

## การศึกษาระดับความหนักเบาของการออกกำลังกายแบบ แกว่งแขนขณะนั่งและยืนในคนปกติ

อภิชนา เสียงลี้อชา, พ.บ.\*, ภัทรารุช อินทรกำแหง, พ.บ., ว.ว. เวชศาสตร์ฟื้นฟู\*,  
ณอมศักดิ์ เสนาคำ, วท.บ.\*\*

\* กองเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

\*\*ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

### ABSTRACT

The intensity levels of the synchronous arm swinging exercise in sitting and standing positions: a study in healthy subjects

Siengluecha A\*, Intarakamhang P\*,  
Senakham T\*\*

\* Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Pramongkutklao Hospital; \*\* Department of Sport Science, Srinakharinviroj University.

**Objectives:** To determine cardiovascular intensity of synchronous arm swinging exercise

**Study design:** Descriptive analytical study

**Setting:** Cardiac-Rehabilitation clinic

**Subjects:** Twenty four healthy volunteers (age 20-30 years; 12 men and 12 women) without shoulder pain or limited range of motion.

**Intervention:** Each subject performed sub-maximal arm-crank graded exercise test to determine maximal oxygen consumption ( $VO_2$ max) ( $32.5 \pm 7.1$  ml/kg/min) and then performed 6 order steady-state synchronous arm swinging bouts including 40, 50, 60 rpm in sitting and standing positions. Each test lasted 6 min and was separated by a 5 min rest. Heart rate,

blood pressure,  $VO_2$ max and rate of perceived exertion (RPE) were recorded.

**Results:** The absolute intensities (metabolic equivalent time, MET) of different bouts of exercise (sit 40 rpm, stand 40 rpm, sit 50 rpm, stand 50 rpm, sit 60 rpm, and stand 60 rpm) were  $1.52 \pm 0.24$ ,  $1.46 \pm 0.26$ ,  $1.52 \pm 0.27$ ,  $1.47 \pm 0.26$ ,  $1.72 \pm 0.39$ ,  $1.55 \pm 0.30$  METs respectively. The relative intensities in the term of %  $VO_2$ max were  $16.08 \pm 2.91\%$  -  $19.12 \pm 5.39\%$ ; of % maximal heart rates (%HR max) were  $44.83 \pm 10.13\%$  -  $47.99 \pm 6.67\%$  and of % heart rate reserve (% HR reserve) were  $7.54 \pm 10.33\%$  -  $13.52 \pm 10.95\%$ . The perceptual responses in the term of RPE were  $7.50 \pm 0.88$  -  $8.50 \pm 1.98$ .

**Conclusion:** These results suggested that the intensity level of synchronous arm swinging exercise was 1.4-1.9 METs, classified as very light intensity by absolute intensity (MET), and as very light to light intensity by relative intensity and RPE report. Therefore, the arm swinging exercise may be beneficial and safe for patients with cardiac disease and those having problem with leg exercise.

**Key words:** exercise, arm swinging, intensity level

J Thai Rehabil Med 2008; 18(3): 90-97

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาระดับความหนักเบาของการแกว่งแขนขณะนั่งและยืนใน

คนปกติ จากอัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการใช้ออกซิเจน

**รูปแบบการวิจัย:** การวิจัยเชิงพรรณนา  
**สถานที่ทำการวิจัย:** คลินิกฟื้นฟูหัวใจ  
กองเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาล  
พระมงกุฎเกล้า

**กลุ่มประชากร:** ผู้มีสุขภาพดี อายุ 20-30  
ปี จำนวน 24 คน เป็นชาย 12 คน หญิง  
12 คน

**วิธีการศึกษา:** ปั่นจักรยานแขนหา  
 $VO_2$ max ( $32.5 \pm 7.1$  มล./กก./นาที)  
จากนั้นแกว่งแขนขณะนั่งและยืน 40, 50,  
60 รอบ/นาที ช่วงหนึ่งใช้เวลา 6 นาที พัก  
ระหว่างออกกำลังกายแต่ละช่วง 5 นาที  
บันทึกความดันโลหิต ชีพจร อัตราการใช้ออกซิเจน และระดับความเหนื่อย

**ผลการศึกษา:** ความหนักเบาเรียงตามลำดับ ทำนั่ง/ทำยืน 40 รอบ/นาที, ทำนั่ง/ทำยืน 50 รอบ/นาที, ทำนั่ง/ทำยืน 60 รอบ/นาที ค่าเฉลี่ยความหนักเบาแท้ (MET) เท่ากับ  $1.52 \pm 0.24$ ,  $1.46 \pm 0.26$ ,  $1.52 \pm 0.27$ ,  $1.47 \pm 0.26$ ,  $1.72 \pm 0.39$ ,  $1.55 \pm 0.30$  METs ตามลำดับ; %  $VO_2$ max เท่ากับ  $16.08 \pm 2.91$  -  $19.12 \pm 5.39$ ; % HR max เท่ากับ  $44.83 \pm 10.13$  -  $47.99 \pm 6.67$ ; % HR reserve เท่ากับ  $7.54 \pm 10.33$  -  $13.52 \pm 10.95$  และ RPE เท่ากับ  $7.50 \pm 0.88$  -  $8.50 \pm 1.98$

**สรุป:** การแกว่งแขนขณะนั่งและยืนที่มีความถี่ 40, 50, 60 รอบ/นาที จัดเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิคที่มีความหนักเบาอยู่ในระดับเบาเมื่อพิจารณาจากความหนักเบาแท้ (1.4-1.9 METs) และ

**Correspondence to:** Dr. Apichaya Siengluecha. Current address: Sirindhorn National Medical Rehabilitation Center, Nonthaburi, Thailand.

E-mail : apichaya117@hotmail.com

เป็นระดับเบาจนถึงเบาเมื่อพิจารณาจากความหนักเบาสัมพัทธ์และ RPE ดังนั้นการออกกำลังกายแบบนี้จึงอาจเหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคหัวใจและผู้ที่ไม่สามารถออกกำลังกายด้วยขา

**คำสำคัญ:** การออกกำลังกาย, การแกว่งแขน, ระดับความหนักเบา

เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร 2551; 18(3): 90-97

## บทนำ

การออกกำลังกายแบบแอโรบิคมีลักษณะการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อใหญ่ของแขนขาลำตัวเป็นจังหวะต่อเนื่อง ด้วยความหนักเบาและเวลาที่มากพอ จึงกระตุ้นให้มีการปรับตัว เพิ่มประสิทธิภาพของระบบหัวใจและระบบไหลเวียนเลือดได้ ช่วยลดปัจจัยเสี่ยงโรคหลอดเลือดหัวใจ การออกกำลังกายที่นิยมคือ การเดินและการวิ่ง ซึ่งเป็นการใช้ ขา เป็นหลัก<sup>(1)</sup> ผู้ที่มีข้อจำกัดบางอย่างที่ทำให้ออกกำลังกายเป็นหลักไม่ได้ เช่นระยะพักฟื้นบนเตียง ผู้สูงอายุที่เสี่ยงต่อการล้ม ข้อเข่าเสื่อม กระดูกสันหลังกดทับจากประสาททำให้เดินได้ไม่ไกลและไม่นาน มีแผลที่เท้า หลอดเลือดที่ขาอุดตัน ผู้พิการขาสองข้าง เป็นต้น คนเหล่านี้มีความจำเป็นต้องออกกำลังกายเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนจากการนอนนาน ขาดการเคลื่อนไหว (deconditioning) เพื่อลดความเครียด ความวิตกกังวล ภาวะซึมเศร้า และเพิ่มประสิทธิภาพของร่างกายโดยรวม

Zwierska และคณะ (ค.ศ. 2006) รายงานว่าการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานแขนมีประโยชน์ต่อการรักษาและฟื้นฟูการทำงานของระบบหัวใจและหายใจ ให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดส่วนปลายอุดตันอย่างรุนแรงได้ โดยปกติอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดสำหรับการออกกำลังกายแบบแอโรบิคด้วยแขนเป็นร้อยละ 70 ของการออกกำลังกายด้วยขาแต่สัดส่วนการใช้ออกซิเจนของการปั่นจักรยานแขนต่อการปั่นจักรยานขาสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญใน

กลุ่มผู้ป่วยหลอดเลือดส่วนปลายอุดตันคือเพิ่มเป็นร้อยละ 94 แม้ในผู้ป่วยที่มีภาวะอุดตันอย่างรุนแรงที่จำกัดความสามารถเดินอย่างมากแต่ผู้ป่วยจำนวนน้อยมากมีอาการขณะออกกำลังกายแบบแอโรบิคของแขน<sup>(2)</sup> แต่คนไทยไม่นิยมการปั่นจักรยานแขน อาจเป็นเพราะอุปกรณ์มีราคาแพง จึงมีอีกทางเลือกหนึ่งคือ การแกว่งแขน (arm swinging exercise) ซึ่งเป็นการออกกำลังกายแบบพลีโอเมตริก (plyometric) มีการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อกลุ่มตามและกลุ่มด้านเป็นจังหวะอย่างรวดเร็วทำให้กล้ามเนื้อยืดหยุ่นดีและได้แรงมากกว่าปกติ ได้ประโยชน์ทั้งเสริมสร้างความแข็งแรงและเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิค

อย่างไรก็ตาม การแนะนำและเฝ้าระวังให้ผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหัวใจออกกำลังกายอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยมีความสำคัญและควรออกกำลังกายที่ระดับต่ำถึงปานกลางคือ ประมาณร้อยละ 50-85 ของประสิทธิภาพสูงสุดหรืออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังนั้นแพทย์ต้องรู้ระดับความหนักเบาของโปรแกรมออกกำลังกายและกิจกรรมที่แนะนำให้แก่ผู้ป่วยเพื่อความปลอดภัยและให้เกิดประสิทธิภาพ

เนื่องจากยังไม่เคยมีการศึกษาการตอบสนองของร่างกายคือ อัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาณการใช้ออกซิเจนและความรู้สึกเหนื่อย ต่อการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนมาก่อน ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาเพื่อหาระดับความหนักเบาของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนในกลุ่มคนปกติทั้งทำนองและทำเย็น

## วิธีการศึกษา

### กลุ่มประชากร

#### เกณฑ์การคัดเลือก

- อายุ 20-30 ปี
- สุขภาพดี ไม่มีโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคหลอดเลือด
- ไม่มีโรคหรือรับประทานยาที่ทำให้มีอัตราการเต้นของหัวใจเปลี่ยนแปลง

ไป เช่น โรคต่อมไทรอยด์เป็นพิษ

- ไม่มีอาการปวดไหล่หรือข้อไหล่ติด
- สมัครใจเข้าร่วมวิจัย

#### เกณฑ์การคัดออก

- มีโรคประจำตัวหรืออยู่ระหว่างป่วย
- หรือรับประทานยาที่อาจมีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจเช่น anti-arrhythmic drug, antihypertensive drug เป็นต้น
- ปวดไหล่
- ข้อไหล่ติด
- มีประวัติการบาดเจ็บที่ไหล่

## วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่อง FitMate<sup>(3)</sup> เพื่อใช้วัดอัตราการเต้นของชีพจร (heart rate, HR) และวัดอัตราการใช้ออกซิเจนจากลมหายใจ
2. เครื่อง metronome ใช้เป็นเครื่องให้จังหวะการแกว่งแขน โดยปรับให้คงที่ (40, 50 หรือ 60 ครั้ง/นาที) ตลอดการออกกำลังกาย และบันทึกเสียงจังหวะลงแผ่นบันทึกเสียง
3. เครื่อง Lode ergometer ใช้ปั่นจักรยานแขน หาความสามารถสูงสุดของร่างกายในการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกายเต็มที่ (VO<sub>2</sub> max) ใช้ต่อกับเครื่อง work load program (Load meter digital 0-400 watt, r.p.m. meter: analogous, 0-90 rpm)
4. เครื่องวัดความดันโลหิตจะใช้เครื่องวัดความดันโลหิตอัตโนมัติ Terumo รุ่น ES-P110 (วัดความดันได้ภายใน 26 วินาที, accuracy ± 4 mmHg)
5. เครื่องวัดชีพจรต่อเนื่องตลอดเวลาจะใช้ Sport Tester (Sport Tester Polar Vantage N, Polar Electro, Finland) โดยเครื่องจะรัดอยู่ที่หน้าอกของ subject ตลอดเวลา และมีสายต่อหน้าสัญญาณเข้าเครื่อง FitMate<sup>(3)</sup>
6. เครื่องมือ Lange skinfold caliper ใช้วัดความหนาของชั้นไขมันใต้ผิวหนัง โดยคน ๆ เดียวซึ่งได้ฝึกใช้เครื่อง

มือจนมีความชำนาญก่อนเริ่มเก็บข้อมูล โดยอาศัยหลักการของ Durnin and Womersley วัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังด้านขวาของผู้เข้ารับการทดสอบทุกคน เพราะคนทั่วไปถนัดมือขวา และสะดวกในการปฏิบัติ วัด 4 ตำแหน่งคือ biceps, triceps, subscapular และ supra-iliac โดยทุกคนยืนในท่าสบาย ผู้วัดใช้มือขวาถือ skinfold caliper และใช้มือซ้ายจับไขมันใต้ผิวหนังโดยไม่ให้กล้ามเนื้อติดมาด้วย ทั้งไประยะระหว่างนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ห่างกันประมาณ 1 นิ้ว ขณะวัดให้ปลายของเครื่อง skinfold caliper ห่างจากนิ้วมือซ้ายประมาณ 1 ซม.และอ่านหลังจากปล่อยให้เครื่องมือกดบนผิวหนังประมาณ 2 วินาที แต่ละตำแหน่งถูกวัด 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย นำค่าเฉลี่ยของแต่ละตำแหน่งมารวมกันแล้วไปเทียบหาค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันจากตาราง<sup>(4,5,6)</sup>

7. เครื่องจับเวลา (electronic timer) ที่สามารถแสดงค่าเวลาเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่งของวินาทีได้
8. ขณะแ่งวงแขน ผู้ถูกทดสอบดูเวลาจากวิทยุเทป ซึ่งสามารถแสดงเวลาเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่งของวินาทีตั้งแต่เริ่มเปิดเทปบันทึกเสียงจังหวะ

### ขั้นตอนการวิจัย

1. เลือกกลุ่มประชากรที่ทำการศึกษาและลงนามยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย
2. ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ได้รับคำแนะนำว่าห้ามอดนอน ห้ามออกกำลังกายหนักก่อนการทดลองอย่างน้อย 24 ชม. และห้ามดื่มเครื่องดื่มที่มีสารคาเฟอีน หรือใช้สารนิโคตินก่อนการทดลองอย่างน้อย 3 ชม.
3. ชักประวัติ ตรวจร่างกาย บันทึกน้ำหนัก ส่วนสูง อายุ เพศ ค่าความหนาของชั้นไขมัน

4. Exercise test: ปั่นจักรยานด้วยแขนถึงระดับร้อยละ 80 ของระดับสูงสุดที่ร่างกายใช้พลังงานแบบแอโรบิค (maximum aerobic power) เพื่อหา  $VO_{2max}$ 
  - หลังจากปั่นจักรยานด้วยแขนแบบ submaximum แล้วให้พักอย่างน้อย 24 ชม. ก่อนทำการทดลองจริง
  - การออกกำลังกายแบบ sub-maximum หาระดับสูงสุดที่เป็นแอโรบิคคือ ใช้การปั่นจักรยาน 60 รอบ/นาที warm-up ที่ 0 watt เป็นเวลา 3 นาที เริ่มใส่ work load แรก 30 วัตต์ และเพิ่ม 10 watt/นาที หยุดเมื่อ HR เท่ากับร้อยละ 80 ของ HRmax (คิดจาก 220-อายุ)<sup>(7,8,9)</sup> จากนั้นทำการหาค่า  $VO_{2Max}$  ด้วยการประมาณจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการใช้ออกซิเจน
  - การทำ exercise test แบบ sub-maximum ได้ดัดแปลงมาจากการศึกษาของ Grange และคณะ<sup>(10,11,12)</sup>

5. Arm swing test: ชักข้ออมกรแ่งวงแขน ขึ้นตอนการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลตอบสนอง
  - ใช้แ่งวงแขนแบบจับคือแ่งวง 2 ข้างพร้อมกัน 1 รอบคือ การแ่งวงไปและกลับมามาตำแหน่งเดิม เพื่อป้องกันการเกิดอันตรายต่อข้อไหล่จึงใช้ทำยืนแบบทหาร ไหล่ตรงไปข้างหลังเล็กน้อย ยึดหน้าออกมาด้านหน้า ไม่ห่อไหล่หรือค้อมหลัง แ่งวงแขนขึ้น ไปตามจังหวะที่ได้ยินโดยแ่งวงไม่สูงกว่าระดับไหล่ แขนขนานลำตัวมืออยู่ตรงกลางระหว่างท่าคว่ำมือและหงายมือ นิ้วหัวแม่มือชี้ขึ้นเพดาน ส่วนพ่า่นั้น นิ่งไม่พิ่งพนัก

- ใช้จังหวะการแ่งวง ที่อยู่ในช่วงที่กำลังสบาย สามารถแ่งวงได้โดยไม่เกิดการบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อรอบข้อไหล่ และแ่งวงจังหวะขึ้นเล็กน้อย คือ 40, 50, 60 รอบต่อ นาที (50 รอบเป็นจังหวะทั่วไปที่มีการนำไปใช้สำหรับการปั่นจักรยานแขนเพื่อให้เกิดการออกกำลังแบบแอโรบิคในการทดลองอื่น ๆ)
  - บันทึกค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นของชีพจร ขณะพัก
  - เริ่มแ่งวงแขนขณะยืนและนั่งตามจังหวะ เริ่มแ่งวงที่ 40 รอบ/นาที จนครบ 6 นาที พัก 5 นาที จากนั้นแ่งวงต่อด้วยจังหวะ 50 และ 60 รอบ/นาที ลำดับการแ่งวงแขนถูกสุ่มให้ผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนทำโดยแ่งวงจังหวะละ 6 นาทีสลับกับการพัก 5 นาที
  - วัดค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นของชีพจรวัดอัตราการใช้ออกซิเจนในลมหายใจโดยใช้เครื่องมือ วิเคราะห์ก๊าซในลมหายใจ และสอบถามความรู้สึกเหนื่อยขณะออกกำลังกาย (rating of perceived exertion, RPE) อิง Borg's scale<sup>(13)</sup>: 6-20 scale (ดูตารางที่ 1)
  - ทันทีหลังจากแ่งวงแขนครบแต่ละ 6 นาที และสอบถามอาการบาดเจ็บหลังเสร็จการทดลอง
  - ใส่ข้อมูลในเครื่อง FitMate และนำข้อมูลจากเครื่อง FitMate มาใส่แบบบันทึกเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติและประกอบการสรุปผลการวิจัยต่อไป
6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ใช้โปรแกรม SPSS for Windows (SPSS UK Ltd, Woking, UK) โดย
    - วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

Borg's scale	Relative intensity			Absolute intensity METs (age)				
	RPE	%VO <sub>2</sub> max (%)	%HR reserve	%HRmax (%)	Young (20- 39)	Middle (40- 64)	Old (65-79)	Very old (80+)
Very light (<10)	<25	<20	<35	<35	<2.4	<2	<1.6	<1
Light (10-11)	24-44	20-39	35-54	35-54	2.4-4.7	2.0-3.9	1.6-3.1	1.1-1.9
Moderate (12-13)	45-59	40-59	55-69	55-69	4.8-7.1	4.0-5.9	3.2-4.7	2.0-2.9
Hard (14-16)	60-84	60-84	70-89	70-89	7.2-10.1	6.0-8.4	4.8-6.7	3-4.25
Very hard (17-19)	≥85	≥85	≥90	≥90	≥10.2	≥8.5	≥6.8	≥4.25
Maximum (20)	100	100	100	100	12	10	8	5

ตารางที่ 1 ระดับความรู้สึกเหนื่อยขณะออกกำลังกาย (rating of perceived exertion, RPE) ถึง Borg's scale<sup>(13)</sup>: 6-20 scale

- Repeated measurement เพื่อทดสอบความแตกต่างของข้อมูลมากกว่า 2 ชุด คือ การแกว่งแขนในแต่ละความถี่ (40, 50, 60 รอบ/นาที) ในแต่ละตัวแปร (intensity outcome) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ  $p < 0.05$
- Paired t-test ทดสอบความแตกต่างข้อมูลเป็นคู่ คือ ระหว่างทำนั่งและทำยืน ในแต่ละตัวแปรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ  $p < 0.05$

หมายเหตุ การศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาเห็นชอบให้ดำเนินการได้โดยคณะกรรมการจริยธรรมโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

### ผลการศึกษา

การศึกษานี้ มีจำนวนผู้เข้าร่วมการวิจัย 24 คน เป็นชาย 12 คน และหญิง 12 คน อายุเฉลี่ยเท่ากับ  $22.7 \pm 2.2$  ปี น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ  $63.13 \pm 10.76$  กก. ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ  $165.08 \pm 7.53$  ซม. ดัชนีมวลกายเฉลี่ยเท่ากับ  $23 \pm 3.37$ , ร้อยละของไขมันเฉลี่ยคือ ร้อยละ  $27.26 \pm 6.30$  และจาก submaximum exercise test ค่าเฉลี่ย estimated VO<sub>2</sub>max คือ  $32.54 \pm 7.14$  มล./กก./นาที และค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR max) จากการคำนวณคือ  $197.3 \pm 2.20$  ครั้ง/

นาที อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเฉลี่ยเท่ากับ  $77.83 \pm 12.33$  ครั้ง/นาที ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวเฉลี่ยเท่ากับ  $111.58 \pm 13.46$  ครั้ง/นาที และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวเท่ากับ  $74.79 \pm 9.71$  ครั้ง/นาที

จากการทดลองแกว่งแขนที่ความถี่ 40, 50, 60 รอบ/นาที ในทำนั่งและทำยืน ได้ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของชีพจร (mean rising HR) ความดันขณะหัวใจบีบตัว (SBP) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (DBP) ค่าเฉลี่ยอัตราการใช้ออกซิเจน (VO<sub>2</sub>) (มล./กก./นาที) ค่าเฉลี่ยระดับความรู้สึกเหนื่อย (RPE) ดังแสดงในตารางที่ 2

จากการเปรียบเทียบพบว่าชีพจรเพิ่มขึ้นในทำยืนเพิ่มขึ้นมากกว่าทำนั่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.00$ ) ที่จังหวะ 40 รอบ/นาที (ตารางที่ 4)

ส่วนความแตกต่างของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างการแกว่งแขนที่ความถี่ต่าง ๆ (ตารางที่ 5) นั้นพบว่าค่าความหนักเบาแท้ (MET) ในกลุ่มทำนั่ง 40, 50, 60 รอบ/นาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p = 0.004$ ) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มทำยืน ( $p = 0.159$ ) ส่วนความหนักเบาสัมพัทธ์ (%VO<sub>2</sub>max, %HRmax, %HR reserve) พบว่า %VO<sub>2</sub>max ในกลุ่มทำนั่ง 40, 50, 60 รอบ/นาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

( $p = 0.005$ ) ส่วนตัวแปรอื่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และความรู้สึกเหนื่อยนั้นพบว่า ในกลุ่มทำยืน 40, 50, 60 รอบ/นาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p = 0.028$ ) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในกลุ่มทำนั่ง ( $p = 0.062$ )

ด้านความแตกต่างของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างทำนั่งและทำยืน (ตารางที่ 5) พบว่า ค่าความหนักเบาแท้ (MET) ในกลุ่ม 60 รอบ/นาที ทำนั่งมากกว่าทำยืนอย่างมีนัยสำคัญ ( $p = 0.00$ ) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในกลุ่ม 40 และ 50 รอบ/นาที ส่วนความหนักเบาสัมพัทธ์ (%VO<sub>2</sub>max, %HRmax, %HR reserve) พบว่า ในกลุ่ม 60 รอบ/นาที %VO<sub>2</sub>max ทำนั่งมากกว่าทำยืนอย่างมีนัยสำคัญ ( $p = 0.00$ ) %HRmax และ %HR reserve กลุ่ม 40 รอบ/นาที ทำยืนมากกว่าทำนั่งอย่างมีนัยสำคัญ ( $p = 0.00, p = 0.01$  ตามลำดับ) ในทั้งสองกลุ่ม ส่วนตัวแปรที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทำนั่งและทำยืน ได้แก่ %VO<sub>2</sub>max ในกลุ่ม 40 และ 50 รอบ/นาที %HRmax และ %HR reserve ในกลุ่ม 50 และ 60 รอบ/นาที ส่วนของความรู้สึกเหนื่อยพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทำนั่งและทำยืนในทุกความถี่

ท่าขณะ ออกกำลังกาย	รอบ/ นาที	Mean rising HR (ครั้ง/นาที)	Mean SBP change (มม.ปรอท)	Mean DBP change (มม.ปรอท)	Mean VO <sub>2</sub> (มล./กก./นาที)	Mean RPE
นั่ง	40	11.25±10.64	-0.79±11.36	4.79±10.25	5.31±0.86	7.50±0.88
ยืน	40	14.83±12.51	1.71±10.95	4.58±9.76	5.12±0.92	7.67±1.40
นั่ง	50	12.38±12.78	-2.04±10.47	2.08±8.72	5.33±0.94	8.00±1.56
ยืน	50	14.29±12.54	-0.96±10.08	5.58±11.73	5.14±0.90	8.33±1.74
นั่ง	60	10.58±25.66	-1.17±9.39	0.13±8.09	6.01±1.36	8.42±1.90
ยืน	60	16.83±15.42	1.67±10.59	3.29±11.34	5.41±1.04	8.50±1.98

**ตารางที่ 2** แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของชีพจร (risingHR = exerciseHR – restingHR) ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBPchange = exerciseSBP – restingSBP) และขณะหัวใจคลายตัว (DBPchange = exerciseDBP – restingDBP) ค่าเฉลี่ยการใช้ออกซิเจน VO<sub>2</sub> (มล./กก./นาที) และค่าเฉลี่ย RPE (โดย 7=ไม่เหนื่อย 9=เหนื่อยน้อย)

ท่าขณะออกกำลังกาย		Absolute intensity	Relative intensity (% of maximum value)		
กำลังกาย	รอบ/นาที	MET(METs)	VO <sub>2</sub> (%)	HR (%)	HR reserve (%)
นั่ง	40	1.52±0.24	16.81±3.56	45.17±4.21	8.88±6.84
ยืน	40	1.46±0.26	16.08±2.91	46.99±5.64	11.96±8.29
นั่ง	50	1.52±0.27	16.84±3.47	45.75±5.39	9.82±9.05
ยืน	50	1.47±0.26	16.28±3.28	46.71±4.83	11.37±7.99
นั่ง	60	1.72±0.39	19.12±5.39	44.83±10.13	7.54±10.33
ยืน	60	1.55±0.30	17.18±3.97	47.99±6.67	13.52±10.95

**ตารางที่ 3** แสดงความหนักเบาแท้ (METs) และความหนักเบาสัมพัทธ์

MET = ค่าเฉลี่ยค่าเสมอกันของเมทาบอลิซึม, %VO<sub>2</sub> Max = ร้อยละของความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของร่างกายขณะออกกำลังกายเต็มที่, %HRmax = ร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด, %HRreserve = ร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดสำรอง (exerciseHR-restingHR)\*100/(HRmax-restingHR)

จังหวะ การแกว่งแขน	ค่าเฉลี่ยชีพจรที่เพิ่มขึ้น (ครั้งต่อนาที) ± ค่าความเบี่ยงเบน			p-value
	นั่ง	ยืน		
40 รอบ/นาที	11.25±10.64	14.83±12.51		0.00*
50 รอบ/นาที	12.38±12.78	14.29±12.54		0.22
60 รอบ/นาที	10.58±25.66	16.83±15.42		0.23

**ตารางที่ 4** แสดงการวิเคราะห์ค่าชีพจรที่เพิ่มขึ้นระหว่างทำนั่งและทำยืนในแต่ละความถี่

\* = มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



MET(METs)	อัตราการแกว่งแขน(รอบ/นาที)			p-value
	40	50	60	
นั่ง	1.52±0.24	1.52±0.27	1.72±0.39	0.004*
ยืน	1.46±0.26	1.47±0.26	1.55±0.30	0.159
P	0.25	0.18	0.00*	
%VO <sub>2</sub> Max (ร้อยละ)	อัตราการแกว่งแขน(รอบ/นาที)			p-value
	40	50	60	
นั่ง	16.81±3.56	16.84±3.47	19.12±5.39	0.005*
ยืน	16.08±2.91	16.28±3.28	17.18±3.97	0.105
P	0.20	0.19	0.00*	
%HR max (ร้อยละ)	อัตราการแกว่งแขน(รอบ/นาที)			p-value
	40	50	60	
นั่ง	45.17±4.21	45.75±5.39	44.83±10.13	0.690
ยืน	46.99±5.64	46.71±4.83	47.99±6.67	0.610
P-value	0.00*	0.23	0.23	
%HR reserve (ร้อยละ)	อัตราการแกว่งแขน(รอบ/นาที)			p-value
	40	50	60	
นั่ง	8.88±6.84	9.82±9.05	7.54±10.33	0.122
ยืน	11.96±8.29	11.37±7.99	13.52±10.95	0.503
P-value	0.01*	0.13	0.44	
RPE	อัตราการแกว่งแขน(รอบ/นาที)			p-value
	40	50	60	
นั่ง	7.50±0.88	8.00±1.56	8.42±1.90	0.062
ยืน	7.67±1.40	8.33±1.74	8.50±1.98	0.028*
P-value	0.57	0.10	0.75	

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างการแกว่งแขนที่ความถี่ 40, 50, 60 รอบ/นาที และระหว่างทำนั่งและทำยืน (\*=มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ)

## บทวิจารณ์

คลินิกฟื้นฟูหัวใจ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ได้ใช้การออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนร่วมเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการฟื้นฟูหัวใจมานานแล้ว ทั้งในระยะต้นของการฟื้นฟูผู้ป่วยหัวใจในโรงพยาบาล และแนะนำเป็นการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอที่บ้านเนื่องจากการออกกำลังกายที่สะดวกและปลอดภัย แต่ไม่เคยทราบระดับความหนักเบาที่แน่นอนของการแกว่งแขนนี้

การศึกษาของ Pimental NA และคณะ ได้ศึกษาการตอบสนองของร่างกาย

ต่อการออกกำลังกายโดยใช้การปั่นจักรยานด้วยแขน พบว่ามีอัตราการเต้นของหัวใจจากการปั่นจักรยานด้วยแขนต่ำกว่าการปั่นจักรยานด้วยขา แต่ ventilatory equivalent ของออกซิเจนจากการปั่นจักรยานด้วยแขนสูงกว่า และพบว่าการพิจารณาการตอบสนองของการออกกำลังกายด้วยแขนโดยดูจากอัตราการเต้นของหัวใจเพียงอย่างเดียวอาจไม่แม่นยำพอเพื่อบอกระดับความหนักเบา<sup>(14)</sup> การศึกษานี้จึงรายงานระดับความหนักเบาทั้งอัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาณการใช้ออกซิเจน และความรู้สึกเหนื่อยที่เกิดจากการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน

การศึกษานี้ได้ทำการหาค่าสูงสุดของการใช้ออกซิเจนจากการคำนวณจากการปั่นจักรยานด้วยแขน ร้อยละ 80 ของค่าสูงสุด (submaximal exercise test) ซึ่งปกติแล้วค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นค่าที่น่าเชื่อถือและยอมรับได้ แต่ข้อที่อาจทำให้เกิดความเบี่ยงเบนคือวิธีการออกกำลังกายดังเช่นหลังจากการออกกำลังกายแอโรบิคสูงสุดจากการปั่นจักรยานด้วยขามักต่ำกว่าการเดิน treadmill ถึงร้อยละ 10<sup>(15-17)</sup> นอกจากนี้ ผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ (poorly fit) ต้องใช้เวลานานกว่าจะเข้าระยะคงที่ (steady state) ซึ่งมีโอกาสทำให้ได้ค่า VO<sub>2</sub>max สูงกว่าความเป็นจริง<sup>(18,19)</sup>

การเลือกใช้เวลาแกว่งแขน 6 นาที เนื่องจากการตอบสนองของร่างกายต่อการออกกำลังกายแบบแอโรบิคที่ระดับเบาถึงปานกลาง (อัตราการผลิต ATP และอัตราการใช้ออกซิเจน) จะเข้าสู่ระยะคงที่หลังการเริ่มออกกำลังกายแล้ว 1-4 นาที หรือเร็วกว่านี้ในกลุ่มผู้ออกกำลังกายเป็นประจำ หรือช้ากว่าในกลุ่มผู้ที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย ส่วนภายหลังการออกกำลังกายแบบเบาหรือปานกลาง ร่างกายมักใช้เวลาประมาณ 2-3 นาทีเพื่อฟื้นตัวได้ร้อยละ 100<sup>(20-23)</sup>

การศึกษานี้ได้ค่าความหนักเบาของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนที่ความถี่ 40, 50, 60 รอบ/นาที คือ 1.4-1.9 METs, ร้อยละ 14.9-21.4 ของ %VO<sub>2</sub>Max, ร้อยละ 40.6-50.8 ของ %HR max ซึ่งเป็นการออกกำลังกายระดับเบาไม่เกินระดับความหนักเบาที่แนะนำสำหรับผู้ป่วยผ่าตัดหลอดเลือดหัวใจระยะที่อยู่ในโรงพยาบาล ใช้ได้แม้กระทั่งระยะแรกคือระยะในห้องอภิบาลผู้ป่วยหนัก (ICU หรือ CCU) ที่แพทย์แนะนำให้ผู้ป่วยเคลื่อนไหวโดยใช้พลังงานประมาณ 1-2 METs<sup>(24,25)</sup> การออกกำลังกายระดับต่ำ (น้อยกว่าร้อยละ 50 ของ %VO<sub>2</sub>max) ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพสำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะเสื่อมถอยจากการนอนนานได้ และการออก

กำลังกายที่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของ % VO<sub>2</sub> max 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสามารถเพิ่ม %VO<sub>2</sub> Max ได้ร้อยละ 17<sup>(26-28)</sup> นอกจากนี้ มีการศึกษาที่สนับสนุนว่าการออกกำลังกายระดับต่ำถึงปานกลาง หรือเพียงแค่การเพิ่มกิจกรรมในชีวิตประจำวัน มีประโยชน์ต่อสุขภาพและการลดน้ำหนัก<sup>(29)</sup> ดังนั้นจึงอาจนำการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนไปประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยในระยะพักฟื้นอยู่บนเตียง ผู้สูงอายุที่เสี่ยงต่อการล้มต้องอาศัยผู้ช่วยพาเดิน ผู้ที่มีปัญหาข้อเข่าเสื่อมหรือกระดูกหลังกดทับจากประสาทเดินได้ไม่ไกลและไม่นาน ผู้ที่มีแผลที่เท้ามีปัญหาลดเลือดที่ขาจุดต้นทำให้มีอาการปวดเวลาเดิน ผู้พิการทางสองข้าง ผู้ป่วยที่ผ่าตัดส่วนขาและห้ามลงน้ำหนัก เพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนจากการนอนนาน ขาดการเคลื่อนไหว (deconditioning) เพื่อลดความเครียด ความวิตกกังวลภาวะซึมเศร้า และเพิ่มประสิทธิภาพของร่างกายโดยรวม อนึ่ง การศึกษาค้นคว้านี้ไม่พบว่าการแกว่งแขนทำให้เกิดอาการบาดเจ็บที่หัวไหล่แต่อย่างใด

เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนักเบาที่ได้จากการแกว่งแขนในขณะนั่งและยืนพบว่า %VO<sub>2</sub> Max และ MET ขณะนั่งสูงกว่ายืนที่ความถี่ 60 รอบ/นาที อาจอธิบายจากท่านั่งมี venous return มากกว่าท่านั่งยืนมี stroke volume ที่มากกว่า จึงทำให้ cardiac output มากขึ้น แม้พบว่า %HR max และ %HR reserve ในท่านั่งมีค่ามากกว่าท่านั่งที่ความถี่ 40 รอบ/นาที ซึ่งอธิบายได้จากการออกกำลังกายท่านั่งมี venous return น้อยกว่าท่านั่งยืนมี stroke volume น้อยลง จึงมีชีพจรสูงขึ้น แต่การออกกำลังกายที่ระดับความหนักเบาไม่เกิน 40%VO<sub>2</sub> Max ปัจจัยที่มีผลเปลี่ยนแปลงค่าของ cardiac output คือ การเพิ่มของค่า stroke volume มากกว่าการเปลี่ยนแปลงของชีพจร ดังนั้น อัตราการใช้ออกซิเจนซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับ cardiac output จึงอาจมีผลทำให้อัตรา

การใช้ออกซิเจนสูงกว่าเมื่อออกกำลังกายในท่านั่งเทียบกับท่านั่ง<sup>(20-23)</sup> อีกประการหนึ่งท่านั่งไม่ได้ใช้กล้ามเนื้อขา แต่ใช้กล้ามเนื้อส่วนลำตัว (ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อมัดเล็ก) เพื่อช่วยทรงตัว ซึ่งทำงานเพิ่มขึ้นเมื่อการแกว่งแขนเพิ่มความเร็ว จึงอาจทำให้ MET, %VO<sub>2</sub> Max ในท่านั่งมากกว่าท่านั่งชันเข่าที่ความถี่ 60 รอบ/นาที

อนึ่ง การศึกษาค้นคว้านี้เลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยที่มีอายุ 20 ปี ซึ่งมีการเจริญเติบโตของระบบต่าง ๆ ค่อนข้างเต็มที่และเป็นกลุ่มคนที่ปราศจากโรคและการรับประทานยา อีกทั้งไม่เคยมีการศึกษาความหนักเบาของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนมาก่อน จึงเลือกทำการศึกษาในกลุ่มคนปกติ ดังนั้น ควรมีการทดลองกับประชากรหลากหลายช่วงอายุ และอาจรวมถึงการประเมินการนำไปใช้จริงในกลุ่มผู้ป่วยเป้าหมายเพื่อประเมินประสิทธิผลของการแกว่งแขนต่อไป

กล่าวโดยสรุป การออกกำลังกายแบบแกว่งแขนในกลุ่มคนปกติทั้งท่านั่งและท่านั่งชันเข่าที่ความถี่ 40, 50, 60 รอบ/นาที มีความหนักเบาถึงเบามาก จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ป่วยที่ต้องการการออกกำลังกายเบา ๆ ด้วยแขน

#### เอกสารอ้างอิง

1. Belza B, Walwick J, Shiu-Thornton S, Schwartz S, Taylor M, LoGerfo J. Peer reviewed, older adult perspectives on physical activity and exercise: voices from multiple cultures. *Prev Chronic Dis*. 2004; 1(4): A09.
2. Zwierska I, Walker RD, Choksy SA, Male JS, Pockley AG, Saxton JM. Relative tolerance to upper- and lower-limb aerobic exercise in patients with peripheral arterial disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006; 31(2): 157-63.
3. Nieman DC, LaSasso H, Austin MD, Pearce S, McInnis T, Unick J. Validation of Cosmed's Fitmate in measuring exercise metabolism. *Research in Sports Medicine* 2007; 15: 67-75.
4. Kibler, W.B. *The Sport Preparticipation*

*Fitness Examination*. Champaign, IL: Human kinetics Publishers, 1990.

5. วัฒนิต บิลมาศ, คณะพลศึกษา. การทดสอบและประเมินผลพลศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร; 2524.
6. วัลภา ไชยวงศ์, นายสุรศักดิ์ เกิดจันทิก และนางนิตยา เกิดจันทิก. การทดสอบความสมบูรณ์ทางกายนักกีฬา. กรุงเทพฯ : กองวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2542.
7. Pollock ML, Wilmore JH, Fox III SM. Health and fitness though physical activity. American College of Sports Medicine series. New York: Wiley; 1987.
8. Fox SM, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res*. 1971; 3: 404-32.
9. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology*. 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
10. Grange CC, Maire J, Gros Lambert A, Tordi N, Dugue B, Pernin JN, et al. Perceived exertion and rehabilitation with arm crank in elderly patients after total hip arthroplasty: a preliminary study. *J Rehabil Research* 2003; 41: 611-20.
11. Franklin BA. Exercise testing, training, and arm ergometry. *Sports Med* 1985; 2:100-19.
12. Powers SK, Beadle RE, Magnum M. Exercise efficiency during arm ergometry: effects of speed and work rate. *J Apply Physiol* 1984; 56(2): 495-9.
13. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA. Exercise standard for testing and training A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 2001; 104: 1694-740.
14. Pimental NA, Sawka MN, Billings DS, Trad LA. Physiology responses to prolonged upper body exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1984; 16: 360-5.
15. Bouckaert J, Pannier J. Specificity of VO<sub>2</sub>max and blood lactate determinations in runners and cyclists.

- Arch of physiol Biochem 1984; 93: 30-1.
16. Bouckaert J, Pannier J, Vrijens J. Cardiorespiratory response to bicycle and rowing ergometer exercise in oarsmen. Eur J Appl Physiol 1983; 51: 51-9.
  17. Pannier J, Vrijens J, Van Cauter C. Cardiorespiratory response to treadmill and bicycle exercise in runners. Eur J Appl Physiol 1980; 43: 243-51.
  18. Monteye Hj. The oxygen requirement for horizontal and grade walking on a motor-driven treadmill. Med Sci Sports Exerc 1985; 17: 640-45.
  19. Monteye Hj, Ayen T, Washburn RA. The estimation of VO<sub>2</sub>max from maximal and sub-maximal measurements in the males, age 10-39. Res Q Exerc Sport 1986; 57: 250-3.
  20. Astrand P, Rodahl K. Textbook of work physiology. New York: McGraw-Hill; 1986.
  21. Foss ML, Keteyian SJ. Fox's physiological basis for exercise and sport. 6th ed. New York: McGraw-Hill; 1998.
  22. Gerstenblith G, Renlund D, Lakatta E. Cardiovascular response to exercise in younger and older men. Fed Proc 1987; 46(5): 1834-9.
  23. Sullivan M, Cobb F, Higginbotham M. Stroke volume increases by similar mechanisms during upright exercise in normal men and women. Am J Cardiol 1991; 67: 1405-12.
  24. Braunwald E. Heart disease. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia: W.B Saunders; 1988. p . 1395-410.
  25. Brandenbury RD. Heart disease. Mayo Foundation; 1987. p.1944-60.
  26. Belardinelli R, Goregiov D, Scocco V, Barstow TJ, Purcaro A. Low intensity exercise training in patients with chronic heart failure. J Am Coll Cardiol 1995; 26(4): 975-82.
  27. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. Med Sci Sport Exerc 1998; 30: 975-91.
  28. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6<sup>th</sup> ed. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins; 2000.
  29. Paffenbarger RS, Hyde RT, Wing AL, Hsieh CC. Physical activity, all cause mortality, and longevity of college alumni. N Eng J Med 1986; 314(10): 605-13.