ผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยาน ต่อสมรรถภาพของปอดในเพศหญิงที่มีภาวะอ้วนลงพุง

Effect of resistance exercise with bicycle's inner tube on pulmonary function in women with metabolic syndrome

กนกทิพย์ สว่างใจธรรม[1*] จิราภรณ์ ชิตตระกูล[1] สรายุธ มงคล[2*]

Kanokthip sawangjaithum[1*] Jiraporn Chittrakul[1] Sarayoot Mongkol[2*]

[1]สาขาวิชากายภาพบำบัด สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

[1]Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Mae Fah Luang University, Chiang Rai Province, Thailand

[2]คณะกายภาพบำบัด วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ กรุงเทพฯ

[2]Faculty of Physical Therapy, Saint Louis College, Bangkok, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: grn_pt15@hotmail.com)

* Corresponding author (Email: grn_pt15@hotmail.com)

Received July 2017

Accepted as revised September 2017

Abstract

Background: Metabolic syndrome is often found in females and has effect on the pulmonary function whcih may induce to respiratory disease.

Objectives: To examine the effect of resistance exercise with bicycle's inner tube on pulmonary function in women with metabolic syndrome.

Materials and methods: Twenty-five female volunteers aged between 30-50 years old were included to perform resistance exercise using a bicycle tire for 60 minute/day, 3 days/week for 8 weeks. Forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV_1), FEV1/FVC ratio, and peak expiratory flow rate (PEFR) were measured at before and after 8 weeks of resistance exercise.

Results: The results showed significant increase in FVC, FEV_1, and PEFR (p<0.05), except for FEV_1/FVC ratio after 8 weeks of resistance exercise compared to before exercise.

Conclusion: The study suggests that 8-week resistance exercise with bicycle's inner tube has an important role in improving pulmonary function, particularly FVC, FEV_1, and PEFR in women with metabolic syndrome.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(3): 461-469. Doi: 10.14456/jams.2017.45

Keywords: Metabolic syndrome, bicycle's inner tube resistance exercise, pulmonary function

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: ภาวะอ้วนลงพุงเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในผู้หญิง ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพปอด ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดโรคทางระบบหายใจ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยานต่อสมรรถภาพปอดในเพศหญิงที่มีภาวะอ้วนลงพุง

วัสดุและวิธีการ: อาสาสมัครจำนวน 25 ราย อายุ 30-50 ปี ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยาน วันละ 60 นาที สัปดาห์ละ 3 วันเป็นระยะเวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์ ประเมินผลโดยการวัดปริมาตรการหายใจออกเต็มแรง (FVC) ปริมาตรอากาศที่ขับออกได้ในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่จากการหายใจเข้าเต็มที่ (FEV1) ค่าสัดส่วนของปริมาตรอากาศที่ขับออกได้ในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่จากการหายใจเข้าเต็มที่ต่อปริมาตรการหายใจออกเต็มแรง (FEV_1/FVC) ค่าอัตราการไหลของอากาศที่เร็วที่สุด (PEFR) ก่อนและหลังการออกกำลังกาย 8 สัปดาห์

ผลการศึกษา: พบว่าค่า FVC, FEV_1 และ PEFR มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ก่อนและหลังการออกกำลังกายยกเว้นค่า FEV_1/FVC

สรุปผลการศึกษา: การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยานสามารถเพิ่มสมรรถภาพปอดในค่า FVC, FEV_1 และ PEFR ในอาสาสมัครเพศหญิงที่มีภาวะอ้วนลงพุง

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(3): 461-469. Doi: 10.14456/jams.2017.45

คำสำคัญ: การออกกำลังกายเพื่อการรักษา การฝึกงานทางคลินิก วิจัยการเรียนการสอน

บทนำ

ภาวะอ้วนคือภาวะร่างกายที่มีน้ำหนักเกินค่ามาตรฐานของดัชนีมวลกาย โดยใช้ค่าดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) ที่คำนวณจากน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) หารด้วยส่วนสูง (เมตร^2)[1] สัมพันธ์กับปริมาณไขมันในร่างกาย และใช้เส้นรอบวงเอว (waist circumference) ที่วัดด้วยสายวัดมาตรฐาน วัดรอบเอวณ ตำแหน่งกึ่งกลางของข้างเอวระหว่างขอบล่างของซี่โครงล่างกับขอบบนของ Iliac crest โดยให้สายวัดเอวแนบรอบเอว และอยู่ในแนวขนานกับพื้นเป็นค่าตัดสินว่าเป็นกลุ่มอาการอ้วนลงพุง การเกิดกลุ่มอาการอ้วนลงพุงมีหลายสาเหตุ แต่ที่ได้รับการยอมรับในวงกว้างเชื่อว่าเกิดจากระบบการเผาผลาญอาหารที่ผิดปกติ[2-3] ภาวะอ้วนลงพุงมีความสัมพันธ์กับภาวะโรคเรื้อรังมากกว่าดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) ที่เกินมาตรฐานจึงส่งผลต่อสุขภาวะ คุณภาพชีวิต และความสูญเสียทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเพิ่มค่าใช้จ่ายทางสุขภาพและการสูญเสียชีวิตก่อนวัยอันสมควร ปี พ.ศ. 2547 โรคอ้วนในประเทศไทยเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้สูญเสียปีสุขภาวะเป็นอันดับที่ 2 ในผู้หญิงและเป็นอันดับ 6 ในผู้ชาย รวมถึงสูญเสียปีสุขภาวะ 390,000 วัน จากการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยด้วยการตรวจร่างกายครั้งที่ 4 พ.ศ. 2551-2552 พบว่า 1 ใน 3 (ร้อยละ 32) ของคนไทยมีภาวะอ้วนลงพุง โดยผู้ชายมีภาวะอ้วนลงพุงเพิ่มขึ้นถึง 2.5 เท่า กล่าวคือ จากร้อยละ 12.2 ใน พ.ศ. 2534 เป็นร้อยละ 30.8 ใน พ.ศ. 2552 และในผู้หญิงเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่า จากร้อยละ 21.8 ใน พ.ศ. 2534 เป็นร้อยละ 43.5 ใน พ.ศ. 2552 ความชุกของภาวะอ้วนในประชากรไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป พบว่าเพศชายร้อยละ 28.3 และเพศหญิงร้อยละ 40.7 มีภาวะอ้วน (BMI >25 กก./ม^2) โดยความชุกสูงสุดอยู่ในกลุ่มช่วงอายุ 20-39[4-5] แม้ว่ากลุ่มอาการอ้วนลงพุงจะมีผลกระทบต่อระบบอวัยวะร่างกายหลายระบบ แต่เมื่อมุ่งประเด็นความสนใจมาที่ระบบการหายใจพบว่า คนที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุง ค่า forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second; (FEV_1)[6-7] และ FEV_1 /FVC[8] ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มคนที่ไม่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุง และยังพบว่าผู้ที่มีค่าปัจจัยความเสี่ยงที่จะเป็นกลุ่มอาการอ้วนลงพุงสูง

พบค่า FVC ต่ำกว่ากลุ่มผู้ที่มีค่าปัจจัยความเสี่ยงที่จะเป็นกลุ่มอาการอ้วนลงพุงต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[7] กล่าวคือ ผู้มีไขมันในเลือดสูงร่วมกับไขมัน high density lipoprotein น้อยว่า 40 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรและไตรกลีเซอไรด์มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ส่งผลให้ค่า FEV_1 ลดลงเป็นลำดับขั้น[9-10] ผู้ที่มีเส้นรอบเอวมากกว่าหรือเท่ากับ 90 เซนติเมตร ร่วมกับไตรกลีเซอไรด์มากกว่าหรือเท่ากับ 150 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร มีค่า FVC ลดลงน้อยกว่ากลุ่มที่มีค่าเส้นรอบเอวน้อยกว่า 90 เซนติเมตรและไตรกลีเซอไรด์น้อยกว่า 150 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในส่วนของค่า FEV_1 มีค่าลดลงในเฉพาะกลุ่มที่มีค่าไตรกลีเซอไรด์มากกว่าหรือเท่ากับ 150 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และพบว่าค่า FEV_1/FVC มีความสัมพันธ์กับค่าเส้นรอบเอวเท่านั้น[11]

จากการศึกษาของ Carpio และคณะ[12] พบว่าความอ้วนมีผลต่อสมรรถภาพปอด โดยทำให้ปริมาตรความจุปอดลดลงและมีความต้านทานของการหายใจเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการทำงานหรือการออกกำลังกายลดลง และภาวะอ้วนยังส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพทางระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต[12] จากความบกพร่องของสรรถภาพปอดในผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุงอย่างที่กล่าวในข้างต้นแล้วนั้น มีการศึกษาการจัดการความบกพร่องของสมรรถภาพปอดโดยพบว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถเพิ่ม FVC, FEV_1 และ maximum voluntary ventilation (MVV) ในผู้ที่มี BMI >25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร[13] การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถเพิ่ม VO2max, FVC และ FEV_1 ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการออกกำลังในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นก่อนการออกกำลังกายในสัปดาห์ที่ 12[14] และยังพบว่า FVC, FEV_1, FEV_1/FVC และ forced expiratory flow at 25-75% of FVC (FEF 25-75%) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังออกกำลังกายแบบแอโรบิก 8 สัปดาห์[15] การออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน circuit resistance training เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในกลุ่มผู้หญิงที่มีกิจกรรมทางกายน้อยกว่าคนทั่วไป (inactive women) พบว่า peak expiratory flow (PEF), forced expiratory flow at 25-75% of FVC (FEF 25-75%), maximum voluntary ventilation (MVV) และ FEV_1 เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม16 การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านในผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุงพบว่าสามารถช่วยลดความดันโลหิตตัวล่างเฉพาะช่วงเวลานอน[17] การศึกษาของ Niehues และคณะ[18] เกี่ยวกับผลของการออกกำลังกายแบบพิลาติส ที่เป็นการออกกำลังกายลักษณะแบบมีแรงต้าน (resistance exercise) ร่วมกับการการเกร็งกล้ามเนื้อค้างไว้ (isometric exercise) ต่อระบบหายใจในคนที่มีภาวะอ้วน พบว่าการออกกำลังกายแบบพิลาติสสามารถเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกและปริมาตรของปอดในคนที่มีภาวะอ้วนได้เนื่องจากทำให้กล้ามเนื้อท้องมีความแข็งแรงมากขึ้นและการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น[18] และจากการศึกษาของ Bhammar และคณะ[19] ที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านร่วมกับการให้โปรแกรมลดน้ำหนักในกลุ่มคนอ้วน พบว่าหลังจากการออกกำลังกายเป็นเวลา 12 สัปดาห์ คนอ้วนมีปริมาณของอากาศในปอดหลังจากหายใจเข้าเต็มที่ (total lung capacity) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[19] อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมายังไม่พบการนำวัสดุเหลือใช้ เช่น ยางในรถจักรยานที่มีแรงต้านมาประยุกต์ใช้ต่อการทำงานของระบบการหายใจ และศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยานต่อสมรรถภาพปอดในผู้ที่มีภาวะอ้วนลงพุงเพศหญิง ซึ่งมีความชุกของการเกิดภาวะอ้วนลงพุงมากกว่าเพศชาย[20] ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยานต่อสมรรถภาพปอดในผู้ที่มีภาวะอ้วนลงพุงเพศหญิง

วัสดุและวิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยกระทำที่ห้องปฏิบัติการทางกายภาพบำบัด M3 321 อาคารปรีคลินิก มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง และอาคารอเนกประสงค์ หมู่ 9 ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย เพื่อตรวจวัดสมรรถภาพปอดในผู้ที่มีภาวะอ้วนลงพุงคัดเลือกอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออก และดำเนินการศึกษา สอนท่าออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยาน สัปดาห์ละ 3 วันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

<u>กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา</u>

การศึกษาครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมงานวิจัยในของสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง (รหัส REH-57031) โดยมีเกณฑ์คัดเข้า ดังนี้

1) เพศหญิงที่มีภาวะอ้วนลงพุง มีดัชนีมวลกาย (body mass index: BMI) >25 กก/ม²
2) ความยาวเส้นรวบเอวมากกว่า 80 เซนติเมตร และต้องมีภาวะดังต่อไปนี้อย่างน้อย 2 ข้อ ความดันโลหิตมากกว่า 130/85 มิลลิเมตรปรอท หรือผู้ที่ได้รับยาลดความดันโลหิต ระดับ triglyceride มากกว่า 150 มิลลิกรัม/เดซิลิตร หรือผู้ที่เป็นไขมันสูงและได้รับยาลดไขมัน ระดับ HDL น้อยกว่า 50 มิลลิกรัม/เดซิลิตร หรือผู้ที่ได้รับยาลดไขมัน ระดับน้ำตาลมากกว่า 100 มิลลิกรัม/เดซิลิตร หรือผู้ที่ได้รับการวินิจฉัยโดยแพทย์ว่าเป็นเบาหวานชนิดที่ 2[1-2] ในตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
3) อายุระหว่าง 30-50 ปี และลงลายมือชื่อแสดงความยินยอม

เข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ จำนวน 31 ราย
เกณฑ์คัดออกคือ

1) ไม่มีโรคทางระบบหายใจ เช่นโรคหอบหืด โรคภูมแพ้
2) ไม่มีโรคทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกาย เช่น กระดูกสันหลังคด
3) ไม่มีความผิดปกติของการมองเห็น การได้ยิน และการสื่อสาร
4) ไม่มีการบาดเจ็บของรยางค์แขน และขา ที่จำกัดการเคลื่อนไหวของมือและเท้า
5) ไม่ออกกำลังกายเป็นประจำต่อเนื่องมากกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์
6) ความดันโลหิตสามารถควบคุมได้ ความดันโลหิตขณะพักต้องไม่มากกว่าหรือเท่ากับ 160/105 มิลลิเมตรปรอท[21] และ
7) ไม่มีโรคทางหัวใจและหลอดเลือด เช่น โรคหัวใจโต หรือลิ้นหัวใจรั่ว ซึ่งจะเป็นอันตรายในขณะที่ออกกำลังกายได้

<u>วิธีการศึกษา</u>

ผู้วิจัยติดต่อประสานงานขอความร่วมมือกับเทศบาลตำบลนางแล กำนัน ผู้ใหญ่บ้านและเจ้าหน้าที่อาสาสมัครสาธารณสุข (อสม.) ตำบลนางแล ในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการในการเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ พร้อมทั้งขอข้อมูลรายละเอียดของกลุ่มตัวอย่างที่มีภาวะน้ำหนักตัวเกิน ในพื้นที่ตำบลนางแล อ.เมือง จ.เชียงราย จากนั้นผู้วิจัยนัดประชุมชี้แจงให้กับผู้เข้าร่วมการศึกษา จัดทำการตรวจคัดกรองและซักประวัติเพื่อคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติครบตามเกณฑ์การคัดเข้าร่วมการวิจัย หลังจากนั้นอธิบายวิธีการตอบแบบสอบถามแก่กลุ่มตัวอย่าง เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม รวมถึงสิทธิในการตอบรับหรือปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัย ชี้แจงการเตรียมตัวสำหรับการตรวจสอบสมรรถภาพปอดแก่กลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งแนะนำอธิบายขั้นตอนวิธีการตรวจสมรรถภาพปอดตามลำดับ

ก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยานผู้เข้าร่วมการศึกษาจะได้รับการวัดปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจหลังหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (forced vital capacity; FVC) วัดปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่จากตำแหน่งหายใจเข้าเต็มที่ (forced expiratory volume in one second; FEV_1) และค่าสัดส่วนของปริมาตรอากาศที่ขับออกได้ในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงอย่างเต็มที่หลังจากการหายใจเข้าเต็มที่ต่อปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจหลังหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FEV_1/FVC) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์[22] และอัตราการไหลของอากาศที่เร็วที่สุดในช่วงวินาทีแรกของปริมาตรของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่จากการหายใจเข้าเต็มที่ (peak expiratory flow rate; PEFR) ผู้วิจัยวัดสมรรถภาพปอดด้วยเครื่องสไปโรมิเตอร์ (ยี่ห้อ Micro lab รุ่น ML3500 MK8 บริษัท CareFusion ประเทศอังกฤษ) ผู้วิจัยสาธิตการเป่าลมหายใจเข้าเครื่อง Spirometer ให้แก่อาสาสมัคร 1 ครั้ง และให้อาสาสมัครทดสอบสมรรถภาพการทำงานของปอดของตน โดยการให้อาสาสมัครนั่งในท่าตรงเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงจากการเป็นลมหรือล้มลงจากการตรวจในท่ายืน ใช้มืออีกข้างหนึ่งปิดจมูกเพื่อป้องกันลมที่อาจเล็ดลอดออกทางจมูกขณะเป่าหรือสูดลมหายใจเข้าทางปาก จากนั้นให้อาสาสมัครอมท่อกระดาษที่ได้ต่อกับเครื่อง Spirometer ให้แนบชิดกับปากมากที่สุด เพื่อป้องกันอากาศรั่วออกมาทางปากในขณะเป่าหรือสูดอากาศเข้าออกจากปอด หลังจากนั้นให้อาสาสมัครหายใจเข้าออกตามปกติ 3-5 ครั้ง และตามด้วยการหายใจเข้าปอดให้ได้มากที่สุดเพื่อให้ถึงความจุเต็มที่ของปอด (total lung capacity; TLC) อย่างเร็ว แล้วหายใจออก โดยการเป่าออกทางปากอย่างเร็วและแรง แล้วให้หายใจเข้าเต็มที่อีก 1 ครั้ง แล้วจึงหายใจออกตามปกติ 3-5 ครั้ง ทดสอบสมรรถภาพปอดอย่างน้อย 3 ครั้งแต่ไม่เกิน 8 ครั้ง[22] และเลือกค่าที่ดีที่สุดมาใช้ในการคำนวณทางสถิติต่อไป

โปรแกรมการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ระยะอบอุ่นร่างกาย 10 นาที (10 ท่า) ทำ 3 ครั้งต่อท่า ค้างไว้ 10 วินาที/ครั้ง จำนวน 1 ชุด ระยะออกกำลังกาย 40 นาที (12 ท่า) ทำ 12 ครั้งต่อท่า จำนวน 2 ชุด ระยะผ่อนคลาย 10 นาที (7 ท่า) ทำ 3 ครั้งต่อท่า ค้างไว้ 10 วินาที/ครั้ง จำนวน 1 ชุด รวมทั้งสิ้น 60 นาที วันละครั้ง 3 วันต่อสัปดาห์ รวม 8 สัปดาห์ อ้างอิงจากการศึกษาของกนกทิพย์และคณะ[23] ใช้ยางในรถจักรยานเป็นแรงต้านขนาด 24 นิ้ว (swallow) ขนาดแรงต้านเทียบได้กับเทอราแบนด์สีน้ำเงิน มีความหนักประมาณ 5.3 กิโลกรัม ออกกำลังกายของกล้ามเนื้อแขนและขาโดยอ้างอิงจากการศึกษาของกนกทิพย์และคณะ[23] และปฏิบัติตามโปรแกรมการออกกำลังกายโดยมีนักกายภาพบำบัดสาธิตวิธีการออกกำลังกายโดยใช้ยางในรถจักรยาน ระดับความหนักของการออกกำลังกายอยู่ที่ปานกลาง (moderate intensity) ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมกับผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุง[24]

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical analysis)

ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการอธิบายผลเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการศึกษาอาสาสมัคร โดยเมื่อทดสอบทางสถิติโดย Kolmogorov-Smirnov test พบว่าข้อมูลของการศึกษาทุกค่าในครั้งนี้มีการกระจายตัวปกติ จึงใช้สถิติ paired t-test ในการวิเคราะห์ค่าสมรรถภาพปอดก่อนและหลังการออกกำลังกายด้วยแรงต้านจากยางในรถจักรยาน โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยานกลุ่มคนที่มีภาวะอ้วนลงพุงเพศหญิง ในตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย อายุระหว่าง 30-50 ปี จำนวน 31 ราย หลังจากเก็บข้อมูลพบว่าเหลืออาสาสมัครเพียง 25 ราย เนื่องจากอาสาสมัคร 2 รายมีอาการความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้หลังจากออกกำลังกาย อาสาสมัครจำนวน 2 รายต้องเดินทางไปต่างจังหวัดไม่สามารถเข้าร่วมโปรแกรมได้ และอาสาสมัครจำนวน 2 รายขาดการติดต่อโดยไม่ทราบสาเหตุ

จากข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (Table 1) พบว่าหลังจากฝึกครบ 8 สัปดาห์ ค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยาน ค่าปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจหลังหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ (FEV_1) และค่าอัตราการไหลของอากาศที่เร็วที่สุด (PEFR) มีค่าเพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ค่าสัดส่วนระหว่างค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ต่อปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจ หลังหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FEV_1/FVC) ลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 2)

Table 1 Baseline characteristics of females with metabolic syndrome (n=25).

Variable	Before exercise Mean±SD	After exercise Mean±SD
Age (years)	42.16±5.27	42.16±5.27
Weight (kg)	69.90±12.30	68.75±10.11
Height (cm)	154.4±4.0	154.4±4.0
Body mass index (kg/m^2)	29.19±4.34	29.04±5.64
Systolic blood pressure (mmHg)	140.80±17.62	130.80±10.05*
Diastolic blood pressure (mmHg)	92.44±13.78	92.39±14.69
Heart rate (beats/min)	81.48±12.46	80.22±25.33
Waist circumference(cm	89.65±06.12	88.99±10.87

** Significant differences before and after exercise analyzed by using paired t-test ($p \leq 0.05$)*

Table 2 Mean and standard deviation of pulmonary function at before and after the exercise with bicycle's inner tube.

Variable	N	Before exercise Mean±SD	After exercise Mean±SD	*p* value
FVC	25	2.39±0.38	2.48±0.35	0.002*
FEV1	25	2.23±0.34	2.30±0.35	0.022*
PEFR	25	295.96±79.68	337.20±81.75	0.002*
FEV1/FVC	25	94.44±4.51	93.24±5.67	0.102

** Significant differences before and after exercise analyzed by using paired t-test ($p \leq 0.05$)*

วิจารณ์ผล

การศึกษาสมรรถภาพปอดในอาสาสมัครเพศหญิงที่มีภาวะอ้วนลงพุงก่อนการออกกำลังกาย

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าก่อนการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยานของกลุ่มอาสาสมัครเพศหญิงที่มีภาวะอ้วนลงพุงเมื่อเปรียบเทียบค่ามาตรฐานตามอายุและส่วนสูง พบว่าค่าปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจ หลังหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FVC) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.39 ลิตร ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ 2.83 ลิตร18 อยู่ 0.44 ลิตร ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ (FEV_1) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.23 ลิตร ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ 2.38 ลิตร[25] อยู่ 0.15 ลิตร และค่าอัตราการไหลของอากาศที่เร็วที่สุด (PEFR) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 295.96 ลิตร/นาที ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ 356 ลิตร/นาที[25] อยู่ 60.04 ลิตร/นาที แต่ค่าสัดส่วนระหว่างค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ต่อค่าค่าปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจ หลังหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FEV_1/FVC) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 94.44% ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ 87.2%[25] อยู่ 7.24% แสดงให้เห็นว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนลงพุงมีรูปแบบการหายใจที่ผิดปกติ สมรรถภาพปอดลดลง เนื่องจากผู้ที่มีภาวะอ้วนลงพุงเสี่ยงต่อภาวะหยุดหายใจขณะหลับ ไขมันที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อรอบทางเดินหายใจส่วนบนทำให้ช่องทางเดินหายใจแคบลง ไขมันที่สะสมในช่องท้องดันกะบังลมขึ้นขณะนอนหงาย ผนังหน้าอกที่หนาด้วยไขมันมีความยืดหยุ่นต่ำ ปัจจัยทั้งหมดนี้ส่งเสริมให้ขณะนอนหลับผู้ที่มีภาวะอ้วนลงพุงมีปริมาตรปอดลดลงร่วมกับมีการอุดกั้นทางเดินหายใจ ทำให้เสี่ยงต่อภาวะออกซิเจนในเลือดลดต่ำ อาจทำให้เกิดภาวะความดันโลหิตสูงภาวะความดันหลอดเลือดปอดสูง (pulmonary hypertension) การทำงานของหัวใจห้องล่างทั้งสองห้องลดลง[26]

การศึกษาสมรรถภาพปอดในอาสาสมัครเพศหญิงที่มีภาวะอ้วนลงพุงหลังการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยาน 8 สัปดาห์

ผลการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน 8 สัปดาห์ที่มีต่อสมรรถภาพของปอดในอาสาสมัครเพศหญิงที่มีภาวะอ้วนลงพุง พบว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยานสามารถเพิ่มสมรรถภาพปอดได้ พิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจหลังหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ (FEV_1) และค่าอัตราการไหลของอากาศที่เร็วที่สุด (PEFR) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ค่าสัดส่วนระหว่างค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ต่อค่าปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจ หลังหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FEV_1/FVC) มีการลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยาน พบว่าหลังการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยาน ค่าปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจ หลังหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FVC) เพิ่มขึ้นจาก 2.39 ลิตร เป็น 2.48 ลิตร ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ (FEV_1) เพิ่มขึ้นจาก 2.23 ลิตรเป็น 2.30 ลิตร ค่าอัตราการไหลของอากาศที่เร็วที่สุด (PEFR) เพิ่มขึ้นจาก 295.96 ลิตร/นาที เป็น 337.20 ลิตร/นาที โดยเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ค่าสัดส่วนระหว่างค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ต่อปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจ หลังหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FEV_1/FVC) ลดลงจาก 94.44% เป็น 93.24% พบว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยาน 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ส่งผลให้สมรรถภาพของปอด (FVC, FEV_1, PEFR) เพิ่มขึ้นเนื่องจากการออกกำลังกายส่งผลต่อกลไกการทำงานของปอดดังนี้

1) เพิ่มการระบายอากาศเพิ่มขึ้นจากค่าปกติมากถึง 100-150 ลิตร/นาที และสามารถเพิ่มปริมาตรต่อการหายใจหนึ่งครั้ง เพิ่มขึ้นได้ถึง 6 เท่าของปกติ
2) Perfusion เพิ่มขึ้นเนื่องจาก cardiac output เพิ่มขึ้น
3) Diffusion เพิ่มขึ้นเป็นผลจาก perfusion เพิ่มขึ้น ทำให้พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซเพิ่มขึ้น และ
4) Gas transport เพิ่มขึ้นเพราะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิร่างกาย และความเป็นกรด (H+) ในเลือดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ออกซิเจนจากเม็ดเลือดแดงไปยังกล้ามเนื้อง่ายขึ้น[27]

แต่อย่างไรก็ตามสมรรถภาพปอดที่วัดได้ในครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าคนปกติ เนื่องจากผลของความอ้วนซึ่งมีไขมันสะสมตามตำแหน่งของร่างกาย โดยเฉพาะไขมันบริเวณหน้าท้องในคนที่มีภาวะอ้วนลงพุง มีผลทำให้การทำงานของระบบหายใจลดลง[7-8, 10] นอกจากนี้พบว่าน้ำหนักและดัชนีมวลกายของอาสาสมัครก่อนและหลังการออกกำลังกายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการออกกำลังกายที่ให้อาจยังไม่มีผลในลักษณะของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่จะสามารถลดน้ำหนักได้ และแรงต้านของยางในรถจักรยาน

อาจมีความหนักไม่เพียงพอที่จะทำให้ร่างกายเปลี่ยนแปลงไขมันเป็นกล้ามเนื้อได้ แต่พบว่าค่าความดันโลหิตขณะบีบตัวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นผลทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายที่พบว่าการออกกำลังกายติดต่อกันเป็นเวลาตั้งแต่ 6 สัปดาห์ อย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์สามารถลดความดันโลหิตขณะบีบตัวได้[21]

การศึกษาของ Azad และคณะ[13] พบว่าการออกกำลังกายแอโรบิกเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ออกกำลังกายในอาสาสมัครที่มีภาวะน้ำหนักเกินและภาวะอ้วน กลุ่มทดลองให้ออกกำลังกายแอโรบิกเป็นเวลา 24 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน พบว่าในกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิก ค่าปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจ หลังหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FVC) และค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ (FEV_1) เพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อช่วยหายใจ[13]

Askarabadi และคณะ[28] กล่าวว่าบางการศึกษาแสดงสมรรถภาพของปอดหลังจากผ่านการออกกำลังกายแอโรบิกนาน 8 สัปดาห์พบว่าทำให้ทางเดินหายใจส่วนต้นมีการปรับปรุงที่ดีขึ้น ผลโดยรวมแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มการดูดซึมออกซิเจนสูงสุดในวัยกลางคน (40-60 ปี) pulmonary index (FVC, FEV_1 และ FEV_1/FVC) ยังเพิ่มขึ้น ซึ่งบ่งบอกถึงการอุดกั้นทางเดินหายใจลดลงโดยการเพิ่มการดูดซึมออกซิเจนสูงสุด ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาในประเด็นการออกกำลังแบบแอโรบิกทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพในปอด เช่น การเพิ่มขึ้นของ FVC, FEV_1 และ VO_2max นอกจากนี้ยังทำให้ BMI ลดลง มีการกระจายไขมันในร่างกาย และยังพบว่าการลดลงของไขมันในร่างกายทำให้ VO_2max, FVC และ FEV_1 ลดลง ซึ่งจากผลการศึกษาก่อนหน้านี้ สรุปว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นหนึ่งในการฝึกที่ดีที่สุดในการที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพของปอดและการกระจายไขมันในร่างกาย[28]

ผลการศึกษายังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sundell[29] ซึ่งศึกษาการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านทานในนักกีฬาพบว่าการออกกำลังกายแบบฝึกความต้านทานสามารถพัฒนากำลังความแข็งแรง ขนาดของกล้ามเนื้อ และมวลกระดูก และยังมีประโยชน์ในการเผาผลาญไขมันมากกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิก โดยส่วนมากคนปกตินิยมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกมากกว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน[29] แต่จากการศึกษาพบว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านมีประโยชน์มากโดยเฉพาะในกลุ่มอาการอ้วนลงพุงเพราะสามารถรักษาและป้องกันโรคแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องได้ดีกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิก การศึกษาก่อนหน้านี้ของผู้วิจัยพบว่าคนที่เป็นโรคอ้วนและมีระบบการหายใจที่แย่ลงส่งผลให้มีอาการเหนื่อยหอบง่าย การทำงานของระบบหายใจในคนอ้วนต้องการใช้ปริมาณออกซิเจนมากกว่าคนปกติ สิ่งสำคัญการป้องกันภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับกลุ่มภาวะอ้วนลงพุง คือ การออกกำลังกาย และการควบคุมอาหาร เป็นต้น[26]

โดยรวมผลการศึกษาทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานสมรรถภาพปอดในเพศหญิงที่มีกลุ่มภาวะอ้วนลงพุง ว่ามีระดับต่ำกว่าปกติ ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดรูปแบบการหายใจผิดปกติ ทั้งแบบอุดกั้น แบบจำกัดการขยายตัว หรือแบบผสม อาจส่งผลให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคหอบหืดและโรคหลอดลมอุดกั้นเรื้อรังได้ จึงควรส่งเสริมสมรรถภาพปอดในผู้ที่มีกลุ่มภาวะอ้วนลงพุง ผลการให้โปรแกรมการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยาน (resistance exercise) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีผลต่อสมรรถภาพปอด (FEV_1, FVC และ PEFR) ทำให้สมรรถภาพปอดมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นน่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกลุ่มที่มีภาวะอ้วนลงพุงได้ในอนาคต

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยาน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ช่วยผลเพิ่มสมรรถภาพปอดในเพศหญิงที่มีภาวะอ้วนลงพุงได้ สามารถนำไปเป็นรูปแบบหนึ่งในการประยุกต์ใช้ในการออกกำลังกายในเพื่อประสิทธิภาพของระบบหายใจต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications: report of a WHO Consultation. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus. Geneva: World Health Organization; 1999.
2. Alberti KG, Zimmet P, Shaw J; IDF Epidemiology Task Force Consensus Group.The metabolic syndrome-a new worldwide definition. Lancet 2005; 366: 1059-62. doi: 10.1016/S0140-6736(05)67402-8.
3. Anderson PJ, Critchley JA, Chan JC, Cockram CS, Lee ZS, Thomas GN, et.al. Factor analysis of the metabolic syndrome: obesity vs insulin resistance as the central abnormality. Int J Obes Relat Metab Disord 2001; 25(12): 1782-8.doi: 10.1038/sj.ijo.0801837
4. Pongchaiyakul C, Nguyen TV, Wanothayaroj E, Krusun N, Klungboonkrong V. Prevalence of overweight and its relationship to weight in the Thai population. J Med Assoc Thai 2007; 90(3): 459-67.
5. Chen WL, Wang CC, Wu LW, Kao TW, Chan JY, Chen YJ, et.al. Relationship between lung function and metabolic syndrome. PLoS One 2014; 9(10):e108989. doi: 10.1371/journal.pone.0108989.
6. Lim SY, Rhee EJ, Sung KC. Metabolic syndrome, insulin resistance and systemic inflammation as risk factors for reduced lung function in Korean nonsmoking males. J Korean Med Sci 2010; 25: 1480-86. doi: 10.3346/jkms.2010.25.10.1480.
7. Kim SK, Hur KY, Choi YH, Kim SW, Chung JH, Kim HK, et.al. The relationship between lung function and metabolic syndrome in obese and non-obese Korean adult males. Korean Diabetes J 2010; 34(4): 253-60. doi: 10.4093/kdj.2010.34.4.253.
8. van Huisstede A, Cabezas MC, Birnie E, van de Geijn GJ, Rudolphus A, Mannaerts G, et.al. Systemic inflammation and lung function impairment in morbidly obese subjects with the metabolic syndrome. J Obes 2013; 1-5. doi: 10.1155/2013/131349.
9. Joppa P, Pobeha P, Tkacova R. Metabolic syndrome biomarkers in prediction of lung function impairment. Am J Respir Crit Care Med 2012; 186(6): 567. doi: 10.1164/ajrccm.186.6.567.
10. Nolan A; Weiden MD. Reply: Metabolic syndrome biomarkers in prediction of lung function impairment. Am J Respir Crit Care2012; 186(6): 567-8. doi: 10.1164/ajrccm.186.6.567a.
11. Bae MS, Han JH, Kim JH, Kim YJ, Lee KJ, Kwon KY. The relationship between metabolic syndrome and pulmonary function. Korean J Fam Med 2012; 33(2): 70-8. doi: 0.4082/kjfm.2012.33.2.70.
12. Carpio C, Santiago A, García de Lorenzo A, Alvarez-Sala R. Changes in lung function testing associated with obesity. Nutr Hosp 2014; 30(5):1054-62. doi: 10.3305/nh.2014.30.5.8042.
13. Azad A, Gharakhanlou R, Niknam A, Ghanbari A. Effects of aerobic exercise on lung function in overweight and obese students. Tanaffos 2011; 10(3): 24-31.
14. Abigail OO, Sunday A, Abraham O, Olajide O. Effect of weight bearing and non-weight bearing aerobics combined with resistance exercises on the cardiopulmonary functions of Nigerians with type 2 diabetes mellitus. J Diabetes Metab 2011; S10:001. doi: 10.4172/2155-6156.S10-001
15. Ferdowsia MH, Saiiarib A, Valizadehc R, Gholamie A. The effect of eight week aerobic exercise on airway trachea indexes (FEV1, FVC, $FEV_1.FVC_{\&FEF25-75}$) and VO_{2max} level in overweighed male students of Ahvaz Payam Noor University. Procedia Soc Behav Sci 2011; 15: 2848-52. 2011 doi: 10.1016/j.sbspro.2011.04.201

16. Khosravi M, Tayebi SM, Nezhad NG. Effect of eight weeks of circuit resistance training on pulmonary function of inactive women. Ann Appl Sport Sci2013; 1(2): 11-8.
17. Tibana RA, Pereira GB, de Souza JC, Tajra V, Vieira DCL, Campbell CSG, et.al. Resistance training decreases 24-hour blood pressure in women with metabolic syndrome. Diabetol Metab Syndr 2013; 27: 1-9. doi: 10.1186/1758-5996-5-27
18. Niehues JR, Gonzáles I, Lemos RR, Haas P. Pilates method for lung function and functional capacity in obese adults. Altern Ther Health Med 2015; 21(5):73-80.
19. Bhammar DM, Stickford JL, Bernhardt V, Babb TG. Effect of weight loss on operational lung volumes and oxygen cost of breathing in obese women. Int J Obes (Lond) 2016; 40(6): 998-1004. doi: 10.1038/ijo.2016.21.
20. Puttaruk P, Kongkhum S, Siripurkpong P. Prevalence and risk factors of metabolic syndrome among Thammasat University personnels. Songkla Med J 2012; 30; 3: 123-34.
21. American College of Sports Medicine. ACSM's guideline for exercise testing and prescription. 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
20. Wanger J, Clausen JL, Coates A, Pedersen OF, Brusasco V, Burgos F, et.al. Standardisation of the measurement of lung volumes. Eur Respir J 2005; 26: 511–22
22. Sawangjaithum K, Hancharoenkul B, Vimolratana O, Mongkol S. The effect of exercise with bicycle's inner tube on improvement of physical fitness and balance in women with metabolic syndrome. J Assoc Med Sci 2017; 50(1): 123-31. (in Thai)
23. Osho OA, Akinbo SRA, Osinubi AAA, Olawale OA. Effect of progressive aerobic and resistance exercises on the pulmonary functions of individuals with type 2 diabetes in Nigeria. Int J Endocrinol Metab 2012; 10(1): 411-7. doi: 10.5812/ijem.3333.
24. Dejsomritrutai W, Nana A, Maranetra KN, Chuaychoo B, Maneechotesuwan K, Wongsurakiat P, et. al. Reference spirometric values for healthy lifetime nonsmokers in Thailand. J Med Assoc Thai 2000; 83(5): 457-66.
25. Mongkol S. The effect of obesity on respiratory and cardiovascular system. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci. 2013; 45: 10-6. (in Thai).
26. Kraemer WJ, Fleck SJ, Deschenes MR. Exercise physiology: integrating theory and application. Philadelphia: Lippincott William& Wilkins; 2012.
27. Askarabadi SH, Valizadeh R, Daraeic F. The effects aerobic exercise on some pulmonary indexes, body composition, body fat distribution and VO_{2max} in normal and fat men of personal and members of faculty of Azad university Bebahan branch. Procedia Soc Behav Sci 2012; 46: 3041-5. doi:10.1016/j.sbspro.2012.06.006.
28. Sundell J. Resistance training is an effective tool against metabolic and frailty syndromes. Adv Prev Med 2011. doi: 10.4061/2011/984683. Available from:http://dx.doi.org/10.4061/2011/984683.