

นิพนธ์ต้นฉบับ

Original Article

Using triglyceride–glucose index to predict diabetes in prediabetic individuals

Potsawat Chantaphan

Outpatient Department, Bhumibol Adulyadej Hospital, Bangkok

Received: November 1, 2024 | Revised: January 24, 2025 | Accepted: Mar 20, 2025

Abstract

Type 2 diabetes is on the rise today, with the main risk group for developing diabetes being people with prediabetes. According to studies on diabetes prediction, higher triglycerides–glucose index values were associated with higher incidence of diabetes. However, there are limited studies of diabetes prediction with triglycerides–glucose index in prediabetes individuals. This study aims to study the ability to predict the occurrence of diabetes in people with prediabetes using the triglycerides–glucose index. The historical cohort study was conducted in Bhumibol Adulyadej Hospital personnel from 1 January 2017 to 31 December 2022 and tracked the incidence of diabetes by dividing the initial triglycerides–glucose index into groups greater than or equal to 9.02 and lower than 9.02. The results showed that the group with a triglyceride–glucose index greater than or equal to 9.02 had a 2.5–fold risk ($p = 0.028$) compared to the group with a triglyceride–glucose index less than 9.02. The cut–off point is 8.64 (sensitivity 75% specificity 50%) When comparing the ability to predict diabetes with glucose with the ROC curve, the triglycerides–glucose index and glucose AUC were 0.69 and 0.79, respectively. In conclusion, triglyceride–glucose index can predict diabetes in prediabetes population but when compared to the glucose. Triglycerides–glucose index has an inferior ability to predict diabetes.

Correspondence: Potsawat Chantaphan

E-mail: potsawat.ch@gmail.com

การใช้ค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสทำนายโรคเบาหวานในผู้ป่วยภาวะก่อนเบาหวาน

พศวัต จันทะพันธ์

กองตรวจโรคผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรุงเทพมหานคร

วันรับ: 1 พฤศจิกายน 2567 | วันแก้ไข: 24 มกราคม 2568 | วันตอบรับ: 20 มีนาคม 2568

บทคัดย่อ

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีความชุกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบันโดยมีกลุ่มที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานที่สำคัญคือผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวาน จากการศึกษาการทำนายการเกิดโรคเบาหวานพบว่า ค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับอัตราการเกิดโรคเบาหวานมากขึ้น แต่การศึกษาทำนายโรคเบาหวานในกลุ่มผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวานด้วยค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมียุ่จำกัด งานวิจัยนี้จึงทำขึ้นเพื่อศึกษาความสามารถในการทำนายการเกิดโรคเบาหวานในผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวานโดยใช้ค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส งานวิจัย historical cohort study ศึกษาในบุคลากรโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ระหว่างวันที่ 1 ม.ค. 2560 ถึง 31 ธ.ค. 2565 ติดตามหาอัตราการเกิดโรคเบาหวานโดยแบ่งกลุ่มตามค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสตั้งต้นเป็นกลุ่มที่มากกว่าหรือเท่ากับ 9.02 และกลุ่มที่น้อยกว่า 9.02 ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 9.02 มีความเสี่ยงเป็น 2.5 เท่า ($p = 0.028$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสน้อยกว่า 9.02 ค่า cut-off ที่ใช้ทำนายการเกิดโรคเบาหวานเท่ากับ 8.64 (ความไวร้อยละ 75 ความจำเพาะร้อยละ 50) เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำนายการเกิดโรคเบาหวานกับค่ากลูโคสด้วย ROC curve พบว่าค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสและกลูโคสมีพื้นที่ใต้กราฟเท่ากับ 0.69 และ 0.79 ตามลำดับ สรุปว่าค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสสามารถนำมาใช้ในการทำนายโรคเบาหวานในผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวานได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากลูโคส ค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมีความสามารถทำนายโรคเบาหวานน้อยกว่า

ติดต่อผู้พิมพ์: พศวัต จันทะพันธ์

อีเมล: potsawat.ch@gmail.com

Keywords	คำสำคัญ
Triglyceride-glucose index	ดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส
Prediabetes	ภาวะก่อนเบาหวาน
Diabetes	เบาหวาน
Predict	ทำนาย

บทนำ

จากการศึกษาความชุกของโรคเบาหวานปี พ.ศ. 2557 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2552 พบว่าคนไทยอายุ 15 ปีขึ้นไปเป็น เบาหวานเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.9 เป็นร้อยละ 8.9⁽¹⁾ และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2563 เป็นร้อยละ 9.5⁽²⁾

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นชนิดที่พบบ่อยที่สุดโดยมีกลไกการเกิดโรคที่สำคัญคือภาวะดื้อต่ออินซูลิน (insulin resistance) และมีปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคคือภาวะก่อนเบาหวาน (prediabetes)⁽³⁾ โดยการวัดค่าภาวะดื้อต่ออินซูลินคำนวณจากสูตร natural logarithm (Ln) [ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดขณะอดอาหาร(มก./ดล.) x ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดขณะอดอาหาร(มก./ดล.)/2] = ค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส (triglyceride-glucose index, TyG index) ซึ่งใช้ค่า 4.68 เป็นเกณฑ์การวินิจฉัยภาวะดื้อต่ออินซูลิน โดยมีความไว (sensitivity) สูงถึงร้อยละ 96.5 ความจำเพาะ (specificity) ร้อยละ 85 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี gold standard คือวิธี euglycemic-hyperinsulinemic clamp⁽⁴⁾

จากการศึกษา Cohort study ในประเทศจีนพบว่าคนปกติที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส สูงขึ้นมีแนวโน้มในการเกิดภาวะก่อนเบาหวานมากขึ้น 1.38 เท่า ต่อ 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เพิ่มขึ้น⁽⁵⁾ ในทำนองเดียวกันจากการศึกษาอื่น ๆ ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศพบว่ากลุ่มคนที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสที่สูงขึ้นมีแนวโน้มในการเกิดเบาหวานเพิ่มขึ้น 2.33-5.3 เท่า ขึ้นกับค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสตั้งต้นและประชากรที่ทำการศึกษา⁽⁶⁻¹¹⁾ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประชากรปกติที่เสี่ยงเป็นเบาหวานก็ยังคงมีความผันผวนของแต่ละการศึกษา เช่น ค่าที่มากกว่าเท่ากับ 8.31⁽¹²⁾, 8.51⁽¹³⁾, 8.8⁽¹⁴⁾, 9.12 ในเพศชายและ 9.45 ในเพศหญิง⁽¹⁵⁾ แต่ในการศึกษาการทำนายการเกิดโรคเบาหวานในผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวานยังมีอยู่จำกัด ซึ่งเคยมีการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส กับค่าดัชนีอื่น ๆ ได้แก่ ค่ากลูโคสและค่าไตรกลีเซอไรด์ ในการทำนายโรคเบาหวานในผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวานซึ่งพบว่าค่ากลูโคสมีแนวโน้มในการทำนายเบาหวานได้ดีกว่าค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส แต่เป็นเพียงผลจากการวิเคราะห์กลุ่มย่อยเท่านั้น⁽¹²⁾ และมีงานวิจัยในประเทศอินโดนีเซียซึ่งศึกษาการทำนายการเกิดโรคเบาหวานเฉพาะผู้หญิงวัยเจริญพันธุ์อายุ 20-49 ปีที่มีภาวะก่อนเบาหวาน⁽¹⁶⁾ ซึ่งยังไม่สามารถนำมาปรับใช้กับประชากรไทยทั้งหมดได้

ในกลุ่มประชากรไทยที่มีภาวะก่อนเบาหวาน ซึ่งพบได้ร้อยละ 10.7 จากผลการสำรวจสุขภาพประเทศไทยในปี 2563⁽²⁾ ซึ่งประชากรกลุ่มนี้มีโอกาสพัฒนาไปเป็นโรคเบาหวานในอนาคตประมาณร้อยละ 5-20 ต่อปี^(20,21) หากมีดัชนีทำนายการเกิดโรคเบาหวานที่แม่นยำในประชากรกลุ่มนี้ จะช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์วางแผนแนวทางการดูแลเพื่อป้องกันโรคเบาหวานในอนาคตได้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส เพื่อใช้เป็นดัชนีทำนายการเกิดโรคเบาหวานและเปรียบเทียบความสามารถในการทำนายโรคเบาหวานกับค่ากลูโคสในประชากรที่มีภาวะก่อนเบาหวาน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถของค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสในการทำนายการเกิดโรคเบาหวานในประชากรที่มีภาวะก่อนเบาหวาน
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถระหว่างค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสกับค่ากลูโคสในการทำนายการเกิดโรคเบาหวานในประชากรที่มีภาวะก่อนเบาหวาน

วัสดุและวิธีการศึกษา

การศึกษา Historical cohort study โดยใช้ข้อมูลเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ของบุคลากรโรงพยาบาลภูมิพลที่มารับบริการแผนกห้องตรวจสุขภาพ โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. 2560 จนถึง 31 ธ.ค. 2565 หาค่าอัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสตั้งต้นในปี พ.ศ. 2560 และติดตามหาอัตราการเกิดโรคเบาหวาน ในระยะเวลา 5 ปี งานวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทยทหารอากาศ IRB no. 81/67

นิยามศัพท์และตัวแปร

1. ค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส (TyG index) หมายถึง ค่าที่ใช้วัดภาวะดื้อต่ออินซูลินโดยคำนวณได้จากสูตร $\text{natural logarithm(Ln)}$ [ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดขณะอดอาหาร(มก./ดล.) x ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดขณะอดอาหาร(มก./ดล.)/2]

2. ภาวะก่อนเบาหวาน (prediabetes) หมายถึง ผู้ที่มีระดับกลูโคสในเลือดไม่ถึงเกณฑ์วินิจฉัยเบาหวานแต่มีการเผาผลาญคาโบไฮเดรตผิดปกติ⁽¹⁷⁾ โดยใช้เกณฑ์การวินิจฉัยอ้างอิงจาก ADA คือมีค่ากลูโคสในเลือดขณะอดอาหาร 100–125 มก./ดล.⁽¹⁸⁾

3. การวินิจฉัยเบาหวานคือ มีค่ากลูโคสในเลือดขณะอดอาหาร (อย่างน้อย 8 ชั่วโมง) มากกว่าหรือเท่ากับ 126 มก./ดล. จากการเจาะเลือด 2 ครั้งในเวลาที่แตกต่างกัน⁽¹⁸⁾ โดยจะใช้ค่ากลูโคสที่มาตรวจปีละ 1 ครั้งหรือค่ากลูโคสที่นัดมาตรวจติดตามครั้งถัดไปหลังจากพบว่าค่ากลูโคสที่มาตรวจประจำปีเกินปกติหรือได้รับการวินิจฉัยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยแพทย์โดยดูจากรหัสการวินิจฉัย ICD-10 รหัส E11

กลุ่มตัวอย่าง

บุคลากรโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช อายุ 35 ปีขึ้นไป (ในปี พ.ศ. 2560) ที่เคยมารับบริการห้องตรวจสุขภาพตั้งแต่ 1 ม.ค. 2560 ถึง 31 ธ.ค. 2565

โดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างมีเกณฑ์ดังนี้

1. เป็นผู้ที่มิภาวะก่อนเบาหวานในปี พ.ศ. 2560
2. มีผลเลือดกลูโคสและไตรกลีเซอไรด์ขณะอดอาหารที่เจาะในวันเดียวกันของการตรวจสุขภาพประจำเดือนเกิดของกลุ่มตัวอย่างปี พ.ศ. 2560

เกณฑ์การคัดออก

1. ข้อมูลสำคัญ ได้แก่ เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และระดับความดันโลหิตไม่ครบถ้วน
2. มีประวัติวินิจฉัยโรคเบาหวานมาก่อนปี พ.ศ. 2560
3. มีผลเลือดกลูโคสติดตามอย่างน้อยปีละ 1 ครั้งน้อยกว่า 3 ปี
4. รับประทานยารักษาโรคเบาหวาน ยาลดไขมันในเลือด ยาคุมกำเนิด หรือยาสเตียรอยด์ ก่อนเข้าร่วมการศึกษา
5. มีโรคประจำตัวซึ่งส่งผลต่อการแปลผลกลูโคสและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด ดังนี้ โรคไตเรื้อรัง โรคเนฟรติก โรคที่มีภาวะอักเสบเรื้อรัง
6. มีการตั้งครรภ์ในช่วงการศึกษาปี พ.ศ. 2560–2565

คำนวณขนาดตัวอย่างด้วยวิธี pilot study โดยใช้ power for cohort study⁽²²⁾ แบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 9.02 และกลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสน้อยกว่า 9.02 โดยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสของประชากรไทยทั่วไป

ในงานวิจัยที่พบว่ามีโอกาสพัฒนาเป็นเบาหวาน⁽⁶⁾ ได้อัตราการเกิดโรคเบาหวานในกลุ่มที่ 1 (กลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 9.02) เท่ากับร้อยละ 50 และกลุ่มที่ 2 (กลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสน้อยกว่า 9.02) เท่ากับร้อยละ 11 ได้จำนวนขนาดตัวอย่างกลุ่มละ 21 คน โดยคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$n_{\text{exposure}} = \left[\frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\bar{p}\bar{q} \left(1 + \frac{1}{r}\right)} + z_{1-\beta} \sqrt{p_1q_1 + \frac{p_2q_2}{r}}}{\Delta} \right]^2$$

$$p_1 = P(\text{outcome}|\text{exposure}), \quad q_1 = 1 - p_1$$

$$p_2 = P(\text{outcome}|\text{unexposure}), \quad q_2 = 1 - p_2$$

$$p_1 = p_2RR, \quad \bar{p} = \frac{p_1 + p_2r}{1 + r}, \quad \bar{q} = 1 - \bar{p}$$

$$r = \frac{n_{\text{unexposure}}}{n_{\text{exposure}}}, \quad \Delta = p_1 - p_2$$

ภาพที่ 1 สูตรคำนวณ

*กำหนดให้ค่า $\alpha = 0.05$ และ $\beta = 0.2$

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปจากเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์จากการมารับบริการห้องตรวจสุขภาพในปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2565 ปีละ 1 ครั้ง ได้แก่ เพศ อายุ น้ำหนักตัว ส่วนสูง โรคประจำตัว ยาที่รับประทาน ระดับความดันโลหิต
2. ข้อมูลผลเลือดขณะอดอาหารการตรวจสุขภาพประจำปีของบุคลากรโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดชจากเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ห้องตรวจสุขภาพตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2565 ปีละ 1 ครั้ง ได้แก่ ค่ากลูโคส ค่าไตรกลีเซอไรด์ ค่าคลอเรสเตอรอล ค่ากรดยูริก ค่าเอนไซม์การทำงานของตับ ค่าครีเอตินิน ค่ายูเรียไนโตรเจน

โดยข้อมูลทั่วไปได้จากการเข้ามารับบริการที่แผนกห้องตรวจสุขภาพ ผ่านการซักประวัติ ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดความดันโลหิตโดยพยาบาลวิชาชีพผู้ให้บริการ และผลตรวจทางห้องปฏิบัติการเป็นการรายงานผลจากห้องปฏิบัติการโดยตรง หากมีการบันทึกข้อมูลทั่วไปหรือรายงานผลทางห้องปฏิบัติการไม่ครบถ้วนจะถูกคัดออกจากการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. เนื่องจากเป็นการศึกษาข้อมูลย้อนหลัง และทำการขออนุญาตศึกษาวิจัยจากคณะกรรมการศึกษาวิจัยของโรงพยาบาลโดยศึกษาในภาพรวม ไม่ได้ระบุตัวตนของอาสาสมัคร และรายงานผลในภาพรวมจึงขอยกเว้นการขออนุญาตเป็นรายบุคคล
2. รวบรวมข้อมูลทั่วไปและข้อมูลการตรวจสุขภาพประจำปีของบุคลากรโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดชตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2565 เพื่อหาจำนวนประชากรผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวานในปี พ.ศ. 2560
3. คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เกณฑ์ที่กล่าวข้างต้น คำนวณค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสในปี พ.ศ. 2560 โดยใช้ค่ากลูโคสและค่าไตรกลีเซอไรด์ที่เจาะในวันเดียวกันในวันก่อนมารับบริการห้องตรวจสุขภาพ

4. จำแนกกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ตามค่าอัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์กลูโคสเพื่อเปรียบเทียบอัตราการเกิดเบาหวานในแต่ละกลุ่ม
5. ติดตามผลเลือดทุก ๆ ปีและการวินิจฉัยเบาหวานภายในปี พ.ศ. 2565
6. หาจำนวนผู้ที่เป็นโรคเบาหวานจากผลเลือดตามเกณฑ์วินิจฉัยเบาหวานที่กล่าวข้างต้นหรือได้รับการวินิจฉัยโดยแพทย์ผู้รักษาภายในปี พ.ศ. 2561-2565
7. คำนวณหาความสามารถในการทำนายการเกิดเบาหวานของค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส
8. เปรียบเทียบความสามารถในการทำนายเบาหวานของค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสกับค่ากลูโคส

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics version 18.0 ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติเชิงพรรณนาสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ จำนวนและร้อยละ สถิติเชิงพรรณนาสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ลักษณะการกระจายเป็น normal distribution) หรือมัธยฐาน interquartile range (ลักษณะการกระจายไม่เป็น normal distribution)
2. สถิติเชิงอนุมาน หาคความสัมพันธ์ของปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานโดยใช้ Chi-square test, Fisher exact test, Logistic regression analysis เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้ t-test, Mann-Whitney U-test (un-normal distribution), ANOVA, Kruskal Wallis (un-normal distribution) หาค่า cut point ของอัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสที่ดีที่สุดที่ใช้ในการทำนายการเกิดโรคเบาหวานด้วยการวิเคราะห์ Receiver operating characteristic (ROC) curve และการคำนวณพื้นที่ใต้โค้ง (Area under curve) โดยใช้ Youden's index เป็นเกณฑ์ในการกำหนดค่า cut point

จริยธรรมในมนุษย์

เหตุผล และความจำเป็นที่ต้องทำวิจัยในคน

เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาการทำนายการเกิดโรคเบาหวานในคน ซึ่งเกิดจากพันธุกรรมและพฤติกรรม การใช้ชีวิตอันก่อให้เกิดโรคตามมา จึงจำเป็นต้องทำวิจัยในคนเพื่อตอบคำถามการวิจัยทางองค์ความรู้ในการพยากรณ์การเกิดโรคเบาหวาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งประโยชน์ต่อประชากรที่เข้าร่วมโครงการวิจัย

1. ทราบความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์กลูโคสกับอัตราการเกิดโรคเบาหวาน
 2. ทราบความสามารถในการพยากรณ์เบาหวานโดยใช้ค่าอัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์กลูโคส
- ความเสี่ยงของประชากรที่เข้าร่วมการทำวิจัยจะได้รับ

ข้อมูลการตรวจสุขภาพฟรี

ผลการศึกษา

ในปี พ.ศ. 2560 พบผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวาน 83 คน จากบุคลากรโรงพยาบาลบาลภูมิพล 586 คน คัดออก 21 คน เนื่องจากเคยได้รับการวินิจฉัยเบาหวานและรับประทานยาลดไขมันในเลือดมาก่อน เหลือผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวนทั้งหมด 62 คน แบ่งเป็นสองกลุ่มโดย กลุ่มที่ 1 มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 9.02 จำนวน 21 คน และ กลุ่มที่ 2 มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสน้อยกว่า 9.02 จำนวน 41 คน

กลุ่มที่ 1 มีอายุเฉลี่ย 43.5 ปี เป็นเพศหญิง 15 คน (ร้อยละ 71.4) เป็นโรคความดันโลหิตสูง 5 คน (ร้อยละ 23.8) น้ำหนักเฉลี่ย 72.8 กก. ส่วนสูงเฉลี่ย 161.2 ซม. ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 27.9 กก./ม² ระดับความดันซิสโตลิกเฉลี่ย 139.9 มม.ปรอท ระดับความดันไดแอสโตลิกเฉลี่ย 86.9 มม.ปรอท ค่าเฉลี่ยของผลเลือดมีดังนี้ ค่ากลูโคส 110 มก./ดล. ค่าไตรกลีเซอไรด์ 232 มก./ดล. ค่าคอเรสเตอรอล 225.3 มก./ดล. ค่ากรดยูริก 6.1 มก./ดล. ค่าเอนไซม์การทำงานของตับ AST 25.8 ยูนิต/ลิตร ALT 33.9 ยูนิต/ลิตร ค่า ALP 72.1 ยูนิต/ลิตร ค่าครีเอตินิน 0.8 มก./ดล. ค่ายูเรียไนโตรเจน 11.3 มก./ดล. ค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสเฉลี่ย 9.4

กลุ่มที่ 2 มีอายุเฉลี่ย 44.7 ปี เป็นเพศหญิง 29 คน (ร้อยละ 70.7) เป็นโรคความดันโลหิตสูง 3 คน (ร้อยละ 7.3) น้ำหนักเฉลี่ย 68.5 กก. ส่วนสูงเฉลี่ย 158 ซม. ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 25.7 กก./ม² ระดับความดันซิสโตลิกเฉลี่ย 130.4 มม.ปรอท ระดับความดันไดแอสโตลิกเฉลี่ย 76.3 มม.ปรอท ค่าเฉลี่ยของผลเลือดมีดังนี้ ค่ากลูโคสในเลือด 106.7 มก./ดล. ค่าไตรกลีเซอไรด์ 96.3 มก./ดล. ค่าคอเรสเตอรอล 196 มก./ดล. ค่ากรดยูริก 5.3 มก./ดล. ค่าเอนไซม์การทำงานของตับ AST 21.7 ยูนิต/ลิตร ALT 23.2 ยูนิต/ลิตร ค่า ALP 65.7 ยูนิต/ลิตร ค่าครีเอตินิน 0.8 มก./ดล. ค่ายูเรียไนโตรเจน 11.6 มก./ดล. ค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสเฉลี่ย 8.5

เปรียบเทียบลักษณะพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัยพบว่า กลุ่มที่ 1 มีระดับความดันซิสโตลิก ($p = 0.013$) ระดับความดันไดแอสโตลิก ($p < 0.001$) กลูโคส ($p = 0.038$) ไตรกลีเซอไรด์ ($p < 0.001$) คอเรสเตอรอล ($p = 0.003$) กรดยูริก ($p = 0.017$) สูงกว่า กลุ่มที่ 2 แต่ในส่วนอายุ เพศ เป็นโรคความดันโลหิตสูง น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ค่าเอนไซม์การทำงานของตับ AST ALT ALP ครีเอตินิน ยูเรียไนโตรเจน ไม่แตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย จำแนกตามค่า triglyceride–glucose index (TyH index)

ลักษณะพื้นฐาน	จำนวน [ร้อยละ]/ค่าเฉลี่ย $\pm$ TyG index ≥ 9.02 (n=21)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (95%CI) TyG index < 9.02 (n=41)	p-value
อายุ (ปี)	43.5 $\pm$ 5.5 (41.0–46.0)	44.7 $\pm$ 5.2 (43.0–46.3)	0.408 ^a
เพศหญิง	15 [71.4]	29 [70.7]	0.954 ^b
เป็นโรคความดันโลหิตสูง	5 (23.8)	3 (7.3)	0.079 ^b
น้ำหนัก (กก.)	72.8 $\pm$ 14.5 (66.2–79.4)	68.5 $\pm$ 19.4 (62.4–74.7)	0.380 ^a
ส่วนสูง (ซม.)	161.2 $\pm$ 7.6 (157.8–164.7)	158 $\pm$ 19.1 (152.0–164.0)	0.460 ^a
ดัชนีมวลกาย (กก./ม ²)	27.9 $\pm$ 4.3 (25.9–29.9)	25.7 $\pm$ 5.6 (24.0–27.5)	0.122 ^a
ระดับความดันซิสโตลิก (มม.ปรอท)	139.9 $\pm$ 15.8 (132.7–147.1)	130.4 $\pm$ 12.7 (126.4–134.4)	0.013 ^{a*}
ระดับความดันไดแอสโตลิก (มม.ปรอท)	86.9 $\pm$ 12.8 (81.0–92.7)	76.3 $\pm$ 9.4 (73.4–79.3)	< 0.001 ^{***}
กลูโคส (มก./ดล.)	110.0 $\pm$ 5.8 (107.3–112.6)	106.7 $\pm$ 5.7 (104.9–108.5)	0.038 ^{a*}
ไตรกลีเซอไรด์ (มก./ดล.)	232.2 $\pm$ 88.4 (192.0–272.4)	96.3 $\pm$ 26.3 (88.0–104.6)	< 0.001 ^{***}
คอเรสเตอรอล (มก./ดล.)	225.3 $\pm$ 38.4 (207.8–242.8)	196.0 $\pm$ 32.7 (185.7–206.3)	0.003 ^{a*}
กรดยูริก (มก./ดล.)	6.1 $\pm$ 1.5 (5.4–6.8)	5.3 $\pm$ 1.2 (4.9–5.7)	0.017 ^{a*}
AST (ยูนิต/ลิตร)	25.8 $\pm$ 8.9 (21.8–29.9)	21.7 $\pm$ 9.9 (18.6–24.8)	0.113 ^a
ALT (ยูนิต/ลิตร)	33.9 $\pm$ 17.0 (26.1–41.6)	23.2 $\pm$ 24.0 (15.6–30.8)	0.074 ^a
ALP (ยูนิต/ลิตร)	72.1 $\pm$ 15.3 (65.1–79.0)	65.7 $\pm$ 19.0 (59.6–71.7)	0.190 ^a
ครีเอตินิน (มก./ดล.)	0.8 $\pm$ 0.2 (0.7–0.9)	0.8 $\pm$ 0.1 (0.8–0.9)	0.337 ^a
ยูเรียไนโตรเจน (มก./ดล.)	11.3 $\pm$ 2.9 (10.0–12.6)	11.6 $\pm$ 2.8 (10.7–12.4)	0.767 ^a
ดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส	9.4 $\pm$ 0.3 (9.3–9.5)	8.5 $\pm$ 0.3 (8.4–8.6)	< 0.001 ^{***}

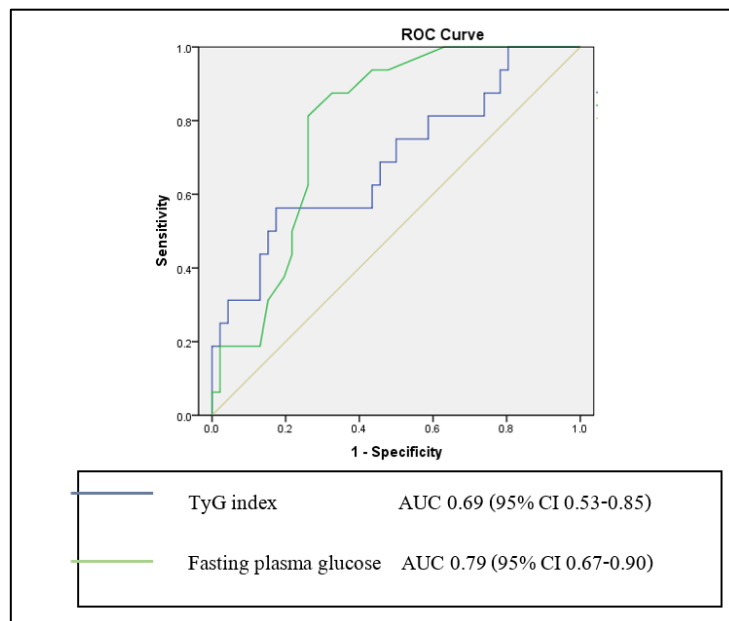
^a Independent t-test, ^b Chi-square test, P-value < 0.05 *, P-value < 0.01 **

จากการติดตามในช่วงการศึกษา 5 ปี (พ.ศ. 2561–พ.ศ. 2565) พบว่า กลุ่มที่ 1 มีผู้เป็นเบาหวาน 9 คน (ร้อยละ 42.9) ไม่เป็นโรคเบาหวาน 12 คน (ร้อยละ 57.1) กลุ่มที่ 2 มีผู้เป็นโรคเบาหวาน 7 คน (ร้อยละ 17.1) ไม่เป็นโรคเบาหวาน 34 คน (ร้อยละ 82.9) คำนวน Relative risk พบว่ากลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 9.02 มีโอกาสเสี่ยงเป็นโรคเบาหวานเป็น 2.5 เท่า เทียบกับกลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสน้อยกว่า 9.02 ($p = 0.028$) (ตารางที่ 2)
ตารางที่ 2 อัตราการเกิดโรคเบาหวานในช่วงการศึกษา 5 ปี จำแนกตามค่า triglyceride glucose index (TyG index)

	จำนวน (ร้อยละ)		Relative risk (95%CI)	p-value
	เป็นโรคเบาหวาน	ไม่เป็นโรคเบาหวาน		
TyG index ≥ 9.02	9 (42.9)	12 (57.1)	2.5 (1.1–5.8)	0.028 ^b
TyG index < 9.02	7 (17.1)	34 (82.9)		

^bChi-square test

ค่า cut-off ทำนายความเสี่ยงการเกิดโรคเบาหวานด้วยค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสคำนวณโดยใช้ ROC curve และใช้เกณฑ์ Youden's index เท่ากับ 8.64 โดยมีความไวร้อยละ 75 ความจำเพาะร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำนายโรคเบาหวานกับค่า Fasting plasma glucose (FPG) พบว่าค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมีพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ 0.69 (95%CI 0.53–0.85) ค่ากลูโคสมีพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ 0.79 (95%CI 0.67–0.90) ซึ่งค่ากลูโคสมีความสามารถในการทำนายการเกิดโรคเบาหวานได้ดีกว่า มีค่า cut-off เท่ากับ 109 โดยมีความไวร้อยละ 81 ความจำเพาะร้อยละ 74 (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ROC curve เปรียบเทียบระหว่าง triglyceride glucose index (TyG index) กับ Fasting plasma glucose (FPG) สำหรับทำนายโรคเบาหวาน

เมื่อนำค่า cut-off ของดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสที่ได้จากผลการศึกษามาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน พบว่ากลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 8.64 มีผู้เป็นเบาหวาน 12 คน (ร้อยละ 33.3) ไม่เป็นโรคเบาหวาน 24 คน

(ร้อยละ 66.7) กลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสน้อยกว่า 8.64 มีผู้เป็นโรคเบาหวาน 4 คน (ร้อยละ 15.4) ไม่เป็นโรคเบาหวาน 22 คน (ร้อยละ 84.6) คำนวน Relative risk พบว่ากลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 8.64 มีโอกาสเสี่ยงเป็นโรคเบาหวานไม่แตกต่างกับกลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสน้อยกว่า 8.64 ($p = 0.146$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 อัตราการเกิดโรคเบาหวานในช่วงการศึกษา 5 ปี จำแนกตามค่า triglyceride glucose index (TyG index) ตามค่า cut-off จากผลการศึกษา

	จำนวน (ร้อยละ)		Relative risk (95 %CI)	p-value
	เป็นโรคเบาหวาน	ไม่เป็นโรคเบาหวาน		
TyG index $\geq$ 8.64	12 (33.3)	24 (66.7)	2.1 (0.8–6.0)	0.146 ^b
TyG index < 8.64	4 (15.4)	22 (84.6)		

^bChi-square test

แต่เมื่อนำค่า cut-off ของ fasting plasma glucose (FPG) มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน พบว่ากลุ่มที่มีค่ากลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 109 มก./ดล. มีผู้เป็นเบาหวาน 13 คน (ร้อยละ 52.0) ไม่เป็นโรคเบาหวาน 12 คน (ร้อยละ 48.0) กลุ่มที่มีค่ากลูโคสน้อยกว่า 109 มก./ดล. มีผู้เป็นโรคเบาหวาน 3 คน (ร้อยละ 8.1) ไม่เป็นโรคเบาหวาน 34 คน (ร้อยละ 91.9) คำนวน Relative risk พบว่ากลุ่มที่มีค่ากลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 109 มก./ดล. มีโอกาสเสี่ยงเป็นโรคเบาหวานเป็น 6.4 เท่า เทียบกับกลุ่มที่มีค่ากลูโคสน้อยกว่า 109 มก./ดล. ($p < 0.001$) (ตารางที่ 4) ตารางที่ 4 อัตราการเกิดโรคเบาหวานในช่วงการศึกษา 5 ปี จำแนกตามค่า fasting plasma glucose (FPG) ตามค่า cut-off จากผลการศึกษา

	จำนวน (ร้อยละ)		Relative risk (95 %CI)	p-value
	เป็นโรคเบาหวาน	ไม่เป็นโรคเบาหวาน		
FPG $\geq$ 109 มก./ดล.	13 (52.0)	12 (48.0)	6.4 (2.0–20.2)	<0.001 ^b
FPG < 109 มก./ดล.	3 (8.1)	34 (91.9)		

^bChi-square test

วิจารณ์

การศึกษานี้พบว่าค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสที่สูงขึ้นอาจสัมพันธ์กับอัตราการเกิดโรคเบาหวานมากขึ้น โดยเมื่อทำการหาความสัมพันธ์จากการแบ่งกลุ่มตามค่า cut-off ที่ได้จากการศึกษาพบว่ากลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 8.64 มีความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานไม่แตกต่างกับกลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสน้อยกว่า 8.64 แต่เมื่อแบ่งกลุ่มตามค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสที่สูงขึ้น พบว่ากลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 9.02 มีความเสี่ยงสูงเป็น 2.5 เท่า เทียบกับกลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสน้อยกว่า 9.02 ซึ่งสอดคล้องไปในทางเดียวกันกับการศึกษาของ Janghorbani และคณะ⁽⁷⁾ ซึ่งพบว่ากลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสในช่วง 8.84 ถึง 9.17 มีความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานเป็น 2.21 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสน้อยกว่า 8.5 และการศึกษาของ Lee และคณะ⁽¹⁴⁾ ที่พบว่ากลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 8.97 มีความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานเป็น 5.65 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสน้อยกว่า 8.21 ยังสอดคล้องกับในอีกหลายการศึกษาได้แก่

Chamroonkiadtikun และคณะ⁽⁶⁾ Lee และคณะ⁽⁸⁾ Liu และคณะ⁽⁹⁾ Low และคณะ⁽¹⁰⁾ Navarro-González และคณะ⁽¹²⁾ ซึ่งพบว่าค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับอัตราการเกิดโรคเบาหวานมากขึ้น

ในส่วนของการศึกษาที่มีภาวะก่อนเบาหวาน Navarro-González และคณะ⁽¹²⁾ ได้วิเคราะห์ใน subgroup analysis พบว่ากลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสในช่วง 7.95 ถึง 8.30, 8.31 ถึง 8.66 และ 8.67 ถึง 10.14 มีความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานเป็น 1.67 เท่า, 2.01 เท่า และ 3.02 เท่า ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสในช่วง 6.40 ถึง 7.94 ซึ่งพบว่าค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสที่สูงขึ้นในแต่ละช่วงมีผลต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานที่เพิ่มขึ้น แต่ในการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของอัตราการเกิดโรคเบาหวานในช่วง cut-off 8.64 แต่พบความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นเมื่อแบ่งด้วยค่า 9.02 อาจมีสาเหตุจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยเกินไป

แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบความสามารถในการทำนายการเกิดโรคเบาหวานกับค่ากลูโคสยังถือว่าดีกว่า จากการทำ ROC curve ในการศึกษาพบว่าค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสมี AUC เท่ากับ 0.69 แต่ค่ากลูโคสมี AUC เท่ากับ 0.79 ซึ่งสอดคล้องไปในทางเดียวกันกับการศึกษาของ Chamroonkiadtikun และคณะ⁽⁶⁾ ที่ทำในประเทศไทย พบว่าค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสสัมพันธ์กับอัตราการเกิดโรคเบาหวานที่มากขึ้น แต่ค่ากลูโคสเป็นตัวทำนายที่ดีกว่า จาก ROC curve โดยมี AUC ของค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสและกลูโคสเท่ากับ 0.64 และ 0.79 ตามลำดับ และสอดคล้องไปในทางเดียวกันกับการศึกษาของ Navarro-González และคณะ⁽¹²⁾ ซึ่งพบว่าในกลุ่มประชากรที่มีภาวะ impaired fasting glucose มี AUC ของค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสและกลูโคสเท่ากับ 0.70 และ 0.78 ตามลำดับ และยิ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Janghorbani และคณะ⁽⁷⁾ Tohid และคณะ⁽¹⁹⁾ ที่พบว่าค่ากลูโคสสามารถทำนายการเกิดโรคเบาหวานได้ดีกว่าค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส โดยค่า cut-off ของ fasting plasma glucose (FPG) จากผลการศึกษาเท่ากับ 109 มก./ดล. (มีความไวร้อยละ 81 ความจำเพาะร้อยละ 74) และเมื่อนำมาแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยพบว่ากลุ่มที่มีค่ากลูโคสมากกว่าหรือเท่ากับ 109 มก./ดล. มีความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานเป็น 6.4 เท่า เทียบกับกลุ่มที่มีค่ากลูโคสน้อยกว่า 109 มก./ดล. ซึ่งอาจนำไปใช้ในการจำแนกกลุ่มเสี่ยงในการพัฒนาเป็นโรคเบาหวานในประชากรไทยที่มีภาวะก่อนเบาหวานได้

สรุปผล

แม้ว่าค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส จะสัมพันธ์กับอัตราการเกิดโรคเบาหวานและอาจนำมาใช้ทำนายการเกิดโรคเบาหวานได้ แต่มีข้อจำกัดในการนำมาปรับใช้ทางคลินิกเนื่องจากการต้องมีการคำนวณค่าไตรกลีเซอไรด์และค่ากลูโคส อีกทั้งความสามารถในการทำนายยังต่ำกว่าค่ากลูโคสซึ่งไม่ต้องมีการคำนวณ

ข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดของการศึกษานี้คือการหาค่า cut-off ของดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคสในการทำนายการเกิดโรคเบาหวานในผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวานทำได้ยาก เนื่องจากมีกลุ่มตัวอย่างที่น้อย จุดที่เป็นปัญหามากที่สุดคือการทำให้ง่ายในการศึกษานี้พบกลุ่มผู้ที่เป็นเบาหวานเพียง 16 ราย ซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดที่สำคัญสองอย่าง คือ มี Random error สูง (ซึ่งแสดงออกโดยการที่เส้น ROC curve มีจุดเปลี่ยนความชันหลายแห่ง ส่งผลให้ค่า cut-off คลาดเคลื่อน และการประเมินความแม่นยำของดัชนีทำนายในการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์แบบ univariable analysis โดยไม่ได้ควบคุมตัวแปรอื่นซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มเปรียบเทียบ เช่น ระดับความดันโลหิต, ระดับความดันโลหิต, คอเลสเตอรอลและกรดไขมัน

เป็นต้น ตามที่ปรากฏในตารางที่ 1 จึงทำให้ค่าความแม่นยำที่วัดได้อาจมีคลาดเคลื่อน แต่จุดแข็งของงานวิจัยนี้คือผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ได้รับประทานยาที่ส่งผลกระทบต่อผลการแปลผลค่าดัชนีไตรกลีเซอไรด์-กลูโคส เช่น ยาลดไขมันในเลือด ยาลดน้ำตาลในเลือด และศึกษาเจาะจงเฉพาะกลุ่มผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวาน ซึ่งมีความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานที่ต้องเฝ้าระวัง

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำในกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมากกว่านี้เพื่อหาค่า cut-off ที่เหมาะสมในการทำนายการเกิดโรคเบาหวานในกลุ่มเสี่ยงต่อโรคเบาหวาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนาวาอากาศเอกหญิงสุภาภรณ์ ฤทธิณีไพบุลย์ นาวาอากาศเอกชัยณรงค์ อีราทร นาวาโท อนันต์ เชื้อสุวรรณ และนาวาอากาศโทหญิงวรลณี อภินิเวศ โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ ที่ให้คำปรึกษา ตรวจสอบ และแนะนำแนวทางแก้ไข จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Auttakit K, Panuwat K, Suthida K. NCDs Situation Report Diabetes Hypertension and associated risk factors 2019. Bangkok: Aksorn graphic and design; 2020.
2. Vichai A, Hathaichanok P, Waraporn S. The 6th Thai Public Health Survey 2019–2020. Bangkok: Aksorn graphic and design; 2021.
3. Sachdev P. Type 2 diabetes: Symptoms, causes, diagnosis, and treatment [Internet]. 2023 [cited 2023 Oct 5]. Available from: <https://www.webmd.com/diabetes/type-2-diabetes>
4. Guerrero–Romero F, Simental–Mendía LE, González–Ortiz M, Martínez–Abundis E, Ramos–Zavala MG, Hernández–González SO, et al. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic–hyperinsulinemic clamp. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2010;95(7):3,347–51.
5. Wen J, Wang A, Liu G, Wang M, Zuo Y, Li W, et al. Elevated triglyceride–glucose (TyG) index predicts incidence of Prediabetes: a prospective cohort study in China. Lipids in Health and Disease. 2020;19(1):226.
6. Chamroonkiadtikun P, Ananchaisarp T, Wanichanon W. The triglyceride–glucose index, a predictor of type 2 diabetes development: A retrospective cohort study. Prim Care Diabetes. 2020;14(2):161–7.
7. Janghorbani M, Almasi SZ, Amini M. The product of triglycerides and glucose in comparison with fasting plasma glucose did not improve diabetes prediction. Acta Diabetologica. 2015;52(4):781–8.
8. Lee SH, Kwon HS, Park YM, Ha HS, Jeong SH, Yang HK, et al. Predicting the development of diabetes using the product of triglycerides and glucose: the Chungju Metabolic Disease Cohort (CMC) study. PLoS One. 2014;9(2):1–7.
9. Liu EQ, Weng YP, Zhou AM, Zeng CL. Association between triglyceride–glucose index and type 2 diabetes mellitus in the Japanese population: a secondary analysis of a retrospective cohort study. BioMed Research International. 2020;1:1–8.
10. Low S, Khoo KCJ, Irwan B, Sum CF, Subramaniam T, Lim SC, et al. The role of triglyceride glucose index in development of Type 2 diabetes mellitus. Diabetes Research and Clinical Practice. 2018;143:43–9.

11. Zhang M, Wang B, Liu Y, Sun X, Luo X, Wang C, et al. Cumulative increased risk of incident type 2 diabetes mellitus with increasing triglyceride glucose index in normal-weight people: The Rural Chinese Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*. 2017;16(1):30.
12. Navarro-González D, Sánchez-Íñigo L, Pastrana-Delgado J, Fernández-Montero A, Martínez JA. Triglyceride-glucose index (TyG index) in comparison with fasting plasma glucose improved diabetes prediction in patients with normal fasting glucose: The Vascular-Metabolic CUN cohort. *Preventive Medicine*. 2016;86:99–105.
13. Wang Z, Zhao L, He S. Triglyceride-glucose index as predictor for future type 2 diabetes mellitus in a Chinese population in southwest China: a 15-year prospective study. *Endocrine*. 2021;72(1):124–31.
14. Lee DY, Lee ES, Kim JH, Park SE, Park CY, Oh KW, et al. Predictive Value of Triglyceride Glucose Index for the Risk of Incident Diabetes: A 4-Year Retrospective Longitudinal Study. *PLoS One*. 2016;11(9):1–14.
15. Campos Muñoz C, León-García PE, Serrato Diaz A, Hernández-Pérez E. Diabetes mellitus prediction based on the triglyceride and glucose index. *Medicina Clínica*. 2023;160:231–6.
16. Liberty IA, Kodim N, Sartika RAD, Trihandini I, Tjekyan RMS, Zulkarnain, et al. Triglyceride/Glucose Index (TyG Index) as a marker of glucose status conversion among reproductive-aged women in Jakarta, Indonesia: The Bogor cohort study (2011–2016). *Diabetology & Metabolic Syndrome*. 2021;15(6):1–6.
17. Selvin E. Are There Clinical Implications of Racial Differences in HbA1c? A Difference, to Be a Difference, Must Make a Difference. *Diabetes Care*. 2016;39(8):1,462–7.
18. ElSayed NA, Aleppo G, Aroda VR, Bannuru RR, Brown FM, Bruemmer D, et al. Classification and diagnosis of diabetes: Standards of Care in Diabetes 2023. *Diabetes Care*. 2022;46 (Suppl1):S19–40.
19. Tohidi M, Baghbani-Oskouei A, Ahanchi NS, Azizi F, Hadaegh F. Fasting plasma glucose is a stronger predictor of diabetes than triglyceride-glucose index, triglycerides/high-density lipoprotein cholesterol, and homeostasis model assessment of insulin resistance: Tehran Lipid and Glucose Study. *Acta Diabetologica*. 2018;55(10):1,067–74.
20. Gerstein HC, Santaguida P, Raina P, Morrison KM, Balion C, Hunt D, et al. Annual incidence and relative risk of diabetes in people with various categories of dysglycemia: a systematic overview and meta-analysis of prospective studies. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2007;78(3):305–12.
21. Warren B, Pankow JS, Matsushita K, Punjabi NM, Daya NR, Grams M, et al. Comparative prognostic performance of definitions of prediabetes: a prospective cohort analysis of the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *Lancet Diabetes & Endocrinology*. 2017;5(1):34–42.
22. Ngamjarus C, Pattanittum P. n4Studies: application for sample size calculation in health science research. Version 2.3. App store; 2024.