

แบบแผนการหายใจ ความสามารถ และประสิทธิภาพของการฝึกหายใจในผู้สูงอายุ: เปรียบเทียบการฝึกหายใจ 3 แบบ

วิราภรณ์ นะสังขาร¹, บุลี โจนส์^{2*}

Received: March 2, 2012

Revised & Accepted: July 16, 2012

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบแบบแผนการหายใจ ความสามารถ และประสิทธิภาพของการฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ Triflo II® (TF) และ BreatheMAX (BM) โดยมีการฝึกหายใจด้วยกะบังลม (DB) โดยไม่ใช้อุปกรณ์ เป็นภาวะควบคุม ในผู้สูงอายุ จำนวน 14 คน (ชาย 4 คน หญิง 10 คน อายุเฉลี่ย 69.9 ± 3.6 ปี) การศึกษาเป็น randomized cross-over trial แบ่งเป็น 3 วิธี คือ การฝึกหายใจด้วย TF, BM และ DB ก่อนเริ่มเก็บข้อมูล อาสาสมัครทุกคนได้รับการฝึกหายใจโดยใช้กล้ามเนื้อกะบังลม ได้รับคำแนะนำให้หายใจเข้าลึกด้วยกล้ามเนื้อกะบังลม และพยายามคงค้างการหายใจลึกให้มากที่สุด การฝึกหายใจด้วย TF มีเป้าหมายที่อัตราการไหลของอากาศ 900 มล./วินาที การฝึกหายใจด้วย BM โดยมีเป้าหมายที่มากกว่าแรงต้าน 5 ซม.น้ำ ทำการฝึกหายใจแต่ละวิธี 10 ครั้งต่อชุด 3 ชุด พัก 1 นาทีระหว่างชุด ทำการประเมินแบบแผนการหายใจ ความสำเร็จ และประสิทธิภาพของการฝึกหายใจแต่ละวิธี ในระยะพักและระหว่างการฝึกหายใจ

ผลการศึกษาพบว่า ขณะฝึกหายใจด้วย TF ความดันอากาศสูงสุด ความดันอากาศเฉลี่ย และความเร็วการไหลของอากาศเฉลี่ยมากกว่า BM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) คิดเป็น 12.2 ± 5.2 ซม.น้ำ, 7.3 ± 4.0 ซม.น้ำ, และ 0.7 ± 0.2 ลิตรต่อวินาที ตามลำดับ และ มากกว่า DB คิดเป็น 19.0 ± 4.1 ซม.น้ำ, 11.6 ± 3.4 ซม.น้ำ, และ 0.5 ± 0.2 ลิตรต่อวินาที ตามลำดับ อาสาสมัครหายใจเข้าได้นานขึ้น และมีสัดส่วนการหายใจเข้า (duty cycle) ขณะ BM มากกว่า DB (2.2 ± 1.6 และ 0.11 ± 0.1 วินาที) ตามลำดับ และ BM มากกว่า TF (4.4 ± 1.8 และ 0.3 ± 0.1 วินาที) ตามลำดับ ($P < 0.01$) ปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้ง (Vt) เพิ่มขึ้นจากขณะพัก ($P < 0.01$) ในขณะที่ฝึกหายใจทุกวิธี โดยปริมาตรอากาศที่เพิ่มขึ้นขณะฝึกหายใจด้วย BM มากกว่า TF 245 มล. ($P < 0.05$) เมื่อฝึกหายใจด้วย TF อาสาสมัครฝึกหายใจได้ถึงเป้าหมาย 22 ใน 30 ครั้ง สามารถคงค้าง SMI ได้ 1 คน และมีอาสาสมัครจำนวนมากใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจในระดับมาก

สรุปได้ว่า ขณะฝึกหายใจด้วย BreatheMAX มีแบบแผนการหายใจเข้าที่ช้า ลึก และคงค้างการหายใจลึกได้ ใกล้เคียงกับการฝึกหายใจด้วยกล้ามเนื้อกะบังลมซึ่งเป็นแบบแผนการฝึกหายใจมาตรฐาน และมีประสิทธิภาพมากกว่า TF ซึ่งต้องสูดหายใจเข้าเร็วและแรงกว่า แต่ได้ปริมาตรอากาศน้อยกว่า ดังนั้น การฝึกหายใจด้วย BreatheMAX จึงมีประสิทธิภาพและเหมาะสมมากกว่าในการนำไปใช้ฝึกหายใจด้วยกะบังลมในผู้สูงอายุ

คำสำคัญ: การฝึกหายใจลึก, อุปกรณ์ฝึกหายใจ, แบบแผนการหายใจ, สมรรถภาพปอดในผู้สูงอายุ

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² สายวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* ผู้รับผิดชอบบทความ

Breathing pattern and performance in elderly subjects: a comparison of 3 types of breathing exercise

Wiraporn Tasangkar¹, Chulee Jones^{2*}

Abstract

The aim of this study was to compare, in the elderly, the patterns of breathing and the effectiveness of breathing exercise using BM, Triflo II® (TF) and DB. Fourteen subjects, (4 male and 10 female, aged 69.9 ± 3.6 years) participated in a randomized cross-over trial of the 3 techniques. The exercise was carried out 10 times/set for 3 sets with 1 min rest between sets. Subjects were instructed to breathe as deeply as possible with DB, and maintain a flow against 5 cmH₂O for BM or 900 ml/s for TF. The breathing patterns and tidal volume (Vt) were measured at rest and while performing the breathing exercise. The results showed that there were significantly ($P < 0.01$) greater peak and mean inspiratory pressures and flow during TF compared with BM (12.2 ± 5.2 cmH₂O, 7.3 ± 4.0 cmH₂O, 0.7 ± 0.2 L/s, respectively) and DB (19.0 ± 4.1 cmH₂O, 11.6 ± 3.4 cmH₂O, 0.5 ± 0.2 L/s, respectively). Moreover Ti and Ti/Ttot were longer during BM compared to DB by 2.2 ± 1.6 s, 0.11 ± 0.1 , respectively and compared to TF (4.4 ± 1.8 s, 0.3 ± 0.1 , respectively; $P < 0.01$). Tidal volumes (Vt) were significantly greater than baseline for all three modes of exercise ($P < 0.01$), BM resulted in larger changes in Vt than TF by 245 ml ($P < 0.05$). With TF only 22 out of 30 breaths reached the target of raising two balls (900 ml/s) and only one subject was able to hold a static contraction following maximal inspiratory effort using accessory muscles of inspiration. In conclusion, the breathing pattern using BreatheMAX is close to the desired therapeutic pattern, with longer sustained maximum inspiration using the diaphragm with lesser accessory muscle use; tidal volume is was larger with BM compared to TF. Therefore, breathing exercise with BreatheMAX is more effective and beneficial for breathing training in elderly.

Keywords: Deep breathing exercises, Incentive spirometer devices, Breathing pattern, Pulmonary function in the elderly.

¹ Master Degree student, Division of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences,

² Division of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University

* Corresponding author: (e-mail: chulee@kku.ac.th)

บทนำ

การทำงานของปอดในผู้สูงอายุมีประสิทธิภาพลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของปอดตามอายุ ส่งผลให้ความยืดหยุ่น (elastic recoil) และการผ่อนตาม (compliance) ของเนื้อปอดและผนังทรวงอกลดลง⁽¹⁾ การทำงานของกล้ามเนื้อหายใจลดลง⁽¹⁾ ปริมาตรอากาศที่คงค้างในปอดเพิ่มขึ้น หลอดลมตีบแคบและมีการอุดกั้นจากเสมหะคั่ง⁽²⁾ ทำให้ปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้ง (tidal volume), ความจุปอดของการหายใจเข้า (inspiratory capacity) การแลกเปลี่ยนก๊าซลดลง และงานการหายใจเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความสามารถทางกายและคุณภาพชีวิตในผู้สูงอายุลดลง การฝึกหายใจลึกช่วยให้อุปกรณ์การทำงานของปอดเพิ่มขึ้น^(3,4) เนื่องจากการหายใจเข้าลึกทำให้แรงดันที่ทำให้ปอดขยาย (transpulmonary pressure) เพิ่มขึ้น และการกลั้นหายใจค้างไว้ในช่วงที่หายใจเข้าลึกสุด (sustain maximum inspiration, SMI) ทำให้ปอดขยายได้มากและนานยิ่งขึ้น จึงช่วยเพิ่มการแลกเปลี่ยนก๊าซได้⁽⁵⁾ นอกจากนี้การฝึกหายใจเข้าลึกยังทำให้ข้อต่อ costovertebral มีการเคลื่อนไหวและกล้ามเนื้อหายใจเข้าทำงานเพิ่มขึ้น ทำให้การขยายของทรวงอก ปริมาตรปอด และการแลกเปลี่ยนก๊าซเพิ่มขึ้น ดังนั้นการฝึกหายใจโดยสูดหายใจเข้ายาว ลึก และคงค้างในขณะที่หายใจเข้าลึกสุด ซึ่งเน้นการใช้กล้ามเนื้อกะบังลม (diaphragmatic breathing, DB) จึงเป็นรูปแบบที่ถูกนำมาใช้ในการรักษาทางกายภาพบำบัดทรวงอกอย่างแพร่หลาย

จากการศึกษาพบว่า ผลของการฝึกหายใจเข้าลึกสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปอดในผู้สูงอายุได้⁽²⁾ โดยการฝึกหายใจเข้าลึกด้วยวิธีที่ใช้ตามปกติโดยเน้นการใช้กล้ามเนื้อกะบังลม และ/หรือร่วมกับการใช้อุปกรณ์ฝึกหายใจเข้า (incentive spirometer, IS) ซึ่งมีประโยชน์ช่วยกระตุ้นและควบคุมการฝึกหายใจเข้าให้มีแบบแผนการหายใจเข้าที่ลึก ยาว และสามารถค้างไว้ในช่วงหายใจเข้าลึกสุดได้ อันเป็นหลักการของการฝึกหายใจ โดยการให้ข้อมูลป้อนกลับแสดงความสำเร็จของการฝึกหายใจ^(6,7) เพื่อให้ปอดขยายมากที่สุด โดยยังมีรูปแบบการหายใจปกติ

ปัจจุบันมีอุปกรณ์ IS 3 ประเภทที่มีหลักการทำงานต่างกันคือ volume-oriented, flow-oriented และ pressure-oriented IS ซึ่งอุปกรณ์ IS แบบ pressure-oriented นี้เป็นอุปกรณ์ใหม่ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย อุปกรณ์แต่ละประเภทมี

หลักการทำงาน ขนาด และวิธีการใช้งานที่แตกต่างกัน จึงเกิดปัญหาในการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสถานะความสามารถของผู้สูงอายุ ตลอดจนการนำไปใช้ในทางคลินิกเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด การศึกษาเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของอุปกรณ์ IS ยังมีน้อย อุปกรณ์ IS แบบ flow-oriented (Triflo II®) เป็นอุปกรณ์ที่นักกายภาพบำบัดนิยมใช้ในประเทศไทย เนื่องจากมีราคาที่ถูก แต่ก็ยังเป็นผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบันมีอุปกรณ์ IS ที่ผลิตในประเทศไทยคือ BreatheMAX มีคุณสมบัติที่ต่างจากอุปกรณ์อื่นๆ คือ ให้แรงต้านแบบ pressure threshold loading สัญญาณป้อนกลับเป็นเสียง นอกจากนี้ ยังให้ความชื้นและแรงสั่นขณะหายใจเข้าอีกด้วย

Laoakka และคณะ⁽⁸⁾ ทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าโดยใช้อุปกรณ์ BreatheMAX version 1 ในผู้สูงอายุพบว่าสามารถเพิ่มการขยายของทรวงอกส่วนล่างและการขยายของปอด และเพิ่มความทนทานของการออกกำลังกายแขนได้⁽⁹⁾ นอกจากนี้ ยังช่วยเพิ่มการระบายเสมหะในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจและเพิ่มปริมาตรอากาศที่หายใจเข้า (inspiratory capacity) ได้⁽¹⁰⁾ อุปกรณ์ BreatheMAX จึงมีความปลอดภัยที่จะนำไปใช้ในผู้สูงอายุได้ อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาแบบแผนของการหายใจ ในขณะที่ฝึกหายใจด้วย BreatheMAX และ Triflo II® ว่าเป็นอย่างใด อีกทั้งยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ความเหมาะสมของการใช้งานของอุปกรณ์ในผู้สูงอายุ

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบแบบแผนการหายใจ ความสามารถในการฝึกหายใจ และประสิทธิภาพขณะฝึกหายใจ โดยศึกษาการฝึกหายใจ 3 วิธี คือ การฝึกหายใจด้วยตัวเองตามวิธีปกติ (DB) การฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ Triflo II® และ BreatheMAX ในผู้สูงอายุ

วัตถุประสงค์และวิธีการศึกษา

อาสาสมัคร

อาสาสมัครเป็นผู้สูงอายุ ในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 14 คน (ชาย 4 คน, หญิง 10 คน) ซึ่งได้จากการคำนวณขนาดตัวอย่างตามผลของการศึกษานำร่อง อายุระหว่าง 65-80 ปี (เฉลี่ย 69.9 ± 3.6 ปี) ได้ลงชื่อในใบยินยอมก่อนเข้าร่วมการศึกษา โดยมีเกณฑ์คัดเข้าคือ สามารถสื่อสารได้ เข้าใจและทำกิจกรรมประจำวันได้ด้วยตัวเอง ให้ความร่วมมือในการฝึก และไม่สูบบุหรี่ภายใน 5 ปีที่ผ่านมา เกณฑ์การคัดออกคือ มีความ

บกพร่องของการทรงตัว และการทำงานของปอดจากโรคทางเดินหายใจ เช่น โรคหอบหืด และโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง เป็นต้น การศึกษานี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ตัวแปรต้นที่ศึกษา

การฝึกหายใจลึก 3 วิธี คือ การฝึกหายใจโดยใช้กลัมน้ำเกลือ (DB) และการฝึกหายใจโดยใช้อุปกรณ์ฝึกหายใจ 2 ชนิดคือ BreatheMAX และ Triflo II®

ตัวแปรตามที่ศึกษา

1. แบบแผนการหายใจ (Breathing pattern): หมายถึงการอธิบายลักษณะของการหายใจ ประกอบด้วย ความดันอากาศสูงสุดขณะหายใจเข้า (peak inspiratory pressure, IPpeak), ความดันอากาศเฉลี่ยขณะหายใจเข้า (mean inspiratory pressure, IPmean) วัดโดยใช้ pressure transducer, ความเร็วการไหลของอากาศสูงสุดขณะหายใจเข้า (peak inspiratory flow, IFpeak), ความเร็วการไหลของอากาศเฉลี่ยขณะหายใจเข้า (mean inspiratory flow, IFmean คำนวณจากสูตร V_t/T_i), เวลาที่ใช้ในการหายใจเข้า (inspiratory time, T_i) สัดส่วนเวลาที่ใช้ในการหายใจเข้า (duty cycle, T_i/T_{tot}), ปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้ง (tidal volume, V_t) วัดโดยใช้ airflow transducer ต่อกับ mouth piece และอัตราการหายใจ (respiratory rate, RR), การขยายของทรวงอกและท้อง (rib cage, RC; abdominal, AB motions) วัดโดยใช้ respiratory effort transducers วิเคราะห์สัญญาณโดยใช้ BIOPAC software system (BIOPAC systems, Inc.) ซึ่งแสดงผลผ่านจอคอมพิวเตอร์ตลอดช่วงฝึกหายใจ ในการฝึกหายใจแต่ละชุดบันทึกค่าตัวแปร 3 ค่า ทั้งหมด 3 ชุด รวมทั้งหมด 9 ค่า เพื่อหาค่าเฉลี่ย และวัดอาการหอบเหนื่อย ด้วย modified Borg's scale ^(11, 12) ก่อนและหลังการฝึกหายใจ บันทึกค่าหลังการฝึกหายใจแต่ละชุด เพื่อนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

2. ความสามารถในการฝึกหายใจแต่ละวิธี โดยประเมินตัวแปรตามขณะฝึกหายใจจากการสังเกตของผู้วิจัย และบันทึกผลในแต่ละชุด ได้แก่

2.1 ความสามารถในการหายใจเข้าลึก และค้างไว้ได้นานน้อย 2-3 วินาที ในช่วงหายใจเข้าลึกสุด รายงานผลเป็นจำนวนครั้งที่อาสาสมัครทำได้

2.2 การใช้กลัมน้ำเกลือช่วยหายใจ ประเมินจากการสังเกตการหดตัวของกลัมน้ำเกลือช่วยหายใจบริเวณลำคอ ซึ่งแบ่ง

เป็น 3 ระดับ คือ น้อย ปานกลาง และมาก บันทึกผลจากระดับที่ใช้มากที่สุด และรายงานผลเป็นจำนวนอาสาสมัครที่ได้

2.3 ความสามารถในการหายใจได้ต่อเนื่องกัน 10 ครั้ง ในการฝึกแต่ละชุดโดยไม่หยุดพัก รายงานผลเป็นจำนวนอาสาสมัครที่ได้

2.4 ความสามารถในการฝึกหายใจแต่ละวิธี บันทึกผลเป็นจำนวนครั้งที่สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามข้อกำหนดของวิธีการฝึกหายใจนั้นๆ และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ปฏิบัติได้

รูปแบบการวิจัย (Study design)

การศึกษาแบบ randomized cross-over trial แบ่งเป็นการหายใจ 3 ภาวะ คือ การฝึกหายใจด้วย BreatheMAX (A), Triflo II® (B) และมีภาวะควบคุม คือฝึกหายใจด้วยตัวเองโดยใช้กลัมน้ำเกลือ (C)

ขั้นตอนการศึกษา

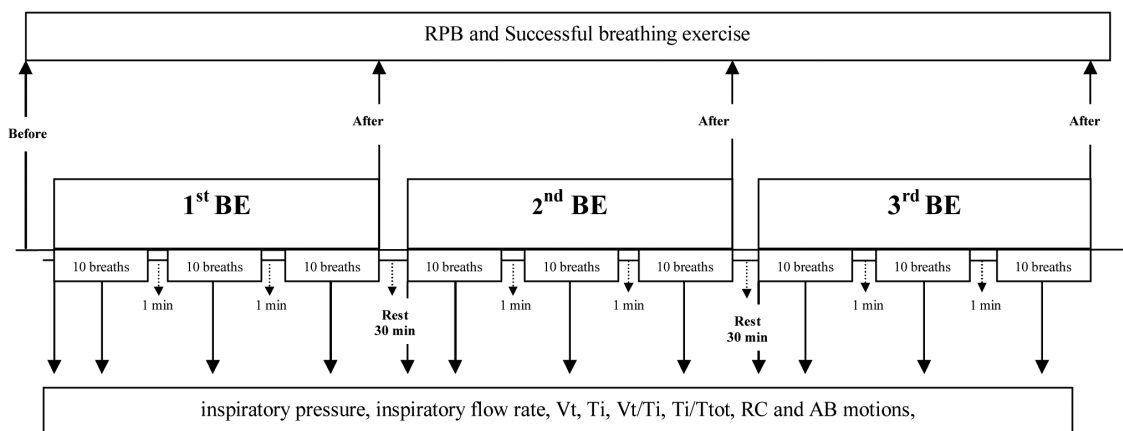
* ภาวะฝึกหายใจ A: สูดหายใจเข้าอย่างช้าๆและลึกๆ ผ่านอุปกรณ์ BreatheMAX (BM) ทาง mouth piece ใช้แรงดัน 5 ซม.น้ำ ให้ปอดและทรวงอกขยายอย่างช้าๆ

* ภาวะฝึกหายใจ B: สูดหายใจเข้าผ่านอุปกรณ์ Triflo II® (TF) ทาง mouth piece ให้ลึกและแรงพอที่จะให้ปอดขยายอย่างน้อย 2 ช่อง หรือให้มีอัตราการไหลของอากาศ 900 มล./วินาที^(3,4,13)

* ภาวะควบคุม C: สูดหายใจเข้าอย่างช้าๆและลึกๆ โดยใช้กลัมน้ำเกลือ (DB) ค่อยๆสูดหายใจเข้าทาง mouth piece ให้ปอดและทรวงอกขยายอย่างช้าๆ

อาสาสมัครถูกสุ่มลำดับวิธีการฝึกหายใจด้วยวิธีการจับสลาก ซึ่งอาจเป็น A-B-C, A-C-B, B-A-C, B-C-A, C-A-B และ C-B-A พักการศึกษาระหว่างแต่ละภาวะ 30 นาที

การฝึกหายใจทุกวิธี ทำในท่านั่ง ใช้คลิปปหนีบจมูก อาสาสมัครต้องค้างการหายใจเข้าลึกไว้ 2-3 วินาที จากนั้นหายใจออกปกติ มีอัตราการหายใจคงที่ โดยสัดส่วนการหายใจเข้าต่อการหายใจออกเป็น 1:2 และหลีกเลี่ยงการใช้กลัมน้ำเกลือช่วยหายใจ (respiratory accessory muscles) โดยฝึกหายใจ 10 ครั้งต่อชุด ทั้งหมด 3 ชุด พักระหว่างชุด 1 นาที รวมระยะเวลาการเก็บข้อมูลในอาสาสมัครแต่ละคนประมาณ 3-4 ชั่วโมง (รูปที่ 1) ทำการศึกษากายในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 25 องศา



รูปที่ 1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล Vt: tidal volume, Ti: inspiratory time, Vt/Ti: mean inspiratory flow, Ti/Ttot: duty cycle, BE: breathing exercise, RPB: rating of perceived breathlessness, RC: rib cage, AB: abdominal

การวิเคราะห์ข้อมูล

จากสมมติฐานคือ การฝึกหายใจด้วยวิธี DB และ BM มีผลในการเพิ่มปริมาตรปอดได้แตกต่างจาก TF ดังนั้นจึงใช้สถิติ *a priori* by paired single-tailed Student's t tests ในการเปรียบเทียบค่าของตัวแปรขณะฝึกหายใจที่เปลี่ยนแปลงจากภาวะพักระหว่างแต่ละภาวะ ยกเว้นอาการหอบเหนื่อย และความสามารถของการฝึกหายใจแต่ละวิธีวิเคราะห์โดยใช้ Wilcoxon's matched pairs signed rank test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ การวิเคราะห์ทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17

ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีอาสาสมัครที่เป็นผู้สูงอายุในจังหวัดขอนแก่นจำนวนทั้งสิ้น 14 คน มีลักษณะพื้นฐานการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต และสมรรถภาพปอดอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ตารางที่ 1)

1. แบบแผนการหายใจในขณะฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ IS 2 ชนิด

ทุกตัวแปรในขณะพักก่อนเริ่มฝึกหายใจแต่ละวิธีไม่มีความแตกต่างกัน แบบแผนการหายใจแสดงใน ตารางที่ 2 โดยขณะฝึกหายใจ

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ และสุขภาพปอดและหัวใจของอาสาสมัคร แสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ยกเว้นเพศ แสดงเป็นจำนวนอาสาสมัคร, BMI: Body mass index; HR: Heart rate; SBP: Systolic blood pressure; DBP: Diastolic blood pressure; RR: Respiratory rate; SVC: slow vital capacity; IC: inspiratory capacity

Variables	Values (mean $\pm$ SD)
Age (years)	69.9 $\pm$ 3.6
Gender (M/F)	4 / 10
Height (cm)	155.5 $\pm$ 5.2
Weight (kg)	62.8 $\pm$ 8.5
BMI (kg/m ²)	26.0 $\pm$ 3.4
HR (bpm)	82 $\pm$ 11
SBP/ DBP (mmHg)	130.4 $\pm$ 14.8 / 69.1 $\pm$ 12.9
RR (bpm)	18 $\pm$ 6
SVC (L)	2.4 $\pm$ 0.6
IC (L)	1.8 $\pm$ 0.4

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะและแบบแผนการหายใจในขณะพัก และขณะฝึกหายใจ

Parameters	Diaphragmatic breathing			BreatheMAX®			Triflo II®		
	Baseline	During	Delta	Baseline	During	Delta	Baseline	During	Delta
IPpeak (cmH ₂ O)	1.2±0.3 (1.1 to 1.4)	2.0±0.8* (1.6 to 2.5)	0.8±0.8* (0.3 to 1.3)	1.2±0.3 (1.0 to 1.4)	8.9±1.5* (8.0 to 9.7)	7.7±1.3* (6.9 to 8.4)	1.3±0.3 (1.1 to 1.5)	21.1±4.2* (18.7 to 23.5)	19.8±4.3* (17.3 to 22.2)
IPmean (cmH ₂ O)	0.8±0.2 (0.7 to 0.9)	1.3±0.6* (0.9 to 1.6)	0.4±0.6* (0.1 to 0.8)	0.9±0.2 (0.8 to 1.0)	5.5±1.2* (4.9 to 6.2)	4.7±1.1* (4.0 to 5.3)	0.9±0.2 (0.7 to 1.0)	12.8±3.6* (10.7 to 15.0)	11.9±3.6* (9.9 to 14.0)
IFpeak (L/s)	0.6±0.1 (0.5 to 0.6)	0.8±0.3* (0.7 to 1.0)	0.3±0.2 (0.1 to 0.4)	0.6±0.2 (0.5 to 0.7)	0.8±0.2* (0.7 to 0.9)	0.2±0.2 (0.11 to 0.33)	0.6±0.1 (0.5 to 0.7)	1.6±0.2* (1.5 to 1.7)	1.0±0.3* (0.9 to 1.2)
IFmean (L/s)	0.4±0.1 (0.3 to 0.4)	0.4±0.2 (0.3 to 0.5)	0.1±0.2* (-0.1 to 0.1)	0.4±0.1 (0.3 to 0.5)	0.3±0.4* (0.2 to 0.3)	-0.1±0.1* (-0.2 to -0.1)	0.4±0.1 (0.3 to 0.4)	1.0±0.1* (0.9 to 1.1)	0.6±0.1* (0.5 to 0.7)
Ti (s)	2.2±1.2 (1.5 to 2.9)	3.3±1.0* (2.8 to 3.9)	1.1±1.5* (0.2 to 2.0)	1.7±0.4 (1.5 to 1.9)	5.5±1.9* (4.4 to 6.6)	3.8±1.8* (2.8 to 4.9)	1.7±0.5 (1.4 to 2.0)	1.2±0.2* (1.0 to 1.3)	-0.5±0.5* (-0.8 to -0.3)
Ti/Ttotal	0.5±0.1 (0.4 to 0.5)	0.6±0.1 (0.5 to 0.6)	0.1±0.1* (0.1 to 0.2)	0.5±0.1 (0.5 to 0.6)	0.7±0.1* (0.6 to 0.7)	0.2±0.2* (0.1 to 0.3)	0.5±0.1 (0.5 to 0.6)	0.4±0.1* (0.3 to 0.4)	-0.1±0.1* (-0.2 to -0.1)
RR (breaths/min)	16±3 (14 to 18)	7±2* (6 to 8)	-9±3 (-11 to -8)	17±4 (15 to 19)	8±3* (6 to 9)	-10±4 (-12 to -7)	18±6 (15 to 22)	20±5 (17 to 22)	1±7* (-3 to 6)
RC motion (cm)	2.8±2.0 (1.6 to 3.9)	5.0±3.4* (2.9 to 6.9)	2.2±1.9 (1.1 to 3.3)	2.8±2.4 (1.4 to 4.2)	5.7±4.8* (2.8 to 8.4)	2.8±2.8 (1.2 to 4.5)	2.8±1.8 (1.8 to 3.9)	4.1±2.5* (2.6 to 5.5)	1.3±1.5 (0.4 to 2.1)
AB motion (cm)	2.1±1.4 (1.3 to 3.0)	3.4±2.7* (1.7 to 5.0)	1.3±1.8 (0.2 to 2.3)	1.9±1.5 (1.0 to 2.7)	2.7±2.5* (1.2 to 4.1)	0.9±1.4 (0.1 to 1.7)	2.0±1.5 (1.1 to 2.8)	2.3±1.6 (1.3 to 3.2)	0.3±0.8 (-0.1 to 0.8)
Borg scale	0	0.4±0.5	0.4±0.5	0	0.6±0.7*	0.6±0.7	0	1.3±0.8*	1.3±0.8*

แสดงค่าเป็น mean ± SD และ 95% CI. Delta = ความแตกต่างของ During - baseline, DB: diaphragmatic breathing, IPpeak: Peak inspiratory pressure, IPmean: mean inspiratory pressure, IFpeak: peak inspiratory flow, IFmean: mean inspiratory flow, Vt: tidal volume. Ti: inspiratory time, Ti/Ttot: duty cycle, RR: respiratory rate. **P* < 0.05 เปรียบเทียบขณะพักและขณะฝึกหายใจ, * *P* < 0.017 เปรียบเทียบระหว่างการฝึกหายใจแต่ละวิธี

1.1 ความดัน ความเร็วการไหลของอากาศ และปริมาตรอากาศ

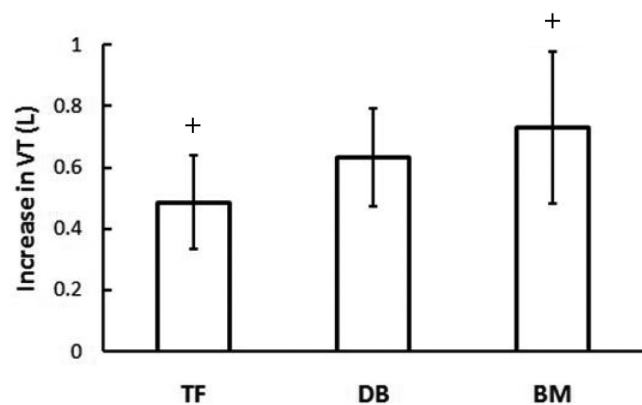
ความดันอากาศและความเร็วการไหลของอากาศสูงสุดในขณะฝึกหายใจด้วย TF มีค่ามากกว่าการฝึกหายใจด้วย BM และ DB และการฝึกหายใจด้วย BM มากกว่า DB ($P < 0.01$) โดยความดันอากาศขณะหายใจสูงสุดเพิ่มขึ้นขณะฝึกหายใจด้วย DB, BM และ TF เมื่อเทียบกับขณะพักโดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.8 ± 0.8 , 7.7 ± 1.3 19.8 ± 4.3 ซม.น้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ค่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นขณะหายใจด้วย TF มากกว่า BM และ DB เท่ากับ 12.2 ± 5.2 และ 19.0 ± 4.0 ซม.น้ำ ตามลำดับ ($P < 0.01$) และ BM มากกว่า DB ($P < 0.01$) ความดันอากาศขณะหายใจเฉลี่ยเพิ่มขึ้นขณะฝึกหายใจด้วย DB, BM และ TF เมื่อเทียบกับขณะพักโดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.4 ± 0.6 , 4.7 ± 1.1 , 11.9 ± 3.6 ซม.น้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ค่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นขณะหายใจด้วย TF มากกว่า BM และ DB เท่ากับ 7.3 ± 4.0 และ 11.6 ± 3.4 ซม.น้ำ ตามลำดับ ($P < 0.01$) และ BM มากกว่า DB ($P < 0.01$)

ความเร็วการไหลของอากาศสูงสุดเพิ่มขึ้นขณะฝึกหายใจด้วย DB, BM และ TF เมื่อเทียบกับขณะพักโดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.3 ± 0.2 , 0.2 ± 0.2 และ 1.0 ± 0.3 ลิตรต่อวินาที ตามลำดับ ค่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นขณะหายใจด้วย TF มากกว่า BM และ DB เท่ากับ 0.7 ± 0.2 และ 0.5 ± 0.2 ลิตรต่อวินาที ($P < 0.01$) ตามลำดับ อัตราการไหลของอากาศเฉลี่ยเพิ่มขึ้นขณะฝึกหายใจด้วย BM และ TF เมื่อเทียบกับขณะพักโดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.1 ± 0.1 และ 0.6 ± 0.1 ลิตรต่อวินาที ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ค่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นขณะหายใจด้วย TF มากกว่า BM และ DB เท่ากับ 0.7 ± 0.2 และ 0.5 ± 0.2 ลิตรต่อวินาที ($P < 0.01$) ตามลำดับ และ BM มากกว่า DB ($P < 0.01$)

ขณะพักมีเวลาที่ใช้ในการหายใจเข้าอยู่ระหว่าง 1.7 ± 0.4 - 2.2 ± 1.2 วินาที และมีค่าเพิ่มเป็น 3.3 ± 1.0 และ 5.5 ± 1.9 วินาที ขณะฝึกหายใจด้วย DB และ BM ตามลำดับ แต่ขณะฝึกหายใจด้วย TF มีค่าลดลงจากขณะพักเป็น 1.2 ± 0.2 วินาที ซึ่ง TF มีเวลาที่ใช้ในการหายใจเข้าน้อยกว่า DB และ BM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และ BM มากกว่า DB ($P < 0.01$) สัดส่วนเวลาที่

ใช้ในการหายใจเข้าก็เช่นเดียวกัน โดยมีค่าน้อยที่สุดขณะฝึกหายใจด้วย TF และมากที่สุดขณะฝึกหายใจด้วย BM อัตราการหายใจมีค่ามากที่สุดขณะฝึกหายใจด้วย TF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในขณะที่ DB และ BM มีอัตราการหายใจลดลงจากภาวะพัก 9 ± 3 และ 10 ± 4 ครั้งต่อนาที

ขณะฝึกหายใจทุกวิธีมีปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้งเพิ่มขึ้นจากขณะพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และในขณะฝึกหายใจด้วย BM พบว่าปริมาตรอากาศที่เพิ่มขึ้นมีค่ามากกว่า TF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (245 มิลลิลิตร, $P < 0.05$) (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การเพิ่มขึ้นของปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้ง (Tidal volume) จากภาวะพัก ในขณะฝึกหายใจแต่ละวิธี แสดงค่าเป็นค่าเฉลี่ยและค่าความเชื่อมั่น (95% CI) * $P < 0.017$ เปรียบเทียบระหว่าง BM and TF

1.2 การขยายของทรวงอกและท้อง

ในขณะฝึกหายใจทุกวิธีมีการขยายของทรวงอกและท้องเพิ่มขึ้นจากภาวะพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นขณะฝึกหายใจด้วย TF พบว่าการขยายของท้องไม่เปลี่ยนแปลง โดยขณะฝึกหายใจด้วย DB, BM, TF มีค่าการขยายของทรวงอกและท้อง 5.0 ± 3.4 และ 3.4 ± 2.7 ซม., 5.7 ± 4.8 และ 2.7 ± 2.5 ซม., 4.1 ± 2.5 และ 2.3 ± 1.6 ซม. ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งการขยายของทรวงอกและท้องไม่มีความแตกต่างกันในขณะฝึกหายใจแต่ละวิธี

อาการหอบเหนื่อย พบว่าขณะฝึกหายใจด้วย BM และ TF มีค่าเพิ่มขึ้นจะภาวะพักเป็น 0.6 ± 0.7 และ 1.3 ± 0.8 ตามลำดับ และพบว่าขณะฝึกหายใจด้วย TF มีอาการ

หอบเหนื่อยมากกว่าขณะฝึกหายใจด้วย DB และ BM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ความสามารถในการฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ IS

2 ชนิด

ความสำเร็จในการฝึกหายใจตามข้อกำหนดของการฝึกหายใจด้วย DB, BM และ TF แสดงในตารางที่ 3 ขณะฝึกหายใจด้วย TF อาสาสมัครส่วนใหญ่ประสบความสำเร็จตามกำหนดของอุปกรณ์ (หายใจให้บอลลอยอย่างน้อย 2 ช่อง) เพียง 22 ครั้งจากการฝึกหายใจ 30 ครั้ง สามารถคง

ค้างการหายใจเข้าลึกไว้ 2-3 วินาที 1 ครั้ง และอาสาสมัครทุกคนมีการใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจในระดับมากทุกครั้ง แต่การฝึกด้วย DB และ BM อาสาสมัครประสบความสำเร็จตามกำหนดของอุปกรณ์ทุกครั้ง สามารถคงค้างการหายใจเข้าลึกไว้ 2-3 วินาที 30 ครั้ง และ 20 ครั้ง ตามลำดับ และอาสาสมัครส่วนใหญ่มีการใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจในระดับปานกลาง มีอาสาสมัคร 1 คนขณะฝึกหายใจด้วย DB และ 3 คน ขณะฝึกหายใจด้วย BM ที่มีการช่วยกล้ามเนื้อช่วยหายใจในระดับมาก (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความสามารถของอาสาสมัครในการฝึกหายใจ 3 แบบ: ฝึกหายใจด้วยตัวเองโดยใช้กะบังลม ฝึกหายใจโดยใช้อุปกรณ์ BreatheMAX และ ฝึกหายใจโดยใช้อุปกรณ์ Triflo II

Performance	Breathing exercises		
	DB	BreatheMAX	Triflo II®
Success (occasions)	30 (30)	30 (30)	22 (1-30)
Sustained hold at maximal inspiration (occasions)	30 (30)	20 (0-30)	1 (0-30)
Accessory muscle used (n)			
- Mild	4 / 14 (28.6 %)	1 / 14 (7.1 %)	0 / 14 (0 %)
- Moderate	9 / 14 (64.3 %)	10 / 14 (71.4 %)	0 / 14 (0 %)
- Vigorous	1 / 14 (7.1 %)	3 / 14 (21.4 %)	14 / 14 (100 %)

Success: จำนวนครั้งเฉลี่ย (จำนวนครั้งความสำเร็จต่ำสุด-สูงสุด) ที่อาสาสมัครสามารถสูดหายใจได้ถึงเป้าหมายของการฝึกหายใจแต่ละแบบ

Sustained hold: จำนวนครั้งที่อาสาสมัครสามารถคงค้างการหายใจเข้าลึกสุดอย่างน้อย 2-3 วินาที รายงานผลเป็นจำนวนครั้งของการฝึกหายใจ ยกเว้น Accessory muscle used แสดงผลเป็นจำนวนอาสาสมัคร DB: diaphragmatic breathing exercise

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบแบบแผนการหายใจ ความสามารถในการฝึกหายใจ และประสิทธิภาพของการฝึกหายใจระหว่างการฝึกหายใจด้วยตัวเองด้วย DB และการฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ IS 2 แบบ คือ TF และ BM ในผู้สูงอายุ ผลการศึกษาพบว่า การฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ BM มีแบบแผนการหายใจ คือ มีช่วงหายใจเข้านานกว่า โดยใช้กล้ามเนื้อกะบังลมมากกว่า สามารถคงค้างการหายใจลึกได้มากกว่า มีการใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจน้อยกว่า และสามารถฝึกหายใจได้สำเร็จตามข้อกำหนดของการฝึกหายใจมากกว่า

อีกทั้งมีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากมีปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้งมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกหายใจด้วย TF โดยแบบแผนการหายใจโดยใช้ BM ใกล้เคียงกับการฝึกหายใจด้วย DB

1. แบบแผนการหายใจ

1.1 ความดัน ความเร็วการไหลของอากาศ และปริมาตรอากาศ: การศึกษานี้พบว่า ขณะฝึกหายใจทั้ง 3 วิธี มีเวลา ความเร็วการไหลของอากาศ และความดันอากาศที่ใช้ในการหายใจเข้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะขณะฝึกหายใจด้วย TF มีช่วงหายใจเข้าสั้นกว่า

DB และ BM ประมาณ 3 และ 5 เท่า ตามลำดับ ความดันอากาศขณะฝึกหายใจด้วย TF มีค่ามากที่สุด ซึ่งมากกว่าขณะฝึกหายใจด้วย BM และ DB ประมาณ 2 และ 10 เท่าตามลำดับ เนื่องจากการหายใจเข้าเร็วและแรงในขณะฝึกหายใจด้วย TF ทำให้มีความเร็วการไหลของอากาศมากที่สุดด้วย และขณะฝึกหายใจด้วย BM มีความเร็วการไหลของอากาศน้อยที่สุด ซึ่งตัวแปรที่เป็นตัวกำหนดปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้ง คือ ความเร็วการไหลของอากาศ และเวลาที่ใช้ในการหายใจเข้าแต่ละครั้ง พบว่าปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้งเพิ่มมากขึ้นจากภาวะพักในขณะฝึกหายใจทุกวิธี (รูปที่ 3) ซึ่งขณะฝึกหายใจด้วย BM มีปริมาตรอากาศเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยเพิ่มขึ้นมากกว่าขณะฝึกหายใจด้วย TF (ประมาณ 250 มิลลิลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแม้ว่าขณะฝึกหายใจด้วย DB จะมีปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้งเพิ่มขึ้นมากกว่า TF ประมาณ 150 มิลลิลิตร แต่ค่าความแตกต่างดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความดันและความเร็วการไหลของอากาศที่สูงขณะฝึกหายใจด้วย TF ทำให้ปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้งที่ได้มีค่าน้อยกว่าการฝึกหายใจวิธีอื่นๆ ที่มีความเร็วการไหลของอากาศต่ำกว่า เนื่องจากมีความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการหายใจเข้า โดยผลของการฝึกหายใจเข้าช้าๆ และลึก ช่วยเพิ่มปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้งได้ เนื่องจากการหายใจเข้าช้าๆ ส่งผลให้เกิดการไหลของอากาศแบบสายกระแส (laminar flow) จึงทำให้อากาศผ่านเข้าไปยังถุงลมปอดได้อย่างทั่วถึงมากขึ้น นอกจากนี้ การหายใจลึกยังช่วยเพิ่มแรงดันที่ทำให้ปอดขยาย (transpulmonary pressure) ซึ่งนอกจากจะทำให้ถุงลมขยายใหญ่ขึ้นแล้ว ยังทำให้จำนวนถุงลมเปิดมากขึ้นอีกด้วย (4,5,17,18) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ฝึกหายใจชนิด volume-oriented ทำให้มีเวลาที่ใช้ในการหายใจเข้าและปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้งมากกว่าอุปกรณ์ชนิด flow-oriented (3,4) นอกจากนี้ พบว่าขณะฝึกหายใจด้วย BM มีปริมาตรอากาศของการหายใจต่อครั้งมากกว่าขณะฝึกหายใจด้วย DB ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่า การฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์มีปริมาตรหายใจมากกว่าการฝึกหายใจด้วยกล้ามเนื้อกะบังลม (19)

อุปกรณ์ BM มีหลักการทำงานเป็นแบบ “pressure-oriented” แต่พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาตรอากาศได้ โดยการควบคุมการสูดหายใจเข้าให้คงที่

โดยสังเกตจากการปูดของฟองอากาศให้ปูดสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นการควบคุมให้มีการไหลของอากาศขณะหายใจเข้าให้คงที่ ร่วมกับการควบคุมเวลาที่ใช้ในการหายใจเข้า ดังนั้น อุปกรณ์ BreatheMAX จึงสามารถทำงานได้เหมือนกับอุปกรณ์ฝึกหายใจชนิด volume-oriented ได้

นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการหายใจเข้าสั้นในขณะฝึกหายใจด้วย TF ทำให้มีอัตราการหายใจเร็วขึ้น และการออกแรงหายใจเข้ามากขึ้นทำให้มีการใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจมาก ซึ่งสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของงานการหายใจ (20) โดยการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกหายใจในผู้ป่วยภายหลังการผ่าตัด พบว่าผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงปานกลาง และสูงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนภายหลังการผ่าตัด มีงานการหายใจขณะฝึกด้วยอุปกรณ์ชนิด flow-oriented มากกว่าขณะฝึกด้วยอุปกรณ์ volume-oriented ถึง 2 เท่า (20) การศึกษาของ Mang และ Obermayer เปรียบเทียบการฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ฝึกหายใจ 6 ชนิด พบว่า งานการหายใจมากที่สุดขณะฝึกด้วยอุปกรณ์ Triflo II (21) จึงสรุปได้ว่า การฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ชนิด flow-oriented มีงานการหายใจมากกว่าการฝึกด้วยอุปกรณ์ชนิด volume-oriented

1.2 การขยายของทรวงอกและท้อง: ขณะฝึกหายใจทุกวิธีพบว่า มีการขยายของทรวงอกและท้องเพิ่มมากขึ้นจากภาวะพัก ยกเว้นขณะฝึกหายใจด้วย TF พบว่าการขยายของท้องไม่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อเปรียบเทียบการขยายของทรวงอกและท้องระหว่างการฝึกหายใจวิธีต่างๆ พบว่าไม่แตกต่างกันซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบการขยายของทรวงอกและท้องขณะฝึกหายใจยังพบว่ามีความขัดแย้งกัน โดย Tomich และคณะ (2007 และ 2010) พบว่าการขยายของทรวงอกและท้องไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ชนิด volume และ flow-oriented ในทางตรงกันข้าม มีการศึกษาที่พบการขยายของท้องขณะฝึกหายใจด้วย volume-oriented มากกว่า flow-oriented ในอาสาสมัครสุขภาพดี (3)

เป็นที่น่าสังเกตว่า แม้ในขณะพักและในขณะฝึกหายใจด้วยกล้ามเนื้อกะบังลม ยังพบการขยายของทรวงอกมากกว่าการขยายของท้อง บ่งชี้ว่า ผู้สูงอายุไม่สามารถเลือกใช้กล้ามเนื้อกะบังลมในการฝึกหายใจได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการอ่อนแอของกล้ามเนื้อกะบังลมในผู้สูงอายุ (14, 15) ดังนั้น ผู้สูงอายุจึงใช้กล้ามเนื้อทรวงอกมากกว่า ถึงแม้ว่าในอดีตจะมีการรายงานการใช้กล้ามเนื้อกะบังลมมากกว่าขณะฝึกหายใจ

ด้วย volume-oriented เปรียบเทียบกับ flow-oriented ^(14,15) แต่เนื่องมาจากการศึกษาดังกล่าวศึกษาในอาสาสมัครที่ไม่ใช่ผู้สูงอายุ จึงทำให้ผลการศึกษามีความแตกต่างกัน

2. ความสามารถในการฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ IS

2 ชนิด

จากข้อกำหนดของการฝึกหายใจ คือ สามารถคงค้างการหายใจเข้าลึกอย่างน้อย 2-3 วินาที มีการใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจน้อย สูดหายใจได้ต่อเนื่อง 10 ครั้งในแต่ละรอบ นอกจากนี้ ขณะฝึกหายใจด้วยกล้ามเนื้อกะบังลม สามารถสูดหายใจเข้าให้ท้องป่อง ขณะฝึกด้วย BM สามารถสูดให้เกิดฟองปุดยาวๆ ภายในอุปกรณ์ และขณะฝึกด้วย TF สามารถสูดแรงพอจนทำให้บอลลอยขึ้นอย่างน้อย 2 ช่อง ซึ่งผลศึกษาพบว่า ในขณะที่ฝึกหายใจด้วย BM ผู้สูงอายุสามารถฝึกหายใจได้สำเร็จตามข้อกำหนดการฝึกมากกว่าขณะฝึกหายใจด้วย TF นอกจากนี้ การฝึกหายใจด้วย BM สามารถทำได้ง่ายเช่นเดียวกับการฝึกหายใจด้วยกะบังลมซึ่งเป็นวิธีการฝึกหายใจที่มีรูปแบบมาตรฐาน

ขณะฝึกหายใจด้วย TF ต้องออกแรงสูดหายใจให้เร็วและแรง ทำให้อาสาสมัครปฏิบัติตามข้อกำหนดของฝึกหายใจลึกได้น้อย ไม่สามารถคงค้างการหายใจเข้าลึกได้ อาจเนื่องมาจากการออกแรงสูดหายใจเข้าเร็วและแรง อาจจะทำให้ผู้ป่วยรู้สึกไม่สบายและอึดอัด และเมื่อหายใจเข้าลึกสุดแล้ว ต้องหายใจออกทันที มีอัตราการหายใจเข้าเร็ว และมีการใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจอยู่ในระดับมาก ทำให้มีอาการหอบเหนื่อยมากกว่าการฝึกหายใจด้วยวิธีอื่นๆ ที่อาสาสมัครสามารถสูดหายใจเข้าช้าๆ ได้ ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาในอดีตของ Costa และคณะ ในปี 1994 และ Tomich และคณะ ในปี 2007 พบว่า ขณะสูดหายใจเข้าเร็ว ทำให้มีคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ sternocleidomastoid สูงกว่าขณะสูดหายใจเข้าช้า ⁽¹⁴⁾ และขณะฝึกหายใจด้วย TF คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อดังกล่าวสูงกว่าขณะฝึกหายใจด้วยกล้ามเนื้อกะบังลม และอุปกรณ์ Voldyne® อย่างมีนัยสำคัญ ⁽⁴⁾ นอกจากนี้ พบว่ากล้ามเนื้อหายใจ โดยเฉพาะกล้ามเนื้อกะบังลมมีการอ่อนแรงในผู้สูงอายุ ^(15, 16) เนื่องจากภาวะปอดโป่งพองจากการที่มีอากาศค้างในปอดมากขึ้น และจากรูปร่างของทรวงอกที่เปลี่ยนแปลงไป จึงส่งผลทำให้มีแรงการหดตัวน้อยลง ^(1, 14) ดังนั้นผู้สูงอายุจึงมีการใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจมากขึ้น ทั้งในขณะที่พักและขณะฝึกหายใจ ซึ่งพบในการศึกษาครั้งนี้ แม้ว่าการฝึกหายใจลึกจะเป็นการกระตุ้นให้มีการ

ใช้กล้ามเนื้อกะบังลมมากขึ้น แต่การฝึกหายใจในระยะเวลาช่วงสั้นนี้ยังไม่เพียงพอที่จะเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกะบังลมในผู้สูงอายุได้

ข้อจำกัดของการศึกษา

1. การศึกษานี้เป็นเพียงการประเมินแบบแผนการหายใจและความสำเร็จของการฝึกหายใจ จากการฝึกหายใจทั้งหมด 30 ครั้ง การศึกษาในอนาคตควรมีการศึกษาดูผลการฝึกหายใจระยะยาว

2. การศึกษานี้จำเป็นต้องใช้ผู้วัด และผู้ฝึกเป็นคนเดียวกัน เนื่องจากการวัดต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญในการวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟที่แสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นค่าของแต่ละตัวแปร แต่ผู้วิจัยมีการป้องกันการลำเอียงในขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยการใช้รหัสกับข้อมูล โดยผู้วิเคราะห์ข้อมูลจะไม่ทราบว่าเป็นข้อมูลของภาวะใด กลุ่มใด หากมีการศึกษาในอนาคต ควรมีผู้ช่วยวิจัยในการประเมินและฝึกหายใจ

สรุปผลการศึกษา

การฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ BreatheMAX มีรูปแบบการหายใจเข้าใกล้เคียงกับการฝึกหายใจด้วยกล้ามเนื้อกะบังลม โดยมีแบบแผนการหายใจคือ มีความเร็วการไหลของอากาศและความดันอากาศน้อย มีเวลาที่ใช้ในการหายใจเข้าและปริมาตรอากาศของการหายใจเข้าต่อครั้งมาก และใช้กล้ามเนื้อกะบังลมได้ดี มีการใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจปานกลาง และคงค้างการหายใจเข้าลึกได้มากกว่า Triflo II® ที่ต้องมีความเร็วการไหลของอากาศ และความดันอากาศมาก มีเวลาที่ใช้ในการหายใจเข้าและปริมาตรอากาศของการหายใจเข้าต่อครั้งน้อย มีการใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจมาก และไม่สามารถคงค้างการหายใจเข้าลึกได้ ผู้สูงอายุสามารถฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ BreatheMAX ได้สำเร็จตามข้อกำหนดของการฝึกหายใจลึกได้มากกว่าการฝึกด้วยอุปกรณ์ Triflo II® ดังนั้นการฝึกหายใจด้วยกล้ามเนื้อกะบังลมและอุปกรณ์ BreatheMAX จึงเป็นวิธีการฝึกหายใจที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาตรอากาศของการหายใจในผู้สูงอายุ ส่วนการฝึกหายใจด้วย Triflo II® น่าจะมีข้อระวังเรื่องอาการหอบเหนื่อยจากการฝึกและอาจจะเหมาะสมกับการฝึกเพื่อเพิ่มกำลังของกล้ามเนื้อหายใจ อย่างไรก็ตามควรปรับระดับความสำเร็จของการฝึกหายใจด้วย Triflo II® ใหม่หากนำไปใช้ในผู้สูงอายุ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย และคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Janssens JP, Pache JC, Nicod LP. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. *Eur Respir J* 1999; 13: 197-205.
2. Shehab M and Abd El Kader. Aerobic exercise training and incentive spirometry can control age related pulmonary changes in elderly subjects. *Bull. Fac. Ph. Th. Cairo Univ* 2003; 8: 1-6.
3. Parreira VF, Tomich GM, Britto RR, Sampaio RF. Assessment of tidal volume and thoracoabdominal motion using volume and flow-oriented incentive spirometers in healthy subjects. *Braz J Med Biol Res* 2005; 38: 1105-12.
4. Tomich GM, Franca DC, Diorio ACM, Britto RR, Sampaio RF, Parreira VF. Breathing pattern, thoracoabdominal motion and muscular activity during three breathing exercise. *Braz J Med Biol Res* 2007; 40: 1409-17.
5. Bakow ED. Sustained maximal inspiration - a rationale for its use. *Respir Care* 1977; 22: 379-82.
6. Grant-Paterson L, Moodie NB. Incentive spirometry: an adjunct to chest physiotherapy. *Physiother Can* 1985; 37: 388-93.
7. Gosselink R et al. Incentive spirometry does not enhance recovery after thoracic surgery. *Cri care Med* 2000; 28: 679-83.
8. Laoakka T, Jones C, Khrisanapant W. The impact of inspiratory muscle training on elevated arm and leg exercise capacity in the elderly. [Master of Science Thesis in Physical Therapy] Khon Kaen: The graduate school, Khon Kaen university; 2007
9. Jones C, Laoakka T, Boonsawat W. Inspiratory muscle training increase elevated arm exercise endurance but not 6-minute walk distance in the elderly. *Thai Journal of Physical Therapy* 2006; 3: 23-34.
10. Kluayhomthong S, Jones C, Khrisanapant W, Chaisuksan S. The effectiveness of “Breath-eMAX” breathing device on airway secretion clearance in patients with ventilatory dependence. [Master of Science Thesis in Physical Therapy] Khon Kaen: The graduate school, Khon Kaen university; 2010.
11. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377-81.
12. Burdon J, Juniper E, Killian K, Hargreave F, Campbell E. The perception of breathlessness in asthma. *Am Rev Respir Disease* 1982; 126: 825-8.
13. Thomich GM, Franca DC, Diniz MC, Britto RR, Sampaio RF, Parreira VF. Effects of breathing exercises on breathing pattern and thoracoabdominal motion after gastropasty. *J Bras Pneumol* 2010; 36: 197-204.
14. Costa D, Vitti M, de Oliveira TD, Costa RP. Participation of the sternocleidomastoid muscle on deep inspiration in man. An electromyographic study. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1994; 34: 315-20.
15. Tolep K., Higgins N., Muza S., Criner G., Kelsen S. Comparison of diaphragm strength between healthy adult elderly and young men. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 677-82.
16. Polkey MI, Harris ML, Hughes PD. et al. The contractile properties of the elderly human diaphragm. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 1560-4.
17. Eman N, Jacqueline T, Jessica DR, Geoffrey M. Alveolar dynamics during respiration: Are the Pores of Kohn a pathway to recruitment?. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2008; 38: 572-8.
18. Bartlett RH, Gazzaniga AB and Geraghty TR. Respiratory maneuvers to prevent postoperative

- pulmonary complications. A critical review. JAMA 1973; 224: 1017-21.
19. Tomich GM, Franca DC, Diniz MC, Britto RR, Sampaio RF, Parreira VF. Effects of breathing exercises on breathing pattern and thoracoabdominal motion after gastropasty. J Bras Pneumol 2010; 36: 197-204.
 20. Weindler J. and Kiefer R.T. The efficacy of post-operative incentive spirometry is influenced by the device-specific imposed work of breathing. Chest 2001; 119: 1858-64.
 21. Mang H, Obermayer A. Imposed work of breathing during sustained maximal inspiration: comparison of six different incentive spirometers. Respir Care 1989; 34: 1122-8.