Thai JPEN

Better Nutrition for Better Life

บทความทบทวนวิชาการ/ Review article

Received: 7 May 2021
Revised: 30 June 2021
Accepted: 14 March 2022

การนับไขมันและโปรตีนร่วมกับการนับคาร์โบไฮเดรตเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลหลังอาหารในคนไข้เบาหวานชนิดที่ 1 โดยใช้อินซูลินปั๊มระบบ Dual-Wave Bolus

ฉัตรวรา อารีวุฒิ

สาขาวิชาโรคต่อมไร้ท่อและเมแทบอลิซึม ภาควิชาอายุรศาสตร์
คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

Fat, Protein, and Carbohydrate Counting: The Novel Treatment for Controlling Postprandial Glycemic Levels in Type 1 Diabetes with an Insulin Pump Dual - Wave Bolus System

Chatvara Areevut

Endocrinology Division, Department of Medicine, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University

Thai JPEN 2022;30(1):20-27.

บทคัดย่อ

การนับคาร์โบไฮเดรตร่วมกับการฉีดอินซูลินตามมื้ออาหาร ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ในการใช้เป็นแนวเวชปฏิบัติเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ได้ตามเป้าหมายในการรักษาผู้เป็นเบาหวานชนิดที่ 1 และมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ศึกษาการนับคาร์โบไฮเดรต ร่วมกับการเจาะน้ำตาลปลายนิ้ว เพื่อกำหนดปริมาณอินซูลินที่เหมาะสมตามมื้ออาหาร พบผลลัพธ์ทางคลินิกและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม หลายการศึกษาพบว่าเมื่อผู้เป็นเบาหวานชนิดที่ 1 ได้รับอาหารที่มีไขมันและโปรตีนในปริมาณสูง จะมีผลต่อระดับน้ำตาล 2 ชั่วโมงหลังอาหาร โดยทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงนานถึง 3-5 ชั่วโมงและมีผลต่อค่าน้ำตาลเฉลี่ยสะสม ปัจจุบันอาหารที่พบทั่วไปจะเป็นอาหารที่มีไขมันสูง เช่น พิซซ่า พาย เค้ก ไอศกรีม ของทอดต่างๆ เป็นต้น ดังนั้น เพื่อให้ผู้เป็นเบาหวานชนิดที่ 1 มีการคุมระดับน้ำตาลหลังอาหารที่ได้เป้าหมายมากยิ่งขึ้น บทความนี้ได้รวบรวมหลักการการนับไขมันและโปรตีน ร่วมกับการนับคาร์โบไฮเดรตเพื่อกำหนดปริมาณอินซูลินที่เหมาะสมในมื้ออาหารนั้นๆ โดยอธิบายถึงหลักการในการนับไขมันและโปรตีน และกำหนดปริมาณอินซูลินผ่านระบบปั๊ม โดยใช้ระบบ dual-wave bolus ในการให้อินซูลิน ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้บุคคลากรทางการแพทย์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ทางคลินิก เพื่อการคุมระดับน้ำตาลหลังอาหารที่ดีขึ้นของผู้เป็นเบาหวานชนิดที่ 1

Corresponding author: Chatvara Areevut
Department of Medicine, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University, Bangkok, THAILAND
Email: chatvara244@gmail.com

Abstract

Carbohydrate counting in conjunction with multiple insulin injections is accepted as a standard of care for type 1 diabetes patients to control their glycemic level. Many public studies show positive clinical outcomes with intensive treatment and a marked improvement in quality of life. However, some evidence has found meal compositions that are high in protein and fat increase the postprandial glycemic level and sustain postprandial hyperglycemia for more than 3-5 hours.

At present, the prevalence and availability of fast foods that are high in fat, is increasing. Pizza, pie, cake, ice-cream, and fried foods are popular among the youth and adolescence. Therefore, the concept of fat and protein counting has been proposed recently in many studies to enhance optimal glycemic level in type 1 patients. This article shows the benefits of carbohydrate, fat, and protein counting on the post-prandial glycemic level in an insulin pump delivered via the dual-wave bolus system. Hopefully, it will help healthcare practitioners to adopt the new concept into their practice in order to improve glycemic levels and improve the quality of life in type 1 diabetes patients.

คำสำคัญ: การนับคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน, อินซูลินปั๊มระบบผสมผสาน, ระดับน้ำตาลหลังอาหาร
Keywords: carbohydrate counting, fat and protein counting, insulin pump dual wave system, postprandial glycemic level

บทนำ

ปัจจุบันสมาคมโรคเบาหวานแห่งสหรัฐอเมริกา American Diabetes Association (ADA)[1] ได้ให้แนวทางในการรักษาผู้เป็นเบาหวานประเภทที่ 1 โดยแนะนำการรักษาเป็นการฉีดอินซูลินแบบ multiple daily insulin injection (MDI) ซึ่งเป็นการนำอินซูลินพื้นฐาน (basal) ร่วมกับอินซูลินที่ใช้คุมน้ำตาลหลังอาหาร (bolus) และใช้การนับคาร์โบไฮเดรตร่วมกับการเจาะน้ำตาลปลายนิ้วเพื่อปรับปริมาณอินซูลินตามมื้ออาหารให้สอดคล้องกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่รับประทานในมื้อนั้นๆ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ โดยแนวทางนี้จะช่วยให้สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ใกล้เคียงกับคนปกติมากที่สุด และแนวทางการรักษานี้มีหลักฐานเชิงประจักษ์ว่านอกจากจะช่วยคุมค่าระดับน้ำตาลเฉลี่ยสะสมให้ได้ตามเป้าหมายแล้วยังช่วยลดโรคแทรกซ้อนทางหลอดเลือดได้[2] ดังนั้น นอกจากการฉีดอินซูลินตามมื้ออาหารที่รับประทานแล้ว การนับคาร์โบไฮเดรตร่วมด้วยเป็นวิธีที่ช่วยให้แพทย์สามารถคำนวณอัตราส่วนอินซูลินต่อคาร์โบไฮเดรต (insulin-to-carb ratio, ICR) ที่เป็นสูตรเฉพาะของแต่ละบุคคลได้อย่างใกล้เคียงกับความต้องการของบุคคลและมื้ออาหารนั้น ๆ และอัตราส่วนนี้จะช่วยให้ผู้เป็นเบาหวานสามารถคำนวณปริมาณอินซูลินที่จะฉีดด้วยตนเองเพื่อให้สัมพันธ์กับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่จะกินในแต่ละมื้อ ซึ่งการรักษาแบบนี้จะช่วยให้ผู้เป็นเบาหวานประเภทที่ 1 สามารถใช้ชีวิตได้เหมือนคนปกติทั่วไป

ประโยชน์ของการนับคาร์โบไฮเดรตในผู้เป็นเบาหวานชนิดที่ 1

มีการศึกษาหลากหลายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการนับคาร์โบไฮเดรตและค่าน้ำตาลเฉลี่ยสะสม การศึกษาในปี 2016 โดย Kirstine J Bell และคณะ[3] ทำการศึกษาแบบการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (systematic review) และการวิเคราะห์อภิมาน (meta-analysis) เปรียบเทียบการนับคาร์โบไฮเดรตกับการให้คำปรึกษาทางอาหารทั่วไป พบว่าการนับคาร์โบไฮเดรตช่วยลดค่าน้ำตาลเฉลี่ยสะสมได้ 0.64% เมื่อเปรียบเทียบกับการให้คำปรึกษาทางอาหารทั่วไป การศึกษา Dose Adjustment for Normal Eating (DAFNE) study group ซึ่งเป็นการศึกษาผลลัพธ์ทางคลินิกและคุณภาพชีวิตของผู้เป็นเบาหวานประเภทที่ 1 ที่ได้รับการรักษาแบบ MDI ร่วมกับการนับคาร์โบไฮเดรตและแนะนำให้

ผู้เป็นเบาหวานสามารถปรับอินซูลินด้วยตนเองเพื่อเพิ่มอิสระในการกินอาหารและควบคุมระดับน้ำตาลหลังอาหารให้ได้ตามเป้าหมาย ผลลัพธ์ของการศึกษาพบว่าค่าน้ำตาลเฉลี่ยสะสมลดลงร้อยละ 1 จากค่าตั้งต้น และผู้เข้าร่วมวิจัยมีอิสระในการกินมากขึ้นและมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น[4] อย่างไรก็ตาม ในหลาย ๆ การศึกษาพบว่ามีปัจจัยอื่นนอกจากการนับคาร์โบไฮเดรตที่มีผลต่อระดับน้ำตาล 2 ชั่วโมงหลังอาหาร การศึกษาแบบการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบของ Kirstine J Bell และคณะ พบว่านอกจากคาร์โบไฮเดรตที่มีผลต่อน้ำตาล 2 ชั่วโมงหลังอาหารแล้ว ดัชนีน้ำตาล (glycemic, GI) ปริมาณไขมันและโปรตีน มีผลอย่างมากต่อน้ำตาล 2 ชั่วโมงหลังอาหาร โดยปริมาณไขมัน โปรตีนที่สูงจะทำให้ระดับน้ำตาลหลังอาหารสูงนานขึ้น[5]

ปริมาณโปรตีนและไขมันมีผลต่อระดับน้ำตาลหลังอาหารอย่างไร

Kirstine J Bell และคณะ[5] ทำการศึกษาแบบการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ และการวิเคราะห์อภิมาน เพื่อรวบรวมงานวิจัยปริมาณไขมันและโปรตีนที่มีผลต่อระดับน้ำตาลหลังอาหารในผู้เป็นเบาหวานประเภทที่ 1 โดยใช้เครื่องตรวจวัดระดับน้ำตาลอย่างต่อเนื่อง (continuous glucose monitoring; CGM) ในการติดตามผลของระดับน้ำตาลในเลือด โดยผลการศึกษาระบุว่าการบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันและโปรตีนสูง มีผลต่อระดับน้ำตาลหลังอาหาร โดยส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นช้าใน 2-3 ชั่วโมงแรกหลังมื้ออาหาร แต่จะเริ่มขึ้นสูงหลังจากชั่วโมงที่ 3 และสูงนานเมื่อเทียบกับปริมาณอาหารที่มีไขมันและโปรตีนที่ต่ำกว่า Peterson และคณะ[6] ได้อธิบายกลไกต่าง ๆ ที่มีผลทำให้ระดับน้ำตาลหลังอาหารสูงเมื่อรับประทานอาหารที่มีไขมันสูงดังนี้

1. อาหารที่มีไขมันสูงส่งผลให้ระยะเวลาที่อาหารคงค้างในกระเพาะอาหารยาวนานขึ้น (delayed gastric emptying time) โดยอธิบายจากกระบวนการย่อยและดูดซึมสารอาหารจะมีกระบวนการควบคุมโดยกระเพาะอาหารจะเป็น rate limiting step ซึ่งจะช่วยไม่ให้สารอาหารต่างๆเข้าสู่ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) เร็วเกินไป โดยไขมันจะไปกระตุ้นให้ลำไส้เล็กส่วนต้นหลั่งฮอร์โมนต่าง ๆ ซึ่งส่งผลให้กระเพาะอาหารเคลื่อนไหวช้าลง ทำให้ระดับน้ำตาลสูงขึ้นช้าในช่วงแรก และสูงขึ้นหลังจากชั่วโมงที่ 3 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้น อาหารที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เท่ากัน แต่มีปริมาณไขมันสูงกว่าจะต้องการปริมาณอินซูลินที่มากกว่า เพื่อควบคุมระดับน้ำตาลหลังอาหารให้ได้ตามเป้าหมาย[6]

2. กระบวนการสร้างน้ำตาลกลูโคส (gluconeogenesis) ที่มาจากไขมัน ไขมันในรูปของไตรกลีเซอไรด์จากอาหารเมื่อร่างกายนำไปใช้จะให้ผลิตภัณฑ์ในรูปของกลีเซอรอล (glycerol) ร่วมกับกรดไขมัน (free fatty acids) โดยร่างกายสามารถนำกลีเซอรอลกลับมาสังเคราะห์เป็นน้ำตาลกลูโคสโดยผ่านกระบวนการ gluconeogenesis อย่างไรก็ตามกลีเซอรอลจะให้น้ำหนักเพียง 5-15% ของไขมันไตรกลีเซอไรด์ และส่วนใหญ่น่าจะนำไปใช้ในกระบวนการ glycolytic pathway จึงส่งผลต่อระดับน้ำตาลไม่มาก[6]

นอกจากนี้ Peterson และคณะ[6] ได้อธิบายกลไกที่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดที่เพิ่มขึ้นเมื่อรับประทานอาหารที่มีโปรตีนสูง โดยเฉพาะ ในปริมาณที่มากกว่า 75 กรัม จะเห็นได้ชัดเจนว่ามีผลต่อการขึ้นของระดับน้ำตาลหลังอาหาร โดยจะค่อยๆ ขึ้นและสูงนาน ตั้งแต่นาทีที่ 180- 300 โดยตั้งสมมติฐานกลไกต่อการขึ้นของระดับน้ำตาลหลังอาหารดังนี้

1. ในคนปกติ เมื่อรับประทานอาหารที่มีโปรตีนสูง โปรตีนจะกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินเพื่อนำกรดอะมิโน (amino acid) เข้าสู่เซลล์ ในขณะเดียวกันโปรตีนจะกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนกลูคากอนให้ตับผลิตน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อให้ระดับน้ำตาลในร่างกายเป็นปกติ แต่ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1 เมื่อรับประทานอาหารที่มีโปรตีนสูง จะกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินได้น้อยแต่มีการหลั่งฮอร์โมนกลูคากอนที่มากขึ้น ส่งผลให้ระดับน้ำตาลหลังอาหารเพิ่มสูงขึ้น

2. กระบวนการสร้างน้ำตาลกลูโคส ที่มาจากโปรตีน เมื่อโปรตีนถูกย่อยไปเป็นกรดอะมิโน ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1 ที่มีปริมาณฮอร์โมนอินซูลินน้อยร่วมกับการกระตุ้นฮอร์โมนกลูคากอนที่มากขึ้นจากโปรตีนดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ตับจะนำกรดอะมิโนกลุ่มที่สามารถนำมาสังเคราะห์กลูโคสเข้าสู่กระบวนการ gluconeogenesis ส่งผลให้ระดับน้ำตาลหลังอาหารสูงเมื่อรับประทานปริมาณโปรตีนสูง

จากการศึกษาของ Paterson และคณะพบว่าปริมาณโปรตีนอย่างเดียวมีผลต่อระดับน้ำตาลหลังอาหารโดยพบว่าเมื่อรับประทานปริมาณโปรตีนมากกว่า 28 กรัมในมื้ออาหารที่มีไขมันและคาร์โบไฮเดรตร่วมด้วยหรือรับประทานปริมาณโปรตีนอย่างเดียวในปริมาณมากกว่า 75 กรัม จะมีผลต่อระดับน้ำตาลหลังอาหาร โดยจะทำให้ระดับน้ำตาลสูงขึ้นเหมือนกับการกินคาร์โบไฮเดรตในปริมาณ 20 กรัม ที่ไม่ได้รับอินซูลิน[6]

ในการศึกษาของ Smart และคณะ ได้เปรียบเทียบระดับน้ำตาล 2 ชั่วโมงหลังอาหาร (2-hour postprandial blood glucose) ภายหลังอาสาสมัครรับประทานอาหารที่มีไขมันต่ำ (4 กรัม) หรือ ไขมันสูง (35 กรัม) เปรียบเทียบกับกลุ่มอาหารโปรตีนต่ำ (5 กรัม) หรืออาหารโปรตีนสูง (40 กรัม) โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากัน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มอาหารไขมันต่ำ (4 กรัม) โปรตีนต่ำ (5 กรัม)
2. กลุ่มอาหารไขมันต่ำ (4 กรัม) โปรตีนสูง (40 กรัม)
3. กลุ่มอาหารไขมันสูง (35 กรัม) โปรตีนต่ำ (5 กรัม)
4. กลุ่มอาหารไขมันสูง (35 กรัม) โปรตีนสูง (40 กรัม)

ผลการศึกษาพบว่าอาสาสมัครที่รับประทานอาหารที่ไขมันและโปรตีนสูงจะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงนาน โดยเริ่มสูงตั้งแต่ 180-300 นาที[7] ดังแสดงในรูปที่ 1

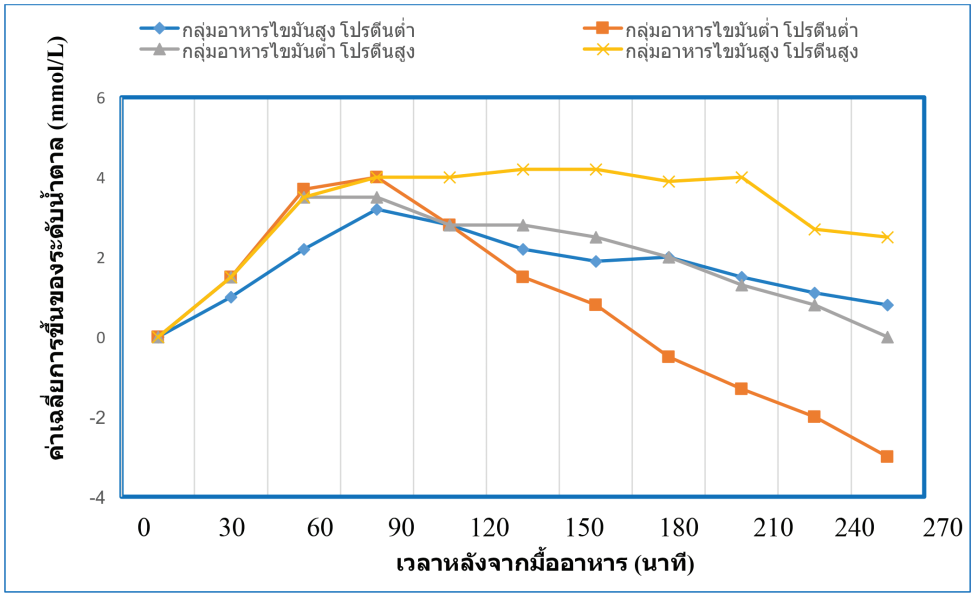
การศึกษาของ Wolpert และคณะ ได้นำอินซูลินปั๊มซึ่งเป็นระบบการให้อินซูลินอัตโนมัติ (closed - loop glucose control system) กล่าวคือ ระบบปั๊มจะให้อินซูลิน เมื่อพบมีว่าผู้เป็นเบาหวานมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเกินเป้าหมาย และหยุดการให้อินซูลินเมื่อพบว่ามีระดับน้ำตาลต่ำ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณไขมันในอาหารที่สูง (60 กรัม) เปรียบเทียบกับอาหารไขมันต่ำ (10 กรัม) มีความต้องการอินซูลินเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 42 และทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงนานมากกว่า 5 ชั่วโมงขึ้นไป[8]

สรุปว่า อาหารที่มีปริมาณไขมันและโปรตีนสูงมีผลต่อระดับน้ำตาลหลังอาหาร และอาหารที่มีปริมาณไขมันสูงจะทำให้ผู้เป็นเบาหวานชนิดที่ 1 ต้องการปริมาณอินซูลินเพิ่มขึ้นเพื่อทำให้ระดับน้ำตาลอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดในปัจจุบันจะเห็นว่าอาหารที่มีไขมันและโปรตีนสูงกำลังเป็นที่นิยมอย่างมาก โดยเฉพาะอาหารตะวันตก เช่น พิซซ่า เฟรนช์ฟราย ไก่ทอด หรืออาหารไทย เช่น ผัดไทย ข้าวมันไก่ เป็นต้น ซึ่งการนับคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียวไม่สามารถช่วยให้ผู้ป่วยเบาหวานควบคุมระดับน้ำตาลหลังอาหารให้ได้ตามที่แพทย์กำหนดเป้าหมาย คำถามที่น่าท้าทายคือจะคำนวณปริมาณอินซูลินที่เหมาะสมเท่าใดเพื่อจะคุมระดับน้ำตาลหลังอาหารให้ได้ตามเกณฑ์และบรรลุเป้าหมายในการรักษา เพื่อลดการเกิดโรคแทรกซ้อนทางหลอดเลือดและลดการเกิดภาวะน้ำตาลต่ำซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้เป็นเบาหวานชนิดที่ 1

ระบบอินซูลินปั๊ม

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการระบบการได้รับอินซูลินหลากหลายวิธี เช่นการใช้ไซริ้งค์ การใช้ปากกา และระบบการให้อินซูลินแบบต่อเนื่องหรืออินซูลินปั๊ม ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบการให้อินซูลินตามมื้ออาหารในระบบอินซูลินปั๊มซึ่งในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 ระบบ[9] คือ

1. ระบบการให้อินซูลินแบบปกติ (normal) คือระบบการให้อินซูลินตามปริมาณคาร์โบไฮเดรตตามมื้ออาหารนั้นๆ โดยปกติจะให้ก่อนอาหาร 15 นาที ปริมาณอินซูลินขึ้นกับ



รูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดหลังอาหารตั้งแต่นาทีที่ 0 ถึง 300 นาที[7]

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่นับในมื้อนั้น ๆ เช่น ผู้เป็นเบาหวานได้รับสูตรอัตราส่วนอินซูลินต่อคาร์โบไฮเดรต 1:10 หมายถึง ถ้ารับประทานคาร์โบไฮเดรต 10 กรัม จะต้องฉีดอินซูลิน 1 ยูนิต ก่อนมื้ออาหาร

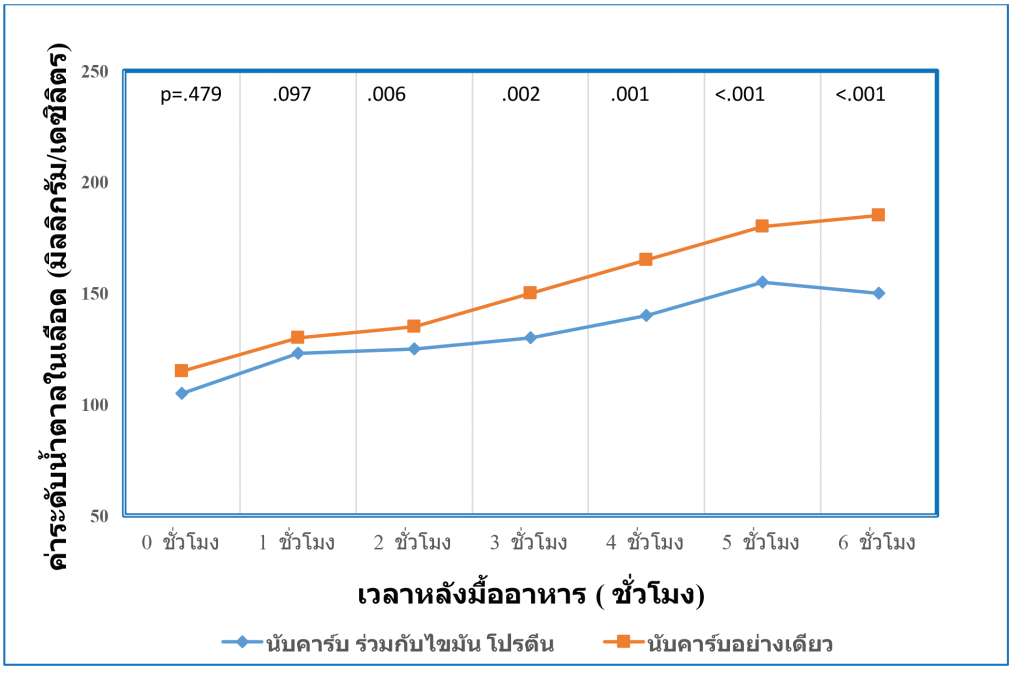
2. ระบบการให้อินซูลินแบบต่อเนื่อง (square-wave) คือการให้อินซูลินแบบต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง อาจตั้งการให้อินซูลินได้ตั้งแต่ 20 นาทีถึง 8 ชั่วโมง

3. ระบบการให้อินซูลินแบบผสมผสาน (dual-wave) คือการนำระบบการให้อินซูลินแบบปกติผสมผสานกับการให้แบบต่อเนื่อง

ความสัมพันธ์ของระดับน้ำตาลหลังอาหารและการนับไขมัน โปรตีน ร่วมกับการนับคาร์โบไฮเดรต โดยใช้ระบบอินซูลินปั๊มแบบ dual - wave bolus

จากการศึกษาโดย Kordonouri O และคณะ[10] ได้นำหลักการการนับคาร์โบไฮเดรต การนับไขมันและโปรตีนมาคำนวณปริมาณอินซูลิน เพื่อเปรียบเทียบกับการนับคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียวในอาหารที่มีพลังงานสูง โดยใช้ระบบอินซูลินปั๊มแบบ dual-wave bolus โดยคำนวณอินซูลินส่วนแรกให้สัมพันธ์กับปริมาณคาร์โบไฮเดรตในมื้อนั้นๆ และให้อินซูลินแบบปกติก่อนมื้ออาหาร 15 นาที และส่วนที่สองจะเป็นปริมาณอินซูลินที่คำนวณตามปริมาณโปรตีนและไขมันที่มาจากอาหารและจะได้รับอินซูลินแบบต่อเนื่อง หลังอาหาร 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 3-5 ชั่วโมงตามปริมาณ Fat Protein Unit (FPU) ที่คำนวณตามปริมาณอาหารในมื้อนั้น ๆ

จากผลการศึกษา พบว่าระดับน้ำตาลหลังอาหารของกลุ่มที่คำนวณอินซูลินต่อคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน มีการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่คำนวณอินซูลินต่อคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบค่าพื้นที่ใต้กราฟของระดับน้ำตาลหลังอาหาร 6 ชั่วโมง (area under the curve; AUC) ประมาณ 805 ± 261 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในกลุ่มที่นับคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน เปรียบเทียบกับค่าพื้นที่ใต้กราฟของระดับน้ำตาลหลังอาหาร 6 ชั่วโมง ประมาณ 926 ± 285 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร สำหรับกลุ่มนับคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียว (p < 0.001) และค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาล (average glucose) ประมาณ 137.8 ± 46.2 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในกลุ่มที่นับคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน เปรียบเทียบกับ ค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาล 160.5 ± 1.9 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในกลุ่มที่นับคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียว (p < 0.001) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้พบว่ากลุ่มที่นับคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน จะมีภาวะน้ำตาล



รูปที่ 2 การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดของการนับคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีนร่วมเปรียบเทียบกับการนับคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียวในผู้เป็นเบาหวานชนิดที่ 1 ที่ใช้อินซูลินปั๊มโดยใช้ระบบการวัดน้ำตาลต่อเนื่อง CGM ที่ เวลา 6 ชั่วโมง[10]

ต่ำหลังอาหาร (< 70 มิลลิกรัม/เดซิลิตร) มากกว่ากลุ่มที่นับคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียว (35.7% vs. 9.5%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$)

การคำนวณปริมาณอินซูลินร่วมกับการนับไขมัน โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต

หลายการศึกษาพยายามคิดค้นสูตรในการคำนวณปริมาณอินซูลินที่เหมาะสมกับอาหารพลังงานสูง ยกตัวอย่างสูตรของ Warsaw's formula[11,12] ได้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการคำนวณอินซูลินในมื้ออาหารที่มีปริมาณไขมันและโปรตีนสูงของแต่ละบุคคล สูตร Warsaw's formula เป็นที่ยอมรับว่าสามารถนำมาใช้ได้ดีโดยเฉพาะในผู้เป็นเบาหวานชนิดที่ 1 ที่ใช้อินซูลินปั๊ม

การคำนวณปริมาณอินซูลินที่คำนวณปริมาณไขมันและโปรตีน โดยใช้สูตรคำนวนของวอร์ซอร์ (The Warsaw Pump Therapy School (WPTS) formula

ในปี 2003 มีการคิดโปรแกรมในการคำนวณปริมาณอินซูลินสำหรับอินซูลินปั๊มโดยใช้รูปแบบผสมผสาน โดย Ewa Pankowska มีรายละเอียดดังนี้

1. ใช้สูตรการคำนวนปริมาณอินซูลินต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่รับประทานในมื้อนั้น ๆ (ICR) ที่ได้รับจากแพทย์โดยผ่านกระบวนการการนับคาร์บ ในการคำนวณนี้จะใช้ 1 ยูนิตคาร์บ เท่ากับ 10 กรัมของคาร์โบไฮเดรต (โดยทั่วไปจะใช้ 1 ยูนิตคาร์บ เท่ากับ 15 หรือ 18 กรัม ขึ้นกับการกำหนดของแต่ละคลินิก) เช่น ถ้าได้รับ ICR 1:1 หมายถึงกินคาร์โบไฮเดรต 1 ยูนิตคาร์บ คือ 10 กรัม จะฉีดอินซูลิน 1 ยูนิต แต่ถ้าได้รับ ICR จากแพทย์ 2:1 หมายถึงกินคาร์โบไฮเดรต 1 ยูนิตคาร์บ (10 กรัม) จะต้องฉีดอินซูลิน 2 ยูนิต เป็นต้น ซึ่งเป็นสูตรแต่ละบุคคลที่ได้รับจากแพทย์เพื่อคำนวณปริมาณอินซูลินต่อคาร์โบไฮเดรตในมื้ออาหาร ยกตัวอย่าง นางสาวเอได้รับสูตร ICR 1:1 หากมื้อนั้นนับคาร์โบไฮเดรตได้ 30 กรัม ดังนั้นนางสาวเอจะต้องฉีดอินซูลิน 3 ยูนิตก่อนมื้ออาหารเป็นอินซูลินแบบปกติ เป็นต้น

2. ใช้สูตรการคำนวณไขมัน โปรตีนที่มีอยู่ในมื้ออาหารนั้นๆ fat protein ratio (FPU ratio) เพื่อคำนวณปริมาณอินซูลินที่เหมาะสมต่อปริมาณไขมันและโปรตีน การคำนวนนี้ให้ใช้ 1 ไขมัน โปรตีน ยูนิต (FPU) เท่ากับ 100 กิโลแคลอรีของพลังงานที่มาจากไขมันและโปรตีนเช่น คำนวณพลังงานจากไขมันและโปรตีน ได้ 300 กิโลแคลอรี ซึ่งเท่ากับ 3 FPU จะต้องฉีดอินซูลินเพิ่มเป็นแบบต่อเนื่อง 3 ยูนิต เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

3. ใช้อัตราส่วนที่เท่ากันระหว่าง insulin to carb unit (I:C) และinsulin to fat protein unit (I:FPU) เช่น ผู้ป่วยได้รับสูตร I:C =1:1 สูตร I:FPU ก็จะเท่ากับ 1:1 หรือ ถ้าผู้ป่วยใช้สูตร I:C =2:1 สูตร I:FPU จะเท่ากับ 2:1 เช่นกัน

4. คำนวณสูตรออกมาตามข้อมูลโภชนาการของอาหารแต่ละชนิด จะได้ปริมาณอินซูลินแบบปกติก่อนมื้ออาหารและปริมาณอินซูลินที่ให้แบบต่อเนื่องตามจำนวน FPU ที่คำนวณได้ ซึ่งสามารถบริหารอินซูลินแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลาต่าง ๆ ตามข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 ถ้าคำนวณได้ 1 FPU จะให้อินซูลินแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

4.2 ถ้าคำนวณได้ 2 FPU จะให้อินซูลินแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

4.3. ถ้าคำนวณได้ 3 FPU จะให้อินซูลินแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

4.4 ถ้าคำนวณได้ มากกว่า 3 FPU จะให้อินซูลินแบบต่อเนื่อง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของพิซซ่าหน้าชีส 1 ชิ้นเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว[13]

พลังงาน (กิโลแคลอรี)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)
256	30.7	11.45	10.2

การคำนวณปริมาณอินซูลินแบบผสมผสาน โดยเป็นระบบอินซูลินปั๊ม

1. คำนวณคุณค่าทางโภชนาการของมื้ออาหาร โดยคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต เป็นอันดับแรก เช่น พิซซ่า 2 ชิ้น มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 61.4 กรัม (ตารางที่ 1)

2. คำนวณอินซูลินแบบปกติจากปริมาณของคาร์โบไฮเดรตยูนิต

- คำนวณคาร์โบไฮเดรตยูนิต (carbohydrate unit, CU) โดย คำนวณ 1 คาร์โบไฮเดรตยูนิต เท่ากับ 10 กรัม คาร์โบไฮเดรต ดังนั้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในพิซซ่า 2 ชิ้น คือ 61.4 กรัม คาร์โบไฮเดรตยูนิตเท่ากับ 6 CU
- ถ้าสูตร ICR ของผู้เป็นเบาหวานคือ 1:1 หมายถึง 1 คาร์โบไฮเดรตยูนิต (CU) ผู้เป็นเบาหวานต้องการอินซูลิน 1 ยูนิต ดังนั้น ถ้ากินคาร์โบไฮเดรตยูนิต 6 CU จะได้รับอินซูลิน 6 ยูนิต (จุดทศนิยมอาจปัดขึ้นหรือลง) โดยจะเป็นอินซูลินแบบปกติที่ฉีดก่อนอาหาร 15 นาที

3. คำนวนอินซูลินแบบต่อเนื่องโดยใช้พลังงานจากไขมันและโปรตีนในอาหาร

ในพิซซ่า 2 ชิ้นมี ปริมาณไขมันและโปรตีน เท่ากับ 20.4 และ 22.9 กรัม ตามลำดับ

- คำนวนไขมันและโปรตีนยูนิต (FPU) โดยคำนวนพลังงานที่มาจากไขมัน 20.4 กรัม × 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม = 183.6 กิโลแคลอรี (1 กรัมไขมันให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี)
- คำนวนพลังงานที่มาจากโปรตีน 22.9 กรัม × 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม = 91.6 กิโลแคลอรี (1 กรัมโปรตีนให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี)
- คำนวน 1 ไขมัน โปรตีนยูนิต (FPU) ใช้สูตร 1 FPU เท่ากับ100 กิโลแคลอรี ดังนั้น เมื่อรับประทาน พิซซ่า 2 ชิ้น ได้รับพลังงานจากไขมันและโปรตีน เท่ากับ 183.6 + 91.6 = 275.2 กิโลแคลอรี insulin to FPU= 275/100 = 2.75 ยูนิต ดังนั้น คำนวนปริมาณอินซูลินแบบต่อเนื่องเท่ากับ 3 ยูนิต

4. บริหารอินซูลินอินซูลินแบบปกติและแบบต่อเนื่อง

- ปริมาณอินซูลินแบบปกติที่ฉีดก่อนอาหาร 6 ยูนิต ฉีดก่อนอาหาร 15 นาที ตามปริมาณคาร์โบไฮเดรตยูนิต ให้อินซูลินแบบต่อเนื่องเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลที่มาจากไขมันและโปรตีนที่ 3 ยูนิต ฉีดหลังอาหารที่ชั่วโมงที่ 2 และให้อินซูลินแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

สรุป

การนับคาร์โบไฮเดรตเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้เป็นเบาหวานชนิดที่ 1 ที่จะต้องนำเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการรักษาร่วมกับการฉีดอินซูลินเพื่อที่จะควบคุมระดับน้ำตาลหลังมื้ออาหารให้เป็นไปตามเป้าหมายเพื่อลดภาวะแทรกซ้อนทางหลอดเลือด ปัจจุบัน อาหารส่วนใหญ่จะมีปริมาณไขมันและโปรตีนค่อนข้างสูง ซึ่งจะมีผลต่อระดับน้ำตาลหลังอาหารโดยจะทำให้ระดับน้ำตาลสูงนานเป็นเวลา 3-6 ชั่วโมง ดังนั้น นอกจากอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตแล้ว การนับไขมันและโปรตีนเป็นอีกทางเลือกให้กับแพทย์ในการนำมาดูแลผู้เป็นเบาหวานชนิดที่ 1 เพื่อให้มีระดับน้ำตาลก่อนและหลังอาหารไม่ต่ำหรือสูงเกินไป เพื่อลดโรคแทรกซ้อนและเพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับผู้เป็นเบาหวาน

เอกสารอ้างอิง

1. Chiang JL, Maahs DM, Garvey KC, Hood KK, Laffel LM, Weinzimer SA, et al. Type 1 diabetes in children and adolescents: A position statement by the american diabetes association. Diabetes Care. 2018; 41(9):2026-44.
2. The diabetes control and complications trial research group. The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus. N Engl J Med. 1993; 329(14):977-86.
3. Bell KJ, Barclay AW, Petocz P, Colagiuri S, Brand-Miller JC. Efficacy of carbohydrate counting in type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. Lancet Diabetes Endocrinol. 2014;2(2):133-40.
4. DAFNE Study Group.Training in flexible, intensive insulin management to enable dietary freedom in people with type 1 diabetes: dose adjustment for normal eating (DAFNE) randomised controlled trial. Brit Med J. 2002;325(7367):746.
5. Bell KJ, Smart CE, Steil GM, Brand-Miller JC, King B, Wolpert HA. Impact of fat, protein, and glycemic index on postprandial glucose control in type 1 diabetes: implications for intensive diabetes management in the continuous glucose monitoring era. Diabetes Care. 2015;38(6):1008-15.
6. Paterson M, Bell KJ, O'Connell

SM, Smart CE, Shafat A, King B. The role of dietary protein and fat in glycaemic control in type 1 diabetes: Implications for intensive diabetes management. Curr Diab Rep. 2015;15(9):61.

7. Smart CE, Evans M, O'Connell SM, McElduff P, Lopez PE,Jones TW, et al. Both dietary protein and fat increase postprandial glucose excursions in children with type 1 diabetes, and the effect is additive. Diabetes Care. 2013;36(12):3897-902.
8. Wolpert HA, Atakov-Castillo A, Smith SA, Steil GM. Dietary fat acutely increases glucose concentrations and insulin requirements in patients with type 1 diabetes: implications for carbohydrate-based bolus dose calculation and intensive diabetes management. Diabetes Care. 2013;36(4):810-6.
9. Pankowska E, Kordonouri O. The complex food counting system in managing children and young people with type 1 diabetes. Diabetes Care for Children and Young People. 2013;2(2):68-70.
10. Kordonouri O, Hartmann R, Remus K, Blåsig S, Sadeghian E, Danne T. Benefit of supplementary fat plus protein counting as compared with conventional carbohydrate counting for insulin bolus calculation in children with pump therapy. Pediatr Diabetes. 2012;13(7):540-4.
11. Pańkowska E, Szypowska A, Lipka M, Szpotańska M, Błazik M, Groele L. Application of novel dual wave meal bolus and its impact on glycated hemoglobin A1c level in children with type 1 diabetes.Pediatr Diabetes. 2009;10(5):298-303.
12. Pańkowska E, Błazik M. Bolus calculator with nutrition database software, a new concept of prandial insulin programming for pump users. J Diabetes Sci Technol. 2010; 4(3):571-6.
13. FatSecret: food data base and calorie counter [Internet]. 2014 [cited 2021 April 20]. Available from: URL: https://www.fatsecret.com/calories-nutrition/food/pizza.