เปรียบเทียบผลของการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและพื้นราบ ต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและขา และระดับความเหนื่อยในบุคคลที่มีระดับกิจกรรมทางกายต่ำ

Comparison of the Effects of Treadmill and Overground Running on Respiratory and Leg Muscles Strength, and Dyspnea Level in in Individuals with Low Physical Activity Levels

อัมพิรา พรหมศรี, วท.ม., Umpira Promsri, M.Sc.[1]*
ธฤษณุวัชร ไชยโคตร, ปร.ด., Dhissanuvach Chaikhot, Ph.D.[2]
รุ่งฟ้า เทียมกลาง, วท.ม., Rungfa Thiamklang, M.Sc.[3]
จิตราพร ศรีบุญเพ็ง, วท.ม., Jitraporn Sriboonpeng, M.Sc.[4]
สาวิตรี เฉลิมพงศ์, วท.ม., Sawitree Chalermphong, M.Sc.[5]
พิพัฒนพงศ์ จงปัตนา, Pipattanapong Jongpattana[6]
[1]อาจารย์, สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยคริสเตียน
[1]Lecturer, Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Christian University
[2]อาจารย์ ดร., สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยคริสเตียน
[2]Lecturer, Ph.D., Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Christian University
[3]อาจารย์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยคริสเตียน
[3]Lecturer, Department of Sports and Exercise Science, Faculty of Health Sciences, Christian University
[4]อาจารย์, คณะกายภาพบำบัด วิทยาลัยเซนต์หลุยส์
[4]Lecturer, Faculty of Physical Therapy, Saint Louis College
[5]อาจารย์, คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
[5]Lecturer, Faculty of Physical Therapy, Dhurakij Pundit University
[6]นักศึกษา, หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยคริสเตียน
[6]Student, Bachelor of Science, Faculty of Health Sciences, Christian University

**Corresponding Author Email: umpirap@christian.ac.th*

Received: April 21, 2025 Revised: June 3, 2025 Accepted: June 11, 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและพื้นราบต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและขา และระดับความเหนื่อยในบุคคลที่มีระดับกิจกรรมทางกายต่ำ ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้ที่มีกิจกรรมทางกายต่ำ อายุ 20-35 ปี ดัชนีมวลกาย 18.5-22.9 กิโลกรัม/ตารางเมตร 2 กลุ่ม คือกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและบนพื้นราบ กลุ่มละ 25 คน ระดับความหนัก 75-85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด warm up 5 นาที วิ่งที่ระดับอัตราการเต้นหัวใจเป้า 30 นาที และ cool down 5 นาที 3 วัน/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและขา และระดับความเหนื่อยเปรียบเทียบก่อนและหลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และ 6 ผลการศึกษาพบว่าหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 พบว่าการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มวิ่งบนพื้นราบมีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าที่ระดับ p = .001 และการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าพบระดับความเหนื่อยลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มวิ่งบนพื้นราบที่ระดับ p = .04 สรุปผลการศึกษา กลุ่มการวิ่งบนพื้นราบและบนลู่ไฟฟ้าสามารถเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจและขา และลดระดับความเหนื่อยหลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป และหลังวิ่งสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มวิ่งบนพื้นราบสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกได้มากกว่ากลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้า และกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าลดระดับความเหนื่อยได้มากกว่ากลุ่มวิ่งบนพื้นราบ

คำสำคัญ: *การวิ่งบนลู่ไฟฟ้า การวิ่งบนพื้นราบ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ความแข็งแรงกล้ามเนื้อขา บุคคลที่มีระดับกิจกรรมทางกายต่ำ*

Abstract

The objectives of this study were to compare the effects of treadmill and overground running on respiratory and leg muscles strength, and as well as the level of dyspnea score in sedentary persons. The participants were individuals with a sedentary lifestyle, aged 20-35 years, and with a body mass index (BMI) 18.5-22.9 kilograms per square meter. Each of the two groups consisted of twenty-five participants. The first group received treadmill running training, while the second group received overground running training. The running protocol involved exercising at 75-85% of maximum heart rate for 30 minutes, warm up 5 minutes, and cool down 5 minutes per day, 3 days per week, over a period of 6 weeks. The outcome measurements included respiratory and leg muscle strength, and dyspnea level assessed at baseline, and after 3 and 6 weeks of training. The results of this study showed that after 6 weeks of training, there were statistically significant difference between groups in maximum expiratory pressure (p = 0.001) and dyspnea level (p = 0.04). In conclusion, treadmill and overground running can improve respiratory and leg muscle strength, and dyspnea level after

more than 3 weeks training. Moreover, overground running can improve expiratory muscle strength more effectively than treadmill running, while treadmill running reduce dyspnea more effectively than overground running after 6 weeks of training.

Keywords: *Treadmill running, overground running, respiratory muscles strength, leg muscles strength, sedentary persons*

บทนำ

สังคมไทยมีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมากขึ้นและเข้าถึงเทคโนโลยีได้อย่างง่ายจึงส่งผลให้ประชากรส่วนใหญ่มีระดับกิจกรรมทางกายต่ำ (กิจกรรมที่ใช้พลังงาน 1.5 MET) หรือเรียกว่าพฤติกรรมเนือยนิ่ง (Sedentary lifestyle) (Park, Moon, Kim, Kong, & Oh, 2020) พฤติกรรมเนือยนิ่งส่งผลให้เกิดการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหายใจและกล้ามเนื้อรยางค์ต่าง ๆ ของร่างกาย กล้ามเนื้อหายใจประกอบด้วยกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงและกล้ามเนื้อกระบังลมเป็นองค์ประกอบสำคัญของการหายใจ การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงและกล้ามเนื้อกระบังลมจึงทำให้รูปแบบการหายใจสั้นตื้น การระบายอากาศของปอดและถุงลมลดน้อยลง (Alveolar hypoventilation) และเกิด microatelectases (Pinto et al., 2023; Darwin Gatica, & Manterola, 2016) ยิ่งไปกว่านั้นยังทำให้ความทนทานและความสามารถในการออกกำลังกายลดลง เหนื่อยง่ายมากขึ้นกว่าปกติ (Pinto et al., 2023) จะส่งผลให้เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคต่าง ๆ มากมาย และเกิดปัญหาระยะยาวนำไปสู่การเกิดโรคไม่ติดต่อ (Noncommunicable diseases: NCDs) โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง โรคความดันโลหิตสูง ภาวะอ้วนและน้ำหนักเกิน ภาวะกระดูกพรุน ภาวะซึมเศร้าและโรควิตกกังวล เป็นต้น (Katzmarzyk et al., 2019)

การออกกำลังกายแบบแอโรบิค (Aerobic exercise) เป็นการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต ความจุปอด ทั้งยังสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและกล้ามเนื้อหายใจ (Liu et al., 2021) โดยการวิ่งเป็นหนึ่งในการออกกำลังกายประเภทแอโรบิค ที่ไม่มีอุปกรณ์ในการออกกำลังกาย สามารถออกกำลังกายด้วยตนเองได้ง่าย กำหนดระดับความหนักที่เหมาะสมและเพิ่มความหนักได้ (Lee, Lavie, & Vedanthan, 2015; Pinto et al., 2023) โดยระดับความหนักในการออกกำลังกายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความทนทานของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตรวมทั้งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่าง ๆ (Hellsten & Nyberg, 2015) การวิ่งส่งผลให้กล้ามเนื้อหายใจทำงานเพิ่มขึ้นกว่าภาวะปกติ โดยกล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragm) เกิดการหดตัวให้กระบังลมแบนราบและกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครง (Intercostal muscle) หดตัวเพื่อยกซี่โครงขึ้นทั้งทางด้านบนและด้านข้าง ทำให้เกิดการขยายตัวของทรวงอกทุกระดับ การออกกำลังกายเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจซ้ำ ๆ มีความต้องการใช้ออกซิเจนมากขึ้น เพิ่มอัตราการหายใจ และนำไปสู่อาการล้าของกล้ามเนื้อขาและกล้ามเนื้อหายใจ ส่งผลให้เกิดกระบวนการปรับตัวของระบบกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและระบบหายใจ ทำให้สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและกล้ามเนื้อหายใจ และเพิ่มความทนทานของระบบหายใจ (Mindlin, 1957; PH, 1954) การวิ่งมีทั้งแบบบนพื้นราบ

และบนลู่ไฟฟ้า โดยการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าจะมีแรงผลักและช่วยขับเคลื่อนเท้าจากลู่ มีแรงกระทำต่อข้อต่อและแรงสะท้อนกลับที่น้อยเมื่อเทียบกับการวิ่งบนพื้นราบ ยิ่งไปกว่านั้นการวิ่งที่ระดับความเหนื่อยเท่ากันจะส่งให้ความเร็วในการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าช้า ความยาวขาในการก้าวเท้าสั้น และอัตราการก้าวต่ำกว่าวิ่งบนพื้นราบ ซึ่งส่งผลให้มีการใช้แรงในการวิ่งที่แตกต่างกัน (Marsh et al., 2006) การทำงานของกล้ามเนื้อหายใจและกล้ามเนื้อขาต่างกัน (Frishberg, 1983; Wank, Frick, & Schmidtbleicher, 1998; Watt et al., 2010) การขยายตัวของทรวงอก การใช้ออกซิเจน รวมทั้งการความรู้สึกเหนื่อยในการวิ่งที่แตกต่างกัน (Bassett et al., 1985)

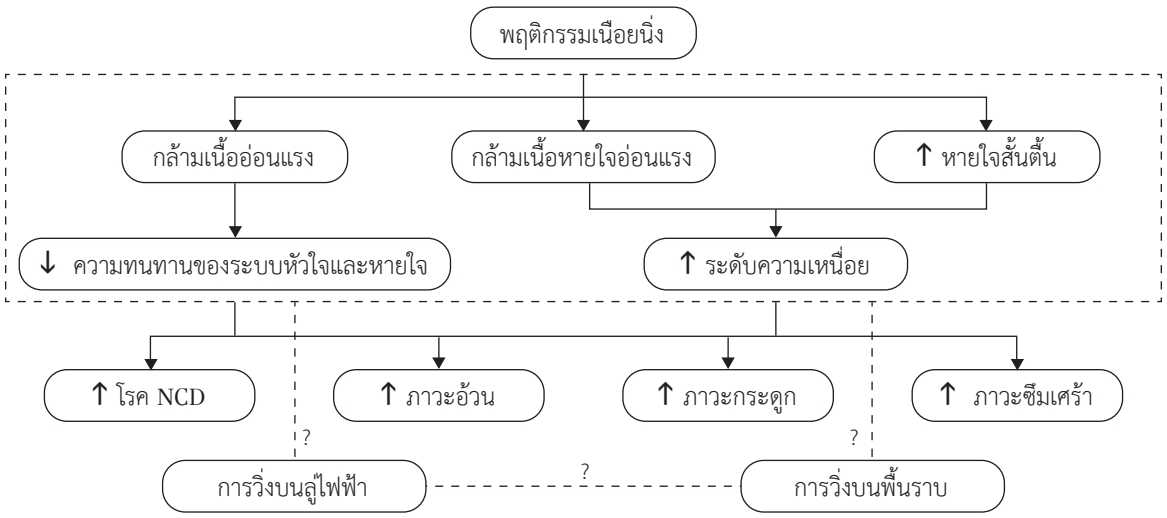
จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การวิ่งบนพื้นราบในผู้ที่เป็นอัมพาตครึ่งซีกสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Kim et al., 2022) และการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Azad, Gharakhanlou, Niknam, & Ghanbari, 2011; Marsh et al., 2006) แต่ยังไม่มีการศึกษาผลของการวิ่งบนพื้นราบและลู่ไฟฟ้าต่อระดับความเหนื่อยเมื่อระดับความหนักของการออกกำลังกายเท่ากัน และยังไม่มีการเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงของการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและการวิ่งบนพื้นราบต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและขา และระดับความเหนื่อยในบุคคลที่มีระดับกิจกรรมทางกายต่ำ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้สนใจศึกษาเปรียบเทียบผลของการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและการวิ่งบนพื้นราบต่อความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจและขา และความเหนื่อยในบุคคลที่มีระดับกิจกรรมทางกายต่ำ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและพื้นราบต่อความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจและขา และระดับความเหนื่อยในบุคคลที่มีระดับกิจกรรมทางกายต่ำก่อนและหลังการวิ่ง

2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและการวิ่งบนพื้นราบส่งผลต่อความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจและขา และระดับความเหนื่อยในบุคคลที่มีระดับกิจกรรมทางกายต่ำ

กรอบแนวคิดการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเข้า คือ 1. อายุระหว่าง 20-35 ปี 2. ผู้ที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ 18.-22.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร 3. ผู้ที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำ คือ ระดับกิจกรรมทางกาย MET ≤ 600 นาที/สัปดาห์ โดยใช้แบบสอบถามกิจกรรมทางกาย global physical activity questionnaire (GPAQ) 4. จำนวนก้าวที่เดิน ≤ 7,400 ก้าว/วัน โดยใช้เครื่อง pedometer ติดระดับสะโพก บริเวณกึ่งกลางระหว่างข้อสะโพกและสะดือ และเกณฑ์การคัดออก คือ 1. ผู้ที่มีโรคทางระบบหายใจ หัวใจและหลอดเลือด เช่น โรคหอบหืด, วัณโรค, เบาหวาน, ความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ เป็นต้น 2. สัญญาณชีพขณะพักไม่คงที่ (BP > 130/80 มม.ปรอท, HR > 100 ครั้ง/นาที, RR > 20 ครั้ง/นาที) (Carey, Whelton, & ACC/AHA Hypertension Guideline Writing Committee, 2018) 3. ผู้ที่ปัญหาทางระบบประสาท เช่น โรคหลอดเลือดสมอง เป็นต้น 4. ผู้ที่มีปัญหาทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูก เช่น กระดูกหัก < 6 เดือน, กล้ามเนื้ออักเสบ และเอ็นอักเสบ เป็นต้น 5. ผู้ที่ทานยายับยั้งการทำงานของหัวใจและความดันโลหิต เช่น beta blockers, nitroprusside, prazosin, warfarin, streptokinase และ digoxin เป็นต้น 6. ผู้ที่สื่อสารและทำตามคำสั่งไม่ได้ 7. ผู้ที่ไม่ยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย การคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ข้อมูลตัวแปรความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าข้างขวา จากงานวิจัยที่ผ่านมาของ Tiaprapong K (Tiaprapong & Tiaprapong, 2021) และคณะ มาใช้ในการคำนวณจากสูตร

$$N = \frac{(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \, 2\sigma^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$ ดังนั้น $Z\alpha/2 = 1.645$, $\beta = 0.95$ ดังนั้น $Z\beta = 1.282$, $\sigma = 3.3$, $\mu_1 = 13.46$ และ $\mu_2 = 10.50$

$N = 21.30 \approx 22$

10% dropout = 2.2

$N = 22 + 2.2$

$N = 24.2 \approx 25$ คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แบบสอบถามกิจกรรมทางกาย Global Physical Activity Questionnaire ฉบับภาษาไทย 16 หัวข้อ 4 หัวข้อใหญ่ คือ กิจกรรมทางกายในการทำงาน กิจกรรมทางกายในการเดินทางจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง กิจกรรมทางกายที่ทำในเวลาว่างเพื่อพักผ่อนหย่อนใจ/นันทนาการ และพฤติกรรมนั่งนอน มีค่าความน่าเชื่อถือ 0.77 (Visuthipanich, 2009)

2.2 เครื่อง hand held dynamometer เพื่อประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา มีค่าความน่าเชื่อถือ 0.95 (Tanveer, Arslan, Darain, & Ahmad, 2021)

2.3 เครื่อง MicroRPM เพื่อประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ มีการตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องโดยบริษัทผู้จัดจำหน่ายทุก ๆ 1 ปี และมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 1 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านวิศวชีวการแพทย์ร่วมตรวจสอบความถูกต้องและสมบูรณ์ของอุปกรณ์

2.4 แบบบันทึกข้อมูลและแบบประเมินข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นผ่านการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์กายภาพบำบัด 2 ท่าน และอาจารย์วิศวชีวการแพทย์ 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง สมบูรณ์ ความสอดคล้อง ความตรงและการใช้ภาษาของเนื้อหา

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากได้รับการอนุมัติจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยคริสเตียนแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการต่าง ๆ ดังนี้

3.1 ผู้วิจัยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออก เซ็นยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย ซักประวัติและตรวจประเมินข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้น คือ แบบสอบถามกิจกรรมทางกาย Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) และข้อมูลพื้นฐาน คือ น้ำหนัก, ส่วนสูง และดัชนีมวลกาย และจำนวนก้าวที่เดินต่อวัน โดยใช้เครื่อง pedometer ติดระดับสะโพกบริเวณกึ่งกลางระหว่างข้อสะโพกและสะดือ บันทึกจำนวนการก้าวใน 1 วัน เป็นเวลา 3 วัน และหาค่าเฉลี่ยจำนวนก้าวในการเดินแต่ละวัน

3.2 แบ่งอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่รับการฝึกด้วยการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและการวิ่งบนพื้นราบกลุ่มละ 25 คน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยทั้ง 2 กลุ่ม จะได้รับการฝึกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

3.3 ขั้นตอนการประเมินผล

ประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และ 6 และระดับความเหนื่อยประเมินระหว่างการวิ่งวันที่ 1, 9 และ 18 ทั้ง 2 กลุ่ม โดยมีการประเมิน ดังนี้

3.3.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle strength)

โดยใช้เครื่อง MicroRPM ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออก ถือเครื่อง MicroRPM ในแนวระนาบเดียวกับปากและห่างจากปากประมาณ 1 ฟุต การประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจเข้า โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งบนเก้าอี้ที่มีพนักพิง เท้าวางบนพื้น ไม่ไขว้ขา ปิดจมูกด้วย clip nose อมท่อเป่าให้แนบสนิท ไม่ให้มีรูรั่ว หายใจออกเต็มที่ แล้วหายใจเข้าทางปากอย่างเร็วและแรงประมาณ 1-2 วินาที และการประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจออก โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยปิดจมูกด้วย clip nose อมท่อเป่าให้แนบสนิท ไม่ให้มีรูรั่ว หายใจเข้าเต็มที่ แล้วหายใจออกทางปากอย่างเร็วและแรงประมาณ 1-2 วินาที ทดสอบ 3 ครั้ง แต่ไม่เกิน 8 ครั้ง พักระหว่างการทดสอบอย่างน้อย 1 นาที ค่าที่ได้แต่ละครั้งควรต่างกันไม่เกิน ร้อยละ 20 เลือกค่าที่สูงที่สุด หน่วยเป็น cmH_2O (American Thoracic Society, 2002)

3.3.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg muscle strength)

ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ hamstring โดยใช้เครื่อง Hand Held Dynamometer ผู้เข้าร่วมวิจัยในท่านอนคว่ำ งอเข่า 90 องศา วางเครื่องข้อเท้าด้านหลัง บริเวณเหนือตุ่ม 2-3 เซนติเมตร ประเมิน 3 ครั้ง ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงงอเข่าให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ พัก 1 นาทีระหว่างการวัด ประเมิน 2 ครั้ง เลือกค่าที่ดีที่สุด หน่วยเป็น นิวตัน (Boyanmis et al., 2024)

3.3.3 ระดับความเหนื่อย (Rated perceived exertion: RPE)

ประเมินโดยใช้ Modified Borg scale คะแนนตั้งแต่ 0-10, 0 คือ ไม่รู้สึกเหนื่อยแม้แต่น้อย 5 เหนื่อยมาก และ 10 คือ เหนื่อยที่สุดในชีวิต สอบถามระหว่างการวิ่งนาทีที่ 20

3.4 ขั้นตอนการฝึก

3.4.1 ก่อนเริ่มโปรแกรมการฝึก อาสาสมัครของทั้ง 2 กลุ่มจะ warm up และหลังฝึกเสร็จจะ cool down ด้วยการยืดกล้ามเนื้อ quadriceps, hamstrings และ gastrocnemius ด้วยตัวเอง 2 ท่า ยืดค้างไว้ 10 วินาที 6 ครั้ง/ชุด ทำจำนวน 2 ชุด เป็นเวลารวม 5 นาที (American College of Sports, 2017)

3.4.2 กลุ่มที่ 1 วิ่งบนลู่ไฟฟ้าและกลุ่มที่ 2 วิ่งบนพื้นราบกลางแจ้ง วิ่งเป็นเวลา 40 นาที ประกอบด้วย warm up 5 นาที วิ่งด้วยอัตราการเต้นของหัวใจตามเป้าหมาย 30 นาที และ cool down 5 นาที ฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ วันเว้นวัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ และมีการปรับระดับความหนักในการวิ่งดังนี้

สัปดาห์ที่ 1-3 ระดับความหนัก = 75-79% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

สัปดาห์ที่ 4-6 ระดับความหนัก = 80-85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

ติดตามอัตราการเต้นของหัวใจด้วยอุปกรณ์ Polar H10 heart rate monitor ซึ่งติดตั้งบน xiphoid process หากอัตราการเต้นของหัวใจเร็วกว่าอัตราการเต้นของหัวใจตามเป้าหมายจะลดความเร็วในการวิ่งลงและหากอัตราการเต้นของหัวใจช้ากว่าอัตราการเต้นของหัวใจตามเป้าหมายจะเพิ่มความเร็วในการวิ่งมากขึ้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลแสดงในรูปแบบค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และค่ามัธยฐาน (median) ค่ามัธยฐานของครึ่งแรก (Q1) และค่ามัธยฐานของครึ่งหลัง (Q3) ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้ Shapiro-wilk test ค่าระดับความเหนื่อย มีการกระจายตัวของข้อมูลปกติ การเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มใช้สถิติ one-way repeated measure ANOVA with Bonferroni pairwise comparison และการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มในแต่ละช่วงเวลาใช้สถิติ one-way ANOVA with Bonferroni pairwise comparison ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออก และกล้ามเนื้อขา มีการกระจายตัวของข้อมูลผิดปกติ การเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มใช้สถิติ Kruskal-Wallis test และการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มในแต่ละช่วงเวลาใช้สถิติ Mann-Whitney U Test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

5. การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ของมหาวิทยาลัยคริสเตียน (เลขที่ บ. 05/2567 วันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2567) เพื่อขอรับการพิจารณาการปกป้องและพิทักษ์สิทธิ์ผู้เข้าร่วมวิจัย ขอความยินยอมโดยการลงนามในใบแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และระหว่างดำเนินการวิจัยผู้เข้าร่วมสามารถบอกยุติการเข้าร่วมการวิจัยได้โดยไม่มีผลกระทบต่อการรับบริการอื่น ๆ

ผลการวิจัย

ผู้เข้าร่วมงานวิจัย แบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและกลุ่มวิ่งบนพื้นราบ กลุ่มละ 25 คน โดยพบว่า อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ของทั้ง 2 กลุ่ม มีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ดัชนีมวลกาย พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย

ข้อมูลพื้นฐาน	วิ่งบนลู่ไฟฟ้า (n = 25)	วิ่งบนพื้นราบ (n = 25)	p-value
อายุ (ปี)	18.68 ± .75	18.80 ± .76	.58
เพศ (หญิง/ชาย) (คน)	22/3	22/3	-
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	158.88 ± 5.53	159.32 ± 4.55	.76
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	50.56 ± 5.57	52.92 ± 4.86	.12
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	19.97 ± 1.38	20.87 ± 1.52	.03*

ข้อมูลแสดงในรูปแบบ Mean ± SD

**ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < .05$)*

การเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออก ความแข็งแรงกล้ามเนื้อขาและระดับความเหนื่อยหลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และ 6 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการฝึกทั้งกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและวิ่งบนพื้นราบ และกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าพบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออก และความแข็งแรงกล้ามเนื้อขาหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับหลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มวิ่งบนพื้นราบ

การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มวิ่งบนพื้นราบพบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกสัปดาห์ที่ 6 เพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าที่ระดับ $p = .001$ และการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าพบระดับความเหนื่อยสัปดาห์ที่ 6 ลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มวิ่งบนพื้นราบที่ระดับ $p = .04$ (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา กล้ามเนื้อหายใจเข้าและออก และระดับความเหนื่อยของกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและวิ่งบนพื้นราบ ก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และ 6

ตัวแปร		วิ่งบนลู่ไฟฟ้า (n = 25)	วิ่งบนพื้นราบ (n = 25)	p-value
ความเข็งแรงกล้ามเนื้อ Hamstring (นิวตัน)	ก่อนฝึก	90.00 (74.50, 110.85)	89.10 (81.85, 99.75)	.82
	3 สัปดาห์	139.00 (109.00, 155.55)$^{++}$	130.10 (114.60, 140.55)$^{++}$	.65
	6 สัปดาห์	155.80 (141.70, 177.25)$^{++,**}$	159.60 (149.65, 175.90)$^{++,**}$	.57
PImax (cmH_2O)	ก่อนฝึก	58.00 (43.00, 77.50)	70.00 (55.50, 83.50)	.45
	3 สัปดาห์	68.00 (57.50, 95.00)$^{++}$	86.00 (65.00, 110.00)$^{++}$	.11
	6 สัปดาห์	95.00 (72.50, 129.00)$^{++,**}$	105.00 (90.00, 120.00)$^{++,**}$	.58
PEmax (cmH_2O)	ก่อนฝึก	47.00 (28.50, 62.50)	47.00 (36.50, 61.00)	.95
	3 สัปดาห์	58.00 (43.00, 70.00)$^{++}$	65.00 (50.00, 70.00)$^{++}$	.52
	6 สัปดาห์	68.00 (54.50, 89.00)$^{++,**}$	86.00 (80.00, 96.50)$^{++,**}$	.001†
ระดับความเหนื่อย	ก่อนฝึก	7.72 ± 1.24	7.36 ± 1.15	.29
	3 สัปดาห์	6.04 ± 1.10^{+}	5.76 ± 1.01^{++}	.35
	6 สัปดาห์	3.08 ± .64^{++}	3.44 ± 0.58$^{++,**}$	.04†

ข้อมูลแสดงในรูปแบบ Median (Q1, Q3) และ Mean ± SD

*หมายเหตุ : PEmax : maximal expiratory pressure, PImax : maximal inspiratory pressure, cmH_2O : centimeters of water + : p < .05 เทียบกับก่อนฝึก, ++ : p < .01 เทียบกับก่อนฝึก, ** : p < .01 เทียบกับหลังฝึก 3 สัปดาห์, †: p < .05 เทียบกับกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้า*

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและพื้นราบต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและขา และระดับความเหนื่อยในบุคคลที่มีระดับกิจกรรมทางกายต่ำ พบว่ากลุ่มวิ่งบนพื้นราบพบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกสัปดาห์ที่ 6 เพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าที่ และกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าพบระดับความเหนื่อยสัปดาห์ที่ 6 ลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มวิ่งบนพื้นราบ

การวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและวิ่งบนพื้นราบทำให้เกิดรูปแบบการหายใจที่ถี่และลึกมากขึ้น กระตุ้นสมองผ่าน Chemoreceptors สั่งการผ่าน Proprioceptive ของกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ (Vaz Fragoso et al., 2016) เพื่อกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อกระบังลม (Diaphragm) และกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครง (External intercostal) หดตัวซ้ำและแรงโดยใช้เส้นใยกล้ามเนื้อ

แบบ Fast twitch ส่งผลให้ Actin และ Myosin หนาขึ้น ซึ่งแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจที่มากขึ้นและเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกจึงเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาตรอากาศไหลเข้าปอดและนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายได้มากขึ้นและเพียงพอ (Squire, 2019) ยิ่งไปกว่านั้นการวิ่งบนพื้นราบมีปัจจัยแรงลมที่ต้านการวิ่งและการหายใจออก โดยแรงลมที่ปะทะร่างกายจะต้านต่อการวิ่งไปข้างหน้า ทำให้ลำตัวโน้มไปทางด้านหน้ามากกว่าปกติและจุดศูนย์ถ่วงร่างกายต่ำลง กระบังลมถูกกดเบียดมีลักษณะเป็น Dome shape สูงขึ้นกว่า Resting position ทำให้กล้ามเนื้อหายใจทำงานมากขึ้นและหายใจออกแรงโดยใช้กล้ามเนื้อหน้าท้อง เช่น rectus abdominis, external and internal obliques และ transverse abdominis เพื่อส่งเสริมการหายใจออกในขณะที่วิ่งออกกำลังกาย (Haddad & Sharma, 2025; Nonaka, Uzu, & Oi, 2024) รวมทั้งมีแรงต้านจากแรงลมปะทะทรวงอกและจมูกต้านต่อการหายใจออก แต่การวิ่งบนลู่ไฟฟ้ามีแรงลมที่ต้านน้อย ลักษณะการวิ่งแบบลำตัวตรง ส่งผลให้กล้ามเนื้อกระบังลมอยู่ใน Resting position กล้ามเนื้อหายใจทำงานง่ายกว่าวิ่งบนพื้นราบ จึงทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกในการวิ่งบนพื้นราบสูงกว่าวิ่งบนลู่ไฟฟ้า (Davies, 1980; Mesquita et al., 2024) สอดคล้องกับการศึกษาของ Robinson E และคณะในปี 1982 ศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของผู้ใหญ่ที่วิ่งบนพื้นราบ วิ่ง 40 นาที/วัน เป็นเวลา 3 ครั้ง/สัปดาห์ 10 สัปดาห์ พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกเพิ่มขึ้น การวิ่งบนพื้นราบทำให้เกิดการกระตุ้นการใช้กล้ามเนื้อหายใจออกเฉพาะเจาะจงมากขึ้นและเพิ่มการทำงานของปอด (Robinson & Kjeldgaard, 1982)

การวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและพื้นราบมีลักษณะการลงน้ำหนักเท้าจึงมีความแตกต่างกัน การวิ่งบนลู่ไฟฟ้าลงน้ำหนักส่วนใหญ่บริเวณ Forefoot โดยใช้กล้ามเนื้อ Tibialis anterior, Soleus, Quadcriceps และ Hamstring แต่การวิ่งบนพื้นราบลงน้ำหนักบริเวณ Midfoot โดยใช้กล้ามเนื้อ Gastrocnemius, Quadriceps และ Hamstring (Breine et al., 2019; Hollis, Koldenhoven, Resch, & Hertel, 2021) ซึ่งทำให้เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hamstring หลังวิ่งบนลู่ไฟฟ้าและวิ่งบนพื้นราบไม่แตกต่างกัน

การวิ่งทำให้รูปแบบการหายใจเปลี่ยนแปลงเป็นการหายใจเข้าลึกและถี่ และกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกมีความแข็งแรงมากขึ้น ช่วยส่งเสริมให้มีการขยายตัวของทรวงอกมากขึ้น ทำให้หายใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดงานในการหายใจ ระดับความเหนื่อยจึงลดลง (Hanada et al., 2020; Sheel, 2002) ยิ่งไปกว่านั้นการวิ่งบนลู่ไฟฟ้าเป็นลักษณะการวิ่งที่มีเครื่องช่วยนำเท้า ลดแรงในการก้าว ช่วยให้จังหวะการก้าวสม่ำเสมอและลำตัวเคลื่อนในแนวดิ่ง ทำให้ผู้วิ่งใช้รู้สึกสบายและวิ่งได้ง่าย ในทางกลับกันการวิ่งบนพื้นราบเป็นการวิ่งต้านลมและผู้วิ่งต้องออกแรงก้าวเท้าและเคลื่อนลำตัวไปทางด้านหน้าด้วยตัวเอง (Davies, 1980) จึงทำให้ใช้ความพยายามในการวิ่งและเหนื่อยมากกว่า

สรุป

กลุ่มการวิ่งบนพื้นราบและวิ่งบนลู่ไฟฟ้าสามารถเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจและขา และลดระดับความเหนื่อยหลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป และหลังวิ่งสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มวิ่งบนพื้นราบสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกได้มากกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้า และกลุ่มวิ่งบนลู่ไฟฟ้าลดระดับความเหนื่อยได้มากกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มวิ่งบนพื้นราบ

ข้อจำกัดงานวิจัย

การวิ่งบนพื้นราบเป็นการออกกำลังกายกลางแจ้ง แต่การวิ่งบนลู่ไฟฟ้าเป้นการออกกำลังกายในร่ม จะมีปัจจัยสิ่งแวดล้อม ลม อากาศ อุณหภูมิและอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง และขาดการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางระบบหายใจ เช่น ลักษณะการหายใจ อัตราการหายใจ การขยายตัวของทรวงอก ความจุปอด เป็นต้น

ข้อเสนอแนะการวิจัย

ในการศึกษาครั้งหน้าควรออกแบบการวิ่งบนพื้นราบและบนลู่ไฟฟ้าในที่ร่มหรือกลางแจ้งให้เหมือนกัน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางระบบหายใจเพิ่มเติม เช่น ความจุปอด การขยายตัวของทรวงอก การบันทึกความเร็วในการวิ่งที่ทำให้หัวใจเต้นถึงระดับความหนักที่กำหนด เพื่อเป็นประโยชน์ในทางคลินิกสำหรับการเลือกการออกกำลังกายสำหรับบุคคลที่ความเร็วมีผลต่อความสามารถในการออกกำลังกาย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยคริสเตียน

เอกสารอ้างอิง

American College of Sports Medicine. (2018). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (10th ed). Netherlands: Wolters Kluwer.

American Thoracic Society. (2002). ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *American journal of respiratory and critical care medicine, 166*(4), 518-624. doi: 10.1164/rccm.166.4.518

Azad, A., Gharakhanlou, R., Niknam, A., & Ghanbari, A. (2011). Effects of aerobic exercise on lung function in overweight and obese students. *Tanaffos, 10*(3), 24-31.

Bassett Jr, D. R., Giese, M. D., Nagle, F. J., Ward, A., Raab, D. M., & Balke, B. R. U. N. O. (1985). Aerobic requirements of overground versus treadmill running. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 17*(4), 477-481. doi: 10.1249/00005768-198508000-00013

Boyanmıs, A. H., Kesilmis, İ., Akın, M., Yilmaz, B., Uslular, A., Karac Ocal, Y., & Andre, H. (2024). A Comparison of Different Strength Measurement in Taekwondo: Herman Trainer, Manual Tester, and Standing Long Jump. *Medicina, 60*(4), 550. doi: 10.3390/medicina60040550

Breine, B., Malcolm, P., Galle, S., Fiers, P., Frederick, E. C., & De Clercq, D. (2019). Running speed-induced changes in foot contact pattern influence impact loading rate. *European journal of sport science, 19*(6), 774-783. doi: 10.1080/17461391.2018.1541256

Carey, R. M., Whelton, P. K., & 2017 ACC/AHA Hypertension Guideline Writing Committee*. (2018). Prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: synopsis of the 2017 American College of Cardiology/American Heart Association Hypertension Guideline. *Annals of internal medicine, 168*(5), 351-358. doi: 10.7326/M17-3203

Davies, C. T. (1980). Effects of wind assistance and resistance on the forward motion of a runner. *Journal of Applied Physiology, 48*(4), 702-709. doi: 10.1152/jappl.1980.48.4.702

Frishberg, B. A. (1983). An analysis of overground and treadmill sprinting. *Medicine and science in sports and exercise, 15*(6), 478-485.

Haddad, M., & Sharma, S. (2025). *Physiology, Lung*. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545177/

Hanada, M., Kasawara, K. T., Mathur, S., Rozenberg, D., Kozu, R., Hassan, S. A., & Reid, W. D. (2020). Aerobic and breathing exercises improve dyspnea, exercise capacity and quality of life in idiopathic pulmonary fibrosis patients: systematic review and meta-analysis. *Journal of Thoracic Disease, 12*(3), 1041-1055. doi: 10.21037/jtd.2019.12.27

Hellsten, Y., & Nyberg, M. (2015). Cardiovascular Adaptations to Exercise Training. *Comprehensive Physiology, 6*(1), 1-32. doi: 10.1002/cphy.c140080

Hollis, C. R., Koldenhoven, R. M., Resch, J. E., & Hertel, J. (2021). Running biomechanics as measured by wearable sensors: effects of speed and surface. *Sports biomechanics, 20*(5), 521-531. doi: 10.1080/14763141.2019.1579366

Katzmarzyk, P. T., Powell, K. E., Jakicic, J. M., Troiano, R. P., Piercy, K., Tennant, B., & 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee. (2019). Sedentary behavior and health: update from the 2018 physical activity guidelines advisory committee. *Medicine and science in sports and exercise, 51*(6), 1227-1241. doi: 10.1249/MSS.0000000000001935

Kim, N. H., Choi, Y. H., Choi, Y. R., Ryu, J. N., Oh, S. J., & Cha, Y. J. (2022). Comparison of training effects between underwater treadmill gait training and overground gait training on the walking ability and respiratory function in patients with chronic severe hemiplegic stroke: A randomized, controlled, preliminary trial. *Topics in Stroke Rehabilitation, 29*(2), 83-91. doi: 10.1080/10749357.2021.1886638

Lee, D. C., Lavie, C. J., & Vedanthan, R. (2015). Optimal dose of running for longevity: is more better or worse?. *Journal of the American College of Cardiology, 65*(5), 420-422. doi: 10.1016/j.jacc.2014.11.022

Liu, J. F., Kuo, N. Y., Fang, T. P., Chen, J. O., Lu, H. I., & Lin, H. L. (2021). A six-week inspiratory muscle training and aerobic exercise improves respiratory muscle strength and exercise capacity in lung cancer patients after video-assisted thoracoscopic surgery: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation, 35*(6), 840-850. doi: 10.1177/0269215520980138

Marsh, A. P., Katula, J. A., Pacchia, C. F., Johnson, L. C., Koury, K. L., & Rejeski, W. J. (2006). Effect of treadmill and overground walking on function and attitudes in older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 38*(6), 1157-1164. doi: 10.1249/01.mss.0000222844.81638.35

Mesquita, R. M., Willems, P. A., Catavitello, G., Gibertini, G., Natalucci, V., Luciano, F., ... & Dewolf, A. H. (2024). Biomechanics of human locomotion in the wind. *Journal of Applied Physiology, 137*(3), 616-628. doi: 10.1152/japplphysiol.00253.2024

Mindlin, M. (1957). Physiology of respiration. *El Dia Medico*, *29*(72), 2582.

Nonaka, K., Uzu, H., & Oi, K. (2024). Effect of trunk posture on external and internal oblique muscles' activities during forced expiration. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 40*, 61-65. doi: 10.1016/j.jbmt.2024.03.061

Park, J. H., Moon, J. H., Kim, H. J., Kong, M. H., & Oh, Y. H. (2020). Sedentary lifestyle: overview of updated evidence of potential health risks. *Korean journal of family medicine, 41*(6), 365-373. doi: 10.4082/kjfm.20.0165

Pinto, A. J., Bergouignan, A., Dempsey, P. C., Roschel, H., Owen, N., Gualano, B., & Dunstan, D. W. (2023). Physiology of sedentary behavior. *Physiological reviews, 103*(4), 2561-2622.

Robinson, E. P., & Kjeldgaard, J. M. (1982). Improvement in ventilatory muscle function with running. *Journal of Applied Physiology, 52*(6), 1400-1406. doi: 10.1152/jappl.1982.52.6.1400

Darwin Gatica, K., & Manterola, C. (2016). Effect of abdominal muscle training on respiratory muscle strength and forced expiratory flows in sedentary, healthy adolescents. *Archivos argentinos de pediatria, 114*(5), 434-440. doi: 10.5546/aap.2016.eng.434

PH, R. (1954). Short introduction into the physiology and pathophysiology of respiration with special reference to artificial respiration. *Helvetica Paediatrica Acta, 9*(5), 375-380.

Sheel, A. W. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports Medicine, 32*, 567-581. doi: 10.2165/00007256-200232090-00003

Squire, J. (2019). Special Issue: The actin-myosin interaction in muscle: Background and overview. *International journal of molecular sciences, 20*(22), 5715. doi: 10.3390/ijms20225715

Tanveer, F., Arslan, S. A., Darain, H., & Ahmad, A. (2021). Reliability of hand-held dynamometer for assessing isometric lumbar muscles strength in asymptomatic healthy population. *Pakistan journal of medical sciences, 37*(2), 461-465. doi: 10.12669/pjms.37.2.3621

Tiaprapong, K., & Tiaprapong, K. (2021). A comparison of treadmill and overground running on physical performance in sedentary individuals. *Archives of Allied Health Sciences, 33*(1), 44-54.

Visuthipanich, V., Sirapo-ngam, Y., Malathum, P., Kijboonchoo, K., Vorapongsathorn, T., & Winters-Stone, K. M. (2009). Physical activity questionnaire development and testing among elderly community-dwelling Thais. *Pacific Rim International Journal of Nursing Research, 13*(4), 249-267.

Vaz Fragoso, C. A., Beavers, D. P., Anton, S. D., Liu, C. K., McDermott, M. M., Newman, A. B., ... & Lifestyle Interventions and Independence in Elders Investigators. (2016). Effect of structured physical activity on respiratory outcomes in sedentary elderly adults with mobility limitations. *Journal of the American Geriatrics Society, 64*(3), 501-509. doi: 10.1111/jgs.14013

Wank, V., Frick, U., & Schmidtbleicher, D. (1998). Kinematics and electromyography of lower limb muscles in overground and treadmill running. *International journal of sports medicine, 19*(7), 455-461. doi: 10.1055/s-2007-971944

Watt, J. R., Franz, J. R., Jackson, K., Dicharry, J., Riley, P. O., & Kerrigan, D. C. (2010). A three-dimensional kinematic and kinetic comparison of overground and treadmill walking in healthy elderly subjects. *Clinical biomechanics, 25*(5), 444-449. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2009.09.002