An Ontology based Expert System for Diagnosis and Recommendation in Hemodialysis Patient

ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อวินิจฉัยและให้คำแนะนำผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง โดยใช้ฐานความรู้ออนโทโลยี

จุฑามาศ เทียนสอาด และอรวรรณ อิ่มสมบัติ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ABSTRACT - This paper proposed the development of an ontology based expert system for diagnosis and recommendation in hemodialysis patients due to lack of expert dialysis nurses. Knowledge of the system is extracted from academic textbooks and tacit knowledge from expert dialysis nurses and is represented as If-Then Rules and Ontology. The knowledgebase of the system contains 89 rules, 52 concepts of drug ontology and 130 concepts of food ontology. The rule conditions are consisted of 26 patient's blood test results and patient's medical treatment history. The system uses forward chaining to inference the diagnosis and recommendation for patients. The system was developed with PHP programming language and MySQL database is used for storing the knowledge and the data of the system. After 30 patient's data were treated in this experiment, results found that the expert system can efficiently diagnosis and recommend patients with precision value of 96.89% and recall value of 95.39%, comparing with expert dialysis nurses' answers.

KEYWORDS –Recommendation in Hemodialysis Patients, Expert System, Ontology, Forward Chaining

บทคัดย่อ - งานวิจัยนี้นำเสนอระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อวินิจฉัยและให้คำแนะนำผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมโดยใช้ฐานความรู้ออนโทโลยีเพื่อช่วยลดปัญหาการขาดแคลนพยาบาลผู้เชี่ยวชาญไตเทียม โดยนำความรู้จากตำราวิชาการและพยาบาลผู้เชี่ยวชาญไตเทียมมาสร้างเป็นฐานความรู้ของระบบในรูปของกฎ IF-THEN Rules จำนวน 89 กฎ ออนโทโลยียา จำนวน 52 คอนเซ็ปต์ และออนโทโลยีอาหาร จำนวน 130 คอนเซ็ปต์ โดยเงื่อนไขของกฎประกอบด้วย ผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการของผู้ป่วยจำนวน 26 ชนิดและประวัติการรักษาของผู้ป่วย โดยใช้กลไกในการอนุมานแบบไปข้างหน้า (Forward Chaining) ในการหาคำตอบซึ่งเป็นแนวทางการให้คำแนะนำในการดูแลและการปฏิบัติตนแก่ผู้ป่วยแต่ละราย ผลการทดลองกับข้อมูลผู้ป่วย 30 คน พบว่าระบบผู้เชี่ยวชาญนี้สามารถวินิจฉัยปัญหาและให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยได้อย่างดี โดยมีค่าความแม่นยำ (Precision) 96.89% และค่าความระลึก (Recall) 95.39% เมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบของพยาบาลผู้เชี่ยวชาญไตเทียม

คำสำคัญ – การให้คำแนะนำในผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง, ระบบผู้เชี่ยวชาญ, ออนโทโลยี, การอนุมานแบบไปข้างหน้า

1. บทนำ

ปัจจุบันภาวะไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย (End Stage Renal Disease: ESRD) ถือเป็นปัญหาด้านสุขภาพที่สำคัญของประเทศไทย ผู้ป่วยเหล่านี้จะมีค่าใช้จ่ายในการรักษาสูงถึงประมาณ 200,000 บาทต่อคนต่อปี ซึ่งนับเป็นปัญหาใหญ่ทางสาธารณสุขของประเทศ ข้อมูลจากรายงาน Thailand Renal Replacement Therapy Registry (TRT) ของสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทยประจำปี 2552 พบอัตราความชุก (Prevalence) ของจำนวนผู้ป่วยที่มีภาวะไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายเพิ่มขึ้นจาก ปี พ.ศ. 2551 จำนวน 31,496 ราย เป็นจำนวน 35,112 ราย [7] โดยผู้ป่วยเหล่านี้จะเกิดภาวะไม่สมดุลกรด-ด่าง และไม่สามารถขับของเสียในเลือดและน้ำได้เหมือนคนปกติ จำเป็นต้องรักษาด้วยการบำบัดทดแทนไต (Renal Replacement Therapy: RRT) เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถดำรงชีวิตอยู่ต่อไปได้ ซึ่งวิธีการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมถือเป็นการรักษาวิธีหนึ่งที่มีความปลอดภัยสูงและนิยมมากที่สุด แต่การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมก็ไม่สามารถทดแทนการทำงานของไตจริงได้ นอกจากนี้ผู้ป่วยยังจำเป็นต้องได้รับยาหรือฮอร์โมนเพิ่มเติมและควบคุมการรับประทานอาหารและน้ำอย่างเคร่งครัด ดังนั้นเพื่อเป็นการประเมินและเป็นแนวทางในการรักษาให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย การตรวจเช็คประวัติการรักษาและผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการจึงสำคัญมากและควรทำอย่างสม่ำเสมอ ถึงแม้ปัจจุบันเครื่องไตเทียมจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้อัตราการเกิดภาวะแทรกซ้อนระหว่างการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมลดลง แต่ปัญหาสำคัญที่ยังพบในผู้ป่วยที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมคือภาวะแทรกซ้อนระยะยาว (Long-term complications) เช่น ปัญหาระบบหัวใจและหลอดเลือด ปัญหากระดูกและข้อ เป็นต้น การตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการจึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถช่วยประเมินและเฝ้าระวังการเกิดภาวะแทรกซ้อนระยะยาวที่อาจเกิดขึ้น และส่งผลต่อสุขภาพร่างกายของผู้ป่วยตั้งแต่พิการทุพลภาพจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่มาจากพฤติกรรมการดูแลสุขภาพที่ไม่ถูกต้องของผู้ป่วย เช่น รับประทานยาไม่ครบหรือไม่ตรงตามเวลา ควบคุมอาหารหรือน้ำดื่มไม่ถูกต้อง [8]

พยาบาลไตเทียมเป็นบุคคลสำคัญที่อยู่กับผู้ป่วยตลอดเวลาขณะที่ได้รับการฟอกเลือดจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการให้การรักษาพยาบาล เนื่องจากผู้ป่วยที่ได้รับการฟอกเลือดแต่ละรายจะมีปัญหาที่แตกต่างกัน โดยในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆต้องพิจารณาประวัติผู้ป่วยร่วมกับผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการของผู้ป่วยแต่ละราย เพื่อให้สามารถวางแผนการพยาบาลได้อย่างถูกต้อง แต่เนื่องด้วยในปัจจุบันอัตรากำลังของพยาบาลไตเทียมในแต่ละหน่วยงานไม่เพียงพอตามมาตรฐานที่แพทยสภากำหนด คืออัตราพยาบาลผู้เชี่ยวชาญไตเทียมที่ผ่านการรับรองโดยสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย 1 คนต่อผู้ป่วย 4 ราย ต่อการฟอกเลือด 1 รอบ สำหรับผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ได้รับการฟอกเลือดเป็นประจำ [10]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญ ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อวินิจฉัยและให้คำแนะนำผู้ป่วยไตวายเรื้อรังโดยใช้ฐานความรู้ออนโทโลยีขึ้น สำหรับพยาบาลไตเทียมที่มีประสบการณ์น้อยใช้เป็นแนวทางในการดูแลและให้คำแนะนำในการปฏิบัติตนที่ถูกต้องแก่ผู้ป่วย และสามารถประยุกต์ใช้ระบบนี้ในการฝึกฝน ตรวจสอบความรู้ และพัฒนาความเชี่ยวชาญของตนได้ โดยกฎที่ใช้ในระบบผู้เชี่ยวชาญนี้สร้างมาจากตำราวิชาการที่ได้รับการยอมรับและพยาบาลผู้เชี่ยวชาญไตเทียม โดยแทนรูปแบบ IF-THEN Rules นอกจากนี้ยังมีการแทนความรู้ในรูปแบบออนโทโลยีเกี่ยวกับความรู้เรื่องยาที่ผู้ป่วยรับประทาน และอาหารที่ควรแนะนำหรือห้ามให้ผู้ป่วยควรงดเว้น โดยการทำงานจะเป็นการอนุมานด้วยกลไกแบบไปข้างหน้า (Forward Chaining) พัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรมภาษา PHP ติดต่อกับฐานข้อมูล MySQL และมีโปรแกรม Apache เป็นโปรแกรมจำลองเครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยพิจารณาความรู้ที่มีในระบบทั้งหมดร่วมกับข้อมูลของผู้ป่วยเกี่ยวกับผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการจำนวน 26 ชนิด และประวัติการรักษาของผู้ป่วย จากการทดลองกับข้อมูลผู้ป่วย 30 คน พบว่าระบบผู้เชี่ยวชาญนี้สามารถวินิจฉัยปัญหาและให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยได้อย่างดี โดยมีค่าความแม่นยำ (Precision) 96.89% และค่าความระลึก (Recall) 95.39% เมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบของพยาบาลผู้เชี่ยวชาญไตเทียม

ในหัวข้อที่ 2 จะกล่าวถึงการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3 แสดงการออกแบบฐานความรู้ หัวข้อที่ 4อธิบายการออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ และการทดสอบการทำงานของระบบ บทสรุปและข้อเสนอแนะจะกล่าวในหัวข้อที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ มีจุดประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยชิ้นนี้ โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องคือ ระบบฐานความรู้เพื่อการตัดสินใจสำหรับการวินิจฉัยและให้คำแนะนำด้านสุขภาพ [2] โดยเน้นปัญหาสุขภาพ โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูงและโรคไขมันในเลือดสูง โดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ CLIPS ในการพัฒนาระบบและใช้วิธีการแทนความรู้แบบกฎ IF-THEN Rules มีจำนวนกฎทั้งหมด 45 กฎ และกลไกในการอนุมานแบบไปข้างหน้า (Forward Chaining) ซึ่งระบบฐานความรู้ประกอบด้วยส่วนข้อมูลพื้นฐาน 11 คำถาม ได้แก่ เพศ, อายุ, น้ำหนัก,ส่วนสูง , ความดันโลหิตตัวบน, ความดันโลหิตตัวล่าง และผลการตรวจเลือด 5 ชนิด คือ HDL, LDL, TRI, TC, BS และมีการประเมินความพึงพอใจในการใช้ระบบฐานความรู้จากผู้ใช้งาน

April Rose C. Semogan และคณะ [1] นำเสนอระบบฐานกฎเกณฑ์แบบตรรกศาสตร์คลุมเครือเพื่อช่วยสนับสนุนการวินิจฉัยโรควัณโรคแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยใช้วิธีการแทนความรู้แบบกฎ IF-THEN Rules โดยมีจำนวนกฎ 16 กฎ และมีตัวอย่างทดสอบระบบ 323 เซต ซึ่งระบบมีประโยชน์แก่แพทย์เฉพาะทางด้านโรคปอดเป็นอย่างมาก ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวินิจฉัยศัตรูพืช วัชพืชและโรคที่เกิดในพืชมะกอก [5] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้ที่ได้จากตำราและความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ มาพัฒนาเพื่อเป็นเครื่องมือให้แก่เกษตรกร และเป็นประโยชน์ทางการศึกษา ใช้วิธีการแทนความรู้แบบกฎ IF-THEN Rules ครอบคลุมความรู้ด้านวัชพืช 9 ชนิด แมลง 14 ชนิดและโรคในพืชมะกอก 14 โรค พร้อมด้วยภาพ 150 ภาพ และมีการประเมินการทำงานของระบบจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน 20 คนและนักศึกษาการเกษตร 20 คน พบว่าระบบมีความถูกต้อง และมีความพึงพอใจในระบบผู้เชี่ยวชาญมากกว่า 9 คะแนนจากคะแนนเต็ม 10 ทั้ง 2 กลุ่ม

ระบบผู้เชี่ยวชาญในการวินิจฉัยและให้คำปรึกษาสำหรับการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานในผักตระกูลพริกและมะเขือสำหรับเกษตรกรที่ไม่มีประสบการณ์: DIARES-IPM [6] โดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ EXSYS ในการพัฒนาระบบและแทนความรู้ในรูปแบบกฎ IF-THEN Rules จากการประเมินการทำงานของระบบ พบว่าประสิทธิภาพของระบบเป็นที่ยอมรับผู้ใช้เข้าใจระบบ 7.2 คะแนนและระบบใช้งานง่าย 7.5 คะแนนจากคะแนนเต็ม 10

ระบบผู้เชี่ยวชาญบนเว็บเพื่อตรวจวินิจฉัยโรคสุกร: Pig-vet [4] มีการแทนความรู้ในรูปแบบกฎ โดยมีจำนวนกฎมากกว่า 300 กฎ มีกราฟิกและรูปภาพ 202 รูป ใช้กลไกในการอนุมานทั้งแบบไปข้างหน้า (Forward Chaining) และแบบย้อนกลับ (Backward Chaining) สร้างฐานข้อมูลบนระบบจัดการฐานข้อมูล MS SQL Server 2000 แบ่งการใช้งาน User Interface เป็น 3 แบบ ได้แก่คำบรรยายล้วน คำบรรยายผสมรูปภาพและเฉพาะรูปภาพ เพื่อให้เหมาะกับเกษตรกรแต่ละประเภท โดยพัฒนาระบบบน Web-Based เพื่อให้สามารถเข้าถึงได้ง่าย แต่ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้แบบ stand-alone ได้โดยผ่าน CD-ROM ซึ่งพบว่าระบบสามารถตรวจวินิจฉัยโรคสุกรได้ 54 โรค และผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจมาก เนื่องจากมี User Interface ให้เลือกใช้ถึง 3 แบบ

3. การออกแบบฐานความรู้

ความรู้ที่จำเป็นในการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อวินิจฉัยและให้คำแนะนำผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง แบ่งเป็น 2 ประเภทหลักๆคือ กฎ และออนโทโลยี โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 กฎ

กฎเป็นส่วนที่มีความสำคัญในการทำงานเพื่อการอนุมานของระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยในงานวิจัยนี้ได้แทนความรู้ที่รวบรวมมา ให้อยู่ในรูปแบบของกฎ IF-THEN Rules ซึ่งสามารถสร้างเป็นกฎได้ 89 กฎ ซึ่งแต่ละกฎจะเป็นการนำผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการ และประวัติการรักษาของผู้ป่วยของผู้ป่วยมาพิจารณา เพื่อวินิจฉัยและให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วย โดยแบ่งกฎออกเป็นกลุ่ม 7 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มความผิดปกติของกระดูกและข้อ , ความผิดปกติของเกลือแร่ และความผิดปกติของไขมันในเลือด เป็นต้น ตัวอย่างกฎในกลุ่มความผิดปกติของกระดูกและข้อมีจำนวน 12 กฎ ดังนี้

Rule 1:

If ผู้ป่วยมีระดับฟอตเฟสในเลือดระหว่าง 3.5 และ 5.5

Then ฟอตเฟสในเลือดอยู่ในช่วงปกติ

Recommend – ชื่นชมผู้ป่วยเรื่องการควบคุมอาหาร

Rule 2:

If ผู้ป่วยมีระดับฟอตเฟสในเลือดต่ำกว่า 3.5 และไม่มีประวัติทานยาจับฟอตเฟส

Then ฟอตเฟสในเลือดต่ำ (Hypophosphatemia)

Recommend - ให้คำแนะนำผู้ป่วยเรื่องการรับประทานอาหาร เนื่องจากผู้ป่วยอาจควบคุมอาหารมากเกินไป อาจเกิดภาวะทุพโภชนาการได้

Rule 3:

If ผู้ป่วยมีระดับฟอตเฟสในเลือดต่ำกว่า 3.5 และมีประวัติทานยาจับฟอตเฟส

Then ฟอตเฟสในเลือดต่ำ (Hypophosphatemia) ผลจากยาจับฟอตเฟส

Recommend - ชื่นชมผู้ป่วยเรื่องการควบคุมอาหาร และรายงานแพทย์เพื่อพิจารณาปรับลดขนาดยาจับฟอตเฟส

Rule 4:

If ผู้ป่วยมีระดับฟอตเฟสในเลือดสูงกว่า 5.5 และไม่มีประวัติทานยาจับฟอตเฟส

Then ฟอตเฟสในเลือดสูง (Hyperphosphatemia)

Recommend - ให้คำแนะนำผู้ป่วย เรื่องการรับประทานอาหาร และ รายงานแพทย์เพื่อพิจารณาให้ทานยาจับฟอตเฟส

Rule 5:

If ผู้ป่วยมีระดับฟอตเฟสในเลือดมากกว่า 5.5 และมีประวัติทานยาจับฟอตเฟส

Then ฟอตเฟสในเลือดสูง (Hyperphosphatemia) ในขณะที่ทานยาจับฟอตเฟส

Recommend - ให้คำแนะนำผู้ป่วย ย้ำเรื่องการรับประทานอาหารและตรวจสอบวิธีการทานยากับผู้ป่วย และเน้นให้ทานยาจับฟอตเฟส พร้อมอาหาร

Rule 6:

If ผู้ป่วยมีระดับแคลเซียมในเลือดต่ำกว่า 8.5

Then แคลเซียมในเลือดต่ำ (Hypocalcemia)

Recommend - เช็คผลเลือดอัลบูมิน ถ้าต่ำคำนวณผลแคลเซียมใหม่ใช้สูตร Corrected Ca และถ้าผู้ป่วยมีประวัติผ่าตัดต่อมพาราไทรอยด์ออกแล้ว ควรรายงานแพทย์เพื่อพิจารณาให้ยาแคลเซียม และเลือกใช้น้ำยา Dialysate normal Ca

Rule 7:

If ผู้ป่วยมีระดับแคลเซียมในเลือดอยู่ระหว่าง 8.5 – 9.5

Then แคลเซียมในเลือดอยู่ในช่วงปกติ

Recommend – ไม่มี

Rule 8:

If ผู้ป่วยมีระดับแคลเซียมในเลือดมากกว่า 9.5 และมีประวัติทานยาจับฟอตเฟส

Then แคลเซียมในเลือดสูง (Hypercalcemia)

Recommend - รายงานแพทย์เพื่อพิจารณาปรับลดหรือเปลี่ยนชนิดยาจับฟอตเฟส และเลือกใช้น้ำยา dialysate low Ca

Rule 9:

If พาราไทรอยด์ฮอร์โมนในเลือดอยู่ระหว่าง 150-300

Then พาราไทรอยด์ฮอร์โมนในเลือดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

Recommend - ไม่มี

Rule 10:

If พาราไทรอยด์ฮอร์โมนในเลือดน้อยกว่า 300 และแคลเซียมในเลือดมากกว่า 9.5 และมีประวัติทานยา VitaminD

Then พาราไทรอยด์ฮอร์โมนในเลือดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ แต่แคลเซียมในเลือดสูง (Hypercalcemia)

Recommend - รายงานแพทย์เพื่อพิจารณาปรับลดยา VitaminD

Rule 11:

If พาราไทรอยด์ฮอร์โมนในเลือดสูงกว่า 300 และไม่มีประวัติทานยา VitaminD

Then พาราไทรอยด์ฮอร์โมนในเลือดสูง (Hyperparathyroidism)

Recommend - ให้คำแนะนำผู้ป่วย ย้ำเรื่องการรับประทานอาหาร, เน้นให้ทานยาจับฟอตเฟส พร้อมอาหารเพราะถ้าสามารถควบคุมฟอตเฟตได้ สามารถลดพาราไทรอยด์ฮอร์โมนได้, รายงานแพทย์เพื่อพิจารณาให้ยา VitaminD

Rule 12:

If ผู้ป่วยมีระดับผลเลือด (แคลเซียม*ฟอตเฟต) มากกว่า 55 และพาราไทรอยด์ฮอร์โมนในเลือดสูงกว่า 300 และมีประวัติทานยา VitaminD และมีประวัติทานยาจับฟอตเฟส

Then พาราไทรอยด์ฮอร์โมนในเลือดสูงชนิดทุติยภูมิ (Secondary Hyperparathyroidism)

Recommend - ให้คำแนะนำผู้ป่วย ย้ำเรื่องการรับประทานอาหาร, เน้นให้ทานยาจับฟอตเฟส พร้อมอาหารเพราะถ้าสามารถควบคุมฟอตเฟตได้ สามารถลดพาราไทรอยด์ฮอร์โมนได้, ตรวจสอบการรับประทานยา VitaminD และใช้น้ำยา dialysate low Ca และแนะนำให้ผู้ป่วยดูแลผิวไม่ให้แห้งและเกาเพราะเมื่อพาราไทรอยด์ฮอร์โมนในเลือดสูงมากจะมีอาการคันตามตัวได้

3.2 ออนโทโลยี

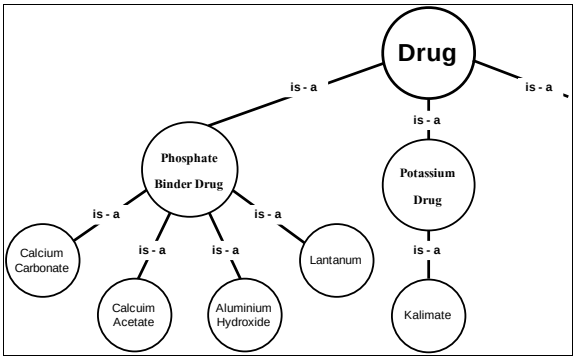
ออนโทโลยี เป็นฐานความรู้คำศัพท์ที่มีความสัมพันธ์ในเชิงความหมาย และใช้เป็นโครงร่างพื้นฐานในการอธิบายความรู้เฉพาะด้านประกอบไปด้วยคอนเซ็ปต์ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างฐานความรู้ โดยคอนเซพเหล่านี้จัดเรียงอยู่ในลำดับชั้นการถ่ายทอดความสัมพันธ์ และมีคุณสมบัติเฉพาะในแต่ละคอนเซ็ปต์ ซึ่งออนโทโลยีถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานระบบต่างๆเพื่อช่วยในการจัดเก็บ และค้นคืน ความรู้การแลกเปลี่ยน และการนำมาใช้ใหม่ ซึ่งในฐานความรู้ในระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อวินิจฉัยและให้คำแนะนำผู้ป่วยไตวายเรื้อรังโดยใช้ฐานความรู้ออนโทโลยีนี้ ประกอบด้วยออนโทโลยี 2 โดเมนหลัก คือ กลุ่มยา และกลุ่มอาหาร ดังนี้

1. โดเมนยา จำนวนทั้งสิ้น 52 คอนเซ็ปต์
2. โดเมนอาหาร จำนวนทั้งสิ้น 130 คอนเซ็ปต์

โดยความสัมพันธ์เชิงความหมายระหว่างคอนเซ็ปต์เป็นความสัมพันธ์แบบ is-a ซึ่งมีคุณสมบัติในการถ่ายทอดคุณสมบัติของคอนเซ็ปต์แม่ไปยังคอนเซ็ปต์ลูก

3.2.1 ออนโทโลยียา

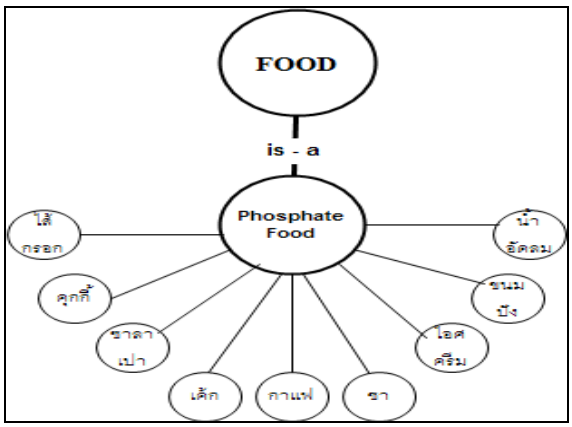
ยาที่เกี่ยวข้องในการรักษาผู้ป่วยโรคไตสามารถจำแนกได้เป็น 13 กลุ่มใหญ่ ตามคุณสมบัติของยา ออนโทโลยียาประกอบด้วยคอนเซ็ปต์ทั้งหมดจำนวน 52 คอนเซ็ปต์ โดยรูปที่ 1 แสดงตัวอย่างคอนเซ็ปต์ยาที่มีคุณสมบัติในการจับฟอสเฟต (Phosphate Binder Drug)



รูปที่ 1. ตัวอย่างคอนเซ็ปต์ออนโทโลยียา

3.2.2 ออนโทโลยีอาหาร

ออนโทโลยีอาหารประกอบด้วยกลุ่มอาหารจำนวน 7 คอนเซ็ปต์ และประกอบด้วยคอนเซ็ปต์ทั้งหมดจำนวน 130 คอนเซ็ปต์ โดยรูปที่ 2 แสดงตัวอย่างคอนเซ็ปต์อาหารที่มีฟอสเฟต (Phosphate Food)

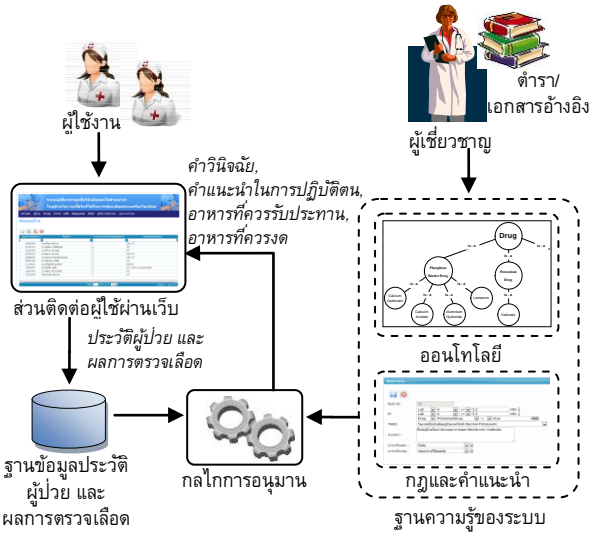


รูปที่ 2. ตัวอย่างคอนเซ็ปต์ออนโทโลยีอาหาร กลุ่มอาหาร Phosphate-Food

4. การออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ

สถาปัตยกรรมระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อวินิจฉัยและให้คำแนะนำในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังโดยใช้ฐานความรู้ออนโทโลยีแสดงได้ดังรูปที่ 3 โดยส่วนสำคัญของระบบแบ่งได้ 4 ส่วน คือ ฐานความรู้ของระบบ ฐานข้อมูลประวัติผู้ป่วย และผลการตรวจ

เลือด กลไกการอนุมาน และส่วนติดต่อผู้ใช้ผ่านเว็บ โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังหัวข้อที่ 4.1 – 4.4



รูปที่ 3. สถาปัตยกรรมระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อวินิจฉัยและให้คำแนะนำในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังโดยใช้ฐานความรู้ออนโทโลยี

4.1 ฐานความรู้ของระบบ

ฐานความรู้ของระบบได้แก่ กฎและออนโทโลยี ซึ่งผู้ทำหน้าที่บันทึกความรู้ ได้แก่ วิศวกรความรู้ (Knowledge Engineer) โดยทำหน้าที่ในการดึงความรู้จากการทบทวนตำราวิชาการ (Explicit Knowledge) ที่เกี่ยวข้องกับการพยาบาล และการวิเคราะห์ผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมที่เป็นที่ยอมรับ [3, 8, 9, 1] และจากการสัมภาษณ์พยาบาลผู้เชี่ยวชาญไตเทียม (Tacit Knowledge) โดยวิศวกรความรู้ได้นำความรู้ที่รวบรวมได้มาทำการแทนความรู้ให้อยู่ในรูปแบบของกฎ IF-THEN Rules และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและแก้ไขกฎอีกครั้งหนึ่ง จึงนำมาจัดเก็บลงในฐานความรู้ (Knowledge Based) รวมถึงการพัฒนาออนโทโลยีที่เกี่ยวข้องกับยาที่ใช้รักษาผู้ป่วย และอาหารที่ควรแนะนำให้ผู้ป่วยบริโภคหรืองดเว้นตามรายละเอียดที่กล่าวข้อที่ 3

4.2 ฐานข้อมูลประวัติการรักษาของผู้ป่วย และผลการตรวจเลือด

เนื่องจากระบบผู้เชี่ยวชาญมีความเกี่ยวข้องกับการประเมินผลและวางแผนการรักษาผู้ป่วย ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาประวัติการรักษาและผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการ ดังนี้

- **ประวัติยาที่ใช้ในปัจจุบัน** เป็นการบันทึกประวัติการทานยาของผู้ป่วย ซึ่งอ้างอิงตามฐานความรู้ออนโทโลยียาของระบบ ซึ่งนำมาใช้ในการพิจารณาร่วมกันในการวินิจฉัยอาการของผู้ป่วย และเพื่อใช้ในการให้คำแนะนำในการปรับการใช้ยา
- **จำนวนครั้งของการฟอกเลือดต่อสัปดาห์** เกี่ยวข้องกับการพิจารณา เนื่องจากการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมไม่สามารถทดแทนการทำงานเหมือนไตจริงได้ทั้งหมด และจำนวนครั้งของการฟอกเลือดมีผลต่อค่าความพอเพียงของการฟอกเลือด หรือเรียกว่าค่า Kt/V ซึ่งกำหนดโดยสมาคมโรคไตประเทศสหรัฐอเมริกา [3, 8, 10]
- **ผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการ** เป็นเครื่องมือหนึ่งที่สำคัญ เพื่อเฝ้าระวังการเกิดภาวะแทรกซ้อนระยะยาว (Long term complication surveillance) โดยค่าปกติของค่าผลเลือดทางห้องปฏิบัติการต่างๆ สามารถแบ่งตามกลุ่มได้ 7 กลุ่ม รายละเอียดและค่าปกติของผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

1. ความผิดปกติของกระดูกและข้อ

แคลเซียม (Calcium) และฟอสเฟต (Phosphate) เป็นส่วนประกอบสำคัญของกระดูก ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังมักมีระดับฟอสเฟตในเลือดสูง ส่งผลให้มีการหลั่งฮอร์โมนพาราไทรอยด์ (Parathyroid Hormone) เพิ่มขึ้นเพื่อดึงแคลเซียมออกจากกระดูก ในระยะยาวจะทำให้เกิดภาวะ Secondary Hyperparathyroidism มีความผิดปกติของกระดูก (Renal Osteodystrophy) ทำให้กระดูกบางเปราะและหักง่าย หรือจากการมีค่าไบคาร์บอเนตต่ำ (Bicarbonate) มีภาวะเป็นกรดในเลือดก็ส่งผลต่อกระดูกเช่นกัน

2. ความผิดปกติของเกลือแร่

จากการที่ประสิทธิภาพการทำงานของไตที่น้อยกว่า 15% ส่งผลให้การกำจัดของเสียต่างในเลือดลดลงมาก ผู้ป่วยมีปัสสาวะน้อยลงบางรายอาจไม่มีปัสสาวะเลย ทำให้เกิดการคั่งของเกลือโซเดียม (Sodium) ทำให้ผู้ป่วยมีอาการบวมและมีความดันโลหิตสูง มีการคั่งของโพแทสเซียม (Potassium) ซึ่งถ้าระดับของ

โพแทสเซียมสูงมากจะมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้เกิดภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะและหัวใจหยุดเต้นได้

3. ความผิดปกติของไขมันในเลือด

ภาวะไขมันในเลือดสูง เป็นปัญหาสำคัญส่งผลให้เกิดความผิดปกติของระบบหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุการตายอันดับ 1 ในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย ผลเลือดที่นำมาใช้ในการพิจารณามีหลักๆ 3 ตัว คือคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) และไขมันแอลดีแอล (LDL)

4. ความผิดปกติของระบบโลหิต

เกิดได้จากการหลั่งฮอร์โมนอิริโทรปอยอิตินลดลง เม็ดเลือดแดงมีอายุสั้นเกิดภาวะซีด ค่าฮีมาโตคริท (Hematocrit) และฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ต่ำ หรือเกิดจากการขาดธาตุเหล็ก (Iron deficiency) โดยประเมินจากค่าเฟอร์ริตินในเลือด (Serum ferritin) และค่าทรานเฟอร์ริน (Transferrin saturation)

5. ภาวะทุพโภชนาการและการติดเชื้อเรื้อรัง

ในผู้ป่วยที่ได้รับการฟอกเลือดมีโอกาสเกิดภาวะทุพโภชนาการได้เนื่องจากสูญเสียโปรตีนในกระบวนการฟอกเลือด การถูกจำกัดการรับประทานอาหาร หรือการรับประทานอาหารไม่ถูกต้อง โดยสามารถประเมินภาวะโภชนาการได้จากค่าอัลบูมิน (Albumin) ครีตินิน (Creatinine) และค่า nPCR (Normalized Protein Catabolic Rate) ซึ่งเมื่อเกิดภาวะทุพโภชนาการจะเพิ่มอัตราการตายและมีโอกาสติดเชื้อได้ง่ายขึ้น จึงควรมีการตรวจดูค่าซี – รีแอคทีพโปรตีน (C – Reactive Protein) เพื่อประเมินการติดเชื้อเรื้อรังร่วมด้วย

6. การติดเชื้อไวรัส

ผู้ป่วยที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อไวรัส จากการปนเปื้อนของระบบน้ำ อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในการฟอกเลือด หรือการติดเชื้อจากคนสู่คน ดังนั้นผู้ป่วยใหม่ทุกรายที่เข้ารับการฟอกเลือดจำเป็นต้องมีการตรวจเพื่อคัดกรองหาการติดเชื้อไวรัส ได้แก่ ไวรัสเอชไอวี ไวรัสตับอักเสบบี และไวรัสตับอักเสบซี และตรวจเพื่อเฝ้าระวังการติดเชื้ออย่างน้อย 1 ครั้งต่อปี (ขึ้นอยู่กับนโยบายของแต่ละหน่วยงาน) และคัดแยกผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อไวรัสอย่างเคร่งครัด

ตารางที่ 1. ค่าปกติของการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการ

● ความผิดปกติของกระดูกและข้อ	
1. Bicarbonate (HCO_3)	22 – 24 mmol/L
2. Calcium (Ca)	8.5 – 9.5 mg/dL
3. Phosphate (Phos)	3.5 – 5.5 mg/dL
4. Calcium*Phosphate (Ca * Phos)	< 55 mg^2dL^2
5. Parathyroid Hormone (PTH)	150 – 300 pg/ml
● ความผิดปกติของเกลือแร่	
6. Sodium (Na)	135 – 145 mmol/L
7. Potassium (K)	3.5 – 5.5 mmol/L
8. Uric acid (UA)	< 8 mg/dL
● ความผิดปกติของไขมันในเลือด	
9. Low density lipoproteins (LDL)	≤ 100 mg/dl
10. Serum total Cholesterol (Chol)	< 200 mg/dl
11. Triglycerine (TG)	≤ 200 mg/dl
● ความผิดปกติของระบบโลหิต	
12. Hematocrit (Hct)	33 – 36 %
13. Hemoglobin (Hb)	11 – 12 g/L
14. Serum Ferritin (Fer)	200 - 500 ng/ml
15. Transferrin saturation (TSAT)	20 – 50%
● ภาวะทุพโภชนาการและการติดเชื้อเรื้อรัง	
16. Albumin (Alb)	> 40 mg/dL
17. Creatinine (Cr)	> 10 mg/dL
18. Normalized Protein Catabolic Rate (nPCR)	1.0 – 1.2 g/kg/d
19. CRP (C – Reactive Protein)	< 3 mg/L
● การติดเชื้อไวรัส	
20. Anti HIV	Negative
21. HBsAg	Negative
22. Anti HCV	Negative
23. Anti HBs	Positive Titer > 10
24. Anti HBc	Negative
● ความเพียงพอของการฟอกเลือด	
25. Kt/V (กรณีฟอกเลือด 2 ครั้ง/สัปดาห์)	> 1.2
26. Kt/V (กรณีฟอกเลือด 3 ครั้ง/สัปดาห์)	> 2.0

7. ความเพียงพอของการฟอกเลือด

สมาคมโรคไตประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดค่าความพอเพียง (ค่า Kt/V) เพื่อประเมินและป้องกันการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมที่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยค่ามาตรฐาน Kt/V

จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งในการฟอกเลือดต่อสัปดาห์ [3, 8, 10]

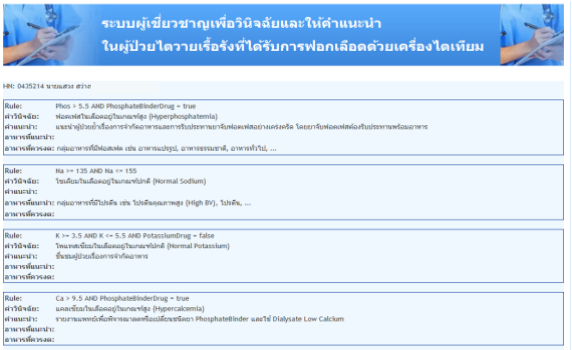
4.3 กลไกการอนุมาน

กลไกการอนุมานเปรียบเสมือนอัลกอริธึมส่วนที่ควบคุมการใช้ฐานความรู้ เพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาออกมา ดังนั้นกลไกการอนุมานจึงเป็นส่วนสำคัญที่สุดในระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดความสามารถของระบบ ความเร็วของระบบและความถูกต้องในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม โดยระบบนี้ใช้กลไกในการอนุมานแบบไปข้างหน้า (Forward Chaining) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Data Driven โดยมุ่งเน้นความสำคัญที่ข้อมูลเป็นหลัก การอนุมานจะเริ่มจากการนำข้อมูลของผู้ป่วย ซึ่งได้แก่ ผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการ ประวัติการรับประทานยา และจำนวนครั้งของการฟอกเลือดต่อสัปดาห์ มาเปรียบเทียบกับเงื่อนไขของกฎที่มีอยู่ทั้งหมด ซึ่งกฎที่เงื่อนไขตรงกับข้อเท็จจริงที่มีอยู่ก็จะถูกปฏิบัติการตามข้อสรุป กฎต่างๆ จะถูกอนุมานในลักษณะนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะไม่มีกฎใดที่ถูกอนุมานได้อีก หรือหมายถึงการได้คำตอบคือคำวินิจฉัยและคำแนะนำทั้งหมดสำหรับผู้ป่วย ทั้งนี้ในการเปรียบเทียบข้อเท็จจริงกับเงื่อนไขของกฎ ออนโทโลยียาจะถูกนำมาช่วยในการทำงาน เนื่องจากเงื่อนไขของกฎจะเก็บเป็นกลุ่มยาที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด แต่ประวัติการใช้ยาของผู้ป่วยจะเก็บเป็นชื่อยาที่ผู้ป่วยรับประทาน ดังนั้นคอนเซ็ปต์และความสัมพันธ์ของคอนเซ็ปต์ในออนโทโลยียาจะถูกนำมาใช้ในการถ่ายทอดคุณสมบัติเพื่อช่วยในการทำการอนุมาน และในการแสดงผลลัพธ์ในส่วนการให้คำแนะนำ ออนโทโลยีอาหารจะถูกนำมาใช้ในการแสดงรายการอาหารต่างๆที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนดในกฎ เพื่อเพิ่มรายละเอียดรายชื่ออาหารที่แนะนำให้ผู้ป่วยรับประทาน หรือแนะนำให้ผู้ป่วยงดรับประทาน

4.4 ส่วนติดต่อผู้ใช้ผ่านเว็บ

ส่วนติดต่อระหว่างผู้ใช้งานและระบบถูกพัฒนาในรูปแบบเว็บแอบพลิเคชั่น โดยผู้ใช้งานระบบแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ผู้ดูแลระบบ และเจ้าหน้าที่พยาบาล ผู้ดูแลระบบมีหน้าที่ในการจัดการข้อมูลกฎ ข้อมูลออนโทโลยี และข้อมูลหลักอื่นๆ เจ้าหน้าที่พยาบาลมีหน้าที่ในการจัดการข้อมูลผู้ป่วยและทำการวินิจฉัย ระบบถูกพัฒนาโดยใช้โปรแกรมภาษา PHP ติดต่อกับฐานข้อมูล MySQL รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างของหน้าจอในการจัดการข้อมูลผู้ป่วย และรูปที่ 5 แสดงตัวอย่างหน้าจอในการแสดงผลลัพธ์การอนุมานคำวินิจฉัยและให้คำแนะนำ

รูปที่ 4. ตัวอย่างหน้าจอการจัดการข้อมูลผู้ป่วย



รูปที่ 5. ตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลลัพธ์การอนุมานคำวินิจฉัยและให้คำแนะนำ

5. การทดสอบและการประเมินผลระบบ

จากการทดสอบระบบโดยนำข้อมูลประวัติของผู้ป่วยการรับประทานยาในปัจจุบัน และค่าผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการของผู้ป่วยจำนวน 30 คน และนำผลลัพธ์คำวินิจฉัยและคำแนะนำที่ได้จากระบบผู้เชี่ยวชาญให้พยาบาลผู้เชี่ยวชาญไตเทียมตรวจสอบ จากประเมินผลการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญโดยวัดค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความระลึก (Recall) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Precision} = \frac{\text{จำนวนคำตอบที่ระบบตอบถูก}}{\text{จำนวนคำตอบทั้งหมดของระบบ}}$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{จำนวนคำตอบที่ระบบตอบถูก}}{\text{จำนวนคำตอบทั้งหมดของผู้เชี่ยวชาญ}}$$

ผลการประเมินพบว่า ระบบสามารถให้คำวินิจฉัยปัญหาและให้คำแนะนำในผู้ป่วย ไตวายเรื้อรังโดยใช้ฐานความรู้ออนโทโลยีได้อย่างดี โดยมีค่าความแม่นยำ (Precision) 96.89% และค่าความระลึก (Recall) 95.39% เมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบของพยาบาลผู้เชี่ยวชาญไตเทียม จากการวิเคราะห์การประเมินผลระบบผู้เชี่ยวชาญ พบว่าในกฎแต่ละกฎมีค่าความแม่นยำ (Precision) 100% แต่เมื่อนำกฎทั้งหมด 89 กฎ มาใช้ร่วมกันพบว่า บางกฎมีคำวินิจฉัยคล้ายกันแต่ระดับความรุนแรงของอาการไม่เท่ากัน ส่งผลให้แสดงผลลัพธ์เป็นคำวินิจฉัยอาการเดียวกันแต่ระดับความรุนแรงไม่เท่ากัน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าไม่ถูกต้อง และส่งผลต่อค่าความแม่นยำของระบบ ส่วนความผิดพลาดของค่าความระลึก ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับผลความผิดพลาดของค่าความแม่นยำ และบางส่วนเกิดจากความบกพร่องในส่วนคำแนะนำเรื่องอาหารโปรตีนเมื่อผู้ป่วยเกิดภาวะขาดสารอาหาร ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าควรให้คำแนะนำเกี่ยวกับปริมาณอาหารโปรตีนที่ควรบริโภคให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละรายซึ่งจะขึ้นกับน้ำหนักของผู้ป่วย

6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อช่วยวินิจฉัยและให้คำแนะนำในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการดูแลผู้ป่วยแก่พยาบาลและสามารถให้คำแนะนำที่ถูกต้องได้ดีปานอย่างดี คาดหวังให้ผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมได้รับการดูแลสุขภาพที่ถูกต้องครบถ้วน สามารถลดหรือชะลอการเกิดภาวะแทรกซ้อนระยะยาวได้ นอกจากนี้ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ยังเหมาะสำหรับพยาบาลไตเทียมที่มีประสบการณ์น้อยในการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้เพื่อการฝึกฝน ตรวจสอบความรู้ ความเชี่ยวชาญของตนเอง ซึ่งสิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงคุณภาพการให้การพยาบาลแก่ผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยจากภาวะแทรกซ้อนต่างๆ ที่จะส่งผลอันตรายต่อตัวผู้ป่วย และลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลได้ การปรับปรุงระบบในอนาคตควรมีการนำน้ำหนักของผู้ป่วยมาร่วมคำนวณ เพื่อหาค่าความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย และควรมีการตรวจสอบเงื่อนไขของกฎที่เพิ่มใหม่ว่ามีการซ้ำซ้อนกับที่มีอยู่หรือไม่

นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ระบบนี้ในการสร้างระบบให้คำแนะนำอาหารในผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง ที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละบุคคล โดยใช้หลักการอาหารแลกเปลี่ยน (Food Exchange) และอาจประยุกต์ใช้ในการสร้างระบบสำหรับวินิจฉัยและให้คำแนะนำผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่ได้รับการล้างไตผ่านทางช่องท้องได้

เอกสารอ้างอิง

[1] April Rose C. Semogan, Bobby D. Gerardo, Bartolome T. Tanguilig III, Joel T. de Castro, Louie F. Cervantes, "A Rule-Based Fuzzy Diagnostics Decision Support System for Tuberculosis," 2011 Ninth International Conference Software Engineering, Management and Applications, pp. 60-63, 2011

[2] Chen, Ping-Tsai Chung and Bing-Xing, "A knowledge-based decision system for healthcare diagnosis and advisory," IEEE International Conference, 2011

[3] Daugirdas JT, Van Stone JC., Boag JT. Handbook of Dialysis, 4th ed. USA.:Lippincott Williums& Wilkins; 2007.

[4] Fu Zetiana, b, Xu Fengb, c, Zhou Yunb, c, Zhang XiaoShuan, “Pig-vet: a web-based expert system for pig disease diagnosis,” Expert Systems with Applications, Vol. 29, no. 1, pp. 93–103, July 2005

[5] Gonzalez-Andujar, J.L, "Expert system for pests, diseases and weeds identification in olive crops," Expert Systems with Applications, vol. 36, no. 2, pp. 3278-3283, March. 2009

[6] H.C Passamb, A.B Sideridisb, C.P Yialourisa. "DIARES-IPM: A diagnostic advisory rule-based expert system for integrated pest management in Solanaceous crop systems," Agricultural Systems, vol. 76 , no. 3, pp. 1119–1135, June. 2003

[7] เกื้อเกียรติ ประดิษฐ์พรศิลป์ และคณะ. “TRT: THAILAND RENAL REPLACEMENT THERAPY YEAR 2009”. กรุงเทพฯ: สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย, 2554

[8] จันทนา ชื่นวิสิทธิ์. "Long term complication in chronic hemodialysis patients". ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการประจำปี 2552. ชมรมพยาบาลโรคไตแห่งประเทศไทย. Pave the way to seamless in RRT patients. โรงแรมปรินซ์พาเลซ กรุงเทพ; 2552.หน้า 34-74

[9] ธนิต จิรนันท์ธวัช และคณะ. Quality dialysis in the year 2010. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น, 2553

[10] สมชาย เอี่ยมอ่อง และเกื้อเกียรติ ประดิษฐ์พรศิลป์. Essentials in chronic hemodialysis. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย, 2548

Copyright © 2012 by the Journal of Information Science and Technology.