

ความเร็วคลื่นความดันเลือดแดงสัมพันธ์กับองค์ประกอบของกลุ่มอาการเมตาบอลิก ในผู้สูงอายุ: การศึกษานำร่อง

Pulse Wave Velocity Associated with Metabolic Syndrome Component in the Elderly: A Pilot Study

รุชดา ศรีอาหมัด¹ ปิยะพงษ์ ประเสริฐศรี² พรพร ศรีวรรณวิทย์³ และธูปาณี เรืองฤทธิ์^{4*}

Ruchada Sri-amad¹, Piyapong Prasertsri², Porraporn Sriwannawit³ and Thapanee Roengrit^{4*}

บทคัดย่อ

ความเร็วคลื่นความดันเลือดแดงเป็นการประเมินหลอดเลือดแดงแข็งแบบไม่รุกรานและทำนายโรคหลอดเลือดแดงแข็งในผู้สูงอายุ องค์ประกอบของกลุ่มอาการเมตาบอลิกเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด การศึกษานี้ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นความดันเลือดแดง และองค์ประกอบของกลุ่มอาการเมตาบอลิก ในอาสาสมัครผู้สูงอายุจำนวน 36 คน อายุเฉลี่ย 64.33 ± 4.45 ปี โดยมีองค์ประกอบของกลุ่มอาการเมตาบอลิกอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ (1 องค์ประกอบ; 52.78 %, 2 องค์ประกอบ; 30.55 %, 3 องค์ประกอบ; 11.11 %, 4 องค์ประกอบ; 2.78 % และ 5 องค์ประกอบ; 2.78 %) ความเร็วคลื่นความดันเลือดแดงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำตาลในเลือดเมื่ออดอาหาร ($r = 0.33, p = 0.04$) การมีน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับภาวะหลอดเลือดแข็งตัว เนื่องจากภาวะดื้อต่ออินซูลิน ดังนั้นผู้สูงอายุควรตระหนักถึงการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตที่ส่งผลต่อการลดอัตราการตายของโรคหัวใจและหลอดเลือด

คำสำคัญ: ความเร็วคลื่นความดันเลือดแดง องค์ประกอบของกลุ่มอาการเมตาบอลิก สภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง

Abstract

Pulse wave velocity (PWV) was used for noninvasive assessment of arterial stiffness. PWV predicts atherosclerosis in the elderly. The metabolic syndrome (MS) components are risk factors for cardiovascular disease. This study aimed to assess the relationship between PWV and MS components. Thirty-Six elderly subjects with an average age of 64.33 ± 4.45 years had at least one of the metabolic syndrome components (1 component; 52.78 %, 2 components; 30.55 %, 3 components; 11.11 %, 4 components; 2.78 % and 5 components; 2.78 %). The PWV showed a positive correlation with fasting blood glucose ($r = 0.33, p = 0.04$). Elevated fasting blood glucose seems to associate with arterial stiffness, due to insulin resistance. Hence, the elderly person should maintain a healthy lifestyle modification that impact of reducing cardiovascular disease mortality.

Keywords: Pulse Wave Velocity, Metabolic Syndrome Components, Arterial Stiffness

¹ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

² อ.ดร., คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

³ อ., คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

⁴ อ.ดร., ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

¹ Graduate Student, Master Degree, Department of Physiology, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, 90112

² Lecturer, Dr., Faculty of Allied Health Sciences, Burapha University, ChonBuri, 20131

³ Lecturer, Faculty of Medicine, Prince of Songkla University, Songkhla, 90112

⁴ Lecturer, Dr., Department of Physiology, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, 90112

* Corresponding author: Tel 074-288208. E-mail address: Thapanee.ro@psu.ac.th

บทนำ

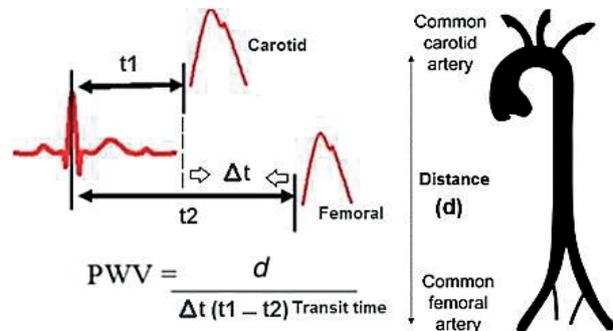
ผู้สูงอายุ คือ ผู้ที่มีอายุ 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เกิดการเสื่อมของระบบต่างๆ ในร่างกาย และมีอุบัติการณ์การเกิดโรคเรื้อรัง คือ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และมีภาวะอ้วน [1] ซึ่งกลุ่มอาการผิดปกติเหล่านี้ เรียกกกลุ่มอาการเมตาบอลิก (Metabolic Syndrome; MS) โดย MS ถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์การวินิจฉัยทางคลินิกที่แสดงภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular Disease) รวมถึงการพัฒนาเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 [2-3] ปัจจัยสำคัญที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกลุ่มอาการความผิดปกติเหล่านี้ ได้แก่ พฤติกรรมการบริโภคอาหาร การขาดกิจกรรมทางกาย การขาดการออกกำลังกาย การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์ [4-5] เกณฑ์การวินิจฉัย MS จาก National Cholesterol Education Program - Adult Treatment Panel 3 (NCEP ATP III) ระบุว่า ผู้ป่วยต้องมีอย่างน้อย 3 ข้อใน 5 ข้อตามเงื่อนไขต่อไปนี้ (1) รอบเอว (Waist Circumference; WC) ≥ 90 เซนติเมตร สำหรับชายเอเชีย และ ≥ 80 เซนติเมตร สำหรับหญิงเอเชีย (2) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ≥ 150 มก./ดล. (3) ไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นสูง (High-Density Lipoprotein Cholesterol; HDL-C) < 40 มก./ดล. สำหรับเพศชาย และ < 50 มก./ดล. สำหรับเพศหญิง (4) ความดันโลหิตซิสโตลิก (Systolic Blood Pressure; SBP) ≥ 130 มม.ปรอท หรือความดันโลหิตไดแอสโตลิก (Diastolic Blood Pressure; DBP) ≥ 85 มม.ปรอท และ (5) น้ำตาลในเลือดเมื่ออดอาหาร (Fasting Blood Sugar; FBS) ≥ 100 มก./ดล. [6-7] ปัจจุบันสมาคมโรคหัวใจแห่งยุโรป (European Society of Cardiology; ESC) และสมาคมโรคความดันโลหิตสูงแห่งยุโรป (European Society Hypertension; ESH) กำหนดให้ความเร็วคลื่นความดันเลือดแดง (Pulse Wave Velocity; PWV) เป็นดัชนีชี้วัดทางคลินิกสำหรับการตรวจประเมินโรคหลอดเลือดแดงแข็ง และเป็นการพยากรณ์ความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด [8] ดังนั้นจึงมีการนำ PWV มาใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นวิธีการตรวจประเมินหลอดเลือดแดงชนิดไม่รุกราน (Non-Invasive) ราคาไม่แพง และได้ค่าที่มีความแม่นยำ [9] หลอดเลือดแดงที่มีการสูญเสียความยืดหยุ่นจะส่งผลให้ค่าที่ได้จากการวัดความเร็วการเคลื่อนที่ของ PWV เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น [10-11] เป็นที่ทราบกันดีว่า PWV มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุและพบในผู้สูงอายุที่มีความดันโลหิตสูง และไขมันในเลือดสูง [11-13] ซึ่งเหล่านี้เป็นองค์ประกอบของ MS การศึกษานี้จึงต้องการประเมินความสัมพันธ์ระหว่าง PWV กับแต่ละองค์ประกอบของ MS เนื่องจากหากพบความสัมพันธ์ของตัวแปรข้างต้น อาจสามารถระบุได้ว่าองค์ประกอบของ MS ใดส่งผลต่อ PWV มากที่สุด เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรม และป้องกันความรุนแรงของความแข็งตัวของหลอดเลือดแดง

วัตถุประสงค์ และวิธีดำเนินการ

กลุ่มอาสาสมัครเป็นคนไทยสูงอายุที่มารับบริการ ณ ศูนย์ส่งเสริมสุขภาพ หาดใหญ่ชีวาสุข ทั้งเพศหญิงและเพศชาย อายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 36 คน ไม่มีประวัติเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด (เช่น กล้ามเนื้อหัวใจอักเสบ กล้ามเนื้อหัวใจตาย หัวใจเต้นผิดจังหวะ หัวใจล้มเหลว โรคลิ้นหัวใจผิดปกติ และโรคหลอดเลือดอักเสบ) การทำงานของไตไม่ผิดปกติ ไม่ใช้ยาที่ส่งผลต่อการควบคุมหรือเปลี่ยนแปลงความดันโลหิต (เช่น ยาลดความดันโลหิต และยาลดไขมันในเลือด) ไม่มีสภาวะของความเจ็บป่วย (เช่น เป็นไข้ ปวดหัว มีน้ตริษะ อ่อนแรง) และสมัครใจในการเข้าร่วมโครงการวิจัย การวิจัยดำเนินการ ณ ศูนย์ส่งเสริมสุขภาพ หาดใหญ่ชีวาสุข การวิจัยนี้ได้ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รหัสโครงการวิจัย 60-166-19-2 อาสาสมัครผู้สูงอายุได้รับการนัดหมาย 2 ครั้ง ดังนี้ การนัดหมายครั้งที่ 1 อาสาสมัครผู้สูงอายุได้รับใบชี้แจงการเข้าร่วมวิจัยและเซ็นยินยอมเข้าร่วมวิจัย อาสาสมัครผู้สูงอายุตอบแบบบันทึกการรับประทานอาหาร โดยกรอกข้อมูล 3 วัน เลือกกรอกวันจันทร์-ศุกร์ จำนวน 2 วัน และเลือกกรอกวันเสาร์ หรือวันอาทิตย์ จำนวน 1 วัน แล้วนำเข้าโปรแกรมคำนวณค่าสารอาหาร (IMMUCAL-N) และตอบแบบบันทึกการทำกิจกรรมทางกาย (Physical Activity Questionnaire: GPAQ Version 2) จากนั้นได้รับการตรวจสัญญาณชีพ (Vital Signs) ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting Heart Rate; RHR) ด้วย

เครื่อง Pulse Oximeter (Masimo, United States) ความดันโลหิต (Blood Pressure; BP) ด้วยเครื่อง Mercury Sphygmomanometer (Riester, Germany) ได้รับการวัดสัดส่วนของร่างกาย (Anthropometry) ได้แก่ ความสูง น้ำหนักตัว แล้วคำนวณหาค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI) โดยใช้สูตร $BMI = \text{น้ำหนักตัว[kg]} / (\text{ส่วนสูง[m]})^2$ ได้รับการตรวจเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (% Fat Mass) ด้วยเครื่องวัดไขมัน (UM-076 Tanita, Japan) โดยใช้หลักการ Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) ตรวจการกระจายของไขมันในร่างกาย (Body Fat Distribution) จากการวัดอัตราส่วนระหว่างรอบเอวต่อรอบสะโพก (Waist to Hip Ratio: WHR) โดยใช้สูตร $WHR = \text{รอบเอว [นิ้ว]} / \text{รอบสะโพก [นิ้ว]}$ และได้รับการเจาะเลือดทางหลอดเลือดดำประมาณ 4 มิลลิลิตร (ภายหลังงดน้ำและอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง) เพื่อวิเคราะห์หระดับไขมันในเลือด (Lipid Profile) ได้แก่ Triglyceride, High Density Lipoprotein Cholesterol (HDL-C), Low Density Lipoprotein Cholesterol (LDL-C) และ Cholesterol นัดหมายครั้งที่ 2 อาสาสมัครผู้สูงอายุรับการตรวจวัด PWV โดยอาสาสมัครนอนหงาย จากนั้นติดเซ็นเซอร์ที่จุดเริ่มต้นของหลอดเลือดแดงตำแหน่งคอ (Carotid Artery) และหลอดเลือดแดงที่ตำแหน่งขาหนีบ (Femoral Artery) โดยเครื่อง VaSera VS-1500N ซึ่งเครื่องมือสามารถตรวจวัดความยืดหยุ่นของหลอดเลือดแดงจากระยะทางความยาวของหลอดเลือด และระยะเวลา (ภาพที่ 1) ข้อมูลค่าตัวแปรในงานวิจัยแสดงเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean \pm SD) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ กับ PWV โดยการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ ใช้สถิติ Pearson Correlation และสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงของข้อมูลที่ไม่ปกติ จะใช้ Non-Parametric Test คือ Spearman's Rank Correlation วิเคราะห์ความแตกต่างของ PWV แต่ละกลุ่มองค์ประกอบของ MS ด้วยสถิติ Mann-Whitney u Test กำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ SCI610431S และทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

- PWV: ความเร็วคลื่นความดันเลือดแดง
- Δt : ความแตกต่างของเวลาที่คลื่นความดันเลือดแดงเคลื่อนที่ถึง carotid artery (t_1) และ femoral artery (t_2)
- d: ระยะทางความยาวจาก carotid artery ถึง femoral artery



ภาพที่ 1 ความเร็วคลื่นความดันเลือดแดง (Pulse Wave Velocity; PWV) [23]

ผลการวิจัย

อาสาสมัครผู้สูงอายุจำนวน 36 คน (ตารางที่ 1) เพศชายจำนวน 10 คน (ร้อยละ 27.78) เพศหญิงจำนวน 26 คน (ร้อยละ 72.22) อายุเฉลี่ย 64.33 ± 4.45 ปี เส้นรอบเอวเฉลี่ย 87.44 ± 2.52 เซนติเมตร ความดันโลหิตซิสโตลิกเฉลี่ย 126.67 ± 13.72 มิลลิเมตรปรอท และความดันโลหิตไดแอสโตลิกเฉลี่ย 77.05 ± 7.85 มิลลิเมตรปรอท ค่าความเร็วคลื่นความดันเลือดแดงเฉลี่ย 9.63 ± 0.56 เมตร/วินาที ไตรกลีเซอไรด์เฉลี่ย 111.74 ± 40.93 มก./ดล. ไกลโคโปรตีนชนิดความหนาแน่นสูงเฉลี่ย 60.29 ± 15.14 มก./ดล. และน้ำตาลในเลือดเมื่ออดอาหารเฉลี่ย 99.29 ± 11.20 มก./ดล.

ตารางที่ 1 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร (จำนวน 36 คน)

Characteristics	Mean ± SD
Male (%)	27.78
Female (%)	72.22
Age (years)	64.33 ± 4.45
Height (cm)	157.75 ± 7.12
Weight (kg)	60.26 ± 7.97
BMI (kg/m ²)	24.18 ± 2.51
WC (cm)	87.44 ± 2.52
Male	87.60 ± 7.51
Female	87.54 ± 7.43
WHR	0.89 ± 0.05
% Fat mass	32.91 ± 5.00
Hemodynamic parameters	
RHR (bpm)	70.17 ± 10.42
SBP (mm Hg)	126.67 ± 13.72
DBP (mm Hg)	77.05 ± 7.85
MAP (mm Hg)	93.59 ± 8.91
PP (mm Hg)	49.61 ± 10.50
PWV (m/sec)	9.63 ± 0.56
Biochemical parameters	
Cholesterol (mg/dl)	241.74 ± 41.96
HDL-C (mg/dl)	60.29 ± 15.14
Male	58.89 ± 20.05
Female	60.86 ± 12.54
Triglyceride (mg/dl)	111.74 ± 40.93
LDL-C (mg/dl)	167.18 ± 34.34
FBS (mg/dl)	99.29 ± 11.20

SD, standard deviation; RHR, resting heart rate; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; MAP, mean arterial pressure; PP, pulse pressure; BMI, body mass index; WC, waist circumference; WHR, waist to hip ratio; PWV, pulse wave velocity; HDL-C, high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C, low-density lipoprotein cholesterol; FBS, fasting blood sugar

ข้อมูลทางโภชนาการพบว่าอาสาสมัครผู้สูงอายุมีพลังงานทั้งหมดเฉลี่ย $1,719.35 \pm 330.27$ กิโลแคลอรี อาสาสมัครผู้สูงอายุร้อยละ 61.61 มีการทำกิจกรรมทางกายอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง ระดับสูงร้อยละ 25.00 และระดับต่ำ ร้อยละ 13.89 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ข้อมูลโภชนาการ และกิจกรรมทางกายของอาสาสมัคร

Parameters	Mean ± SD
Dietary parameters	
Energy (kcal)	1,719.35 ± 330.27
Protein (g)	55.33 ± 15.72
Carbohydrate (g)	258.69 ± 64.55
Fat (g)	51.47 ± 16.37
Sodium (mg)	2,619.43 ± 1,175.58
Potassium (mg)	1,299.29 ± 673.26
Magnesium (mg)	48.92 ± 24.13
Calcium (mg)	509.16 ± 348.65
Physiological activity levels	
High (≥ 3000 MET-minute/week) (%)	13.89
Moderate (600-2999 MET-minute/week) (%)	61.11
Low (< 600 MET-minute/week) (%)	25.00

MET, metabolic equivalents

อาสาสมัครผู้สูงอายุทั้งหมดมีผู้ที่มีองค์ประกอบของ MS 1 องค์ประกอบจำนวน 19 คน (ร้อยละ 52.78) 2 องค์ประกอบจำนวน 11 คน (ร้อยละ 30.55) 3 องค์ประกอบจำนวน 4 คน (ร้อยละ 11.11) 4 องค์ประกอบจำนวน 1 คน (ร้อยละ 2.78) และ 5 องค์ประกอบจำนวน 1 (ร้อยละ 2.78) โดยไม่พบความแตกต่างของ PWV กับจำนวนองค์ประกอบ MS และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ PWV กับแต่ละองค์ประกอบของ MS (ตารางที่ 3) พบความสัมพันธ์เชิงบวกของ PWV กับน้ำตาลในเลือดเมื่ออดอาหาร ($r = 0.33, p = 0.04$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง PWV กับความดันโลหิตซิสโตลิก ความดันโลหิตไดแอสโตลิก เส้นรอบเอว ไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นสูง และไตรกลีเซอไรด์

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง PWV กับองค์ประกอบ MS

	PWV	
	Correlation Coefficient (r)	p-Value
SBP (mm Hg)	0.05	0.78
DBP (mm Hg)	0.03	0.86
WC (cm)	0.11	0.53
HDL-C (mg/dl)	-0.10	0.58
Triglyceride (mg/dl)	-0.15	0.42
FBS (mg/dl)	0.33	0.04*

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p\text{-value} < 0.05$, SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; WC, waist circumference; HDL-C, high-density lipoprotein cholesterol; FBS, fasting blood sugar

การอภิปรายและสรุปผลการวิจัย

อาสาสมัครผู้สูงอายุจำนวน 36 คน ได้รับพลังงานจากสารอาหารเฉลี่ย $1,719.35 \pm 330.27$ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ (1,200 - 2,200 kcal/day) [7] ระดับกิจกรรมทางกายเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง และดัชนีมวลกายเฉลี่ย 24.18 ± 2.51 ซึ่งจัดอยู่ในช่วงน้ำหนักเกิน (BMI ปกติ = 18.5-22.9) [14] ซึ่งโดยทั่วไปความต้องการพลังงานจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของร่างกาย ปริมาณกล้ามเนื้อลดลงขณะที่เนื้อเยื่อไขมันเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐานของร่างกาย (Basal Metabolic Rate) ลดลง [15] การพิจารณาองค์ประกอบของ MS ที่ประกอบด้วย ความดันโลหิตซิสโตลิก ความดันโลหิตไดแอสโตลิก ไตรกลีเซอไรด์ ไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นสูง เส้นรอบเอว และน้ำตาลในเลือดเมื่ออดอาหาร จากเกณฑ์การวินิจฉัย MS ของ NCEP ATP III จัดว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ อย่างไรก็ตาม พบ PWV มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำตาลในเลือดเมื่ออดอาหาร ($r = 0.33, p = 0.04$) รายงานจากงานวิจัยในอดีตพบว่า MS เป็นผลจากภาวะอ้วน และภาวะดื้อต่ออินซูลิน (Insulin Resistance) [16-17] เมื่อร่างกายใช้กลูโคสไม่หมดลงเหลือตกค้างในกระแสเลือด ตับอ่อนมีการหลั่งอินซูลินมากขึ้น เมื่อเกิดเป็นระยะเวลานานส่งผลให้ตับอ่อนทำงานผิดปกติ หลั่งอินซูลินได้น้อยลงจนไม่เพียงพอต่อความต้องการ น้ำตาลในเลือดจึงสูงขึ้น [18-20] ในภาวะที่มีน้ำตาลในเลือดสูงเรื้อรังจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือด (Endothelium) ส่งผลให้การทำงานของหลอดเลือดผลิต ไนตริกออกไซด์ (Nitric Oxide) มีคุณสมบัติทำให้หลอดเลือดขยายตัวได้น้อยลง [21] ไนตริกออกไซด์เป็นสารที่ผลิตจากเอนไซม์ไนตริกออกไซด์ซินเทส (Nitric Oxide Synthase; NOS) โดยการเปลี่ยนกรดอะมิโนแอลอาร์จินิน (L-arginine) ให้เป็นกรดอะมิโนแอลซิทรูลิน (L-Citrulline) แล้วแพร่ไปยังเซลล์กล้ามเนื้อเรียบที่เป็นโครงสร้างหลักของหลอดเลือด ส่งผลเพิ่มปริมาณของ Cyclic Guanosine Monophosphate (cGMP) ทำให้หลอดเลือดขยายตัว [22-23] ในภาวะน้ำตาลสูง นอกเหนือจากการสร้างไนตริกออกไซด์ลดลงแล้ว ยังส่งผลให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบจากเดิมที่อยู่ในในสภาวะปกติ (Quiescent State) เปลี่ยนเป็นภาวะถูกกระตุ้น (Synthetic State) ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบมีการเพิ่มจำนวนและเคลื่อนที่ (Smooth Muscle Cells Proliferation and Migration) เกิดการหนาตัวของผนังหลอดเลือด [24] ทำให้หลอดเลือดสูญเสียความยืดหยุ่น และมีสภาพแข็งมากขึ้น (Arterial Stiffness) เมื่อตรวจ PWV จึงมีค่าสูง [25] สอดคล้องกับ Bramwell-Hill Relationship ระบุว่า PWV แปรผกผันกับค่าความสามารถในการยืดขยายของหลอดเลือด [26-28] ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการมีน้ำตาลในเลือดสูงเมื่ออดอาหาร จะพบ PWV มีค่าสูงขึ้น

การศึกษานี้ พบความสัมพันธ์ของน้ำตาลในเลือดเมื่ออดอาหาร ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ MS โดยสัมพันธ์ต่อ PWV แต่ไม่พบความสัมพันธ์ของ PWV กับความดันโลหิตซิสโตลิก ความดันโลหิตไดแอสโตลิก ไตรกลีเซอไรด์ ไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นสูง และเส้นรอบเอว ซึ่งผลดังกล่าวอาจเกิดจากจำนวนตัวอย่างไม่น้อยเกินไปในแต่ละกลุ่ม โดยการศึกษาเป็นเพียงการศึกษานำร่อง กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ดังนั้นการศึกษเพิ่มเติม ผู้วิจัยจะมีการเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่าง และวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยพิจารณาจำแนกตาม อายุ และเพศ และมีการตรวจเพิ่มเติม คือการวัด plasma insulin เพื่อคำนวณ HOMA-IR ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความจำเพาะยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] De Oliveira M.F.B., Yassuda M.S., Aprahamian I., Neri A.L., Guariento M.E. (2017). "Hypertension, Diabetes and Obesity are Associated with Lower Cognitive Performance in Community-Dwelling Elderly: Data from the FIBRA Study", *Dementia & Neuropsychologia*. 11, 398-405.
- [2] Kim, Y.J., Kim, Y.J., Cho, B.M. and Lee, S. (2010). "Metabolic Syndrome and Arterial Pulse Wave Velocity", *Acta Cardiologica*. 65, 315-321.

- [3] Lee, D.H., Youn, H.J., Chung, W.B., Choi, Y.S., Lee, J.M., Park, C.S., Jung, H.O., Jeon, H.K. and Lee, M.Y. (2017). “Effects of Metabolic Syndrome on Aortic Pulse Wave Velocity”, **Clinical Hypertension**. 23, 1-7.
- [4] Liaw, F.Y., Kao, T.W., Wu, L.W., Wang, C.C., Yang, H.F., Peng, T.C., Sun, Y.S., Chang, Y.W. and Chen, W.L. (2016). “Components of Metabolic Syndrome and the Risk of Disability among the Elderly Population”, **Scientific Reports**. 6, 1-9.
- [5] Ahmed, T. and Haboubi, N. (2010). “Assessment and Management of Nutrition in Older People and Its Importance to Health”, **Clinical Interventions in Aging**. 5, 207-216.
- [6] Rezaianzadeh, A., Namayandeh, S.M. and Sadr, S.M. (2012). “National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III Versus International Diabetic Federation Definition of Metabolic Syndrome, Which One is Associated with Diabetes Mellitus and Coronary Artery Disease”, **International journal of preventive medicine**. 3, 552-558.
- [7] Wen, J., Yang, J., Shi, Y., Liang, Y., Wang, F., Duan, X., Lu, X., Tao, Q., Lu, X., Tian, Y., et al. (2015). “Comparisons of Different Metabolic Syndrome Definitions and Associations with Coronary Heart Disease, Stroke, and Peripheral Arterial Disease in a Rural Chinese Population”, **Plos One**. 10, 1-15.
- [8] Bornfeldt, K.E. and Tabas, I. (2011). “Insulin Resistance, Hyperglycemia, and Atherosclerosis”, **Cell Metabolism**. 14, 575–585.
- [9] Pereira, T., Correia, C. and Cardoso, J. (2015). “Novel Methods for Pulse Wave Velocity Measurement”, **Journal of Medical and Biological Engineering**. 35, 555-565.
- [10] Zhang, Y., Agnoletti, D., Xu, Y., Wang, J.G., Blacher, J. and Safar, M.E. (2014). “Carotid–Femoral Pulse Wave Velocity in the Elderly”, **Journal of Hypertension**. 32, 1572-1576.
- [11] Brunner-La Rocca, H.P. (2010). “Towards Applicability of Measures of Arterial Stiffness in Clinical Routine”, **European Heart Journal**. 31, 2320–2322.
- [12] Diaz, A., Galli, C., Tringler, M., Ramirez, A. and Ignacio Cabrera Fischer, E. (2014). “Reference Values of Pulse Wave Velocity in Healthy People from an Urban and Rural Argentinean Population”, **International Journal of Hypertension**. 14, 1-7.
- [13] Obeid, H., Soulat, G., Mousseaux, E., Laurent, S., Stergiopulos, N., Pierre Boutouyrie, and Segers, P. (2017). “Numerical Assessment and Comparison of Pulse Wave Velocity Methods Aiming at Measuring Aortic Stiffness”, **Physiological Measurement**. 38, 1953-1967.
- [14] Misra, A. (2015). “Ethnic-Specific Criteria for Classification of Body Mass Index: A Perspective for Asian Indians and American Diabetes Association Position Statement”, **Diabetes Technology & Therapeutics**. 17, 667-671.
- [15] E, L. and Akner, G. (2006). “Resting Metabolic Rate in Elderly Nursing Home Patients with Multiple Diagnoses”, **The Journal of Nutrition Health and Aging**. 10, 263-270.
- [16] Guo, H., Gao, X., Ma, R., Liu, J., Ding, Y., Zhang, M., Zhang, J., Mu, L., He, J., Yan, Y., et al. (2017). “Prevalence of Metabolic Syndrome and its Associated Factors among Multi-Ethnic Adults in Rural Areas in Xinjiang, China”, **Scientific Reports**. 7, 1-9.

- [17] Jeroncic, A., Gunjaca, G., Mrcic, D.B., Mudnic, I., Brizic, I., Polasek, O. and Boban, M. (2016). “Normative Equations for Central Augmentation Index: Assessment of Inter-Population Applicability and How It could be Improved”, **Scientific Reports**. 6, 1-9.
- [18] Mendizabal, Y., Llorens, S. and Nava, E. (2013). “Hypertension in Metabolic Syndrome: Vascular Pathophysiology”, **International Journal of Hypertension**. 230868, 1-15.
- [19] Bloomgarden, Z.T. (2011). “World Congress on Insulin Resistance, Diabetes, and Cardiovascular Disease: Part 1”, **Diabetes Care**. 34, e115-120.
- [20] Agrawal, A., Garg, R., Sahu, D. and Kumar, M. (2017). “Study the Association of Chronic Obstructive Pulmonary Disease with Early Endothelial Dysfunction and Its Impact on Cardiovascular System by Estimating Urinary Albumin Creatinine Ratio”, **Lung India**. 34, 138-143.
- [21] Tousoulis, D., Kampoli, A.M., Tentolouris, C., Papageorgiou, N. and Stefanadis, C. (2012) “The Role of Nitric Oxide on Endothelial Function”. **Current Vascular Pharmacology**. 10, 4-18.
- [22] Cahill, P.A. and Redmond, E.M. (2016). “Vascular Endothelium-Gatekeeper of Vessel Health”, **Atherosclerosis**. 248, 97-109.
- [23] Gkaliagkousi, E. and Ferro, A. (2011). “Nitric Oxide Signalling in the Regulation of Cardiovascular and Platelet Function”, **Frontiers in Bioscience (Landmark Edition)**. 16, 1873-1897.
- [24] Zhang, W., Chen, S., Zhang, Z., Wang, C. and Liu, C. (2017). “FAM3B Mediates High Glucose-Induced Vascular Smooth Muscle Cell Proliferation and Migration Via Inhibition of miR-322-5p”, **Scientific Reports**. 7, 1-13.
- [25] Endes, S., Caviezel, S., Schaffner, E., Dratva, J., Schindler, C., Kunzli, N., Bachler, M., Wassertheurer, S., Probst-Hensch, N. and Schmidt-Trucksass, A. (2016). “Associations of Novel and Traditional Vascular Biomarkers of Arterial Stiffness: Results of the SAPALDIA 3 Cohort Study”, **Plos One**. 11, 1-12.
- [26] Refaat, A., Abdou, M., Ismael, A. and Alhelali, I. (2015). “Aortic Stiffness and Microalbuminuria in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease”, **Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis**. 64, 541-549.
- [27] Pilt, K., Koots, K., Meigas, K., Samarin, A., Zemtsovskaja, G. and Viigimaa, M. (2014). “The Aortic Pulse Wave Velocity Estimation for Arterial Stiffness Assessment”, **In 6th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, (Springer, Cham)**, 7-11 September 2014, Dubrovnik, Croatia, 294-297.
- [28] Westenberg, J.J., Van Poelgeest, E.P., Steendijk, P., Grotenhuis, H.B., Jukema, J. and de Roos, A. (2012). “Bramwell-Hill Modeling for Local Aortic Pulse Wave Velocity Estimation: A Validation Study with Velocity-Encoded Cardiovascular Magnetic Resonance and Invasive Pressure Assessment”, **Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance**. 14, 1-10.