

ภาวะไมโครอัลบูมินูเรียและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ในโรงพยาบาลพระยีน จังหวัดขอนแก่น

พัทธนันท์ รัตนธรา¹ นิรัช สมยา² มนพัทธ์ ชำนาญพล³

¹กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลพระยีน

²กลุ่มการพยาบาล โรงพยาบาลพระยีน

³ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Received: July 15, 2025

Revised: November 21, 2025

Accepted: December 9, 2025

บทคัดย่อ

โรคเบาหวานเป็นโรคไม่ติดต่อที่มีความชุกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก และเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะแทรกซ้อนในหลายระบบของร่างกาย โดยเฉพาะโรคไตเรื้อรัง (chronic kidney disease) ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยและภาระของระบบสาธารณสุข งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความชุกและแนวโน้มของภาวะโปรตีนในปัสสาวะในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยใช้ค่า urine albumin-to-creatinine ratio (UACR) และผลการตรวจปัสสาวะแบบ dipstick จากข้อมูลเวชระเบียนย้อนหลังของผู้ป่วยจำนวน 499 ราย ที่มารับบริการในโรงพยาบาลพระยีน จังหวัดขอนแก่น ระหว่างปี พ.ศ. 2565-2567 การศึกษาดำเนินการในรูปแบบการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 64.93) อายุมีฐาน 61 ปี (IQR: 55-68) ผลการวิเคราะห์พบว่า ผู้ป่วยร้อยละ 31.26 มีค่า UACR ≥ 30 มิลลิกรัม/กรัม ครีเอตินีน ซึ่งถือว่าอยู่ในภาวะผิดปกติ และค่ามัธยฐาน UACR มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 10 มิลลิกรัม/กรัม ครีเอตินีน ในปี 2565 และ 2566 เป็น 20 มิลลิกรัม/กรัม ครีเอตินีน ในปี 2567 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะ UACR ผิดปกติ ได้แก่ เพศชาย (OR=2.09, $p < 0.001$), ระดับ HbA1c $\geq$ ร้อยละ 7.0 (OR=1.66, $p=0.044$), และค่าครีเอตินีนในเลือดที่สูงขึ้น (OR=1.89, $p=0.003$) แม้ว่าความดันโลหิตซิสโตลิกสูงจะแสดงแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่ไม่มีระดับนัยสำคัญ ($p=0.079$) ในขณะที่ตัวแปรอื่น เช่น อายุ ดัชนีมวลกาย พฤติกรรมการสูบบุหรี่ ระยะเวลาการเป็นเบาหวาน ระดับไขมันในเลือด และ eGFR ไม่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกพบว่าปัจจัยเพศชาย ระดับ HbA1c $\geq$ ร้อยละ 7.0 และค่าครีเอตินีนที่สูงกว่าเกณฑ์กลาง เป็นตัวพยากรณ์ที่สำคัญของภาวะไตเสื่อมในระยะเริ่มต้น ผลการศึกษานี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการตรวจคัดกรองค่า UACR อย่างสม่ำเสมอในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยเฉพาะในกลุ่มประชากรในพื้นที่ชนบทหรือภูมิภาค เช่น อำเภอยะยีน จังหวัดขอนแก่น เพื่อให้สามารถวางแผนการดูแลและป้องกันโรคไตเรื้อรังได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับชุมชน

คำสำคัญ: เบาหวานชนิดที่ 2; โรคไตเรื้อรัง; ไมโครอัลบูมินูเรีย; อัตราส่วนอัลบูมินต่อครีเอตินีนในปัสสาวะ; การตรวจคัดกรอง

ผู้พิมพ์และประสานงาน:

พัทธนันท์ รัตนธรา

กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลพระยีน

269 หมู่ 1 ตำบลพระยีน อำเภอยะยีน จังหวัดขอนแก่น 40320

อีเมล: rattanathara@gmail.com

Microalbuminuria and associated factors in type 2 diabetes patients at Phrayuen hospital, Khon Kaen province

Pattanan Rattanathara¹, Niracha Somya², Monpat Chamnanphon³

¹Department of Medical Technology, Phrayuen Hospital

²Nursing Department, Phrayuen Hospital

³Department of Pathology, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University

Abstract

Diabetes mellitus is a non-communicable disease with a steadily increasing prevalence worldwide and is a major cause of complications in multiple organ systems, especially chronic kidney disease (CKD), which significantly impacts patients' quality of life and imposes a burden on public health systems. This study aimed to assess the prevalence and trends of proteinuria in type 2 diabetes patients using the urine albumin-to-creatinine ratio (UACR) and dipstick urine test results from retrospective medical records of 499 patients attending Phrayuen hospital, Khon Kaen province, between 2022 and 2024. This descriptive cross-sectional study involved mostly female patients (64.93%) with a median age of 61 years (IQR: 55-68). The analysis revealed that 31.26% had abnormal UACR levels (≥ 30 mg/g Cr). Median UACR increased significantly from 10 mg/g Cr in 2022 and 2023 to 20 mg/g Cr in 2024 ($p < 0.001$). Factors significantly associated with abnormal UACR included male gender (OR=2.09, $p < 0.001$), HbA1c $\geq 7.0\%$ (OR=1.66, $p = 0.044$), and elevated serum creatinine (OR=1.89, $p = 0.003$). Although systolic blood pressure tended to increase with abnormal UACR, it was not statistically significant ($p = 0.079$). Other variables such as age, body mass index, smoking status, diabetes duration, blood lipid levels, and estimated glomerular filtration rate (eGFR) showed no significant associations. Logistic regression identified male gender, high HbA1c, and elevated serum creatinine as important predictors of early-stage kidney damage. The findings emphasize the importance of regular UACR screening, especially in rural or regional type 2 diabetes populations, to facilitate effective planning and prevention of chronic kidney disease at the community level.

Keywords: type 2 diabetes; chronic kidney disease; microalbuminuria; urine albumin-to-creatinine ratio; screening

Corresponding Author:

Pattanan Rattanathara

Department of Medical Technology, Phrayuen Hospital

269 Village No.1, Phrayuen Sub-district, Phrayuen District, Khon Kaen 40320, Thailand

E-mail: rattanathara@gmail.com

บทนำ

โรคเบาหวานเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (non-communicable diseases; NCDs) ที่มีความสำคัญทางสาธารณสุข เนื่องจากมีแนวโน้มอุบัติการณ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก¹ โดยเฉพาะในประเทศไทยได้ต่ำถึงปานกลาง ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบมากที่สุด² ปัจจุบันโรคเบาหวานยังคงเป็นปัญหาสุขภาพระดับโลกที่สำคัญ จากการประมาณการล่าสุดของสหพันธ์โรคเบาหวานนานาชาติ พบว่าจำนวนผู้ป่วยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนานโยบายและการจัดการโรคอย่างมีประสิทธิภาพ โรคเบาหวานนับเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทย โดยข้อมูลจากการศึกษาต่างๆ ชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มความชุกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากการประมาณการพบว่าประชากรผู้ใหญ่ไทยประมาณร้อยละ 9.6-9.9 ป่วยเป็นโรคเบาหวาน แต่ที่น่าสนใจคือยังมีผู้ป่วยจำนวนมากที่ยังไม่ได้รับการวินิจฉัยโรค^{3,4} โรคเบาหวานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดและการดำเนินของโรคไตเรื้อรัง (chronic kidney disease; CKD) โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ไม่ดี การคัดกรองและการแทรกแซงในระยะเริ่มต้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการชะลอความก้าวหน้าของความเสียหายที่เกิดขึ้นกับไต และช่วยลดความเสี่ยงของการเข้าสู่ภาวะไตวายระยะสุดท้าย (end-stage renal disease; ESRD)⁵ ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเรื้อรังส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อหลอดเลือดขนาดเล็กภายในไต ซึ่งเป็นต้นเหตุของภาวะไตเสื่อมในผู้ป่วยเบาหวาน (diabetic kidney disease; DKD) ลักษณะสำคัญของ DKD ได้แก่ การปรากฏของอัลบูมินในปัสสาวะ (albuminuria) และการลดลงของค่าอัตราการกรองของไตอย่างต่อเนื่องในระดับเนื้อเยื่อ มีการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิวิทยา ได้แก่ ภาวะพังผืดของโกลเมอรูลัส (glomerulosclerosis) และพังผืดในช่องว่างระหว่างท่อไต (tubulointerstitial fibrosis) ซึ่งร่วมกันส่งผลให้การทำงานของไตลดลง และนำไปสู่

CKD ระยะต่อไป^{6,7} ประมาณร้อยละ 40 ของผู้ป่วยเบาหวานมีภาวะไตเรื้อรังร่วมด้วย ทำให้การตรวจคัดกรองตั้งแต่ระยะต้นกลายเป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการป้องกันโรคในระยะยาว⁸ แนวทางการคัดกรองที่แนะนำ ได้แก่ การวัดอัตราส่วนอัลบูมินต่อครีเอตินินในปัสสาวะ และการประเมินค่าอัตราการกรองของไตโดยประมาณ (estimated glomerular filtration rate; eGFR) ตั้งแต่ช่วงที่ได้รับการวินิจฉัยเป็นเบาหวาน และควรดำเนินการซ้ำอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง^{8,9} การระบุภาวะผิดปกติในระยะต้นเปิดโอกาสให้สามารถแทรกแซงทางคลินิกได้ทันเวลา ซึ่งช่วยลดอัตราการเสื่อมของไตได้อย่างมีนัยสำคัญ¹⁰ การตรวจปัสสาวะเพื่อวัดระดับไมโครอัลบูมินโดยใช้แถบทดสอบเชิงกึ่งปริมาณ (semi-quantitative test) เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และเหมาะสมสำหรับการใช้งานในผู้ป่วยเบาหวานทั้งในพื้นที่เมืองและชนบท วิธีนี้ได้รับการยอมรับในระดับสากล เนื่องจากสามารถตรวจพบความผิดปกติในระยะเริ่มต้นของโรคไตเรื้อรังได้อย่างมีประสิทธิภาพ¹¹ ตามแนวทางของ The American Diabetes Association Guideline^{12,13} ระบุว่า ระดับไมโครอัลบูมินในปัสสาวะที่มากกว่า 30 mg/g Cr อาจบ่งชี้ถึงภาวะไมโครอัลบูมินูเรีย ซึ่งควรยืนยันผลด้วยการตรวจอัตราส่วนอัลบูมินต่อครีเอตินินในปัสสาวะ (urine albumin-to-creatinine ratio; UACR) หากผลการตรวจพบความผิดปกติอย่างน้อย 2 ใน 3 ครั้งในระยะเวลา 3-6 เดือน จะบ่งชี้ถึงภาวะเริ่มต้นของโรคไตเรื้อรัง¹³ การตรวจวิธีนี้ไม่เพียงมีบทบาทในการวินิจฉัยโรคเท่านั้น แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับติดตามผลการรักษา รวมถึงใช้ในการวางแผนการจัดการโรคในระยะยาว เพื่อชะลอการเสื่อมของไต และลดความเสี่ยงในการเข้าสู่ระยะไตวายเรื้อรังอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถจัดการโรคไตจากเบาหวาน และผลกระทบที่ตามมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การตรวจพบภาวะไมโครอัลบูมินูเรีย (microalbuminuria) ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น โดยเฉพาะในผู้ป่วยเบาหวาน มีความสำคัญอย่างยิ่งในการป้องกัน และลดความรุนแรงของภาวะแทรกซ้อนในหลอดเลือดฝอย

ซึ่งรวมถึงโรคไตจากเบาหวาน และการพัฒนาไปสู่โรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกของภาวะไมโครอัลบูมินูเรียในผู้ป่วยเบาหวาน โรงพยาบาลพระยีน และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของภาวะไมโครอัลบูมินูเรียกับปัจจัยความเสี่ยงด้านอื่นๆ เช่น อายุ เพศ ค่าดัชนีมวลกาย ค่าความดันโลหิต ค่าระดับน้ำตาลในเลือด ค่าไขมันในเลือด ระยะเวลาที่เป็นโรคเบาหวานและโรคร่วม เช่น โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น เพื่อนำไปประเมินภาวะไตเสื่อมระยะเริ่มต้นในผู้ป่วยเบาหวาน โรงพยาบาลพระยีน

วิธีการศึกษา

ขอบเขตและรูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (descriptive cross-sectional study) โดยใช้ข้อมูลจากเวชระเบียน เพื่อประเมินความชุกของภาวะไมโครอัลบูมินูเรียและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะดังกล่าวกับปัจจัยเสี่ยงในผู้ป่วยเบาหวาน การตรวจวัดค่า UACR ซึ่งเป็นเครื่องมือหลักในการประเมินภาวะไมโครอัลบูมินูเรีย ซึ่งถือเป็นตัวบ่งชี้สำคัญของภาวะไตเสื่อมในระยะเริ่มต้น การศึกษานี้เน้นการเก็บข้อมูลจากผู้ป่วยเบาหวานที่ได้รับการคัดเลือกตามเกณฑ์ในโรงพยาบาลพระยีน โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจทางคลินิกและห้องปฏิบัติการ รวมถึงการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำความเข้าใจกลไกของภาวะไตเสื่อมในระยะเริ่มต้น และสนับสนุนการสร้างองค์ความรู้ที่สามารถนำไปปรับใช้ในการประเมินความเสี่ยง และวางแผนการป้องกันภาวะไตวายในผู้ป่วยเบาหวาน ผลการวิจัยที่ได้จะช่วยสนับสนุนแนวทางการตรวจคัดกรอง และการจัดการผู้ป่วยเบาหวานในระยะเริ่มต้นอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะไตเสื่อมในระยะยาว และช่วยลดภาระทางเศรษฐกิจ และเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยในชุมชนที่เกี่ยวข้อง การวิจัยนี้ดำเนินการบนพื้นฐานของข้อมูลผู้ป่วยที่บันทึกไว้ในระบบโรงพยาบาล โดยได้รับการ

พิจารณาและอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น กระทรวงสาธารณสุข เลขที่โครงการวิจัย REC 079/2567 และคำนึงถึงการรักษาความลับและความเป็นส่วนตัวของข้อมูลผู้ป่วย ข้อมูลทั้งหมดได้รับการจัดการในลักษณะที่ไม่สามารถระบุตัวตนได้ (de-identified data) และมีการตรวจสอบความครบถ้วนถูกต้องของข้อมูล (data validation) โดยผู้วิจัยการเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการโดยไม่กระทบต่อการรักษา และไม่เพิ่มความเสี่ยงใดๆ ต่อผู้ป่วย และเนื่องจากการศึกษาข้อมูลที่มีอยู่แล้วเพื่อรับประกันความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่เก็บรวบรวมย้อนหลัง คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (data validation) โดยการสุ่มตัวอย่างเวชระเบียนร้อยละ 10 มาตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูลในระบบอิเล็กทรอนิกส์กับข้อมูลที่บันทึกไว้ และทำการตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูล (completeness) รวมถึงค้นหาค่าผิดปกติ (outliers) หรือข้อมูลที่ไม่สมเหตุผลผลก่อนนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรที่จะศึกษาเป็นผู้ป่วยเบาหวานที่มาตรวจสุขภาพประจำปี ในปีงบประมาณ 2565-2567 โดยมีเกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าศึกษา (inclusion criteria) คือ 1) เป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีค่า eGFR ≥ 60 ซึ่งส่วนใหญ่ยังไม่มีภาวะไตเสื่อม 2) มีผลตรวจ UACR และ/หรือ dipstick ครบ 3 ครั้งในระยะเวลา 3 ปี และเกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างออกจากการศึกษา (exclusion criteria) คือ 1) มีประวัติความผิดปกติของไตในอดีต เช่น นิ่วในทางเดินปัสสาวะ การบาดเจ็บที่ทางเดินปัสสาวะ และความผิดปกติอื่นๆ ที่ทำให้การทำงานของไตลดลง เช่น ภาวะติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ 2) ผู้หญิงที่ตั้งครรภ์ 3) มีหลักฐานการติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ (urinary tract infection) ในวันที่เก็บปัสสาวะ 4) มีภาวะ

เฉียบพลันอื่นๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อ การเพิ่มขึ้นของอัลบูมิน ในปัสสาวะชั่วคราว เช่น การมีไข้สูง หรือการออกกำลังกาย อย่างหนักก่อนการเก็บปัสสาวะ (หากมีบันทึกไว้)

โดยจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาวิจัย ในครั้งนี้มีจำนวน 499 คน คัดจากฐานข้อมูลประชากร เบาหวานทั้งหมดที่มาขึ้นทะเบียนรักษาที่โรงพยาบาล พระยีน ข้อมูล ณ ตุลาคม 2567 จำนวนทั้งหมด 2,600 คน คำนวณกลุ่มตัวอย่าง

ใช้สูตรของ Taro Yamane¹² เนื่องจากเป็นสูตร ที่เหมาะสมสำหรับกรวิจัยเชิงสำรวจเมื่อทราบจำนวน ประชากรที่แน่นอน และต้องการขนาดตัวอย่างที่เป็น ตัวแทนของประชากร โดยยอมรับความคลาดเคลื่อนที่ ร้อยละ 5

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)}$$

โดย

n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N คือ ขนาดของประชากร

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (ร้อยละ 5)

จากสูตรคำนวณได้จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม สำหรับงานวิจัยนี้คือ ประมาณอย่างน้อย 347 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ และรายงาน ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย

1. แบบบันทึกข้อมูล (data collection form) ใช้สำหรับรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย เช่น อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย ระดับน้ำตาลในเลือด ระดับ ไชมันในเลือด ความดันโลหิต ระยะเวลาที่เป็นเบาหวาน และโรคร่วม เช่น ความดันโลหิตสูง

2. การตรวจวัดค่า urine albumin-to-creatinine ratio, microalbumin, urine creatinine จาก random urine โดยแถบทดสอบเชิงกึ่งปริมาณ (semi-quantitative test) เพื่อประเมินภาวะ ไมโครอัลบูมินูเรียโดยใช้หลักการ reflectance photometer ชนิด dual wavelength สำหรับการ ตรวจสอบเคมีในปัสสาวะ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ใน การตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ เครื่องตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะ อัตโนมัติ URIT-500B แถบทดสอบ URIT 14G strip urine tube สำหรับเก็บปัสสาวะ ผ้าก๊อช/กระดาดชำระ สำหรับซับปัสสาวะส่วนเกิน pasture pipette สำหรับ ดูดปัสสาวะหยดลงบนแถบทดสอบ ใช้ในกรณีเก็บ ปัสสาวะได้น้อย

การรายงานผล

การรายงานผลของอัตราส่วนอัลบูมินต่อ ครีเอตินีนจากค่าการตรวจวัดอัลบูมินและครีเอตินีน ในปัสสาวะ เพื่อใช้ประเมินภาวะโปรตีนในปัสสาวะ ในระดับต่างๆ ดังตารางที่ 1 (Table 1)

Table 1 Urine microalbumin-to-creatinine ratio reference table

		Creatinine (Cr)				
		≤10 mg/dL ≤ 0.9 mmol/L	50 mg/dL 4.4 mmol/L	100 mg/dL 8.8 mmol/L	200 mg/dL 17.6 mmol/L	≥300 mg/dL ≥26.4 mmol/L
mAlb (MA)	≤1 mg/dL ≤10 mg/L	ทดสอบใหม่ *	20 mg/g Cr 2.3 mg/mmol Cr	10 mg/g Cr 1.1 mg/mmol Cr	5 mg/g Cr 0.6 mg/mmol Cr	3 mg/g Cr 0.4 mg/mmol Cr
	3 mg/dL 30 mg/L	300 mg/g Cr 33.9 mg/mmol Cr	60 mg/g Cr 6.8 mg/mmol Cr	30 mg/g Cr 3.4 mg/mmol Cr	15 mg/g Cr 1.7 mg/mmol Cr	10 mg/g Cr 1.1 mg/mmol Cr
	8 mg/dL 80 mg/L	800 mg/g Cr 90.4 mg/mmol Cr	160 mg/g Cr 18.1 mg/mmol Cr	80 mg/g Cr 9.0 mg/mmol Cr	40 mg/g Cr 4.5 mg/mmol Cr	27 mg/g Cr 3.0 mg/mmol Cr
	≥15 mg/dL ≥150 mg/L	1,500 mg/g Cr 169.5 mg/mmol Cr	300 mg/g Cr 33.9 mg/mmol Cr	150 mg/g Cr 16.9 mg/mmol Cr	75 mg/g Cr 8.5 mg/mmol Cr	50 mg/g Cr 5.6 mg/mmol Cr

* ไม่สามารถแปลผลได้เนื่องจากปัสสาวะอาจจะถูกทำให้เจือจาง ควรทำการทดสอบใหม่

เกณฑ์การวินิจฉัยตามแนวทาง American diabetes association (ADA) guideline^{13,14}

ตามแนวทางของ ADA การวินิจฉัยภาวะโปรตีนในปัสสาวะใช้ค่า UACR ดังนี้ normoalbuminuria ถูกวินิจฉัยเมื่อค่า UACR น้อยกว่า 30 mg/g Cr และ dipstick negative/trace ขณะที่ไมโครอัลบูมินูเรีย ถูกวินิจฉัยเมื่อค่า UACR อยู่ในช่วง 30-299 mg/g Cr หรือ dipstick 1+ (โดยไม่มีสาเหตุอื่น เช่น การติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ) และ macroalbuminuria ถูกวินิจฉัยเมื่อค่า UACR อยู่ในปัสสาวะมากกว่า 300 mg/g Cr (dipstick ≥2+) การวินิจฉัยควรยืนยันผลด้วยการตรวจซ้ำอย่างน้อย 2 ใน 3 ครั้งภายในระยะเวลา 3-6 เดือน เพื่อให้มั่นใจในความถูกต้องของผลการวินิจฉัย

เกณฑ์การวินิจฉัยภาวะโปรตีนในปัสสาวะในผู้ป่วยเบาหวาน (diagnostic criteria for proteinuria in diabetic patients)

เกณฑ์นี้มีความสำคัญต่อการระบุผู้ป่วยที่ยังไม่แสดงสัญญาณของความเสียหายของไตที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวานช่วยให้สามารถแทรกแซงและตรวจสอบได้ในระยะแรกโดยการจำแนกตามค่า UACR สามารถแบ่งเกณฑ์การวินิจฉัยออกเป็นสองกลุ่มหลัก ได้แก่

ภาวะปกติ (normal) และภาวะผิดปกติ (abnormal) โดยพิจารณาจากค่า UACR ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ภาวะปกติ หมายถึง ผู้ป่วยที่มีผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการแสดงค่า UACR น้อยกว่า 30 มิลลิกรัมต่อกรัมครีเอตินีน (UACR <30 mg/g Cr) ในอย่างน้อย 2 หรือ 3 ครั้งของการตรวจ จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มภาวะปกติ ซึ่งบ่งชี้ว่าไม่มีการรั่วไหลของโปรตีนในปัสสาวะที่มีนัยสำคัญทางคลินิก และภาวะผิดปกติ หมายถึง ผู้ป่วยที่มีผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการแสดงค่า UACR ในช่วง 30-299 มิลลิกรัมต่อกรัมครีเอตินีน (UACR 30-299 mg/g Cr) หรือค่า UACR มากกว่าหรือเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อกรัมครีเอตินีน (UACR ≥300 mg/g Cr) ในอย่างน้อย 2 ครั้งของการตรวจ จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มภาวะผิดปกติ ซึ่งสะท้อนถึงการมีภาวะโปรตีนในปัสสาวะที่ผิดปกติ (microalbuminuria หรือ macroalbuminuria) ที่อาจบ่งชี้ถึงความเสียหายของไตในระยะเริ่มต้น หรือระยะที่รุนแรงขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมานในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการวิเคราะห์เชิงพรรณนา เช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน และพิสัยระหว่างควอไทล์ (IQR) ถูกใช้

เพื่อสรุปลักษณะพื้นฐานของผู้ป่วย เช่น อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) ความดันโลหิต ระดับน้ำตาลในเลือด ระดับไขมันในเลือด และระยะเวลาที่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน ความชุกของภาวะไมโครอัลบูมินูเรียนำเสนอในรูปแบบเปอร์เซ็นต์พร้อมช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การวิเคราะห์เชิงอนุมาน เช่น การทดสอบไคสแควร์หรือ Fisher's exact test สำหรับตัวแปรเชิงกลุ่ม และ t-test หรือ Mann-Whitney U test สำหรับตัวแปรเชิงปริมาณ ถูกใช้เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างภาวะไมโครอัลบูมินูเรีย และปัจจัยเสี่ยง การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกแบบพหุตัวแปร ใช้ในการระบุปัจจัยเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์อย่างอิสระ โดยผลการวิเคราะห์แสดงในรูปของอัตราส่วนความเสี่ยงสัมพัทธ์ (odd ratio; OR) พร้อมช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS version 29 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA) และนำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบตารางและแผนภูมิ

ผลการศึกษา

ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 499 ราย พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 64.93) โดยมีอายุมัธยฐานเท่ากับ 61 ปี (IQR: 55-68) และ

กลุ่มอายุที่พบมากที่สุดคือ ช่วง 60-74 ปี (ร้อยละ 48.1) ดัชนีมวลกายมีค่ามัธยฐานอยู่ที่ 25.39 กก./ตร.ม. (IQR: 22.77-28.53) ซึ่งอยู่ในระดับน้ำหนักเกินตามเกณฑ์ประชากรไทย ข้อมูลพารามิเตอร์ทางคลินิกอื่นๆ พบว่า ระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1c) มีมัธยฐาน ร้อยละ 7.6 (IQR: 6.7-8.6), ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (systolic BP) มัธยฐาน 129 มม.ปรอท (IQR: 124-139), ความดันขณะหัวใจคลายตัว (diastolic BP) มัธยฐาน 73 มม.ปรอท (IQR: 66-79), ค่า serum creatinine มีมัธยฐาน 0.79 มก./ดล. (IQR: 0.67-0.91) และค่าการกรองของไตโดยประมาณ (eGFR) มัธยฐาน 86 มล./นาที่/1.73 ม.² (IQR: 72.5-98) สะท้อนถึงระดับการทำงานของไตที่ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติในภาพรวม อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังในช่วงสามปี พบว่าค่า UACR มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ดังรูปที่ 1 (Figure 1) โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2567 ที่มีค่ามัธยฐานเพิ่มขึ้นเป็น 20 mg/g Cr เมื่อเทียบกับ 10 mg/g Cr ในปี พ.ศ. 2565 และ 2566 ผู้ป่วยที่มีค่า UACR ≥ 30 mg/g Cr มีแนวโน้มที่จะมีระดับ HbA1c สูงกว่า และมีค่าครีเอตินินในเลือดสูงกว่ากลุ่มที่มีค่า UACR ปกติ ซึ่งสอดคล้องกับกลไกทางพยาธิสรีรวิทยาของการเกิดภาวะไตเสื่อมในผู้ป่วยเบาหวานระยะเริ่มต้น

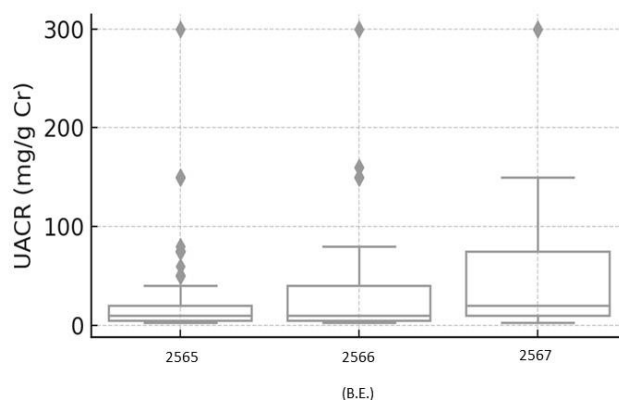


Figure 1 The comparison of UACR values (mg/g Cr) between academic years using the Friedman test

การแบ่งกลุ่มตามสถานะ UACR

ผู้ป่วยที่เข้าร่วมการศึกษาถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มตามค่าการตรวจ UACR ได้แก่ กลุ่มที่มีค่า UACR อยู่ในเกณฑ์ปกติ ($\text{UACR} < 30 \text{ mg/g Cr}$) จำนวน 343 ราย (ร้อยละ 68.74) และกลุ่มที่มีค่า UACR ผิดปกติ ($\text{UACR} \geq 30 \text{ mg/g Cr}$) จำนวน 156 ราย (ร้อยละ 31.26) ผลการวิเคราะห์พบว่า เพศชายมีส่วนในกลุ่มผิดปกติสูงกว่ากลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละ 46.79 เทียบกับ ร้อยละ 29.74, $p < 0.001$) และมีความเสี่ยงต่อภาวะ UACR ผิดปกติสูงกว่าเพศหญิงถึงสองเท่า ($\text{OR} = 2.09$, $p < 0.001$) ในด้านตัวชี้วัดทางคลินิก พบว่า กลุ่มที่มีค่า UACR ผิดปกติมีระดับ HbA1c สูงกว่ากลุ่มปกติ (มัธยฐาน ร้อยละ 7.7 เทียบกับ ร้อยละ 7.5, $p = 0.044$) และผู้ที่มีระดับ HbA1c สูงกว่าร้อยละ 7.0 มีความเสี่ยงต่อภาวะไตเสื่อมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($\text{OR} = 1.66$, $p = 0.044$) นอกจากนี้ ค่าครีเอตินินในเลือดในกลุ่มผิดปกติยังสูงกว่ากลุ่มปกติ (มัธยฐาน 0.83 เทียบกับ 0.76 mg/dL , $p = 0.003$) และเมื่อพิจารณาระดับครีเอตินินที่สูงกว่าค่ามัธยฐาน ($\geq 0.79 \text{ mg/dL}$) พบว่ามีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นต่อภาวะ UACR ผิดปกติ ($\text{OR} = 1.89$, $p = 0.003$) ซึ่งสะท้อนถึงการทำงานของไตที่ลดลงโดยสรุป ปัจจัยที่มีค่า OR มากกว่า 1 ได้แก่ เพศชาย ระดับ HbA1c สูง และค่าครีเอตินินที่เกินเกณฑ์ล้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อภาวะไตเสื่อมในระยะเริ่มต้น ขณะที่ปัจจัยอื่นๆ เช่น อายุ ดัชนีมวลกาย และค่าความดันโลหิตไม่แสดงความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 2 (Table 2)

การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกและการประเมินโมเดล

การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก (logistic regression) ถูกใช้เพื่อศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับภาวะไตเสื่อมในระยะเริ่มต้น โดยประเมินจากค่า UACR $\geq 30 \text{ mg/g Cr}$ ในช่วง 3 ปี โมเดลถูกพัฒนาด้วยเทคนิค stepwise logistic regression แบบ backward

elimination ร่วมกับ clinical judgment เพื่อแก้ปัญหา multicollinearity และเลือกตัวแปรที่สมดุลระหว่างคุณสมบัติทางสถิติและการประยุกต์ใช้งานจริงจากการวิเคราะห์ variance inflation factor (VIF) พบว่า ตัวแปร เช่น weight, height, BMI, creatinine, cholesterol และ LDL-C มีความซ้ำซ้อนสูง จึงปรับลดเหลือเฉพาะตัวแปรที่เหมาะสม เช่น BMI, eGFR และ LDL-C โมเดลขั้นสุดท้าย ประกอบด้วย ตัวแปรสำคัญ เช่น sex ($\text{OR} = 2.03$, $p < 0.001$), age ($\text{OR} < 1$, $p = 0.048$), HbA1c ($\text{OR} = 1.14$, $p = 0.031$), eGFR ($\text{OR} < 1$, $p = 0.084$) และ hypertension ($\text{OR} = 1.35$, $p = 0.229$) แม้บางตัวแปรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังคงไว้ในโมเดลเนื่องจากความสำคัญทางคลินิก ดังตารางที่ 3 (Table 3) ผลการประเมินความสามารถของโมเดลด้วยค่า AUC (0.64) แสดงว่า สามารถจำแนกระดับความเสี่ยงได้ปานกลาง และ Hosmer-Lemeshow test ($p = 0.685$) ยืนยันความเหมาะสมของโมเดลในการทำนายความเสี่ยง

การพัฒนา Risk score prediction

Risk score ถูกพัฒนาโดยแปลงค่าสัมประสิทธิ์ (logit coefficients, β) เป็นคะแนน 0-5 โดยเพศชายได้คะแนนสูงสุด (5 คะแนน) เนื่องจากเป็นปัจจัยเสี่ยงที่โดดเด่นตามด้วย hypertension (2 คะแนน) และ HbA1c (1 คะแนน) แม้ตัวแปร age และ eGFR จะไม่ได้รับคะแนน แต่ยังคงไว้ในโมเดลเพื่อสะท้อนความสำคัญทางคลินิก การรวมคะแนนทั้งหมด (0-8) แบ่งระดับความเสี่ยงเป็นสามกลุ่ม ได้แก่ low risk (0-2 คะแนน, ความเสี่ยง ร้อยละ 23.6), moderate risk (3-5 คะแนน, ความเสี่ยง ร้อยละ 35.1) และ high risk (6-8 คะแนน, ความเสี่ยง ร้อยละ 44.8) Risk score นี้สามารถนำไปใช้ในคลินิกเพื่อคัดกรอง และวางแผนการดูแลผู้ป่วยเบาหวานที่มีความเสี่ยงสูงต่อภาวะไตเสื่อม ดังตารางที่ 4 (Table 4)

Table 2 Clinical characteristics and laboratory results of study participants classified by UACR status over a 3-year period

Variables	All (n=499)	UACR normal (n=343)	UACR abnormal (n=156)	p-value
	Median (IQR)/n(%)	Median (IQR)/n(%)	Median (IQR)/n(%)	
Age (years)	61 (55-68)	62 (56-67.5)	59.5 (53-68)	0.067 ^a
<40	14 (2.81)	8 (2.33)	6 (3.85)	0.233 ^b
40-59	205 (41.08)	133 (38.78)	72 (46.15)	
60-74	240 (48.1)	175 (51.02)	65 (41.67)	
≥75	40 (8.02)	27 (7.87)	13 (8.33)	
Sex				<0.001 ^b
Male	175 (35.07)	102 (29.74)	73 (46.79)	
Female	324 (64.93)	241 (70.26)	83 (53.21)	
Smoking status				0.878 ^b
Yes	7 (1.40)	5 (1.46)	2 (1.28)	
No	492 (98.60)	338 (98.54)	154 (98.72)	
BMI (kg/m ²)	25.39 (22.77-28.53)	25.2 (22.8-28.4)	25.65 (22.6-28.53)	0.570 ^a
Underweight (<18.5)	14 (2.82)	13 (3.81)	1 (0.64)	0.053 ^b
Normal range (18.5-22.9)	120 (24.14)	78 (22.87)	42 (26.92)	
Overweight at risk (23.0-24.9)	97 (19.52)	74 (21.70)	23 (14.74)	
Obese I (25.0-29.9)	192 (38.63)	126 (36.95)	66 (42.31)	
Obese II (≥30.0)	74 (4.89)	50 (14.66)	24 (15.38)	
Weight (kg)	62 (55-71)	61 (55-70)	63 (56-74)	0.060 ^a
Height (cm)	156 (151-163)	155 (150-161)	157 (151-165)	0.052 ^a
Hypertension defined				0.178 ^b
Normal (<140/90 mmHg)	409 (81.96)	287 (83.67)	122 (78.21)	
High (≥140/90 mmHg)	90 (18.04)	56 (16.33)	34 (21.79)	
Systolic blood pressure (mmHg)	129 (124-139)	129 (123-138)	129.5 (125.75-139)	0.079 ^a
Diastolic blood pressure (mmHg)	73 (66-79)	72 (65-79)	74 (68-79.25)	0.116 ^a
Duration of diabetes (years)	7 (3-13)	7 (3-13)	7 (4-14)	0.528 ^a
<5	152 (30.46)	105 (30.61)	47 (30.13)	0.556 ^b
5-10	174 (34.87)	124 (36.15)	50 (32.05)	
>10	173 (34.67)	114 (33.24)	59 (37.82)	

Table 2 Continued

Variables	All (n=499)	UACR normal (n=343)	UACR abnormal (n=156)	p-value
	Median (IQR)/n(%)	Median (IQR)/n(%)	Median (IQR)/n(%)	
FBS (mg/dl)	135 (117.5-163)	134 (117-159.5)	139.5 (118-175)	0.187 ^a
Low (<80)	8 (1.6)	5 (1.46)	3 (1.92)	0.683 ^b
In target (80-130)	215 (43.09)	152 (44.31)	63 (40.39)	
High (>130)	276 (55.31)	186 (54.23)	90 (57.69)	
HbA1c (%)	7.6 (6.7-8.6)	7.5 (6.6-8.5)	7.7 (6.9-8.83)	0.044 ^a
<7.0	161 (32.39)	120 (35.19)	41 (26.28)	0.124 ^b
7.1-8.0	147 (29.58)	99 (29.03)	48 (30.77)	
≥8.1	189 (38.03)	121 (35.78)	67 (42.95)	
Serum creatinine (mg/dL)	0.79 (0.67-0.91)	0.76 (0.67-0.89)	0.83 (0.69-1.00)	0.003 ^a
eGFR (mL/min/1.73m ²)	86 (72.5-98)	87 (74-98)	82.5 (71-99.25)	0.337 ^a
Total cholesterol (mg/dl)	167 (142-192)	167 (142-192)	168.5 (140.75-189)	0.445 ^a
Desirable (<200)	396 (79.68)	272 (79.77)	124 (79.49)	1.000 ^b
High (≥200)	101 (20.32)	69 (20.23)	32 (20.51)	
Triglyceride (mg/dl)	127 (89-173)	125 (89-168)	130.5 (89.75-183)	0.216 ^a
Normal (<150 mg/dl)	310 (62.37)	218 (64.31)	92 (58.23)	0.338 ^b
High (≥150 mg/dl)	187 (37.63)	121 (35.69)	66 (41.77)	
HDL-C (mg/dl)	42 (35-50)	42 (35-50)	41 (33-49)	0.304 ^a
Normal (≥50 mg/dl)	126 (25.35)	91 (26.69)	35 (22.44)	0.368 ^b
Low (≤49 mg/dl)	371 (74.65)	250 (73.31)	121 (77.56)	
LDL-C (mg/dl)	94 (74-115)	93 (74-114)	95 (76-117.25)	0.512 ^a
Normal (<100 mg/dl)	277 (55.73)	190 (55.72)	87 (55.77)	1.000 ^b
High (≥100 mg/dl)	220 (44.27)	151 (44.28)	69 (44.23)	

IQR = Interquartile range; BMI = Body mass index; FBS = Fasting blood sugar; HbA1c = Hemoglobin A1c; HDL-C = High-density lipoprotein cholesterol; LDL-C = Low-density lipoprotein cholesterol

UACR normal (<30 mg/g Cr), UACR abnormal (≥30 mg/g Cr)

^aMann-Whitney U test, ^bChi-square test

Table 3 Logistic regression analysis results

Variables	Coefficient	OR	95% CI of OR	p-value	Interpretation
Sex (male)	+0.709	2.03	1.35 - 3.05	<0.001	Males have a 2.03 times higher risk of abnormal UACR compared to females.
Age (years)	-0.025	0.97	0.95 - 1.00	0.048	A one-year increase in age reduces CKD risk by ~2.6%.
HbA1c (%)	+0.128	1.14	1.01 - 1.28	0.031	Higher HbA1c levels are associated with increased risk.
eGFR	-0.013	0.99	0.97 - 1.00	0.084	Higher eGFR shows a tendency toward reduced risk, but this is not statistically significant.
Hypertension	+0.303	1.35	0.83 - 2.22	0.229	Hypertension tends to increase risk, but not significantly.

(1) An OR (odds ratio) greater than 1 indicates increased risk of CKD, while an OR less than 1 indicates a risk-reducing factor. (2) A positive coefficient (+) indicates the variable increases risk, and a negative coefficient (-) indicates the variable decreases risk.

Table 4 Summary of risk score for assessing the risk of kidney disease in diabetic patients

Risk level	Total score	Number of patients (n)	Patients with abnormal UACR at 3 years	Risk (%)
Low risk	0-2	276	65	23.6
Moderate risk	3-5	77	27	35.1
High risk	6-8	143	64	44.8

อภิปรายผล

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (descriptive cross-sectional study) โดยใช้วิธีทบทวนเวชระเบียนย้อนหลัง (retrospective chart review) จากกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 499 ราย ที่เข้ารับการรักษา ณ โรงพยาบาลพระยีน จังหวัดขอนแก่น ระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2565-2567 การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินภาวะไตเสื่อมระยะเริ่มต้นในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยใช้ค่า urine microalbumin-to-creatinine ratio (UACR) เป็นตัวชี้วัดหลัก พบว่า UACR มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตลอดช่วงการศึกษาสามปี (พ.ศ. 2565-2567, $p < 0.001$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Perkins และคณะ (2003) ที่ชี้ว่า UACR เป็นตัวชี้วัดที่ไวต่อ

การเปลี่ยนแปลงของการทำงานของไต โดยเฉพาะในระยะแรกของโรคไตเรื้อรังในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1 และยังสามารถกลับสู่ภาวะปกติได้หากควบคุมปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม เช่น ระดับน้ำตาลและความดันโลหิต¹⁵ นอกจากนี้ Shivhare S และคณะ¹⁶ ยืนยันว่า UACR มีบทบาทสำคัญในการระบุความเสียหายของไตในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของ^{17,18} ที่ระบุว่า UACR ที่สูงสัมพันธ์กับความเสี่ยงของ CKD และสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดในการเฝ้าระวังการดำเนินของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาปัจจัยเสี่ยง พบว่า เพศชายมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับภาวะ UACR ผิดปกติ ($OR = 2.09, p < 0.001$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Retnakaran R และคณะ¹⁹ ในโครงการ UKPDS 74

และของ Wan KS และคณะ²⁰, Ahmed Aziz KM²¹ และ Skalkos E และคณะ²² ที่พบว่า เพศชายเป็นปัจจัยเสี่ยงอิสระของโรคไตจากเบาหวาน นอกจากนี้ Liu M และคณะ²³ ยังรายงานว่เส้นรอบวงเอวที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในผู้ชาย มีความสัมพันธ์กับภาวะโปรตีนในปัสสาวะใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความเสี่ยงที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ โดยเพศชายได้รับคะแนนสูงสุด การที่เพศชายได้รับคะแนนสูงสุดอาจสะท้อนถึงปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพ ความแตกต่างของฮอร์โมน และการตอบสนองต่อการอักเสบที่แตกต่างจากเพศหญิง

การศึกษานี้พบว่า การควบคุมระดับน้ำตาลที่ไม่ดี ($HbA1c \geq$ ร้อยละ 7.0) มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของภาวะ UACR ผิดปกติ ทั้งในการวิเคราะห์เบื้องต้น ($OR=1.66, p=0.044$) และในโมเดล logistic regression ($OR=1.14, p=0.031$) ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษา UKPDS (1998) ที่แสดงให้เห็นว่าการควบคุมระดับน้ำตาลอย่างเข้มงวด ($HbA1c$ ค่ามัธยฐานร้อยละ 7.0 เทียบกับ ร้อยละ 7.9) สามารถลดภาวะแทรกซ้อนของโรคเส้นเลือดฝอยได้ถึง ร้อยละ 25²⁴ นอกจากนี้ การศึกษาของ Chowdhury S และคณะ²⁵ พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างระดับ $HbA1c$ ที่สูงขึ้นกับความชุกของภาวะไมโครอัลบูมินูเรีย โดยพบว่าไมโครอัลบูมินูเรียเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 33.33 ในกลุ่มที่มี $HbA1c$ ร้อยละ 6.1-6.9 เป็น ร้อยละ 75 ในกลุ่มที่มี $HbA1c$ ร้อยละ 7.1-7.9 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการควบคุมระดับน้ำตาลที่ไม่ดีเป็นปัจจัยทำนายสำคัญของความผิดปกติของไต ในระยะแรกการศึกษาของ Kuo IC และคณะ²⁶ เสริมว่าค่า $HbA1c$ ที่สูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ทางคลินิกที่ไม่พึงประสงค์ในผู้ป่วยเบาหวานที่มี CKD ระยะที่ 3-4 และยังชี้ว่าค่าการทำนายของ $HbA1c$ มีความสำคัญมากในระยะก่อนหน้า CKD ขณะที่ Cheng D และคณะ²⁷ พบว่าความแปรปรวนของ $HbA1c$ มีความสัมพันธ์อย่างอิสระกับการพัฒนาของไมโครอัลบูมินูเรีย และการลุกลามของโรคไตในผู้ป่วยเบาหวานทั้งชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2

ผลการศึกษาระบุว่าผู้ป่วยที่มีระดับครีเอตินีนในซีรัมสูงกว่าค่ามัธยฐาน (≥ 0.79 มก./ดล.) มีความเสี่ยงต่อภาวะ UACR ผิดปกติเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($OR=1.89, p=0.003$) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างการทำงานของไตกับภาวะอัลบูมินูเรีย²⁸ การค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Gibb DM และคณะ²⁹ ที่รายงานความเชื่อมโยงระหว่างค่าครีเอตินีนที่สูงกับความผิดปกติของไตในทางคลินิก ความสัมพันธ์นี้มีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากระดับครีเอตินีนที่สูงขึ้นอาจเป็นสัญญาณบ่งชี้ถึงการเสื่อมสภาพของไต และความเสียหายของเนื้อไต³⁰ โดยครีเอตินีนในซีรัมที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงประสิทธิภาพการกรองของไตที่ลดลง³¹ ในขณะที่ค่า UACR ที่ผิดปกติชี้ให้เห็นถึงความเสียหายของเยื่อกรองที่โกลเมอรูลัส ทำให้เกิดการรั่วของอัลบูมิน³² การศึกษานี้จึงเน้นย้ำถึงความสำคัญของการติดตามทั้งระดับครีเอตินีนในซีรัมและค่า UACR อย่างสม่ำเสมอ เพื่อประเมินสุขภาพไตและคัดกรองผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไตเรื้อรัง³³ การตรวจติดตามทั้งสองค่าดังกล่าวจะช่วยให้สามารถประเมินการทำงานของไตได้อย่างครอบคลุมทั้งในด้านการกรองของเสีย และการรั่วซึมของโปรตีนแม้ว่าความดันโลหิตซิสโตลิกสูง ($SBP \geq 140$ mmHg) จะไม่แสดงความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($OR=1.35, p=0.229$) แต่ทิศทางของผลลัพธ์ยังสนับสนุนความสัมพันธ์เชิงบวกต่อ DKD ดังที่แสดงในงานวิจัยของ Okawa Y & Mitsuhashi T³⁴, Sabanayagam C และคณะ³⁵ และ Shanmugham S & Bhadauria DS³⁶ โดยความดันโลหิตสูงมีบทบาทสำคัญต่อการลุกลามของ CKD และ DKD

ผลการวิเคราะห์โมเดล Logistic regression พบว่า เพศชาย อายุที่น้อยลง ระดับ $HbA1c$ ที่สูงขึ้น และ eGFR ที่ลดลง เป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับภาวะไตเสื่อมในระดับที่มีนัยสำคัญบางตัวแปร ($p=0.084$) อย่างไรก็ตาม การที่ค่า eGFR ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ส่วนใหญ่ยังมีค่า eGFR

อยู่ในเกณฑ์ปกติ (มัธยฐาน 86 มล./นาที/1.73 ม.²) ซึ่งในระยะนี้ UACR ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความเสียหายของเยื่อกรองที่โกลเมอรูลัส (glomerular damage) จะมีความไวว่าการลดลงของ eGFR ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การทำงานของไตที่ลดลง โดยมี AUC ของโมเดลเท่ากับ 0.64 ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการจำแนกระดับปานกลาง โมเดลนี้มีความเหมาะสมทางสถิติ (Hosmer-Lemeshow $p=0.685$) และสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการคัดกรองกลุ่มเสี่ยงได้ในระดับเบื้องต้นเมื่อพัฒนาคะแนนความเสี่ยง (risk score) จากโมเดล logistic regression ที่ใช้ตัวแปรทางคลินิก ได้แก่ เพศ อายุ ระดับ HbA1c ความดันโลหิต และ eGFR พบว่าเพศชาย ความดันโลหิตสูง และระดับ HbA1c เป็นตัวแปรที่มีน้ำหนักมากที่สุดในโมเดล ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา UKPDS (1998)³⁷ และคำแนะนำจากแนวทาง KDIGO (2020)⁵ ที่เน้นความสำคัญของการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและความดันโลหิต เพื่อลดความเสี่ยงของโรคไตเรื้อรัง ขณะที่ระดับ HbA1c ที่สูงสัมพันธ์กับกลไกการเกิด glycation ของโปรตีนและกระบวนการอักเสบเรื้อรัง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะไตเสื่อม ความดันโลหิตสูงเองก็เป็นปัจจัยเสี่ยงที่มีบทบาทโดยตรงต่อการเกิด proteinuria และ nephropathy อย่างไรก็ตาม แม้ว่าค่าดัชนีความสามารถของโมเดล (AUC) ยังอยู่ในระดับปานกลาง (0.64) และต่ำกว่าหลายโมเดลที่ใช้เทคนิค machine learning ซึ่งสามารถให้ AUC >0.95^{38,39} แต่โมเดลนี้มีข้อดีด้านความเรียบง่าย โปร่งใส และสามารถประยุกต์ใช้ในสถานพยาบาลระดับปฐมภูมิได้จริง ทั้งในด้านการคัดกรองเบื้องต้น และวางแผนการดูแลระยะยาวสำหรับผู้ป่วยเบาหวานที่มีความเสี่ยงต่อภาวะไตเสื่อม โดยสรุป การศึกษานี้ยืนยันว่า UACR เป็นเครื่องมือคัดกรองที่มีประสิทธิภาพสำหรับภาวะไตเสื่อมในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 และสามารถผสมเข้ากับปัจจัยเสี่ยงทางคลินิกอื่นๆ เพื่อพัฒนาระบบพยากรณ์ และแนวทางการติดตามผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการศึกษาวิจัยนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนามาตรการป้องกัน และจัดการความเสี่ยงของภาวะไมโครอัลบูมินูเรียในผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูง ดังนี้ ประการแรก ควรมีการตรวจคัดกรองระดับอัลบูมินในปัสสาวะ (UACR) อย่างสม่ำเสมอในผู้ป่วยเบาหวาน และผู้ที่มีความดันโลหิตสูง เพื่อการตรวจพบโรคไตเรื้อรังในระยะเริ่มต้น และเริ่มต้นการรักษาได้ทันเวลาที่ ประการที่สอง การควบคุมความดันโลหิตให้อยู่ในระดับเป้าหมาย โดยเฉพาะการใช้ยาในกลุ่ม ACE inhibitors หรือ ARBs ร่วมกับการปรับพฤติกรรมสุขภาพ เช่น การลดปริมาณโซเดียมในอาหาร จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดไมโครอัลบูมินูเรีย ประการที่สาม การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้เหมาะสม โดยรักษาระดับ HbA1c ให้อยู่ต่ำกว่า ร้อยละ 7 ตามคำแนะนำของ American Diabetes Association จะช่วยลดความเสี่ยงของภาวะแทรกซ้อนทางไต ประการที่สี่ การส่งเสริมการลดน้ำหนักในผู้ป่วยที่มีน้ำหนักเกิน ผ่านโปรแกรมการควบคุมอาหาร และการออกกำลังกาย จะช่วยลดความเสี่ยงของไมโครอัลบูมินูเรีย ประการที่ห้า การจัดการไขมันในเลือดในผู้ป่วยที่มีระดับไขมันในเลือดสูง ควรพิจารณาใช้ยา statins ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดระดับอัลบูมินในปัสสาวะ และลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด สุดท้าย ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมในประชากรไทย เพื่อสำรวจปัจจัยเฉพาะที่อาจส่งผลกระทบต่อระดับ UACR ในบริบทของสังคมไทย เช่น ความแตกต่างทางพันธุกรรม และพฤติกรรมสุขภาพ เพื่อพัฒนามาตรการป้องกัน และการจัดการที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศ

ข้อจำกัดหลักของการศึกษานี้เกิดจากการที่เป็นการทบทวนเวชระเบียนย้อนหลัง จึงมีข้อจำกัดในการควบคุมปัจจัยกวนหลายประการที่ทราบว่ามีผลต่อระดับ UACR โดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ประวัติการใช้ยาของผู้ป่วย เช่น ยากลุ่ม Angiotensin-converting enzyme inhibitors (ACEI) หรือ Angiotensin II receptor blockers (ARBs) ซึ่งมีผลโดยตรงในการลดการขับอัลบูมินในปัสสาวะ การที่ไม่ได้นำข้อมูลการใช้

ยากลุ่มนี้มาวิเคราะห์ร่วมด้วยอาจส่งผลต่อความแรงของความสัมพันธ์ที่พบ นอกจากนี้ ปัจจัยด้านพฤติกรรมเฉพาะตัวตรวจ เช่น ภาวะขาดน้ำ หรือพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่มีโปรตีนสูงก่อนการเก็บปัสสาวะ ก็เป็นข้อมูลที่ไม่ได้ถูกบันทึกไว้ อีกทั้ง การตรวจวัดค่า UACR ด้วยแถบทดสอบเชิงกึ่งปริมาณ (semi-quantitative test) ซึ่งเป็นเครื่องมือหลักในการศึกษานี้ อาจมีความแม่นยำน้อยกว่าการใช้เทคนิคเชิงปริมาณ และอาจมีโอกาสดึงผลบวกสูง หรือผลลบลงได้ ทั้งนี้ รูปแบบ risk score ที่พัฒนาขึ้นมีข้อจำกัดสำคัญคืออาจประเมินความเสี่ยงของผู้ป่วยเพศหญิงต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องจากการให้ค่าน้ำหนักตัวแปรเพศชายสูงกว่าปัจจัยอื่น ดังนั้น สำหรับการวิจัยในอนาคต จึงมีข้อเสนอแนะให้ดำเนินการวิจัยแบบติดตามระยะยาว (longitudinal study) เพื่อประเมินพลวัตของระดับ UACR และการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเสี่ยงในช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจพัฒนาการของโรคในเชิงลึกยิ่งขึ้น โดยควรมีการรวบรวมข้อมูลปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ ที่ขาดไปเหล่านี้อย่างเป็นระบบ ทั้งลักษณะทางพันธุกรรม พฤติกรรมการดำเนินชีวิต และประวัติการใช้ยา เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงซ้อนที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า UACR อีกทั้งควรเพิ่มขนาดตัวอย่างให้ครอบคลุมกลุ่มประชากรที่หลากหลายทั้งทางวัฒนธรรม และเศรษฐกิจในทุกระดับของค่า UACR ควบคู่ไปกับการนำเทคโนโลยีวินิจฉัยที่ทันสมัยและแม่นยำ (เช่น การตรวจระดับโปรตีนในปัสสาวะด้วยเทคนิคเชิงปริมาณขั้นสูง) มาใช้เพื่อเพิ่มความถูกต้องของข้อมูล รวมถึงการต่อยอดโมเดลที่ได้ไปพัฒนาเป็นเครื่องมือคำนวณความเสี่ยง (risk calculator) ที่ใช้งานได้จริงในทางคลินิก และบูรณาการโมเดลเข้าสู่ระบบคัดกรองผู้ป่วยในโรงพยาบาลชุมชน สุดท้ายควรมีการศึกษาผลของการแทรกแซง เช่น การปรับพฤติกรรมสุขภาพ การใช้ยาที่เหมาะสม หรือโปรแกรมการรักษาเฉพาะทาง เพื่อประเมินผลกระทบที่มีต่อระดับ UACR และความเสี่ยงของการเกิดโรคไตเรื้อรังในระยะยาว

สรุปผล

เพศชาย ระดับน้ำตาลสะสมในเลือดสูง (HbA1c) และค่าครีเอตินินในเลือดที่สูงขึ้น ซึ่งสะท้อนค่าการทำงานของไตที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับระดับ UACR ที่สูงขึ้น ซึ่งบ่งชี้ถึงความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะไตเสื่อมระยะเริ่มต้น นอกจากนี้ ยังพบว่า UACR มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาผ่านไป แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถแบ่งระดับความเสี่ยงของภาวะไตเสื่อมได้ โดยใช้ปัจจัยหลัก เช่น เพศ ระดับน้ำตาล และความดันโลหิต ดังนั้น การตรวจพบ UACR ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องช่วยให้สามารถคัดกรอง และประเมินความเสี่ยงของผู้ป่วยได้ตั้งแต่เนิ่นๆ โดยเฉพาะในกลุ่มเสี่ยง เช่น ผู้ป่วยเพศชาย ผู้ที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูง หรือผู้ที่มีการทำงานของไตลดลง และการตรวจ UACR เป็นประจำยังช่วยให้แพทย์วางแผนการรักษา และป้องกันการเสื่อมของไตได้อย่างทันท่วงที

กิตติกรรมประกาศ

ขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อโรงพยาบาลพระยีนที่เอื้อเฟื้อข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการวิจัย รวมถึงบุคลากรทางการแพทย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษา และสนับสนุนการเก็บข้อมูล คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่อนุมัติการดำเนินงาน และผู้ป่วยที่เข้าร่วมการศึกษาทุกท่าน นอกจากนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะผู้วิจัยในความร่วมมืออย่างเต็มที่ตลอดทุกขั้นตอน

เอกสารอ้างอิง

1. Ingelfinger JR, Jarcho JA. Increase in the incidence of diabetes and its implications. N Engl J Med 2017;376(15):1473-4. doi:10.1056/NEJMe1616575.
2. Dyson P. Prevalence, public health aspects and prevention of diabetes. Advanced nutrition and dietetics in diabetes 2016. p.1-8. doi:10.1002/9781119121725.ch1.

3. Aekplakorn W, Chariyalertsak S, Kessomboon P, et al. Prevalence of diabetes and relationship with socioeconomic status in the Thai population: National Health Examination Survey, 2004-2014. *J Diabetes Res* 2018;2018(1):1654530. doi:10.1155/2018/1654530.
4. Kamolthip V, Sasithorn T, Nipa S. Diabetes surveillance: Analysis of Thai behavioral risk factor surveillance system in 2018. *J Health Sci Thai* [Internet]. 2020 Dec. 30 [cited 2025 May 29];29(6):967-75. Available from: <https://thaidj.org/index.php/JHS/article/view/9599>. (in Thai)
5. KDIGO 2020 Clinical practice guideline for diabetes management in chronic kidney disease. *Kidney Int* 2020;98(4s):S1-115. doi:10.1016/j.kint.2020.06.019.
6. Cai T, Yang J. Diabetic kidney disease. In: Yang J, He W, editors. *Chronic kidney disease: Diagnosis and treatment*. Singapore: Springer Singapore; 2020. p. 33-43. doi:10.1007/978-981-32-9131-7.
7. Jha R, Lopez-Trevino S, Kankanamalage HR, et al. Diabetes and renal complications: An overview on pathophysiology, biomarkers and therapeutic interventions. *Biomedicines* 2024;12(5):1098. doi:10.3390/biomedicines12051098.
8. Skolnik NS, Style AJ. Importance of early screening and diagnosis of chronic kidney disease in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Ther* 2021;12(6):1613-30. doi:10.1007/s13300-021-01050-w.
9. Elshinnawy HA, Afifi ENE, Hanna PN, et al. Screening for chronic kidney disease in Egyptian type 2 diabetic patients: A single-center study. *J Egypt Soc Nephrol Transplant* 2022;22(1):59-64. doi:10.4103/jesnt.jesnt_29_21.
10. Stanton RC, Stanton RC. Diabetes and the Kidney. In: Skyler J, editor. *Atlas of diabetes*: 4th edition. Boston, MA: Springer US; 2012. p.277-94.
11. McTaggart MP, Price CP, Pinnock RG, et al. The diagnostic accuracy of a urine albumin-creatinine ratio point-of-care test for detection of albuminuria in primary care. *Am J Kidney Dis* 2012;60(5):787-94. doi:10.1053/j.ajkd.2012.05.009.
12. Yamane, T. (1973) *Statistics: An introductory analysis*. 3rd Edition, Harper and Row, New York.
13. Committee ADAPP. 11. Chronic kidney disease and risk management: Standards of medical care in diabetes—2022. *Diabetes Care*. 2021;45(Supplement_1):S175-S84. doi:10.2337/dc22-S011.
14. Association AD. Standards of medical care in diabetes—2010. *Diabetes Care*. 2010;33(Supplement_1):S11-S61. doi:10.2337/dc10-S011.
15. Perkins BA, Ficociello LH, Silva KH, et al. Regression of microalbuminuria in type 1 diabetes. *N Engl J Med* 2003;348(23):2285-93. doi:10.1056/NEJMoa021835.
16. Shivhare S, Dutta P, Jain A, et al. A comprehensive research investigation on uacr for the early detection of diabetic nephropathy in type 2 diabetes mellitus patients. *Indian J Appl* 2023;66-7. doi:10.36106/ijar/4002463.

17. Parving HH, Lewis JB, Ravid M, et al. Prevalence and risk factors for microalbuminuria in a referred cohort of type II diabetic patients: A global perspective. *Kidney Int* 2006;69(11):2057-63. doi:10.1038/sj.ki.5000377.
18. de Zeeuw D, Remuzzi G, Parving HH, et al. Proteinuria, a target for renoprotection in patients with type 2 diabetic nephropathy: Lessons from RENAAL. *Kidney Int* 2004; 65(6):2309-20. doi:10.1111/j.1523-1755.2004.00653.x.
19. Retnakaran R, Cull CA, Thorne KI, et al. Risk factors for renal dysfunction in type 2 diabetes: U.K. prospective diabetes study 74. *Diabetes* 2006;55(6):1832-9. doi:10.2337/db05-1620.
20. Wan KS, Hairi NN, Mustapha F, et al. Prevalence of diabetic kidney disease and the associated factors among patients with type 2 diabetes in a multi-ethnic asian country. *Sci Rep* 2024;14(1):7074. doi:10.1038/s41598-024-57723-6.
21. Ahmed Aziz KM. Association of diabetic retinopathy and maculopathy with elevated HbA1c, blood pressure, serum creatinine, microalbuminuria, spot urine protein, nephropathy and diabetic kidney disease. An experience from data analysis of 10,580 diabetic patients. *J Endocrinol Diab* 2018;5(1): 1-11. doi:10.15226/2374-6890/5/1/00195.
22. Skalkos E, Rajagopal R, Simmons D. Diabetes management and outcomes among patients with type 2 diabetes attending a renal service. *J Diabetes Res* 2023;2023: 1969145. doi:10.1155/2023/1969145.
23. Liu M, Zhang Z, Zhou C, et al. Relationship of body mass index and waist circumference with risk of new-onset proteinuria in hypertensive patients. *J Clin Endocrinol Metab* 2020;105(3). doi:10.1210/clinem/dgaa026.
24. Nathan DM. Some answers, more controversy, from UKPDS. United Kingdom prospective diabetes study. *Lancet* (London, England) 1998;352(9131):832-3. doi:10.1016/s0140-6736(98)22937-0.
25. Chowdhury S, Datta S, Mohith M, et al. Study of relationship between HbA1C and microalbuminuria of diabetic patients. *Ann Int Med Dent Res* 2022;8:99-108. doi:10.53339/aimdr.2022.8.2.14.
26. Kuo IC, Lin HY-H, Niu S-W, et al. Glycated hemoglobin and outcomes in patients with advanced diabetic chronic kidney disease. *Sci Rep* 2016;6(1):20028. doi:10.1038/srep20028.
27. Cheng D, Fei Y, Liu Y, et al. HbA1C variability and the risk of renal status progression in diabetes mellitus: A meta-analysis. *PloS one* 2014;9(12):e115509. doi:10.1371/journal.pone.0115509.
28. Ren F, Li M, Xu H, et al. Urine albumin-to-creatinine ratio within the normal range and risk of hypertension in the general population: A meta-analysis. *J Clin Hypertens* 2021;23(7):1284-90. doi:10.1111/jch.14263.
29. Gibb DM, Tomlinson PA, Dalton NR, et al. Renal tubular proteinuria and microalbuminuria in diabetic patients. *Arch Dis Child* 1989; 64(1):129. doi:10.1136/adsc.64.1.129.

30. Tang WH, Hung WC, Wang CP, et al. The Lower Limit of Reference of Urinary Albumin/Creatinine Ratio and the Risk of Chronic Kidney Disease Progression in Patients With Type 2 Diabetes Mellitus. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2022;13: 858267. doi:10.3389/fendo.2022.858267.
31. Zhang F, Hao N, Wang L, et al. Association of serum creatinine with aortic arch calcification in middle-aged and elderly adults: An observational cross-sectional study from China. *BMC Cardiovasc Disord* 2022;22(1):167. doi:10.1186/s12872-022-02617-6.
32. Sheira G, Noreldin N, Tamer A, et al. Urinary biomarker N-acetyl- β -D-glucosaminidase can predict severity of renal damage in diabetic nephropathy. *J Diabetes Metab Disord* 2015;14(1):4. doi:10.1186/s40200-015-0133-6.
33. Nauta FL, Boertien WE, Bakker SJL, et al. Glomerular and tubular damage markers are elevated in patients with diabetes. *Diabetes Care* 2011;34(4):975-81. doi:10.2337/dc10-1545.
34. Okawa Y, Mitsuhashi T. Association between blood pressure and new onset of chronic kidney disease in non-diabetic Japanese adults: A population-based longitudinal study from 1998 to 2023. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2024;34(10):2395-404. doi:10.1016/j.numecd.2024.05.005.
35. Sabanayagam C, Shankar A, Lim SC, et al. Hypertension, hypertension control, and chronic kidney disease in a Malay population in Singapore. *Asia Pac J Public Health* 2011; 23(6):936-45. doi:10.1177/1010539510361637.
36. Shanmugham S, Bhadauria DS, editors. Hypertension as a risk factor for chronic kidney disease 2018. doi:10.15713/INS. JOHTN.0104.
37. King P, Peacock I, Donnelly R. The UK prospective diabetes study (UKPDS): Clinical and therapeutic implications for type 2 diabetes. *Br J Clin Pharmacol* 1999;48(5):643-8. doi:10.1046/j.1365-2125.1999.00092.x.
38. Alshebly O. Prediction and factors affecting of chronic kidney disease diagnosis using artificial neural networks model and logistic regression model. *Iraqi J Stat Sci* 2019;28:140-59. doi:10.33899/IQJOSS.2019.164186.
39. Ghosh BP, Imam T, Anjum N, et al. Advancing chronic kidney disease prediction: Comparative analysis of machine learning algorithms and a hybrid model. *J Comput Sci Technol Stud* 2024;6(3):15-21. doi:10.32996/jcsts.2024.6.3.2.