

การตอบสนองของหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง  
ในผู้สูงอายุเบาหวานชนิดที่ 2 ร่วมกับความดันโลหิตสูง: การศึกษานำร่อง  
Cardiovascular Responses to Static Exercise in Older Adults  
with Type 2 Diabetes Mellitus and Hypertension  
: a Pilot Study

ประวิตร พระโคศรี<sup>\*\*</sup>, เบญจรัตน์ แสงทอง<sup>\*\*\*a</sup>, ฉัตรชัย พิมพศักดิ์<sup>\*\*</sup>, ชูลี โจนส์<sup>\*\*</sup>

\*สายวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,

\*\*กลุ่มวิจัยนวัตกรรมเพื่อเพิ่มสมรรถภาพระบบหายใจ ระบบไหลเวียนโลหิต และสมรรถนะทางกาย  
คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,

\*\*\*คณะกายภาพบำบัดและเวชศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยรังสิต,  
<sup>a</sup>ผู้รับผิดชอบบทความ

Prawit Prakosre<sup>\*\*</sup>, Benjarat Sangthong<sup>\*\*\*a</sup>, Chatchai pimphasak<sup>\*\*</sup>, Chulee Jones<sup>\*\*</sup>

\*School of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University

\*\*Innovation to Improve Cardiopulmonary & Physical Performances Researcher Group (IICP)  
Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University

\*\*\*Faculty of Physical Therapy and Sports Medicine, Rangsit University

<sup>a</sup>Corresponding author email: benjarat.s@rsu.ac.th

### บทคัดย่อ

**ที่มาและความสำคัญ:** เนื่องจากความดันโลหิต (BP) และอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ขณะออกกำลังกายเพิ่มขึ้นมากในผู้สูงอายุ เบาหวานชนิดที่ 2 และความดันโลหิตสูง จึงเป็นไปได้ว่าผู้สูงอายุที่มีทั้ง 3 ภาวะร่วมกัน (DM-HT) อาจมีการตอบสนองของ BP และ HR ที่สูงมาก ซึ่งมีการศึกษาวิจัยค่อนข้างจำกัด

**วัตถุประสงค์:** ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ BP และ HR ต่อการออกกำลังกายแบบเกร็งค้างในผู้สูงอายุ DM-HT

**วิธีการวิจัย:** ผู้สูงอายุ DM-HT 10 คน อายุ  $65.6 \pm 3.8$  ปี ได้รับการทดสอบรีเฟล็กซ์จากกล้ามเนื้อที่กำลงอกกำลงกาย (exercise pressor responses) ซึ่งกระตุ้นโดยการออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง ที่ความหนักร้อยละ 30 ของแรงบีบมือสูงสุด 2 นาที และกั้นการไหลเวียนเลือดเมื่อหยุดออกกำลังกายทันที (post exercise circulatory occlusion, PECO) 2 นาที วัด BP และ HR ในระยะพัก จุดสุดท้ายก่อนหยุดออกกำลังกายและ PECO

**ผลการวิจัย:** ในจุดสุดท้ายก่อนหยุดออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง พบว่าความดันซิสโตลิกและความดันเลือดแดงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น  $21.7 \pm 7.86$  (14.17%) และ  $14.40 \pm 8.57$  (13.15%) มิลลิเมตรปรอท ( $p < 0.05$ ) HR เพิ่มขึ้น  $4.80 \pm 3.55$  (6.75%) ครั้ง/นาที ( $p < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจหลังจาก PECO ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

**สรุปผล:** การออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง เพิ่มการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดมากในผู้สูงอายุ DM-HT โดยเป็นผลจากการเพิ่มการทำงานของหัวใจมากกว่าหลอดเลือด อย่างไรก็ตามยังต้องศึกษาในอาสาสมัครจำนวนมากขึ้นและเปรียบเทียบกับผู้สูงอายุสุขภาพดีต่อไป

**คำสำคัญ:** รีเฟล็กซ์จากกล้ามเนื้อที่กำลังออกกำลังกาย, การทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก, ผู้สูงอายุ, เบาหวานชนิดที่ 2, ความดันโลหิตสูง

## ABSTRACT

**Background:** Since blood pressure (BP) and heart rate (HR) are highly increased during exercise in either aging, diabetes type 2 and hypertension. Therefore, it would be possible that the responses to static exercise may be amplified to higher level in elderly with combination of diabetes mellitus type 2 and hypertension (DM-HT). But very few of this studies were found.

**Objective:** To study the changes of BP and HR responses to static exercise in elderly with DM-HT.

**Methods:** Ten elderly with DM-HT age  $65.6 \pm 3.84$  years were tested the exercise pressor responses (EPR) with 2 minutes static handgrip exercise at 30 percent of the maximum voluntary contraction force and 2 minutes of immediately post exercise circulatory occlusion (PECO). BP and HR were measured at rest, immediately before the end exercise and PECO cessation.

**Results:** At immediately before the static hand grip exercise cessation, systolic BP and mean BP were significantly increased by  $21.7 \pm 7.86$  (14.17%) and  $14.40 \pm 8.57$  (13.15%) mmHg, ( $p < 0.05$ ), respectively. The HR was increased by  $4.80 \pm 3.55$  (6.75%) beats/min ( $p < 0.05$ ). There were no statistically significant differences of BP and HR during PECO cessation ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** Static exercise increases cardiovascular functions markedly in elderly with DM-HT. This is contributed by augmented cardiac function rather than vascular functions. However, further study is required in larger sample size and comparison the responses to healthy volunteer.

**Keywords:** Exercise pressor response, Sympathetic functions, Elderly, Diabetes mellitus type 2, Hypertension

## บทนำ

ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงร่วมด้วย (DM-HT) มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดสูงขึ้นถึง 4 เท่า<sup>1</sup> โดยเฉพาะโรคหลอดเลือดสมอง<sup>2</sup> การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การปัจจัยสำคัญของการเกิดภาวะความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 เกี่ยวข้องกับการทำงานที่ผิดปกติของระบบประสาทซิมพาเทติก (sympathetic nerve activity ;SNA)<sup>3,4</sup> และยังพบว่า SNA ที่ควบคุมการทำงานของหัวใจ และหลอดเลือด ทำงานเพิ่มมากขึ้นตามอายุ<sup>5</sup> ซึ่งส่งผลให้ผู้ป่วยสูงอายุ DM-HT เสี่ยงต่อภาวะโรคหลอดเลือดสมองมากยิ่งขึ้น<sup>6</sup> อย่างไรก็ตามพบว่า การออกกำลังกายช่วยลดความเสี่ยงการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจาก DM-HT ได้<sup>7</sup> และควรได้รับคำแนะนำที่เหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ<sup>8</sup> ดังนั้นการตรวจประเมินการตอบสนองของหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกาย จึงมีประโยชน์ในการช่วยวางแผนโปรแกรมการออกกำลังกายที่ปลอดภัยสำหรับผู้ป่วยกลุ่มนี้ได้

การตอบสนองของหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง สามารถศึกษาได้ด้วยเทคนิค Exercise Pressor Responses (EPR) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ศึกษาการทำงานของหัวใจ

และหลอดเลือด ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของ SNA โดยอาศัยการออกกำลังกายแบบเกร็งค้างเป็นตัวกระตุ้น ถูกนำมาใช้ทดสอบในหลายกลุ่ม อาทิ เช่น ในผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ<sup>10-12</sup> ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง<sup>13</sup> และเบาหวานชนิดที่ 2<sup>14,15</sup> เนื่องจาก SNA ทำงานเพิ่มขึ้นในภาวะเบาหวานชนิดที่ 2<sup>3,4</sup> ผู้สูงอายุ<sup>5</sup> และโรคความดันโลหิตสูง<sup>16</sup> ดังนั้นผู้ที่มีภาวะ 3 ประการนี้ร่วมกัน จึงอาจทำให้ความดันโลหิตเพิ่มได้สูงมากระหว่างการออกกำลังกาย ซึ่งการศึกษาวิจัยในเรื่องดังกล่าว ยังมีค่อนข้างจำกัด การศึกษานี้จึงวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจต่อการออกกำลังกายแบบเกร็งค้างในผู้สูงอายุ DM-HT

## วิธีการวิจัย

### กลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครได้รับการเชิญชวนให้เข้าร่วมในงานวิจัยซึ่งได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยรังสิต (RSU-ERB2018-005) โดยมีเกณฑ์คัดเข้า คือ เพศชายหรือหญิงอายุระหว่าง 60-79 ปี มีประวัติโรคความดันโลหิตสูงร่วมกับเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ และมีเกณฑ์คัดออก คืออาสาสมัครเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดที่เป็น

ข้อห้ามในการออกกำลังกาย โรคระบบหายใจ โรคระบบประสาท โรคของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก หรือความผิดปกติใดๆ ที่ไม่สามารถออกกำลังกายแบบเกร็งค้างได้

### วิธีการศึกษา

อาสาสมัครได้รับการวัดระดับน้ำตาล ชนิดสุ่มตรวจ (Random plasma glucose) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์คัดเข้าในการออกกำลังกาย และได้รับการทดสอบ EPR ในห้องวิจัยซึ่งไม่มีเสียงรบกวนจากภายนอก โดยอาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้มีพนักพิงพร้อมที่วางแขน ผู้วิจัยวัดแรงบีบมือสูงสุด (Maximum voluntary contraction, MVC) ของข้างที่ถนัดด้วยเครื่อง hand dynamometer (Baseline®, 12-0241 series, Fabrication Enterprises, USA)

### ขั้นตอนการทดสอบ

อาสาสมัครได้รับการทดสอบ EPR ซึ่งใช้เวลาทั้งสิ้น 6 นาที แบ่งเป็น 3 ระยะ ระยะละ 2 นาที คือ ระยะพักก่อนออกกำลังกาย (Rest), ระยะออกกำลังกายบีบมือเกร็งค้าง ซึ่งอาสาสมัครจะต้องบีบมือเกร็งค้าง (Static exercise) ด้วยแรงร้อยละ 30 ของแรงบีบมือสูงสุดด้วยแขนข้างถนัดอย่างต่อเนื่องตลอด 2 นาที ซึ่งสังเกตได้จากหน้าปัดของเครื่อง hand dynamometer (Baseline®, 12-0241 series, Fabrication Enterprises, USA) และระยะกั้นการไหลเวียนเลือดทันทีเมื่อหยุดออกแรงบีบมือเกร็งค้าง (Post exercise circulatory occlusion, PECO) เพื่อกักสารเคมีจากเมตาบอลิซึมของการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นขณะบีบมือ ผู้วิจัยทำการกั้นเลือดทันทีหลังเสร็จสิ้นช่วงออกกำลังกายโดยบีบ occlusion cuff ของเครื่องวัดความดันโลหิต (Precisa®N, Riester, Germany) ที่พันเหนือต้นแขนของข้างที่ออกกำลังกาย ด้วยแรงดันมากกว่า

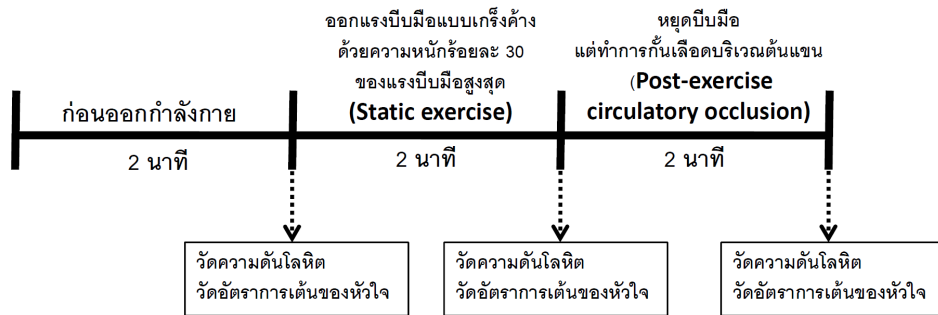
ความดันซิสโตลิกที่วัดได้ภายหลังการออกกำลังกาย บีบมือเกร็งค้าง 50 มิลลิเมตรปรอท 17 และคลาย-occlusion cuff ออกเมื่อครบเวลา 2 นาที

### วิธีการวัดตัวแปร

ผู้วิจัยทำการวัดส่วนสูงและชั่งน้ำหนักอาสาสมัคร จากนั้นจึงสอบถามประวัติการถูกวินิจฉัยโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง และยาสำหรับรักษาโรคประจำตัวที่ได้รับ ผู้วิจัยวัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจ ด้วยเครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติด้วยระบบออสซิลโลเมตริก (Oscillometric blood pressure monitor, Rossmax®AC1000fseries, Rossmax Swiss GmbH, Switzerland) โดยพัน cuff วัดความดันโลหิตที่ต้นแขนข้างไม่ถนัด เหนือข้อศอกประมาณ 1 นิ้ว ขณะทดสอบ EPR ผู้วิจัยกดปุ่มเริ่มวัดความดันโลหิต (inflate cuff) 30 วินาที ก่อนเวลาครบตามแต่ละระยะ ซึ่งเป็นระยะการทำงานของเครื่องในการวัดความดันโลหิตแต่ละครั้ง โดยค่าที่ได้จากการวัดจะประกอบไปด้วย ความดันซิสโตลิก ความดันไดแอสโตลิก และอัตราการเต้นของหัวใจ ในจุดสุดท้ายของแต่ละระยะ (2 นาที) ดังรูปที่ 1

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) แสดงข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้สถิติ Shapiro-Wilktest พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ จึงใช้สถิติ Repeated measure ANOVA (Post hoc with Bonferoni) เปรียบเทียบความแตกต่างของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจในระยะพัก ออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง และ PECO กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$



รูปที่ 1 แสดงวิธีการทดสอบการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด  
ต่อการออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง

## ผลการวิจัย

อาสาสมัครเข้าร่วมในการศึกษานี้จำนวน 10 คน อาสาสมัครเป็นเพศหญิงร้อยละ 80 เพศชาย ร้อยละ 20 อายุเฉลี่ย  $65.60 \pm 3.84$  ปี และมีดัชนีมวลกายเฉลี่ย  $21.80 \pm 2.94$  กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> ทุกคนได้รับยาควบคุมระดับน้ำตาลและความดันโลหิต ไม่มีอาสาสมัครคนใดมีน้ำตาลในเลือดต่ำ (น้อยกว่า 70

มิลลิกรัม/เดซิลิตร) จนไม่สามารถทำการทดสอบได้ ตรวจพบโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงในระยะเวลาใกล้เคียงกันเฉลี่ยประมาณ 8 ปี และมีค่าคำนวณแรงบีบมือร้อยละ 30 ของแรงบีบมือสูงสุด คือ  $7.6 \pm 1.9$  กิโลกรัม ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตัวแปร	ข้อมูล
เพศ (ชาย/ หญิง)	2/8
อายุ (ปี)	$65.60 \pm 3.84$
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร <sup>2</sup> )	$21.80 \pm 2.94$
ระยะเวลาที่ถูกวินิจฉัยว่ามีโรคเบาหวาน (ปี)	$7.90 \pm 9.59$
ชนิดของยาควบคุมระดับน้ำตาล	
- กลุ่ม sulfonylureas (glypizide, glibenclamide)	7
- กลุ่ม thiazolidinediones (pioglitazone)	4
- กลุ่ม biguanide (metformin)	9
- ฉีดอินซูลิน	3

**ตารางที่ 1** แสดงข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ต่อ)

ตัวแปร	ข้อมูล
ระยะเวลาที่ถูกวินิจฉัยว่ามีโรคความดันโลหิตสูง (ปี)	8.20 $\pm$ 4.69
ชนิดของยาควบคุมระดับความดันโลหิต	
- กลุ่ม calcium channel blockers	9
(menidipine, amlodipine, nifedipine)	2
- กลุ่ม angiotensin II antagonist (losartan)	1
- กลุ่ม alpha-1 adrenergic receptor (prazosin)	1
ระดับน้ำตาลชนิดสุ่มตรวจ (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	190.44 $\pm$ 80.95
แรงบีบมือสูงสุด (กิโลกรัม)	25.40 $\pm$ 6.35

ผลการศึกษาพบว่าระหว่างออกกำลังกาย ครึ่ง/นาที ( $p < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อน  
 แบบเกร็งค้าง ความดันซิสโตลิกเพิ่มขึ้น 21.7  $\pm$  7.86 ออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและ  
 มิลลิเมตรปรอท ( $p < 0.05$ ) ความดันเลือดแดงเฉลี่ย ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ  
 เพิ่มขึ้น 14.40  $\pm$  8.57 มิลลิเมตรปรอท ( $p < 0.05$ ) ความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจในระยะ  
 และ อัตราการเต้นของหัวใจ เพิ่มขึ้น 4.80  $\pm$  3.55 PECO ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แสดงผลการตอบสนองของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างการออกกำลังกาย  
 แบบเกร็งค้างและขณะกั้นเลือด (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตัวแปร	ระยะ		
	ก่อนออกกำลังกาย	ออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง	ขณะกั้นเลือด
SBP (มิลลิเมตรปรอท)	153.10 $\pm$ 32.76	174.80 $\pm$ 36.41*	167.50 $\pm$ 31.86
DBP (มิลลิเมตรปรอท)	87.70 $\pm$ 21.70	99.00 $\pm$ 20.13	90.50 $\pm$ 18.85
MAP (มิลลิเมตรปรอท)	109.50 $\pm$ 24.97	124.27 $\pm$ 24.63*	116.17 $\pm$ 20.58
PP (มิลลิเมตรปรอท)	65.40 $\pm$ 14.74	75.80 $\pm$ 21.81	77.00 $\pm$ 26.11
HR (ครึ่ง/นาที)	71.10 $\pm$ 9.96	75.90 $\pm$ 9.54*	71.90 $\pm$ 10.56

(\* $p < 0.05$  เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย)

## อภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจต่อการออกกำลังกายแบบเกร็งค้างในผู้สูงอายุ DM-HT ซึ่งมีการศึกษาวิจัยค่อนข้างจำกัด ผลการศึกษาพบว่าอาสาสมัครกลุ่มดังกล่าว มีการตอบสนองของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นต่อการออกกำลังกายเกร็งค้างหรือ Exercise pressor responses (EPR) สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ ที่พบว่าความดันโลหิตเพิ่มขึ้นประมาณ 20 มิลลิเมตรปรอทและอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นประมาณ 8 ครั้ง/นาที<sup>16</sup> ซึ่งเกิดจาก SNA ทำงานเพิ่มขึ้นในผู้ที่มีภาวะโรคเบาหวานชนิดที่ 2<sup>3,4</sup> ผู้สูงอายุ<sup>5</sup> และโรคความดันโลหิตสูง<sup>16</sup>

EPR เป็นเทคนิคที่ใช้ทดสอบการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติต่อตัวกระตุ้นขณะออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง แสดงผลผ่านอัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิต เป็นเทคนิคที่ทำได้ง่ายและมีจุดเด่นคือสามารถแยกแสดงผลของการกระตุ้นของ metaboreceptors ได้ ในระยะ PECO อันเป็นระยะที่มีการกั้นเมทาบอลิซึมจากการหดตัวของกล้ามเนื้อไว้ในกล้ามเนื้อ<sup>17</sup> EPR เป็นที่ยอมรับสำหรับเป็นมาตรฐาน (gold standard) ในการทดสอบผลการตอบสนองของการออกกำลังกายทั้งในคนปกติ<sup>18</sup> และคนป่วย<sup>13,19</sup>

จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง จะมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มมากขึ้นทั้งความดันโลหิต (21 มิลลิเมตรปรอท) และอัตราการเต้นของหัวใจ (4.8 ครั้ง/นาที) สอดคล้องกับการศึกษาในกลุ่มอาสาสมัคร DM-HT ที่ยังไม่สูงอายุ<sup>15</sup> และผู้สูงอายุปกติ แต่น้อยกว่าใน

ผู้สูงอายุที่มีความดันโลหิตสูงเพียงอย่างเดียว<sup>12,13,20</sup> ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้นระหว่างการออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานนั้นอาจเกิดจาก SNA ทำงานเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติโดยเป็นผลจากการกระตุ้นของ metaboreflex ซึ่งพบว่าในกลุ่มอายุ 40-55 ปี ความดันโลหิตเพิ่มขึ้นในระยะ PECO 15 มิลลิเมตรปรอท<sup>15,21</sup> ในขณะที่ช่วงอายุ 50-70 ปี ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจในระยะนี้<sup>22</sup>

อย่างไรก็ตามไม่พบการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระยะ PECO ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งอาจเกี่ยวกับการเปลี่ยนของผนังหลอดเลือดแดงทั้งในระดับหลอดเลือดใหญ่และเล็ก ที่มีความยืดหยุ่นลดลงจนกระทั่งเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็งขึ้นในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2<sup>23</sup> หรือภาวะสูงอายุ<sup>24</sup> ดังนั้นการไม่พบการตอบสนองของหัวใจและหลอดเลือดจากการกระตุ้นผ่าน metaboreflex (ระยะ PECO) ในการศึกษาครั้งนี้ อาจเกิดจากผู้ป่วยมีทั้งภาวะเบาหวานและสูงอายুর่วมกัน ทำให้หลอดเลือดแดงขนาดเล็กแข็งขึ้นมาก จนไม่สามารถตอบสนองต่อการกระตุ้นของ SNA จากสัญญาณประสาท metaboreceptors ได้

## สรุปผล

ผู้ป่วยสูงอายุเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีความดันโลหิตสูงร่วมด้วย มีการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มมากขึ้นระหว่างการออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง ซึ่งผลจากการออกกำลังกายประเภทนี้ จะกระตุ้นการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดระหว่างออกแรงบีบมือแบบเกร็งค้าง มากกว่าในขณะกั้นเลือด (PECO)



อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ เป็นการศึกษาสำรวจ  
ในอาสาสมัครจำนวนน้อย ดังนั้นจึงควรต้องทำการ  
ศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มจำนวนอาสาสมัคร และ  
เปรียบเทียบกับผู้สูงอายุสุขภาพดีร่วมด้วย

## เอกสารอ้างอิง

1. Khangura D, Kurukulasuriya LR, Whaley-Connell A, Sowers JR. Diabetes and Hypertension: Clinical Update. *Am J Hypertens*. 2018;31(5):515-21.
2. Boer IH de, Bangalore S, Benetos A, Davis AM, Michos ED, Muntner P, et al. Diabetes and Hypertension: A Position Statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2017;40(9):1273-84.
3. Huggett Robert J, Scott Eleanor M, Gilbey Stephen G, Stoker John B, Mackintosh Alan F, Mary David A.S.G. Impact of Type 2 Diabetes Mellitus on Sympathetic Neural Mechanisms in Hypertension. *Circulation*. 2003;108(25):3097-101.
4. Murphy MN, Mizuno M, Mitchell JH, Smith SA. Cardiovascular regulation by skeletal muscle reflexes in health and disease. *Am J Physiol Heart CircPhysiol*. 2011;301(4):1191-204.
5. Esler M, Hastings J, Lambert G, Kaye D, Jennings G, Seals DR. The influence of aging on the human sympathetic nervous system and brain norepinephrine turnover. *Am J PhysiolRegulIntegr Comp Physiol*. 2002;282(3):909-16.
6. Chen R, Ovbiagele B, Feng W. Diabetes and Stroke: Epidemiology, Pathophysiology, Pharmaceuticals and Outcomes. *Am J Med Sci*. 2016;351(4):380-6.
7. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE, Collins KJ, Dennison HC et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Hypertension*. 2018;71(6):1269-324.
8. Hansen D, Peeters S, Zwaenepoel B, Verleyen D, Wittebrood C, Timmerman N, et al. Exercise Assessment and Prescription in Patients With Type 2 Diabetes in the Private and Home Care Setting: Clinical Recommendations From AXXON (Belgian Physical Therapy Association). *Physical Therapy*. 2013;93(5):597-610.
9. Colberg SR. Key points from the Updated Guidelines on Exercise and Diabetes. *Front Endocrinol*. 2017;8(33):1-7.
10. Fisher JP, White MJ. Muscle afferent contributions to the cardiovascular



- response to isometric exercise. *Experimental Physiology*. 2004;89(6): 639-46.
11. Ubolsakka-Jones C, Sangthong B, Aueyingsak S, Jones DA. Older Women with Controlled Isolated Systolic Hypertension: Exercise and Blood Pressure. *Med Sci Sports Exerc*. 2016; 48(6):983-9.
  12. Greaney JL, Matthews EL, Boggs ME, Edwards DG, Duncan RL, Farquhar WB. Exaggerated exercise pressor reflex in adults with moderately elevated systolic blood pressure: role of purinergic receptors. *Am J Physiol Heart CircPhysiol*. 2013;306(1):132-41.
  13. Ubolsakka-Jones C, Sangthong B, Khrisanapant W, Jones DA. The effect of slow-loaded breathing training on the blood pressure response to handgrip exercise in patients with isolated systolic hypertension. *Hypertens Res*. 2017;40(10):885-91.
  14. Petrofsky JS, Stewart B, Patterson C, Cole M, Al Maly A, Lee S. Cardiovascular responses and endurance during isometric exercise in patients with Type 2 diabetes compared to control subjects. *Med Sci Monit*. 2005;11(10): 470-7.
  15. Holwerda SW, Restaino RM, Manrique C, Lastra G, Fisher JP, Fadel PJ. Augmented pressor and sympathetic responses to skeletal muscle metaboreflex activation in type 2 diabetes patients. *Am J Physiol Heart CircPhysiol*. 2016;310(2):300-9.
  16. Al-Sharea A, Lee MKS, Whillas A, Michell DL, Shihata WA, Nicholls AJ, et al. Chronic sympathetic driven hypertension promotes atherosclerosis by enhancing hematopoiesis. *Haematologica*. 2019; 104(3):456-67.
  17. Boushel R. Muscle metaboreflex control of the circulation during exercise. *Acta Physiol(Oxf)*. 2010;199(4):367-83.
  18. Kaufman MP, Hayes SG. The Exercise Pressor Reflex. *Clin Auton Res*. 2002; 12(6):429-39.
  19. Secher NH, Amann M. Human investigations into the exercise pressor reflex. *Experimental Physiology*. 2012;97(1):59-69.
  20. Delaney EP, Greaney JL, Edwards DG, Rose WC, Fadel PJ, Farquhar WB. Exaggerated sympathetic and pressor responses to handgrip exercise in older hypertensive humans: role of the muscle metaboreflex. *Am J Physiol Heart CircPhysiol*. 2010;299(5):1318-27.
  21. Vranish JR, Holwerda SW, Kaur J, Fadel PJ. Augmented pressor and sympatho-excitatory responses to the onset of isometric handgrip in patients with type 2 diabetes. *Am J PhysiolRegulIntegr Comp Physiol*. 2020;318(2):311-9.

22. Roberto S, Milia R, Doneddu A, Pinna V, Palazzolo G, Serra S, et al. Hemodynamic abnormalities during muscle metaboreflex activation in patients with type 2 diabetes mellitus. *J Appl Physiol* (1985). 2019;126(2):444-53.
23. Cameron JD, Cruickshank JK. Glucose, insulin, diabetes and mechanisms of arterial dysfunction. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2007;34(7):677-82.
23. Holwerda SW, Luehrs RE, DuBose L, Collins MT, Wooldridge NA, Stroud AK, et al. Elevated Muscle Sympathetic Nerve Activity Contributes to Central Artery Stiffness in Young and Middle-Age/Older Adults. *Hypertension*. 2019;73(5):1025-35.