ผู้ป่วยเสี่ยงสูงใช้ทรัพยากร 2-3 เท่าของผู้ป่วยทั่วไป และค่าใช้จ่าย 2 เดือนแรก คิดเป็นร้อยละ 40-60 ของทั้งหมด ทำให้ครอบครัวสูญเสียรายได้ 2,500-3,000 ดอลลาร์ต่อปี อย่างไรก็ตาม การลงทุนคัดกรองและติดตามผู้ป่วยเสี่ยงแม้ต้นทุนสูง แต่คุ้มค่าระยะยาว และลดค่าใช้จ่ายจากภาวะแทรกซ้อนได้ ร้อยละ 30-40 ในไทย การศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่รายเชิงราย ระยะเวลา 12 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2540 - 2551 พบผู้ป่วยวัณโรคเสียชีวิตเดือนแรก ร้อยละ 38-46 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนผู้ป่วยวัณโรคร่วม HIV เสียชีวิตเดือนแรก ร้อยละ 36.7^(4,6)

นอกจากปัจจัยเสี่ยงด้านผู้ป่วยแล้ว อีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเสียชีวิต คือ พยาธิสภาพของวัณโรค การแพร่กระจายของเชื้อวัณโรคไปยังอวัยวะสำคัญ โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อในสมอง เยื่อหุ้มสมอง หรือมีรอยโรคในปอดขนาดใหญ่ ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเสียชีวิต การวินิจฉัยและให้การรักษาที่ล่าช้าในผู้ป่วยกลุ่มนี้มักนำไปสู่ผลลัพธ์ทางคลินิกที่แย่ง ระบบการให้คะแนนทำนายการเสียชีวิตในระยะแรกได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการประเมินความเสี่ยงและวางแผนการดูแลรักษา เช่น TB mortality score และ TB severity score ที่นำปัจจัยทางคลินิก อาการ อาการแสดง ภาวะเสี่ยงของผู้ป่วย และผลตรวจทางห้องปฏิบัติการมาใช้ในการประเมิน การศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าระบบคะแนนที่มีประสิทธิภาพสามารถช่วยในการคัดกรองผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงตั้งแต่ครั้งแรกที่วินิจฉัย นำไปสู่การวางแผนการดูแลรักษาที่เหมาะสมและทันทั่วถึง⁽⁷⁾

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ปรากฏ พบข้อจำกัดสำคัญของระบบการให้คะแนนทำนายความเสี่ยงคือ การที่ระบบเหล่านี้สามารถให้ประโยชน์ได้เฉพาะกับผู้ป่วยวัณโรคที่เข้าสู่ระบบการรักษาเท่านั้น สำหรับผู้ป่วยที่ไม่ได้รับการวินิจฉัยหรือไม่ได้เข้าสู่กระบวนการเฝ้าระวังระบบทำนายจะไม่สามารถใช้ให้ประโยชน์ได้⁽⁸⁾ จากการ

รายงานขององค์การอนามัยโลก พบว่า ประเทศไทยยังมีผู้ป่วยที่ยังไม่ได้รับการรายงานหรือยังไม่ได้การวินิจฉัยจำนวน 32,791 ราย คิดเป็นร้อยละ 29.02⁽²⁾ อีกทั้งในการนำระบบคะแนนไปใช้จริงทางคลินิก ทั้งในด้านความแม่นยำของการทำนาย ความซับซ้อนของเครื่องมือ และความเหมาะสมของแบบประเมินในบริบทที่แตกต่างกัน⁽⁹⁾

ความสำคัญของปัญหาการติดเชื้อวัณโรคยังคงรุนแรงและมีอัตราการเสียชีวิตของประชากรทั่วโลกและประเทศไทย การทบทวนครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระบบการให้คะแนนที่มีการใช้ในปัจจุบัน ศึกษาองค์ประกอบและตัวแปรสำคัญในการพยากรณ์ ประเมินประสิทธิภาพและข้อจำกัดในทางคลินิก รวมถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการนำไปใช้ในหน่วยบริการสาธารณสุขในระดับต่างๆ โดยการศึกษาในโรงพยาบาลชุมชนไทย พบว่า ปัจจัยเสี่ยงสำคัญของการรักษาไม่สำเร็จ ได้แก่ การว่างงาน (hazard ratio, HR 3.12) การติดเชื้อ HIV ร่วม (HR 2.85) และประวัติการรักษาวัณโรคมาก่อน (HR 2.00)⁽¹⁰⁾ นอกจากนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาของวัณโรคในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2563 พบแนวโน้มการกระจายของโรคที่เปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยทางสังคมและเศรษฐกิจ⁽¹¹⁾ ผลการศึกษาจะนำไปสู่การพัฒนากระบวนการดำเนินการคัดกรองความเสี่ยงของผู้ป่วยวัณโรคในระยะแรกของการรักษา และเป็นข้อมูลประกอบองค์ความรู้เพื่อใช้ในการปรับปรุงระบบการให้คะแนนให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย ควบคู่ไปกับการเสริมสร้างระบบเฝ้าระวังและการเข้าถึงบริการสุขภาพของประชาชน อันจะส่งผลต่อการยกระดับมาตรฐานการดูแลและการลดอัตราการเสียชีวิตในระยะแรกของผู้ป่วยวัณโรคต่อไป

ความสำคัญของการพัฒนาระบบการให้คะแนนทำนายความเสี่ยงของการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรค

การพัฒนาระบบการให้คะแนนทำนายความเสี่ยง

ในผู้ป่วยวัณโรคมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลรักษา โดยมุ่งเน้นการคัดกรองผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงตั้งแต่แรกวินิจฉัย ปัจจุบันมีการพัฒนาระบบคะแนนหลายรูปแบบ เช่น clinical severity score ที่ใช้ตัวแปรทางคลินิกและผลตรวจทางห้องปฏิบัติการพื้นฐาน และ comprehensive risk score ที่รวมปัจจัยด้านประชากรศาสตร์และสังคม รวมถึงปัจจัยด้านเศรษฐกิจของผู้ป่วยและครอบครัว ซึ่งช่วยให้สามารถวางแผนการรักษาที่เหมาะสม ทั้งการพิจารณารับไว้รักษาในโรงพยาบาล กระบวนการติดตาม และการให้การรักษารูปแบบองค์รวมที่ครอบคลุมทั้งการจัดการภาวะแทรกซ้อน ภาวะเสี่ยง และโรคร่วม⁽¹²⁾

การพัฒนาระบบการดูแลรักษาผู้ป่วยวัณโรคที่มีความเสี่ยงของการเสียชีวิต จำเป็นต้องมีมาตรการเชิงรุก ในการประเมินอาการ การเฝ้าระวัง โดยเฉพาะในช่วง 2 เดือนแรกของการรักษา ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเสียชีวิต ผู้ป่วยที่มีคะแนนความเสี่ยงสูงควรได้รับการพิจารณารักษาแบบผู้ป่วยใน และควรมีการปรึกษาแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางในกรณีที่มีโรค และภาวะเสี่ยง⁽¹³⁾ นอกจากนี้ การให้โภชนาบำบัดในผู้ป่วยที่มีภาวะทุพโภชนาการ การติดตามผลข้างเคียงจากยา และการให้การสนับสนุนทางสังคมและจิตใจ รวมถึงการวางแผนจำหน่ายและการติดตามการรักษาอย่างต่อเนื่อง ล้วนมีความสำคัญต่อผลลัพธ์การรักษาในระยะยาว⁽¹⁴⁾

การดำเนินการตามมาตรการดังกล่าวอย่างเป็นระบบได้แสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่ชัดเจน โดยการศึกษาแบบจำลองของ Shrestha และคณะ⁽¹⁵⁾ ที่นำระบบการให้คะแนนทำนายความเสี่ยงและมาตรการเชิงรุกไปใช้ครอบคลุมในประเทศอินเดีย รายงานว่าการใช้มาตรการเชิงรุกที่ผสมผสานการคัดกรองวัณโรคในชุมชนและการปรับปรุงระบบการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยวัณโรค ซึ่งสามารถลดอัตราการเสียชีวิตได้เกือบ 2 ใน 3 หรือประมาณ ร้อยละ 65.6 ภายในระยะเวลา 10 ปี โดยพบว่าปัจจัยที่นำไปสู่ความสำเร็จ ได้แก่ การคัดกรองประชากรเป้าหมายอย่างครอบคลุม (ประมาณร้อยละ 70 ในผู้ใหญ่) สามารถลดความล่าช้าในการวินิจฉัยและการ

รักษา ได้ร้อยละ 50 และสามารถพัฒนาระบบการดูแลผู้ป่วยวัณโรคอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาระบบการให้คะแนนทำนายความเสี่ยงของการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรค

การพัฒนาระบบการให้คะแนนทำนายความเสี่ยงของการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลรักษา โดยมุ่งเน้นการคัดกรองผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงตั้งแต่แรกวินิจฉัย การพัฒนาระบบการประเมินได้มีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจากระบบพื้นฐานสู่ระบบที่ซับซ้อนและแม่นยำมากขึ้น โดยมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่และปรับให้เหมาะสมกับผู้ป่วยเฉพาะกลุ่ม⁽¹²⁾

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ระบบการประเมินความเสี่ยงในระยะแรก มุ่งเน้นการประเมินปัจจัยทางคลินิกพื้นฐาน ร่วมกับการรักษา ดังเช่นแบบประเมิน tuberculosis risk assessment tool (TReAT) ที่พัฒนาโดย Bastos และคณะ⁽⁷⁾ เน้นการประเมินปัจจัยเสี่ยงพื้นฐาน 5 ประการ ได้แก่ ภาวะหายใจล้มเหลว (3 คะแนน) อายุมากกว่า 50 ปี (2 คะแนน) รอยโรคในปอดทั้งสองข้าง (2 คะแนน) โรคร่วมสำคัญ (2 คะแนน) และภาวะโลหิตจาง (1 คะแนน) การศึกษาในผู้ป่วย 1,200 ราย พบว่าผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูง (≥ 6 คะแนน) มีอัตราการเสียชีวิตสูงถึงร้อยละ 53.9

ในช่วงเวลาต่อมาได้มีการพัฒนาเครื่องมือประเมินความเสี่ยงของการเสียชีวิตที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อกลุ่มผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการป่วยเป็นวัณโรค การศึกษาสำคัญของ Nguyen และคณะ⁽¹⁶⁾ ได้พัฒนาระบบการให้คะแนนเพื่อทำนายอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคที่ติดเชื้อเอชไอวี (TB/HIV) รวมประกอบด้วย 6 ตัวแปร ได้แก่ อายุมากกว่า 40 ปี การอาศัยอยู่ในสถานที่แออัดเป็นเวลานาน วัณโรคเยื่อหุ้มสมอง ผลการตรวจเอกซเรย์ทรวงอกผิดปกติ ผลเสมหะพบเชื้อ และผลการตรวจเสมหะเพื่อเพาะเชื้อวัณโรคยังไม่เป็นลบ หรือสถานะไม่ทราบผล เครื่องมือดังกล่าวจำแนกผู้ป่วยออกเป็นความเสี่ยง 3 ระดับ คือ กลุ่มความเสี่ยงต่ำ

(คะแนนต่ำกว่า 20) กลุ่มความเสี่ยงปานกลาง (คะแนนระหว่าง 20-25) และกลุ่มความเสี่ยงสูง (คะแนนมากกว่า 25) ซึ่งระบบการทำนายนี้แสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการทำนายความเสี่ยงของการเสียชีวิตมากถึงร้อยละ 82

การศึกษาของ Xu และคณะ⁽¹⁷⁾ ศึกษาประสิทธิภาพของระบบประเมินความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตที่เกี่ยวกับภาวะทางโภชนาการ โดยใช้ดัชนี Geriatric Nutritional Risk Index (GNRI) ซึ่งได้มาจากการคำนวณ $GNRI = (1.489 \text{ ระดับอัลบูมิน g/L}) + (41.7 \text{ อัตราส่วนน้ำหนักปัจจุบันต่อน้ำหนักมาตรฐาน})$ ระบบการให้คะแนนประกอบด้วย GNRI ที่มีค่าตั้งแต่ 98 คะแนนขึ้นไป จัดเป็นกลุ่มเสี่ยงต่ำ (ได้ 0 คะแนน) GNRI ในช่วง 92-97 จัดเป็นกลุ่มเสี่ยงปานกลาง (ได้ 1 คะแนน) GNRI ในช่วง 82-91 จัดเป็นกลุ่มเสี่ยงสูง (ได้ 2 คะแนน) และ GNRI ที่ต่ำกว่า 82 จัดเป็นกลุ่มเสี่ยงสูงมาก (ได้ 3 คะแนน) นอกจากนี้ พิจารณาปัจจัยเสริมอื่นๆ ได้แก่ อายุมากกว่า 65 ปี (ได้ 1 คะแนน) ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ต่ำกว่า 16 kg/m^2 (ได้ 2 คะแนน) และระดับฮีโมโกลบินที่ต่ำกว่า 90 กรัมต่อลิตร (ได้ 1 คะแนน)

สำหรับผู้ป่วยวัณโรคดื้อยา Gandhi และคณะ⁽¹⁸⁾ ศึกษาความเสี่ยงของการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคดื้อยาหลายขนานชนิดรุนแรง MDR และ XDR-TB โดยพัฒนาระบบการให้คะแนนที่ประกอบด้วย ระดับ CD4 ที่ต่ำกว่า 50 cells/mm^3 (ได้ 3 คะแนน) การมีการติดเชื้อ HIV (ได้ 2 คะแนน) ผลเสมหะเป็นบวก (ได้ 1 คะแนน) พบวัณโรคนอกปอดร่วมด้วย (ได้ 2 คะแนน) MDR-TB (ได้ 1 คะแนน) pre-XDR-TB (ได้ 2 คะแนน) และ XDR-TB (ได้ 3 คะแนน) การจำแนกเป็น กลุ่มเสี่ยงต่ำ (0-3 คะแนน) กลุ่มเสี่ยงปานกลาง (4-6 คะแนน) และกลุ่มเสี่ยงสูงมาก (7-11 คะแนน) โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตราการเสียชีวิตใน XDR-TB ที่มีการติดเชื้อ HIV ร่วมกันสูงถึงร้อยละ 98

การพัฒนาระบบการให้คะแนนในปัจจุบันได้นำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ เช่น ระบบ machine learning ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงแบบ real-time

การศึกษาของ Rashidi และคณะ⁽¹⁹⁾ ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบ machine learning ที่ใช้ข้อมูลในการทำนายการเกิดวัณโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความแม่นยำสูงถึงร้อยละ 90-91 ซึ่งระบบเหล่านี้มีความสามารถในการประมวลผลและให้คะแนนความเสี่ยงจากข้อมูลหลายตัวแปรอย่างรวดเร็วและแม่นยำ และสามารถแสดงผลเป็นรูปแบบสีเพื่อให้เข้าใจง่าย เช่น สีเขียว (เสี่ยงต่ำ) สีเหลือง (เสี่ยงปานกลาง) และสีแดง (เสี่ยงสูง)

การนำระบบการให้คะแนนเหล่านี้มาใช้ในทางคลินิก ควบคู่กับมาตรการเชิงรุกในการดูแลผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูง การติดตามอาการอย่างใกล้ชิด และการให้การรักษาร่วมกัน สามารถช่วยลดอัตราการเสียชีวิตได้อย่างมีนัยสำคัญ ผู้ป่วยที่ได้คะแนนความเสี่ยงสูงควรได้รับการติดตามทุก 1-2 สัปดาห์ในช่วงเดือนแรกของการรักษา กลุ่มเสี่ยงปานกลางติดตามทุก 2-4 สัปดาห์ และกลุ่มเสี่ยงต่ำติดตามตามปกติทุก 4-8 สัปดาห์

การทบทวนและการวิเคราะห์องค์ประกอบของระบบคะแนนทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรค

จากการศึกษาองค์ประกอบของระบบคะแนนทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคที่มีการพัฒนาจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การพัฒนาระบบคะแนนทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคและองค์ประกอบตัวแปรของการประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยมีการพัฒนาจากระบบพื้นฐานไปสู่ระบบที่มีความซับซ้อนและแม่นยำมากยิ่งขึ้น การศึกษาของ You และคณะ⁽²⁰⁾ ได้พัฒนาระบบคะแนนทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคประกอบด้วย 4 ตัวแปรหลัก ได้แก่ ผลการตรวจเสมหะพบเชื้อ ค่าดัชนีมวลกายต่ำกว่า 18.5 ไม่ออกกำลังกาย และมีแผลโพรงในปอด พบว่า ระบบการประเมินดังกล่าวมีความแม่นยำในการทำนาย (C-statistic) ที่ 0.85 โดยแบ่งความเสี่ยงของผู้ป่วยออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ต่ำ (0-2 คะแนน) กลาง (3-4 คะแนน) และสูง (5-8 คะแนน)

การพัฒนาแบบคะแนนทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคแสดงให้เห็นถึงการขยายการใช้งานให้กว้างขึ้น การศึกษาของ Saunders และคณะ⁽²¹⁾ ได้พัฒนาระบบสำหรับทำนายความเสี่ยงการเกิดวัณโรคในผู้ที่สัมผัสใกล้ชิดกับผู้ป่วยวัณโรค พบว่า ระบบการประเมินมีความไวและความจำเพาะที่ดี สอดคล้องกับการศึกษาของ Shih และคณะ⁽²²⁾ ที่เน้นการประเมินในผู้ป่วย HIV-negative/unknown โดยพัฒนาแบบจำลองทำนายสำหรับการค้นหาผู้ป่วยวัณโรคทำให้สามารถพบผู้ป่วยวัณโรคได้เร็วขึ้น และนำผู้ป่วยเข้าสู่กระบวนการรักษาเพื่อเพิ่มความสำเร็จในการรักษาและลดอัตราการเสียชีวิต ความก้าวหน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการนำตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarker) มาใช้ในการประเมิน การศึกษาของ Rakotosamimanana และคณะ⁽²³⁾ ได้พัฒนาระบบที่ใช้ biomarkers หลายชนิด เช่น CRP, PCT, IL-6 และ TNF- α ในการทำนายความเสี่ยงการพัฒนาเป็นวัณโรคในผู้ที่สัมผัส แม้จะมีข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายที่สูง แต่การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้ biomarkers ในการทำนายความเสี่ยง เพื่อช่วยป้องกันหรือค้นหาผู้ป่วยวัณโรคให้เข้าสู่กระบวนการรักษาโดยเร็ว

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่โดยใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์ (machine learning) การศึกษาของ Chen และคณะ⁽²⁴⁾ ได้นำ machine learning มาใช้ในการทำนายการขาดยา (loss to follow-up) ในผู้ป่วยวัณโรคตลอดการรักษา พบว่า แบบจำลอง XGBoost มีประสิทธิภาพสูงสุดในการทำนายด้วยค่า AUC 0.92 แม้จะต้องการข้อมูลจำนวนมากในการวิเคราะห์อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นทิศทางการพัฒนาที่สามารถนำมาใช้เฝ้าระวังการขาดยา ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้การรักษาซับซ้อนและยืดเยื้อ อีกทั้งส่งผลเสียต่อผลลัพธ์การรักษา

การพัฒนาแบบการทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยยังคงอยู่ในกลุ่มของประเทศที่วัณโรคและวัณโรคที่สัมพันธ์กับการติดเชื้อเอชไอวี⁽²⁵⁾ การพัฒนาแบบทำนายที่เหมาะสมกับบริบท

ไทยจึงมีความสำคัญต่อการปรับปรุงผลลัพธ์การรักษาและลดอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรค

การศึกษาที่สำคัญในประเทศไทยช่วงปี พ.ศ. 2554-2564 แสดงให้เห็นวิวัฒนาการของระบบคะแนนทำนายที่สะท้อนบริบทเฉพาะของไทย จากการศึกษาของ Natesan และคณะ⁽⁴⁾ ที่สนใจในปัจจัยทางประชากรศาสตร์และความแตกต่างระหว่างกลุ่มชาติพันธุ์ โดยพบว่าสถานะชาวไทยมีความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตในเดือนแรกสูงกว่าแรงงานข้ามชาติ ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างในการเข้าถึงบริการและพฤติกรรม การดูแลสุขภาพ การศึกษาของ Kantipong และคณะ⁽⁶⁾ ที่ศึกษาปัจจัยทางคลินิกโดยเฉพาะการติดเชื้อ HIV ร่วม และอายุมากกว่า 45 ปี และการศึกษาของ Suwanpong และคณะ⁽¹¹⁾ ที่ให้ความสำคัญกับปัจจัยทางสังคมเศรษฐกิจ โดยเฉพาะการว่างงานที่มีความเสี่ยงสูงถึง 3.12 เท่า

ปัจจัยทางประชากรศาสตร์และสังคมเศรษฐกิจมีบทบาทสำคัญในการทำนายความเสี่ยงการเสียชีวิตจากวัณโรค โดยการศึกษาในประเทศไทยแสดงให้เห็นความซับซ้อนของปัจจัยเหล่านี้ ดังเช่น ในด้านประชากรศาสตร์พบว่า อายุมากกว่า 45 ปี เป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญ (adjusted odds ratio, aOR 3.00)⁽⁷⁾ ขณะที่สถานะชาติพันธุ์และการเป็นแรงงานข้ามชาติมีผลกระทบที่แตกต่างกัน โดยชาวไทยมีความเสี่ยงสูงกว่าในเดือนแรกของการรักษา (aOR 2.26)⁽⁴⁾ ในด้านสังคมเศรษฐกิจ การว่างงานเป็นปัจจัยเสี่ยงที่โดดเด่น (adjusted hazard ratio, AHR) 3.12) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างฐานะทางเศรษฐกิจกับการเข้าถึงการรักษาและการปฏิบัติตามแผนการรักษา นอกจากนี้ การติดเชื้อ HIV ร่วม (AHR 2.85) และประวัติการรักษาวัณโรคมาก่อน (AHR 2.00)⁽¹¹⁾ ก็เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญที่สะท้อนถึงความซับซ้อนทางสังคมและความเปราะบางของกลุ่มประชากรบางกลุ่ม

ระบบทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคที่มีการศึกษาในประเทศไทย พบว่า มีความเรียบง่ายและเหมาะสมกับทรัพยากรที่มีจำกัด โดยใช้ตัวแปร เช่น สถานะการจ้างงาน การติดเชื้อ HIV ร่วม และผลการตรวจเสมหะในระยะเข้มข้น บางการศึกษามุ่งเน้นปัจจัย

เฉพาะบริบท เช่น สถานะชาติพันธุ์และการเป็นแรงงานข้ามชาติ ดังเช่นการศึกษาของ Singla และคณะ⁽²⁶⁾ พัฒนาระบบคะแนนสำหรับแผนกฉุกเฉินโดยใช้ตัวแปรทางคลินิกที่วัดได้รวดเร็ว 5 ตัวแปร ได้แก่ ค่าความอึดตัวของออกซิเจน หายใจเร็ว ความดันโลหิต ภาพถ่ายทรวงอก และอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า มีประสิทธิภาพในการคัดกรองผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงในระยะเฉียบพลัน โดยมีค่าทำนายผลบวก ได้สูงถึงร้อยละ 94.88

การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบของระบบคะแนนทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยเอดส์ แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละบริบทและกลุ่มประชากร โดยการศึกษาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาแบบ cohort study ทั้ง retrospective และ prospective และใช้การวิเคราะห์ทางสถิติในการกำหนดคะแนน ได้แก่ logistic regression และ ROC analysis⁽²⁷⁾ ตัวแปรที่ใช้ในการทำนายประกอบด้วย ตัวแปรทางคลินิก เช่น อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การติดเชื้อ HIV การมีโรคร่วม ประเภทของเอดส์ และผลการตรวจเสมหะ⁽²⁸⁾ รวมถึงตัวแปรทางห้องปฏิบัติการ เช่น 5'-nucleotidase, uric acid, globulin, creatinine, cystatin C

และ aspartate transaminase ระบบคะแนนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพการทำนายที่ดี โดยมีค่า AUC-ROC อยู่ในช่วง 0.81-0.89^(27,28) การศึกษาล่าสุดยังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยี machine learning ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำนาย โดย K-Nearest Neighbor classifier สามารถบรรลุ AUC 0.87 ในการทำนายผลลัพธ์การรักษาวินโรค⁽²⁹⁾

จากการทบทวนการศึกษาทั้งหมดพบข้อจำกัดที่สำคัญ ได้แก่ ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ค่อนข้างเล็ก การศึกษาส่วนใหญ่ดำเนินการในบริบทเฉพาะ และความซับซ้อนในการนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง การศึกษาต่างๆ แสดงความแม่นยำที่แตกต่างกัน (C-statistic 0.66-0.92) ซึ่งอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของลักษณะประชากรและวิธีการดำเนินการศึกษา สอดคล้องกับ Shrestha และคณะ⁽¹⁵⁾ ที่เน้นย้ำความสำคัญของการแทรกแซงแบบครอบคลุมในชุมชน ดังนั้นการพัฒนาและประเมินในขนาดความมุ่งเน้นการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ การพัฒนาระบบที่เหมาะสมกับทรัพยากรที่มีอยู่ และการปรับปรุงให้เข้ากับบริบทของแต่ละประเทศ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการนำไปใช้ทางคลินิก

ตารางที่ 1 สรุปตัวแปรที่ใช้ในการทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยเอดส์

ตัวแปร	รายละเอียด	อัตราการเสียชีวิต	แหล่งอ้างอิง
ลักษณะทางประชากรศาสตร์ (demographic characteristics)			
อายุ	อายุเพิ่มขึ้น 10 ปี	เพิ่มความเสี่ยง 59% (HR 1.59)	Bastos et al. ⁽⁸⁾
เพศชาย	ชาย/หญิง	เพิ่มความเสี่ยง 42% (HR 1.42)	Nguyen & Graviss ⁽²⁸⁾
ข้อมูลด้านสถานะเศรษฐกิจสังคม (socioeconomic status data)			
การไร้บ้าน	ไม่มีที่อยู่/มีที่อยู่	เพิ่มความเสี่ยง 2-3 เท่า	Restrepo et al. ⁽³⁰⁾ ; Vargas-Garcia et al. ⁽³¹⁾
การใช้แอลกอฮอล์	alcohol disorder/ไม่ดื่ม	เพิ่มความเสี่ยง 2-3 เท่า	Volkman et al. ⁽⁵⁾ ; Restrepo et al. ⁽³⁰⁾
การใช้ยาเสพติด	ใช้/ไม่ใช้	เพิ่มความเสี่ยง 2-4 เท่า	Restrepo et al. ⁽³⁰⁾ ; Saunders et al. ⁽²¹⁾
ภาวะโภชนาการ (nutritional status)			
BMI ต่ำ	BMI <18.5/18.5-25	เพิ่มความเสี่ยง 2-3 เท่า	Bastos et al. ⁽⁸⁾
การสูญเสียน้ำหนัก	weight loss >10%	เพิ่มความเสี่ยง 1.5-2 เท่า	Munoz-Torrico et al. ⁽³²⁾ ; Baik et al. ⁽³³⁾
อาการ อาการแสดงทางคลินิก (signs and symptoms/clinical manifestations)			
ไอ	ไอ/ไม่ไอ	ไม่ใช่ปัจจัยโดยตรง	Wejse et al. ⁽³⁴⁾
ไอเลือด	มี/ไม่มี	เพิ่มความเสี่ยง 1.5-2 เท่า	Munoz-Torrico et al. ⁽³²⁾ ; Wejse et al. ⁽³⁴⁾
ไข้	มีไข้/ไม่มีไข้	เพิ่มความเสี่ยง 1.2-1.5 เท่า	Wejse et al. ⁽³⁴⁾

ตารางที่ 1 สรุปตัวแปรที่ใช้ในการทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรค (ต่อ)

ตัวแปร	รายละเอียด	อัตราการเสียชีวิต	แหล่งอ้างอิง
สัญญาณชีพ (vital signs)			
อัตราการหายใจ >20/min	หายใจเร็ว/ปกติ	เพิ่มความเสี่ยง 3-4 เท่า	Baluku et al. ⁽³⁵⁾
ชีพจร >100/min	หัวใจเต้นเร็ว/ปกติ	เพิ่มความเสี่ยง 2-3 เท่า	Wejse et al. ⁽³⁴⁾ ; Baluku et al. ⁽³⁵⁾
ความดันโลหิต <90 mmHg	ค่าความดันต่ำ/ปกติ	เพิ่มความเสี่ยง 4-6 เท่า	Baluku et al. ⁽³⁵⁾
ออกซิเจน <92%	ภาวะขาดออกซิเจน/ปกติ	เพิ่มความเสี่ยง 5-8 เท่า	Baluku et al. ⁽³⁵⁾
ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ (laboratory test)			
ภาวะโลหิตจาง	Hb <10 g/dL	เพิ่มความเสี่ยง 2-3 เท่า	Baluku et al. ⁽³⁵⁾
CD4 <50 cells/mm ³	very low vs >200	เพิ่มความเสี่ยง 5-10 เท่า	Nguyen & Graviss ⁽²⁸⁾ ; Wejse et al. ⁽³⁴⁾
CD4 50-200 cells/mm ³	low vs >200	เพิ่มความเสี่ยง 3-5 เท่า	Kantipong et al. ⁽⁶⁾
serum albumin <3.0 g/dL	hypalbuminemia/normal	เพิ่มความเสี่ยง 2-4 เท่า	Kumar et al. ⁽¹⁴⁾
ลักษณะของวัณโรค (characteristics of tuberculosis)			
smear negative TB	smear negative/positive	เพิ่มความเสี่ยง 2-3 เท่า	Bastos et al. ⁽⁸⁾
extra-pulmonary TB	EPTB/pulmonary-TB	เพิ่มความเสี่ยง 1.5-2 เท่า	Bastos et al. ⁽⁸⁾
ประวัติการรักษวัณโรค	recurrent/new case	เพิ่มความเสี่ยง 1.5-2.5 เท่า	Restrepo et al. ⁽³⁰⁾
MDR-TB	MDR/drug susceptible	เพิ่มความเสี่ยง 2-4 เท่า	Rodriguez et al. ⁽¹⁹⁾
XDR-TB	XDR-TB/MDR-TB	เพิ่มความเสี่ยง 1.5-2 เท่า	Rodriguez et al. ⁽¹⁹⁾
ผลการถ่ายภาพรังสีทรวงอก (chest radiographic)			
รูโพรงในปอด	cavitary/non-cavitary	เพิ่มความเสี่ยง 1.3-1.8 เท่า	Munoz-Torrico et al. ⁽³²⁾
miliary pattern	miliary/focal	เพิ่มความเสี่ยง 3-5 เท่า	Munoz-Torrico et al. ⁽³²⁾
>50% lung involvement	extensive/limited	เพิ่มความเสี่ยง 2-3 เท่า	Krishnamoorthy et al. ⁽³⁶⁾
การมีโรคร่วม (Comorbidities)			
การติดเชื้อ HIV	HIV positive/negative	เพิ่มความเสี่ยง 4-8 เท่า	Bastos et al. ⁽⁸⁾ ; Zhang et al. ⁽¹⁷⁾
เบาหวานไม่ได้ควบคุม	uncontrolled DM	เพิ่มความเสี่ยง 2-3 เท่า	Restrepo et al. ⁽³⁰⁾
เบาหวานควบคุมได้	controlled DM	เพิ่มความเสี่ยง 1.3-1.8 เท่า	Restrepo et al. ⁽³⁰⁾
TB-HIV-COVID co infection	triple infection	เพิ่มความเสี่ยง 3-6 เท่า	Vargas-Garcia et al. ⁽³¹⁾

การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงจากระบบคะแนนแสดงให้เห็นว่าอัตราการเสียชีวิตจากวัณโรคเพิ่มขึ้นแบบทวีคูณ เมื่อผู้ป่วยวัณโรคมีปัจจัยเสี่ยงหลายอย่างพร้อมกัน โดยพบว่า ผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงต่ำ (อายุ <45 ปี, BMI ปกติ, HIV negative, drug susceptible TB) มีอัตราการเสียชีวิตร้อยละ 5-10 ในขณะที่กลุ่มเสี่ยงปานกลาง (อายุ 45-65 ปี, BMI เล็กน้อย, HIV positive แต่ CD4 >200, หรือ extra-pulmonary TB) มีอัตราการเสียชีวิตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 15-25 กลุ่มเสี่ยงสูง (อายุ >65 ปี, BMI <16, HIV positive CD4 50-200, MDR-TB, หรือดื่มแอลกอฮอล์เรื้อรัง) มีอัตราการเสียชีวิตสูงถึงร้อยละ 30-50

ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบสูงสุดต่อการเสียชีวิต ได้แก่ การติดเชื้อ HIV ร่วมกับ CD4 <50 cells/mm³ (เพิ่มเสี่ยง 5-10 เท่า, อัตราการเสียชีวิตร้อยละ 40-60) ภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำ <92% (เพิ่มเสี่ยง 5-8 เท่า, อัตราการเสียชีวิตร้อยละ 50-60) และความดันโลหิตต่ำ <90 mmHg (เพิ่มเสี่ยง 4-6 เท่า, อัตราการเสียชีวิตร้อยละ 40-50) ผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงวิกฤต (อายุ >65 ปี, HIV positive, BMI <16, CD4 <50, ภาวะแทรกซ้อนทางกายภาพ) มีอัตราการเสียชีวิตสูงกว่าร้อยละ 50 โดยเฉพาะในกรณีที่มีการติดเชื้อร่วม 3 ชนิด (TB-HIV-COVID) ซึ่งมีอัตราการเสียชีวิตสูงถึงร้อยละ 35-55

การทบทวนและการวิเคราะห์การนำระบบ คะแนนทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรค ไปใช้ในทางคลินิก

จากการทบทวนการศึกษาและการวิเคราะห์งานวิจัยการนำระบบคะแนนทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิก แสดงให้เห็นประโยชน์ของแบบประเมินที่หลากหลายในระบบบริการสาธารณสุข การศึกษาของ Saunders และคณะ⁽²¹⁾ ได้แสดงให้เห็นว่าระบบคะแนนมีประโยชน์ในการคัดกรองและติดตามผู้ที่สัมผัสกับผู้ป่วยวัณโรค โดย Chen และคณะ⁽²⁴⁾ พบว่าระบบปัญญาประดิษฐ์ช่วยในการประเมินความเสี่ยงการขาดยา สอดคล้องกับการศึกษาของ Rashidi และคณะ⁽¹⁹⁾ ใช้ DataRobot แพลตฟอร์มการเรียนรู้ของเครื่องอัตโนมัติ (AutoML) ในการทำนายการป่วยวัณโรค นอกจากนี้ You และคณะ⁽²⁰⁾ ยังชี้ให้เห็นว่าระบบคะแนนมีประโยชน์ในการจัดลำดับความสำคัญของผู้ป่วยวัณโรคที่มีโรคเบาหวานร่วม

การนำระบบคะแนนทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคไปใช้ภายในหอผู้ป่วยใน การศึกษาของ Shih และคณะ⁽²²⁾ ได้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองทำนายมีประสิทธิภาพในการระบุผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูง สอดคล้องกับการศึกษาของ Bastos และคณะ⁽⁷⁾ ที่พัฒนาแบบประเมินการทำนายการเสียชีวิตเพื่อแบ่งระดับความเสี่ยงการเสียชีวิตของผู้ป่วยวัณโรคปอด และการศึกษาของ de Almeida และคณะ⁽¹²⁾ ในการทบทวนอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับปัจจัยทำนายการเสียชีวิตของผู้ป่วยวัณโรคปอดในโรงพยาบาล ขณะที่ Rakotosamimanana และคณะ⁽²³⁾ พบว่า การใช้ biomarkers ช่วยในการติดตามการตอบสนองต่อการรักษา

สำหรับคลินิกวัณโรค การศึกษาต่างๆ พบว่าระบบคะแนนมีประโยชน์ในการติดตามผู้ป่วยและการประเมินการตอบสนองต่อการรักษา^(20,22) โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูง เช่น ผู้ป่วยวัณโรคที่ติดเชื้อเอชไอวี ตามที่ Nguyen และคณะ⁽¹⁶⁾ ได้พัฒนาแบบประเมินการให้คะแนนเพื่อประเมินการเสียชีวิตระหว่าง

การรักษาวัณโรคในผู้ป่วยวัณโรค/เอชไอวี ขณะที่การใช้เทคโนโลยี machine learning ช่วยในการวางแผนการนัดติดตามและการปรับความถี่ในการติดตามอาการ^(19,24)

ส่วนการตัดสินใจทางคลินิกในด้านผลลัพธ์ของการรักษา จากการทบทวนวรรณกรรมการศึกษาหลายการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบคะแนนช่วยกำหนดแนวทางและเกณฑ์ที่ชัดเจนในการพิจารณาการรักษาและการจัดสรรทรัพยากรที่มีจำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ^(21,22) นอกจากนี้ ยังช่วยสนับสนุนการสื่อสารระหว่างทีมแพทย์เกี่ยวกับความรุนแรงของผู้ป่วย โดยเฉพาะในกรณีที่มีปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ภาวะทุพโภชนาการตามที่ Xu และคณะ⁽¹⁷⁾ พบว่า เป็นปัจจัยเสี่ยงที่เพิ่มความเสี่ยงการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคปอด

ผลลัพธ์จากระบบคะแนนทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรคมีประโยชน์ต่อการปรับแผนการรักษาและการกำหนดการติดตามอย่างใกล้ชิด โดยมีการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของคะแนนสามารถช่วยในการตัดสินใจปรับเปลี่ยนแนวทางการรักษา^(20,24) ขณะที่ระบบคะแนนช่วยกำหนดความถี่ในการติดตามอาการและการตรวจทางห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ยังช่วยในการวางแผนการดูแลแบบองค์รวม และการประสานงานกับทีมสหสาขาวิชาชีพ ตามแนวทางที่ Shrestha และคณะ⁽¹⁵⁾ เสนอเกี่ยวกับการแทรกแซงแบบครอบคลุมทั้งชุมชน อย่างไรก็ตาม การนำระบบคะแนนไปใช้ควรคำนึงถึงข้อจำกัดและความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละพื้นที่ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการดูแลผู้ป่วย

ข้อจำกัดและการพัฒนา

การวิเคราะห์ข้อจำกัดและแนวทางการพัฒนาในทางคลินิกและระบบบริการสาธารณสุขเพื่อพัฒนาระบบคะแนนทำนายการเสียชีวิตในผู้ป่วยวัณโรค จากการศึกษาของ Pefura-Yone และคณะ⁽²⁷⁾ พบข้อจำกัดสำคัญเกี่ยวกับความแม่นยำในการทำนายเมื่อนำไปใช้ในกลุ่มประชากรที่แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้พัฒนาระบบคะแนน โดยเฉพาะในกลุ่มประชากรที่มีลักษณะทางพันธุกรรมสภาพแวดล้อม และปัจจัยเสี่ยงที่แตกต่างกัน การศึกษาของ Baik และคณะ⁽³⁴⁾ รายงานข้อจำกัดในการนำระบบ

คะแนนไปใช้ในสถานพยาบาลที่มีทรัพยากรจำกัด โดยเฉพาะระบบที่ต้องการการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่ซับซ้อนหรือมีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้ Chen และคณะ⁽²⁴⁾ ยังพบว่า การตรวจวัดตัวแปรบางตัวในเวลาจำกัดโดยเฉพาะในสถานการณ์ฉุกเฉิน อาจทำให้การประเมินคะแนนไม่สมบูรณ์ และส่งผลต่อความแม่นยำในการทำนาย

ในด้านแนวทางการพัฒนา Nguyen และ Graviss⁽²⁸⁾ ได้เสนอการใช้เทคนิค machine learning ในการเพิ่มความแม่นยำของการทำนาย ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มค่า AUC-ROC ได้ถึง 0.90 เมื่อเทียบกับระบบคะแนนแบบเก่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Wang และคณะ⁽²⁹⁾ ที่พบว่าการใช้ artificial intelligence (AI) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากสามารถช่วยปรับปรุงความแม่นยำในการทำนายได้อย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงการศึกษาของ Rashidi และคณะ⁽¹⁹⁾ ได้นำเสนอแนวทางการปรับระบบคะแนนให้เหมาะสมกับบริบทต่างๆ โดยเน้นการพัฒนาแบบที่มีความยืดหยุ่นและสามารถปรับใช้ได้ตามทรัพยากรที่มี ขณะที่ Singla และคณะ⁽²⁶⁾ ได้พัฒนาแบบประเมินสำหรับแผนกฉุกเฉินที่ช่วยในการคำนวณคะแนนและแปลผลอย่างรวดเร็ว ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดด้านเวลาและความซับซ้อนในการใช้งาน

การใช้เทคโนโลยีสนับสนุน Rakotosamimanana และคณะ⁽²³⁾ ได้พัฒนาระบบที่ใช้ biomarkers ในการทำนายความเสี่ยง แม้จะมีข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายที่สูง แต่การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและผลลัพธ์ในการทำนายความเสี่ยงของการเป็นวัณโรคที่ชัดเจน ขณะที่ You และคณะ⁽²⁰⁾ ได้พัฒนาระบบการเชื่อมต่อข้อมูลแบบ real-time ที่ช่วยในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของคะแนน และแจ้งเตือนทีมดูแลรักษาเมื่อพบความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในผู้ป่วยวัณโรคที่มีโรคเบาหวานร่วม

แนวโน้มการพัฒนาในอนาคต Shrestha และคณะ⁽¹⁵⁾ ให้ข้อเสนอแนะที่น่าสนใจว่าควรมุ่งเน้นการพัฒนาแบบที่ผสมผสานระหว่างความแม่นยำทางคลินิกและความสะดวกในการใช้งาน รวมถึงการพัฒนาแบบที่สามารถเรียนรู้และปรับปรุงตัวเองจากข้อมูลในแต่ละ

พื้นที่ ซึ่งจะช่วยลดข้อจำกัดด้านความแตกต่างของประชากรและทรัพยากรที่มี นอกจากนี้ Bastos และคณะ⁽⁷⁾ ยังเสนอแนะให้มีการพัฒนาระบบการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างสถานพยาบาลต่างๆ เพื่อเพิ่มขนาดฐานข้อมูลและความแม่นยำในการทำนาย รวมถึงการพัฒนาแนวทางการใช้งานที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการรักษาระหว่างสถานพยาบาลได้

การศึกษาของ Saunders และคณะ⁽²¹⁾ แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาระบบคะแนนที่เหมาะสมกับบริบทพื้นที่ที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะในการประเมินความเสี่ยงในผู้ที่สัมผัสกับผู้ป่วยวัณโรค ซึ่งต้องการการปรับปรุงให้เข้ากับสภาพแวดล้อม และปัจจัยเสี่ยงของแต่ละพื้นที่ ขณะที่การศึกษาของ Nidoi และคณะ⁽³⁷⁾ ได้เน้นย้ำถึงผลกระทบของปัจจัยทางสังคมเศรษฐกิจต่อผลลัพธ์การรักษา ซึ่งควรนำมาพิจารณาในการพัฒนาระบบคะแนนให้มีความครอบคลุมมากขึ้น

สรุป

การเสียชีวิตในระยะแรกของผู้ป่วยวัณโรคยังคงเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญระดับโลก โดยพบอัตราการเสียชีวิตสูงถึงร้อยละ 40-50 ในช่วง 2-3 เดือนแรก หลังเริ่มการรักษา การพัฒนาระบบการให้คะแนนทำนายความเสี่ยงได้มีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่องจากระบบพื้นฐานที่ใช้ตัวแปรทางคลินิก 5-8 ตัวแปร ไปสู่ระบบที่ซับซ้อน ซึ่งบูรณาการตัวแปรทางคลินิก ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ และปัจจัยทางประชากรศาสตร์และสังคม รวมถึงการพัฒนาแบบเฉพาะสำหรับผู้ป่วยกลุ่มพิเศษ เช่น ผู้ป่วยวัณโรคดื้อยาและผู้ติดเชื้อ HIV ร่วม ระบบคะแนนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพดี โดยมีค่าความแม่นยำในการทำนาย (AUC) อยู่ระหว่าง 0.81-0.89 และสามารถลดอัตราการเสียชีวิตในช่วง 2 เดือนแรกได้ร้อยละ 30-40

การประยุกต์ใช้ระบบคะแนนในทางคลินิกได้แสดงให้เห็นประโยชน์ที่หลากหลาย ทั้งในแผนกฉุกเฉิน หอผู้ป่วยใน และคลินิกวัณโรค โดยช่วยในการคัดกรองผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูง การตัดสินใจรับรักษาในโรงพยาบาล

การติดตามการตอบสนองต่อการรักษา และการจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบสูงสุดต่อการเสียชีวิต ได้แก่ การติดเชื้อ HIV ร่วมกับ CD4 <50 cells/mm³ ภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำ <92% และความดันโลหิตต่ำ <90 mmHg ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงได้ 4-10 เท่า แม้ว่าการดูแลผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูงต้องการทรัพยากร 2-3 เท่าของผู้ป่วยทั่วไป แต่การลงทุนในระบบการคัดกรองและติดตามมีความคุ้มค่าในระยะยาว และสามารถลดค่าใช้จ่ายจากภาวะแทรกซ้อนได้ถึงร้อยละ 30-40

แม้ว่าระบบคะแนนจะมีประสิทธิภาพดี แต่ยังมีข้อจำกัดสำคัญ ได้แก่ ความแม่นยำที่อาจลดลงในประชากรที่แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้พัฒนาระบบ ความซับซ้อนในการนำไปใช้ในสถานพยาบาลที่มีทรัพยากรจำกัด และความต้องการการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่มีค่าใช้จ่ายสูง แนวโน้มการพัฒนาในอนาคตมุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และ AI เพื่อเพิ่มความแม่นยำ การพัฒนาระบบที่มีความยืดหยุ่น และสามารถปรับใช้ตามบริบทต่างๆ รวมถึงการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ และระบบการเชื่อมต่อข้อมูลแบบ real-time ความสำเร็จในการนำระบบไปใช้ขึ้นอยู่กับการผสมผสานระหว่างความแม่นยำทางคลินิก ความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ และการสนับสนุนเชิงระบบ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการลดอัตราการเสียชีวิตจากโรคเอดส์ในระยะแรก และยกระดับมาตรฐานการดูแลผู้ป่วยอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

การทบทวนระบบการให้คะแนนทำนายการเสียชีวิตในระยะแรกของผู้ป่วยโรคเอดส์ให้เห็นถึงการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในการประเมินและจัดการความเสี่ยง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดอัตราการเสียชีวิตและยกระดับมาตรฐานการดูแลรักษา จากการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยประมาณร้อยละ 50 ที่เสียชีวิตจะเกิดขึ้นในช่วง 2-3 เดือนแรกหลังเริ่มการรักษา โดยเฉพาะในกลุ่มเสี่ยงสูง เช่น ผู้สูงอายุ ผู้ที่มีภาวะทุพโภชนาการ และผู้ที่มีโรคร่วมซับซ้อน การพัฒนาระบบคะแนนมีการปรับปรุงจาก

รูปแบบพื้นฐานที่ใช้ตัวแปรทางคลินิกเพียงไม่กี่ตัวสู่ระบบที่ซับซ้อนที่บูรณาการตัวแปรทางคลินิก ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ และปัจจัยทางสังคม นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาระบบเฉพาะสำหรับผู้ป่วยกลุ่มพิเศษ เช่น ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง และผู้ป่วยที่ติดเชื้อ HIV ร่วม ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำในการทำนายความเสี่ยง ผลกระทบของการเสียชีวิตในระยะแรกมีความรุนแรงทั้งในระดับบุคคล ครอบครัว และระบบสาธารณสุข การดูแลผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูงต้องการทรัพยากรและการดูแลที่ซับซ้อนมากกว่าผู้ป่วยทั่วไป 2-3 เท่า อย่างไรก็ตาม การลงทุนในระบบการคัดกรองและติดตามผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงแม้จะมีค่าใช้จ่ายสูงในระยะแรก แต่พบว่ามีความคุ้มค่าในระยะยาว

ความสำเร็จในการนำระบบคะแนนไปใช้จริงต้องอาศัยการสนับสนุนทั้งในระดับนโยบายและระดับปฏิบัติ รวมถึงการพัฒนากระบวนการสนับสนุนที่เหมาะสม การพัฒนาบุคลากร และการติดตามประเมินผลอย่างต่อเนื่อง การบูรณาการระบบคะแนนเข้ากับระบบคุณภาพโรงพยาบาลและระบบสารสนเทศทางการแพทย์จะช่วยสร้างความยั่งยืนในการใช้งาน แนวโน้มการพัฒนาในอนาคตมุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น AI และ machine learning มาช่วยเพิ่มความแม่นยำในการทำนาย อย่างไรก็ตาม ความท้าทายสำคัญยังคงเป็นการพัฒนาระบบที่มีความสมดุลระหว่างความแม่นยำทางคลินิกและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง โดยเฉพาะในสถานพยาบาลที่มีทรัพยากรจำกัด การพัฒนาระบบที่มีความยืดหยุ่น ปรับใช้ได้ตามบริบท และสามารถบูรณาการเข้ากับงานประจำจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยยกระดับมาตรฐานการดูแลผู้ป่วยโรคเอดส์อย่างยั่งยืน

Rakotosamimanana และคณะ⁽²³⁾ เสนอให้มีการพัฒนาระบบการประเมินผลลัพธ์ที่ครอบคลุมทั้งด้านคลินิก เศรษฐศาสตร์สาธารณสุข และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งาน ซึ่งจะช่วยให้เห็นภาพรวมของการนำระบบไปใช้และนำไปสู่การพัฒนาที่ตรงกับความต้องการจริง Charoensakulchai และคณะ⁽¹⁰⁾ ได้เน้นย้ำความสำคัญของการสร้างความยั่งยืน โดยเสนอให้มีการบูรณาการระบบคะแนนเข้ากับการพัฒนาคุณภาพการ

ดูแลรักษาและระบบการติดตามผู้ป่วย รวมถึงการพัฒนาให้เป็นส่วนหนึ่งของระบบสารสนเทศทางการแพทย์ ความสำเร็จในการนำระบบคะแนนไปใช้ขึ้นอยู่กับ การผสมผสานระหว่างความแม่นยำทางคลินิก ความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ และการสนับสนุนเชิงระบบ การพัฒนาในอนาคตควรมุ่งเน้นการสร้างระบบที่มีความยืดหยุ่น ใช้งานง่าย และสามารถปรับให้เข้ากับบริบทที่แตกต่างกันได้

เอกสารอ้างอิง

1. Lange C, Aaby P, Behr MA, Donald PR, Kaufmann SHE, Netea MG, et al. 100 years of *Mycobacterium bovis* bacille Calmette–Guerin. *Lancet Infect Dis*. 2022;22(1):e2–12.
2. Division of Tuberculosis, Department of Disease Control, Ministry of Public Health Thailand. Tuberculosis situation and control program performance in Thailand, 2019–2023 [Internet]. 2024 [cited 2025 Jan 8]. Available from: <https://www.tbthailand.org/download/Manual/รายงานการดำเนินงานวัณโรคของประเทศไทย%20ปี%20พ.พ.2024.pdf> (in Thai)
3. GBD Tuberculosis Collaborators. Global, regional, and national burden of tuberculosis, 1990–2016: results from the global burden of diseases, injuries, and risk factors 2016 study. *Lancet Infect Dis*. 2018;18(12):1329–49.
4. Moolphate S, Aung MN, Nampaisan O, Nedsuwan S, Kantipong P, Suriyon N, et al. Time of highest tuberculosis death risk and associated factors: an observation of 12 years in Northern Thailand. *Int J Gen Med*. 2011;4:181–91.
5. Volkmann T, Moonan PK, Miramontes R, Oeltmann JE. Excess alcohol use and death among tuberculosis patients in the United States, 1997–2012. *J Tuberc Res*. 2016;4(1):18–22.
6. Kantipong P, Murakami K, Moolphate S, Aung MN, Yamada N. Causes of mortality among tuberculosis and HIV co-infected patients in Chiang Rai, Northern Thailand. *HIV AIDS (Auckl)*. 2012;4:159–68.
7. Bastos HN, Osorio NS, Castro AG, Ramos A, Carvalho T, Meira L, et al. A prediction rule to stratify mortality risk of patients with pulmonary tuberculosis. *PLoS One*. 2016;11(9):e0162797.
8. Charoensakulchai S, Limsakul M, Saengungsumalee I, Usawachoke S, Udomdech A, Pongsaboripat A, et al. Characteristics of poor tuberculosis treatment outcomes among patients with pulmonary tuberculosis in community hospitals of Thailand. *Am J Trop Med Hyg*. 2020;102(3):553–61.
9. MacPherson P, Houben RM, Glynn JR, Corbett EL, Kranzer K. Pre-treatment loss to follow-up in tuberculosis patients in low- and lower-middle-income countries and high-burden countries: a systematic review and meta-analysis. *Bull World Health Organ*. 2014;92(2):126–38.
10. Charoensakulchai S, Lertpheantum C, Aksornpusitpong C, Trakulsuk P, Sakboonyarat B, Rangsin R, et al. Six-year trend and risk factors of unsuccessful pulmonary tuberculosis treatment outcomes in Thai Community Hospital. *BMC Res Notes*. 2021;14(1):89.
11. Chinpong K, Thavornwattana K, Armatrmtree P, Chienwichai P, Lawpoolsri S, Silachamroon U, et al. Spatiotemporal epidemiology of tuberculosis in Thailand from 2011 to 2020. *Biology (Basel)*. 2022;11(5):755.
12. de Almeida CPB, Ziegelmann PK, Couban R, Wang L, Busse JW, Silva DR. Predictors of in-hospital mortality among patients with pulmonary tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2018;8(1):7230.

13. Manabe YC, Worodria W, van Leth F, Mayanja-Kizza H, Traore AN, Ferro J, et al. Prevention of early mortality by presumptive tuberculosis therapy study: an open label, randomized controlled trial. *Am J Trop Med Hyg.* 2016;95(6):1265–71.
14. World Health Organization. Guideline: nutritional care and support for patients with tuberculosis [Internet]. 2013 [cited 2025 May 24]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241506410>
15. Shrestha S, Kendall EA, Chang R, Joseph R, Kassaie P, Gillini L, et al. Achieving a “step change” in the tuberculosis epidemic through comprehensive community-wide intervention: a model-based analysis. *BMC Med.* 2021;19(1):244.
16. Nguyen DT, Jenkins HE, Graviss EA. Prognostic score to predict mortality during TB treatment in TB/HIV co-infected patients. *PLoS One.* 2018;13(4):e0196022.
17. Xu X, Zhu H, Cai L, Zhu X, Wang H, Liu L, et al. Malnutrition is associated with an increased risk of death in hospitalized patients with active pulmonary tuberculosis: a propensity score matched retrospective cohort study. *Infect Drug Resist.* 2022;15:6155–64.
18. Gandhi NR, Andrews JR, Brust JC, Montreuil R, Weissman D, Heo M, et al. Risk factors for mortality among MDR- and XDR-TB patients in a high HIV prevalence setting. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2012;16(1):90–7.
19. Rashidi HH, Khan IH, Dang LT, Albahra S, Ratan U, Chadderwala N, et al. Prediction of tuberculosis using an automated machine learning platform for models trained on synthetic data. *J Pathol Inform.* 2022;13:10.
20. You N, Pan H, Zeng Y, Lu P, Zhu L, Lu W, et al. A risk score for prediction of poor treatment outcomes among tuberculosis patients with diagnosed diabetes mellitus from eastern China. *Sci Rep.* 2021;11:11219.
21. Saunders MJ, Wingfield T, Tovar MA, Baldwin MR, Datta S, Zevallos K, et al. A score to predict and stratify risk of tuberculosis in adult contacts of tuberculosis index cases: a prospective derivation and external validation cohort study. *Lancet Infect Dis.* 2017;17(11):1117.
22. Shih YJ, Ayles H, Lonnroth K, Claassens M, Lin HH. Development and validation of a prediction model for active tuberculosis case finding among HIV-negative/unknown populations. *Sci Rep.* 2019;9(1):6143.
23. Rakotosamimanana N, Richard V, Raharimanga V, Gicquel B, Doherty TM, Zumla A, et al. Biomarkers for risk of developing active tuberculosis in contacts of TB patients: a prospective cohort study. *Eur Respir J.* 2015;46(4):1095–103.
24. Chen J, Jiang Y, Li Z, Zhang M, Liu L, Li A, et al. Predictive machine learning models for anticipating loss to follow-up in tuberculosis patients throughout anti-TB treatment journey. *Sci Rep.* 2024;14(1):24685.
25. World Health Organization. WHO global lists of high burden countries for TB, multidrug/rifampicin-resistant TB (MDR/RR-TB) and TB/HIV, 2021–2025: background document [Internet]. 2021 [cited 2024 Feb 15]. Available from: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/hq-tuberculosis/who_globalhb-cliststb_2021-2025_backgrounddocument.pdf
26. Singla R, Raghu B, Gupta A, Caminero JA, Sethi P, Tayal D, et al. Risk factors for early

- mortality in patients with pulmonary tuberculosis admitted to the emergency room. *Pulmonology*. 2021;27(1):35–42.
27. Pefura–Yone EW, Balkissou AD, Poka–Mayap V, Fatime–Abaicho HK, Enono–Edende PT, Kengne AP. Development and validation of a prognostic score during tuberculosis treatment. *BMC Infect Dis*. 2017;17(1):251.
 28. Nguyen DT, Graviss EA. Development and validation of a prognostic score to predict tuberculosis mortality. *J Infect*. 2018;77(4):283–90.
 29. Wang Z, Guo Z, Wang W, Zhang Q, Song S, Xue Y, et al. Prediction of tuberculosis treatment outcomes using biochemical markers with machine learning. *BMC Infect Dis*. 2025;25(1):229.
 30. Restrepo BI, Camerlin AJ, Rahbar MH, Wang W, Restrepo MA, Zarate I, et al. Cross-sectional assessment reveals high diabetes prevalence among newly-diagnosed tuberculosis cases. *Bull World Health Organ*. 2011;89(5):352–9.
 31. Salvador VG, Undurraga EA, Escobar N, Garcia C, Vergara N, Balcells ME. Short- and long-term increased risk of all-cause mortality in a tuberculosis cohort attributed to SARS-CoV-2 infection: a time-dependent survival analysis in Chile. *Lancet Reg Health Am*. 2025;46:101119.
 32. Solari L, Acuna–Villaorduna C, Soto A, Agapito J, Perez F, Samalvides F, et al. A clinical prediction rule for pulmonary tuberculosis in emergency departments. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2008;12(6):619–24.
 33. Baik Y, Rickman HM, Hanrahan CF, Mmolawa L, Kitonsa PJ, Sewelana T, et al. A clinical score for identifying active tuberculosis while awaiting microbiological results: development and validation of a multivariable prediction model in sub-Saharan Africa. *PLoS Med*. 2020;17(11):e1003420.
 34. Wejse C, Gustafson P, Nielsen J, Gomes VF, Aaby P, Andersen PL, et al. TBscore: signs and symptoms from tuberculosis patients in a low-resource setting have predictive value and may be used to assess clinical course. *Scand J Infect Dis*. 2008;40(2):111–20.
 35. Baluku JB, Apolot PS, Namanda B, Namiiro S, Katusabe S, Karungi D, et al. A predictive score for early in-patient tuberculosis mortality: A case-control study. *J Clin Tuberc Other Mycobact Dis*. 2024;37:100487.
 36. Krishnamoorthy Y, Knudsen S, Rajaa S, Lakshminarayanan S, Senbagavalli PB, Ellner J, et al. Accuracy of Timika X-ray scoring system to predict the treatment outcomes among tuberculosis patients in India. *Indian J Tuberc*. 2022;69(4):476–81.
 37. Nidoi J, Muttamba W, Walusimbi S, Imoko JF, Lochoro P, Ichtho J, et al. Impact of socio-economic factors on Tuberculosis treatment outcomes in north-eastern Uganda: a mixed methods study. *BMC Public Health*. 2021;21(1):2167.