

# ประสิทธิผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านต่อความสามารถในการทรงตัวของผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่เท้า

## Effectiveness of Aerobic Exercise Combined with Resistance Exercise on Balance Performance in Diabetic Patients with Diabetic Foot

ปิยวรรณ แพลนดี้<sup>1\*</sup>, รัชนก ไกรวงศ์<sup>2</sup>

Piyawan Plandee<sup>1\*</sup>, Ratchanok Kraiwong<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

การออกกำลังกายช่วยลดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง อันเป็นสาเหตุการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่เท้าซึ่งมีผลทำให้ความสามารถในการทรงตัวลดลง วัตถุประสงค์การวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้าน (Aerobic exercise combined with resistance exercise; ACRE) ต่อความสามารถในการทรงตัวของผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่เท้า (diabetic foot; DF) วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและความแปรปรวนแบบผสม ผลการวิจัยพบว่าการทดสอบความสามารถในการทรงตัวดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} = 0.002$ ) การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} = 0.001$ ) ดัชนีการไหลเวียนของหลอดเลือดแดงส่วนปลายดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} < 0.05$ ) การทดสอบความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้าดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} < 0.05$ ) องศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} < 0.05$ ) สรุปผลการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านช่วยฟื้นฟูการทรงตัวของผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่เท้าได้

**คำสำคัญ:** การออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้าน, ความสามารถในการทรงตัว, ผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่เท้า

### Citation:

Plandee P, Kraiwong R. Effectiveness of aerobic exercise combined with resistance exercise on balance performance in diabetic patients with diabetic foot. Health Sci J Thai 2024; 6(1): 60-67. (in Thai); <https://doi.org/10.55164/hsjt.v6i1.261762>

<sup>1</sup> โรงพยาบาลชุมพวง จังหวัดนครราชสีมา 30270

<sup>2</sup> คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10700

<sup>1</sup> Chumphuang Hospital, Nakhon Ratchasima, 30270, Thailand.

<sup>2</sup> Department of Physical Therapy, Faculty of Physical Therapy, Mahidol University, Nakhon Pathom, 10700, Thailand

\* Corresponding author: E-mail: pipo\_pd@hotmail.com, Tel: 089-8471531

Received: Mar 13, 2023; Revised: Aug 31, 2023; Accepted: Oct 6, 2023

<https://doi.org/10.55164/hsjt.v6i1.261762>

## Abstract

Exercise reduces the risk of hyperglycemia that causes complications of foot, which results in decreased balance performance. The research objective was to study the effects of aerobic exercise combined with resistance exercise (ACRE) to balance performance in diabetic patients with diabetic foot (DF), and analyzed for differences of data were using the statistics of one-way and two-way mixed analysis of variance. Results: Timed Up and Go test was improved which is statistically significant ( $p$ -value = 0.002), Five Times Sit to Stand test was improved which is statistically significant ( $p$ -value = 0.001), Ankle-brachial Index was increased which is statistically significant ( $p$ -value <0.05), Joint Position Sense test was improved which is statistically significant ( $p$ -value <0.05) and Range of Motion was increased which is statistically significant ( $p$ -value <0.05). Conclusion: Aerobic exercise combined with resistance exercise significantly improve balance performance of diabetic patients with diabetic foot.

**Keywords:** Aerobic exercise combined with resistance exercise, Balance performance, Diabetic patients with diabetic foot

## บทนำ

โรคเบาหวานเป็นกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดย สหพันธ์โรคเบาหวานนานาชาติ รายงานว่าปี พ.ศ. 2562 พบจำนวนผู้ป่วยเบาหวานทั่วโลก 463 ล้านคน และคาดการณ์ว่าปี พ.ศ. 2573 จำนวนผู้ป่วยเบาหวานทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นเป็น 578 ล้านคน<sup>(1)</sup> สำหรับประเทศไทย สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข รายงานว่าพบจำนวนผู้ป่วยเบาหวานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 และล่าสุดในปี พ.ศ. 2562 พบว่าจำนวนผู้ป่วยเบาหวานสะสมทั่วประเทศมากถึง 5.5 ล้านคน นับว่าเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและเพิ่มความเสี่ยงให้เกิดความพิการหรือเสียชีวิต<sup>(2)</sup>

สาเหตุของโรคเบาหวานเกิดจากความผิดปกติของการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินหรือภาวะที่ร่างกายดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน จึงมีผลต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) เมื่อระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นเวลานาน มีผลทำให้หลอดเลือดขาดความยืดหยุ่นหรือตีบแข็ง ความหนืดของเลือดเพิ่มสูงขึ้นและเลือดไหลผ่านหลอดเลือดฝอยได้ยากขึ้น ทำให้การไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ได้น้อยลงจนเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการขาดเลือด ที่พบได้บ่อย คือ ภาวะปลายประสาทเสื่อม (Peripheral neuropathy) ซึ่งพบในผู้ป่วยเบาหวานมากกว่าร้อยละ 30 โดย อาการแสดงที่สำคัญ คือ อาการชาหรือสูญเสียการรับรู้สัมผัส ส่งผลให้การรับรู้การเคลื่อนไหวและการตอบสนองของระบบรีเฟล็กซ์ลดลง<sup>(3)</sup> เกิดการสูญเสียความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อบริเวณข้อต่อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ<sup>(4)</sup> ทำให้ความสามารถในการทรงตัวลดลงเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อการหกล้ม<sup>(5)</sup>

การออกกำลังกายเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดสูง โดยสมาคมโรคเบาหวานแห่งสหรัฐอเมริกาเสนอ

แนวทางการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ว่า ควรออกกำลังกายที่มีความหนักระดับสูง (High intensity; >75% of 1 RM) อย่างน้อยสัปดาห์ละ 150 นาที หรือ 2-3 วัน/สัปดาห์ และมีข้อแนะนำเพิ่มเติมว่าควรออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านร่วมกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิก<sup>(6-7)</sup> โดยมีรายงานการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านร่วมกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้มากกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกเพียงอย่างเดียว<sup>(8)</sup>

อย่างไรก็ตามในประเทศไทย การศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านในผู้ป่วยเบาหวาน ด้วยกระบวนการสุ่มตัวอย่างแบบเปรียบเทียบ (Randomized controlled trial) ยังมีอยู่น้อย และการศึกษาเหล่านั้นยังไม่มีการวัดผลครอบคลุมปัญหาของผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่เท้า (Diabetic foot; DF) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการศึกษาดังกล่าวด้วยการประยุกต์ทางกายภาพบำบัดที่มีความปลอดภัยและเหมาะสมกับผู้ป่วยเบาหวาน โดยใช้แรงต้านจากถุงทรายที่มีการคำนวณน้ำหนักให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล ซึ่งถุงทรายเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและสามารถนำมาใช้ได้จริงในระยะยาว เพื่อประโยชน์ในการฟื้นฟูสุขภาพและป้องกันภาวะแทรกซ้อนจากโรคเบาหวาน

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านต่อความสามารถในการทรงตัวดัชนีการไหลเวียนของหลอดเลือดแดงส่วนปลาย ความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งของข้อ องศาการเคลื่อนไหวของข้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่เท้า (Diabetic foot; DF) โดยเปรียบเทียบกับกรออกกำลังกายแบบแอโรบิกเพียงอย่างเดียวและการไม่ได้ออกกำลังกาย

สมมติฐานงานวิจัย คือ ภายหลังจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านให้ผลที่แตกต่างด้านความสามารถ

ในการทรงตัว ดัชนีการไหลเวียนของหลอดเลือดแดงส่วนปลาย ความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งของข้อ องศาการเคลื่อนไหวของข้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา เมื่อเปรียบเทียบกับ การออกกำลังกายแบบแอโรบิกเพียงอย่างเดียวและการไม่ได้ ออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่เท้า

## วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มกลุ่มเปรียบเทียบ (Randomized controlled trial) โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ป่วย DF ซึ่งมารับบริการในโรงพยาบาลชุมพวง และผ่านการรับรองจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์ของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา เลขที่ หนังสือรับรอง KHE 2021-062 (ลงวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ. 2564) มีรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

### อาสาสมัครกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเลือก ได้แก่ ผู้ป่วย DF ระดับเสี่ยงปานกลาง จากการตรวจประเมินเท้า โดย มีปัญหาด้านการรับรู้ความรู้สึก หรือมีอาการชาเท้าและ/หรือคล้ำไม่พบชีพจรที่เท้า แต่ยังไม่พบเท้าผิดปกติ ไม่มีประวัติการเกิดแผลที่เท้าหรือประวัติการตัดนิ้วเท้า<sup>(9)</sup> เคยมีประวัติการล้ม อายุ 40-60 ปี

เกณฑ์การคัดออก ได้แก่ มีความผิดปกติของระบบเวสติบูลาร์ หรือระบบประสาทส่วนกลาง มีอาการปวดบริเวณขาส่วนล่าง ประเมินโดยใช้ Visual analog scale (VAS) ระดับอาการปวดมากกว่า 3

### การกำหนดขนาดของอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้คำนวณขนาดของอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่างจากการศึกษาที่ผ่านมา โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม<sup>(10)</sup> ตามสมการ ขนาดของอาสาสมัคร / กลุ่ม =  $2\sigma^2 (Z_\alpha + Z_\beta)^2 / (\mu_1 - \mu_2)^2$  โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ ( $Z_\alpha$ ) 0.05 เท่ากับ 1.96 สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ( $Z_\beta$ ) ร้อยละ 80 เท่ากับ 0.84 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\sigma$ ) ของ TUG เท่ากับ 0.91 ผลต่างค่าเฉลี่ย ( $\mu_1 - \mu_2$ ) ของ TUG ระหว่าง 3 กลุ่ม เท่ากับ 1.2<sup>(11)</sup> ขนาดของอาสาสมัครที่คำนวณได้เท่ากับ 9 คนต่อกลุ่ม และคำนวณขนาดอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่างเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการสูญหายระหว่างการเก็บข้อมูล (Drop out) ร้อยละ 10 ดังนั้นขนาดของอาสาสมัครเท่ากับ 11 คนต่อกลุ่ม

### ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

เริ่มจากอาสาสมัครทั้ง 33 คน จับสลากแบ่งกลุ่ม ด้วยวิธีการ stratified randomization โดยการใช้เพศและอายุเป็นตัวกำหนด ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้าน (Aerobic exercise combined with resistance exercise; ACRE) 2) กลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกเพียงอย่างเดียว (Aerobic exercise; AE) และ 3) กลุ่มไม่ได้ออกกำลังกาย (Control; CT) แล้วได้รับการตรวจประเมิน

ABI, JPS, ROM, FTSTS และ TUG ตามลำดับ มีรายละเอียดของการตรวจประเมินดังนี้ คือ

Timed Up and Go test (TUG) เริ่มจากให้อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ที่มีความสูง 45 เซนติเมตร มีพนักพิงและที่เท้าแขน เมื่อได้รับคำสั่ง “เริ่ม” อาสาสมัครลุกขึ้นยืนและเดินเป็นระยะทาง 3 เมตร แล้วหมุนตัวกลับมานั่งที่เก้าอี้ ในความเร็วที่อาสาสมัครรู้สึกปลอดภัย ผู้ประเมินจับเวลาเป็นวินาทีโดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่ออกคำสั่ง “เริ่ม” และ “หยุด” เวลาเมื่ออาสาสมัครเดินกลับมานั่งจนก้นสัมผัสที่เก้าอี้ อาสาสมัครทำทั้งหมด 3 รอบ ใช้เวลาที่ต่ำที่สุดนำมาแปลผล<sup>(12)</sup>

Five Times Sit to Stand test (FTSTS) เริ่มจากให้อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ที่มีความสูง 45 เซนติเมตร มีพนักพิง แต่ไม่มีที่เท้าแขน นั่งหลังตรง วางแขนข้างลำตัวและถอยส้นเท้าให้อยู่หลังข้อเข่าประมาณ 10 เซนติเมตร เมื่อได้รับคำสั่ง “เริ่ม” ให้อาสาสมัครลุกขึ้นยืนสลับกับนั่งบนเก้าอี้ให้เร็วที่สุดและปลอดภัยจำนวน 5 ครั้ง ผู้ประเมินเริ่มจับเวลาเมื่อกล่าวคำว่า “เริ่ม” และ “หยุด” เวลาเมื่ออาสาสมัครกลับลงนั่งจนก้นสัมผัสที่เก้าอี้และหลังชิดพนักพิงในครั้งที่ 5 อาสาสมัครทำทั้งหมด 3 รอบ ใช้เวลาที่ต่ำที่สุดนำมาแปลผล<sup>(13)</sup>

Ankle-brachial Index (ABI) เริ่มจากให้อาสาสมัครนอนพักบนเตียงประมาณ 10 นาที จากนั้นผู้ประเมินวัดความดันโลหิตด้วยเครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิทัล โดยให้อาสาสมัครนอนหงายแล้วพันผ้าพัน cuff ของเครื่องวัดความดันโลหิตเหนือข้อศอก เพื่อวัดความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจห้องล่างซ้ายบีบตัว (Systolic blood pressure; SBP) บันทึกเป็นค่า Brachial systolic pressure ทำการวัดที่แขนขวา ก่อนแขนซ้าย วัดซ้ำ 3 รอบ ใช้ค่าสูงสุดในการเข้าสู่สูตรคำนวณ ABI หลังจากนั้น วัด SBP ของขาบริเวณข้อเท้า โดยพันผ้าพัน cuff ของเครื่องวัดความดันโลหิตเหนือตาตุ่ม บันทึกเป็นค่า Ankle systolic pressure ทำการวัดที่ขาขวา ก่อนขาซ้าย วัดซ้ำ 3 รอบ ใช้ค่าสูงสุด SBP ของขาหารด้วยค่าสูงสุด SBP ของแขน<sup>(14)</sup>

Joint Position Sense (JPS) เริ่มจากให้อาสาสมัครนอนบนเตียงจัดท่าทางให้ผ่อนคลายและปิดตา ผู้ประเมินใช้มือจับบริเวณบนและล่างข้อต่อที่ทำการตรวจประเมิน จากนั้นทำการเคลื่อนไหวข้อนิ้วหัวแม่เท้า (1<sup>st</sup> MTP-JPS) ข้อเท้า (Ankle-JPS) และข้อเข่า (Knee-JPS) ในทิศทางขึ้นและลง ทั้งข้างซ้ายและขวาตามลำดับ โดยเริ่มขยับจากช่วงกลางของการเคลื่อนไหว (Middle range) อย่างช้า ๆ และเพิ่มความถี่ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง จากนั้นค้างไว้และถามอาสาสมัครว่าข้อต่อนั้นอยู่ในลักษณะใด กระดกขึ้นหรือลง แล้วทำการตรวจประเมินซ้ำ 10 ครั้งในแต่ละข้อต่อทำการบันทึกค่าทั้งหมด 3 รอบ ใช้ค่าเฉลี่ยนำมาแปลผล<sup>(15)</sup>

Range of Motion (ROM) ของข้อเข่า ข้อเท้าและข้อนิ้วหัวแม่เท้า การศึกษาครั้งนี้วัดองศาการเคลื่อนไหวโดยใช้โกนิโอมิเตอร์ (Universal goniometer) และใช้จุดอ้างอิงตาม

Clarkson and Gilewich<sup>(16)</sup> รายละเอียดการวัดมีดังต่อไปนี้

1<sup>st</sup> MTP-ROM ในทิศทาง Flexion และ Extension อาสาสมัครอยู่ในท่านอนหงาย เข่างอเล็กน้อย ข้อเท้าและนิ้วเท้าอยู่ในท่า Neutral ผู้ประเมินตรงที่กระดูกฝ่าเท้า วางโกนิโอมิเตอร์โดยจุดศูนย์กลางอยู่ที่ด้านข้างข้อต่อส่วนต้นของนิ้วหัวแม่เท้า ส่วน Stationary arm ขนานไปกับกระดูกฝ่าเท้าขั้นที่ 1 และ Movable arm ขนานไปกับกระดูกนิ้วหัวแม่เท้า ทำการบันทึกค่าทั้งหมด 3 รอบ ใช้ค่าเฉลี่ยนำมาแปลผล

Ankle-ROM ในทิศทาง Dorsiflexion และ Plantarflexion อาสาสมัครอยู่ในท่านอนหงาย เข่างอเล็กน้อย ใช้ผ้าขนหนูรองใต้เข่า โดยเท้าและข้อเท้าอยู่ในท่า Neutral ผู้ประเมินวางโกนิโอมิเตอร์โดยจุดศูนย์กลางอยู่ที่ต่อ Lateral malleolus 1.5 เซนติเมตร ส่วน Stationary arm ขนานไปกับกระดูก Fibula และ Movable arm ขนานไปกับกระดูกฝ่าเท้าขั้นที่ 5 ทำการบันทึกค่าทั้งหมด 3 รอบ ใช้ค่าเฉลี่ยนำมาแปลผล

Knee-ROM ในทิศทาง Extension และ Flexion อาสาสมัครอยู่ในท่านอนหงาย เขยียดเข่าตรง ผู้ประเมินวางโกนิโอมิเตอร์โดยจุดศูนย์กลางอยู่ทางด้านนอกของ Lateral epicondyle of the femur ส่วน Stationary arm ขนานกับกระดูกต้นขาตรงกับเส้นสมมติที่ลากมาจาก Greater trochanter และ Movable arm ขนานกับกระดูก Fibula ตรงกับเส้นสมมติที่ลากมาจาก Lateral malleolus จากนั้นอาสาสมัครเคลื่อนส้นเท้ามาตามพื้นเตียงเข้าหาสะโพก ทำการบันทึกค่าทั้งหมด 3 รอบ ใช้ค่าเฉลี่ยนำมาแปลผล

หลังจากนั้นเริ่มสาธิตท่าออกกำลังกายตามคู่มือการออกกำลังกายให้กับอาสาสมัครกลุ่ม ACRE และ AE ซึ่งเป็นการออกกำลังกายแบบเดี่ยวเฉพาะบุคคล โดย เน้นกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้าและนิ้วเท้า เป็นเวลารวม 50 นาที/ครั้ง ความถี่ 3 วัน/สัปดาห์หรือจำนวน 12 ครั้ง ต่อเนื่องที่บ้านเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดย อาสาสมัครกลุ่ม ACRE จะได้รับถุงทรายที่มีการคำนวณน้ำหนัก 75 % of 1-RM<sup>(17)</sup> ของกลุ่มกล้ามเนื้อเขยียดเข่า (Knee extensors) และวางตำแหน่งถุงทรายรัดรอบข้อเท้า ส่วนอาสาสมัครกลุ่ม AE จะออกกำลังกายในท่าทางเช่นเดียวกับกลุ่ม ACRE เพียงแต่ไม่ใช้ถุงทรายร่วมกับการออกกำลังกาย

การศึกษานี้มีขั้นตอนการออกกำลังกายของอาสาสมัครกลุ่ม ACRE และ AE ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 อาสาสมัครยืดเหยียดกล้ามเนื้อขาในท่านั่งพับเข่า ค้างไว้วัน 1-10 ทั้งข้างซ้ายและข้างขวา แล้วนั่งเหยียดขาพร้อมกระดูกปลายเท้าขึ้นทั้งข้างซ้ายและข้างขวา ค้างไว้วัน 1-10 หลังจากนั้นเดินเร็ว เพื่ออบอุ่นร่างกาย (Warm-up) รวมเป็นเวลา 10 นาที

ขั้นตอนที่ 2 เริ่มออกกำลังกายชุดที่ 1 อาสาสมัครอยู่ในท่านอนหงาย เข่างอเล็กน้อย เป็นวงกลมคล้ายเสี้ยวพระจันทร์ (Hip circumduction) เขยียดสะโพกไปด้านหลัง (Hip extension) งอสะโพกมาด้านหน้า (Hip flexion) เขยียดเข่า (Knee extension) งอเข่า (Knee flexion) เขยียดข้อเท้าลง (Ankle plantarflexion) กระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsiflexion) เขยียดนิ้วหัวแม่เท้าขึ้น (Toe extension) และงอนิ้วหัวแม่เท้าลง (Toe flexion) ทำซ้ำทั้งข้างซ้ายและข้างขวา ท่าละ 10 ครั้ง/เซต, 3 เซต/รอบ, 1 รอบ/วัน โดยแต่ละเซตจะมีช่วงพัก 1 นาที

หลังจากนั้นออกกำลังกายชุดที่ 2 เป็นการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง (Combined movement) เริ่มจาก (1) งอสะโพก (2) งอเข่า (3) เขยียดเข่า (4) กระดกข้อเท้า (5) เขยียดนิ้วหัวแม่เท้าขึ้น (6) เขยียดข้อเท้าลง (7) งอนิ้วหัวแม่เท้าลง (8) หมุนควงสะโพกเป็นวงกลมคล้ายเสี้ยวพระจันทร์จากด้านหน้าไปด้านหลังและด้านหลัง (9) เขยียดสะโพกไปด้านหลังพร้อมกับย่อเข่าอีกข้าง ทำซ้ำทั้งข้างซ้ายและข้างขวา จำนวน 10 ครั้ง/เซต, 3 เซต/รอบ, 1 รอบ/วัน โดยแต่ละเซตจะมีช่วงพัก 1 นาที

ขั้นตอนที่ 3 อาสาสมัครยืดเหยียดกล้ามเนื้อและผ่อนคลายร่างกาย (Cool-down) โดย ทำเช่นเดียวกับการอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) เป็นเวลา 10 นาที

ส่วนอาสาสมัครกลุ่ม CT จะได้รับการรักษาตามปกติในคลินิกผู้ป่วยโรคเบาหวานประจำโรงพยาบาล เช่นเดียวกับอาสาสมัครกลุ่ม ACRE และ AE แต่ไม่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายภายหลังเข้าร่วมงานวิจัยครบ 4 สัปดาห์แล้ว จะได้รับคู่มือและโปรแกรมการออกกำลังกายเช่นเดียวกับอาสาสมัครกลุ่ม ACRE และ AE

#### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics v.27 เปรียบเทียบข้อมูลส่วนบุคคลทั้ง 3 กลุ่ม โดยใช้สถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) และ Pearson's chi-square test เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลก่อนและหลังการทดลองระหว่าง 3 กลุ่ม โดยใช้สถิติ Two-way mixed ANOVA (3x2) และเปรียบเทียบผลต่างระหว่างคู่ด้วยสถิติ Bonferroni โดยใช้ค่า Partial Eta Squared สำหรับบ่งชี้ขนาดของผลกระทบ (Effect size; ES) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดย กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p-value <0.05

#### ผลการวิจัย

อาสาสมัครทั้ง 3 กลุ่ม จำนวน 33 คน สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ครบ 4 สัปดาห์และปฏิบัติตามระเบียบวิธีวิจัยได้อย่างครบถ้วน เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลตัวชี้วัดก่อนเข้าร่วมงานวิจัย พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของอาสาสมัครทั้ง 3 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ (Table) 1

**Table 1** Comparison of characteristics and baseline outcomes such as Timed Up and Go test (TUG), Five Times Sit to Stand Test (FTSTS), Ankle-brachial Index (ABI), Joint Position Sense (JPS) and Range of Motion (ROM) between the ACRE, AE and CT groups (n = 33)

| characteristics and baseline outcomes | ACRE group<br>(n = 11) | AE group<br>(n = 11) | CT group<br>(n = 11) | p-value |
|---------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|---------|
|                                       | Mean $\pm$ SD          | Mean $\pm$ SD        | Mean $\pm$ SD        |         |
| Age (Years)                           | 52.09 $\pm$ 5.87       | 52.18 $\pm$ 5.56     | 53.91 $\pm$ 5.26     | 0.693   |
| Sex, (Female: male)                   | 9: 2                   | 9: 2                 | 9: 2                 | N/A     |
| Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )  | 27.55 $\pm$ 3.61       | 25.33 $\pm$ 2.81     | 26.17 $\pm$ 3.70     | 0.886   |
| Duration of DM (Years)                | 20.64 $\pm$ 6.58       | 17.00 $\pm$ 5.81     | 19.18 $\pm$ 5.31     | 0.362   |
| Falls history (%)                     | 1.64 $\pm$ 0.51        | 1.64 $\pm$ 0.51      | 1.64 $\pm$ 0.51      | N/A     |
| TUG (seconds)                         | 8.99 $\pm$ 0.82        | 9.17 $\pm$ 0.91      | 8.94 $\pm$ 0.87      | 0.812   |
| FTSTS (seconds)                       | 9.19 $\pm$ 0.74        | 9.72 $\pm$ 0.82      | 9.35 $\pm$ 1.10      | 0.387   |
| ABI                                   |                        |                      |                      |         |
| - Right                               | 0.99 $\pm$ 0.03        | 0.99 $\pm$ 0.03      | 0.99 $\pm$ 0.04      | 0.969   |
| - Left                                | 1.01 $\pm$ 0.03        | 1.01 $\pm$ 0.03      | 0.99 $\pm$ 0.04      | 0.601   |
| JPS (times)                           |                        |                      |                      |         |
| - 1st MTP (right)                     | 6.36 $\pm$ 1.29        | 6.18 $\pm$ 1.33      | 6.36 $\pm$ 1.12      | 0.932   |
| - 1st MTP (left)                      | 5.64 $\pm$ 1.21        | 5.45 $\pm$ 1.44      | 6.00 $\pm$ 1.41      | 0.643   |
| - Ankle (right)                       | 7.45 $\pm$ 0.820       | 7.00 $\pm$ 1.00      | 7.09 $\pm$ 1.14      | 0.527   |
| - Ankle (left)                        | 7.55 $\pm$ 1.37        | 7.45 $\pm$ 1.37      | 7.09 $\pm$ 1.14      | 0.689   |
| - Knee (right)                        | 8.27 $\pm$ 0.91        | 8.18 $\pm$ 1.33      | 8.64 $\pm$ 0.92      | 0.579   |
| - Knee (left)                         | 8.18 $\pm$ 1.08        | 8.00 $\pm$ 0.89      | 8.36 $\pm$ 0.81      | 0.658   |
| ROM (degree)                          |                        |                      |                      |         |
| - 1st MTP flexion (right)             | 27.36 $\pm$ 3.30       | 27.45 $\pm$ 5.20     | 28.91 $\pm$ 3.08     | 0.602   |
| - 1st MTP flexion (left)              | 25.00 $\pm$ 3.69       | 24.55 $\pm$ 5.11     | 26.55 $\pm$ 5.57     | 0.584   |
| - 1st MTP extension (right)           | 70.00 $\pm$ 8.76       | 69.45 $\pm$ 7.61     | 69.82 $\pm$ 5.23     | 0.983   |
| - 1st MTP extension (left)            | 64.91 $\pm$ 4.39       | 68.82 $\pm$ 8.51     | 66.55 $\pm$ 8.01     | 0.454   |
| - Ankle dorsiflex (right)             | 12.18 $\pm$ 2.48       | 12.82 $\pm$ 2.18     | 12.55 $\pm$ 2.88     | 0.842   |
| - Ankle dorsiflex (left)              | 11.27 $\pm$ 2.37       | 12.45 $\pm$ 2.12     | 11.91 $\pm$ 2.63     | 0.510   |
| - Ankle plantarflex (right)           | 32.18 $\pm$ 4.31       | 29.18 $\pm$ 3.60     | 28.27 $\pm$ 5.41     | 0.163   |
| - Ankle plantarflex (left)            | 32.55 $\pm$ 3.83       | 29.27 $\pm$ 3.44     | 28.27 $\pm$ 5.37     | 0.071   |
| - Knee flexion (right)                | 114.36 $\pm$ 7.98      | 112.18 $\pm$ 8.02    | 113.73 $\pm$ 7.70    | 0.801   |
| - Knee flexion (left)                 | 113.64 $\pm$ 7.42      | 112.64 $\pm$ 7.58    | 113.82 $\pm$ 7.67    | 0.932   |
| - Knee extension (right)              | 3.36 $\pm$ 1.50        | 3.91 $\pm$ 1.38      | 3.27 $\pm$ 1.19      | 0.502   |
| - Knee extension (left)               | 4.09 $\pm$ 1.70        | 3.82 $\pm$ 1.47      | 3.18 $\pm$ 1.72      | 0.423   |

**Note:** TUG: Timed Up and Go Test, FTSTS: Five times Sit-to-Stand Test, ABI: ankle-brachial Index, JPS: joint position sense, ROM: range of motion, MTP: metatarsophalangeal.

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลก่อนและหลังเข้าร่วมงานวิจัยครบ 4 สัปดาห์ ระหว่างอาสาสมัครทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า มีปฏิกริยาร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างวิธีการออกกำลังกายและระยะเวลาก่อน-หลังการออกกำลังกาย (Interaction effect) ของตัวชี้วัด คือ TUG, FTSTS, ABI, JPS และ ROM โดยพบว่า TUG ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในอาสาสมัครกลุ่ม ACRE (p-value = 0.001) และอาสาสมัครกลุ่ม AE (p-value = 0.034) เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครกลุ่ม CT



FTSTS ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในอาสาสมัครกลุ่ม ACRE เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครกลุ่ม AE ( $p$ -value = 0.001) และอาสาสมัครกลุ่ม CT ( $p$ -value = 0.001) ส่วนอาสาสมัครกลุ่ม AE มี FTSTS ไม่แตกต่างจากอาสาสมัครกลุ่ม CT

ABI ทั้ง 2 ข้าง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในอาสาสมัครกลุ่ม ACRE (ข้างขวา  $p$ -value = 0.028 และข้างซ้าย  $p$ -value <0.001) เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครกลุ่ม CT และอาสาสมัครกลุ่ม AE มี ABI ของเท้าข้างซ้ายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครกลุ่ม CT ( $p$ -value = 0.001) ส่วนอาสาสมัครกลุ่ม ACRE และ AE พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทั้งข้างขวา ( $p$ -value = 0.421) และข้างซ้าย ( $p$ -value = 0.195)

JPS ทั้ง 2 ข้าง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในอาสาสมัครทั้งกลุ่ม ACRE และกลุ่ม AE เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครกลุ่ม CT โดย JPS ของกลุ่ม ACRE เปรียบเทียบกับกลุ่ม CT พบผลความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ 1<sup>st</sup>MTP-JPS ข้างขวา  $p$ -value <0.001 และข้างซ้าย  $p$ -value <0.001, Ankle-JPS ข้างขวา  $p$ -value <0.001 และข้างซ้าย  $p$ -value = 0.002 และ Knee-JPS ข้างขวา  $p$ -value = 0.012 และข้างซ้าย  $p$ -value = 0.001 ส่วนกลุ่ม AE เปรียบเทียบกับกลุ่ม CT พบผลความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ 1<sup>st</sup>MTP-JPS ข้างขวา  $p$ -value = 0.001 และข้างซ้าย  $p$ -value <0.001, Ankle-JPS ข้างขวา  $p$ -value = 0.001 และข้างซ้าย  $p$ -value = 0.004 และ Knee-JPS ข้างขวา  $p$ -value = 0.049 และข้างซ้าย  $p$ -value = 0.004

1<sup>st</sup>MTP-ROM ขณะเหยียด (Extension) (ข้างซ้าย  $p$ -value = 0.031) ในอาสาสมัครกลุ่ม AE เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครกลุ่ม CT ส่วน Ankle-ROM ขณะกระดกข้อเท้าลง (Plantarflex) (ข้างขวา  $p$ -value = 0.001 และข้างซ้าย  $p$ -value <0.001) ในอาสาสมัครกลุ่ม AE เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครกลุ่ม CT และ Knee-ROM ขณะงอ (Flexion) (ข้างขวา  $p$ -value = 0.028 และข้างซ้าย  $p$ -value = 0.001) และขณะเหยียด (Extension) (ข้างขวา  $p$ -value = 0.001 และข้างซ้าย  $p$ -value = 0.004) ในอาสาสมัครกลุ่ม AE เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครกลุ่ม CT

## อภิปรายผล

ผลการศึกษานี้เป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัย กล่าวคือ ภายหลังจากการออกกำลังกายแบบ ACRE ความถี่ 3 วัน/สัปดาห์ ต่อเนื่องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ให้ผลที่แตกต่างของ TUG, FTSTS, JPS และ ABI โดย เพิ่มความสามารถในการทรงตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งของข้อ และดัชนีการไหลเวียนของหลอดเลือดแดงส่วนปลายในผู้ป่วย DF

เป็นผลมาจากจุดเด่นของการออกกำลังกายแบบ ACRE ที่มีการคำนวณน้ำหนักแรงต้านให้เหมาะสมเฉพาะบุคคล โดยใช้ความหนักระดับสูง (High intensity; 75% of 1 RM) น้ำหนักอยู่ในช่วง 5.25-7.5 กิโลกรัม มีผลช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบภายในหลอดเลือดฝอย ทำให้เซลล์เยื่อบุบริเวณผนังหลอดเลือดฝอยสร้างสารเคมีตัวกลาง (Mediator) เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะ Nitric Oxide (NO) ส่งผลให้หลอดเลือดมีการขยายตัว ประกอบกับการบริหารข้อเข่า ข้อเท้าและนิ้วเท้าอย่างต่อเนื่อง ช่วยกระตุ้นการเคลื่อนที่ของสารน้ำในหลอดเลือด<sup>(18)</sup> เพิ่มการไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงรยางค์ส่วนล่างจากภาวะหลอดเลือดอักเสบ หลอดเลือดตีบ และหลอดเลือดอุดตันในผู้ป่วยเบาหวาน<sup>(19)</sup> จึงทำให้ ABI เพิ่มขึ้น และช่วยลดอาการชาจากภาวะปลายประสาทเสื่อม<sup>(20)</sup> เพิ่มการรับรู้สัมผัสบริเวณฝ่าเท้าและข้อต่อ ทำให้ JPS เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลของการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ยังช่วยเพิ่มความหนาแน่นของหลอดเลือดฝอยในกล้ามเนื้อ ทำให้การนำสารอาหารและออกซิเจนไปเลี้ยงอย่างเพียงพอ จึงเกิดการเสริมสร้างใยกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ<sup>(21)</sup> ทำให้ FTSTS ลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Venkataraman<sup>(22)</sup> ที่ทำการศึกษาค้นคว้าของการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความสามารถในการทรงตัวในผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะปลายประสาทเสื่อม โดยให้อาสาสมัครออกกำลังกายที่บ้าน โดยมีนักกายภาพบำบัดควบคุมกำกับผ่านทางโทรศัพท์ แต่ความถี่สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ต่อเนื่อง 24 สัปดาห์ พบว่า TUG, FTSTS ลดลงและ ROM ของข้อเข่ากับข้อเท้าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen<sup>(11)</sup> ที่ทำการศึกษาค้นคว้าของการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน 8-15 RM โดยใช้แถบยางยืด (Elastic band) ในผู้สูงอายุข้อเข่าเสื่อมที่มีโรคร่วมเป็นเบาหวาน ความถี่ในการออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ต่อเนื่อง 12 สัปดาห์ แล้วพบว่า TUG ลดลงเช่นเดียวกัน

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่พบความแตกต่างระหว่างการออกกำลังกายแบบ ACRE และ AE ยกเว้น FTSTS ของ ACRE ที่ลดลงมากกว่า AE อาจเป็นผลมาจากการใช้แรงต้านจากถุงทรายช่วยให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นมากกว่าการไม่ใช้แรงต้านในการออกกำลังกาย และไม่พบความแตกต่างของค่า TUG ทางคลินิก (Clinical significance) ก่อนและหลังการออกกำลังกายทั้งแบบ ACRE และ AE ซึ่งค่าชี้วัดการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (Minimal important difference; MID) ที่ระดับค่าความเชื่อมั่น 95% ของการทดสอบ TUG มีค่าเท่ากับ 2.08 วินาที<sup>(23)</sup> อาจเป็นผลมาจากอาสาสมัครในงานวิจัยนี้เป็นผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่เท้าไม่รุนแรงหรือมีความเสี่ยงระดับปานกลาง และปัจจัยของช่วงอายุที่ไม่มากทำให้ผลการทดสอบค่าตัวแปรอยู่ในช่วงปกติ เห็นได้จากค่าเฉลี่ยตัวแปร TUG

ก่อนเข้าร่วมงานวิจัยทั้ง 3 กลุ่ม น้อยกว่า 10 วินาที รวมถึงระยะเวลาการศึกษาที่สั้นเพียง 4 สัปดาห์ อาจไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน

#### สรุปผลการวิจัย

การออกกำลังกายแบบ ACRE มีผลช่วยฟื้นฟูความสามารถในการทรงตัว ดัชนีการไหลเวียนของหลอดเลือดแดงส่วนปลาย ความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งของข้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในผู้ป่วย DF มากกว่าการไม่ได้ออกกำลังกาย แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างการออกกำลังกายแบบ ACRE และการออกกำลังกายแบบ AE ยกเว้น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ที่การออกกำลังกายแบบ ACRE มีผลช่วยฟื้นฟูมากกว่าการออกกำลังกายแบบ AE และในทางกลับกันการออกกำลังกายแบบ AE มีผลช่วยเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของข้อเข่าและข้อเท้า มากกว่าการออกกำลังกายแบบ ACRE ดังนั้น ผู้ป่วย DF ควรเลือกวิธีการออกกำลังกายแบบ ACRE เพื่อฟื้นฟูความสามารถในการทรงตัวและปัจจัยที่มีผลต่อการทรงตัว โดยเฉพาะความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและอาจเพิ่มวิธีการออกกำลังกายแบบ AE ร่วมด้วย เพื่อเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของข้อเข่าและข้อเท้า

#### ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในอนาคตอาจดำเนินการในผู้ป่วยเบาหวานที่มีปัญหาด้านการทรงตัวหรือมีโรคร่วมอื่นที่มีผลต่อการทรงตัวและอาจขยายระยะเวลาการวิจัยให้มากขึ้นเพื่อเปรียบเทียบผลในระยะยาว รวมถึงการคำนวณน้ำหนักและปรับแรงต้านให้เหมาะสมตลอดช่วงการวิจัย

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนที่เลี้ยงงานวิจัยจากสภากายภาพบำบัด ประจำปี 2565 อาจารย์ที่เลี้ยงวิจัย อาสาสมัครงานวิจัยทุกท่าน ตลอดจนบุคลากรโรงพยาบาลชุมพวง จังหวัดนครราชสีมา ที่มีส่วนสนับสนุนงานวิจัยให้สำเร็จในครั้งนี้

#### เอกสารอ้างอิง

1. Saeedi P, Petersohn I, Salpea P, Malanda B, Karuranga S, Unwin N, et al. IDF Diabetes Atlas Committee. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res Clin Pract* 2019; 157: 107843.
2. Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, Ministry of Public Health [Internet]. [cited 2022 September 9]; Available from: [http://www.](http://www.thaincd.com/2016/mission/documents-detail.php?id=14220&tid=32&gid=1-020)

[thaincd.com/2016/mission/documents-detail.php?id=14220&tid=32&gid=1-020](http://www.thaincd.com/2016/mission/documents-detail.php?id=14220&tid=32&gid=1-020)

3. Ites KI, Anderson EJ, Cahill ML, Kearney JA, Post EC, Gilchrist LS. Balance interventions for diabetic peripheral neuropathy. *J Geriatr Phys Ther* 2011; 34(3): 109-16.
4. Van Schie CH. Neuropathy: mobility and quality of life. *Diabetes Metab Res Rev* 2008; 24(1): 45-51.
5. Kelly C, Fleischer A, Yalla S, Grewal GS, Albright R, Berns D, et al. Fear of falling is prevalent in older adults with diabetes mellitus but is unrelated to level of neuropathy. *J Am Podiatr Med Assoc* 2013; 103(6): 480-8.
6. Kanaley JA, Colberg SR, Corcoran MH, Malin SK, Rodriguez NR, Crespo CJ, et al. Exercise / Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc* 2022; 54(2): 353-68.
7. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes: The American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care* 2010; 33(12): 147-67.
8. Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, Riddell MC, Balah N, Malcolm J, et al. Resistance versus aerobic exercise: Acute effects on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes Care* 2013; 36(3): 537-42.
9. Diabetes Association of Thailand. Clinical Practice Guideline for Diabetes 2017 [Internet]. [cited 2022 December 12]; Available from: <https://w2.med.cmu.ac.th/nd/wp-content/uploads/2019/11/Dm60.pdf>
10. Borm GF, Fransen J, Lemmens WA. A simple sample size formula for analysis of covariance in randomized clinical trials. *J Clin Epidemiol* 2007; 60(12): 1234-8.
11. Chen SM, Shen FC, Chen JF, Chang WD, Chang NJ. Effects of Resistance Exercise on Glycated Hemoglobin and Functional Performance in Older Patients with Comorbid Diabetes Mellitus and Knee Osteoarthritis: A Randomized Trial. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 17(1): 224-36.

12. Podsiadlo D, Richardson S. The Timed "Up and Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991; 39(1): 142-8.
13. Whitney SL, Wrisley DM, Marchetti GF, Gee MA, Redfern MS, Furman JM. Clinical measurement of sit-to-stand performance in people with balance disorders: validity of data for the Five-Times-Sit-to-Stand Test. *Phys Ther* 2005; 85(10): 1034-45.
14. Aboyans V, Criqui MH, Abraham P, Allison MA, Creager MA, Diehm C, et al. Measurement and interpretation of the ankle-brachial index: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2012; 126(24): 2890-909.
15. Sauto BP, Kiatkulanusorn S, Luangpon N. The relationship between proprioception and Time up and Go test (TUG) results in elderly people. *BMJ* 2019; 6(2): 78-87.
16. Clarkson HM, Gail BG. *Musculoskeletal Assessment: Joint Range of Motion and Manual Muscle Strength*. Baltimore: Williams & Wilkins. 1989.
17. Giles L, Webster KE, McClelland J, Cook JL. Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomised trial. *J Sports Med* 2017; 51(23): 1688-94.
18. Toda N, Imamura T, Okamura T. Alteration of nitric oxide-mediated blood flow regulation in diabetes mellitus. *Pharmacol Ther* 2010; 127(3): 189-209.
19. Hamburg NM, Balady GJ. Exercise rehabilitation in peripheral artery disease: functional impact and mechanisms of benefits. *Circulation* 2011; 123(1): 87-97.
20. Mueller MJ, Tuttle LJ, Lemaster JW, Strube MJ, McGill JB, Hastings MK, et al. Weight-bearing versus nonweight-bearing exercise for persons with diabetes and peripheral neuropathy: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2013; 94(5): 829-38.
21. Misra A, Alappan NK, Vikram NK, Goel K, Gupta N, Mittal K, et al. Effect of supervised progressive resistance-exercise training protocol on insulin sensitivity, glycemia, lipids, and body composition in Asian Indians with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2008; 31(7): 1282-7.
22. Venkataraman K, Tai BC, Khoo EYH, Tavintharan S, Chandran K, Hwang SW, et al. Short-term strength and balance training does not improve quality of life but improves functional status in individuals with diabetic peripheral neuropathy: a randomised controlled trial. *Diabetologia* 2019; 62(12): 2200-10.
23. Donoghue OA, Savva GM, Börsch-Supan A, Kenny RA. Reliability, measurement error and minimum detectable change in mobility measures: a cohort study of community dwelling adults aged 50 years and over in Ireland. *BMJ Open* 2019; 9(11): e030475.