Academic Journal of Thailand National Sports University
ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม - สิงหาคม 2568) Vol. 17 No. 2 (May - August, 2025)

ผลของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบให้แรงต้านบริเวณทรวงอกส่วนล่างมีต่อระบบไหลเวียนเลือดและการขยายตัวของทรวงอกในนักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอล

ชุตินันท์ คงสาธิตพร[1] กรอนงค์ ยืนยงชัยวัฒน์[2] และนงนภัส เจริญพานิช[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2]คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบให้แรงต้านบริเวณทรวงอกส่วนล่างเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ที่มีต่อระบบไหลเวียนเลือดและการขยายตัวของทรวงอกในนักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอลชาย จำนวน 18 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) และแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 9 คน โดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ค่าแรงดันในการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) และอายุเป็นเกณฑ์แบ่งกลุ่ม ระหว่างการทดลองเกิดการดรอปเอาท์ จำนวน 3 คน จึงเหลือกลุ่มทดลองจำนวน 7 คน และกลุ่มตัวอย่าง 8 คน กลุ่มทดลองฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยใช้เครื่องมือ TU - Breath Training (r=0.868, p=<0.001) ที่ระดับความหนัก 50% ของค่าแรงดันหายใจเข้าสูงสุด และกลุ่มควบคุมได้รับการฝึกที่ระดับความหนัก 0% ของค่าแรงดันหายใจเข้าสูงสุด ทั้ง 2 กลุ่ม ฝึกหายใจโดยการใช้เครื่องมือ TU-Breath Training ตามโปรแกรมกำหนด คือ 15 ครั้ง/ เซต ทั้งหมด 3 เซต (พักระหว่างเซต 1-2 นาที) 5 วัน/สัปดาห์ เป็นระยะเวลาทั้งหมด 4 สัปดาห์ ทั้งก่อนและหลังการฝึก 4 สัปดาห์ ทำการเก็บค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate), ความดันโลหิต (Systolic blood pressure, Diastolic blood pressure) และการวัดการขยายตัวของทรวงอก การวิเคราะห์ผลของค่าที่ได้ใช้ Paired sample t-test หรือ Wilcoxon sign rank test พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของ ค่าการขยายตัวทั้ง 3 ระดับ คือ Axilla, Xiphoid process และ 10th rib ในการเปรียบเทียบผลของการฝึกทั้งก่อนและหลังการฝึกของกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าค่าความแตกต่างในช่วงหลังการฝึกระหว่างกลุ่มพบว่ามีการขยายตัวของทรวงอกที่ระดับ Xiphoid process อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยใช้เครื่องมือ TU-Breath Training โดยเน้นการให้แรงต้านที่บริเวณทรวงอกส่วนล่างโดยตรง สามารถใช้ในการฝึกเพื่อเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกที่แสดงถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบให้แรงต้านบริเวณทรวงอกส่วนล่าง; ระบบไหลเวียนเลือด; การขยายทรวงอก; นักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอล

Corresponding Author: ผศ.ดร.นงนภัส เจริญพานิช คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Email: Nongnapas.c@chula.ac.th

EFFECTS OF LOWER CHEST INSPIRATORY MUSCLE TRAINING ON CARDIOVASCULAR SYSTEM AND CHEST EXPANSION IN WHEELCHAIR BASKETBALL PLAYERS

Chutinun Kongsatitporn[1], Kornanong Yuenyongchaiwat[2], and Nongnapas Charoenpanich[1]

[1]Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

[2]Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University

Abstract

The aim of this study was to study the effects of lower chest inspiratory muscle training for 4 weeks on cardiovascular system and chest expansion in wheelchair basketball players. A total of 18 male wheelchair basketball players who were divided into 2 groups by purposive sampling and used cluster random sampling with maximal inspiratory pressure (MIP) and age. There're 3 subjects that drop out while training. Therefore, there're 15 subjects in this study. The training group (N=7) underwent a protocol consisting of 50% MIP and the control group (N=8) was in 0% MIP. Both groups carried out through a resistive breathing device (TU-Breath Training) in 3 sets of training day (rest period 1-2 minutes between set), 5 times a week for 4 weeks. Each participant was analyzed resting heart rate and blood pressure (systolic blood pressure and diastolic blood pressure) by blood pressure portable device. They were measured chest expansion by tape measure for measure differences between circumference of chest expansion (Maximal inspiration and Maximal expiration). The dependent variables between pre-test and post-test were analyzed by a paired t-test and Wilcoxon sign rank test. The result showed the significant differences of 3 levels of chest (Axilla, Xiphoid process, and 10^{th} rib) between pre-test and post-test in training group. However, the control group didn't show significant differences between pre-test and post-test.

Keywords: Lower chest inspiratory muscle training, Cardiovascular system, Chest expansion, Wheelchair basketball players

Corresponding Author: Asst. Prof. Nongnapas Charoenpanich, Ph.D. Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University Email: Nongnapas.c@chula.ac.th

บทนำ

กีฬาวีลแชร์บาสเกตบอล (Wheelchair Basketball) เป็นกีฬาบาสเกตบอลสำหรับผู้ทุพพลภาพ โดยผู้เล่นจะนั่งอยู่บนวีลแชร์ ซึ่งมีกฎกติกาการเล่นเหมือนกับกีฬาบาสเกตบอลทั่วไป กีฬาวีลแชร์บาสเกตบอลเป็นกีฬาที่มีรูปแบบการใช้พลังงานที่ไม่ต่อเนื่องกัน (Marszałek et al., 2019) เป็นการออกกำลังแบบเข้มข้นในระยะสั้นซ้ำ ๆ ที่มีลักษณะความหนักสลับเบา มีการใช้พลังงานทั้งแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic system) และแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic system) อย่างไรก็ตามพบว่า ในการแข่งขันกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอลต้องมีการเคลื่อนที่ถึง 5 กิโลเมตร ตลอดการแข่งขัน 40 นาที (International Wheelchair Basketball Federation, 2021) ดังนั้นสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือด จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเสริมศักยภาพของนักกีฬาขณะแข่งขัน โดยช่วยให้นักกีฬามีความสามารถในการใช้ออกซิเจนในระหว่างการแข่งขันเพิ่มขึ้น (Marszałek et al., 2019)

โดยทั่วไปแล้วนักกีฬาวีลแชร์ส่วนใหญ่ได้รับบาดเจ็บบริเวณกระดูกสันหลังระดับส่วนอก (Thoracic) ลงมา จึงนอกจากมีผลกระทบต่อกล้ามเนื้อส่วนลำตัวและขาแล้ว ยังมีผลกระทบต่อกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ เช่น กล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragm) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อหลักที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ ตามกลไกของการหายใจ การหดตัวของกล้ามเนื้อกะบังลม กะบังลมจะลดตัวต่ำลงจึงมีผลในการการขยายทรวงอกตามแนวยาว ส่งผลให้ปริมาตรปอดส่วนล่างเพิ่มขึ้นจึงสามารถดึงอากาศลงสู่ปอดส่วนล่างได้เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันขอบล่างของกะบังลมจะดันซี่โครงส่วนล่างให้กางออก โดยทำงานร่วมกันกับกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงที่มีหน้าที่ดึงซี่โครงขึ้น ช่วยเพิ่มปริมาตรของปอดใจแนวกว้าง และดันกระดูกหน้าอกส่วนล่างให้ยกขึ้นเพิ่มปริมาตรของปอดในแนวหน้า - หลัง (Neumann, 2016) ดังนั้น ในนักกีฬาวีลแชร์ที่มีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจโดยเฉพาะกล้ามเนื้อกะบังลม จึงมีการลดลงของสมรรถภาพของการหายใจ และจากการศึกษาของ ล้า จากการศึกษาของวาเลียนิทิส และคณะ (Volianitis et al., 2001) ได้กล่าวว่า การเกิดความล้านั้นเกิดจาการสะสมของแลคเตทในกล้ามเนื้อหายใจและไปกระตุ้น inspiratory muscle Metaboreflex การที่รีเฟลกซ์ชนิดนี้ถูกกระตุ้นส่งผลให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงบริเวณรยางค์แขนและขาทำให้การไหลเวียนของเลือดที่ไปเลี้ยงในส่วนของรยางค์แขนและขาลดลง เลือดไหลเวียนไปเลี้ยงที่กล้ามเนื้อกะบังลมมากกว่า ส่งผลให้กล้ามเนื้อรยางค์เกิดความล้า เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของการออกกำลังกายลดลง จากกลไกดังกล่าว จะยิ่งส่งผลให้กล้ามเนื้อในส่วนของรยางค์แขนและขาเกิดอาการมากขึ้น ยิ่งลดสมรรถภาพทางกายในขณะเล่นกีฬา

ยิ่งไปกว่านั้น ขณะแข่งขันนักกีฬาต้องนั่งบนวีลแชร์ มีท่าทางการนั่งโดยโน้มตัวไปด้านหน้ามากกว่าปกติ เพื่อการทรงตัวและเอื้อมมือไปหมุนล้อขณะเคลื่อนที่ กระดูกเชิงกรานที่เอนไปทางด้านหลัง (Posterior tilt) เพื่อถ่วงน้ำหนัก ส่งผลให้กระดูกสันหลังส่วนเอวลดองศาการแอ่น ส่งผลให้เกิดการกดทับช่องท้องและช่องอก จึงมีแรงดันบริเวณช่องท้องและช่องอกเพิ่มขึ้นมีแรงต้านการหดตัวของกล้ามเนื้อกะบังลมประสิทธิภาพการหายใจจึงลดลง (Dimitriadis, Kapreli, Strimpakos, & Oldham, 2013; Goda, Nakai, Kishigami, & Hatta, 2018) ดังนั้นการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจ สามารถเพิ่มสมรรถภาพในการเล่นกีฬาได้

การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจจะทำการฝึกโดยการให้แรงต้านในการหายใจเข้า โดยทัศวิญา พัดเกาะ และอรชร บุญลา (Tadsawiya Padkao, & Orachorn Boonla, 2020) ได้ศึกษาเกี่ยวกับค่าความสัมพันธ์ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและการขยายตัวของกล้ามเนื้อทรวงอก ในกลุ่มผู้ที่มีสุขภาพดี จำนวน 76 คน พบว่า ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้ามีค่าที่สัมพันธ์กับค่าการขยายตัวของ

ทรวงอกที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ และเนื่องจากกลไกการหายใจเกิดได้โดยการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจเข้าจะทำงานเพื่อเพิ่มปริมาตรปอด และคลายตัวเมื่อหายใจออก และจากโครงสร้างทางกายวิภาคของปอดพบว่าปอดส่วนล่างมีปริมาตรใหญ่กว่าปอดส่วนบน ดังนั้นการพัฒนาระบบหายใจให้มีประสิทธิภาพคือ การที่ทำให้ร่างกายสามารถดึงอากาศเข้าสู่ปอดส่วนล่างให้ได้มากที่สุด จึงมีการฝึกการหายใจโดยใช้กะบังลมเป็นหลัก (Diaphragmatic breathing pattern) (Neumann, 2016) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเป็นเวลา 4 สัปดาห์สามารถเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในการหายใจได้อย่างมีนัยสำคัญ และไม่พบความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับผลการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ (Kellens, Cannizzaro, Gouilly, & Crielaard, 2011) และจากงานวิจัยของ วาสคอนเซลอส ฮอลล์ และเวียนา (Vasconcelos, Hall, & Viana, 2017) ได้ฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอลหญิง โดยเน้นให้แรงต้านที่บริเวณกะบังลมโดยเฉพาะเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ตัวแปรด้านสมรรถภาพของการหายใจมีค่าที่เพิ่มขึ้น

กรอนงค์ ยืนยงค์ชัยวัฒน์ ชูศักดิ์ ธนวัฒโน ศศิภา บูรณพันธฤกษ์ ขจรศักดิ์ พงษ์พานิช และพัชรินทร์ แสงครุฑ (Kornanong Yuenyongchaiwat, Chusak Thanawattano, Sasipa Buranapuntalug, Khajonsak Pongpanit, & Patcharin Saengkrut, 2019) ได้มีการคิดค้นเครื่องฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพื่อฝึกกล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการหายใจ (TU - breath Training) เป็นเครื่องมือที่ให้แรงต้านบริเวณทรวงอกส่วนล่างซึ่งเป็นตำแหน่งของกล้ามเนื้อกะบังลม จึงใช้ฝึกกล้ามเนื้อหายใจได้โดยตรง และจากงานวิจัยดังกล่าว การฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยใช้ TU - breath Training ในกลุ่มผู้ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงพบว่า ค่าความดันโลหิตทั้งค่า Systolic และ Diastolic หลังการฝึกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในค่าอัตราการเต้นของหัวใจไม่พบความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ การฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยใช้ TU - breath Training นี้ จึงน่าจะเหมาะสมต่อการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาบาสเกตบอลวีลแชร์ ที่มีความบกพร่องของการทำงานของกล้ามเนื้อโดยรอบของกระดูกสันหลัง (Spinal muscles) และระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system) ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาลดลง จากการสูญเสียการควบคุมระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น การควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าท้อง การควบคุมการทำงานของเส้นเลือดที่ไปหล่อเลี้ยงบริเวณรยางค์ส่วนบนและล่าง รวมถึงระบบหายใจและไหลเวียนเลือด (Vergès, Flore, Nantermoz, Lafaix, & Wuyam, 2009; West, Campbell, Shave, & Romer, 2012; Zimmer, Nantwi, & Goshgarian, 2007)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นคำถามงานวิจัยที่ว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าด้วยวิธีการให้แรงต้านบริเวณทรวงอกส่วนล่างโดยใช้ TU - breath Training ในนักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอล จะมีผลต่อระบบไหลเวียนเลือดและรูปแบบการขยายตัวของทรวงอกในนักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอลได้อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าโดยให้แรงต้านบริเวณทรวงอกส่วนล่าง ที่มีต่อระบบไหลเวียนเลือดและการขยายตัวของทรวงอกในนักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอล

สมมติฐานของงานวิจัย

การฝึกเสริมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าโดยให้แรงต้านบริเวณทรวงอกส่วนล่างในนักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอล สามารถเพิ่มสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและมีการขยายตัวของทรวงอกระดับต่าง ๆ เพิ่มขึ้น

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจโดยให้แรงต้านที่บริเวณทรวงอกส่วนล่างเพื่อเปรียบเทียบผลก่อนการฝึกและผลหลังการฝึก 4 สัปดาห์ที่มีต่อระบบไหลเวียนโลหิตและการขยายตัวของทรวงอกขณะหายใจในนักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอลชายอายุ 18-45 ปี จากสังกัดสมาคมวีลแชร์บาสเกตบอลไทย โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยผู้วิจัยเป็นผู้คัดกรองกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเองโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) และใช้วิธีการการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ค่าแรงดันในการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiration pressure; MIP) และอายุเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม โดยกลุ่มทดลอง ฝึกเสริมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจโดยให้แรงต้านที่บริเวณทรวงอกส่วนล่าง ที่ระดับความหนัก 50% ของแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด และ กลุ่มควบคุม ฝึกเสริมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจโดยให้แรงต้านที่บริเวณทรวงอกส่วนล่าง ที่ระดับความหนัก 0% ของแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด โดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ก่อนดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

นักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอล ชายอายุ 18-45 ปี จากสังกัดสมาคมวีลแชร์บาสเกตบอลไทย จำนวนกลุ่มตัวอย่างอ้างอิงจากงานวิจัยของ (Antonelli, Hartz, Santos, & Moreno, 2020) โดยนำค่าเฉลี่ยจากผลงานวิจัยมาคำนวณผ่านโปรแกรม G* power โดยกำหนด α = 0.05, β = 0.8 และค่า effect size = 1.44 ได้กลุ่มตัวอย่างรวมทั้งหมด 18 คน แบ่งเป็นกลุ่มละ 9 คน โดยมีค่าแรงดันในการหายใจเข้าสูงสุด และอายุใกล้เคียงกัน (ภายหลังเกิดการ drop out ทำให้เหลือผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มทดลอง 7 คน และกลุ่มควบคุม 8 คน)

<u>เกณฑ์ในการคัดกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมในการวิจัย (Inclusion criteria)</u>

1. นักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอลสังกัดสมาคมสมาคมวีลแชร์บาสเกตบอลแห่งประเทศไทย เพศชาย อายุระหว่าง 18 - 45 ปี
2. เคยมีประสบการณ์ในการเล่นวีลแชร์บาสเกตบอลหรือร่วมการแข่งขันอย่างน้อย 1 ครั้ง
3. เป็นผู้ที่ไม่มีโรคประจำตัวที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดและหัวใจ โรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจ ความผิดปกติของการรับรู้และการทำความเข้าใจ ที่ส่งผลต่อการเข้าร่วมโปรแกรม
4. จากการประเมินสมรรถภาพปอดต้องเป็นผู้ที่มีค่าปริมาตรของการหายใจในระดับปกติ (FEV1 > 80% predicted, FVC > 80% predicted, FEV1/FVC > 70%) (Raphael N. Pereira et al., 2016)
5. มีความสมัครใจ และยินดีลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้

<u>เกณฑ์ในการคัดกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)</u>

1. เข้าร่วมโปรแกรมฝึกน้อยกว่าน้อยกว่า 18 ครั้ง จากการฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง
2. มีความประสงค์ที่จะขอถอนตัวออกจากงานวิจัย
3. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารเข้าร่วมวิจัยต่อได้ เช่นบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ เจ็บป่วย จนไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยต่อ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

<u>เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล</u>

1) แบบบันทึกข้อมูลการทดลอง

<u>เครื่องมือที่ใช้สำหรับทดสอบสรีรวิทยาทั่วไป</u>

1) เครื่องวัดความดันโลหิต (Blood pressure monitor) ยี่ห้อ Omron รุ่น HEM-7130

2) สายวัด (Tapeline)

<u>เครื่องมือสำหรับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ</u>

1) เครื่องมือฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (TU-Breath Training) (r=0.868, p=<0.001)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย รวมทั้งขั้นตอนการ ระยะเวลา และระบุวัน ในการทดสอบและเก็บข้อมูล พร้อมทั้งขอความร่วมมือในกลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

2. วิธีการทดสอบในช่วงก่อนการฝึก

2.1 วัดตัวแปรด้านสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง โดยชั่งน้ำหนักหน่วยเป็นกิโลกรัม (Kilogram: kg.) และส่วนสูงหน่วยเป็นเซนติเมตร (Centimeter: cm.)

2.2 อัตราการเต้นของหัวใจในขณะพัก (Heart rate resting) และความดันโลหิต (Blood pressure) โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที และวัดด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจใช้หน่วยเป็นครั้ง/นาที (Beat/min; bpm) และความดันโลหิต หน่วยการวัดเป็นมิลลิเมตรปรอท (Millimeter of mercury: mmHg) ด้วยเครื่องยี่ห้อออมรอน (Omron)



รูปที่ 1 แสดงภาพการใช้งานเครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิต

2.3 การวัดการขยายตัวของทรวงอก (Chest expansion) 3 ระดับ ได้แก่ Axillary, Xiphoid process และ 10^{th} rib โดยมีหน่วยเป็นเซนติเมตร (Centimeters) วัดค่า 2 ครั้ง และเลือกครั้งที่ดีที่สุด





a) b) c)

รูปที่ 2 แสดงภาพการวัดการขยายตัวของทรวงอก 3 ระดับ

a) ระดับ Axillary b) ระดับ Xiphoid process และ c) ระดับ 10th rib

3. กลุ่มตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยจะได้รับการฝึกตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 09.00 - 12.00 น. รวม 5 วันต่อสัปดาห์ โดยโปรแกรมการฝึกแต่ละวันคือ 15 ครั้ง / เซต จำนวน 3 เซต, พักระหว่างเซต 1 - 2 นาที (โดยไม่ให้เกิน 2 นาที) เป็นระยะเวลาทั้งหมด 4 สัปดาห์ (รวมการฝึกทั้งหมด 20 ครั้ง)

วิธีการฝึกหายใจมีดังนี้

1. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งอยู่บนวีลแชร์ของตนเอง นั่งตัวตรง เท้าวางราบกับที่วางเท้าของรถวีลแชร์ ใส่อุปกรณ์ที่บริเวณท้อง/กะบังลม ใต้บริเวณ xiphoid process

2. หายใจเข้าออก จำนวน 10 ครั้ง เพื่อเป็นการอบอุ่นร่างกาย (Warm-up)

3. กดปุ่มที่บริเวณ pressure cuff เพื่อเพิ่มความดันเข้าไปที่บริเวณสายรัดช่องบริเวณอกส่วนล่าง (Chest strap) โดยหายใจเข้าท้องพองเพื่อให้สายรัดชนบริเวณท้องพอดี โดยผู้เข้าร่วมสามารถปรับเพิ่มหรือลดปริมาณความดันได้

4. จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมหายใจเข้าให้ลึกในขณะที่ใส่สายรัดบริเวณอกส่วนล่าง เพื่อหาค่าความดันของการหายใจเข้าสูงสุดก่อนเริ่มการทดลอง โดยนำค่าที่อ่านได้จากหน้าจอในแอพลิเคชั่นของเครื่อง TU - Breath Training เทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องที่ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ เพื่อให้ค่าความดันของการหายใจสูงสุดมีค่าตรงกัน ซึ่งค่าที่ได้คือค่าความดันหายใจเข้าสูงสุด (MIP) หน่วยเป็นเซนติเมตรน้ำ (cmH_2O) และใช้เป็นค่าตั้งต้นสำหรับการฝึก

5. กลุ่มทดลอง ตั้งค่าระดับความหนักที่ 50% ของแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) ลมจะเพิ่มขึ้นที่บริเวณสายรัดอก และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยให้ใจเข้าให้ลึกที่สุด ให้ได้ 50% ของแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) ตามที่ตั้งค่าไว้ ซึ่งบริเวณหน้าปัดของแอพลิเคชัน จะมีเข็มชี้บอกระดับของการหายใจ เป็นจำนวน 15 ครั้ง (หายใจเข้าออกนับเป็น 1 ครั้ง) ทำทั้งหมด 3 เซต พักระหว่างเซต 1 - 2 นาที (โดยไม่ให้เกิน 2 นาที)

6. กลุ่มควบคุม ตั้งค่าระดับความหนักที่ 0% ของแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) ลมจะเพิ่มขึ้นที่บริเวณสายรัดอก และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยให้ใจเข้าให้ลึกที่สุดให้ได้ 0% ของแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) ตามที่ตั้งค่าไว้เป็นจำนวน 15 ครั้ง (หายใจเข้าออกนับเป็น 1 ครั้ง) ทำทั้งหมด 3 เซต พักระหว่างเซต 1-2 นาที (โดยไม่ให้เกิน 2 นาที)




a) b)

รูปที่ 3 แสดงการใช้เครื่องมือ TU - Breath Training ในขณะทำการฝึกหายใจ

a) การใส่เครื่องมือและท่านั่งในขณะทำการฝึก และ b) หน้าจอแสดงผลใน application ขณะฝึก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

สถานที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ ศูนย์ฝึกกีฬาคนพิการแห่งชาติ จังหวัดสุพรรณบุรี

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลการขยายตัวของทรวงอกมาคำนวณค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง โดยมีสูตรดังนี้ (เส้นรอบวงสุดท้าย – เส้นรอบวงเริ่มต้น) / เส้นรอบวงเริ่มต้น * 100

2. วิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ประสบการณ์ โดยใช้สถิติที่ใช้ทดสอบคือ Difference: between two dependent means (matched pairs)

3. ทดสอบการกระจายข้อมูลโดยใช้ Shapiro wilk test

3.1 ทำการเปรียบเทียบผลของการฝึกโดยใช้สถิติ การทดลองแบบจับคู่ (Paired sample t-test) และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยใช้ การเปรียบเทียบแบบรวมกลุ่ม (Independent t-test) ในข้อมูลที่กระจายตัวปกติ

3.2 ทำการเปรียบเทียบผลของการฝึกโดยใช้สถิติ วิลคอกซัน (Wilcoxon sign rank test) และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยใช้ แมน วิทนีย์ ยู (Mann-Whitney U Test) ในข้อมูลที่กระจายตัวไม่ปกติ

4. กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตัวแปรด้านสรีรวิทยา	กลุ่มทดลอง (n=7)	กลุ่มควบคุม (n=8)
	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.
Age (years)	25.86± 6.99	24.25± 8.013
Weight (kg.)	62± 13.42	65.38± 17.09
Height (cm.)	163.86± 21.84	165.88± 21.50
Class	2.5±1.43	3.0±1.43

จากตารางที่ 1 แสดงค่าการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้เข้าร่วมงานวิจัย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง 7 คน และกลุ่มควบคุม 8 คน โดยกลุ่มทดลองมีอายุ 25.86 ± 6.99 ปี น้ำหนัก 62 ± 13.42 กิโลกรัม ส่วนสูง 163.86 ± 21.844 ซม. และการแบ่งระดับของนักกีฬา 2.5 ±1.43 ในส่วนของกลุ่มควบคุม มีอายุ 24.25 ± 8.013 ปี น้ำหนัก 65.38 ± 17.09 กิโลกรัม ส่วนสูง 165.88 ± 21.50 และการแบ่งระดับของนักกีฬา 3.0 ± 1.43

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิต และการขยายตัวของทรวงอก ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ของกลุ่มทดลอง โดยใช้ Paired t - test สำหรับข้อมูลที่กระจายตัวปกติ และใช้ Wilcoxon sign rank test ในการเปรียบเทียบข้อมูลกระจายตัวไม่ปกติ (n = 7)

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและความดันโลหิต กลุ่มทดลอง (n=7)						
รายการ	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	Mean_diff	t	Z	P value
	$\bar{X}$ ± S.D.	$\bar{X}$ ± S.D.				
HR (bpm)	78.71 ± 12.23	75.43 ± 11.60	3.28	-	-0.848	0.396
SBP (mmHg)	107 ± 13.89	111.14 ± 18.61	4.14	- 0.648	-	0.541
DBP (mmHg)	66.71 ± 4.68	66.86 ± 10.61	0.15	- 0.033	-	0.975
การขยายตัวของทรวงอก						
Axilla (%)	4.78 ± 0.66	6.29 ± 0.52	2.31	- 5.965	-	< 0.001*
Xiphoid process (%)	4.74 ± 0.8	6.78 ± 1.19	4.04	- 6.492	-	< 0.001*
10^{th} rib (%)	5.05 ± 0.75	6.33 ± 0.71	3.55	- 4.713	-	0.003*

*: significant different at p<0.05

จากตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานภายในกลุ่มของกลุ่มทดลองในด้านอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและความดันโลหิต พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ในส่วนของการขยายตัวของทรวงอก พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของทรวงอกส่วนบน (Axillary) มีการเปลี่ยนแปลงที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ < .001 ในส่วนของทรวงอกส่วนกลาง (Xiphoid process) มีการเปลี่ยนแปลงที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ < .001 และระดับทรวงอกส่วนล่าง (10^{th} rib) มีการเปลี่ยนแปลงที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .003

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิต และการขยายตัวของทรวงอก ก่อนและหลังการฝึก ของกลุ่มควบคุม โดยใช้ Paired t - test สำหรับข้อมูลที่กระจายตัวปกติ และใช้ Wilcoxon sign rank test ในการเปรียบเทียบข้อมูลกระจายตัวไม่ปกติ (n = 8)

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและความดันโลหิต กลุ่มควบคุม (n=8)						
รายการ	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	Mean_diff	t	Z	P value
	$\bar{X}$ ± S.D.	$\bar{X}$ ± S.D.				
HR (bpm)	86.50 ±10.82	76.50 ± 7.09	- 10	2.254	-	0.059
SBP (mmHg)	109.75 ±13.44	118.88 ± 6.96	9.13	- 2.311	-	0.054
DBP (mmHg)	69.75 ± 9.87	75.88 ±15.385	6.13	- 0.964	-	0.367
การขยายตัวของทรวงอก						
Axilla (%)	4.29 ± 0.99	5.31 ± 0.94	2.53	- 2.152	-	0.68
Xiphoid process (%)	5.19 ± 0.76	4.97 ± 0.85	1.37	0.597	-	0.569
10^{th} rib (%)	5.48 ± 1.36	5.54 ± 0.656	0.06	-	- 0.14	0.889

จากตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานภายในกลุ่มของกลุ่มควบคุมในด้านอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิต และการขยายตัวของทรวงอกพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบข้อมูลการเปลี่ยนแปลงผลของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและความดันโลหิต (Post – Pre) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ Independence t test (t) สำหรับข้อมูลที่กระจายตัวปกติ และ Mann Whitney U test (U) สำหรับข้อมูลที่กระจายตัวไม่ปกติ

การเปลี่ยนแปลงผลของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและความดันโลหิต					
ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n=7)	กลุ่มควบคุม (n=8)	t	U	p-value
	Change Mean ± S.D.	Change Mean ± S.D.			
HR (beat/min)	-3.29±4.20	-10.00±4.43	-	1.089	0.296
Systolic BP (mmHg)	4.14±6.39	9.12±3.95	-0.682	-	0.507
Diastolic BP (mmHg)	0.14±4.36	6.12±6.35	-0.753	-	0.465
Axilla (%)	1.52±0.26	1.01±0.47	0.903	-	0.383
Xiphoid process (%)	2.03±0.31	-0.22±0.38	4.516	-	<0.001*
10^{th} rib (%)	1.27±0.27	0.15±0.68	-	1.447	0.172

*: significant different at p<0.05

จากตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้านตัวแปรสรีรวิทยา ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและความดันโลหิตทั้ง Systolic และDiastolic พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ในส่วนของการขยายตัวของทรวงอก พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของทรวงอกระดับกลาง (Xiphoid process) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ < .001

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลอง ค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของกลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลองพบว่า หลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักมีค่าลดลง จาก 78.71 ± 12.23 เป็น 75.43 ± 11.60 ซึ่งมีแนวโน้มที่ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจลดลงซึ่งสอดคล้องกับงานของ สุภัทรา ศิลปบรรเลง (Supattra Silapabanleng, 2019) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเกิดจากการที่ในงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการทดลองฝึกกล้ามเนื้อหายใจเป็นระยะเวลานานมากกว่า 4 สัปดาห์ ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจมีการลดลง โดยการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจนี้น่าจะแสดงถึงความประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจนดีขึ้น ระบบหายใจและไหลเวียนเลือดจึงทำงานหนักน้อยลง ในส่วนของค่าการขยายตัวของทรวงอกที่บ่งชี้ถึงสมรรถภาพของการหายใจที่เพิ่มทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ Axillary (จาก 4.78 ± 0.66 เป็น 6.29 ± 0.52), Xiphoid process (จาก 4.74 ± 0.66 เป็น 6.78 ± 1.19) และ 10^{th} rib (จาก 5.05 ± 0.75 เป็น 6.33 ± 0.71) ค่าการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 การวัดการขยายตัวของทรวงอกเป็นการวัดเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของปอดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทัศวิญา พัดเกาะ และอรชร บุญลา (Tadsawiya Padkao, & Orachorn Boonla, 2020) พบว่า หลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่เน้นการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragmatic breathing) โดยตรงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ส่งผลให้การขยายตัวของทรวงอกทั้ง 3 ระดับเพิ่มขึ้น โดยกล่าวว่า การให้แรงต้านบริเวณทรวงอกส่วนล่างเป็นการฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยการให้แรงต้านบริเวณกะบังลมโดยตรง จึงสามารถส่งผลให้กล้ามเนื้อกะบังลมมีประสิทธิภาพดีขึ้น สามารถหดตัวได้เต็มที่ จึงช่วยเพิ่มปริมาตรของทรวงอกขณะหายใจเข้าได้มากขึ้น และพบการขยายทรวงอกขึ้นในทั้ง 3 ระดับ เช่นเดียวกับการเลือกใช้เครื่องมือ TU-Breath Training ในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ให้แรงต้านบริเวณทรวงอกส่วนล่างซึ่งเป็นตำแหน่งของกล้ามเนื้อกะบังลม ซึ่งการฝึกโดยใช้เครื่อง TU - Breath Training จึงเปรียบเสมือนการใช้เครื่องมือช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อหลักในการหายใจได้โดยตรง ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ดีขึ้น เมื่อกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงสามารถหดตัวได้ดีทำให้เกิดการขยายตัวของผนังทรวงอกในขณะหายใจเข้า ดังนั้น การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้าแบบให้แรงต้านส่งผลการขยายของทรวงอกทั้ง 3 ระดับที่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่าการที่ xiphiod process มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 อาจเกิดจากการที่กล้ามเนื้อบริเวณซี่โครง (intercostal muscles) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อหายใจที่ทำให้เกิดการขยายออกซี่โครงทั้งในแนวตั้งและแนวนอน เพื่อให้เกิดช่องว่างระหว่างซี่โครงทำให้ปริมาตรของทรวงอกขยายออก จึงส่งผลต่อความยาวของเส้นรอบวงของทรวงอกระดับกลางที่เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับงานของธนพร ศรีเจษฎารักษ์ และคณะ (Srijessadarak et al., 2022) พบว่า การวัดการขยายตัวของทรวงอกในระดับ xiphoid process มีการเปลี่ยนแปลงทางสถิติทั้งในกลุ่มผู้ที่มีสะบักจมและกลุ่มผู้ที่มีสุขภาพดี กล่าวได้ว่าในการฝึกกล้ามเนื้อหายใจครั้งนี้ส่งผลต่อกล้ามเนื้อหายใจหลักอย่างกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อบริเวณซี่โครง ทำให้ทรวงอกส่วนล่างขยายตัวมากกว่าส่วนบน แต่ในส่วนของทรวงอกระดับกะบังลมไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจจะเกิดจากในกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยบางคนมีการบาดเจ็บที่บริเวณ T4-L5 (Raphael et al.,, 2016) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่สามารถควบคุมการทำงานของลำตัวได้ โดยเส้นประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อบริเวณท้องคือ T7-L1 ซึ่งร่างกายของนักกีฬาบางคนมีความเสียหายในส่วนนี้ กล้ามเนื้อในระดับนี้จึงมีความผิดปกติของกระแสประสาท การออกกำลังกายจึงไม่สามารถส่งผลได้อย่างเต็มที่ การขยายทรวงอกในระดับนี้จึงไม่พบการเพิ่มขึ้น

อย่างมีนัยสำคัญจากผลการทดลองในงานวิจัยนี้ จึงกล่าวได้ว่า การศึกษาการฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยใช้เครื่องมือ TU-Breath Training โดยเน้นการให้แรงต้านที่บริเวณทรวงอกส่วนล่างโดยตรง สามารถใช้ในการฝึกเพื่อเพิ่มการขยายตัวของทรวงอก ที่แสดงถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจที่เพิ่มขึ้น โดยจากผลการทดลองพบความการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของค่าการขยายตัวของทรวงอกทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ Axilla, Xiphoid process, 10^{th} rib ของกลุ่มทดลองเมื่อเปรียบเทียบก่อนฝึกและหลังฝึก 4 สัปดาห์ ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการขยายทรวงอกของกลุ่มควบคุมในทุกระดับทรวงอก

ข้อเสนอแนะงานวิจัย

ในการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่บริเวณทรวงอกส่วนล่าง โดยใช้เครื่อง TU - Breath Training ที่ความหนักที่ 50% ของแรงดันของการหายใจเข้าสูงสุด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ส่งผลให้มีการขยายตัวของทรวงอกเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถนำไปใช้ควบคู่ไปกับโปรแกรมการฝึกปกติของนักกีฬาวีลแชร์ หรือผู้ที่ต้องการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และศูนย์ฝึกกีฬาคนพิการแห่งชาติ จังหวัดสุพรรณบุรี ที่อำนวยความสะดวกด้านเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอบคุณนักกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอล ในสังกัดสมาคมกีฬาวีลแชร์บาสเกตบอลแห่งประเทศไทย ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยตลอดระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกเป็นอย่างดี ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

References

Antonelli, C. B. B., Hartz, C. S., Santos, S. D. S., & Moreno, M. A. (2020). Effects of Inspiratory muscle training with progressive loading on respiratory muscle function and sports performance in high-performance wheelchair basketball athletes: A randomized clinical trial. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(2), 238 - 242. Retrieved from https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0979

Dimitriadis, Z., Kapreli, E., Strimpakos, N., & Oldham, J. (2013). Respiratory weakness in patients with chronic neck pain. *Manual Therapy*, *18*(3), 248 - 253. Retrieved from https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.math.2012.10.014

Goda, H., Nakai, M., Kishigami, H., & Hatta, T. (2018). The effect of a wheelchair with pelvic support belt on respiratory function. *Diseases and Disorders*, *2*. Retrieved from https://doi.org/10.15761/JDD.1000108

International Wheelchair Basketball Federation. (2021). *Official wheelchair basketball rules*. Retrieved from https://www.wheelchairbasketball.ca/wp-content/uploads/2021/01/2021_IWBF_rules-Ver1-small_compressed-1.pdf

Kellens, I., Cannizzaro, F., Gouilly, P., & Crielaard, J. M. (2011). Inspiratory muscles strength training in recreational athletes. *Revue des Maladies Respiratioires*, *28*(5), 602 - 608. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.rmr.2011.01.008

Kornanong Yuenyongchaiwat, Chusak Thanawattano, Sasipa Buranapuntalug, Khajonsak Pongpanit, & Patcharin Saengkrut. (2019). Development and application of a respiratory device on blood pressure in adults with high blood pressure. *Intervention Medicine and Applied Science, 11*(1), 21 - 26. Retrieved from https://doi.org/10.1556/1646.10.2018.34

Marszałek, J., Gryko, K., Kosmol, A., Morgulec - Adamowicz, N., Mróz, A., & Molik, B. (2019). Wheelchair Basketball competition heart rate profile according to players' functional classification, tournament level, game type, game quarter and playing time. *Frontiers in Psychology*, *10*. Retrieved from https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00773

Neumann, D. A. (2016). *Kinesiology of the musculoskeletal system-e-book: Foundations for rehabilitation*. Elsevier Health Sciences.

Piyaporn Sunthonghao, & Wannaporn Tongtako. (2019). Effect of respiratory muscle training on lung function and repeated sprint ability in futsal players. *Journal of Sports Science and Health, 20*(2), 40 - 56.

Supattra Silapabanleng. (2019). Respiratory muscle training in strenuous sport. *Journal of Sports Science and Technology, 19*, 8 - 24.

Tadsawiya Padkao, Orachorn Boonla. (2020). Relationships between respiratory muscle strength, chest wall expansion, and functional capacity in healthy nonsmokers. *Journal of Exercise Rehabilitation, 16*(2), 189 - 196. Retrieved from https://doi.org/10.12965/jer.2040080.040

Thanaporn Srijessadarak, Preeda Arayawichanon, Jaturat Kanpittaya, and Yodchai Boonprakob. Diaphragmatic mobility and chest expansion in patients with scapulocostal syndrome: A cross-sectional study. *Healthcare (Basel), 10*(5), 950. doi: 10.3390/healthcare10050950.

Vasconcelos, T., Hall, A., & Viana, R. (2017). The influence of inspiratory muscle training on lung function in female basketball players - A randomized controlled trial. *Porto Biomedical Journal*, *2*(3), 86 - 89. Retrieved from https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.p bj.2016.12.003

Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., McNaughton, L. R., Backx, K., & Jones, D. A. (2001). *Inspiratory muscle training improves rowing performance*. Retrieved from http://hdl.handle.net/2436/7229

Raphael N. Pereira, Marcos Fabio R Abreu, Camila B Gonçalves, Wilson Flávio S Corrêa, Daniel R Mizuhira, & Marlene A Moreno. (2016). Respiratory muscle strength and aerobic performance of wheelchair basketball players. *Motriz, Rio Claro*, *22.* 124 - 132. Retrieved from https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1980-6574201600030002

Vergès, S., Flore, P., Nantermoz, G., Lafaix, P. A., & Wuyam, B. (2009). Respiratory muscle training in athletes with spinal cord injury. *International Journal of Sports Med*icine, *30*(7), 526 - 532. Retrieved from https://doi.org/10.1055/s-0029-1202336

West C. R., Campbell I. G., Shave R. E., & Romer L. M. (2012). Resting cardiopulmonary function in Paralympic athletes with cervical spinal cord injury. *Medine and Science in Sports and Exercise*, *44*(2), 323 - 329. Retrieved from https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822b7441

Zimmer, M. B., Nantwi, K., & Goshgarian, H. G. (2007). Effect of spinal cord injury on the respiratory system: Basic research and current clinical treatment options. *The Journal of Spinal Cord Medicine, 30*(4), 319 - 330. Retrieved from https://doi.org/10.1080/10790268. 2007.11753947

Received: 2023, November 14
Revised: 2024, March 19
Accept: 2024, April 18