



การประยุกต์ใช้วิทยาการข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์ในทางเภสัชกรรม

(The Application of Data Sciences and AI in Pharmacy)

รหัสการศึกษาต่อเนื่อง 1010-1-000-005-08-2567

จำนวน 3 หน่วยกิต

วันที่รับรอง 02/09/2567

วันที่หมดอายุ 01/09/2568

โดย ภก.คณัฐวุฒิ หลวงเทพ¹, ผศ.ภก.ทวนธน บุญลือ²

¹วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี

²กลุ่มวิชาเภสัชกรรมปฏิบัติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

*ติดต่อผู้พิมพ์: ผศ.ภก.ทวนธน บุญลือ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

85 ถ.สถลมารค ต.เมืองศรีไค อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190 E-mail: tuanthon.b@ubu.ac.th

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เภสัชกรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีทางด้านวิทยาการข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์ในทางเภสัชกรรม
2. เพื่อให้เภสัชกรสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางวิทยาการข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์ในทางเภสัชกรรม

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) และการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) ในทางเภสัชกรรมมีความก้าวหน้าอย่างมากในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา ในบทความนี้เป็น การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีเหล่านี้ในทางเภสัชกรรม ได้แก่ การ ตรวจจับอาการข้างเคียงของยา (adverse drug reaction) การสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิก (clinical decision support system) การพัฒนาระบบสำหรับเภสัชกรชุมชนและโรงพยาบาล การคำนวณขนาด ยาเสียสูง รวมถึงข้อดีและข้อจำกัดของการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในปัจจุบัน ผลการศึกษา ชี้ให้เห็นศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการดูแลรักษาผู้ป่วย รวมทั้งลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการจ่ายยา จากการศึกษาชี้ให้เห็นความท้าทาย และข้อจำกัด ในการนำเทคโนโลยีเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะในด้านของความต้องการฐานข้อมูลขนาดใหญ่ และความสามารถในการประมวลผลข้อมูลที่ซับซ้อน บทความนี้นำเสนอทางสู่การพัฒนาเครื่องมือทาง



เภสัชกรรมที่มีประสิทธิภาพ และเสนอแนวทางในการทำให้การใช้ปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่อง ในทางเภสัชกรรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากขึ้น

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง เภสัชกรรม

Abstract

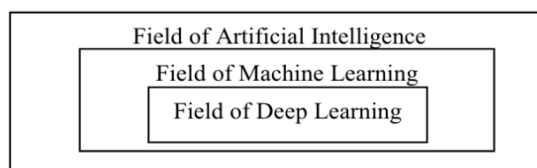
The applications of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) technologies in pharmacy has significantly advanced in recent decades. This article explores the utilization of these technologies across various pharmaceutical domains, notably in detecting adverse drug reactions, supporting clinical decision-making, enhancing community pharmacy systems, and calculating high-risk medication dosages. Findings highlight the potential of AI to improve treatment efficacy and accuracy while reducing medication dispensing errors. The study also identifies challenges and limitations in implementing these technologies, particularly the need for large databases and the capability to process complex data. This research paves the way for the development of more effective pharmaceutical tools and proposes strategies for efficient and safe deployment of AI and ML in the pharmaceutical field.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, deep learning, pharmacy

บทนำ

ปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence: AI) หมายถึง ระบบเครื่องจักรที่มีความฉลาดเสมือนสมองมนุษย์ ในศาสตร์ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ ปัญญาประดิษฐ์ หมายถึง การศึกษา “ตัวแทนอัจฉริยะ” หรือ “สมองจักรกล” ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่สามารถปฏิบัติการใดๆ ได้ใกล้เคียงมนุษย์เพื่อบรรลุเป้าหมายที่กำหนด กล่าวคือ ปัญญาประดิษฐ์จะถูกนำไปใช้เพื่อช่วยมนุษย์ในการคิดวิเคราะห์มากขึ้นในงานที่มีความซับซ้อนและเฉพาะทางมากขึ้น เช่น การเล่นเกมการรุก การวิเคราะห์ภาพถ่าย การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมาก การพยากรณ์สภาพอากาศ การพยากรณ์สินค้าคงคลัง เป็นต้น โดยอาศัยการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning: ML) ซึ่งเป็นส่วนย่อยของปัญญาประดิษฐ์ โดยศาสตร์ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์นี้มีการศึกษามาตั้งแต่ปี 1950 และมีความพยายามในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และเรียนรู้เกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์

มากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบันมีการพัฒนาการเรียนรู้ถึงระดับเชิงลึก (deep learning: DL) ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ลึกที่สุดของการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ระดับเชิงลึก เป็นสาขาย่อยของการเรียนรู้ของเครื่อง หากเป็นการเปรียบเทียบกับสมองมนุษย์จะเปรียบได้กับเครือข่ายประสาทของมนุษย์ที่มีความซับซ้อนเชื่อมโยงกันเป็นชั้น และประกอบไปด้วยเซลล์



ภาพที่ 1 ภาพรวมของ artificial intelligence, machine learning และ deep learning (1)

ประสาทจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้เมื่อมีการศึกษาและจำลองการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์จึงมีการเรียกว่าเครือข่ายประสาทเทียมเชิงลึก การเรียนรู้เชิงลึกจะใช้การเชื่อมต่อของชุดประมวลผลแบบไม่เป็นเชิงเส้นหลายชั้น เพื่อ



แปลงคุณลักษณะที่ต้องการ ดังนั้นการเรียนรู้เชิงลึกนี้จึงเหมาะสำหรับวิเคราะห์และสกัดความรู้ที่มีประโยชน์จากข้อมูลขนาดใหญ่ และข้อมูลหลากหลายแหล่ง (1)

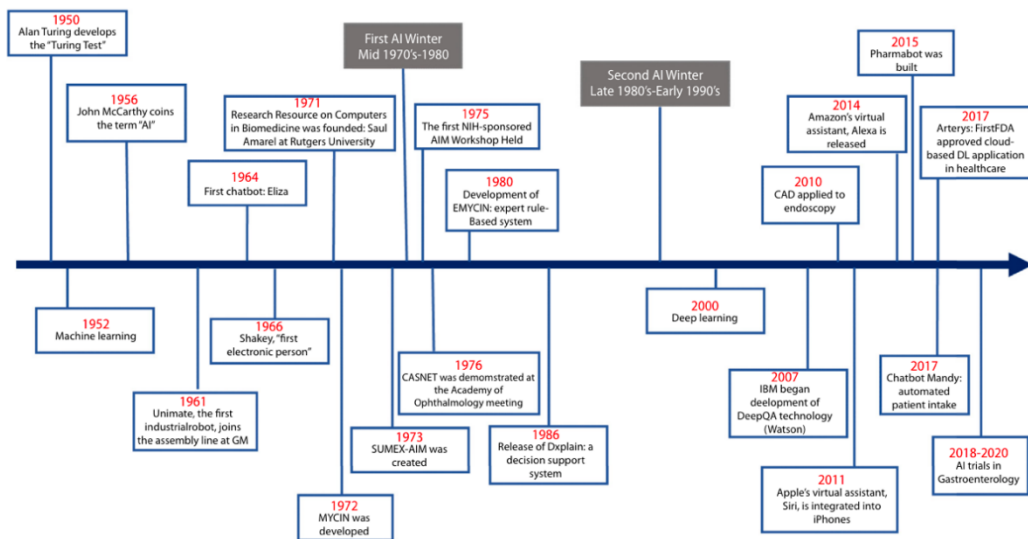
ความเป็นมาของปัญญาประดิษฐ์

แนวคิดปัญญาประดิษฐ์นี้ได้ถูกกล่าวถึงเป็นครั้งแรกโดยแอลัน แมธิสัน ทัวริง เมื่อปี 1950 โดยทัวริงได้นำเสนอการทดสอบของทัวริง (Turing Test) ซึ่งเป็นการทดสอบว่าคอมพิวเตอร์มีความสามารถเทียบเท่ามนุษย์หรือไม่ เป็นการทดสอบโดยให้มนุษย์โต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ หากผู้ทดสอบไม่สามารถแยกได้ว่าผู้ที่ตอบเป็นมนุษย์หรือคอมพิวเตอร์ ถือว่าผ่านการทดสอบต่อมาในปี 1956 จอห์น แม็คคาร์ธี ได้นิยามคำว่า “ปัญญาประดิษฐ์” หมายถึง ศาสตร์และวิศวกรรมในการสร้างเครื่องจักรอัจฉริยะ โดยปัญญา-

คอมพิวเตอร์ (computer vision)

พัฒนาการของปัญญาประดิษฐ์ในทางการแพทย์

ปัญญาประดิษฐ์ในทางการแพทย์มีวิวัฒนาการอย่างรวดเร็วใน 50 ปีที่ผ่านมา นับตั้งแต่มีการนำการเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึกมาใช้ประโยชน์ของปัญญาประดิษฐ์ จึงได้รับการนำไปใช้อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะการแพทย์ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับแต่ละบุคคลมากขึ้น ในปัจจุบันมีโมเดลการทำนายที่สามารถใช้วินิจฉัยโรค คาดการณ์ผลการรักษา และอาจนำไปสู่ การป้องกันโรคในอนาคต ปัญญาประดิษฐ์มีความสามารถในการยกระดับความแม่นยำในการวินิจฉัย ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพงานทางการแพทย์ ช่วยอำนวยความสะดวกในการติดตามและการรักษา เพิ่มความแม่นยำของ



ภาพที่ 2 เส้นทางเวลา (Timeline) ในการพัฒนาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ทางการแพทย์ (2)

ประดิษฐ์เริ่มต้นจากกฎ “ถ้า...แล้ว” และพัฒนาสู่ขั้นตอนวิธีที่ซับซ้อนมากขึ้นเพื่อเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์จนกลายเป็นจุดเด่นในหลายทศวรรษถัดมา ปัจจุบันมีสาขาย่อยหลากหลาย เช่น การเรียนรู้ของเครื่อง (ML) การเรียนรู้เชิงลึก (DL) และการมองเห็นด้วย

หัตถการ และผลลัพธ์โดยรวมของผู้ป่วย นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยลดภาระงานของบุคลากรทางการแพทย์ให้ลดลง ใช้เวลาสั้นลงแต่ให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นได้

ยุคแรกของปัญญาประดิษฐ์ในทางการแพทย์ ค.ศ. 1950 – 1970 เป็นการมุ่งเน้น



การพัฒนาระบบให้มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และตัดสินใจแทนมนุษย์ เช่น แชนกอล Unimate ในปี 1961 ซึ่งทำงานตามคำสั่งอัตโนมัติ Eliza ในปี 1964 เป็นระบบประมวลภาษาธรรมชาติ (natural language processing: NLP) สื่อสารโต้ตอบเลียนแบบมนุษย์ และ Shakey ในปี 1966 เป็นหุ่นยนต์ตัวแรกที่สามารถตีความคำสั่งซับซ้อนได้ (2)

ในปี 1960 ห้องสมุดการแพทย์แห่งชาติได้พัฒนา “MEDLARS” ระบบค้นหาบทความวรรณกรรมทางการแพทย์ต่างๆ และ “PubMed” เครื่องมือค้นหาออนไลน์ ซึ่งปัจจุบันกลายเป็นแหล่งข้อมูลดิจิทัลสำคัญในการพัฒนาความก้าวหน้าทางการแพทย์ นอกจากนี้ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศทางคลินิกและระบบบันทึกประวัติการรักษา ก็เริ่มพัฒนาในช่วงนี้ เป็นการวางรากฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ในการแพทย์ หลังจากนั้นเข้าสู่ช่วงซบเซาของปัญญาประดิษฐ์ (AI Winter) ในการแพทย์ตั้งแต่ปี 1970 – 1980 ซึ่งเป็นช่วงเวลาแห่งความท้อแท้ในการพัฒนา เนื่องจากขีดจำกัดของเทคโนโลยีในการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ และค่าใช้จ่ายในการพัฒนาสูง ทำให้เงินทุนและความสนใจลดลง ส่งผลให้ได้รับความสำคัญในการวิจัยและพัฒนาอย่างลดลงตามไปด้วย

ปัญญาประดิษฐ์ทางการแพทย์ในยุคแรกๆ ที่มีการพัฒนา ได้แก่ การพัฒนาโปรแกรมให้คำปรึกษาโรคต่อหินด้วยโมเดล CASNET และระบบ MYCIN ที่ใช้กฎประมาณ 600 ข้อเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลผู้ป่วย และแนะนำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมี INTERNIST-1 และระบบสนับสนุนการตัดสินใจ DXplain ในปี 1986 หลังจากนั้นความสนใจในการเรียนรู้ของเครื่องเริ่มกลับมาได้รับความสนใจอีกครั้งในช่วงปลายทศวรรษ 1990 ควบคู่ไปกับการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เช่น ในปี 2007 IBM สร้างระบบ Watson ที่สามารถตอบคำถามแบบเปิด

กว้าง และเอาชนะผู้เข้าแข่งขันมนุษย์ในรายการ Jeopardy! โดยใช้เทคโนโลยี DeepQA เป็นการประมวลผลภาษาธรรมชาติ และการค้นหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อวิเคราะห์และสร้างคำตอบ ง่ายต่อการใช้งานดูแลรักษา ระบบ และมีต้นทุนต่ำลง เทคโนโลยีการประมวลผลภาษาธรรมชาติทำให้เซทบอทเปลี่ยนจากการสื่อสารธรรมดาๆ มาเป็นการโต้ตอบที่มีความหมาย และถูกนำไปใช้กับ ผู้ช่วยเสมือน Siri และ Alexa รวมถึงเซทบอทอื่นๆ ในทางการแพทย์ เช่น Pharmabot และ Mandy (2)

การประยุกต์ใช้วิทยาการข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์ในทางเภสัชกรรม

ในยุคแห่งความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี วงการเภสัชกรรมได้มีการพัฒนาการดูแลรักษาผู้ป่วยด้วยการประยุกต์ใช้วิทยาการข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์ การผสมผสานระหว่างองค์ความรู้ทางเภสัชศาสตร์กับนวัตกรรมดิจิทัลได้เปิดมิติใหม่ในการพัฒนาประสิทธิภาพการรักษาและความปลอดภัยของผู้ป่วย เทคโนโลยีเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัยและการจ่ายยา แต่ยังช่วยลดความเสี่ยงจากอันตรกิริยา ระหว่างยา และผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ ระบบสารสนเทศทางการแพทย์ที่ทันสมัย ได้แก่ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิกและระบบการสั่งยาด้วยคอมพิวเตอร์ ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการยกระดับมาตรฐานการดูแลผู้ป่วย นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในการผลิตและจ่ายยา ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดความผิดพลาดในกระบวนการทางเภสัชกรรม อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ยังคงมีความท้าทายในด้านความปลอดภัยของข้อมูล จริยธรรม และการยอมรับจากบุคลากรทางการแพทย์และผู้ป่วย บทความต่อจากนี้จะเป็นการกล่าวถึงการประยุกต์ใช้วิทยาการข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์เพื่อประยุกต์ใช้ในทางเภสัชกรรม



ปัญญาประดิษฐ์ถูกนำมาใช้ในหลาย การศึกษาเพื่อคาดการณ์ และตรวจจับ ผลข้างเคียงจากการใช้ยา ตัวอย่างเช่น การใช้ เทคนิคเครือข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (deep neural networks: DNN) ในการทำนายผล-ข้างเคียงของยา โดยนำข้อมูลการแสดงออกของ ยีนจากฐานข้อมูล Open Toxicogenomics Project และข้อมูลผลข้างเคียงจากฐานข้อมูล FDA Adverse Events Reporting System มาใช้ ร่วมกันในการพยากรณ์ผลข้างเคียงของยา (3) นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาเครื่องมือช่วยการ ตัดสินใจทางคลินิก โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของ เครื่อง ในการคาดการณ์ว่าผลข้างเคียงที่ระบุจะ เกิดขึ้นหรือไม่ โดยนำความรู้แรงของ ผลข้างเคียง และความน่าจะเป็นของอัลกอริทึม มาใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงแบบต้นไม้ ตัดสินใจ (decision tree) มีความแม่นยำในการทำนายสูง 78.9 – 90.2% (4) อีกทั้งยังมีการ พัฒนาตัวจำแนกการถดถอยโลจิสติก (logistic regression) เพื่อทำนายผลข้างเคียงของยาใหม่ ที่ยังไม่มีข้อมูลความปลอดภัย โดยใช้คุณสมบัติ โครงสร้าง คุณสมบัติทางเคมี และลำดับของ สารประกอบในยาเป็นคุณลักษณะนำเข้าไป เพื่อ วิเคราะห์ (5) ในงานวิจัยอื่นๆ ยังพบว่ามี การนำ ฐานข้อมูลด้านยาโดยนำเข้าข้อมูลอันประกอบไป ด้วยข้อมูลโปรตีนเป้าหมาย ตัวส่งสัญญาณ และ ผลข้างเคียง เพื่อใช้ในการจำแนกสาเหตุของ อาการไม่พึงประสงค์ และทำการสกัดข้อมูล ผลข้างเคียงจากบันทึกทางคลินิก เพื่อสร้างเป็น ระบบรายงานความปลอดภัยของยาอัตโนมัติใน การทำนายและป้องกันผลข้างเคียงในระยะ เริ่มต้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความปลอดภัย และสามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างยา และ ผลข้างเคียงของยาได้จากบันทึกทางคลินิก (6,7)

ระบบสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจทาง การแพทย์ (clinical decision support system: CDSS) เป็นระบบที่ถูกออกแบบมาเพื่อช่วย ปรับปรุงการให้บริการทางการแพทย์ โดยการ

สนับสนุนการตัดสินใจของแพทย์ด้วยความรู้ทาง คลินิกที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลของผู้ป่วย และข้อมูล สุขภาพอื่นๆ จากฐานข้อมูลที่มี ระบบ CDSS จะ จับคู่ข้อมูลแบบเฉพาะของผู้ป่วยแต่ละรายกับ ฐานความรู้ทางการแพทย์ที่อยู่ในระบบ คอมพิวเตอร์ที่มีการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ แล้ว แสดงผลการประเมินหรือคำแนะนำเฉพาะ สำหรับผู้ป่วยรายนั้นให้แพทย์ใช้ประกอบการ ตัดสินใจรักษา ระบบนี้จะช่วยให้แพทย์และเภสัชกร สามารถคัดกรองข้อมูล และเข้ามาแก้ไขเพื่อ ป้องกันข้อผิดพลาดจากการใช้ยา ลดภาวะ-แทรกซ้อนในผู้ป่วย และช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ได้ (8,9)

ระบบการผลิตและจ่ายยาอัตโนมัติของ เภสัชกรประจำโรงพยาบาลศูนย์ขนาด 768 เตียง เภสัชกรมีบทบาทสำคัญในการยกระดับความ ปลอดภัยของผู้ป่วย และประสิทธิภาพการรักษาด้านยา ทั้งในโรงพยาบาลถึงระดับเภสัชกรรม ชุมชน โดยในปัจจุบันโรงพยาบาลได้นำระบบ จ่ายยาอัตโนมัติมาใช้งานซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน หลัก ได้แก่ หุ่นยนต์จ่ายยาอัตโนมัติ (Drug Station®) หุ่นยนต์จ่ายยาผง (Mini DimeRo®) และระบบสนับสนุนการจ่ายยาด้วยบาร์โค้ด (Hp-PORIMS®) (10) นอกจากนี้ยังมีการใช้ปัญญา-ประดิษฐ์ในการปรับแต่งข้อความเพื่อส่งไปยัง ผู้รับบริการซึ่งมีความสะดวกรวดเร็วและ เหมาะสมกว่ามนุษย์ โดยทำในรูปแบบของ แชทบอท ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริการ จำลองการสนทนาระหว่างลูกค้ากับเจ้าหน้าที่ แก้ปัญหาและตอบคำถามของผู้รับบริการได้โดย อัตโนมัติ กรณีคำถามที่มีความซับซ้อนจะส่ง ต่อไปยังเภสัชกรผู้เชี่ยวชาญ แชทบอทยังสามารถจำลองการสนทนาระหว่างเภสัชกรกับ ผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ (11) ในส่วนการผลิตยาเตรียม ศูนย์การแพทย์ University of California San Francisco ใช้เทคโนโลยีหุ่นยนต์ ในการเตรียมและติดตามยา โดยในปัจจุบันมีการ เตรียมยาได้ 3,500,000 รายการโดยไม่มี



ข้อผิดพลาด จากงานวิจัยพบว่าหุ่นยนต์เหล่านี้มีประสิทธิภาพสูงกว่ามนุษย์ ทั้งในขนาด และ ความถูกต้องในการจ่ายยา ครอบคลุมทั้งยาชนิดรับประทานและยาฉีด (12)

ในช่วง ค.ศ. 1994 – 1995 ได้มีการเก็บข้อมูลผ่านระบบการสั่งยาด้วยคอมพิวเตอร์ (computerized provider order entry: CPOE) ในโรงพยาบาลตติยภูมิที่มีจำนวนเตียง 631 เตียง พบว่ามีรายงานการจ่ายยาผิดพลาดเป็นข้อผิดพลาดที่พบมากที่สุด โดยมีผู้เสียชีวิตประมาณ 7,000 คนต่อปี โดยพบว่า 11.4% ของข้อผิดพลาดเหล่านี้เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของยา เช่น ลายมือแพทย์อ่านไม่ออก ลักษณะเม็ดยาคลายกันหรือชื่อยาคลายกัน และตัวย่อคลาดเคลื่อน (13) ระบบการสั่งยาด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นกระบวนการที่แพทย์ใช้คอมพิวเตอร์ในการบันทึกและส่งคำสั่งยา เช่น คำสั่งรักษา คำสั่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ คำสั่งรับเข้ารักษา เป็นต้น แทนวิธีแบบเดิมที่ใช้กระดาษ บันทึกด้วยวาจา โทรศัพท์และแฟกซ์ ระบบการสั่งยาด้วยคอมพิวเตอร์จะช่วยลดข้อผิดพลาดจากลายมือแพทย์หรือการคัดลอกผิด (14) ช่วยควบคุมการเลือกยาที่กำหนด แสดงข้อมูล และจัดเก็บประวัติการใช้ยาของผู้ป่วย รวมถึงส่งคำสั่งยาทางอิเล็กทรอนิกส์ไปยังเภสัชกร ด้วยเหตุนี้จึงเพิ่มโอกาสในการป้องกันความคลาดเคลื่อนทางยา และเพิ่มความปลอดภัยของผู้ป่วย (15)

ระบบแนะนำขนาดการใช้ยาด้วยปัญญาประดิษฐ์ ระบบนี้ใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์ และการเรียนรู้ของเครื่องในการวิเคราะห์ข้อมูลจากหลายแหล่งเกี่ยวกับผู้ป่วย ได้แก่ ข้อมูลความปลอดภัย และประสิทธิภาพของยา ประวัติการรักษาจากเวชระเบียน อิเล็กทรอนิกส์ รายละเอียดของโรคและอาการ ตลอดจนความคิดเห็นจากผู้ป่วยเอง จากนั้นระบบจะคำนวณ และแนะนำขนาดยาที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยแต่ละรายเป็นรายบุคคล โดย

วัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบนี้ คือ การเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาให้สูงสุด และลดโอกาสเกิดผลข้างเคียงจากการใช้ยา และเพิ่มความปลอดภัยแก่คนไข้ (16,17) นอกจากนี้ ระบบแนะนำขนาดยาด้วยปัญญาประดิษฐ์ยังมีศักยภาพในการปรับปรุงคุณภาพการดูแลรักษาโรคเรื้อรังอื่นๆ ด้วย เช่น ระบบปรับขนาดยาสำหรับเคมีบำบัด ซึ่งจะปรับขนาดยาให้ตรงตามการตอบสนองของร่างกายผู้ป่วย เพื่อรักษาประสิทธิภาพของการรักษา และระดับความปลอดภัยที่จำเป็น ระบบคำนวณขนาดยาสำหรับยาเสี่ยงสูงบางชนิด เช่น vancomycin ซึ่งเป็นยาปฏิชีวนะที่มีความเสี่ยงสูง การคำนวณขนาดยาที่เหมาะสมนั้นเป็นเรื่องยากสำหรับแพทย์ฝึกหัด และเภสัชกรในการตรวจสอบความถูกต้อง เนื่องจากต้องพิจารณาปัจจัยหลายอย่างของผู้ป่วยแต่ละราย เช่น การทำงานของไต น้ำหนักตัว และยาอื่นๆ ที่รับประทานร่วมด้วย ซึ่งอาจส่งผลต่อการตอบสนองของร่างกายต่อยา (18) นอกเหนือจากยา vancomycin แล้วนักวิจัยยังได้พัฒนาโมเดลการทำนายขนาดยาที่เหมาะสมสำหรับยาทั่วไปอื่นๆ ด้วย เช่น digoxin และ warfarin เพื่อช่วยลดความเสี่ยงของผลไม่พึงประสงค์หรืออาการข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นจากการคำนวณขนาดยาผิดพลาด (19)

อันตรกิริยาระหว่างยา (drug-drug interactions: DDI) เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดผลข้างเคียงจากการใช้ยา (adverse drug reactions: ADRs) และส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาปัญหาด้านสุขภาพที่สูงขึ้น การทำนายอันตรกิริยาระหว่างยาจึงต้องอาศัยข้อมูลคุณสมบัติของยาหลายชนิด และข้อมูลผลข้างเคียงที่เคยมีการเก็บรวบรวม โดยฐานข้อมูลที่ใช้อยู่ ได้แก่ DrugBank, SIDER, TWO-SIDES, KEGG, Lexicomp และ Micromedex วิธีการคำนวณผลข้างเคียงระหว่างยามีอยู่ 3 ประเภทหลัก ได้แก่ วิธีการเปรียบเทียบความคล้ายคลึง โดยอาศัยความคล้ายคลึงของ



โครงสร้างยา หรือกลไกการออกฤทธิ์ และใช้วิธีการเครือข่ายในการทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยได้ตั้งชื่อใหม่ขึ้นว่า ARWAR (Augmented Random-walk with Restarts) โดยใช้เครือข่ายของข้อมูลยา และผลข้างเคียงที่รู้แล้วในการทำนายผลที่อาจเกิดขึ้น เมื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาพัฒนาด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง และพัฒนาอัลกอริทึมในการเรียนรู้ เพื่อทำนายผลข้างเคียง พบว่ามีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีเดิมที่มีการใช้อยู่ และสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกในทางชีววิทยามากขึ้น (20)

การใช้ยาที่อาจไม่เหมาะสม (potentially inappropriate medications: PIMs) การใช้ยาที่มีความเสี่ยงมากกว่าประโยชน์ต่อผู้ป่วย เมื่อผู้ป่วยสูงอายุมีโรคประจำตัวหลายโรค และต้องรับประทานยาหลายชนิด ทำให้มีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับยาที่ไม่เหมาะสม ปัจจุบันมีเกณฑ์ต่างๆ เช่น เกณฑ์ Beers และ STOPP/START ใช้ในการประเมินการสั่งยาที่อาจไม่เหมาะสม แต่วิธีนี้จะประเมินหลังเกิดเหตุแล้ว การตรวจพบตั้งแต่เริ่มต้นจะช่วยให้แพทย์ และเภสัชกรระบุผู้ป่วยเสี่ยง และวางแผนการรักษาเฉพาะบุคคล เพื่อลดความเสี่ยงอาการข้างเคียงร้ายแรงจากยา ปัจจุบันมีการใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องในการพัฒนารูปแบบทำนายการสั่งยาที่ไม่เหมาะสมมากขึ้น เช่น การทำนายความเสี่ยงจากการใช้ยา digoxin โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง จากผลการศึกษาแสดงว่าโมเดลที่ดีสามารถระบุความเสี่ยงได้อย่างถูกต้อง ช่วยปรับปรุงความแม่นยำในการทำนายการรักษาด้วยยาเสี่ยงสูงลดความเสี่ยงอาการข้างเคียงร้ายแรง และเพิ่มความปลอดภัยในการใช้ยา (21)

การติดตามการใช้ยาของผู้ป่วยให้ถูกต้อง (medication adherence) เนื่องจากการใช้ยาเทคนิคพิเศษหรือวิธีการใช้ยาบางชนิดมีความซับซ้อนหลากหลาย การแก้ปัญหาด้านความร่วมมือในการใช้ยาจึงต้องอาศัยหลายปัจจัยรวมถึงเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์

ยกตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการติดตามการใช้ยาของผู้ป่วยอย่างมีประสิทธิภาพโดยระบบ Medication Behavior Monitoring System (MBMS) ซึ่งใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกและปัญญาประดิษฐ์ในการวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการรับประทานยา ผ่านการตรวจจับการเคลื่อนไหว และการใช้กล้องวิดีโอ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาระบบตรวจสอบวิดีโออัตโนมัติด้วยปัญญา-ประดิษฐ์ เพื่อยืนยันการรับประทานยาของผู้ป่วยซึ่งช่วยลดภาระของบุคลากรทางการแพทย์และเพิ่มความแม่นยำในการติดตามการใช้ยา อันจะนำไปสู่การปรับปรุงการรักษาและผลลัพธ์ทางสุขภาพของผู้ป่วย ปัจจุบันมีเทคโนโลยีหลากหลายประเภทที่ใช้ในการส่งเสริมและติดตามการใช้ยา แบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม ได้แก่

- ขวดยาอิเล็กทรอนิกส์ (electronic pill bottles) ขวดยาอิเล็กทรอนิกส์เป็นนวัตกรรมที่พัฒนาจากขวดยาทั่วไป โดยเพิ่มฝาอิเล็กทรอนิกส์ที่มีไมโครชิปเข้าไป ระบบนี้สามารถบันทึกวันและเวลาที่มีการเปิดฝาขวด ทำให้สามารถติดตามได้ว่าผู้ป่วยเปิดขวดยาตามกำหนดเวลาหรือไม่ เทคโนโลยีนี้ช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถตรวจสอบความสม่ำเสมอในการรับประทานยาของผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- กล่องหรือถุงยาอิเล็กทรอนิกส์ (electronic pill boxes or bags) กล่องหรือถุงยาอิเล็กทรอนิกส์เป็นการพัฒนาต่อยอดจากขวดยาอิเล็กทรอนิกส์ โดยออกแบบให้มีช่องเก็บยาหลายช่อง ระบบจะบันทึกการเปิดแต่ละช่องหรือถุง ทำให้เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่ต้องรับประทานยาหลายชนิด นวัตกรรมนี้ช่วยให้การจัดการยาสำหรับผู้ป่วยที่มีความซับซ้อนในการรับประทานยาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- เซ็นเซอร์แบบกลืน (ingestible sensors) เซ็นเซอร์แบบกลืนเป็นเทคโนโลยีที่ใช้



เซ็นเซอร์ขนาดเล็กผสมกับยา เมื่อผู้ป่วยกลืนยาเข้าไป เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณเมื่อสัมผัสกับกรดในกระเพาะอาหาร วิธีนี้สามารถยืนยันได้อย่างแน่ชัดว่าผู้ป่วยได้กลืนยาจริงๆ ทำให้การติดตามการรับประทานยามีความแม่นยำสูง แต่อาจมีข้อกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัยของผู้ป่วย

- เทคโนโลยีแผงยา (blister pack technology) เทคโนโลยีแผงยาใช้แผ่นฟิล์มอิเล็กทรอนิกส์ติดบนแผงยาแบบดั้งเดิม ระบบจะบันทึกเมื่อมีการดันยาออกจากแผง ช่วยให้สามารถติดตามการใช้ยาแต่ละเม็ดได้อย่างแม่นยำ วิธีนี้เหมาะสำหรับยาที่บรรจุในแผงและช่วยลดความผิดพลาดในการรับประทานยาซ้ำซ้อน

- ระบบจัดการยาอิเล็กทรอนิกส์ (electronic medication management systems) ระบบจัดการยาอิเล็กทรอนิกส์เป็นแพลตฟอร์มที่ครอบคลุมการจัดการยาทั้งหมด มีฟังก์ชันหลากหลาย เช่น การเตือนการรับประทานยา การจ่ายยา และการติดตามการใช้ยา บางระบบยังใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ช่วยให้การบริหารจัดการยาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และลดความเสี่ยงในการเกิดข้อผิดพลาด

- เทคโนโลยีการรายงานตนเองของผู้ป่วย (patient self-report technology) เทคโนโลยีการรายงานตนเองของผู้ป่วยใช้แอปพลิเคชัน หรือระบบออนไลน์ให้ผู้ป่วยรายงานการรับประทานยาด้วยตนเอง อาจมีการใช้การโทรศัพท์หรือส่งข้อความเตือน วิธีนี้ง่ายต่อการใช้งานและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้ป่วย แต่อาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากขึ้นอยู่กับความซื่อสัตย์และความจำของผู้ป่วย

- เทคโนโลยีตรวจสอบด้วยวิดีโอ (video-based technology) เทคโนโลยีตรวจสอบด้วยวิดีโอใช้กล้องวิดีโอบันทึกการรับประทานยาของผู้ป่วย อาจเป็นการสนทนาทางวิดีโอสด หรือ

การส่งวิดีโอภายหลัง วิธีนี้ช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถยืนยันการรับประทานยาได้ด้วยการมองเห็น เพิ่มความมั่นใจในการติดตามการรับประทานยา แต่อาจมีข้อจำกัดด้านความเป็นส่วนตัวและความสะดวกในการใช้งาน

- เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (motion sensor technology) เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวใช้อุปกรณ์สวมใส่ เช่น นาฬิกาข้อมือ ที่มีเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เพื่อระบุท่าทางการรับประทานยา แม้จะยังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนาและมีความแม่นยำจำกัด แต่เทคโนโลยีนี้มีศักยภาพในการติดตามการรับประทานยาแบบไม่เข้าสู่ร่างกาย และต่อเนื่อง ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาวิธีการติดตามการใช้ยาที่สะดวกและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต (22,23)

ในงานเภสัชกรรมปฐมภูมิ ปัญญาประดิษฐ์มีบทบาทสำคัญในการพัฒนางานเภสัชกรรม โดยเฉพาะในร้านยาชุมชน การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ครอบคลุมหลากหลายด้าน ตั้งแต่การจัดการห่วงโซ่อุปทานไปจนถึงการให้บริการแก่ผู้ป่วย ปัญญาประดิษฐ์ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคาดการณ์ความต้องการยา ทำให้การบริหารสินค้าคงคลังมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ ยังเพิ่มความแม่นยำในระบบจ่ายยาอัตโนมัติ และสนับสนุนการเฝ้าระวังด้านสาธารณสุขโดยวิเคราะห์แนวโน้มการระบาดของโรคและรูปแบบการใช้ยา ในด้านการบริการปัญญาประดิษฐ์ช่วยให้เภสัชกรสามารถให้คำแนะนำ และการดูแลที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย รวมทั้งใช้แชทบอทในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ยาและสุขภาพทั่วไป การใช้ปัญญาประดิษฐ์ยังส่งผลดีต่อผลประกอบการทางธุรกิจ โดยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกล-ยุทธศาสตร์ ทั้งหมดนี้นำไปสู่การยกระดับคุณภาพการบริการ และความปลอดภัยในการใช้ยาของผู้ป่วยในชุมชน (24)



ความท้าทายในการใช้ปัญญาประดิษฐ์ ประการแรกการใช้ปัญญาประดิษฐ์ทำให้เกิดความกังวลเกี่ยวกับความเป็นส่วนตัว และความปลอดภัยของข้อมูลสุขภาพที่ละเอียดอ่อน ผู้ป่วยอาจกังวลเรื่องข้อมูลของตนอาจถูกละเมิดความเป็นส่วนตัว และนำมาซึ่งการฟ้องร้องเนื่องจากการแบ่งปันข้อมูลโดยไม่ได้รับความยินยอม ประการที่สอง อคติในข้อมูลที่ใช้ฝึกปัญญาประดิษฐ์ อาจนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น กลุ่มคนแถบแอฟริกาอาจไม่ได้มีการเก็บข้อมูลด้านการรักษาเท่ากับกลุ่มคนแถบอเมริกา ส่งผลให้เกิดอคติทางเชื้อชาติได้ นอกจากนี้ข้อมูลที่มีคุณภาพต่ำ ไม่ถูกต้อง หรือมีข้อมูลสูญหาย อาจนำไปสู่ข้อผิดพลาดในการตัดสินใจของอัลกอริทึม ประการที่สาม การนำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้ในทางคลินิกมักขาดข้อมูลเชิงประจักษ์ที่พิสูจน์ประสิทธิผลในการวิจัยทางเภสัชกรรมคลินิก ส่งผลให้การนำผลลัพธ์ไปใช้ในสถานการณ์จริงเป็นเรื่องยาก ประการที่สี่ ประเด็นทางจริยธรรมเกี่ยวกับความรับผิดชอบในการรักษา การตัดสินใจที่ผิดพลาดในด้านการดูแลสุขภาพอาจก่อให้เกิดผลกระทบที่รุนแรง ในปัจจุบันยังไม่มีข้อกฎหมายที่ชัดเจนว่าใครควรรับผิดชอบเมื่อเกิดข้อผิดพลาดระหว่างระบบปัญญาประดิษฐ์หรือบุคลากรทางการแพทย์ และประการสุดท้ายด้านสังคมเกี่ยวกับการที่ปัญญาประดิษฐ์จะเข้ามาแทนที่บุคลากรทางการแพทย์ ทำให้บุคลากรเหล่านี้ตกงาน ซึ่งนำไปสู่ความไม่ไว้วางใจ และการต่อต้านปัญญาประดิษฐ์ในการดูแลสุขภาพได้ (25)

บทสรุป

ปัญญาประดิษฐ์เป็นนวัตกรรมการประมวลผลที่จำลองกระบวนการคิดของมนุษย์ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนด ปัญญาประดิษฐ์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในด้านการเรียนรู้และการแก้ปัญหา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาการเรียนรู้

ของเครื่อง ซึ่งได้ก้าวหน้าไปสู่การเรียนรู้เชิงลึกที่ใช้เครือข่ายประสาทเทียมหลายชั้นในการวิเคราะห์ และตีความข้อมูลมหัต ในวงการเภสัชกรรม ปัญญาประดิษฐ์ มีบทบาทสำคัญในการยกระดับความปลอดภัย และประสิทธิภาพของการรักษา ผ่านระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิกที่บูรณาการความรู้ทางการแพทย์เข้ากับข้อมูลผู้ป่วย นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาระบบสำหรับเภสัชกรชุมชนเพื่อการดูแลแบบองค์รวม การพยากรณ์อัตราการรักษา และการบริหารคลังเวชภัณฑ์อย่างมีประสิทธิภาพ การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ในการจ่ายยาและผลิตยา รวมถึงการใช้แชทบอทในการให้บริการลูกค้า ล้วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ ระบบการส่งยาด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการจ่ายยา ในขณะที่ระบบปัญญาประดิษฐ์สามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปรับขนาดยาตามลักษณะเฉพาะของผู้ป่วย เพิ่มประสิทธิภาพในการรักษา และช่วยคาดการณ์อันตรกิริยาระหว่างยา นอกจากนี้ปัญญาประดิษฐ์ ยังมีบทบาทสำคัญในการจัดการเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ สนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิก ลดความเสี่ยงของผลข้างเคียงร้ายแรง และติดตามความร่วมมือในการใช้ยาของผู้ป่วย ซึ่งทั้งหมดนี้ นำไปสู่การพัฒนาผลลัพธ์ทางสุขภาพที่ดียิ่งขึ้น

การใช้ปัญญาประดิษฐ์เข้าผสมผสานกับการดูแลสุขภาพทางคลินิก เป็นการเปลี่ยนแปลงบทบาทของเภสัชกรในการดูแลผู้ป่วยแบบส่วนบุคคลมาก ด้วยเหตุนี้ปัญญาประดิษฐ์จะเป็นส่วนสำคัญในความก้าวหน้าของการพัฒนาระบบการดูแลผู้ป่วยในอนาคต และเภสัชกรจะเป็นส่วนสำคัญในด้านความปลอดภัยในการใช้ยาของผู้ป่วย ส่วนในด้านข้อจำกัดของปัญญาประดิษฐ์ในปัจจุบันจะต้องมีแนวทางที่ชัดเจน สำหรับการนำไปใช้ ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล และประเมินเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์อย่างปลอดภัย ในสถานการณ์จริง และการพัฒนางานวิจัยเพิ่มเติมเพื่อทำความเข้าใจศักยภาพและ



ข้อจำกัดของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Shinde PP, Shah S. A Review of Machine Learning and Deep Learning Applications. In: 2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA) [Internet]. Pune, India: IEEE; 2018 [cited 2024 Jan 27]. p. 1–6. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8697857/>

2. Kaul V, Enslin S, Gross SA. History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointestinal Endoscopy*. 2020 Oct 1;92(4):807–12.

3. Mohsen A, Tripathi LP, Mizuguchi K. Deep Learning Prediction of Adverse Drug Reactions in Drug Discovery Using Open TG-GATEs and FAERS Databases. *Front Drug Discov* [Internet]. 2021 Oct 27 [cited 2024 Mar 14];1. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fddsv.2021.768792>

4. Hammann F, Gutmann H, Vogt N, Helma C, Drewe J. Prediction of Adverse Drug Reactions Using Decision Tree Modeling. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*. 2010;88(1):52–9.

5. Cami A, Arnold A, Manzi S, Reis B. Predicting Adverse Drug Events Using Pharmacological Network Models. *Science Translational Medicine*. 2011 Dec 21;3(114):114ra127-114ra127.

6. Onay A, Onay M, Abul O. Classification of nervous system withdrawn and approved drugs with ToxPrint features via machine learning strategies. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2017 Apr 1;142:9–19.

7. Bean DM, Wu H, Iqbal E, Dzahini O, Ibrahim ZM, Broadbent M, et al. Knowledge graph prediction of unknown adverse drug reactions and validation in electronic health records. *Sci Rep*. 2017 Nov 27;7(1):16416.

8. Pharmacy Times [Internet]. 2022 [cited 2024 Mar 14]. Artificial Intelligence Applications in Education and Pharmacy Practice. Available from: <https://www.pharmacytimes.com/view/artificial-intelligence-applications-in-education-and-pharmacy-practice>

9. Sutton RT, Pincock D, Baumgart DC, Sadowski DC, Fedorak RN, Kroeker KI. An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success. *npj Digit Med*. 2020 Feb 6;3(1):1–10.

10. Evaluating the safety and efficiency of robotic dispensing systems | *Journal of Pharmaceutical Health Care and Sciences* [Internet]. [cited 2024 Mar 14]. Available from: https://link.springer.com/article/10.1186/s40780-022-00255-w?utm_source=getftr&utm_medium=getftr&utm_campaign=getftr_pilot

11. Tars [Internet]. [cited 2024 Mar 14]. Conversational AI Applications In Healthcare: For Ordering Medicines. Available from: <https://hellotars.com/chatbot-templates/healthcare/Hk8N4h/medicine-ordering-chatbot>

12. New UCSF Robotic Pharmacy Aims to Improve Patient Safety | UC San Francisco [Internet]. [cited 2024 Mar 14]. Available from: <https://www.ucsf.edu/news/2011/03/98776/new-ucsf-robotic-pharmacy-aims-improve-patient-safety>



13. Lesar TS, Briceland L, Stein DS. Factors Related to Errors in Medication Prescribing. *JAMA*. 1997 Jan 22;277(4):312–7.
14. Jungreithmayr V, Meid AD, Bittmann J, Fabian M, Klein U, Kugler S, et al. The impact of a computerized physician order entry system implementation on 20 different criteria of medication documentation—a before-and-after study. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2021 Oct 11;21(1):279.
15. Schiff G. Brigham and Women's Hospital, Harvard Medical School, Partners HealthCare. Computerized Prescriber Order Entry Medication Safety (CPOEMS) [Internet]. [cited 2023 Sep 25]. Available from <https://www.fda.gov/files/drugs/published/Computerized-Prescriber-Order-Entry-Medication-Safety.pdf>
16. Johnson M, Patel M, Phipps A, van der Schaar M, Boulton D, Gibbs M. The potential and pitfalls of artificial intelligence in clinical pharmacology. *CPT: Pharmacometrics & Systems Pharmacology*. 2023;12(3):279–84.
17. Blasiak A, Truong A, Tan WJ, Lester, Kumar KS, Tan SB, Teo CB, et al. PRECISE CURATE.AI: A prospective feasibility trial to dynamically modulate personalized chemotherapy dose with artificial intelligence. *JCO*. 2022 Jun;40(16_suppl):1574–1574.
18. Martin JH, Norris R, Barras M, Roberts J, Morris R, Doogue M, et al. Therapeutic Monitoring of Vancomycin in Adult Patients: A Consensus Review of the American Society of Health-System Pharmacists, the Infectious Diseases Society of America, and the Society of Infectious Diseases Pharmacists. *Clin Biochem Rev*. 2010 Feb;31(1):21–4.
19. Wang Z, Ong CLJ, Fu Z. AI models to assist vancomycin dosage titration. *Front Pharmacol*. 2022;13:801928.
20. Rahmani H, Weiss G, Méndez-Lucio O, Bender A. ARWAR: A network approach for predicting Adverse Drug Reactions. *Computers in Biology and Medicine*. 2016 Jan 1;68:101–8.
21. Xingwei W, Huan C, Mengting L, Lv Q, Jiaying Z, Enwu L, et al. A machine learning-based risk warning platform for potentially inappropriate prescriptions for elderly patients with cardiovascular disease. *Front Pharmacol*. 2022;13:804566.
22. Wang R, Sitová Z, Jia X, He X, Abramson T, Gasti P, et al. Automatic identification of solid-phase medication intake using wireless wearable accelerometers. In: 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society [Internet]. 2014 [cited 2024 Mar 14]. p. 4168–71. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6944542>
23. Mason M, Cho Y, Rayo J, Gong Y, Harris M, Jiang Y. Technologies for medication adherence monitoring and technology assessment criteria: Narrative review. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2022;10(3):e35157.
24. Al Meslamani AZ. Applications of AI in pharmacy practice: a look at hospital and community settings. *Journal of Medical Economics*. 2023 Dec 31;26(1):1081–4.



25. Chalasani SH, Syed J, Ramesh M, Patil V, Pramod Kumar TM. Artificial intelligence in the field of pharmacy practice: A literature review. Exploratory Research in Clinical and Social Pharmacy. 2023 Dec;12: 100346.