



วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ

เป้าหมายและขอบเขต

วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มุ่งเน้นเผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการ และประเด็นปัจจุบันที่การศึกษาในมนุษย์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา สรีรวิทยาการออกกำลังกาย ชีวกลศาสตร์ จิตวิทยาการกีฬา การโค้ชกีฬาและการฝึกซ้อมกีฬา การจัดการการกีฬา การส่งเสริมสุขภาพ การจัดการนันทนาการการท่องเที่ยว และการบูรณาการศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ จัดพิมพ์เป็นภาษาไทย กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ ในเดือนมกราคม-เมษายน พฤษภาคม-สิงหาคม และกันยายน-ธันวาคม

ที่ปรึกษา

Prof Dr.Hosung So

College of Science California State University,
San Bernardino, California, U.S.A.

รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ อัดชู

นักวิชาการอิสระ

รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต คณิงสุขเกษม

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
(เกษียณอายุราชการ)

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.จรินทร์ ธานีรัตน์

สำนักอธิการบดี มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ

ศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล ผลประมูล

สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ

ศาสตราจารย์ นพ.อรรถ นานา

วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา
มหาวิทยาลัยมหิดล

ศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ กาญจนกิจ

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
(เกษียณอายุราชการ)

ศาสตราจารย์ ดร.ธนอมวงศ์ กฤษณ์เพชร

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.สาลี สุภาภรณ์

คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิตร สมานิตโต

สถาบันวิทยาการโอลิมปิกไทย

เจ้าของและผู้จัดพิมพ์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพระราม 1 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 02-218-1027, 02-218-1024

พิมพ์ที่

สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [6306-123]

โทร. 02-218-3549-50, 02-218-3557 เมษายน 2564

<http://www.cuprint.chula.ac.th>

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์

อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย



Journal of Sports Science and Health

Aim and Scope

The Journal of Sports Science and Health is a peer-review journal published original research work, review articles, and current topics on human science that deals with sports science, exercise physiology, biomechanics, sports psychology, sports coaching and training, sport management, health promotion, recreation and tourism management, and other interdisciplinary related to sports science and health topics. The journal has published papers in Thai 3 issues per year (January-April, May-August, and September-December).

Advisors

Prof Dr.Hosung So	College of Science California State University, San Bernardino, California, U.S.A.
Assoc. Prof. Dr.Anan Attachoo	Independent Scholar
Assoc. Prof. Dr.Vijit Kanungsukkasem	Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University (Retired)

Associated Editors

Prof. Dr.Charin Thaneerat	Office of the President, North Bangkok University
Prof. Dr.Chumpol Pholpramool	National Research Council of Thailand
Prof. Dr.Arth Nana	College of Sports Science and Technology, Mahidol University
Prof. Dr.Sombat Karnjanakit	Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University (Retired)
Prof. Dr.Thanomwong Kritpet	Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University
Prof. Dr.Salee Supaporn	Faculty of Physical Education, Srinakharinwirot University
Assoc. Prof. Dr.Supit Samahito	Thailand Olympic Academy

Produced By

Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University
Rama I Patumwan Bangkok 10330
Tel. +662-218-1027, +662-218-1024

Production Office

Printed by Chulalongkorn University Press [6306-123]
Tel. 02-218-3549-50, 02-218-3557 April 2021
<http://www.cuprint.chula.ac.th>

Editors

Asst. Prof. Dr.Chipat Lawsirirat
Dr.Tossaporn Yimlamai



วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ

Journal of Sports Science and Health

วารสารวิชาการของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Academic Journal of Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 (มกราคม - เมษายน 2564)

Vol. 22 No.1, January - April 2021

Online Journal: https://he02.tci-thaijo.org/index.php/spsc__journal/index

สารบัญ (Content)

หน้า (Page)

สารจากบรรณาธิการ (Letter from the editor)

บทความวิชาการ (Review Articles)

- ❖ การประยุกต์ใช้การฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและแอโรบิก 1
THE PRACTICAL APPLICATION OF RESISTANCE AND AEROBIC TRAINING WITH BLOOD FLOW RESTRICTION
◆ นภัสกร ชื่นศิริ
Napasakorn cheunsiri

บทความวิจัย (Research Articles)

วิทยาศาสตร์การกีฬา (Sports Science)

- ❖ การเปรียบเทียบตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ระหว่างการสวิงกอล์ฟบนพื้นที่ลาดเอียงที่ต่างกัน 18
ในนักกอล์ฟสมัครเล่น
A COMPARISON OF BIOMECHANICAL VARIABLES OF GOLF SWING AMONG DIFFERENT SLOPES IN AMATEUR GOLFERS
◆ ชัชชานนท์ พูลสวัสดิ์ และชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์
Chachchanon Poolsawat and Chaipat Lawsirirat

สารบัญ (Content)

หน้า (Page)

❖ ผลของการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางระดับปานกลาง ที่มีต่อความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อในนักกีฬาหญิงประเภททีมระดับมหาวิทยาลัย	32
EFFECTS OF LOW-LOAD RESISTANCE TRAINING UNDER MODERATE HYPOXIA ON MUSCLE STRENGTH AND POWER IN FEMALE COLLEGIATE TEAM SPORT ATHLETES	
◆ ณัฐฐา ม่วงฤทธิเดช และไชยวัฒน์ นามบุญลือ Nattha Muangritdech and Chaiyawat Namboonlue	
❖ ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกใน นักศึกษาชายระดับมหาวิทยาลัยที่สูบบุหรี่เป็นประจำ	47
EFFECTS OF ABDOMINAL MUSCLE TRAINING ON EXSPIRATORY MUSCLE STRENGTH AND LUNG FUNCTION IN COLLEGE MALE STUDENT SMOKERS	
◆ สุภัทรา ศิลปบรรเลง อีรภัทร์ สุธีรวุฒิ รัชต์ โบว์สุวรรณ ปุณยาพร ศิริพล คัมภีร์ บุญเรือง ปฏิภาณ อันทะเกต ณัฐชนน ศรีธงชาติ Supattra Silapabanleng, Teerapat Suteerawut, Rachata Bosuwan, Poonyaporn Siriphol, Kampee Boonruang, Patiparn Antaket, and Nutchanon Srithongchart	
❖ ผลของการฝึกการเข้าท่าด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศที่มีต่อประสิทธิภาพในการเข้าท่า ของนักกีฬาดาบสากลระดับมหาวิทยาลัย	59
EFFECTS OF ATTACK TRAINING WITH PNEUMATIC RESISTANCE ON LUNGE PERFORMANCE IN UNIVERSITY FENCERS	
◆ ศิรประภา พานทอง และคนางค์ ศรีหิรัญ Siraprapa Panthong and Kanang Srihirun	
❖ การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำ 200 เมตรท่าฟรอนท์ ครอลในรายค์ส่วนบนของนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทย	71
CHANGES IN BIOMECHANICAL VARIABLE OF 200 METRES FRONT CRAWL ON UPPER EXTREMITIES IN THAI NATIONAL SWIMMERS	
◆ อัครยา ศีลสังวรณ์ สาธิต หงษ์ทองโชติวิทย์ ธรรมสุจิตร์ และชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ Akkaraya Silsungvorn, Sathit Hongthong, Chotivit Tumsujit, and Chaipat Lawsirirat	

สารบัญ (Content)

หน้า (Page)

❖ ความชุกและความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัย	86
PREVALENCE AND CORRELATION BETWEEN FLAT FOOT AND RELATED-FACTORS IN UNIVERSITY ATHLETES	
◆ อาพัทธ์ เตียวตระกุล, ทศนา จารุชาติ, พิชญาพร แจงทอง,จินต์จุฑา มะธิโตปะนะ, พรปวีณ์ จ้อยเชื้อ, และอภิสิทธิ์ ช่มอาวุธ	
Arphat Tiaotrakul, Tussana Jaruchart, Phitchayaporn Jangthong, Jinjuta Matitopanam, Pornpawee Joychue, and Apisit Khomawut	
วิทยาการส่งเสริมสุขภาพ (Health Promotion Science)	
❖ ผลของการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้างและการเป่าลูกโป่งที่มีต่อสมรรถภาพปอดในเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด	103
EFFECTS OF SUSTAINED MAXIMUM INSPIRATION VERSUS BALLOON- BLOWING BREATHING EXERCISE ON PULMONARY FUNCTION IN SCHOOL- AGE CHILDREN WITH ASTHMA	
◆ กฤษณา บุญล้ำ สุวิมล โรจนาวี สุพิชญา พจน์สุภาพ ยิหาว สุขสวัสดิ์ และวรรณพร ทองตะโก	
Kitsana Bunlam, Suwimon Rojnawee, Supichaya Pojsupap, Yiwa Suksawat and Wannaporn Tongtako	
❖ ผลของรูปแบบการออกกำลังกายโดยใช้ไม้ยืดหยุ่นที่มีผลต่อสุขสมรรถนะและความสามารถด้านการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุ	120
EFFECTS OF MAI YUED YOON EXERCISE PROGRAM ON HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS AND MOVEMENT ABILITY IN THE ELDERLY	
◆ ยรรยงค์ พานเพ็ง รวิภาส สุวรรณพัฒน์	
Yanyong phanpheng and Rawipas Suwannapas	

สารจากบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพฉบับนี้ เป็นฉบับแรก (มกราคม-เมษายน 2564) ของปีที่ 22 ในการจัดทำวารสารนี้ โดยมีบทความวิชาการที่น่าสนใจ เรื่อง การประยุกต์ใช้การฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือด ร่วมกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและแอโรบิก ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งทั้งสำหรับโค้ช นักกีฬา รวมทั้งบุคคลทั่วไปที่สนใจการฝึกอีกทางเลือกหนึ่ง นอกจากนี้ในฉบับนี้ยังมีบทความวิจัย อาทิเช่น การเปรียบเทียบตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ระหว่างการสวิ่งกอล์ฟบนพื้นที่ลาดเอียงในนักกอล์ฟสมัครเล่น ผลของการฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศที่มีต่อประสิทธิภาพในการเข้าทำของนักกีฬาฟันดาบสากลระดับมหาวิทยาลัย และผลของการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้างและการเป่าลูกโป่งที่มีต่อสมรรถภาพปอดในเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด เป็นต้น อีกเรื่องหนึ่งที่จะขอแจ้งทุกท่านที่เป็นสมาชิกวารสารและผู้สนใจทั่วไปทราบ คือ วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพได้มีเว็บไซต์ใหม่แล้ว ซึ่งทุกท่านสามารถเข้าไปเยี่ยมชมได้ทั้งทางเว็บไซต์ใหม่ของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (www.spsc.chula.ac.th) และทางลิงค์ของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (https://he02.tcithaijo.org/index.php/spsc_journal/index) โดยวารสารที่ได้รับการตีพิมพ์จะได้นำขึ้นเว็บไซต์ดังกล่าวข้างต้น เพื่อให้สืบค้นและ Download ข้อมูลได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ ขออวยพรให้ทุกท่านมีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรง และปลอดภัยจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ที่เป็นอยู่ในขณะนี้ และขอเป็นกำลังใจให้ทุกท่านในการผลิตผลงานวิชาการที่มีคุณภาพต่อไป โดยไม่ย่อท้อต่อปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพให้มีความก้าวหน้ายิ่งขึ้นไป

บรรณาธิการ

การประยุกต์ใช้การฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและแอโรบิก

นภัสร ชื่นศิริ

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Received: 4 December 2563 / Revised: 11 January 2564 / Accepted: 12 April 2564

บทคัดย่อ

การจำกัดการไหลเวียนเลือดเป็นรูปแบบการฝึกรูปแบบใหม่ที่ใช้ความหนักในการฝึกอยู่ในระดับต่ำ แต่สามารถกระตุ้นการปรับตัวของระบบต่าง ๆ ในร่างกายได้เช่นเดียวกับการฝึกที่ความหนักระดับสูง โดยการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดนั้นมักจะทำร่วมกับการฝึกออกกำลังกายรูปแบบอื่น ๆ อาทิเช่น การฝึกด้วยแรงต้านหรือแอโรบิก โดยวิธีการในการฝึกคือจะนำเอาสายรัดมารัดไว้ที่บริเวณยางค้ำขาหรือแขนที่ใช้ในการออกกำลังกาย เพื่อให้เกิดภาวะการคั่งของเลือดที่กล้ามเนื้อบริเวณนั้นหรือกล้ามเนื้อส่วนปลายจากบริเวณที่รัด โดยส่วนใหญ่จะใช้สายรัดที่สามารถปรับแรงดันได้ ซึ่งการกดทับหลอดเลือดในลักษณะนี้จะส่งผลให้ลดการไหลของเลือดแดงมาสู่กล้ามเนื้อที่ทำงาน และลดเลือดดำที่ไหลกลับสู่หัวใจ ส่งผลให้การลำเลียงออกซิเจนเข้าสู่กล้ามเนื้อลดลง และมีการกำจัดของเสียจากระบบเผาผลาญพลังงานลดลง จนเกิดสภาวะไม่สมดุลของออกซิเจนในกล้ามเนื้อ ทำให้เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อขาดออกซิเจน ส่งผลให้ระบบเผาผลาญพลังงานและระบบกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นมากยิ่งขึ้น จนเกิดการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือดเพิ่มมากขึ้น ทำให้ร่างกายทำงานหนักขึ้นโดยที่ความหนักที่ใช้ในการออกกำลังกายต่ำ จึงส่งผลให้เกิดการปรับตัวของร่างกายเช่นเดียวกับการ

ออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูงกว่า อาทิเช่น เกิดการสร้างเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น และเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิกและแอนแอโรบิก ข้อดีของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดคือช่วยลดความหนักของการฝึกลงซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดในการฝึกออกกำลังกายที่มีความหนักระดับสูง โดยการฝึกแบบนี้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายของผู้ฝึก

ดังนั้น บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สรุปหลักการของอุปกรณ์และแรงดันในการจำกัดการไหลเวียนเลือด 2) สรุปหลักการในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดควบคู่กับการออกกำลังกายแบบแรงต้าน และ 3) สรุปหลักการในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดควบคู่กับการออกกำลังกายแบบแอโรบิก เพื่อที่ผู้ปฏิบัติจะได้ทำความเข้าใจและสามารถนำการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดไปปฏิบัติต่อไปได้ และได้รับประโยชน์จากการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือด

คำสำคัญ: การจำกัดการไหลเวียนเลือด, การอดทนหลอดเลือด, การขาดออกซิเจนเฉพาะที่, การออกกำลังกายแบบแรงต้าน, การออกกำลังกายแบบแอโรบิก

THE PRACTICAL APPLICATION OF RESISTANCE AND AEROBIC TRAINING WITH BLOOD FLOW RESTRICTION

Napasakorn Cheunsiri

Faculty of sports science, Chulalongkorn University

Received: 4 December 2020 / Revised: 11 January 2021 / Accepted: 12 April 2021

Abstract

Blood Flow Restriction (BFR) training is a novel training method using low-intensity exercise that can stimulate physiological adaptation comparable to high-intensity exercise. It can be performed with resistance or aerobic exercise. Generally, BFR training applies a tourniquet or inflatable cuffs strap on proximal portion of upper and lower limbs during exercise, resulting in blood pooling to working and distal muscle to the cuff. The cuff commonly used pneumatic tourniquet system. BFR results in reduced arterial blood flow to working muscle and venous return to cardiac. Vascular occlusion leads to a reduction in oxygen delivery to muscle tissue and metabolic byproduct clearance. This inadequate oxygen in muscular tissue promotes the intramuscular hypoxic environment and higher metabolic stress that brings about the up-regulation of physiological responses

similar to higher-intensity exercise. Furthermore, the greater accumulation of metabolites can improve muscular size and strength and improved aerobic and anaerobic capacity. The advantage of BFR training is reducing load of exercise that can benefit to whom high loads may be contraindicated.

Therefore, this review aims are 1) to outline the principles of BFR equipment and cuff pressure, 2) to summarize the principles of BFR with resistance training, and 3) to summarize the principles of BFR with aerobic training. A clear understanding of the BFR training in term of principles and applications would help practitioners optimize the benefit of this technique when combined with a resistance and aerobic exercise.

Keywords: Blood flow restriction, Vascular occlusion, Local hypoxia, Resistance exercise, Aerobic exercise

การฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดมีต้นกำเนิดที่ประเทศญี่ปุ่น โดยโยชิอากิ ซาโต ในช่วงปลายทศวรรษ 1960 โดยใช้ชื่อว่า KAATSU แต่เพิ่งมาได้รับความนิยมไปทั่วโลกในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา เนื่องจากเป็นรูปแบบการฝึกรูปแบบใหม่ที่ใช้ความหนักในการฝึกอยู่ในระดับต่ำ แต่สามารถกระตุ้นการพัฒนาของระบบต่าง ๆ ในร่างกายเฉกเช่นเดียวกับการฝึกที่ความหนักสูง โดยจะทำการฝึกร่วมกับการออกกำลังกายรูปแบบต่าง ๆ โดยที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือการฝึกร่วมกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและแอโรบิก ปัจจุบันมีรูปแบบการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดหลากหลาย

หลายวิธีการ ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างกัน เช่น ขนาดของสายรัด แรงดันที่ใช้ในการจำกัดการไหลของเลือด รวมทั้งรายละเอียดในการฝึกออกกำลังกายแบบต่าง ๆ เช่น ระยะเวลา ความหนักที่ใช้ในการฝึกก็มีความแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ของการฝึก ซึ่งอาจทำให้ผู้ที่เริ่มฝึกหรือเริ่มศึกษาเกี่ยวกับการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดอาจขาดความเข้าใจและสับสนได้ ในบทความนี้ผู้วิจัยสรุปหลักการในการใช้อุปกรณ์เพื่อจำกัดการไหลเวียนเลือด และหลักการในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดควบคู่กับการออกกำลังกายแบบแรงต้านและแอโรบิก เพื่อให้ผู้ปฏิบัติจะได้ทำความเข้าใจและสามารถนำการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดไปปฏิบัติต่อไปได้

1. วิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือด

1.1 วิธีการในการจำกัดการไหลเวียนเลือด (Method)

การจำกัดการไหลเวียนเลือดจะนิยมทำพร้อมกับการออกกำลังกาย โดยจะใช้สายรัดที่สามารถปรับแรงดัน (Pneumatic tourniquet) ได้ การรัดจะต้องรัดเหนือกล้ามเนื้อที่ต้องการฝึก (proximal to working muscle) เช่น ต้นแขนหรือต้นขา เพื่อจำกัดการไหลเวียนของเลือดที่ร่างกายหรือกล้ามเนื้อที่อยู่ส่วนปลายของสายรัด โดยการอุดกั้นหลอดเลือดแดงที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อส่วนนั้นและกล้ามเนื้อที่อยู่ต่อไปทุกมัด และหลอดเลือดดำที่นำเลือดกลับสู่หัวใจ จากนั้นทำการเพิ่มแรงดันจากภายนอกเพื่อกดทับหลอดเลือดบริเวณส่วนต้นของกล้ามเนื้อที่ทำงาน (Loenneke et al., 2012) การควบคุมแรงดันจากภายนอกเพื่อกดทับบริเวณหลอดเลือดที่อยู่ภายใต้สายรัดจะส่งผลต่อหลอดเลือดดำมากกว่าหลอดเลือดแดง โดยยิ่งเพิ่มแรงดันมากเท่าไรก็จะยิ่งเพิ่มปริมาณเลือดที่ค้างอยู่บริเวณกล้ามเนื้อนั้น ๆ มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดการบวมและการคั่งของ

เลือด ซึ่งจะเกิดได้ทั้งบนหรือล่างสายรัด ด้านบนของสายรัดจะเกิดจากการคั่งของเลือดแดงที่ไหลเข้าสู่กล้ามเนื้อได้น้อย ส่วนด้านล่างของสายรัดจะเกิดการคั่งของเลือดเนื่องจากเลือดดำที่ไหลกลับหัวใจไม่ได้ ดังนั้นในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดจึงต้องคำนึงถึงระดับของแรงดันที่ใช้ในการฝึก โดยผู้ฝึกสามารถที่จะเลือกปรับสายรัดไว้ตลอดการฝึก หรือจะทำแบบสลับช่วงบีบคลายก็ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการออกกำลังกายและโปรแกรมการออกกำลังกายที่ใช้ เนื่องจากผลที่ได้จากการฝึกที่ไม่แตกต่างกัน (de Oliveira et al. 2015) แต่การปรับสายรัดตลอดระยะเวลาการออกกำลังกายจะทำให้ผู้ออกกำลังกายรู้สึกเหนื่อยและมีความเจ็บปวดมากกว่าแบบสลับช่วงการรัดและคลายแรงดัน (Fitschen et al. 2014)

1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือด (Equipment)

ชนิดของสายรัดที่ใช้ในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดมีหลายรูปแบบ ได้แก่ สายรัด (Tourniquet) สายรัดแบบยางยืด (Elastic banding) และสายรัดควบคุมด้วยความดัน (Pressurized cuff) (Abe et al., 2010) ซึ่งความแตกต่างของสายรัดแต่ละชนิดนั้นคือความสามารถในการกำหนดแรงดันของสายรัด บางชนิดสามารถกำหนดแรงดันได้ บางชนิดไม่สามารถกำหนดแรงดันได้แต่อาจใช้ระดับความเจ็บปวด (Pain scale) ของผู้ใส่อุปกรณ์ในการกำหนดแรงในการกดทับหลอดเลือด ในปัจจุบันสายรัดควบคุมด้วยความดันเป็นสายรัดที่ได้มาตรฐานและสามารถควบคุมแรงดันได้อย่างถูกต้องที่สุดที่ใช้การจำกัดการไหลเวียนเลือด วัสดุที่ใช้ทำสายรัดส่วนใหญ่แล้วจะใช้ยางยืดหรือไนลอนเป็นส่วนประกอบของสายรัด ซึ่งเมื่อกำหนดขนาดความกว้างของสายรัดที่ทำจากยางยืดกับสายรัดที่ทำจากไนลอนให้เท่ากันในการจำกัดการไหลเวียนเลือดบริเวณร่างกายส่วนล่างของร่างกายจะพบความ

แตกต่างเพียงเล็กน้อยในการจำกัดการไหลเวียนเลือด ขณะพักหรือขณะออกกำลังกาย (Loenneke et al., 2014) แต่ไม่พบความแตกต่างเมื่อทำซ้ำจนเกิดการล้า (Repetitions to volitional failure) (Buckner et al., 2017) อีกทั้งถ้ากำหนดแรงดันจากเปอร์เซ็นต์ของการปิดกั้นการไหลเวียนเลือดแดง (Arterial occlusion pressure: AOP) สายรัดที่มีขนาดเท่ากันจะไม่พบความแตกต่างในการปิดกั้นการไหลเวียนเลือดจากสายรัดที่ใช้วัสดุแตกต่างกัน นอกจากนี้สายรัดที่ทำจากยางยืดกับสายรัดที่ทำจากไนลอนยังให้ผลในการพัฒนากล้ามเนื้อเช่นเดียวกันอีกด้วย (Patterson et al., 2019) ดังนั้นวัสดุที่ใช้ทำสายรัดจึงไม่ส่งผลต่อการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดเท่ากับแรงดันที่ใช้ในการจำกัดการไหลเวียนเลือดและขนาดความกว้างของสายรัด

ความกว้างของสายรัด (Cuff width) เป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือด เนื่องจากปริมาณของแรงดันที่กดทับหลอดเลือดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความกว้างของสายรัด หากกำหนดแรงดันจากภายนอกให้เท่ากันแต่ใช้สายรัดที่มีขนาดแตกต่างกัน จะส่งผลให้การจำกัดการไหลเวียนเลือดไปยังบริเวณยางค์แตกต่างกัน (Rossow et al., 2012) ซึ่งสายรัดที่มีขนาดใหญ่จะใช้แรงดันจากภายนอกน้อยกว่าสายรัดที่มีขนาดเล็กกว่า หากต้องการกำหนดเปอร์เซ็นต์การไหลของเลือดแดงเท่ากัน (Loenneke et al., 2012, Jessee et al., 2016) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าสายรัดขนาดใหญ่จะใช้แรงดันในการบีบที่เบากว่าสายรัดขนาดเล็ก โดยขนาดของสายรัดควรจะกว้างประมาณ 3-18 เซนติเมตร (Patterson et al., 2019) ซึ่งสายรัดที่มีความกว้างมากนั้นจะมีความสามารถในการจำกัดการไหลเวียนเลือดในบริเวณที่มากขึ้น ทำให้เกิดการตอบสนองและพัฒนาของระบบหัวใจและหลอดเลือดและระบบกล้ามเนื้อมากขึ้น (Rossow et al., 2012, Mattocks et al.,

2017) ถึงแม้ว่าสายรัดที่มีขนาดใหญ่จะมีประสิทธิภาพมาก และสามารถลดแรงดันจากภายนอกได้ แต่ระดับแรงดันที่ต่ำกว่าไม่ได้หมายความว่ามีความปลอดภัยมากกว่า เนื่องจากด้วยขนาดของสายรัดที่มีความกว้างมากทำให้เกิดการกดทับหรือเสียดสีกับเนื้อเยื่อบริเวณยางค์เป็นพื้นที่กว้างอาจส่งผลต่อการบวมหรืออักเสบของกล้ามเนื้อในบริเวณกว้างได้ นอกจากนี้การใช้สายรัดที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ อาจจะจำกัดการเคลื่อนไหวขณะที่ออกกำลังกายได้ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้สายรัดที่มีขนาดความกว้างเหมาะสมกับขนาดของยางค์ส่วนนั้น ๆ โดยขนาดของสายรัดที่เหมาะสมที่จะใช้กับต้นแขน คือ ขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง หรือ 3 ถึง 12 เซนติเมตร และขนาดสายรัดที่เหมาะสมที่จะใช้กับต้นขา คือ ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ หรือ 3 ถึง 18 เซนติเมตร (Loenneke et al., 2012, Scott et al., 2016)

1.3 แรงดันที่ใช้ในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือด (BFR pressure)

ปริมาณของแรงดันที่ใช้ในการจำกัดการไหลเวียนเลือดจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของสายรัดขนาดของยางค์ส่วนนั้น และความดันโลหิต (Blood pressure) ของแต่ละบุคคล (Jessee et al., 2016, McEwen et al., 2018) การกำหนดแรงดันในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้ มี 3 วิธี ได้แก่

- 1) กำหนดจากขนาดของเส้นรอบวงของยางค์แขนหรือขาของแต่ละบุคคล
 - 2) กำหนดจากความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวของหลอดเลือดแดงบริเวณต้นแขน
 - 3) กำหนดจากเปอร์เซ็นต์ของการปิดกั้นการไหลเวียนเลือดแดง (Arterial occlusion pressure: AOP)
- โดยวิธีกำหนดจากขนาดของเส้นรอบวงของยางค์แขนหรือขาของแต่ละบุคคลนั้น จะใช้แรงดันอยู่

ที่ประมาณ 50 มิลลิเมตรปรอท (Kubota et al., 2011) จนถึง 300 มิลลิเมตรปรอท (Cook et al., 2007) ซึ่งหากทำการใส่สายรัดที่ต้นขาจะต้องวัดเส้นรอบวงต้นขาที่ตำแหน่ง 1 ใน 3 ของกระดูกต้นขาหรือจากบริเวณขาหนีบ (Inguinal crease) ถึงเหนือกระดูกสะบ้า (Patella) นอกจากนี้ยังมีการใช้ขนาดเส้นรอบวงของแขนอีกด้วย วิธีการนี้ค่อนข้างที่จะทำได้ง่ายและสะดวก แต่มีข้อเสียคือความแม่นยำของการกำหนดแรงดันดันที่ใช้ที่อาจไม่เท่ากันทุกครั้งที่ในการการออกกำลังกาย จึงมีผู้วิจัยบางกลุ่มใช้ความดันโลหิตมาคำนวณร่วมกับขนาดของเส้นรอบวงของร่างกายเพื่อกำหนดแรงดันในการจำกัดการไหลเวียนเลือด (Loenneke et al., 2015) ซึ่งการกำหนดแรงดันจากความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวของหลอดเลือดแดงบริเวณต้นแขน (Brachial systolic blood pressure) (Brandner et al., 2015) ซึ่งวิธีนี้จำเป็นที่จะต้องใส่สายรัดในการออกกำลังกายเป็นชนิดและความกว้างเดียวกันกับที่ใช้ในการวัดความดัน เพื่อให้ได้แรงดันที่ถูกต้อง ซึ่งแรงดันที่ใช้ในการปิดกั้นการไหลของเลือดแดงจะอยู่ที่มากกว่า 50 มิลลิเมตรปรอทของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวของหลอดเลือดแดงบริเวณต้นแขน การใช้เทคนิคนี้จะต้องใช้อย่างระมัดระวัง เนื่องจากหากกำหนดแรงดันในการจำกัดการไหลเวียนเลือดของร่างกายจากความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวของหลอดเลือดแดงบริเวณต้นแขน จะส่งผลให้แรงดันที่ใช้ไม่เพียงพอต่อการจำกัดการไหลเวียนเลือด เนื่องจากสายรัดที่มีขนาดใหญ่กว่าจะต้องใช้แรงดันมากกว่าในการจำกัดการไหลเวียนเลือด (Loenneke et al., 2012) ซึ่งวิธีนี้ได้มาตรฐานมากที่สุดในการกำหนดปริมาณของแรงดันที่ใช้ในการจำกัดการไหลเวียนเลือด จะกำหนดด้วยเปอร์เซ็นต์ของการปิดกั้นการไหลเวียนเลือดแดง (Arterial occlusion pressure: AOP) ในขณะที่ยอกกำลังกาย (McEwen et al., 2018, Patterson et al.,

2019) การกำหนดเปอร์เซ็นต์ของการปิดกั้นการไหลเวียนเลือดแดง จะกำหนดจากการเพิ่มแรงดันของสายรัดจากภายนอกจนถึงจุดที่หลอดเลือดแดงถูกปิดกั้นจนไม่มีเลือดแดงไหลผ่าน โดยจะใช้เครื่องอัลตราซาวด์ (Ultrasound machine) ในการวัดปริมาณของการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดงบริเวณรยางค์ที่ต้องการ ซึ่งแรงดันที่ได้ขณะที่หลอดเลือดแดงถูกปิดกั้นจนไม่มีเลือดแดงไหลผ่านนั้นคือแรงดันที่ 100 เปอร์เซ็นต์ของการปิดกั้นการไหลเวียนเลือดแดง (100%AOP) จากนั้นจะใช้เปอร์เซ็นต์ของแรงดันที่วัดได้เพื่อกำหนดแรงดันที่ต้องการจำกัดการไหลเวียนเลือด เช่น 50 เปอร์เซ็นต์ของการปิดกั้นการไหลเวียนเลือดแดง (50%AOP) เป็นต้น

นอกจากนี้ในหลายงานวิจัยที่ได้ศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนในท่า elbow flexors และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในท่า knee extensors พบว่า กลุ่มกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันอาจจะต้องใช้แรงดันในการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่แตกต่างกัน และกลุ่มกล้ามเนื้อเป้าหมายหากอยู่ใกล้สายรัดควรใช้แรงดันมากกว่ากลุ่มกล้ามเนื้อที่อยู่ไกลจากสายรัด (Dankel et al., 2016) ด้วยการกำหนดแรงดันที่ใช้ในการจำกัดการไหลเวียนเลือดมีความยุ่งยากจึงทำให้มีหลายงานวิจัยแสดงผลดีของการกำหนดแรงดันจากภายนอกเป็นค่าเดียวกันทุกคน ซึ่งสามารถพัฒนาระบบกล้ามเนื้อได้เช่นกันแต่การจำกัดการไหลเวียนเลือดที่แรงดันสูงกว่าที่จำเป็น อาจส่งผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด อีกทั้งก่อให้เกิดความไม่สบายหรือเจ็บปวดบริเวณกล้ามเนื้อที่ออกกำลังกายได้ (Jessee et al., 2017; Mattocks et al., 2017) และจากงานวิจัยของ Suga และคณะที่ได้เปรียบเทียบระหว่างแรงดันสูง (200 มิลลิเมตรปรอท) และปานกลาง (150 มิลลิเมตรปรอท หรือ 130 เปอร์เซ็นต์ของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวของหลอดเลือดแดง พบว่าทำให้เกิดสารเมตาบอไลต์ภายใน

เซลล์กล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน (Suga et al. 2010) ดังนั้นการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดจึงควรกำหนดแรงดันให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคลและไม่มากเกินไปจนทำให้เกิดความไม่สบายและเจ็บปวด ฉะนั้นแรงดันที่ใช้ในการจำกัดการไหลเวียนเลือดควรจะอยู่ที่ประมาณ 40-80 เปอร์เซ็นต์ของการปิดกั้นการไหลเวียนเลือดแดง ซึ่งจะได้ผลดีที่สุดและไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย แต่ระดับแรงดันยิ่งสูงมากเท่าไรก็จะยิ่งเพิ่มปริมาณเลือดที่คั่งอยู่บริเวณกล้ามเนื้อนั้น ๆ มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดการสะสมของเลือดในหลอดเลือดฝอยจนสามารถมองเห็นผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีแดงได้ (Visible erythema) เพิ่มการสะสมของของเสีย (กรดแลคติก) ในกล้ามเนื้อ และเพิ่มความเครียดให้กับระบบพลังงานและกล้ามเนื้อมากยิ่งขึ้น

2. รูปแบบการฝึกร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด (BFR Training)

2.1 การฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบใช้แรงต้าน (BFR with resistance training)

การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านเพื่อพัฒนาขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จะต้องฝึกที่ความหนักปานกลางและความหนักสูงหรือ 70-100 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถสูงสุดที่ยกได้หนึ่งครั้ง (1RM) แต่อาจจะไม่ใช่ทุกคนที่สามารถฝึกที่ความหนักสูงได้ จึงได้มีการนำการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบใช้แรงต้านที่ความหนักต่ำมาใช้ในการออกกำลังกายเพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าว ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับการฝึกแบบแรงต้านที่ความหนักสูง (Pope et al., 2013, Scott et al., 2016) โดยการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดเป็นการฝึกที่จำลองสภาวะการขาดออกซิเจนในกล้ามเนื้อ จึงทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นกว่าการฝึกแบบทั่วไป จึงมีการนำวิธีการฝึกแบบนี้มาใช้ในกลุ่มนักกีฬาเพื่อเพิ่มขนาด

และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกันอย่างแพร่หลาย (Scott et al., 2015) นอกจากนี้ด้วยความหนักของน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกน้อยกว่าจึงช่วยลดภาระของข้อต่อระยะคับบริเวณนั้น และลดการบาดเจ็บหรือฉีกขาดของกล้ามเนื้อได้ ด้วยประโยชน์ของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบใช้แรงต้าน จึงได้มีการนำเอารูปแบบการฝึกนี้มาใช้ในกลุ่มคนที่ไม่สามารถออกกำลังกายที่มีความหนักสูงได้ แต่ต้องการผลเช่นเดียวกับการออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่มีความหนักสูง เพื่อผลดีในการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้งในกลุ่มคนทั่วไป (Loenneke et al., 2012, Slys et al., 2016, Lixandrao et al., 2018) ผู้สูงอายุ (Centner et al., 2018, Lixandrao et al., 2018) และผู้ป่วยที่ต้องการการฟื้นฟู (Hughes et al., 2017) โดยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นนั้น เพิ่มขึ้นทั้งแบบไอโซโทนิก (Isotonic) ไอโซเมตริก (Isometric) และไอโซคิเนติก (Isokinetic) (Patterson et al., 2019) นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาแรงระเบิดได้อีกด้วย (Nielsen et al., 2017) การฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบใช้แรงต้านที่ความหนักต่ำสามารถช่วยเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อได้ โดยบางงานวิจัยระบุว่าอาจจะเกิดจากการบวมอย่างฉับพลันจากการฝึกในรูปแบบนี้ (Pearson and Hussain, 2015) แต่ก็มีอีกหลายงานวิจัยที่ระบุว่าผลของการพัฒนากล้ามเนื้อยังคงอยู่หลังจากออกกำลังกายไปแล้ว 2- 10 วัน (Fujita et al., 2008, Nielsen et al., 2012) การฝึกด้วยแรงต้านต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดส่งผลในการพัฒนาความแข็งแรงมากกว่าการฝึกแบบใช้แรงต้านที่ความหนักต่ำเพียงอย่างเดียว แต่ได้ผลน้อยกว่าการฝึกแบบใช้แรงต้านที่ความหนักสูง (Loenneke et al., 2012, Hughes et al., 2017, Lixandrao et al., 2018) ถึงแม้ว่าจะได้ผลน้อยกว่าการฝึกที่มีความหนักสูง แต่ก็ควรที่จะนำมา

ฝึกกับกลุ่มคนที่ไม่สามารถฝึกด้วยความหนักสูงได้ เช่น กลุ่มที่ต้องฟื้นฟูหลังผ่าตัด ผู้สูงอายุ คนที่เป็นโรคต่างๆ ที่มีการเคลื่อนไหวน้อย เป็นต้น เพื่อป้องกันการสูญเสียกล้ามเนื้อ กลไกสำคัญของการพัฒนาของระบบกล้ามเนื้อ น่าจะเกิดจากการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด ทำให้กล้ามเนื้อเกิดสภาวะการขาดออกซิเจน (Local hypoxia) ส่งผลให้มีการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อบริเวณนั้นเป็นจำนวนมาก จึงกระตุ้นให้ระบบการเผาผลาญพลังงานระบบต่อมไร้ท่อ หรือระบบอื่นๆ ทำงานมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของฮอร์โมนในเลือด (Hormonal concentrations) และเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนของกล้ามเนื้อ (Scott et al., 2015)

2.1.1 ความหนักในการฝึกแบบใช้แรงต้าน (Load)

ความหนักในการฝึกจะแปรผันตามแรงดันที่ใช้ในการฝึก โดยส่วนใหญ่จะใช้ความหนักในการฝึกเพื่อเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ความหนักต่ำหรือประมาณ 20-50 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถสูงสุดในการยกน้ำหนัก 1 ครั้ง ซึ่งจะได้ผลในการพัฒนาขนาด ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อใกล้เคียงกับการฝึกที่ความหนักสูง เพราะเป็นความหนักที่เมื่อฝึกร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดแล้วจะได้ผลดีอย่างสม่ำเสมอ (Pope et al., 2013, Scott et al., 2016, Patterson et al., 2019) ตัวอย่างการกำหนดความหนักควบคู่กับแรงดัน เช่น เมื่อใช้ความหนักที่เบาที่สุดคือ 20 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถสูงสุดในการยกน้ำหนัก 1 ครั้งจะใช้ควบคู่กับแรงดันสูง คือประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของการปิดกั้นการไหลเวียนเลือดแดง จึงจะได้ผลดีที่สุด (Lixandrao et al., 2015)

2.1.2 ปริมาณในการฝึกแบบใช้แรงต้าน (Volume)

ปริมาณในการฝึกส่วนใหญ่จะกำหนดโดยใช้จำนวนครั้งในการยกเป็นหลัก ที่นิยมใช้คือ 75 โดยจะแบ่งออกเป็น 4 เซต เซตแรกทำ 30 ครั้ง เซตที่ 2-4 ทำเซตละ 15 ครั้ง (Rossow et al., 2012, Ozaki et al., 2013) หรือยกน้ำหนักจนถึงความล้าจนทำต่อไปไม่ไหว ซึ่งจะทำ 3-5 เซต (Takarada et al., 2002, Nielsen et al., 2012, Fahs et al., 2015) แต่การฝึกแบบที่ทำจนล้าไม่แนะนำให้ทำในการฟื้นฟูของผู้ป่วยหลังการผ่าตัด

2.1.3 ระยะเวลาในการพักระหว่างเซตในการฝึกแบบใช้แรงต้าน (Rest period between set)

ระยะเวลาในการพักระหว่างเซตในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบใช้แรงต้านจะใช้ระยะเวลาน้อย เนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นไม่สูงเท่าการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักสูง การพัฒนาความแข็งแรงและขนาดของกล้ามเนื้อ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการพักอยู่ที่ 30-60 วินาที (Loenneke et al., 2012, Loenneke et al., 2016, Patterson et al., 2019) บางงานวิจัยใช้ระยะเวลาในการพักนาน ส่งผลให้ความเครียดของระบบพลังงานเทียบเท่ากับการฝึกแบบแรงต้านที่ความหนักต่ำ ซึ่งอาจจะไม่ได้ผลในการพัฒนาขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยในระหว่างการพักระหว่างเซตจะยังคงแรงดันในการบีบรัดสายรัดไว้หรือคลายแรงดันก็ได้ ก็ยังส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ เช่นเดียวกัน (Yasuda et al., 2013) ซึ่งหากใช้แรงดันสูงการคลายสายรัดขณะพักระหว่างเซตจะช่วยลดการบวม ลดความเครียดต่อระบบพลังงาน แต่อาจจะส่งผลต่อการพัฒนาของร่างกายด้วย

2.1.4 ความถี่ในการฝึกแบบใช้แรงต้าน (Frequency)

โดยปกติแล้วการฝึกแบบใช้แรงต้านเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและขนาดของกล้ามเนื้อ ควรฝึก

2-5 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบใช้แรงต้านสามารถเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้เมื่อฝึก 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ (Takarada et al., 2002, Scott et al., 2015) ซึ่งข้อดีอีกอย่างของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบใช้แรงต้านคือใช้ระยะเวลาในการฟื้นฟูน้อยกว่าการฝึกแบบใช้แรงต้านที่ความหนักสูง จึงทำให้สามารถฝึกได้บ่อยขึ้น บางงานวิจัยใช้การฝึก 2 ครั้งต่อวัน (Nielsen et al., 2012) เพื่อใช้ในการฟื้นฟูความแข็งแรงและมวลกล้ามเนื้อในผู้ป่วยพักฟื้นหลังจากการผ่าตัด (Ladlow et al., 2018) ดังนั้นการฝึกที่บ่อยกว่าจะส่งผลต่อการพัฒนาของกล้ามเนื้อที่เร็วกว่า ซึ่งไม่สามารถทำได้ในการฝึกแรงต้านที่ใช้ความหนักสูง การฝึกแรงต้านแบบเดิมจะใช้ระยะเวลาในการฝึกประมาณ 3- 8 สัปดาห์ แต่การฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบใช้แรงต้านจะใช้ระยะเวลาในการพัฒนากล้ามเนื้อน้อยกว่าโดยสรุป ถ้าใช้ความถี่ในการฝึกสูง (1-2 ครั้งต่อวัน) อาจจะใช้ระยะเวลาในการฝึกแค่ 1-3 สัปดาห์ก็เห็นผลเปลี่ยนแปลง (Fujita et al., 2008, Nielsen et al., 2012) แต่โดยทั่วไปแล้วควรฝึก 2- 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องกันอย่างน้อย 3 สัปดาห์ขึ้นไป (Nielsen et al., 2012, Yasuda et al., 2013)

2.2 การฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบแอโรบิก (BFR with aerobic training)

การออกกำลังกายแบบแอโรบิก โดยทั่วไปให้ความสำคัญในการพัฒนาระบบเผาผลาญพลังงานและระบบหัวใจและหายใจเป็นหลัก ยกเว้นการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (> 85% of VO_2max) บางรูปแบบที่จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วย ซึ่งการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบแอโรบิกจะทำให้ปริมาณแลคเตทใน

เลือดเพิ่มสูงขึ้นและทำให้ออกซิเจนในกล้ามเนื้อลดลงอย่างมาก ส่งผลให้เกิดการพัฒนาของหลอดเลือดและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการออกกำลังกายแบบทนทาน (Endurance exercise performance) ได้แก่ ความสามารถในการใช้ออกซิเจน (Abe et al., 2010) และยังสามารถช่วยเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ในกลุ่มคนทั่วไป (Slysz et al., 2016) และผู้สูงอายุ (Centner et al., 2018) โดยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถเพิ่มขึ้นได้ 7-27 เปอร์เซ็นต์ (Abe et al., 2006, 2010, de Oliveira et al., 2016, Conceição et al., 2019) และขนาดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 3-7 เปอร์เซ็นต์ (Abe et al., 2006, 2010, Conceição et al., 2019) นอกจากนี้การออกกำลังกายแบบนี้สามารถพัฒนาความสามารถในการทำกิจกรรมประจำวันได้เป็นอย่างดี และช่วยคงสภาพหรือพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกได้โดยใช้ความหนักที่น้อยกว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดและความสามารถในการผลิตพลังงานในระบบแอโรบิกที่ดีขึ้นนั้น เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันของโปรตีนช็อกเนลลิ่งในกระบวนการผลิตพลังงาน (Taylor et al., 2016, Christiansen et al., 2018) โดยรูปแบบของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่นำมาใช้ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดนั้น ได้แก่ การเดิน (Abe et al., 2006, Park et al., 2010) วิ่ง (Christiansen et al., 2018) หรือการปั่นจักรยาน (Abe et al., 2010, Conceição et al., 2019) การฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบแอโรบิกต่อเนื่องที่ความหนักต่ำ (Continuous aerobic exercise) ส่งผลในการพัฒนาการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการออกกำลังกายจนเหนื่อย (Time to exhausted) นอกจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิกแบบต่อเนื่องแล้ว ได้มีการศึกษาพบว่าการรัดสายรัดตลอดระยะเวลาการออกกำลังกายทำให้รู้สึกเหนื่อยและมีความเจ็บปวด

มากกว่าแบบสลับช่วงการรัดและคลายแรงดัน (Fitschen et al., 2014) อีกทั้งยังได้ผลไม่แตกต่างกัน จึงมีการนำการจำกัดการไหลเวียนเลือดมาฝึกร่วมกับการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักต่ำ ซึ่งรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรขณะออกกำลังกายมีลักษณะเช่นเดียวกับการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง แต่มีการตอบสนองที่ต่ำกว่าการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง แต่ก็ยังสามารถเพิ่มแลคเตทในเลือดและทำให้เกิดภาวะออกซิเจนในกล้ามเนื้อต่ำได้เช่นเดียวกับฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (Corvino et al., 2017) ส่งผลให้เพิ่มอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดและเวลาในการออกกำลังกายจนเหนื่อย (Park et al., 2010) นอกจากนี้การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด ยังสามารถพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกและพลังสูงสุดได้เช่นเดียวกับการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง แต่ได้ผลดีกว่าในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังสูงสุด (Peak power output) (Abe et al., 2010, Keramidas et al., 2012, de Oliveira et al., 2016) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด ส่งผลในการพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิก (Keramidas et al., 2012, Paton et al., 2017) อีกด้วย

2.2.1 ความหนักในการฝึกแบบแอโรบิก (Intensity)

ความหนักในการฝึกแบบแอโรบิกต่อเนื่องส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับต่ำ หรือประมาณ 30-45 เปอร์เซ็นต์ของ อัตราการเต้นหัวใจสำรอง หรืออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Heart rate reserve or $VO_2\max$) (Abe et al., 2010, Conceição et al., 2019) ส่วนการออกกำลังกายแบบสลับช่วงนั้น จะแบ่งออกเป็นความหนักต่ำหรือ 30-40 เปอร์เซ็นต์ของพลังสูงสุด (Ppeak) (Corvino et al., 2017) และความหนักสูง

หรือ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด หรือความเร็วสูงสุด (Vmax) เป็นต้น (Keramidas et al., 2012, Paton et al 2017) โดยความหนักต่ำเมื่อฝึกร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด จะส่งผลให้กล้ามเนื้อขาดเลือดไม่ต่างกับการฝึกแอโรบิกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง ซึ่งความหนักดังกล่าวเมื่อฝึกร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดจะส่งผลในการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด สมรรถภาพทางแอโรบิก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของระบบหัวใจและหายใจพร้อมกับพัฒนาระบบกล้ามเนื้อได้แก่ ความแข็งแรงและเพิ่มพลังสูงสุดในการออกแรงได้อีกด้วย แต่การฝึกแอโรบิกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงยังมีการศึกษาที่น้อย ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและระมัดระวังในการฝึก

2.2.2 ระยะเวลาในการฝึกแบบแอโรบิก (Duration/Period)

ระยะเวลาในการฝึกแบบแอโรบิกต่อเนื่องแบบดั้งเดิม หากต้องการพัฒนาระบบหัวใจและหายใจจะต้องใช้ระยะเวลาในการฝึก 45-60 นาทีต่อครั้ง อย่างน้อย 6-8 สัปดาห์จึงจะเห็นผลในการฝึก แต่หากฝึกร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดจะใช้เวลา 20-30 นาทีต่อครั้ง 4-6 สัปดาห์ ก็สามารถพบความเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางแอโรบิกแล้ว (Bennett et al., 2019) ในส่วนของการฝึกแอโรบิกแบบสลับช่วงนั้น จะมีช่วงที่ออกกำลังกาย 2 นาที พัก 1-2 นาที ทำ 5-8 เซตรวมระยะเวลาประมาณ 15-32 นาที (de Oliveira et al., 2016, Corvino et al., 2017) การฝึกแบบนี้สามารถกระตุ้นการตอบสนองโดยเพิ่มภาวะความเครียดจากการออกซิเดชัน และเกิดภาวะเครียดของระบบกล้ามเนื้อ และหัวใจและการหายใจได้มากกว่าการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักเบาเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การฝึกแบบแอโรบิกร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดยังช่วยพัฒนาความแข็งแรงและขนาดของกล้ามเนื้อ

ซึ่งจะเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงหลังจากการฝึกประมาณ 3 สัปดาห์ และจะเห็นผลดีที่สุดหลังจากฝึกไปแล้ว 6 สัปดาห์ (Slysz et al., 2016)

2.2.3 ความถี่ในการฝึกแบบแอโรบิก (Frequency)

ความถี่ในการฝึกแบบแอโรบิกนั้น โดยทั่วไปจะสามารถฝึก 2-5 ครั้งต่อสัปดาห์ เพื่อพัฒนาระบบหัวใจและหายใจ แต่การฝึกร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดมีการทำงานของกล้ามเนื้อเข้ามาเกี่ยวข้อง

ด้วย จึงอาจเกิดความล้าของกล้ามเนื้อมากกว่าการฝึกแบบแอโรบิกทั่วไป ซึ่งการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด 3 ครั้งต่อสัปดาห์ สามารถพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกได้ใน 4 สัปดาห์ (de Oliveira et al., 2016, Corvino et al., 2017) แต่ด้วยรูปแบบการฝึกที่มีความล้าน้อยกว่าแบบที่ใช้ความหนักสูงจึงสามารถฝึกได้บ่อยเช่นเดียวกับการฝึกแบบแอโรบิกทั่วไป จึงพบว่าบางงานวิจัยทำการฝึก 12 ครั้งต่อสัปดาห์ สามารถพัฒนาอัตราการใช้

ตารางที่ 1 สรุปรูปแบบการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดร่วมกับการฝึกแบบแรงต้านและแบบแอโรบิก

Parameter	Resistance Training	Aerobic Training
Type	Small and large muscle groups (arms and legs/uni or bilateral)	Cycling or walking or running
Intensity	20-40% 1RM	Continuous 30-45% VO_2 max or HRR Interval 30-40% Ppeak
Repetitions	(75 reps)-30×15×15×15 Sets to failure	
Time		Continuous 20-30 minutes Interval Ex: 2 min Total 15-30 minutes
Execution speed	1-2 s (concentric and eccentric)	
Sets	2-4 sets	Interval 5-8 sets
Rest between sets	30-60 s	Interval 60-120 s
Frequency	2-3 sessions/week	2-3 sessions/week
Duration	>3 weeks	>3 weeks
Cuff	5 (small), 10 or 12 (medium), 17 or 18 cm (large)	5 (small), 10 or 12 (medium), 17 or 18 cm (large)
Pressure	40-80% AOP	40-80% AOP
Restriction time	5-10 min per exercise (reperfusion between exercises)	5-20 min per exercise
Restriction form	Continuous or intermittent	Continuous or intervals

ดัดแปลงจาก Patterson et al., 2019

ออกซิเจนสูงสุดได้ใน 2 สัปดาห์ (Park et al. 2010) จะเห็นได้ว่าการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดจะต้องฝึกอย่างน้อย 12 ครั้ง จึงจะเห็นผลในการฝึก แต่บางงานวิจัยพบว่าหากต้องการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อจะใช้เวลาประมาณ 6 สัปดาห์ ฉะนั้นความถี่ที่แนะนำในการฝึกคือประมาณ 2-3 ครั้ง ต่อสัปดาห์

3. การนำการจำกัดการไหลเวียนเลือดไปใช้ประโยชน์ในเชิงคลินิกและกีฬา (Practical Application of BFR Training)

การจำกัดการไหลเวียนเลือดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในเชิงคลินิกและกีฬา โดยในเชิงคลินิกการจำกัดการไหลเวียนเลือดสามารถชะลอการลดลงของขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มที่เปราะบางและมีความสามารถในการเคลื่อนไหวน้อย อาทิ เช่น ผู้สูงอายุ (Centner et al., 2018) ซึ่งการลดลงดังกล่าวทำให้ความสามารถในการทำกิจวัตรและกิจกรรมในชีวิตประจำวันลดลง ส่งผลให้คุณภาพชีวิตลดลง และยังอาจก่อให้เกิดโรคอื่น ๆ เนื่องมาจากการที่มีกิจกรรมทางกายน้อย นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้ที่ผ่าตัดเอ็นไขว้หน้า (ACL) ผู้ที่ผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่า ผู้ที่มีภาวะกล้ามเนื้อน้อย (Sarcopenia) (Hughes et al., 2017) หรือใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพของนักกีฬาที่บาดเจ็บจากการเล่นกีฬา ซึ่งการจำกัดการไหลเวียนเลือดเมื่อนำไปใช้ร่วมกับการออกกำลังกายรูปแบบต่าง ๆ จะช่วยลดความหนักในการออกกำลังกายลง อีกทั้งยังช่วยลดแรงที่กระทำต่อข้อต่อและอาการปวดอันเกิดจากการที่ข้อต่อรับน้ำหนักมากเมื่อออกกำลังกายแบบแรงต้าน การนำการจำกัดการไหลเวียนเลือดมาใช้ในเชิงกีฬานอกจากจะใช้เพื่อลดความหนักของการออกกำลังกายลงเพื่อลดผลเสียของการออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูง เช่น การเกิดความเสียหายหรือฉีกขาดอย่าง

รุนแรงของกล้ามเนื้อเมื่อออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่น้ำหนักมาก ยังช่วยเพิ่มความเครียดต่อระบบเผาผลาญและระบบกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาในบริเวณกล้ามเนื้อที่มีการรัดสายรัดและส่วนปลายของกล้ามเนื้อนั้นมากยิ่งขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น มีความแข็งแรงมากขึ้น สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มมากขึ้น สมรรถภาพทางแอนแอโรบิกดีขึ้น และความทนต่อการล้าที่มากขึ้นอีกด้วย (Bennett and Slaterry., 2019)

สรุป

การฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือดสามารถฝึกร่วมกับการฝึกแบบใช้แรงต้านและแบบแอโรบิกต่อเนื่องรวมถึงแบบสลับช่วงที่ความหนักต่ำ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาของขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ รวมทั้งสามารถพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกและแอนแอโรบิกได้ โดยใช้ความหนัก ระยะเวลา และความถี่ในการฝึกน้อยกว่าการฝึกแบบดั้งเดิม โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายของผู้ฝึก เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการฝึกให้กับกลุ่มคนที่มิชอบจำกัดในการฝึกออกกำลังกายที่มีความหนักสูง เช่น ผู้สูงอายุ ผู้พิการ หรือผู้ป่วยที่ต้องการการฟื้นฟูความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นต้น และกลุ่มนักกีฬาที่ต้องการเพิ่มสมรรถภาพทางกีฬา

เอกสารอ้างอิง

Abe, T., Fujita, S., Nakajima, T., Sakamaki, M., Ozaki, H., Ogasawara, R., et al. (2010). Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO₂max in young men. *Journal of Science and Medicine in Sport* 9, 452-458.

- Abe, T., Kearns, C. F., and Sato, Y. (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, KAATSU-walk training. *Journal of Applied Physiology* 100, 1460-1466.
- Bennett H1, Slattery F. (2019). Effects of Blood Flow Restriction Training on Aerobic Capacity and Performance: A Systematic Review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(2):572-583.
- Brandner, C. R., Kidgell, D. J., and Warmington, S. A. (2015). Unilateral bicep curl hemodynamics: low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scandinavian Journal in Medicine and Science in Sports* 25,770-777.
- Buckner, S. L., Dankel, S. J., Counts, B. R., Jessee, M. B., Mouser, J. G., Mattocks, K.T., et al. (2017). Influence of cuff material on blood flow restriction stimulus in the upper body. *Journal of Physiological Sciences* 67,207-215.
- Centner, C., Wiegel, P., Gollhofer, A., and König, D. (2018a). Effects of blood flow restriction training on muscular strength and hypertrophy in older individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine* 49, 95-108.
- Christiansen, D., Murphy, R. M., Bangsbo, J., Stathis, C. G., and Bishop, D. J. (2018). Increased FXRD1 and PGC-1 α mRNA after blood flow-restricted running is related to fibre type-specific AMPK signalling and oxidative stress in human muscle. *Acta Physiologica* 223:e13045.
- Conceição, M.S., Junior, E.M.M., Telles, G.D., Libardi, C.A., Castro, A., Andrade, A. L. L., et al. (2019). Augmented anabolic responses after 8-wk cycling with blood flow restriction. *Medicine and Science In Sports and Exercise* 51, 84-93.
- Cook, S. B., Clark, B. C., and Ploutz-Snyder, L. L. (2007). Effects of exercise load and blood-flow restriction on skeletal muscle function. 39,1708-1713.
- Corvino, R. B., Rossiter, H. B., Loch, T., Martins, J. C., & Caputo, F. (2017). Physiological responses to interval endurance exercise at different levels of blood flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, 117(1), 39-52.
- Dankel, S. J., Jessee, M. B., Abe, T., and Loenneke, J. P. (2016). The effects of blood flow restriction on upper-body musculature located distal and proximal to applied pressure. *Sports Medicine* 46,23-33.
- de Oliveira, M. F. M., Caputo, F., Corvino, R. B., and Denadai, B. S. (2016). Short-term low-intensity blood flow restricted interval training improves both aerobic fitness and muscle strength. *Scandinavian Journal in Medicine and Science in Sports* 26, 1017-1025.
- Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Rossow, L. M., Kim, D., Abe, T., et al. (2015). Muscular adaptations to fatiguing

- exercise with and without blood flow restriction. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 35, 167-176.
- Fitschen PJ1, Kistler BM, Jeong JH, Chung HR, Wu PT, Walsh MJ, Wilund KR. (2014). Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 34(5):356-63.
- Fujita, T., Brechue, W., Kurita, K., Sato, Y., and Abe, T. (2008). Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. *International Journal of KAATSU Training Research* 4, 1-8.
- Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., and Patterson, S.D. (2017). Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 51, 1003-1011.
- Jessee, M. B., Buckner, S. L., Dankel, S. J., Counts, B. R., Abe, T., and Loenneke, J. P. (2016). The influence of cuff width, sex, and race on arterial occlusion: implications for blood flow restriction research. *Sports Medicine* 46, 913-921.
- Jessee, M. B., Dankel, S. J., Buckner, S. L., Mouser, J. G., Mattocks, K. T., and Loenneke, J. P. (2017). The cardiovascular and perceptual response to very low load blood flow restricted exercise. *International Journal of Sports Medicine* 38, 597-603.
- Kacin, A., Rosenblatt, B., Zargi, T.G., and Biswas, A. (2015). Safety considerations with blood flow restricted resistance training. *Varna Uporaba Vadbe Z Zmanjšanim Pretokom Krvi. Ann. Kinesiology* 6,3-26.
- Keramidas ME, Kounalakis SN, Geladas ND. (2012). The effect of interval training combined with thigh cuffs pressure on maximal and submaximal exercise performance. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 32: 205-213.
- Kubota, A., Sakuraba, K., Koh, S., Ogura, Y., and Tamura, Y. (2011). Blood flow restriction by low compressive force prevents disuse muscular weakness. *Journal of Science and Medicine in Sport* 14,95-99.
- Ladlow, P., Coppack, R.J., Dharm-Datta, S., Conway, D., Sellon, E., Patterson, S.D., et al. (2018). Low-load resistance training with blood flow restriction improves clinical outcomes in musculoskeletal rehabilitation: a single-blind randomized controlled trial. *Frontiers in Physiology* 9:1269.
- Lixandrao, M. E., Ugrinowitsch, C., Berton, R., Vechin, F. C., Conceicao, M. S., Damas, F., et al. (2018). Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood flow restriction: a systematic review and

- meta-analysis. *Sports Medicine* ????
- Lixandrao, M. E., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G., Libardi, C. A., Aihara, A. Y., Cardoso, F.N., et al. (2015). Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *European Journal of Applied Physiology* 115,2471-2480.
- Loenneke, J. P., Loprinzi, P. D., Abe, T., Thiebaud, R. S., Allen, K. M., Grant Mouser, J., et al. (2016). Arm circumference influences blood pressure even when applying the correct cuff size: is a further correction needed? *International Journal of Cardiology* 202,743-744.
- Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Abe, T., and Bemben, M. G. (2014). Blood flow restriction: effects of cuff type on fatigue and perceptual responses to resistance exercise. *Acta Physiologica Hungarica* 101, 158-166.
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Mañ, P. J., Zourdos, M. C., and Bemben, M. G. (2012). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology* 112,1849-1859.
- Loenneke, J.P., Allen, K.M., Mouser, J.G., Thiebaud, R.S., Kim, D., Abe, T., et al. (2015). Blood flow restriction in the upper and lower limbs is predicted by limb circumference and systolic blood pressure. *European Journal of Applied Physiology* 115, 397-405.
- Mattocks, K. T., Jessee, M. B., Counts, B. R., Buckner, S. L., Grant Mouser, J., Dankel, S. J., et al. (2017). The effects of upper body exercise across different levels of blood flow restriction on arterial occlusion pressure and perceptual responses. *Physiology & Behavior* 171,181-186.
- McEwen, J. A., Owens, J. G., and Jeyasurya, J. (2018). Why is it crucial to use personalized occlusion pressures in bloodflow restriction (BFR) rehabilitation? *Journal of Medical and Biological Engineering* 39,7-11.
- Nielsen, J. L., Aagaard, P., Bech, R. D., Nygaard, T., Hvid, L. G., Wernbom, M., et al. (2012). Proliferation of myogenic stem cells in human skeletal muscle in response to low-load resistance training with blood flow restriction. *Journal of Physiology* 590, 4351-4361.
- Nielsen, J. L., Frandsen, U., Prokhorova, T., Bech, R. D., Nygaard, T., Suetta, C., et al. (2017). Delayed effect of blood flow-restricted resistance training on rapid force capacity. *Medicine and Science In Sports and Exercise* 49, 1157-1167.
- Ozaki, H., Yasuda, T., Ogasawara, R., Sakamaki-Sunaga, M., Naito, H., and Abe, T. (2013). Effects of high-intensity and blood flow-restricted low-intensity resistance training on carotid arterial compliance: role of blood pressure during training sessions. *European Journal of Applied Physiology* 113,167-174.
- Park, S., Kim, J. K., Choi, H. M., Kim, H. G.,

- Beekley, M. D., and Nho, H. (2010). Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. *European Journal of Applied Physiology* 109, 591-600.
- Paton CD, Addis SM, Taylor LA. The effects of muscle blood flow restriction during running training on measures of aerobic capacity and run time to exhaustion. (2017). *European Journal of Applied Physiology* 117: 2579-2585.
- Patterson SD, Hughes L, Warmingtton S, Burr J, Scott BR, Owens J, Abe T, Nielsen JL, Libardi CA, Laurentino G, Neto GR, Brandner C, Martin-Hernandez J, Loenneke J. (2019). Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Frontiers in Physiology* 22, 10: 1332.
- Pearson, S. J., and Hussain, S. R. (2015). A review on the mechanisms of blood flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Medecine*. 45,187-200.
- Pope, Z. K., Willardson, J. M., & Schoenfeld, B. J. (2013). Exercise and blood flow restriction. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(10), 2914-2926.
- Rossow, L. M., Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Sherk, V. D., Abe, T., et al. (2012). Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 32,331-337.
- Scott, B. R., Loenneke, J. P., Slattery, K. M., and Dascombe, B. J. (2015). Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sports Medicine*. 45, 313-325.
- Scott, Loenneke, Slattery, & Dascombe. (2016). Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(5), 360-367
- Slysz, J., Stultz, J., and Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: a systematic review & meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* 19, 669-675.
- Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, Takada S, Omokawa M, Kinugawa S, Tsutsui H. (2010). Dose-effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology* 108:1563-1567.
- Takarada, Y., Sato, Y., and Ishii, N. (2002). Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *European Journal of Applied Physiology* 86, 308-314.
- Taylor, C. W., Ingham, S.A., and Ferguson, R.A. (2016). Acute and chronic effect of sprint interval training combined with post exercise

blood-flow restriction in trained individuals.

Experimental Physiology 101,143-154.

Yasuda, T., Loenneke, J. P., Ogasawara, R.,
and Abe, T. (2013). Influence of continuous

or intermittent blood flow restriction on

muscle activation during low-intensity

multiple sets of resistance exercise. *Acta*

Physiologica Hungarica. 100, 419-426.

การเปรียบเทียบตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ระหว่างการสวิงกอล์ฟบนพื้นที่ลาดเอียงที่ต่างกันในนักกีฬาگอล์ฟสมัครเล่น

ชัชชานนท์ พูลสวัสดิ์ และชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Received: 29 May 2561 / Revised: 15 July 2563 / Accepted: 18 March 2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ ระหว่างการสวิงบนพื้นราบและบนพื้นลาดเอียงแบบขึ้นเนินและลงเนิน ในนักกีฬาگอล์ฟสมัครเล่น

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างงานวิจัยนี้ คือนักกีฬาگอล์ฟสมัครเล่น เพศชาย วัยสวิงชว จำนวน 16 คน กลุ่มตัวอย่างทำการสวิงด้วยเหล็ก 7 บนพื้นราบ พื้นเอียงแบบขึ้นเนินและพื้นเอียงแบบลงเนินท่ามุม 70 องศา กับแนวราบจำนวน 5 ครั้งต่อรูปแบบพื้นที่ทดสอบ บนแท่นสวิงที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร็วหัวไม้และอุปกรณ์วัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวตั้ง เพื่อบันทึกการสวิงด้วยกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ จากนั้นเลือกข้อมูลทางชีวกลศาสตร์ของการสวิงที่มีความเร็วหัวไม้มากที่สุดของทั้ง 3 รูปแบบพื้นที่ทดสอบของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนมาวิเคราะห์ข้อมูลใน 4 เหตุการณ์ ที่ตำแหน่งจรดลูก ตำแหน่งขึ้นไม้สูงสุด ตำแหน่งกลางของการลงไม้และตำแหน่งไม้กระทบ ลูก เพื่อหาความแตกต่างด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวแบบมีการวัดซ้ำ

ผลการวิจัย พบว่า ระยะห่างระหว่างเท้าของการสวิงแบบขึ้นเนินและลงเนินมีค่ามากกว่าการสวิงบนพื้นราบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับการสวิงบนพื้นราบกับการสวิงบนพื้นที่

ลาดเอียงพบว่า แรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวตั้งด้านเท้าที่อยู่สูงกว่าจะลดลงในขณะที่เท้าที่อยู่ต่ำกว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การจัดตำแหน่งของมุมสะโพกและมุมหัวเข่าระหว่างการสวิงแบบขึ้นเนินและการสวิงบนพื้นราบมีความแตกต่างในทุกเหตุการณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่ระหว่างการสวิงแบบลงเนินและการสวิงบนพื้นราบ พบความแตกต่างเฉพาะบางเหตุการณ์ของการสวิงเท่านั้น จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการสวิงพบว่า การสวิงแบบขึ้นเนินมีความเร็วหัวไม้และความเร็วในการหมุนลำตัวที่น้อยลงกว่าการสวิงบนพื้นราบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่การสวิงแบบลงเนินไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความเร็วหัวไม้และความเร็วการหมุนลำตัวเมื่อเปรียบเทียบกับการสวิงบนพื้นราบ

สรุปผลการวิจัย การสวิงแบบขึ้นเนินและลงเนินควรเพิ่มระยะระหว่างเท้าให้กว้างมากขึ้นเพื่อรักษาการทรงตัวอันเนื่องมาจากน้ำหนักที่ถูกถ่ายเทลงบนเท้าที่อยู่ต่ำกว่ามากขึ้น การสวิงบนพื้นที่ลาดเอียงควรรักษาลักษณะการยืนและการเคลื่อนไหวให้ใกล้เคียงกับการสวิงบนพื้นราบให้มากที่สุด เพื่อคงไว้ซึ่งความเร็วเชิงมุมในการหมุนลำตัวที่มีส่วนสำคัญต่อการสร้างความเร็วของหัวไม้

A COMPARISON OF BIOMECHANICAL VARIABLES OF GOLF SWING AMONG DIFFERENT SLOPES IN AMATEUR GOLFERS

Chachchanon Poolsawat and Chaipat Lawsirirat

Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

Received: 29 May 2018/Revised: 15 July 2020/Accepted: 18 March 2021

Abstract

Purpose The purpose of this study was to compare the biomechanical variables of golf swing during golf shots on flat, uphill, and downhill slopes.

Methods Sixteen male amateur university golfers with right-handed volunteered to participate in the study. The participants performed 5 swings on three different slope conditions (flat, uphill and downhill). The customized swing plate was used to create uphill and downhill slopes of $\pm 10^\circ$ and was installed equipments for recording club head speed and ground reaction force. Kinematic data were collected using infra-red motion capture cameras. The biomechanical variables of highest club head speed for each participant under each condition was selected in order to specify variable's values at each event (address, top-backswing, mid-down swing and ball-impact) for statistical analysis.

Results The results revealed that the stance width was significantly wider ($p < .05$) for the uphill and downhill slopes compared to the flat condition. Compared with a flat swing condition, uphill and downhill condition

showed significantly higher and lower ($p < .05$) ground reaction force at lower foot and higher foot, respectively. For motion analysis, uphill condition showed significant differences in hip flexion and knee flexion in every swing event while there were no significant differences in knee flexion and hip flexion at some swing events for the downhill condition. Finally, performance outcomes evaluation showed significantly lower in club head speed and trunk rotation velocity between the flat and uphill conditions ($p < .05$). In contrast, there were no significant difference in trunk rotation velocity and club head speed between flat and downhill condition.

Conclusion Golf swing under uphill and downhill should stance wider for balancing against weight that transfer to the lower foot. Furthermore, Golfer should keep swing motion similar to normal swing which normally perform in the flat condition as much as possible in order to maintain trunk rotation velocity which importance to develop club head velocity.

Keywords: Golf swing/Slopes/Uphill/Downhill/Biomechanics

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หนึ่งในทักษะที่สำคัญของการเล่นกีฬากอล์ฟ คือ การสวิง ซึ่งเป็นการทำงานที่ซับซ้อนของร่างกายในการถ่ายเทแรงด้วยหลักการคิเนมาติกส์เชน (Kinetic chain principle) เพื่อเพิ่มโมเมนตัมและความเร็วของหัวไม้ พร้อมทั้งควบคุมองศาของหน้าไม้ก่อนเข้าปะทะลูก เพื่อให้ลูกกอล์ฟไปยังจุดหมายอย่างแม่นยำ (Bradshaw, Keogh, Hume, Maulder, Nortje, Marnewick., 2009; Hellstrom, 2009) ปัจจุบันมีการศึกษาและวิเคราะห์ทางด้านชีวกลศาสตร์ของการสวิงเป็นจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตาม การสวิงนั้นมิมีปัจจัยที่ไม่แน่นอนอันเป็นผลมาจากข้อจำกัดด้านร่างกายของนักกีฬาแต่ละบุคคล ตำแหน่งของเป้าหมายและสภาพแวดล้อมของสนาม (Langdown, Bridge and Li, 2012) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสวิงกอล์ฟบนพื้นสนาม (Fairway) ที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะต้องทำการสวิงขึ้นเนิน (Uphill) หรือลงเนิน (Downhill) ในระหว่างการแข่งขัน ซึ่งอาจส่งผลต่อระยะและความแม่นยำของการสวิงได้ (Blenkinsop, Gallimore, and Hiley, 2017) จากการศึกษาผลกระทบจากความลาดเอียงบนพื้นสนามที่มีต่อการเล่นกอล์ฟในนักกีฬาอาชีพได้แสดงให้เห็นว่า นักกีฬามีโอกาสจะต้องทำการสวิงขึ้นเนินบ่อยกว่าลงเนินถึง 55% และนักกีฬาจะสามารถรู้สึกถึงความลาดเอียงที่มุมของความลาดเอียงมากกว่า 2.25 องศาขึ้นไป (Peters, Smith, and Lauder, 2016) นอกจากนี้ จากการศึกษายังพบว่า กว่า 90% ของการสวิงจะมีความลาดเอียงอยู่ในช่วง 0-10 องศา (Peters, Smith and Lauder., 2016)

ในปัจจุบันการศึกษาทางด้านชีวกลศาสตร์ของการสวิงบนพื้นที่ลาดเอียงมีจำกัด มีเพียงการศึกษาการถ่ายเทน้ำหนักระหว่างขาทั้งสองข้าง ความเร็วลูกและทิศทางการพุ่งออกของลูกขณะสวิงบนพื้นที่ลาดเอียง ซึ่งได้ทำการทดลองบนพื้นเอียง 5 องศา และพบว่า

มุมระหว่างแนวราบกับวิถีการพุ่งออกของลูก (Launch angle) มีค่ามากขึ้นในการสวิงขึ้นเนิน เมื่อเทียบกับการสวิงบนพื้นราบ และวิถีของลูกมีแนวโน้มไปทางด้านซ้าย (Draw side spin) โดยความลาดเอียงของพื้นที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่ได้มีผลต่อความเร็วของลูกอย่างมีนัยสำคัญ (Blenkinsop, Gallimore, and Hiley, 2017) อย่างไรก็ตาม นักกีฬามีโอกาสบ่อยครั้งที่ต้องทำการสวิงบนพื้นที่ที่มีความลาดเอียงสูงถึง 10 องศา (Peters, Smith, and Lauder, 2016) ซึ่งจากการศึกษาด้านชีวกลศาสตร์ของการวิ่งบนพื้นเอียงด้านข้าง (Side sloped surface) ที่มีความลาดเอียง 10 องศา พบว่า ความลาดเอียงที่ชันถึง 10 องศา ส่งผลให้กลไกเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนล่าง (สะโพก หัวเข่าและข้อเท้า) เปลี่ยนไปจากเดิม (Damavandi, Eslami, and Pearsall, 2017) ซึ่งในกีฬากอล์ฟถือว่าร่างกายส่วนล่างนั้นเป็นแกนกลางในการส่งผ่านแรงสวิง (Hume, Keogh and Reid., 2005) และเป็นที่ทราบกันดีว่าปัจจัยทางชีวกลศาสตร์ เช่น แรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force) มุมของหัวเข่า (Knee angle) และสะโพก (Pelvic angle) ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการสวิงเป็นอย่างมาก (Hume, Keogh and Reid., 2005)

จากปัญหาที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาข้อมูลทางชีวกลศาสตร์ของการสวิง ขึ้นเนินและลงเนินที่ทำมุมกับแนวราบ ± 10 องศา ว่าส่งผลต่อความเร็วของลูกและการเคลื่อนไหวของร่างกายหรือไม่อย่างไร โดยข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะสามารถช่วยสร้างความเข้าใจของผลกระทบจากการสวิงแบบขึ้นเนินและลงเนินที่มีต่อการเล่นกีฬากอล์ฟให้กับนักกีฬา ซึ่งจะช่วยให้ นักกีฬาสามารถเตรียมความพร้อมฝึกซ้อม หรือแม้กระทั่งการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบางส่วนให้สามารถทำการสวิงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงสามารถวางแผนการเล่นได้อย่างถูกต้อง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ระหว่างการสวิงกอล์ฟบนพื้นราบและการสวิงกอล์ฟบนพื้นลาดเอียงในนักกีฬาอล์ฟสมัครเล่น

สมมติฐานของการวิจัย

มุมสะโพก มุมของหัวเข่า มุมข้อเท้า ระยะห่างระหว่างเท้า แรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวดิ่งและความเร็วหัวไม้ในการสวิงกอล์ฟระหว่างบนพื้นราบและบนพื้นลาดเอียงมีความแตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองเมื่อวันที่ 28 มกราคม พ.ศ. 2562

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับงานวิจัยนี้ คือ นักกีฬาอล์ฟสมัครเล่น เพศชาย วัยระหว่าง 18-25 ปี โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) จากชมรมกอล์ฟของมหาวิทยาลัยต่างๆ การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีคำนวณด้วย โปรแกรม G*POWER Version 3.1.9.2 โดยกำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test) ที่ระดับ .80 ซึ่งค่านี้สำคัญทางสถิติ (Level of significance) ที่ระดับ .05 ($\alpha = .05$) และขนาดอิทธิพล (Effect size) ที่ระดับ 0.78 (Pichardul and Limroongreungrat, 2016) จากการคำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างน้อย 15 คน เพื่อป้องกันการขาดหายไปของกลุ่มตัวอย่าง จึงได้เพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 20 รวมเป็น 18 คน ภายหลังการเก็บข้อมูลพบค่าผิดปกติจาก

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 คน สรุปล้างข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 16 คน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาอล์ฟสมัครเล่น เพศชาย วัยระหว่าง 18-25 ปี มีแต่้้มต่อ 0-9 และฝึกซ้อมเป็นประจำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์
2. เคยเข้าร่วมการแข่งขันระดับสมาคม ชมรมมหาวิทยาลัย หรือระดับสูงกว่า ที่มีการจัดการแข่งขันอย่างเป็นทางการอย่างน้อย 5 ครั้ง ภายในระยะเวลา 3 ปีที่ผ่านมา
3. เป็นบุคคลที่มีสุขภาพดีไม่มีอาการของโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรงและไม่มีปัญหาด้านการบาดเจ็บที่ส่งผลให้ไม่สามารถทำการสวิงกอล์ฟได้ตามปกติ
4. ในกรณีที่มีนักกีฬาที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกมากกว่า 18 คน จะคัดเลือกตามสถิติผลการแข่งขันในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา 18 คนแรกที่มีผลการแข่งขันสูงสุด (มีแต่้้มต่อในการแข่งขันน้อยที่สุด)
5. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย และลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อ
2. มีเหตุให้กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ครบตามรูปแบบที่กำหนด

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทำการประดิษฐ์แท่นสวิงสำหรับการวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวดิ่ง ที่สามารถทำการสวิงได้ทั้งในแนวราบและความลาดเอียง ± 110 องศา โดยการประยุกต์ใช้เครื่องวีบาลานส์บอร์ด (Wii balance board; WBB) ในการวัดค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้น

(สามารถวัดแรงที่มีทิศทางตั้งฉากกับพื้นได้เท่านั้น)

2. ทำการสอบเทียบและทดสอบมาตรฐานของแท่นสวิงโดยการเปรียบเทียบค่าแรงจากน้ำหนักทดสอบที่วัดได้ระหว่าง แผ่นวัดแรง (Force plate) รุ่น 400S (400 series performance force plate) ของบริษัท Fitness Technology ที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานสำหรับการทดลองทางชีวกลศาสตร์ทั่วไป โดยค่าที่วัดได้จากแท่นสวิงต้องไม่ต่างจากค่าที่วัดได้จากแผ่นวัดแรงเกิน $\pm 5\%$ ซึ่งอ้างอิงจากงานวิจัยของบาร์ดเลตต์ (2014)

3. ติดตั้งแท่นสวิง ตาข่ายดักลูก และอุปกรณ์กล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว จำนวน 6 ตัว แบ่งเป็นกล้อง Infrared base จำนวน 5 ตัว และกล้อง Video base จำนวน 1 ตัว สำหรับบันทึกภาพเคลื่อนไหว โดยจัดวางให้ครอบคลุมพื้นที่ในการวิเคราะห์ ข้อมูลตำแหน่งมาร์กเกอร์ ภาพเคลื่อนไหว และสัญญาณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จากเครื่อง WBB จะใช้โปรแกรม Qualisys ในการเริ่มต้นบันทึกข้อมูลพร้อมกัน เพื่อให้สามารถระบุข้อมูลที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันจากทั้ง 3 แหล่งข้อมูลได้ (Data synchronization)

4. ทำการ Calibration ความแม่นยำของกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวโดย ซึ่งปรับให้มีความถี่ในการบันทึกข้อมูล 300 เฮิร์ต และเครื่อง WBB ที่มีความถี่ในการบันทึกข้อมูล 3000 เฮิร์ต โดยจะทำการ Calibration ทุกครั้งที่มีการเปิดระบบขึ้นใช้ใหม่

5. กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการติดมาร์กเกอร์ (Retro reflective marker) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร โดยสวมเสื้อ กางเกงขาสั้นผ้าแบบเนื้อและรองเท้าผ้าใบที่ไม่มีส้นหรือวัตถุสะท้อนแสง โดยทำการติดมาร์กเกอร์ที่ตำแหน่งข้อไหล่บริเวณปุ่มกระดูกหัวไหล่ทั้งด้านซ้ายและขวา (Tip of acromion process; ACM) ข้อสะโพกบริเวณปุ่มกระดูกเชิงกราน

ด้านหน้าทั้งด้านซ้ายและขวา (Anterior Superior iliac spine; ASIS) ข้อสะโพกบริเวณปุ่มกระดูกเชิงกรานด้านหลังทั้งด้านซ้ายและขวา (Posterior Superior iliac spine; PSIS) ปุ่มกระดูกโคนขาใหญ่ทั้งด้านซ้ายและขวา (Greater trochanter; GT) ปุ่มด้านนอกของกระดูกต้นขาทั้งด้านซ้ายและขวา (Lateral femoral epicondyles; LFE) กระดูกตาตุ่ม (Lateral malleolus; LM) และบริเวณข้อโคนนิ้วชี้เท้า (Dorsum of the foot at the 2nd metatarsophalangeal joint; DMJ)

6. กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ และฝึกซ้อมสวิงกอล์ฟบนแท่นสวิงในทั้ง 3 รูปแบบ เป็นเวลา 25 นาที

7. กลุ่มตัวอย่างทำการจับฉลากสุ่มลำดับเลือกองศาของพื้นที่ใช้ในการทดสอบ

8. กลุ่มตัวอย่างทำการสวิง 5 ครั้งที่สมบูรณ์สำหรับแต่ละองศาของพื้นที่ทดสอบ ซึ่งประกอบด้วยการสวิงบนพื้นราบ การสวิงแบบขึ้นเนินและการสวิงแบบลงเนินท่ามุกกับแนวราบ ± 10 องศา ด้วยความพยายามตีลูกให้แรงและแม่นยำเหมือนการตีในสถานการณ์จริง

9. บันทึกค่าความเร็วหัวไม้ (Club head speed; V) โดยวัดด้วยเครื่องและโปรแกรมวิเคราะห์ Program: P3ProSwing Golf Simulator

10. บันทึกค่ามุมสัดส่วนของร่างกาย ประกอบด้วย

1) มุมสะโพกของด้านเท้านำและเท้าตาม (Leading and trailing hip flexion) จากมาร์กเกอร์ตำแหน่งปุ่มกระดูกหัวไหล่ (Tip of acromion process) ปุ่มกระดูกโคนขาใหญ่ (Greater trochanter) และปุ่มด้านนอกของกระดูกต้นขา (Lateral femoral epicondyles)

2) มุมหัวเข้าของด้านเท้านำและเท้าตาม

(Leading and trailing knee flexion) จากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง ปุ่มกระดูกโคนขาใหญ่ (Greater trochanter) ปุ่มด้านนอกของกระดูกต้นขา (Lateral femoral epicondyles) และกระดูกตาตุ่ม (Lateral malleolus)

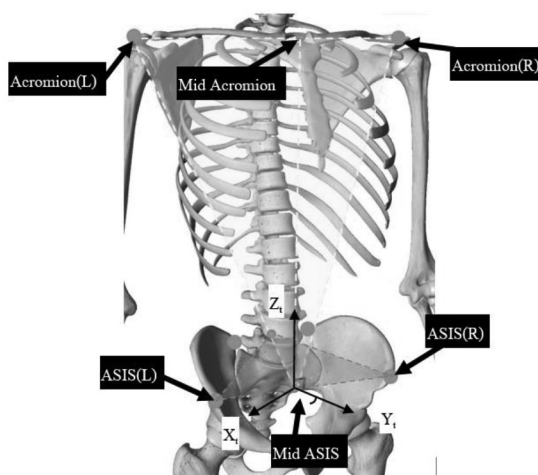
3) ระยะห่างระหว่างเท้า (Stance width; L) จากระยะระหว่างมาร์กเกอร์ตำแหน่งโคนนิ้วชี้เท้า (Dorsum of the foot at the 2nd metatarsophalangeal joint) ของเท้าทั้งสองด้าน

โดยค่าตัวแปรดังกล่าวจะใช้โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว Qualisys Motion Capture System ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปในการช่วยคำนวณค่า

11. บันทึกค่าความเร็วการหมุนลำตัว (Trunk rotation velocity) ใช้ความเร็วเชิงมุมที่คำนวณจากมุมในการหมุนของ (Segment coordinate system; SCS) ส่วนลำตัวรอบแกน Z ที่เปลี่ยนแปลงไปต่อเวลา การระบุ SCS ส่วนลำตัว ระบุตำแหน่งจากมาร์กเกอร์ ASIS และ Acromion โดยมีจุดกำเนิดอยู่ตรงกลางระหว่างมาร์กเกอร์ ASIS ซ้ายและขวา (Mid ASIS) ทิศทางบวกของแกน Z ชี้จากจุดกำเนิดไปไปทางส่วนบนของร่างกาย ซึ่งอยู่บนแนวกึ่งกลางระหว่างมาร์ก

เกอร์ Acromion ซ้ายและขวา (Mid Acromion) และระบุทิศทางบวกของแกน Y ไปทางด้านหน้า โดยตั้งฉากกับระนาบ ASIS และ Acromion) (รูปที่ 1) การคำนวณมุมระหว่าง SCS ที่เปลี่ยนแปลงไปจะใช้หลักการหมุนแบบ Euler (ลำดับการหมุน X Y Z) ซึ่งจะใช้การเขียนสูตรคำนวณลงในโปรแกรม Matlab R2019a โดยกำหนดให้ตำแหน่ง SCS เริ่มต้นที่ตำแหน่งจรดลูกและการหมุนในทิศทางลงไม้ (Down swing) มีค่าเป็นบวก

12. นำข้อมูลการสวิงที่ได้มาคำนวณหาค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวดิ่งของเท้าหน้าและเท้าตาม (Leading and trailing foot vehicle ground reaction force) ของ 4 เหตุการณ์การสวิง ด้วยวิธีการบันทึกค่าสัญญาณในรูปแบบของความต่างศักย์จาก Load cell แต่ละตัวในเครื่อง WBB ที่แสดงผลในเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Qualisys Motion Capture System มาคำนวณหาค่าแรงจากสมการที่ได้จากการทำการสอบเทียบ (Calibration of Load cell) ค่าแรงที่ได้จาก Load cells 4 ตัว ในเครื่อง WBB แต่ละเครื่อง จะถูกนำมาบวกกันเป็นค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวดิ่งที่กระทำต่อเท้าข้างที่ยืนอยู่บนเครื่อง WBB เครื่องนั้น



รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งและทิศทาง SCS ของส่วนลำตัว X_t , Y_t , Z_t

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เลือกข้อมูลการสวิงที่มีความเร็วหัวไม้สูงที่สุด 1 ครั้งของแต่ละองศาของพื้นที่ทดสอบมาแบ่งเป็นเหตุการณ์ 4 เหตุการณ์ ตามหลักเกณฑ์การแบ่งเหตุการณ์ โดยการระบุหลักเกณฑ์ที่ใช้ลงในโปรแกรม Matlab R2019a เพื่อนำค่าตัวแปรในแต่ละเหตุการณ์ มาหาค่าเฉลี่ย สำหรับนำไปเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ หลักเกณฑ์การแบ่งเหตุการณ์มีดังต่อไปนี้

1) ตำแหน่งจรดลูก (Address; AD) ระบุโดยใช้ตำแหน่งมาร์คเกอร์บริเวณโคนหัวไม้กอล์ฟเริ่มมีการเคลื่อนไหวในช่วง Backswing

2) ตำแหน่งขึ้นไม้สูงสุด (Top-Backswing; TB) ระบุโดยใช้จุดกลับตัวของความเร็วจากลดลงเป็นเพิ่มขึ้นของความเร็วมาร์คเกอร์บริเวณโคนหัวไม้กอล์ฟ ในช่วง Backswing ถึง Downswing

3) ตำแหน่งกลางของการลงไม้ (Mid-Downswing; MD) ระบุโดยใช้แนวเส้นตรงระหว่างมาร์คเกอร์บริเวณโคนหัวไม้กับกลางไม้ โดยเส้นตรงทำมุมวัดตามเข็มนาฬิกา 0 องศา กับแนวราบ (กรณีสวิงบนพื้นราบ) ทำมุม 10 องศา กับแนวราบ (กรณีสวิงขึ้นเนิน) ทำมุม -10 องศา กับแนวราบ (กรณีสวิงลงเนิน)

4) ตำแหน่งไม้ปะทะลูก (Ball impact; BI) ระบุโดยใช้ตำแหน่งลูกกอล์ฟเริ่มมีการเคลื่อนไหว

2. นำค่าตัวแปรในแต่ละเหตุการณ์ ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 คน ที่ได้จากการสวิงทั้ง 3 รูปแบบมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 23 (Statistical Package for the Social Sciences) ดังต่อไปนี้

1) หาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และดั้มตอ (Handicap) และข้อมูลทางชีวกลศาสตร์

2) วิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลว่าเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยใช้การทดสอบของโคลโมโกรอฟ-สเมอรอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test) ซึ่งกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) กรณีข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นปกติ วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตัวแปรของการสวิงบนพื้นราบ การสวิงแบบขึ้นเนินและการสวิงแบบลงเนิน โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เมื่อมีการวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA) และใช้การปรับค่าช่วงความเชื่อมั่นของ Bonferroni analysis เพื่อเปรียบเทียบรายคู่ระหว่างตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการสวิงบนพื้น 3 รูปแบบ ในแต่ละเหตุการณ์ โดยกำหนดระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

4) กรณีข้อมูลมีการกระจายตัวไม่เป็นปกติ วิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้การทดสอบ ครัสคาลและวัลลิส (kruskal-wallis test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ระหว่างการสวิงบนพื้น 3 รูปแบบ โดยกำหนดระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการวิจัย

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักกีฬาอาชีพสมัครเล่นเพศชาย จำนวน 16 คน ที่มีอายุเฉลี่ย 20.95 ± 2.31 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 80.36 ± 10.95 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 177.69 ± 4.66 เซนติเมตร และดั้มตอเฉลี่ย 3.6 ± 1.6

จากการเปรียบเทียบรายคู่ของระยะระหว่างเท้าพบว่า ระยะระหว่างเท้าของการสวิงแบบขึ้นเนินเพิ่มขึ้นจากการสวิงบนพื้นราบ 5.01 เซนติเมตร ($p=0.008$) คิดเป็น 10.58 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบ ระยะระหว่างเท้าของการสวิงแบบลงเนินเพิ่มขึ้นจากการสวิงบนพื้นราบ 6.11 เซนติเมตร ($p<0.001$) คิด

เป็น 12.90 เปอร์เซนต์ของการวิ่งบนพื้นราบ และระยะระหว่างเท้าของการวิ่งแบบขึ้นเนินมากกว่าการวิ่งแบบลงเนิน 1.09 เซนติเมตร ($p=0.775$) ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการเปรียบเทียบรายคู่ของความเร็วหัวไม้พบว่าความเร็วหัวไม้การวิ่งแบบขึ้นเนินลดลงจากการวิ่งบนพื้นราบ 3.58 ไมล์ต่อชั่วโมง ($p<0.001$) คิดเป็น 4.18 เปอร์เซนต์ของการวิ่งบนพื้นราบ ความเร็วหัวไม้การวิ่งแบบลงเนินลดลงจากการวิ่งบนพื้นราบ 1.31 ไมล์ต่อชั่วโมง ($p=0.11$) คิดเป็น 1.53 เปอร์เซนต์ของการวิ่งบนพื้นราบและความเร็วหัวไม้การวิ่งแบบขึ้นเนินน้อยกว่าการวิ่งแบบลงเนิน 2.27 ไมล์ต่อชั่วโมง ($p=0.005$) คิดเป็น 2.65 เปอร์เซนต์ของการ

วิ่งบนพื้นราบ

จากการเปรียบเทียบมุมสะโพกและมุมหัวเข่าระหว่างการวิ่งแบบขึ้นเนินและการวิ่งบนพื้นราบพบว่า สะโพกและมุมหัวเข่าด้านเท้าหน้าของการวิ่งแบบขึ้นเนินมีค่าลดลงจากการวิ่งบนพื้นราบอย่างมีนัยสำคัญในทุกเหตุการณ์ โดยมุมสะโพกลดลง 3.76 เปอร์เซนต์ของการวิ่งบนพื้นราบโดยเฉลี่ยและมุมหัวเข่าลดลง 7.15 เปอร์เซนต์ของการวิ่งบนพื้นราบโดยเฉลี่ย ในขณะที่มุมสะโพกและมุมหัวเข่าด้านเท้าตามมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมุมสะโพกมีค่าเพิ่มขึ้น 1.52 เปอร์เซนต์ของการวิ่งบนพื้นราบโดยเฉลี่ยและมุมหัวเข่ามีค่าเพิ่มขึ้น 2.25 เปอร์เซนต์ของการวิ่งบนพื้นราบโดยเฉลี่ย

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) ของอายุ (Age) น้ำหนัก (Weight) ส่วนสูง (Height) และดั้มต่อของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 16 คน

กลุ่มตัวอย่าง (N = 16)	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อายุ (ปี)	21.4 $\pm$ 2.4
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	80.36 $\pm$ 10.95
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	177.69 $\pm$ 4.66
ดั้มต่อ	3.6 $\pm$ 1.6

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบทางสถิติของระยะระหว่างเท้าระหว่างการวิ่งบนพื้นราบ วิ่งขึ้นเนินและลงเนิน

	Flat (F) (SD)	Up-Hill (U) (SD)	Down-Hill (D) (SD)	Mean difference (p-value)		
				F vs. U	F vs. D	U vs. D
ระยะระหว่างเท้า (เซนติเมตร)	47.37 $\pm$ 2.33	52.38 $\pm$ 5.39	53.47 $\pm$ 5.51	-5.01* 0.008	-6.11* <0.001	-1.09 0.775
ความเร็วหัวไม้ (ไมล์ต่อชั่วโมง)	85.68 $\pm$ 3.80	82.10 $\pm$ 4.88	84.38 $\pm$ 4.76	3.58* <0.001	1.31 0.11	-2.27* 0.005

หมายเหตุ: ระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ANOVA ระบุโดย * ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบทางสถิติของมุมสะโพกและมุมหัวเข่า แรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวตั้ง ด้านเท้าหน้าและเท้าตาม ระหว่างการสวิงบนพื้นราบ การสวิงแบบขึ้นเนินและลงเนิน

		Flat (F)	Up-Hill (U)	Down-Hill (D)	Mean difference (p-value)		
		(SD)	(SD)	(SD)	F vs. U	F vs. D	U vs. D
มุม	AD	136.16 ± 5.91	129.26 ± 5.75	137.5 ± 6.89	7.12*(<0.001)	-1.55(0.221)	-8.66*(<0.001)
สะโพก	TB	129.94 ± 6.78	125.59 ± 6.50	129.70 ± 5.68	4.35*(<0.001)	0.24(1.000)	-4.11*(<0.001)
เท้าหน้า	MD	117.34 ± 4.28	115.27 ± 3.98	129.70 ± 5.68	4.35*(<0.001)	0.24(1.000)	-3.21*(<0.001)
(องศา)	BI	125.23 ± 4.52	122.28 ± 3.98	125.41 ± 5.27	2.96*(<0.001)	-0.17(1.000)	-3.12*(<0.001)
มุม	AD	130.12 ± 6.01	133.21 ± 5.48	123.78 ± 5.34	-3.09*(0.002)	6.33*(<0.001)	9.42*(<0.001)
สะโพก	TB	134.54 ± 4.54	136.19 ± 5.89	130.47 ± 5.44	-1.65*(0.008)	4.08*(<0.001)	5.72*(<0.001)
เท้าตาม	MD	142.84 ± 4.52	143.54 ± 4.84	141.74 ± 5.29	-0.70(0.170)	1.10(0.093)	1.80*(0.021)
(องศา)	BI	140.35 ± 4.78	141.77 ± 5.14	140.03 ± 5.09	-1.42*(0.003)	0.33(1.000)	1.74*(0.050)
มุม	AD	164.67 ± 4.90	154.50 ± 5.19	164.81 ± 6.38	10.17*(<0.001)	-0.14(1.000)	-10.31*(<0.001)
หัวเข่า	TB	145.37 ± 7.63	136.42 ± 7.27	147.18 ± 7.93	8.95*(<0.001)	-1.81(0.137)	-10.76*(<0.001)
เท้าหน้า	MD	159.92 ± 3.91	148.83 ± 5.73	160.39 ± 4.55	13.64*(<0.001)	-2.73*(0.011)	-16.38*(<0.001)
(องศา)	BI	166.58 ± 3.91	153.63 ± 6.24	166.33 ± 3.80	12.95*(<0.001)	0.26(1.000)	-12.69*(<0.001)
มุมหัว	AD	159.44 ± 4.50	161.80 ± 6.35	149.99 ± 6.80	-2.36*(0.014)	9.45*(<0.001)	11.81*(<0.001)
เข่าเท้า	TB	157.18 ± 5.65	158.04 ± 6.90	148.26 ± 7.10	-0.86(0.800)	8.92*(<0.001)	9.78*(<0.001)
ตาม	MD	151.30 ± 8.54	157.15 ± 9.27	143.22 ± 7.44	-5.86*(<0.001)	8.07*(<0.001)	13.93*(<0.001)
(องศา)	BI	154.48 ± 9.91	161.04 ± 9.85	148.34 ± 7.10	-6.56*(<0.001)	6.14*(0.005)	12.70*(<0.001)
แรง	AD	53.54 ± 5.98	31.52 ± 8.01	73.10 ± 8.31	22.02*(<0.001)	-19.57*(<0.001)	-41.58*(<0.001)
ปฏิกิริยา	TB	34.25 ± 8.02	24.94 ± 8.40	51.40 ± 10.45	9.31*(<0.001)	-17.14*(<0.001)	-26.46*(<0.001)
เท้าหน้า	MD	86.71 ± 15.8	72.78 ± 23.20	102.62 ± 12.12	13.93*(0.005)	-15.91*(<0.001)	-18.70*(0.048)
(นิวตัน)	BI	70.77 ± 21.74	60.34 ± 20.30	82.07 ± 24.53	10.43* (0.034)	-11.30*(0.006)	-21.73*(0.008)
แรง	AD	47.29 ± 5.50	64.36 ± 5.47	23.03 ± 6.75	-17.07*(<0.001)	24.26*(<0.001)	41.33*(<0.001)
ปฏิกิริยา	TB	49.56 ± 11.96	54.56 ± 12.66	25.17 ± 7.71	-5.00*(0.006)	24.39*(<0.001)	29.39*(<0.001)
เท้าตาม	MD	50.56 ± 21.66	64.66 ± 18.85	22.35 ± 12.17	-14.07*(<0.001)	28.21*(<0.001)	42.28*(<0.001)
(นิวตัน)	BI	46.18 ± 23.52	58.26 ± 23.36	26.55 ± 14.69	-12.07*(0.001)	19.63*(0.006)	31.71*(<0.001)

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบทางสถิติของความเร็วการหมุนลำตัว

		Flat (F)	Up-Hill (U)	Down-Hill (D)	Mean difference (p-value)		
		(SD)	(SD)	(SD)	F vs. U	F vs. D	U vs. D
ความเร็วการ	TB	15.04 ± 28.52	10.82 ± 19.56	14.07 ± 26.10	4.22(0.612)	0.97(1.000)	3.25(0.883)
หมุนลำตัว	MD	636.57 ± 84.40	618.68 ± 80.41	637.51 ± 95.04	17.89*(0.005)	0.94(0.912)	18.82*(0.044)
(องศา/วินาที)	BI	578.88 ± 95.40	564.99 ± 90.82	571.37 ± 98.25	13.89* (0.004)	7.51(0.208)	6.38(0.240)

จากการเปรียบเทียบมุมสะโพกและมุมหัวเข่า ระหว่างการสวิงแบบลงเนินและการสวิงบนพื้นราบ พบว่า สะโพกด้านหน้าของการสวิงแบบขึ้นเนินมีค่าเพิ่มขึ้นจากการสวิงบนพื้นราบแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยรวมมีค่าเพิ่มขึ้น 0.61 องศาของการสวิงบนพื้นราบโดยเฉลี่ยและมุมหัวเข่ามีค่าเพิ่มขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยรวมมีค่าเพิ่มขึ้น 0.45 องศาของการสวิงบนพื้นราบโดยเฉลี่ย ในขณะที่มุมสะโพกด้านท้ายตามมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ตำแหน่ง AD และ TB แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ตำแหน่ง MD และ BI โดยรวมมีค่าลดลง 2.23 องศาของการสวิงบนพื้นราบโดยเฉลี่ยและมุมหัวเข่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ 5.23 องศาของการสวิงบนพื้นราบโดยเฉลี่ย

จากการเปรียบเทียบมุมสะโพกและมุมหัวเข่า ระหว่างการสวิงแบบขึ้นเนินและการสวิงแบบลงเนิน พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกเหตุการณ์

จากการเปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวตั้ง ระหว่างการสวิงแบบขึ้นเนินและการสวิงบนพื้นราบ พบว่า แรงปฏิกิริยาจากพื้นด้านหน้าของการสวิงแบบขึ้นเนินมีค่าลดลงจากการสวิงบนพื้นราบอย่างมีนัยสำคัญในทุกเหตุการณ์ โดยรวมแรงปฏิกิริยาจากพื้นด้านหน้าลดลง 24.77 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบโดยเฉลี่ย ในขณะที่เดียวกันแรงปฏิกิริยาจากพื้นด้านท้ายตามมีค่าลดลงจากการสวิงบนพื้นราบอย่างมีนัย

สำคัญในทุกเหตุการณ์ 25.04 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบโดยเฉลี่ย

จากการเปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวตั้ง ระหว่างการสวิงแบบลงเนินและการสวิงบนพื้นราบพบว่า แรงปฏิกิริยาจากพื้นด้านหน้าของการสวิงแบบขึ้นเนินมีค่าเพิ่มขึ้นจากการสวิงบนพื้นราบอย่างมีนัยสำคัญในทุกเหตุการณ์ โดยแรงปฏิกิริยาจากพื้นด้านหน้าเพิ่มขึ้น 30.23 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบโดยเฉลี่ย ในขณะที่เดียวกันแรงปฏิกิริยาจากพื้นด้านท้ายตามมีค่าเพิ่มขึ้นจากการสวิงบนพื้นราบอย่างมีนัยสำคัญในทุกเหตุการณ์ 49.72 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบโดยเฉลี่ย

จากการเปรียบเทียบมุมสะโพกและมุมหัวเข่า ระหว่างการสวิงแบบขึ้นเนินและการสวิงแบบลงเนิน พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกเหตุการณ์

จากการเปรียบเทียบความเร็วการหมุนลำตัวของ การสวิงแบบขึ้นเนินและการสวิงบนพื้นราบพบว่า ความเร็วในการหมุนลำตัวโดยรวมของการสวิงแบบขึ้นเนินมีค่าลดลง คิดเป็น 11.09 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบโดยเฉลี่ย โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ตำแหน่ง MD และ BI แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ตำแหน่ง TB

จากการเปรียบเทียบความเร็วการหมุนลำตัวของ การสวิงแบบลงเนินและการสวิงบนพื้นราบพบว่า

ความเร็วในการหมุนลำตัวโดยรวมของการสวิงแบบลงเนินมีค่าเพิ่มขึ้น คิดเป็น 2.63 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบโดยเฉลี่ย โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกตำแหน่งการสวิง

จากการเปรียบเทียบความเร็วการหมุนลำตัวของ การสวิงแบบขึ้นเนินและการสวิงแบบลงเนินพบว่า ความเร็วในการหมุนลำตัวโดยรวมของการสวิงแบบขึ้นเนินน้อยกว่าการสวิงแบบลงเนิน คิดเป็น 8.56 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบโดยเฉลี่ย

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาที่พบว่า ความเร็วของหัวไม้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับความเร็วในการหมุนลำตัวที่มีค่าลดลงและท่าทางการเคลื่อนไหวรวมถึงแรงปฏิกิริยาจาก พื้นแนวตั้งระหว่างการสวิงบนพื้นราบ การสวิงแบบขึ้นเนินและลงเนินที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ การอภิปรายผลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบการสวิงแบบขึ้นเนินและการสวิงบนพื้นราบ

เมื่อต้องการสวิงแบบขึ้นเนินที่มีความลาดเอียงถึง 10 องศา นักกอล์ฟจะเพิ่มระยะห่างระหว่างเท้าประมาณ 9.4 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบ พร้อมลดมุมสะโพก หัวเข่า (ย่อตัวลง) ของด้านเท้าที่อยู่สูงกว่า (ด้านเท้านำ) ให้ต่ำลง ในทางกลับกันด้านเท้าที่อยู่ต่ำกว่า (ด้านเท้าตาม) จะมีการเพิ่มมุมสะโพก และหัวเข่าให้สูงขึ้น (ยืดตัวขึ้น) เมื่อเทียบกับการสวิงบนพื้นราบโดยปกติ เมื่อพิจารณาลักษณะการปรับตำแหน่งของร่างกายดังกล่าวแล้วจะเห็นว่า ฐานรองรับ (Base of support) กว้างมากขึ้นจากระยะห่างระหว่างเท้าที่เพิ่มมากขึ้น รวมถึงการย่อร่างกายด้านเท้านำและยืดร่างกายด้านเท้าตามช่วยรักษาตำแหน่งอวัยวะของร่างกายให้อยู่ใกล้จุดกึ่งกลางฐานรองรับมาก

ขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Hume, Keogh และ Reid (2005) ที่ได้กล่าวไว้ว่าการสวิงควรยืนให้เท้ากว้างกว่าแนวแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อจุดศูนย์กลางมวลเพื่อเพิ่มความมั่นคงของการทรงตัวขณะทำการสวิง แต่อย่างไรก็ตามจากค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวตั้ง จะเห็นได้ว่ายังคงมีการถ่ายเทน้ำหนักลงบนเท้าตามมากขึ้น ถึงแม้ว่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นทั่วได้ในการวิจัยนี้จะเป็แรงในแนวตั้งฉากกับพื้นแต่เมื่อพิจารณาจากหลังทางฟิสิกส์ของวัตถุบนพื้นเอียงจะเห็นได้ว่าแรงปฏิกิริยาในทิศทางตั้งฉากกับพื้นจะมีค่าเท่ากับผลคูณของน้ำหนักกับโคไซน์มุมเอียงของพื้น ซึ่งการวิจัยนี้มุมเอียงมีค่าคงที่ ทำให้สามารถคาดคะเนน้ำหนักในแนวตั้งฉากกับพื้นราบที่บอกถึงตำแหน่งของ COP ได้ โดยผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Blenkinsop, Galimore, และ Hiley (2017) ที่ได้พบว่าจุดศูนย์กลางแรงรับ (Center of pressure; COP) จะเคลื่อนเข้าหาเท้าที่อยู่ต่ำกว่าขณะทำการสวิงบนพื้นที่ลาดเอียงที่มีความลาดเอียง 5 องศา

จากการวิเคราะห์ความเร็วหัวไม้และความเร็วการหมุนลำตัวพบว่า การสวิงแบบขึ้นเนินมีความเร็วการหมุนลำตัวโดยรวมน้อยลง 11.09 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบ โดยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ตำแหน่ง MD และ BI ซึ่งส่งผลให้ความเร็วหัวไม้มีค่าน้อยลง สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chu, Sell, และ Lephart (2010) ซึ่งพบว่าความเร็วการหมุนลำตัวที่ตำแหน่ง 66 เปอร์เซ็นต์ของช่วงลงไม้ (ใกล้เคียงกับตำแหน่ง MD) มีอิทธิพลต่อความเร็วลูกอย่างมา

การปรับลักษณะการเคลื่อนไหวเพื่อทำการสวิงบนพื้นลาดเอียงแบบขึ้นเนินส่งผลให้ความเร็วในการหมุนลำตัวลดน้อยลงทำให้ความเร็วหัวไม้ขณะเคลื่อนที่เข้าปะทะลูกมีค่าลดลง

2. การเปรียบเทียบการสวิงแบบลงเนินและการสวิงบนพื้นราบ

เมื่อต้องการสวิงแบบลงเนินที่มีความลาด

เสียง 10 องศา นักกอล์ฟจะเพิ่มระยะห่างระหว่างเท้าประมาณ 9.7 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบ ในช่วงขึ้นไม้ (AD และ TB) การสวิงแบบลงเนิน นักกอล์ฟจะปรับชดเชยด้วยการลดมุมสะโพก มุมหัวเข่า (ย่อตัวลง) ของด้านเท้าที่อยู่สูงกว่า (ด้านเท้าตาม) ให้ต่ำลงเมื่อเทียบกับการสวิงบนพื้นราบโดยปกติ แต่ยังคงสามารถรักษามุมสะโพกและมุมหัวเข่าทางด้านเท้า นำให้ใกล้เคียงการสวิงบนพื้นราบ เมื่อเข้าสู่ช่วงลงไม้ มุมสะโพกและมุมหัวเข่าทั้งสองด้านจะสามารถรับกลับมาอยู่ในลักษณะใกล้เคียงกับการสวิงบนพื้นราบโดยปกติได้

จะเห็นได้ว่าการปรับชดเชยของการสวิงแบบลงเนินจะสามารถรักษาตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของร่างกายไว้ให้ใกล้เคียงกับการสวิงบนพื้นราบได้มากกว่าการสวิงแบบขึ้นเนิน ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการสวิงจะเห็นได้ว่า การหมุนลำตัวและความเร็วของหัวไม้ของการสวิงบนพื้นราบและการสวิงแบบลงเนินไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่ง ต่างจากการสวิงแบบขึ้นเนินที่มีการปรับชดเชยมุมสะโพกและมุมหัวเข่าตลอดการเคลื่อนไหว ซึ่งทำให้ความเร็วของหัวไม้ลดลงถึง 4.18 เปอร์เซ็นต์ของการสวิงบนพื้นราบ จึงทำให้เชื่อได้ว่าการรักษามุมสะโพกและมุมหัวเข่าให้มีค่าใกล้เคียงกับการสวิงบนพื้นราบจะช่วยให้สามารถคงความเร็วหัวไม้และการหมุนลำตัวให้ใกล้เคียงการสวิงบนพื้นราบโดยปกติได้

3. การเปรียบเทียบการสวิงแบบขึ้นเนินและลงเนิน

จากการวิเคราะห์ข้อมูล ระยะระหว่างเท้าของการสวิงบนทั้งสองพื้นทดสอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะเห็นได้ว่ามุมสะโพกและมุมหัวเข่าทั้งสองด้านมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยมุมสะโพกและมุมหัวเข่าด้านเท้าหน้าของการสวิงแบบขึ้นเนินจะมีค่าน้อยกว่าการสวิงแบบลงเนิน ในทางกลับกันมุมสะโพกและมุมหัวเข่าด้านเท้าตามของการสวิงแบบขึ้น

เนินจะมีค่ามากกว่าการสวิงแบบลงเนิน ทั้งนี้เกิดจากการเอียงตัวของพื้นไปทางตรงกันข้ามทำให้ลักษณะการจัดตำแหน่งของร่างกายให้จุดศูนย์กลางมวลอยู่ใกล้จุดกึ่งกลางของฐานรองรับมีลักษณะตรงกันข้าม เช่นเดียวกับการถ่ายเทน้ำหนักอันแสดงจากค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวตั้งที่การสวิงแบบขึ้นเนินน้ำหนักถ่ายเทมายังเท้าตามในขณะที่การสวิงแบบลงเนิน น้ำหนักถ่ายเทมายังเท้าหน้า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Blenkinsop, Gallimore, และ Hiley (2017) ที่พบว่า จุดศูนย์กลางแรงรับจะเคลื่อนเข้าหาเท้าที่อยู่ต่ำกว่าเมื่อทำการสวิงบนพื้นที่ลาดเอียงทำมุม 5 องศา กับแนวราบ จากการการศึกษาความเร็วหัวไม้และความเร็วการหมุนลำตัวพบว่า ความเร็วในการหมุนลำตัวของ การสวิงแบบขึ้นเนินที่ตำแหน่ง MD มีค่าน้อยกว่าการสวิงแบบลงเนินซึ่งส่งผลให้ความเร็วหัวไม้มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากลักษณะการปรับมุมสะโพกและมุมหัวเข่าของการสวิงแบบขึ้นเนินและลงเนินที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าการสวิงแบบขึ้นเนินไม่สามารถปรับมุมสะโพกและมุมหัวเข่าให้ใกล้เคียงกับการสวิงบนพื้นราบได้นั้น อาจเป็นผลมาจากการสร้างแรงปฏิกิริยาจากพื้นแนวตั้งโดยการถีบเท้าหน้าให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มพูนความเร็วหัวไม้ในช่วงลงไม้ ซึ่งเป็นไปตามรูปแบบของการสร้างแรงปฏิกิริยาจากพื้นขณะทำการสวิงที่เคยมีการศึกษาค้นพบมาแล้วอย่างแพร่หลายเช่น การศึกษาของ Wang, Yan, และ Shiang, (2007) และเมื่อพิจารณาทิศทางของแรงที่ตั้งฉากกับพื้นที่ทำมุม 10 องศา กับแนวราบจะเห็นว่าทิศทางผลักดันร่างกายหรือจุดศูนย์กลางมวลที่อยู่ใกล้เท้าที่อยู่ต่ำกว่าให้ออกนอกระบบรองรับ ซึ่งแตกต่างจากการสวิงแบบลงเนินที่มีทิศทางผลักดันร่างกายหรือจุดศูนย์กลางมวลที่อยู่ใกล้เท้าที่อยู่ต่ำกว่าเข้าสู่กึ่งกลางฐานรองรับ

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการปรับขนาดของ การสวิงแบบขึ้นเนินและลงเนิน ซึ่งควรมีการยืนให้ ระยะห่างระหว่างเท้ากว้างมากขึ้น พร้อมทั้งปรับการ ยืนในลักษณะย่อสัดส่วนของลำตัวด้านเท้าที่อยู่สูงกว่า ให้ต่ำลง ในทางกลับกันด้านเท้าที่อยู่ต่ำกว่าจะมีการยืด สัดส่วนของลำตัวให้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับการสวิงบนพื้น ราบโดยปกติ ทั้งนี้เพื่อรักษาการทรงตัวอันเนื่องมาจาก จุดศูนย์กลางมวลที่เคลื่อนเข้าหาเท้าที่อยู่ต่ำกว่ามากขึ้น อย่างไรก็ตามนักกอล์ฟควรปรับขนาดให้น้อยที่สุดหรือ มีการเคลื่อนไหวให้ใกล้เคียงการสวิงบนพื้นราบให้มากที่สุด เพื่อคงไว้ซึ่งความเร็วเชิงมุมในการหมุนลำตัวที่มี ส่วนสำคัญต่อการสร้างความเร็วของหัวไม้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

เนื่องจากประสิทธิภาพของการสวิงไม่ได้ขึ้นอยู่กับ ความเร็วของหัวไม้เท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับทิศทาง ของการสวิง งานวิจัยนี้ มุ่งเน้นการศึกษาปัจจัยทางชีว กลศาสตร์ที่ส่งผลต่อการสร้างความเร็วของหัวไม้เท่านั้น ดังนั้นงานวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาผลจากการสวิง บนพื้นที่ลาดเอียงที่มีต่อทิศทางของการสวิง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการทำ วิทยานิพนธ์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วม มือในการทดลองเป็นอย่างดีและผู้ช่วยวิจัยที่คอยช่วย เหลือในการเก็บข้อมูลจนสำเร็จลุล่วงเป็นไปอย่าง เรียบร้อย

เอกสารอ้างอิง

Bartlett, H. L., Ting, L. H., & Bingham, J. T. (2014). Accuracy of force and center of

pressure measures of the Wii Balance Board. *Gait & posture*, 39(1), 224–228.

Blenkinsop, G. M., Gallimore, N. J., and Hiley, M. J. (2017). Weight transfer changes during golf shots from different lies. *Paper presented at the International Society of Biomechanics in Sports conference proceedings archive*, 35(1), 77.

Bradshaw, E. J., Keogh, J. W. L., Hume, P. A., Maulder, P. S., Nortje, J., and Marnewick, M. (2009). The Effect of Biological Movement Variability on the Performance of the Golf Swing in High- and Low-Handicapped Players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80(2), 185-196.

Chu, Y. C., Sell, T. C., and Lephart, S. M. (2010). The relationship between biomechanical variables and driving performance during the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 28(11), 1251-1259.

Damavandi, M., Eslami, M., and Pearsall, D. J. (2017). Side-sloped surfaces substantially affect lower limb running kinematics. *Sports Biomechanics*, 16(1), 1-12.

Hellström, J. (2009). Competitive elite golf. *Sports Medicine*, 39(9), 723-741.

Hume, P. A., Keogh, J., and Reid, D. (2005). The role of biomechanics in maximising distance and accuracy of golf shots. *Sports Medicine*, 35(5), 429-449.

Langdown, B. L., Bridge, M., and Li, F. X. (2012). Movement variability in the golf swing. *Sports Biomechanics*, 11(2), 273-287.

- Peters, R., Smith, N., and Lauder, M. (2016). Quantifying the gradients exposed to a professional golfer during a round of golf. *Paper presented at the International Society of Biomechanics in Sports conference proceedings archive*.
- Pichardul, K., and Limroongreungrat, W. (2016). Kinematic of two golf swing conditions in competitively professional golfers. *Journal of Sports Science and Technology*, 16(1), 1-10.
- Wang, J.-J., Yan, P.-F., and Shiang, T.-Y. (2007). A kinetic analysis on golf swings to know what skill can increase club head speed and impact accuracy. *Journal of Biomechanics*, 40, S765.

ผลของการฝึกด้วยแรงต้านท่าภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางระดับปานกลาง ที่มีต่อความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อในนักกีฬาหญิงประเภททีม ระดับมหาวิทยาลัย

ณัฏฐา ม่วงฤทธิ์เดช¹ และไชยวัฒน์ นามบุญลือ²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

²คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

Received : 15 January 2564 / Revised : 12 March 2564 / Accepted : 30 March 2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยแรงต้านท่าภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางที่มีต่อความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อในนักกีฬาหญิงประเภททีมระดับมหาวิทยาลัย

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาหญิงประเภททีม อายุระหว่าง 19-23 ปี จำนวน 19 คนของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง (Hypoxic group, $n=10$) ทำการฝึกภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางระดับปานกลาง ($F_1O_2 = 15.8\%$) และกลุ่มควบคุม (Normoxic group, $n=9$) ทำการฝึกในภาวะออกซิเจนปกติ ($F_1O_2 = 20.9\%$) ทั้งสองกลุ่มทำการฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านท่า 50% 1RM ในท่า Knee extension และ Knee flexion จำนวนท่าละ 3 เซต ๆ ละ 15 ครั้ง ระยะเวลาในการพักระหว่างเซต 1 นาที จำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ ทำการทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ และสมรรถภาพ

การใช้ออกซิเจนสูงสุดก่อนและหลังการทดลอง 5 สัปดาห์

ผลการวิจัย ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อในท่า Knee flexion และความสูงการกระโดดในแนวดิ่ง เพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลอง (20.88% และ 3.85%) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (8.56% และ 1.67%, $p < 0.05$) นอกจากนี้ค่าร้อยละมวลไขมันและมวลที่ปราศจากไขมันของกลุ่มทดลองดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก (-3.48% และ 2.34%) โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ($p > 0.05$)

สรุปผลการวิจัย การออกกำลังกายด้วยแรงต้านท่า (50% 1RM) ภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางระดับปานกลาง ($F_1O_2 = 15.8\%$) มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อได้ จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการฝึกที่ช่วยลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดการบาดเจ็บและเพื่อพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อในนักกีฬาหญิงประเภททีมได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: การฝึกด้วยแรงต้านท่า/ ภาวะออกซิเจนเบาบาง/ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ/ พลังของกล้ามเนื้อ/นักกีฬาประเภททีม

EFFECTS OF LOW-LOAD RESISTANCE TRAINING UNDER MODERATE HYPOXIA ON MUSCLE STRENGTH AND POWER IN FEMALE COLLEGIATE TEAM SPORT ATHLETES

Nattha Muangritdech¹ and Chaiyawat Namboonlue²

¹Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University

²Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

Received : 15 January 2021 / Revised : 12 March 2021 / Accepted : 30 March 2021

Abstract

Purpose The purpose of this study was to examine and compare the effects of low-load resistance training under moderate hypoxia on muscle strength and power in female collegiate team sport athletes.

Methods Nineteen female sport athletes, aged 19-23 years old, from Ubon Ratchathani Rajabhat University were recruited to participate in this study. The participants were randomly divided into 2 resistance training groups; an experimental group (Hypoxic group; $F_1O_2=15.8\%$, $n=10$) and a control group (Normoxic group; $F_1O_2=20.9\%$, $n=9$). Both groups completed resistance training, consisted of 3 sets of 15 repetitions of knee extensions and knee flexions, separated by 1-minute rest between sets, 3 days a week for 5 consecutive weeks.

Body composition, maximum muscle strength, muscle endurance, muscle power and maximum oxygen uptake were measured before and after 5-week of resistance training.

Results After training, maximum muscle strength in knee flexion and vertical jump were significantly increased $p < 0.05$ in the hypoxic group (20.88% and 3.85%) compared with normoxic group (8.56% and 1.67%). Moreover, hypoxic group showed substantially improvement in fat mass and fat-free mass (-3.48% and 2.34%, $p < 0.05$) after training compared to their baselines, with no difference detected between groups ($p > 0.05$).

Conclusion This study showed a low-load resistance training (50% 1RM) with moderate-dose hypoxic condition ($F_1O_2=15.8\%$) induced a significant increase in muscle strength and power. Therefore, this training program could be used as an alternative strategy for improving muscular performance without causing any injury in team sport athletes.

Keywords: Low-load resistance training / Hypoxia / Muscle strength / Muscle power / Team sport athletes

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันได้เริ่มมีการนำการฝึกบนพื้นที่สูง/ออกซิเจนต่ำ (Altitude/Hypoxic training) มาใช้ในการพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬา โดยมีการพัฒนารูปแบบของการฝึกและได้มีการประดิษฐ์เครื่องจำลองบรรยากาศบนที่สูง (Simulated altitude) เช่น Hypoxic chamber, Hypoxicor และ Hypoxic mask ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดเวลาและสะดวกมากขึ้น เนื่องจากนักกีฬาหรือผู้สนใจไม่ต้องเดินทางไปฝึกซ้อมบนที่สูงหรือภูเขาจริง การหายใจด้วยอากาศออกซิเจนเบาบาง (Hypoxia) สามารถปรับได้สองลักษณะ คือ ปรับลดระดับความเข้มข้นของออกซิเจนและความดันบรรยากาศได้ นอกจากนี้ยังสามารถหายใจด้วยอากาศออกซิเจนเบาบางทั้งในขณะพักและขณะออกกำลังกาย เมื่อปริมาณออกซิเจนในอากาศลดลงจากปกติมากกว่า $F_{I}O_2 = 15\%$ (ค่าปกติคือ $F_{I}O_2 = 20.9\%$) ส่งผลให้ร่างกายมีระดับออกซิเจนในเลือดลดลง (Hypoxemia) จะทำให้ร่างกายเกิดกระบวนการปรับตัวทางสรีรวิทยาในด้านต่าง ๆ ขึ้นเพื่อตอบสนองต่อภาวะออกซิเจนเบาบางหรือต่ำในร่างกาย ซึ่งการลดลงของปริมาณออกซิเจนในอากาศจนถึงระดับหนึ่งจะทำให้การหายใจขณะออกกำลังกายทำได้ลำบากขึ้น ส่งผลให้ความหนักของการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการฝึกด้วยอากาศที่มีออกซิเจนระดับปกติ (Mazzeo, 2008; West, 1996)

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ (Muscular performance) โดยเฉพาะความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการออกกำลังกายและเล่นกีฬาเกือบทุกประเภท (American College of Sports Medicine position stand, 2009) เป็นที่ทราบกันว่าการฝึกด้วยแรงต้านที่สูงหรือน้ำหนักมาก (High-load resistance exercise) $\geq 80\%$ 1RM เหมาะสำหรับการเพิ่มสมรรถภาพในกลุ่มนักกีฬา แต่เนื่องจากการฝึกด้วยแรงต้านสูงมักเสี่ยงให้เกิดการ

บาดเจ็บต่อกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ (Powell et al., 1998) อีกทั้งสามารถฝึกปฏิบัติได้ยากทั้งในกลุ่มนักกีฬาและคนทั่วไป ดังนั้นปัจจุบันจึงได้มีการนำเอาการฝึกด้วยแรงต้านต่ำหรือน้ำหนักเบา (Low-load resistance exercise) ร่วมกับการอุดกั้นการไหลเวียนเลือดเฉพาะที่ (Blood flow restriction หรือ blood occlusion) มาใช้ในการฝึกแทนการฝึกด้วยแรงต้านสูงหรือน้ำหนักมาก รวมไปถึงการฝึกด้วยแรงต้านต่ำร่วมกับการหายใจภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบาง เพื่อพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ โดยไม่ทำให้เกิดการบาดเจ็บแต่ยังคงมีประสิทธิภาพเท่ากับหรือใกล้เคียงกับการฝึกที่ใช้แรงต้านสูง มีรายงานการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า การฝึกด้วยแรงต้านต่ำหรือน้ำหนักเบาที่ระดับความหนัก 20-50% 1RM ฝึกร่วมกับการใช้ Pressure cuff รัดแขนหรือขาเพื่ออุดกั้นเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อขณะทำงานหรือขณะกล้ามเนื้อหดตัว สามารถช่วยพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วยลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดการบาดเจ็บในนักกีฬาและคนทั่วไปที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านสูง (Wernbom et al., 2008) และส่งผลทำให้เกิดการปรับตัวของกล้ามเนื้อขึ้นภายหลังจากการฝึก เช่น ความหนาแน่นของหลอดเลือดฝอยเพิ่มขึ้น (Hoppeler et al., 2003) นอกจากนี้เส้นใยของกล้ามเนื้อ ยังมีการปรับตัวเพิ่มขนาดและปริมาณอีกด้วย (Nishimura et al., 2010)

จากการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางที่ผ่านมา มีการศึกษาพบว่า การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยแรงต้านต่ำ 20% 1RM ในภาวะออกซิเจนเบาบาง ($F_{I}O_2 = 10-11\%$) ในกลุ่มนักกีฬานetบอลหญิง โดยทำการฝึกในท่า Knee extension และ Knee flexion 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะต่อเนื่องเวลา 5 สัปดาห์ สามารถพัฒนาความแข็งแรง 14.9% และพลังของกล้ามเนื้อ 7.5% นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มสมรรถภาพการ

ใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ 8.6% (Manimmanakorn et al., 2013) สอดคล้องกับงานวิจัยของฐะคำและคณะ (Thuwakum et al., 2017) ได้ทำการฝึกด้วยแรงต้านต่ำ 30% และ 50% 1RM ร่วมกับภาวะบนที่สูงจำลอง ($F_{I}O_2 = 14\%$) สามารถเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อได้ โดยเฉพาะการฝึกด้วยแรงต้านต่ำ 50% 1RM ร่วมกับภาวะพร่องออกซิเจนบนที่สูงจำลองจะสามารถเพิ่มความแข็งแรง พลังของกล้ามเนื้อ และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ 16.7%, 4.4% และ 3.5% ตามลำดับ ซึ่งได้ผลใกล้เคียงกับการฝึกด้วยแรงต้านสูง 80% 1RM ในภาวะออกซิเจนปกติ นอกจากนี้คุชและคณะ (Cook et al., 2018) ทำการศึกษาการฝึกด้วยแรงต้านต่ำ 20% 1RM ร่วมกับการอุดกั้นการไหลเวียนเลือดเฉพาะที่ (180 มม.ปรอท) ทำการฝึกในท่า Leg extension และ Leg press 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะต่อเนื่องเวลา 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ 14% นามบุญลือและคณะ (Namboonlue et al., 2020) ได้ศึกษาการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยแรงต้านต่ำ 50% 1RM ในภาวะออกซิเจนเบาบาง ($F_{I}O_2 = 13.6\%$ และ 15.8%) ในนักกีฬาชายประเภททีม พบว่า สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ 33.5% และ 16.0% ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการออกกำลังกายด้วยแรงต้านต่ำในภาวะออกซิเจนเบาบางเป็นรูปแบบการออกกำลังกายอีกทางเลือกหนึ่งในการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ และลดความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บจากการฝึกได้

จากที่กล่าวมาผลการศึกษเกี่ยวกับการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางในกลุ่มนักกีฬาหญิงยังมีข้อมูลไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตามการศึกษเกี่ยวกับรูปแบบโปรแกรมการฝึกที่เหมาะสมที่จะช่วยพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อของกลุ่มนักกีฬาหญิงยังคงมีอยู่ค่อนข้างจำกัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะค้นหาวิธีการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ชาในนักกีฬาหญิงประเภททีมระดับมหาวิทยาลัย ด้วยระดับความหนักต่ำ (50% 1RM) และระดับความเข้มข้นของออกซิเจนปานกลาง ($F_{I}O_2 = 15.8\%$) ที่มีต่อความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ อันอาจเป็นการนำมาสู่ความรู้เพิ่มเติมเพื่อนำมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อ ในนักกีฬาหญิงประเภททีม และผู้ฝึกสอนสามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนฝึกซ้อม อีกทั้งวิธีการฝึกนี้ยังประหยัดค่าใช้จ่าย ประหยัดเวลา และสามารถลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บที่เกิดจากการฝึกด้วยแรงต้าน ตลอดจนสามารถพัฒนาสมรรถภาพทางด้านทักษะกีฬาได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางที่มีต่อความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อในนักกีฬาหญิงประเภททีมระดับมหาวิทยาลัย
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางและภาวะออกซิเจนปกติที่มีต่อความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อในนักกีฬาหญิงประเภททีมระดับมหาวิทยาลัย

สมมติฐานการวิจัย

เพื่อศึกษาและยืนยันว่าการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางสามารถช่วยพัฒนาความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อในนักกีฬาหญิงประเภททีมระดับมหาวิทยาลัยได้ดีกว่าการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) ได้ผ่านการรับรอง

จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ โดยได้รับการอนุมัติจริยธรรม โครงการวิจัยที่ 053/2020

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาหญิงประเภททีมระดับมหาวิทยาลัยได้แก่ ฟุตบอล ฟุตซอล และวอลเลย์บอล มีอายุระหว่าง 19-23 ปี และเป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธาธานี เป็นผู้ที่ไม่มีสุขภาพดี ไม่มีปัญหาสุขภาพ และประวัติในการอยู่บนที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล > 1,000 เมตร ภายในระยะเวลา 3 เดือน ก่อนเข้าร่วมโครงการ โดยได้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวนทั้งหมด 20 คน ใช้ตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน (Cohen, 1988) กำหนดค่าแอลฟา (α) ที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.05 ค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ 0.80 และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test) ที่ 0.80 จากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 10 คน เท่าๆ กัน ด้วยวิธีการจับคู่ (Matched pair) โดยใช้ค่า 1RM เป็นเกณฑ์ ดังนี้

กลุ่มทดลอง (Hypoxic group) ทำการฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านต่ำ 50% 1RM ภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางระดับปานกลาง ($F_{I}O_2 = 15.8\%$ หรือเทียบเท่ากับความสูง 2,200 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล) และกลุ่มควบคุม (Normoxic group) ทำการฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านต่ำ 50% 1RM ในภาวะออกซิเจนปกติ ($F_{I}O_2 = 20.9\%$ หรือเทียบเท่ากับความสูงที่ระดับน้ำทะเล 68 เมตร) ทั้ง 2 กลุ่มทำการฝึกเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการออกกำลังกายด้วยแรงต้านต่ำในภาวะออกซิเจนเบาบาง

2. ทำการศึกษาก่อนการวิจัย (Pilot study) มีการทดลองใช้กับกลุ่มที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน และนำผลที่ได้ปรึกษากับทีมวิจัย

3. ผู้วิจัยติดต่อประสานงานผู้ฝึกสอน ประเภททีมหญิง ของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธาธานีเพื่อขอความอนุเคราะห์ให้นักกีฬามาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยจำนวน 20 คน ซึ่งแจ้งวัตถุประสงค์ ขั้นตอนวิธีการฝึก และขอความร่วมมือนักกีฬาในการฝึกตามโปรแกรมที่ผู้วิจัยกำหนดแก่กลุ่มตัวอย่างผู้เข้าร่วมงานวิจัย เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองมีผู้ออกจากโครงการวิจัยจำนวน 1 คน เนื่องจากประสบอุบัติเหตุจนไม่สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัยต่อได้จำนวน 1 คน ดังนั้นมีกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 19 คน

4. บันทึกข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความดันเลือด และอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก

5. ทำการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-tests) โดยตัวแปรที่ทำการทดสอบมี ดังนี้

5.1 วัดองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) ได้แก่ น้ำหนักตัว มวลไขมัน มวลที่ปราศจากไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และไขมันในช่องท้อง โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยถอดรองเท้ายืนบนเครื่องนานประมาณ 5 นาที (Seca mBCA, Germany)

5.2 วัดความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (1 Repetitive Maximum, 1RM) ด้วยเครื่อง Stationary machine ในท่า Knee extension (Nautilus One™ S6LE, USA) และ Knee flexion (Nautilus EVOTM S9LCP, USA) โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงใน 2 ท่าดังกล่าว ด้วยวิธีการทางอ้อมและทำนายค่า 1RM จากสมการ $1RM = \text{weight lift} / 1.0278 - (0.0278 \times \text{reps})$ (Brzycki, 1988) ใช้เวลาประมาณ 20 นาที

5.3 วัดความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) ด้วยเครื่อง Stationary machine ในท่า Knee extension และ Knee flexion โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงใน 2 ท่าดังกล่าว ที่น้ำหนัก 40% 1RM ทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จนกว่าแรงจะลดลง 60% ของค่าเริ่มต้น แล้วบันทึกจำนวนครั้งที่สามารถทำได้ ใช้เวลาประมาณ 20 นาที

5.4 วัดพลังของกล้ามเนื้อ (Muscle power) ด้วยเครื่องวัดระยะการกระโดดสูง (Yardstick) ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนในท่าเริ่มต้นแล้วย่อเข้ากระโดดขึ้นให้สูงที่สุดโดยใช้มือปิดกั้นบอกระยะความสูง ทำการทดสอบ 2 ครั้ง บันทึกค่าที่กระโดดได้สูงสุด และนำค่าที่กระโดดได้สูงสุดนำมาลบกับค่าที่ยืนยกแขนปิดกั้นบอกระยะความสูง (Swift Yardstick Vertical Jump, Australia)

5.5 วัดสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2\text{max}$) แบบวิธีทางอ้อมด้วยการปั่นจักรยานวัดงานตามวิธีการของ Astrand-rhyming ภายใต้การดูแลของผู้วิจัย ซึ่งจะควบคุมตลอดการประเมิน ใช้เวลาประมาณ 15 นาที (Monark 828E, Sweden)

6. กลุ่มทดลอง (Hypoxic group) ทำการฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบาง โดยใช้โปรแกรมการออกกำลังกายด้วยแรงต้านจำนวน 2 ท่า ได้แก่ Knee extension และ Knee flexion ที่ 50% 1RM ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ การฝึกในแต่ละครั้งประกอบด้วย 3 เซต ๆ ละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 1 นาที และมีเวลาพักก่อนการฝึกทำถัดไป 1 นาที ร่วมกับเครื่องจำลองภาวะอากาศบนที่สูง (Hypoxicator: Altitude Training Systems-Hypoxic Unit, Australia) และปรับระดับความเข้มข้นของออกซิเจนอยู่ที่ 15.8% ($F_{I}O_2=15.8\%$) เทียบเท่ากับความสูง 2,200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ตลอดช่วงการฝึกจะวัดค่าความ

อิ่มตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากปลายนิ้ว (SpO_2) และค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) ด้วยเครื่อง Pulse oximeter (Beurer medical PO30, Germany) และจะถูกบันทึกตลอดช่วงของการทดสอบและการฝึก

7. กลุ่มควบคุม (Normoxic group) ทำการฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านต่ำในภาวะออกซิเจนปกติ โดยใช้โปรแกรมการออกกำลังกายด้วยแรงต้านจำนวน 2 ท่า ได้แก่ Knee extension และ Knee flexion ที่ 50% 1RM ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ การฝึกในแต่ละครั้งประกอบด้วย 3 เซต ๆ ละ 15 ครั้ง พักระหว่างเซต 1 นาที และมีเวลาพักก่อนการฝึกทำถัดไป 1 นาที โดยหายใจด้วยอากาศปกติ ณ อุณหภูมิห้อง (Normal ambient room air; $F_{I}O_2=20.9\%$) เทียบเท่ากับความสูงระดับน้ำทะเล ตลอดช่วงการฝึกจะวัดค่าความอิ่มตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากปลายนิ้ว และค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ด้วยเครื่อง Pulse oximeter และจะถูกบันทึกตลอดช่วงของการทดสอบและการฝึก

8. ทำการทดสอบหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 5 (Post-tests) เช่นเดียวกับการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-tests) และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติดังแสดงในรูปที่ 1

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-Wilk Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล (IBM SPSS Statistics 23)

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลองในกลุ่มโดยทดสอบค่าที่แบบรายคู่ (Paired t-test)

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปร ระหว่างกลุ่มทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ด้วยการทดสอบค่าที่แบบอิสระ (Independent t-test) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัย

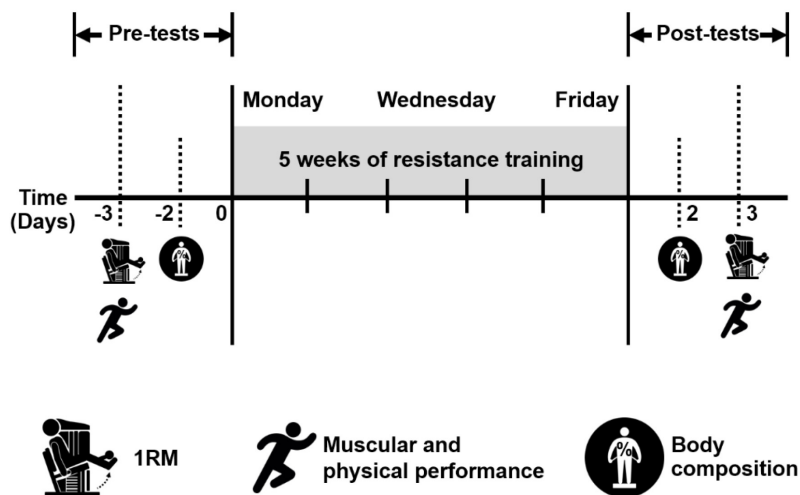
จากตารางที่ 1 พบว่า ก่อนการฝึกด้วยแรงต้าน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ อายุ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ค่าความอึดตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากปลายนิ้ว ความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก และความดันเลือดขณะหัวใจคลายตัวขณะพักของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากรูปที่ 2 พบว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักก่อนการฝึก เท่ากับ 68.67 ± 5.05 ครั้งต่อนาที และ 66.90 ± 6.21 ครั้งต่อนาที ตามลำดับ เมื่อทำเปรียบเทียบ

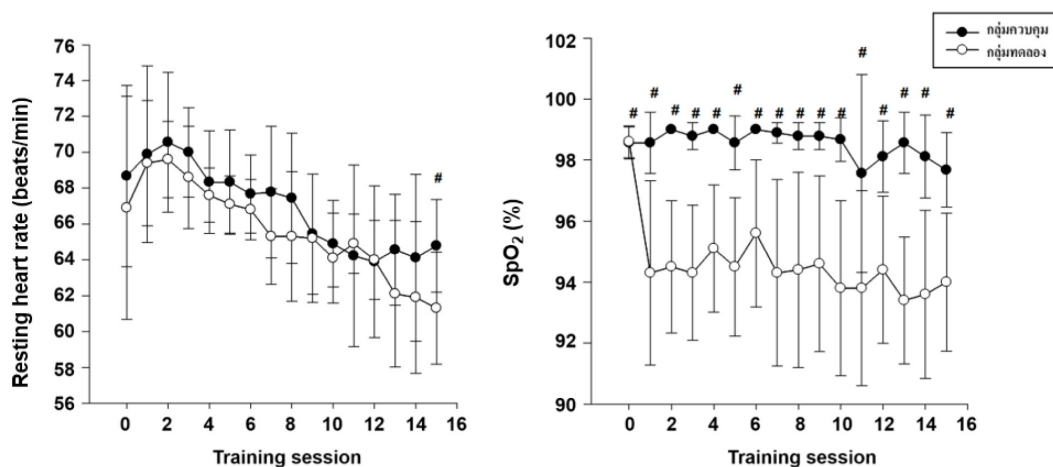
ความแตกต่าง โดยการทดสอบค่าที่ พบว่า ก่อนการฝึกกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักก่อนการฝึกในแต่ละวันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามในการฝึกครั้งที่ 15 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักหลังการฝึกลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังการฝึกทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองในวันที่ 1-15 ส่วนค่าเฉลี่ยค่าความอึดตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากปลายนิ้ว ก่อนการฝึกในแต่ละวันของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองเท่ากับ $98.56 \pm 0.53\%$ และ $98.60 \pm 0.52\%$ ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยการทดสอบค่าที่ พบว่า ก่อนการฝึกและหลังการฝึกในเซตที่ 6 ของแต่ละวันของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ข้อมูลพื้นฐาน	กลุ่มควบคุม (n = 9)	กลุ่มทดลอง (n = 10)
อายุ (ปี)	20.00 ± 1.12	20.00 ± 1.05
น้ำหนักตัว (กก.)	61.87 ± 6.29	58.29 ± 9.18
ส่วนสูง (ซม.)	165.33 ± 3.84	163.40 ± 5.91
ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	22.66 ± 2.54	21.82 ± 3.04
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	68.67 ± 5.05	66.90 ± 6.21
ค่าความอึดตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากปลายนิ้ว (%)	98.56 ± 0.53	98.60 ± 0.52
ความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	121.78 ± 9.95	124.80 ± 8.73
ความดันเลือดขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	74.67 ± 10.84	71.80 ± 6.73



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการฝึกและการทดสอบ



รูปที่ 2 แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate) และค่าความอิ่มตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากปลายนิ้ว (SpO₂) ก่อนการฝึกและหลังการฝึกในเซตที่ 6 ของแต่ละวัน, #p < .05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรองค์ประกอบของร่างกาย ก่อนและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 5 ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n = 9)			กลุ่มทดลอง (n = 10)		
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	% การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	% การเปลี่ยนแปลง
องค์ประกอบของร่างกาย						
น้ำหนักตัว (กก.)	61.87 ± 6.29	61.41 ± 6.73	-0.73 ± 1.10	58.29 ± 9.18	57.84 ± 8.66	-0.78 ± 1.64
มวลไขมัน (%)	30.10 ± 4.68	29.77 ± 4.75	-1.11 ± 3.23	27.86 ± 4.95	26.89 ± 4.43	-3.48 ± 2.91*
มวลที่ปราศจากไขมัน (กก.)	42.99 ± 2.00	43.45 ± 2.51	1.06 ± 2.71	41.73 ± 4.28	42.70 ± 4.36	2.34 ± 3.16*
มวลกล้ามเนื้อ (กก.)	19.63 ± 1.12	20.10 ± 1.26	2.38 ± 2.63*	18.38 ± 2.70	18.90 ± 2.65	2.83 ± 3.07*
ไขมันในช่องท้อง (ล.)	1.22 ± 0.29	1.26 ± 0.27	2.73 ± 9.18	1.12 ± 0.21	1.15 ± 0.18	2.68 ± 7.49

*p < .05 แตกต่างจากก่อนการทดลอง

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความสูงการกระโดดในแนวตั้ง และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 5 ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n = 9)			กลุ่มทดลอง (n = 10)		
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	% การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	% การเปลี่ยนแปลง
ความเร็วแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (1RM)						
ท่า Knee extension (กก.)	91.69 ± 5.91	96.27 ± 5.48	5.00 ± 2.05 [*]	86.69 ± 17.46	95.02 ± 14.48	9.62 ± 7.55 [*]
ท่า Knee flexion (กก.)	58.35 ± 4.36	63.35 ± 3.09	8.56 ± 6.77 [*]	54.17 ± 7.50	65.48 ± 10.27	20.88 ± 5.22 ^{*#}
ความอดทนของกล้ามเนื้อ						
(Number of repetitions)						
ท่า Knee extension (ครั้ง)	46.25 ± 3.62	59.13 ± 6.64	27.84 ± 9.95 [*]	41.88 ± 5.22	54.13 ± 6.36	29.25 ± 10.30 [*]
ท่า Knee flexion (ครั้ง)	43.00 ± 8.79	58.63 ± 12.63	36.34 ± 8.79 [*]	40.13 ± 9.08	56.25 ± 9.29	40.19 ± 20.57 [*]
ความสูงการกระโดดในแนวตั้ง (ซม.)						
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	33.22 ± 3.15	33.78 ± 2.86	1.67 ± 1.70 [*]	33.80 ± 3.33	35.10 ± 3.14	3.85 ± 2.58 ^{*#}
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	31.82 ± 0.92	32.84 ± 0.88	3.21 ± 0.75 [*]	31.35 ± 1.17	32.58 ± 0.98	3.92 ± 1.35 [*]

*p < .05 แตกต่างจากก่อนการทดลอง

p < .05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบร่างกายก่อนและหลังการฝึก 5 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าร้อยละมวลไขมัน และมวลที่ปราศจากไขมันดีขึ้น แตกต่างจากก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่า ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่ามวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น แตกต่างจากก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามหลังจากการฝึก 5 สัปดาห์ พบว่า ทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าน้ำหนักตัวร้อยละมวลไขมัน มวลที่ปราศจากไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และไขมันในช่องท้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 แสดงค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความสูงการกระโดดในแนวตั้ง และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนและหลังการฝึก 5 สัปดาห์ พบว่า ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความสูงการกระโดดในแนวตั้ง และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด แตกต่างจากก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการทดสอบค่าที พบว่า ก่อนการฝึก 5 สัปดาห์ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อในท่า Knee flexion และความสูงการกระโดดในแนวตั้ง ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามหลังการฝึก 5 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อในท่า Knee flexion แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่า ความสูงการกระโดดในแนวตั้งของกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ พบว่าการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางระดับปานกลาง ($F_1O_2 = 15.8\%$) สามารถช่วยลดปริมาณไขมันในร่างกายและเพิ่มมวลที่ปราศจากไขมันได้ อาจจะเนื่องมาจากการฝึกด้วยแรงต้านส่งผลให้กล้ามเนื้อออกแรงทำงานมากกว่าภาวะปกติ เพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงานในกล้ามเนื้อมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของโดโฟว์และคณะ (Dufour et al., 2006) ได้ทำการศึกษารูปแบบของการฝึกบนที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลของนักกีฬาประเภทอดทน พบว่าการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้นและเมื่อฝึกต่อเนื่องหลายสัปดาห์จะทำให้ปริมาณของไมโตรคอนเดรียเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการนำไขมันไปใช้ในการสันดาปเป็นพลังงาน นอกจากนี้คอร์นและคณะ (Kon et al., 2014) ได้รายงานการลดลงของมวลไขมันและการเพิ่มขึ้นของมวลที่ปราศจากไขมันในร่างกายหลังจากการฝึกด้วยแรงต้าน 8 สัปดาห์ ทั้งในกลุ่มฝึกภายใต้ภาวะออกซิเจน เบาบาง ($F_1O_2 = 14.4\%$) และกลุ่มฝึกภายใต้ภาวะออกซิเจนปกติ ($F_1O_2 = 20.9\%$) เช่นเดียวกันกับการศึกษาของยาร์นและคณะ (Yan et al., 2016) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของมวลที่ปราศจากไขมันในกลุ่มที่ฝึกด้วยแรงต้านภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางที่ระดับ $F_1O_2 = 12.6\%$ และ ระดับ $F_1O_2 = 16.0\%$ หลังการฝึกอย่างต่อเนื่อง 5 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งนี้อาจเกิดจากการเพิ่มการไหลเวียนของเลือดในเนื้อเยื่อไขมันได้ผิวหนังเพื่อตอบสนองต่อการออกกำลังกายที่มีความหนักต่ำและจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีความหนักของการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้น (Heinonen et al., 2012) ซึ่งการไหลเวียนของเลือดในเนื้อเยื่อไขมันระหว่างการออกกำลังกายถือเป็นกลไกสำคัญในการเคลื่อนตัวของกรดไขมันอิสระ (Romijn et al., 1993) และนอกจากนี้การศึกษาของ

ทาร์คและคณะ (Tschöp et al., 1998) พบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับ Leptin ขณะออกกำลังกายหรืออยู่บนที่สูงจะส่งผลต่อสัญญาณความอึดตัวในการตอบสนองของอาการเบื่ออาหาร และลดความอยากในการรับประทานอาหาร จึงเป็นสาเหตุทำให้ได้รับไขมันจากอาหารน้อยลง ดังนั้นการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางระดับปานกลางสามารถกระตุ้นการใช้ไขมันได้เป็นอย่างดี ซึ่งภาวะการขาดออกซิเจนจะกระตุ้นการเผาผลาญพลังงานและสลายเนื้อเยื่อไขมันมาเป็นพลังงานมากขึ้น (Scott et al., 2016; Wiesner et al., 2010) จึงเป็นอีกหนทางเลือกสำหรับนักกีฬาหญิงที่ต้องการลดไขมันร่างกายและเพิ่มมวลที่ปราศจากไขมันได้

การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อภายหลังการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางระดับปานกลาง อาจจะเป็นผลมาจากชั้นความหนาของกล้ามเนื้อ (Namboonlue et al., 2020; Kurobe et al., 2015) และขนาดของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น (Manimmanakorn et al., 2013; Nishimura et al., 2010) นอกจากนี้งานวิจัยก่อนหน้านี้กล่าวว่าผลของการฝึกดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) การเพิ่มแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อคือการเพิ่มจำนวนและขนาดของหน่วยยนต์ที่ถูกเรียกระดมพลให้ทำงาน หน่วยยนต์จะตอบสนองสัญญาณที่ถูกส่งมาจากสมอง เมื่อความแรงของสัญญาณประสาทเพิ่มขึ้น จึงกระตุ้นเซลล์ประสาทสั่งการให้ทำงานมากขึ้น ส่งผลให้มีการระดมพลเส้นใยกล้ามเนื้อให้ทำงานเร็วขึ้น และเพิ่มแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อให้มากขึ้นได้ (Gonzalez et al., 2016) ยิ่งไปกว่านั้นภาวะออกซิเจนเบาบางยังมีผลต่อปัจจัยการเปลี่ยนแปลงของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยเปลี่ยนจากเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Type I) เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Type II) (Scott et al.,

2016) จากผลการวิจัยนี้ภายหลังการฝึก 5 สัปดาห์ ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อในท่า Knee flexion เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับรูปแบบการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบาง เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ (Namboonlue et al., 2020; Thuwakum et al., 2017; Manimmanakorn et al., 2013) จะเห็นได้ว่าการฝึกด้วยแรงต้านต่ำ (50% 1RM) ภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางระดับปานกลาง ($F_{I}O_2 = 15.8\%$) อาจส่งผลให้มีการปรับตัวเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังของกล้ามเนื้อตามลำดับ

จากการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ พบว่าความสูงการกระโดดในแนวตั้งซึ่งเป็นสมรรถภาพพื้นฐานที่สำคัญในนักกีฬาเกือบทุกชนิด เพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลองเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นขนาดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) และต้นขาด้านหลัง (Hamstrings) โดยมีขนาดของเส้นรอบวงของบริเวณต้นขาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสูงการกระโดดในแนวตั้งเพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Manimmanakorn et al., 2013) สอดคล้องกับการศึกษาของฐะคำและคณะ (Thuwakum et al., 2017) ทำการฝึกด้วยแรงต้านต่ำ 30% และ 50% 1RM ร่วมกับภาวะบนที่สูงจำลอง ($F_{I}O_2 = 14.0\%$) สามารถเพิ่มความสูงการกระโดดในแนวตั้งได้ 5.3% และ 4.4% ตามลำดับ ซึ่งการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อมีพื้นฐานมาจากการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทที่ทำให้กล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น จากการใช้เวลาน้อยลงในการระดมหน่วยยนต์ โดยเฉพาะเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ส่งผลให้มีการพัฒนาการทำงานประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อที่ทำงานร่วมกันที่ทำหน้าที่หดตัวออกแรงกับกล้ามเนื้อที่อยู่ตรงข้าม

ซึ่งทำหน้าที่คล้ายตัวเป็นผลทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้แรงและเร็วขึ้น (Hakkinen & Komi, 1983)

โดยภาพรวมการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางระดับปานกลางสามารถช่วยลดไขมันในร่างกายและเพิ่มมวลที่ปราศจากไขมันได้ ส่งผลให้มีการพัฒนาทั้งความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ

สรุปผลการวิจัย

การออกกำลังกายด้วยแรงต้านต่ำ (50% 1RM) ภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางระดับปานกลาง ($F_{I}O_2 = 15.8\%$) เป็นเวลาต่อเนื่อง 5 สัปดาห์ มีประสิทธิภาพในการพัฒนาองค์ประกอบของร่างกายเพิ่มความแข็งแรง และพลังของกล้ามเนื้อได้ เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการฝึกด้วยแรงต้านที่ช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บได้ อีกทั้งยังช่วยพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อในนักกีฬาหญิงประเภททีมได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้ฝึกสอนและนักกีฬาในการวางแผนฝึกซ้อมร่วมกันเพื่อให้ประสบความสำเร็จ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรเพิ่มระดับความเข้มข้นของออกซิเจนและระยะเวลาในการฝึกให้มากขึ้นเพื่อที่จะได้เห็นผลการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน

2. ควรเพิ่มการตรวจวัดสารชีวเคมีในเลือด เช่น ระดับ Growth hormone, Insulin like growth factor (IGF1), ปริมาณเม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบิน (Red blood cell and hemoglobin) และ Blood lactate เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงกลไกต่างๆ ในการปรับตัวภายหลังจากการฝึก

3. อาจนำรูปแบบการฝึกด้วยแรงต้านต่ำภายใต้ภาวะออกซิเจนเบาบางไปใช้กับกลุ่มที่มีภาวะน้ำหนักเกินเพื่อส่งเสริมสุขภาพและลดไขมันในร่างกาย

เอกสารอ้างอิง

- American College of Sports Medicine position stand. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(3), 687-708.
- Brzycki, M. (1988). *A practical approach to strength training*. Illinois: Master Press.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.
- Cook, S. B., Scott, B. R., Hayes, K. L., & Murphy, B. G. (2018). Neuromuscular Adaptations to Low-Load Blood Flow Restricted Resistance Training. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17, 66-73.
- Dufour, S. P., Ponsot, E., Zoll, J., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Geny, B., Lampert, E., Flück, M., Hoppeler, H., Billat, V., Mettauer, B., Richard, R., & Lonsdorfer, J. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. I. Improvement in aerobic performance capacity. *Journal of Applied Physiology*, 100(4), 1238-1248.
- Gonzalez, A. M., Hoffman, J. R., Stout, J. R., Fukuda, D. H., & Willoughby, D. S. (2016). Intramuscular Anabolic Signaling and Endocrine Response Following Resistance Exercise: Implications for Muscle Hypertrophy. *Sports Medicine*, 46(5), 671-685.
- Hakkinen, K., & Komi, P. (1983). Electromyographic changes during strength training

- and detraining. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 15(6), 455-460.
- Heinonen, I., Bucci, M., Kemppainen, J., Knuuti, J., Nuutila, P., Boushel, R., & Kalliokoski, K. K. (2012). Regulation of subcutaneous adipose tissue blood flow during exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 112(6), 1059-1063.
- Hoppeler, H., Vogt, M., Weibel, E. R., & Flück, M. (2003). Response of Skeletal Muscle Mitochondria to Hypoxia. *Experimental Physiology*, 88(1), 109-119.
- Kon, M., Ohiwa, N., Honda, A., Matsubayashi, T., Ikeda, T., Akimoto, T., Suzuki, Y., Hirano, Y., & Russell, A. P. (2014). Effects of systemic hypoxia on human muscular adaptations to resistance exercise training. *Physiological Reports*, 2(6), e12033.
- Kurobe, K., Huang, Z., Nishiwaki, M., Yamamoto, M., Kanehisa, H., & Ogita, F. (2015). Effects of resistance training under hypoxic conditions on muscle hypertrophy and strength. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35(3), 197-202.
- Manimmanakorn, A., Hamlin, M. J., Ross, J. J., Taylor, R., & Manimmanakorn, N. (2013). Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(4), 337-342.
- Mazzeo, R. S. (2008). Physiological Responses to Exercise at Altitude: An Update. *Sports Medicine*, 38(1), 1-8.
- Namboonlue, C., Hamlin, M. J., Sirasaporn, P., Manimmanakorn, N., Wonnabussapawich, P., Thuwakum, W., Sumethanurakkhakun, W., & Manimmanakorn, A. (2020). Optimal degree of hypoxia combined with low-load resistance training for muscle strength and thickness in athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(2), 828-838.
- Nishimura, A., Sugita, M., Kato, K., Fukuda, A., Sudo, A., & Uchida, A. (2010). Hypoxia Increases Muscle Hypertrophy Induced by Resistance Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 497-508.
- Powell, K. E., Heath, G. W., Kresnow, M.-J., Sacks, J. J., & Branche, C. M. (1998). Injury rates from walking, gardening, weightlifting, outdoor bicycling, and aerobics: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(8), 1246-1249.
- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., & Wolfe, R. R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 265(3), E380-E391.

- Scott, B. R., Goods, P. S. R., & Slattery, K. M. (2016). High-Intensity Exercise in Hypoxia: Is Increased Reliance on Anaerobic Metabolism Important? *Frontiers in Physiology*, 7, 1-4.
- Thuwakum, W., Hamlin, M. J., Manimmanakorn, N., Leelayuwat, N., Wonnabussapawich, P., Boobpachatt, D., & Manimmanakorn, A. (2017). Low-load resistance training with hypoxia mimics traditional strength training in team sport athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(1), 240-247.
- Tschöp, M., Strasburger, C. J., Hartmann, G., Biollaz, J., & Bärtsch, P. (1998). Raised leptin concentrations at high altitude associated with loss of appetite. *Lancet*, 312, 1119-1120.
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Raastad, T. (2008). Ischemic strength training: A low-load alternative to heavy resistance exercise?: Ischemic strength training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(4), 401-416.
- West, J. B. (1996). Prediction of barometric pressures at high altitudes with the use of model atmospheres. *Journal of Applied Physiology*, 81(4), 1850-1854.
- Wiesner, S., Haufe, S., Engeli, S., Mutschler, H., Haas, U., Luft, F. C., & Jordan, J. (2010). Influences of Normobaric Hypoxia Training on Physical Fitness and Metabolic Risk Markers in Overweight to Obese Subjects. *Obesity*, 18(1), 116-120.
- Yan, B., Lai, X., Yi, L., Wang, Y., & Hu, Y. (2016). Effects of Five-Week Resistance Training in Hypoxia on Hormones and Muscle Strength: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 184-193.

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

จากการสุ่มสุ่มสุ่มเป็นประจำ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกและสมรรถภาพปอดในนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย เพศชายที่สุ่มสุ่มสุ่มเป็นประจำ

สมมติฐานการวิจัย

การฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้อง สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกและสมรรถภาพปอดในนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย เพศชายที่สุ่มสุ่มสุ่มเป็นประจำได้แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

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 คนขอถอนตัวออกจากทดลองด้วยเหตุผลส่วนตัว ดังนั้นเมื่อสิ้นสุด

การทดลองจึงมีผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด 15 คน ดังนี้ กลุ่มทดลอง 8 คน และ กลุ่มควบคุม 7 คน

เกณฑ์การคัดเข้า

1. เพศชาย สุขภาพดี อายุ 18-22 ปี
2. มีพฤติกรรมสุ่มสุ่มสุ่มเป็นประจำทุกวัน 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

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจโดยใช้เครื่องวัดแรงดันในการหายใจ (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) ผู้ถูกทดสอบจะเริ่มต้นด้วยการนอนหงายราบไปกับพื้นโดยมีเลื้อปรองไว้ งอเข่า 90° องศาเท้าส้นสัมผัสราบไปกับพื้น 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 (ทำสลับต่อเนื่อง)



2.Cross curl-up

(ทำสลับข้างต่อเนื่อง)



4.Heel Touches

ยกตัวเอื้อมแตะข้อเท้าทำสลับข้างต่อเนื่อง



6.Side plank

ทำทั้ง2ด้าน



8.Reverse curl

งอสะโพกยกขาขึ้นลง



1.Knee crunch

ยกลำตัวส่วนบนขึ้น-ลง



3.Single leg crunch

ยกขาขึ้นหนึ่งข้างพร้อมยกลำตัวเข้าหาเท้า (ทำสลับข้างต่อเนื่อง)



5.Beetle crunch

ยกขาแตะเข่าขึ้นเอื้อมมือข้างตรงข้ามมาแตะที่เท้า (ทำสลับข้างต่อเนื่อง)



7.Side Plank

ทำทั้ง2ด้าน



ท่าออกกำลังกายใน 4 สัปดาห์หลัง

2.Butterfly crunch

ยกลำตัวขึ้น-ลง เอื้อมมือไปด้านหลัง



4.Feet up crunch

ยกลำตัวส่วนบนขึ้นขึ้น เอื้อมมือแตะที่ปลายเท้า สลับขึ้นลง



6.Downward facing dog

ตั้งทวารขึ้นเหยียดตอกพื้นลำตัวเป็นรูปสามเหลี่ยม สลับไปมา



8.Four stroke leg raise

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



รูปที่ 1 ท่าในการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้อง (อ้างอิงจากการศึกษาของ Rodriguez และคณะ (2014))

7 คน ผลของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เพอร์เซ็นต์ไขมัน 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
จำนวนบุหรี่ที่สูบต่อวัน(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 จากการศึกษที่ผ่านมาพบว่า 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) จากการฝึกกล้ามเนื้อหน้าท้องต่อไป

ผลต่อความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อหน้าท้อง

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

เป็นการฝึกที่ใช้การทำงานของกล้ามเนื้อ Rectus abdominis เป็นหลัก (Oliva-Lozano & Muyor, 2020) รวมทั้งท่าทางการฝึกที่ใช้กล้ามเนื้อ 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.

ผลของการฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศที่มีต่อประสิทธิภาพในการเข้าทำของนักกีฬาตาสากลระดับมหาวิทยาลัย

ศิรประภา พานทอง และนางค์ ศรีหิรัญ

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Received : 29 May 2561 / Revised : 15 July 2563 / Accepted : 31 March 2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศที่มีต่อประสิทธิภาพในการเข้าทำของนักกีฬาสากล

วิธีการดำเนินงานวิจัย นักกีฬาสากล เพศชาย จากชมรมตาสากล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 24 คน เข้าร่วมในการวิจัยโดย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศที่ความหนัก 75% ของหนึ่งอาร์เอ็ม และกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการฝึกการเข้าทำแบบไม่มีแรงต้าน ทั้ง 2 กลุ่มฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ก่อนและหลังการทดลองทดสอบข้อมูลทั่วไป ความแข็งแรงสูงสุดของการเข้าทำ เวลาในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง และเวลาในการเข้าทำแบบซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทั้งก่อนและหลังการฝึกด้วยการทดสอบค่าทีแบบอิสระ และทดสอบค่าทีแบบรายคู่ ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผลการวิจัย

ภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสูงสุดของการเข้าทำเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเวลาในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง และเวลาในการเข้าทำแบบซ้ำน้อยกว่ากลุ่มควบคุมภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย

การฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศสามารถพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของการเข้าทำเวลาในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง และเวลาในการเข้าทำแบบซ้ำได้ดีกว่าการฝึกการเข้าทำแบบไม่มีแรงต้าน ดังนั้นรูปแบบการฝึกนี้ สามารถนำไปใช้ฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถในการเข้าทำของนักกีฬาสากลได้

คำสำคัญ: การเข้าทำ/แรงดันอากาศ/ประสิทธิภาพในการเข้าทำ/กีฬาสากล

EFFECTS OF ATTACK TRAINING WITH PNEUMATIC RESISTANCE ON LUNGE PERFORMANCE IN UNIVERSITY FENCERS

Siraprapa Panthong and Kanang Srihirun

Faculty of Sport Science, Chulalongkorn University

Received: 29 May 2018 / Revised: 15 July 2020 / Accepted: 31 March 2021

Abstract

Purpose To examine the effects of attack lunge training with pneumatic resistance on lunge performance in university fencers.

Methods Twenty-four male fencers from Chulalongkorn University, aged between 18-22 years, were recruited for this study. They were randomly divided into two groups: an experimental group ($n=12$) who performed an attack lunge training program with pneumatic resistance at 75% of 1 repetitive maximum (1 RM) and a control group ($n=12$) who performed an attack lunge training program without resistance. Both groups were trained twice a week for 6 weeks. General physical characteristics, maximum strength during a lunge, time to change of directions, and time to repeat lunge ability were measured before and after training. Dependent variables were analyzed using pair t-test and independent t-test. A p -value $< .05$ was considered the statistical significance.

Results After 6 weeks of training, the mean value of maximum strength of lunge in the experimental group was significantly higher than that in the control group ($p < .05$). In addition, the mean values of time to change of directions and time to repeat lunge ability in the experimental group were lower compared to before training and the control group ($p < .05$).

Conclusion: A 6-week of attack lunge training with pneumatic resistance training program had positive effects on strength, time to change of directions and time to repeat lunge ability compared to similar training program without resistance. This indicated that the attack lunge training with pneumatic resistance training in the present study can be used as an adjunctive training program for improving performance of fencers.

Key Words: Attack lunge/Pneumatic resistance/Lunge performance/Fencing

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การแข่งขันกีฬาดาบสากลมีทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ ดาบฟอลซ์ ดาบเอเป้ และดาบเซเบอร์ (Gresham-Fiegel, House, and Zupan, 2012) มีพื้นที่สนามทั้งหมด 14×2 เมตร โดยเริ่มทำการแข่งขันในรอบพบกันหมด (Pool round) มีคะแนนรอบละ 5 คะแนน ในแต่ละรอบของการแข่งขัน และผู้เข้ารอบจะได้ทำการแข่งในรอบแพ้คัดออก (Elimination round) มีคะแนนรวม 15 คะแนน ประกอบด้วยการแข่งขันทั้งหมด 3 เซต ซึ่งการทำแต้มของนักกีฬาจะถูกกำหนดด้วยความเร็ว (Speed) และความแข็งแรงแบบพลังระเบิด (Explosive force) แต่กีฬาดาบสากลเป็นกีฬาที่มีการเคลื่อนไหวด้วยท่าทางข้างซ้าย-ขวาที่ไม่สมมาตรกัน (Asymmetry) โดยมีการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบน และส่วนล่างในรูปแบบที่แตกต่างกัน เพื่อนำอาวุธไปสัมผัสเป้าหมายของคู่ต่อสู้ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งการเคลื่อนไหวดังกล่าวต้องอาศัยการควบคุมทั้งระบบประสาทและประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวไปข้างหน้า ถอยหลัง วิ่ง และการเข้าทำ (Trautmann, Martinelli, and Rosenbaum, 2011; Tsolakis, Bogdanis, and Vagenas, 2006) ท่าพื้นฐานของกีฬาดาบสากลที่ใช้ในการฝึกและแข่งขัน ได้แก่ อังการ์ด (On guard) เป็นท่าที่ใช้ในการเตรียมพร้อมการเคลื่อนไหว และจังหวะสุดท้ายของการเข้าโจมตี จะเกิดแรงระเบิดในการเข้าทำ (Explosive lunge)

การศึกษาการเคลื่อนไหวคิเนติกส์ของท่า “ลันจ์” ในระยะครึ่งส่วนล่างของกีฬาดาบสากลพบว่า เกิดจากการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Joint motion) ได้แก่ ข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า จึงทำให้เกิดการส่งแรงเคลื่อนไหวในการเข้าทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Chen et al., 2017) โดยลันจ์จะเริ่มต้นจากการเหยียดเข่า (Knee extensors) ของเท้าข้างที่ถนัด จากนั้นเกิดแรงถีบตัวออกหรือการเคลื่อนที่แบบแรงระเบิด (Explosive

movement) ไปข้างหน้าจากการเหยียดเข่า (Knee extensors) ของเท้าข้างที่ไม่ถนัด ร่วมกับการงอสะโพก (Hip flexors) ของเท้าข้างที่ถนัด ในขณะที่เท้าข้างที่ถนัดจะลอยเหนือพื้นและสิ้นสุดเมื่อการเหยียดสะโพก (Hip extensor muscle) ไปด้านหน้าทำให้ปลายเท้าข้างที่ถนัดสัมผัสพื้นส่วนมากพลังกล้ามเนื้อได้มาจากเท้าข้างที่ไม่ถนัด โดยเริ่มจากการการกดปลายเท้าลง (Plantar flexors) ตามด้วย การเหยียดเข่า (Knee extensors) และการกางสะโพก (Hip abductors) (Morris, and Robertson, 2011) ดังนั้นสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาดาบสากลจะต้องมีความแข็งแรง (Strength) ความเร็ว (Speed) และพลัง (Power) ช่วยในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า รวมถึงการรับรู้การกระทำของคู่ต่อสู้ และระยะเวลาเคลื่อนที่ (Movement time) (Turner et al., 2013) หรือการเปลี่ยนทิศทางในการเคลื่อนไหว (Change of direction) ได้อย่างรวดเร็ว (Tsolakis et al., 2010) รวมถึงการเร่งความเร็ว (Acceleration) จากตำแหน่งเริ่มต้นไปจนถึงตำแหน่งสิ้นสุดที่สามารถนำปลายดาบสัมผัสเป้าหมายของคู่ต่อสู้ได้อย่างรวดเร็ว และเกิดความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยที่สุดในการเข้าโจมตีเป้าหมายของคู่ต่อสู้ทั้งในขณะการฝึกซ้อมและการแข่งขันได้ดีกว่าเดิม (Tsolakis and Bogdanis, 2012)

ดังนั้นการพัฒนาสมรรถภาพร่างกายของนักกีฬาดาบสากลจึงมีความสำคัญมาก ปัจจุบันมีรูปแบบการฝึกหลากหลายรูปแบบที่สามารถนำมาพัฒนาความแข็งแรง ความเร็ว และพลัง (Lim et al., 2012) เพื่อนำไปสู่การเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพในนักกีฬาดาบสากล จากการศึกษาค้นคว้ารูปแบบการฝึกทางด้านสามารแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก (Weight or resistance training) และการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ (Pneumatic training) โดยในการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ แรงต้านที่มาจาก

แรงดันอากาศจะให้สัดส่วนแรงตามการเคลื่อนไหว (Frost et al., 2010) เป็นไปตามสมการ แรง (Force) = มวล (mass) $\times$ ความเร่ง (acceleration) จึงทำให้แรงต้านมีความสม่ำเสมอในทุกช่วงของการออกแรง ทำให้สามารถเพิ่มความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อได้เป็นอย่างดี จึงทำให้การฝึกด้วยแรงดันอากาศมีความเหมาะสมสำหรับการฝึกความเร็วที่มีลักษณะพิเศษ (Frost, 2015) ในทางกลับกัน แรงต้านที่ได้จากยกน้ำหนัก จะขึ้นอยู่กับแผ่นน้ำหนักทั้งหมด ดังนั้นจะทำให้เกิดแรงเฉื่อยในการเคลื่อนไหวที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งทำให้น้ำหนักหรือแรงต้านที่ได้รับนั้นไม่คงที่ในทุกช่วงของการเคลื่อนไหว (Graves et al., 1989) นอกจากนี้

ในปี 2011 โพลีควิน และคณะ (Poliquin et al., 2011) ได้ทำการศึกษารูปแบบการฝึกด้วยแรงต้านแบบมีการพักระหว่างการออกแรง (Cluster resistance training) ในระยะเวลา 10-30 นาที พบว่าส่งผลให้นักกีฬาสามารถออกแรงได้มากขึ้นในรูปแบบการฝึกแรงแบบระเบิด และยังพบว่าทำให้เกิดความเมื่อยล้าน้อยกว่าการฝึกแรงต้านแบบดั้งเดิม ต่อมาในปี 2013 ฮาร์ดี และคณะ (Hardee et al., 2013) ได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการฝึกแรงต้านแบบมีการพักระหว่างการออกแรงทำให้พลังโดยรวมของแต่ละเซตมีค่ามากกว่าการฝึกด้วยแรงต้านแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ ในปี 2008 ฟรอสต์ และคณะ (Frost, Cronin, and Newton, 2008) ได้ทำการเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวแบบคิเนมาติกส์ คิเนติกส์ และการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างการฝึกด้วยแรงดันอากาศและการฝึกด้วยน้ำหนัก พบว่าการฝึกด้วยแรงดันอากาศจะส่งผลดีกว่าการฝึกด้วยแรงต้าน หรือการฝึกด้วยบอลลิสติกเพียงการฝึกอย่างใดอย่างหนึ่ง ต่อมาในปี 2014 ริดอนโดและคณะ (Redondo et al., 2014) ได้ศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ที่มีต่อเวลาเคลื่อนที่ของ

นักกีฬาตาสากล โดยกลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกความแข็งแรงสูงสุด และฝึกความแข็งแรงแบบแรงระเบิดจำนวน 3 เซต 6 ครั้ง ที่ความหนัก 75% ของหนึ่งอาร์เอ็ม พักระหว่างเซต 3 นาที ทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ พบว่า ความแข็งแรงสูงสุดและความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 6 และในสัปดาห์ที่ 12 ขณะที่เวลาการเคลื่อนที่ลดลงอย่างชัดเจน และในปี 2015 (Apanukul, Suwannathada and Intiraporn, 2015) ได้ทำการศึกษาการฝึกแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส พบว่า การฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศได้ผลดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักเพียงอย่างเดียวสำหรับการพัฒนาพลังอดทนและพลังสูงสุด จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการฝึกด้วยแรงดันอากาศจะสามารถพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และความเร็วในนักกีฬาได้ดี ซึ่งเป็นสมรรถภาพที่สำคัญสำหรับนักกีฬา อย่างไรก็ตามรูปแบบการฝึกควรมีความเฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาที่ฝึกตาสากล

ในการพัฒนาประสิทธิภาพในการเข้าท่าของนักกีฬาตาสากลจำเป็นที่จะต้องพัฒนากล้ามเนื้อส่วนล่างให้มีพลังสูงสุด (Peak power) พลังอดทน (Power endurance) ความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength) ความเร็วสูงสุด (Maximum speed) และความอดทนแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic endurance) (Turner et al., 2016) อีกทั้งยังต้องพัฒนาระบบประสาทกล้ามเนื้อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (Mihalik et al., 2008) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำรูปแบบการฝึกการเข้าท่าด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศที่มีต่อประสิทธิภาพในการเข้าท่าในนักกีฬาตาสากล โดยทำการศึกษาดูว่า ความแข็งแรงสูงสุดของการเข้าท่า (Maximum strength of lunge) เวลาในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง (Time to

change of directions) และเวลาในการเข้าทำแบบซ้ำ (Time to repeat lunge ability) ที่เป็นองค์ประกอบส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเข้าทำของนักกีฬาตาสากล ในการศึกษาที่ผ่านมาอันยังไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศที่มีต่อประสิทธิภาพในการเข้าทำในนักกีฬาตาสากล ซึ่งผู้วิจัยหวังว่ารูปแบบการฝึกซ้อมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถของนักกีฬาตาสากลได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศที่มีต่อประสิทธิภาพในการเข้าทำของนักกีฬาตาสากล
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศและการฝึกการเข้าทำแบบไม่มีแรงต้านต่อประสิทธิภาพในการเข้าทำของนักกีฬาตาสากล

สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเข้าทำของนักกีฬาตาสากลดีขึ้นกว่าการฝึกการเข้าทำแบบไม่มีแรงต้าน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment research design) และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองเมื่อวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2561

กลุ่มตัวอย่าง

นักกีฬาตาสากล เพศชาย จากชมรมตาสากล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 24 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ด้วยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีจับคู่ (Match pair) เรียงลำดับตามความสามารถโดยใช้ความแข็งแรงสูงสุดในการทำการเข้าทำมาเรียงลำดับและจัดสลับเข้ากลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองซึ่งได้รับการฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศ และกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการฝึกการเข้าทำแบบไม่มีแรงต้าน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจี-พาวเวอร์ (G*Power) เวอร์ชัน 3.0.10 กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test) ที่ 0.8 (Gentil et al., 2008) และขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ 0.6 กำหนดความมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 12 คน รวม 24 คน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาตาสากล เพศชาย ชมรมตาสากล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีอายุระหว่าง 18-22 ปี ทำการฝึกซ้อมเพื่อการแข่งขันและพัฒนาทักษะของนักกีฬา
2. มีประวัติการฝึกและแข่งขันต่อเนื่องมานานอย่างน้อย 1 ปี
3. ได้รับการฝึกตาสากลตามปกติในช่วง 2 เดือนก่อนทำการวิจัย
4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดียินยอมในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการป่วย เป็นต้น
2. มีอาการบาดเจ็บหรือประวัติการบาดเจ็บที่ขา สะโพก หรือข้อขา จะไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้

3. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ
4. เข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 80% หรือเข้าร่วมฝึกไม่ถึง 10 ครั้ง จากทั้งหมด 12 ครั้ง ตลอดช่วงระยะเวลาในการฝึก

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. การทดสอบข้อมูลทั่วไป ได้แก่ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการเข้าท่า ได้แก่ ความแข็งแรงสูงสุดของการเข้าท่า (Maximum strength of lunge) เวลาในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง (Time to change of directions) และเวลาในการเข้าท่าแบบซ้ำ (Time to repeat lunge ability)

2. ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน เข้ารับการฝึก ดังนี้

- กลุ่มทดลอง ได้รับการฝึกการเข้าท่าด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศความหนักที่ 75% ของอาร์

เอ็มจำนวน 4 เซต 6 ครั้ง และพักระหว่างเซต 3 นาที โดยทำการฝึกทั้งหมด 2 วัน ได้แก่วันจันทร์ และวันพุธ ใช้เวลาฝึกประมาณ 1 ชั่วโมง ในเวลา 16:00-17:00 น. ก่อนการฝึกซ้อมปกติ ณ อาคารศูนย์ทดสอบวิจัย วัสดุ อุปกรณ์ทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- กลุ่มควบคุม ได้รับการฝึกการเข้าท่าแบบไม่มีแรงต้าน ทำการฝึกทั้งหมดจำนวน 4 เซต 6 ครั้ง และพักระหว่างเซต 3 นาที โดยทำการฝึกทั้งหมด 2 วัน ได้แก่ วันจันทร์ และวันพุธ ใช้เวลาในการฝึก 2 ชั่วโมง โดยเริ่มตั้งแต่เวลา 16:00-17:00 น. ส่วนในวันศุกร์ และวันเสาร์จะเป็นการฝึกแบบประลอง หรือเสมือนการแข่งขันจริง ใช้เวลาในการฝึก 3 ชั่วโมง โดยเริ่มตั้งแต่เวลา 17:00-20:00 น. และ 09:00-12:00 น. ตามลำดับสถานที่ฝึก อาคารเฉลิมราชสุตาภิพาสถาน

3. ภายหลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์ ผู้วิจัยจะทำการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) เพื่อตรวจ



รูปที่ 1 แสดงการฝึกการเข้าท่าด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศ



รูปที่ 2 แสดงการฝึกการเข้าท่าแบบไม่มีแรงต้าน

สอบผลของโปรแกรม โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ เช่นเดียวกับการทดสอบก่อนการทดลอง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
2. วิเคราะห์ผลของการทดสอบภายในกลุ่มโดยการทดสอบค่าที (Paired t-test) เพื่อเปรียบเทียบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ภายในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
3. วิเคราะห์ผลของการทดลองความแตกต่างของค่าทีอิสระ (Independent t-test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้งสองกลุ่มการทดลอง ทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง
4. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

1. จากตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการวิจัย ได้แก่ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างทั้ง 2 กลุ่มทั้งก่อนการฝึกและหลังการฝึก 6 สัปดาห์

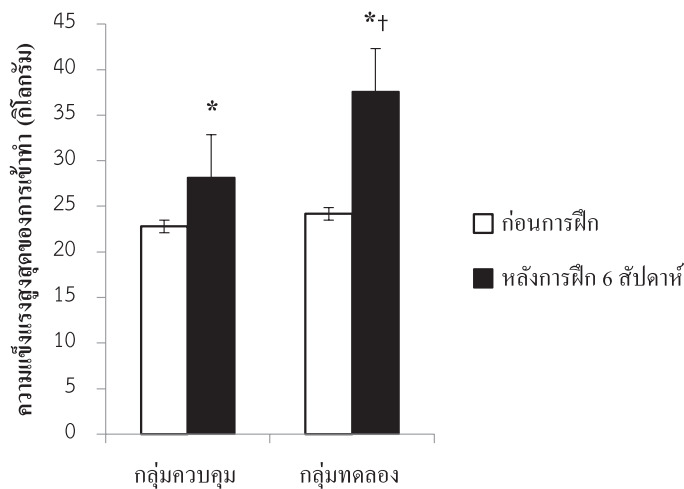
2. จากรูปภาพที่ 3-5 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของความแข็งแรงสูงสุด เวลาในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง และเวลาในการเข้าท่าแบบซ้ำก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า หลังการทดลองทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีค่าความแข็งแรงสูงสุดของการเข้าท่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่กลุ่มทดลองมีความแข็งแรงสูงสุดของการเข้าท่ามากกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลอง มีเวลาในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง และเวลาในการเข้าท่าแบบซ้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง ขณะที่ไม่พบความแตกต่างกันในกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ของตัวแปรสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=12)		กลุ่มทดลอง (n=12)	
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 6 สัปดาห์	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 6 สัปดาห์
อายุ (ปี)	20.83 $\pm$ 2.52	20.83 $\pm$ 2.52	20.25 $\pm$ 2.05	20.25 $\pm$ 2.05
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	173.05 $\pm$ 6.98	173.13 $\pm$ 7.03	175.41 $\pm$ 6.17	175.25 $\pm$ 6.17
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	71.45 $\pm$ 10.16	70.87 $\pm$ 11.07	72.82 $\pm$ 11.22	73.16 $\pm$ 11.27
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	23.54 $\pm$ 2.93	23.40 $\pm$ 3.09	23.67 $\pm$ 3.46	23.96 $\pm$ 3.50
เปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง	19.38 $\pm$ 6.94	18.61 $\pm$ 7.62	17.49 $\pm$ 4.79	16.18 $\pm$ 5.19

p > .05

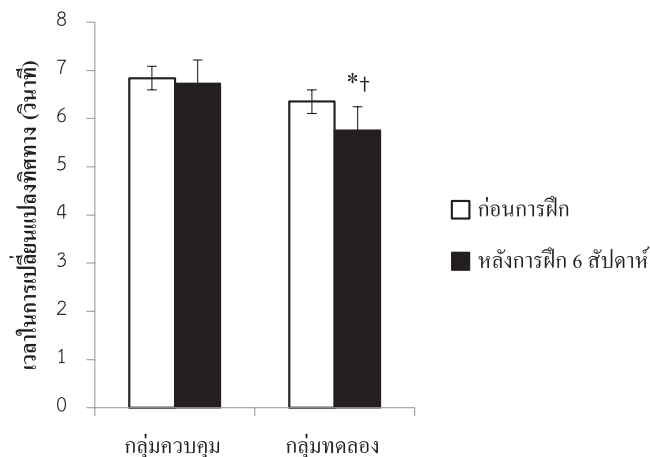
รูปที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงสูงสุดของการเข้าท่า ช่วงก่อนการฝึก และหลังการฝึก 6 สัปดาห์



* $p < .05$ แตกต่างกับก่อนการทดลองภายในกลุ่ม

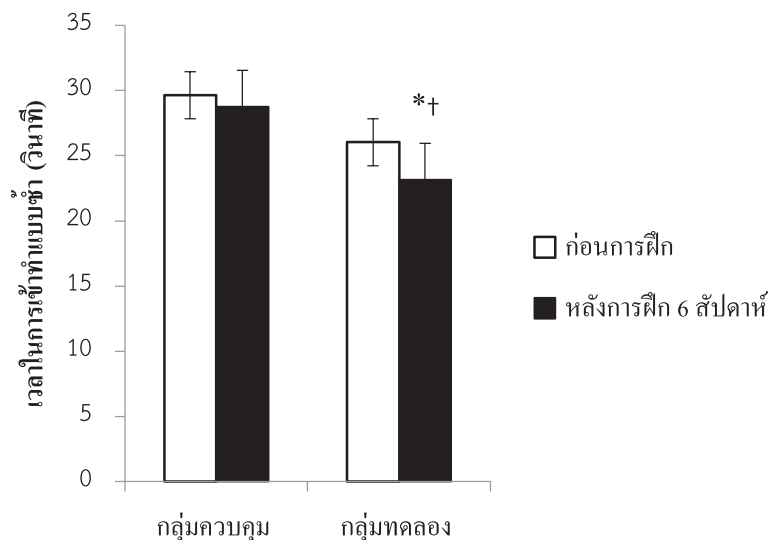
+ $p < .05$ แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์

รูปที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง ช่วงก่อนการฝึก และหลังการฝึก 6 สัปดาห์



* $p < .05$ แตกต่างกับก่อนการทดลองภายในกลุ่ม

+ $p < .05$ แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์



รูปที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรประสิทธิภาพในการเข้าท่าแบบซ้ำ ช่วงก่อนการฝึก และหลังการฝึก 6 สัปดาห์

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการฝึกการเข้าท่าด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศที่มีต่อประสิทธิภาพในการเข้าท่าของนักกีฬาตบสากล การวิจัยพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกการเข้าท่าด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศ และกลุ่มที่ได้รับการฝึกการเข้าท่าแบบไม่มีแรงต้าน มีค่าความแข็งแรงสูงสุดของการเข้าท่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจาก ทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับการฝึกการเข้าท่า 2 วัน/สัปดาห์ รวมระยะเวลา 6 สัปดาห์ ตามโปรแกรมอย่างต่อเนื่อง โดยทำที่ใช้ในการฝึกเป็นท่าที่ช่วยให้เกิดการพัฒนาคความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายจากการฝึกซ้ำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งท่าที่ใช้ในการฝึกตามโปรแกรมสอดคล้องกับเทคนิคการเคลื่อนไหวในการเข้าท่าที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง จึงทำให้เกิดการพัฒนาคความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การส่งแรงเคลื่อนไหวในการเข้าท่ามีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเกิดจากการฝึก

จนเกิดความเชี่ยวชาญที่ต้องอาศัยการควบคุมทางระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Coordination) ในการทำงานของกล้ามเนื้อที่มีความแตกต่างกัน จึงมีความสำคัญในการฝึกความแข็งแรงร่วมกับความเชี่ยวชาญเฉพาะอย่าง ดังนั้นเมื่อได้รับการฝึกการเข้าท่าแบบไม่มีแรงต้านอย่างเป็นประจำ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าท่าของนักกีฬาตบสากลได้ (Turner et al., 2013) นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกการเข้าท่าด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศมีค่าความแข็งแรงสูงสุดของการเข้าท่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกการเข้าท่าแบบไม่มีแรงต้าน เนื่องจากการฝึกแบบมีแรงต้านที่ความหนัก 75% ของอาร์เอ็ม ทำให้กล้ามเนื้อที่ใช้ในการฝึกออกแรงมากขึ้นจากแรงต้าน การเคลื่อนไหวในการฝึกต้องอาศัยพลังของกล้ามเนื้อที่ได้จากแรง (Force) และความเร็วของแรงดันอากาศ ทำให้การลั่นจันนี้อาศัยพลังระเบิดตลอดการเคลื่อนที่ของการฝึกอย่างต่อเนื่องจากแรงต้านของแรงดันอากาศ

สอดคล้องกับงานวิจัยในปี ค.ศ. 2014 (Redondo et al., 2014) กล่าวว่า การฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนัก 75% ของอาร์เอ็ม หลังจากการฝึก 6 สัปดาห์ ความแข็งแรงสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้น และหลังการฝึก 12 สัปดาห์ความแข็งแรงสูงสุด ความแข็งแรงระเบิดมีค่าเพิ่มขึ้น และเวลาในการเคลื่อนที่ลดลง อย่างไรก็ตามการเข้าทำได้ดีขึ้นนั้น ไม่ได้หมายความว่าสามารถทำได้ดีขึ้น เพราะองค์ประกอบของการทำแตรัมจากการเข้าทำประกอบด้วย เวลา ระยะทาง และการเข้าทำอย่างเจตนา ที่แสดงให้เห็นถึงพลังของกล้ามเนื้อ และความเร็วเพื่อไปถึงเป้าหมายได้โดยไม่เกิดข้อผิดพลาด (Gresham-fiegel, House and Zupan, 2013)

สำหรับเวลาในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง (Time to change of directions) และเวลาในการเข้าทำแบบซ้ำ (Time to change of directions) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเข้ารับการฝึกของกลุ่มที่ได้รับการฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศ อาจจะเป็นเพราะการฝึกด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศขณะเคลื่อนที่ในการเข้าทำเป็นการฝึกการเคลื่อนที่ที่อาศัยพลังระเบิดของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย จากการมีแรงต้านจากแรงดันอากาศขณะเคลื่อนที่ในการเข้าทำ สามารถพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง ความอดทน และความเร็วในนักกีฬา เนื่องจากการฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศช่วยเพิ่มความเมื่อยล้าให้กับกล้ามเนื้อได้มากกว่าการฝึกการเข้าทำแบบไม่มีแรงต้าน สอดคล้องกับงานวิจัยปี ค.ศ. 2013 (Peltonen et al., 2013) กล่าวว่า การฝึกด้วยแรงดันอากาศช่วยเพิ่มแรงพยายามในการฝึกได้มากขึ้น และสามารถช่วยเพิ่มความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากแรงพยายามที่มากขึ้นในขณะออกแรงของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการเร่งความเร็วในขณะการเข้าทำเพิ่มขึ้น เนื่องจากความสามารถในการเร่งความเร็วต้องอาศัยพลังระเบิด

ในการที่จะเอาชนะแรงต้านและแรงเฉื่อยในการเคลื่อนที่ (Peltonen et al., 2013) การพัฒนาประสิทธิภาพในการเข้าทำของนักกีฬาตาสากลจำเป็นที่จะต้องพัฒนากล้ามเนื้อขาที่ใช้ในการเข้าทำให้มีความแข็งแรง ความอดทน และพลัง รวมทั้งพัฒนาการเคลื่อนที่แบบซ้ำโดยอาศัยการฝึกความอดทนแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic endurance) (Turner et al., 2016) ซึ่งรูปแบบของการฝึกที่มีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วแบบซ้ำทำให้ระบบประสาทกล้ามเนื้อทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Mihalik et al., 2008) รวมถึงการเร่งความเร็ว (Acceleration) ในขณะการเข้าทำเพิ่มขึ้น เนื่องจากความสามารถในการเร่งต้องอาศัยพลังระเบิดในการที่จะเอาชนะแรงต้านและแรงเฉื่อยในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นไปจนถึงตำแหน่งสิ้นสุดเพื่อออกอาวุธไปสู่เป้าหมายได้อย่างรวดเร็ว (Tsolakis and Bogdanis, 2012)

สรุปผลการวิจัย

การฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศสามารถพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของการเข้าทำเวลาในการเปลี่ยนแปลงทิศทาง และเวลาในการเข้าทำแบบซ้ำได้มากกว่าการฝึกการเข้าทำแบบไม่มีแรงต้าน แสดงให้เห็นว่าการฝึกการเข้าทำด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศสามารถนำไปใช้ทำการฝึกเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการเข้าทำของนักกีฬาตาสากลได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศ นักกีฬาควรมีประสบการณ์ในการเข้าทำพื้นฐาน และการฝึกด้วยแรงต้าน เพื่อให้การฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้น

2. ควรหาสัดส่วนของการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศที่พัฒนากล้ามเนื้อให้เพิ่มประสิทธิภาพสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะ และทุนอุดหนุนในการทำวิจัย จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและบัณฑิตวิทยาลัย ซึ่งเป็นประโยชน์ ต่อการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Apanukul, S., Suwannathada, S., and Intiraporn, C. (2015). The Effects of Combined Weight and Pneumatic Training to Enhance Power Endurance in Tennis Players. *Journal of Exercise Physiology Online*, 18(2).
- Bird, S., M Tarpenning, K., & Marino, F. (2005). *Designing Resistance Training Programmes to Enhance Muscular Fitness* (Vol. 35).
- Bompa, T. O. (1999b). *Preiodization training for sport : Programs for peak strength in 35 sport*: Toronto, Canada: Veritas.
- Bottoms, L., Greenhalgh, A., & Gregory, K. (2013). The effect of caffeine ingestion on skill maintenance and fatigue in epee fencers. *Journal of Sports Sciences*, 31(10), 1091-1099.
- Bottoms, L., Greenhalgh, A., & Sinclair, J. (2013). Kinematic determinants of weapon velocity during the fencing lunge in experienced épée fencers. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 15(4), 109--113.
- Chen, T. L. W., Wong, D. W. C., Wang, Y., Ren, S., Yan, F., and Zhang, M. (2017). Biomechanics of fencing sport: A scoping review. *PloS one*, 12(2), e0171578.
- Christou, M., Smilios, I., Sotiropoulos, K., Volaklis, K., Pilianidis, T., & Tokmakidis, S. P. (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *The Journal of Strenght & Conditioning Research* 20(4), 783-791. doi: 10.1519/R-17254.1
- Corporation, K. (2011). when is a pound not a pound? keiser compares iron and air.
- Frost, D. M., Cronin, J. B., and Newton, R. U. (2008). A comparison of the kinematics, kinetics and muscle activity between pneumatic and free weight resistance. *European Journal of Applied Physiology*, 104(6), 937-956.
- Gresham-Fiegel, N. C., House, D. P., and Zupan, F. M. (2011). The Effect of Non-Leading Foot Placement on Power in the Fencing Lunge. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 57-63.
- Hardee, J. P., Lawrence, M. M., Zwetsloot, K. A., Triplett, N. T., Utter, A. C., & McBride, J. M. (2013). Effect of cluster set configurations on power clean technique. *Journal of Sports Sciences*, 31(5), 488-496.
- Lim, J. H., Wee, E. H., Chan, K. Q., & Ler, H. Y. (2012). Effect of Plyometric Training on the Agility of Student Enrolled in Required College Badminton Programme (Vol. 24).
- M. Gholipour, A. t. a. F. (2008). Kinematics Analysis of Lunge Fencing Using Stereophotogrametry. *World Journal of Sport Sciences*, 1, 32-37.

- Mihalik, J. P., Libby, J. J., Battaglini, C. L., and McMurray, R. G. (2008). Comparing short-term complex and compound training programs on vertical jump height and power output. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 47-53.
- Morris, N., Farnsworth, M. ., and Robertson, D. (2011). Kinetic analyses of two fencing attacks—lunge and fleche. *Journal of Sport Sciences*, 11(2), 343-346.
- N. Gresham-Fiegel, C., House, P., & Zupan, M. (2012). *The Effect of Non-Leading Foot Placement on Power and Velocity in the Fencing Lunge* (Vol. 27).
- Peltonen, H., Häkkinen, K., & Avela, J. (2013). Neuromuscular responses to different resistance loading protocols using pneumatic and weight stack devices. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(1), 118-124.
- Poliquin, C. (2001). *Modern Trends in Strength Training: Sets and Reps (Second Edition)* (4th ed. Vol. 1): CharlesPoliquin.net.
- Poulis, I., Chatzis, S., Christopoulou, K., and Tsolakis, C. (2009). Isokinetic strength during knee flexion and extension in elite fencers. *Perceptual and Motor Skills*, 108(3), 949-961.
- Redondo, J. C., J Alonso, C. J., Sedano, S., and De Benito M. A. (2014). Effects of a 12-week strength training program on experimented fencers' movement time. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3375-3384.
- Roi, G., & Bianchedi, D. (2008). The science of fencing: implications for performance and injury prevention (Vol. 38).
- Trautmann, C., Martinelli, N., and Rosenbaum, D. (2011). Foot loading characteristics during three fencing-specific movements. *Journal of Sport Sciences*, 29(15), 1585-1592.
- Tsolakis, C., and Bogdanis, G. C. (2012). Acute effects of two different warm-up protocols on flexibility and lower limb explosive performance in male and female high level athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(4), 669-675.
- Tsolakis, C., Bogdanis, G. C., and Vagenas, G. (2006). Anthropometric profile and limb asymmetries in young male and female fencers. *Journal of Human Movement Studies*, 50(3), 201-215.
- Tufano, J.J., Conlon, J.A., Nimphius, S., Brown, L.E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., and Haff, G. G. cluster sets maintain velocity and power during high-volume back squats. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7), 885-892.
- Turner, A., Miller, S., Stewart, P., Cree, J., Ingram, R., Dimitriou, L., and Kilduff, L. (2013). Strength and conditioning for fencing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(1), 1–9.
- Turner, A.N., Marshall, G., Phillips, J., Noto, A., Buttigieg, C., Chavda, S., and Kilduff, L. (2016). Physical characteristics underpinning repetitive lunging in fencing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*,

การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำ 200 เมตร ท่าฟรอนท์ ครอลในรายค์ส่วนบนของนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทย

อัศรยา ศीलสังวรณ¹ สาธิต หงษ์ทอง² โชติวิทย์ ธรรมสุจิตร์³ และชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์¹

¹คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ²ชมรมกีฬาทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

³โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน

Received: 29 May 2561 / Revised: 15 July 2563 / Accepted: 18 March 2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำท่าฟรอนท์ ครอลในระยะทาง 200 เมตร

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำท่าฟรอนท์ ครอลทีมชาติไทย เพศชายที่เข้าร่วมการแข่งขันกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 29 ณ ประเทศมาเลเซีย ปี 2560 จำนวน 7 คน การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ โดยใช้ชุดกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวทั้งบนบกและใต้น้ำรวม 16 ตัวในการเก็บข้อมูลในอุโมงค์น้ำ ที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยให้กลุ่มตัวอย่างทุกคนใส่ชุดว่ายน้ำติดมาร์คเกอร์ แล้วว่ายน้ำท่าฟรอนท์ ครอลระยะ 200 เมตร ที่ความเร็ว 75% ของความเร็วสูงสุดที่ว่ายในสระว่ายน้ำ วิเคราะห์ตัวแปรมุมและความเร็วเชิงเส้นของข้อต่อ จากนั้นนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างที่ระยะต่าง ๆ 5 ช่วง คือ 15-35 เมตร 65-85 เมตร 115-135 เมตร และ 196-200 เมตร ตามลำดับ

ผลการวิจัย พบว่าค่าเฉลี่ยของมุมหัวไหล่และข้อมือในระยะ 15-35 เมตร มีความแตกต่างจากระยะ

195-200 เมตร และค่าเฉลี่ยความเร็วของหัวไหล่ ข้อศอก และข้อมือ ลดลงในช่วงระยะ 15-35 เมตร กับช่วงระยะ 195-200 เมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 การจำลองวิถีมุมและความเร็วของข้อต่อด้วยสมการพหุคูณการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion สามารถพยากรณ์ค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 โดยพบว่าเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ให้ครบรอบเพิ่มขึ้นเมื่อระยะว่ายเปลี่ยนแปลงไป

สรุปผลการวิจัย การว่ายน้ำท่าฟรอนท์ ครอลระยะ 200 เมตรส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมุมการเคลื่อนไหวของแต่ละข้อต่อช่วงบนกับเวลา เมื่อระยะทางที่ว่ายเพิ่มขึ้น รูปแบบการเคลื่อนที่ของข้อต่อเหมือนเดิมแต่เวลาในการเคลื่อนที่ของข้อต่อจะแตกต่างกันไป จากการวิเคราะห์ด้วยสมการพหุคูณแบบ Simple Harmonic Motion พบว่าเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น เวลาการเคลื่อนที่ของข้อต่อในแต่ละสโตรกเพิ่มขึ้น ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละข้อต่อลดลง

คำสำคัญ: กีฬาว่ายน้ำ/ท่าฟรอนท์ ครอล/ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์/รายค์ส่วนบน

CHANGES IN BIOMECHANICAL VARIABLE OF 200 METRES FRONT CRAWL ON UPPER EXTREMITIES IN THAI NATIONAL SWIMMERS

Akkaraya Silsungvorn¹, Sathit Hongthong², Chotivit Tumsujit³, and Chaipat Lawsirirat¹

¹Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University ²Swimming Club, Chulalongkorn University

³Patumwan Demonstration School Srinakharinwirot University

Received: 29 May 2561 / Revised: 15 July 2563 / Accepted: 18 March 2564

Abstract

Purpose: To compare the changes in biomechanical variable during 200 metres front crawl on upper extremities in Thai nation swimmers.

Methods: Seven male front crawl Thai nation swimmers who participated in the 29th Sea Game in Malaysia volunteered for this study. Biomechanical variables, including joint angle and joint velocities were measured and analyzed using 16 surface and underwater cameras in the swimming flume at the Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University. All subjects wore a swimsuit attached with markers and swam 200 meters front crawl at 75% of their maximum swimming speed in the pool. Data were extracted and analyzed in 5 intervals, 15-35 m., 65-85 m., 115-135 m., 165-185 m., and 196-200 m., respectively.

Results: The results showed that the average angles of shoulder and wrist during 15-35 m. interval was statistically different from during 196-200 m., interval and the average

velocities of shoulder, elbow, and wrist significantly decreased from 15-35 m. to 196-200 m. intervals ($p < .05$). The trajectories of joint angles and velocities were modelled using Simple Harmonic Modelling, which accurately explained approximately 80% of the trajectory of joint angles and velocities (~80%). Analysis of Simple Harmonic Equation showed that different distances resulted in different cycle time of joint angles and velocities.

Conclusion: Swimming distances affected the angles and velocities of upper extremity joints. The trajectory of angles and velocities of upper extremity joints were similar among distance intervals; however, the movement time of joints increased as the swimming distance increased. The Analysis of Simple Harmonic revealed that as the swim distance increases the movement time in each stroke increases while the joint velocity decreases.

Key words: Swimming / Front crawl / Biomechanical variable / Upper limb

ความเป็นมาและความสำคัญ

กีฬาว่ายน้ำเป็นกีฬาที่ต้องการความเร็ว ซึ่งความเร็วในการว่ายน้ำขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ 1) ความสามารถในการผลิตกำลังเชิงกลที่ทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนสูง 2) ความสามารถในการลดแรงต้าน 3) การรักษา กำลังให้สูญเสียน้อยที่สุดในการผลักดันน้ำ (Toussaint and Truijens, 2005) ดังนั้นความสามารถที่จะว่ายน้ำให้ได้ความเร็วสูงสุดขึ้นอยู่กับ การสร้างเทคนิค ท่าทางการว่ายน้ำ หรือสโตรกแขนบริเวณใต้น้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยกลไกการสร้างกำลังหรือแรงผลักดันจะถูกสร้างขึ้นจากตัวนักกีฬาเอง (Deschodt and Arzac, 2004) ในการว่ายน้ำท่าฟรอนท์ ครอล (Front crawl) หรือท่าฟรีสไตล์ (freestyle) แรงในช่วงการขับเคลื่อน (Propulsive phase) จะเป็นตัวเอาชนะความต้านทานน้ำ แล้วทำให้เกิดความเร็ว ซึ่งความเร็วดังกล่าวถูกสร้างขึ้นจากการเคลื่อนไหวของสโตรกแขนเป็นหลัก (Figueiredo, Pendergast, Vilas-Boas, and Fernandes, 2013) โดยความเร็วในการว่ายน้ำท่า ฟรอนท์ ครอล (Front crawl) มาจากสโตรก แขน 85% (Deschodt, Arzac and Rouard, 1999) โดยวงจรของสโตรกแขนในท่า ฟรอนท์ ครอล (Front crawl) ส่วนใหญ่เกิดขึ้นใต้น้ำ คิดเป็น 51% ของเวลาในการหมุนแขนทั้งหมด โดยแบ่งเป็น จังหวะการผลัก 21% และจังหวะการดึง 30% (Callaway, 2015) แต่อย่างไรก็ตามกลไกที่เกิดขึ้นในช่วงการขับเคลื่อน (Propulsive phase) ในการว่ายน้ำ ยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างชัดเจน (Sanders, 1999; Toussaint, Carol, Kranenborg, and Truijens, 2006) ทั้งนี้งานวิจัยที่ศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อต่อในแต่ละช่วงของสโตรกแขนซึ่งเป็นลักษณะในการกำเนิดแรงและความเร็วยังมีอยู่น้อย ส่วนมากจะมีการศึกษาในเรื่องความสัมพันธ์ทางจลศาสตร์ของมือกับแรงในการขับเคลื่อน ซึ่งสังเกตได้จากรูปแบบที่แตกต่างกันของการคำนวณแรงมือ (Berger, 1999;

Gourgoulis et al., 2010; Sanders, 1999; Toussaint, Van den Berg, and Beek, 2002) ซึ่งให้เห็นว่าความเร็วในการว่ายน้ำสามารถอธิบายได้จากลักษณะของข้อมือ และท่าทางการกวาดน้ำของแขน ความเร็วของมือยังเป็นปัจจัยหลักที่สามารถใช้คาดการณ์ความเร็วในการว่ายน้ำได้ กล่าวคือการลดลงของความเร็วมือส่งผลต่อการลดลงของความเร็วในนักกีฬาว่ายน้ำด้วย (Toussaint and Truijens, 2005)

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดให้กลุ่มตัวอย่างว่ายน้ำท่าฟรอนท์ ครอล (Front crawl) ที่ระยะทาง 200 เมตร ในระยะนี้มีการใช้ระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน 45% และใช้ระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน 55% (Kachaunov, 2018) เมื่อมีการทดสอบความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดของนักกีฬาระยะว่ายน้ำ 200 เมตรพบว่าเกิดความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดสูง (Kachaunov, 2018; Vescovi, Falenchuk, & Wells, 2011) ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า (Allen, Lamb and Westerblad, 2008) นอกจากนี้ยังเป็นระยะที่นิยมใช้ทำการทดสอบระบบพลังงานของนักกีฬาว่ายน้ำอย่างแพร่หลาย (Barbosa et al., 2006; Pyne, Lee and Swanwick, 2001) โดยตัวแปรที่แสดงให้เห็นถึงความเมื่อยล้าคือการลดลงของค่าแรงไอโซเมตริก (Isometric force) ที่วัดก่อน และหลังการว่ายน้ำ 200 เมตรในท่า ฟรอนท์ ครอล (Front crawl) (Aujouannet, Bonifazi, Hintzy, Vuillerme and Rouard, 2006) และการลดลงของความเร็วของมือและประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนของจังหวะแขน (Arm-stroke) ในการว่ายน้ำ 200 เมตรในท่าฟรอนท์ ครอล (Front crawl) (Figueiredo et al., 2011) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงในความยาวของสโตรก (Stroke length; SL) และความถี่ของสโตรก (Stroke rate; SR) ระหว่างการว่ายน้ำ 200 เมตรในท่าฟรอนท์ ครอล (Front crawl) (Alberty, Sidney, Huot-Marchand,

Hespeel and Pelayo, 2005; Craig, Skehan, Pawelczyk and Boomer, 1985; Psycharakis and Sanders, 2008) กล่าวคือเมื่อความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดสูง ความเร็วในการว่ายน้ำและความยาวของสโตรก (SL) จะลดลง ส่วนความถี่ของสโตรก (SR) จะเพิ่มสูงขึ้น และความสัมพันธ์ของระยะเวลาในช่วงที่แขนอยู่เหนือน้ำ (Recovery phase) ในหนึ่งสโตรกจะลดลงในช่วงสุดท้ายของการว่ายน้ำ 200 เมตรท่าฟรอนท์ครอล (Front crawl) ดังนั้นความถี่ (SR) และความยาวของสโตรก (SL) จึงเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อความเร็ว ซึ่งในระหว่างการออกกำลังกายจนกระทั่งเกิดความล้าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสโตรกที่แตกต่างไปจากในช่วงการว่ายน้ำมาตรฐาน (Chollet, Delaplace, Pelayo, Tourny and Sidney, 1997)

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาการเคลื่อนไหวของร่างกายคนในกีฬาว่ายน้ำ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ในแต่ละช่วงของสโตรกเมื่อระยะทางในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น ผลของการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถช่วยในการสังเกตการเกิดความเมื่อยล้าในนักว่ายน้ำ เพื่อช่วยในการจัดระยะพักให้เหมาะสมเป็นการป้องกันการเกิดการบาดเจ็บจากความหนักในการฝึก และสามารถนำไปพัฒนาแผนการฝึกให้เหมาะสมในนักกีฬาแต่ละบุคคล ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำของประเทศไทยในเชิงลึก และสามารถนำไปต่อยอดองค์ความรู้ในการวิจัยที่เกี่ยวกับการว่ายน้ำต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำท่าฟรอนท์ครอลที่ช่วงระยะทางต่าง ๆ ในระยะ 200 เมตร

สมมติฐานการวิจัย

ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของร่างกายคนในขณะว่ายน้ำท่าฟรอนท์ครอล (Front crawl) ของนักกีฬาว่ายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อระยะว่ายน้ำเพิ่มขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

นักกีฬาว่ายน้ำท่าฟรอนท์ครอลทีมชาติไทยเพศชายที่เข้าร่วมการแข่งขันกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 29 ณ ประเทศมาเลเซีย ปี 2560 จำนวน 7 คน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทยท่าฟรอนท์ครอลเพศชายที่ได้เข้าร่วมการแข่งขันกีฬาซีเกมส์ครั้งที่ 29 ณ ประเทศมาเลเซีย ปี 2560 โดยการประกาศจากสมาคมว่ายน้ำแห่งประเทศไทย
2. เต็มใจเข้าร่วมการวิจัย
3. ไม่มีอาการบาดเจ็บใด ๆ ในขณะเก็บข้อมูล

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. ผู้ร่วมวิจัยขอถอนตัวจากการศึกษาวิจัย
2. ผู้ร่วมวิจัยเกิดการบาดเจ็บจนเป็นอุปสรรคต่อการวิจัย ได้แก่ นักว่ายน้ำมีอาการเจ็บบริเวณหัวไหล่หรือ เกิดอุบัติเหตุในช่วงการเก็บข้อมูลทำให้ไม่สามารถว่ายน้ำได้ เช่น กระตุกแขนหัก เป็นต้น

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นการเก็บข้อมูลที่สระว่ายน้ำเพื่อหาความเร็วในการว่ายน้ำซึ่งใช้เป็นข้อมูลความเร็วในการกำหนดความเร็วในอุโมงค์น้ำ และส่วนที่ 2 เป็นการเก็บข้อมูลในอุโมงค์น้ำเพื่อใช้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัย

1. ให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุดที่สามารถทำได้ในระยะทาง 200 เมตร โดยออกตัวจากขอบสระไม่ใช้การกระโดด ซึ่งมีผู้จับเวลาอยู่ประจำจุด 15 เมตรแรกจากจุดออกตัวที่ขอบสระและ 15 เมตรก่อนถึงจุดกลับตัวที่ขอบสระทั้งหมด 2 จุด จุดละ 3 คน โดยใช้นาฬิกาจับเวลาจับเวลาเมื่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยว่ายน้ำผ่านจุดที่ผู้จับเวลารับผิดชอบจนผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยว่ายน้ำครบระยะ 200 เมตร หลังจากนั้นนำเวลาที่ได้จากการจับเวลามาหาเวลาช่วง 20 เมตรบริเวณกลางสระว่ายน้ำ โดยนำเวลาที่จุดระยะว่ายน้ำ 35 เมตรลบกับ 15 เมตรเป็น T1 ระยะที่ 85 เมตรลบกับ 65 เมตรเป็น T2 ระยะที่ 135 เมตรลบกับ 115 เมตรเป็น T3 ระยะที่ 185 เมตรลบกับ 165 เมตรเป็น T4 โดยผู้วิจัยจะจับเวลาเมื่อหัวของนักกีฬาว่ายน้ำผ่านจุดจับเวลา จากนั้นผู้วิจัยจะคำนวณหาความเร็วด้วยสูตร $Velocity (V) = Distance (S) / time (t)$ แล้วจึงนำ V1, V2, V3 และ V4 มาหาค่าเฉลี่ยจะได้ความเร็วเฉลี่ยไปใช้ในการกำหนดความเร็วในอุโมงค์น้ำ

2. เก็บข้อมูลที่อุโมงค์น้ำ ผู้วิจัยทำการติดมาร์คเกอร์ทั้งหมด 7 จุด ได้แก่ Suprasternal notch, Spinous process of 7th cervical vertebra, Spinous process of 8th thoracic vertebra, Lateral epicondyles of the humerus, Radial styloid process และ 3rd metacarpals (Ceccon et al., 2013; Wu et al., 2005) ทั้งนี้จะติดมาร์คเกอร์ในแขนขวาเพียงข้างเดียว โดยทำการติดมาร์คเกอร์กับชุดว่ายน้ำแบบเต็มตัว (เหมือนกับชุดของนักประดาน้ำ) โดยเย็บมาร์คเกอร์ให้ติดกับชุดตามจุดสำคัญทางกายวิภาคให้เหมาะสมกับการเคลื่อนไหวแบบสามมิติ เพื่อป้องกันไม่ให้หลุดขณะว่ายน้ำ แล้วให้นักกีฬาลงไปว่ายน้ำในอุโมงค์น้ำในความเร็วที่ 75% ของความเร็วเฉลี่ยที่สระ ทำการบันทึกข้อมูลด้วยชุดกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวบน

บก 9 ตัวและในน้ำ 7 ตัวในความเร็ว 120 เอิร์ต แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ต่อไปโดยแบ่งเป็น 5 ช่วง 1) ช่วง 15-35 เมตร 2) ช่วง 65-85 เมตร 3) ช่วง 115-135 เมตร 4) ช่วง 165-185 เมตร 5) ช่วง 196-200 เมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยกำหนดตัวแปรของมุมจากมาร์คเกอร์ 3 จุด ดังนี้

1. **มุมหัวไหล่** เกิดจาก Spinous process of 7th cervical vertebra, Acromion process และ Lateral epicondyles of the humerus

2. **มุมข้อศอก** เกิดจาก Acromion process, Lateral epicondyles of the humerus และ Ulnar styloid process

3. **มุมข้อมือ** เกิดจาก Lateral epicondyles of the humerus, Ulnar styloid process และ 3rd metacarpals

1. ทดสอบความแตกต่างระหว่างมุมการเคลื่อนไหวของแต่ละข้อต่อ ณ ระยะการว่ายน้ำที่แตกต่างกันโดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติแบบความแปรปรวนทางเดียว (One-way repeated measure ANOVA with post-hoc Bonferroni) ในทุกการวิเคราะห์ทางสถิติผู้วิจัยใช้ระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05

2. การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวใน 1 ช่วงการดึงแขน ณ ระยะการว่ายน้ำที่แตกต่างกัน จากสมการพยากรณ์ด้วยสมการการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion ชนิด Damped Spring

ผลการวิจัย

การทดสอบความแตกต่างระหว่างมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ณ ระยะการว่ายน้ำที่แตกต่างกัน

1. การวิเคราะห์มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อแต่ละข้อต่อ ณ ระยะว่ายต่างๆ ด้วยวิธี One-way ANOVA พบว่าระยะทางการว่ายน้ำที่แตกต่างกันจะทำให้มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อแต่ละข้อต่อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.1 เมื่อวิเคราะห์ Post-hoc Analysis ด้วยวิธี LSD มุมการเคลื่อนไหวของหัวไหล่ที่ระยะว่าย 15-35 เมตร แตกต่างกับมุมการเคลื่อนไหวของหัวไหล่ที่ระยะว่าย 165-185 เมตร และ 196-200 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2 เมื่อทำการวิเคราะห์ Post Hoc Analysis ด้วยวิธี LSD พบว่ามุมการเคลื่อนไหวของข้อศอกที่ระยะ 65-85 เมตร แตกต่างกับมุมการเคลื่อนไหวของข้อศอกที่ระยะ 15-35 เมตร และระยะ 115-135 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

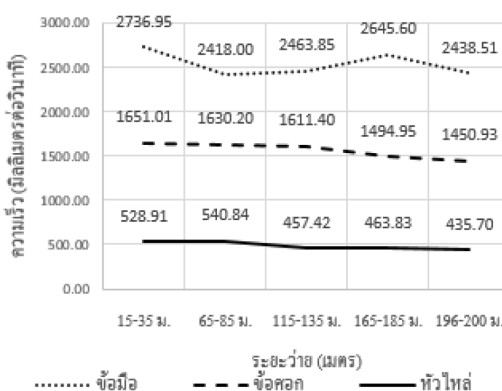
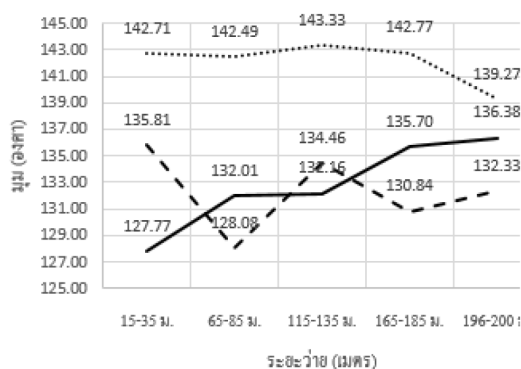
1.3 เมื่อทำการวิเคราะห์ Post Hoc Analysis ด้วยวิธี LSD พบว่ามุมการเคลื่อนไหวของข้อมือที่ระยะ 196-200 ม. แตกต่างกับมุมการเคลื่อนไหวของข้อมือที่ระยะ 15-35 เมตร ระยะ 65-85 เมตร ระยะ 115-135 เมตร และระยะ 165-185 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้อต่อและระยะทางดังแสดงในรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าข้อมือมีมุมการเคลื่อนไหวที่มากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยของมุมของข้อมือจะลดลงเมื่อระยะว่ายสูงขึ้น แต่ค่าเฉลี่ยของมุมของหัวไหล่จะแปรผันตรงกับระยะว่าย โดยมุมของหัวไหล่จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะว่ายเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของมุมของข้อศอกมีมุมการเคลื่อนไหวที่ไม่แน่นอน

การทดสอบความแตกต่างระหว่างความเร็วของข้อต่อ ณ ระยะการว่ายที่แตกต่างกัน

2. การวิเคราะห์ความเร็วของข้อต่อแต่ละข้อต่อ ณ ระยะว่ายต่างๆ ด้วยวิธี One-way ANOVA พบว่าระยะทางการว่ายน้ำที่แตกต่างกันจะทำให้ความเร็วของข้อต่อแต่ละข้อต่อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.1 เมื่อวิเคราะห์ Post-hoc Analysis ด้วยวิธี LSD ความเร็วเฉลี่ยของหัวไหล่ที่ระยะว่าย 15-35 เมตร แตกต่างกับความเร็วเฉลี่ยที่ระยะว่าย 115-135 เมตร และ 196-200 เมตร ขณะที่ความเร็วเฉลี่ยของหัวไหล่ที่ระยะว่าย 65-85 เมตร แตกต่างกับความเร็วเฉลี่ยที่ระยะว่าย 115-135 เมตร ระยะ 165-185 เมตร และระยะ 196-200 เมตร



รูปที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของมุมและความเร็วของแต่ละข้อต่อ ที่ระยะว่ายต่างๆ ของการว่าย 200 เมตร ท่าฟรอนท์ครอล

2.2 เมื่อทำการวิเคราะห์ Post-hoc Analysis ด้วยวิธี LSD พบว่าความเร็วเฉลี่ยของข้อศอกที่ระยะ 196-200 เมตร แตกต่างกับความเร็วเฉลี่ยของข้อศอกที่ระยะ 15-35 เมตร ระยะ 65-85 เมตร และระยะ 115-135 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

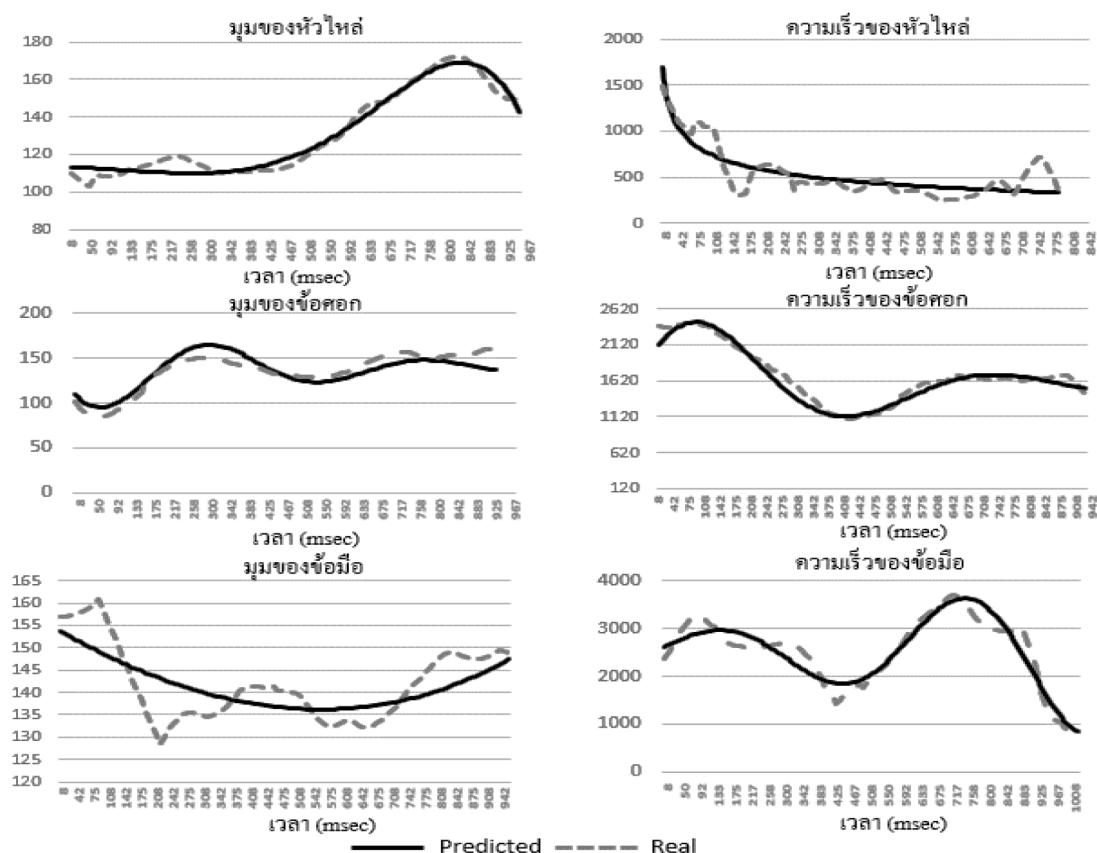
2.3 เมื่อทำการวิเคราะห์ Post-hoc Analysis ด้วยวิธี LSD พบว่าความเร็วเฉลี่ยของข้อมือที่ระยะ 15-35 เมตร แตกต่างกับความเร็วเฉลี่ยของข้อมือที่ระยะ 65-85 เมตร ระยะ 115-135 เมตร และระยะ 196-200 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้อต่อและระยะทางดังแสดงในรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าความเร็วเฉลี่ยข้อมือมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือความเร็วเฉลี่ยของ

ข้อศอก และความเร็วเฉลี่ยของหัวไหล่มีค่าน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบอีกว่าความเร็วของการว่ายน้ำในช่วงเริ่มต้นคือระยะ 15-35 ม. มีค่าสูงกว่าความเร็วของข้อต่อต่างๆ ในระยะเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของมุมการเคลื่อนที่ ณ ระยะการว่ายน้ำที่แตกต่างกัน

3. เพื่อให้การวิเคราะห์เป็นไปอย่างสมบูรณ์ผู้วิจัยได้สร้างสมการพยากรณ์มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ณ ระยะการว่ายน้ำต่างๆ แบบ Simple Harmonic Motion รูปแบบ Damped Spring ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการอธิบายการเคลื่อนที่ได้ดังนี้ $x(t) = Ae^{-bt} \cos(2\pi t + \theta)$ เมื่อ $x(t)$ คือมุมการเคลื่อนไหวของหัวไหล่ A คือค่าคงที่ใด ๆ ทั้งนี้ในการเคลื่อนที่แบบ Simple



รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบโมเดลมุมและความเร็วกับค่าเฉลี่ยของมุมและความเร็วของแต่ละข้อต่อ

Harmonic Motion หมายถึงแอมพลิจูด หรือหมายถึง ระยะการกระจัดสูงสุดของคลื่น b คือค่าคงที่ใด ๆ เป็น ค่า discounted factor ของ Damped Spring t คือลำดับเฟรมหรือเวลา และ θ คือเฟสหรือมุมการ เคลื่อนที่เริ่มต้นจากกราฟ cosine และสมการ พยากรณ์ความเร็วของข้อต่อ ณ ระยะการว่ายต่าง ๆ จากสมการ $v(t)=Ae^{-bt}\cos(2\pi t+\theta)$ สำหรับข้อศอก และข้อมือ และสมการ $v(t)=at^b+c$ สำหรับหัวไหล่ b เมื่อ a b และ c คือค่าคงที่ใด ๆ โดย y ในสมการ หมายถึงความเร็วของหัวไหล่ และ x หมายถึงลำดับ เฟรม

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ของ มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่าง ๆ ณ ระยะต่าง ๆ มี ค่าแตกต่างกัน แต่จากเซลล์ Rsq ซึ่งเป็นการคำนวณ เพื่อหาความผิดพลาดจากสมการพยากรณ์จะเห็นว่า สมการพยากรณ์สามารถทำนายมุมการเคลื่อนไหวของ หัวไหล่และข้อศอกได้ถูกต้องมากกว่า 85% ในขณะที่ สามารถพยากรณ์มุมการเคลื่อนไหวของข้อมือได้แม่นยำ ถึง 60% หากพิจารณาจากรูปที่ 2 จะเห็นได้อย่าง ชัดเจนว่าลักษณะการเคลื่อนไหวของมุมของหัวไหล่จะ เป็นลักษณะคล้ายลูกคลื่น ในขณะที่ลักษณะการ เคลื่อนไหวของมุมของข้อศอกและข้อมือจะมีลักษณะ

ตารางที่ 1 แสดงพารามิเตอร์ของการประมาณค่ามุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อในระยะทางต่าง

ข้อต่อ/ระยะ		15-35 ม.	65-85 ม.	115-135 ม.	165-185 ม.	196-200 ม.	Mean
หัวไหล่	b=	-0.02235801	-0.01154176	-0.03811643	-0.00469730	-0.00469730	-0.025350
	T=	140.795	127.216	126.567	103.831	103.831	137.408
	theta =	0.340	0.850	0.791	1.158	1.158	0.432
	A=	-7.325	-16.199	-2.020	-20.997	-20.997	-5.757
	const =	112.723	122.461	114.837	133.194	133.194	115.180
	error	1471.273	2211.257	1817.419	746.946	1409.324	1259.506
	Rsq=	0.972	0.964	0.966	0.979	0.958	0.975
ข้อศอก	b=	0.052132182	0.058408656	0.02255213	0.03978401	0.024128725	0.079811
	T=	58.200	881.713	64.545	67.088	60.625	107.916
	theta =	1.324	1.552	1.415	1.326	1.101	1.479
	A=	-100.760	-1094.118	-57.830	-74.348	-50.596	-181.663
	const =	142.316	149.821	138.788	136.559	136.341	141.880
	error	8493.262	8878.412	4838.416	4593.639	3894.146	5951.838
	Rsq=	0.838	0.838	0.879	0.873	0.879	0.850
ข้อมือ	b=	-0.0096404	-0.0065384	-0.0026298	-0.003103	-0.0031277	0.0193669
	T=	2056.091	2388.527	4746.753	5279.777	4626.161	907.681
	theta =	-1.098	-1.033	-1.031	-1.138	-1.095	1.491
	A=	-287.888	-983.821	-2976.302	-2732.028	-2852.496	-292.545
	const =	283.422	674.521	1685.910	1300.296	1455.705	181.028
	error	2279.503	2300.607	3093.840	3131.076	4121.970	3891.406
	Rsq=	0.612	0.834	0.630	0.625	0.579	0.606

ตารางที่ 2 แสดงพารามิเตอร์ของสมการพยากรณ์ความเร็วของข้อต่อ ณ เวลาต่าง ๆ

ข้อต่อ/ระยะ		15-35 ม.	65-85 ม.	115-135 ม.	165-185 ม.	196-200 ม.	Mean
หัวไหล่	a=	1940.99981	1669.61073	1199.39084	9735.85917	86060.3937	-82247.1750
	b=	-236.420	130.238	83.378	-8525.736	-84874.260	83530.650
	c=	-0.268	-0.406	-0.380	-0.022	-0.002	0.003
	error	2016376.4	2394645.991	1116360.5	890838.162	1714312.8	1012113.0
	Rsqr=	0.723	0.669	0.681	0.795	0.689	0.807
ข้อศอก	b=	0.0129838	-0.00011441	0.014486408	0.017401507	0.0145638	0.024520733
	T=	63.543	63.741	66.040	74.768	63.151	66.569
	theta=	10.512	10.517	10.916	10.271	10.483	10.545
	A=	-1015.988	-489.365	-1173.933	-1049.276	-1047.457	-1175.633
	const=	1593.332	1625.176	1511.291	1388.990	1443.151	1527.488
	error	7148982.715	9866936.123	4256884.908	4544661.658	4305119.11	1469212.550
	Rsqr=	0.738	0.598	0.837	0.792	0.817	0.908
ข้อมือ	b=	-0.0200248	-0.01442367	-0.0128229	-0.0233384	-0.02300117	-0.0180549
	T=	72.701	69.021	72.443	72.702	73.615	71.113
	theta=	10.115	10.324	10.839	10.007	9.627	10.267
	A=	-210.906	-313.030	-347.582	-141.666	-152.259	-213.518
	const=	2774.283	2533.762	2528.888	2671.317	2577.383	2619.558
	error	5079944.637	6370037.599	6562341.897	5494376.508	4804481.428	2268103.751
	Rsqr=	0.861	0.896	0.898	0.873	0.924	0.967

เป็นพาราโบลามากกว่า ซึ่งจากพารามิเตอร์ที่ใช้ในการประมาณค่าสะท้อนได้จาก คาบ (T) ที่เพิ่มขึ้น

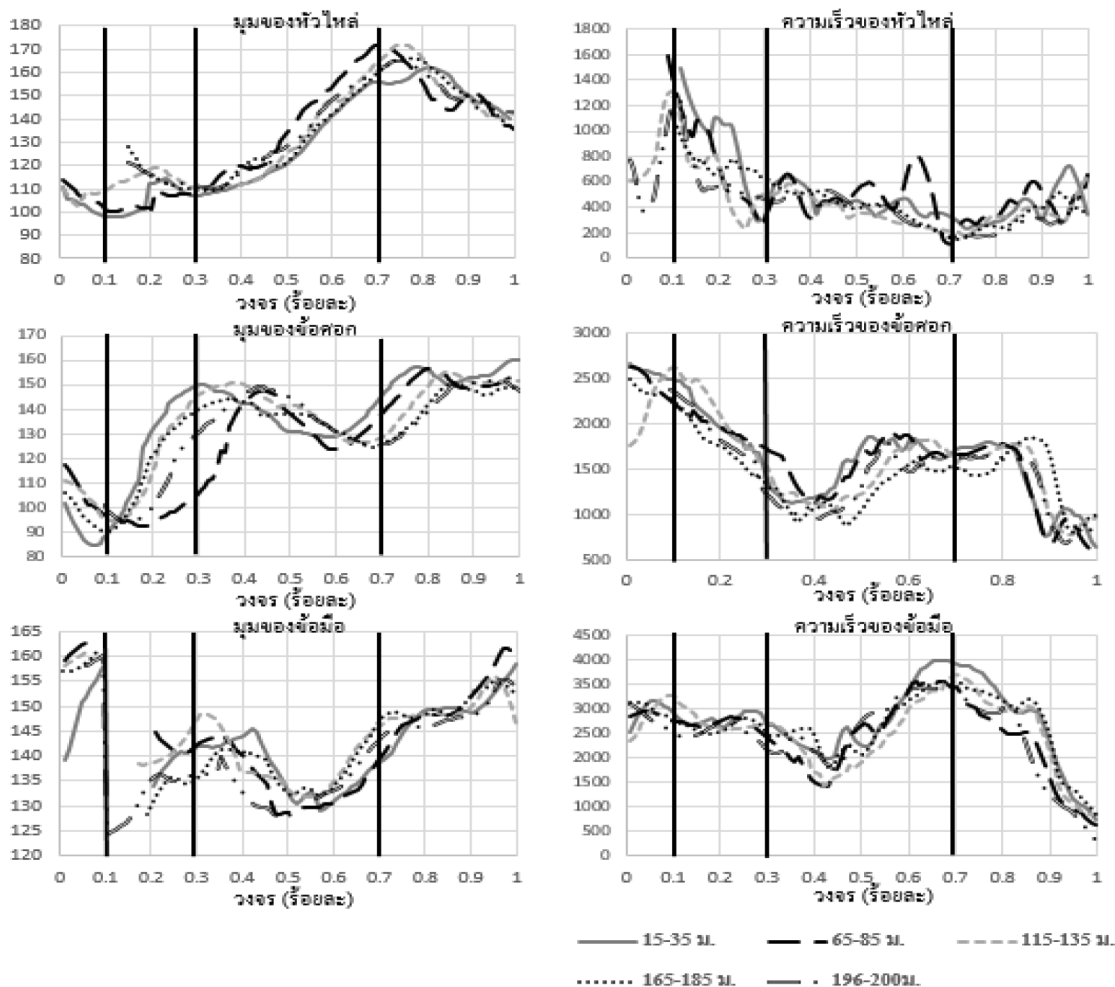
จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ของสมการพยากรณ์ความเร็วของข้อต่อต่าง ๆ ณ ระยะต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกัน แต่จากเซลล์ Rsqr ซึ่งเป็นการคำนวณเพื่อหาความผิดพลาดจากสมการพยากรณ์ จะเห็นว่าสมการพยากรณ์สามารถทำนายความเร็วเฉลี่ยของหัวไหล่ ข้อศอกและข้อมือได้ถูกต้องมากกว่า 80% หากพิจารณาจากสมการการเคลื่อนที่ของข้อศอก $v(t)=at^c+b$ จะเห็นว่าค่าคงที่ c เป็นค่าติดลบ แสดงให้เห็นว่าความเร็วของข้อศอกจะตกลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดๆ หนึ่งจะมีความเร็วค่อนข้างคงที่ ในขณะที่สมการพยากรณ์ความเร็วของข้อศอกและข้อมือนั้น ผู้วิจัย

สนใจคาบ (T) ซึ่งแสดงว่าความเร็วของข้อศอกและข้อมือในการเคลื่อนที่ 1 วงรอบมีค่าเท่าใด จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าหนึ่งคาบของข้อศอกมีค่าประมาณ 0.66 วินาที และสำหรับข้อมือนี้อาจมีค่าประมาณ 0.71 วินาที

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวใน 1 ช่วงการดึงแขน ณ ระยะการว่ายที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวเป็นการวิเคราะห์ถึงท่าทางในการเคลื่อนที่ของนักกีฬาทำให้นักกีฬาและผู้ฝึกสอนทราบว่าในแต่ละช่วงนักกีฬามีการเคลื่อนไหวท่าทางเป็นอย่างไร

8. การวิเคราะห์วงรอบของการดึงแขน 1 สโตรก



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมและความเร็วของแต่ละข้อต่อกับวงจรถ่ายการดึงแขน 1 สโตรก

จากรูปที่ 3 จากการศึกษาวงจรการดึงแขนซึ่งทางงานวิจัยไม่สามารถวิเคราะห์ผลในช่วงแรกที่มีมือเริ่มงอเพื่อทำการจับน้ำได้หรือที่เรียกว่าช่วง catch ได้เนื่องจากฟองอากาศในน้ำมีปริมาณมากทำให้กลองความเร็วสูงไม่สามารถจับภาพมาร์คเกอร์ได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำวงจร 1 สโตรก โดยเริ่มตั้งแต่ช่วง Pull ซึ่งมีหน้าที่หลักในการดึงน้ำพบว่ากลุ่มตัวอย่างใช้เวลาประมาณ 10% โดยในช่วงแรกนี้หัวไหล่จะทำมุมค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ความเร็วของหัวไหล่จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากตัวมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าตามความเฉื่อย

ของการลื่นสุดสโตรก มุมของข้อศอกจะลดลง ในขณะที่ความเร็วของข้อศอกก็ลดลง ส่วนข้อมือมองเห็นได้ชัด เนื่องจากช่วงนี้เป็นจังหวะใช้ข้อมือจับน้ำจึงเห็นมุมของข้อมือลดลงอย่างชัดเจน ในช่วงที่ 2 คือช่วง push มีหน้าที่หลักในการผลักดันน้ำจะอยู่ที่ประมาณ 20% ในช่วงดังกล่าวมุมหัวไหล่จะลดลง มุมของข้อศอกและข้อมือจะเริ่มเหยียดออกเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกับที่ความเร็วของข้อศอกจะตกลงไปจนถึงจุดต่ำสุดเพื่อเข้าสู่จังหวะที่ 3 คือ exit เป็นช่วงที่หัวไหล่จะเคลื่อนที่ท่ามุมเพิ่มอย่างต่อเนื่อง ใช้เวลาประมาณ

40% เนื่องจากจังหวะดังกล่าวจะเป็นจังหวะที่นักกีฬาว่ายน้ำเริ่มจะยกแขนพ่นน้ำจนกระทั่งลากไปถึงกลางลำตัว มุมของข้อศอกจะค่อย ๆ ลดลง และมุมของข้อมือลดลงต่ำสุด ส่วนความเร็วของข้อศอกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อเตรียมให้กลับเข้าสู่ช่วงสุดท้ายคือ recovery เป็นจังหวะที่มุมของหัวไหล่จะเริ่มลดลงอีกครั้ง และมีการเหยียดข้อศอกออกในช่วงสุดท้ายเพื่อเข้าสู่เฟสแรกต่อไป ซึ่งในจังหวะดังกล่าวความเร็วของหัวไหล่จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากจะมีแรงส่งนักกีฬาไปข้างหน้า ทำให้ความเร็วของหัวไหล่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ความเร็วเชิงเส้นของหัวไหล่จะมีค่าใกล้เคียงกับความเร็วเชิงเส้นของนักกีฬาว่ายน้ำ

อภิปรายผลวิจัย

งานวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ในการว่ายน้ำ 200 เมตรท่าฟรอนท์ ครอล ทำการวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงมุมและความเร็วของข้อต่อ ณ ระยะว่ายต่าง ๆ ในอุโมงค์น้ำ เนื่องจากเทคนิคในการว่ายน้ำสามารถวัดผ่านตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ ในงานวิจัยเรื่องนี้ผู้วิจัยสนใจตัวแปรทางชีวกลศาสตร์หลัก 2 ตัวได้แก่มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่าง ๆ และความเร็วของข้อต่อต่าง ๆ ในท่าฟรอนท์ ครอลที่ระยะต่างกัน 4 ระยะได้แก่ระยะ 15-35 เมตร, 65-85 เมตร, 115-135 เมตร, 165-185 เมตร และ 196-200 เมตร ตามลำดับ

ผลการวิจัยพบว่าระยะทางที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อและความเร็วของข้อต่อ มุมเฉลี่ยของข้อมือที่ระยะว่าย 196-200 เมตรจะแตกต่างจากมุมเฉลี่ยของข้อมือที่ระยะว่ายอื่น ๆ โดยมุมเฉลี่ยของข้อมือที่ระยะว่าย 196-200 เมตรจะมีค่าน้อยกว่ามุมเฉลี่ยของหัวไหล่ ณ ระยะว่ายอื่น ๆ ในขณะที่มุมเฉลี่ยของหัวไหล่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระยะว่ายเพิ่มขึ้นแต่มุมเฉลี่ยของข้อศอก

จะมีค่ามากที่ระยะ 15-35 เมตรและระยะ 115-135 เมตร ผลการวิจัยครั้งนี้จึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Laffite et al. (2004) ที่พบว่าความล้าเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้ท่าทางหรือตัวแปรทางชีวกลศาสตร์เปลี่ยนแปลงไป (Alberty et al., 2008; Laffite et al., 2004; Toussaint, 1990; Toussaint et al., 2006)

สำหรับความเร็วของข้อต่อต่าง ๆ พบว่าความเร็วเฉลี่ยของข้อไหล่ ข้อศอกและข้อมือ จะแปรผกผันกับระยะว่าย กล่าวคือเมื่อระยะว่ายเพิ่มมากขึ้นความเร็วเฉลี่ยของข้อไหล่ ข้อศอกและข้อมือจะลดลง หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของข้อต่อเทียบกับเวลาที่ระยะว่ายต่างกัน พบว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงความเร็วของข้อต่อเมื่อเทียบกับเวลาไม่มีความแตกต่างกัน ทำให้ผลของงานวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Laffite et al. (2004) พบว่าเมื่อมีความเหนื่อยล้าเพิ่มมากขึ้นความเร็วของนักกีฬาจะลดลงผ่านการเปลี่ยนแปลงของความถี่สโตรกและความยาวสโตรก และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Toussaint and Truijens (2005) ที่พบว่าการลดลงของความเร็วในนักกีฬาว่ายน้ำยังมีผลมาจากการลดลงของความเร็วของมือของนักกีฬา เนื่องจากลักษณะของข้อมือของการว่ายน้ำมีความสำคัญต่อการสร้างกำลังสูงสุดในการว่ายน้ำ สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลความเร็วของข้อต่อต่าง ๆ พบว่าความเร็วของหัวไหล่ ข้อศอก และข้อมือลดลง เมื่อระยะทางการว่ายเพิ่มขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างสมการพยากรณ์การเคลื่อนที่ของมุมการเคลื่อนไหวและความเร็วของข้อต่อด้วยการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion พบว่าสามารถพยากรณ์การเคลื่อนที่ของมุมและความเร็วของข้อต่อได้ถูกต้องกว่า 80% ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Tella et al. (2008) ที่เสนอว่าการวิเคราะห์ผลความเหนื่อยล้าที่มีต่อการสร้างแรงผลัก (Propulsive force) สมควร

วิเคราะห์ผ่านการวิเคราะห์ด้วย Fourier Transform เนื่องจากการว่ายน้ำเป็นการกระทำซ้ำ ๆ ลักษณะเดียวกับคลื่น

เมื่อศึกษาวงจรการดึงแขนพบว่ากลุ่มตัวอย่างใช้เวลาประมาณ 10% ในช่วงแรก ซึ่งเรียกว่า pull ในช่วงแรกนี้หัวไหล่จะทำมุมค่อนข้างคงที่ แต่มุมของข้อศอกจะลดลง และมุมของข้อมือจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากจังหวะนี้เป็นจังหวะที่นักกีฬาใช้ข้อมือเป็นหลักเพื่อดึงน้ำ หรือเพื่อเพิ่มแรงผลักให้กับนักกีฬา ในช่วงที่ 2 ใช้เวลาประมาณ 20% ของการเคลื่อนที่ เรียกว่าช่วง push ช่วงดังกล่าวเป็นช่วงต่อเนื่องระหว่าง pull โดยการเคลื่อนที่ช่วงนี้นักกีฬาจะผลักน้ำจากกลางลำตัวไปด้านหลังเพื่อส่งตัวไปด้านหน้า ในช่วงนี้มุมของหัวไหล่จะลดลง แต่ข้อศอกจะเริ่มเหยียดออก และมุมของข้อมือจะเริ่มเพิ่มขึ้น และช่วงที่ 3 ใช้เวลาประมาณ 40% เรียกว่าช่วง exit เป็นช่วงที่นักกีฬายกแขนให้พ้นน้ำจนถึงกลางลำตัว ในช่วงดังกล่าวหัวไหล่จะทำมุมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่มุมข้อศอกจะลดลงเป็นการงอข้อศอกเพื่อเพิ่มความเร็วเชิงมุมตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และมุมของข้อมือจะลดลงถึงจุดต่ำสุดก่อนที่จะเพิ่มขึ้นเพื่อเตรียมสู่จังหวะสุดท้ายคือช่วง recovery เตรียมเข้าสู่ช่วงที่ 1 ใหม่ ในช่วงนี้มุมหัวไหล่จะเริ่มลดลงอีกครั้งในขณะที่มุมของข้อศอกจะเหยียดออกเพื่อเพิ่มระยะยัดให้กับตัวเองเมื่อแขนลงน้ำ ในขณะที่ข้อมือจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงลงน้ำ

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่ารูปแบบของมุมการเคลื่อนไหวและความเร็วของข้อต่อต่าง ๆ เมื่อระยะต่าง ๆ มีรูปแบบเดียวกัน มีสาเหตุที่สำคัญ 2 ประการคือ 1. เนื่องจากนักกีฬาว่ายน้ำมีรูปแบบการกวาดแขนในน้ำคงที่ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของมุมการเคลื่อนไหวและข้อต่อจึงไม่แตกต่างกันมากนัก และ 2. เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้คุมความเร็วในการว่ายน้ำ จึงทำให้รูปแบบการ

เคลื่อนไหวของข้อต่อไม่แตกต่างกันตามที่คาดการณ์ไว้

สรุปผลการวิจัย

การว่ายน้ำท่าฟรอนท์ ครอลระยะ 200 เมตรส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมุมและความเร็วของข้อต่อช่วงบน เมื่อเทียบการเปลี่ยนแปลงของมุมการเคลื่อนไหวของแต่ละข้อต่อกับเวลา ณ ระยะว่ายที่เพิ่มขึ้น รูปแบบการเคลื่อนที่ของข้อต่อเหมือนเดิมแต่เวลาในการเคลื่อนที่ของข้อต่อจะแตกต่างกันไป จากการวิเคราะห์ด้วยสมการพหุคูณแบบ Simple Harmonic Motion พบว่าเมื่อระยะทางว่ายน้ำเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงความล้าที่เพิ่มขึ้น จากการใช้เวลาการเคลื่อนที่ของข้อต่อในแต่ละสโตรกมากขึ้นและส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละข้อต่อแปรผกผันกับระยะว่าย

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำ 200 เมตรท่าฟรอนท์ ครอล ประกอบด้วยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ในอุโมงค์น้ำ ข้อจำกัดที่สำคัญคือการเก็บข้อมูลในอุโมงค์น้ำที่ซับซ้อนทำให้เก็บข้อมูลได้แค่ระยะบางช่วง นักวิจัยที่สนใจอาจทำการศึกษาในระยะบางด้านหน้าเพิ่มมากขึ้นเพื่อดูลักษณะการเคลื่อนที่ซับซ้อน เช่น pronation supination การเคลื่อนไหวเพียงเล็กน้อยอาจทำให้เกิดความเร็วที่ลดลงได้ นอกจากนี้ นักวิจัยที่สนใจอาจทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ในการว่ายน้ำในอุโมงค์น้ำกับการว่ายน้ำในสระว่ายน้ำ เพื่อให้เข้าใจถึงผลของการฝึกการว่ายน้ำด้วยอุโมงค์น้ำให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ อาจทำการศึกษาเชื่อมโยงกันระหว่างระบบพลังงานกับชีวกลศาสตร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสมการพหุคูณของสโตรกกับการใช้พลังงาน

เอกสารอ้างอิง

- Alberty, M., Potdevin, F., Dekerle, J., Pelayo, P., Gorce, P. and Sidney, M. (2008). Changes in swimming technique during time to exhaustion at freely chosen and controlled stroke rates. *Journal of Sports Sciences*, 26(11), 1191-1200.
- Alberty, M., Sidney, M., Huot-Marchand, F., Hespel, J. and Pelayo, P. (2005). Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. *International Journal of Sports Medicine*, 26(06), 471-475.
- Allen, D. G., Lamb, G. D. and Westerblad, H. (2008). *Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. Physiological Reviews*, 88(1), 287-332.
- Aujouanet, Y. A., Bonifazi, M., Hintzy, F., Vuillerme, N. and Rouard, A. H. (2006). Effects of a high-intensity swim test on kinematic parametress in high-level athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31(2), 150-158.
- Barbosa, T. M., Fernandes, R., Keskinen, K., Colašo, P., Cardoso, C., Silva, J. and Vilas-Boas, J. (2006). Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. *International Journal of Sports Medicine*, 27(11), 894-899.
- Berger, M. A. (1999). Determining propulsive force in front crawl swimming: a comparison of two methods. *Journal of Sports Sciences*, 17(2), 97-105.
- Callaway, A. J. (2015). Measuring Kinematic Variables in Front Crawl Swimming Using Accelerometress: A Validation Study. *Sensors*, 15(5), 11363-11386.
- Ceccon, S., Ceseracciu, E., Sawacha, Z., Gatta, G., Cortesi, M., Cobelli, C., & Fantozzi, S. (2013). Motion analysis of front crawl swimming applying CAST technique by means of automatic tracking. *Journal of Sports Sciences*, 31(3), 276-287.
- Craig, A. B., Skehan, P. L., Pawelczyk, J. A. and Boomer, W. L. (1985). Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17(6), 625-634.
- Chollet, D., Delaplace, C., Pelayo, P., Tourny, C., & Sidney, M. (1997). Stoking characteristic variations in the 100-m freestyle for male swimmers of differing skill. *Perceptual and Motor Skills*, 85(1), 167-177.
- Deschodt, V., Arsac, L. and Rouard, A. (1999). Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(3), 192-199.
- Deschodt, V. J. and Arsac, L. M. (2004). Morning vs. evening maximal cycle power and technical swimming ability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1), 149-154.

- Figueiredo, P., Pendergast, D. R., Vilas-Boas, J. P. and Fernandes, R. J. (2013). *Interplay of biomechanical, energetic, coordinative, and muscular factors in a 200 m front crawl swim*. BioMed Research International.
- Gourgoulis, V., Antoniou, P., Aggeloussis, N., Mavridis, G., Kasimatis, P., Vezos, N., . . . Mavromatis, G. (2010). Kinematic characteristics of the stroke and orientation of the hand during front crawl resisted swimming. *Journal of Sports Sciences*, 28 (11), 1165-1173.
- Kachaunov, M. (2018). Post-Competition blood lactate concentration in swimmers. *Journal of Applied Sports Sciences*, 1, 30-36.
- Laffite, L. P., Vilas-Boas, J. P., Demarle, A., Silva, J., Fernandes, R. and Louise Billat, V. (2004). Changes in physiological and stroke parametress during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(S1), S17-S31.
- Psycharakis, S. G. and Sanders, R. H. (2008). Shoulder and hip roll changes during 200-m front crawl swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40 (12), 2129-2136.
- Pyne, D. B., Lee, H. and Swanwick, K. M. (2001). Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(2), 291-297.
- Sanders, R. H. (1999). Hydrodynamic characteristics of a swimmer's hand. *Journal of Applied Biomechanics*, 15(1), 3-26.
- Tella, V., Toca-Herrera, J., Gallach, J., Benavent, J., González, L. and Arellano, R. (2008). Effect of fatigue on the intra-cycle acceleration in front crawl swimming: A time-frequency analysis. *Journal of Biomechanics*, 41(1), 86-92.
- Toussaint, H. and Truijens, M. (2005). Biomechanical aspects of peak performance in human swimming. *Animal Biology*, 55(1), 17-40.
- Toussaint, H. M. (1990). Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(3), 409-415.
- Toussaint, H. M., Carol, A., Kranenborg, H. and Truijens, M. J. (2006). Effect of fatigue on stroking characteristics in an arms-only 100-m front-crawl race. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(9), 1635-1642.
- Toussaint, H. M., Van den Berg, C., & Beek, W. J. (2002). "Pumped-up propulsion" during front crawl swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 314-319.
- Vescovi, J. D., Falenchuk, O., & Wells, G. D. (2011). Blood lactate concentration and clearance in elite swimmers during competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1), 106-117.

- Wu, G., Van der Helm, F. C., Veeger, H. D., Makhsous, M., Van Roy, P., Anglin, C., . . . Wang, X. (2005). ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion-Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of Biomechanics*, 38(5), 981-992.

ความชุกและความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ในนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัย

อาพัทธ์ เตียวตระกูล, ทศนา จารุชาติ, พิษณุพร แจงทอง,
จินต์จุทา มะธิโตปะนา, พรวิณ จ้อยเชื้อ, และอภิสิทธิ์ ช่มอาวุธ

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Received: 5 May 2563 / Revised: 4 August 2563 / Accepted: 27 January 2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความชุกของภาวะเท้าแบนในนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัยและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย ระดับกิจกรรมทางกาย และชนิดกีฬา

วิธีดำเนินการวิจัย การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional design) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งมีอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 76 คน เป็นนักกีฬา วอลเลย์บอล ฟุตซอล บาสเกตบอล คาราเต้โด เทควันโด ตะกร้อ และกรีฑา ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยใช้แบบสอบถามกิจกรรมทางกายระดับโลก (Global Physical Activity Questionnaire; GPAQ) เพื่อประเมินระดับการมีกิจกรรมทางกาย และประเมินภาวะเท้าแบนด้วยการพิมพ์รอยเท้า (Footprint) แล้วนำมาคำนวณค่า Chippaux-Smirak index (CSI) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยวิธีเพียร์สัน (Pearson product's moment correlation coefficient) และการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

ผลการวิจัย พบว่านักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 20 คน (26.32%) มีภาวะเท้าแบน ซึ่งแบ่ง

เป็นเพศชาย จำนวน 13 คน (17.11%) และเพศหญิง จำนวน 7 คน (9.21%) ชนิดกีฬาที่พบว่านักกีฬา มีภาวะเท้าแบน ได้แก่ วอลเลย์บอล จำนวน 7 คน บาสเกตบอล จำนวน 6 คน คาราเต้โด จำนวน 4 คน ฟุตซอล จำนวน 2 คน เทควันโด จำนวน 1 คน โดยนักกีฬาทุกชนิดมีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ ยกเว้นนักกีฬาคาราเต้โด และมีระดับกิจกรรมทางกายอยู่ในระดับสูง ภาวะเท้าแบนของนักกีฬาสัมพันธ์โดยตรงกับเพศ ($r = .663, P < .05$) ในขณะที่ภาวะเท้าแบนสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับดัชนีมวลกาย ($r = -.310, P < .05$) และไม่พบความสัมพันธ์กับอายุ ระดับกิจกรรมทางกาย และชนิดกีฬา

สรุปผลการวิจัย นักกีฬาของมหาวิทยาลัยนเรศวรเพศชายมีความชุกของภาวะเท้าแบนมากกว่าเพศหญิงประมาณ 2 เท่า กีฬาที่มีการเดินหรือวิ่งเป็นระยะเวลานาน จะทำให้มีแรงกระทำต่อข้อเท้าผิดปกติไป อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บขึ้นได้ในนักกีฬา ดังนั้นจึงควรมีการป้องกันและส่งเสริมสุขภาพเท้าของนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัยที่มีภาวะเท้าแบนให้เหมาะสม เพื่อให้นักกีฬาสามารถทำการฝึกซ้อม และแข่งขันกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ภาวะเท้าแบน / ดัชนีภาพพิมพ์เท้าชีพพอกซ์-สมิรัค อินเดกซ์ / นักกีฬาระดับมหาวิทยาลัย

PREVALENCE AND CORRELATION BETWEEN FLAT FOOT AND RELATED-FACTORS IN UNIVERSITY ATHLETES

Arphat Tiaotrakul, Tussana Jaruchart, Phitchayaporn Jangthong,
Jinjuta Matitopanam, Pornpawee Joychue, and Apisit Khomawut

ty of Science and Technology, Loei Rajabhat University

Faculty of Education, Naresuan University

Received: 5 May 2020 / Revised: 4 August 2020 / Accepted: 27 January 2021

Abstract

Purposes This study aimed to assess flat foot in university athletes and to study the association between flat foot and associated factors including age, gender, body mass index (BMI), physical activity level, and kind of sport.

Methods The research was a cross-sectional study design. Seventy-six participants Naresuan university athletes, aged 18-25 years participated this study. They were volleyball, futsal, basketball, karataedo, taekwondo, takraw, and athlete players. Physical activity level was collected by using global physical activity questionnaire (GPAQ). A flat foot was assessed using a footprint. Both of width parameters were calculated as Chippaux-Smirak index (CSI). The outcomes were analyzed using descriptive statistics, Bivariate correlation (Pearson product's moment correlation coefficient) and multiple regression were used for regression analysis.

Results The results showed that there were twenty athletes (26.32%) with flat foot, 13 males (17.11%) and 7 females (9.21%). The flat foot occurred in almost sports

activities namely, volleyball (n=7), basketball (n=6), karataedo (n=4), futsal (n=2), and taekwondo (n=1). BMI of all athletes were in normal range, except for karataedo athletes. Most athletes reported high physical activities level pearson correlation analysis revealed that, gender was positively associated with flat foot ($r=.663$, $P<.05$), while BMI ($r=-.310$, $P<.05$) was negatively associated with flat foot. However, there were no association between flat foot and age, physical activity level, and kinds of sport.

Conclusion The findings showed that there was more prevalent of flat foot condition in male than in female in Naresuan university athletes. Sports and physical activities associated with running and walking produced a greater mechanical loading of ankle joint, which in turn may lead to injury in athletes. Therefore, the prevention of flat foot and promotion of good foot care is important for university athletes with flat foot.

Keywords : Flat foot / Chippaux-Smirak index (CSI) / University Athletes

เป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เท้า เป็นอวัยวะที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตและการออกกำลังกายหรือการเล่นกีฬา ซึ่งเป็นส่วนที่เราใช้ในการเคลื่อนที่อย่างเช่นการยืน เดิน หรือวิ่ง เนื่องจากเท้าเป็นอวัยวะส่วนที่อยู่ปลายสุดของขาและมีการสัมผัสพื้นหรือวัตถุ จึงส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ไปทิศทางข้างหน้าหรือทิศทางต่าง ๆ (Research and Development Section, Bureau of Sport Science, Department of Physical Education, 2013) เท้าจึงเป็นอวัยวะส่วนที่รองรับน้ำหนักตัวตลอดเวลา ยกเว้นขณะนั่งหรือนอน โดยเท้าหนึ่งข้างจะมีแรงกระทำในขณะเดินประมาณ 120% ของน้ำหนักตัว และมีแรงกระทำต่อเท้าหนึ่งข้างขณะวิ่งสูงประมาณ 275% ของน้ำหนักตัว (Chadchavalpanichaya, 2005) ทั้งนี้ เมื่อกล่าวถึงด้านกายวิภาคศาสตร์ของเท้าพบว่า การจัดเรียงตัวของกระดูกเท้าจะมีความโค้งเล็กน้อย ซึ่งเป็นโครงสร้างของส่วนโค้งของฝ่าเท้า (Arch of foot) ที่มีลักษณะคล้ายกับสะพานโค้ง เพื่อประโยชน์ในการรับแรงกระแทก (Shock absorbers) และยังเป็นหนึ่งที่จะช่วยผลักดันให้ก้าวไปข้างหน้าด้วย (Vannajak, Vannajak, Somwarn, Panjaparanurak, and Chantharungsi, 2018) โดยส่วนโค้งของเท้านี้ถูกแบ่งตามแนวการวางตัวของกระดูก 3 แนวด้วยกัน ได้แก่ 1) แนวโค้งฝ่าเท้าทางด้านใน (Medial longitudinal arch: MLA) ซึ่งเป็นแนวเส้นยาวทางด้านในของฝ่าเท้าที่ประกอบด้วยกระดูก Calcaneus, Talus, Navicular และ Cuneiforms สำหรับแนวโค้งของเท้านี้มีส่วนหัวของกระดูก Talus อยู่ในตำแหน่งยอดสูงสุด บริเวณด้านล่างของแนวโค้งเป็นเอ็นกล้ามเนื้อ (Plantar calcaneonavicular ligament) ทำหน้าที่เปรียบเสมือนสปริงที่มีคุณสมบัติในการรองรับน้ำหนักที่กระทำต่อฝ่าเท้า นอกจากนี้ยังมีกล้ามเนื้อ Tibialis anterior และ Tibialis posterior tendons คอยทำ

หน้าที่พยุงโค้งฝ่าเท้าด้วย 2) แนวโค้งฝ่าเท้าทางด้านนอก (Lateral longitudinal arch) เป็นส่วนโค้งของเท้าตามแนวยาวด้านข้างนอกของฝ่าเท้า และ 3) แนวโค้งฝ่าเท้าตามขวาง (Transverse arch) เป็นส่วนโค้งของเท้าตามแนวขวาง ซึ่งมีแนวเส้นทางด้านในสูงกว่าแนวเส้นทางด้านนอก (Vannajak and Vannajak, 2018)

จากการวางตัวของแนวโค้งของเท้าพบว่า แนวโค้งฝ่าเท้าทางด้านในมีความสำคัญในการลดแรงกระแทกขณะยืนหรือเดินได้ด้วยคุณสมบัติในการรองรับน้ำหนักที่กระทำต่อฝ่าเท้าของเอ็นกล้ามเนื้อบริเวณด้านล่างของแนวโค้ง กรณีเท้าที่มีส่วนโค้งฝ่าเท้าด้านในต่ำกว่าปกติหรือไม่มีเลย สามารถเรียกได้ว่า เท้าแบน (Flat foot) สามารถสังเกตได้จากเอ็นใต้ฝ่าเท้า (Plantar ligaments) และพังผืดใต้ฝ่าเท้า (Plantar aponeurosis) ที่ถูกยืดออกโดยแรงกดของน้ำหนักตัวในท่ายืน หากเอ็นและพังผืดดังกล่าวนี้ถูกยืดมากเป็นเวลานาน จะส่งผลให้ส่วนอื่นต้องแบกรับน้ำหนักและประคองเพื่อรักษาโค้งของฝ่าเท้าไว้ ถ้าหากไม่สามารถประคองไว้ได้ จะทำให้ส่วนโค้งฝ่าเท้าทางด้านนอกลดต่ำลง และมีการบิดออกไปทางด้านนอกของปลายเท้า ผู้ที่มีอายุในช่วง 18-25 ปี พบว่า เป็นช่วงอายุที่อาจพบภาวะเท้าแบนได้ถึงร้อยละ 11.25 (Vannajak, and Vannajak, 2018) ซึ่งเป็นภาวะที่สามารถพบได้ทั้งในวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่ โดยพบภาวะเท้าแบนได้ในเพศชาย ร้อยละ 13.6 และในเพศหญิง ร้อยละ 14.4 สำหรับภาวะเท้าแบน (Flat foot หรือ Pes planus) นี้เป็นภาวะผิดปกติของอุ้งเท้าชนิดหนึ่งที่เท้าไม่มีหรือมี Longitudinal arch of foot ระดับปานกลาง หรือก็คือ ส่วนโค้งฝ่าเท้าด้านในจะต่ำกว่าปกติ หรืออาจไม่มีเลย (Vannajak et al., 2018; Tantaopas, Jitchanvichai, Laisiroengrai, Jenjai, Julphakee, Theera-Umpoon et al., 2018)

สาเหตุของภาวะเท้าแบนมีหลายประการ ได้แก่ ความผิดปกติตั้งแต่กำเนิด (Congenital deformities) และความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายหลัง (Acquired deformities) ตัวอย่างเช่น การอักเสบของเอ็นกล้ามเนื้อ Tibialis posterior (Tibialis posterior tendinitis) ที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการบาดเจ็บ การเสื่อมสภาพ โรคข้ออักเสบ หรือความผิดปกติของความสัมพันธ์ระหว่างกายวิภาคของกระดูกและเอ็นกล้ามเนื้อ หรือเกิดจากการหย่อนของเส้นเอ็นที่ช่วยพยุงอุ้งเท้า (Ligament laxity) เป็นต้น นอกจากนี้ โรคอ้วน (Obesity) ยังสัมพันธ์กับภาวะเท้าแบนอีกด้วย (Tománková, Pridalová, and Gába, 2015) โดยภาวะเท้าแบนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านชีวกลศาสตร์ของความไม่สมดุลของกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจทำให้เกิดอาการปวดบริเวณฝ่าเท้า ส้นเท้า และเอ็นข้อเท้าอักเสบ รวมถึงทำให้มีอาการปวดเข่าและหลังได้ เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลศาสตร์ของเท้า และการลงน้ำหนักที่ส่งผลต่อข้อเท้าทำให้มีการเพิ่มแรงที่กระทำต่อข้อเข่าด้วย (Vannajak et al., 2018) อีกทั้งยังพบว่า การมีฝ่าเท้าแบนจะส่งผลให้เท้าต้องรับแรงเครียด (Stress) เพิ่มมากขึ้น เพื่อทำหน้าที่กระจายแรงที่มากระทำกับข้อเท้า ดังนั้น เมื่อมีการเดินหรือวิ่งเป็นเวลานาน จะทำให้มีแรงกระทำต่อข้อเท้าผิดปกติไป และมีการเปลี่ยนแปลงกลไกการควบคุมข้อเท้า อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บขึ้นได้ (Jorrakate, Kongsuk, Wanaon, Kontha, and Sungpasee, 2014) จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ภาวะเท้าแบนเป็นภาวะที่ไม่ได้ส่งผลกระทบเพียงบริเวณเท้าเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อข้อต่ออื่น ๆ ที่เป็นโครงสร้างหลักของร่างกายร่วมด้วย

ทั้งนี้ การบาดเจ็บบริเวณเท้าหรือข้อเท้ามักเกิดจากความผิดปกติของโครงสร้างบริเวณรอบเท้า แนวการวางตัว รูปแบบการเคลื่อนไหว การกระจายแรงและความสามารถของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการคงที่

หรือการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกีฬาที่มีลักษณะการเล่นที่ต้องออกตัวอย่างรวดเร็ว การหยุดอย่างรวดเร็ว การใช้ความเร็วสูงในการวิ่งไปในทิศทางต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ไปด้านหน้า ด้านหลัง ด้านข้าง และการกระโดดเพื่อให้ร่างกายค้างในอากาศให้นานที่สุด รวมถึงการลงสู่พื้น และการหมุนตัวที่มีความเกี่ยวข้องกับความสามารถด้านการสมดุลและทรงท่า อาทิ กีฬาแฮนด์บอล ที่พบว่า มีการบาดเจ็บบริเวณรยางค์ล่างสูง โดยเฉพาะบริเวณข้อเท้า คิดเป็นร้อยละ 45 และส่งผลต่อการลดลงของประสิทธิภาพในการแข่งขันของนักกีฬาได้ (Vannajak, Vannajak, and Boonsri, 2017) อีกทั้ง ในการฝึกซ้อมทางการกีฬา ทำให้เท้าของนักกีฬามองต้องรับแรงกระแทกจากพื้นมากกว่าคนปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากนักกีฬาที่มีความผิดปกติของโครงสร้างเท้า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหรือมวลกระดูกน้อย รวมถึงการไม่สวมรองเท้าที่ทำจากวัสดุลดแรงกระแทกด้วยแล้วนั้น จะนำไปสู่อาการบาดเจ็บได้อย่างรวดเร็วและเรื้อรัง ดังนั้น นักกีฬาคควมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างหรือสรีรวิทยาของเท้าที่ปกติและผิดปกติ และมีการสวมรองเท้า และใช้อุปกรณ์เสริมให้เหมาะสมกับลักษณะเท้าของแต่ละบุคคล (Research and Development Section, Bureau of Sport Science, Department of Physical Education, 2013)

การเคลื่อนไหวที่มากเกินไปของข้อต่อบริเวณเท้า และการเปลี่ยนแปลงการลงน้ำหนักในภาวะเท้าแบน อาจส่งผลต่อการควบคุมการทรงตัวในขณะยืนขาเดียว บนเท้าแบนขณะมีกิจกรรมเคลื่อนไหว ดังนั้น จึงมีการเคลื่อนไหวชดเชยในเท้าส่วนหน้ามากกว่าปกติ กล้ามเนื้อจึงต้องทำงานควบคุมเท้ามากขึ้น ซึ่งอาจนำไปสู่พยาธิสภาพ ได้แก่ ภาวะรองช้ำอักเสบ เอ็นเท้าอักเสบ และอาการเจ็บใต้ลูกสะบ้า อันจะส่งผลให้ผู้ป่วยไม่สามารถทำกิจกรรมที่มีการยืนหรือเดินลงน้ำหนักได้

อย่างเต็มที่ (Utsahachant, Kingman, Songsri, and Adsarangkool Na Aryuthaya, 2020) เนื่องด้วยเท้าเป็นจุดรับแรงปฏิกิริยาสะท้อนกลับจากพื้นสนาม โดยเฉพาะส่วนโค้งของเท้าที่ได้รับผลกระทบโดยตรง ทำให้เท้าได้รับอาการบาดเจ็บได้ง่าย เกิดความไม่มั่นคงของเท้า ลักษณะเท้าเปลี่ยนแปลง เช่น เท้าแบน ส่งผลให้สมรรถภาพทางการกีฬาลดลง และปัจจัยที่มีผลต่อแรงกระแทก ได้แก่ น้ำหนักตัว ความเร็วในการวิ่ง รองเท้าและคุณลักษณะของพื้น ฉะนั้นการเคลื่อนไหวขณะเล่นกีฬาจึงทำให้เกิดแรงกระแทกต่อเท้าเป็นปริมาณมาก แรงสะท้อนจากการที่เท้าสัมผัสพื้นดังกล่าวเป็นไปตามกฎของนิวตันข้อที่ 3 อันได้แก่ แรงสะท้อนจากพื้นขึ้นสู่เท้า (Ground reaction force) และแรงกดที่เท้า (Foot pressure) ที่มีผลต่อสุขภาพของนักกีฬาในระยะยาว โดยแรงสะท้อนที่เกิดขึ้นนี้จะกระทำต่อเท้าแล้วส่งต่อไปยังข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก และหลัง ซึ่งปริมาณแรงสะท้อนมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าน้ำหนักตัวในสภาวะแรงดึงดูดของโลก ขึ้นอยู่กับความเร็วของการก้าวเดิน คุณภาพของวัสดุที่ใช้ในการทำรองเท้า ลักษณะโครงสร้างเท้า และลักษณะการทำกิจกรรม ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลทางอ้อมให้เกิดการบาดเจ็บที่ข้อต่อถ้าร่างกายได้รับแรงในลักษณะเช่นนี้เป็นจำนวนมากติดต่อกันเป็นเวลานานก็อาจทำให้เกิดข้อต่ออักเสบได้ (Research and Development Section, Bureau of Sport Science, Department of Physical Education, 2013)

ดังนั้น การศึกษาความชุกของภาวะเท้าแบนและการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จะทำให้ทราบถึงความชุกของภาวะเท้าแบนและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์และส่งผลต่อภาวะเท้าแบน อันจะเป็นส่วนช่วยให้มีการวางแผนการฝึกซ้อมเพื่อป้องกันหรือลดอาการบาดเจ็บของเท้าและข้อเท้า การส่งเสริมสมรรถภาพทางร่างกาย เพื่อความเป็นเลิศ

ทางการกีฬาให้นักกีฬาระดับมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้ง ยังเป็นแนวทางป้องกันปัญหาสุขภาพที่จะตามมาในอนาคตด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความชุกของภาวะเท้าแบนในนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัย
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย ระดับกิจกรรมทางกาย และชนิดกีฬา และปัจจัยที่มีผลต่อภาวะเท้าแบน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional design) เพื่อศึกษาความชุกของภาวะเท้าแบนและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษานี้เป็นนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปี 2562 จำนวน 95 คน โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรทาโร่ ยามาเน่ (Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน .05 ซึ่งได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 76 คน มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ที่มาจากรีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก คือ 1) เป็นนักกีฬาของมหาวิทยาลัยนเรศวรที่เข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 47 2) มีความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย และ 3) ไม่มีอาการบาดเจ็บบริเวณข้อมือ ข้อเท้า แผลง หรือกระดูกหัก ที่ทำให้ไม่สามารถลงน้ำหนักได้ และมีเกณฑ์คัดออก คือ ผู้เข้าร่วมวิจัยเคยได้รับอุบัติเหตุที่รุนแรงหรือเคยผ่าตัดที่บริเวณขาหรือข้อเท้ามาก่อน ทั้งนี้ อาสาสมัครจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับ

รายละเอียดของงานวิจัยครั้งนี้และมีสิทธิ์ที่จะยอมรับหรือปฏิเสธตามความสมัครใจ อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกและยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการสอบถามข้อมูลลักษณะประชากรศาสตร์ การประเมินระดับการมีกิจกรรมทางกายด้วยแบบสอบถาม และการประเมินลักษณะเท้าด้วยการพิมพ์รอยเท้า ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลกับผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นเวลา 1 ชั่วโมงครั้งต่อคน โดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. คณะผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้แบบสอบถามข้อมูลลักษณะประชากรศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกาย (พิจารณาตามเกณฑ์ดัชนีมวลกายสำหรับคนไทยของ WHO Expert consultation, 2004) รวมถึงใช้แบบสอบถามกิจกรรมทางกายระดับโลก (GPAQ) ที่เป็นชุดคำถามการมีกิจกรรมทางกาย ซึ่งถูกแบ่งเป็น 4 หมวด ได้แก่ 1) การประกอบอาชีพ 2) การเดินทาง 3) การใช้เวลารว่าง และ 4) พุทธิกรรมเนือยนิ่ง เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลกิจกรรมทางกาย หรือการเคลื่อนไหวออกแรง หรือการออกกำลังกาย เพื่อประเมินระดับการมีกิจกรรมทางกาย โดยมีวิธีการคำนวณระดับกิจกรรมทางกายและเกณฑ์ระดับการมีกิจกรรมทางกาย (Suksom, 2018) ดังนี้

การคำนวณระดับกิจกรรมทางกายนั้นมาจากการใช้พลังงานตามความหนักของการทำกิจกรรมเมื่อเปรียบเทียบกับการนั่งเฉย ๆ กล่าวคือ กิจกรรมทางกายที่มีความหนักระดับสูงใช้พลังงานคิดเป็น 8 เท่าของการนั่งเฉย ๆ และการมีกิจกรรมทางกายที่มีความหนักระดับปานกลางใช้พลังงานคิดเป็น 4 เท่าของการนั่งเฉย ๆ ซึ่งสามารถคำนวณระดับกิจกรรมทางกายตามหมวดในแบบสอบถามได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ค่าเมตของกิจกรรมทางกายในการประกอบอาชีพ

ความหนักระดับสูง

เท่ากับ 8.0 x เวลา (นาที)

ที่มีการทำกิจกรรมทางกาย

ความหนักระดับปานกลาง

เท่ากับ 4.0 x เวลา (นาที)

ที่มีการทำกิจกรรมทางกาย

2) ค่าเมตของกิจกรรมทางกายในการเดินทาง

เท่ากับ 8.0 x เวลา (นาที)

ที่มีการทำกิจกรรมทางกาย

3) ค่าเมตของกิจกรรมทางกายในเวลารว่าง

ความหนักระดับสูง

เท่ากับ 8.0 x เวลา (นาที)

ที่มีการทำกิจกรรมทางกาย

ความหนักระดับปานกลาง

เท่ากับ 4.0 x เวลา (นาที)

ที่มีการทำกิจกรรมทางกาย

หลังจากทำการคำนวณระดับกิจกรรมทางกายแล้ว ผู้วิจัยจะนำค่าเมตของการทำกิจกรรมทางกายของผู้เข้าร่วมวิจัยมาเทียบกับเกณฑ์ระดับการมีกิจกรรมทางกายเพื่อประเมินระดับการมีกิจกรรมทางกายดังรายละเอียดต่อไปนี้

- *กิจกรรมทางกายสูง (High)* : มีกิจกรรมทางกายความหนักระดับสูง ≥ 3 วัน/สัปดาห์ และ $\geq 1,500$ เมต-นาที/สัปดาห์ หรือ มีกิจกรรมทางกายความหนักระดับสูงหรือปานกลางรวม ≥ 7 วัน/สัปดาห์และ $\geq 3,000$ เมต-นาที/สัปดาห์

- *กิจกรรมทางกายปานกลาง (Moderate)* : มีกิจกรรมทางกายความหนักระดับสูง ≥ 3 วัน/สัปดาห์ และ ≥ 20 นาทีต่อวัน หรือ มีกิจกรรมทางกายระดับความหนักปานกลางหรือเดิน ≥ 5 วัน/สัปดาห์อย่างน้อยวันละ 30 นาทีต่อวัน หรือ กิจกรรมทางกายความหนักระดับสูงและปานกลางหรือเดินรวม ≥ 5 วัน/สัปดาห์ และ ≥ 600 เมต-นาที/สัปดาห์

● **กิจกรรมทางกายต่ำ (Low) :** มีกิจกรรมทางกายต่ำกว่าเกณฑ์ของการมีกิจกรรมทางกายระดับสูงและปานกลาง

2. การพิมพ์รอยเท้าในงานวิจัยครั้งนี้ปรับประยุกต์จากการศึกษาของ Tománková, Pridaloá และ Gába (2015) โดยผู้วิจัยจะทำการพิมพ์รอยเท้าของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งข้างซ้ายและขวาที่ลงข้างบนพื้นเรียบแข็ง จัดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่ในท่านั่งงอเข่า 90 องศาบนเก้าอี้ นำกระดาษเปล่าขนาด A4 มาวางที่พื้นสำหรับการพิมพ์เท้า ให้เท้าของผู้เข้าร่วมวิจัยจุ่มกับสีน้ำลักษณะชั้นซึ่งเป็นสีที่สามารถล้างออกได้ง่าย โดยสีที่เตรียมไว้นั้นจะอยู่ในกระบะสี ผู้วิจัยใช้แปรงทาสีจุ่มสีและทาฝ่าเท้าของผู้เข้าร่วมวิจัยให้เต็มฝ่าเท้า หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวางเท้าข้างที่จุ่มสีลงบนกระดาษเปล่าส่วนเท้าอีกข้างวางบนพื้นราบแข็ง แล้วลุกขึ้นยืน (Standing position) จะได้รอยพิมพ์เท้า (Footprint) และทำการพิมพ์เท้าอีกข้างของผู้เข้าร่วมวิจัยด้วยวิธีการเช่นเดียวกัน

3. ผู้เข้าร่วมวิจัยล้างสีบริเวณฝ่าเท้าด้วยน้ำสบู่และน้ำเปล่า หลังจากล้างเท้าเรียบร้อยแล้ว ผู้เข้าร่วมการวิจัยเช็ดเท้าด้วยผ้าขนหนูที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ให้

4. การประเมินลักษณะเท้าจะดำเนินการหลังจากสีของรอยพิมพ์เท้าแห้งแล้ว โดยใช้ Chippaux-Smirak index (CSI) ในการประเมินลักษณะเท้าจากรอยพิมพ์เท้า (Tománková et al., 2015) ด้วยการวัดความกว้างของเท้า ซึ่งจะทำให้การวัดช่วงที่กว้างที่สุดของเท้าบริเวณหน้าเท้า (Greatest forefoot width) และวัดช่วงที่แคบที่สุดของเท้าบริเวณกลางเท้า (Smallest midfoot width) แล้วนำมาคำนวณค่า Chippaux-Smirak index (CSI) จากสูตร (Smallest midfoot width / Greatest forefoot width) x 100 (Tománková et al., 2015) โดยค่า CSI (%) ที่คำนวณได้จะถูกนำมาประเมินลักษณะเท้า ซึ่งแบ่งเป็น 3

ลักษณะ (Tománková et al., 2015; Nikolaidou and Boudolos, 2006) คือ ฝ่าเท้าด้านในปกติ (Normal arch) CSI (%) เท่ากับ 0.1 - 44.9% ฝ่าเท้าด้านในสูง (High arch) CSI (%) เท่ากับ 0 และเท้าแบน (Flat foot) CSI (%) เท่ากับหรือมากกว่า 45.0

การวิเคราะห์ข้อมูล

ลักษณะประชากรศาสตร์ ระดับกิจกรรมทางกาย และค่า Chippaux-Smirak index (CSI) ที่บ่งชี้ถึงลักษณะเท้าจะถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และร้อยละ และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย ระดับกิจกรรมทางกาย และชนิดกีฬา) ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยวิธีเพียร์สัน (Pearson product's moment correlation coefficient) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อภาวะเท้าแบนในนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัย โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผลการวิจัย

จากตารางที่ 1 แสดงลักษณะประชากรศาสตร์ของนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวร ผลการวิจัย พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปี 2562 จำนวน 76 คน ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 38 คน และเพศหญิง จำนวน 38 คน มีระดับกิจกรรมทางกาย ระดับสูง จำนวน 52 คน ($\bar{x}=7,837.78$, S.D.=1,937.35) ระดับกลาง จำนวน 21 คน ($\bar{x}=1,930.83$, S.D.=548.97) ระดับต่ำ จำนวน 3 คน ($\bar{x}=480.00$, S.D.=0.00) คิดเป็นร้อยละ 68.42, 27.63 และ 3.95 ตามลำดับ นักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวรมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของตัวแปรน้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกาย (BMI) และเมื่อวิเคราะห์ตามตัวแปร ผลการวิจัยพบว่า น้ำหนัก ($\bar{x}$ = 63.2, S.D. = 12.05) ส่วนสูง ($\bar{x}$ = 167.3, S.D. = 167.3) และนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวรโดยส่วนมากมีดัชนีมวลกายอยู่ในระดับรูปร่างสมส่วน ($\bar{x}$ = 21.3, S.D. = 1.04) จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 60.53 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

จากตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่า Chippaux-Smirak index (CSI) ในนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวรที่มีภาวะเท้าแบน ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีภาวะเท้าแบนทั้ง 2 ข้าง ($\bar{x}$ = 61.52, S.D. = 11.12) จำนวน 19 คน และภาวะเท้าแบนข้างเดียว (CSI% = 59.88)

จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และ 1.32 ตามลำดับ และเมื่อจำแนกตามเพศพบว่า เพศชายที่มีภาวะเท้าแบน ($\bar{x}$ = 56.2, S.D. = 7.1) จำนวน 13 คน และเพศหญิงที่มีภาวะเท้าแบน ($\bar{x}$ = 70.9, S.D. = 10.48) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 17.11 และ 9.21 ตามลำดับ กล่าวคือ เพศชายมีความชุกของภาวะเท้าแบนมากกว่าเพศหญิง

จากตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และค่า Chippaux-Smirak index (CSI) ในนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวรที่มีภาวะเท้าแบน จำแนกตามชนิดกีฬา ผลการวิจัยพบว่า ชนิดกีฬาที่นักกีฬาภาวะเท้าแบนมากที่สุด ได้แก่ กีฬาวอลเลย์บอล เพศชาย เมื่อพิจารณาตามตัวแปรแล้วพบว่า อายุ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และร้อยละของตัวแปรลักษณะประชากรศาสตร์

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ				
• ชาย	-	-	38	50.0
• หญิง	-	-	38	50.0
ระดับกิจกรรมทางกาย (เม็ต-นาที/สัปดาห์)				
• สูง	7,837.78	1,937.35	52	68.42
• ปานกลาง	1,930.83	548.97	21	27.63
• ต่ำ	480.00	0.00	3	3.95
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	63.2	12.05	76	100.0
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	167.3	8.53	76	100.0
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	22.36	2.87	76	100.0
• < 18.5 (ผอม)	17.28	0.9	5	6.60
• 18.5 - 22.9 (รูปร่างสมส่วน)	21.3	1.04	46	60.53
• 23.0 - 27.4 (น้ำหนักเกิน)	24.62	0.92	22	28.95
• > 27.5 (อ้วน)	30.8	4.5	3	3.95

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่า Chippaux-Smirak index (CSI) ใน นักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวรที่มีภาวะเท้าแบน

ภาวะเท้าแบน	CSI (%)	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เท้าแบนข้างซ้าย	62.45 $\pm$ 10.89	20	26.32
เท้าแบนข้างขวา	60.46 $\pm$ 11.26	19	25.0
เท้าแบนข้างใดข้างหนึ่ง	59.88 $\pm$ 0.0	1	1.32
เท้าแบนทั้ง 2 ข้าง	61.52 $\pm$ 11.12	19	25.0
เพศชายที่มีภาวะเท้าแบน	56.2 $\pm$ 7.10	13	17.11
เพศหญิงที่มีภาวะเท้าแบน	70.9 $\pm$ 10.48	7	9.21

($\bar{x}$ =20.14, S.D.=0.89) น้ำหนัก ($\bar{x}$ =72.14, S.D.=4.45) ส่วนสูง ($\bar{x}$ =179, S.D.=3) ดัชนีมวลกาย ($\bar{x}$ =22.87, S.D.=1.54) ระดับกิจกรรมทางกาย ($\bar{x}$ =5,520, S.D.=120) และจำแนกภาวะเท้าแบนในแต่ละข้าง ภาวะเท้าแบนข้างขวา ($\bar{x}$ =58.05, S.D.=8.84) มีจำนวน 6 คน และภาวะเท้าแบนข้างซ้าย ($\bar{x}$ =59.82, S.D.=7.29) มีจำนวน 7 คน กล่าวคือ พบนักกีฬาที่ภาวะเท้าแบนข้างเดียวในกีฬาบอลเลย์บอล และชนิดกีฬาที่มีนักกีฬาภาวะเท้าแบนน้อยที่สุด คือ กีฬา วอลเลย์บอล เพศหญิง ตะกร้อ และกรีฑา ซึ่งไม่พบนักกีฬาที่มีภาวะเท้าแบน

ตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ผลการวิจัยพบว่า ภาวะเท้าแบนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับเพศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r =.663, P <.05) ในขณะที่ภาวะเท้า

แบนสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับดัชนีมวลกาย (r =-.310, P <.05) และไม่พบความสัมพันธ์กับอายุ (r =-.028) ระดับกิจกรรมทางกาย (r =-.246) และชนิดกีฬา (r =.199)

จากตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ตัวแปรปัจจัยทั้ง 5 ตัว ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย ระดับกิจกรรมทางกาย และชนิดกีฬา สามารถร่วมกันพยากรณ์ทำนายภาวะเท้าแบนของนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวรได้ร้อยละ 50.3 (R^2 =.503) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรอิสระทั้ง 5 ปัจจัยนี้ มีปัจจัยที่มีผลต่อภาวะเท้าแบนจำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ เพศและดัชนีมวลกาย ซึ่งมีอิทธิพลต่อภาวะเท้าแบนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยปัจจัยด้านเพศเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรกในการพยากรณ์ภาวะเท้าแบน ($Beta$ = .559)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และค่า Chippaux-Smirak index (CSI) ในนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวรที่มีภาวะเท้าแบนจำแนกตามชนิดกีฬา

ชนิดกีฬา	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (ก.ก.)	ส่วนสูง (ซ.ม.)	ดัชนีมวลกาย (ก.ก./ม. ²)	ระดับ		ภาวะเท้าแบน (CSI)(%)		
					กิจกรรมทางกาย		ข้างซ้าย (น, ร้อยละ)	ข้างขวา (น, ร้อยละ)	ทั้ง 2 ข้าง (น, ร้อยละ)
					เมต-นาที/ สัปดาห์	การมี กิจกรรม ทางกาย			
วอลเลย์บอล (n=7)	20.14 ± 0.89	72.14 ± 4.45	179.0 ± 3.0	22.87 ± 1.54	5,520.0 ± 120.0	สูง	59.82 ± 7.29 (7, 9.21)	58.05 ± 8.84 (6, 7.89)	59.0 ± 7.74 (6, 7.89)
เพศชาย (n=7)	20.14 ± 0.89	72.14 ± 4.45	179 ± 3	22.87 ± 1.54	5,520.0 ± 120.0	สูง	59.82 ± 7.29 (7, 9.21)	58.05 ± 8.84 (6, 7.89)	59.0 ± 7.74 (6, 7.89)
เพศหญิง (n=0)	ไม่พบภาวะเท้าแบน								
ฟุตบอล (n=2)	20.0 ± 0.0	58.5 ± 13.43	165.50 ± 21.92	21.27 ± 0.72	5,150 ± 650	สูง	62.04 ± 8.54 (2, 2.63)	53.36 ± 1.38 (2, 2.63)	57.70 ± 7.07 (2, 2.63)
เพศชาย (n=1)	20.0 ± 0.0	68 ± 0.0	181.0 ± 0.0	20.75 ± 0.0	5,800 ± 0.0	สูง	56.0 ± 0.0 (1, 1.31)	52.38 ± 0.0 (1, 1.31)	54.19 ± 2.55 (1, 1.31)
เพศหญิง (n=1)	20.0 ± 0.0	49.0 ± 0.0	150.0 ± 0.0	21.78 ± 0.0	4,500 ± 0.0	สูง	± 0.0 (1, 1.31)	± 0.0 (1, 1.31)	± 9.71 (1, 1.31)
บาสเกตบอล (n=6)	21.0 ± 1.27	66.16 ± 6.88	171.50 ± 6.22	22.56 ± 2.26	3,620.0 ± 944.0	สูง	± 14.43 (6, 7.89)	± 13.82 (6, 7.89)	± 13.52 (6, 7.89)
เพศชาย (n=2)	22.0 ± 0.0	70.50 ± 3.53	176.50 ± 0.7	22.83 ± 1.56	4,650.0 ± 777.8	สูง	± 3.12 (2, 2.63)	± 2.12 (2, 2.63)	± 3.75 (2, 2.63)
เพศหญิง (n=4)	20.50 ± 1.30	64.0 ± 7.48	169.0 ± 6.27	22.43 ± 2.76	2,933.3 ± 909.0	สูง	± 13.60 (4, 5.26)	± 8.50 (4, 5.26)	± 10.50 (4, 5.26)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และค่า Chippaux-Smirak index (CSI) ในนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวรที่มีภาวะเท้าแบนจำแนกตามชนิดกีฬา (ต่อ)

ชนิดกีฬา	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (ก.ก.)	ส่วนสูง (ซ.ม.)	ดัชนีมวลกาย (ก.ก./ม. ²)	ระดับ					
					กิจกรรมทางกาย		ภาวะเท้าแบน (CSI)(%)			
					ระดับ เม็ต-นาทีย/ สัปดาห์ ทางกาย	การมี กิจกรรม	ข้างซ้าย (น, ร้อยละ)	ข้างขวา (น, ร้อยละ)	ทั้ง 2 ข้าง (น, ร้อยละ)	
คาราเต้โด (n=4)	20.75 ± 0.95	76.75 ± 8.0	169.75 ± 7.70	26.63 ± 2.0	2,347 ± 330.8	สูง	55.78 ± 8.0 (4, 5.26)	55.40 ± 6.65 (4, 5.26)	55.60 ± 6.80 (4, 5.26)	
เพศชาย (n=3)	20.33 ± 0.57	79.33 ± 7.50	171.33 ± 8.62	27.06 ± 2.22	2,510 ± 75.50		สูง	53.80 ± 8.50 (3, 3.94)	53.30 ± 6.30 (3, 3.94)	53.52 ± 6.67 (3, 3.94)
เพศหญิง (n=1)	22.0 ± 0.0	69.0 ± 0.0	165.0 ± 0.0	25.36 ± 0.0	1,860.0 ± 0.0			สูง	61.85 ± 0.0 (1, 1.31)	61.79 ± 0.0 (1, 1.31)
เทควันโด (n=1)	22.0 ± 0.0	65.0 ± 0.0	168.0 ± 0.0	23.03 ± 0.0	6,380 ± 0.0	สูง			78.43 ± 0.0 (1, 1.31)	81.25 ± 0.0 (1, 1.31)
เพศชาย (n=0)	ไม่พบภาวะเท้าแบน									
เพศหญิง (n=1)	22.0 ± 0.0	65.0 ± 0.0	168.0 ± 0.0	23.03 ± 0.0	6,380 ± 0.0		สูง	78.43 ± 0.0 (1, 50)	81.25 ± 0.0 (1, 50)	79.84 ± 1.99 (1, 50)
ตะกร้อ (n=0)	ไม่พบภาวะเท้าแบน									
กรีฑา (n=0)	ไม่พบภาวะเท้าแบน									

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจัย	ภาวะเท้าแบน	
	Pearson correlation (r)	P - value
อายุ	-.028	.835
เพศ	.663	.000*
ดัชนีมวลกาย	-.310	.018*
ระดับกิจกรรมทางกาย	-.246	.063
ชนิดกีฬา	.199	.134

* $P < .05$ ตารางที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ในรูปของคะแนนดิบ (B) และคะแนนมาตรฐาน (Beta) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R²) ในการพยากรณ์ภาวะเท้าแบน

ตัวพยากรณ์	Beta	t	P - value
อายุ	-.124	-1.045	.301
เพศ	.559	4.288	.000*
ดัชนีมวลกาย	-.253	-2.046	.046*
ระดับกิจกรรมทางกาย	-.122	-.988	.328
ชนิดกีฬา	.053	.371	.712
Constant		3.297	.002
R = .709	R² = .503	F = 10.522	P - value = .000*

* $P < .05$

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการประเมินภาวะเท้าแบนและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวร ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 76 คน พบว่านักกีฬา จำนวน 20 คน (26.32%) มีภาวะเท้าแบน ซึ่งแบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 13 คน (17.11%) และเพศหญิง จำนวน 7 คน (9.21%) โดยภาวะเท้าแบนนี้พบที่เท้าข้างซ้ายของ

นักกีฬา จำนวน 20 คน (26.32%) และพบที่เท้าข้างขวาของนักกีฬา จำนวน 19 คน (25%) กล่าวคือ มีนักกีฬาเพียง 1 คน (1.32%) ที่มีภาวะเท้าแบนข้างเดียว ชนิดกีฬาที่พบว่านักกีฬามีภาวะเท้าแบน ได้แก่ วอลเลย์บอล จำนวน 7 คน บาสเกตบอล จำนวน 6 คน คาราเต้โด จำนวน 4 คน ฟุตซอล จำนวน 2 คน เทควันโด จำนวน 1 คน นักกีฬาทุกชนิดกีฬามีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติซึ่งบ่งชี้ถึงรูปร่างสมส่วน

ยกเว้นนักกีฬาคาราเต้โดที่มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ที่บ่งชี้ถึงการมีภาวะน้ำหนักตัวเกิน ระดับกิจกรรมทางกายของนักกีฬาทุกชนิดอยู่ในระดับสูง และมีนักกีฬาวอลเลย์บอลเพียงคนเดียวที่มีภาวะเท้าแบนข้างเดียวที่เท้าข้างซ้าย สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย ระดับกิจกรรมทางกาย และชนิดกีฬา พบว่า ภาวะเท้าแบนสัมพันธ์โดยตรงกับเพศ แต่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับดัชนีมวลกาย และไม่พบความสัมพันธ์กับอายุ ระดับกิจกรรมทางกาย และชนิดกีฬา

จากผลการศึกษาภาวะเท้าแบนในนักกีฬามหาวิทยาลัยนครสวรรค์ครั้งนี้พบว่า เพศชายมีความชุกของภาวะเท้าแบนมากกว่าเพศหญิงเกือบ 2 เท่า โดยพบจำนวนนักกีฬาที่มีภาวะเท้าแบนที่ข้างซ้ายและข้างขวามากกว่าร้อยละ 20 สอดคล้องกับ McCormick และ Johnson (2012) ซึ่งพบความชุกของภาวะเท้าแบนในเพศชายมากกว่าเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในอาสาสมัครอายุ 18-25 ปี โดยเป็นความชุกของภาวะเท้าแบนในเพศชายที่มากกว่าเพศหญิงประมาณ 2 เท่า เช่นเดียวกับการศึกษาวิจัยของ Tantaopas, Jitchanvichai, Laisiroengrai, Jenjai, Julphakee, Theera-Umpon และคณะ (2018) ที่ทำการศึกษาในนักศึกษาแพทย์ ชั้นปีที่ 3 อายุ 19-22 ปี จำนวน 240 คน พบภาวะเท้าแบนในเพศชายมากกว่าเพศหญิง กล่าวคือพบภาวะเท้าแบนในเพศชายและหญิงจำนวน 76 และ 48 คน คิดเป็นร้อยละ 38 และ 24 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นไปได้ว่า กิจกรรมในชีวิตประจำวันของเพศชายมีลักษณะการเคลื่อนไหวที่ร่างกายบริเวณรยางค์ล่าง ได้แก่ ขาและเท้า ต้องออกแรงรับน้ำหนักมากกว่าเพศหญิง ตัวอย่างกิจกรรมที่อาจส่งผลต่อการรับน้ำหนักของขาและเท้าในเพศชาย ได้แก่ ฟุตบอล หรือ ตะกร้อ เป็นต้น (Tantaopas et al., 2018) จาก

ผลวิจัยจะเห็นได้ว่าการศึกษาภาวะเท้าแบนของนักกีฬานี้พบความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนกับเพศด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Tantaopas และคณะ (2018) ที่กล่าวไว้เบื้องต้น และสอดคล้องกับการศึกษาของ Ezema, Abaraogu และ Okafor (2014) ซึ่งรายงานถึงความชุกของภาวะเท้าแบนในเด็กช่วงอายุ 6-10 ปี ที่พบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง และกล่าวว่าเพศเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะเท้าแบน ส่วนปัจจัยด้านอายุที่ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับภาวะเท้าแบนในการศึกษานี้ แม้จะมีรายงานการศึกษาภาวะเท้าแบนในเด็กช่วงอายุ 6-10 ปี และในผู้ใหญ่ที่มีอายุ 18-21 ปี (Aenumulapalli, 2017) ที่กล่าวว่าปัจจัยด้านอายุสัมพันธ์กับภาวะเท้าแบน ความเป็นไปได้ว่านักกีฬาที่มีภาวะเท้าแบนทั้ง 20 คนในทุกชนิดกีฬามีค่าเฉลี่ยของอายุใกล้เคียงกันมาก จึงอาจส่งผลให้ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับปัจจัยด้านดัชนีมวลกายที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับภาวะเท้าแบน (ค่า CSI เท่ากับหรือมากกว่า 45%) นั้น อาจเนื่องมาจากนักกีฬาที่มีภาวะเท้าแบนในการศึกษานี้ส่วนมากมีรูปร่างสมส่วน เมื่อพิจารณาค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) ของนักกีฬา ซึ่งคำนวณจากสูตรด้วยการนำข้อมูลน้ำหนักตัวหน่วยเป็นกิโลกรัมหารด้วยส่วนสูงหน่วยเป็นเมตรยกกำลังสอง จะทำให้พบว่า แม้นักกีฬามีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติที่บ่งชี้ถึงการมีรูปร่างสมส่วน ไม่ได้มีภาวะน้ำหนักเกินหรือเป็นโรคอ้วนก็สามารถพบภาวะเท้าแบนในอาสาสมัครกลุ่มนี้ได้ โดยสาเหตุของภาวะเท้าแบนในนักกีฬาอาจมาจากความผิดปกติตั้งแต่กำเนิด (Congenital deformities) (Vannajak, and Vannajak, 2018) ก็เป็นไปได้ รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อแรงกระทำบริเวณเท้าจนก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือการเปลี่ยนแปลงลักษณะเท้าไม่ได้มี

เพียงน้ำหนักตัวเท่านั้น แต่ยังมีปัจจัยอื่นๆ ด้วย ได้แก่ ความเร็วในการวิ่ง รองเท้า และคุณลักษณะของพื้นที่สามารถส่งผลทำให้เกิดแรงกระทำได้มากเช่นกันเมื่อนักกีฬามีการเคลื่อนไหวขณะเล่นกีฬา (Research and Development Section, Bureau of Sport Science, Department of Physical Education, 2013) โดยสาเหตุทั้งความผิดปกติตั้งแต่กำเนิดและปัจจัยภายนอกดังกล่าว อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลวิจัยนี้พบว่านักกีฬาระดับมหาวิทยาลัยส่วนมากมีภาวะเท้าแบนทั้ง 2 ข้าง ในขณะที่ผลการศึกษาที่ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างระดับกิจกรรมทางกาย และชนิดกีฬาที่มีต่อภาวะเท้าแบนด้วยนั้น มีความเป็นไปได้ว่านักกีฬาที่มีภาวะเท้าแบนทั้ง 20 คนในทุกชนิดกีฬามีค่าเฉลี่ยของระดับกิจกรรมทางกายอยู่ในระดับสูงใกล้เคียงกันมาก และจำนวนของนักกีฬาแต่ละชนิดที่พบว่ามีภาวะเท้าแบน ได้แก่ นักกีฬาวอลเลย์บอล ฟุตบอล บาสเกตบอล คาราเต้โด และเทควันโดมีจำนวนน้อย จึงอาจส่งผลให้ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หรืออาจเนื่องมาจากมีปัจจัยอื่นๆ มาเกี่ยวข้องด้วย อาทิ ความผิดปกติของโครงสร้างเท้าตั้งแต่กำเนิด การบาดเจ็บของเอ็นกล้ามเนื้อ Tibialis posterior (Tibialis posterior tendinitis) ประวัติการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ กระดูก ข้อต่อบริเวณขาและเท้า และประเภทของการทำงานที่มีการยืนเป็นเวลานาน (Vannajak, and Vannajak, 2018; Tantaopas et al., 2018) ในการศึกษาวิจัยภาวะเท้าแบนกับนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัยในอนาคต จึงควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมถึงประวัติการเกิดภาวะเท้าแบน อาการบาดเจ็บบริเวณรยางค์ล่าง และอาการผิดปกติจากภาวะเท้าแบนในนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัยด้วย เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันที่อาจเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะเท้าแบนในนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัยได้อย่างชัดเจนขึ้น

จากผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่มีผลต่อภาวะเท้าแบนในนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวรมี 2 ปัจจัย ได้แก่ เพศและดัชนีมวลกาย ซึ่งมีอิทธิพลต่อภาวะเท้าแบนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยปัจจัยด้านเพศเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรกในการพยากรณ์ภาวะเท้าแบน ($Beta = .559$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhao และคณะ (2020) รายงานว่า เพศและดัชนีมวลกายเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของเท้า (Arch structure) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดการบาดเจ็บบริเวณรยางค์ล่าง โดยภาวะเท้าแบนมีผลกระทบทำให้เกิดข้อเสื่อม (Osteoarthritis) ของข้อต่อแรกบริเวณ Metatarsophalangeal การหักของกระดูกฝ่าเท้า (Metatarsal fractures) และอาการปวดเข่า (Knee pain) ได้ (Zhao, Gu, Yu, Ma, and Zhou, 2020) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Pfeiffer และคณะที่พบว่า ภาวะน้ำหนักเกิน (Overweight) และอ้วน (Obesity) สัมพันธ์กับภาวะเท้าแบนในเด็กอายุ 3-6 ปี ซึ่งพบเด็กที่มีน้ำหนักปกติมีภาวะเท้าแบนคิดเป็น 42% เด็กที่มีน้ำหนักเกินมีภาวะเท้าแบนคิดเป็น 51% และเด็กอ้วนมีภาวะเท้าแบนคิดเป็น 62% (Pfeiffer, Kotz, Ledl, Hauser, Sluga, 2006) ในปี 2010 ผลการวิจัยของ Chang และคณะพบความชุกของภาวะเท้าแบนเพิ่มมากขึ้นในเด็กโตห้วนที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน (Chang, Wang, Kuo, Shen, Hong, Lin, 2010) โดยการเพิ่มขึ้นของดัชนีมวลกายนี้สัมพันธ์กับภาวะเท้าแบนได้ทั้งเพศชายและหญิง (Tenenbaum, Hershkovich, Gordon, Bruck, Thein, Deranzne, et al., 2013) จากอิทธิพลของปัจจัยด้านเพศและดัชนีมวลกายที่มีผลต่อภาวะเท้าแบนสามารถอธิบายได้ว่า ปัจจัยด้านเพศที่ส่งผลต่อภาวะเท้าแบนนั้น โดยเฉพาะจำนวนของเพศชายที่มีภาวะเท้าแบนมากกว่าเพศหญิงในนักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวร อาจเป็นผลมาจากเพศชายมี

กิจกรรมในชีวิตประจำวันที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกายบริเวณยางค้ำและต้องออกแรงรับน้ำหนักมากกว่าเพศหญิง โดยการรองรับน้ำหนักที่กระทำต่อฝ่าเท้าของเอ็นกล้ามเนื้อบริเวณด้านล่างของแนวโค้งของฝ่าเท้าทางด้านในนี้ มีส่วนสำคัญช่วยในการลดแรงกระทำขณะเคลื่อนไหว หากเอ็นและพังผืดบริเวณโค้งฝ่าเท้าทางด้านในถูกยืดมากเป็นเวลานาน จะส่งผลให้ส่วนอื่นต้องแบกรับน้ำหนักและประคองเพื่อรักษาโค้งของฝ่าเท้าไว้ ถ้าหากไม่สามารถประคองไว้ได้ จะทำให้ส่วนโค้งฝ่าเท้าทางด้านนอกลดต่ำลง และมีการบิดออกไปทางด้านนอกของปลายเท้า (Vannajak and Vannajak, 2018) อีกทั้งการฝึกซ้อมทางการกีฬาทำให้เท้าของนักกีฬาต้องรับแรงกระทำจากพื้นมากกว่าคนปกติด้วย (Research and Development Section, Bureau of Sport Science, Department of Physical Education, 2013) ส่วนปัจจัยด้านดัชนีมวลกายที่ส่งผลต่อภาวะเท้าแบน อาจเป็นไปได้ว่าผู้ที่มีดัชนีมวลกายมากหรือมีภาวะอ้วน น้ำหนักตัวที่มากจะส่งผลให้มีแรงกดที่เท้าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการลดลงของการทำงานของกล้ามเนื้อและข้อต่อบริเวณเท้า จึงส่งผลกระทบต่อการทำงานของส่วนโค้งของเท้าได้ (Sadeghi-Demneh, Azadinia, Jafarian, Shamsi, Melvin, Jafarpishe, 2016; Vannajak and Vannajak, 2018)

สรุปผลการวิจัย

นักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวรเพศชายมีความชุกของภาวะเท้าแบนมากกว่าเพศหญิงเกือบ 2 เท่า และพบจำนวนนักกีฬาที่มีภาวะเท้าแบนที่ข้างซ้ายและข้างขวามากกว่าร้อยละ 20 โดยพบว่าภาวะเท้าแบนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับเพศ และสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับดัชนีมวลกาย การทราบถึงความชุกของภาวะเท้าแบนและปัจจัยที่สัมพันธ์ดังกล่าวจึงเป็นส่วน

สำคัญที่ช่วยให้นักกีฬามหาวิทยาลัยนเรศวรได้ตระหนักถึงการป้องกันและการส่งเสริมสุขภาพเท้าเพื่อสุขภาพเท้าที่ดีต่อไป

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การประเมินภาวะเท้าแบนและการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะเท้าแบนกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องทำให้พบว่า นักกีฬาของมหาวิทยาลัยนเรศวรมีภาวะเท้าแบนในข้างซ้ายและข้างขวามากกว่าร้อยละ 20 ถึงแม้จะพบว่ารูปร่างของนักกีฬาไม่ส่งผลต่อภาวะเท้าแบนในการศึกษาครั้งนี้ ภาวะเท้าแบนสามารถก่อให้เกิดปัญหาทางสุขภาพในภายหลังได้ โดยอาจทำให้เกิดอาการปวดบริเวณฝ่าเท้า ส้นเท้า และเอ็นข้อเท้าอักเสบ อีกทั้งทำให้มีอาการปวดเข่าและหลังเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลศาสตร์ของเท้า เมื่อมีการเดินหรือวิ่งนาน ๆ จะทำให้มีแรงกระทำต่อข้อเท้าผิดปกติไป และมีการเปลี่ยนแปลงกลไกการควบคุมข้อเท้า อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บขึ้นได้ในนักกีฬา จากการศึกษาวิจัยจึงได้ขอเสนอแนะเกี่ยวกับการป้องกันและการส่งเสริมสุขภาพเท้าของนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัยที่มีภาวะเท้าแบนให้ดีขึ้น ควรมีการวางแผนการฝึกซ้อมกีฬา การส่งเสริมสมรรถภาพทางร่างกายของนักกีฬา รวมถึงการพิจารณาการสวมรองเท้ากีฬา และการใช้อุปกรณ์เสริมให้เหมาะสมกับลักษณะเท้าของแต่ละบุคคล เพื่อให้ นักกีฬาสามารถทำการฝึกซ้อม และแข่งขันกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

Aenumulapalli, A., Kulkarni, M.M., and Gandotra, A.R. (2017). Prevalence of flexible flat foot in adults: across-sectional study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11, 17-20.

- Agel, J., Palmieri-Smith, R. M., Dick, R., Wojtys, E. M., and Marshall, S. W. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate women's volleyball injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988–1989 through 2003–2004. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 295.
- Chadchavalpanichaya, N. (2005). Most common foot problems and solutions by *Pedorthic Rehabilitation Medicine*, 15(2), 60-69.
- Chang, J-H., Wang, S-H., Kuo, C-L., Shen, H.C., Hong, Y-W., and Lin, L-C. (2010). Prevalence of flexible flatfoot in Taiwanese school-aged children in relation to obesity, gender, and age. *European Journal of Pediatrics*, 169, 447–452.
- Ezema, C.I., Abaraogu, U.O., and Okafor, G.O. (2014). Flat foot and associated factors among primary school children: A cross-sectional study. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, 32, 13–20
- Jorrakate, C., Kongsuk, J., Wannanon, S., Kontha, S., and Sungpasee, S. (2014). Comparisons of ability to control static and dynamic standing balances in male individuals with and without flat foot aged between 18-25 years. *The Journal of Physical Therapy*, 36(3), 79-88.
- McCormick J.J., and Johnson J.E. (2012). Medial column procedures in the correction of adult acquired flatfoot deformity. *Foot Ankle Clinics*, 17: 283-98.
- Nikolaidou, M.E., and Boudolos, K.D. (2006). A Footprint for the rational classification of foot types in young schoolchildren. *The Foot*, 16, 82-90.
- Pfeiffer, M., Kotz, R., Ledl, T., Hauser, G., and Sluga, M. (2006). Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics*, 118(2), 634-639.
- Research and Development Section, Bureau of Sport Science, Department of Physical Education. (2013). *Foot characteristics with athletes*. Bangkok: Agricultural Cooperative Assembly of Thailand Co., Ltd.
- Sadeghi-Demneh, E., Jafarian, F., Melvin, J. M., Azadinia, F., Shamsi, F., and Jafarpishe, M. (2015). Flatfoot in school-age children: prevalence and associated factors. *Foot & Ankle Specialist*, 8(3), 186-193.
- Suksom, D. (2018). *Exercise for health*. Bangkok. Chulalongkorn University.
- Tantaopas, W., Jitchanvichai, J., Laisiroengrai, T., Jenjai, N., Julphakee, T., Theera-Umpon, N., et al. (2018). Prevalence and associated factors of flatfoot in third-year medical students at Chiang Mai University. *Chulalongkorn Medical Journal*, 62(3), 627-637.
- Tenenbaum, S., Hershkovich, O., Gordon, B., Bruck, N., Thein, R., Derazne, E., ... and Afek, A. (2013). Flexible pes planus in adolescents: body mass index, body height, and gender-an epidemiological

- study. *Foot & Ankle International*, 34(6), 811-817.
- Tománková, K., Pridalová K., and Gába, A. (2015). The impact of obesity on foot morphology in women aged 48 years or older. *Acta Gymnica*, 45(2), 69-75.
- Utsahachant, N., Kingman, S., Songsri, K., and Adsarangkool Na Aryuthaya, N. (2020). A Comparison of Pronated and Normal Foot Postures on Static and Dynamic Postural Stability. *The Public Health Journal of Burapha University*, 15(1), 36-48.
- Vannajak, P. T., and Vannajak, K. (2018). Association between flat foot and knee pain. *Burapha Journal of Medicine*, 5(1), 104-112.
- Vannajak, P. T., Vannajak, K., and Boonsri C. (2017). The Correlations between Foot Posture and Preferential Foot in Handball Players. The 1st National Conference Research and Innovation Knowledge Transformation Towards Thailand 4.0, School of Health Science, Mae Fah Luang University.
- Vannajak, P.T., Vannajak, K., Somwarn, K., Panjaparanurak, A., and Chantharungsi, A. (2018). The Effect of Rigid Tape and ElasticTape on Navicular Height and Gait in People with Flexible Flat Feet. *Srinagarind Medical Journal*, 33(1), 56-63.
- Vergara-Amador, E., Serrano, R.F., Correa, J.R., Molano, A.C., and Guevara, O.A. (2012). Prevalence of flatfoot in school between 3 and 10 years. Study of two different populations geographically and socially. *Colombia Médica*, 43(2), 141-146.
- WHO Expert consultation. (2004). Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *The Lancet*, 363, 157-163.
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An Introductory Analysis*. 3rd ed. NY: Harper and Row Publication.
- Zhao, X., Gu, Y., Yu, J., Ma, Y., and Zhou, Z. (2020). The influence of gender, age, and body mass index on arch height and arch stiffness. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 59(2), 298-302.

ผลของการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้างและการเป่าลูกโป่งที่มีต่อสมรรถภาพปอดในเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด

กฤษณา บุญล้ำ¹ สุวิมล โรจนาวี² สุพิชญา พจนัสภาพ³ ยิหาวา สุขสวัสดิ์⁴ และวรรณพร ทองตะโก¹

¹คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²คณะพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

³หน่วยระบบหายใจและกุมารเวชวิกฤต กองกุมารเวชกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

⁴หน่วยภูมิแพ้และภูมิคุ้มกันวิทยา กองกุมารเวชกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

Received: 14 July 2563 / Revised: 15 December 2563 / Accepted: 30 March 2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้างและการเป่าลูกโป่งที่มีต่อสมรรถภาพปอดในเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด ที่มาใช้บริการ ณ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า อายุระหว่าง 7-12 ปี เพศชายและหญิงที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ จำนวน 30 คน แบ่ง เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้รับการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง และกลุ่มที่ 2 ได้รับการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง โดยแต่ละกลุ่มทำการฝึกหายใจในวันจันทร์ วันอังคาร วันพฤหัสบดี วันศุกร์ และวันเสาร์ที่บ้านรวม 5 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยก่อนและหลังการทดลองทำการทดสอบข้อมูลด้านสรีรวิทยาและตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองด้วยการทดสอบค่าที่แบบรายคู่ (Paired t-test) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบค่าที่แบบอิสระ (Independent t-test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัย หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้านสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความ

ดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และคลายตัว เปรียบเทียบกับก่อนการทดลองและระหว่างกลุ่ม นอกจากนี้กลุ่มที่ได้รับการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง มีค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ ค่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที เพิ่มขึ้นแตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในส่วนของกลุ่มที่ได้รับการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง มีค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่าทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดไม่แตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย การฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ส่งผลดีต่อการเพิ่มสมรรถภาพปอดในเด็กวัยเรียนโรคหืดเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง

คำสำคัญ: โรคหืด / เด็กวัยเรียน / การฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง / การฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง / สมรรถภาพปอด

EFFECTS OF SUSTAINED MAXIMUM INSPIRATION VERSUS BALLOON-BLOWING BREATHING EXERCISE ON PULMONARY FUNCTION IN SCHOOL-AGE CHILDREN WITH ASTHMA

Kitsana Bunlam, Suwimon Rojnawee, Supichaya Pojsupap,
Yiwa Suksawat and Wannaporn Tongtako

Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

Faculty of Nursing, Chulalongkorn University

Respiratory and Critical Care Division, Department of Pediatrics, Phramongkutklao hospital

Allergy and Immunology Division, Department of Pediatrics, Phramongkutklao hospital

Received: 14 July 2020 / Revised: 15 December 2020 / Accepted: 30 March 2021

Abstract

Purpose The purpose of the study was to investigate the effects of sustained maximal inspiration and balloon blowing breathing exercise on pulmonary function in school-age children with asthma.

Methods sample of 30 school-age children with asthma, aged 7-12 years old, who visited at the outpatient department, Phramongkutklao Hospital, were recruited and randomly divided into 2 groups. The first group (n=15) trained with sustained maximal inspiration (SMI) breathing exercise while the second group (n=15) training with balloon-blowing breathing exercise. Participants were required to complete breathing exercise 5 times per week for the consecutive of 8 weeks. Physiological characteristics and pulmonary function variables were measured before and after training. The dependent variables were analyzed by paired t-test and independent sample t-test. Differences were considered to be significant at $p < .05$.

Results The results indicated that there were no significant differences in physiological

data such as body weight, height, resting heart rate, systolic blood pressure, and diastolic blood pressure between before and after 8-week training in both groups. In addition, after training, the forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV1), peak expiratory flow, and maximum voluntary ventilation (MVV) in balloon-blowing breathing exercise group were significantly higher than the pre-test ($p < .05$), with no significant differences observed in the sustained maximal inspiration (SMI) breathing exercise group, except for higher maximum voluntary ventilation (MVV) ($p < .05$). No significant changes in all variables were found between two groups.

Conclusion The present findings demonstrated that 8 weeks of balloon-blowing breathing exercise had more beneficial effects on pulmonary function compared to SMI in school-age children with asthma.

Keywords: Asthma / School-age children / Balloon-blowing breathing exercise / Sustain maximum inspiration; SMI / Pulmonary function

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคหืด (Asthma) เป็นโรคเรื้อรังของระบบทางเดินหายใจที่พบบ่อยในเด็กและเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขของทุกประเทศ (Global Initiative for Asthma, 2020) พบผู้ป่วยโรคหืดประมาณ 339 ล้านคนในทุกภูมิภาคทั่วโลก โดยความชุกของโรคหืดในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกในกลุ่มอายุ 6-7 ปีและ 13-14 ปีเท่ากับร้อยละ 9.5 และ 8.7 ตามลำดับ สำหรับประเทศไทยจากการสำรวจความรุนแรงของโรคหืดในเด็กของเครือข่ายโรคหืดระดับโลก (The Global Asthma Network; GAN) ปีพ.ศ. 2560-2561 พบว่า ความชุกของโรคหืดในเด็กยังคงมากเกินร้อยละ 10 (The Global Asthma Network, 2018) และจากการสำรวจของสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุขทุก 5 ปีพบว่าเด็กอายุ 6-14 ปี ในจังหวัดกรุงเทพมหานครเป็นโรคหืดร้อยละ 17 และเข้าพักรักษาในโรงพยาบาลด้วยโรคหืดฉุกเฉินสูงถึงร้อยละ 8.4 ซึ่งสูงสุดเมื่อเทียบกับภาคอื่น ๆ (Aekplakorn, 2014) ทำให้ค่าใช้จ่ายในการให้บริการทางการแพทย์จากการที่ผู้ป่วยต้องนอนโรงพยาบาลและมารับการรักษาที่ห้องฉุกเฉิน เพื่อรักษาอาการหืดกำเริบโดยการประเมินค่าใช้จ่ายการรักษาโรคหืดในเด็กประมาณ 6,500 บาทต่อคนต่อปี คิดเป็นเงินทั้งสิ้น 9,880 ล้านบาทต่อปี ซึ่งถือว่าเป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจของประเทศไทยอย่างยิ่ง (Benjaponpitak, 2012)

โรคหืดเป็นปัญหาสุขภาพที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของเด็ก ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม (Lozier et al., 2019) โดยในด้านร่างกาย โรคหืดทำให้เกิดการอักเสบเรื้อรังของระบบทางเดินหายใจ (Chronic inflammation) ทำให้หลอดลมมีความไวต่อสิ่งกระตุ้นมากกว่าปกติ (Bronchial hyperresponsiveness) การไหลเวียนของอากาศในระบบทางเดินหายใจลดลง (Airflow limitation) ซึ่งเป็นผลมาจาก

การที่หลอดลมหดตัว เยื่อภายในหลอดลมบวมขึ้น มีเสมหะอุดตันในหลอดลม และเยื่อหลอดลมอาจเสื่อมสภาพลงเรื่อย ๆ ทำให้หลอดลมหนาตัวขึ้น เกิดเป็นพังผืดที่หลอดลม จนมีการอุดกั้นของหลอดลมอย่างถาวร (Boonyaleepan, 2016) หากไม่สามารถควบคุมโรคได้ดี เด็กจะมีอาการไอ แน่นหน้าอก หายใจลำบาก โดยเฉพาะเวลากลางคืน รบกวนการนอน ส่งผลให้ร่างกายอ่อนเพลีย ทำให้ต้องขาดเรียนบ่อย จากพยาธิสภาพ โรคหืดทำให้หลอดลมตีบ (Obstructive airway) ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพปอด เช่น การลดลงของปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV₁) อัตราส่วนปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ต่อปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV₁/FVC) ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของอากาศหายใจออกในช่วงกลาง (25-75%) ของ FVC (Forced expiratory flow at 25-75% of FVC; FEF_{25-75%}) และค่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด (Peak Expiratory Flow Rate; PEF) ส่วนความจุปอดรวม (Total lung capacity; TLC) ปริมาตรปอดตกค้าง (Residual volume; RV) และแรงต้านทางเดินอากาศ (Airway resistance) จะสูงขึ้น (Alexander, 2015; Sears, 2007) นอกจากนี้ในรายเด็กที่ป่วยด้วยโรคหืดเรื้อรัง อาจทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย เช่น ลักษณะทรวงอกเป็นรูปถังเบียร์ (Barrel chest) คือ ทรวงอกมีขนาดใหญ่กว่าปกติ (อัตราส่วนด้านหน้าต่อด้านข้าง 1:1) การเจริญเติบโตน้อยกว่าปกติ และรูปร่างพอมบาง เป็นต้น (Poachanukoon and Chansakulporn, 2015) ในด้านจิตใจ เด็กจะมีความรู้สึกเครียดจากการ

ควบคุมอาการ การจัดการกับความเจ็บป่วย ซึมเศร้า และรู้สึกด้อยค่า ส่วนในด้านสังคม เด็กโรคหืดมักถูกจำกัดกิจกรรม เมื่อไปโรงเรียนทำให้เด็กถูกแยกจากเพื่อน เกิดปัญหาในด้านสัมพันธภาพและการยอมรับจากกลุ่มเพื่อน ความสามารถในการเรียนรู้ลดลง ไม่สามารถร่วมกิจกรรม เล่นกีฬา หรือออกกำลังกายได้เหมือนเด็กปกติทั่วไป (Collins et al., 2008) ส่งผลต่อการเรียนรู้ที่ล่าช้า และมีพฤติกรรมที่ผิดปกติ (Niyomwit, 2017) นอกจากนี้จะส่งผลกระทบต่อเด็กแล้วยังส่งผลกระทบต่อครอบครัว ผู้ดูแลทำให้ต้องหยุดงานเพื่อดูแลเด็กหรือพาเด็กไปตรวจรักษาที่โรงพยาบาล ส่งผลต่อสภาพการเงินและเศรษฐกิจภายในครอบครัว และอาจส่งผลกระทบต่อพี่น้องของเด็กป่วยเนื่องจากผู้ดูแลให้เวลากับเด็กป่วยมากกว่าปกติ ทำให้พี่น้องของเด็กป่วยคิดว่าผู้ดูแลรักตนเองน้อยลง เกิดการอิจฉา หรือมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (Ruangla-panun et al., 2009)

ตามทฤษฎีพัฒนาการ เด็กช่วงอายุ 7-12 ปี คือ เป็นวัยที่มีพัฒนาการอยู่ในขั้นปฏิบัติการคิดด้วยรูปธรรม (Concrete operational stage) กล่าวคือ เด็กจะเริ่มมีความสามารถคิดเหตุและผลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ตอนปลายของเด็กวัยเรียนจะเริ่มเข้าใจสาเหตุของเหตุการณ์รอบตัวพร้อมจะแก้ปัญหา (Hockenberry and Wilson, 2015) สามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตด้านต่าง ๆ ได้ดี ซึ่งเด็กแต่ละคนมีความสามารถและพัฒนาการที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้การควบคุมโรคของแต่ละคนนั้นแตกต่างกันด้วย เด็กที่ป่วยเป็นโรคหืดในวัยเรียนใช้เวลา 8-10 ชั่วโมงอยู่ที่โรงเรียนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เด็กต้องพึ่งพาตนเอง เด็กจึงจำเป็นต้องเป็นผู้ดูแลสุขภาพด้วยตนเองได้ เช่น การหลีกเลี่ยงสิ่งกระตุ้น การประคบเมื่อเกิดอาการหอบ การใช้ยาขยายหลอดลม การบริหารการหายใจเพื่อฝึกกล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจซึ่งจะส่งผลให้

สมรรถภาพปอดแข็งแรงอย่างต่อเนื่อง การควบคุมโรคด้วยตนเอง เป็นต้น (Lumnoi, 2009) ครอบครัวเป็นสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญกับเด็กวัยเรียน ถึงแม้เด็กวัยนี้จะมีความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ได้แล้ว แต่ก็ยังต้องพึ่งพาครอบครัวในการทำหน้าที่สนับสนุน ติดตาม และร่วมตัดสินใจในการปฏิบัติพฤติกรรมของเด็ก (Hockenberry and Wilson, 2015)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด มีการควบคุมโรคที่ไม่ดี เช่น ไม่พินยาตามแผนการรักษา ไม่บริหารการหายใจ (Tangpathomwong, 2016) เด็กส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการรักษาอาการหอบที่เกิดขึ้นมากกว่าการป้องกันการเกิดอาการหอบ (Walker and Reznik, 2014) และยังมีสมรรถภาพปอดลดลงเมื่อเทียบกับเด็กปกติ (Alexander, 2015; Sears, 2007) ส่งผลให้มีโอกาสที่จะเกิดอาการโรคหืดกำเริบได้ตลอดเวลา ทำให้ประสิทธิภาพในการรักษาที่ได้รับจะไม่เกิดผลอย่างเต็มที่ (Boonsawat, 2006)

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปอดที่นิยมนำมาใช้กับผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ คือ การฝึกการหายใจ (Breathing exercise, BE) เนื่องจากการหายใจเข้า-ออก เป็นการฝึกกล้ามเนื้อช่วยหายใจให้มีความแข็งแรง ซึ่งรูปแบบในการฝึกหายใจมีหลายวิธี เช่น การควบคุมการหายใจ (Breathing control) การหายใจแบบใช้กล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragm breathing exercise) การหายใจที่เน้นการหายใจของปอดเฉพาะส่วน (Costal breathing exercise) การหายใจแบบห่อปาก (Purse lip breathing exercise) และที่ผ่านมามีการศึกษาพบว่า การฝึกการหายใจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปอดของผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจได้ ดังการศึกษาของ Dipti และคณะ (Dipti et al., 2017) พบว่า ผู้ป่วยโรคหืด 60 คน ที่

ได้รับการฝึกการหายใจด้วยปรานายามะคือการฝึกควบคุมการหายใจให้ช้าลงโดยมีการหยุดคั่นลมหายใจเข้าออก 7 ทำ 3 ครั้ง ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) และค่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด (PEF) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับ Tarun และ Manjari (Tarun and Manjari, 2009) พบว่าผู้ป่วยโรคหืดจำนวน 25 คนที่ได้รับการฝึกการหายใจด้วยปรานายามะ 20 นาที 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีค่า FEV_1 และ PEF เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับกลุ่มฝึกสมาธิ

นอกจากนี้ การหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง (Sustain maximum inspiration; SMI) (Thaneesap, 2017) เป็นการหายใจอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืดจะได้รับคำแนะนำเรื่องการฝึกการหายใจขณะรับการรักษาในโรงพยาบาลจากบุคลากรทางการแพทย์ที่ผ่านการสอนและฝึกปฏิบัติการขยายปอด (Yimliang, 2009) โดยการหายใจลักษณะดังกล่าว เป็นการหายใจเข้าทางจมูกเต็มที่และคงค้างช่วงหายใจเข้าเต็มที่ 3 วินาที จากนั้นหายใจออกทางปากช้า ๆ และคงค้างช่วงหายใจออกไว้ 1 วินาที

การฝึกการหายใจอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปอดได้ คือ การฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง (Balloon-blowing breathing exercise) ซึ่งเป็นการนำลูกโป่งมาใช้เป็นสิ่งที่เพิ่มการออกแรงในระหว่างที่มีการหายใจออก โดยในปี ค.ศ. 2011 Lee และคณะ (Lee et al., 2011) ได้ศึกษาการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งของผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ที่มีสุขภาพดี พบว่าการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งช่วยเพิ่มปริมาตรการหายใจออกสูงสุดได้ ในปี ค.ศ. 2012 Kim and Lee (Kim and Lee, 2012) ได้ทำการศึกษาการฝึกการหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งในกลุ่มวัย

ผู้ใหญ่ตอนต้นที่สูบบุหรี่ พบว่า กลุ่มวัยผู้ใหญ่ตอนต้นที่สูบบุหรี่ จำนวน 15 คน ที่ได้รับการฝึกการหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีค่า VC, ERV, IRV, FVC, FEV_1 , FEV_1/FVC และ PEF เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้น ในปี ค.ศ. 2015 Sreedevi (Sreedevi, 2015) ได้ศึกษาพบว่า การฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง 10 ครั้งต่อวัน เป็นเวลา 3 วัน ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเด็กที่ติดเชื้ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างระหว่างอายุ 3 ถึง 8 ปี จำนวน 60 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกลูกโป่ง 30 คน และกลุ่มควบคุม 30 คน ส่งผลให้เด็กมีภาวะหายใจลำบากลดลง เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม อีกทั้ง Jun และคณะ (Jun et al., 2016) พบว่าผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง 3 เซต โดยให้พัก 1 นาทีระหว่างเซต 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ มีค่า FVC, FEV_1/FVC , PEF เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในปี ค.ศ. 2018 Das, Nayak และ Pradhan (Das, Nayak and Pradhan, 2018) ได้ศึกษาผลของการฝึกเป่าลูกโป่งเปรียบเทียบกับฝึกเป่าฟองสบู่ที่มีต่อภาวะติดเชื้ในระบบหายใจส่วนล่างในเด็กอายุ 3-12 ปี ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นเด็กที่มีภาวะติดเชื้ทางเดินระบบหายใจส่วนล่าง อายุระหว่าง 3-12 ปี จำนวน 60 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มการฝึกเป่าลูกโป่ง และกลุ่มการฝึกเป่าฟองสบู่ ทั้งสองกลุ่มถูกประเมินทางด้านสรีรวิทยาเบื้องต้น (อัตราการหายใจ เปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในเลือด เสี่ยงการหายใจผิดปกติ และการใช้กล้ามเนื้อขณะไอ) โดยฝึกเป่าลูกโป่งหรือฟองสบู่เป็นจำนวน 10 ครั้ง ใน 1 รอบการฝึก จำนวน 3 รอบต่อวัน พักระหว่างรอบ 1 ชั่วโมง และทำการฝึก 6 วันต่อสัปดาห์ หลังจากนั้นทำการทดสอบหลังการฝึก ผลการวิจัยพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาจากการสังเกตระหว่างก่อนและหลังใน

ทั้งสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของการหายใจเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่ม ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การฝึกเป่าลูกโป่ง และการฝึกเป่าฟองสบู่ส่งผลต่อการพัฒนาทางด้านสรีรวิทยาของเด็กที่มีภาวะติดเชื้ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง และในปีเดียวกัน Seo และ Cho (Seo and Cho, 2018) ศึกษาพบว่า การฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง ในท่า 90/90 โดยใช้ลูกบอลในผู้หญิง จำนวน 10 คน 30 นาทีต่อวัน 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีการเพิ่มขึ้นของค่า FVC, VC, PEF และ FEV₁ กล่าวโดยสรุปจะเห็นได้ว่าการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งสามารถช่วยฟื้นฟูการทำงานของปอดและเพิ่มสมรรถภาพปอดได้

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งที่มีต่อสมรรถภาพปอดในเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด ซึ่งจุดเด่นของการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง คือมีแรงต้านเกิดขึ้นในขณะที่หายใจออก เป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย ไม่ซับซ้อน เหมาะสมกับพัฒนาการและความสนใจของเด็กวัยนี้ เพื่อดูว่าจะมีผลต่อสมรรถภาพปอดในเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืดอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งและการหายใจเข้าสูงสุดและคงค้างที่มีต่อสมรรถภาพปอดในเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด

สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งและการหายใจเข้าสูงสุดและคงค้างส่งผลดีต่อสมรรถภาพปอดในเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืดแตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง

(Experimental research) ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาโครงการวิจัย กรมแพทยทหารบก เลขที่ IRBRTA 963/2562 รับรองเมื่อวันที่ 13 กันยายน 2562

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด ที่มาใช้บริการ ณ ห้องตรวจโรคผู้ป่วยนอก หน่วยระบบหายใจและกุมารเวชวิกฤต และหน่วยภูมิแพ้และภูมิคุ้มกันวิทยา กองกุมารเวชกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า อายุระหว่าง 7-12 ปี เพศชายและหญิง แบ่งกลุ่มตัวอย่าง เป็น 2 กลุ่ม จำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) และใช้ข้อมูลของ KyoChul Seo และ MiSuk Cho (Seo and Cho., 2018) กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test; β) ที่ 0.8 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Probable Error; α) ที่ 0.05 ค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size; d) ที่ 0.97 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 12 คน เพื่อป้องกันการสูญหาย (Drop out) ของกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มละ 15 คน และทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยแพทย์เจ้าของไข้เป็นผู้คัดกรองและส่งรายชื่อให้ผู้วิจัย โดยผู้วิจัยเป็นผู้เชิญชวนและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเข้าและตามความสมัครใจ ผู้วิจัยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) จากนั้นใช้การสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีจับสลาก (Simple random sampling) เพื่อเลือกเข้ากลุ่ม เพื่อให้มีความเท่าเทียมกันของทั้งสองกลุ่ม โดยรายละเอียดการสุ่มมีดังนี้

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มแบบแบ่งชั้นคัดเลือกโดยตัวบ่งชี้ 3 ตัว ดังนี้

1. เพศ แบ่งเป็นเพศชายและเพศหญิง
2. อายุ แบ่งเป็นอายุระหว่าง 7-9 ปี และอายุระหว่าง 10-12 ปี

3. ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) แบ่งเป็นค่า FEV_1 ร้อยละ 80-100 และร้อยละ 101-120 การแบ่งชั้นตามตัวบ่งชี้ที่กำหนดจะได้ 8 ลำดับชั้น ดังข้อมูลต่อไปนี้

1. A = เพศชาย อายุ 7-9 ปี ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) ร้อยละ 80-100

2. B = เพศชาย อายุ 7-9 ปี ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) ร้อยละ 101-120

3. C = เพศชาย อายุ 10-12 ปี ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) ร้อยละ 80-100

4. D = เพศชาย อายุ 10-12 ปี ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) ร้อยละ 101-120

5. E = เพศหญิง อายุ 7-9 ปี ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) ร้อยละ 80-100

6. F = เพศหญิง อายุ 7-9 ปี ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) ร้อยละ 101-120

7. G = เพศหญิง อายุ 10-12 ปี ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) ร้อยละ 80-100

8. H = เพศหญิง อายุ 10-12 ปี ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) ร้อยละ 101-120

จากนั้น เมื่อกลุ่มตัวอย่างผ่านการคัดเลือกเข้ามาในกลุ่มชั้นแต่ละชั้นแล้ว กลุ่มตัวอย่างที่เข้ามาในกลุ่มชั้นลำดับที่มีหมายเลขเป็นเลขคี่ เช่น กลุ่มตัวอย่างคนที่ 1, 3 และ 5 จับสลากเข้ากลุ่มที่ 1 หรือกลุ่มที่ 2

โดยกลุ่มตัวอย่างที่เข้ามาในกลุ่มชั้นลำดับเลขคู่ลำดับถัดไปจะได้เข้าไปอยู่ในกลุ่มที่เหลือโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ มีผู้ป่วยเด็กวัยเรียนโรคหืดที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์และสนใจเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 38 คน แต่ไม่สามารถติดตามได้หลังการทดลอง เนื่องจากไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อจำนวน 5 คน และเข้าร่วมการฝึกไม่ถึงร้อยละ 80 จำนวน 3 คน ทำให้เหลือกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน

กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน แบ่งออกเป็น

กลุ่มที่ 1 ได้รับการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง

กลุ่มที่ 2 ได้รับการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด เพศชายและหญิง ที่อายุระหว่าง 7-12 ปี

2. เป็นผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคหืดมาแล้วอย่างน้อย 6 เดือน มีการประเมินระดับความรุนแรงของโรคอยู่ในไม่เกินระดับ 2 คือ มีค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV_1) มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 ณ วันที่เก็บข้อมูล โดยได้รับการรับรองโดยแพทย์ และใช้ยาได้ตามแผนการรักษาปกติ

3. ไม่เป็นโรคที่อาจส่งผลกระทบต่ออาการออกกำลังกาย เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคที่เกี่ยวข้องกับกระดูกและกล้ามเนื้อ

4. ไม่ได้เข้าร่วมในการฝึกออกกำลังกายครั้งละมากกว่า 20 นาที จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ขึ้นไปในช่วง 6 เดือน ก่อนวันที่เริ่มเก็บข้อมูล

5. ไม่มีปัญหาเรื่องการสื่อสาร

6. ผู้ปกครองและกลุ่มตัวอย่างสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย และยินดียินยอมในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยจากการวิจัย

1. เป็นผู้ป่วยที่เคยมีประวัติอาการหอบหืดที่เกิดจากการออกกำลังกาย (Exercise induced asthma)

เกณฑ์ยุติการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. เกิดอาการหอบหืดกำเริบที่เกิดจากการออกกำลังกายขณะเข้าร่วมโครงการ

3. ทำการฝึกหายใจที่บ้านไม่ถึง 80% (จำนวน 32 ครั้ง จาก 40 ครั้ง)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือสำหรับวัดข้อมูลด้านสรีรวิทยา

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Body composition analyzer) ยี่ห้ออินบอดี (In body) ประเทศเกาหลีใต้
2. เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพลาร์ (Polar) ประเทศฟินแลนด์
3. เครื่องวัดความดันโลหิต (Digital blood pressure) ยี่ห้ออมรอน (Omron) ประเทศญี่ปุ่น

เครื่องมือวัดตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด

เครื่องวัดความจุปอด (Spirometer) ยี่ห้อสไปโรแบงค์ (Spirobank) ประเทศสหรัฐอเมริกา

เครื่องมือที่ใช้ในการฝึกหายใจ

ลูกโป่งเนื้อยางพาราธรรมชาติ (Natural rubber latex balloon) ทรงกลม ขนาด 10 นิ้ว โดยใช้หลอดพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร สวมบริเวณปากลูกโป่งและรัดด้วยหนังยางให้แน่น เพื่อใช้เป็นหลอดเป่า

อุปกรณ์ควบคุมขนาดของลูกโป่ง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อควบคุมให้การเป่าลูกโป่งในแต่ละครั้งมีความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางลูกโป่งเท่ากัน โดยใช้กระดาษแข็งหรือพลาสติก วัดขนาดความกว้างและความยาวให้เท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกโป่งที่วัดได้ และตัดออกเป็น 4 ชั้น จากนั้นนำมาประกอบ

เข้าด้วยกัน ให้เป็นลักษณะคล้ายกล่อง

เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

แบบบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยา ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป และตัวอย่างคู่มือการฝึกและแบบบันทึกโปรแกรมการฝึกหายใจของฉันท

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. สร้างโปรแกรมการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งในเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด

3. นำรูปแบบการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งในเด็กวัยเรียนที่เป็นโรคหืด ไปพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา 3 ท่าน พยาบาลวิชาชีพ 1 ท่าน และแพทย์ 1 ท่าน เพื่อหาความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (Item Objective Congruence; IOC) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.96

4. นำเสนอโครงการวิจัยเข้ารับการพิจารณาทางจริยธรรมจากคณะกรรมการพิจารณาโครงการวิจัยกรมแพทยทหารบก ผู้วิจัยทำจดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูล ณ หน่วยระบบหายใจและกุมารเวชวิกฤต และหน่วยภูมิแพ้และภูมิคุ้มกันวิทยา กองกุมารเวชกรรมฯ

5. เมื่อได้รับอนุญาตให้เข้าเก็บข้อมูล ผู้วิจัยอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดและขั้นตอนการดำเนินการวิจัยให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ ได้แก่ กุมารแพทย์ หัวหน้าพยาบาล และผู้ช่วยวิจัย

6. ผู้วิจัยเริ่มดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยแพทย์เจ้าของไข้เป็นผู้คัดกรอง โดยกลุ่มตัวอย่างมีระดับความรุนแรงของโรคอยู่ในระดับ 1 ทั้งหมด และส่งรายชื่อผู้ป่วยเด็กวัยเรียนโรคหืดชื่อให้ผู้วิจัยในทุกวันพุธและวันศุกร์ ซึ่งเป็นวันและเวลาที่ผู้ป่วยเด็กมาตรวจตามกำหนดนัด คือ ตั้งแต่เวลา 8.00-12.00 น.

7. หลังจากได้รับรายชื่อจากแพทย์ ผู้วิจัยดำเนินการพิจารณาคุณสมบัติกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์คัดเข้าและเข้าพบกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครอง ณ ห้องให้คำปรึกษา หน่วยภูมิแพ้และภูมิคุ้มกันวิทยาฯ ทุกวันพุธ และหน่วยระบบหายใจและกุมารเวชวิกฤตฯ ทุกวันศุกร์

8. ผู้วิจัยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์คัดเข้า ผู้วิจัยแนะนำตัว สร้างสัมพันธภาพกับกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครอง แจ้งวัตถุประสงค์การวิจัย ชี้แจงให้ทราบถึงระยะเวลาของการเข้าร่วมวิจัย รายละเอียดของการวิจัย และการติดตาม จากนั้นขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ชี้แจงสิทธิในการเข้าร่วมหรือไม่เข้าร่วมงานวิจัย เมื่อกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองยินดีเข้าร่วมในงานวิจัยแล้ว ให้ลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย

9. ผู้วิจัยทำการทดสอบตัวแปรก่อนการทดลอง (Pre-test) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 15 นาที โดยผู้ปกครองอยู่ด้วยตลอดทุกขั้นตอน ดังนี้

9.1 ข้อมูลด้านสรีรวิทยา ประกอบด้วย

9.1.1 ชั่งน้ำหนักตัว (Body weight) และวัดส่วนสูง (Height) โดยให้กลุ่มตัวอย่างถอดรองเท้าและถุงเท้า ขณะทำการชั่งน้ำหนักให้กลุ่มตัวอย่างยืนตัวตรง แขนแนบลำตัว และหน้ามองตรง โดยชั่งน้ำหนักหน่วยเป็นกิโลกรัม (Kg) และส่วนสูงหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm)

9.1.2 อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (Resting heart rate; HR_{rest}) และความดันโลหิต (Blood pressure; BP) โดยใช้เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิทัล วัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure; SBP) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure; DBP) ให้กลุ่มตัวอย่างวัดในท่านั่ง

9.2 ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ประกอบด้วย

9.2.1 ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่

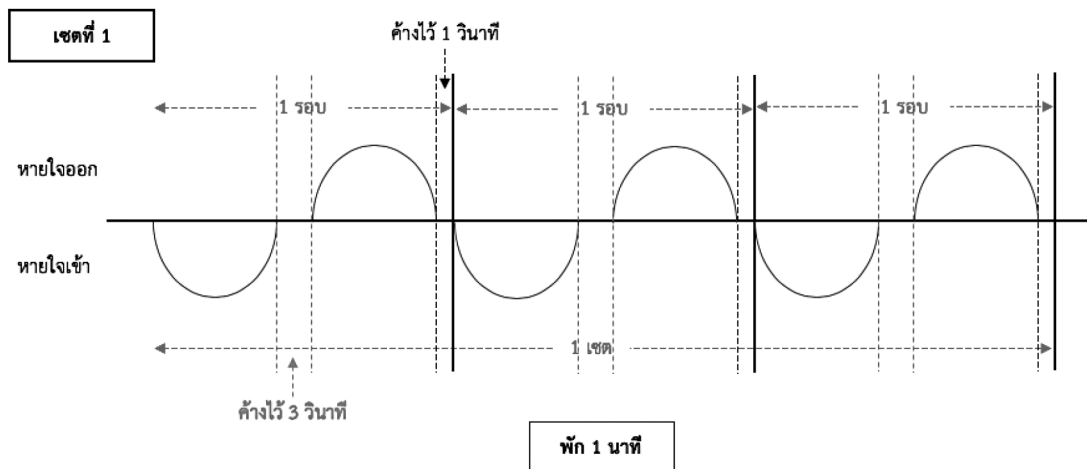
หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) มีหน่วยเป็นลิตร (L) ค่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด (Peak expiratory flow; PEF) มีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที (L/s) ค่าร้อยละของปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ต่อปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV₁/FVC %) มีหน่วยเป็นร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของอากาศหายใจออกในช่วงกลาง (25-75%) ของ FVC (Forced expiratory flow at 25-75% of FVC; FEV_{25-75%}) มีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที (L/s) และค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV₁) มีหน่วยเป็นลิตร (L) (FEV₁ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์คัดเข้า) โดยการให้กลุ่มตัวอย่างอมที่เป่าซึ่งต่อกับเครื่องวัดความจุปอด จากนั้นหายใจเข้าออกปกติจำนวน 2-3 ครั้ง และหลังจากนั้นทำการหายใจเข้าเต็มที่แล้วเป่าออกมาอย่างแรงและเร็วจนลมออกจนหมด

9.2.2 ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV) โดยให้กลุ่มตัวอย่างอมที่เป่าซึ่งต่อกับเครื่องวัดความจุปอด จากนั้นหายใจออกและเข้าอย่างลึกและเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ภายในระยะเวลา 15-20 วินาที มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที (L/min)

10. กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มได้รับการฝึกหายใจ ดังนี้

10.1 กลุ่มที่ได้รับการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง

- ผู้วิจัยสอนวิธีการฝึกหายใจให้กับกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครอง โดยให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติ ดังนี้ กลุ่มตัวอย่างนั่งเก้าอี้ ลำตัวและศีรษะชิดติดผนัง ห่อหุ้มหายใจเข้าทางจมูกเต็มที่และคงค้างช่วงหายใจเข้าเต็มที่ 3 วินาที จากนั้นหายใจออกทางปากช้าๆ



รูปที่ 1 โปรแกรมการฝึกหายใจ

และคงค้างช่วงหายใจออกไว้ 1 วินาที นับเป็น 1 รอบ การหายใจ ทำเช่นนี้ติดต่อกัน 3 รอบ นับเป็น 1 เซต ในการฝึกแต่ละครั้งให้ทำทั้งหมด 3 เซต โดยระหว่างเซตให้พัก 1 นาที (ดังรูปที่ 1) ซึ่งเป็นวิธีที่ผู้ป่วยเด็กโรคหืดได้รับการสอนจากแพทย์มาก่อนแล้ว โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการฝึก วันจันทร์ วันอังคาร วันพฤหัสบดี วันศุกร์ และวันเสาร์ รวม 5 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่บ้าน

10.2 กลุ่มที่ได้รับการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง

- เริ่มจากการวัดความจุปอดสูงสุดโดยใช้ลูกโป่ง เพื่อกำหนดความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางลูกโป่งในการเป่าแต่ละครั้ง และให้ผู้ช่วยวิจัยนำค่าที่ได้ไปทำอุปกรณ์ควบคุมขนาดของลูกโป่งเพื่อมอบให้กลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองนำกลับไปใช้ในการฝึกที่บ้าน

- ผู้วิจัยสอนวิธีการฝึกหายใจให้กับกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครอง โดยให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติดังนี้ กลุ่มตัวอย่างนั่งเก้าอี้ ลำตัวและศีรษะชิดติดผนังห้อง หายใจเข้าทางจมูกเต็มที่และคงค้างช่วงหายใจเข้าเต็มที่ 3 วินาที จากนั้นหายใจออกทางปากเข้าสู่

ลูกโป่งเต็มที่ โดยให้ลูกโป่งขยายขนาดจนแตะอุปกรณ์ควบคุมขนาดของลูกโป่งและคงค้างช่วงหายใจออกไว้ 1 วินาที ปิดปากลูกโป่งทันทีด้วยนิ้วมือ นับเป็น 1 รอบการหายใจ จากนั้นเปลี่ยนลูกโป่งใหม่ทันที ทำเช่นนี้ติดต่อกัน 3 รอบ นับเป็น 1 เซต ในการฝึกแต่ละครั้งให้ทำทั้งหมด 3 เซต โดยระหว่างเซตให้พัก 1 นาที (ดังรูปที่ 1) ซึ่งในขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 15 นาที โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการฝึก วันจันทร์ วันอังคาร วันพฤหัสบดี วันศุกร์ และวันเสาร์ รวม 5 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่บ้าน ผู้วิจัยมอบอุปกรณ์ควบคุมขนาดของลูกโป่งให้กลุ่มตัวอย่างแต่ละคน

โดยผู้วิจัยเน้นย้ำกับผู้ปกครองให้ทำหน้าที่เป็นผู้ดูแลและควบคุมการฝึกเมื่อผู้ป่วยอยู่ที่บ้านทั้งสองกลุ่ม และสอนวิธีการจดบันทึกการฝึกลงในคู่มือการฝึกและแบบบันทึกโปรแกรมการฝึกหายใจของตน จากนั้นผู้วิจัยทำการนัดหมายวันและเวลาในการติดตามกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองทางโทรศัพท์ เพื่อติดตามการฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้งทุกวันพฤหัสบดีและวันเสาร์ โดยใช้เวลาในการติดตามประมาณ 5 นาที/ครั้ง โดยสอบถามการฝึกการหายใจตามรูปแบบที่ได้รับ ปัญหาอุปสรรค อาการที่เกิดขึ้น และกระตุ้นเตือนให้

ผู้ปกครองควบคุมและบันทึกการฝึกลงในคู่มือและแบบบันทึกโปรแกรมการฝึกหายใจของฉันทัน

11. หลังจากฝึกหายใจครบ 8 สัปดาห์ ผู้วิจัยนัดหมายกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองตามวัน เวลา และสถานที่ที่กลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองสะดวก เพื่อทำการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) โดยให้นำคู่มือและแบบบันทึกโปรแกรมการฝึกหายใจของฉันทัน มาด้วยในวันนัดหมาย กลุ่มตัวอย่างได้รับการสัมภาษณ์และทดสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ ตามขั้นตอนดังเช่นการทดสอบก่อนการทดลอง (ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ข้อ 9)

12. ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้กลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองซักถามข้อสงสัย กล่าวขอบคุณ และมอบค่าชดเชยการเสียเวลาและของที่ระลึกแก่กลุ่มตัวอย่าง

13. เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ และเขียนรายงานผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normal

distribution) ของข้อมูลด้วยวิธี Shapiro-Wilk Test

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม โดยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 โดยการทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent t-test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัย

1. หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้านสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองและระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อมูลด้านสรีรวิทยาระหว่างก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่มฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง และฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง

ข้อมูลด้านสรีรวิทยา	กลุ่มฝึกหายใจแบบหายใจเข้า สูงสุดและคงค้าง (n=15)		กลุ่มฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง (n=15)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
น้ำหนัก (กก.)	34.51±4.91	35.07±5.18	38.45±13.82	38.68±13.62
ส่วนสูง (ซม.)	136.42±8.23	136.60±8.16	139.43±11.32	139.53±11.21
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	93.87±14.18	94.20±19.25	87.93±13.58	85.67±9.21
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม.ปรอท)	105.47±17.38	98.87±10.49	106.40±12.78	101.93±12.24
ความดันโลหิตขณะหัวใจ คลายตัว (มม.ปรอท)	69.27±9.63	66.27±5.56	68.27±6.67	64.87±5.79

2. หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งมีค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ได้แก่ ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV₁) ค่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด (PEF) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) เพิ่มขึ้นแตกต่างกับก่อนการ

ทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่กลุ่มฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่ามีเพียงค่าเฉลี่ยปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) ที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกับก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ระหว่างกลุ่มทั้งก่อนและหลังการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ของกลุ่มฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง และกลุ่มฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง

ตัวแปร	กลุ่มฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุด				p-value	กลุ่มฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง				p-value
	และคงค้าง (n=15)					(n=15)				
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง			ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		
	̄x	S.D.	̄x	S.D.		̄x	S.D.	̄x	S.D.	
FVC (L)	1.83	0.35	1.86	0.34	0.561	1.86	0.46	2.04	0.55	0.016*
FEV1 (L)	1.75	0.33	1.76	0.28	0.727	1.75	0.42	1.85	0.44	0.023*
PEF (L/sec)	3.81	0.86	4.08	0.85	0.121	3.65	1.09	4.21	0.94	0.001*
FEV1/FVC (%)	95.66	4.53	96.02	4.71	0.821	95.35	7.38	95.74	6.18	0.693
FEF25-75% (L/sec)	2.74	0.63	2.66	0.54	0.534	2.59	0.64	2.59	0.63	0.898
MVV (L/min)	67.97	15.02	74.59	15.56	0.040*	68.91	17.74	74.97	18.78	0.001*

* p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลอง

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดระหว่างกลุ่มฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง และกลุ่มฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง				p-value	หลังการทดลอง				p-value
	กลุ่มฝึกหายใจแบบหายใจเข้า		กลุ่มฝึกหายใจด้วยการเป่า			กลุ่มฝึกหายใจแบบหายใจเข้า		กลุ่มฝึกหายใจด้วยการเป่า		
	สูงสุดและคงค้าง		ลูกโป่ง			สูงสุดและคงค้าง		ลูกโป่ง		
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
FVC (L)	1.83	0.35	1.86	0.46	0.853	1.86	0.34	2.04	0.55	0.302
FEV ₁ (L)	1.75	0.33	1.75	0.42	0.969	1.76	0.28	1.85	0.44	0.513
PEF (L/sec)	3.81	0.86	3.65	1.09	0.655	4.08	0.85	4.21	0.94	0.680
FEV ₁ /FVC (%)	95.66	4.53	95.35	7.38	0.893	96.02	4.71	95.74	6.18	0.890
FEF _{25-75%} (L/sec)	2.74	0.63	2.59	0.64	0.521	2.66	0.54	2.59	0.63	0.776
MVV (L/min)	67.97	15.02	68.91	17.74	0.877	74.59	15.56	74.97	18.78	0.953

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่พบว่าหลังการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ส่งผลให้ค่าสมรรถภาพปอดดีขึ้น โดยมีการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV₁) ค่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด (PEF) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ Seo และ Cho (Seo & Cho, 2018) ที่ศึกษาผลของการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งในท่า 90/90 ที่มีต่อสมรรถภาพปอดในนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยเพศหญิง โดยทำการฝึก 30 นาที ต่อวัน 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) ค่าปริมาตรอากาศที่หายใจออกได้เต็มที่ภายหลังจากหายใจเข้าเต็มที่ (VC)

ค่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด (PEF) และค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV₁) เพิ่มขึ้นแตกต่างกับก่อนการฝึก และยังสอดคล้องกับ Jun และคณะ (Jun et al., 2016) ที่ศึกษาพบว่า การฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งครั้งละ 3 เซต 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ในกลุ่มผู้สูงอายุที่สูบบุหรี่ มีค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) ค่าร้อยละของปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ต่อปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV₁/FVC) และค่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด (PEF) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Kim และ Lee (Kim & Lee, 2012) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งต่อสมรรถภาพปอดของวัยรุ่นตอนต้นที่สูบบุหรี่ โดยกลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกการหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง 3

ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า ค่าปริมาตรอากาศที่หายใจออกได้เต็มที่ภายหลังจากหายใจเข้าเต็มที่ (VC) ค่าปริมาตรหายใจออกสำรอง (ERV) ค่าปริมาตรหายใจเข้าสำรอง (IRV) ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) ค่าร้อยละของปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1/FVC) และค่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด (PEF) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการฝึกหายใจอาจส่งผลต่อการปรับรูปแบบของการหายใจ (Breathing retraining) การเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อหายใจ และช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของช่องอก (Thoracic cage) (Mike Thomas & Bruton, 2014) จากพยาธิสภาพของโรคหืดที่ประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของเซลล์เยื่อบุผิว (Epithelium) และชั้นใต้เยื่อเมือก (Submucosa) ซึ่งประกอบด้วย การเรียงตัวที่ผิดปกติของคอลลาเจนใต้เซลล์เยื่อบุผิว (Subepithelial fibrosis) เป็นพังผืด และการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเซลล์ต่างๆ เช่น การเพิ่มจำนวนของเซลล์ (Hyperplasia) และการเปลี่ยนชนิดและหน้าที่การทำงานของเซลล์ (Metaplasia) ที่เกิดขึ้นกับเซลล์กอบเลต (Goblet cell) ต่อหลังเมือก (Submucosal gland cell) และเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle cells) เป็นต้น นอกจากนี้ยังเกิดการอักเสบและสะสมของเมือกบริเวณเซลล์เยื่อบุผิวทางเดินหายใจ ส่งผลให้เกิดการอุดกั้นของทางเดินหายใจ และยังก่อให้เกิดการอักเสบในถุงลม และหากมีการก่อการอักเสบซ้ำๆ จะทำให้ถุงลมเกิดเป็นพังผืดภายในผนังถุงลม ซึ่งส่งผลให้ความ

ยืดหยุ่นลดลง ส่งผลให้การไหลของอากาศขณะหายใจออกในผู้ป่วยโรคหืดลดลง (Carr, Altisheh, & Zitt, 2017; Saetta & Turato, 2001; Tulic, Christodouloupoulos, & Hamid, 2001; Woodruff G., Bhakta R., & Fahy V., 2016) และสมรรถภาพปอดลดลง โดยในการทดลองนี้การฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่ง มีรูปแบบการหายใจเช่นเดียวกับการหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง ประกอบด้วย การหายใจเข้า การคงค้าง 3 วินาที และหายใจออกโดยการเป่าลูกโป่ง โดยความแตกต่างสำหรับการฝึกหายใจของลูกโป่งคือ จะมีแรงต้านของลูกโป่งทำให้มีการเพิ่มแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อหน้าท้อง (Abdominal muscles) ซึ่งจะมีการทำงานแบบแอคทีฟ (Active) ระหว่างที่มีการหายใจออกอย่างแรง (Force exhalation) ในรอบของการหายใจ และยังทำให้มีการยืดและหดตัวของกล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครงภายในและภายนอก (Internal and external intercostal muscles) ซึ่งทำงานทั้งในระหว่างการหายใจเข้าและออก จึงส่งผลต่อสมรรถภาพปอดที่ดีขึ้น การฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งเป็นการใช้แรงเป่าอากาศเข้าไปในลูกโป่ง เมื่อมีการเพิ่มลมไปในลูกโป่งจะเกิดแรงยืดหยุ่น (Elastic forced) ของลูกโป่งที่เพิ่มขึ้น หากลูกโป่งมีการขยายใหญ่ขึ้น ความต้านทานของลูกโป่งจะยิ่งเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ความต้านทานต่อกล้ามเนื้อหน้าท้องมากขึ้น จึงทำให้กล้ามเนื้อหายใจออกและกล้ามเนื้อหน้าท้องทำงานมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นการฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งจึงทำให้กล้ามเนื้อหายใจออกและกล้ามเนื้อหน้าท้องมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้สมรรถภาพปอดเพิ่มขึ้นได้ (Kim & Lee, 2012) เมื่อเปรียบเทียบกับ การหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้างและหายใจออกปกติ ซึ่งโดยปกติในผู้ป่วยโรคหืดจะมีการอุดกั้นของท่อทางเดินอากาศขณะหายใจออก ผลจากการฝึกหายใจโดยใช้การเป่าลูกโป่งซึ่งมีช่วงของการฝึก

หายใจออกที่ต้องต้านแรงของลูกโป่ง จึงทำให้มีการไล่ อากาศค้างภายในปอด (Air trapping) ส่งผลต่อทางเดินหายใจที่โล่งขึ้น จึงเพิ่มสมรรถภาพปอดได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Slader และคณะ (Slader et al., 2006) ที่ศึกษาพบว่าการฝึกหายใจช่วยเพิ่มสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยโรคหืดได้

ในขณะที่การฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) เพิ่มขึ้นแตกต่างกับก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดอื่น ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง เป็นการฝึกหายใจรูปแบบเสริม ซึ่งมีจุดประสงค์ในการเพิ่มแรงดันภายในถุงลม (Alveolar distending pressure) โดยการหายใจเข้าอย่างช้าๆ (Spontaneous slow inspiration) จากระดับปริมาตรหลังหายใจออกปกติหรือความจุปอดตกค้าง (Functional residual capacity; FRC) จนถึงระดับความจุปอดรวม (Total lung capacity; TLC) แล้วคงค้างการหายใจเข้าสูงสุด (Breath holding) เป็นเวลา 3 วินาที (กิตติศักดิ์ ธานีทรัพย์, 2560; จงรักษ์ อุตราชรัตติก, 2546) แต่ไม่มีแรงต้านในช่วงหายใจออก ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ อัครพล โอภาสพสุ และคณะ ที่ทำการศึกษาพบว่าการฝึกหายใจโดยใช้ทรวงอก (Costal breathing exercise) ร่วมกับการคงค้างการหายใจ (Sustained maximal inspiration technique) สามารถกระตุ้นการเคลื่อนไหวของทรวงอกจากการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจระหว่างซี่โครง (Intercostal muscles) และกล้ามเนื้อช่วยในการหายใจ (Accessory respiratory muscle) ให้ทำงานดีขึ้น (อัครพล โอภาสพสุ, เพ็ญอนงค์ ตรีสารวัฒน์, อุษณิษา คงอำนวยศักดิ์, & ศศิกา บุรณพันธ์, 2559) เช่นเดียวกับในปี ค.ศ.

2019 Mendes และคณะ ศึกษาพบว่าการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง ส่งผลดีต่อรูปแบบการหายใจ (Breathing pattern) และการเคลื่อนไหวของผนังทรวงอก (Chest wall motion) ขณะหายใจ อีกทั้งทำให้ลดอัตราการหายใจ (Respiratory rate) เพิ่มอัตราการระบายอากาศ (Minute ventilation) และค่าเฉลี่ยการไหลของอากาศขณะหายใจเข้า (Mendes et al., 2019) จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง ส่งผลดีต่อสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าเท่านั้น

สรุปผลการวิจัย

การฝึกหายใจด้วยการเป่าลูกโป่งเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ส่งผลดีต่อการเพิ่มสมรรถภาพปอด ได้แก่ ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ (FEV₁) ค่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด (PEF) ในเด็กวัยเรียนโรคหืดเมื่อเปรียบเทียบกับ การฝึกหายใจแบบหายใจเข้าสูงสุดและคงค้าง

เอกสารอ้างอิง

- Aekplakorn, W. (2014). The report of Thailand population health examination survey V. Health systems research institute.
- Alexander Moeller., et al. (2015). Monitoring asthma in childhood: lung function, bronchial responsiveness and inflammation. *Eur Respir Rev* (24), 204–215.
- Benjaponpitak S. (2012). Allergies in Children: Causes and Preventions. Nonthaburi: Beyond Enterprises.

- Boonsawat, W. (2549). Problems of asthma treatment. *Thai Journal of Tuberculosis Chest Diseases and Critical Care*, 233-234.
- Boonyaleepan S., and Boonyaleepan C. (2016). Unabridge edition of Allergies. (15th edition). Bangkok: Amarin Health Amarin Printing and Publishing.
- Slader, C. A., Reddel, H. K., Spencer, L. M., Belousova, E. G., Armour, C. L., Bosnic-Anticevich, S. Z., . . . Jenkins, C. R. (2006). Double blind randomised controlled trial of two different breathing techniques in the management of asthma. *Thorax*, 61, 651-656.
- Collins, J. E., Gill, T. K., Chittleborough, C. R., Martin, A. J., Taylor, A. W., and Winefield, H. (2008). Mental, emotional, and social problems among school children with asthma. *Journal of Asthma* 45(6), 489-493.
- Das, Nayak and Pradhan. (2018). Effect of Balloon Therapy vs. Bubble Therapy on LRTI among 3-12 Years Children. *International Journal of Health Sciences & Research*, 8, 144-147.
- Dipti Agarwal., Prem Parkash Gupta., and Sushma Sood. (2017). Improvement in pulmonary functions and clinical parameters due to addition of breathing exercises in asthma patients receiving optimal treatment. *Indian Journal of Allergy, Asthma and Immunology*, 31, 61-68.
- Global Initiative for Asthma. (2020). Global Strategy for Asthma Management and Prevention (2020 update). (Online). Retrieved July 8, 2020, from ginasthma Website: https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2020/04/Main-pocket-guide__2020__04__03-final-wms.pdf
- Hockenberry, M. J., and Wilson, D. (2015). Wong's Nursing Care of Infant and Children (10th ed.). St. Louis and New York: ELSEVIER Health Sciences.
- Hyun-Ju Jun., Ki-Jong Kim., Ki-Won nam., and CHang-Heon Kim. (2016). Effects of breathing exercises on lung capacity and muscle activities of elderly smokers. *The Journal of Physical Therapy Science*, 28, 1681-1685.
- Jin-seop Kim., and Yeon-seop Lee. (2012). Effects of a Balloon-Blowing Exercise on Lung Function of Young Adult Smokers. *J. Phys. Ther. Sci*, 24, 531-534.
- KyoChul Seo., and MiSuk Cho. (2018). The effects of a balloon-blowing exercise in a 90/90 bridge position using a ball on the pulmonary function of females in their twenties. *The Journal of Physical Therapy Science*, 30, 1267-1270.
- Lee SC., et al. (2011) The effects of balloon blowups and upper abdominal exercise on respiratory rehabilitation. *J Kor Phys Ther Sci*, 18, 17-24.
- Lozier, M. J., Zahran, H. S., and Bailey, C. M. (2019). Assessing health outcomes, quality of life, and healthcare use among school-age children with asthma. *Journal of Asthma*, (56), 42-49.

- Lumnoi, U., and Uakit, N. (2009). The effect of perceived self-efficacy program on self-management behavior among school-age children with asthma. *Thai pediatric journal*, 16(2), 108-121.
- Mike Thomas., Anne Bruton. (2014). Breathing exercises for asthma. *Breathe*, 10(4), 313-322.
- Niyomwit, K. (2017). Nursing Care for Ill Children with Acute Asthmatic Attack. *Journal of Phrapokklao Nursing College*, 28(1), 149-160.
- Poachanukoon, O. and Chansakulporn, S. (2015). Children with Allergic Respiratory Diseases. *Phra Nakhon Si Ayutthaya: Tienwattana Printing*.
- Ruenglapanun, W., Wichiencharoen, K., Seeda, R., Wannapong S. (2009). Impacts of Asthma Disease on School-age Asthmatic Children and Family. *J Nurs Sci*, 27(2), 18-27.
- Sears M.R. (2007). Lung function decline in asthma. *European Respiratory Journal* (30), 411-413.
- Sreedevi, R K. (2015). Effectiveness of balloon blowing on respiratory parameters among children with lower respiratory tract infection in selected hospitals, Kanyakumari District. Masters thesis, St. Xavier's Catholic College of Nursing, Nagercoil.
- Tangpathomwong, C., Nookong, A., and Senasuttipan, W. (2016). Children and Caregiver Factors Predicting Asthma Control of School Aged Children. *Journal of Nursing and Health Care*, 34(2), 67-76.
- Tarun Saxena. and Manjari Saxena. (2009). The effect of various breathing exercises (pranayama) in patients with bronchial asthma of mild to moderate severity. *Int J Yoga*, 22-25.
- Thaneesap K. (2017). Breathing Practices: Easy and Beneficial more than you think. In *Siriraj Medical Record*, 10(2), 122-125.
- The Global Asthma Network. (2018). The Global Asthma Report 2018. (Online). Retrieved September 3, 2018, from Global Asthma Network Website: <http://globalasthmareport.org/Global%20Asthma%20Report%202018.pdf>
- Walker, T. J., and Reznik, M. (2014). In-school asthma management and physical activity: children's perspectives. *Journal of Asthma* 51(8), 808-813.
- Woodruff G., Bhakta R., and Fahy V. ASTHMA: PATHOGENESIS AND PHENOTYPES. In editor-in-chief, V. Courtney Broaddus; editors, Robert J. Mason, Joel D. Ernst, Talmadge E. King Jr., Stephen C. Lazarus, John F. Murray, Jay A. Nadel, Arthur S. Slutsky; thoracic imaging editor, Michael B. Gotway., (2016). *Murray & Nadel's Textbook of Respiratory Medicine*, pp.713-730. Canada,
- Yimliang S., Rattanavichai P. and Chuckvichai C. (2009). Treating Asthma in Children technique development by Multidisciplinary Team of Pichit Hospital. In *Journal of Nursing Division*, 36(3), 96-112.

ผลของรูปแบบการออกกำลังกายโดยใช้ไม้ยัดหยุนที่มีผลต่อสุขสมรรถนะ และความสามารถในการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุ

ยรรยงค์ พานเพ็ง¹ รวิภาส สุวรรณพัฒน์²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

²คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

Received: 5 May 2563 / Revised: 19 October 2563 / Accepted: 18 March 2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการออกกำลังกายโดยใช้ไม้ยัดหยุนที่มีผลต่อสุขสมรรถนะและความสามารถในการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุ

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครวัยสูงอายุที่โรงเรียนผู้สูงอายุเทศบาลตำบลโนนทัน อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู อายุระหว่าง 60-75 ปี จำนวน 65 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ได้แก่ กลุ่มควบคุมออกกำลังกายด้วยผ้า (32 คน) และกลุ่มทดลองออกกำลังกายโดยใช้ไม้ยัดหยุน (33 คน) ทั้งสองกลุ่มเข้าร่วมกิจกรรมการออกกำลังกายซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนเป็นระยะเวลา 30 นาที 3 วันต่อสัปดาห์ รวม 12 สัปดาห์ โดยก่อนและหลังการฝึกทำการทดสอบตัวแปรด้านสุขสมรรถนะได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ตัวแปรทางสรีรวิทยาพื้นฐาน การเดิน 6 นาที ทดสอบนั่งพับเข่า 30 วินาที และทดสอบลุกนั่งเก้าอี้ 30 วินาที นั่งเก้าอี้และตะปลายเท้า มือไขว้หลังแตะกันด้านหลังและความสามารถในการเคลื่อนไหวด้วยการนั่ง ลุก ยืน เดิน จากนั้นวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองด้วย

การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired-t test) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent-t test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์พบว่า กลุ่มทดลอง มีค่าองค์ประกอบของร่างกาย ความดันโลหิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่ทั้งสองกลุ่มมีการเพิ่มขึ้นของความอ่อนตัวของข้อต่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ในกลุ่มทดลองพบว่าความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อและความสามารถในการเคลื่อนไหวด้วยการนั่ง ลุก ยืน เดิน มีค่าเพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย การออกกำลังกายด้วยไม้ยัดหยุนสามารถเพิ่มความสามารถของสุขสมรรถนะและช่วยส่งเสริมด้านการเคลื่อนไหวร่างกายได้ดีกว่าการออกกำลังกายด้วยผ้า

คำสำคัญ : ไม้ยัดหยุน/สุขสมรรถนะ/ความสามารถด้านการเคลื่อนไหว/ผู้สูงอายุ

EFFECTS OF MAI YUED YOON EXERCISE PROGRAM ON HEALTH RELATED PHYSICAL FITNESS AND MOVEMENT ABILITY IN THE ELDERLY

Yanyong phanpheng¹ and Rawipas Suwannapas²

¹Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University

²Faculty of Education, Loei Rajabhat, University

Received: 5 May 2020 / Revised: 19 October 2020 / Accepted: 18 March 2021

Abstract

Purpose The purpose of this study was to evaluate the effects of exercise using Mai Yued Yoon on health-related physical fitness and movement ability in elderly people

Methods The subjects were 65 elderly, aged between 60-75 years, belonging to the elderly school, Non Than Municipality, Muang District, Nong Bua Lamphu Province. The subjects were divided into 2 groups using a simple random method. The control group underwent cloth exercises program (CEP=32), while the experiment group completed Mai Yued Yoon exercise program (MYE=33). Exercise program, as a part of learning activities, lasted 30 minutes per day, 3 days a week for 12 weeks. Before and after the training, the health-related physical fitness (HRF) including body composition, vital sign, 6-minute walk test (6WT), arm curl test (ACT), chair sit and standing test (CST), chair sit and reach test (CRT) and back scratch test (BST) and the

ability of movement by timed up and go test (TUG) were measured. The dependent variables (pre-test vs. post-test) were compared by Paired t-test. Independent t-test was used to compare the difference between groups. The significantly level was set at $p < .05$.

Results After 12 weeks of training, MYE group had significantly lower body composition and blood pressure ($p < .05$), whereas CRT and BST values were significantly increased in both groups, as compared to pre-test values ($p < .05$). In addition, 6WT, CST and movement ability, as measured by TUG, were significantly decreased compared to pre-test and CEP group ($p < .05$).

Conclusion Exercise program using an elastic wood is more effective for improving the health-related physical fitness and movement ability compare to exercise program with cloth.

Keywords: Mai Yued Yoon/Health related physical fitness/Ability of movement/Elderly

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่ออายุขัยเพิ่มมากขึ้นสภาพความเสื่อมถอยของร่างกายและอวัยวะรวมถึงระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายมีเพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบันแนวโน้มสัดส่วนประชากรในวัยผู้สูงอายุมีจำนวนเพิ่มขึ้น ความหมายของ “ผู้สูงอายุ” หมายถึงบุคคลที่มีอายุ 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป (WHO, 2001) จากข้อมูลของกรมสุขภาพจิต (Department of Mental Health (2019) ได้มีรายงานไว้ว่าประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ (Aged society) เมื่อสัดส่วนของประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมดทุกช่วงอายุ ในปี 2564 และในปี 2574 กลายเป็นสังคมสูงวัยระดับสุดยอด (Super-aged society) เมื่อสัดส่วนของประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 28 ของประชากรทั้งหมดทุกช่วงอายุ ยิ่งมีอายุมากขึ้นความต้องการพึ่งพาบุคคลอื่นในการทำกิจกรรมประจำวันมากขึ้นด้วย จึงมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ จากข้อมูลจากการสำรวจสุขภาพของประชากรไทยโดยการตรวจร่างกายของแพทย์โดยสำนักงานพัฒนาระบบข้อมูลข่าวสารสุขภาพ (HISO, 2019) พบว่าปัญหาการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังเป็นปัญหาที่พบบ่อยในผู้สูงอายุ คือ โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคข้อเข่าเสื่อม โรคเกี่ยวกับปอดและทางเดินหายใจ โรคหลอดเลือดสมอง ทำให้ผู้สูงอายุมีสมรรถภาพทางกายที่ลดลง (Maciaszek et al., 2007, Yuan Zhao et al., 2016) ปัญหาที่พบอีกประการของผู้สูงอายุคือผลของความเสื่อมทางร่างกาย ทำให้เกิดการสูญเสียการเคลื่อนไหว และสูญเสียความอิสระในความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวัน (Christopher et al., 2019; Stec 2017) ผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างกล้ามเนื้อ พบว่าความแข็งแรง ความทนทานความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและการทรงตัวลดลง

ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุจนได้รับบาดเจ็บจากการหกล้ม (Hairi 2010) ปัจจัยดังกล่าวเกิดจากภาวะบกพร่องในการควบคุมความมั่นคงของการทรงท่า (Postural stability) หรือการทรงตัว (Balance) กล้ามเนื้อขาดความแข็งแรง และมีภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรง ทำให้ผู้สูงอายุมีปัญหาทางด้านสุขภาพมากขึ้น และส่งผลให้เกิดผลกระทบในด้านต่างๆ ตามมา (Matheus et al, 2017; Adamo, 2015) ซึ่งปัญหาการเจ็บป่วยส่วนใหญ่เกิดจากการดำเนินชีวิตที่ไม่เหมาะสม และพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่ได้ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ เป็นการออกกำลังกายที่ไม่มีแบบแผน เนื่องจากอาจจะไม่มีข้อจำกัด ได้แก่ ค่าใช้จ่ายสูง ความสะดวกในการเดินทาง และบางส่วนมีข้อจำกัดด้านสมรรถภาพด้านร่างกายในการทำกิจวัตรประจำวัน (Srimethaworakul, 2010) ดังนั้นเป้าหมายของการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มหรือคงไว้ของสมรรถภาพทางกายเพื่อให้สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้อย่างอิสระ

ปัจจุบันรูปแบบการออกกำลังกายได้ถูกพัฒนาและมีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ที่มีความหลากหลาย มีความสนุกสนาน แปลกใหม่ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ ประกอบกับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านด้วยยางยืดซึ่งถูกนำมาประยุกต์ดัดแปลงใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ ยางยืดเป็นวัสดุหนึ่งที่ทำได้ง่าย มีราคาถูก และมีความปลอดภัยในการใช้งาน สามารถพกพา หรือนำติดตัวไปใช้ในสถานที่ต่างๆ ได้ คุณสมบัติของการออกกำลังกายด้วยยางยืดต่อการตอบสนองการทำงานของกล้ามเนื้อคือ ยางยืดจะมีปฏิกิริยาสะท้อนกลับหรือมีแรงดึงกลับจากการถูกดึงให้ยืดออกที่เรียกว่า Stretch reflex ทุกครั้งที่ยางถูกดึงให้ยืดออก ซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษของยางยืดดังกล่าวส่งผลต่อการช่วยกระตุ้นระบบประสาทส่วนที่รับรู้ความรู้สึกของกล้ามเนื้อ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลองแบบ
สองกลุ่มวัดก่อนหลัง (Quasi-experimental research
design with two group pretest-posttest design)
และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมโดยคณะกรรมการ
พิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน รับรองเมื่อวันที่ 16
มีนาคม 2562 เลขที่โครงการ HE 0299/2562 โดย
ผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้รับทราบรายละเอียดการปฏิบัติตัว
ในการทดลองและลงนามในหนังสือแสดงความยินยอม
เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครเป็นผู้สูงอายุที่สมัครใจเข้าร่วม โดยมีภูมิลำเนาอาศัยอยู่ในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลโนนทัน อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู ไม่จำกัดเพศ อายุระหว่าง 60-75 ปี สามารถดำเนินชีวิตประจำวันได้ตามปกติและไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ ใช้ตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน (Cohen, 1988) กำหนดค่าความคลาดเคลื่อน (α) ที่ระดับ .05 ค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ .50 และค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test) ที่ .80 ได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 32 คน รวมทั้งหมด 64 คน แต่เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่าง (Drop out) จึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 70 คน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ได้แก่ กลุ่มควบคุมออกกำลังกายด้วยผ้า จำนวน 35 คน (ชาย 12 คน และหญิง 23 คน) และกลุ่มทดลองออกกำลังกายโดยใช้ไม้ยิတ်หยุ่น จำนวน 35 คน (เพศชาย 10 คน และเพศหญิง 25 คน)

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำมาก่อนอย่างน้อย 2 เดือน
2. กลุ่มตัวอย่างมีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและยินยอมลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
3. ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกาย เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูงไม่เกิน 160/90 มิลลิเมตรปรอท
4. ไม่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบกล้ามเนื้อและประสาท ที่ส่งผลต่อการทรงตัว และความสามารถในการเดิน
5. ต้องผ่านเกณฑ์การตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไปและแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างขาดการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่กำหนดติดต่อกันมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
2. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจหรือไม่เข้าร่วมดำเนินการวิจัยอีกต่อไป
3. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. พัฒนารูปแบบการออกกำลังกายโดยใช้ไม้ยิတ်หยุ่นให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) จำนวน 5 ท่านเพื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (Item Objective Congruence, IOC) โดยได้ค่า IOC เท่ากับ 0.80 (Cox and Vargas, 1996) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นรูปแบบการฝึกออกกำลังกายด้วยไม้ยิတ်หยุ่นมีความเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในกลุ่มผู้สูงอายุ
2. จัดโครงการส่งเสริมให้ความรู้ด้านการออกกำลังกาย และประชาสัมพันธ์รับสมัครคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า ได้รับทราบรายละเอียดพร้อมลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย กรอกแบบสอบถามประวัติสุขภาพและแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire; PAR -Q) ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องตอบว่า “ไม่เคย” ทุกข้อ จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์การคัดกรองด้านสุขภาพ
3. ดำเนินการเก็บข้อมูลทดสอบค่าตัวแปรพื้นฐานทางสุขสมรรถนะ และความสามารถด้านการเคลื่อนไหว ณ ห้องปฏิบัติการด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ในช่วงเวลา 08.30-12.00 น. โดยลำดับของการทดสอบมีดังนี้

3.1 การวัดสุขสมรรถนะด้านสรีรวิทยา และองค์ประกอบของร่างกายทั่วไป

กลุ่มตัวอย่างนั่งพักในท่านิ่ง 5 นาที ทำการวัดด้วยเครื่องออมรอน (Omron) รุ่น HEM-7320 ซึ่งแสดงค่าอัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (ครั้งต่อนาที), ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท ในลำดับต่อมากลุ่มตัวอย่างทำการวัดองค์ประกอบของร่างกายทดสอบด้วยเครื่อง Bioelectrical Impedance Analysis (In body 220 model) ประกอบด้วยน้ำหนักของร่างกาย (กิโลกรัม) ดัชนีมวลกาย (กก/ม²) มวลไขมัน (กิโลกรัม) เปอร์เซ็นต์ไขมัน (เปอร์เซ็นต์) มวลกล้ามเนื้อที่ปราศจากไขมัน (กิโลกรัม) และอัตราการเผาผลาญพลังงานในขณะพัก (กิโลแคลอรี)

3.2 วัดสุขสมรรถนะที่สัมพันธ์กับสุขภาพในผู้สูงอายุตามรูปแบบของ Senior fitness test manual (Rikli & Jones, 2002)

3.2.1 กลุ่มตัวอย่างทำการวัดความแข็งแรงและความทนทานของของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกาย (Upper body strength) ด้วยการทดสอบในท่านั่งงอข้อศอกพับแขน (Arm curl test) 30 วินาทีสำหรับผู้หญิงให้มือถือน้ำหนัก 2.3 กิโลกรัม และผู้ชายถือน้ำหนัก 3.6 กิโลกรัม และกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย โดยวิธีลุกนั่งเก้าอี้ (Chair stand test) 30 วินาที นับจำนวนครั้งในท่าทางที่สามารถปฏิบัติได้อย่างสมบูรณ์

3.2.2 ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายด้วยการทดสอบในท่านอนใช้มือไขว้ด้านหลังและกัน (Back scratch test) โดยยกแขนข้างใดข้างหนึ่งขึ้นเหนือไหล่ และงอข้อศอกลงด้านหลังในท่าคว่ำมือกดลงไปตามล่างให้ได้มากที่สุด จากนั้นให้ยกแขน

ซ้ายไปด้านหลังในท่าบิดแขนเข้าด้านในแล้วงอข้อศอกพับขึ้นให้สูงที่สุดพยายามเคลื่อนไหวและมือซ้ายเข้าหากันให้ได้มากที่สุด หลังจากนั้นกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบความอ่อนตัวของส่วนล่างของร่างกาย (Lower body flexibility) ด้วยวิธีทดสอบนั่งเก้าอี้ยืดแขนแตะปลายเท้า (Chair sit and reach test) โดยขาข้างใดข้างหนึ่งเหยียดตรง ตั้งปลายเท้าตั้งตรง ขาอีกข้างหนึ่งวางเท้าราบกับพื้น ก้มตัวยืดแขนตรงไปด้านหลัง พยายามก้มตัวให้ปลายนิ้วมือไปแตะที่ปลายเท้า แล้ววัดระยะห่างจากปลายนิ้วมือถึงปลายนิ้วเท้า ถ้าระยะห่างจากปลายนิ้วมือไม่ถึงนิ้วเท้า ค่าที่ได้จะเป็นลบ ถ้าปลายนิ้วมือนั้นเลยปลายนิ้วเท้าค่าที่ได้จะเป็นบวก

3.2.3 ความอดทนของระบบหัวใจไหลเวียนโลหิต และระบบหายใจ ทดสอบด้วยวิธีการเดิน 6 นาที (6-minute walk test) ระยะทางของการเดินแต่ละรอบเท่ากับ 60 เมตร โดยมีผู้วิจัยคอยกระตุ้นและบอกจำนวนระยะทางขณะทำการทดสอบ กลุ่มตัวอย่างสามารถหยุดพักหรือหยุดการทดสอบได้ตลอดระยะเวลาของการทดสอบ และเมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบวัดระยะทาง (เมตร) ของแต่ละบุคคลที่สามารถเดินได้

3.3 ทดสอบความสามารถด้านการเคลื่อนไหว (agility and dynamic balance) ด้วยการนั่ง ลูกยืน เดิน (Timed Up and Go Test) เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” กลุ่มตัวอย่างลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้ เดินด้วยอัตราเร็วที่สุดที่สามารถทำได้ระยะทาง 8 ฟุต เลี้ยวหมุนตัวกลับและเดินย้อนมานั่งที่เก้าอี้ตัวเดิม ผู้วิจัยจับเวลา (วินาที) ตั้งแต่ลุกขึ้นจากเก้าอี้และจนถึงมานั่งเก้าอี้

4. ดำเนินการทดลองหาประสิทธิภาพของรูปแบบการออกกำลังกายโดยใช้ไม้ยืดหยุ่น

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบให้เป็นส่วนหนึ่งของการ

ส่งเสริมกิจกรรมทางกายในโรงเรียนผู้สูงอายุเทศบาล ตำบลโนนทัน อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู โดยทั้งสองกลุ่มแยกกลุ่มฝึกออกกำลังกาย 30 นาทีต่อครั้ง ในช่วงเวลา 11.00-11.30 น. ออกกำลังกาย 3 ครั้ง ต่อสัปดาห์ คือวันจันทร์ พุธ ศุกร์ ต่อเนื่องระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยรายละเอียดของรูปแบบการออกกำลังกายมีดังนี้

กลุ่มควบคุมออกกำลังกายด้วยผ้า ประกอบด้วย ขั้นตอนอบอุ่นร่างกายมีการเคลื่อนไหว (Dynamic warm up) 10 นาที และขั้นตอนออกกำลังกายโดยใช้รูปแบบการบริหารร่างกาย จำนวน 12 ท่า เริ่มจากทำยืนโดยใช้กล้ามเนื้อแต่ละส่วนได้แก่ ต้นคอ หัวไหล่ ลำตัว หลัง และต้นขา ทำการฝึกปฏิบัติท่าละ 10 ครั้ง ต่อเซต พักระหว่างเซต 1 นาที ในแต่ละท่าฝึกจำนวน 3 เซต และช่วงผ่อนคลายทำการยืดเหยียดแบบค้างนิ่ง (Static stretching) 5 นาที ในขณะที่ทำการฝึกมีการแนะนำการหายใจที่ถูกต้องไม่ให้เกิดอันตราย

กลุ่มทดลองออกกำลังกายโดยใช้ไม้ยัดหุ่น โดยมีขั้นตอนอบอุ่นร่างกายด้วยการเคลื่อนไหว (Dynamic warm up) 5 นาที ขั้นตอนการฝึกไม้ยัดหุ่นซึ่งประยุกต์ท่าทางการฝึกจากเครื่องแมทชิน เวท (Machine weight) โดยสร้างแรงต้านจากแรงดึงของยางยืดตลอดระยะการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อและข้อต่ออย่างต่อเนื่อง (Resistance exercise) ซึ่งเน้นกลุ่มกล้ามเนื้อมัดหลัก 12 ท่าฝึก ได้แก่ กล้ามเนื้อหลังส่วนบน (One arm row) กล้ามเนื้อหน้าอก (Chest press) กล้ามเนื้อหัวไหล่ (Front raise) กล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (Dead lift) กล้ามเนื้อลำตัวด้านข้าง (Side bench) กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Biceps curl) กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps kick back) กล้ามเนื้อสะโพก (Hip abduction) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Squat) กล้ามเนื้อหน้าท้อง (Hip flexion) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Leg curl) กล้ามเนื้อหัวไหล่ด้านหลัง

(Revers fly) ในขณะที่ออกแรงดันหรือดึงไม้ยัดหุ่นให้กำหนดลมหายใจออก และในขณะที่ผ่อนแรงกลับให้หายใจเข้า) ทำการฝึกปฏิบัติ 10 ครั้งต่อเซต พักระหว่างเซต 1 นาที ในแต่ละท่าฝึกจำนวน 3 เซต และช่วงผ่อนคลายทำการยืดเหยียดแบบค้างนิ่ง (Static stretching) 5 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโปรแกรม SPSS Statistics Version 17

1. ทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov Test ($n>50$) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ($p>0.05$) แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. วิเคราะห์ผลการทดลองภายในกลุ่มโดยการทดสอบค่าที (Paired t-test) เพื่อเปรียบเทียบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

3. วิเคราะห์ผลของการทดลองความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยค่าทีอิสระ (Independent sample t-test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้งสองกลุ่มการทดลอง ทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

4. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 70 คน โดยระหว่างการศึกษาวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างไม่ประสงค์จะเข้าร่วมโครงการวิจัยต่อจำนวน 5 คน เนื่องจากไม่สามารถเข้าร่วมการออกกำลังกายได้ถึงร้อยละ 80 ภายหลังจากเสร็จสิ้นการออกกำลังกายครบ 12 สัปดาห์ (36 ครั้ง) ดังนั้นในโครงการวิจัยครั้งนี้จึงมีกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 65 คน ประกอบด้วยกลุ่มควบคุม จำนวน 32

คน (ชาย 9 คน และหญิง 23 คน) และกลุ่มทดลอง จำนวน 33 คน (ชาย 10 คน และหญิง 23 คน)

1. ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 65 คน พบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยของอายุ ($\bar{x}$ = 69.37, S.D. = 7.3) ส่วนสูง ($\bar{x}$ = 154.29, S.D. = 4.2) น้ำหนัก ($\bar{x}$ = 57.36, S.D. = 10.7) ค่าดัชนีมวลกาย ($\bar{x}$ = 26.33, S.D. = 4.0) และกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของอายุ ($\bar{x}$ = 69.19, S.D. = 7.8) ส่วนสูง ($\bar{x}$ = 154.57, S.D. = 4.7) น้ำหนัก ($\bar{x}$ = 58.44, S.D. = 10.5) และค่าดัชนีมวลกาย ($\bar{x}$ = 26.48, S.D. = 4.4) ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความแตกต่างโดยการทดสอบค่าพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน (p-value > 0.05) (ดังแสดงในตารางที่ 1)

2. การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตัวแปร ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย ซึ่งประกอบด้วยน้ำหนักตัว ค่าดัชนีมวลกาย แต่พบว่ามวลไขมันและเปอร์เซ็นต์ไขมันมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่มวลกล้ามเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 ภายหลังการออกกำลังกาย 12 สัปดาห์

3. ด้านระบบหัวใจไหลเวียนเลือดซึ่งประกอบด้วย อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวของทั้งสองกลุ่มมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ในขณะที่ความอดทนของระบบหัวใจไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจในการทดสอบเดิน 6 นาที ของทั้งสองกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นและพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (ดังแสดงในตารางที่ 2)

4. ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองในการทดสอบงอข้อศอกพับแขน (Arm curl test) 30 วินาที และทดสอบลุกนั่งเก้าอี้ (Chair stand test) 30 วินาที มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

5. ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อในการทดสอบทำ ยืนใช้มือไขว่ด้านหลังแตะกัน (Back scratch test) และนั่งเก้าอี้ยืดแขนแตะปลายเท้า (Chair sit and reach test) ของทั้งสองกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดังแสดงในตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร	แสดงค่าที่วัดได้ของกลุ่มตัวอย่าง		p
	กลุ่มควบคุม (n = 32) ออกกำลังกายด้วยผ้า	กลุ่มทดลอง (n = 33) ออกกำลังกายโดยใช้ไม้ยัดหยุน	
เพศ (ชาย : หญิง)	9 : 23	10 : 23	-
อายุ (ปี)	69.37±7.3	69.19±7.8	0.277
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	154.29±4.2	154.57±4.7	0.828
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	57.36±10.7	58.44±10.5	0.622
ดัชนีมวลกาย (กก/ม ²)	26.33±4.0	26.48±4.4	0.721

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้าน สุขสมรรถณาระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปรด้านสุขสมรรถนะ	กลุ่มควบคุม (n = 32)		กลุ่มทดลอง (n = 33)		p
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	ออกกำลังกายโดยใช้ไม้ยัดหย่น	
ด้านองค์ประกอบของร่างกาย					
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	57.36 ± 10.7	57.30 ± 10.5	58.44 ± 10.5	58.49 ± 10.7	.597
ดัชนีมวลกาย (กก/ม2)	26.33 ± 4.0	26.93 ± 4.1	26.48 ± 4.4	26.51 ± 3.6	.277
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	24.54 ± 2.5	24.68 ± 2.6	24.93 ± 2.7	24.45 ± 2.1*	.074
มวลไขมัน (กิโลกรัม)	26.44 ± 4.5	26.32 ± 4.5	26.76 ± 4.6	26.13 ± 4.4*	.221
มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม)	33.25 ± 2.6	32.71 ± 2.4	32.60 ± 2.3	33.08 ± 2.1*	.427
อัตราการเผาผลาญพลังงานในขณะพัก (กิโลแคลอรี)	1280 ± 117.7	1274 ± 109.0	1254 ± 113.4	1272 ± 110.3	.093
ด้านระบบหัวใจหลอดเลือด					
อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	80.48 ± 6.7	78.25 ± 9.0*	81.25 ± 6.9	77.40 ± 5.3*	.054
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม.ปรอท)	128.91 ± 16.3	126.85 ± 15.7*	127.14 ± 15.9	125.22 ± 15.3*	.529
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มม.ปรอท)	75.28 ± 11.3	74.20 ± 10.3*	76.80 ± 11.61	75.45 ± 10.7*	.293

*p < .05 เปรียบเทียบกับก่อนการทดลองในกลุ่มเดียวกัน

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสุขสมรรถนะและความสามารถด้านการเคลื่อนไหวระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปรด้านสุขสมรรถนะ	กลุ่มควบคุม (n = 32)		กลุ่มทดลอง (n = 33)		p
	ออกกำลังกายด้วยผ้า		ออกกำลังกายโดยใช้ไม้ย่น		
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	
ด้านองค์ประกอบของร่างกาย					
น้ำหนัก (กิโลกรัมด้านความสามารถด้านการเคลื่อนไหว)					
การเดิน 6 นาที (6-minute walk test) (เมตร)	476.07 ± 49.93	490.00 ± 53.02*	489.23 ± 51.39	538.85 ± 39.96 ^{a,b}	.001
ทดสอบการนั่ง ลุก ยืน เดิน (Timed Up and Go Test)	7.48 ± 2.38	7.17 ± 2.15	7.52 ± 2.40	6.84 ± 1.86 ^{a,b}	.026
ระยะทาง 2.45 เมตร (วินาที)					
ด้านความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ					
ทดสอบงอข้อศอกพับแขน (Arm curl test) 30 วินาที (ครั้ง)	17.24 ± 1.62	19.22 ± 3.17*	16.77 ± 1.58	22.23 ± 3.24 ^{a,b}	.001
ทดสอบลุกนั่งเก้าอี้ (Chair stand test) 30 วินาที (ครั้ง)	14.15 ± 2.40	14.52 ± 1.98	15.48 ± 2.52	19.42 ± 2.56 ^{a,b}	.001
ด้านความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ					
ทดสอบในท่ายืนไขว้มือไขว้ด้านหลังแตะกัน (Back scratch test) (เซนติเมตร)	3.94 ± 2.92	5.42 ± 2.36*	3.72 ± 2.58	6.38 ± 2.36*	.031
ทดสอบนั่งเก้าอี้ยืดแขนแตะปลายเท้า (Chair sit and reach test) (เซนติเมตร)	13.82 ± 4.06	18.62 ± 7.83*	14.47 ± 5.43	17.28 ± 7.16*	.017

*p < .05 * เปรียบเทียบกับก่อนการทดลองในกลุ่มเดียวกัน

^b เปรียบเทียบกับภายหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

6. ความสามารถในการเคลื่อนไหวในการทดสอบการนั่ง ลุก ยืน เดิน (Timed Up and Go Test) พบว่าในกลุ่มควบคุมไม่พบความแตกต่างของเวลา ในขณะที่กลุ่มทดลองมีความแตกต่างของระยะเวลาในการทดสอบลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ดังแสดงในตารางที่ 3)

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ได้สร้างนวัตกรรมการออกกำลังกายคือการพัฒนารูปแบบการออกกำลังกายด้วยไม้ยืดหยุ่นสำหรับผู้สูงอายุ และผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายที่มีผลต่อสุขสมรรถนะด้านต่าง ๆ และความสามารถด้านการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุ โดยทำการเปรียบเทียบกับรูปแบบการออกกำลังกายด้วยผ้า จำนวน 12 ท่า ซึ่งเป็นการนำกิจกรรมการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบสอดแทรกให้เป็นส่วนหนึ่งของการส่งเสริมกิจกรรมทางกายในโรงเรียนผู้สูงอายุเทศบาลตำบลโนนทัน อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู โดยการศึกษาวิจัยสามารถอภิปรายข้อค้นพบดังนี้

จากการรายงานข้อมูลด้านสุขสมรรถนะของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มภายหลัง 12 สัปดาห์แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของร่างกายซึ่งประกอบด้วย น้ำหนักตัว ค่าดัชนีมวลกายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าในกลุ่มที่ออกกำลังกายด้วยไม้ยืดหยุ่นมีระดับเปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน ลดลง และมวลกล้ามเนื้อที่ปราศจากไขมัน และอัตราการเผาผลาญพลังงานในขณะพัก มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกายแสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายด้วยไม้ยืดหยุ่นจัดเป็นอุปกรณ์การฝึกด้วยแรงต้านที่มีการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อให้มีการหดตัวอย่างต่อเนื่อง และมีการ

หมุนเวียนกลุ่มกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวทุกส่วน แรงต้านจากยางยืดที่กระทำมีระดับความหนักเพียงพอต่อการนำพลังงานจากไขมันมาใช้ในการสันดาปเป็นพลังงานซึ่งมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของไขมันในกล้ามเนื้อลดลง (Otten et al, 2017)

การออกกำลังกายที่สามารถควบคุมสัดส่วนการหายใจได้อย่างเหมาะสมจะส่งผลดีต่อระบบหัวใจไหลเวียนเลือดและการหายใจ ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่าค่าอัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวมีค่าลดลง สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของเอ็มมิลิโอโนและคณะ (Emiliano et al, 2005) ได้กล่าวถึงประโยชน์และผลดีของการฝึกการหายใจในขณะการออกกำลังกายที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการหายใจและกล้ามเนื้อหัวใจที่ช่วยในการบีบตัว ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับการทำหน้าที่ของระบบ baroreceptor โดยการออกกำลังกายจะกระตุ้นการทำงานของ vagal tone มีผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจช้าลง แรงต้านของหลอดเลือดส่วนปลายลดลง ช่วยส่งเสริมหน้าที่การทำงานของผนังหลอดเลือด ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญต่อการลดลงของค่าความดันโลหิต (Marsh et al, 2005, Carnelissen et al, 2005)

นอกจากนี้ความสามารถด้านการเคลื่อนไหวโดยทำการทดสอบด้วยวิธีการเดิน 6 นาที (6-minute walk test) ผู้สูงอายุสามารถเดินได้ระยะที่ไกลมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การออกกำลังกายด้วยไม้ยืดหยุ่นจัดได้ว่าเป็นการออกกำลังกายที่มีการผสมผสานท่าทางการเคลื่อนไหวที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะของการเคลื่อนไหวที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่นการยกเข่า การย่อตัว การเหวี่ยงแขน และการรักษาสถิตของลำตัว เป็นต้น ซึ่งส่งผลดีต่อรูปแบบการทรงท่าในลักษณะอยู่กับที่ และรูปแบบการเคลื่อนไหวในท่าเดิน

วิธีการฝึกที่มีการกำหนดจังหวะของการเคลื่อนไหวจะเป็นการกระตุ้นให้ผู้ฝึกควบคุมกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพและมีความมั่นใจในการเคลื่อนไหวด้วยรูปแบบต่าง ๆ ในขณะที่รูปแบบของการออกกำลังกายมีการหมุนเวียนกลุ่มกล้ามเนื้อเพื่อให้ร่างกายเกิดการรักษาสสมดุลในการเคลื่อนไหว ซึ่งภายหลังจากการออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ พบว่าจากการทดสอบความสามารถด้านการเคลื่อนไหวด้วยวิธีการนั่ง ลูก ยืน เดิน (Timed Up and Go Test) แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายด้วยไม้ยิทยุ่มีความสามารถในการเคลื่อนไหวที่ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลา (วินาที) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มออกกำลังกายด้วยฟ้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับ โมฮัมมาต และคณะ (Mohammad Et al, 2019) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านด้วยยางยิทยุ่บริเวณส่วนล่างของร่างกายเพื่อพัฒนาความสามารถในการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุ โดยพบว่าภายหลังจากการฝึกให้กล้ามเนื้อให้มีการออกแรงเคลื่อนไหวอย่างสม่ำเสมอจะช่วยส่งเสริมให้ความสามารถด้านการเคลื่อนไหวคล่องแคล่วมากขึ้น ผู้สูงอายุมีความมั่นใจในการเคลื่อนไหวในทิศทางต่าง ๆ อีกทั้งยังช่วยให้ความสามารถด้านการทรงตัวแบบอยู่กับที่และเคลื่อนที่ (Static and dynamic balance) ดีขึ้น (Kwak et al., 2016; Holviala et al., 2012; Asawakosinchai et al., 2011; Fahlman et al., 2009)

การออกกำลังกายโดยใช้ไม้ยิทยุ่เป็นวิธีการออกกำลังกายที่สามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุได้ทั้ง 2 องค์ประกอบ คือ ด้านความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งผลดีต่อโครงสร้างของกล้ามเนื้อ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงท่าทางการฝึกมีความสัมพันธ์กับทักษะการเคลื่อนไหวพื้นฐานในชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ

จากการทดสอบความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อในท่างอข้อศอกพับแขน (Arm curl test) และทดสอบลุกนั่งเก้าอี้ (Chair stand test) 30 วินาที พบว่ากลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยจากการทดสอบทั้งสองรูปแบบเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ผลของค่าเฉลี่ยแสดงให้เห็นว่าในกลุ่มออกกำลังกายด้วยไม้ยิทยุ่มีความสามารถในการทดสอบได้จำนวนครั้งมากกว่ากลุ่มออกกำลังกายด้วยฟ้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้เนื่องมาจากการฝึกไม้ยิทยุ่ซึ่งใช้มือและขาในการออกแรงดันและดึง เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจุดเด่นของการออกกำลังกายเป็นการบริหารกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Deltoid) กล้ามเนื้อต้นแขน (Triceps and Biceps) กล้ามเนื้อหลัง (Upper back) กล้ามเนื้อหน้าอก (Chest) กล้ามเนื้อสะโพก (Hip) กล้ามเนื้อต้นขา (Quadriceps) และกล้ามเนื้อน่อง (Calf) คุณสมบัติของยางยิทยุ่จะมีแรงต้านและแรงกดน้ำหนักที่เหมาะสมต่อกล้ามเนื้อซึ่งส่งผลดีต่อระบบประสาทสั่งการทำงานของกล้ามเนื้อที่ตอบสนองออกแรงกระทำ (Aemi et al., 2016) การออกกำลังกายด้วยแรงต้านอย่างสม่ำเสมอจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) (Mcardle et al., 2007) นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยจากมวลของกล้ามเนื้อที่มากขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในร่างกายลดลงภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยไม้ยิทยุ่ดังกล่าว รายงานผลที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของวิไลลักษณ์ ปักษา (Paksa, 2011) ศึกษาผลการฝึกด้วยน้ำหนักของร่างกาย และด้วยยางยิทยุ่ที่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในผู้สูงอายุพบว่ากลุ่มที่ฝึกด้วยยางยิทยุ่มีความแข็งแรง ของกล้ามเนื้อขามากกว่ากลุ่มที่ฝึกด้วยน้ำหนักของร่างกาย นอกจากนี้แล้วการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบยังส่งผลดีต่อคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและเอ็นรอบ ๆ

ข้อต่อ โดยพบว่าการทดสอบในท่ายืนใช้มือไขว้ด้านหลัง และกัน (Back scratch test) และการทดสอบนั่งเก้าอี้ยืดแขนแตะปลายเท้า (Chair sit and reach test) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับ บัช และคณะ (Bucht et al., 2019) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกด้วยยางยืดที่มีแรงต้านต่ำที่มีผลต่อสมรรถภาพทางกายด้านต่าง ๆ ในผู้สูงอายุโดยพบว่าการกระตุ้นกล้ามเนื้อให้มีการตอบสนองต่อการหดตัวกระทำต่อแรงต้านต่ำอย่างสม่ำเสมอจะช่วยรักษาความแข็งแรงของโครงสร้างของข้อต่อให้มีความสมดุล มีความสามารถในการยืดหยุ่นที่ดีและรักษาประสิทธิภาพด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ดี โดยสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการทดสอบใช้มือไขว้ด้านหลังและกัน (Back scratch test) และนั่งเก้าอี้ยืดแขนแตะปลายเท้า (Chair sit and reach test) มีค่าเฉลี่ยของการทดสอบเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้เพราะว่ารูปแบบการออกกำลังกายทั้งสองมีการกำหนดโปรแกรมให้ผู้สูงอายุได้มีการฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบค้ำนั่ง (Static stretching) 15 วินาทีต่อรอบ เพื่อเป็นการกระตุ้นโครงสร้างของกล้ามเนื้อและข้อต่อให้พร้อมที่จะทำกิจกรรมต่าง ๆ และ เพื่อรักษามุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย ช่วยป้องกันการเกิดข้อต่อติดหรือมีการสูญเสียหน้าที่ของข้อต่อในวัยผู้สูงอายุ (Young Ran Yeun, 2017; Thinjana 2016)

สรุปผลการวิจัย

การออกกำลังกายด้วยไม้ยืดหยุ่นเป็นกิจกรรมการออกกำลังกายทางเลือกอีกรูปแบบหนึ่ง ที่สามารถประดิษฐ์เพื่อใช้ที่บ้านได้ โดยสามารถเลือกหาวัสดุได้ง่ายตามท้องถิ่นทั่วไป ผลของการศึกษาวิจัยครั้งนี้แสดง

ให้เห็นว่าไม้ยืดหยุ่นส่งผลดีต่อระบบหัวใจไหลเวียนเลือดและการหายใจ สามารถเพิ่มความแข็งแรงทนทานให้กับกล้ามเนื้อทั้งส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย แรงกระตุ้นจากยางยืดช่วยให้เอ็นกล้ามเนื้อรอบข้อต่อมีความสมดุลรักษาโครงสร้างของกล้ามเนื้อในการยืดและหดตัวได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับกรอกกำลังกายด้วยผ้าแบบค้ำนั่ง นอกจากนี้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายยังมีส่วนต่อความสามารถควบคุมท่าทางในการเดินให้มีความสัมพันธ์การทำงานของกล้ามเนื้อในการเลือกรูปแบบการเคลื่อนไหวได้อย่างต่อเนื่อง และช่วยส่งเสริมความสามารถด้านการทรงตัวซึ่งเป็นพื้นฐานของการเคลื่อนไหวร่างกายได้อย่างมั่นใจ ปัจจุบันที่สำคัญดังกล่าวล้วนเป็นสิ่งที่มีขึ้นถึงการมีคุณภาพชีวิตที่ดีในวัยผู้สูงอายุ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรมีการตรวจสอบคุณภาพของยางยืดทุก ๆ 1 เดือน เนื่องจากจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาคุณภาพของยางยืดด้วยการใช้แบ่งผู้นโยบายาง ๆ สลับแต่ละ 1 ครั้ง เพื่อลดความชื้นของเนื้อยาง ซึ่งอาจทำให้เนื้อยางเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้นได้
2. ควรมีการปรับความหนักของโปรแกรมการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น เช่น จำนวนครั้ง จำนวนเซตในการฝึก และเพิ่มหรือลดจำนวนเส้นของหนังยางแต่ละข้อตามความสามารถของผู้ฝึกแต่ละคน
3. สามารถนำองค์ความรู้ รูปแบบวิธีการ รวมถึงการประดิษฐ์อุปกรณ์ออกกำลังกายไปบูรณาการสำหรับโรงเรียนผู้สูงอายุแต่ละแห่งในการส่งเสริมกิจกรรมทางกายอย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัครในโรงเรียนผู้สูงอายุเทศบาลตำบลโนนทัน อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู

ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) และสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

เอกสารอ้างอิง

- Aemi SZ, Dadgar S, Pourtaghi F, Askari Hoseini Z, Emami Moghadam Z. The effect of exercise program using elastic band in improving the old women's health. **The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility**. 2016; 18(177): 20-5.
- Adamo D.E, Talley S.A., Goldberg A. (2015). Age and task differences in functional fitness in older women: comparisons with senior fitness test normative and criterion-referenced data. *Journal of Aging and Physical Activity*. 23: 47-54.
- Asawakosinchai S., Sangpech J. and Rungsai W. (2011). The effect of health promotion by Exercise with elastic bands on balance and movement in the elderly. *Journal of Clinical Medicine Education Center Prapokklao Hospital*, 28 (2), 136-142.
- Bucht H, Donath L. Sauna Yoga Superiorly Improves Flexibility, Strength, and Balance: A Two-Armed Randomized Controlled Trial in Healthy Older Adults. (2019). *Int Journal of Environmental Research and Public Health*. 2;16 (19).
- Carnelissen V.A., Fagard R.H. (2005). Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanism, and cardiovascular risk factors. **Hypertension**, 46(4), 667-75.
- Christopher H., Kathryn L.W., Shaun J. M.L and Matthew W. (2019). The effects of same-session combined exercise training on cardiorespiratory and functional fitness in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Aging Clinical and Experimental Research*. 31:1701-1717
- Cox, R.C. and Vargus, J. S. (1966). A comparison of item selection technique for norm-referenced and criterion-referenced test. *Paper Presented at the annual meeting of the national council on measurement in education*.
- Department of Mental Health. (2019). **Measures to help the elderly**. from a valuable upliftment burden. Mental health articles. Retrieved December 10, 2019, from Psi Phi: Website: <https://www.dmh.go.th/news-dmh/view.asp?id=27654>.
- Emiliano A.P., Vittorio P., Pasquale I., Emma A., Liberato A. F. Aldo C., Serafino F. (2005). Aerobic exercise performance correlates with post-ischemic flow-mediated dilation of the brachial artery in young healthy men. *European Journal of Applied Physiol*, 94(1-2), 113-7.
- Fahlman MM and Hall HL. (2009). Resistance training and activities of daily living training improves functional performance in elderly

- women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.; 41(5): 365.
- Gothé NP, McAuley E. (2016). Yoga is as good as stretching-strengthening exercises in improving functional fitness outcomes: results from a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*;71(3): 6-11.
- Hairi N.N., Cumming R.G., Naganathan V. (2010) Loss of muscle strength, mass (sarcopenia), and quality (specific force) and its relationship with functional limitation and physical disability: the concord health and ageing in men project. *Journal of American Geriatric Society*. 58:2055-2062.
- Health Information Systems Development Office. (2019). Promoting happy health for the elderly. *Journal of Health Doctor*. 11(3). 115-122.
- Holviola J., Kraemer W.J., Sillanpää E., Karpinen H., Avela J. and Kauhanen A. (2012). Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. *European Journal of Applied Physiology*. 12 (4). 35-47.
- Jakrapun D. and Siripath A. (2007). **Research program on exercise with elastic alternative exercise form for Thai people**. Bangkok: Thai Health Promotion Foundation. 150-152.
- Krabaonrat. J. (2006). **Health Circle Rubber Chain**. Retrieved January 23, 2011, from Psi Phi: Website: http://pr.ku.ac.th/pr_news/headnews/stick/stick.htm.
- Kwak C.J, Kim Y.L., Lee S.M. (2016). Effects of elastic band resistance exercise on balance, mobility and gait function, flexibility and fall efficacy in elderly people. *Journal of Physical Therapy Science*: 28(11):3189-96
- Maciaszek J., McConnell, A. and Passfield, L. (2007). Effect of Tai Chi on Body Balance: Randomized Controlled Trial in Men with Osteopenia or Osteoporosis. *The American Journal of Chinese Medicine*. 35, 01. 92(1-2), 50-55.
- Matheus U. Chupel, Fabio Direito, Guilherme E. Furtado, Luciele G. Minuzzi, Filipa M. Pedrosa, Juan C. Colado, Jose P. Ferreira, Edith Filare and Ana M. (2017). Strength Training Decreases Inflammation and Increases Cognition and Physical Fitness in Older Women with Cognitive Impairment. *Exercise, Inflammation and Cognition*. 377. Volume 8:3-13.
- Marsh S.A., Coombes J.S. (2005). Exercise and the endothelial cell. *International Journal of Cardiology* 99(2), 165-9.
- McArdle, W.D., and Frank, I.K. (2014). **Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance**. 8th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Mohammad R.V., Najme K.M., Hamid R.F., Mohammad A.M., Seyedeh M.N. and Alireza B. (2019). The Effect of Lower

- Limb Resistance Exercise with Elastic Band on Balance, Walking Speed, and Muscle Strength in Elderly Women. *Elderly Health Journal*; 5(1): 58-64.
- National Council on the Aging. (2004). **Healthy moves for aging well**. Los Angeles: NCOA.
- Otten, L., Bosy-Westphal, A., Ordemann, J., Rothkegel, E., Stobaus, N., Elbelt, U. (2017). Abdominal fat distribution differently affects muscle strength of the upper and lower extremities in women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 3, 372-376.
- Paksa W. (2011). Effects of body weight training and elastic rubber on the strength of leg muscles in the elderly. *Academic Journal Institute of Physical Education*. 3 (1). 68-75.
- Rikli, R. and Jones, J. (2002). **Senior fitness test manual**. Champaign: Human Kinetics.
- Srimethaworakul P. (2010). Physical activities of the elderly in southern rural areas. *Journal of Nursing Council*. 25 (1), 112-120.
- Stec MJ, Thalacker-Mercer A, Mayhew DL et al (2017) Randomized, four-arm, dose-response clinical trial to optimize resistance exercise training for older adults with age-related muscle atrophy. **Experimental Gerontology**. 99:98-109.
- Thinjana N. and Kanitha N. (2016). The effect of a home exercise promotion program using elastic rubber on physical fitness of the elderly. *Journal of Songkhla Nakarin Nursing*. 38 (2). 70-78.
- Young Ran Yeun. (2017). Effectiveness of resistance exercise using elastic bands on flexibility and balance among the elderly people living in the community: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Physical Therapy Science*. 29: 1695-1699.
- Yuan Zhao, Yan Wang. (2016). Tai Chi as an intervention to reduce falls and improve balance function in the elderly: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Chinese Nursing Research*. 19: 115-127.
- World Health Organization: WHO. (2001). **(Minimum Data Set) Indicators for the minimum data set project on ageing: A critical review in sub-Saharan Africa**. 2,

รายละเอียดการส่งบทความวิจัยและวิชาการลงตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ

วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ ยินดีรับบทความวิจัย และบทความวิชาการ โดยขอให้ท่านส่งไฟล์ต้นฉบับเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารฯ มาที่กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผ่านระบบออนไลน์ ที่ https://he02.tci-thaijo.org/index.php/spsc_journal/index นอกจากนี้ท่านสามารถส่งข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวารสารการกีฬา การส่งเสริมสุขภาพ การจัดการนันทนาการการท่องเที่ยว และการบูรณาการศาสตร์อื่นๆ รวมทั้งจดหมาย หรือข้อเสนอแนะ มาที่ E-mail : spsc_journal@hotmail.com โทรศัพท์/โทรสาร : 02-218-1027

ทั้งนี้บทความที่ได้รับการตีพิมพ์จะต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องอ่านบทความวิจัย และบทความวิชาการ (Peer Reviewer) จำนวน 2 ท่าน ในลักษณะ double blinded คือมีการปกปิดทั้งชื่อของผู้วิจัยและชื่อของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยทางวารสารฯ มีนโยบายในการพิจารณาบทความและเผยแพร่ให้เป็นไปด้วยความรวดเร็วภายในเวลา 6-12 เดือนนับจากวันที่ได้รับบทความ หากผู้วิจัยสามารถแก้ไขบทความให้มีคุณภาพตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ หากบทความใดไม่ผ่านการพิจารณาให้ลงตีพิมพ์ในวารสารฯ ได้ ผู้ส่งบทความสามารถปรับปรุงแก้ไขและส่งเข้ารับการพิจารณาได้ใหม่ในการส่งบทความเพื่อการพิจารณาตีพิมพ์ครั้งต่อไป สำหรับต้นฉบับที่ได้รับการตีพิมพ์ผู้เขียน download ได้จากเว็บไซต์ของวารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ

รายละเอียดในการเตรียมบทความวิชาการและบทความวิจัย

1. พิมพ์ลงในกระดาษขนาด A4 (8x11.5") พิมพ์หน้าเดียว (รูปแบบตัวอักษร Angsana New ขนาด 16 ก็นหน้า/หลัง/บน/ล่าง 1 นิ้ว) ส่งไฟล์บทความจำนวน 1 ชุด จำนวนไม่เกิน 15 หน้า
2. บทความที่ส่งต้องไม่เคยพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อน หรือไม่อยู่ในระหว่างที่ส่งไปพิมพ์ในวารสารอื่น
3. ชื่อเรื่องภาษาไทย ไม่เกิน 50 คำ และภาษาอังกฤษ ไม่เกิน 25 คำ ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาไทย ไม่เกิน 500 คำ และภาษาอังกฤษ ไม่เกิน 300 คำ เป็นความเรียง พร้อมทั้งคำสำคัญ (Key Words) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษควรมี 3-5 คำ
4. ตาราง รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ ให้เขียนเป็นภาษาไทย ประกอบด้วย ลำดับที่ ชื่อ ส่วนข้อความและที่มา โดยปกติให้พิมพ์อยู่ในหน้าเดียวกันทั้งหมด ชื่อตารางเขียนไว้ด้านบนตาราง ชื่อรูปภาพ แผนภูมิ กราฟ เขียนไว้ด้านล่างรูปภาพ แผนภูมิ กราฟ โดยใน 1 บทความให้มีตาราง รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ รวมกันไม่เกิน 5 ตาราง/รูปภาพ/แผนภูมิ/กราฟ ควรมีขนาดเหมาะสมโดยจัดใส่ในไฟล์งานและแยกไฟล์มาด้วย
5. การเขียนเอกสารอ้างอิงให้ใช้แบบ American Psychological Association (APA) เป็นหลัก หากเอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด โดยการอ้างอิงในเนื้อหา หากเป็นชื่อชาวต่างประเทศให้เขียนชื่อทับศัพท์เป็นภาษาไทยด้วย มิให้อ้างอิงผลงานวิทยานิพนธ์ โดยให้อ้างอิงถึงวารสารที่ตีพิมพ์ผลงานวิทยานิพนธ์ที่ต้องการอ้างอิง รูปแบบการเขียนอ้างอิงระบบ APA มีดังนี้

1. วารสารและนิตยสาร

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร, ปีที่(ฉบับที่), หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

2. หนังสือ

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อหนังสือ. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

3. สื่ออิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง, วันที่ทำการสืบค้น. ชื่อฐานข้อมูล. URL

6. สำหรับบทความวิจัย การจัดลำดับเรื่องควรประกอบด้วยหัวข้อ ดังต่อไปนี้

- ชื่อเรื่องงานวิจัยและบทคัดย่อ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ) **โดยระบุชื่อผู้วิจัยหลัก/รอง และคณะ/สถาบันหรือสถานที่ทำงานด้วย**
- ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย
- สมมติฐานของการวิจัย (ถ้ามี)
- วิธีดำเนินการวิจัย
- ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
- การวิเคราะห์ข้อมูล
- ผลการวิจัย
- อภิปรายผลการวิจัย
- สรุปผลการวิจัย
- ข้อเสนอแนะจากการวิจัย (ถ้ามี)
- กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)
- เอกสารอ้างอิง

ผู้เขียนสามารถ Download แม่แบบ (Template) รูปแบบการเตรียมบทความได้ที่ www.spsc.chula.ac.th

ทั้งนี้ วารสารฯ ขอสงวนสิทธิ์ไม่รับตีพิมพ์บทความที่เขียนบทความ และเอกสารอ้างอิงไม่เป็นไปตามรูปแบบที่กำหนด

สถานที่ติดต่อ : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 1 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

E-mail : spsc_journal@hotmail.com โทร. 02-218-1027

Journal of Sports Science and Health

Manuscripts submission for publication in the Journal of Sports Science and Health

The Journal of Sports Science and Health welcome all research, and review articles that pertains to sport science, sports management, health promotion, or recreation and tourism. All manuscripts and articles must be submitted electronically via online submission at www.spsc.chula.ac.th to the editorial office at the Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University. Furthermore, any comments or point of views that pertains to sport science, sports management, health promotion, or recreation and tourism should be sent to spsc_journal@hotmail.com

All manuscripts and review articles are considered for publication on the condition that they contributed solely to this Journal and have not been published else where, in part or in whole. All considered manuscripts must undergo a review process in which two reviewers will be assigned (double blinded review). After all the changes and adjustments have been made according to the reviewers' requests, the manuscript or review article maybe accepted for publication within 6-12 months. The editor reserves the right to accept or reject the manuscript on the ground of its scientific significant. Upon acceptance, the author will be notified by the editorial office and the published article can be downloaded at the Journal of Sports Science and Health Website.

Manuscripts preparation

1. All manuscripts and review articles must be printed on A4 (8"x11.5") one sided (*font should be 16 points Angsana New; the margin should be 1" on all sides*). No more than 15 pages.
2. All manuscripts should not be published, in part or in whole, anywhere else or under a review process.
3. The title should be no more than 50 words in Thai and no more than 25 words in English. Abstract should be no more than 500 words in Thai and no more than 300 words in English. 3-5 key words in Thai or English are required.
4. Tables, figures, charts, and graphs shall be written in Thai and arranged in order. Table's description shall be placed on the top. Captions for figures, charts, and graphs shall be placed below. There should be no more than 5 tables, figures, charts, or graphs in one manuscript. Tables, figures, charts, and graphs should be saved separately.

5. A list of references is required for all manuscripts and review articles and shall be written according to APA format (if references are in Thai, they should be translated to English). Reference citation within the manuscript should be written in both Thai and English (in case of Thai manuscript). Citation of dissertation work is prohibited. When citing dissertation, the author should cite the original work that was quoted within the dissertation and should be written according to APA format.

a. Journals and magazines:

i. Example: Author (year). *Journal Title*. Volume (issue). Initial-final pages.

b. Books:

i. Example: Authors (year). *Book title*. City published. Publishing house.

c. Electronic materials:

i. Example: Authors (year). *Title*. Date searched. Database. URL

6. Original research should contain the following items

- a. Research title, abstract (in Thai and English), and the names of the primary and co-investigators with affiliated institutions.
- b. Conceptual framework and its significance
- c. Objectives
- d. Research hypothesis (if available)
- e. Experimental design
- f. Research methodology
- g. Data analysis
- h. Results
- i. Discussion
- j. Conclusion
- k. Limitations and suggestions for future research (if available)
- l. Acknowledge (if available)
- m. References

7. Please visit www.spsc.chula.ac.th for template

8. The Journal of Sports Science and Health reserves the right to reject any manuscripts and review articles that do not comply with the terms and conditions set forth by the Journal.

Contact: Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University. Rama I Patumwan Bangkok 10330.

Tel: +662-218-1027 E-mail: spsc_journal@hotmail.com

ใบสัญญาลงโฆษณาประชาสัมพันธ์ใน “วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ”

เลขที่.....

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

เรียน คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

ข้าพเจ้า

ที่สำนักงาน.....

มีความประสงค์ลงโฆษณาในวารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นจำนวน.....ฉบับ ตั้งแต่ฉบับที่..... เดือน..... พ.ศ..... ถึงฉบับที่..... เดือน..... พ.ศ.....

อัตราค่าโฆษณา (1 ลิ)	ขนาด	ราคาต่อ 1 ฉบับ	ราคาต่อ 2 ฉบับ	ราคาต่อ 3 ฉบับ
ปกหลัง ด้านนอก	1 หน้า	5,000 บาท	10,000 บาท	12,000 บาท
ปกหลัง ด้านใน	1 หน้า	4,000 บาท	8,000 บาท	10,000 บาท
ปกหน้า ด้านใน	1 หน้า	4,000 บาท	8,000 บาท	10,000 บาท
ในเล่ม	1 หน้า	1,000 บาท	2,000 บาท	3,000 บาท
ในเล่ม	½ หน้า	500 บาท	1,000 บาท	1,500 บาท
ใบแทรก (เท่าขนาดของหนังสือ)	1 แผ่น	3,000 บาท	6,000 บาท	9,000 บาท

รวมค่าโฆษณาเป็นเงิน..... บาท (.....)

ขอความที่ข้าพเจ้าประสงค์ลงโฆษณาประชาสัมพันธ์ได้แนบมากับใบสัญญาแล้วรวมทั้งต้นฉบับ

จำนวน.....ชิ้น หรือใบแทรกจำนวน.....แผ่น

ทั้งนี้ ข้าพเจ้าสัญญาว่าจะชำระเงินค่าโฆษณาทันทีที่ตอบตกลงทำสัญญาลงโฆษณาประชาสัมพันธ์เรียบร้อยแล้ว

ลงชื่อ.....ผู้แจ้งลงโฆษณา

ลงชื่อ.....ผู้รับแจ้งลงโฆษณา

วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ

โทรศัพท์ 02-218-1027