

CORE

HEALTH & FITNESS

 **StairMaster**

 **SCHWINN**

 **NAUTILUS**

 **STAR TRAC**



Tel. 02-314-3466

Email : chfthailand@gmail.com

More Information
>>>>

Click

RESPIRATORY MUSCLE TRAINING IN STRENUOUS SPORT

Supattra SILAPABANLENG

*Department of sport science and sport development, Faculty of allied health science,
Thammasat University, Prathumthani, Thailand 12121.*

ABSTRACT

Work of respiratory muscles in strenuous sport like rowing, swimming, running and cycling is important as same as work of limb and core muscles. Because of fatigue in the respiratory muscle can affects the performance of strenuous sport. Moreover, there were studies concerning about the effect of respiratory muscle on breathing quality and exercise performance. Hence, the purpose of this study is to review and describe effects of respiratory muscle training on strenuous sport performance and respiratory muscle training program from previous research. During high intensity exercise, work of respiratory muscle is hard. This condition result in respiratory muscle fatigue and exercise performance impairment. The respiratory muscle training can improve respiratory muscle strength and exercise endurance. In general, respiratory muscle training program consists of 2 types; resistance training and endurance training. Moreover, each type of respiratory muscle training programs is specific to each type of strenuous sports. Conclusion, respiratory muscle training can enhance strenuous sport performance by applying appropriate training program that is specific to each type of strenuous sport.

(Journal of Sports Science and Technology 2019; 19(1): 8-24)

(Received: 10 August 2018, Revised: 4 February 2019, Accepted: 20 February 2019)

Keywords: Respiratory muscle training / Strenuous sport / Respiratory muscle fatigue

*Corresponding author: Supattra SILAPABANLENG

Faculty of allied health science, Thammasat University

Rangsit, Prathumthani, Thailand 12121.

E-mail: msilapabanleng@gmail.com

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจสำหรับกีฬาประเภทเทนเทนที่มีความหนักสูง

สุภัทรา ศิลปบรรเลง

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย 12121

บทคัดย่อ

การทำงานของกล้ามเนื้อหายใจในการเล่นกีฬาประเภทเทนเทนที่มีความหนักสูง เช่น กีฬาเรือพาย วายน้ำ กรีฑา และจักรยาน มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่ากล้ามเนื้ออย่างกล้ามเนื้อขาและลำตัว เนื่องด้วยความล้าที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อหายใจจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาดังกล่าว ด้วยเหตุนี้จึงมีการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพื่อพัฒนาความสามารถในการหายใจให้มีประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มศักยภาพในการเล่นกีฬาที่มีความหนักสูง ดังนั้นบทความเรื่องนี้มีจุดประสงค์เพื่อบอกถึงผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจต่อสมรรถภาพการเล่นกีฬาประเภทเทนเทนที่มีความหนักสูง ตลอดจนรูปแบบของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจจากงานวิจัยที่ผ่านมา

เมื่อความหนักในการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้นการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจจะเพิ่มขึ้นตามเป็นผลให้เกิดการล้าในกล้ามเนื้อหายใจและการลดลงของสมรรถภาพในการออกกำลังกาย ทั้งนี้การฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและเพิ่มความทนทานในการออกกำลังกาย โดยการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบ่งได้ 2 รูปแบบคือการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพื่อเพิ่มความทนทาน โดยในแต่ละชนิดกีฬาจะมีรูปแบบโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อชนิดกีฬานั้นๆ

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาประเภทเทนเทนที่มีความหนักสูงได้ โดยควรเลือกรูปแบบโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีความเหมาะสมกับกีฬาชนิดนั้นๆ

(วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา 2562; 19(1): 8-24)

คำสำคัญ: การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ, กีฬาประเภทเทนเทนที่มีความหนักสูง, การล้าของกล้ามเนื้อหายใจ

บทนำ

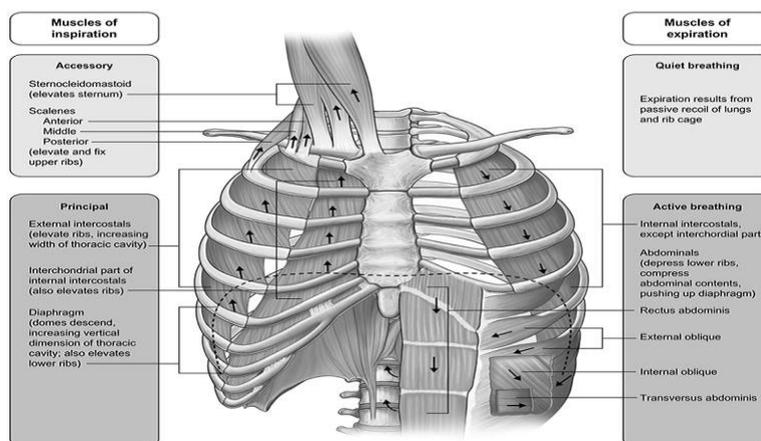
การทำงานของกล้ามเนื้อหายใจในระหว่างการเล่นกีฬาประเภทเทนเทนที่มีความหนักสูงมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่ากล้ามเนื้อส่วนรยางค์แขนขาและลำตัวเนื่องด้วยในระหว่างกิจกรรมดังกล่าวกล้ามเนื้อหายใจต้องหดตัวอย่างแรงและเร็วเพื่อทำให้การระบายอากาศเพิ่มขึ้นและนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพิ่มขึ้นตามความต้องการของร่างกาย ทั้งนี้มีการศึกษาที่พบว่า นักกีฬาประเภทเทนเทนที่ออกกำลังกายในระดับความหนักสูงมักจะพบภาวะจำกัดการไหลของอากาศขณะหายใจออก ซึ่งภาวะที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของปริมาตรอากาศในปอดภายหลังการหายใจออกและทำให้ความยาวของกล้ามเนื้อกะบังลมอยู่ในลักษณะที่ไม่เหมาะสมในการหดตัวเพื่อหายใจเข้าเป็นผลให้งานในการหายใจเพิ่มขึ้น การทำงานของกล้ามเนื้อหายใจที่เพิ่มมากขึ้นนี้ทำให้เกิดการสะสมของแลคเตตในกล้ามเนื้อหายใจและเป็นผลให้เกิดความล้าในกล้ามเนื้อหายใจ^{1,2} โดยพบว่า ความล้าที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อหายใจนั้นส่งผลให้สมรรถภาพในการเล่นกีฬาลดลง^{3,4} เนื่องด้วยการสะสมของแลคเตตในกล้ามเนื้อหายใจทำให้เกิดการกระตุ้นรีเฟล็กซ์ชนิดหนึ่งที่มีชื่อว่า inspiratory muscle metaboreflex รีเฟล็กซ์นี้จะทำให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดที่รยางค์ขาทำให้การไหลเวียนเลือดไปยังส่วนขาลดลงและทำให้การล้าในกล้ามเนื้อรยางค์ขาเพิ่มมากขึ้น³ เป็นผลให้สมรรถภาพในการออกกำลังกายลดลงตามมา ด้วยเหตุนี้เองทำให้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับวิธีการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ โดยพบว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาโดยเฉพาะในกีฬาประเภทเทนเทนที่มีความหนักสูง โดยอธิบายว่าสาเหตุที่การฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาดังกล่าวได้นั้นเนื่องมาจากการฝึกกล้ามเนื้อหายใจนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจในขณะที่ออกกำลังกายและเป็นผลให้การล้าของกล้ามเนื้อหายใจลดลง^{5,6} จากผลของงานวิจัยสนับสนุนหลายเรื่องทำให้การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าด้วยเครื่องฝึกกล้ามเนื้อหายใจเป็นที่นิยมแพร่หลายมากขึ้น ดังนั้นบทความเรื่องนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อบอกถึงผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจต่อประสิทธิภาพของกีฬาประเภทเทนเทนที่มีความหนักสูงจากงานวิจัยที่ผ่านมา ตลอดจนรูปแบบของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

บทบาทของกล้ามเนื้อหายใจในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักสูง

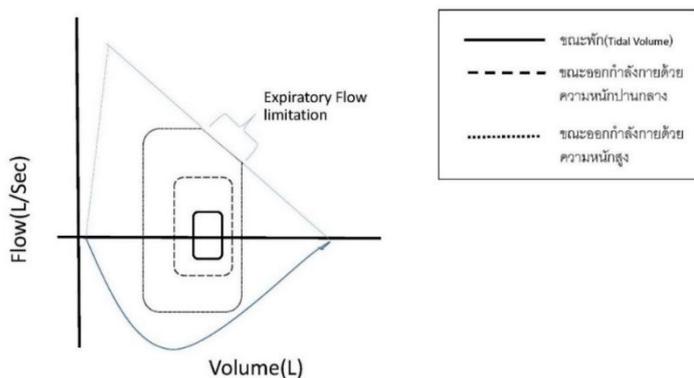
โดยทั่วไปแล้วกล้ามเนื้อที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการหายใจนั้นหมายถึงกล้ามเนื้อสามกลุ่ม ได้แก่ กล้ามเนื้อกะบังลม กล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงและกล้ามเนื้อหน้าท้องดังแสดงในรูปที่ 1 การหดตัวของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อซี่โครงซี่โครงด้านนอกทำให้เกิดการขยายตัวของผนังทรวงอกระหว่างการหายใจเข้า การคลายตัวของกล้ามเนื้อทั้งสองอย่างนี้ทำให้เกิดการลดปริมาตรของทรวงอกขณะหายใจออกตามปกติ ในขณะที่การหดตัวของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อซี่โครงด้านในจะเกิดขึ้นเฉพาะการหายใจออกอย่างแรง⁷ ดังนั้นจึงมีเพียงการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจเข้าเท่านั้นในขณะหายใจปกติ แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างๆก็จะมีรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกันออกไป

ในการออกกำลังกายระดับความหนักปานกลางการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจจะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างการระบายอากาศและความต้องการออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อความหนักในการออกกำลังกายอยู่ในระดับสูงการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจจะเพิ่มสูงขึ้นเพื่อตอบสนองต่อปริมาณความต้องการออกซิเจนโดยการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกจะประสานสัมพันธ์กันเพื่อช่วยป้องกันการเคลื่อนไหวในลักษณะที่ไม่ถูกต้องของทรวงอก ลดภาระการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลม⁸ และเมื่อการระบายอากาศเพิ่มมากขึ้นจนผ่านระดับจุดเริ่มล้าของร่างกาย การระบายอากาศจะยิ่งเพิ่มมากขึ้นเนื่องมาจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของเนื้อเยื่อในร่างกายส่งผลให้กล้ามเนื้อหายใจต้องทำงานหนักเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทั้งนี้งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า นักกีฬาประเภทเทนเทนมักจะเกิดภาวะจำกัดการไหลของอากาศขณะหายใจออก (Expiratory flow limitation, EFL)

ในขณะที่ออกกำลังกายอย่างหนักซึ่งภาวะที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของปริมาณของอากาศในปอด ภายหลังการหายใจออก(Hyperinflation)ดังแสดงในรูปที่2 และทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของงานในการหายใจและเกิดการ หอบเหนื่อย⁸ การทำงานที่เพิ่มมากขึ้นของกล้ามเนื้อหายใจทำให้เกิดความล้าที่กล้ามเนื้อหายใจตามมา^{4,9} Dempsey และ คณะ (2006)¹⁰ กล่าวว่า กล้ามเนื้อหายใจมีความสามารถในการทำงานแบบแอโรบิคสูง มีความทนทานต่อการล้าที่เกิดขึ้น จากการออกกำลังกายที่ระดับความหนักเบาถึงปานกลางแต่มีความไวต่อการล้าที่เกิดขึ้นจากการออกกำลังกายที่ระดับ ความหนักสูง(มากกว่า 80%ของความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน) ในระยะเวลาที่ยาวนาน ดังนั้นศักยภาพในการ ออกกำลังกายในลักษณะดังกล่าวจะถูกจำกัดได้จากความล้าที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อหายใจมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ด้วย เหตุนี้เองทำให้มีการศึกษาเพิ่มเติมต่อเนื่องเกี่ยวกับวิธีการฝึกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อหายใจที่จะกล่าวถึงใน ลำดับต่อไป



รูปที่ 1 กล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออก (แหล่งที่มา: บทความของ Mcconnell (2013)¹¹)



รูปที่ 2 แสดงกราฟFlow-Volume loop ขณะออกกำลังกายด้วยความหนักปานกลางและขณะออกกำลังกายด้วยความ หนักสูง (แหล่งที่มา: บทความของ Mckenzie, 2012)⁸)

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle training)

การศึกษาเรื่องการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเริ่มต้นขึ้นครั้งแรกในปี 1976 โดย Leith และ Bradley¹² ผลที่ได้จากการศึกษาที่มีความชัดเจนไม่มากนักเนื่องจากมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่น้อย ต่อมาการศึกษาเรื่องการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพิ่มมากขึ้นทั้งในผู้ป่วยระบบทางเดินหายใจและกลุ่มคนที่มีสุขภาพดีโดยพบว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจนั้นสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและความทนทานในการออกกำลังกาย⁷ ในเวลาต่อมาการฝึกกล้ามเนื้อหายใจด้วยเครื่องฝึกกล้ามเนื้อหายใจถูกนำมาใช้ในการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกีฬาโดยพบว่าสามารถเพิ่มสมรรถภาพในการเล่นกีฬาได้^{5,13-15} เป็นผลให้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความทนทานของระบบหายใจและไหลเวียนเป็นสำคัญอันได้แก่ กีฬาเรือพาย วายน้ำ กรีฑาและจักรยาน ทั้งนี้จากการศึกษาที่ผ่านมารูปแบบของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจนั้นยังมีความหลากหลายและมีการศึกษาในชนิดกีฬาที่มีความแตกต่างกัน

รูปแบบของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจนั้นแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพื่อเพิ่มความแข็งแรง (Resistance training) และ การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพื่อเพิ่มความทนทาน (Endurance training)

1. การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพื่อเพิ่มความแข็งแรง (Resistance training) แบ่งได้เป็น 2 ประเภทได้แก่

1.1 Pressure threshold loading เป็นการฝึกที่กำหนดให้ผู้ฝึกสร้างแรงดันในขณะการหายใจเข้าทางปากให้ถึงระดับความดันที่ถูกกำหนด โดยระดับความดันที่กำหนดขึ้นนี้จะมาจากเปอร์เซ็นต์ของแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจเข้า (Maximum inspiratory pressure; MIP) ซึ่งได้จากการวัดด้วยเครื่อง Hand-held mouth pressure meter โดยจำนวนเปอร์เซ็นต์นี้สามารถปรับเพิ่มได้เมื่อฝึกไปในระยะหนึ่งซึ่งอาจเทียบได้ว่าเป็นการฝึกที่ใช้ระดับความดันเป็นตัวกำหนดระดับความหนักในการฝึก การฝึกประเภทนี้นั้นถือได้ว่าได้รับความนิยมมากและมีงานวิจัยหลายเรื่องที่ศึกษาถึงผลของการฝึกการกล้ามเนื้อประเภทโดยมักจะใช้ร่วมกับโปรแกรมการฝึกทั่วไปในนักกีฬา ทั้งนี้ยังมีงานวิจัยหลายเรื่องที่ทำการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าด้วยเครื่องฝึกกล้ามเนื้อหายใจดังกล่าวดังแสดงในรูปที่ 3 นี้ ต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและกีฬา^{5,13-17}



รูปที่ 3 เครื่องฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบ Pressure threshold loading (แหล่งที่มา: www.powerbreath.com)¹⁸

1.2 Flow resistive loading เป็นการฝึกที่กำหนดให้ผู้ฝึกหายใจเข้าผ่านท่อทางผ่านของอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลายระดับ ในท่อที่มีระยะเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่าไหลของอากาศเข้าสู่ปอดจะเป็นไปได้ยากกว่า ใช้น้ำแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าน้อยกว่าการหายใจเข้าผ่านท่อที่มีระยะเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการฝึกที่ใช้ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทางผ่านอากาศในการกำหนดระดับความหนักในการฝึกโดยเครื่องฝึกกล้ามเนื้อหายใจชนิดนี้จะมีส่วนของท่อทางเดินอากาศที่ปรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ 6 ระดับ แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจประเภทนี้คือ แรงดันในขณะหายใจเข้าที่ใช้กำหนดเป็นความหนักในการฝึกนั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามการไหลของอากาศ ทำให้มีความจำเป็นที่ต้องควบคุมรูปแบบการหายใจในขณะฝึกซึ่งทำให้ต้องใช้ร่วมกับโปรแกรมเฉพาะในการฝึกเพื่อที่จะสามารถกำหนดระดับความหนักได้แน่นอนเลยทำให้ค่อนข้างมีความยุ่งยากในการฝึกประเภทนี้และทำให้ไม่เป็นที่นิยมมากนัก¹⁹ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 เครื่องฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบ Flow resistive loading (แหล่งที่มา: <http://www.trainair.co.uk/>)²⁰

2. การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพื่อเพิ่มความทนทาน (Voluntary isocapnic hyperpnea)

เป็นการฝึกที่กำหนดให้ผู้ฝึกควบคุมอัตราการระบายอากาศใน 1 นาที (Minute ventilation) ให้ถึงระดับที่ต้องการ ในขณะที่ฝึก การฝึกประเภทนี้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Voluntary isocapnic hyperpnea ในการฝึกกล้ามเนื้อหายใจประเภทนี้ จะต้องคำนึงถึงการป้องกันภาวะความดันคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดงลดลงอันเนื่องมาจากการระบายอากาศเพิ่มขึ้น ทำให้เครื่องฝึกกล้ามเนื้อหายใจประเภทนี้จะมีส่วนที่เป็นถุงเก็บอากาศขณะหายใจออกเพื่อใช้ในการหายใจเข้ากลับไปอีก เปรียบเหมือนกับการหายใจโดยใช้อากาศที่วนซ้ำอยู่ภายในถุงเก็บอากาศ ซึ่งวิธีการนี้เป็นไปเพื่อที่จะหายใจเอาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศขณะหายใจออกเข้าไปในร่างกายเพื่อรักษาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด อย่างไรก็ตาม การฝึกชนิดนี้ต้องใช้เวลานานในการฝึกและผู้ฝึกต้องมีความตั้งใจสูง และการฝึกในระยะเวลาสั้นนั้นอาจทำให้เกิดการระคายเคืองของทางเดินหายใจและอาจทำให้เกิดการหดเกร็งของหลอดเลือดในขณะออกกำลังกายได้¹⁹

นอกเหนือจากรูปแบบในการฝึกที่กล่าวมาแล้วนี้การฝึกกล้ามเนื้อหายใจยังสามารถแบ่งออกเป็น การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจออก และการฝึกพร้อมกันทั้งกล้ามเนื้อหายใจเข้าและหายใจออก

1. การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้า

กล้ามเนื้อหายใจเข้าเป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานเป็นหลักในการนำอากาศเข้าสู่ร่างกายและเมื่อมีการศึกษาที่พบว่าการออกกำลังกายประเภททนทานที่ความหนักสูงสามารถทำให้เกิดการล้าในกล้ามเนื้อหายใจเข้าได้ด้วยกลไกของกรดสะสมแลคเตตในกล้ามเนื้อและกระตุ้น Inspiratory metaboreflex ที่ทำให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดที่ขาและทำให้เกิดการล้าขึ้น¹ ทั้งนี้มีงานวิจัยหลายเรื่องที่ศึกษาการฝึกกล้ามเนื้อหายใจด้วยรูปแบบของการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและรูปแบบการฝึกเพื่อเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อหายใจซึ่งโดยส่วนใหญ่พบว่าการฝึกดังกล่าวมีแนวโน้มที่ส่งผลดีต่อประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาประเภททนทานที่มีความหนักสูงอันจะกล่าวถึงต่อไป^{5, 21-23}

2. การฝึกกล้ามเนื้อหายใจออก

แม้ว่ากล้ามเนื้อหายใจออกจะมีบทบาทรองลงมาจากกล้ามเนื้อหายใจเข้า แต่ทั้งนี้มีการศึกษาที่พบการล้าของกล้ามเนื้อหายใจออกและทำให้เกิดการกระตุ้น metaboreflex ได้เช่นเดียวกับกล้ามเนื้อหายใจเข้า² ทั้งนี้ความล้าของกล้ามเนื้อหายใจออกยังส่งผลต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย²⁴ งานวิจัยที่ศึกษาในกีฬาเรือพายที่พบการลดลงของค่าแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจออกภายหลังการพายเรือระยะทาง 2000 เมตร²⁵ และงานวิจัยในกีฬาจักรยานที่พบการลดลงของค่าแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจออกภายหลังการปั่นจักรยานเช่นกัน²⁶ แต่อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยที่ศึกษาค่าแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจเข้าและค่าแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจออกภายหลังการวิ่งมาราธอน โดยพบว่าไม่มีเพียงค่าแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจเข้าที่ลดลงในขณะที่ค่าแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจออกไม่พบการเปลี่ยนแปลง²⁷ ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าการล้าของกล้ามเนื้อหายใจออกนั้นอาจขึ้นอยู่กับความหนักของกีฬาชนิดนั้นหรือบทบาทของกล้ามเนื้อหายใจออกในการทำงานเพื่อสร้างแรงในการเคลื่อนไหวในกีฬาชนิดนั้นด้วย

3. การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออก

จากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้นถึงแม้ว่ากล้ามเนื้อหายใจเข้าจะเป็นกล้ามเนื้อหายใจที่ทำงานเป็นหลักทั้งในสภาวะปกติและขณะออกกำลังกาย แต่อย่างไรก็ตามในขณะออกกำลังกายด้วยความหนักสูงกล้ามเนื้อหายใจออกก็มีบทบาทในการทำงานอย่างหนัก อีกทั้งรีเฟล็กซ์ที่ส่งผลมาจากการดำของกล้ามเนื้อหายใจ (metaboreflex) นั้นก็สามารถพบได้ทั้งกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออก^{1,2} ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาค้นคว้าผลของการฝึกในกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกในกีฬาประเภทเทนนิสที่มีความหนักสูงโดยจากงานวิจัยเชิงทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบของ Sabine และคณะ(2012)²⁸ กล่าวว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกนั้นส่งผลต่อการเพิ่มศักยภาพในการเล่นกีฬาได้ดีกว่าการฝึกในกล้ามเนื้อหายใจเข้าหรือกล้ามเนื้อหายใจออกเพียงอย่างเดียว

ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในกีฬาประเภทความทนทานที่มีความหนักสูง

จากการทบทวนวรรณกรรมในงานวิจัยที่ผ่านมา ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจนั้นสามารถเพิ่มศักยภาพในกีฬาประเภทเทนนิสที่มีความหนักสูงโดยสามารถอธิบายตามกลไกทางสรีรวิทยาได้ดังต่อไปนี้

ผลที่เกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อหายใจและการหายใจ

1. การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจ

ผลของงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถเพิ่มแรงดันสูงสุดขณะหายใจเข้า (Maximum inspiratory pressure; MIP)^{6,25,29} และกำลังสูงสุดของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (Maximum inspiratory power out; IMPO_{max})²⁹ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความแข็งแรงและความเร็วในการหดตัวของของกล้ามเนื้อหายใจที่เพิ่มขึ้นภายหลังการฝึก อาจเนื่องมาจากการฝึกกล้ามเนื้อหายใจนั้นทำให้เกิดการพัฒนาของเส้นใยกล้ามเนื้อและความสามารถในการระดมมอเตอร์ยูนิตในกล้ามเนื้อหายใจเช่นเดียวกับกล้ามเนื้อของร่างกาย

2. การลดลงของงานในการหายใจ

การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจนั้นส่งผลให้การหายใจในขณะออกกำลังกายมีประสิทธิภาพ การหายใจในหนึ่งครั้งสามารถทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สได้เหมาะสมจึงเป็นผลให้ อัตราการหายใจในนาที่ (MV) ลดลง^{21,23,29,30} การลดลงของงานในการหายใจนี้ทำให้ความต้องการใช้ออกซิเจน (Oxygen Consumption) ในขณะออกกำลังกายลดลง²⁹ อัตราการดำของกล้ามเนื้อหายใจลดลง⁵ และทำให้ลดการรับรู้ความเหนื่อยในขณะออกกำลังกายนั้นลดลงตามมา^{5,30}

ผลที่เกิดขึ้นกับระบบหัวใจไหลเวียนเลือด

1. การลดลงของการสะสมแลคเตต

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถลดการสะสมแลคเตต^{31,32} ขณะออกกำลังกายได้ Brown และคณะ(2008)³³ กล่าวว่า การลดลงของการสะสมแลคเตตขณะออกกำลังกายนั้นอาจเนื่องมาจากการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจที่เพิ่มขึ้นทำให้กระบวนการในการกำจัดแลคเตตดีขึ้นและสนับสนุนการใช้ ออกซิเจนในการสันดาปพลังงาน³³ อย่างไรก็ตามเราทราบกันดีว่าการทำงานของระบบหายใจนั้นเป็นกระบวนการหนึ่งในการบำบัดเพอร์กรดแลคติกที่เกิดขึ้น ดังนั้นการทำงานที่มีประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อหายใจจะส่งผลให้กระบวนการบำบัดทำงานได้ดีขึ้นและการหายใจที่มีประสิทธิภาพจะทำให้ร่างกายสามารถนำออกซิเจนไปใช้ได้เพียงพอต่อการสร้าง ATP และทำให้การทำงานของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคลดลง

2.ลดการเกิด Inspiratory muscle metaboreflex

Inspiratory muscle metaboreflex ริเฟล็กซ์นี้เกิดจากการสะสมของแลคเตดในกล้ามเนื้อหายใจซึ่งส่งผลให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดที่รยางค์ขาทำให้การไหลเวียนเลือดไปยังส่วนขาดลงและทำให้เกิดการล้าในกล้ามเนื้อ รยางค์ขาเพิ่มมากขึ้น³ เป็นผลให้สมรรถภาพในการออกกำลังกายลดลงตามมา Witt และคณะ(2007)³⁴ กล่าวว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจนั้นอาจทำให้กล้ามเนื้อกระบังลมมีการปรับตัวในการใช้พลังงานจากกระบวนการสร้างพลังงานแบบแอโรบิกมากขึ้นเนื่องด้วยการฝึกซ้ำๆทำให้กระบังลมลดการตอบสนองต่อตัวรับทางเคมีที่ทำให้เกิดการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกที่จะทำให้เกิดแลคเตดตามมา³⁴ และการลดลงของริเฟล็กซ์ตัวนี้จะส่งผลในการรักษาระดับการไหลเวียนเลือดที่กล้ามเนื้อรยางค์ขาในขณะออกกำลังกายไม่ให้ลดลงเพื่อช่วยคงสมรรถภาพในการออกกำลังกายไว้³⁴

3.การลดลงของอัตราการเต้นหัวใจขณะออกกำลังกาย

การลดลงของอัตราการเต้นหัวใจขณะออกกำลังกายก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งพบได้ภายหลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ^{25,29} การลดลงของอัตราการเต้นหัวใจนี้อาจเนื่องมาจากการหายใจที่มีประสิทธิภาพเป็นผลให้ความต้องการออกซิเจนขณะออกกำลังกายลดลง ความต้องการในการขนส่งออกซิเจนน้อยลง ความหนักในการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนเลือดจึงลดลงตามมานั่นเอง

อย่างไรก็ตามในกีฬาประเภททนทานที่มีความหนักสูงในแต่ละประเภทยังมีการตอบสนองโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่แตกต่างกัน นอกจากนี้รูปแบบการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่แตกต่างกันก็ยังส่งผลต่อการฝึกที่แตกต่างกันไปอีกด้วย โดยรายละเอียดของรูปแบบการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแสดงในตารางที่ 1

กีฬาเรือพาย

กีฬาเรือพายจัดเป็นกีฬาชนิดหนึ่งที่มีความทนทานของระบบการหายใจและไหลเวียนเลือดเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อสมรรถภาพในการพายเรือ ทั้งนี้ในการพายเรื่อนั้นต้องอาศัยการทำงานประสานสัมพันธ์ระหว่างหัวใจเข้าและออก รวมถึงจังหวะการพายก็มีความสำคัญต่อสมรรถภาพในการพายเรือ โดยในช่วงการพายนักกีฬาจะหายใจออกเต็มที่และในช่วงพักนักกีฬาจะหายใจเข้าเต็มที่³⁵ ทำให้นักกีฬาต้องใช้ทั้งกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออก ทั้งนี้ยังพบว่ารูปแบบการเคลื่อนไหวขณะพายเรื่อนั้นจำกัดการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจและเป็นผลให้กล้ามเนื้อหายใจต้องทำงานหนักเพิ่มมากขึ้น³⁶ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นผลให้มีงานวิจัยหลายเรื่องที่ทำการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในกีฬาเรือพาย โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจต่อสมรรถภาพในการพายเรื่อนั้นมีทั้งสามารเพิ่มสมรรถภาพในการพายเรือได้และไม่ส่งผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพในการพายเรือ โดยรูปแบบที่พบว่าส่งผลดีนั้นคือ การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพื่อเพิ่มความแข็งแรงในกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบ Pressure threshold loading ด้วยเครื่องฝึกแบบใช้มาตรวัดความดันในการกำหนดแรงต้านที่ระดับความหนัก 50% ของแรงดันสูงสุดของกล้ามเนื้อหายใจเข้าจำนวนครั้งในการฝึกอยู่ที่ 30 ครั้ง 2 เซตต่อวันนั้นสามารถเพิ่มสมรรถภาพในการพายเรือ(กำลังและระยะทางเฉลี่ย)ในกลุ่มนักกีฬาเรือพายระดับอาชีพทั้งชายและหญิง^{5,25} ทั้งนี้พบว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าสามารถเพิ่มแรงดันสูงสุดในขณะหายใจเข้าซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงระดับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า^{5,25} ลดอัตราการรับรู้ความเหนื่อย(RPE)⁵ และลดอัตราการล้าของกล้ามเนื้อหายใจ⁵ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ในขณะที่ตัวแปรทางสรีรวิทยาอื่นๆ นั้นไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้านั้นสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ช่วยลดอัตราการล้าของกล้ามเนื้อหายใจเป็นผลให้สมรรถภาพในการพายเรือดีขึ้น ถึงแม้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าจะส่งผลต่อสมรรถภาพการพายเรือแต่การฝึกกล้ามเนื้อหายใจในกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกนั้นกลับส่งผลต่อสมรรถภาพในการพายเรือไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหรือกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหลอก^{30,37} แต่ช่วยส่งผลในการลดอัตราการรับรู้ความเหนื่อย(RPE)³⁷ อัตราการระบายอากาศใน 1 นาที(MV)³⁷ อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยขณะพายเรือ³⁷ และเพิ่มแรงดันสูงสุด

ในขณะที่หายใจเข้าออก³⁷ ทั้งนี้อาจเนื่องด้วยงานวิจัยดังกล่าวทำการศึกษาในนักกีฬาเรือพายอาชีพที่ได้รับการฝึกอย่างหนัก อยู่แล้วอาจเป็นผลให้สมรรถภาพในการพายเรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามยังไม่มียานวิจัยที่ทำการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพื่อเพิ่มความทนทานในกีฬาเรือพายทำให้ไม่อาจบอกผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจดังกล่าวได้ ดังนั้นจากผลของงานวิจัยที่มีอยู่แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการฝึกกล้ามเนื้อหายใจนักกีฬาเรือพายที่ส่งผลดีต่อการเพิ่มสมรรถภาพในการพายเรือขึ้นคือรูปแบบการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ประเภท Pressure threshold loading ที่ระดับความหนัก 50% ของแรงดันสูงสุดของกล้ามเนื้อหายใจเข้า โดยช่วงของระยะเวลาในการฝึกอยู่ที่ประมาณ 4-11 สัปดาห์ ร่วมกับการฝึกทั่วไปของกีฬาเรือพาย

กีฬากรีฑา

กีฬากรีฑานั้นถือได้ว่าเป็นกีฬาสากลที่ได้รับความนิยมโดยเฉพาะกีฬากรีฑาประเภทลู่วิ่งในระยะต่างๆ นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการเล่นกีฬากรีฑาประเภทลู่วิ่งในระยะสั้นก็ยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนเลือดอีกด้วย มินิจานวิจัยที่พบว่า มีการลดลงของค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจภายหลังการวิ่งมาราธอนในระยะทาง 42.2 กิโลเมตร⁹ จากการพบว่ากรวิ่งในระยะไกลนั้นสามารถทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อหายใจจึงทำให้เกิดงานวิจัยที่ศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจต่อสมรรถภาพในการวิ่ง ทั้งนี้จากผลการศึกษาในนักกีฬากรีฑาระยะไกลที่ผ่านมาพบว่า รูปแบบการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบ Pressure threshold loading ที่ความหนักสูงสุดที่สามารถหายใจเข้าไปได้ 30 ครั้งต่อวัน ระยะเวลาฝึกทั้งหมด 4 สัปดาห์²² ร่วมกับการฝึกในสภาวะออกซิเจนเบาบาง สามารถเพิ่มสมรรถภาพในการวิ่ง 1,500 เมตร แรงดันขณะหายใจเข้าและหายใจออกสูงสุด รวมถึงอัตราการไหลของอากาศสูงสุด นอกจากนี้ยังมีผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่น่าสนใจคือการฝึกแบบ Flow resistive loading ที่ผลของงานวิจัยพบว่าระดับความหนักที่ 80% ของแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดแบบต่อเนื่อง 3 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาฝึก 6 สัปดาห์⁹ สามารถเพิ่มความทนทานในการวิ่งบนลู่วิ่งที่ระดับความหนัก 80% ของออกซิเจนสูงสุดทั้งยังสามารถลดอัตราการระบายอากาศ การใช้ออกซิเจน อัตราการเต้นหัวใจ การสะสมแลคเตตในการทดสอบการออกกำลังกายด้วยความหนักคงที่ (Constant workload exercise) ได้แตกต่างจากกลุ่มควบคุมจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบ Flow resistive loading ส่งผลดีทั้งในด้านสมรรถภาพในการวิ่งและในระบบการทำงานของระบบหัวใจไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ทั้งนี้อาจเนื่องด้วยว่าระดับความหนักที่ใช้ในการฝึกแบบนี้ได้มาจากการทดสอบที่มีชื่อว่า Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE) เพื่อหาค่า sustained maximum inspiratory pressure (SMIP) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความทนทานและความสามารถในการทำงานของการหายใจ ทั้งนี้มีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าค่า SMIP เป็นค่าที่สามารถแสดงถึงประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจได้ดีกว่าแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจเข้า³⁸ (Maximum inspiratory pressure; MIP) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กำหนดความหนักในการฝึกแบบ Pressure threshold loading แต่อย่างไรก็ตามการทดสอบ TIRE ต้องใช้เครื่องมือที่มีความเฉพาะและยังไม่มีจำหน่ายอย่างแพร่หลายนักทำให้มีข้อจำกัดในการนำมาใช้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ในส่วนขอรูปแบบการฝึกเพื่อเพิ่มความทนทานแบบ Voluntary isocapnic hyperpnea ที่ระดับความหนัก 40-50% ของปริมาตรการระบายอากาศสูงสุด (MVV) 30 นาทีต่อครั้งต่อวัน 3 วัน ต่อสัปดาห์ ระยะเวลาฝึก 4 สัปดาห์^{21,23} ส่งผลดีต่อสมรรถภาพในการวิ่ง 4 ไมล์ โดยช่วยลดอัตราการระบายอากาศ การใช้ออกซิเจนและการสะสมแลคเตตในขณะวิ่ง 4 ไมล์อีกด้วย จากการศึกษาที่ผ่านมาอันนี้อาจกล่าวได้ว่าทั้งการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบ Flow resistive loading และแบบ Voluntary isocapnic hyperpnea ส่งผลชัดเจนในการเพิ่มสมรรถภาพในการวิ่งระยะไกลและการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในตัวชี้วัดทางสรีรวิทยา

กีฬาว่ายน้ำและดำน้ำ

กีฬาว่ายน้ำและดำน้ำนั้นเป็นกลุ่มกีฬาอีกชนิดหนึ่งที่มีรูปแบบของกีฬานั้นมีข้อจำกัดต่อการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจ ทั้งในส่วนของการว่ายน้ำและการดำน้ำและแรงดันของน้ำที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอด ดังนั้นกีฬาชนิดนี้จึงเป็นอีกกีฬาหนึ่งที่มีงานวิจัยศึกษาการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาประเภทนี้ จากผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบ Pressure threshold loading ในกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกส่งผลที่ดีต่อสมรรถภาพในการดำน้ำ ความทนทานในการว่ายน้ำ การว่ายน้ำระยะสั้นและระยะกลาง โดยในกลุ่มของนักกีฬาดำน้ำนั้นการฝึกที่ระดับความหนัก 40 เซนติเมตรน้ำขณะหายใจเข้า และ 45-47 เซนติเมตรน้ำขณะหายใจออก 3-5 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาในการฝึก 4 สัปดาห์ สามารถเพิ่มสมรรถภาพในการว่ายน้ำบริเวณผิวน้ำและใต้น้ำ^{39,40} โดยส่งผลให้อัตราการระบายอากาศในนาที่ (MV) อัตราการหายใจ(RR) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์(VCO₂)ลดลงในขณะว่ายน้ำ เช่นเดียวกันกับการศึกษาในกลุ่มนักกีฬาว่ายน้ำพบว่า การฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกแบบ Pressure threshold loading ความหนักที่ 30-50%ของแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจได้ จำนวนครั้งในการฝึกอยู่ที่ 30 ครั้ง 2 เซตต่อวัน 5วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาฝึก 4-6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มความทนทานในการว่ายน้ำ เพิ่มสมรรถภาพในการว่ายน้ำได้ผิวน้ำ ลดอัตราการหายใจขณะว่ายน้ำได้^{13,41} นอกจากนี้การฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบ Pressure threshold loading ความหนักที่ 50%ของแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจได้ จำนวนครั้งในการฝึกอยู่ที่ 30 ครั้ง 2 เซตต่อวัน 5วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาฝึก 6 สัปดาห์สามารถเพิ่มสมรรถภาพในการว่ายน้ำระยะ 100 และ 200 เมตรได้¹⁴ เช่นเดียวกันกับการฝึกเพื่อเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อหายใจแบบ Voluntary isocapnic hyperpnea ในกลุ่มนักว่ายน้ำประเภทไสไฟน ที่ระดับความหนัก 60%ของปริมาตรการระบายอากาศสูงสุด(MVV) 30 นาทีต่อครั้งต่อวัน 5 วัน ต่อสัปดาห์ ระยะเวลาฝึก 8 สัปดาห์ สามารถเพิ่มสมรรถภาพในการว่ายน้ำ 200 เมตรและลดอัตราการรับรู้ความเหนื่อย(RPE)ได้¹⁵ อย่างไรก็ตามยังไม่มีคำอธิบายที่ชัดเจนต่อผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจต่อการว่ายน้ำในระยะสั้น(100 เมตร)และระยะกลาง(200 เมตร)ที่ไม่ได้ใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิกทำงานเป็นหลัก⁴² ทั้งนี้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการระบายอากาศใน 1 นาที่(MV)ภายหลังการฝึก มีเพียงค่าแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจเข้าออกที่เพิ่มมากขึ้น อัตราการรับรู้ความเหนื่อย(RPE)ที่ลดลง อาจเป็นไปได้ว่าผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจต่อการว่ายน้ำในระยะสั้นและกลางนั้นเกิดจากการฝึกกล้ามเนื้อหายใจส่งผลให้ให้นักกีฬาสามารถควบคุมการหายใจได้ดีขึ้น ลดภาระในการหายใจจนเป็นผลให้ความเหนื่อยในการว่ายน้ำลดลงและมีสมรรถภาพในการว่ายน้ำที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษามากมายที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่ส่งผลดีต่อสมรรถภาพในการว่ายน้ำและดำน้ำนั้นควรเป็นการฝึกทั้งในกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกโดยสามารถฝึกได้ทั้งในรูปแบบการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของและความทนทานของกล้ามเนื้อหายใจ

กีฬาจักรยาน

กีฬาจักรยานเป็นอีกชนิดหนึ่งที่มีความนิยมมากขึ้นในปัจจุบันและเป็นกีฬาที่อาศัยการทำงานการของระบบหายใจและระบบไหลเวียนเลือด ทำให้มีงานวิจัยที่การศึกษาเกี่ยวกับผลการฝึกกล้ามเนื้อหายใจต่อการเพิ่มสมรรถภาพในการปั่นจักรยานเพิ่มมากขึ้น โดยผลของการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าเพื่อเพิ่มความทนทานแบบ Voluntary isocapnic hyperpnea ระยะเวลา30 นาทีต่อครั้งต่อวัน 5 วัน ต่อสัปดาห์ ระยะเวลาการฝึก 4 สัปดาห์⁴³ สามารถเพิ่มความทนทานในการปั่นจักรยาน 40 กิโลเมตรได้ และการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบ Pressure threshold loading ความหนักที่ 50%ของแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจเข้าไปได้ จำนวนครั้งในการฝึกอยู่ที่ 30 ครั้ง 2 เซตต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาฝึก 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มสมรรถภาพในการปั่นจักรยานระยะทาง 20 และ 40 กิโลเมตร รวมถึงลดอัตราการรับรู้ความเหนื่อยได้⁴⁴ จากผลของงานวิจัยทั้ง 2 เรื่องนี้แสดงให้เห็นว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าทั้งในการฝึกเพื่อเพิ่มความทนทานและการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงส่งผลดีต่อสมรรถภาพในการปั่นจักรยาน

ระยะไกล แต่อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยที่พบว่าผลของการฝึกหายใจเพื่อเพิ่มความทนทาน แบบ Voluntary isocapnic hyperpnea ร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพื่อเพิ่มความแข็งแรงแบบ Pressure threshold loading นั้นเพิ่มสมรรถภาพในการปั่นจักรยาน 8 กิโลเมตร ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม⁴⁵ จากผลของงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจนั้นอาจส่งผลต่อสมรรถภาพการปั่นจักรยานชัดเจนในการปั่นจักรยานระยะไกลมากกว่าในระยะสั้น ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากรูปแบบของระบบพลังงานที่ใช้ในการปั่นจักรยานระยะไกลนั้นใช้ระบบแอโรบิกเป็นหลักและการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจมีบทบาทที่สำคัญ นอกจากนี้ทั้งรูปแบบการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและแบบเพื่อเพิ่มความทนทานล้วนส่งผลที่ดีต่อการปั่นจักรยานระยะไกลซึ่งอาจเนื่องมาจากในการปั่นจักรยานระยะไกลนั้นต้องการทั้งความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อหายใจ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าทั้งแบบเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานนั้นส่งผลดีต่อสมรรถภาพในการปั่นจักรยานระยะตั้งแต่ 20 กิโลเมตรขึ้นไป

ตารางที่ 1 ตารางแสดงรูปแบบและผลการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่ประสิทธิภาพทนทานที่มีความหนักสูง

ชนิดกีฬา	ผู้วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	รูปแบบการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ	ผลที่ได้
เรือพาย	Volianitis S. และคณะ(2000) ⁵ Griffith LA. และคณะ(2007) ²⁵ Forbes S. และคณะ(2011) ³⁷ Mathew WD. และคณะ(2012) ³⁰ Leddy J.J. และคณะ(2007) ²³	นักกีฬาเรือพายหญิง 14 คน นักกีฬาเรือพายชาย 17 คน นักกีฬาเรือพายชาย 9 คน หญิง 12 คน นักกีฬาเรือพายทีมชาติ ชาย 6 คน, หญิง 6 คน นักกีฬากรีฑาระยะไกล เพศชาย 22 คน	การฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบ Pressure threshold loading (POWERbreathe) ความหนักที่ 50% ของแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจเข้าไปได้ 30 ครั้ง 2 เซต/วัน 11 สัปดาห์ ร่วมกับกรฝึกโดยทั่วไป การฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบ Pressure threshold loading (POWERbreathe) ความหนักที่ 50% ของแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจเข้าไปได้ 30 ครั้ง 2 เซต/วัน 4 สัปดาห์ ร่วมกับกรฝึกโดยทั่วไป การฝึกกล้ามเนื้อหายใจและกรออกกำลังกายออกแบบ Pressure threshold loading (แบบสปริง; PowerLung) 30 ครั้ง(หายใจเข้าและออกนับเป็น 1 ครั้ง) 1 เซต/วัน ในสัปดาห์ที่ 1-4 และ 2 เซตต่อวัน ในสัปดาห์ที่ 5-10 ร่วมกับกรฝึกโดยทั่วไป การฝึกกล้ามเนื้อหายใจและกรออกกำลังกายออกแบบ Pressure threshold loading (แบบสปริง; PowerLung) 30 ครั้ง(หายใจเข้าและออกนับเป็น 1 ครั้ง) 2 เซต/วัน 6 สัปดาห์ร่วมกับกรฝึกเพื่อรักษาสสมรรถภาพร่างกายให้คงที่	-ระยะทางและกำลังในการพายเรือในกลุ่มที่มีการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ทำการฝึกแบบหลอด -กำลังในการพายเรือและแรงดันในการหายใจเข้าสู่สูงสุดเพิ่มมากขึ้นกว่ากลุ่มที่ทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจออก -เวลาในการพายเรือในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจลดลง ภายหลังการฝึกไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหลอด -กำลังสูงสุดในการพายเรือ ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย และอัตราการรับรู้ความเหนื่อยของกล้ามเนื้อที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้า-ออกและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน -ระยะเวลาในการวิ่ง 4 ไมล์ลดลงในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจมากกว่ากลุ่มควบคุม -ระยะเวลาในการวิ่งจนหมดแรงในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม
กรีฑา	Uemura H. และคณะ(2012) ²¹ Mohamadi MR. และคณะ(2016) ²²	นักกีฬากรีฑาระยะไกล ชาย 4 คนหญิง 4 คน นักกีฬากรีฑาระยะไกล เพศชาย 12 คน	การฝึกกล้ามเนื้อหายใจด้วยแบบ Voluntary isocapnic hyperpnea ที่ระดับความหนัก 40% ของปริมาตรการระบายอากาศสูงสุด(MVV) 30 นาที/ครั้ง/วัน 3 วัน ต่อสัปดาห์ ระยะเวลาฝึก 4 สัปดาห์ การฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบ Pressure threshold loading (แบบสปริง) ที่ระดับความหนักสูงสุดที่สามารถหายใจเข้าไปได้ จำนวน 30 ครั้ง ระยะเวลาในการฝึก 4 สัปดาห์ ร่วมกับกรฝึกในที่สูง	-ระยะเวลาในการวิ่งจนหมดแรงในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบ Voluntary isocapnic hyperpnea เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบ resistance training -ระยะเวลาในการวิ่ง 1500 เมตร ลดลงในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจร่วมกับกรฝึกในที่สูง
ว่ายน้ำและดำน้ำ	Lindholm P. และคณะ(2007) ³⁹	นักดำน้ำ scuba ชาย 20 คน	การฝึกกล้ามเนื้อหายใจด้วยแบบ Pressure threshold loading (แบบสปริง) ที่ระดับความหนัก 40 เซนติเมตรนำขณะหายใจเข้า และ 47 เซนติเมตรนำขณะหายใจออก 3 วัน สัปดาห์ ระยะเวลาในการฝึก 4 สัปดาห์ ภายหลังกรฝึกว่ายน้ำแบบฟิน 4 สัปดาห์	- ระยะเวลาในการว่ายน้ำแบบสปีด ฟิน ทั้งในบริเวณผิวน้ำและใต้น้ำดีขึ้น เทียบเท่ากับกรฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 5 วัน ต่อสัปดาห์

Wylegala JA. และคณะ (2007) ¹³	นักว่ายน้ำชาย 30 คน	การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกแบบ Pressure threshold loading (แบบสปริง) ที่ระดับความหนัก 50 เซนติเมตรนำขณะหายใจเข้า และขณะหายใจออก 5 วัน/สัปดาห์ ระยะเวลาในการฝึก 4 สัปดาห์ ภายหลังการฝึกว่ายน้ำแบบพิน 4 สัปดาห์	-ระยะเวลาในการว่ายน้ำจนหมดแรง(Tlimt) ทั้งในบริเวณผิวน้ำและใต้น้ำ เพิ่มมากขึ้นในกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบ pressure threshold loading มากกว่าในกลุ่มที่รับการฝึกแบบ Voluntary isocapnic hyperpnea
Ray AD. และคณะ(2008) ⁴⁰	นักดำน้ำอาชีพ ชาย 9 คน	การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกแบบ Pressure threshold loading (แบบสปริง) ที่ระดับความหนัก 40 เซนติเมตรนำขณะหายใจเข้าและ 46 เซนติเมตรนำขณะหายใจออก 5 วัน/สัปดาห์ ระยะเวลาในการฝึก 4 สัปดาห์ ภายหลังการฝึกว่ายน้ำแบบพิน 4 สัปดาห์	--ระยะเวลาในการว่ายน้ำจนหมดแรง(Tlimt) ในบริเวณใต้น้ำ เพิ่มมากขึ้นในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจออกมากกว่ากลุ่มควบคุม
Kilding AE. และคณะ (2010) ¹⁴	นักว่ายน้ำอาชีพ ชาย 10 คน หญิง 6 คน	การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบ Pressure threshold loading (POWERbreathe) ความหนักที่ 50% ของแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจเข้าไปได้ 30 ครั้ง 2 เซต/วัน 5 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาฝึก 6 สัปดาห์	-ระยะเวลาในการว่ายน้ำ 100 เมตร ลดลงในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ ในขณะระยะเวลาในการว่ายน้ำ 400 เมตรภายหลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าไม่แตกต่างการก่อนการฝึก
Frederic L. และคณะ(2013) ¹⁵	นักว่ายน้ำชาย 13 คน หญิง 7 คน	การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบ Voluntary isocapnic hyperpnea ที่ระดับความหนัก 60% ของปริมาณการระบายอากาศสูงสุด(MVV) 30 นาทีต่อครั้ง/วัน 5 วัน ต่อสัปดาห์ ระยะเวลาฝึก 8 สัปดาห์ ร่วมกับ การฝึกซ้อมว่ายน้ำ	-ระยะเวลาในการว่ายน้ำ 50 เมตร และ 200 เมตร ลดลงในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจร่วมกับการฝึกซ้อมว่ายน้ำ
Jana V. และคณะ (2017) ⁴¹	นักว่ายน้ำ ประเภท fin swimmer จำนวน 20 คน	การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกด้วยแบบ Pressure threshold loading (Philips respironuc, Andover) ที่ระดับความหนัก 30 เซนติเมตรนำขณะหายใจเข้า และขณะหายใจออกโดยปรับความหนักขึ้น 2 เซนติเมตรนำต่อสัปดาห์ 5 วัน/สัปดาห์ ระยะเวลาในการฝึก 4 สัปดาห์ ร่วมกับ การฝึกว่ายน้ำ 3 วัน/สัปดาห์	-ระยะเวลาสูงสุดในการว่ายน้ำใต้น้ำในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจร่วมกับการฝึกว่ายน้ำเพิ่มมากขึ้นกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกว่ายน้ำเพียงอย่างเดียว
Sonetti DA. และคณะ(2001) ⁴⁵	นักกีฬาจักรยานเพศชาย 9 คน	การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบ Voluntary isocapnic hyperpnea ที่ระดับความหนัก 60% ของปริมาณการระบายอากาศสูงสุด(MVV) 30 นาทีต่อครั้ง/วัน 5 วัน ต่อสัปดาห์ ร่วมกับ การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบ Pressure threshold loading (POWERbreathe) ระดับความหนัก 50 % ของแรงในการหายใจเข้าสูงสุด จำนวน 40 ครั้งต่อวัน 5 วัน/สัปดาห์ ระยะเวลาฝึกทั้งหมด 5 สัปดาห์	- ระยะเวลาในการปั่นจักรยาน 8 กิโลเมตรในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน
Romer LM. และคณะ(2002) ⁴⁴	นักกีฬาจักรยานเพศชาย 16 คน	การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบ Pressure threshold loading (POWERbreathe) ความหนักที่ 50% ของแรงดันสูงสุดที่สามารถหายใจเข้าไปได้ 30 ครั้ง 2 เซตต่อวัน 5 วัน/สัปดาห์ ระยะเวลาฝึก 6 สัปดาห์	-ระยะเวลาในการปั่นจักรยานระหว่าง 20 และ 40 กิโลเมตรในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจลดลงมากกว่าในกลุ่มที่ฝึกแบบหลอก
Paige H. และคณะ(2004) ⁴³	นักกีฬาจักรยาน 10 คน	การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบ Voluntary isocapnic hyperpnea ที่ระดับความหนักเริ่มต้น เท่ากับอัตราการระบายอากาศในขณะทำการทดสอบ incremental cycling test(94.8-134.5 L/min) และปรับระดับความหนักขึ้นในทุกสัปดาห์ตลอดการฝึก ระยะเวลา 30 นาที/ครั้ง/วัน 5 วัน/สัปดาห์ ระยะเวลาการฝึก 4 สัปดาห์	-ระยะเวลาในการปั่นจักรยาน 40 กิโลเมตร ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม

สรุป

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาประเภทพันทานที่มีความหนักสูงได้ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจซึ่งเป็นผลให้งานของการหายใจลดลง ลดการสะสมแลคเตตและลดโอกาสในการเกิด Inspiratory muscle metaboreflex ทั้งนี้การฝึกกล้ามเนื้อหายใจมักทำร่วมหรือภายหลังการการฝึกโดยทั่วไปของกีฬานั้นๆ โดยรูปแบบโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่ส่งผลดีต่อสมรรถภาพในการเล่นกีฬาแต่ละชนิดนั้นจะมีรายละเอียดที่ต่างกันจึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดกีฬานั้น

เอกสารอ้างอิง

1. Romer L M, Haverkamp HC, Pegelow DF, Dempsey JA. Effect of inspiratory muscle work on peripheral fatigue of locomotor muscles in healthy humans. *J Physiol* 2006;571(Pt2):425-39.
2. Derchak PA, Sheel AW, Morgan BJ, Dempsey JA. Effects of expiratory muscle work on muscle sympathetic nerve activity. *J Appl Physiol* 2002;92(4):1593-52.
3. Mcconnell AK, Lomax M. The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *J Physiol* 2006;557(Pt1):445-57.
4. Lomax ME, Mcconnell AK. Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. *J Sports Sci* 2003;21(8):659-64.
5. Volianitis S, Mcconnell AK, Koutedakis Y, Mcnaughton L, Bacxx K, Jones DA. Inspiratory muscle training improve rowing performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000;33(5):803-9.
6. Verges S, Lenherr O, Hence AC, Schulz C, Spengler CM. Increased fatigue resistance of respiratory muscles during exercise after respiratory muscle endurance training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2007;292(3):1246-53.
7. Illi SK, Held U, Frank I, Spengler CM. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy Individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2012;42(8):707-24.
8. Mckenzie DC. Respiratory physiology: adaptations to high-level exercise. *Br J Sports Med.* 2012;46(6):381-4.
9. Loke J, Mahler DA, Virgulito JA. Respiratory muscle fatigue after marathon running. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 1982;52(4):821-4.
10. Dempsey JA, Romer L, Rodman J, Miller J, Smith C. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respir Physiol Neurobiol* 2006;151(2-3):242-50.
11. Mcconnell AK. Respiratory muscle training; Theory and Practice. First ed. Oxford:Elsevier; 2013
12. Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle strength and endurance training. *J Appl Physiol.* 1976;41(4):508-16.
13. Wylegala JA, Pendergast DR, Gosselin LE, Warkander DE, Lundgren CE. Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. *Eur J Appl Physiol* 2007;99(4):393-404.

14. Kilding AE, Brown S, McConnell AK. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *Eur J Appl Physiol* 2010;108(3):505-11.
15. Frederic L, Jeremy BC, Florence C, Ingrid C, Patrick M, Guillaume C, Didier C. Effect of additional respiratory muscle endurance training in young well-trained swimmers. *J Sports Sci Med* 2013;12(4):630-8.
16. Edwards AM, Wells C, Butterly R. Concurrent inspiratory muscle and cardiovascular training differentially improves both perceptions of effort and 5000 m running performance compared with cardiovascular training alone. *Br J Sports Med* 2008;42(10):823-7.
17. Edwards AM, Cooke CB. Oxygen uptake kinetics and maximal aerobic power are unaffected by inspiratory muscle training in healthy subjects where time to exhaustion is extended. *Eur J Appl Physiol* 2004;93(1-2):139-44.
18. Power breathe.com[Internet].POWER breatheK5. [Cited 2018 Dec 16].Available from: <https://www.powerbreathe.com/>.
19. McConnell AK, Romer LM. Respiratory muscle training in healthy humans: resolving the controversy. *Int J Sports Med* 2004;25(4):284-93.
20. Trainair.co.uk[Internet].The TRAINAIR Website – Home of respiratory training. [Cited 2018 Nov 11] Available from: <http://www.trainair.co.uk/>.
21. Uemura H, Lundgren CE, Ray AD, Pendergast DR. Effects of different types of respiratory muscle training on exercise performance in runners. *Mil Med* 2012;177(5):559-66.
22. Mohamadi MR, Mirdar S. The Effect of an inspiratory muscle training period at high altitude on arterial oxygen saturation and performance of Iran's national team endurance runners. *J Pulm Respir Med* 2016;6(3):1-5.
23. Leddy JJ, Limprasertkul A, Patel S, Modlich F, Buyea C, Pendergast DR, Lundgren CE. Isocapnic hyperpnea training improves performance in competitive male runners. *Eur J Appl Physiol* 2007;99(6):665-76.
24. Suzuki S, Suzuki J, Okubo T.Expiratory muscle fatigue in normal subjects.*J Appl Physiol*.1991;70(6):2632-9.
25. Griffith LA, McConnell AK. The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *Eur J Appl Physiol* 2007;99(5):457-66.
26. Toraa M, Friemel F. Fatigue of the respiratory muscles due to maximal exercise on 2 different ergometers. *Can J Appl Physiol* 2000;25(2):87-101.
27. Ross E, Middleton N, Shave R, George K, McConnell A. Changes in respiratory muscle and lung function following marathon running in man. *J Sports Sci* 2008;26(12):1295-301

28. Sabine KL, Ulrike H, Ire`ne F, Christina MS. Effect of Respiratory Muscle Training on Exercise Performance in Healthy Individuals A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Sports Med* 2012;42(8):707-24.
29. Mickleborough TD, Nichols T, Lindley MR, Chatham K, Lonescu AA. Inspiratory flow resistive loading improves respiratory muscle function and endurance capacity in recreational runners. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(3):458-68.
30. Matthew WD, Carl DP. The effects of respiratory muscle training in highly-trained rowers. *J Exerc Physiol Online* 2012;15(6):93-102.
31. Verges S, Renggli AS, Notter DA, Spengler CM. Effects of different respiratory muscle training regimes on fatigue-related variables during volitional hyperpnoea. *Respir Physiol Neurobiol* 2009;169(3):282-90.
32. Mcconnell AK, Sharpe GR. The effect of inspiratory muscle training upon maximum lactate steady-state and blood lactate concentration. *Eur J Appl Physiol*. 2005;94(3):277-84
33. Brown PI, Sharpe GR, Johnson MA. Inspiratory muscle training reduces blood lactate concentration during volitional hyperpnoea. *Eur J Appl Physiol* 2008;104(1):111–7.
34. Witt JD, Guenette JA, Rupert JL, McKenzie DC, Sheel AW. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *J Physiol*. 2007;584(Pt3): 1019–28.
35. Steinacker JM, Both M, Whipp BJ. Pulmonary mechanics and entrainment of respiration and stroke rate during rowing. *Int J Sports Med* 1993;14(1):s15-9.
36. Siegmund GP, Edward MR, Moore KS, Tiessen DA, Sanderson DJ, McKenzie DC. Ventilation and locomotion coupling in varsity male rowers. *J Appl Physiol* 1999;87(1):233-42.
37. Forbes S, Game A, Syrotuik D, Jones R, Bell GJ. The Effect of Inspiratory and expiratory respiratory muscle training in rowers. *Res Sports Med* 2011;19(4):217-30.
38. Formiga MF, Roach KE, Vital I, Urdaneta G, Balestrini K, Calderon-Candelario RA, Campos MA, Cahalin LP. Reliability and validity of the test of incremental respiratory endurance measures of inspiratory muscle performance in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2018;13:1569-76.
39. Lindholm P, Wylegala JA, Pendergast DR, Lundgren CE. Resistive respiratory muscle training improves and maintains endurance swimming performance in divers. *Undersea Hyperb Med* 2007;34(3):169-80.
40. Ray AD, Pendergest DR, Lundgren CE. Respiratory muscle training improves swimming endurance at depth. *Undersea Hyperb Med* 2008;35(3):185-96.
41. Jana V, Katerina N, Zbynek S. The Effect of respiratory muscle training on fin-swimmers' performance. *J Sports Sci Med* 2017;16(4):521-6.

42. Ferren AR and Alois M. Energy systems in swimming. In: Ludovic S, Didier C, Inigo M, editors. World book of swimming: from science to performance. New York, Nova science publishers; 2011. 225-40.
43. Paige H, Angela S, Ralph FF. Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclists. BMC Physiol 2004;4(9):1-14.
44. Romer LM, Mcconnell AK, Jones DA. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. J Sports Sci 2002;20(7):547-62.
45. Sonetti DA, Wetter TJ, Pegelow DF, Dempsey JA. Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. Respir Physiol 2001;127(2-3):185-99.