

ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก ในนักศึกษาเพศชายระดับมหาวิทยาลัยที่สูบบุหรี่เป็นประจำ

สุภัทรา ศิลปบรรเลง อธิภัทร์ สุธีรวิทย์ รัชต์ ไบร์สุวรรณ ปุณยาพร ศิริผล
คัมภีร์ บุญเรือง ปฏิภาณ อันทะเกตุ ณัฐชนน ศรีธงชาติ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการพัฒนากีฬา คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

Received: 8 January 2564 / Revised: 15 February 2564 / Accepted: 31 March 2564

บทคัดย่อ

อัตราการสูบบุหรี่ในกลุ่มวัยรุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีงานวิจัยที่พบว่า ผู้ที่สูบบุหรี่เป็นประจำจะมีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกที่ต่ำกว่าผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพปอด งานวิจัยที่ผ่านมามุ่งชี้ว่าการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องสามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้ ดังนั้นการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกันผลกระทบดังกล่าวในวัยรุ่นที่สูบบุหรี่เป็นประจำ

วัตถุประสงค์การวิจัย : เพื่อศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกและสมรรถภาพปอดในนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย เพศชาย

วิธีการวิจัย : นักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย เพศชาย อายุ 18-22 ปี สุขภาพดี สูบบุหรี่เป็นประจำ จำนวน 15 คน แบ่งด้วยการสุ่มแบบอิสระเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง 8 คน กลุ่มควบคุม 7 คน โดยกลุ่มทดลองเข้ารับการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้อง 2 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์ ขณะที่กลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกใด ทั้งนี้ก่อนและหลังการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนได้รับการทดสอบความแข็งแรงกล้ามเนื้อ

หายใจเข้าและออก สมรรถภาพปอด และความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้อง

ผลการวิจัย : ภายหลังจากการฝึกกลุ่มทดลองมีค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจออก (MEP) เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่กลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจเข้า (MIP) และค่าสมรรถภาพปอดของทั้งสองกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งก่อนและหลังการทดลอง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้องของกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นและแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุปผลการวิจัย : การฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องสามารถเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจออกได้ไม่แตกต่างกับควบคุม แต่อย่างไรก็ตามความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก ความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้องและสมรรถภาพปอดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดีกว่าภายหลังการฝึก

คำสำคัญ : การฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้อง, กล้ามเนื้อหายใจ, ความแข็งแรง, สูบบุหรี่

EFFECT OF ABDOMINAL MUSCLE TRAINING ON EXPIRATORY MUSCLE STRENGTH AND LUNG FUNCTION IN COLLEGE MALE STUDENT SMOKERS

**Supattra Silapabanleng Teerapat Suteerawut Rachata Bosuwan Poonyaporn
Siriphol Kampee Boonruang Patiparn Antaket Nuchanon Srithongchart**

Department of sport science and sport development, Faculty of Allied health science,
Thammasat University

Received: 8 January 2021 / Revised: 15 February 2021 / Accepted: 31 March 2021

Abstract

Background: The rate of smoking among young people has increased steadily over the past decades. Previous research indicated that smokers have lower expiratory muscle strength than non-smokers, thereby affecting lung function. Abdominal muscle training has been shown to improve respiratory muscle strength. Therefore, the abdominal muscles training, as an alternative intervention, could benefit on respiratory muscle and lung function in young smokers.

Objective: To evaluate the effect of abdominal muscle training on expiratory muscle strength and lung function in male early adulthood smoker.

Method: A total of 15 healthy male smokers, aged 18-22 years old, were randomly divided into 2 groups: an experimental group (8 men) and a control groups (7 men). The experimental group performed abdominal muscle training 2 days per week for 8 weeks while the control group received no treatment. All participants completed respiratory muscle

strength test, lung function test and abdominal muscle strength test before and after 6-week of training.

Results: After training, the maximum expiratory pressure (MEP) was significantly increased in the experimental group ($p = 0.012$), but not in control group, when compared to pre-training. Neither the maximum inspiratory pressure (MIP) nor lung function were affected after training in both groups. After training the abdominal muscle strength in the experimental group was significantly increased when compared to before training and control group ($p = 0.021$).

Conclusion: A 8-week of abdominal muscle training had a small effect on expiratory muscle strength and lung function in college student smokers. Nevertheless, there was a trend for the expiratory muscle strength and abdominal muscle strength to be improved after training compared to control.

Keywords: abdominal muscle training, respiratory muscle, strength, smoker

บทนำ

ปัจจุบันอัตราการสูบบุหรี่ในกลุ่มวัยรุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีรายงานวิจัยพบว่าการสูบบุหรี่นั้นทำให้เกิดการอุดตันของทางเดินหายใจและลดการพัฒนาของปอดในเด็กวัยรุ่นชายและหญิง (Gold et al., 1996) นอกเหนือจากผลกระทบดังกล่าวแล้วยังพบว่า การสูบบุหรี่มีผลเสียต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle strength) โดยงานวิจัยของ อินทชัย และคณะ (Inthachai, Demekul, Phonsatsadee, Puttitommagool, & Boonyachart, 2019) พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออก (respiratory muscle strength) และประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย (Exercise performance) ในผู้ชายวัยผู้ใหญ่ตอนต้นที่สูบบุหรี่เป็นประจำมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ ปัจจุบันจึงมีงานวิจัยมากมายที่พยายามศึกษาวิธีการในการช่วยลดผลเสียจากการสูบบุหรี่ อาทิ เช่นงานวิจัยของ Bostanci และคณะ (2019) ได้ศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าในผู้ชายสุขภาพดีที่สูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่ 42 คน โดยทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าภายหลังการฝึกมีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจเข้าและสมรรถภาพปอดอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มสูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่ (Bostanci et al., 2019) ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าสามารถเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจเข้าและสมรรถภาพปอดในผู้สูบบุหรี่ได้ แต่อย่างไรก็ตามนอกเหนือจากการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจเข้าแล้วกล้ามเนื้อหายใจออกก็เป็นกล้ามเนื้ออีกกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญต่อสุขภาพและสมรรถภาพร่างกายเช่นกัน

กล้ามเนื้อหายใจออกนั้นประกอบด้วยกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงด้านใน ซึ่งกล้ามเนื้อหายใจออกนั้นจะไม่ทำงานในการหายใจปกติขณะ

พัก แต่กล้ามเนื้อหายใจออกนั้นจะทำงานเมื่อร่างกายมีการหายใจออกที่มากกว่าปกติ อาทิเช่น ในขณะที่ออกกำลังกาย และการไอ เป็นต้น (Aliverti, 2016) โดยทั่วไปการไอนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ 1. Inspiratory phase เป็นระยะการหายใจเข้าลึกเพื่อให้อากาศเข้าสู่ปอด 2. Compressive phase เป็นระยะที่มีการปิดของกล่องเสียงและมีการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจออกเพื่อเพิ่มความดันอากาศในปอด 3. Expiratory phase เป็นระยะที่มีการเปิดของกล่องเสียงและทำให้อากาศความดันสูงในปอดวิ่งผ่านกล่องเสียงออกอย่างรวดเร็วโดยมีการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจออกอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการขับเสมหะออกมาได้ (Magni, Chellini, Lavorini, Fontana, & Widdicombe, 2011) การไออย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยให้สามารถขับเสมหะได้ดีซึ่งมีความจำเป็นในผู้ที่สูบบุหรี่ ทั้งนี้ยังมีการศึกษาที่พบว่า การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกมีผลให้ความสามารถในการไอลดลง (Park, Kang, Lee, Choi, & Kim, 2010) ดังนั้นการพัฒนาด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องในผู้ที่สูบบุหรี่นั้นน่าจะมีเป็นประโยชน์ จากการศึกษานำร่อง (Pilot study) ที่เกี่ยวข้องกับการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องในคนสุขภาพดีพบว่า การฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ในวัยรุ่นที่มีสุขภาพดี สามารถเพิ่มแรงดันหายใจออกสูงสุด (Maximum expiratory pressure; MEP) ภายหลังการฝึกอย่างมีนัยสำคัญ (Rodrigeuz et al., 2014) จากผลของการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องสามารถเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจออกในกลุ่มผู้มีสุขภาพดีได้ด้วยเหตุนี้งานวิจัยเรื่องนี้ต้องการจะศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกในนักศึกษาระดับปริญญาตรีเพศชายที่สูบบุหรี่เป็นประจำเพื่อที่จะได้เป็นแนวทางเลือกในการป้องกันและลดผลกระทบทางสมรรถภาพปอดที่เกิด

จากการสูบบุหรี่เป็นประจำ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกและสมรรถภาพปอดในนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย เพศชายที่สูบบุหรี่เป็นประจำ

สมมติฐานการวิจัย

การฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้อง สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกและสมรรถภาพปอดในนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย เพศชายที่สูบบุหรี่เป็นประจำได้แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ได้รับการรับรองจาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 20/2563 วันที่ 2 กันยายน พ.ศ.2563

กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาระดับปริญญาตรี เพศชาย คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จำนวน 20 คน เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้จากการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน(Cohen,1988) กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ 0.05 ค่าอำนาจการทดสอบ ($1-\beta$) ที่ .08 และค่าขนาดของผลกระทบ (d) ที่ 2.301 (Rodríguez et.al., 2014) โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับทราบรายละเอียดของโครงการวิจัย และการทดสอบสมรรถภาพและลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จากนั้นอาสาสมัครจะถูกแบ่งโดยการสุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง จำนวน 10 คนและกลุ่มควบคุมจำนวน 10 คน ทั้งนี้ในระหว่างการทดลองผู้เข้าร่วมการวิจัยในกลุ่มทดลอง 2 คนและกลุ่มควบคุม 3 คนขอถอนตัวออกจากการทดลองด้วยเหตุผลส่วนตัว ดังนั้นเมื่อสิ้นสุด

การทดลองจึงมีผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด 15 คน ดังนี้ กลุ่มทดลอง 8 คน และ กลุ่มควบคุม 7 คน

เกณฑ์การคัดเข้า

1. เพศชาย สุขภาพดี อายุ 18-22 ปี
2. มีพฤติกรรมสูบบุหรี่เป็นประจำทุกวัน อย่างน้อย 1-10 มวนต่อวัน (Inoue-Choi et.al., 2017)
3. มีเปอร์เซ็นต์ไขมันอยู่ในระดับปกติ (ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์)
4. ไม่ใช่นักกีฬาหรือผู้ที่มีการฝึกซ้อมกีฬาเพื่อการแข่งขัน
5. ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับโรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคเกี่ยวกับระบบหายใจ

เกณฑ์การคัดออก

1. ไม่สามารถเข้าร่วมได้ครบ 8 สัปดาห์
2. มีอาการผิดปกติในระหว่างการฝึก เช่น การบาดเจ็บที่ไม่สามารถฝึกต่อไปได้

ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

ในวันแรกของการทดสอบผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับการซักถามข้อมูลส่วนบุคคล วัดค่าองค์ประกอบร่างกาย จากนั้นทำการทดสอบค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออก ค่าสมรรถภาพปอด และค่าความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้องตามลำดับ โดยมีการพักระหว่างการทดสอบเป็นเวลา 1 นาที

เมื่อเข้าสู่ช่วงของการฝึกในกลุ่มทดลองเข้ารับการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้อง 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์โดยในระหว่าง 8 สัปดาห์นี้ผู้เข้าร่วมการทดลองต้องไม่ได้รับการฝึกในรูปแบบอื่น ๆ ในขณะที่กลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องดังกล่าวแต่ยังสามารถทำกิจกรรมทางกายเพื่อเน้นทนทานได้โดยที่ไม่ใช้รูปแบบของการฝึกใด ๆ เมื่อครบระยะเวลา 8 สัปดาห์ผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 2 กลุ่มต้องทำการทดสอบค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออก ค่าสมรรถภาพปอดและค่าความ

แข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้องอีกครั้งหนึ่ง

การทดสอบความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจ

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ โดยใช้เครื่องวัดแรงดันในการหายใจ (Hand-held mouth pressure meter) รุ่น Micro RPM01 (Micro Medical Ltd., United Kingdom) เพื่อใช้ในการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจโดย วัดค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจเข้า (Maximal inspiratory pressure; MIP) และแรงดันสูงสุดขณะหายใจออก(Maximal expiratory pressure ; MEP) โดยขั้นตอนในการวัดเป็นไปตามแนวทางของ ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise ปี 2019 โดย ในการทดสอบแรงดันสูงสุดขณะหายใจเข้า (MIP) จะกำหนดให้ผู้เข้าร่วมการทดลองหายใจออกสุดจนถึง Residual volume (RV) แล้วหายใจเข้าผ่านเครื่องให้แรงและเร็วที่สุด แล้วค้างไว้ 2-3 วินาที ในขณะที่การทดสอบแรงดันสูงสุดขณะหายใจออก (MEP) จะกำหนดให้ผู้เข้าร่วมการทดลองหายใจเข้าให้สุดจนถึง Total lung capacity (TLC) แล้วหายใจออกผ่านเครื่องให้แรงและเร็วที่สุด แล้วค้างไว้ 2-3 วินาที โดยมีกระตุ้นทางวาจาเพื่อช่วยให้ปฏิบัติได้อย่างเต็มที่ ค่าที่วัดได้ในแต่ละครั้งจะถูกจดบันทึกไว้โดยจะทำการวัดอย่างน้อย 5 ครั้งและสูงสุด 10 ครั้ง โดยค่าที่ได้สูงสุดจากการวัด 3 ครั้งที่มีความแตกต่างกันไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ จะใช้เป็นค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจเข้าและออก (Laveneziana et.al.,2019)

การทดสอบค่าสมรรถภาพปอด

การทดสอบค่าสมรรถภาพปอดโดยเครื่อง Spirometer รุ่น Micro Lab 3.1 โดยมีขั้นตอนการทดสอบเป็นไปตามแนวทางการกำหนดมาตรฐานของ the ATS/ERS 1296 E. guidelines for standardization of spirometry โดยกำหนดให้ผู้ถูกทดสอบนั่งลำตัวและหน้าตรง เมื่อเริ่มการทดสอบให้ผู้ถูกทดสอบ

หายใจเข้าเต็มที่จากนั้นอมรอบ mouthpiece และปิดปากให้แน่นแล้วหายใจออกให้เร็วและแรงเต็มที่จนหมด เมื่อสิ้นสุดการหายใจออกให้สูดหายใจเข้าเต็มที่ทำการทดสอบซ้ำให้ได้กราฟที่เข้าเกณฑ์อย่างน้อย 3 กราฟโดยสามารถทำซ้ำได้ไม่เกิน 8 ครั้ง (Miller et al., 2005)

การทดสอบความแข็งแรงทนทานกล้ามเนื้อหน้าท้อง

การทดสอบความแข็งแรงทนทานกล้ามเนื้อหน้าท้องนั้นใช้แบบทดสอบของ The American College of Sports Medicine (ACSM) curl-up (cadence) test ซึ่งเป็นแบบการทดสอบที่มีความแม่นยำสูง (Ferguson, 2014) ผู้ถูกทดสอบจะเริ่มต้นด้วยการนอนหงายราบไปกับพื้นโดยมีเลื่อปูรองไว้ งอเข่า 90° ฝ่าเท้าสัมผัสราบไปกับพื้น แขนเหยียดออกข้างลำตัววางมือราบไปกับพื้น ปลายนิ้วทั้ง 5 เหยียดออก โดยให้ปลายนิ้วอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ (ตำแหน่งเทปกาวที่ 1) จากนั้น กำหนดตำแหน่งเทปกาวที่ 2 ห่างออกไปจากตำแหน่งแรก 12 เซนติเมตร เมื่อเริ่มการทดสอบผู้ถูกทดสอบงอลำตัว หัวไหล่สูงจากพื้นให้ปลายนิ้วมือเลื่อนไปสัมผัสตำแหน่งเทปกาวที่ 2 ขึ้นลงตามจังหวะ (40 ครั้งต่อนาที) ทำการงอลำตัวให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หากทำจนครบ 75 ครั้งแล้วสามารถยุติการทดสอบได้

โปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้อง

รูปแบบการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นรูปแบบที่อ้างอิงมาจากการศึกษานำร่อง ของ Rodríguez และคณะ (2014) ซึ่งเป็นรูปแบบการฝึกกล้ามเนื้อหน้าที่สามารถเพิ่มแรงดันสูงสุดขณะหายใจออกภายหลังการฝึกได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในคนที่มีความสุขภาพดี ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยตลอด 8 สัปดาห์ ทำท่าในการฝึกจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วง (ช่วงละ 4

สัปดาห์) ช่วงที่ 1 (4 สัปดาห์แรก) จะใช้ทำการฝึกที่เป็นพื้นฐาน ช่วงที่ 2 (4 สัปดาห์หลัง) ใช้ทำการฝึกที่มีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น (Rodríguez et.al., 2014) ดังแสดงในรูปที่ 1

ในทุกครั้งของการฝึกผู้เข้าร่วมการทดลองทำการอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจะเริ่มต้นการฝึก ในการฝึกแต่ละครั้งมีทำการฝึกทั้งหมด 8 ท่า ผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับคำแนะนำให้ทำแต่ละท่าอย่างถูกต้อง โดยทำท่าดังกล่าวต่อเนื่องท่าละ 1 นาที มีระยะเวลาพักระหว่างท่า 30 วินาที ภายหลังการฝึกทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 10 นาที โดยปริมาณการฝึก(Volume) อยู่ระหว่าง 200-300 ครั้ง (repetition) ต่อ 1 ครั้งของการฝึก

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ทางสถิติ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ ได้แก่ ความแข็งแรง

กล้ามเนื้อหัวใจ ความแข็งแรงทนทานกล้ามเนื้อหน้าท้องและสมรรถภาพปอดถูกนำมาตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้ Shapiro-Wilk test ดังนั้นผู้วิจัยจึง

1. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อน-หลังการฝึกภายในแต่ละกลุ่มโดยใช้ Wilcoxon signed-rank test
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยใช้ Mann-Whitney U test
3. กำหนดระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05

ผลการวิจัย

เริ่มต้นการทดลองมีผู้เข้าร่วมการทดลองวิจัยทั้งหมด 20 คน โดยมีกลุ่มทดลอง 10 คน และ กลุ่มควบคุม 10 คน แต่มีผู้เข้าร่วมการทดลองถอนตัว 5 คน ผู้เข้าร่วมการทดลองจึงเหลือเพียง 15 คน โดยแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มทดลอง 8 คน และ กลุ่มควบคุม

ท่าออกกำลังกายใน 4 สัปดาห์แรก

1.Crunch

ยกลำตัวส่วนบนขึ้นลง



3. Sit-up

ยกลำตัวขึ้นให้ตอกสัมผัสเข้า



5.Legs raises

ยกขาขึ้นลงพร้อมกันสองข้าง



7.Plank leg raises

ยกขาขึ้นทีละข้าง (ท่าสลับต่อเนื่อง)



2.Cross curl-up

(ท่าสลับข้างต่อเนื่อง)



4.Heel Touches

ยกตัวเอื้อมแตะข้อเท้าทำสลับข้างต่อเนื่อง



6.Side plank

ทำทั้ง2ด้าน



8.Reverse curl

งอสะโพกยกขาขึ้นลง



1.Knee crunch

ยกลำตัวส่วนบนขึ้น-ลง



3.Single leg crunch

ยกขาขึ้นหนึ่งข้างพร้อมยกลำตัวเข้าหาเท้า (ท่าสลับข้างต่อเนื่อง)



5.Beetle crunch

ยกขาแตะเข่าขึ้นเอื้อมมือข้างตรงข้ามมาแตะที่เท้า (ท่าสลับข้างต่อเนื่อง)



7.Side Plank

ทำทั้ง2ด้าน



ท่าออกกำลังกายใน 4 สัปดาห์หลัง

2.Butterfly crunch

ยกลำตัวขึ้น-ลง เอื้อมมือไปด้านหลัง



4.Feet up crunch

ยกลำตัวส่วนบนขึ้นพื้นใช้มือแตะที่ปลายเท้า สลับขึ้นลง



6.Downward facing dog

ตั้งทวารดินเหยียดตอกพื้นลำตัวเป็นรูปสามเหลี่ยม สลับไปมา



8.Four stroke leg raise

1.งอเข่าเข้าหนึ่งงอตัว
2.ยกขาอีกข้างขึ้น
3.วางขาหลังหนึ่งข้าง
4.วางขาหลังสองข้าง (ทำต่อเนื่องวนไป)



รูปที่ 1 ท่าในการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้อง (อ้างอิงจากการศึกษาของ Rodriguez และคณะ (2014))

7 คน ผลของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เปอร์เซ็นต์ไขมัน ค่าดัชนีมวลกาย จำนวนการสูบบุหรี่ต่อวัน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ สมรรถภาพปอด ความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้อง ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 15 คน แสดงไว้ใน ตารางที่ 1

ความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจ

จากตารางที่ 2 แสดงค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจเข้าและออก (MIP, MEP) และ ค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจเข้าและออกสัมพัทธ์ (Relative MIP and MEP) ของทั้งสองกลุ่มภายหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ โดยพบว่าค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจออก และค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจออกสัมพัทธ์ในกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจออก และค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจออกสัมพัทธ์ระหว่างทั้งสองกลุ่มพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สมรรถภาพปอด

จากตารางที่ 2 แสดงค่าสมรรถภาพปอดก่อนและหลังการทดลอง 8 สัปดาห์พบว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า FEV1, FVC, FEV1/FVC%, MVV, PEF ทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างจากก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีเพียงค่า PIF ในกลุ่มทดลองที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้อง

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนครั้งในการทำ ACSM curl up test ภายหลังการทดลองพบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มทดลอง ($p < 0.05$) ในขณะที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มควบคุม ($p > 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่า ACSM curl up test ในกลุ่มทดลองเพิ่มมากขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 2 กลุ่ม

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มทดลอง (n = 8) Mean ± SD	กลุ่มควบคุม (n = 7) Mean ± SD	P ^b
อายุ (ปี)	20.75 ± 0.70	21.43 ± 1.99	0.257
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	71.13 ± 8.64	71.42 ± 18.04	0.523
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	174.75 ± 4.98	175.29 ± 6.87	0.906
% ไขมัน	18.51 ± 4.40	16.93 ± 9.17	0.487
BMI	23.37 ± 3.17	23.21 ± 5.17	0.487
จำนวนบุหรี่ที่สูบบุหรี่ต่อวัน(มวน)	14.25 ± 4.92	11.71 ± 6.13	0.344

^bMann-Whitney U test

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วและความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออก สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้องในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

	กลุ่มทดลอง (n=8)			กลุ่มควบคุม (n=8)			P ^a
	ก่อนการฝึก Mean ± SD	หลังการฝึก Mean ± SD	% การเปลี่ยนแปลง Mean ± SD	ก่อนการฝึก Mean ± SD	หลังการฝึก Mean ± SD	% การเปลี่ยนแปลง Mean ± SD	
ความเร็วและความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจ							
MIP(cmH ₂ O)	83.5 ± 15.49	98.75 ± 14.22	22.03 ± 29.67	80.71 ± 14	92.42 ± 7.74	17.35 ± 21.01	0.063
MEP(cmH ₂ O)	130.12 ± 22.15	160.5 ± 31.57	23.46 ± 14.07	126.28 ± 29.99	145.14 ± 25.58	17.88 ± 20.29	0.063
Relative MIP(cmH ₂ O/Kg)	1.19 ± 0.24	1.40 ± 0.22	22.13 ± 29.82	1.20 ± 0.38	1.35 ± 0.28	17.31 ± 21.06	0.063
Relative MEP(cmH ₂ O/Kg)	1.84 ± 0.31	2.28 ± 0.49	23.31 ± 14.10	1.86 ± 0.68	2.15 ± 0.70	17.82 ± 20.32	0.063
สมรรถภาพปอด							
FEV1(ลิตร)	3.51 ± 0.47	3.52 ± 0.50	0.52 ± 6.36	3.68 ± 0.42	3.68 ± 0.43	0.07 ± 4.7	1.000
FVC(ลิตร)	4.08 ± 0.33	4.05 ± 0.35	-0.52 ± 5.77	3.99 ± 0.39	4.00 ± 0.42	0.27 ± 4.75	0.799
FEV1/FVC%	87.25 ± 6.62	85.87 ± 9.61	-1.72 ± 6.49	91.86 ± 3.23	92.29 ± 4.79	0.43 ± 2.71	0.599
MVV(ลิตร/นาที)	134.10 ± 17.00	132.20 ± 18.95	-1.57 ± 3.55	138.14 ± 15.91	138.42 ± 16.43	0.28 ± 4.94	1.000
PIF(ลิตร/นาที)	376.00 ± 52.87	428.75 ± 69.44	14.38 ± 12.28	374.85 ± 80.80	392.71 ± 79.03	5.43 ± 7.52	0.128
PEF(ลิตร/นาที)	480.37 ± 68.17	475.87 ± 64.65	-0.56 ± 8.48	492.57 ± 61.41	479.71 ± 72.53	-2.39 ± 11.35	0.499
ความเร็วและความแข็งแรงทนทานกล้ามเนื้อท้อง							
ACSM Curl-up(ครั้ง)	27.37 ± 14.00	55.25 ± 20.81	130.57 ± 121.20	32.28 ± 20.31	25.28 ± 7.49	-0.36 ± 64	0.446

^a = Wilcoxon signed-rank test, * แตกต่างจากการทดลอง P < 0.05

อภิปรายผล

ภายหลังการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ในกลุ่มทดลอง พบว่า การเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจออกและสมรรถภาพปอดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม การฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องก็มีผลให้ค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจออกเพิ่มขึ้นภายหลังการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีผลให้ค่าความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้องเพิ่มมากขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลต่อความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจออก

การเพิ่มขึ้นของค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจออก (MEP) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้แสดงถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการไออย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำให้เกิดการขับเสมหะออกมาได้ (Magni, Chellini, Lavorini, Fontana, & Widdicombe, 2011) และในโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องนี้ก็มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะเพิ่มค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจออก (MEP) ของผู้ที่ได้รับการฝึก จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การหายใจออกด้วยแรงที่เพิ่มขึ้นยังมีการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าท้องที่เพิ่มมากขึ้น โดยการศึกษาที่ผ่านมาของ Ishida และคณะ (2016) พบว่าที่การหายใจออกด้วยแรง 75 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันสูงสุดขณะหายใจออกใช้การทำงานของกล้ามเนื้อหน้าท้อง External oblique และ Internal oblique มากกว่ากล้ามเนื้อท้องมัดอื่น (Ishida, Fujisawa, Yokoyama, Suehiro, & Watanabe, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ito และคณะ (2016) ที่แนะนำว่าการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องเพื่อเพิ่มแรงดันสูงสุดขณะหายใจออกนั้นควรมุ่งเน้นการฝึกที่กล้ามเนื้อ External oblique และ Internal oblique โดยความหนักในการฝึกนั้นควรจะเป็นความหนักในการฝึกที่สูง

มากพอเท่าที่จะเป็นไปได้ (Ito et al., 2016) โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ท่า V-sit, Sit-up, Reverse curl นั้นใช้การทำงานของกล้ามเนื้อ External oblique เป็นหลัก และท่า Prone plank with scapular adduction นั้นเป็นท่าที่ใช้การทำงานของกล้ามเนื้อ Internal oblique ทำงานเป็นหลัก (Maeo, Takahashi, Takai, & Kanehisa, 2013; Oliva-Lozano & Muyor, 2020; Willett, Hyde, Uhrlaub, Wendel, & Karst, 2001) ซึ่งท่าการฝึกในโปรแกรมการฝึกนี้มีการทำงานของ External oblique เป็นหลักและท่า Plank leg raise ที่ใกล้เคียงกับท่า Prone plank ที่ใช้การทำงานของ Internal oblique ทำงานเป็นหลัก จึงส่งผลให้ค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจออกในกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจออกไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ซึ่งทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจำนวนผู้เข้าร่วมการทดลองมีจำนวนน้อยและผู้เข้าร่วมการทดลองส่วนหนึ่ง (4 คน) ไม่สามารถทำการฝึกตามปริมาณการฝึกที่ถูกกำหนดไว้ได้ (200 ครั้งต่อหนึ่งการฝึก) โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณการฝึกที่ทำได้อยู่ที่ 188 ครั้งต่อการฝึกหนึ่งครั้ง และอาจเป็นเพราะระยะเวลาในการพัก (30 วินาที) นั้นอาจจะสั้นเกินไปและการทำต่อเนื่องอาจทำให้เกิดการล้าที่สะสมทำให้จำนวนครั้งในการทำไม่ถึงในระดับที่โปรแกรมการฝึกกำหนด นอกจากนี้ท่าการฝึกในโปรแกรมนี้ที่เน้นการใช้กล้ามเนื้อ External oblique และ Internal oblique มีเพียง 4 ท่า ดังนั้นในงานวิจัยต่อไปอาจพัฒนารูปแบบท่าฝึกที่เน้นกล้ามเนื้อดังกล่าวเพิ่มมากขึ้นและอาจปรับเพิ่มเวลาพักเพื่อให้สามารถทำท่าในการฝึกได้เพิ่มมากขึ้นเพื่อให้ได้ปริมาณการฝึกที่กำหนด

ผลต่อสมรรถภาพปอด

ภายหลังการทดลองค่าสมรรถภาพปอดในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามค่า Peak inspiratory flow (PIF) ในกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ค่า Peak inspiratory flow (PIF) ในคนสูบบุหรี่มีแนวโน้มต่ำกว่าคนปกติ (Rexhepi & Brestovci, 2008) ซึ่งจากผลของงานวิจัยเรื่องนี้พบว่า การฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องสามารถเพิ่ม ค่า Peak inspiratory flow (PIF) ได้ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าดังกล่าวนี้สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าแรงดันสูงสุดขณะหายใจเข้า (MIP) ในกลุ่มทดลอง ถึงแม้ว่าการเพิ่มขึ้นนี้จะไม่แตกต่างจากมีนัยสำคัญทางสถิติกับก่อนการฝึก ทั้งนี้ในการศึกษานี้ยังไม่สามารถอธิบายการเพิ่มขึ้นของค่า Peak inspiratory flow (PIF) ได้ชัดเจน การเพิ่มขึ้นของค่าดังกล่าวนี้อาจเนื่องมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องที่เพิ่มขึ้นเป็นผลให้ค่าอัตราการไหลของอากาศสูงสุดขณะหายใจเข้าดีขึ้นตาม อย่างไรก็ตามงานวิจัยต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นการเพิ่มขึ้นของค่า Peak inspiratory flow (PIF) จากการศึกษาการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องต่อไป

ผลต่อความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้อง

การเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้องภายหลังการฝึก (130.57%) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุมทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ทำการฝึกในโปรแกรมการฝึกนี้ทำให้เกิดการใช้งานของกล้ามเนื้อหน้าท้องหลายมัดด้วยกันโดยเฉพาะกล้ามเนื้อ Rectus abdominis ซึ่งได้แก่ท่า Curl up, Sit up, Plank leg raise, Feet up ซึ่งเป็นการฝึกที่สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่า

เป็นการฝึกที่ใช้การทำงานของกล้ามเนื้อ Rectus abdominis เป็นหลัก (Oliva-Lozano & Muyor, 2020) ร่วมกับท่าทางการฝึกที่ใช้กล้ามเนื้อ External oblique และ Internal oblique ดังนั้นโปรแกรมการฝึกนี้สามารถพัฒนาความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้องได้ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังพบว่า กลุ่มควบคุมที่ออกกำลังกายแบบเน้นทนทานการ 2-3 วันต่อสัปดาห์นั้นมีแนวโน้มการลดลงของความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้องเล็กน้อย (-0.36%) ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าในผู้สูบบุหรี่นั้นควรมีการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องเพื่อป้องกันการลดลงของความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้องร่วมด้วย

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดดังนี้

1. จำนวนกลุ่มตัวอย่างมีน้อยจึงทำให้ไม่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนทางสถิติ
2. ในการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องที่จะช่วยพัฒนาแรงดันสูงสุดขณะหายใจออกควรเพิ่มเติมท่าที่ใช้กล้ามเนื้อ Internal oblique ให้มากขึ้นอาทิเช่น ท่า Prone plank
3. เพิ่มระยะเวลาพักระหว่างท่าอย่างน้อย 1 นาที เพื่อให้ผู้ฝึกสามารถทำท่าการฝึกได้ครบตามปริมาณการฝึกที่กำหนด

สรุปผล

การฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกและสมรรถภาพปอดได้ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกและความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังการฝึกเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

เอกสารอ้างอิง

- Aliverti, A. (2016). The respiratory muscles during exercise. *Breathe (Sheffield, England)*, 12(2), 165-168.
- Bostanci, Ö., Mayda, H., Yılmaz, C., Kabadaylı, M., Yılmaz, A. K., & Özdal, M. (2019). Inspiratory muscle training improves pulmonary functions and respiratory muscle strength in healthy male smokers. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, 264, 28-32.
- Cohen J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York, NY: Routledge Academic.
- Ferguson, B. (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 9th Ed. 2014. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 58(3), 328-328.
- Gold, D. R., Wang, X., Wypij, D., Speizer, F. E., Ware, J. H., & Dockery, D. W. (1996). Effects of cigarette smoking on lung function in adolescent boys and girls. *New England Journal of Medicine*, 335 (13), 931-937.
- Inoue-Choi M., Liao L.M., Reyes-Guzman C., Hartge P., Caporaso N., Freedman N.D. Association of Long-term, Low-Intensity Smoking With All-Cause and Cause-Specific Mortality in the National Institutes of Health-AARP Diet and Health Study. *JAMA Internal Medicine*. 2017;177(1):87-95.
- Inthachai, T., Demekul, K., Phonsatsadee, N., Puttitommagool, P., & Boonyachart, N. (2019). Effects of physical activity and smoking on cardio-ankle vascular index, respiratory muscle strength, and exercise performance in early normal weight adulthood: a cross-sectional study. *Journal of Exercise and Rehabilitation*, 15(6), 804-810.
- Ishida, H., Fujisawa, M., Yokoyama, R., Suehiro, T., & Watanabe, S. (2017). Electromyographic activities of the abdominal muscles during 30% and 75% of maximum expiratory pressure. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(4), 794-797.
- Ito, K., Nonaka, K., Ogaya, S., Ogi, A., Matsunaka, C., & Horie, J. (2016). Surface electromyography activity of the rectus abdominis, internal oblique, and external oblique muscles during forced expiration in healthy adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 28, 76-81.
- Laveneziana P., Albuquerque A., Aliverti A., Babb T., Barreiro E., Dres M., Dubé B.P., Fauroux B., Gea J., Guenette J.A., Hudson A. L., Kabitz H.J., Laghi F., Langer D., Luo Y.M., Neder J. A., O'Donnell D., Polkey M.I., Rabinovich R.A., Rossi A., Series F., Similowski T., Spengler C.M., Vogiatzis I, Verges S.(2019). ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. *European Respiratory Journal* . 53, 01214-2018
- Maeo, S., Takahashi, T., Takai, Y., & Kanehisa, H. (2013). Trunk muscle activities during

- abdominal bracing: comparison among muscles and exercises. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 467-474.
- Magni, C., Chellini, E., Lavorini, F., Fontana, G. A., & Widdicombe, J. (2011). Voluntary and reflex cough: similarities and differences. *Pulmonary Pharmacology Therapeutics*, 24(3), 308-311.
- Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Wanger, J. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 26(2), 319-338.
- Oliva-Lozano, J. M., & Muyor, J. M. (2020). Core Muscle Activity During Physical Fitness Exercises: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4306.
- Park, J. H., Kang, S.-W., Lee, S. C., Choi, W. A., & Kim, D. H. (2010). How respiratory muscle strength correlates with cough capacity in patients with respiratory muscle weakness. *Yonsei Medical Journal*, 51(3), 392-397.
- Rexhepi, A., & Brestovci, B. (2008). Influence Of Smoking And Physical Activity On Pulmonary Function. *Internet Journal of Pulmonary Medicine*, 11.
- Rodriguez, N.I., Alarcon, S.M., Gutierrez, G.C., Hermosilla, R.P., Contreras, G.T., Baez, R.C. (2014). Efecto del entrenamiento de músculos abdominales sobre la función respiratoria en adolescentes sanos: *Estudio piloto. Revista chilena de enfermedades respiratorias.*, 30, 203-211.
- Willett, G. M., Hyde, J. E., Uhrlaub, M. B., Wendel, C. L., & Karst, G. M. (2001). Relative activity of abdominal muscles during commonly prescribed strengthening exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 480-485.