

ค่าจุดตัดที่เหมาะสมของการทดสอบด้วยการยกขาสูงสลับกัน 2 นาที เพื่อบ่งชี้การจำกัด
ความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลว: การศึกษานำร่อง

Optimal cut-off score of 2 minutes step test for indicating functional limitation in
heart failure patients: A Pilot Study

ปิยนุช เตโช

Piyanuch Techo

งานกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลสกลนคร

Department of Physical Therapy, Rehabilitation Division, Sakon Nakhon Hospital, Sakon Nakhon

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: การทดสอบเดิน 6 นาที (6-Minute Walk Test: 6MWT) นิยมใช้ประเมินความทนทานของหัวใจและหายใจเนื่องจากมีความเที่ยงและความตรงสูง แต่ยังมีข้อจำกัดบางประการ ดังนั้น การทดสอบยกขาสูงสลับกัน 2 นาที (TMST) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการทดสอบ หากแต่ยังไม่พบการศึกษาใดหาค่าจุดตัดของ TMST ในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลว

วัตถุประสงค์: หาค่าจุดตัดที่เหมาะสมของ TMST เพื่อบ่งชี้การจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลว

วิธีการวิจัย: ผู้ป่วยหัวใจล้มเหลว 33 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มด้วย 6MWT โดยใช้ระยะทาง 300 เมตร แบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มที่มีและไม่มีกการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม จากนั้นทำการทดสอบ TMST วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ROC เพื่อหาค่าจุดตัดของ TMST โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย: ผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม ($n = 12$) มีจำนวนครั้งเฉลี่ยของ TMST 59.92 ± 8.99 ครั้ง ขณะที่ผู้ที่ไม่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม ($n = 21$) มีค่าเฉลี่ย 82.48 ± 16.24 ครั้ง ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ค่าจุดตัดที่เหมาะสมของ TMST เพื่อบ่งชี้ข้อจำกัดการทำงานในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวเท่ากับ 66 ครั้ง โดยมีค่าความไวและความจำเพาะร้อยละ 81 และ 75 ตามลำดับ

สรุปผล: ผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่ทดสอบ TMST ได้น้อยกว่า 66 ครั้ง บ่งชี้ถึงความทนทานของหัวใจและหายใจ

ลดลง ซึ่งนำไปสู่การจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม

คำสำคัญ: หัวใจล้มเหลว 6MWT TMST การจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม ค่าจุดตัด

ABSTRACT

Background: The 6-Minute Walk Test (6MWT) is often used to assess cardiovascular endurance because of its high reliability and validity. But it has some limitations, so the 2 Minute Step Test (TMST) is another option for testing. However, no study has been found to determine the cut-off score of the TMST in heart failure patients.

Objective: To determine the cut-off score of the TMST as an indicator of functional limitation in heart failure patients.

Methods: Thirty-three heart failure patients were divided into two groups with the 6MWT using a distance of 300 meters, classified the groups with and without functional limitations. Then the TMST was tested. The data was analyzed using the Receiver Operator Characteristic (ROC) Curve to find the cut-off score of the TMST, with a statistical significance level set at $p < 0.05$.

Results: Heart failure patients with functional limitations ($n = 12$) had an average TMST of 59.92 ± 8.99 times, while those without functional limitations ($n = 21$) had an average of 82.48 ± 16.24

*Corresponding author: Piyanuch Techo. Department of Physical Therapy, Rehabilitation Division, Sakon Nakhon Hospital, Sakon Nakhon, Thailand. Email: mandiblepui@gmail.com

Received: 30 May 2023; Revised: 2 February 2024; Accepted: 6 March 2024

times, which was statistically significantly different at $p < 0.05$. The optimal cut-off score of the TMST to indicate functional limitations in heart failure patients was 66, with a sensitivity and specificity of 81% and 75%, respectively.

Conclusion: Heart failure patients with fewer than 66 times are indicated to have decreased cardiovascular endurance, leading to functional limitations.

Keywords: heart Failure, 6MWT, TMST, functional limitation, cut-off score

บทนำ

ภาวะหัวใจล้มเหลวเป็นกลุ่มอาการซึ่งมีสาเหตุมาจากความผิดปกติของการทำงานของหัวใจ อาจเกิดจากความผิดปกติของโครงสร้างหรือการทำงานของหัวใจ ส่งผลให้ไม่สามารถสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หรือไม่สามารถรับเลือดกลับเข้าสู่หัวใจได้ตามปกติ ผู้ป่วยมีอาการเหนื่อย อ่อนเพลีย ทั้งขณะพักหรือขณะออกกำลังกาย หรือมีอาการซึ่งเกิดจากการมีน้ำและเกลือคั่งในร่างกาย เช่นขาบวม มีน้ำในเยื่อหุ้มปอดหรือช่องท้อง¹ จากภาวะดังกล่าวส่งผลให้ผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวมีความสามารถในการทำกิจกรรม ความทนทานในการออกกำลังกายลดลง จำกัดความสามารถในการประกอบอาชีพ² เพิ่มความเสี่ยงในภาวะที่พึ่งพิงสูญเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเพิ่มขึ้น และส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยในที่สุด³ ภาวะหัวใจล้มเหลวยังคงเป็นปัญหาสำคัญทางระบบสาธารณสุขทั่วโลกถึงแม้ว่าในปัจจุบันการรักษาจะพัฒนาและมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าความชุกและอัตราการตายยังอยู่ในระดับสูง ในปี พ.ศ. 2560 ทั่วโลกมีผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวประมาณ 64.3 ล้านคน และมีแนวโน้มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง³ เช่นเดียวกับประเทศไทย ข้อมูลจาก Thai Acute Decompensated Heart Failure Registry ระบุว่าอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยในอยู่ที่

5.5% และมีอัตราการเสียชีวิตของภาวะหัวใจล้มเหลวอยู่ที่ 10% ต่อปี¹ สำหรับข้อมูลความชุกยังไม่ชัดเจน แต่แนวโน้มมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากองค์ความรู้ทางการแพทย์ในการรักษาผู้ป่วยหัวใจและหลอดเลือดในระยะเฉียบพลันพัฒนาขึ้นเป็นอย่างมากทำให้ผู้เสียชีวิตน้อยลง¹ ด้วยเหตุนี้การรักษาแบบองค์รวมจากสหสาขาวิชาชีพ^{4,5} จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น⁶

สำหรับการประเมินความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่นิยมใช้ทางคลินิกคือการทดสอบการเดินทางราบเป็นเวลา 6 นาที (6 Minute Walk Test; 6MWT) เนื่องจากเป็นการประเมินที่มีความเที่ยงและความตรงอยู่ในระดับสูง⁷ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานคือ การทดสอบการออกกำลังกายบนลู่วิ่งหรือจักรยาน (exercise testing) การทดสอบ 6MWT เป็นการทดสอบการออกกำลังกายในระดับที่ต่ำกว่าความสามารถสูงสุด (submaximal exercise test) ซึ่งเป็นระดับความหนักที่ใกล้เคียงกับระดับกิจกรรมที่ทำในชีวิตประจำวัน สำหรับผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวได้มีรายงานว่าระยะทางในการทดสอบ 6MWT มีความสัมพันธ์ผกผันกันระดับน้อยถึงปานกลางกับระดับความสามารถในการทำกิจกรรม NYHA Functional class โดยที่ผู้ป่วยหัวใจล้มเหลว Functional class I-II มีระยะทาง 6MWD ประมาณ 400 เมตร, Functional class III มีระยะทาง 6 MWD ประมาณ 320 เมตร, Functional class IV มีระยะทาง 6MWD ประมาณ 225 เมตร⁸ และจากการศึกษาของ Matsumoto K และคณะกล่าวว่าผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่มีระยะทาง 6MWD น้อยกว่าหรือเท่ากับ 300 เมตรจะบ่งชี้ว่ามีการพยากรณ์โรคต่ำ (poor prognosis) ระยะทาง 6MWD น้อยกว่า 200 เมตร มีอาการคงที่ มีความเสี่ยงต่อการเสียชีวิต⁹ นอกจากนี้ Pollentier B และคณะ¹⁰ พบว่าผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวเรื้อรังที่มีการเดินทดสอบมี 6MWD น้อยกว่า 300 เมตร มีความสัมพันธ์กับค่า VO_2 ที่ลดลงอย่างชัดเจน ในทางคลินิก จึงนิยมใช้ระยะทางจากการเดินทดสอบ 6 นาที

น้อยกว่า 300 เมตร ถือว่ามีการพยากรณ์โรคที่แย่ง ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงใช้ระยะทางจากการเดินทดสอบ 6 นาทีที่ 300 เมตร เป็นระยะที่บ่งชี้ว่าอาสาสมัครมีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม 6MWT เป็นวิธีการทดสอบที่ง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบน้อย อย่างไรก็ตาม การทดสอบ 6MWT มีข้อจำกัดบางประการ เช่น สถานที่ในการทดสอบต้องใช้ทางราบเป็นระยะทางอย่างน้อยเมตร 15¹¹ ระยะทางในการเดินขึ้นกับปัจจัยอื่น เช่น เสี่ยงเร็ว เสี่ยงกระตุ้น ประสบการณ์ในการทดสอบ ส่วนสูง เพศ⁸ และจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผู้สูงอายุจะเดินช้าลงเมื่อใช้ระยะเวลาในการทดสอบนานขึ้น² เป็นต้น ดังนั้นการทดสอบด้วยการยกขาสูงสลับกัน 2 นาที (2 minutes step test; TMST) จึงเป็นการทดสอบทางคลินิกอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาทดสอบความทนทานของหัวใจและระบบหายใจในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่มีข้อจำกัดในการทดสอบ 6MWT

การทดสอบ TMST เป็นการทดสอบ sub maximal exercise test ที่ง่าย ใช้อุปกรณ์ในการทดสอบและระยะเวลาสั้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนหรือทางคลินิกซึ่งมีพื้นที่จำกัด¹² จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า TMST เป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการประเมินความทนทานของหัวใจและระบบหายใจในผู้สูงอายุมีค่าความตรงอยู่ระดับสูง (ICC= 0.90)¹³ จากการทบทวนวรรณกรรมได้มีการศึกษาของ Haas และคณะได้ทำการศึกษาในผู้ป่วยใน ผู้ป่วยนอก และผู้ที่สุขภาพดีที่มารับการฟื้นฟูหัวใจและปอดพบว่าจำนวนครั้งในการทดสอบ TMST มีความสัมพันธ์ระดับสูงกับระยะทางในการทดสอบ 6MWT ($r = 0.93$, $p < 0.001$)¹⁴ และมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง TMST และ 6MWT ในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีความดันโลหิตสูงพบว่าทดสอบ TMST มีความสัมพันธ์ระดับปานกลางกับ 6MWT ($r = 0.721$; $p < 0.001$)¹⁵ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยของชีพจร ความเข้มข้นของออกซิเจนระดับความเหนื่อย และความดันโลหิตของอาสาสมัคร

ขณะทำการทดสอบ 6MWT และ TMST ไม่แตกต่างกัน¹⁴ สำหรับประเทศไทยมีการนำ TMST มาใช้ประเมินความทนทานของหัวใจและระบบหายใจ ในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง พบว่าหากเพศชายทำได้น้อยกว่า 73 ครั้ง และเพศหญิงทำได้น้อยกว่า 63 ครั้ง ถือว่าความทนทานของระบบหัวใจและระบบหายใจต่ำมาก¹⁵ สำหรับผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวยังไม่มีการศึกษาหาค่าจุดตัดของ TMST แต่มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความบกพร่องทางการรับรู้และความสามารถในการทำกิจกรรมที่ลดลงในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวพบว่าจำนวนครั้งเฉลี่ยในการยกขาสูงสลับกัน 2 นาทีแบ่งตามเพศชายและหญิง อยู่ที่ 60.85 ครั้ง และ 55.79 ครั้ง ตามลำดับ¹⁶

ถึงแม้ 6MWT เป็นการทดสอบทางคลินิกที่นิยมใช้เพื่อทดสอบความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลว แต่อย่างไรก็ตามยังพบข้อจำกัดบางประการในการนำไปใช้ทดสอบผู้ป่วยได้ ดังนั้น การทดสอบด้วยการยกขาสูงสลับกัน 2 นาที (TMST) จึงเป็นการทดสอบทางเลือกในการทดสอบในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่มีข้อจำกัดในการทดสอบ 6MWT จากการทบทวนวรรณกรรมไม่พบการรายงานค่าจุดตัดของการทดสอบ TMST เพื่อประเมินความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลว วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อหาค่าจุดตัดที่เหมาะสมของการทดสอบการยกขาสูงสลับกัน 2 นาที เพื่อบ่งชี้การจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลว โดยมีสมมติฐานว่าค่าจุดตัดของการทดสอบการยกขาสูงสลับกัน 2 นาที สามารถบ่งชี้การจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวได้

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง ทำการศึกษาในผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นหัวใจล้มเหลว ที่มารักษาในคลินิกหัวใจล้มเหลว โรงพยาบาลสกลนคร ทั้งหมด 33 คน ศึกษาข้อมูลตั้งแต่ กุมภาพันธ์ 2566 ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2566 การศึกษานี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการ

จริยธรรมวิจัยเกี่ยวกับมนุษย์ โรงพยาบาลสกลนคร
เลขที่โครงการวิจัย SKNHREC No. 033/2565

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง คำนวณได้จาก
สูตรดังต่อไปนี้

$$n = \frac{n_0 \times 100}{\text{อัตราความชุกของโรค}}$$

$$n_0 = \frac{Z^2 \alpha_2 p(1-p)}{e^2}$$

n = ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

n_0 = จำนวนผู้ที่เป็นโรคในกรณีที่ต้องการหาค่าความไว

p = ค่าความไวของการทดสอบ

e = precision of estimation ค่าความผิดพลาดที่ยอม
ให้แตกต่างจากค่าจริงได้

อาสาสมัครถูกทดสอบด้วย TMST เพื่อ
ประเมินความสามารถในการทำกิจกรรม (functional
capacity) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าสำหรับ
ประเทศไทย อัตราความชุกของผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวยังมี
ข้อมูลไม่ชัดเจน แต่ในสหรัฐอเมริกามีความชุกประมาณ
ร้อยละ 46^{17,18} ค่าความไวของการทดสอบ TMST คือ
ร้อยละ 81.13¹⁵ ค่าความผิดพลาดของการสุ่มตัวอย่างที่
ยอมให้เกิดขึ้นเท่ากับ 0.05 ดังนั้น Z_{α_2} เท่ากับ 1.96 และ
ค่าความผิดพลาดที่ยอมให้แตกต่างจากค่าจริงได้ 20%
(e) เท่ากับ 0.2

$$n_0 = \frac{Z^2 \alpha_2 p(1-p)}{e^2}$$

$$= \frac{(1.96)^2 \times 0.81(1-0.81)}{(0.2)^2}$$

$$= \frac{3.8416 \times 0.1539}{0.04} = 14.78$$

$$n = \frac{14.78 \times 100}{46} = 32.13$$

จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ได้ มีค่า
power of test (กำลังการทดสอบ) เท่ากับ 80 % แต่
อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยก่อนหน้านี้¹⁵ มีขนาดกลุ่ม
ตัวอย่างเท่ากับ 97 คน และเนื่องจากการศึกษานี้เป็น

การศึกษานำร่อง ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมที่ใช้ใน
การศึกษาคั้งนี้คือ 33 คน

โดยมีเกณฑ์การคัดเข้า ดังนี้ 1) อาสาสมัครใน
การศึกษานี้เป็นผู้ที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็น
หัวใจล้มเหลวทั้งเพศชายและหญิง เป็นผู้ป่วยในคลินิก
หัวใจล้มเหลว โรงพยาบาลสกลนคร 2) อยู่ใน NYHA
Functional Class I-III และ 3) สามารถเข้าใจและปฏิบัติตาม
คำสั่งได้อย่างถูกต้อง และอาสาสมัครทุกรายที่
สนใจเข้าร่วมการศึกษาคั้งนี้ได้ลงนามในเอกสารชี้แจง
และหนังสือยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย โดยมีเกณฑ์การคัด
ออก ดังนี้ 1) เมื่อมีข้อห้ามในการออกกำลังกาย ได้แก่
1.1) คลื่นไฟฟ้าหัวใจแสดงถึงภาวะการมีกล้ามเนื้อหัวใจ
ขาดเลือด 1.2) มีอาการแสดงถึงภาวะหัวใจขาดเลือด
1.3) มีอาการเจ็บหน้าอกไม่คงที่ 1.4) มีภาวะหัวใจเต้น
ผิดจังหวะที่ควบคุมไม่ได้ 1.5) มีอาการแสดงของภาวะ
ลิ่มหัวใจเอออดิกตีบ 1.6) มีภาวะหัวใจล้มเหลวมาก่อน
และอาการแย่งลง 1.7) มีภาวะลิ้นเลือดอุดตันในหลอดเลือด
แดงปอดฉับพลันหรือการตายของเนื้อเยื่อปอด ซ
1.8) มีอาการผิดปกติภายหลังจากการออกกำลังกายที่
ไม่มีสาเหตุจากโรคหัวใจ 1.9) มีภาวะกล้ามเนื้อหัวใจ
หรือเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบฉับพลัน 1.10) มีภาวะหลอดเลือด
ดำอักเสบฉับพลัน 2) มีความดันโลหิตขณะพัก
มากกว่า 160/100 mmHg หรือชีพจรขณะพักมากกว่า
120 bpm 3) มีอาการปวดทางระบบกระดูกและ
กล้ามเนื้อ ระดับความเจ็บปวดมากกว่า 5/10 4) มีแผลที่
บริเวณฝ่าเท้าไม่สามารถลงน้ำหนักยืนหรือเดินได้ 5) มี
ประวัติการล้มภายใน 6 เดือนที่ผ่านมา 6) มีการผ่าตัด
ข้อเข่าหรือข้อสะโพกภายใน 6 เดือนที่ผ่านมา และ 7)
ได้รับยาทางจิตเวชซึ่งส่งผลต่อการรับรู้และการทรงตัว

ขั้นตอนการวิจัย

การศึกษานี้ครั้งนี้ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลโดย
แบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่ 1 ประชาสัมพันธ์และคัด
กรองอาสาสมัคร ผู้วิจัยประชาสัมพันธ์และแจ้ง
รายละเอียดขั้นตอนวิธีการ ให้กับผู้ป่วยที่เข้ามารับการ
รักษาที่คลินิกหัวใจล้มเหลว ชักประวัติ และคัดกรอง

ผู้ป่วยตามเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออก และอาสาสมัครลงนามในเอกสารชี้แจงและเอกสารยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย ช่วงที่ 2 การเก็บข้อมูล ได้แก่ ก่อนการทดสอบ ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลอายุ เพศ และ Functional Class อาสาสมัครจะได้รับการตรวจประเมินตรวจประเมินสัญญาณชีพ ได้แก่ ความดันโลหิต ชีพจร ค่าความอิ่มตัวออกซิเจนในเลือด ระดับความเหนื่อย โดยข้อมูลจะบันทึกลงในแบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ จากนั้นทำการทดสอบ 6MWT โดยการเดินทางราบเป็นระยะเวลา 6 นาที (รูปที่ 1) เพื่อความปลอดภัยก่อนทำการทดสอบ ผู้ถูกทดสอบจะต้องไม่มีข้อห้ามในการออกกำลังกาย และในขณะการทดสอบหากมีอาการเจ็บแน่นหน้าอก เหนื่อยจนไม่สามารถทนได้ ตะคริว หรืออาการอื่นใดที่ทำให้รู้สึกไม่สบายต้องหยุดทำการทดสอบทันที โดยขั้นตอนในการทดสอบ ผู้ทดสอบจะทำการตรวจประเมินสัญญาณชีพ ได้แก่ ความดันโลหิต ชีพจร ค่าความอิ่มตัวออกซิเจนในเลือด ระดับความเหนื่อยก่อนการทดสอบ เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณ “เริ่ม” ผู้ถูกทดสอบจะเดินให้ได้ระยะทางมากที่สุด แต่ห้ามวิ่ง เดินวนไปกลับรอบกรวยจราจรที่วางห่างกัน 15 เมตร¹¹ เมื่อครบเวลา 6 นาที ผู้ทดสอบคำนวณระยะทางทั้งหมดที่เดินได้ใน 6 นาที (6 minute walk distance; 6MWD) และตรวจประเมินสัญญาณชีพหลังการทดสอบทันที⁶ บันทึกระยะทางที่สามารถเดินได้ใน 6 นาที หน่วยเป็นเมตร (m.) อาสาสมัครถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่มโดยที่ผู้ที่มีระยะทางจากการทดสอบ 6 MWT น้อยกว่า 300 เมตรจัดอยู่ในกลุ่มที่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม และผู้ที่มีระยะทางจากการทดสอบ 6 MWT มากกว่า 300 เมตรจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม อาสาสมัครพักกายหลังการทดสอบ 6 MWT เป็นเวลา 5 นาที หรือจนกว่าสัญญาณชีพจะเป็นปกติหรือใกล้เคียงก่อนการทดสอบ ไม่มีอาการหอบ เหนื่อย หรืออาการผิดปกติใดๆ เช่น หน้ามืด ใจสั่น เจ็บแน่นหน้าอก เป็นต้น^{19,20} จากนั้นทำการทดสอบ TMST (รูปที่ 2) อาสาสมัครได้รับการตรวจประเมินตรวจประเมิน

สัญญาณชีพ ได้แก่ ความดันโลหิต ชีพจร ค่าความอิ่มตัวออกซิเจนในเลือด ระดับความเหนื่อยก่อนการทดสอบ บันทึกลงในแบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ ผู้ทดสอบใส่เข็มขัดคาดเอวให้อาสาสมัครก่อนเริ่มทำการทดสอบ TMST ระหว่างการทดสอบผู้ทดสอบยืนอยู่ใกล้กับอาสาสมัครเพื่อความปลอดภัยและไม่กีดขวางการทดสอบ โดยที่ผู้ทดสอบจะทำการหาระดับความสูงของการยกเข้าของอาสาสมัครในแต่ละราย โดยวัดจากจุดกึ่งกลางระหว่างขอบบนของกระดูกสะบ้า ถึงขอบบนกระดูกสะโพก และใช้เทปติดผนังหรือกำแพงเป็นเครื่องหมายไว้ อาสาสมัครยืนตัวตรง กางขาเท่ากับความกว้างของไหล่ เมื่อผู้ทดสอบให้สัญญาณว่า “เริ่ม” ให้อาสาสมัครเริ่มยกขาสูงอยู่กับที่ได้จำนวนครั้งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในเวลา 2 นาที ผู้ทดสอบจะทำการกดนับจำนวนครั้งเมื่อยกขาครบ 2 ข้างซ้าย-ขวานับเป็น 1 ครั้ง ถ้ายกเข้าไม่ถึงเป้าหมายสามารถยกขาช้าลงหรือหยุดพักโดยไม่มีกรหยุดเวลา ในขณะการทดสอบหากมีอาการเจ็บแน่นหน้าอก เหนื่อยจนไม่สามารถทนได้ ตะคริว ปวดขาหรืออาการอื่นใดที่ทำให้รู้สึกไม่สบายต้องหยุดทำการทดสอบทันที เมื่อสิ้นสุดการทดสอบครบเวลา 2 นาทีบันทึกจำนวนการยกขาต่อกันที่สามารถทำได้และทำการวัดสัญญาณชีพอีกครั้ง^{15,21} จึงถือว่าสิ้นสุดการเก็บข้อมูลทุกขั้นตอน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษานี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS นำเสนอข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean $\pm$ SD) ใช้สถิติ independent T-test เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะของอาสาสมัคร และผลการทดสอบ TMST ระหว่างผู้ที่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมและผู้ที่ไม่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม ใช้สถิติ Receiver Operator Characteristic (ROC) curve เพื่อหาความไว (sensitivity) และ ความจำเพาะ (specificity) และพื้นที่ใต้กราฟ area under the curve; AUC และหาค่าจุดตัด

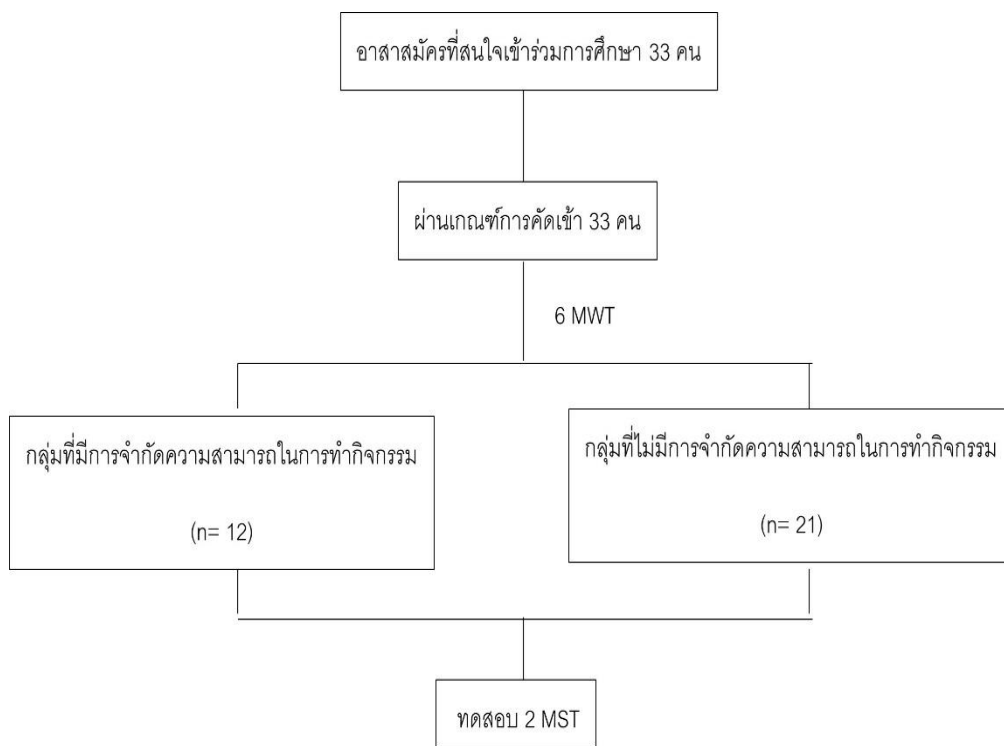
ที่เหมาะสม (Optimal cut-off score) ของ TMST โดย
กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$



รูปที่ 1 แสดงรูปแบบการเดินทดสอบ 6MWT



รูปที่ 2 แสดงรูปแบบการทดสอบ TMST



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ผลการวิจัย

คุณลักษณะพื้นฐานของกลุ่มอาสาสมัคร

อาสาสมัครที่สนใจเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้เป็นผู้ที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวที่รักษาในคลินิกหัวใจล้มเหลว โรงพยาบาลสกลนครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าทั้งหมด 33 คน (รูปที่ 3) อายุเฉลี่ย 54.61 ± 11.30 ปี เป็น

เพศชาย 7 คน คิดเป็นร้อยละ 21.2 และเพศหญิง 26 คน คิดเป็นร้อยละ 78.8 (ตารางที่ 1) โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม 12 คน อายุเฉลี่ย 60.17 ± 7.03 ปี และกลุ่มไม่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม 21 คน อายุเฉลี่ย 51.43 ± 12.16 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะของอาสาสมัครผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่มีและไม่มีการจำกัดความสามารถทางกาย (n = 33)

ตัวแปร	Mean $\pm$ SD	Min – Max
เพศ (n,%)		
ชาย	(7, 21.2)	
หญิง	(26, 78.8)	
NYHA (n,%)		
Functional Class I	(3, 9.1)	
Functional Class II	(28, 84.8)	
Functional Class III	(2, 6.1)	
อายุ (ปี)	54.61 ± 11.30	21 – 65
SBP _(pre) (mmHg)	120.09 ± 18.42	88 – 158
DBP _(pre) (mmHg)	75.09 ± 14.13	50 -103
HR _(pre) (bpm)	70.97 ± 11.35	51 – 95
RPE _(pre)	8.21 ± 1.32	6 – 11
SpO _{2(pre)} (%)	99.27 ± 1.04	96 - 100
6MWD (เมตร)	345.61 ± 100.01	120 - 530
TMST (ครั้ง)	74.21 ± 17.72	42 - 112

หมายเหตุ: * มีอำนาจในการทำนายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$ โดยใช้สถิติ independent T-test, NYHA=New York Heart Association, SBP=Systolic Blood Pressure, DBP=Diastolic Blood Pressure, mmHg= Millimeters of Mercury, HR=Heart Rate, RPE=Rate Perceived on Exertion, SpO₂= arterial oxygen saturation, 6MWD= 6-minute walk distance, TMST; Two Minutes Step Test.

จากการศึกษาพบว่าผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม มีค่าเฉลี่ยระยะทางการเดินทดสอบ 6 นาที (6MWD) เท่ากับ 242.17 ± 57.59 เมตร และจำนวนครั้งเฉลี่ยในการยกขาสูงสลับกัน 2 นาที (TMST) จำนวน 59.92 ± 8.99 ครั้ง ในขณะที่ผู้ที่ไม่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมมีระยะทางการเดินทดสอบ 6 นาที (6MWD) เท่ากับ 404.71 ± 63.94 เมตร และจำนวนครั้งในการยก

ขาสูงสลับกัน 2 นาที (TMST) จำนวน 82.48 ± 16.24 ครั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ซึ่งแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้ จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่ากลุ่มที่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมมีอายุเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มที่ไม่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ และจากการศึกษาพบว่าความดันโลหิตหัวใจบีบตัว (SBP) ของการทดสอบยืนย่ำเท้า 2 นาที

เพิ่มมากขึ้นหลังการทดสอบ (Δ SBP) ของผู้ที่ไม่มีการมี
การจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมสูงกว่ากลุ่มที่

มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 2

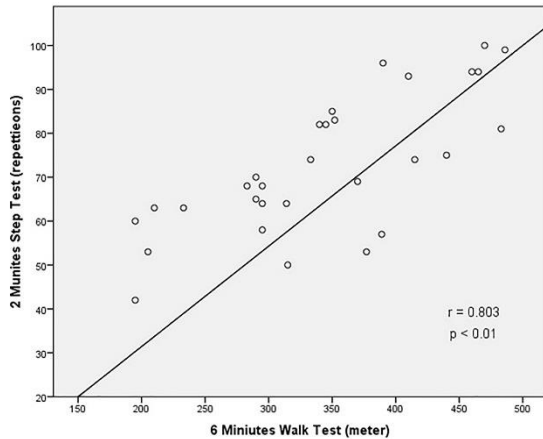
ตารางที่ 2 แสดงคุณลักษณะและผลการทดสอบของอาสาสมัครระหว่างผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่มีการจำกัดความสามารถ
ทางกายและผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่ไม่มีการจำกัดความสามารถทางกาย (n = 33)

ตัวแปร	ผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่มีการ จำกัดความสามารถทางกาย (n=12) Mean $\pm$ SD	ผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่ไม่มีการ จำกัดความสามารถทางกาย (n=21) Mean $\pm$ SD	p- value
เพศ (n,%)			
ชาย	(3, 25.0)	(4, 19.0)	0.687
หญิง	(9, 75.0)	(17, 81.0)	
อายุ (ปี)	60.17 $\pm$ 7.03	51.43 $\pm$ 12.16	0.014*
6MWD (เมตร)	242.17 $\pm$ 57.59	404.71 $\pm$ 63.94	0.001*
TMST (ครั้ง)	59.92 $\pm$ 8.99	82.48 $\pm$ 16.24	0.001*
SBP _(pre)	128.92 $\pm$ 17.62	115.05 $\pm$ 17.28	0.35
SBP _(post)	130.75 $\pm$ 18.17	128.57 $\pm$ 18.15	0.74
DBP _(pre)	70.33 $\pm$ 14.99	77.81 $\pm$ 13.19	0.15
DBP _(post)	68.25 $\pm$ 13.14	77.38 $\pm$ 15.16	0.81
HR _(pre)	72.25 $\pm$ 15.72	70.24 $\pm$ 8.29	0.69
HR _(post)	85.67 $\pm$ 23.24	93.29 $\pm$ 15.56	0.33
RPE _(pre)	8.58 $\pm$ 1.17	8.00 $\pm$ 1.38	0.21
RPE _(post)	11.83 $\pm$ 1.40	11.38 $\pm$ 2.09	0.61
SpO ₂ (pre)	99.33 $\pm$ 0.89	99.24 $\pm$ 1.14	0.81
SpO ₂ (post)	99.58 $\pm$ 0.79	99.29 $\pm$ 1.06	0.33
Δ SBP _(mmHg)	1.08 $\pm$ 9.39	13.52 $\pm$ 10.90	0.003*
Δ DBP _(mmHg)	2.08 $\pm$ 9.59	0.43 $\pm$ 8.72	0.62
Δ HR _(bpm)	13.42 $\pm$ 15.19	23.05 $\pm$ 12.26	0.06
Δ RPE	3.25 $\pm$ 1.71	3.38 $\pm$ 2.06	0.85
Δ SpO ₂ (%)	0.25 $\pm$ 0.62	0.05 $\pm$ 0.22	0.29

หมายเหตุ: * มีอำนาจในการทำนายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$ โดยใช้สถิติ independent T-test, SBP=Systolic Blood Pressure, DBP=Diastolic Blood Pressure, mmHg= Millimeters of Mercury, HR=Heart Rate, bpm= beats per minutes, RPE=Rate Perceived on Exertion, SpO₂= arterial oxygen saturation, 6MWD= 6-minute walk distance, TMST; Two Minutes Step Test, Δ : ผลต่างของสัญญาณชีพระหว่างก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบ TMST.

ความสัมพันธ์ของการทดสอบ TMST และ 6MWT

การศึกษานี้ได้หาความสัมพันธ์ของการทดสอบ TMST กับ การทดสอบมาตรฐาน (6MWT) พบว่าการทดสอบทั้งสองมีความสัมพันธ์กันระดับมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.803, p < 0.01$) ดังแสดงในรูปที่ 4



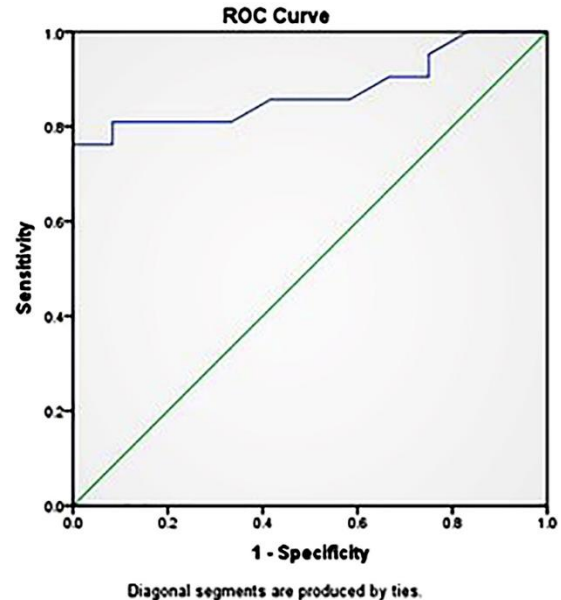
รูปที่ 4 แสดงสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของการทดสอบระหว่าง TMST และ 6MWT

ค่าจุดตัดของการทดสอบ TMST

จากวัตถุประสงค์ของการศึกษาผู้วิจัยต้องการหาจุดตัดที่เหมาะสมของ TMST เพื่อป้องกันการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลว โดยใช้สถิติ Receiver Operator Characteristic (ROC) curve เพื่อหาความไว (sensitivity) และ ความจำเพาะ (specificity) และพื้นที่ใต้กราฟ area under the curve; AUC และหาจุดตัดที่เหมาะสม (Cut-off score) ของ TMST โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ พบว่าพื้นที่ใต้กราฟ area under the curve; AUC อยู่ที่ 0.875 ซึ่งอยู่ในระดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 4 โดยค่าจุดตัดที่เหมาะสมของการทดสอบ TMST ในการป้องกันการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวคือ 66 ครั้ง ซึ่งมีค่าความไว (Sensitivity) และความจำเพาะ (Specificity) เท่ากับ ร้อยละ 81 และ 75 ตามลำดับ ดังรูปที่ 5 และ ตารางที่ 3

บทวิจารณ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาจุดตัดที่เหมาะสมของการทดสอบการยกขาสูงสลับกัน 2 นาที (TMST) เพื่อป้องกันการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยหัวใจล้มเหลว ผลการศึกษาพบว่า การทดสอบ TMST มีค่าจุดตัดที่เหมาะสมคือน้อยกว่า 66



ครั้ง ซึ่งมีค่าความไว (Sensitivity) ร้อยละ 81 และรูปที่ 5 แสดงพื้นที่ใต้กราฟ area under the curve; AUC ระหว่างความไวและความจำเพาะของการทดสอบ 2 TMST

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ใต้กราฟ ROC ของการทดสอบ TMST

เครื่องมือ	Cut off (ครั้ง)	AUC	95%CI of AUC
TMST	≤ 66	0.875	0.754-0.996

หมายเหตุ: ROC = สถิติ Receiver Operator Characteristic (ROC) curve เพื่อหาความไวและความจำเพาะและพื้นที่ใต้กราฟ AUC= Area under the curve และหาจุดตัดที่เหมาะสม, TMST=Two Minutes Step Test.

ความจำเพาะ (Specificity) ร้อยละ 75 พื้นที่ใต้กราฟ 0.875 (95%CI = 0.75-0.99) และการทดสอบ TMST มีความสัมพันธ์กันระดับมากกับการทดสอบ 6MWT อย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.803, p < 0.01$) กล่าวคือ หากผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวทำการทดสอบยขาสูงสลับก้นใน 2 นาทีได้จำนวนครั้งน้อยกว่า 66 ครั้ง บ่งชี้ถึงความทนทานของหัวใจและระบบหายใจลดลง เป็นผู้ที่มีการจำกัดความสามารถในการทำกิจกรรม

การทดสอบ TMST เป็นการทดสอบเพื่อประเมินความทนทานของหัวใจและระบบหายใจในผู้ป่วยระบบหัวใจและทรวงอกเพื่อประเมินความสามารถในการทำกิจกรรม (functional capacity) เป็นที่นิยมนำมาใช้เนื่องจากมีอุปกรณ์ในการทดสอบไม่มาก ระยะเวลาในการทดสอบน้อย สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนหรือทางคลินิกซึ่งมีพื้นที่จำกัดสำหรับประเทศไทยมีการนำ TMST มาใช้ประเมินความทนทานของหัวใจและระบบหายใจ ในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง พบว่าค่ามาตรฐานจำนวนยขาสูงสลับก้นใน 2 นาทีสำหรับผู้สูงอายุไทย หากเพศชายทำได้น้อยกว่า 73 ครั้ง และเพศหญิงทำได้น้อยกว่า 63 ครั้งถือว่าความทนทานของระบบหัวใจและระบบหายใจต่ำมาก¹⁵ การศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าจุดตัดของการทดสอบ TMST มีค่าจุดตัดที่เหมาะสมคือ 66 ครั้ง ซึ่งมีจำนวนครั้งในการทดสอบมากกว่าการศึกษาที่ผ่านมาของ Guede และคณะได้ทำการศึกษาในผู้สูงอายุที่มีความดันโลหิตสูงที่มีภาวะโรคเรื้อรังพบว่าค่าจุดตัดของการทดสอบ TMST ในการบ่งชี้ว่ามีความสามารถในการทำกิจกรรมอยู่ในระดับปกติเท่ากับ 65 ครั้ง โดยมีความไวและความจำเพาะ 80 % และ 50 % ตามลำดับ²² และการศึกษาของศรีทะวงษ์ และคณะได้กล่าวว่าค่าจุดตัดที่เหมาะสมของการทดสอบ TMST ในการทำนายความทนทานของหัวใจและระบบหายใจในผู้สูงอายุที่มีความดันโลหิตสูงคือ 60 ครั้ง¹⁵ นอกจากนี้จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าค่าจุดตัดที่เหมาะสมของ TMST ในผู้ป่วยเบาหวานที่บ่งชี้ว่ามีความทนทานของและระบบหายใจลดลงเท่ากับ 61 ครั้ง²³ ถึงแม้ว่าผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวจะมีภาวะโรคทางระบบหลอดเลือดและหัวใจซึ่งส่งผลต่อความทนทานของหัวใจและระบบหายใจมากกว่าการศึกษาข้างต้น แต่จาก

การศึกษานี้พบว่าค่าจุดตัดของการทดสอบ TMST มากกว่าอาจมีสาเหตุมาจากอาสาสมัครของการศึกษานี้มีอายุเฉลี่ยน้อยกว่าและจำนวนอาสาสมัครร้อยละ 84.8 อยู่ NYHA ระดับ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการทำกิจกรรมประจำวันได้

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าอาสาสมัครที่มีการจำกัดความสามารถทางกายสามารถยขาสูงสลับก้น 2 นาที (TMST) ได้จำนวนครั้งน้อยกว่าผู้ที่ไม่มีการจำกัดความสามารถทางกายได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบเดินทางราบ 6 นาที (6MWT) ซึ่งนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มอาสาสมัคร แสดงให้เห็นได้ว่าการทดสอบขาสูงสลับก้น 2 นาที (TMST) สามารถแบ่งกลุ่มผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวที่มีความสามารถในการทำกิจกรรมที่แตกต่างกันได้ ซึ่งการที่กลุ่มที่ยกขาสูงสลับก้น 2 นาทีได้จำนวนครั้งน้อยกว่าอาจมีปัจจัยจากอายุที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อการทำงานของสมรรถภาพหัวใจและปอด โครงสร้างพื้นฐาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อความสามารถในการทรงตัวลดลง เป็นต้น²⁴ นอกจากนี้ผลการศึกษานี้พบว่าระยะทางการทดสอบ 6MWT และ TMST ของทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่กลุ่มที่ไม่มีการจำกัดความสามารถทางกายมีระยะทางการเดิน 6MWT และจำนวนครั้งการทดสอบ TMST มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลของการเปลี่ยนแปลงของ SBP หลังการทดสอบมากกว่าอีกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากขณะออกกำลังกายจะมีการเพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจเพิ่มมากขึ้น²⁵

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการ การศึกษาครั้งนี้ไม่มีการเก็บข้อมูลด้านการรักษาทางยาได้แก่ Beta Blocker ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเต้นของหัวใจภายหลังจากการทดสอบ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้ผลการศึกษาในครั้งนี้ค่าเฉลี่ยของชีพจรของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองหลังจากการทดสอบ 6MWT และ TMST ไม่ต่างกัน และการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้เก็บข้อมูลระยะเวลาที่ได้รับการวินิจฉัยภาวะหัวใจล้มเหลวและค่าแรงบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย (LVEF) จึงไม่

สามารถวิเคราะห์ปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการทดสอบ TMST ในผู้ที่มีภาวะหัวใจล้มเหลว เนื่องจากการศึกษาค้างนี้เป็นการศึกษานำร่อง ดังนั้นในอนาคตควรเพิ่มจำนวนของขนาดตัวอย่างเพื่อให้เป็นตัวแทนของกลุ่มประชากร

สรุปผลการวิจัย

การทดสอบยืนยกขาสูงสลับกัน 2 นาที (TMST) เป็นการทดสอบเพื่อประเมินความทนทานของหัวใจและระบบหายใจในผู้ป่วยระบบหัวใจและทรวงอก ผู้ป่วยโรคหัวใจล้มเหลวที่ทดสอบ TMST ได้น้อยกว่า 66 ครั้งมีความเสี่ยงต่อความทนทานของหัวใจและระบบหายใจต่ำ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนหรือทางคลินิกซึ่งมีพื้นที่จำกัด เนื่องจากมีอุปกรณ์ในการทดสอบไม่มาก ระยะเวลาในการทดสอบน้อย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาสาสมัครทุกท่าน บุคลากรทางการแพทย์ในคลินิกหัวใจล้มเหลว และนักกายภาพบำบัด โรงพยาบาลสกลนครที่ช่วยให้การเก็บข้อมูลการศึกษาค้างนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Thai Heart Failure Guideline 2019. The Heart Association of Thailand. page 10, 2019. (in Thai)
2. Faggiano P, D'Aloia A, Gualeni A, Brentana L and Cas L. The 6 minute walking test in chronic heart failure: indication, interpretation and limitations from a review literature. Eur J Heart Fail. 2004;6:687-91.
3. Bragazzi N L, Zhong W, Shu J, Much A, Lotan D, Avishay Grupper, et al. Burden of heart failure and underlying causes in 195 countries and territories from 1990 to 2017. Eur J Prev Cardiol. 2020;1:1-9.

4. McDonagh T A, Metra M, Adamo M, Gardner R S, Baumbach A, Böhm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: Developed by the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. Eur Heart J. 2021;42:3599-726.
5. Long L, Mordi IR, Bridges C, Sagar VA, Davies EJ, Coats AJS, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for adults with Heart failure. Cochrane Database Syst Rev. 2019;1:127-29.
6. Taylor R S, Walker S, Smart N A, Piepoli M F, Warren F C, Cian O, et al. Impact of exercise rehabilitation on exercise capacity and quality of life in heart failure: individual participant meta-analysis. J Am Coll Cardiol. 2019;73(12): 1430-43.
7. Bregmhans D D, Lenssen A F, Bastiaenen C H, Ilhan M, Lencer N H and Roos G M. Reliability, agreement, and responsiveness of a 6-minute walk/run test in patients with heart disease. Eur J Prev Cardiol. 2013;20(1):135-41.
8. Giannitsi S, Bougiakli M, Bechlioulis A, Kotsia A, Michalis L K and Naka K K. 6-minute walking test: a useful tool in the management of heart failure patients. Ther Adv Cardiovasc Dis. 2019;13:1-10.
9. Matsumoto K, Xiao Y, Homma S, Thompson J, Buchsbaum R, et al. Prognostic of 6 min walk test distance in patients with systolic heart failure: insight from the WARCEF trial. ESC Heart Failure. 2021;8:819-28.

10. Pollentier B, Irons S, Benedetto C, DiBenedetto A, Loton D, Seyler R, et al. Examination of the six minute walk test to determine functional capacity in people with chronic heart failure: A systematic review. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2010;1(1):13-21.
11. ATS Committee on proficiency standard for clinical pulmonary functional laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166:111-17.
12. Bohannon R W, Crouch R H. Two-minute step test of exercise capacity: Systematic review of procedures, performance, and clinimetric properties. *J Geriatr Phys Ther*. 2019;42(2):105-12.
13. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Act*. 1999;7:129-61.
14. Hass F, Sweeney G, Pierre A, Plusch T, and Whiteson J. Validation of a 2 minute step test for assessing functional improvement. *Open J Ther Rehabil*. 2017;5:71-81.
15. Srithawong A, Poncumhuk P, Sungkamanee S, Manoy P and Boonla O. The optimal cut-off score of the 2-minute step test for prediction of cardiopulmonary endurance in older adults with hypertension. *SRIMEDJ*. 2019;34: 161- 8. (in Thai)
16. Alosco ML, Spitznagel MB, Raz N, Cohen R, Sweet L, Colbert L, et al. The 2-minute step test is independently associated with cognitive function in older adults with heart failure. *Aging Clin Exp Res*. 2012;24(5):468-74.
17. Ariyachaipanich A, Krittayaphong R, Kunjara Na Ayudhya R, Yingchoncharoen T, Buakhamsri A, Suvachittanont N. Heart Failure Council of Thailand (HFCT) 2019 Heart Failure Guideline: Guideline Development. *J Med Assoc Thai*. 2019;102:231-9.
18. Tankumpuan T, Asano R, Koirala B, Dennison-Himmelfarb C, Sindhu S, Davidson P M. Heart failure and social determinants of health in Thailand: An integrative review. *Heliyon*. 2019;1:1-8.
19. Michael S, Graham K, Jay O, Davis G. Higher exercise intensity delays postexercise recovery of impedance-derived cardiac sympathetic activity. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2017;1(1):1-7.
20. Dupuy A, Birat A, Maurelli O, Garnier Y M, Blazeovich A, Rance M, et al. Post exercise heart rate recovery and parasympathetic reactivation are comparable between prepubertal boys and well-trained adult male endurance athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2022;122(2):345-55.
21. Jones CJ and Rikli RE. Measuring functional fitness of older adult. *The Journal on Active Aging*. 2002;1:24-30.
22. Guedes M, Lopes J, Andrade A, Guedes D, Ribeiro J, Cortez L. Validation of the two minutes step test for diagnosis of the functional capacity of hypertensive elderly persons. *Rev Bras Geriatr Gerontol*. 2015;18(4):921-6.
23. Srithawong A, Poncumhak P, Manoy P, Kumfu S, n Promsrisuk T, Praserts P, et al. The optimal cutoff score of the 2- min step test and its association with physical fitness in type 2 diabetes mellitus *J Exerc Rehabil*. 2022;18(3):214-21.

24.Silva NA, Menezes TNd. Functional capacity and its association with age and sex in an elderly population. Braz J Kinesiol Hum Perform. 2014;16:359-70.

25.Nishiyama Y, Morita H, Harada H, Kato A, Adachi H, Koga Y, et al. Systolic blood pressure response to exercise as a predictor of mortality in patients with chronic heart failure. Int Heart J. 2010;51:111-5.