

ประสิทธิผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าด้วยแบบแผนการหายใจแบบใหม่ ในผู้สูงอายุโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

ฉัตริน วงษ์สวัสดิ์¹ ชูลี โจนส์^{1*} วจนารัตน์ พันธวงศ์¹ ฉัตรชัย พิมพ์ศักดิ์¹ พรอนันต์ โดมทอง² และ สุมาลี เกียรติบุญศรี³

Received: September 19, 2019

Revised: November 13, 2019

Accepted: December 20, 2019

บทคัดย่อ

โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นโรคที่มีการอักเสบเรื้อรังของทางเดินหายใจ มีการปิดของท่อลมก่อนเวลา ทำให้เกิดการโป่งพองของปอด ขณะพักและทำกิจกรรมหรือออกกำลังกาย และมีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า ทำให้หอบเหนื่อยง่าย และความทนทานในการทำกิจกรรมทางกายหรือการออกกำลังกายลดลง ประสิทธิภาพของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจยังมีความขัดแย้งกัน อาจเนื่องจากขาดการควบคุมแบบแผนการหายใจขณะฝึกกล้ามเนื้อหายใจ ซึ่งแบบแผนการหายใจที่ลดการปิดของท่อลมและเน้นการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจเข้าที่อ่อนแอระหว่างการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าน่าจะทำให้การฝึกมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ยังไม่มีการศึกษามาก่อน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงประสิทธิผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าด้วยแบบแผนการหายใจแบบใหม่โดยใช้การหายใจเข้าที่ช้าๆ ด้วยแรงต้านต่ำโดยใช้กะบังลมร่วมกับการหายใจออกช้าๆ แบบห่อปากซึ่งเหมาะสมสำหรับผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

ทำการศึกษาในอาสาสมัครโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ความรุนแรงน้อยถึงมาก เพศชาย 18 คน ซึ่งถูกสุ่มแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มทดลองที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบใหม่ (SLB) จำนวน 10 คน และกลุ่มควบคุม (SHAM) จำนวน 8 คน กลุ่ม SLB ได้ทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าด้วยแบบแผนการหายใจใหม่โดยเน้นการใช้กล้ามเนื้อกะบังลม และทรวงอกกลางในการหายใจเข้าที่แรงต้านร้อยละ 30 ของแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด โดยใช้อุปกรณ์ BreatheMAX[®] หายใจเข้า 3 วินาที หายใจออกแบบห่อริมฝีปาก 7 วินาที ฝึก 6 ครั้ง/ชุด 15 ชุด/รอบพักระหว่างชุด 5-10 วินาที 2 รอบ/วัน ทุกวัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ และกลุ่ม SHAM ให้ฝึกหายใจเช่นเดียวกันกับกลุ่ม SLB แต่ไม่มีแรงต้านแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าและสมรรถภาพการทำกิจกรรมทางกายด้วยการเดิน 6 นาที ถูกวัดก่อนและหลังสิ้นสุดโปรแกรมที่ห้องวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า อาสาสมัครกลุ่ม SLB ได้ฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าด้วยแบบแผนการหายใจแบบใหม่ตามโปรแกรมอย่างสม่ำเสมอมากกว่าร้อยละ 80 และไม่มีอาการไม่พึงประสงค์ขณะฝึกกล้ามเนื้อหายใจ หลังการฝึกหายใจ 8 สัปดาห์ ค่าแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าเพิ่มขึ้น 23.9 ± 5.20 เซนติเมตรน้ำ หรือร้อยละ 31 ($p < 0.01$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่ม SLB แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในกลุ่ม SHAM ส่วนระยะทางการเดิน 6 นาทีไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทั้งสองกลุ่ม

สรุปการศึกษาว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าที่แรงต้านต่ำด้วยแบบแผนการหายใจแบบใหม่ เป็นวิธีการที่ทำให้ได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า แต่ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการทำกิจกรรมทางกายในผู้สูงอายุโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

คำสำคัญ: โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง, การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ, หายใจออกด้วยการห่อริมฝีปาก, การหายใจเข้า

¹สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²หน่วยโรคปอดและเวชบำบัดวิกฤต กลุ่มงานอายุรกรรม โรงพยาบาลขอนแก่น

³หน่วยโรคระบบหายใจและเวชบำบัดวิกฤต คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

*ผู้รับผิดชอบบทความ

Effectiveness of inspiratory muscle training with a new breathing pattern in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease

Chattarin Wongsawat¹, Chulee Ubolsakka-Jones^{1*}, Watjanarat Panwong¹, Chatchai Phimphasak¹, Pornanan Domthong² and Sumalee Kiatboonsri³

Abstract

Chronic Obstructive pulmonary disease (COPD) is a chronic inflammatory airway disease with the common problem of premature airway closure. This leads to lung hyperinflation at rest and during exercise and inspiratory muscle weakness which lead to breathlessness, poor physical performance and exercise intolerance. The efficacy of inspiratory muscle training (IMT) is still controversial, possibly because the pattern of breathing during training is not generally controlled, but IMT with a breathing pattern that reduces airway closure and targets weak inspiratory muscles, may be effective. The present study, therefore, investigated the efficacy of IMT with a new breathing pattern, suitable for COPD, involving low load and a slow breathing rate with pursed lip expiration. The study included 18 male COPD patients with mild-moderate severity, randomly divided into Slow Loaded Breathing training (SLB, n=10) and Sham (SHAM, n=8) groups. The SLB performed inspiratory muscle training with a new breathing pattern emphasizing diaphragmatic and lower costal breathing, against 30% of maximum inspiratory pressure (MIP) using the BreatheMAX[®] device. Inspiratory time was for 3 seconds with pursed lip expiration for 7 seconds, 6 breaths/min per set, 15 sets per session with 5-10 sec rest between sets, twice a day, 7 day a week, for 8 weeks. The SHAM group performed similar breathing exercise but without load. The training was performed at home and the training sessions, breathless and other symptoms were recorded daily. The adherence to training was encouraged by regular phone calls and home visits. MIP and 6 minute walk test were measured pre-and post-training in the laboratory. There was high adherence to the training (> 80 %) without adverse symptoms. After 8 weeks of training, MIP was significantly increased by 23.9 ± 5.20 cmH₂O (31 %, $p < 0.01$) in SLB but with no significant change in the SHAM group. 6MWD did not change in either group. In conclusion, the IMT at low load with a new breathing protocol (slow rate, diaphragmatic and lower costal breathing with pursed lip expiration) is safe and effective in improving inspiratory muscle strength but did not improve functional capacity in elderly patients with COPD.

Keywords: COPD, Inspiratory muscle training, Pursed lips breathing, Slow breathing

¹School of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University

²Pulmonary and critical care medicine unit, Department of Internal medicine, Khon Kaen Hospital

³Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Department of Medicine, Ramathibodi Hospital, Mahidol University

*Corresponding author: (e-mail: joneschulee@gmail.com)

บทนำ

องค์การอนามัยโลก(WHO) พบว่าประชากรมากกว่า 80 ล้านคนทั่วโลกป่วยเป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstructive Pulmonary Disease; COPD) มีความรุนแรงในระดับปานกลางถึงมาก⁽¹⁾ นอกจากนี้ยังคาดการณ์ว่า COPD จะเป็นสาเหตุการตายอันดับที่ 3 ของโลกในปี 2020 ทำให้โรคนี้เป็นวิกฤตสำคัญต่อระบบสาธารณสุขโลกอีกด้วย⁽²⁾ ผู้ป่วย COPD มีการอักเสบของหลอดลมเรื้อรัง ซึ่งทำลายโครงสร้างของผนังทางเดินหายใจและเนื้อเยื่อปอด (structural change) ทำให้ปอดของผู้ป่วยมี elastic recoil ลดลง เกิดอากาศคั่งค้างอยู่ในปอดและนำไปสู่การโป่งพองของปอดในขณะพัก อันเป็นกลไกเชิงกลที่ทำให้เกิดอาการหอบเหนื่อยและกล้ามเนื้อหายใจทำงานไม่มีประสิทธิภาพและอ่อนแรง โดยเฉพาะเกิดพลวัตการโป่งพองของปอดเพิ่มขึ้นในขณะทำกิจกรรมหรือออกกำลังกาย ทำให้ปริมาตรการหายใจไม่เพียงพอเกิดความบกพร่องของการทำงานของปอด (pulmonary dysfunction) ทำให้ความทนทานในการทำกิจกรรมทางกายลดลง นอกจากนั้นยังเกิดการอักเสบในระบบการทำงานอื่นๆ ของร่างกาย (systemic effect) ซึ่งมีผลทำให้กล้ามเนื้ออ่อนแรงรวมทั้งกล้ามเนื้อหายใจทำให้โรคนี้เป็นโรคที่เกิดอาการหอบเหนื่อยง่าย ทำให้ความทนทานในการทำกิจกรรมทางกายและออกกำลังกายลดลง กระทั่งต่ออาชีพ สถานะทางเศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตทุกด้านของผู้ป่วย^(3,4)

การฟื้นฟูสมรรถภาพปอดได้ถูกกำหนดไว้เป็นแนวทางมาตรฐานที่ผู้ป่วยควรได้รับ เพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายและเพิ่มคุณภาพชีวิต ซึ่งโปรแกรมการฟื้นฟูสมรรถภาพปอดประกอบด้วย หลายส่วนร่วมกัน ได้แก่ การฝึกออกกำลังกาย การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า การเพิ่มกิจกรรมทางกาย การดูแลสุขภาพระบบการหายใจ การให้ความรู้ในการงดสูบบุหรี่และหลีกเลี่ยงปัจจัยที่เป็นสาเหตุให้เกิดอาการกำเริบของโรค เพื่อป้องกันและควบคุมอาการกำเริบ เป็นต้น⁽⁵⁾ แม้การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าได้ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานของการฟื้นฟูสมรรถภาพปอด แต่ประสิทธิภาพของการฝึกเข้าต่อการเพิ่มสมรรถภาพความทนทานในการออกกำลังกาย

หรือทำกิจกรรมยังไม่สามารถสรุปได้ เนื่องจากผลการศึกษา ยังมีความขัดแย้งกัน โดยขณะที่ Chuang และคณะ⁽⁶⁾ รายงานว่าการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าสามารถเพิ่มสมรรถภาพความทนทานของการออกกำลังกายด้วยการทดสอบการเดิน 6 นาทีในผู้ป่วย COPD ได้ แต่ผลนี้ขัดแย้งกับรายงานการของ Polkey และคณะ⁽⁷⁾ ซึ่งไม่พบประสิทธิภาพการออกกำลังกายไม่ทำด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพทางกายมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ หรือการทดสอบสมรรถภาพทางกายภาคสนาม (field test)

ความขัดแย้งของผลการศึกษาดังกล่าวอาจเกิดจากความแตกต่างของกลไกเชิงกลของการหายใจ (breathing mechanics) ระหว่างการฝึกฯ กล่าวคือ ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจเข้าขึ้นกับความยาวกล้ามเนื้อตั้งต้นก่อนเริ่มการหดตัว (length-tension relationship) โดยเฉพาะกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อหายใจบริเวณทรวงอกล่างที่เป็นกล้ามเนื้อหลักของการหายใจและเป็นกล้ามเนื้อที่อ่อนแรงของผู้ป่วย COPD ความยาวตั้งต้นของกล้ามเนื้อหายใจเข้านี้ขึ้นกับปริมาตรปอดตั้งต้นซึ่งขึ้นกับปริมาตรอากาศที่ค้างในปอดเมื่อหายใจออกสุด (end expiratory lung volume, EELV) ปริมาตรปอด EELV นี้ ขึ้นกับปริมาตรอากาศที่ระบายออกได้ซึ่งขึ้นกับแบบแผนในการหายใจออกนั่นเอง การควบคุมปริมาตรปอดตั้งต้นหรือ EELV ทำได้โดยการปรับแบบแผนการหายใจให้สามารถขับอากาศออกจากปอดได้โดยไม่เกิดการกักอากาศในขณะหายใจออก เพื่อลดปริมาตรปอดตั้งต้นของการหายใจให้เล็กลง ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ปริมาตรปอดตั้งต้นมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจเข้าใน COPD การหายใจเข้าจากปริมาตรปอดที่ใหญ่ทำให้กล้ามเนื้อหายใจเข้าทำงานไม่มีประสิทธิภาพ^(8,9) ดังนั้นปริมาตรปอด EELV ที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความแตกต่างของประสิทธิภาพการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจเข้าที่ต่างกันก็ได้

การลดปริมาตรปอดตั้งต้นสามารถทำได้โดยการลดการกักอากาศที่มักเกิดใน COPD ซึ่งการหายใจออกก่อนแรงดันบวก (positive expiratory pressure, PEP) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการลดการปิดของท่อลม ส่งผลให้ลดการกักอากาศและการโป่งพองของปอด และ

ลดหอบเหนื่อยใน COPD^(10,11) การหายใจออกแบบห่อริมฝีปากหรือเป่าปาก (pursed lip) โดยหายใจออกช้าๆ เป็นวิธีการหายใจออกที่ทำให้เกิด PEP โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ภายนอก อีกทั้งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพลดการกักอากาศ จึงลด EELV ในทุกรอบการหายใจ และทำให้ปริมาตรอากาศในการหายใจต่อหนึ่งครั้ง (Tidal volume; V_T) มีค่าเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นการเพิ่มเวลาของการหายใจออกยังสัมพันธ์กับการลด EELV ด้วย⁽¹²⁾ ซึ่งจะส่งผลดีต่อการระบายอากาศ และไม่น่าจะเพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะ hypoxia และ hypercapnea⁽¹³⁾

นอกจากการควบคุมปริมาตรปอดตั้งต้นในการฝึกเพื่อให้กล้ามเนื้อหายใจกะบังลม และกล้ามเนื้อหายใจเข้าระหว่างซี่โครงน่าจะอยู่ในช่วงความยาวที่มากขึ้นแล้ว การควบคุมเน้นให้กล้ามเนื้อเป้าหมายคือ กะบังลม และกล้ามเนื้อหายใจเข้าทรวงอกล่างได้หดตัวเต็มที่ เพื่อลดการทำงานของกล้ามเนื้อช่วยหายใจที่คอ (accessory muscles) เป็นสิ่งสำคัญในการฝึกด้วย เนื่องจากโดยปกติอาสาสมัคร COPD มักใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจนี้ในการหายใจ ดังนั้นหากไม่มีการควบคุม ผู้ป่วยอาจใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจขณะฝึกกล้ามเนื้อหายใจแทนกล้ามเนื้อเป้าหมายที่อ่อนแรงดังกล่าว ทั้งการควบคุมปริมาตรปอดตั้งต้นและการฝึกเน้นจำเพาะกล้ามเนื้อเป้าหมายทำได้โดยการควบคุมแบบแผนการหายใจในระหว่างการฝึกนั่นเอง

ดังนั้นการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า จึงควรควบคุมแบบแผนการหายใจขณะฝึกโดยปรับลดปริมาตรปอดตั้งต้นของการหายใจเข้าในทุกรอบการหายใจ และเพิ่มเวลาให้กล้ามเนื้อได้ถูกฝึกการทำงานเป็นเวลานานขึ้น จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาคณะผู้วิจัยไม่พบรายงานใดๆ ที่กล่าวถึง หรือให้ความสำคัญกับเรื่องแบบแผนการหายใจ และปริมาตรปอดตั้งต้นที่ใช้ในขณะที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ป่วย COPD^(6,7,14-22)

เนื่องจากการศึกษาของ Ubolsakka-Jones และคณะ⁽¹¹⁾ ได้ศึกษาผลของการฝึกหายใจเข้าด้วยแรงต้านต่ำด้วยอัตราการหายใจ 6 ครั้งต่อนาที ด้วยอุปกรณ์ Breath-

eMAX[®] พบว่าสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า และความทนทานในการออกกำลังกายได้ในผู้สูงอายุ คณะผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์วิธีการฝึกหายใจเข้าดังกล่าว โดยใช้แบบแผนการหายใจออกแบบห่อปากช้าๆ และเน้นการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่จำเพาะกะบังลมและทรวงอกล่าง ที่แรงต้านต่ำสุดระดับร้อยละ 30 ของค่าแรงดันหายใจเข้าสูงสุด^(11,21,23) ในการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าในผู้ป่วย COPD ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าด้วยแบบแผนการหายใจรูปแบบใหม่นี้ต่อความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจเข้า และสมรรถภาพการทำกิจกรรมทางกายในผู้สูงอายุ COPD

วัตถุประสงค์และวิธีการวิจัย

อาสาสมัคร

จำนวนอาสาสมัครคำนวณจากสูตรคำนวณขนาดตัวอย่าง⁽²⁴⁾ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าที่เปลี่ยนแปลงจากผลการศึกษานำร่อง ในอาสาสมัครกลุ่มละ 5 คน ซึ่งพบว่าแรงดันหายใจเข้าสูงสุดหลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจของกลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจและกลุ่มควบคุม เพิ่มขึ้น 26.2 ± 4.97 และ 1.2 ± 2.39 เซนติเมตรน้ำ ตามลำดับ

$$n/gr = \frac{2\sigma^2(Z_\alpha + Z_\beta)^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

$$n/gr = \frac{2(15.21)^2(1.96+1.28)^2}{(26.2-1.2)^2} = 8$$

ดังนั้นต้องทำการศึกษาในอาสาสมัครกลุ่มละ 8 คน เมื่อรวมกับ 20% drop out แล้วต้องทำการศึกษาในอาสาสมัครกลุ่มละ 10 คน ได้ทำการศึกษาในอาสาสมัครผู้ป่วย COPD เพศชาย จากคลินิกโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและหอบหืด ของโรงพยาบาลในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 18 คน อายุเฉลี่ย 68.22 ± 5.89 ปี มีระดับความรุนแรงของโรคในระดับน้อย-มาก ซึ่งผ่านความเห็นชอบในการเข้าร่วมการศึกษาจากแพทย์ประจำของโรงพยาบาลนั้นๆ ไม่มีการกำเริบของโรค (acute exacerbation) อย่างน้อย

4 สัปดาห์ เข้าร่วมงานวิจัยจนสิ้นสุดโปรแกรม และไม่มีเกณฑ์คัดออกคือ มีข้อห้ามในการออกกำลังกาย มีประวัติความผิดปกติของทรวงอก เช่น ปอดรั่ว ผ่าตัดปอด (ไม่เกิน 12 เดือน) ปัจจุบันยังสูบบุหรี่ มีปัญหาการทรงตัวมองเห็น ได้ยิน ไม่สามารถฝึกหายใจร่วมกับแรงต้านได้ และได้ลงชื่อยินยอมด้วยความสมัครใจในการเข้าร่วมการศึกษานี้ ซึ่งได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (เลขที่โครงการวิจัย HE611382) อาสาสมัครถูกแบ่งด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย (simple randomization) เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกหายใจด้วยแรงต้าน (Slow loaded breathing: SLB) 10 คน และกลุ่มควบคุม (SHAM) 8 คน อาสาสมัครปฏิบัติตามชีวิตประจำวันปกติ รับประทานยาต่อเนื่องโดยไม่เปลี่ยนแปลงยาตลอดโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ และไม่ได้เข้าร่วมโปรแกรมการฟื้นฟูสมรรถภาพ หรือการวิจัยอื่น รายละเอียดลักษณะทางกายภาพและภาวะสุขภาพ แสดงในตารางที่ 1

วิธีการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ

กลุ่ม SLB ฝึกหายใจเข้าด้วยแรงต้านร้อยละ 30 ของค่าแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าซึ่งวัดตามวิธีที่กล่าวในหัวข้อการวัดตัวแปร โดยใช้อุปกรณ์ฝึกหายใจ BreatheMAX® (C&D biomedical, Thailand) (ดังรูปที่ 1) ซึ่งใช้เสียงพูดของฟองอากาศเป็นเสียงสัญญาณป้อนกลับ แสดงความสำเร็จของการฝึกหายใจและลักษณะแบบแผนการหายใจ แรงต้านการหายใจขึ้นกับแรงดันน้ำในท่อการเชื่อมต่ออุปกรณ์ BreatheMAX® เป็นการเพิ่มแรงต้านเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ระดับแรงต้านเป้าหมายตามที่คำนวณได้โดยเฉลี่ยใช้ 2 ชุดต่อคน อาสาสมัครฝึกหายใจเข้า 3 วินาที โดยเน้นที่การใช้กล้ามเนื้อกะบังลมและทรวงอกส่วนล่าง และหายใจออกพร้อมกับกำมือหรือบีบปาก 7 วินาที 6 ครั้ง/ชุด 15 ชุด/รอบ พักระหว่างชุด 5-10 วินาที 2 รอบ/วัน ทุกวัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ส่วนกลุ่ม SHAM ฝึกหายใจด้วยรูปแบบเดียวกับกลุ่ม SLB ด้วยอุปกรณ์เหมือนกันแต่ไม่มีแรงต้านเพื่อฝึกกล้ามเนื้อหายใจ แต่ปรับใช้แรงดันน้ำต่ำรวม 1 เซนติเมตรน้ำ เพื่อเป็นสัญญาณป้อนกลับให้อาสาสมัคร ควบคุมแบบแผนการหายใจได้เองเมื่อฝึกหายใจที่บ้าน



ก



ข

รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์การฝึกหายใจและการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ ก. อุปกรณ์ฝึกหายใจ BreatheMAX® ข. อาสาสมัครกำลังฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ซึ่งเชื่อมต่อแรงต้าน 3 ขวด ตามแบบแผนการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบใหม่ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยก่อนการฝึกเองที่บ้าน

วิธีการวัดตัวแปรตามสมรรถภาพปอด

วัดสมรรถภาพของปอดโดยใช้เครื่อง Spirometer (KoKo spirometer, PDS Healthcare Products, Inc., USA) เพื่อหาค่า Force expiratory volume in one second (FEV₁), Force vital capacity (FVC) ตามวิธีที่กำหนดของ ATS/ERS guideline⁽²⁵⁾ โดยให้อาสาสมัครนั่งเก้าอี้ ตัวตรง และปิดจมูก ให้อาสาสมัครหายใจเข้าออกปกติ 2-3 รอบ จากนั้นให้หายใจเข้าเต็มที่และเป่าลมออกเร็วและแรงเป็นเวลาอย่างน้อย 6 วินาที โดยวัดก่อนและหลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึกหายใจเพื่อประเมินประสิทธิภาพการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (Inspiratory muscle strength)

ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าด้วยค่าแรงดันหายใจเข้าสูงสุด(maximum inspiratory pressure; MIP) โดยใช้ Mouth pressure meter (Micro RPM, Micro Medical, Inc., Chatham Maritime, Kent, UK.) เป็นวิธีการวัดแบบไม่รุกราน โดยวัดตามวิธีที่กำหนดใน ATS/ERS guideline⁽²⁶⁾ โดยให้อาสาสมัครนั่งเก้าอี้และปิดจมูก ให้อาสาสมัครหายใจออกปกติ (วัดจาก Functional Residual Capacity; FRC) จากนั้นให้หายใจเข้าเร็วและแรง แล้วค้างไว้ 2 วินาที อ่านค่าแรงดันที่จุดนี้เป็นค่า MIP

วัดหลายครั้ง พักระหว่างครั้งการวัด 1 นาที โดยทำจนกว่าค่าของ MIP แตกต่างกันน้อยกว่า 5% ใช้ค่าสูงสุดที่วัดได้เป็นค่า MIP ของการศึกษานี้ วัดก่อนและหลังการฝึกหายใจ

สมรรถภาพการออกกำลังกาย (Physical Performance)

ประเมินสมรรถภาพการออกกำลังกายด้วยการทดสอบการเดิน 6 นาที (6 Minutes Walk Test, 6 MWT) โดยวัดตามวิธีที่กำหนดใน ATS/ERS guideline⁽²⁷⁾ อาสาสมัครเดินด้วยความเร็วของตนเอง โดยไม่มีการกระตุ้นความเร็ว ไปและกลับตามระยะห่าง 30 เมตร ให้ได้ระยะทางมากที่สุดในเวลา 6 นาที สามารถพักได้เมื่อต้องการ หรือมีอาการหอบเหนื่อย หรืออาการอื่นๆ โดยมีเก้าอี้วางอยู่เป็นระยะๆ ทำการทดสอบการเดิน 2 ครั้ง วัดอัตราการเต้นหัวใจ ความอึดตัวของออกซิเจน ระดับอาการหอบเหนื่อย และระดับความล้า ก่อนและหลังหยุดการเดินเมื่อครบกำหนด 6 นาทีทันที

ขั้นตอนการศึกษาและเก็บข้อมูล

อาสาสมัครเดินทางมายังห้องวิจัยทางกายภาพบำบัดระบบการหายใจ คณะเทคนิคการแพทย์มหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ซักประวัติ ตรวจร่างกาย ลักษณะทางกายภาพ ตรวจสมรรถภาพปอด เพื่อยืนยันคำวินิจฉัย COPD โดยใช้เกณฑ์ $FEV_1/FVC < 0.7$ แล้วทำความสะอาดคันทันกับกระบวนการวัดตัวแปรต่างๆ ครั้งที่ 2 ทำการวัดตัวแปรตาม MIP และ 6MWT เป็นข้อมูลก่อนการฝึกกล้ามเนื้อหายใจตามโปรแกรม แล้วฝึกการใช้อุปกรณ์ฝึกหายใจ โดยฝึกการเชื่อมต่ออุปกรณ์ และปรับแรงต้านตามที่คำนวณได้ ฝึกซ้อมวิธีการฝึกหายใจตามกลุ่ม SLB หรือกลุ่ม SHAM จนทำได้ถูกต้อง อาสาสมัครได้รับอุปกรณ์และสมุดบันทึกประจำวันในการฝึกหายใจที่บ้าน และได้รับคำแนะนำการดูแลทำความสะอาดอุปกรณ์ที่บ้าน

อาสาสมัครฝึกหายใจเองที่บ้านตามโปรแกรมที่ได้รับ บันทึกปริมาณการฝึกหายใจ และอาการหอบเหนื่อยระหว่างฝึกหายใจในสมุดบันทึกประจำวัน จนสิ้นสุดโปรแกรม 8 สัปดาห์ คณะผู้วิจัยติดตามความสม่ำเสมอของการฝึกหายใจ และอาการหอบเหนื่อย หรืออาการไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างหรือหลังการฝึกหายใจทางโทรศัพท์อย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดโปรแกรม และทำการสุ่มเยี่ยมบ้านอย่างน้อย 1 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ หลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึกหายใจอาสาสมัครเดินทางมาที่ห้องวิจัยเป็นครั้งที่ 3 เพื่อส่งคืนสมุดบันทึกประจำวันและอุปกรณ์ฝึกหายใจ คณะผู้วิจัยเก็บข้อมูลตัวแปรตามเช่นเดียวกับก่อนเริ่มโปรแกรมการฝึกหายใจ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แสดงข้อมูลค่าตัวแปรตามเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD) ตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติด้วย Shapiro-Wilk Test วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มระหว่างก่อนและหลังการฝึกหายใจในแต่ละกลุ่มด้วย Paired T-Test และ ระหว่างกลุ่มด้วย Independent T-Test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ วิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Stata เวอร์ชัน 14

ผลการวิจัย

อาสาสมัคร COPD เพศชาย จำนวน 18 คน มีความรุนแรงของโรคระดับน้อยถึงมาก เจ็บป่วยด้วย COPD มานาน 14.94 ± 12.36 ปี ปัจจุบันอาสาสมัครทุกคนเลิกสูบบุหรี่ ไข้ยาขยายหลอดลม และอยู่ในภาวะที่ควบคุมอาการของ COPD ได้ ไม่มีโรคร่วมอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษา (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานทางการแพทย์ของอาสาสมัคร (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ลักษณะทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานทางการแพทย์ของอาสาสมัคร	SLB (10 คน)	SHAM (8 คน)	<i>p-value</i>
อายุ (ปี)	67.5 ± 5.87	69.13 ± 6.17	0.576
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	22.10 ± 2.96	24.39 ± 4.45	0.210
แรงดันหายใจเข้าสูงสุด (เซนติเมตรน้ำ)	78.1 ± 11.23	84.25 ± 9.13	0.229
ความรุนแรงของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง: จำนวน (min, max% predicted):			
- ระดับน้อย: ≥80% predicted	3 (81, 88%)	4 (81, 95%)	-
- ระดับกลาง: 50%-80% predicted	5 (52, 74%)	2 (54, 65%)	-
- ระดับมาก: 30%-50% predicted	2 (37, 48%)	1 (47%)	-
ระยะของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (ปี)	12.60 ± 9.92	17.88 ± 15.06	0.384
ประวัติการสูบบุหรี่ (Pack-years)	40.49 ± 40.83	30.19 ± 15.63	0.494
ยาของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (จำนวนคน) :			
- SABA	10	6	-
- SAMA	0	1	-
- LAMA	2	2	-
- Methyl xanthine	6	5	-
- LABA+ Corticosteroid	7	8	-
- *Other drugs	2	1	-
โรคร่วมอื่นๆ (จำนวนคน):			
- Hypertension	5	5	-
- Allergic rhinitis	1	1	-
- Benign prostatic hyperplasia	3	0	-
- Gout	1	3	-
- Diabetes Mellitus	2	0	-
- Old pulmonary tuberculosis	2	0	-
- Dyslipidemia	2	2	-

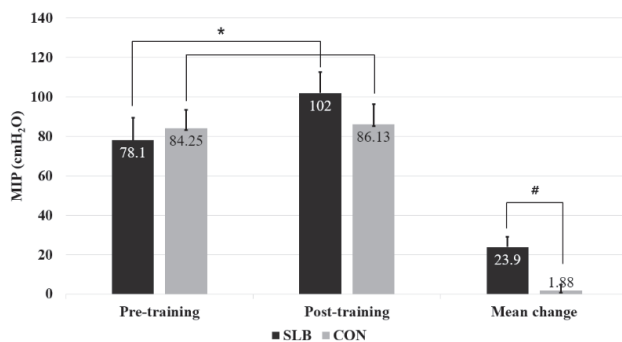
หมายเหตุ : LABA: long-acting β_2 agonist, LAMA: long-acting muscarinic antagonist, SABA: short-acting β_2 agonist, SAMA: short- acting muscarinic antagonist *Xartal, Cetirizine, Bestatin, Allopurinol

อาการหอบเหนื่อย

ข้อมูลจากบันทึกการฝึกกล้ามเนื้อหายใจประจำวันพบว่าอาสาสมัครทุกรายฝึกได้อย่างสม่ำเสมอ โดยมีจำนวนครั้งของการฝึกมากกว่าร้อยละ 80 ของจำนวนครั้งการฝึกทั้งหมดตามโปรแกรม อาสาสมัครทุกคนสามารถฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าด้วยแรงต้านและรูปแบบที่กำหนดได้ โดยไม่มีอาการหอบเหนื่อยหรืออาการไม่พึงประสงค์ใดๆ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า

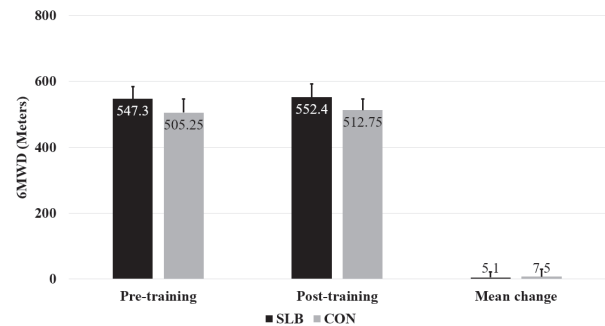
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าวัดจากค่า MIP ซึ่งมีความเที่ยงภายในผู้วัด (intrarater reliability) สูง (ICC=0.989) หลังสิ้นสุดการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าตามโปรแกรม พบว่า MIP ของทั้ง 2 กลุ่ม มีการกระจายตัวปกติ ค่า MIP เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จาก 78.1 ± 11.23 vs 102 ± 10.61 เซนติเมตรน้ำ ($p < 0.01$) เพิ่มขึ้นร้อยละ 31 ในกลุ่ม SLB แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่ม SHAM เมื่อเทียบกับก่อนเริ่มการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (84.25 ± 9.13 vs 86.13 ± 10.27 เซนติเมตรน้ำ) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม SLB และกลุ่ม SHAM (23.9 ± 5.20 vs 1.88 ± 2.80 เซนติเมตรน้ำ; $p < 0.01$) (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าก่อนและหลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบใหม่ 8 สัปดาห์ MIP: maximum inspiratory pressure; SLB: slow loaded breathing training group; SHAM: slow breathing without load group; * $p < 0.01$ Pre- vs Post-training; # $p < 0.01$: SLB vs SHAM

สมรรถภาพการทำกิจกรรมทางกาย

ผลการทดสอบ 6 MWT ของทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าระยะทางการเดินไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (547.3 ± 37.61 vs 552.4 ± 40.41 เมตร) ในกลุ่ม SLB และกลุ่ม SHAM (505.25 ± 41.26 vs 512.75 ± 33.68 เมตร) (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะทางของการทดสอบการเดิน 6 นาที ก่อนและหลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบใหม่ 8 สัปดาห์ 6MWD: 6-minute walk distance; SLB: slow loaded breathing training group; SHAM: slow breathing without load group.

วิจารณ์ผลการศึกษา

เนื่องจากการปิดของท่อลมเล็กก่อนสิ้นสุดการหายใจออก ทำให้เกิดการศึกษาการกักอากาศและปริมาตรปอดคงค้างใหญ่ขึ้น ส่งผลให้กล้ามเนื้อหายใจทำงานไม่มีประสิทธิภาพ ปริมาตรการหายใจลดลง และเกิดอาการหอบเหนื่อยง่าย ดังนั้นเพื่อลดปัญหาการคงค้างของอากาศและเน้นให้กล้ามเนื้อหายใจเข้าส่วนกะบังลมและทรวงอกล่างทำงานอย่างมีประสิทธิภาพขณะฝึกกล้ามเนื้อหายใจ คณะผู้วิจัยจึงออกแบบรูปแบบการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่ซ้ำ 6 ครั้ง/นาที โดยใช้แรงต้านที่น้อยสุดคือร้อยละ 30 ของ MIP ร่วมกับการหายใจออกแบบห่อริมฝีปาก ซึ่งใช้เวลาในการหายใจเข้า 3 วินาที และหายใจออก 7 วินาที โดยเน้นการฝึกที่กล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงบริเวณทรวงอกล่าง เนื่องจากยังไม่เคยมีการศึกษาที่กล่าวถึงรายละเอียดของรูปแบบการหายใจในขณะ

ฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าในอาสาสมัคร COPD มาก่อน การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาแรก ซึ่งพบว่าแบบแผนการหายใจในการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบใหม่ด้วยแรงต้านต่ำดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าอย่างมีนัยสำคัญทั้งทางสถิติ และทางคลินิกซึ่งมี MIP เพิ่มขึ้นน้อยสุด (minimal clinically important differences; MCID) 13 เซนติเมตรน้ำ⁽²⁸⁾ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพความทนทานในการทำกิจกรรมทางกายด้วยการเดิน 6 นาที

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการฝึกหายใจเข้าด้วยแรงต้านสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าได้ โดยฝึกอย่างน้อย 8 สัปดาห์ แรงต้านที่มีประสิทธิภาพในการฝึกในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังอยู่ระหว่างร้อยละ 30 ถึง 80 ของ MIP ซึ่งแบ่งความหนักเป็นสองระดับ คือแรงต้านสูง คือใช้แรงต้านมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 60 ของ MIP และแรงต้านต่ำ คือใช้แรงต้านน้อยกว่าร้อยละ 60 ของ MIP⁽¹⁵⁾ แต่ไม่พบว่ามีกำหนดแบบแผนการหายใจในขณะฝึกกล้ามเนื้อหายใจในการศึกษาที่ผ่านมาหรือแม้แต่ในแนวทางมาตรฐานในการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้า⁽²⁹⁾ ซึ่งแบบแผนการหายใจมีความสำคัญต่อการหายใจที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาสาสมัคร COPD ซึ่งมีการสูญเสียประสิทธิภาพการทำงานเชิงกลของการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจเข้าจากการมีปริมาตรปอดคงค้างมากกว่าปกติ จนทำให้มักใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจ (accessory muscles) ในขณะหายใจเข้า ประสิทธิภาพการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีประสิทธิภาพจึงไม่เพียงขึ้นกับระดับแรงต้านที่ใช้ แต่น่าจะต้องร่วมกับแบบแผนการหายใจที่ถูกต้องในขณะฝึกด้วย

ดังนั้นการใช้แรงต้านในการฝึกที่สูงอาจไม่ทำให้เพิ่มความแข็งแรงการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลม และกล้ามเนื้อหายใจระหว่างซี่โครงบริเวณทรวงอกกลางมากนัก ดังการศึกษาของ Hill และคณะ⁽²⁰⁾ ซึ่งพบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าด้วยแรงต้านสูงแบบก้าวหน้า 8 สัปดาห์ โดยเริ่มจากแรงต้านร้อยละ 45 ของแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้า และใช้แรงต้านระดับสูงมากกว่าร้อยละ 60 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 โดยฝึกวันละ 21 นาที 3 วัน/สัปดาห์ โดยไม่ควบคุมแบบแผนการหายใจ สามารถเพิ่ม MIP

ได้เพียง 18 เซนติเมตรน้ำ (ร้อยละ 29) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nikolettou และคณะ⁽³⁰⁾ ที่พบว่าสามารถเพิ่ม MIP เพียง 9.61 เซนติเมตรน้ำ (ร้อยละ 15) แม้ใช้แรงต้านร้อยละ 30-62 ของ MIP เป็นเวลา 7 สัปดาห์ อีกทั้งยังพบว่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดจากกล้ามเนื้อกะบังลม (Transdiaphragmatic pressure, Pdi) ไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าการฝึกยังไม่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกะบังลมได้ การศึกษาทั้ง 2 ดังกล่าวใช้แรงต้านสูง ไม่มีการควบคุมแบบแผนการหายใจขณะฝึก แม้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าได้ แต่ไม่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกะบังลมได้ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าอาสาสมัครใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจในการฝึกมากกว่า จึงทำให้ไม่เห็นผลชัดเจนของการเพิ่ม MIP

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเมื่อใช้แรงต้านในการฝึกหายใจเข้าน้อยกว่าร้อยละ 60 ของ MIP ในการศึกษาของ Cooper และคณะ⁽³¹⁾ พบว่าการฝึกด้วยแรงต้านร้อยละ 40 ของ MIP วันละ 30 นาที 5 วัน/สัปดาห์ 8 สัปดาห์ สามารถเพิ่ม MIP เพียง 5 เซนติเมตรน้ำ การศึกษาของ Larson และคณะ⁽²¹⁾ ใช้แรงต้านเท่ากับร้อยละ 30 ของ MIP ใช้เวลาการฝึกเหมือนกัน พบว่า MIP เพิ่มขึ้นได้ 12 เซนติเมตรน้ำ (ร้อยละ 20) ซึ่งน้อยกว่าการศึกษาของเรานี้คือเพิ่ม MIP ได้ถึง 23.9 เซนติเมตรน้ำ (ร้อยละ 31) ซึ่งใช้แรงต้านเท่ากัน อีกทั้งยังเพิ่มได้ใกล้เคียงกับผลของการฝึกด้วยแรงต้านสูงของ Hill และคณะ⁽²⁰⁾ ซึ่งเพิ่มได้ ร้อยละ 29 อย่างไรก็ตาม แม้ผลการศึกษามาจากจำนวนอาสาสมัครน้อย แต่มี power of test ยอมรับได้ (ร้อยละ 90) อีกทั้งมีผลการศึกษาที่แสดงชัดเจน และมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงอาจกล่าวได้ว่าการควบคุมแบบแผนการหายใจขณะฝึกหายใจ แม้ฝึกด้วยแรงต้านต่ำมีประสิทธิภาพการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าได้ใกล้เคียงกับการฝึกที่แรงต้านสูงที่ไม่ได้ควบคุมแบบแผนการหายใจ

การที่ประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้ามีมากแม้ใช้แรงต้านน้อยในการศึกษาของเรานี้ อธิบายได้ว่าอาจเกิดเนื่องจากผลของการควบคุมแบบแผนการฝึกหายใจดังกล่าว ที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าที่อ่อนแรงตรงเป้าหมาย โดยเน้นกล้ามเนื้อ

กะบังลมและกล้ามเนื้อซี่โครงล่าง มีเวลาในการหดตัวได้นาน 3 วินาที ทำให้เพิ่มเวลาในการฝึกเฉพาะกล้ามเนื้อหายใจหลักทั้งสองมากขึ้น และเริ่มหดตัวทำงานจากความยาวตั้งต้นของกล้ามเนื้อที่เหมาะสมในทุกรอบการหายใจ โดยการลดปริมาตรปอดตั้งต้นของการหายใจเข้าหรือปริมาตรปอดเมื่อสิ้นสุดการหายใจออก (EELV) นั้นเอง ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจเข้า^(8,9) เนื่องจากการปิดของท่อลมก่อนเวลาทำให้ปริมาตรอากาศคงค้างในปอด ทำให้ EELV มาก การลดปริมาตรปอด EELV นั้น ทำได้โดยการให้แรงดันบวกลดการปิดของท่อลม ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้การหายใจออกแบบห่อปาก และการเพิ่มเวลาของการหายใจออกให้นานขึ้น โดยใช้อัตราการหายใจช้า แม้ว่าเราไม่สามารถวัดปริมาตร EELV แต่มีรายงานยืนยันวิธีดังกล่าวสามารถลด EELV ได้⁽¹²⁾ ดังนั้นการเพิ่มเวลาในการหายใจออกร่วมกับการห่อริมฝีปาก 7 วินาทีตามแบบแผนการหายใจใหม่นี้จึงทำให้ชะลอการปิดของท่อลม ทำให้ลดการการคงค้างของอากาศในปอดลดปริมาตรปอดในช่วงหายใจออกสุด หรือ EELV ทำให้กล้ามเนื้อกะบังลมวางตัวในทรวงอก รวมถึงกล้ามเนื้อหายใจเข้าระหว่างซี่โครงมีความยาวของอยู่ในช่วงที่เหมาะสมก่อนที่จะหดตัวครั้งต่อไป ทำให้กล้ามเนื้อหายใจเข้าหดตัวได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ได้ปริมาตรอากาศเพิ่มขึ้น นำไปสู่ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น และจากการสังเกตพบว่า อาสาสมัครไม่ได้ใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจบริเวณคอในขณะที่ฝึกหายใจ ถ้าหากใช้แรงต้านสูงน่าจะมีการใช้กล้ามเนื้อช่วยการหายใจบริเวณคอมาก ซึ่งอาจเกิดขึ้นในการศึกษาที่ผ่านมา

หลักการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบ progressive resistance เป็นวิธีการที่ใช้ในการฝึกที่ระดับแรงต้านมาก โดยค่อยๆ เพิ่มแรงต้านจากระดับน้อยจนถึงแรงต้านเป้าหมาย แล้วคงแรงต้านนั้นในการฝึกกล้ามเนื้อด้วยจำนวนครั้งที่น้อย เพื่อป้องกันการล้าของกล้ามเนื้อ แม้เป็นหลักการฝึกความแข็งแรงที่มีประสิทธิภาพ แต่มีข้อระวังในการนำมาใช้ในผู้ป่วยสูงอายุ COPD ที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจเองที่บ้าน เนื่องจากอาจเกิดการล้าของกล้ามเนื้อหายใจ ซึ่งอาจเสี่ยงต่อการเกิดภาวะหายใจล้มเหลวได้ นอกจากนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษา

ของเรานี้คือเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบบแผนการหายใจขณะฝึก ซึ่งมีช่วงหายใจเข้านาน 3 วินาที โดยเน้นที่กล้ามเนื้อกะบังลมและทรวงอกล่าง ซึ่งต้องควบคุมให้สม่ำเสมอตลอดโปรแกรม การเพิ่มแรงต้านอาจทำให้อาสาสมัครไม่สามารถฝึกตามแบบแผนการหายใจที่กำหนดได้ อย่างไรก็ตามการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่ได้ขึ้นกับระดับแรงต้านเท่านั้น แต่ยังขึ้นกับระยะเวลาในการหดตัว ความเร็วในการหดตัว และจำนวนครั้งในการฝึกที่เพียงพอด้วย ซึ่งในการศึกษานี้มีจำนวนครั้งในการฝึกเท่ากับ 180 ครั้ง/วัน ต่อเนื่อง 56 วัน ดังนั้นจึงมีปริมาณการฝึกที่มากเพียงพอในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้

การทดสอบสมรรถภาพการเดิน 6 นาที (6MWT) เป็นวิธีที่ใช้ประเมินสมรรถภาพความทนทานในการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน และถูกกำหนดเป็นมาตรฐานในการประเมินสมรรถภาพการทำกิจกรรมใน COPD แต่มักพบว่าผลการทดสอบด้วยการเดิน 6 นาทีหลังการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจมีความขัดแย้งกันในงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งมีทั้งพบว่าหลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและเพิ่มระยะทางการเดิน 6 นาที และเพิ่มสมรรถภาพการเดิน 12 นาที (12 min walk test)⁽²¹⁾ ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาอื่นที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระยะทางการเดิน 6 นาที แม้ว่ากล้ามเนื้อหายใจแข็งแรงขึ้นหลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ^(7,16,34,35) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า สมรรถภาพการเดิน 6 นาที อาจไม่สามารถสะท้อนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้เสมอไป เนื่องจากการทดสอบนี้เป็น submaximal functional test ทำให้ไม่ต้องเพิ่มงานของการหายใจมากนัก อีกทั้งผลการทดสอบขึ้นกับความพยายาม และแรงจูงใจของอาสาสมัครเป็นหลัก (effort dependence) โดยอาสาสมัครสามารถเลือกความเร็วในการเดิน สามารถหยุดพักได้ตามความสมัครใจระหว่างการทดสอบ อาสาสมัคร COPD ส่วนใหญ่มักไม่ได้ใช้ความพยายามเต็มที่ระหว่างการทดสอบ เนื่องจากไม่มีการถูกกระตุ้นแต่อย่างใด⁽²⁷⁾ และอาจเกิดจากความกังวลต่อการเกิดอาการหอบเหนื่อยมากจากการทดสอบซึ่งผู้วิจัยไม่อาจควบคุมได้ นอกจากนั้น

ยังอาจขึ้นกับสมรรถภาพพื้นฐานของอาสาสมัครเอง หากทำได้ดีอยู่แล้ว โดยมีระยะทางเฉลี่ย 547.3 เมตร หรือ 108% predicted⁽³⁶⁾ เท่ากับคนปกติ⁽³⁸⁾ ทั้งนี้อาจเนื่องจากอาสาสมัครส่วนใหญ่มีความรุนแรงของโรคระดับน้อยถึงปานกลางและเป็นเกษตรกร แม้สูงอายุก็ยังทำเกษตรกรรม มีการทำกิจกรรมทางกายสม่ำเสมอ จึงอาจทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงได้ยาก

นอกจากนั้นการทบทวนวรรณกรรมของ Gooselink และคณะ⁽²⁸⁾ ได้รายงานว่าสมรรถภาพการ ทำกิจกรรมทางกาย functional capacity มักเพิ่มขึ้นได้ ในการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าใน ผู้ป่วย COPD ที่มีค่า MIP < 60 เซนติเมตรน้ำ ซึ่งค่า MIP ของอาสาสมัครในการศึกษาของเรามีมากกว่า 60 เซนติเมตรน้ำ ทั้ง 2 กลุ่ม (ตารางที่ 1) ดังนั้นการทดสอบการเดิน 6 นาที อาจจะไม่สามารถแสดงผลของการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าได้สำหรับผู้ป่วยที่มีค่า MIP > 60 เซนติเมตรน้ำ อีกทั้งการศึกษาของ Giusa และคณะ⁽³⁷⁾ พบว่าความสัมพันธ์ของ MIP และ 6MWD ในผู้สูงอายุ อยู่ในระดับปานกลาง ($r = 0.43$) เท่านั้น ดังนั้นการประเมิน ประสิทธิภาพของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ต่อสมรรถภาพทางกาย จึงน่าจะใช้การทดสอบที่หนักกว่า การเดิน 6 นาที ซึ่งอาสาสมัคร 10 คน ในการศึกษาของเรา นี้สามารถเดินขึ้นบันได ได้จำนวนขั้นที่ต่อเนื่องมากขึ้น มากกว่า 1 ชั้น (12 ชั้น) โดยไม่หอบเหนื่อย ดังนั้น การทดสอบที่น่าจะเหมาะสมกว่า 6MWT จึงควรมีการเพิ่มความหนักหรือความเร็วของการออกกำลังกาย และ หรือมีการเพิ่มความหนักของการทำงานของกล้ามเนื้อ หายใจโดยตรงมากขึ้น และเป็นการทดสอบที่ทำได้ง่าย ไม่พึ่งอุปกรณ์ราคาแพง เช่น Spot Marching Exercise test^(39,40) Incremental shuttle walk test⁽⁴¹⁾ ในอาสาสมัคร ที่มีความรุนแรงของโรคน้อย-ปานกลาง ซึ่งน่าจะใช้ในการ ศึกษาต่อไปในอนาคต อย่างไรก็ตาม 6MWT หากร่วมกับการทดสอบมาตรฐานอื่นด้วย ยังเป็นการทดสอบที่เหมาะสม ในการทดสอบประสิทธิภาพของการโปรแกรมฝึกออกกำลังกายในการฟื้นฟูสมรรถภาพ ทางกายในผู้ป่วย COPD

ข้อจำกัดของงานวิจัย

แม้จำนวนอาสาสมัครน้อย เนื่องจากการหาจำนวนอาสาสมัคร COPD ที่ผ่านเกณฑ์เพื่อเข้าร่วมงานวิจัย ทำได้ยากมากจากปัญหาการเดินทาง อย่างไรก็ตามผลการศึกษามีอำนาจในการทดสอบ มากถึง 90 และการศึกษา นี้ไม่มีกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบแบบแผนการหายใจ จึงทำให้ การอภิปรายมีข้อจำกัดในการแยกอิทธิพลของปัจจัย ของแรงบันดาลใจ หรือปัจจัยของแบบแผนการหายใจได้อย่าง ชัดเจนมากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจด้วยการควบคุมแบบแผนการหายใจแบบใหม่ที่มีความหนักร้อยละ 30 ที่มีอัตราการหายใจเข้าแน่นหายใจเข้าด้วยการใช้กะบังลมและกล้ามเนื้อหายใจของทรวงอกล่างร่วมกับหายใจออกช้าๆ ด้วยการ ห่อริมฝีปาก มีประสิทธิภาพมากในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าได้โดยไม่มีอาการหอบเหนื่อย ขณะฝึกกล้ามเนื้อหายใจ ในผู้สูงอายุโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ได้ แต่การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่แสดงผลต่อสมรรถภาพ ความทนทานในการทำกิจกรรมทางกายด้วยการเดิน 6 นาที แบบแผนการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบใหม่นี้ เหมาะกับผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและผู้สูงอายุซึ่งมี ปัญหาพยาธิสภาพของการปิดของท่อลมเล็กก่อนเวลา การศึกษาต่อไปควรทำในกลุ่มประชากรที่ใหญ่ขึ้น และ เพิ่มกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้แบบแผนการหายใจใหม่นี้ เพื่อยืนยันผลการศึกษานี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์นายแพทย์ วิชา บุญสวัสดิ์ บุคลากรในคลินิกโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรงพยาบาลขอนแก่น และโรงพยาบาลศรีนครินทร์ หน่วยกายภาพบำบัด โรงพยาบาลพระยีน สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ และอำนวยความสะดวกในการค้นหาอาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัย สนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ของคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Chronic Respiratory Diseases 2017. https://www.who.int/health-topics/chronic-respiratory-diseases#tab=tab_1
2. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Pocket guide to COPD diagnosis, management, and prevention: a guide for health care professionals, 2008 edition. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc. 2008.
3. Rabe KF, Watz H. Chronic obstructive pulmonary disease. *Lancet* 2017; 389: 1931-40.
4. Pauwels RA, Buist AS, Calverley PM, Jenkins CR, Hurd SS. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. NHLBI/WHO Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) Workshop summary. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163(5): 1256-76.
5. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Pocket guide to COPD diagnosis, management, and prevention: a guide for health care professionals, 2019 edition. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, Inc. 2019.
6. Chuang HY, Chang HY, Fang YY, Guo SE. The effects of threshold inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A randomized experimental study. *J Clin Nurs* 2017; 26: 4830-38.
7. Polkey MI, Moxham J & Green M (2011). The case against inspiratory muscle training in COPD. *Against. Eur Respir J* 2011; 37: 236-37.
8. Braun NMT, Arora NS, Rochester DF. Force-length relationship of the normal human diaphragm. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 1982: 405-12.
9. Tzelepis GE, Vega DL, Cohen ME, McCool FD. Lung volume specificity of inspiratory muscle training. *Am Physio Soc* 1994: 789-94.
10. Padkao T, Boonsawat W, Jones CU. Conical-PEP is safe, reduces lung hyperinflation and contributes to improved exercise endurance in patients with COPD: a randomised cross-over trial. *J Physiother* 2010; 56: 33-39.
11. Ubolsakka-Jones C, Tongdee P, Pachirat O, Jones DA. Slow loaded breathing training improves blood pressure, lung capacity and arm exercise endurance for older people with treated and stable isolated systolic hypertension. *Exp Gerontol* 2018; 108: 48-53.
12. Bianchi R, Gigliotti F, Romagnoli I, Lanini B, Castellani C, Grazzini M et al. Chest Wall Kinematics and Breathlessness during Pursed-Lip Breathing in Patients with COPD. *Chest* 2004; 125: 459-465.
13. Mueller RE, Petty TL, Filley GF. Ventilation and arterial blood gas changes induced by pursed lips breathing. *J Appl Physiol* 1970; 28:784-93.
14. Ambrosino N. The case for inspiratory muscle training in COPD. *Eur Respir J* 2011; 37: 233-35.
15. Beaumont M, Forget P, Couturaud F, Reyckler G. Effect of inspiratory muscle training in COPD patients: A systematic review and meta-analysis. *Clin Respir J* 2018; 12: 2178-88.

16. Beaumont M, Mialon P, Ber-Moy CL, Lochon C, Peran L, Pichon R, et al. Inspiratory muscle training during pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease: A randomized trial. *Chron Respir Dis* 2015; 12: 305-12.
17. Charususin N, Gosselink R, Decramer M, McConnell A, Saey D, Maltais F et al. Inspiratory muscle training protocol for patients with chronic obstructive pulmonary disease (IMTCO study): a multicenter randomized controlled trial. *BMJ Open* 2013; 3:e003101.
18. Dacha S, Langer D, Ciavaglia C, Webb K, Preston M, O'Donnell DE. Effect Of Inspiratory Muscle Training On Respiratory Muscle Function And Diaphragm Activation In Patients With COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 2017; 195: 2860.
19. Dekhuijzen PN, Folgering TM, Henoaarden CA. Target-Flow Inspiratory Muscle Training during Pulmonary Rehabilitation in Patients with COPD. *Chest* 1991; 99:128-33.
20. Hill K, Jenkins SC, Philippe DL, Cecins N, Shepherd KL, Green DJ et al. High-intensity inspiratory muscle training in COPD. *Eur Res J* 2006; 27: 1119-28.
21. Larson JL, Kim MJ, Sharp JT, Larson DA. Inspiratory Muscle Training with a Pressure Threshold Breathing Device in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am Rev Respir Dis* 1988; 138: 689-96.
22. Weiner P, Magadle R, Beckerman M, Weiner M, Berar-Yanay N. Maintenance of inspiratory muscle training in COPD patients: one year follow-up. *European Respiratory Journal* 2004; 23: 61-65.
23. Raupach T, Bahr F, Luethje L, Heusser K, Hasenfub G, Bernardi L et al. Slow breathing reduces sympathoexcitation in COPD. *Eur Res J* 2008; 32: 387-92.
24. Hazra A, Gogtay N. Biostatistics series module 5: Determining sample size. *Indian J Dermatol* 2016; 61: 496-504.
25. Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, et al. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J* 2005; 26: 153-61.
26. American Thoracic Society/European Respirator Society. ATS/ERS Statement respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 518-62.
27. American Thoracic Society. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 117-27.
28. Gosselink R, Vos JD, Heuvel SP, Seger J, Decramer M, Kwakkel G. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence?. *Eur Respir J* 2011; 37: 416-25.
29. Nici L, Donner C, Wouters E, et al, ATS/ERS Pulmonary Rehabilitation Writing Committee. American Thoracic Society/ European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 173: 1390-413.
30. Nikolettou D, Man WD, Mustafa N, Moore J, Rafferty G, Grant RL et al. Evaluation of the effectiveness of a home-based inspiratory muscle training programme in patients with chronic obstructive pulmonary disease using multiple inspiratory muscle tests. *Disabil Rehabil, Early Online*: 1-10.

31. Cooper CB. Desensitization to dyspnea in COPD with specificity for exercise training mode. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2009; 4: 33-43.
32. Gosselink R. Controlled breathing and dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *J Rehabil Res Dev* 2003; 40: 25-34.
33. Ottenheijm CA, Heunks LM, Dekhuijzen RP. Diaphragm adaptations in patients with COPD. *Respir res* 2008; 9: 12.
34. Ramirez-Sarmiento A, Orozco-Levi M, Guell R et al. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcome. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 20: 570-77.
35. Jones C, Laoakka T, Boonsawat W. Inspiratory muscle training increases elevated arm exercise endurance but not 6 minute walk distance in the elderly. *Thai J Phys Ther*. 2006; 28(3): 23-34.
36. Ngai SPC, Jones AYM, Jenkins SC. Regression equations to predict 6-minute walk distance in Chinese adults aged 55-85 years. *Hong Kong Physiotherapy Journal* 2014: 1-7.
37. Giua R, Pedone C, Scarlata S, Carrozzo I, Rossi FF, Valiani V, Incalzi RA. Relationship between respiratory muscle strength and physical performance in elderly hospitalized patients. *Reju Res* 2014; 17: 366-71.
38. Bautmans I, Lambert M, Mets T. The six-minute walk test in community dwelling elderly: influence of health status. *BMC Geriatrics* 2004; 4: 1-9.
39. Khaweephap V, Phimphasak C, Chaisuksan S, Jones C. A new cardiopulmonary exercise test for chronic obstructive pulmonary disease patients. *Proceeding of the 8th Physical Therapy Association of Thailand conference in 2016*. Twin Tower hotel Bangkok. Thailand. June 20-23, 2016. 72-77.
40. Limphatcharaporn J, Chidnok W, Suntrapiwat K, Jones CU. A new exercise testing (Incremental Spot Marching Exercise) in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thai Journal of Physical Therapy* 2019 (in press).
41. Garvey C, Boylan AM, Miller DL, Holland AE, Singh SJ, Spruit MA et al. Field Walking Tests in Chronic Respiratory Disease. *Ann Am Thorac Soc* 2015; 12: 446-447.