

CORE

HEALTH & FITNESS



Tel. 02-314-3466

Email : chfthailand@gmail.com

**More Information
>>>>**

Click

EFFECT OF MODIFIED HIGH INTENSITY CIRCUIT TRAINING PROGRAM ON CORE STABILIZER, QUADRICEPS, HAMSTRINGS AND DELTOID MUSCLES STRENGTH AND QUALITY OF LIFE IN OBESE WOMEN

Siratpapha YOUNGYUENSIN, Waree WIDJAJA, Amornpan AJJIMAPORN, Kornkit CHAIJENKIJ*

College of Sports Science and Technology, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand 73170

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the result of an eight week-modified High Intensity Circuit Training (HICT) program on core stabilizer, quadriceps, hamstrings, deltoid muscles strength and quality of life in obese women. The participants were twenty-two sedentary women between ages of 30 –and 40 years who had body mass index (BMI) of 25.0 – 29.9 kg/m². The participants were randomly divided into two groups of 11 persons which were trained group and untrained group. The trained group would be trained with the modified High Intensity Circuit Training program for eight weeks – three days per week. The exercise time per cycle was 7.5 minutes by exercising one cycle is the first round, two cycles in the 2-3 round, three cycles in the 4-5 round, four cycles in the 6-7 rounds. Both groups were measured by variables which were quadriceps, hamstrings, deltoid, core stabilizer muscles and quality of life questionnaire (SF-36 Thai version) at week 0 and week 8. The results showed that there was no significant difference between the two groups. However, the trained group had significant increases in muscle strength of core stabilizer muscle ($p < 0.05$) while there was no significant difference in muscle strength of arms and legs. In addition, the trained group felt less pain on body injury and more energetic than before training ($p < 0.05$). In conclusion, exercising with an eight-weeks modified HICT program in obese women could help increase the strength of the core stabilizer muscles and had the effect on the quality of life in terms of body pain perception and feeling more energetic in the workplace. However, there was no significant in the control group.

Journal of Sports Science and Technology 2019; 19(1): 133-145)

(Received: 23 April 2019, Revised: 10 May 2019, Accepted: 17 May 2019)

Keywords: Exercise / Muscle strength / Quality of life / Core stabilizer muscles

*Corresponding author: Kornkit CHAIJENKIJ

College of Sports Science and Technology,

Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand 73170

E-mail: kornkit.cha@mahidol.edu

ผลของการฝึกแบบวงจรที่มีความหนักสูงแบบประยุกต์ต่อความแข็งแรงกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว, กล้ามเนื้อ งอ-เหยียดเข่า, กล้ามเนื้อหัวไหล่ และคุณภาพชีวิต ในผู้หญิงที่เป็นโรคอ้วน

ศิริรัตน์ ภา ยั่งยืนสิน, วาริ วิดจาया, อมรพันธ์ อัจจิมาพร, กรกฤษณ์ ชัยเจนกิจ*

วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล จ.นครปฐม, ประเทศไทย 73170

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ ศึกษาผลของการฝึกแบบวงจรที่มีความหนักสูงแบบประยุกต์ต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว, กล้ามเนื้องอ-เหยียดเข่า, กล้ามเนื้อหัวไหล่ และคุณภาพชีวิตในผู้หญิงอ้วน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 22 คน อายุระหว่าง 30-40 ปี ที่มีค่าดัชนีมวลกาย 25.0 – 29.9 กิโลกรัม/เมตร² ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่ม กลุ่มละ 11 คน คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึก และกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก โดยกลุ่มที่ได้รับการฝึกจะทำการฝึกด้วยโปรแกรมแบบวงจรที่มีความหนักสูงแบบประยุกต์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน เวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายต่อรอบ 7.50 นาที โดยสัปดาห์ที่ 1 ออกกำลังกาย 1 รอบ, สัปดาห์ที่ 2-3 สองรอบ, สัปดาห์ที่ 4-5 สามรอบ, สัปดาห์ที่ 6-7 สี่รอบ และสัปดาห์ที่ 8 ห้ารอบ ทั้ง 2 กลุ่มจะถูกวัดตัวแปรทั้งหมด คือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวไหล่ กล้ามเนื้องอ-เหยียดเข่า กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว และแบบสอบถามเกี่ยวกับคุณภาพชีวิต (แบบสำรวจสุขภาพ SF-36 ฉบับภาษาไทย) ในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 8 ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกและภายในกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก อย่างไรก็ตาม ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบวงจรที่มีความหนักสูงแบบประยุกต์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีการเพิ่มขึ้นของกำลังกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนในกล้ามเนื้อแขนและขาไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และในกลุ่มที่ได้รับการฝึกมีความรู้สึกเจ็บปวดต่อร่างกายลดลง รวมทั้งรู้สึกมีพลังมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จึงสรุปได้ว่า หลังจากการออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกแบบวงจรที่มีความหนักสูงแบบประยุกต์ในผู้หญิงอ้วน เป็นเวลา 8 สัปดาห์นั้น มีการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพชีวิตในมิติของการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวดต่อร่างกายและความรู้สึกมีพลังในการทำงาน แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงนี้ในกลุ่มควบคุม

(วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา 2562; 19(1): 133-145)

คำสำคัญ: การออกกำลังกาย / ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ / คุณภาพชีวิต / กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว

บทนำ

กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (Department of Disease Control, Ministry of Public Health) รายงานว่า ในปี 2556 พบว่า มีประชากรไทย 16 ล้านคน ที่มีภาวะอ้วน คิดเป็นร้อยละ 26 ของประชากรทั้งหมด โดยในจำนวนประชากรนั้นเป็นผู้หญิง 11.3 ล้านคน มากกว่าผู้ชายเป็น 2 เท่า ภาวะอ้วนคือภาวะที่มีค่าดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) อยู่ที่ 25.0 – 29.9 กิโลกรัม/เมตร² (ตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก)¹ ส่วนใหญ่เกิดจากการรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตและไขมันสูงมากเกินไปและมีพฤติกรรมเนือยนิ่งร่วมด้วย คือ มีพฤติกรรมที่ใช้พลังงานน้อยกว่า 1.5 METs (metabolic equivalents (METs): หน่วยที่ใช้ในการประมาณค่าปริมาณของออกซิเจนที่ร่างกายต้องใช้ระหว่างการออกกำลังกาย) เช่น การนั่งดูโทรทัศน์ การใช้คอมพิวเตอร์ทำงานหรือเล่นเกมส์ และการอ่านหนังสือ เป็นต้น² หรือทำแค่เพียงกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ไม่ได้มีกิจกรรมการออกกำลังกายเลย ภาวะอ้วนสามารถนำไปสู่โรคต่างๆได้อีกมากมาย เช่น ความดันโลหิตสูง ภาวะไขมันในเลือดสูง นิ่วในถุงน้ำดี ภาวะข้ออักเสบ เบาหวาน มะเร็ง โรคหัวใจ และทำให้เสียชีวิตก่อนวัยอันควร³ นอกจากนี้โรคอ้วนยังส่งผลต่อภาวะทางจิตใจ ซึ่งเกี่ยวข้องกับเรื่องของความเครียดที่เกิดจากสุขภาพที่ไม่ดี^{4,5,6,7} ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผู้ป่วยโรคอ้วนมีคุณภาพชีวิตที่ไม่ดีคือ โรคทางระบบกระดูกกล้ามเนื้อที่เกิดจากน้ำหนักตัวที่มากเกินไป ในปัจจุบันโรคทางระบบกระดูกกล้ามเนื้อที่เกิดจากการทำงานและการใช้ชีวิตประจำวันมีอัตราเพิ่มขึ้น โดยที่ 5 อันดับแรกของบริเวณที่เกิดคือ คอร้อยละ 42, หลังส่วนล่างร้อยละ 34, หลังส่วนบนร้อยละ 28, มือและข้อมือร้อยละ 20 และข้อไหล่ร้อยละ 16^{8,9} ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคระบบกระดูกกล้ามเนื้อ สาเหตุหนึ่งอาจมาจากการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อเช่น ถ้ากล้ามเนื้อสะโพกอ่อนแรงจะส่งผลต่อการลงน้ำหนักที่ข้อเข่า และนำไปสู่ภาวะเจ็บลูกสะบ้าได้¹⁰ หรือเมื่อกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวอ่อนแรงจะส่งผลถึงความมั่นคงของกระดูกสันหลัง ทำให้การเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังความผิดปกติได้¹¹ ซึ่งการที่จะหลีกเลี่ยงหรือแก้ไขภาวะอ้วนได้นั้น นอกจากการควบคุมเรื่องโภชนาการแล้ว จะต้องมีการออกกำลังกายร่วมด้วย เพื่อทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรง มีความยืดหยุ่น ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของข้อต่างๆ มีความคล่องตัวมากขึ้น อีกทั้งยังเพิ่มความมั่นใจให้กับตัวเองเมื่อมีรูปลักษณ์ที่ดีขึ้นอีกด้วย¹²

วิทยาลัยแพทยเวชศาสตร์การกีฬามิชิแกน (The American College of Sports Medicine; ACSM) ได้แนะนำมาตรฐานการออกกำลังกายว่า ในบุคคลทั่วไปที่มีสุขภาพดีควรออกกำลังกายแบบต่อเนื่องหรือแบบใช้ออกซิเจน (Endurance or Aerobic exercise) ที่ความหนักระดับปานกลาง เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาทีต่อครั้ง 5 วันต่อสัปดาห์ หรือที่ความหนักระดับหนักมาก เป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาทีต่อครั้ง 3 วันต่อสัปดาห์ การออกกำลังกายแบบสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strengthening) เป็นการฝึกกล้ามเนื้อกลุ่มเป้าหมายด้วยน้ำหนักต้านสูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยให้ออก 10 ท่า ทำท่าละ 10-15 ครั้ง 2-4 รอบต่อวัน เป็นเวลา 2-3 วันต่อสัปดาห์¹³ และ ACSM ยังได้กล่าวถึง การออกกำลังกายแบบผสมผสาน (Combination exercise) ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบแตกต่างกัน เช่น การออกกำลังกายแบบความหนักสูงสลับกับช่วงพัก (High Intensity Interval Training; HIIT) การฝึกแบบวงจรที่มีความหนักต่ำ (Low Intensity Circuit Training; LICT) และการฝึกแบบวงจรที่มีความหนักสูง (High Intensity Circuit Training; HICT) เป็นต้น^{14,15} การฝึกแบบวงจรที่มีความหนักสูง เป็นการออกกำลังกายที่ผสมผสานกันระหว่างการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจนและแบบใช้แรงต้าน โดยจำกัดช่วงเวลาพัก มีท่าการออกกำลังกายในแต่ละสถานีแตกต่างกัน โดยการฝึก 1 รอบ ใช้เวลา 7-10 นาที ประกอบด้วย 9-12 สถานี ซึ่งการออกกำลังกายในแต่ละครั้งอาจทำได้ 2-3 รอบ¹⁶ Goedecke และคณะในปีค.ศ. 2014 ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายในผู้ที่มีภาวะอ้วน พบว่า การออกกำลังกายที่มีประสิทธิภาพโดยที่มีปริมาณและความถี่ที่เหมาะสม สามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดเบาหวานชนิดที่สองได้¹⁷ Paoli และคณะในปีค.ศ. 2013 ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบ HICT การฝึกแบบ LICT และการฝึกแบบเพิ่มความทนทาน ในผู้ชายวัย

กลางคนที่น้ำหนักเกิน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยดูผลของสัดส่วนของร่างกายและผลของภาวะไขมันในเลือด พบว่า การฝึกแบบ HICT มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อตัวแปรดีกว่าการฝึกแบบ LICT และการฝึกแบบเพิ่มความทนทาน¹⁵

อย่างไรก็ตาม การออกกำลังกายแบบ HICT มีข้อจำกัดในเรื่องอุปกรณ์ ซึ่งอาจทำให้ไม่สะดวกในการออกกำลังกาย ดังนั้นการออกกำลังกายแบบ HICT โดยการใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้านมาประยุกต์แทนการใช้อุปกรณ์ จะทำให้เข้าถึงการออกกำลังกายได้ง่ายขึ้น Miller และคณะในปีค.ศ. 2014 ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบวงจรที่มีความหนักสูง (HICT) โดยการใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ทำให้ด้านชีวภาพ ภายภาพและสัดส่วนของร่างกายดีขึ้น¹⁸ จากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า ยังไม่มีการศึกษาผลของการฝึกแบบ HICT ในเพศหญิง ซึ่งพบว่ามีภาวะอ้วนมากกว่าในเพศชาย และการฝึกแบบ HICT โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้านจากการศึกษาของ Klika และคณะในปีค.ศ. 2013 มีทำการออกกำลังกายบางท่าที่ค่อนข้างยากสำหรับผู้หญิงอ้วน ดังนั้นในปีค.ศ. 2017 อมรพันธ์ และคณะ จึงได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับผู้หญิงอ้วนมากขึ้น โดยเรียกโปรแกรมนี้ว่า การฝึกแบบวงจรที่มีความหนักสูงแบบประยุกต์ (modified HICT) พบว่า สามารถเพิ่มอัตราการใช้พลังงานขณะพัก ในผู้หญิงอ้วนที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่งได้¹⁹ ดังนั้น จุดประสงค์ของการศึกษานี้คือ ต้องการทราบถึงประสิทธิภาพของโปรแกรม modified HICT ต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว, กล้ามเนื้ออก-เหยียดเข้า, กล้ามเนื้อหัวไหล่ และคุณภาพชีวิต ในผู้หญิงอ้วนที่ไม่มีโรคอื่นร่วมด้วย ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง ภายในระยะเวลา 8 สัปดาห์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 22 คน เป็นผู้หญิงอ้วนที่ไม่มีโรคอื่นร่วมด้วยที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง ที่ไม่ได้มีการออกกำลังกาย มีอายุระหว่าง 30 – 40 ปี มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ที่ 25.0 – 29.9 กิโลกรัม/เมตร² และจะถูกคัดออกถ้ามีการใช้ยาหรืออาหารเสริมที่มีผลต่อกระดูก กล้ามเนื้อหรือไขมัน มีประวัติบาดเจ็บต่อระบบกระดูกกล้ามเนื้อ มีภาวะผิดปกติของต่อมไร้ท่อ การรับประทาน หรือมีโรคที่มีผลต่อการออกกำลังกาย เช่น โรคหลอดเลือดสมอง ความดันโลหิตสูงหรือโรคหัวใจ โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่ม กลุ่มละ 11 คน คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วย Modified HICT Program และกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกด้วย Modified HICT Program โดยกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วย Modified HICT Program จะได้รับการฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกด้วย Modified HICT Program จะถูกขอให้ทำกิจวัตรในชีวิตประจำวันตามปกติตลอดช่วงระยะเวลา 8 สัปดาห์

เครื่องมือวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการทดสอบในสัปดาห์ที่ 0 และ 8 ด้วยเครื่องมือวิจัย ดังนี้

การทดสอบลดระดับขาสองข้างลง (DOUBLE LEG LOWERING TEST)

คือ การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนหงายบนเตียง ผู้วิจัยวางสายพันแขน (blood pressure cuff; Riester, Germany) ไว้ใต้กระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar spine) ที่ระดับ L4 ถึง L5 บีบ cuff ให้อยู่ที่ 40 มิลลิเมตรปรอท ผู้วิจัยช่วยยกขาผู้เข้าร่วมวิจัยขึ้นให้อยู่ในตำแหน่งองศาโพกที่ 90 องศา เข่าเหยียดตรง หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยค่อยๆลดระดับขาลง และผู้วิจัยจะบันทึกค่ามุมของสะโพก โดยดูจาก goniometric grid เมื่อปรอทมีการลดลงที่ 10 มิลลิเมตรปรอท โดยวัด 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย ถ้ายังได้ค่าองศาของมุมขาไม่น้อยยิ่งบ่งบอกว่าแข็งแรง²⁰

การทดสอบด้วยเครื่อง ISOKINETIC DYNAMOMETER (Biodex system 4, USA)

คือ การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและขา โดยใช้ท่าเหยียด-งอข้อไหล่ (Shoulder extension/flexion) คือ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยกแขนขึ้นแนบหูโดยไม่ให้มีการแอ่นหลัง หลังจากนั้นจึงกดแขนลง (รูปที่ 1) และท่าเหยียด-งอข้อเข่า (Knee extension/flexion) คือ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเตะขาขึ้นให้เข่าเหยียดจนสุด หลังจากนั้นจึงกดขาลง (รูปที่ 2) ที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ผู้วิจัยอธิบายและสาธิตการเคลื่อนไหวของแขนและขาก่อนการทดสอบและให้ซ้อมเสมือนจริงก่อนการทดสอบ และเมื่อมีการวัดจริงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแต่ละท่าด้วยความสามารถสูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยแต่ละท่าให้ทำท่าละ 4 รอบ และผู้วิจัยจะบันทึกค่าเฉลี่ย peak torque ของท่าการเหยียด-งอที่ได้²¹



รูปที่ 1: ท่าการเหยียด-งอข้อไหล่ (Shoulder extension/flexion)



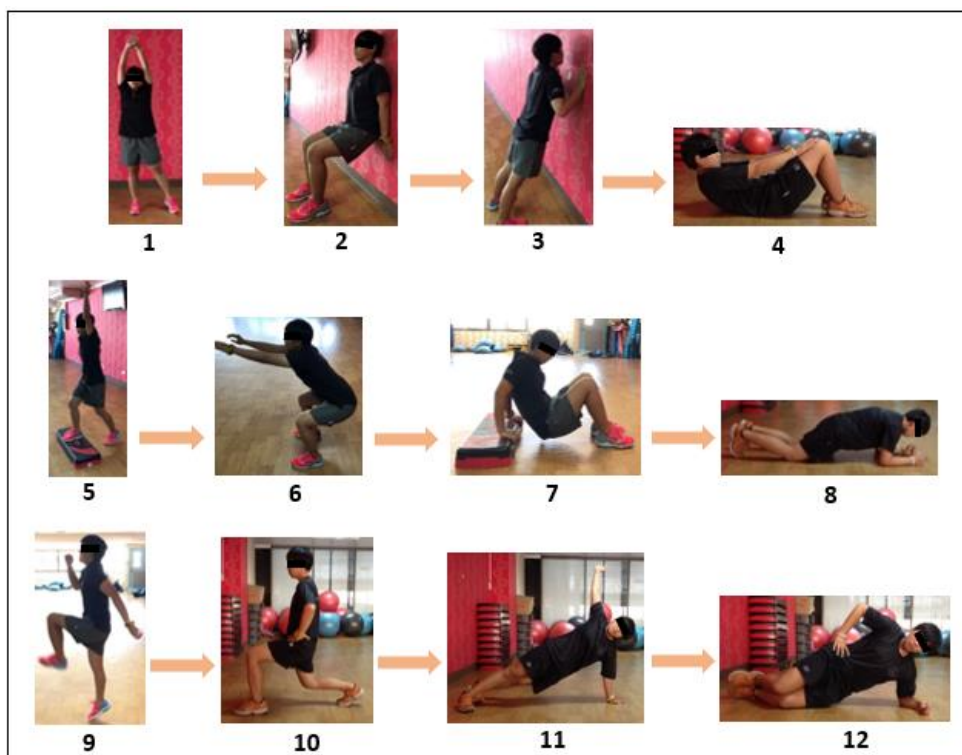
รูปที่ 2: ท่าการเหยียด-งอข้อเข่า (Knee extension/flexion)

แบบประเมินการรับรู้ภาวะสุขภาพ SF-36 ฉบับภาษาไทย

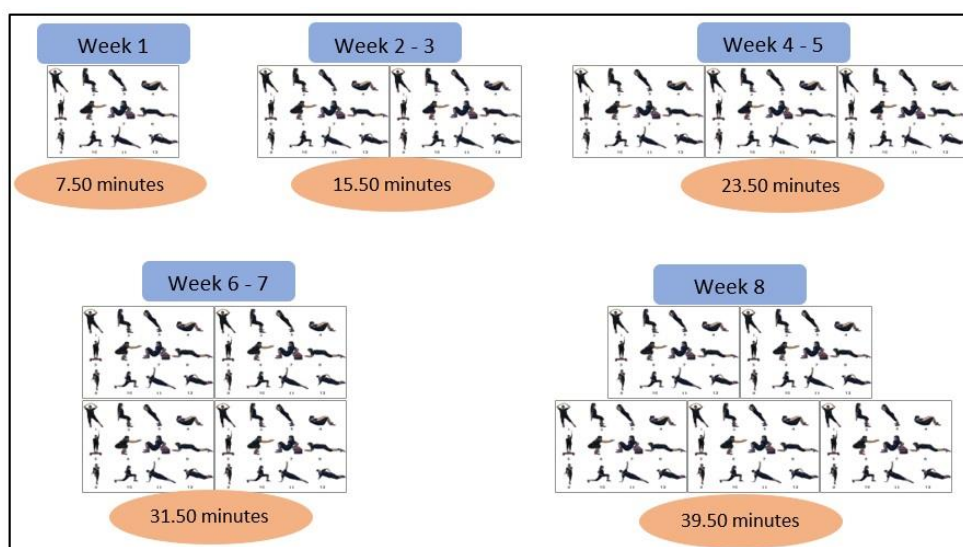
เป็นแบบสอบถามที่ใช้ประเมินเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตด้านสุขภาพ ประกอบด้วยคำถาม 36 ข้อ ซึ่ง 35 ข้อเป็นคำถามเกี่ยวกับสุขภาพและอีกหนึ่งข้อเป็นคำถามเกี่ยวกับเปลี่ยนสุขภาพ (Reported health transition; HT) คำถามเกี่ยวกับสุขภาพแบ่งเป็น 8 มิติ คือ ด้านภาวะการทำงานของร่างกาย (Physical functioning: PF) 10 ข้อ, ด้านบทบาทที่ถูกจำกัดเนื่องจากสุขภาพทางกาย (Role limitations due to physical problems: RP) 4 ข้อ, ด้านความเจ็บปวด (Bodily pain: BP) 2 ข้อ, ด้านสุขภาพทั่วไป (General health perceptions: GH) 5 ข้อ, ด้านการทำหน้าที่ทางสังคม (Social

functioning: SF) 2 ข้อ, ด้านพลังงาน (Vitality: VT) 4 ข้อ, ด้านบทบาทหน้าที่ที่ถูกจำกัดเนื่องจากปัญหาทางอารมณ์ (Role limitations due to emotional problems: RE) 3 ข้อ และด้านสุขภาพจิตทั่วไป (General mental health: MH) 5 ข้อ โดยที่คะแนนเต็มคือ 100 คะแนน ถ้าได้คะแนนสูงยิ่งบ่งบอกว่ามีคุณภาพชีวิตที่ดี²²

กลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกจะได้รับคำแนะนำให้ทำกิจวัตรประจำวันตามปกติ ส่วนกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม modified HICT จะต้องออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ในการออกกำลังกายแต่ละครั้งจะต้องออกกำลังกายทั้งหมด 12 ท่า (รูปที่ 3) ต่อ 1 รอบทำท่าละ 30 วินาที (ทำต่อเนื่องโดยไม่เร่งจังหวะ) พักระหว่างท่า 10 วินาที ใช้เวลาในการออกกำลังกาย 7.5 นาทีต่อรอบ ทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์¹⁶ โดยที่ สัปดาห์ที่ 1 ออกกำลังกาย 1 รอบ, สัปดาห์ที่ 2-3 สองรอบ, สัปดาห์ที่ 4-5 สามรอบ, สัปดาห์ที่ 6-7 สี่รอบ และสัปดาห์ที่ 8 ห้ารอบ¹⁹ (รูปที่ 4)



รูปที่ 3: ท่าออกกำลังกายแบบวงจรที่มีความหนักสูงแบบประยุกต์ (Modified HICT program)



รูปที่ 4: โปรแกรมการฝึกแบบวงจรที่มีความหนักสูงแบบประยุกต์ (Modified HICT program) 8 สัปดาห์

Exercise	Strength	Exercise	Strength	Exercise	Strength
 1.Step Jacks	Adductors, Abductors, Trapezius, Middle Deltoid and Gluteus Medius	 2.Wall Sit	Quadriceps and Glutes	 3.Wall push-up	Pectoralis Major, Triceps and Deltoids
 4.Sit-ups hand reach	Rectus Abdominis	 5.Step-up onto step aerobics	Quadricep, Gluteus Maximus and Hamstrings	 6.Half squat	Quadricep, Gluteus Maximus and Hamstrings
 7.Bend knee Triceps dip on chair-Half bottom	Triceps	 8.Plank with knee	Core, Rectus Abdominis, Trapezius and Lower Back	 9.Hop	Quadricep, Calves and Gluteus Maximus
 10.Split squats	Quadricep, Glutes, Hamstrings and Calves	 11.Plank rotation	Core, Rectus Abdominis, Obliques, Lower Back and Deltoids	 12.Knee side plank	Obliques

ตารางที่ 1: กล้ามเนื้อที่ถูกใช้ในแต่ละท่าออกกำลังกายของ Modified HICT program

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 20 ในการหาค่าทางสถิติของข้อมูล ใช้สถิติ Shapiro-Wilk Test เพื่อหาการแจกแจงปกติของข้อมูล จากนั้น ใช้ Paired t-test เพื่อหาความแตกต่างของผลการฝึกระหว่างสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 8 (ก่อนและหลังการฝึก) และใช้ Analysis of Covariance (ANCOVA) เพื่อหาความแตกต่างของผลการฝึกระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วย Modified HICT program กับกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

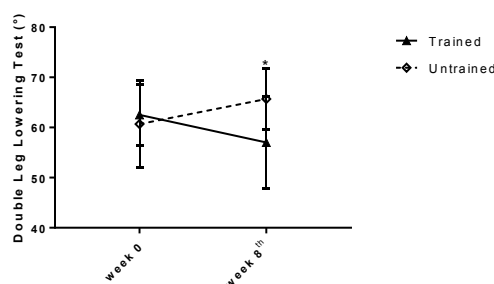
ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

ตัวแปร	กลุ่มที่ได้รับการฝึก (จำนวน=11 คน)	กลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก (จำนวน=11 คน)
อายุ (ปี)	35.3±2.6	32.8±3.2
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	68.47±5.50	68.06±4.80
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	161.0±3.6	160.4±4.7
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	28.0±1.9	26.1±2.4
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (มิลลิเมตรปรอท)	118.5±12.7	110.5±9.6
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวต่ำสุด (มิลลิเมตรปรอท)	80.7±7.5	76.4±6.6
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	76.4±4.8	79.5±9.0

จากตารางที่ 2 พบว่า คุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย ประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความดันโลหิต และ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ($p < 0.05$)

การทดสอบลดระดับขาสองข้างลง (DOUBLE LEG LOWERING TEST)

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบวงจรที่มีความหนักสูงแบบประยุกต์ (Modified HICT) มีค่าของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก ในสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value}=0.017$) (ค่าของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว กลุ่มที่ได้รับการฝึก สัปดาห์ที่ 0 เท่ากับ 62.50 ± 6.12 และ สัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 57.00 ± 9.17 องศา; กลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก สัปดาห์ที่ 0 เท่ากับ 60.68 ± 8.59 และ สัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 65.68 ± 6.13 องศา ตามลำดับ) และเมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวระหว่างสัปดาห์ที่ 0 และ 8 ภายในกลุ่มที่ได้รับการฝึกและภายในกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบว่าในกลุ่มที่ได้รับการฝึกมีการเปลี่ยนแปลงขององศาของมุมสะโพกที่ลดลง (ค่าของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว สัปดาห์ที่ 0 เท่ากับ 62.50 ± 6.12 และ สัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 57.00 ± 9.17 องศา ตามลำดับ) ซึ่งค่าที่ลดลงจะบ่งชี้ถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวที่เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบสัปดาห์ที่ 0 กับสัปดาห์ที่ 8 (รูปที่ 5)



รูปที่ 5: ความแข็งแรงกล้ามเนื้อหน้าท้อง หน่วยองศา ในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ได้รับการฝึกและกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก

*ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ($p < 0.05$)

การทดสอบด้วยเครื่อง ISOKINETIC DYNAMOMETER

ค่าของความแข็งแรงของแขนและขา ประกอบด้วยท่า การเหยียดข้อไหล่, การงอข้อไหล่, การเหยียดข้อเข่า และการงอข้อเข่า พบว่า ค่าความแข็งแรงของทั้ง 4 ท่าระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก ในสัปดาห์ที่ 0 และ 8 ไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของแขนและขา ระหว่างสัปดาห์ที่ 0 และ 8 ภายในกลุ่มที่ได้รับการฝึกและภายในกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบว่าในกลุ่มที่ได้รับการฝึกมีการเปลี่ยนแปลงของค่าของความแข็งแรงของแขนและขาในท่าเหยียดข้อเข่าที่เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบสัปดาห์ที่ 0 กับสัปดาห์ที่ 8 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า Peak torque จากเครื่อง isokinetic dynamometer

Peak Torque (นิวตันเมตร)	กลุ่มที่ได้รับการฝึก	กลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก	p -value	กลุ่มที่ได้รับการฝึก	กลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก	p -value
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 0		สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 8	
การเหยียดข้อไหล่	41.97±9.94	41.01±12.57	.844	43.45±11.59	37.65±8.91	.204
การงอข้อไหล่	37.13±8.32	35.17±8.40	.589	39.83±7.91	34.80±7.88	.151
การเหยียดข้อเข่า	113.62±29.17	110.75±29.28	.821	120.06±15.89	105.15±24.46	.106
การงอข้อเข่า	46.46±13.45	46.28±16.52	.978	50.18±22.98	41.85±15.57	.331

แบบประเมินการรับรู้ภาวะสุขภาพ SF-36 ฉบับภาษาไทย

พบว่า ด้านภาวะการทำงานของร่างกาย (Physical functioning; PF), ด้านบทบาทที่ถูกจำกัดเนื่องจากสุขภาพทางกาย (Role limitations due to physical problems; RP), ด้านสุขภาพทั่วไป (General health perceptions; GH), ด้านการทำหน้าที่ทางสังคม (Social functioning; SF), ด้านบทบาทหน้าที่ที่ถูกจำกัดเนื่องจากปัญหาทางอารมณ์ (Role limitations due to emotional problems; RE), ด้านสุขภาพจิตทั่วไป (General mental health; MH) และการเปรียบเทียบสุขภาพ (Reported health transition; HT) สัปดาห์ที่ 0 และ 8 ภายในกลุ่มที่ได้รับการฝึกและกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก พบว่า ทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบว่าด้านความเจ็บปวด (Bodily pain; BP) และด้านพลังงาน (Vitality; VT) ของกลุ่ม

ที่ได้รับการฝึกในสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 (ตารางที่ 4) ซึ่งถือได้ว่าในกลุ่มที่ได้รับการฝึกมีความรู้สึกเจ็บปวดต่อร่างกายลดลง รู้สึกมีพลังและกระปรี้กระเปร่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบประเมินการรับรู้ภาวะสุขภาพ SF-36 ฉบับภาษาไทย

มิติ (ร้อยละ)	กลุ่มที่ได้รับการฝึก		กลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก	
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 8
ด้านภาวะการทำงานของร่างกาย	90 ± 13	92 ± 12	86 ± 12	89 ± 12
ด้านบทบาทที่ถูกจำกัดเนื่องจากสุขภาพทางกาย	93 ± 12	95 ± 10	86 ± 13	89 ± 13
ด้านความเจ็บปวด	83 ± 14	89 ± 11 [#]	78 ± 15	80 ± 18
ด้านสุขภาพทั่วไป	57 ± 16	68 ± 12	67 ± 13	68 ± 17
ด้านการทำหน้าที่ทางสังคม	83 ± 14	89 ± 13	89 ± 17	93 ± 12
ด้านพลังงาน	66 ± 15	72 ± 15 [#]	68 ± 15	69 ± 13
ด้านบทบาทหน้าที่ที่ถูกจำกัดเนื่องจากปัญหาทางอารมณ์	84 ± 16	91 ± 16	85 ± 15	88 ± 17
ด้านสุขภาพจิตทั่วไป	71 ± 14	79 ± 14	73 ± 19	76 ± 13
การเปรียบเทียบสุขภาพ	50 ± 16	64 ± 17	45 ± 19	55 ± 15

[#] ความแตกต่างระหว่างสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 8 ($p < 0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่าในกลุ่มที่ได้รับการฝึกมีการเพิ่มขึ้นของกำลังกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวอย่างชัดเจน ส่วนในกล้ามเนื้อหัวไหล่และกล้ามเนื้อเหยียด-งอเข่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ยังไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการทำแบบสอบถามคุณภาพชีวิต กลุ่มที่ได้รับการฝึกมีความรู้สึกเจ็บปวดต่อร่างกายลดลง และรู้สึกมีพลัง มีความกระปรี้กระเปร่าเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาในส่วนของการออกกำลังกายที่ใช้กล้ามเนื้อหัวไหล่คือ ในท่า step up on to step aerobic ที่มีการยกแขนขึ้นขณะก้าวขึ้นสเตป และ ท่า half squat ที่มีการยกแขนขึ้นขณะย่อตัวลง หากผู้เข้าร่วมวิจัยใช้แรงเหวี่ยงแขนแทนการเกร็งกล้ามเนื้อ ก็อาจจะมีผลทำให้กล้ามเนื้อหดตัวน้อยเกินกว่าที่จะทำให้กำลังกล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลง และในท่า half squat กล้ามเนื้อหัวไหล่จะทำงานเพียงช่วง middle range ซึ่งการวัดความแข็งแรงด้วยเครื่อง isokinetic นั้น จะวัดความแข็งแรงในมุมทั้งหมด (full range) อีกส่วนหนึ่งคือ ท่า plank กล้ามเนื้อหัวไหล่ด้านหน้ามีการหดตัวแบบ isometric และในท่า bending knee triceps dip on chair half bottom กล้ามเนื้อหัวไหล่ด้านหลังก็มีการหดตัวแบบ isometric เช่นกัน ซึ่งแตกต่างจากการวัดด้วยเครื่อง isokinetic ที่ได้ทำการวัดเป็นลักษณะของ isotonic contraction จึงอาจทำให้ผลของการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวไหล่ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า จะพบการทำงานของกล้ามเนื้อนี้ในท่า wall sit, half squat, step up on to step aerobic และ split squat เป็นท่าการออกกำลังกายแบบ closed kinetic chain ในช่วง middle range มีการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบ closed kinetic chain พบว่ากล้ามเนื้อมีการทำงานมากในช่วงการเคลื่อนไหวที่เข่างอเกือบเต็มที่ และ ใน opened kinetic chain พบว่ากล้ามเนื้อมีการทำงานมากในช่วงที่เหยียดเข่าเต็มที่²³ จึงอาจเป็นไปได้ว่าการออกกำลังกายนั้นเป็นการออกกำลังกายแบบ closed kinetic chain ในช่วง middle range ทำให้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในกล้ามเนื้อ

เหยียดเข่า นอกจากนี้ในท่า half squat, step up on to step aerobic และ split squat กล้ามเนื้อข้อเข่ามีการหดตัวแบบ isometric ซึ่งต่างจากการวัดค่าในเครื่อง isokinetic ที่วัดการทำงานแบบ isotonic จึงทำให้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกล้ามเนื้อข้อเข่า

สำหรับการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวพบว่ามีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น หลังจากออกกำลังกายด้วย modified HICT program เนื่องจากท่าออกกำลังกายเน้นไปทางกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวค่อนข้างมาก เช่น plank with knee, plank rotation, knee side plank, sit-ups hand reach (รูปที่ 3) ซึ่งในการศึกษาของ Miller และคณะ ในปีค.ศ. 1987 ที่ศึกษาการหดตัวของกล้ามเนื้อ internal abdominal oblique และกล้ามเนื้อ transversus abdominis ในท่า curl up (เป็นท่าเดียวกับ sit-up hand reach ในการวิจัยนี้) พบว่า การทำท่า curl up โดยที่ไม่มีการยึดข้อเท้า นั้น มีการหดตัวของ internal abdominal oblique และ transversus abdominis ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่เป็น core stabilize ของลำตัวอย่างชัดเจนว่าการยึดข้อเท้าทั้งสองข้าง²⁴ และมีการศึกษาก่อนหน้าของ Hagins และคณะ ในปีค.ศ. 1999 ที่ศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวในผู้ที่ไม่มีอาการปวดหลัง อายุ 20-42 ปี โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ให้มีการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว โดยที่จะเก็บข้อมูลของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยใช้ pressure gauge ในสัปดาห์ที่ 0 และ สัปดาห์ที่ 4 โดยที่กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายจะได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย lumbar core stabilization ตามระดับความสามารถซึ่งมีทั้งหมด 7 ระดับ และถูกให้โปรแกรมให้กลับไปทำที่บ้าน ครั้งละ 15 นาที ทำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ผลพบว่า กลุ่มที่ได้รับการแนะนำการออกกำลังกายด้วย lumbar stabilization exercise program มีความสามารถในการออกกำลังกายและสามารถปรับท่าการออกกำลังกายให้ยากขึ้นได้มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการแนะนำในการออกกำลังกาย ภายใน 4 สัปดาห์ที่ได้รับการทดสอบ²⁵ จึงสอดคล้องกับการวิจัยนี้ที่ในกลุ่มที่มีการฝึกของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และเป็นเวลา 8 สัปดาห์นั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก

จากข้อคำถามในแบบสอบถามเกี่ยวกับด้านความเจ็บปวดในร่างกายและความเจ็บปวดนั้นไม่รบกวนการทำงานตามปกติ เนื่องจากการออกกำลังกายนั้นมีการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อให้เพิ่มมากขึ้น²⁶ ความรู้สึกเจ็บปวดที่ข้อต่อต้องแบกรับน้ำหนักตัวที่มากก็จะลดลง เพราะกล้ามเนื้อมีความสามารถในการช่วยพยุงข้อต่อมากขึ้นและในหัวข้อคำถามของ VT ซึ่งชี้ไปในความรู้สึกกระปรี้กระเปร่า มีพลังมากขึ้นนั้น อาจพิจารณาได้ว่า ผู้ที่มีการออกกำลังกายจะมีการทำงานของระบบหัวใจหลอดเลือดและปอดที่ดีขึ้น¹² จึงทำให้ในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายนั้น เมื่อทำกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวันก็จะไม่เหนื่อยง่าย และรู้สึกมีพลังเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

สรุปได้ว่า การออกกำลังกายด้วยโปรแกรม modified HICT ในกลุ่มผู้หญิงอ้วนนั้น สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวได้อย่างชัดเจน ในส่วนของกล้ามเนื้อแขนขาถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มากนัก แต่ก็มีแนวโน้มที่แข็งแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งในการศึกษาต่อไปอาจจะพิจารณาตัวชี้วัดอื่นๆ เช่น EMG เพื่อให้ได้ผลการทำงานของกล้ามเนื้อที่ชัดเจนมากขึ้น นอกจากนี้ การใช้แบบสอบถามคุณภาพชีวิตพบว่า มีผลต่อคุณภาพชีวิตในมิติของการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวดต่อร่างกายและความรู้สึกมีพลังในการทำงานมากขึ้น ดังนั้นจึงควรสนับสนุนให้ผู้หญิงอ้วนที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายหันมาออกกำลังกายด้วยโปรแกรม modified HICT มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Weisell RC. Body mass index as an indicator of obesity. *Asia Pacific J clin Nutr.* 2002;11: S681-4.
2. Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE, et al. Sedentary behavior research network (SBRN) - terminology consensus project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2017;14(1):75.
3. Nieman D. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7th ed. New York: McGraw-Hill; 1950.
4. Marchesini G, Solaroli E, Baraldi L, Natale S, Miquiliorini S, Visani F, et al. Health-related quality of life in obesity: the role of eating behavior. *Diabetes Nutr Metab.* 2000;13(3):156-64.
5. Marchesini G, Bellini M, Natale S, Belsito C, Isacco S, Nuccitelli C. Psychiatric distress and health-related quality of life in obesity. *Diabetes Nutr Metab.* 2003;16(3):145-54.
6. Marchesini G, Natale S, Tiraferri F, Tartaglia A, Moscatiello S, Marchesini RL. The burden of obesity on everyday life: a role for osteoarticular and respiratory disease. *Diabetes Nutr Metab.* 2003;16(5-6):284-90.
7. Corica F, Corsonello A, Apolone G, Lucchetti M, Melchionda N, Marchesini G, et al. Construct validity of the Short Form-36 Health Survey and its relationship with BMI in obese outpatients. *Obesity.* 2006;14(8):1429-37.
8. Krusun M, Chaiklieng S. Prevalence of neck, shoulder and back discomfort among university office workers who used desktop computers more than 4 hours per day. *Graduate Research Conference.* 2014:1712-22.
9. Janwantanakul P, Pensri P, Jiamjarasrangsri V, Sinsongsook T. Prevalence of self-reported musculoskeletal symptoms among office workers. *Occup Med (Lond).* 2008;58(6):436-8.
10. Bolgla LA, Earl-Boehm J, Emery C, Hamstra-wright K, Ferber R. Pain, function, and strength outcomes for males and females with patellofemoral pain who participate in either a hip/core-or knee-based rehabilitation program. *Int J Sports Phys Ther.* 2016;11(6):926-35.
11. Choi HK, Gwon HJ, Kim SR, Park CS, Cho BJ. Effects of active rehabilitation therapy on muscular back strength and subjective pain degree in chronic lower back pain patients. *J Phys Ther Sci.* 2016;28:2700-2.
12. Naruemon Leelayuwat. *Physiology of exercise.* Khon Kaen: Khon Kaen University printing house; 2010;43-44.
13. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation.* 2007;116(9):1081-93.
14. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol.* 2012;590(5):1077-84.

15. Paoli A, Pacelli QF, Moro T, Marcolin G, Neri M, Battaqlia G, et al. Effects of high-intensity circuit training, low-intensity circuit training and endurance training on blood pressure and lipoproteins in middle-aged overweight men. *Lipids Health Dis.* 2013;12(1):131-8.
16. Klika B, Jordan C. High-intensity circuit training using body weight: maximum results with minimal investment. *ACSMs Health Fit J.* 2013;17(3):8-13.
17. Goedecke JH, Micklesfield LK. The effect of exercise on obesity, body fat distribution and risk for type 2 diabetes. *Med Sport Sci.* 2014;60:82-93.
18. Miller MB, Pearcey GE, Cahill F, McCarthy H, Stratton SB, Nofall JC, et al. The effect of a short-term high-intensity circuit training program on work capacity, body composition, and blood profiles in sedentary obese men: a pilot study. *Biomed Res Int.* 2014;2014:176-85.
19. Amornpan Ajjimaporn, Chutimon Khemtong, Waree Widjaja. Effects of 8 weeks modified high-intensity circuit training using bodyweight on body weight, body circumference and resting metabolic rate in sedentary obese woman. *JSST.* 2017;17(2):109-20.
20. Lanning LC, Uhl TL, Ingram CL, Mattacola CG, English T, Newsom S. Baseline values of trunk endurance and hip strength in collegiate athletes. *JAT.* 2006;41(4):427-34.
21. Kim CG, Jeoung BJ. Assessment of isokinetic muscle function in Korea male volleyball athletes. *J Exerc Rehabil.* 2016;12(5):429-37.
22. Luermarkul W, Meetam P. Properties Testing of the Retranslated SF-36 (Thai Version). *Thai J Pharm Sci.* 2005;29(1-2):69-88.
23. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Wilk KE, Andrews JR. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(4):556-569.
24. Miller MI, Medeiros JM. Recruitment of internal oblique and transversus abdominis muscles during the eccentric phase of the curl-up exercise. *Phys Ther.* 1987;67:1213-7.
25. Hagins M, Adler K, Cash M, Daugherty J, Mitrani G. Effects of practice on the ability to perform lumbar stabilization exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(9):546-55.
26. Nongpimol Nimit-arnun. The Epidemiological Situation and Risk Assessment of Knee Osteoarthritis among Thai People. *JRTAN.* 2014;15(3):185-94.