



ผลทันทีและผลระยะสั้นของการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจต่อการ
ขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง



อริณชย์ แสงประทีปทอง

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชากายภาพบำบัด
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลทันทีและผลระยะสั้นของการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจต่อการ
ขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชากายภาพบำบัด
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลทันทีและผลระยะสั้นของการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจต่อการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง”

ของ อริญชัย แสงประทีปทอง

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลพัทธ์ ยงฤทธิปกรณ์)

.....ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวนีย์ เหลืองอร่าม)

.....กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวยริน ชนาวิรัตน์)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก / ภายใน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา เลิศสินไทย)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

| | |
|-------------------------|---|
| ชื่อเรื่อง | ผลทันทีและผลระยะสั้นของการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อ หายใจต่อการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง |
| ผู้วิจัย | อริญชัย แสงประทีปทอง |
| ประธานที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวนีย์ เหลืองอร่าม |
| กรรมการที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวยริน ชนาวิรัตน์ |
| ประเภทสารนิพนธ์ | วิทยานิพนธ์ วท.ม. กายภาพบำบัด, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2567 |
| คำสำคัญ | แผ่นร้อน, ยืดกล้ามเนื้อหายใจ, การขยายตัวของทรวงอก, ความ แข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ, โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง |

บทคัดย่อ

โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นโรคที่มีการผิดปกติของระบบหายใจอย่างเรื้อรัง จากภาวะ
หลอดลมอักเสบและถุงลมโป่งพอง ทำให้กล้ามเนื้อหายใจและกล้ามเนื้อรอบทรวงอกสูญเสียความ
ยืดหยุ่น เกิดการหดสั้นและอ่อนแรง ส่งผลให้การหายใจบกพร่อง การยืดกล้ามเนื้อรอบทรวงอกถูก
นำมาใช้กับผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมาก่อน วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลทันทีและผล
ระยะสั้นของการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจต่อการขยายตัวของทรวงอกและความ
แข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ในอาสาสมัครเพศชายจำนวน 14 คน เป็น
ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังระดับปานกลาง ในโรงพยาบาลวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ที่มีอาการคงที่
อายุ 40-70 ปี ทำการทดลองโดยประคบแผ่นร้อนบริเวณหลังส่วนบนและหน้าอกเป็นเวลา 20 นาที
แล้วยืดกล้ามเนื้อหายใจด้วยเทคนิค passive stretching (10 ครั้งต่อรอบ ทำทั้งหมด 2 รอบ) และ
hold-relax (3 ครั้งต่อรอบ ทำทั้งหมด 3 รอบ) ประเมินผลการขยายตัวของทรวงอกด้วยสายวัด ใน
ทรวงอกส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง รวมทั้งประเมินผลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจด้วย
เครื่องวัดแรงดันหายใจ ในค่าแรงดันหายใจเข้าสูงสุด (maximum inspiratory pressure; MIP) และ
ค่าแรงดันหายใจออกสูงสุด (maximum expiratory pressure; MEP) โดยวัดก่อนการทดลองและ
หลังการทดลองในนาทีที่ 0,30 และ 60 จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยเปรียบเทียบผลก่อน
การทดลอง และหลังการทดลองในนาทีที่ 0,30 และ 60 ด้วยสถิติแบบ One-way repeated ANOVA
ด้วย Bonferroni corrected t-test ผลการศึกษาพบว่า การขยายตัวของทรวงอกทั้งส่วนบน
ส่วนกลาง และส่วนล่าง รวมทั้งค่าแรงดันหายใจเข้าสูงสุด และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุดหลังการ
ทดลองมีค่ามากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่ามากที่สุดในช่วงนาที
ที่ 30 ยกเว้นค่าการขยายตัวของทรวงอกส่วนกลางที่มีค่าเพิ่มขึ้นต่อเนื่องไปจนถึงนาทีที่ 60 แสดงให้

เห็นว่า การประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจทำให้การขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเพิ่มขึ้นทันทีและมีผลคงค้างอยู่มากกว่า 30 นาที และอาจแนะนำให้นักกายภาพบำบัดนำไปใช้ร่วมกับการรักษาอื่น ๆ ที่ใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพปอดของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง



Title IMMEDIATE AND SHORT-TERM EFFECTS OF RESPIRATORY MUSCLE STRTCHING COMBINE WITH HOT PACK ON CHEST EXPANSION AND RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH IN PATIENT WITH COPD

Author Arin Saengprateeptong

Advisor Associate Professor Saowanee Luangaram

Co - Advisor Assistant Professor Raoyrin Chanavirut

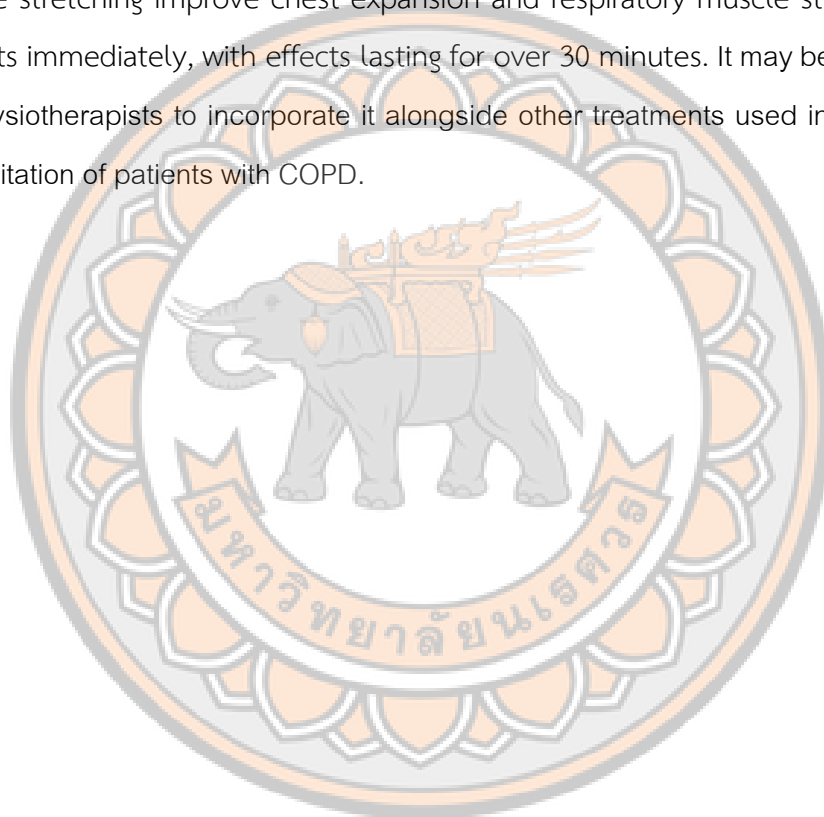
Academic Paper M.S Thesis in Physical Therapy – (Type A 1), Naresuan University, 2024

Keywords Hot pack, Respiratory muscle stretching, Chest expansion, Respiratory muscle strength, COPD

ABSTRACT

Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is a long-term respiratory condition characterized by chronic bronchitis and emphysema. COPD causes the respiratory muscles and muscles around the chest to lose their elasticity, become shortened, and weakened, leading to respiratory dysfunction. Stretching the muscle contraction, thereby improving breathing mechanisms. Superficial heat therapy, such as hot pack, may enhance the benefits of muscle stretching; however, its effects in COPD patients have not been studied yet. Therefore, the study aims to investigate the immediate and short-term effects of hot pack combined with respiratory muscle stretching on chest expansion and respiratory muscle strength in COPD patients. Fourteen male participants at Watbot hospital in Phitsanulok with moderate, stable COPD participated in the study. They apply hot pack to the upper back and chest for 20 minutes, followed by respiratory muscle stretching using passive stretching (10 repetitions per round, 2 rounds) and hold-relax technique (3 repetitions per round, 3 rounds). Chest expansion was measured with a tape measure in the upper, middle and lower levels. Respiratory muscle strength was measured with a respiratory pressure meter, measuring maximum inspiratory pressure (MIP) and maximum expiratory pressure (MEP). Measurements are taken before the experiment and at 0, 30, and 60

minutes after the experiment. The results are then statistically analyzed by comparing before the experiment and at 0, 30, and 60 minutes after the intervention. Using one-way repeated ANOVA with Bonferroni corrected t-test. The results showed that chest expansion in the upper, middle and lower chest, as well as the maximal inspiratory pressure and maximal expiratory pressure, significantly increase after the intervention compared to before the intervention ($p < 0.05$), with the greatest increase occurring at 30 minutes. These findings suggested that the combination of hot pack and respiratory muscle stretching improve chest expansion and respiratory muscle strength in COPD patients immediately, with effects lasting for over 30 minutes. It may be recommended for physiotherapists to incorporate it alongside other treatments used in the pulmonary rehabilitation of patients with COPD.



ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.เสาวนีย์ เหลืองอร่าม ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่ท่านได้สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา แนะนำและให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พลลพ ภูษิต ยงฤทธิปกรณ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคณะกรรมการวิทยานิพนธ์ อันประกอบไปด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รวยริน ชนาวิรัตน์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และรองศาสตราจารย์ ดร. ปริญา เลิศสินไทย ผู้ทรงคุณวุฒิภายในมหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตั้งแต่เริ่มต้นการทำวิจัย ตลอดจนให้ความเอาใจใส่ในการช่วยแก้ไขข้อบกพร่อง และชี้แนะแนวทางการพัฒนาในส่วนของข้อมูล เพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้เกิดความครบถ้วน จึงทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ขอขอบคุณคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการทดลองและเก็บข้อมูลวิจัยทั้งหมด อนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินการวิจัย และสนับสนุนทุนวิจัย เพื่อให้งานวิจัยดำเนินไปได้อย่างราบรื่น ขอขอบคุณโรงพยาบาลวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ดำเนินการคัดกรองอาสาสมัคร และอนุเคราะห์ให้เก็บข้อมูลในอาสาสมัครซึ่งเป็นผู้ป่วยที่มารับบริการในโรงพยาบาลวัดโบสถ์ รวมทั้งขอขอบพระคุณนายแพทย์เอกวิญญู จินดารักษ์ นายแพทย์ประจำคลินิกโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรงพยาบาลวัดโบสถ์ ที่อนุเคราะห์ให้การตรวจประเมินอาการของผู้ป่วยที่เป็นอาสาสมัครในงานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์บัณฑิตศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆตลอดการศึกษาในหลักสูตรบัณฑิตศึกษา รวมถึงตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณอาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัยทุกท่านที่สละเวลามาเข้าร่วมงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะประโยชน์ต่อการรักษาผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และอาจนำไปใช้ร่วมกับการรักษาทางกายภาพบำบัดอื่น ๆ ในการฟื้นฟูสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังต่อไปในอนาคตได้

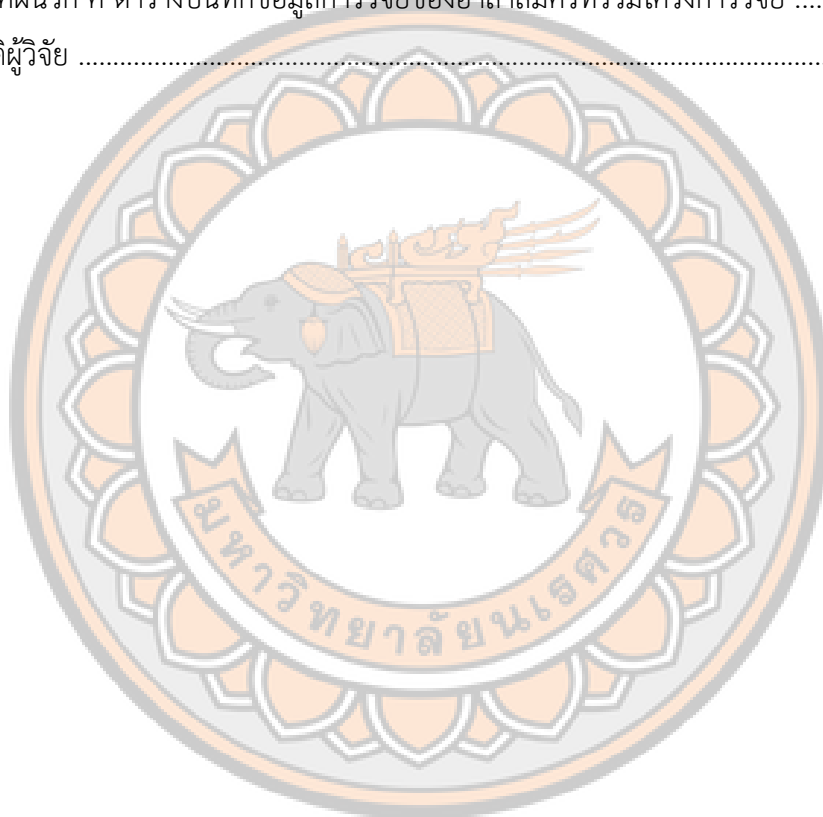
อริญชัย แสงประทีปทอง

สารบัญ

หน้า

| | |
|--|----|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ค |
| ประกาศศุภฤกษ์ | จ |
| สารบัญ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญภาพ | ฌ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| ความเป็นมาของปัญหา | 1 |
| จุดมุ่งหมายของการศึกษา | 2 |
| ขอบเขตของงานวิจัย | 2 |
| สมมติฐานของการวิจัย | 3 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 1. ทรวงอกและการหายใจ | 4 |
| 2. โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง | 7 |
| 3. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการยืดกล้ามเนื้อในโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง | 15 |
| 4. แผ่นร้อน | 19 |
| 5. การตรวจการขยายตัวของทรวงอก | 25 |
| 6. การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ | 27 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย | 32 |
| ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง | 32 |
| เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 34 |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล | 36 |
| การวิเคราะห์ข้อมูล | 40 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย | 42 |
| การเปลี่ยนแปลงของการขยายตัวของทรวงอก | 44 |
| การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ | 44 |

| | |
|--|----|
| บทที่ 5 บทสรุป | 47 |
| สรุปผลการวิจัย | 47 |
| อภิปรายผล | 47 |
| บรรณานุกรม | 53 |
| ภาคผนวก | 61 |
| ภาคผนวก ก เอกสารรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ | 62 |
| ภาคผนวก ข แบบสอบถามประวัติและคัดกรองอาสาสมัครที่ร่วมโครงการวิจัย | 63 |
| ภาคผนวก ค ตารางบันทึกข้อมูลการวิจัยของอาสาสมัครที่ร่วมโครงการวิจัย | 65 |
| ประวัติผู้วิจัย | 69 |



สารบัญตาราง

| | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 1 ระดับความรุนแรงของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ตามค่า FEV1 หลังให้ยาขยายหลอดลม..... | 11 |
| ตารางที่ 2 วิธีการยี้ดกล้ามเนื้อ..... | 17 |
| ตารางที่ 3 ค่าปกติของการขยายตัวของทรวงอกของคนไทยที่วัดด้วยสายวัด(เซนติเมตร)... | 26 |
| ตารางที่ 4 ค่าปกติของ MIP แบ่งตามอายุและเพศ (เซนติเมตรน้ำ)..... | 30 |
| ตารางที่ 5 ค่า MIP ที่บ่งบอกการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (เซนติเมตรน้ำ)..... | 31 |
| ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)..... | 43 |
| ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)..... | 46 |



สารบัญภาพ

หน้า

| | |
|---------------------------------------|----|
| ภาพที่ 1 แสดงการคัดกรองอาสาสมัคร..... | 35 |
| ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการทดลอง..... | 41 |



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นโรคที่มีอาการผิดปกติของระบบหายใจอย่างเรื้อรัง จากภาวะหลอดลมอักเสบและถุงลมโป่งพอง ซึ่งทำให้ผู้ป่วยมีอาการหอบเหนื่อย ไอ และมีเสมหะมาก อีกทั้งการเจ็บป่วยเรื้อรังยังเป็นสาเหตุให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตลดลง เกิดภาวะทุพพลภาพและเสียชีวิต (Disease, G. I. f. C. O. L., 2024) จากระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสาธารณสุขของประเทศไทย ปีงบประมาณ 2567 พบว่าในประชากรไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป มีผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมากถึง 190,412 คน ซึ่งถือเป็นภาระทางสาธารณสุขที่ต้องดูแลรักษาและฟื้นฟูต่อไปในระยะยาว (ระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพกระทรวงสาธารณสุข., 2567)

ภาวะลมคั่งในปอด (hyperinflation) ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทำให้ทรวงอกมีลักษณะเป็นรูปลังเบียร์ (barrel-shape chest) ส่งผลให้การเคลื่อนไหวของทรวงอกและกระดูกสันหลังส่วนอก (chest wall and thoracic mobility) ลดลง (McKenzie et al., 2009; O'Donnell et al., 2015) กล้ามเนื้อหายใจเกิดการหดสั้นและอ่อนแรง (respiratory muscle shortening and weakness) (Gea et al., 2013; Orozco-Levi, 2003) นอกจากนี้ยังเกิดความผิดปกติของท่าทาง (postural deformity) เช่น กระดูกสันหลังค่อม กระดูกสะบักยกขึ้น กางออกและงุ้มมาข้างหน้า กระดูกต้นแขนหมุนเข้าด้านใน ซึ่งทำให้กล้ามเนื้อบริเวณหน้าอก บ่า คอ และลำตัว เกิดการหดรั้งไปด้วย ทั้งการหดรั้งของกล้ามเนื้อและการยึดติดของทรวงอก เป็นการเพิ่มแรงต้านต่อการหายใจ (respiratory workload) ส่งผลให้การหายใจไม่มีประสิทธิภาพและปริมาตรปอดลดลง ผู้ป่วยจึงมีอาการล่า เหนื่อยง่าย และหายใจลำบาก (McKenzie et al., 2009; Sarkar et al., 2019)

ที่ผ่านมาได้มีการแนะนำให้ใช้เทคนิค manual therapy ที่จำเพาะกับกล้ามเนื้อและข้อต่อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เช่น chest mobilization, spinal mobilization, manipulation, massage และ stretching เพื่อลดการยึดรั้งของกล้ามเนื้อและการติดของข้อ ทำให้กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่น หดตัวได้ดีขึ้น ทรวงอกเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้น และลดงานของการหายใจ (Roh et al., 2021) การยืดกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle stretching) เป็นหนึ่งในวิธีการที่นิยมใช้และพบว่าช่วยให้การทำงานของปอดดีขึ้น โดยส่วนมากจะใช้เทคนิค passive stretching และ hold-relax กับกล้ามเนื้อ pectoralis major, pectoralis minor, upper trapezius, scalenus, sternocleidomastoid, intercostals, anterior serratus และ abdominal

(Liu et al., 2021; Wada et al., 2016) จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า การยืดกล้ามเนื้อหายใจด้วยเทคนิค passive stretching สามารถทำให้ค่าจลศาสตร์การเคลื่อนไหวของผนังทรวงอก (chest wall kinematics) และรูปแบบการหายใจ (ventilatory patterns) ดีขึ้นและลด electrical activity จากกล้ามเนื้อ sternocleidomastoid และ upper trapezius ได้ทันทีหลังการยืด นอกจากนี้ยังลดอัตราการหายใจและเพิ่มระยะเวลาการหายใจออก ซึ่งกลไกน่าจะมาจากกล้ามเนื้อที่หดสั้นเกิดการคลายตัวจนมีความยาวที่เหมาะสม (optimal length) จึงสามารถหดตัวได้ดีและทำให้ทรวงอกขยายตัวได้มากขึ้น ช่วยให้ผู้ป่วยมีกลไกการหายใจกลับมาดีขึ้นได้ และยังคงการทำงานของกล้ามเนื้อช่วยหายใจ ที่ทำงานหนักตลอดเวลาในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (de Sa et al., 2017)

การใช้ความร้อนเพื่อการรักษาเป็นวิธีการที่สามารถช่วยให้การยืดกล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Hou et al., 2002; Nakano et al., 2012) ที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ความร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเพียงการศึกษาเดียว ซึ่งใช้แผ่นร้อนไฟฟ้าวางที่บริเวณไหล่ทั้ง 2 ข้างเป็นเวลา 10 นาที แล้วยืดกล้ามเนื้อหายใจด้วยเทคนิค passive stretching แล้วพบว่าการขยายตัวของทรวงอกและการทดสอบสมรรถภาพทางกายด้วยการเดิน 6 นาทีดีขึ้น (Rehman et al., 2020) ดังนั้นในครั้งนี้นี้จึงต้องการศึกษาว่าการให้ความร้อนด้วยการประคบแผ่นร้อนก่อนการยืดกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังระดับปานกลางถึงรุนแรงจะสามารถลดการหดสั้น คืบความยาวและความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อได้หรือไม่

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลทันทีและผลระยะสั้นของการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจต่อการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

ขอบเขตของงานวิจัย

เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (cross sectional study) และเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental design) ศึกษาผลทันที (immediate effect) และผลระยะสั้น (short-term effect) ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังระดับปานกลางถึงรุนแรงมาก เพศชาย อายุ 40-70 ปี ที่มีอาการคงที่ และเป็นผู้ป่วยของโรงพยาบาลวัดโบสถ์ อำเภовัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก โดยมีตัวแปรหลักคือการขยายตัวของทรวงอก (ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง) ซึ่งวัดด้วยสายวัด และตัวแปรรองคือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ซึ่งวัดจากค่าแรงดันหายใจเข้าสูงสุด (maximum inspiratory pressure; MIP) และค่าแรงดันหายใจออกสูงสุด (maximum expiratory pressure; MEP) ด้วยเครื่องวัดแรงดันหายใจ (respiratory pressure meter; RPM) ศึกษาผลของการประคบร้อนนาน 20 นาที ก่อนการยืดกล้ามเนื้อ โดยใช้แผ่นร้อนขนาดใหญ่ วางบริเวณทรวงอกด้านหลังและใช้แผ่นร้อน

ขนาดมาตรฐาน 2 แผ่น วางบริเวณทรวงอกด้านหน้า จากนั้นยืดกล้ามเนื้อ pectoralis minor, intercostals, anterior serratus และ abdominal ด้วยเทคนิค passive stretching และยืดกล้ามเนื้อ pectoralis major, upper trapezius, scalene และ sternocleidomastoid ด้วยเทคนิค hold-relax

สมมติฐานของการวิจัย

การประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจทำให้การขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเพิ่มขึ้นทันทีและมีผลคงค้างอยู่มากกว่า 30 นาที



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลทันทีและผลระยะสั้นของการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจต่อการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ทรวงอกและการหายใจ
2. โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง
3. งานวิจัยเกี่ยวกับการยืดกล้ามเนื้อในโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง
4. แผ่นร้อน
5. การตรวจการขยายตัวของทรวงอก
6. การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

1. ทรวงอกและการหายใจ (Watchie, 2010)

1.1 ทรวงอก (thorax) คือ บริเวณส่วนบนของร่างกาย ทำหน้าที่ป้องกันอวัยวะที่อยู่ภายใน ได้แก่ ปอดและหัวใจ โครงสร้างของทรวงอกประกอบด้วย กระดูกหน้าอก (sternum) กระดูกซี่โครง (ribs) 12 คู่ กระดูกสันหลังระดับอก (thoracic vertebrae) 12 อัน รวมถึงกระดูกสะบักและกระดูกไหปลาร้า การเคลื่อนไหวของทรวงอกมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

1.1.1 Pump-handle movement เป็นการเคลื่อนไหวของกระดูกซี่โครงส่วนบน ร่วมกับการยกขึ้นของกระดูกหน้าอก ทำให้มีการขยายตัวของทรวงอกในทิศหน้า-หลัง (anteroposterior diameter)

1.1.2 Bucket-handle movement ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวของกระดูกซี่โครงส่วนล่าง โดยมีลักษณะกางออกด้านข้างและยกขึ้นด้านหน้า ทำให้มีการขยายตัวของทรวงอกในแนวขวาง (transverse diameter)

1.2 กล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

1.2.1 กล้ามเนื้อหายใจเข้า ประกอบด้วย

1) กล้ามเนื้อกะบังลม (diaphragm muscle) เป็นกล้ามเนื้อหลักในการหายใจเข้า โดยจุดเกาะต้นของ sternal part อยู่ที่ posterior aspect ของ xiphoid process, costal part อยู่ที่ internal surface ของ costal cartilages กระดูกซี่โครงที่ 7-12 และ lumbar

part อยู่ที่ medial and lateral arcuate ligament และกระดูกสันหลัง L1-3 และมีจุดเกาะปลายที่ central tendon ของกระบังลม เมื่อกระบังลมหดตัวจะแบนราบลง ส่งผลให้ปริมาตรในทรวงอกเพิ่มมากขึ้นในแนวตั้ง ความดันภายในทรวงอกลดลง ทำให้อากาศภายนอกไหลเข้าสู่ปอด และเมื่อกกล้ามเนื้อกระบังลมคลายตัวจะเกิดการหดตัวกลับ (passive recoil) ของปอดและผนังทรวงอก จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้อากาศภายในปอดไหลออก

2) กล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงชั้นนอก (external intercostal muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีจุดเกาะต้นอยู่ที่ขอบล่างของกระดูกซี่โครงชั้นบนและจุดเกาะปลายอยู่ที่ขอบบนของกระดูกซี่โครงชั้นล่าง เมื่อมีการหดตัวจึงทำให้เกิดการยกตัวของกระดูกซี่โครงชั้นบนและกางออกด้านหน้า ทำให้เพิ่มปริมาตรทรวงอกในแนวหน้า-หลัง แล้วความดันภายในทรวงอกลดลง ทำให้อากาศภายนอกไหลเข้าสู่ปอด

3) กล้ามเนื้อช่วยหายใจเข้า (accessory respiratory muscle) มีหน้าที่ช่วยกล้ามเนื้อหลักในการเพิ่มประสิทธิภาพของการหายใจเข้า ในขณะที่เกิดการหายใจที่ผิดปกติหรือต้องการการหายใจที่มากขึ้น กล้ามเนื้อช่วยหายใจเข้าประกอบด้วย

- Sternocleidomastoid มีจุดเกาะต้นอยู่ที่ manubrium และ medial portion ของ clavicle และมีจุดเกาะปลายอยู่ที่ mastoid process ถ้ากล้ามเนื้อหดตัวด้านเดียวจะทำให้มีการหมุนของศีรษะไปทางด้านเดียวกับด้านของกล้ามเนื้อที่หดตัว หากหดตัวพร้อมกันทั้งสองด้าน จะทำให้เกิดการก้มคอไปทางด้านหน้า ซึ่งจะช่วยยกกระดูกอกขึ้น

- Scalene แบ่งเป็น

- Anterior scalene มีจุดเกาะต้นที่ anterior tubercles ของ transverse process ของ C3-6 และมีจุดเกาะปลายที่ tubercle ของกระดูกซี่โครงชั้นที่ 1 ทำหน้าที่ก้มและเอียงศีรษะไปทางด้านเดียวกัน รวมถึงการยกกระดูกซี่โครงชั้นที่ 1

- Middle scalene มีจุดเกาะต้นที่ posterior tubercles ของ transverse process ของ C2-7 และมีจุดเกาะปลายที่ upper face ของกระดูกซี่โครงชั้นที่ 1 ทำหน้าที่ก้มและเอียงศีรษะไปทางด้านเดียวกัน รวมถึงการยกกระดูกซี่โครงชั้นที่ 1

- Posterior scalene: มีจุดเกาะต้นที่ posterior tubercles ของ transverse process ของ C5-7 และมีจุดเกาะปลายที่ lateral surface ของกระดูกซี่โครงชั้นที่ 2 ทำหน้าที่เอียงศีรษะไปทางด้านเดียวกัน รวมถึงการยกกระดูกซี่โครงชั้นที่ 2

- Upper trapezius มีจุดเกาะต้นตั้งแต่ occipital bone, ligamentum nuchae ตลอดจน spinous processes ของกระดูกสันหลังส่วน C7-T12 และมีจุดเกาะปลายที่ lateral 1/3 ของกระดูก clavicle, acromion และ spine ของกระดูกสะบัก ทำให้เกิด scapular upward rotated ส่งผลให้ glenoid fossa หายขึ้นด้านบนและหมุนไปด้านหน้า

- Pectoralis major ส่วน clavicular head มีจุดเกาะต้นที่ medial half ของกระดูก clavicle และ sternal head มีจุดเกาะต้นที่ sternum และ costal cartilages ที่ 1-6 และมีจุดเกาะปลายบริเวณ intertubercular groove ของกระดูกต้นแขน มีหน้าที่ในการหุบแขน รวมทั้งการหมุนข้อไหล่เข้าด้านใน

- Pectoralis minor มีจุดเกาะต้นที่ anterior surface ของกระดูกซี่โครงซี่ที่ 3-5 และมีจุดเกาะปลายที่ coracoids process ของกระดูกสะบัก ทำหน้าที่ดึงกระดูกสะบักให้ติดกับทรวงอกเพื่อเพิ่มความมั่นคงของกระดูกสะบัก

- Anterior serratus มีจุดเกาะต้นที่ lateral parts ของกระดูกซี่โครงซี่ที่ 1-8 และมีจุดเกาะปลายที่ anterior surface ของกระดูกสะบัก ทำหน้าที่ดึงกระดูกสะบักไปด้านหน้า หมุนขึ้นด้านบน และดึงให้ติดกับทรวงอก ทำให้สามารถยกแขนขึ้นเหนือศีรษะได้

1.2.2 กล้ามเนื้อหายใจออก

การหายใจออกเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเอง (passive process) เมื่อกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจเข้าคลายตัว ปอดและทรวงอกจึงหดตัวกลับสภาพเดิมตามคุณสมบัติการยืดหยุ่น (elasticity) ของ elastic tissue ที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อปอดและทรวงอก ในกรณีที่มีการหายใจออกแบบใช้แรง (forced expiration) เช่น การไอ การเป่า หรือการถอนหายใจ จะมีกล้ามเนื้อช่วยในการหายใจออก ดังนี้

1) กล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงชั้นใน (internal intercostal muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีจุดเกาะต้นอยู่ที่ขอบบนของกระดูกซี่โครงซี่ที่ 1-11 และจุดเกาะปลายอยู่ที่ขอบล่างของกระดูกซี่โครงซี่ที่ 1-11 และเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวจะทำให้กระดูกซี่โครงเคลื่อนลง จึงทำให้ปริมาตรในทรวงอกลดลง แล้วความดันในทรวงอกเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้อากาศไหลออกจากปอด

2) กล้ามเนื้อหน้าท้อง (abdominal muscle) ได้แก่ rectus abdominis, external oblique, internal oblique และ transversus abdominis มีจุดเกาะต้นที่ inguinal ligament, iliac crest และ lumbodorsal fascia และจุดเกาะปลายที่กระดูกซี่โครงซี่ที่ 9-12, rectus sheath และ linea alba เมื่อหดตัวจะทำให้อวัยวะในช่องท้องถูกดันขึ้น ดันกะบังลมขึ้นไปในบริเวณช่องอก และดึงซี่โครงลงด้านล่าง ทำให้ปริมาตรของทรวงอกลดลง

1.3 กลไกการหายใจ

ระบบควบคุมการหายใจมีศูนย์ออกคำสั่งอยู่ที่ thalamus และ cerebral cortex และศูนย์ควบคุมการหายใจระดับก้านสมอง (pons และ medulla) โดย thalamus และ cerebral cortex ควบคุมการไอจาม การกรกลืน หรือการหายใจภายใต้จิตใจ โดยส่งคำสั่งผ่าน pyramidal tract ไปที่กล้ามเนื้อหายใจหรือไปที่ศูนย์ควบคุมการหายใจระดับก้านสมอง ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการ

ควบคุมการหายใจ โดยที่คำสั่งจาก pons และ medulla จะถูกส่งไปยังเซลล์ประสาทในไขสันหลัง และส่งผ่านเส้นประสาท phenic และ intercostal ไปยังกล้ามเนื้อหายใจ

ในขณะที่หายใจเข้า สมองจะส่งสัญญาณมาทางเส้นประสาท phenic เพื่อให้กะบังลมหดตัวแบนราบ และเส้นประสาท intercostal ทั้งซ้ายและขวาพร้อมกันเพื่อให้กล้ามเนื้อ external intercostal หดตัว ทำให้กระดูกซี่โครงยกตัวกางออก มีผลให้ปริมาตรในช่องอกเพิ่มขึ้นทั้งในแนวตั้ง แนวหน้า-หลัง และด้านข้าง ความดันอากาศภายในปอดจึงต่ำกว่าความดันอากาศภายนอก อากาศจึงไหลเข้าสู่ปอด เกิดการหายใจเข้า

การหายใจออกอาศัยการคลายตัวของกล้ามเนื้อหายใจ เมื่อกะบังลมคลายตัวจะยกสูงขึ้น และกล้ามเนื้อ external intercostal คลายตัวทำให้กระดูกซี่โครงหุบลง แล้วปริมาตรในช่องอกลดลง ร่วมกับความดันในถุงลมเพิ่มขึ้นจาก elastic recoil ของถุงลม ทำให้ความดันอากาศภายในปอดสูงกว่าข้างนอก อากาศจึงถูกดันให้ไหลออกจากปอด เกิดการหายใจออก

1.4 ความต้านทานต่อการหายใจ

ขณะหายใจเข้า แรงจากการหดตัวของกล้ามเนื้อที่จะทำให้ทรวงอกและปอดขยายตัวได้ต้องมากกว่าความต้านทานต่อการหายใจ (resistance to breathing) ซึ่งความต้านทานต่อการหายใจมีดังนี้

1.4.1 Elastic resistance คือความต้านทานที่เกิดจากการคืนตัว (recoil) ของทรวงอกและปอด เนื่องจากทรวงอกประกอบไปด้วย กล้ามเนื้อ เอ็น และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทำให้ทรวงอกมีความยืดหยุ่น นอกจากนี้เนื้อปอดยังประกอบไปด้วย elastic และ collagen fibers ซึ่งเป็นส่วนประกอบในผนังของถุงลม elastic recoil ของถุงลมจะทำให้ปอดมีความยืดหยุ่น ป้องกันไม่ให้ปอดขยายมากเกินไปและช่วยในการหดตัวกลับของปอด

1.4.2 Surface tension คือแรงตึงผิวที่เกิดจากของเหลวและสาร surfactant ที่เคลือบผิวถุงลม ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้เกิดแรงตึงรัดถุงลมให้มีปริมาตรเล็กลง

1.4.3 Airway resistance คือความต้านทานการไหลของอากาศในทางเดินหายใจ เกิดจากแรงเสียดสีระหว่างโมเลกุลของอากาศด้วยกันเองและอากาศกับผนังท่อลม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อลมและลักษณะการไหลของอากาศ

1.4.4 Tissue resistance คือความต้านทานที่เกิดจากการหดตัวของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหรือกล้ามเนื้อ

2. โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (chronic obstructive pulmonary disease; COPD) เป็นโรคที่มีการจำกัดการไหลของอากาศเข้า-ออกจากปอด (persistent airflow limitation) ที่สามารถป้องกัน

และรักษาอาการได้ แต่มีการดำเนินโรคไปอย่างช้า ๆ เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และไม่สามารถหายเป็นปกติ ซึ่งเป็นผลมาจากฝุ่นละออง คว้น หรือก๊าซพิษ เข้าไประคายเคืองทางเดินหายใจและปอด แล้วทำให้เกิดการอักเสบเรื้อรังทั้งในระบบหายใจและระบบอื่น ๆ ของร่างกาย ผู้ป่วยมักแสดงอาการผิดปกติของระบบหายใจอย่างเรื้อรัง (chronic respiratory symptoms) เช่น หอบเหนื่อย ไอ มีเสมหะ และมีอาการกำเริบบ่อย ๆ (Disease, G. I. f. C. O. L., 2024) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นความผิดปกติที่มักเกิดจาก 2 โรคร่วมกันและแยกออกจากกันได้ยาก คือ (สมาคมออร์เวซแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์., 2565)

1) โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง (chronic bronchitis) เป็นโรคที่เกิดการอักเสบเรื้อรังที่หลอดลมของผู้ป่วยจนเกิดการสร้างเสมหะจำนวนมากในหลอดลม ทำให้มีอาการไอเรื้อรังและเสมหะมาก โดยที่ใน 1 ปี มีอาการเป็น ๆ หาย ๆ อย่างน้อย 3 ครั้ง ติดต่อกันอย่างน้อย 2 ปี โดยไม่ได้มีสาเหตุร่วมอื่น ๆ

2) โรคถุงลมโป่งพอง (pulmonary emphysema) เป็นโรคที่มีการทำลายผนังถุงลม (alveoli) และหลอดลมขนาดเล็ก (bronchiole) ทำให้มีการขยายตัวโป่งพองอย่างถาวร

ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยภายในตัวผู้ป่วย ได้แก่ ความผิดปกติของการพัฒนาของปอดตั้งแต่ในวัยเด็กและปัจจัยทางพันธุกรรม เช่น การขาดเอนไซม์ alpha-1 antitrypsin เป็นต้น และปัจจัยด้านสภาวะแวดล้อม ได้แก่ คว้นจากการสูบบุหรี่ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง นอกจากนี้ยังมีมลภาวะในอากาศ โดยเฉพาะการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการประกอบอาหาร ก๊าซที่ได้จากยานยนต์และเครื่องจักร และฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM 2.5)

ในปัจจุบัน โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตที่สำคัญทั่วโลก และมีอุบัติการณ์ของการเกิดโรคเพิ่มมากขึ้นทุกปี ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสูบบุหรี่ แต่ในหลาย ๆ ประเทศพบว่ามลภาวะในอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ไม้และเชื้อเพลิงชีวมวล (biomass fuels) ที่เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหาร เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง จากสถิติที่ผ่านมาพบว่า โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นสาเหตุอันดับ 3 ของการเสียชีวิตของประชากรโลก และมีจำนวนผู้ป่วยทั่วโลกประมาณร้อยละ 10.3 พบมากในผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 40 ปีขึ้นไปและพบในผู้ชายมากกว่าผู้หญิง (Disease, G. I. f. C. O. L., 2024) จากระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสาธารณสุข (Health Data Center: HDC) ของประเทศไทย ปีงบประมาณ 2567 พบว่าในประเทศไทยจำนวน 45,186,560 คน มีผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมากถึง 190,412 คน และมีผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเสียชีวิตรวมทุกกลุ่มอายุ จำนวน 4,230 คน ในจังหวัดพิษณุโลกที่มีประชากรจำนวน 625,481 คน พบว่ามีผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 2,136 คน โดยแบ่งตามอายุได้ดังนี้ อายุต่ำกว่า 15

ปี จำนวน 2 คน อายุ 15-39 ปี จำนวน 34 คน อายุ 40-49 ปี จำนวน 53 คน อายุ 50-59 ปี จำนวน 301 คน และอายุมากกว่า 60 ปี จำนวน 1,746 คน และมีผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเสียชีวิตรวมทุกกลุ่มอายุ จำนวน 46 คน (ระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพกระทรวงสาธารณสุข., 2567) จากข้อมูลของโรงพยาบาลวัดโบสถ์ อำเภовัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก พบว่าในปี พ.ศ.2565 มีผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลวัดโบสถ์ จำนวน 185 คน โดยเป็นเพศชายจำนวน 150 คน และเพศหญิงจำนวน 30 คน ส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปี ขึ้นไป ในช่วงปี พ.ศ.2556-2560 มีผู้เสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังจำนวน 16 คน และในปี พ.ศ.2561-2565 จำนวน 4 คน เมื่อพิจารณาถึงจำนวนผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบเฉียบพลันที่ต้องเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาล พบว่าในปี พ.ศ.2560 มีจำนวนผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบเฉียบพลันที่ต้องเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาล 51 ครั้ง โดยมีจำนวนผู้ป่วย 34 ราย คิดเป็นร้อยละ 18.88 ของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทั้งหมดของโรงพยาบาลวัดโบสถ์ในปีนั้น และในปี พ.ศ.2565 มีผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบเฉียบพลันที่ต้องเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาล 95 ครั้ง โดยเป็นผู้ป่วยจำนวน 50 ราย คิดเป็นร้อยละ 27.02 แสดงให้เห็นถึงจำนวนผู้ป่วยที่มีอาการกำเริบเพิ่มมากขึ้น ซึ่งน่าจะสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น PM 2.5 ที่เพิ่มขึ้นอย่างรุนแรงตั้งแต่ปี พ.ศ.2561 ประกอบกับลักษณะอาชีพของประชากรในพื้นที่อำเภовัดโบสถ์ คือ เกษตรกรรม ซึ่งจะมีการเผาไร่นาหลังเก็บเกี่ยวและงานปศุสัตว์ที่มักจะมีการจุดไฟเผาหญ้า เพื่อไล่แมลงให้กับสัตว์เลี้ยง รวมถึงการเผาถ่านเพื่อการจำหน่ายและใช้ในครัวเรือน ส่งผลให้เกิดอัตราการกำเริบที่เพิ่มขึ้นในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในอำเภовัดโบสถ์อย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน (งานเวชระเบียนโรงพยาบาลวัดโบสถ์, 2565)

2.1 พยาธิกำเนิดและพยาธิสรีรวิทยา (Disease, G. I. f. C. O. L., 2024; สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์., 2565)

เมื่อหลอดลม เนื้อปอด และหลอดเลือดปอดเกิดการอักเสบเรื้อรังจากการระคายเคืองอย่างต่อเนื่อง ทำให้เซลล์ T-lymphocyte (ส่วนใหญ่เป็น CD8) และ macrophage ทำงานมากขึ้น เกิดการหลั่งสารชักนำการอักเสบ (inflammatory mediators) หลายชนิด เช่น leukotriene B4, interleukin 8 และ tumor necrosis factor alpha เป็นต้น ซึ่งปริมาณการอักเสบที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับระดับการอุดกั้นของทางเดินหายใจ นอกจากนี้ยังมีกระบวนการสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทำลายเนื้อปอด อีก 2 ประการ คือ การเพิ่มขึ้นของภาวะเครียดจากออกซิเดชัน (oxidative stress) และความไม่สมดุลระหว่างเอนไซม์ protease กับ antiprotease การอักเสบซ้ำ ๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังหลอดลม โดยพบการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่หลอดลมขนาดใหญ่ไปจนถึงหลอดลมขนาดเล็กและถุงลม พบเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบอยู่ในเยื่อหุ้มทั่วไประยะมากขึ้น มีจำนวน goblet cell เพิ่มขึ้น และ mucous gland ขยายใหญ่ขึ้น ทำให้มีการสร้าง mucus ปริมาณมากและเหนียวกว่าปกติ หลอดลมส่วนปลายและถุงลมที่ถูกทำลายจะมีลักษณะโป่งพอง สำหรับ

หลอดเลือดที่มาเลี้ยงเนื้อปอดจะมีผนังหนาขึ้น มีการเพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อเรียบและเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังที่กล่าวมานำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผู้ป่วย ดังนี้

1) การสร้าง mucus มากกว่าปกติ ร่วมกับ cilia ทำงานผิดปกติ ทำให้ผู้ป่วยไอเรื้อรัง มีเสมหะ ซึ่งเป็นอาการนำของโรค

2) การตีบของหลอดลมร่วมกับการสูญเสีย elastic recoil ของเนื้อปอด ทำให้เกิด air flow limitation และ air trapping

3) การตีบของหลอดลม การทำลายของเนื้อปอดและหลอดเลือด ทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซผิดปกติ เกิดภาวะ hypoxemia และ hypercapnia มากขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิด pulmonary hypertension และ Cor pulmonale ได้

นอกจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยตรงกับระบบหายใจแล้ว การเพิ่มขึ้นของ inflammatory mediators ในระบบไหลเวียนเลือดยังมีผลต่ออวัยวะต่าง ๆ ภายนอกปอดด้วย ซึ่งอาจทำให้เกิดโรคร่วมของปอดอุดกั้นเรื้อรังได้ เช่น muscle wasting, ischemic heart disease, heart failure, type 2 diabetes, metabolic syndrome, osteoporosis, normocytic anemia และ depression เป็นต้น

2.2 การวินิจฉัยโรคและการประเมินผู้ป่วย

การวินิจฉัยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังตามแนวทางของ Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease ปี ค.ศ.2024 (Disease, G. I. f. C. O. L., 2024) และแนวทางการวินิจฉัยและการรักษาโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พ.ศ.2565 (สมาคมออร์เวซซ์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์., 2565) ให้พิจารณาหลายส่วนร่วมกัน ทั้งปัจจัยเสี่ยง อาการ อาการแสดง การตรวจร่างกาย ภาพรังสีทรวงอก และยืนยันการวินิจฉัยด้วยการตรวจสไปโรเมตรี

2.2.1 อาการ (symptoms) ได้แก่

1) ไอเรื้อรัง (chronic cough) ในช่วงแรกอาจมีอาการไอเป็นระยะ และเพิ่มความถี่ขึ้นเรื่อย ๆ โดยอาจมีเสมหะร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้

2) หอบเหนื่อย (dyspnea) หรือหายใจลำบาก อาการจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะเวลาทำกิจกรรมหรือออกกำลังกาย อาจมีอาการอื่นร่วมด้วย เช่น แน่นหน้าอก (chest tightness) หรือหายใจมีเสียงหวีด (wheezing) การประเมินภาวะหายใจลำบาก สามารถประเมินด้วยแบบประเมิน Modified Medical Research Council (MMRC) dyspnea score (คณะทำงานพัฒนาแนวปฏิบัติบริการสาธารณสุขโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง, 2553) ซึ่งแบ่งระดับความรุนแรงของภาวะหายใจลำบากเป็น 5 ระดับ ถ้าคะแนนน้อยกว่า 2 ถือว่าอาการน้อย และถ้ามากกว่า 2 ถือว่าอาการมาก

3) มีเสมหะ (sputum production) ผู้ป่วยจะมีเสมหะเหนียวและปริมาณมากขึ้นในตอนเช้า การมีเสมหะเป็นประจำอย่างน้อย 3 เดือนใน 2 ปี ติดต่อกัน จะบ่งบอกถึงโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง

2.2.2 อาการแสดง (sign) การตรวจร่างกายในระยะแรกอาจไม่พบความผิดปกติ เมื่อมีการอุดกั้นของหลอดลมมากขึ้นอาจตรวจพบลักษณะของ airflow limitation และ air trapping เช่น expiratory phase ยาวขึ้น chest A-P diameter เพิ่มขึ้น เคาะได้ hyperresonance ฟังได้เสียง wheeze และ/หรือ rhonchi และมีการใช้กล้ามเนื้อช่วยในการหายใจ เป็นต้น ในระยะท้ายของโรคอาจตรวจพบลักษณะของ pulmonary hypertension หรือ Cor pulmonale

2.2.3 การตรวจทางรังสีวิทยา เพื่อใช้แยกโรคอื่น โดยใน emphysema อาจพบลักษณะของ hyperinflation และใน Cor pulmonale จะพบหัวใจห้องขวาโตขึ้น pulmonary trunk มีขนาดใหญ่ และ peripheral vascular marking ลดลง

2.2.4 การตรวจสมรรถภาพปอดหรือสไปโรเมตริย์ เป็นการตรวจที่จำเป็นในการยืนยันภาวะ airflow limitation และการจัดระดับความรุนแรงของโรค การตรวจด้วย peak expiratory flow อย่างเดียวไม่จำเพาะเพียงพอต่อการวินิจฉัยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตรวจสไปโรเมตริย์ ซึ่งต้องทำการตรวจในผู้ป่วยที่ไม่มีอาการกำเริบอย่างน้อย 1 เดือนและมีอาการคงที่ วิธีตรวจนี้ช่วยวินิจฉัยโรคในระยะแรกได้ ซึ่งสามารถตรวจได้ในผู้ป่วยที่ยังไม่มีอาการ จะพบการจำกัดการไหลของอากาศ (airflow limitation) จากค่า FEV_1/FVC หลังให้ยาขยายหลอดลมมีค่าน้อยกว่า 0.7 และแบ่งความรุนแรงเป็น 4 ระดับ โดยใช้ค่า FEV_1 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความรุนแรงของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ตามค่า FEV_1 หลังให้ยาขยายหลอดลม

| FEV_1/FVC หลังให้ยาขยายหลอดลม <0.7 | |
|---|--|
| รุนแรงน้อย (GOLD 1) | ค่า FEV_1 $\geq 80\%$ ของค่ามาตรฐาน |
| รุนแรงปานกลาง (GOLD 2) | ค่า FEV_1 ระหว่าง 50% ถึง <80% ของค่ามาตรฐาน |
| รุนแรงมาก (GOLD 3) | ค่า FEV_1 ระหว่าง 30% ถึง <50% ของค่ามาตรฐาน |
| รุนแรงมากที่สุด (GOLD 4) | ค่า FEV_1 <30% ของค่ามาตรฐาน |

FEV_1 ; forced expiratory volume in the first one second, FVC; forced vital capacity

ที่มา: แนวทางการวินิจฉัยและการรักษาโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พ.ศ.2565 (สมาคมออร์เวซซ์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์., 2565)

2.3 การรักษาด้วยการฟื้นฟูสมรรถภาพปอด

การรักษาผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีวัตถุประสงค์อยู่ 2 ข้อ คือ ลดอาการและลดปัจจัยเสี่ยงของอาการกำเริบ ซึ่งมีทั้งการรักษาด้วยยา เช่น bronchodilator, glucocorticosteroid และ phosphodiesterase-4 inhibitor การผ่าตัด การให้ออกซิเจน และการฟื้นฟูสมรรถภาพปอด (Disease, G. I. f. C. O. L., 2024) โปรแกรมการฟื้นฟูสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ประกอบด้วย การตรวจประเมินผู้ป่วย การออกกำลังกาย การให้ความรู้ การให้โภชนาการ และการช่วยเหลือทางด้านจิตใจและสังคมที่เหมาะสม โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดอาการหอบเหนื่อย และเพิ่มความสามารถในการทำกิจกรรมทางกาย นอกจากนี้ยังป้องกันการกำเริบของโรค และช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิต (McCarthy et al., 2015; Nici et al., 2010) ในปี ค.ศ. 2009 Langer และคณะ (Langer et al., 2009) ได้สรุปแนวทางเวชปฏิบัติสำหรับนักกายภาพบำบัด (clinical practice guidelines for physiotherapists) ในการดูแลรักษาผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ดังนี้

2.3.1 เพิ่มความสามารถในการออกกำลังกาย โดยให้การออกกำลังกายที่มีความจำเพาะรายบุคคลและมีรูปแบบที่หลากหลาย โดยจัดโปรแกรมมุ่งเน้นให้ได้ออกกำลังกายแบบแอโรบิกเพื่อเพิ่มความทนทาน และการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ผู้ป่วยจะสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้หนักและนานขึ้น นอกจากนี้ควรแนะนำให้ผู้ป่วยออกกำลังกายแบบยืดเหยียดกล้ามเนื้อ โดยเน้นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกาย เพื่อเป็นการ warm up และ cool down

2.3.2 วิธีลดอาการหอบเหนื่อย ได้แก่ การฝึกหายใจแบบห่อปาก (pursed lips breathing exercise) การออกกำลังกายแบบผ่อนคลาย (relaxation exercises) การจัดทำท่าทาง (body position) และการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้า (inspiratory muscle training) เนื่องจากผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังต้องใช้ความพยายามในการหายใจอย่างมาก จากภาวะ air flow limitation

2.3.3 เพิ่มการระบายเสมหะ เช่น การจัดทำระบายเสมหะ การเคาะและสั่นปอด การฝึกไอ การกดทรวงอกและท้อง การหายใจออกด้วยแรงดันบวก (positive expiratory pressure) และการหายใจด้วยแรงดันบวกร่วมกับแรงสั่น (oscillating positive expiratory pressure)

2.3.4 เพิ่มประสิทธิภาพของการรักษาและรักษาสมรรถภาพทางกายไม่ให้แยกลง โดยการโน้มน้าวให้ผู้ป่วยมีพฤติกรรมในการดูแลรักษาตัวเองแบบถาวร

2.4 ผลของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกับกล้ามเนื้อหายใจ

ภาวะกล้ามเนื้อทำงานผิดปกติ (muscle dysfunction) คือการสูญเสียคุณสมบัติหลักที่สำคัญของกล้ามเนื้ออย่างใดอย่างหนึ่งไม่ว่าจะเป็นความแข็งแรง (strength) หรือความทนทาน (endurance) ซึ่งทำให้ความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง (contractile function) โดยที่ความแข็งแรงขึ้นอยู่กับมวลของกล้ามเนื้อ (muscle mass) ซึ่งพิจารณาจากขนาดและความหนาแน่นของใยกล้ามเนื้อ ความยาวของกล้ามเนื้อขณะพัก (muscle resting length) ความเร็วของการหดสั้น (velocity of shortening) และรูปแบบการการทำงานของหน่วยประสาทยนต์ (recruitment pattern of motor units) ในขณะที่ความทนทานขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ออกซิเจนทั้งปริมาณออกซิเจนที่ถูกขนส่งมายังกล้ามเนื้อ (oxygen delivery) และการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อ (utilization by the muscle) ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (type I fiber proportion) ความหนาแน่นของเส้นเลือดฝอย (capillary density) และการทำงานของเอนไซม์ออกซิเดชัน (oxidative enzyme activities) การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในทางคลินิกและการวิจัยสามารถทำได้ง่าย ๆ ได้โดยตรงด้วย dynamometry สำหรับกล้ามเนื้อระยะครึ่งบนและส่วนล่าง หรือวัด maximal respiratory pressures สำหรับกล้ามเนื้อหายใจ ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ถูกวัดในการออกแรงเต็มที่ในขณะที่วัด แตกต่างจากการวัดความทนทานที่ทำได้ยากกว่า เพราะต้องมีการเพิ่มความหนักในการวัดหรืออาจต้องให้ออกแรงเป็นเวลานานจนกระทั่งเกิดอาการล้า (Gea et al., 2013)

ลักษณะของภาวะกล้ามเนื้อทำงานผิดปกตินั้นจะต้องประกอบด้วยอาการอ่อนแรง (weakness) ความทนทานลดลง (reduced endurance) หรืออาการล้า (fatigue) อย่างน้อย 1 อย่าง ซึ่งในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมักพบว่ามีลักษณะดังกล่าว แสดงถึงภาวะกล้ามเนื้อทำงานผิดปกติ ที่มาจากความผิดปกติของโครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อ ทั้งกล้ามเนื้อระยะครึ่งบนและส่วนล่าง และกล้ามเนื้อหายใจ ซึ่งส่งผลทำให้คุณภาพชีวิตและอายุขัยของผู้ป่วยลดลง (Gea et al., 2013) จากพยาธิสภาพของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่มีทั้งการอุดกั้นทางเดินอากาศร่วมกับการสูญเสีย elastic recoil ของปอดและผนังทรวงอก จนมีการจำกัดการไหลของอากาศและเกิดภาวะลมคั่งในปอด (hyperinflation) ซึ่งส่งผลให้ทรวงอกมีการขยายตัวมากกว่าปกติ และกล้ามเนื้อหายใจ เช่น กล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงและกะบังลมถูกดันให้อยู่ในตำแหน่งที่หดสั้นเป็นเวลานาน จนขาดความยืดหยุ่นและอ่อนแรง ร่วมกับความดันในปอดสูงกว่าอากาศข้างนอก จึงทำให้กล้ามเนื้อหายใจอยู่ภายใต้ภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ตลอดเวลา (Ottenheim et al., 2007) นอกจากนี้ยังมีภาวะข้อต่อที่อยู่บริเวณผนังทรวงอกยึดติด (chest wall stiffness) ทำให้การเคลื่อนไหวของทรวงอกลดลง (O'Donnell et al., 2015) ส่งผลให้กล้ามเนื้อต้องหดตัวทำงานด้าน

แรงต้านทานเพื่อให้อากาศไหลเวียนผ่านทางเดินอากาศที่อุดกั้นได้เพียงพอ ถือว่าเป็นการเพิ่มภาระงานให้กับกล้ามเนื้อหายใจเป็นอย่างมาก (McKenzie et al., 2009)

การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของทรวงอกเป็นรูปถังเบียร์ (barrel-shape chest) จากภาวะ hyperinflation ทำให้กล้ามเนื้อ external intercostal และกล้ามเนื้อช่วยหายใจอื่น ๆ หดตัวดึง rib cage ค้างอยู่ในลักษณะ rib cage hyperinflation ร่วมกับยกซี่โครงและกระดูกหน้าอกขึ้น ค้างไว้ เส้นใยกล้ามเนื้อจึงเกิดการหดสั้น พร้อมทั้งค่อย ๆ สูญเสียความแข็งแรง เพราะความยาวของใยกล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อหายใจและกล้ามเนื้อผนังทรวงอกมีผลต่อแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (contraction force) เมื่อกล้ามเนื้อหดสั้นจึงทำให้แรงในการหดตัวลดลงตามไปด้วย ร่วมกับการที่ทรวงอกขยายตัวได้น้อยลง (decrease chest wall expansion) และความสามารถในการเคลื่อนไหวของทรวงอกลดลง (decrease chest mobility) ส่งผลให้กล้ามเนื้อหายใจอ่อนแรง (respiratory muscle weakness) (Gea et al., 2013; McKenzie et al., 2009; Orozco-Levi, 2003) นอกจากนี้ยังเกิดความผิดปกติระหว่างการเคลื่อนไหวของทรวงอกกับช่องท้องที่เรียกว่า paradoxical pattern of breathing เนื่องจากกล้ามเนื้อท้องมีความแข็งแรงลดลง (abdominal muscle weakness) ร่วมกับความตึงตัวของกล้ามเนื้อท้องเพิ่มขึ้น (tightness abdominal muscle) ซึ่งความผิดปกติทั้งหมดที่กล่าวมาส่งผลให้เกิดอาการเหนื่อย หายใจลำบาก และลดความสามารถในการออกกำลังกาย (Sarkar et al., 2019)

ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ภาวะ hyperinflation และการเพิ่มงานของการหายใจ (work of breathing) ทำให้เกิดท่าทางผิดปกติขึ้น (postural deformity) เช่น กระดุกสันหลังโค้งงอมากผิดปกติหรือหลังค่อม (kyphosis) และกระดูกสะบักมีการยกขึ้น จุ่มมาข้างหน้าหรืออาจจะกางออก ร่วมกับการหมุนเข้าด้านในของกระดูกต้นแขน และยังทำให้กล้ามเนื้อ pectoralis major หดสั้นและมีแรงต้านต่อการขยายตัวของทรวงอก ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อหายใจต้องทำงานหนักมากขึ้นเพื่อให้ทรวงอกเกิดการเคลื่อนไหวในขณะหายใจ นอกจากนี้ กล้ามเนื้อช่วยหายใจ เช่น กล้ามเนื้อ scalene และ pectoralis major ยังมีส่วนช่วยในการเคลื่อนไหวคอและระยางค์ส่วนบนด้วย ดังนั้นเมื่ออาการของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังรุนแรงมากขึ้น จึงทำให้การเคลื่อนไหวระยางค์ส่วนบน ยกขึ้นตามไปด้วย กล้ามเนื้อของร่างกายส่วนบนจึงไม่ถูกใช้งานจนกระทั่งเกิดการหดรั้ง (muscle tightening and stiffness) ซึ่งทำให้เกิดแรงต้านต่อการหายใจและต้องเพิ่มงานของการหายใจมากขึ้น (McKenzie et al., 2009; Sarkar et al., 2019) จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าภาวะกล้ามเนื้อทำงานผิดปกติในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็นผลมาจากภาวะ hyperinflation ที่ทำให้กล้ามเนื้อหายใจ รวมถึงกล้ามเนื้อบริเวณคอ ลำตัว และท้อง มีการหดรั้งและอ่อนแรง หากสามารถคืนความยืดหยุ่นและความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อเหล่านี้ได้ น่าจะทำให้การเคลื่อนไหวของทรวงอกและ กลไกการหายใจดีขึ้น

3. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการยืดกล้ามเนื้อในโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

พยาธิสภาพของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทำให้เกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและโครงสร้างรอบทรวงอก ดังนั้นหากสามารถทำให้ทรวงอกมีการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้นได้ น่าจะทำให้การหายใจดีขึ้น ลดอาการของโรค และช่วยให้คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยดีขึ้นตามไปด้วย ที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ manual technique ต่าง ๆ เพื่อช่วยเพิ่มการเคลื่อนไหวของทรวงอก ทั้งการทำ chest mobilization, spinal mobilization, manipulation, compression, massage และ stretching พบว่าเทคนิคเหล่านี้มีประโยชน์มาก (Roh et al., 2021) ในส่วนนี้จะขอกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยืดกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทั้งผลทันที ผลระยะสั้น และผลระยะยาว รวมถึงการใช้ร่วมกับการรักษาอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

จากการศึกษาแบบ single case study ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่ใส่เครื่องช่วยหายใจ หลังจากที่มีการระบายเสมหะแล้วทำการยืดผนังทรวงอก (chest wall stretching exercise) โดยนักกายภาพบำบัด ในท่าหมุนลำตัวแล้วกดบริเวณด้านหน้าของกระดูกหน้าอกไว้ (thoracic rotation and mid sternum stretching) ตามด้วยเอียงตัวด้านข้าง (lateral thoracic stretching) และแอ่นลำตัวไปด้านหลัง (trunk extension) แล้วให้ผู้ป่วยฝึกหายใจแบบ sustain maximal inspiration โดยแต่ละท่าให้ทำซ้ำ 5-10 ครั้งต่อรอบ ประมาณ 5-10 รอบ ในเวลา 10 นาที พบว่าปริมาตรลมหายใจออก (expired tidal volume) อาการหอบเหนื่อย และการขยายตัวของทรวงอกดีขึ้นทันที ซึ่งน่าจะเกี่ยวข้องกับการที่ทรวงอกมีการเคลื่อนไหวมากขึ้น (Leelarungrayub, 2012) และมีอีก case study ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นระดับรุนแรงมากและหลังค่อม ที่ศึกษาการขยับข้อต่อกระดูกสันหลังระดับอก (thoracic segmental mobilization) และกระดูกซี่โครง (rib mobilization) เกรด 3 ร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อ rectus abdominalis, sternocleidomastoid และ pectoralis major โดยให้ทำ isometric contraction 5 วินาที แล้วผ่อนคลาย 2-3 วินาที จากนั้นผู้รักษาทำ passive stretching ค้างไว้ 18 วินาที 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่า FVC และ FEV₁ ไม่เปลี่ยนแปลง แต่ spinal curve และ spinal movement เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อมีส่วนช่วยให้การเคลื่อนไหวของทรวงอกดีขึ้น (Wang, 2015)

ในประเทศญี่ปุ่นมีการใช้เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อที่เรียกว่า respiratory muscle stretch gymnastics (RMSG) ในการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ประกอบด้วยการยืดกล้ามเนื้อรอบทรวงอก 5 ท่า คือ elevating and pulling back the shoulders, stretching the upper chest, stretching the back muscle, stretching the lower chest และ elevating the elbow สามารถลดอาการหอบเหนื่อยในขณะพักได้ทันทีหลังจากทำ RMSG และเมื่อทำติดต่อกัน 4 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (inspiratory muscle training; IMT) พบว่า RMSG สามารถลดค่า functional residual capacity (FRC) ได้ ในขณะที่ IMT ไม่สามารถลดได้ นอกจากนั้น RMSG

ยังสามารถเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกและความสามารถในการออกกำลังกายได้เหมือนกับ IMT แต่ไม่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าได้เหมือนกับ IMT ซึ่งกลไกการลดค่า FRC น่าจะมาจาก การยืดกล้ามเนื้อทำให้ลดการหดรั้งของกล้ามเนื้อและลด chest wall stiffness ทำให้ภาวะลมคั่งในปอดลดลง (Minoguchi et al., 2002)

การศึกษาเกี่ยวกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจ ส่วนใหญ่จะยืดกลุ่มกล้ามเนื้อที่คล้ายคลึงกัน คือ กล้ามเนื้อ pectoralis major, pectoralis minor, upper trapezius, scalenus, sternocleidomastoid, intercostals, anterior serratus และ abdominal ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่อยู่รอบ ๆ ทรวงอกและลำตัว ในส่วนนี้จะอ้างอิงถึงการศึกษาของ Wada และคณะในปี ค.ศ.2016 (Wada et al., 2016) และ Liu และคณะ ในปี ค.ศ.2021 (Liu et al., 2021) ซึ่งทั้ง 2 การศึกษาทำการยืดกล้ามเนื้อทั้งหมดที่กล่าวมาและใช้เทคนิค hold-relax และ passive stretching ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยให้ผู้ยืดกล้ามเนื้อไปจนสุดเท่าที่ผู้ป่วยทนได้ แล้วให้ผู้ป่วยทำ isometric contraction ต้านกับแรงของผู้ยืดค้างไว้ 3 วินาที แล้วผ่อน จากนั้นผู้ยืดยืดกล้ามเนื้อออกไปอีกจนสุดแล้วค้างไว้ 15 วินาที ทำซ้ำ 3 ครั้งต่อรอบ พัก 1 นาที แล้วทำซ้ำ 3 รอบ สำหรับกล้ามเนื้อที่มี 2 ด้าน ให้ทำการยืดทั้ง 2 ด้าน

การยืดกล้ามเนื้อ ร่วมกับการรักษาอย่างอื่นสามารถช่วยให้โปรแกรมการรักษามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อย่างเช่นการศึกษาของ Wada และคณะ ในปี ค.ศ.2016 (Wada et al., 2016) ที่ได้ศึกษาผลของการการยืดกล้ามเนื้อหายใจประมาณ 30 นาที ก่อนการออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยลู่วิ่งไฟฟ้า ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังระดับปานกลางถึงรุนแรง ที่มีอายุ 40 ปีขึ้นไป โดยใช้เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบ hold-relax กับกล้ามเนื้อ pectoralis major, upper trapezius, scalenus และ sternocleidomastoid และใช้เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบ passive stretching กับกล้ามเนื้อ pectoralis minor, intercostals, anterior serratus และ abdominal ซึ่งในแต่ละกล้ามเนื้อจะทำการยืดซ้ำ 3 รอบต่อครั้ง พัก 1 นาที แล้วยืดอีก 3 ครั้งต่อวัน จำนวน 2 วัน ต่อสัปดาห์ 12 สัปดาห์ พบว่าผู้ป่วยมีอาการหอบเหนื่อยลดลง (dyspnea level) ความสามารถในการออกกำลังกายดีขึ้น (functional exercise capacity: 6MWT) และพบว่าในขณะออกกำลังกาย ค่าจลศาสตร์การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (thoracoabdominal kinematics) ที่วัดด้วย optoelectronic plethysmography มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในส่วนของปริมาตรช่องท้อง นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจที่ประเมินจาก surface electromyography มีค่าดีขึ้น

ตารางที่ 2 วิธีการยึดกล้ามเนื้อ

| กล้ามเนื้อ | ท่าทางของผู้ป่วย | วิธีการของผู้ยึด |
|---------------------------------------|---|---|
| Pectoralis major* | นอนหงาย กางแขน 90 องศา ร่วมกับหมุนหัวไหล่ออกด้านนอก งอศอก 90 องศา (90° shoulder abduction with external rotation, elbow flexion) | มือหนึ่งวางยึดที่กระดูกหน้าอก อีกมือจับ บริเวณข้อศอกแล้วกดลงในทิศทางกางข้อ ไหล่ (horizontal abduction) |
| Pectoralis minor | นอนหงาย แขนวางข้างลำตัว | มือหนึ่งจับยึดที่หัวกระดูกต้นแขนและ สะบัก อีกมือกดกระดูกซี่โครงที่ 3-5 ลง (depression of 3 rd to 5 th ribs) |
| Upper trapezius* | นอนหงาย เอียงคอร่วมกับ หมุนศีรษะไปด้านตรงข้าม (neck contralateral rotation and contralateral flexion) | มือหนึ่งกดที่หัวไหล่ข้างเดียวกับกล้ามเนื้อ ที่จะทำการยึด อีกมือดันศีรษะให้ก้มไป ด้านหน้า (neck flexion) |
| Scalene* | นอนหงาย เอียงคอไปด้านข้าง (neck lateral flexion) | มือหนึ่งกดที่หัวไหล่ข้างเดียวกับกล้ามเนื้อ ที่จะทำการยึด อีกมือดันศีรษะให้เอียงไป ด้านตรงข้าม |
| Sternocleido- mastoid* | นอนหงาย หันหน้าไปข้างเดียว กับ กล้ามเนื้อที่ยึดร่วมกับเอียงคอไปด้าน ตรงข้าม (neck ipsilateral rotation and contralateral flexion) | มือหนึ่งวางยึดที่กระดูกต้นคอ อีกมือกด กระดูกหน้าอกส่วนบนลงไปตามล่าง (manubrium depression) |
| Intercostals and anterior serratus | นอนตะแคง กางแขนขึ้นให้สุด (shoulder abduction) | มือหนึ่งจับยึดที่ต้นแขน อีกมือดันชายโครง ลงไปตามล่าง (lower ribs depression) |
| Abdominal | นอนคว่ำ ตั้งศอกทั้ง 2 ข้าง แอ่นลำตัวและศีรษะขึ้น | ช่วยดันให้แอ่นลำตัวไปด้านหลัง (trunk extension) |

* หมายถึง ใช้การยึดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค hold-relax

ดัดแปลงจาก Wada และคณะในปี ค.ศ.2016 (Wada et al., 2016) และ Liu และคณะ ในปี ค.ศ.
2021 (Liu et al., 2021)

จากนั้นในปี ค.ศ.2021 Lui และคณะ ก็ได้ใช้การยืดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค hold-relax ร่วมกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังระดับปานกลางถึงรุนแรง เหมือนกับการศึกษาของ Wada และคณะ โดยทำการยืดกล้ามเนื้อ แล้วให้ผู้ป่วยออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า 30 นาทีต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์ ติดต่อกัน 6 สัปดาห์ พบว่าผู้ป่วยมีอาการหอบเหนื่อยลดลง และคุณภาพชีวิตดีขึ้น (CAT score and dyspnea VAS) ความสามารถในการออกกำลังกายดีขึ้น (6MWT) ค่า inspiratory capacity (IC) และ inspiratory reserve volume (IRV) จากการตรวจสมรรถภาพปอดดีขึ้น แต่ค่า FVC และ FEV₁ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ยังพบว่าการยืดกล้ามเนื้อทำให้การเคลื่อนไหวของคอและไหล่เพิ่มขึ้น (neck/shoulder mobility) โดยองศาการเคลื่อนไหวของ head protraction, head retraction และ shoulder flexion มีค่าเพิ่มขึ้น และความยาวของกล้ามเนื้อ pectoralis minor เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อหายใจที่ทำให้กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่น ลดการยึดติด และเพิ่มการเคลื่อนไหวของข้อต่อ นั้น มีความสัมพันธ์กับการทำงานของระบบหายใจ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Putt และคณะในปี ค.ศ.2008 ที่ศึกษาผลระยะสั้นของการยืดกล้ามเนื้อ pectoralis major ด้วยเทคนิค hold-relax ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โดยทำซ้ำ 6 ครั้งต่อวัน 2 วันติดต่อกัน พบว่าค่าความจุปอด (vital capacity) และองศาการเคลื่อนไหวของข้อไหล่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนยืดกล้ามเนื้อ (Putt et al., 2008) จากข้อมูลในส่วนนี้ แสดงให้เห็นว่าควรมีการแนะนำให้เพิ่มการยืดกล้ามเนื้อหายใจเข้าไปในโปรแกรมการฟื้นฟูสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการรักษา

โดยทั่วไปการยืดกล้ามเนื้อต้องมีการทำซ้ำหลายรอบจึงจะทำให้เกิดการคลายตัวของเนื้อเยื่อที่มีการหดรั้ง ดังนั้นการศึกษาในโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังส่วนใหญ่จึงเป็นโปรแกรมระยะยาวและทำร่วมกับการออกกำลังกายอย่างอื่นทั้งการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ เพราะเชื่อว่าจะให้ผลการรักษาที่ดีกว่า แต่มีการศึกษาของ de Sa และคณะ ในปี ค.ศ.2017 พบว่าการยืดกล้ามเนื้อ pectoralis major, upper trapezius, scalenus, sternocleidomastoid และ intercostals ด้วยเทคนิค passive stretching โดยยืดแต่ละกล้ามเนื้อ 10 ครั้งต่อรอบ พัก 1 นาที แล้วทำซ้ำอีก 1 รอบ ใช้เวลาประมาณ 20 นาที เท่านั้น สามารถทำให้ค่าจลศาสตร์การเคลื่อนไหวของผนังทรวงอก (chest wall kinematics) และรูปแบบการหายใจ (ventilatory patterns) ที่วัดด้วย optoelectronic plethysmography ดีขึ้นทันที และลด electrical activity จากกล้ามเนื้อ sternocleidomastoid และ upper trapezius ได้ทันทีหลังการยืดกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังลดอัตราการหายใจและเพิ่มระยะเวลาการหายใจออกด้วย ซึ่งน่าจะเกิดจากกล้ามเนื้อที่หดสั้นเกิดการคลายตัวจนมีความยาวที่เหมาะสม (optimal length) จึงสามารถหดตัวได้ดีและทำให้ทรวงอกขยายตัวได้มากขึ้น ช่วยให้ผู้ป่วยมีกลไกการหายใจกลับมาดีขึ้นได้ และยังลดการทำงานของ

กล้ามเนื้อช่วยหายใจที่ทำงานหนักตลอดเวลาในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (de Sa et al., 2017) แสดงให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อเพียงอย่างเดียวนั้นมีประโยชน์

หนึ่งในวิธีการช่วยให้การยืดกล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น คือการใช้ความร้อน จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการศึกษาเดียวที่ใช้ความร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง คือการศึกษาของ Rehman และคณะ ในปี ค.ศ.2020 ซึ่งใช้แผ่นร้อนไฟฟ้า ขนาด 35.5 x 68.5 เซนติเมตร ตั้งอุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส วางที่บริเวณไหล่ทั้ง 2 ข้างเป็นเวลา 10 นาที แล้วยืดกล้ามเนื้อ sternocleidomastoid, scalene, trapezius, pectoralis major, pectoralis minor, intercostal และ diaphragm ด้วยเทคนิค passive stretching โดยยืดแต่ละกล้ามเนื้อ 10 ครั้งต่อรอบ 2 รอบต่อวัน ติดต่อกัน 5 วัน ร่วมกับการทำ relaxation passive movement ช่วงหัวไหล่ของผู้ป่วย พบว่าอาการทางคลินิกของผู้ป่วยดีขึ้น การขยายตัวทรวงอกและการทดสอบ 6MWT ดีขึ้น (Rehman et al., 2020) ดังนั้นการใช้ความร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อ น่าจะเป็นอีกวิธีการที่ช่วยให้ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีการหายใจที่ดีขึ้นได้

4. แผ่นร้อน

แผ่นร้อน (hot pack) เป็นหนึ่งในเครื่องมือทางกายภาพบำบัดที่ ถูกใช้บ่อยในทางคลินิก เนื่องจากมีวิธีการใช้ง่าย และราคาไม่แพง เป็นการรักษาด้วยความร้อนต้นเฉพาที่อย่างหนึ่ง ที่ให้ความร้อนขึ้น จึงทำให้ผู้ป่วยรู้สึกสบายและไม่แสบผิว นิยมใช้เพื่อบรรเทาอาการปวด นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ เพิ่มองศาการเคลื่อนไหว และกระตุ้นการซ่อมแซมเนื้อเยื่อได้ (Prentice, 2011; Robertson et al., 2009) ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการรักษาด้วยความร้อน (therapeutic temperature) ต้องเป็นอุณหภูมิที่สามารถทำให้เนื้อเยื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นได้และคงที่ในช่วง 40-45 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวทำให้หลอดเลือดแดงขนาดเล็กที่ผิวหนังเกิดการขยายตัว เพิ่มการไหลเวียนของเลือดบริเวณผิวหนังจากการเพิ่มขึ้นของเลือดเฉพาที่ (hyperemia) และมีการไหลเวียนของเลือดบริเวณผิวหนังเพิ่มขึ้น (Hecox et al., 2006)

4.1 ผลทางสรีรวิทยาของความร้อนต้น

จากการทบทวนวรรณกรรมของ Freiwald และคณะ ในปี ค.ศ.2021 ระบุว่า การรักษาความร้อนต้นเป็นวิธีที่ได้ผลดีกับกลุ่มผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างแบบไม่จำเพาะเจาะจงทั้งในระยะเฉียบพลันและเรื้อรัง โดยสามารถลดปวด เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเพิ่มความยืดหยุ่นได้ โดยผ่านกลไกดังต่อไปนี้ (Freiwald et al., 2021)

4.1.1 ลดอาการปวด (relief pain) เกิดจากกลไกการยับยั้งการส่งสัญญาณประสาทเกี่ยวกับความรู้สึกเจ็บปวด (nociception) ที่ไปยังไขสันหลังและสมอง โดยความร้อน

สามารถกระตุ้นตัวรับอุณหภูมิ (thermoreceptors) และตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงแรงกดและการเคลื่อนไหวในเนื้อเยื่อ (proprioceptors) ทำให้เกิดการขัดขวางการส่งสัญญาณอาการปวด นอกจากนี้ผลของการลดปวดส่วนหนึ่งมาจากความร้อนไปกระตุ้นตัวรับ transient receptor potential vanilloid 1 (TRPV1) ในสมอง ซึ่งเป็นตัวควบคุม anti-nociceptive pathways ทำให้ความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (muscle tonicity) ลดลงและกล้ามเนื้อเกิดการคลายตัว (muscle relaxation) ดังนั้นความร้อนจึงสามารถลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (spasm) ลดอาการปวด และยังทำให้ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (muscle flexibility) เพิ่มขึ้นได้

4.1.2 เพิ่มการไหลเวียนเลือดและเมตาบอลิซึม (increase blood flow and metabolism) โดยความร้อนทำให้เนื้อเยื่อมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด (vasodilation) เพิ่มเมตาบอลิซึม และเร่งขบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อ การไหลของเลือดที่เพิ่มขึ้นนั้นจะนำสารอาหารและออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อที่ได้รับบาดเจ็บและช่วยลดปวดได้ด้วยการกำจัด pain-inducing mediators ที่ถูกสร้างขึ้น ซึ่งอุณหภูมิของเนื้อเยื่อที่เพิ่มขึ้นทุก 1 องศาเซลเซียส จะทำให้เมตาบอลิซึมเพิ่มขึ้นร้อยละ 10-15

4.1.3 เพิ่มความยืดหยุ่นและลดการหดตัวของเนื้อเยื่อ (increased extensibility and decreased stiffness) โดยความร้อนไปมีผลลดความหนืด (viscosity) ของสารจำพวก hyaluronan ในเนื้อเยื่อ ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการเคลื่อนตัวของ collagenous tissue และการทำงานของ proprioceptive mechanoreceptors ในพังผืดกลับมาเป็นปกติ และช่วยลดการหนาตัวและยึดกันแน่นของพังผืดที่เกิดจากการที่ไม่ค่อยได้เคลื่อนไหวได้ ซึ่งจะทำให้มีองศาการเคลื่อนไหวและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อให้ความร้อนก่อนการยืดกล้ามเนื้อจะสามารถยืดได้ง่ายและได้ความยาวที่มากขึ้น ลดอัตราเสี่ยงต่อเนื้อเยื่อฉีกขาด นอกจากนี้ กล้ามเนื้อที่ได้รับการรักษาด้วยความร้อนเฉพาะที่ซ้ำหลายครั้งจะกระตุ้นให้เกิดการสร้างเส้นเลือดใหม่และเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ด้วย

4.2 ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดผลของอุณหภูมิเพื่อการรักษา

4.2.1 ระดับอุณหภูมิของเนื้อเยื่อที่ได้รับความร้อน: เนื้อเยื่อที่ได้รับความร้อนต่างกันจะส่งผลต่อการเกิด hyperemia ที่ต่างกัน ซึ่งเนื้อเยื่อจะเกิด hyperemia ได้มากที่อุณหภูมิระหว่าง 42-45 องศาเซลเซียส และจะเกิดมากที่สุดที่ประมาณ 46 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะไม่เพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิของเนื้อเยื่อที่มากกว่า 45 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่อาจทำลายเนื้อเยื่อได้ (Robertson et al., 2009) มีการศึกษาพบว่าการรักษาด้วยแผ่นร้อน ผลของความร้อนสามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เนื้อเยื่อชั้น subcutaneous ซึ่งอยู่ลึกลงไปใต้ผิวหนัง 1-2 เซนติเมตรและมีผลคงค้างต่อเนื้อเยื่อไปอีก 48 ชั่วโมง (Wang et al., 2022)

4.2.2 ระยะเวลาของอุณหภูมิที่ใช้รักษา: การเกิด hyperemia จะเริ่มเกิดขึ้นหลังจากให้ความร้อนไปประมาณ 5 นาที แล้วค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นจนสูงสุดที่ประมาณ 50 นาที หลังจากนั้นจะคงที่ ที่ช่วงเวลา 15-30 นาที จะให้ผล hyperemia มากถึง 70-90 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเวลาที่นิยมใช้รักษาสำหรับความร้อนจึงอยู่ที่ประมาณ 15-30 นาที (Prentice, 2011; Robertson et al., 2009)

4.2.3 ขนาดของบริเวณเนื้อเยื่อที่ได้รับความร้อน: ถ้าเนื้อเยื่อที่ได้รับความร้อนมีขนาดใหญ่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยามากกว่าบริเวณเล็ก ๆ เนื่องจากผิวหนังมีตัวรับความรู้สึกร้อนกระจายอยู่มากกว่า (กันยา ปาละวีรณ., 2543) การรักษาด้วยความร้อนเพียงบริเวณแคบ ๆ หรือเฉพาะส่วนของร่างกาย สามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแกนกลาง (core temperature) ได้เพียงเล็กน้อยหรืออาจจะไม่ทำให้เปลี่ยนแปลง (Kim et al., 2020) ซึ่งการทำให้อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 43-47 องศาเซลเซียส มีความสัมพันธ์กับการลดลงของเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง อาจส่งผลให้มีอาการเป็นลม คล้ายเป็นลมแดดได้ (Mustafa et al., 2004)

4.2.4 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของเนื้อเยื่อบริเวณที่ได้รับความร้อน: ถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเร็วกว่า 0.1 องศาเซลเซียสต่อวินาที จะส่งผลต่อระดับขีดกั้น (threshold) ของความรู้สึกร้อนเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิช้ากว่า 0.1 องศาเซลเซียสต่อวินาที จะทำให้มีระดับขีดกั้นความรู้สึกร้อนเพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงช้าลง ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงมีผลต่อความรู้สึกร้อนของผู้ป่วย ซึ่งส่งผลต่อความทนทานต่อความร้อนของผู้ป่วย นอกจากนั้นการห่อแผ่นร้อนด้วยจำนวนชั้นของผ้าขนหนูที่เหมาะสมจะทำให้อุณหภูมิในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และช่วยให้ระบบไหลเวียนเลือดค่อยๆ ระบายความร้อน ซึ่งเป็นการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็วและมากเกินไป (Hecox et al., 2006; กันยา ปาละวีรณ., 2543)

4.3 ข้อบ่งชี้ของการใช้แผ่นร้อน (Hecox et al., 2006; Prentice, 2011)

- อาการปวดในระยะกึ่งเฉียบพลันและเรื้อรัง
- การอักเสบระยะกึ่งเฉียบพลันและเรื้อรังที่เกิดจากการบาดเจ็บ
- ข้อยึดติดที่เกิดจากกล้ามเนื้อและเส้นเอ็น
- กล้ามเนื้อตึงตัวหรือหดเกร็ง
- อาการฟกช้ำ

4.4 ข้อห้ามของการใช้แผ่นร้อน (Hecox et al., 2006; Prentice, 2011)

- มีการอักเสบระยะเฉียบพลันหรือการบาดเจ็บระยะแรก
- มีการติดเชื้อเฉียบพลัน หรือมีโรคผิวหนัง หรือมีแผลเปิด
- บริเวณที่มีการไหลเวียนเลือดบกพร่องหรือบริเวณที่มีอาการบวม

- บริเวณที่มีการรับความรู้สึกผิดปกติ
- บริเวณที่เป็นมะเร็ง
- ผู้ที่มีปัญหาด้านการสื่อสาร

4.5 ข้อควรระวังของการใช้แผ่นร้อน (Hecox et al., 2006; Prentice, 2011)

- ผู้ที่ตั้งครรภ์
- ผู้ที่มีกลไกการควบคุมอุณหภูมิกายไม่ดี เช่น ผู้สูงอายุ หรือเด็กเล็ก หรือผู้ที่มีความไวต่อความรู้สึกร้อน (hypersensitivity to heat)
- ผู้ป่วยโรคหัวใจ
- บริเวณที่ตามเหล็กหรือใส่โลหะ
- ได้รับสารที่มีฤทธิ์ลดปวดหรือยาชา

4.6 วิธีการรักษาด้วยแผ่นร้อน (Hecox et al., 2006; Prentice, 2011)

4.6.1 แผ่นร้อนที่พร้อมสำหรับการใช้งาน ต้องต้มในหม้อต้ม (hydrocollator unit) ที่น้ำอุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที ห่อด้วยผ้าขนหนู 6-8 ชั้น เพื่อให้อุณหภูมิที่ถ่ายเทออกมาที่ผิวหนังอยู่ในช่วง 40-45 องศาเซลเซียส (Luangaram & Veerapan, 2016)

4.6.2 วางแผ่นร้อนที่ห่อแล้วบนบริเวณที่ต้องการรักษาประมาณ 15-30 นาที อย่านำให้เลื่อนหลุดได้ แล้วคลุมทับด้วยผ้าขนหนูเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ผู้ป่วยจะต้องรู้สึกเพียงแค่อุ่นสบายถึงร้อนสบาย (mild heating) ไม่ใช้ร้อนมาก (vigorous heating อุณหภูมิมากกว่า 45 องศาเซลเซียส) เพราะอาจทำอันตรายแก่เนื้อเยื่อได้ ผู้ป่วยจะเริ่มรู้สึกอุ่น ๆ หลังจากวางแผ่นร้อนไปแล้วประมาณ 3-5 นาที และจะร้อนมากขึ้นเรื่อย ๆ จนสูงสุดที่นาทีที่ 10-15 (Luangaram & Veerapan, 2016) ถ้าผู้ป่วยรู้สึกร้อนเกินไปให้เพิ่มจำนวนชั้นของผ้าขนหนูเพื่อป้องกันผิวหนังพองไหม้ (burn) แต่ถ้าไม่รู้สึกอุ่นให้ลดจำนวนชั้นของผ้าขนหนูลงได้ นอกจากนี้ผ้าขนหนูที่ใช้ห่อแผ่นร้อนต้องเรียบทุกชั้น เพื่อให้ความร้อนกระจายสม่ำเสมอ

4.6.3 หลังจากการรักษาด้วยแผ่นร้อนเสร็จสิ้น ต้องตรวจดูผิวหนังบริเวณที่รักษาทุกครั้งเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีความผิดปกติใด ๆ เกิดขึ้น และควรนำแผ่นร้อนกลับไปต้มซ้ำ (re-heated) ในหม้อต้มอย่างน้อย 30 นาที ก่อนนำกลับไปใช้อีก

ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาที่พบว่าการรักษาด้วยความร้อนต้นมีประโยชน์กับผู้ป่วยโรคปวดออกันเรื้อรัง เช่น การรักษาด้วย Waon therapy ซึ่งเป็น dry sauna ที่ความร้อน 60 องศาเซลเซียส 15 นาทีต่อครั้ง สัปดาห์ละ 5 ครั้ง ทำต่อเนื่อง 20 ครั้ง พบว่าผู้ป่วยมีความทนทานในออก

กำลังกายและสมรรถภาพปอดเพิ่มขึ้น (Kikuchi et al., 2014) และการทำ sauna bathing 3-7 ครั้งต่อสัปดาห์ สามารถช่วยลดอุบัติการณ์ของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและลดความเสี่ยงการเกิดปอดอักเสบในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในช่วงวัยกลางคนและสูงอายุได้ (Kunutsor & Laukkanen, 2023)

4.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของความร้อนต่อความยืดหยุ่นและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบของ Nakano และคณะ ในปี ค.ศ.2010 ระบุว่าทำให้ความร้อนก่อนการยืดกล้ามเนื้อทำให้การยืดมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ช่วยให้อุณหภูมิของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นทั้งแบบทันทีและแบบต่อเนื่องคงค้าง (acute and sustained effects) โดย การเพิ่มขึ้นขององศาการเคลื่อนไหวหลังการยืดกล้ามเนื้ออาศัยกลไก 4 อย่าง คือ การเพิ่มความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (flexibility of connective tissue) การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติความยืดหยุ่นและหนืด (viscoelastic properties) การเพิ่มความยาวของซาร์โคเมอร์ (sarcomeres) และการเปลี่ยนแปลงการรับรู้แรงยืด (sensation of stretch) จากผลของการทำให้กล้ามเนื้อมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่งผลโดยตรงกับคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ (type I collagen) ซึ่งเป็นส่วนหลักที่ทำให้เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อตึงตัว ร่วมกับลดความหนืดของกล้ามเนื้อ จึงทำให้กล้ามเนื้อยืดยาวออกได้มากขึ้น นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของการไหลของเลือดมายังบริเวณที่ได้รับความร้อน ยังช่วยกำจัดของเสียในกล้ามเนื้อและลดการทำงานของกล้ามเนื้อทำให้กล้ามเนื้อผ่อนคลาย (Nakano et al., 2012)

จากการศึกษาของ Draper และคณะ ในปี ค.ศ.1998 ผลของการประคบด้วยแผ่นร้อนและอัลตราซาวด์ 1-MHz ต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อ พบว่าระยะเวลาที่ได้รับผลการรักษาจากความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ นาทีที่ 8 ไปจนถึงนาทีที่ 15 โดยสามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในเนื้อเยื่อได้ 3.4 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิร่างกายในบริเวณที่ประคบ (Draper et al., 1998) และจำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิเนื้อเยื่อให้มากกว่า 40 องศาเซลเซียส จึงจะสามารถเปลี่ยนแปลงสภาพความยืดหยุ่นให้เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 25 จากเดิมได้ ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดที่จะเพิ่มความยืดหยุ่นโดยไม่ทำให้เนื้อเยื่อที่ยืดบาดเจ็บคือ 40-45 องศาเซลเซียส (Hardy & Woodall, 1998)

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลทันที (immediate effects) ของการใช้วิธีการรักษาในทางกายภาพบำบัดในผู้ที่มี myofascial pain ที่กล้ามเนื้อ upper trapezius พบว่าแผ่นร้อนเป็นหนึ่งในเครื่องมือทางกายภาพบำบัดที่มีประสิทธิภาพ เหมาะที่จะใช้ร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อบำบัดและการรักษาอื่น ๆ ซึ่งสามารถลดอาการปวด เพิ่มความชดกั้นระดับความเจ็บปวด และเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของคอได้ทันทีหลังการรักษา (Hou et al., 2002) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาในคนปกติพบว่า การวางแผ่นร้อนที่บริเวณด้านหลังของต้นขาเป็นเวลา 20 นาที สามารถเพิ่มความยาวของ

กล้ามเนื้อ hamstring ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม (Cosgray et al., 2004) และเมื่อใช้แผ่นร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อ จะยิ่งส่งผลให้กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นมากขึ้น อย่างเช่นการศึกษาของ Lee และคณะ ในปี ค.ศ.2008 ที่พบว่า การประคบแผ่นร้อนบริเวณด้านหลังของต้นขาเป็นเวลา 20 นาที ก่อนทำ passive stretching ช่วยเพิ่มการผ่อนคลายและความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ hamstring ในเด็กที่มีภาวะ mental retardation และ hypertonia รุนแรงได้ และยังพบว่า การยืดค้างนาน 30 วินาที ให้ผลดีกว่าการยืดค้าง 10 นาที (Lee & Ng, 2008) สอดคล้องกับการศึกษาของ Funk และคณะ ในปี ค.ศ.2001 ที่พบว่า นักกีฬาที่มีความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ hamstring ต่ำกว่าค่าปกติ หลังจากประคบแผ่นร้อนบริเวณด้านหลังของต้นขาเป็นเวลา 20 นาที ร่วมกับการทำ passive stretching ที่กล้ามเนื้อ hamstring ค้างไว้ 30 วินาที สามารถเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ hamstring ได้ทันที (Funk et al., 2001)

นอกจากผลต่อความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อแล้ว ความร้อนยังนิยมใช้ก่อนการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา เพื่อเพิ่มสมรรถนะในการออกกำลังกาย อุณหภูมิกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส จะทำให้กล้ามเนื้อมีสมรรถนะในการออกกำลังกายระยะสั้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 2-5 โดยเพิ่มความเร็วในการหดตัว (contraction velocity) และเพิ่มแรงในการหดตัว (muscle force) ด้วยการเพิ่ม contractile protein binding (Racinais & Oksa, 2010) เมื่อกล้ามเนื้อได้รับความร้อนจะทำให้อุณหภูมิของเนื้อเยื่อสูงขึ้น เพิ่มเมทาบอลิซึม และเพิ่มการไหลของเลือดมาเลี้ยง ซึ่งช่วยให้กล้ามเนื้อมีแรงในการหดตัวเพิ่มขึ้น ดังเช่นในการศึกษาของ Petrosky และคณะ ในปี ค.ศ.2013 พบว่าการประคบแผ่นร้อนบริเวณกล้ามเนื้อ quadriceps และรอบ ๆ หัวเข่า เป็นเวลา 20 นาที สามารถเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับเส้นเอ็นข้อเข่า (tendon extensibility) ทั้ง anterior และ posterior cruciate ligaments และเพิ่มแรงในการงอเข่าได้ (Petrofsky et al., 2013) ในการศึกษาของ Mornas และคณะ ในปี ค.ศ.2022 พบว่าเมื่อให้อาสาสมัครอยู่ในห้องที่มีอุณหภูมิประมาณ 47 องศาเซลเซียส (passive heat exposure) จนอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายเพิ่มถึง 38.4 ± 0.3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกล้ามเนื้อเพิ่มถึง 37.0 ± 0.8 องศาเซลเซียส ทำให้ความตึงของกล้ามเนื้อและเส้นเอ็น (muscle and tendon stiffness) ลดลง การส่งสัญญาณประสาทและการหดตัวของกล้ามเนื้อดีขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้เร็วและแรงมากยิ่งขึ้น (Mornas et al., 2022)

มีข้อมูลว่าปัญหาการปวดคอ (mechanical neck pain) ส่งผลให้เกิด respiratory dysfunction ได้ ซึ่งมักพบการลดลงของการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ดังนั้น Chand และคณะ ในปี ค.ศ.2023 จึงทดลองให้ผู้ที่มีการปวดคอ อายุระหว่าง 18-35 ปี ให้ฝึก diaphragmatic breathing exercise, respiratory muscles stretch gymnastics 5 ท่า และ conventional physiotherapy ที่ประกอบด้วย การวางแผ่นร้อนและกระตุ้นลดปวด 10 นาที เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าอาสาสมัครมีค่าการขยายตัวของทรวงอกและ FEV₁ เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า

ระดับความเจ็บปวดและดัชนีวัดความบกพร่องความสามารถของคอลดลง (Chand & Vaish, 2023) นอกจากนี้ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่มีภาวะลมคั่งค้างในปอด (hyperinflation) เป็นเวลานาน เป็นเหตุให้เกิดความผิดปกติกับโครงสร้างกล้ามเนื้อหายใจ ทั้งตั้งตัว หดสั้น และอ่อนแรง ร่วมกับความผิดปกติของหน้าที่การทำงาน ซึ่งส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซ จึงกระทบต่อการทำงานของกล้ามเนื้อส่วนอื่น ๆ ด้วย โดยเฉพาะกล้ามเนื้อแขน-ขา ผู้ป่วยจึงมีอาการหอบเหนื่อย หายใจลำบาก กล้ามเนื้ออ่อนแรง และมีความทนทานในการออกกำลังกายต่ำ ในปี ค.ศ. 2020 Rehman และคณะ ได้ทำการศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อหายใจร่วมกับการประคบแผ่นร้อนเป็นเวลา 10 นาที วันละ 2 รอบ ติดต่อกัน 5 วัน พบว่าการขยายตัวของทรวงอกและความสามารถในการออกกำลังกายจากการทดสอบ 6 minute walk test ดีขึ้น (Rehman et al., 2020)

5. การตรวจการขยายตัวของทรวงอก

การตรวจการขยายตัวของทรวงอก (chest expansion measurement) เป็นการตรวจประเมินการทำงานของระบบหายใจเบื้องต้นอย่างง่าย ใช้ประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพการขยายตัวของปอดและทรวงอกระหว่างการหายใจ ซึ่งเป็นวิธีการประเมินทางอ้อมที่บ่งชี้ถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและการระบายอากาศ (Bockenauer et al., 2007; Watchie, 2010) การขยายตัวของทรวงอกสามารถวัดได้ด้วยมือหรืออุปกรณ์ เช่น สายวัด และ chest caliper จากการศึกษาของ Davis และคณะ ในปี ค.ศ. 1966 พบว่าการใช้ caliper เป็นอีกวิธีการที่สามารถใช้ในการวัดการขยายตัวสูงสุดของทรวงอกได้ แต่ไม่สามารถใช้ค่าที่วัดได้อ้างอิงกับข้อมูลปกติสำหรับการขยายตัวของทรวงอกได้ และใช้วัดทรวงอกได้ 2 มิติ คือ antero-posterior dimeter จึงไม่เลือกใช้เป็นเทคนิคในการศึกษา (Davis & Troup, 1966)

ในที่นี้จะกล่าวถึงการวัดด้วยสายวัด ซึ่งใช้ประเมินจากความแตกต่างของเส้นรอบวงของผนังทรวงอกระหว่างการหายใจเข้าและการหายใจออก แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ทรวงอกส่วนบน ทรวงอกส่วนกลาง และทรวงอกส่วนล่าง และมีวิธีการวัดดังนี้ (Watchie, 2010; ดลรวี ลีลารุ่งระยับ., 2551; ทวีศักดิ์ จรรยาเจริญ., 2552)

5.1 ตำแหน่งการคาดสายวัด: คาดสายวัดรอบอกให้กระชับพอดีและอยู่ในระดับเดียวกัน

- ทรวงอกส่วนบน: คาดสายวัดรอบอกใต้รักแร้หรือระหว่างกระดูกซี่โครงที่ 2-4
- ทรวงอกส่วนกลาง: คาดสายวัดรอบอกราวนมหรือระหว่างกระดูกซี่โครงที่ 4-6
- ทรวงอกส่วนล่าง: คาดสายวัดรอบอกระดับลิ้นปี่หรือระหว่างกระดูกซี่โครงที่ 6-10 หรือระดับกระดูกสันหลังที่ 10

5.2 วิธีการวัด: ต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ถูกวัดในการหายใจออกให้สุดและหายใจเข้าเต็มที่ในแต่ละส่วนร่วมกับความชำนาญของผู้วัด จึงจะได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ

- ผู้วัดใช้มือข้างหนึ่งจับยึดที่ปลายของสายวัด ส่วนมืออีกข้างจับสายวัดให้มากกว่าเส้นรอบวงของทรวงอกประมาณ 15-20 เซนติเมตร โดยที่ปลายสายวัดต้องไม่ซ้อนทับกัน

- ให้ผู้ถูกวัดหายใจออกให้สุด พร้อมกับผู้วัดดึงสายวัดให้ตั้งแนบกับผนังทรวงอกและอ่านค่าเส้นรอบวงที่วัดได้

- ให้ผู้ถูกวัดหายใจเข้าเต็มที่ พร้อมกับผู้วัดปล่อยปลายสายวัดด้านหนึ่งออกตามการขยายตัวของทรวงอก โดยที่สายวัดยังคงตั้งแนบกับผนังทรวงอกและอ่านค่าเส้นรอบวงที่วัดได้

- ผลต่างของเส้นรอบวงระหว่างการหายใจออกสุดและการหายใจเข้าเต็มที่ คือค่าการขยายตัวของทรวงอกในส่วนนั้น ๆ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

- ให้อาสาสมัครพักอย่างน้อย 20 วินาที แล้วทำการวัดครั้งที่ 2 ในทรวงอกแต่ละส่วน ค่าที่วัดได้ทั้ง 2 ครั้งต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.6 เซนติเมตร และเลือกค่าที่ดีที่สุดเป็นค่าการขยายตัวของทรวงอกส่วนนั้น

5.3 ค่าปกติของการขยายตัวของทรวงอก: อ้างอิงจากต่างประเทศระบุว่าทรวงอกส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง มีค่าปกติประมาณ 2-3, 3-5 และ 5-7 เซนติเมตร ตามลำดับ (Watchie, 2010; Wilkins et al., 2005) แต่สำหรับค่าการขยายตัวของทรวงอกของคนไทยที่วัดด้วยสายวัด มีค่าอ้างอิงจากการศึกษาในประชากรไทยที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 20-70 ปี จำนวน 400 คน หน่วยเป็นเซนติเมตร ดังนี้ (Songsorn, 2014)

ตารางที่ 3 ค่าปกติของการขยายตัวของทรวงอกของคนไทยที่วัดด้วยสายวัด (เซนติเมตร)

| อายุ (ปี) | ทรวงอกส่วนบน | | ทรวงอกส่วนกลาง | | ทรวงอกส่วนล่าง | |
|-----------|--------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| | เพศหญิง | เพศชาย | เพศหญิง | เพศชาย | เพศหญิง | เพศชาย |
| 20-29 | 2.97 ± 0.92 | 2.64 ± 0.72 | 3.50 ± 0.75 | 3.88 ± 0.68 | 4.27 ± 0.71 | 5.13 ± 0.79 |
| 30-39 | 2.03 ± 0.48 | 2.23 ± 0.57 | 3.07 ± 0.64 | 3.41 ± 0.74 | 4.06 ± 0.88 | 4.70 ± 0.73 |
| 40-49 | 1.87 ± 0.56 | 2.17 ± 0.72 | 2.94 ± 0.81 | 3.54 ± 0.73 | 3.88 ± 1.00 | 4.41 ± 0.72 |
| 50-59 | 1.56 ± 0.46 | 2.00 ± 0.87 | 2.68 ± 0.67 | 3.20 ± 0.90 | 3.78 ± 0.67 | 4.12 ± 0.96 |
| 60-70 | 1.44 ± 0.52 | 1.59 ± 0.76 | 2.16 ± 0.50 | 2.45 ± 0.75 | 3.18 ± 0.56 | 3.31 ± 0.82 |

ดัดแปลงจาก: ปริญญาภรณ์ สองสร และคณะ ปี พ.ศ.2557 (Songsorn, 2014)

5.4 ปัจจัยที่ทำให้การขยายตัวของทรวงอกลดลง (Watchie, 2010)

5.4.1 กล้ามเนื้อหายใจอ่อนแรง โดยเฉพาะกล้ามเนื้อกระบังลมและกล้ามเนื้อ external intercostal ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อหลักในการหายใจเข้า มักพบในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจเป็นระยะเวลานาน นอนติดเตียง ถูกจำกัดการเคลื่อนไหว ไม่รู้สติ มีความผิดปกติทางระบบประสาท เช่น อัมพาตหรือไขสันหลังระดับสูงได้รับบาดเจ็บ โรค myasthenia gravis โรค amyotrophic lateral sclerosis หรือผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ในขณะที่หายใจเข้ากล้ามเนื้อหายใจต้องทำงานเพื่อเอาชนะงานของการหายใจและทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาตรช่องอกทั้งในแนวตั้งและแนวหน้า-หลัง เมื่อกล้ามเนื้ออ่อนแรงจึงไม่สามารถหดตัวเพื่อเพิ่มปริมาตรช่องอกได้มากเท่าที่ควร ส่งผลให้ความดันในช่องอกลดลงน้อยและแตกต่างจากความดันบรรยากาศไม่มาก อากาศจึงไหลเข้าสู่ปอดน้อยทำให้ปอดขยายตัวได้ไม่มาก

5.4.2 เยื่อหุ้มปอดหนาตัวหรือมีการเพิ่มแรงดันในช่องเยื่อหุ้มปอด โดยมีน้ำ ลม หรือหนองอยู่ภายในช่องเยื่อหุ้มปอด ซึ่งเป็นการเพิ่ม elastic resistance ของปอดและทรวงอก ทำให้กล้ามเนื้อหายใจต้องทำงานมากยิ่งขึ้นเพื่อเอาชนะแรงต้านนี้

5.4.3 ปอดแฟบ เนื่องจากมีการกดเบียดถุงลมปอดหรือมีการอุดกั้นของทางเดินอากาศ เช่น มีเสมหะอุดกั้นทางเดินหายใจ มีเนื้องอกกดทับทางเดินหายใจ เป็นต้น ทำให้อากาศไม่สามารถไหลผ่านเข้าไปได้ ทำให้การขยายตัวของทรวงอกลดลงในบริเวณที่มีปอดแฟบ

5.4.4 การติดเชื้อหรือการอักเสบในระบบทางเดินหายใจ อาจทำให้มีเสมหะปริมาณมากอุดกั้นหรือมีการบวมของทางเดินหายใจ ทำให้อากาศไม่สามารถไหลผ่านเข้าไปในปอดได้

5.4.5 ผู้ที่มีความผิดปกติของทรวงอก เช่น กระดูกสันหลังคด หลังค่อม ออกบวม ออกไก่ ออกถึงเปียร์ หรือผู้ป่วยโรคข้อสันหลังอักเสบยึดติด (ankylosing spondylitis) หรือมีกระดูกซี่โครงหัก เป็นต้น ซึ่งทำให้กลไกการหายใจผิดปกติไป

จากการศึกษาของ Mohan และคณะ ในปี ค.ศ.2012 พบว่าการวัดการขยายตัวของทรวงอกด้วยการใช้สายวัด มีความน่าเชื่อถือสูง โดยค่า intraclass correlation coefficient (ICC) อยู่ระหว่าง 0.95-0.97 (Mohan et al., 2012) สำหรับการวัดการขยายตัวของทรวงอกในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พบว่ามีค่า intra-observer correlation coefficient อยู่ระหว่าง 0.84-0.95 และ inter-observer correlation coefficient อยู่ระหว่าง 0.69-0.89 (Malaguti et al., 2009)

6. การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

การประเมินกลไกการหายใจ (respiratory mechanics) และการทำงานและโครงสร้างของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle structure and function) เป็นส่วนสำคัญทั้งในทางคลินิกและการวิจัย เพราะเป็นตัวช่วยในการวินิจฉัย ประเมินประสิทธิภาพการรักษา และติดตามผลในผู้ป่วย

ที่มีอาการทางระบบหายใจ (respiratory symptoms) และผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรงประสาท (neuromuscular diseases; NMDs) ที่มีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหายใจร่วมด้วย โดยที่กล้ามเนื้อในระบบหายใจนั้นมีหน้าที่ที่สำคัญ 2 อย่าง คือ 1) ทำให้เกิดแรง (force development) ซึ่งประเมินได้จากการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน และ 2) ทำให้เกิดการหดสั้น (shortening) ซึ่งประเมินได้จากการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรปอดหรือการเคลื่อนที่ของทรวงอก ดังนั้น การวัดข้อมูลเชิงปริมาณของกล้ามเนื้อหายใจจึงนิยมวัดจากปริมาตร (volume) การเคลื่อนที่ (displacement) แรงดัน (pressure) และอัตราการเปลี่ยนแปลง (rates of change) ของตัวแปรดังกล่าวกับเวลา (American Thoracic Society/European Respiratory, 2002)

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (voluntary tests of respiratory muscle strength) เป็นหนึ่งในการประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจ ซึ่งวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในการวิจัยและในทางคลินิก คือ การวัดค่าแรงดันคงที่สูงสุดที่ปาก (maximal static inspiratory and expiratory mouth pressure) เพราะเป็นวิธีที่สามารถทดสอบได้ง่าย รวดเร็ว และไม่ลุกล้ำร่างกาย แต่ต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ทดสอบในการออกแรงเต็มที่อย่างถูกต้องในขณะทดสอบ ค่าที่ทดสอบได้เรียกว่า ค่าแรงดันหายใจเข้าสูงสุด (maximal inspiratory pressure; MIP) ซึ่งจะวัดที่ residual volume (RV) และค่าแรงดันหายใจออกสูงสุด (maximal expiratory pressure; MEP) ซึ่งจะวัดที่ total lung capacity (TLC) โดยใช้อุปกรณ์วัดแรงดันทางปาก (mouth pressure meter) เป็นตัววัดแรงดันขณะหายใจเข้าและหายใจออก (Laveneziana et al., 2019) ซึ่งวิธีการนี้สามารถบ่งบอกถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกได้จากแรงดันที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจและแรงดันที่เกิดจากการหดกลับ (passive elastic recoil pressure) ของปอดและทรวงอก (American Thoracic Society/European Respiratory, 2002) โดยค่า MIP จะมีความไวต่อการบ่งชี้ถึงความผิดปกติทางคลินิก เช่น การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ในขณะที่ค่า MEP เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของความสามารถในการไอและขับเสมหะ

6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ มีดังต่อไปนี้

6.1.1 อายุ (age): ค่า MIP และ MEP จะมีค่าลดลงเมื่อมีอายุมากขึ้น

6.1.2 เพศ (gender): เพศชายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจมากกว่าเพศหญิง เพราะเพศชายมีมวลกล้ามเนื้อที่มากกว่า โดยค่า MIP ในเพศชายมีแนวโน้มสูงกว่าในเพศหญิง และเมื่อเทียบกับอายุพบว่าทั้งเพศชายและเพศหญิง มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น

6.1.3 กิจกรรมทางกาย (physical activity) และการออกกำลังกาย (exercise): ผู้ที่มีกิจกรรมทางกายในระดับสูงและมีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอโดยเฉพาะการออกกำลังกายแบบ endurance exercise จะทำให้กล้ามเนื้อหายใจเกิดการปรับตัวให้มีความแข็งแรงทนทานมาก

ขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้ออกซิเจนในขณะที่มีการออกแรง ดังนั้นในผู้ที่ฝึกออกกำลังกายเป็นประจำจึงมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจสูงกว่าผู้ที่ไม่ได้ฝึกออกกำลังกาย จากการศึกษาของ Miranda และคณะ ในปี ค.ศ.2015 พบว่าผู้สูงอายุที่มีระดับกิจกรรมทางกายสูงจะมี ค่า MIP และ MEP สูงกว่าผู้ที่มีระดับกิจกรรมทางกายต่ำ (Miranda et al., 2015) นอกจากนั้นยังมีการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเข้า (inspiratory muscle training) ซึ่งเป็นวิธีการออกกำลังกายกล้ามเนื้อหายใจโดยตรง ที่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในผู้ใหญ่ ผู้สูงอายุ และผู้ป่วยที่มีปัญหาทางระบบหายใจ (Manifield et al., 2021)

6.1.4 รูปร่าง (body composition): คนที่มีรูปร่างผอมบางและมีมวลกล้ามเนื้อน้อยจะมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อน้อยตามไปด้วย ถึงแม้ว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนอาจจะมีปัญหากล้ามเนื้อหายใจทำงานบกพร่อง (respiratory muscle dysfunction) จากการที่มีไขมันสะสมอยู่ที่ร่างกายส่วนบน (upper-body fat distribution) มากเกินไป แต่มีการศึกษาพบว่าน้ำหนักตัวที่มากเกินไป ไม่ได้ส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Magnani & Cataneo, 2007) และยังพบว่าผู้หญิงที่มีภาวะอ้วนแต่มีมวลร่างกายไม่รวมไขมัน (lean mass) มากจะมีค่า MIP สูงกว่าผู้ที่มีมวลร่างกายน้อยและผู้หญิงที่มีน้ำหนักตัวปกติ (Costa et al., 2010)

6.1.5 ความผิดปกติของทรวงอก กล้ามเนื้อหายใจ และการทำงานของปอด จะทำให้ค่า MIP และ MEP ลดลง เนื่องจากโครงสร้างเหล่านี้เป็นตัวที่ทำให้เกิดแรงดันในขณะหายใจ

6.2 วิธีการวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจ

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเป็นการวัดแรงดันทางปาก ด้วยเครื่องวัดแรงดันหายใจที่เรียกว่า Respiratory Pressure Meter (RPM) (MicroRPM®) ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจระหว่าง 0.86-0.90 (Dimitriadis et al., 2011) และอ้างอิงวิธีการวัดจาก European Respiratory Society ปี ค.ศ. 2019 (Laveneziana et al., 2019) วัดค่า MIP โดยให้ผู้ถูกวัดอม mouthpiece ให้แนบสนิทกับปาก อย่าให้มีช่องว่างให้อากาศรั่วออกได้และหนีบจมูกด้วยคลิปหนีบจมูก จากนั้นหายใจออกจนสุด แล้วออกแรงดูดลมหายใจเข้าผ่านทาง mouthpiece ให้เต็มที่ ค้างไว้อย่างน้อย 1 วินาที แล้วหายใจออก พักอย่างน้อย 1 นาที แล้วทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง เลือกใช้ค่าที่วัดได้สูงสุด สำหรับการวัดค่า MEP จะให้ผู้ถูกวัดดูดลมหายใจเข้าทางปากจนสุดแล้วหายใจออกเต็มที่ผ่านทาง mouthpiece ค้างไว้อย่างน้อย 1 วินาที ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง แล้วเลือกใช้ค่าที่วัดได้สูงสุดเช่นเดียวกับการวัดค่า MIP

6.3 ข้อห้ามสำหรับการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Laveneziana et al., 2019)

- หลังการผ่าตัด (recent surgery) บริเวณทรวงอก ท้อง สมอ หู คอ จมูก
- ภาวะลมรั่วในช่องอก (pneumothorax)

- ภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (myocardial infarction)
- ภาวะหลอดเลือดแดงใหญ่โป่งพอง (ascending aortic aneurysm)
- ไอเป็นเลือด (hemoptysis)
- ภาวะลิ่มเลือดอุดตันในปอด (pulmonary embolism)
- ท้องเสียเฉียบพลัน/ปัสสาวะเล็ดขณะออกแรง (acute diarrhea/stress incontinence)
- ความดันโลหิตสูงรุนแรง (มากกว่า 200/120 มิลลิเมตรปรอท)
- สับสน หลงลืม (confused/demented patient)

6.4 ค่าอ้างอิงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

จากการศึกษาของ สุภัทลยา กฤษณเกรียงไกร และคณะ ในปี พ.ศ.2567 ได้ศึกษา ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนไทยสุขภาพดี อายุ 20-60 ปี ที่เป็นตัวแทนแต่ละภูมิภาคในประเทศไทย พบว่าผู้ชายอายุ 40-49 ปี จำนวน 36 คน มีค่า MIP เฉลี่ย 101.2 ± 23.7 เซนติเมตรน้ำ และค่า MEP เฉลี่ย 128.3 ± 35.8 เซนติเมตรน้ำ และในช่วงอายุ 50-60 ปี จำนวน 42 คน มีค่า MIP เฉลี่ย 107.0 ± 23.6 เซนติเมตรน้ำ และค่า MEP เฉลี่ย 147.4 ± 41.5 เซนติเมตรน้ำ (Kritsnakriengkrai et al., 2024) นอกจากนี้ยังมีการทบทวนอย่างเป็นระบบของ Sclauser Pessoa และคณะในปี ค.ศ. 2014 (Sclauser Pessoa et al., 2014) ที่ได้สรุปค่าอ้างอิงสำหรับค่าปกติของ MIP แบ่งตามช่วงอายุและเพศ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าปกติของ MIP แบ่งตามอายุและเพศ (เซนติเมตรน้ำ)

| อายุ (ปี) | ผู้ชาย ค่าเฉลี่ย (95%CI) | ผู้หญิง ค่าเฉลี่ย (95%CI) |
|-----------|--------------------------|---------------------------|
| 18-29 | 128.0 (116.3-139.5) | 97.0 (88.6-105.4) |
| 30-39 | 128.5 (118.3-138.7) | 89.0 (84.5-93.5) |
| 40-49 | 117.1 (104.9-129.2) | 92.9 (78.4-107.4) |
| 50-59 | 108.1 (98.7-117.6) | 79.7 (74.9-84.9) |
| 60-69 | 92.7 (84.6-100.8) | 75.1 (67.3-82.9) |
| 70-83 | 76.2 (66.1-86.4) | 65.3 (57.8-72.7) |

ดัดแปลงจาก Sclauser Pessoa และคณะในปี ค.ศ.2014 (Sclauser Pessoa et al., 2014)

ที่ผ่านมา ค่า MIP ที่จะนำมาอ้างอิงทางคลินิกเพื่อบ่งบอกถึงภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรง ยังไม่ได้มีการกำหนดเกณฑ์ที่ชัดเจน เนื่องจากความหลากหลายของข้อมูลทั้งด้านลักษณะของ อาสาสมัครและวิธีการวัด จนกระทั่งในปี ค.ศ.2017 Rodrigues และคณะ ได้เก็บรวบรวมข้อมูลและ นำเสนอค่า absolute maximal inspiratory pressure values หรือค่า lower limit of normal (LLN) values แยกตามเพศและอายุ ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการอ่อนแรงของ กล้ามเนื้อหายใจเข้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตรวจประเมินทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อของการ หายใจ (respiratory neuromuscular assessment) และคัดกรองผู้ที่มีภาวะกล้ามเนื้อหายใจเข้า อ่อนแรง (inspiratory muscle weakness) (Laveneziana et al., 2019; Rodrigues et al., 2017)

ตารางที่ 5 ค่า MIP ที่บ่งบอกการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (เซนติเมตรน้ำ)

| อายุ (ปี) | ผู้ชาย | ผู้หญิง |
|-----------|--------|---------|
| < 40 | 63 | 58 |
| 40-60 | 55 | 50 |
| 61-80 | 47 | 43 |
| >80 | 42 | 38 |

ดัดแปลงจาก Rodrigues และคณะ ในปี ค.ศ.2017 (Rodrigues et al., 2017)

ในปี ค.ศ. 2011 Gosselink และคณะ ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกฝนกล้ามเนื้อ หายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พบว่าการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงกล้ามเนื้อ หายใจจากค่า MIP นั้น ต้องมีเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 13.0 เซนติเมตรน้ำ จึงจะถือมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น จริง และส่งผลให้อาการทางคลินิกของผู้ป่วยดีขึ้น (Gosselink et al., 2011)

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดกลุ่มตัวอย่างถูกคำนวณด้วยโปรแกรม G*power โดยกำหนดขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง (effect size = 0.25) และกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (significant level) น้อยกว่า 0.05 ($\alpha = 0.05$) อำนาจการทดสอบ (power of the test) ที่ 80% (power (1-b) = 0.80) จำนวน 1 กลุ่ม และวัดซ้ำ 4 ครั้ง ได้ $n = 24$ แต่หลังจากเก็บข้อมูลแล้ว พบว่ามีอาสาสมัครผ่านเกณฑ์การคัดเข้าเพียง 14 คน ดังแสดงในภาพ 1 ดังนั้นจึงขอปรับมาใช้ $n = 14$ โดยอ้างอิงเหตุผลดังต่อไปนี้

1. ใช้ $n = 14$ คำนวณกลับเพื่อหาค่าอำนาจการทดสอบ ด้วยโปรแกรม G*power โดยคำนวณค่าขนาดอิทธิพลจากค่า partial h^2 ที่ได้จากการทดสอบ One-way repeated measure ANOVA ในโปรแกรม SPSS พบว่าการขยายตัวของทรวงอกส่วนบน ส่วนกลาง ส่วนล่าง MIP และ MEP มีค่า partial h^2 เท่ากับ 0.890, 0.721, 0.845, 0.804 และ 0.735 ตามลำดับ และคำนวณได้ค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 2.844, 1.607, 2.334, 2.025 และ 1.665 ตามลำดับ เนื่องจากขนาดอิทธิพลมีค่าสูงมาก จึงทำให้คำนวณอำนาจการทดสอบได้สูงสุดที่ 1.00 ทุกค่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ขนาดตัวอย่าง 14 คน มีขนาดอิทธิพลและมีอำนาจการทดสอบสูง

2. หากคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างใหม่ โดยใช้ขนาดอิทธิพลระดับสูง (effect size = 0.40) จะได้ $n = 10$ ดังนั้นขนาดตัวอย่าง 14 คน ที่เก็บข้อมูลได้ในครั้งนี้จึงถือว่าจำนวนมากกว่าที่คำนวณได้ ซึ่งหากอ้างอิงงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Rehman และคณะ ในปี ค.ศ.2020 (Rehman et al., 2020) ที่ศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อเนื้อหายใจต่อการขยายตัวของทรวงอกและระยะทางการเดิน 6 นาที ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังจำนวน 15 คน พบว่าค่าการขยายตัวของทรวงอกส่วนบนก่อนทดลองมีค่าเฉลี่ย 2.15 ± 0.78 เซนติเมตร และหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 2.61 ± 0.80 เซนติเมตร จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไม่มากแต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงว่าการยืดกล้ามเนื้อเนื้อหายใจมีอิทธิพลต่อการขยายตัวของทรวงอกส่วนบนในระดับสูง

กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ที่ได้รับการวินิจฉัยโดยแพทย์และได้รับการรักษาตาม GOLD guideline (Tamondong-Lachica et al., 2023) ซึ่งมีเกณฑ์ การคัดเลือกอาสาสมัครที่อ้างอิงมาจากการศึกษาก่อนหน้า (de Sa et al., 2017; Liu et al., 2021; Rehman et al., 2020; Wada et al., 2016) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เกณฑ์การคัดเลือก (inclusion criteria)

1. ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ในโรงพยาบาลวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก
2. ระดับความรุนแรงปานกลางถึงรุนแรงมาก (GOLD 2-3, FEV₁ 30%-79%)
3. เพศชาย อายุระหว่าง 40-70 ปี
4. ดัชนีมวลกาย 18-29 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
5. อาการคงที่ ไม่มีอาการกำเริบภายใน 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมการวิจัย
6. ไม่สูบบุหรี่หรือเลิกสูบบุหรี่แล้วอย่างน้อย 3 เดือน ก่อนเข้าร่วมการวิจัย
7. ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจน (SpO₂) มากกว่าร้อยละ 95
8. ค่าการประเมินภาวะหายใจลำบาก (Modified Medical Research Council Dyspnea Score; MMRC) ไม่เกิน 2 คะแนน

เกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria)

1. มีโรคร่วมรุนแรง (severe comorbidities) หรือมีข้อห้ามในการวัดสมรรถภาพปอด การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ และการใช้แผ่นประคบร้อนบริเวณทรวงอกและหลัง (ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลผู้ป่วยและการซักประวัติ) เช่น
 - โรคหัวใจ และโรคทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อ
 - ไอเป็นเลือด ภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอด เส้นเลือดแดงโป่ง ตัดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ วัณโรค เพิ่งได้รับการผ่าตัด หรือความดันโลหิตสูงรุนแรง (ความดันซิสโตลิก/ไดแอสโตลิก มากกว่า 200/110 มิลลิเมตรปรอท)
 - อักเสบเฉียบพลัน ติดเชื้อที่ผิวหนัง แผลเปิด มะเร็ง หลอดเลือดส่วนปลายอุดตัน
 - มีประวัติแพ้ความร้อน เป็นผื่นแดง บวม พองเมื่อโดนความร้อน
 - มีภาวะหลังค่อมรุนแรง ประเมินโดยใช้วิธี occiput-wall distance
 - มีอาการปวดคอหรือปวดหลังที่จำเพาะ (specific neck/back pain) เช่น ระบุสาเหตุการปวดหรือมีพยาธิสภาพ มีอาการปวดหรือชาร้าวไปบริเวณอื่น มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง เป็นต้น (มยุรี พิทักษ์ศิลป์., 2559)
2. ใช้เครื่องช่วยหายใจหรือเครื่องให้ออกซิเจน
3. การรับรู้ความรู้สึกร้อน-เย็น ที่ผิวหนังบริเวณทรวงอก หลัง และบ่าทั้ง 2 ข้าง ผิดปกติ
4. ไม่สามารถพูดคุยสื่อสารทำความเข้าใจกันได้ โดยประเมินจากการพูดคุย
5. มีสภาพร่างกายไม่พร้อมที่จะเข้าร่วมการวิจัย เช่น ปวดกล้ามเนื้อ มีไข้สูงกว่า 38.5 องศาเซลเซียส เป็นหวัด คัดจมูก วิงเวียน ปวดหัว ปวดท้อง เป็นต้น
6. แพทย์ไม่ยินยอมให้ผู้ป่วยเข้าร่วมโครงการวิจัย

เกณฑ์การถอน (withdrawal criteria)

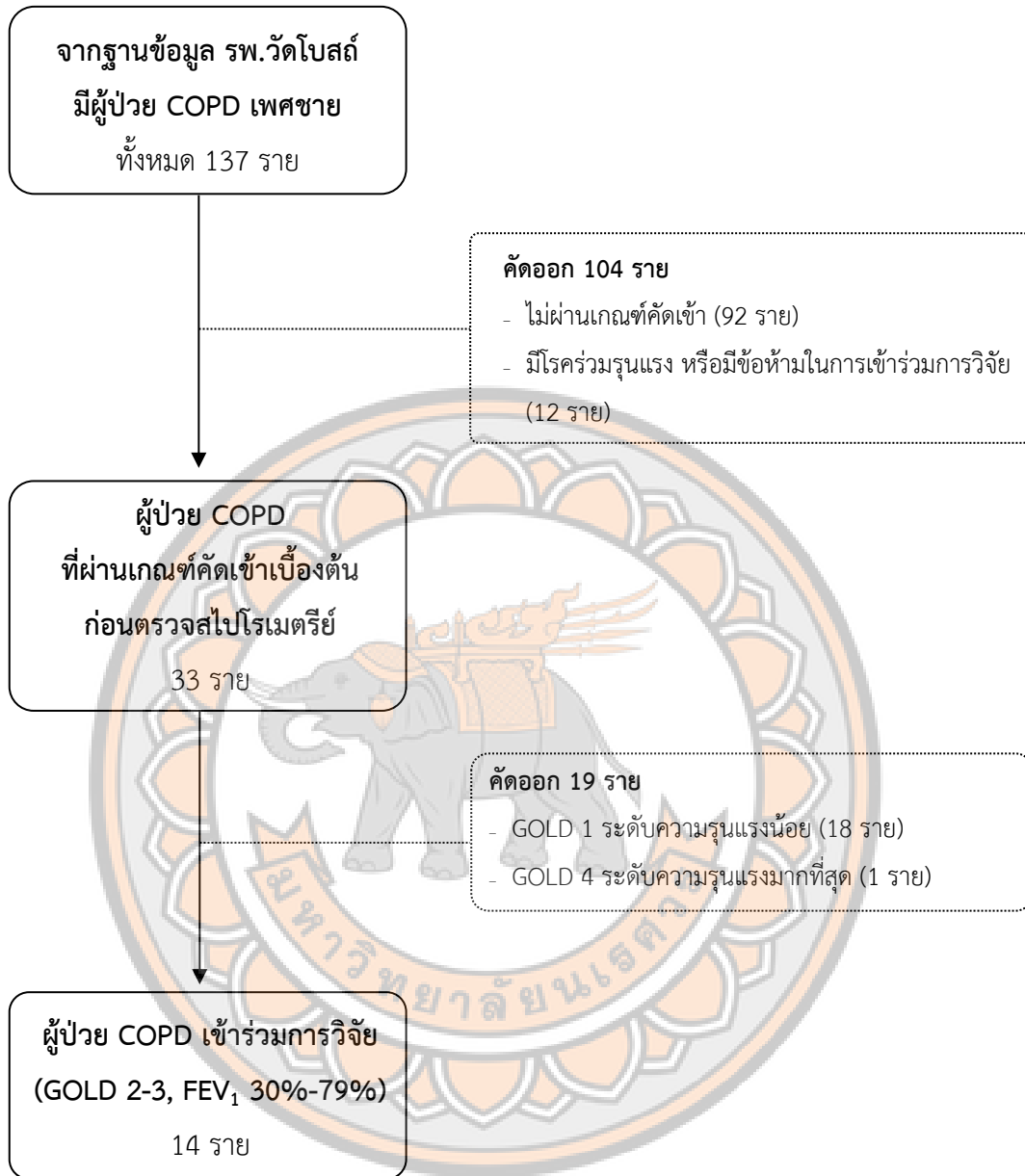
1. อาสาสมัครขอถอนตัวออกจากการศึกษาวิจัย
2. อาสาสมัครมีความผิดปกติเกิดขึ้นในระหว่างการเข้าร่วมการศึกษาวิจัย เช่น
 - มีอาการปวดเกิดขึ้นทันทีกับกล้ามเนื้อบริเวณที่ถูกยึด โดยสอบถาม numerical rating scale (NRS) มีค่าตั้งแต่ 2 คะแนน ขึ้นไป
 - วิงเวียนศีรษะ หน้ามืด คล้ายจะเป็นลม
 - กล้ามเนื้อรอบทรวงอกและกล้ามเนื้อท้องเกร็งเป็นตะคริว
 - มีอาการเหนื่อยมากขึ้นอย่างรุนแรง และมีการใช้กล้ามเนื้อช่วยในการหายใจ
3. ไม่สามารถยึดกล้ามเนื้อได้ครบตามที่กำหนด

เกณฑ์การยุติโครงการ (termination criteria)

เกิดเหตุการณ์อันตรายเป็นร้ายแรง (serious adverse event) อันมีสาเหตุมาจากการทดลอง กับอาสาสมัครอย่างน้อย 2 คน (ประมาณ 10%) เช่น อาการกำเริบหรือหมดสติ เป็นต้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบคัดกรองอาสาสมัครและบันทึกข้อมูลการวิจัย
2. แบบคัดกรองแบบประเมิน MMRC dyspnea score ฉบับภาษาไทย
3. เครื่องติดตามการทำงานของหัวใจและสัญญาณชีพ (PVM-2701, NIHON KOHDEN, Japan)
4. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด (MC720, Omron, Japan)
5. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง
6. หลอดแก้วสำหรับทดสอบการรับรู้ความรู้สึกร้อน-เย็น
7. เครื่องวัดสมรรถภาพปอด (Vyntus™ SPIRO, Vyair Medical, Germany)
8. สายวัด
9. เครื่อง Respiratory Pressure Meter (microRPM, Micro Medial Limited, UK)
10. นาฬิกาจับเวลา
11. แผ่นร้อนขนาดใหญ่ (40 x 60 เซนติเมตร) และขนาดมาตรฐาน (25 x 30 เซนติเมตร) และ hydrocollator (Packheater 2217E, Enraf-Nonius Medical Equipment, Netherlands)



ภาพที่ 1 แสดงการคัดกรองอาสาสมัคร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยยื่นเรื่องเพื่อขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร หลังจากได้รับการรับรองจากคณะกรรมการฯ แล้ว ผู้วิจัยตีพิมพ์ประกาศประชาสัมพันธ์รับอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย ตามกระดานประชาสัมพันธ์บริเวณต่าง ๆ ภายในโรงพยาบาลและคลินิกโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังของโรงพยาบาลวัดโบสถ์

2. ผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัย สามารถติดต่อกับผู้วิจัยตามหมายเลขโทรศัพท์หรือช่องทางอื่น ๆ ที่แจ้งไว้ในประกาศประชาสัมพันธ์ โดยผู้วิจัยจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัยในเบื้องต้น พร้อมกับวิธีการเตรียมตัวสำหรับการเข้าร่วมโครงการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย

- สวมใส่เสื้อผ้าที่สบายตัว ไม่รัดแน่นจนเกินไป
- นอนหลับพักผ่อนให้เพียงพอ อย่างน้อย 6 ชั่วโมง
- ไม่ดื่มกาแฟและเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ อย่างน้อย 12 ชั่วโมง
- ไม่ออกกำลังกายนานกว่า 30 นาที ภายใน 1 ชั่วโมง ก่อนเข้าร่วมการวิจัย
- หากไม่สบายหรือเจ็บป่วย เช่น ปวดกล้ามเนื้อ มีไข้ เป็นหวัด คัดจมูก วิงเวียน ปวดหัว ปวดท้อง หรือได้รับยาชา รับประทานยาแก้ปวดหรือยาที่ทำให้หัวใจเต้นเร็ว ภายใน 8 ชั่วโมงก่อนเข้าร่วมการวิจัย ให้แจ้งผู้วิจัย

ให้เวลาผู้ที่สนใจ 2-3 วัน เพื่อจะได้มีเวลาในการปรึกษาแพทย์ประจำตัวและตัดสินใจอย่างอิสระว่าจะเข้าร่วมโครงการวิจัยหรือไม่ หากตัดสินใจเข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยนัดหมายมารับทราบข้อมูลเกี่ยวกับโครงการวิจัยโดยละเอียดและดำเนินการคัดกรองอาสาสมัคร โดยนัดเป็นวันเดียวกับที่อาสาสมัครมาพบแพทย์ เพื่อให้แพทย์ตรวจร่างกาย ส่งตรวจสมรรถภาพปอด และพิจารณาอนุญาตให้อาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย

3. คัดกรองอาสาสมัคร (ช่วงที่ 1)

3.1 เมื่ออาสาสมัครมาตามนัดหมาย ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์และรายละเอียดอื่น ๆ ตามเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับอาสาสมัครในโครงการวิจัยให้อาสาสมัครรับทราบโดยไม่ปิดบังและให้เวลาเพื่อตัดสินใจอย่างอิสระในการเข้าร่วมหรือไม่เข้าร่วมโครงการวิจัยอีกครั้ง หากอาสาสมัครตัดสินใจเข้าร่วมโครงการวิจัย ผู้วิจัยขอรับรองให้อาสาสมัครลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร โดยปราศจากอิทธิพลชักจูงหรือการบีบบังคับ

3.2 สอบถามเพื่อคัดกรองอาสาสมัครตามแบบคัดกรอง

3.3 วัดความอึดตัวของออกซิเจนที่ปลายนิ้วและสอบถามภาวะหายใจลำบากด้วยแบบประเมิน MMRC dyspnea score ฉบับภาษาไทย

3.4 ทดสอบการรับความรู้สึกร้อน-เย็น (temperature sensation) ด้วยหลอดแก้วใส่น้ำร้อน-น้ำเย็น โดยให้อาสาสมัครหลับตา ผู้วิจัยใช้หลอดแก้วใส่น้ำร้อนอุณหภูมิ 40-50

องศาเซลเซียส และน้ำเย็นอุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียสอย่างละ 1 หลอด แต่บนผิวหนังบริเวณ ทรวงอก 4 จุด หลัง 4 จุด และขาข้างละ 4 จุด โดยทำสลับกันระหว่างหลอดแก้วน้ำร้อนและน้ำเย็น สอบถามว่าสามารถรับความรู้สึกร้อนหรือเย็นที่สัมผัสได้หรือไม่ และให้อาสาสมัครซึ่งบริเวณที่ได้สัมผัส ความร้อนหรือเย็น (Martin & Kessler, 2016) โดยอาสาสมัครจะต้องตอบทุกข้อทั้งหมดจึงจะคัดเข้าร่วม การวิจัย

3.5 ประเมินภาวะหลังค่อม ด้วยวิธี occiput-wall distance โดยให้อาสาสมัคร ยืนหลังชิดผนังห้องแล้ววัดระยะห่างระหว่างกระดูกคอที่ 7 (C7) กับผนัง ผู้ที่มีระยะห่างมากกว่า 8 เซ็นติเมตร ถือว่ามีภาวะหลังค่อมรุนแรง (สาวิตรี วงษ์ษา และคณะ, 2555)

3.6 ประเมินสมรรถภาพปอด (lung function test) ด้วย spirometer โดย พยาบาลวิชาชีพที่ผ่านการอบรมและได้รับการรับรองให้เป็นผู้ทดสอบสมรรถภาพปอด (แพทย์เป็นผู้ส่ง ตรวจ)

3.7 เมื่ออาสาสมัครผ่านเกณฑ์การคัดกรองแล้ว นัดหมายอาสาสมัครมาทำการ ทดลองในช่วงที่ 2 ภายใน 30 วัน นับจากวันที่ได้คัดกรอง

4. การทดลอง (ช่วงที่ 2)

4.1 เมื่ออาสาสมัครมาตามนัดหมาย ให้นั่งพักบนเก้าอี้ที่มีพนักพิงหลังอย่างน้อย 5 นาที หรือจนหายเหนื่อย สอบถามอาการผิดปกติต่าง ๆ

4.2 วัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และความอึดตัวของออกซิเจน ด้วย เครื่องติดตามการทำงานของหัวใจและสัญญาณชีพ ทำการวัด 2 ครั้ง โดยให้มิชช่วงพัก 1 นาที แล้วนำ ผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

4.3 วัดอัตราการหายใจด้วยการสังเกตการเคลื่อนไหวของทรวงอกใน 1 นาที

4.4 วัดอุณหภูมิร่างกายบริเวณหน้าผาก ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด

4.5 วัดการขยายตัวของทรวงอก (chest expansion) ด้วยสายวัด โดยวิธีการดังนี้

- ผู้วัดสาธิตและฝึกให้อาสาสมัครหายใจโดยใช้ทรวงอกส่วนบน ส่วนกลาง และ ส่วนล่าง โดยให้หายใจออกให้สุดและหายใจเข้าเต็มที่ ค้างไว้ 2 วินาที จนกระทั่งอาสาสมัครทำได้อย่าง ถูกต้อง

- ให้อาสาสมัครถอดเสื้อ ยืนตัวตรง เท้าวางราบกับพื้น กางขาออกเล็กน้อย ลำตัวและศีรษะตรง มือทั้งสองทำวเอว

- หากจุดอ้างอิงในการคาดสายวัดแล้วใช้ปากกาทำสัญลักษณ์ไว้ ดังนี้

ทรวงอกส่วนบน: ข้างกระดูกหน้าอก ตรงกับกระดูกซี่โครงที่ 2

ทรวงอกส่วนกลาง: ข้างกระดูกหน้าอก ตรงกับกระดูกซี่โครงที่ 4

ทรวงอกส่วนล่าง: ลิ้นปี่

- คาดสายวัดรอบทรวงอกให้อยู่ในระนาบเดียวกับจุดอ้างอิง โดยที่สายวัดจะถูกปิดบังตัวเลขไว้ด้วยกระดาษสีขาว เพื่อไม่ให้ผู้วัดเห็นตัวเลข
- ผู้วัดใช้มือข้างหนึ่งจับยึดที่ปลายของสายวัด ส่วนมืออีกข้างจับสายวัดให้ยาวกว่าเส้นรอบวงของทรวงอกประมาณ 15-20 เซนติเมตร โดยที่ปลายสายไม่ซ้อนทับกัน
- ให้อาสาสมัครหายใจออกให้สุด พร้อมกับผู้วัดดึงสายวัดให้ตึงแนบกับผนังทรวงอก และผู้ช่วยอีกคนใช้ปากกาขีดเส้นบนกระดาษขาวไว้เพื่อแสดงจุดเริ่มต้น
- ให้อาสาสมัครหายใจเข้าเต็มที่ พร้อมกับผู้วัดปล่อยปลายสายวัดด้านหนึ่งออกตามการขยายตัวของทรวงอก โดยที่สายวัดยังคงตึงและแนบกับผนังทรวงอก และผู้ช่วยอีกคนใช้ปากกาขีดเส้นบนกระดาษขาวไว้เพื่อแสดงจุดสิ้นสุด
- ลอกกระดาษออกจากสายวัด นำไปติดบนกระดาษ แล้วใช้ไม้บรรทัดวัดระยะห่างระหว่างเส้นที่ขีดไว้ เป็นค่าการขยายตัวของทรวงอกในส่วนนั้น ๆ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร
- ให้อาสาสมัครพักอย่างน้อย 20 วินาที แล้วทำการวัดครั้งที่ 2 และเลือกใช้ค่าที่วัดได้สูงสุด
- วัดการขยายตัวของทรวงอกส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง ตามลำดับ โดยให้มีช่วงพักอย่างน้อย 1 นาที ในทรวงอกแต่ละส่วน ค่าที่วัดได้ทั้ง 2 ครั้งต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.6 เซนติเมตร หากค่าที่ได้แตกต่างกันมากกว่าที่กำหนดนี้ ให้ทำการวัดซ้ำและเลือกค่าที่วัดได้สูงสุดเป็นการขยายตัวของทรวงอกส่วนนั้น

4.6 วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle strength) โดยวัดค่าแรงดันหายใจเข้าสูงสุดและค่าแรงดันหายใจออกสูงสุด ด้วยเครื่องวัดแรงดันหายใจ Respiratory Pressure Meter (RPM) ซึ่งได้รับการสอบเทียบเครื่องมือวัด (calibration) จากบริษัทเรียบร้อยแล้ว และใช้วิธีการวัดตามคำแนะนำของ European Respiratory Society ปี ค.ศ. 2019 (Laveneziana et al., 2019) ดังนี้

- อธิบายวิธีการทดสอบให้อาสาสมัครรับทราบและฝึกการหายใจเข้าและออกให้ถูกต้อง จากนั้นต่อ micro filter และ mouthpiece เข้ากับเครื่อง RPM
- วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า โดยให้อาสาสมัครอม mouthpiece ให้แนบสนิทกับปาก อย่าให้มีช่องว่างให้อากาศรั่วออกได้ และใส่คลิปหนีบจมูก จากนั้นหายใจออกจนสุด แล้วออกแรงดูดลมหายใจเข้าผ่านทาง mouthpiece ให้เต็มที่อย่างรวดเร็ว แรง และลึกมากที่สุด ค้างไว้ 1 วินาที แล้วหายใจออก พักอย่างน้อย 1 นาที หรือจนกว่าจะหายใจเหนื่อย แล้วทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง เลือกค่าที่มากที่สุดจากค่า 3 ค่า ที่มีความแตกต่างกันน้อยกว่า 10% เพื่อรายงานผลเป็นค่า maximum inspiratory pressure (MIP) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรน้ำ

- พัก 5 นาที หรือจนกว่าจะหายเหนื่อย
- วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก โดยให้อาสาสมัครอม mouthpiece ให้แนบสนิทกับปาก อย่าให้มีช่องว่างให้อากาศรั่วออกได้ และใส่คลิปหนีบจมูก จากนั้นดูดลมหายใจเข้าทางปากจนสุดแล้วหายใจออกผ่านทาง mouthpiece ให้เต็มที่อย่างรวดเร็ว แรง และยาวมากที่สุด ค้างไว้ 1 วินาที พักอย่างน้อย 1 นาที หรือจนกว่าจะหายเหนื่อย แล้วทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง เลือกค่าที่มากที่สุดจากค่า 3 ค่า ที่มีความแตกต่างกันน้อยกว่า 10% เพื่อรายงานผลเป็นค่า maximum expiratory pressure (MEP) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรน้ำ
- หากค่าที่วัดได้แตกต่างกันมากกว่า 10% ให้ทำการวัดซ้ำ

4.7 วิธีการทดลอง (intervention) (de Sa et al., 2017; Rehman et al., 2020)

- ประคบร้อนด้วยแผ่นร้อนที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นครั้งแรก เป็นเวลา 20 นาที โดยใช้แผ่นร้อนที่ต้มในถัง hydrocollator ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 70-75 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง (Luangaram & Veerapan, 2016) จากการทำ pilot study พบว่า แผ่นร้อนจะต้องห่อด้วยผ้าขนหนูจำนวน 10 ชั้น (หนาประมาณ 3 เซนติเมตร) เพื่อให้ได้อุณหภูมิระหว่างผิวหนังและผิวหนังสุดของผ้าอยู่ระหว่าง 40-45 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลา 20 นาที ประคบร้อนบริเวณหลังของอาสาสมัครโดยใช้แผ่นร้อนขนาดใหญ่ ห่อด้วยผ้าขนหนูจำนวน 10 ชั้น วางบนเตียงแล้วให้อาสาสมัครนอนทับ โดยให้ขอบบนของแผ่นร้อนอยู่สูงกว่าบ่าแล้วใช้ผ้ารองด้านล่างเพื่อดันให้แผ่นร้อนโค้งขึ้นมากุมบ่ามากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ประคบร้อนบริเวณหน้าอกโดยใช้แผ่นร้อนขนาดมาตรฐาน 2 แผ่น ห่อด้วยผ้าขนหนูจำนวน 10 ชั้น วางบริเวณอกทั้ง 2 ข้าง โดยให้ขอบบนของแผ่นร้อนอยู่สูงกว่ากระดูกไหปลาร้าและพยายามวางให้ครอบคลุมบริเวณทรวงอกด้านหน้า ในระหว่างการประคบร้อนอาสาสมัครต้องรู้สึกอุ่นสบาย ไม่รู้สึกแสบร้อน หากรู้สึกร้อนเกินไปให้แจ้งกับผู้วิจัยเพื่อเพิ่มชั้นของผ้าขนหนู

- การยืดกล้ามเนื้อหายใจ โดยยืดกล้ามเนื้อตามลำดับดังนี้ pectoralis major, pectoralis minor, upper trapezius, scalene, sternocleidomastoid, intercostals พร้อมกับ anterior serratus และ abdominal ยืดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค passive stretching ในกล้ามเนื้อ pectoralis minor, intercostals, anterior serratus และ abdominal ซึ่งผู้วิจัยจะยืดกล้ามเนื้ออาสาสมัครไปจนสุดเท่าที่อาสาสมัครทนได้ ค้างไว้ 10 วินาที แล้วผ่อนกลับมาที่จุดเริ่มต้น ทำ 10 ครั้ง ต่อรอบ แล้วพัก 1 นาที ทำซ้ำ 2 รอบ และยืดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค hold-relax pectoralis ในกล้ามเนื้อ major, upper trapezius, scalene และ sternocleidomastoid ซึ่งให้ผู้วิจัยยืดกล้ามเนื้ออาสาสมัครไปจนสุดเท่าที่อาสาสมัครทนได้ แล้วให้อาสาสมัครทำ isometric contraction ต้านกับแรงของผู้วิจัยค้างไว้ 3 วินาที แล้วผ่อนคลาย จากนั้นผู้วิจัยยืดกล้ามเนื้อออกไปอีกจนสุดแล้ว

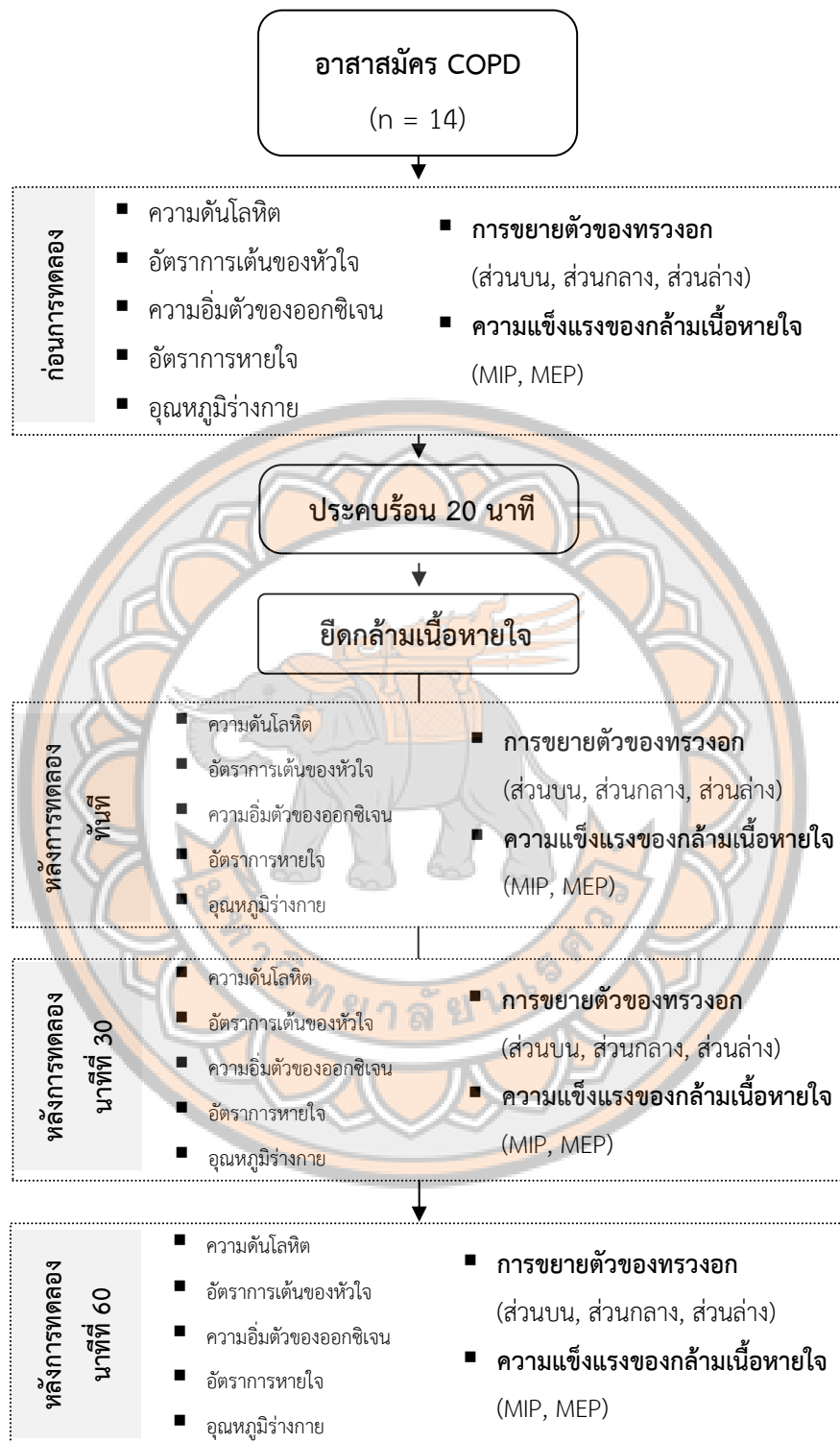
ค้างไว้ 15 วินาที ทำ 3 ครั้งต่อรอบ พัก 1 นาที แล้วทำซ้ำ 3 รอบ โดยมีการจัดท่าและวิธีการยึดตั้งที่ระบุไว้ในตารางที่ 2

4.8 หลังการทดลองเสร็จสิ้นให้อาสาสมัครนั่งพักบนเก้าอี้ที่มีพนักพิง แล้ววัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ ความอึดตัวของออกซิเจน อัตราการหายใจ อุณหภูมิร่างกาย การขยายตัวของทรวงอก และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ เพื่อเป็นข้อมูลหลังการทดลองทันที (นาทีที่ 0) หลังการทดลอง 30 นาที และหลังการทดลอง 60 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำเสนอข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\text{mean} \pm \text{SD}$)
2. ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้ Shapiro-wilk test
3. เปรียบเทียบข้อมูลก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที หลังการทดลอง 30 นาที และหลังการทดลอง 60 นาที โดยใช้สถิติ One-way repeated measure ANOVA with Bonferroni correction
4. กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$





ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาผลทันทีและผลระยะสั้นของการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจต่อการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในอาสาสมัครโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเพศชาย ทั้งหมด 14 คน ซึ่งเป็นผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังของโรงพยาบาลวัดโบสถ์ที่ได้รับการวินิจฉัยโดยแพทย์และได้รับการรักษาตาม GOLD guideline มีอาการคงที่และไม่มีอาการกำเริบภายใน 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมการวิจัย

อาสาสมัครมีค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย 22.43 ± 3.46 อยู่ในเกณฑ์ปกติ นอกจากนี้อาสาสมัครทั้งหมดยังมีระดับความรุนแรงของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่ระดับปานกลาง (GOLD level 2) และจากค่า MMRC แสดงให้เห็นว่าอาสาสมัครมีภาวะหายใจลำบากน้อยและสามารถทำกิจกรรมที่เป็นกิจวัตรประจำวันได้โดยไม่หอบเหนื่อย ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 6

ก่อนการทดลองพบว่าอาสาสมัครทุกคนมีค่าความดันไดแอสโตลิก อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิร่างกาย และความอึดตัวของออกซิเจนอยู่ในเกณฑ์ปกติ มีอาสาสมัคร 3 คน ที่มีค่าความดันซิสโตลิกสูงกว่าปกติ คือ 153, 151 และ 142 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งสัมพันธ์กับการมีโรคประจำตัวเป็นความดันโลหิตสูง และมีอาสาสมัคร 1 คน ที่มีอัตราการหายใจสูงกว่าปกติ คือ 25 ครั้งต่อนาที หลังจากประคบแผ่นร้อนและยืดกล้ามเนื้อ ผู้วิจัยทำการวัดค่าสัญญาณชีพควบคู่ไปกับการวัดการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทุกครั้ง พบว่าสัญญาณชีพมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและอยู่ในช่วงของค่าปกติ สำหรับอาสาสมัครที่มีค่าสูงกว่าปกติทั้ง 4 คนนั้น พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงจากก่อนการทดลองเล็กน้อยและไม่พบความผิดปกติอย่างอื่นเกิดขึ้น จากการสอบถามอาการและความรู้สึกหลังประคบร้อนและยืดกล้ามเนื้อ พบว่าอาสาสมัครส่วนใหญ่รู้สึกสบายตัวและผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ไม่มีอาการปวด ระบม วิงเวียนศีรษะ หน้ามืด หรือเป็นตะคริว (ข้อมูลไม่นำเสนอเนื่องจากไม่ใช่ตัวแปรของการศึกษาและเป็นเพียงการประเมินการตอบสนองของร่างกายและความปลอดภัยเบื้องต้นของการประคบร้อนและการยืดกล้ามเนื้อเท่านั้น)

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

| ข้อมูล | |
|-------------------------------------|--------------------|
| อายุ (ปี) | 60.50 \pm 5.45 |
| 50-59 ปี (คน) | 7 |
| 60-70 ปี (คน) | 7 |
| น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) | 60.81 \pm 12.06 |
| ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร) | 22.43 \pm 3.46 |
| ระยะเวลาตั้งแต่ถูกวินิจฉัยโรค (ปี) | 6.07 \pm 5.99 |
| น้อยกว่า 2 ปี (คน) | 4 |
| 2-5 ปี (คน) | 4 |
| 6-10 ปี (คน) | 2 |
| มากกว่า 10 ปี (คน) | 4 |
| FEV ₁ /FVC (%) | 73.69 \pm 11.77 |
| FEV ₁ (ร้อยละ) | 70.43 \pm 6.72 |
| GOLD level 2 (คน) | 14 |
| MMRC (คะแนน) | 0.71 \pm 0.73 |
| สัญญาณชีพก่อนการทดลอง | |
| ความดันซิสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท) | 132.14 \pm 13.00 |
| ความดันไดแอสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท) | 73.57 \pm 8.96 |
| อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที) | 74.93 \pm 9.03 |
| อัตราการหายใจ (ครั้งต่อนาที) | 18.93 \pm 3.12 |
| อุณหภูมิร่างกาย (องศาเซลเซียส) | 36.82 \pm 0.30 |
| ความอิ่มตัวของออกซิเจน (ร้อยละ) | 97.43 \pm 1.22 |

หมายเหตุ: FEV₁ คือ forced expiratory volume in 1 second, MMRC คือ modified medical research council dyspnea score

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ผู้วัดการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเป็นคนเดียวกันตลอดการทดลอง โดยได้ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้วัด (intra-rater

reliability) ในอาสาสมัครเพศชายจำนวน 10 คน พบว่ามีค่า ICC(3,1) ของการวัดการขยายตัวของทรวงอกส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง เท่ากับ 0.915, 0.972 และ 0.955 ตามลำดับ โดยค่า SEM ของการวัดขยายตัวของทรวงอกส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง เท่ากับ 0.128, 0.101 และ 0.159 ตามลำดับ และค่า ICC(3,1) ของการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (MIP) และการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (MEP) มีค่าเท่ากับ 0.906 และ 0.937 ตามลำดับ แสดงว่าผู้วัดมีความน่าเชื่อถือในระดับสูงมาก

การเปลี่ยนแปลงของการขยายตัวของทรวงอก

ก่อนการทดลองพบว่าการขยายตัวของทรวงอกส่วนกลางและส่วนล่างในอาสาสมัครมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าค่าปกติของชายไทยอายุระหว่าง 50-70 ปี ในขณะที่การขยายตัวของทรวงอกส่วนบนมีค่ามากกว่าค่าปกติ แต่หลังจากการทดลองประคบร้อนและยืดกล้ามเนื้อ พบว่าการขยายตัวของทรวงอกทั้ง 3 ส่วนมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างภายในตัวแปรการขยายตัวของทรวงอกแต่ละส่วนที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ด้วยสถิติ One-way repeated measure ANOVA พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และเมื่อทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วย Bonferroni พบว่าค่าเฉลี่ยของการขยายตัวของทรวงอกทั้ง 3 ส่วน หลังการทดลองในนาทิตี่ 0, 30 และ 60 มีค่ามากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าหลังการทดลอง การขยายตัวของทรวงอกส่วนบนและส่วนล่างมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันคือ มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงนาทิตี่ 30 แล้วจึงลดลง โดยในนาทิตี่ 30 มีค่าเพิ่มขึ้นจากนาทิตี่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากนั้นในนาทิตี่ 60 มีค่าลดลงจากนาทิตี่ 30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การขยายตัวของทรวงอกกลางมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงนาทิตี่ 60 โดยในนาทิตี่ 30 มีค่าไม่แตกต่างจากนาทิตี่ 0 และ 60 ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาถึงค่าการเปลี่ยนแปลงในช่วงหลังการทดลองเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองพบว่าหลังการทดลองในนาทิตี่ 0, 30 และ 60 การขยายตัวของทรวงอกส่วนบนมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.61, 1.18 และ 0.86 เซนติเมตร ตามลำดับ การขยายตัวของทรวงอกส่วนกลางมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.51, 0.81 และ 0.90 เซนติเมตร ตามลำดับ และการขยายตัวของทรวงอกส่วนล่างมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.61, 1.19 และ 0.72 เซนติเมตร ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

ก่อนการทดลองพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจทั้งค่า MIP และ MEP ในอาสาสมัครมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าค่าปกติ แต่หลังจากการทดลองประคบร้อนและยืดกล้ามเนื้อ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างภายในตัวแปร MIP และ MEP ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ด้วยสถิติ

One-way repeated measure ANOVA พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และเมื่อทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วย Bonferroni พบว่าค่าเฉลี่ยของ MIP และ MEP หลังการทดลองในนาที่ที่ 0, 30 และ 60 มีค่ามากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าหลังการทดลอง ค่า MIP และ MEP มีการเพิ่มขึ้นและมีค่ามากที่สุดที่นาที่ที่ 30 แล้วจึงลดลง โดยที่ค่า MIP ในนาที่ที่ 30 มีค่าเพิ่มขึ้นจากนาที่ที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.023$) และในนาที่ที่ 60 มีค่าลดลงจากนาที่ที่ 30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.016$) แต่มีค่าไม่แตกต่างจากนาที่ที่ 0 ($p > 0.05$) ในขณะที่ค่า MEP ในนาที่ที่ 30 มีค่าไม่แตกต่างจากนาที่ที่ 0 ($p=0.582$) และในนาที่ที่ 60 มีค่าลดลงจากนาที่ที่ 0 และ 30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาถึงค่าการเปลี่ยนแปลงในช่วงหลังการทดลองเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง พบว่าหลังการทดลองในนาที่ที่ 0, 30 และ 60 ค่า MIP มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 11.07, 17.64 และ 13.64 เซนติเมตรน้ำ ตามลำดับ และค่า MEP มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 9.43, 12.43 และ 4.50 เซนติเมตรน้ำ ตามลำดับ



ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

| ตัวแปร | ก่อนการทดลอง | 95% CI | หลังการทดลอง | | | | p-value* |
|--|-------------------|-------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------|----------|
| | | | นาทีที่ 0 | นาทีที่ 30 | นาทีที่ 60 | 95% CI | |
| การขยายตัวของทรวงอก (เซนติเมตร) | | | | | | | |
| ส่วนบน | 2.35 \pm 0.44 | 2.09-2.60 | 2.96 \pm 0.41 ^a | 3.53 \pm 0.47 ^{a,b} | 3.21 \pm 0.51 ^{a,b,c} | 2.92-3.50 | <0.001 |
| ส่วนกลาง | 2.74 \pm 0.61 | 2.09-2.60 | 3.24 \pm 0.49 ^a | 3.54 \pm 0.64 ^a | 3.64 \pm 0.61 ^{a,b} | 2.92-3.50 | <0.001 |
| ส่วนล่าง | 2.76 \pm 0.75 | 2.32-3.19 | 3.38 \pm 0.81 ^a | 3.96 \pm 0.80 ^{a,b} | 3.49 \pm 0.91 ^{a,b,c} | 2.96-4.01 | <0.001 |
| ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (เซนติเมตรน้ำ) | | | | | | | |
| MIP | 71.21 \pm 19.59 | 59.90-82.52 | 82.29 \pm 19.01 ^a | 88.86 \pm 21.01 ^{a,b} | 84.86 \pm 20.74 ^{a,c} | 72.88-96.82 | <0.001 |
| MEP | 71.93 \pm 21.45 | 59.54-84.31 | 81.36 \pm 21.68 ^a | 84.36 \pm 24.05 ^a | 76.43 \pm 22.53 ^{a,b,c} | 63.41-89.43 | <0.001 |

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ One-way repeated measure ANOVA (p<0.001)

a แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบเกี่ยวกับข้อมูลก่อนการทดลอง (p<0.05)

b แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบเกี่ยวกับข้อมูลหลังการทดลองนาทีที่ 0 (p<0.05)

c แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบเกี่ยวกับข้อมูลหลังการทดลองนาทีที่ 30 (p<0.05)

MIP: Maximal inspiratory pressure, MEP: Maximal expiratory pressure

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

การประคบร้อนที่บริเวณทรวงอกด้านหน้าและด้านหลังเป็นเวลา 20 นาที ก่อนการยืดกล้ามเนื้อหายใจ ทำให้การขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังระดับปานกลางมีค่าเพิ่มขึ้นทันทีหลังการทดลองและมีผลคงค้างอยู่มากกว่า 30 นาที แสดงให้เห็นว่าการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจช่วยให้กล้ามเนื้อเกิดการคลายตัวและลดการหดรั้ง ดังนั้นทรวงอกจึงมีความยืดหยุ่นสามารถขยายตัวได้มากขึ้นและกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกสามารถหดตัวทำงานได้ดีขึ้น

อภิปรายผล

ภาวะถุงลมโป่งพองและหลอดลมอักเสบในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังทำให้มีการจำกัดการไหลของอากาศเข้า-ออกปอดและการคั่งค้างของอากาศในปอดปริมาณมากเป็นเวลานาน จนเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและรูปร่างของทรวงอก เช่น ทรวงอกมีลักษณะเป็นรูปถังเปียร์ทำให้กล้ามเนื้อ external intercostal และกะบังลมเกิดการหดสั้น ในขณะที่กล้ามเนื้อ internal intercostal ถูกยืดยาวออก กล้ามเนื้อหายใจอ่อนแรง ขั้วต่อบริเวณทรวงอกยึดติด ผนังทรวงอกและปอดสูญเสียความยืดหยุ่น เป็นต้น ซึ่งความผิดปกติที่เกิดขึ้นเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการทำงานของหัวใจของผู้ป่วย ทำให้ผู้ป่วยมีอาการเหนื่อยง่ายและหายใจลำบาก (Gea et al., 2013; McKenzie et al., 2009; O'Donnell et al., 2015) จากพยาธิสภาพที่ทำให้กล้ามเนื้อรอบทรวงอกเกิดการหดสั้นและอ่อนแรง ร่วมกับผนังทรวงอกยึดติด ทำให้การเคลื่อนไหวของทรวงอกลดลง จึงมีการใช้เทคนิคการรักษาต่าง ๆ มาช่วยลดการยึดรั้งของกล้ามเนื้อและการติดของข้อบริเวณทรวงอก เพื่อทำให้กล้ามเนื้อและทรวงอกกลับมามีความยืดหยุ่นเคลื่อนไหวได้มากขึ้น และช่วยให้ผู้ป่วยสามารถหายใจได้ดีขึ้น (Roh et al., 2021)

ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยทดลองใช้การประคบแผ่นร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจและอยู่รอบทรวงอก ในกลุ่มกล้ามเนื้อหายใจเข้า ประกอบด้วย pectoralis major, pectoralis minor, upper trapezius, scalenus, sternocleidomastoid และ anterior serratus และในกลุ่มกล้ามเนื้อหายใจออก ประกอบด้วย intercostals และ abdominal ด้วยเทคนิค passive stretching และ hold-relax พบว่าการขยายตัวของทรวงอกทั้งส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง รวมทั้งค่า MIP และ MEP ที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกนั้น

มีค่าเพิ่มขึ้นทันทีหลังการทดลองและมีค่าสูงกว่าก่อนการทดลองไปจนถึงนาทีที่ 60 กลไกที่ทำให้การขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเพิ่มขึ้นหลังจากการประคบร้อนและยืดกล้ามเนื้อ อาจเกิดจากผลของเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อที่อาศัยกลไกทางระบบประสาทต่อกล้ามเนื้อแบบ autogenic inhibition ส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดการคลายตัว เพิ่มความยาวและความยืดหยุ่นมากขึ้น (Sharman et al., 2006) ในการศึกษาของ Nakamura และคณะ ในปี ค.ศ. 2014 พบว่าการที่เส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกยืดแบบ static stretching ต่อเนื่อง ชักนำไปให้เกิดการตอบสนองของ Golgi tendon organs และ nociceptors ทำให้เกิดการยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อ เป็นผลมาจากกลไกการทำงานช้าลง และการลด integral value ของ stretch reflex รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของ flexibility ของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังพบว่า sarcomere และ tendons มีความยาวเพิ่มมากขึ้น กลับมาใกล้เคียง optimal-length และเนื่องจากความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อส่งผลต่อแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ สัมพันธ์กับหลัก length tension relationship หลังการยืดกล้ามเนื้อจึงทำให้กล้ามเนื้อหายใจเข้าและหายใจออกสามารถหดตัวและคลายตัวได้ดีขึ้น (Gordon et al., 1966; Nakamura et al., 2014) กล้ามเนื้อหายใจจึงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มการทำงานของปอดได้ (Putt et al., 2008) สอดคล้องกับการศึกษาของ Wada และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 (Wada et al., 2016) ที่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อหายใจด้วยเทคนิคเดียวกันนี้ ไปเพิ่มค่าจลศาสตร์การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อลำตัว (thoracoabdominal kinematics) และการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle activity) ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังระดับปานกลางถึงรุนแรง แสดงว่าการยืดกล้ามเนื้อช่วยให้กล้ามเนื้อหายใจกลับมาทำงานได้ดีขึ้น ประกอบกับการประคบร้อนด้วยแผ่นร้อน ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการรักษาด้วยความร้อนต้นที่ทำให้หลอดเลือดเกิดการขยายตัวเพื่อเพิ่มการไหลเวียนเลือดและเมทาบอลิซึม ทำให้เพิ่มความยืดหยุ่นและลดการหดตัวของเนื้อเยื่อได้ โดยความร้อนไปมีผลลดความหนืดของสารจำพวก hyaluronan ในเนื้อเยื่อ ซึ่งทำให้ความสามารถในการเลื่อนตัวของ collagenous tissue และการทำงานของ proprioceptive mechanoreceptors ในเนื้อเยื่อกลับมาเป็นปกติ และยังช่วยลดการหนาตัวและยึดกันแน่นของพังผืดที่เกิดจากการที่ไม่ค่อยได้เคลื่อนไหว (Freiwald et al., 2021) ดังนั้นเมื่อให้ความร้อนก่อนการยืดกล้ามเนื้อจึงสามารถยืดได้ง่ายและได้ความยาวที่มากขึ้น และยังลดอัตราเสี่ยงต่อเนื้อเยื่อฉีกขาดได้ด้วย (Nakano et al., 2012) จึงเป็นการสนับสนุนว่าการใช้ 2 เทคนิคนี้ร่วมกันสามารถช่วยให้ผู้ป่วยมีการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจที่ดีขึ้น

จากผลการศึกษาก่อนการทดลอง อาสาสมัครมีค่าการขยายตัวของทรวงอก ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างเฉลี่ยเท่ากับ 2.35 ± 0.44 , 2.74 ± 0.61 และ 2.76 ± 0.75 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงของการขยายตัวของทรวงอกส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง

ในประชากรไทยเพศชายที่มีสุขภาพดี อายุ 50-70 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.59-2.00, 2.45-3.20 และ 3.31-4.12 เซนติเมตร (Songsorn, 2014) จะเห็นได้ว่าอาสาสมัครที่เป็นผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังระดับปานกลางในการศึกษานี้ มีค่าการขยายตัวของทรวงอกส่วนบนมากกว่าค่าปกติ การขยายตัวของทรวงอกส่วนกลางอยู่ในช่วงปกติ และการขยายตัวของทรวงอกส่วนล่างมีค่าน้อยกว่าปกติ แต่หลังจากได้รับการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแล้ว ทำให้การขยายตัวของทรวงอกส่วนบนส่วนกลาง และส่วนล่างเพิ่มขึ้นทันทีและมีผลคงค้างอยู่ถึงนาที่ที่ 60 ถึงแม้ว่าค่าการขยายตัวของทรวงอกส่วนบนและส่วนล่างจะมีค่าสูงสุดอยู่ที่นาที่ที่ 30 (3.53 ± 0.47 และ 3.64 ± 0.61 เซนติเมตร) แล้วลดลง ไม่เหมือนกับการขยายตัวของทรวงอกส่วนกลางที่ยังคงมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงนาที่ที่ 60 (3.96 ± 0.80 เซนติเมตร) แต่เป็นการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและไม่แตกต่างจากนาที่ที่ 30 สาเหตุที่ทรวงอกส่วนกลางมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าส่วนอื่นนั้น มาจากลักษณะโครงสร้างการวางตัวของกระดูกซี่โครงและชีวกลศาสตร์ของทรวงอกส่วนกลางที่เกิดการเคลื่อนไหวได้น้อยกว่าส่วนอื่น แต่ทั้งนี้ค่าที่วัดได้ยังคงมีค่ามากกว่าก่อนการทดลองและมากกว่าค่าปกติในประชากรไทย แสดงให้เห็นว่าการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกได้ ซึ่งน่าจะมาจากกล้ามเนื้อหายใจและกล้ามเนื้อรอบทรวงอกที่หดสั้นเกิดการคลายตัวกลับมามีความยาวที่เหมาะสม (optimal length) จึงสามารถหดตัวได้ดี (de Sa et al., 2017) ร่วมกับผนังทรวงอกมีความยืดหยุ่นและเคลื่อนไหวได้มากขึ้นผ่านกลไกต่าง ๆ ดังที่อธิบายไว้ข้างต้น (Nakano et al., 2012)

จากการศึกษาของ Reddy และคณะ ในปี ค.ศ. 2018 พบว่าการขยายตัวของทรวงอกส่วนบนและส่วนล่างมีความสัมพันธ์กับค่า FVC และ FEV1/FVC ดังนั้นการเคลื่อนไหวของทรวงอกจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง นอกจากนี้ยังเป็นการศึกษาเดียวที่มีการคำนวณหาค่า smallest detectable change (SDC) ของการขยายตัวของทรวงอกส่วนบนและส่วนล่างของผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง มีค่าระหว่าง 2.24-3.60 และ 3.90-4.40 ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าหลังการทดลองในนาที่ที่ 0, 30 และ 60 การขยายตัวของทรวงอกส่วนบนมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.61, 1.18 และ 0.86 เซนติเมตร และการขยายตัวของทรวงอกส่วนล่างมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.61, 1.19 และ 0.72 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าน้อยกว่าค่า SDC มาก ทั้งนี้ในการศึกษาดังกล่าวได้ให้คำอธิบายไว้ว่า การคำนวณได้ค่า SDC ที่สูงมากอาจทำให้นำไปอ้างอิงได้ยาก แต่หากต้องการการเปลี่ยนแปลงในทางคลินิกจริง ๆ อาจต้องใช้ค่าความต่างที่มาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของการขยายตัวของทรวงอกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง รวมถึงพยาธิสภาพของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่ทำให้การเคลื่อนไหวของทรวงอกลดลง ในการศึกษาที่ผ่านมาจึงไม่พบการเปลี่ยนแปลงมากขนาดนั้น จึงมักจะใช้การอ้างอิงถึงค่าปกติ เพื่อแสดงถึงการขยายตัวของทรวงอกที่ปกติ ประกอบกับวิธีการวัดที่ถูกต้อง ซึ่งต้องวัดซ้ำ 2 ครั้ง และค่าที่วัดได้ทั้ง 2 ครั้งต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.6 เซนติเมตร

(Bockenbauer et al., 2007) นอกจากนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ใช้ความร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจ โดยการประคบแผ่นร้อนไฟฟ้าที่บ่าทั้ง 2 ข้าง ร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจด้วยเทคนิค passive stretching ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พบว่าการขยายตัวของทรวงอกส่วนบนเพิ่มขึ้น 0.46 เซนติเมตร ในขณะที่การขยายตัวของทรวงอกส่วนล่างเพิ่มขึ้นเพียง 0.23 เซนติเมตร (Rehman et al., 2020) จะเห็นว่ามีเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจาก ในการศึกษาครั้งนี้ได้วางแผ่นร้อนครอบคลุมทั้งบริเวณหลังและหน้าอก ทำให้กล้ามเนื้อได้รับความร้อนในบริเวณที่กว้างกว่าและใช้การยืดด้วยเทคนิค hold-relax ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่า passive stretching ถึงแม้ว่าการศึกษานี้เกี่ยวกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังจะมีความแตกต่างในเทคนิคการยืดและกลุ่มกล้ามเนื้อที่ถูกยืด (Minoguchi et al., 2002) รวมไปถึงนำไปทดลองใช้ร่วมกับการรักษาอื่น ๆ (Liu et al., 2021; Wada et al., 2016) แต่ล้วนแสดงให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อช่วยเพิ่มการเคลื่อนไหวของทรวงอก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพการหายใจของผู้ป่วยดีขึ้น ลดการคั่งค้างของอากาศในปอด ลดอาการหอบเหนื่อย และเพิ่มคุณภาพชีวิตได้

กล้ามเนื้อหายใจเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรปอดและการเคลื่อนที่ของทรวงอก ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจนั้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการขยายตัวของทรวงอกและความสามารถในการออกกำลังกาย (Padkao and Boonla, 2020) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจวัดได้จากค่า MIP และ MEP (Laveneziana et al., 2019) ซึ่งวิธีการนี้สามารถบ่งบอกถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกได้จากแรงดันที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจและแรงดันที่เกิดจากการหดกลับ (passive elastic recoil pressure) ของปอดและทรวงอก (American Thoracic Society/European Respiratory, 2002) ก่อนการทดลองพบว่าอาสาสมัครมีค่า MIP และ MEP น้อยกว่าค่าปกติ ซึ่งในคนไทยสุขภาพดี อายุ 50-60 ปี มีค่าเฉลี่ย MIP เท่ากับ 107.0 ± 23.6 เซนติเมตรน้ำ และค่าเฉลี่ย MEP เท่ากับ 147.4 ± 41.5 เซนติเมตรน้ำ (Kritsnakriengkrai et al., 2024) แต่หลังจากการประคบร้อนและยืดกล้ามเนื้อ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพิ่มขึ้นมากที่สุดในนาที่ที่ 30 ถึงแม้ว่าค่า MIP และ MEP หลังการทดลองจะไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้จนถึงค่าปกติ แต่พบว่าในนาที่ที่ 30 และ 60 ค่า MIP เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง 17.64 และ 13.64 เซนติเมตรน้ำ ซึ่งมากกว่าค่า minimal clinical important different (MCID) ที่มีค่าเท่ากับ 13 เซนติเมตรน้ำ (Gosselink et al., 2011) แสดงให้เห็นว่าค่า MIP มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางคลินิก ในขณะที่ค่า MEP ยังไม่มีรายงานค่า MCID ในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมาก่อน จึงไม่สามารถบอกได้ว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางคลินิกหรือไม่ บอกได้เพียงว่าในนาที่ที่ 30 ค่า MEP เพิ่มขึ้นสูงสุด 12.43 เซนติเมตรน้ำ ซึ่งกลไกการเพิ่มแรงดันในการหายใจเข้าและออกนี้น่าจะเกิดจากผลของความร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อ ทำให้การไหลเวียนของเลือดเพิ่มขึ้น

เพิ่มความยืดหยุ่นของผนังทรวงอกและกล้ามเนื้อ (Bleakley & Costello, 2013) และยังมีผลต่อความเร็วในการหดตัว (contraction velocity) และแรงในการหดตัว (muscle force) ของกล้ามเนื้อด้วย (Racinais & Oksa, 2010) และจากการศึกษาของ Ikegami และคณะ ในปี ค.ศ. 2019 พบว่าเมื่อให้การรักษาด้วยความร้อนจนกล้ามเนื้อมีอุณหภูมิในช่วง 40 องศาเซลเซียส จะทำให้มีการไหลเวียนเลือดเพิ่มขึ้น กระตุ้นให้เกิดการสะสมแคลเซียม (Ca^{2+}) ใน myoplasm เพิ่มมากขึ้น ร่วมกับเกิดการ phosphorylation ของ transient receptor potential cation channel subfamily V member 1 (TRPV1) ในเส้นใยกล้ามเนื้อบริเวณนั้น ซึ่งแคลเซียมมีบทบาทสำคัญในระบบ Excitation-Contraction Coupling โดยมีผลต่อกระบวนการ cross-bridging cycle ของ actin และ myosin ใน sarcomere ซึ่งเกิดขึ้นในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Ikegami et al., 2019; Plowman & Smith, 2007) ในการศึกษาของ Mornas และคณะในปี ค.ศ.2022 พบว่าเมื่อให้ความร้อนที่ 47.4 ± 1.8 องศาเซลเซียส บริเวณกล้ามเนื้ออก ทำให้อุณหภูมิผิวหนังเพิ่มขึ้นเป็น 38.8 ± 0.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกล้ามเนื้อเพิ่มถึง 37.0 ± 0.8 องศาเซลเซียส ซึ่งความร้อนทำให้ความตึงของกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นลดลง การส่งสัญญาณประสาทและการหดตัวของกล้ามเนื้อดีขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้เร็วและแรงมากยิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีอุณหภูมิผิวหนังและกล้ามเนื้อเพียง 34.7 ± 0.7 และ 34.0 ± 1.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Mornas et al., 2022) ถึงแม้ว่าในการศึกษานี้ไม่ได้ทำการวัดอุณหภูมิกล้ามเนื้อเนื่องจากข้อจำกัดด้านเครื่องมือและผู้เชี่ยวชาญ แต่คณะผู้วิจัยได้ทดลองห่อแผ่นร้อนด้วยผ้าขนหนูเนื้อหนาจำนวน 10 ชั้น พบว่าอุณหภูมิระหว่างผิวหนังและผ้าอยู่ระหว่าง 40-45 องศาเซลเซียส และคงอยู่นานถึง 20 นาที ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่า การวางแผ่นร้อนที่มีอุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิผิวหนังเพิ่มขึ้นประมาณ 40-44 องศาเซลเซียส ในช่วง 5-25 นาทีหลังจากวางบนผิวหนัง นอกจากนี้ยังพบอัตราการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Luangaram & Veerapan, 2016) และจากการศึกษาของ de Sa และคณะ ในปี ค.ศ.2017 ซึ่งศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อหายใจคล้ายกับในการศึกษาคั้งนี้ พบว่าค่าจลศาสตร์การเคลื่อนไหวของผนังทรวงอก (chest wall kinematics) ดีขึ้น และลด electrical activity จากกล้ามเนื้อ sternocleidomastoid และ upper trapezius ได้ทันทีหลังการยืด จึงช่วยให้ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีกลไกการหายใจกลับมาดีขึ้นได้ และยังคงการทำงานของกล้ามเนื้อช่วยหายใจที่ทำงานหนักตลอดเวลา (de Sa et al., 2017) จากผลการทดลองจะเห็นว่าผลของการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อนั้น ช่วยให้การขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า-ออก เพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วง 30 นาทีหลังการทดลอง และยังคงค้างได้ถึง 60 นาที อาจเนื่องมาจากความร้อนช่วยให้กล้ามเนื้อคลายตัวก่อนจากกลไกที่กล่าวไป และเมื่อทำการยืดต่อเนื่อง ยิ่งช่วยให้กล้ามเนื้อมีความยาวเพิ่มขึ้น ลดการหดรั้งได้ดี โดยสาเหตุที่หลังการทดลองทันที ผลการ

ขยายตัวของทรวงอกทั้งส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง รวมถึงค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ เข้า-ออก มีค่าเพิ่มขึ้นแต่น้อยกว่าในนาทีที่ 30 หลังการทดลอง เนื่องมาจากกลไก Stretch-Induced Force Deficit ซึ่งเป็นภาวะที่เกิดขึ้นเมื่อทำการยืดกล้ามเนื้อต่อเนื่องเป็นเวลานาน 60 วินาทีที่ต่อรอบ โดยจะทำให้แรงหดตัวของกล้ามเนื้อหลังถูกยืดลดลง จากการเกิด Neuromuscular inhibition, เพิ่ม GTO inhibition, เกิด Mechanical change และเกิดภาวะ Sarcomere-level disruption ส่งผลให้ cross-bridge formation ลดลง ร่วมกับเกิด Viscoelastic stress relaxation ทำให้ action และ myosin เกิดการคราก จึงจับตัวกันได้ไม่ดี ความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อยาวเกินกว่า optimal-length จนเมื่อเข้าสู่นาทีที่ 30 หลังการทดลองผลของการยืดกล้ามเนื้อลดลง ความยาวของกล้ามเนื้อ จึงกลับเข้าสู่ optimal-length และหดตัวได้ดีกว่าหลังการทดลองทันที (Warneke & Lohmann, 2024) ซึ่งมีการศึกษาก่อนหน้านี้ได้ทำการยืดกล้ามเนื้อ pectoralis minor และวัดค่าโมดูลัสของแรงเฉือน (shear modulus) หลังยืดไปจนถึง 15 นาที พบว่าค่า shear modulus ลดลงทันทีและคงที่อยู่ที่ได้ถึง 15 นาทีหลังยืด ซึ่งวัตถุที่มีค่า shear modulus สูงจะโค้งหรือบิดงอได้ยาก ดังนั้นการยืดกล้ามเนื้อจะมีผลช่วยลด shear modulus จึงเป็นอีกกลไกที่สนับสนุนเรื่องการลดการหดรั้งของกล้ามเนื้อ (muscle stiffness) และมีผลคงค้างอยู่อย่างน้อย 15 นาที (Umehara et al., 2021)

สรุปได้ว่าการประคบร้อน 20 นาที ก่อนการยืดกล้ามเนื้อหายใจ ทำให้การขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังระดับปานกลางเพิ่มขึ้นทันที หลังการทดลองและมีผลคงค้างอยู่มากกว่า 30 นาที แต่การศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษานำร่องในกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเพียง 14 คน ที่เป็นผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังระดับปานกลาง และศึกษาผลทันที และผลคงค้างระยะสั้นภายใน 60 นาทีเท่านั้น จึงเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาต่อไปในอนาคต เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือและมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นควรทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มากขึ้น อาจเพิ่มกลุ่มควบคุมที่ทำการทดลองโดยการประคบร้อนที่ทรวงอกด้านหน้าและด้านหลังเพียงอย่างเดียว เปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่ทำการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อ และทดลองให้ครอบคลุมทั้งเพศชายและเพศหญิง เพิ่มกลุ่มความรุนแรงของโรคระดับรุนแรง เพิ่มการประเมินด้านอื่นที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อและทรวงอก เพิ่มการทำ Purse lips เพื่อกำจัดลมที่ค้างค้างในปอดให้มากที่สุดก่อนทำการวัดการขยายตัวของทรวงอก และเพิ่มการศึกษาในโดยใช้ ultrasound imaging รวมถึงทำการศึกษาในระยะยาว หากพบว่าเป็นวิธีการที่ได้ผลดี อาจแนะนำให้ให้นักกายภาพบำบัดนำไปใช้ร่วมกับการรักษาอื่น ๆ เช่น การฝึกหายใจ การขับเสมหะ และการบริหารปอด เป็นต้น

บรรณานุกรม

- American Thoracic Society/European Respiratory, S. (2002). ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*, 166(4), 518-624.
- Bleakley, C. M., & Costello, J. T. (2013). Do thermal agents affect range of movement and mechanical properties in soft tissues? A systematic review. *Arch Phys Med Rehabil*, 94(1), 149-163.
- Bockenbauer, S. E., Chen, H., Julliard, K. N., & Weedon, J. (2007). Measuring thoracic excursion: reliability of the cloth tape measure technique. *J Am Osteopath Assoc*, 107(5), 191-196.
- Chand, & Vaish, H. (2023). Effect of diaphragmatic breathing, respiratory muscle stretch gymnastics and conventional physiotherapy on chest expansion, pulmonary function and pain in patients with mechanical neck pain: A single group pretest-posttest quasi-experimental pilot study. *J Bodyw Mov Ther*, 36, 148-152.
- Cosgray, N. A., Lawrance, S. E., Mestrich, J. D., Martin, S. E., & Whalen, R. L. (2004). Effect of heat modalities on hamstring length: a comparison of pneumatherm, moist heat pack, and a control. *J Orthop Sports Phys Ther*, 34(7), 377-384.
- Costa, T. R., Lima, T. P., Gontijo, P. L., Carvalho, H. A., Cardoso, F. P., Faria, O. P., & Cavalcanti Neto, F. F. (2010). Correlation of respiratory muscle strength with anthropometric variables of normal-weight and obese women. *Rev Assoc Med Bras (1992)*, 56(4), 403-408.
- Davis, P. R., & Troup, J. D. (1966). Human thoracic diameters at rest and during activity. *J Anat*, 100(Pt 2), 397-410.
- de Sa, R. B., Pessoa, M. F., Cavalcanti, A. G. L., Campos, S. L., Amorim, C., & Dornelas de Andrade, A. (2017). Immediate effects of respiratory muscle stretching on chest wall kinematics and electromyography in COPD patients. *Respir Physiol Neurobiol*, 242, 1-7.

- Dimitriadis, Z., Kapreli, E., Konstantinidou, I., Oldham, J., & Strimpakos, N. (2011). Test/retest reliability of maximum mouth pressure measurements with the MicroRPM in healthy volunteers. *Respir Care*, *56*(6), 776-782.
- Disease, G. I. f. C. O. L. (2024). *Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD: 2024 Report*. Retrieved 14 มกราคม from <https://goldcopd.org/2024-gold-report/>
- Draper, D. O., Harris, S. T., Schulthies, S., Durrant, E., Knight, K. L., & Ricard, M. (1998). Hot-pack and 1-MHz ultrasound treatments have an additive effect on muscle temperature increase. *J Athl Train*, *33*(1), 21-24.
- Freiwald, J., Magni, A., Fanlo-Mazas, P., Paulino, E., Sequeira de Medeiros, L., Moretti, B., Schleip, R., & Solarino, G. (2021). A role for superficial heat therapy in the management of non-specific, mild-to-moderate low back pain in current clinical practice: a narrative review. *Life (Basel)*, *11*(8).
- Funk, D., Swank, A. M., Adams, K. J., & Treolo, D. (2001). Efficacy of moist heat pack application over static stretching on hamstring flexibility. *J Strength Cond Res*, *15*(1), 123-126.
- Gea, J., Agusti, A., & Roca, J. (2013). Pathophysiology of muscle dysfunction in COPD. *J Appl Physiol (1985)*, *114*(9), 1222-1234.
- Gordon, A. M., Huxley, A. F., & Julian, F. J. (1966). The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres. *J Physiol*, *184*(1), 170-192.
- Gosselink, R., De Vos, J., van den Heuvel, S. P., Segers, J., Decramer, M., & Kwakkel, G. (2011). Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? *Eur Respir J*, *37*(2), 416-425.
- Hardy, M., & Woodall, W. (1998). Therapeutic effects of heat, cold, and stretch on connective tissue. *J Hand Ther*, *11*(2), 148-156.
- Hecox, B., Weisberg, J., Andemicael-Mehreteab, T., & Sanko, J. (2006). *Integrating physical agents in rehabilitation* (2 ed.). Pearson Education.
- Hou, C. R., Tsai, L. C., Cheng, K. F., Chung, K. C., & Hong, C. Z. (2002). Immediate effects of various physical therapeutic modalities on cervical myofascial pain and trigger-point sensitivity. *Arch Phys Med Rehabil*, *83*(10), 1406-1414.

- Ikegami, R., Eshima, H., Mashio, T., Ishiguro, T., Hoshino, D., Poole, D. C., & Kano, Y. (2019). Accumulation of intramyocyte TRPV1-mediated calcium during heat stress is inhibited by concomitant muscle contractions. *J Appl Physiol (1985)*, *126*(3), 691-698.
- Kikuchi, H., Shiozawa, N., Takata, S., Ashida, K., & Mitsunobu, F. (2014). Effect of repeated Waon therapy on exercise tolerance and pulmonary function in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a pilot controlled clinical trial. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, *9*, 9-15.
- Kim, K., Reid, B. A., Casey, C. A., Bender, B. E., Ro, B., Song, Q., Trewin, A. J., Petersen, A. C., Kuang, S., Gavin, T. P., & Roseguini, B. T. (2020). Effects of repeated local heat therapy on skeletal muscle structure and function in humans. *J Appl Physiol (1985)*, *128*(3), 483-492.
- Kritsnakriengkrai, S., Changniem, N., Teeranon, N., & Kwansu, A. (2024). Respiratory muscle strength values in Thai people. *Srinakharinwirot university journal of sciences and technology*, *16*(31), 1-13.
- Kunutsor, S. K., & Laukkanen, J. A. (2023). Frequent sauna bathing may reduce chronic obstructive pulmonary disease risk: A prospective study. *Eur J Clin Invest*, *53*(5), e13940.
- Langer, D., Hendriks, E., Burtin, C., Probst, V., van der Schans, C., Paterson, W., Verhoef-de Wijk, M., Straver, R., Klaassen, M., Troosters, T., Decramer, M., Ninane, V., Delguste, P., Muris, J., & Gosselink, R. (2009). A clinical practice guideline for physiotherapists treating patients with chronic obstructive pulmonary disease based on a systematic review of available evidence. *Clin Rehabil*, *23*(5), 445-462.
- Laveneziana, P., Albuquerque, A., Aliverti, A., Babb, T., Barreiro, E., Dres, M., Dube, 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., . . . Verges, S. (2019). ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. *Eur Respir J*, *53*(6).

- Lee, G. P., & Ng, G. Y. (2008). Effects of stretching and heat treatment on hamstring extensibility in children with severe mental retardation and hypertonia. *Clin Rehabil*, 22(9), 771-779.
- Leelarungrayub, D. (2012). Chest mobilization techniques for improving ventilation and gas exchange in chronic lung disease. In K.-C. Ong (Ed.), *Chronic Obstructive Pulmonary Disease-Current Concepts and Practice* (pp. 399-422). InTech.
- Liu, K., Yu, X., Cui, X., Su, Y., Sun, L., Yang, J., & Han, W. (2021). Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching combined with aerobic training on pulmonary function in COPD patients: a randomized controlled trial. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 16, 969-977.
- Luangaram, S., & Veerapan, O. (2016). The effect of heating duration on the efficiency of hot pack. *J Med Tech Phy Ther*, 28(3), 300-307.
- Magnani, K. L., & Cataneo, A. J. (2007). Respiratory muscle strength in obese individuals and influence of upper-body fat distribution. *Sao Paulo Med J*, 125(4), 215-219.
- Malaguti, C., Rondelli, R. R., de Souza, L. M., Domingues, M., & Dal Corso, S. (2009). Reliability of chest wall mobility and its correlation with pulmonary function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Care*, 54(12), 1703-1711.
- Manifield, J., Winnard, A., Hume, E., Armstrong, M., Baker, K., Adams, N., Vogiatzis, I., & Barry, G. (2021). Inspiratory muscle training for improving inspiratory muscle strength and functional capacity in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Age Ageing*, 50(3), 716-724.
- Martin, S., & Kessler, M. (2016). *Neurologic interventions for physical therapy* (3rd ed.). Saunders.
- McCarthy, B., Casey, D., Devane, D., Murphy, K., Murphy, E., & Lacasse, Y. (2015). Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev*, 2, CD003793.

- McKenzie, D. K., Butler, J. E., & Gandevia, S. C. (2009). Respiratory muscle function and activation in chronic obstructive pulmonary disease. *J Appl Physiol (1985)*, *107*(2), 621-629.
- Minoguchi, H., Shibuya, M., Miyagawa, T., Kokubu, F., Yamada, M., Tanaka, H., Altose, M. D., Adachi, M., & Homma, I. (2002). Cross-over comparison between respiratory muscle stretch gymnastics and inspiratory muscle training. *Intern Med*, *41*(10), 805-812.
- Miranda, A., Gastaldi, A., Dutra de Souza, H., & Santos, J. (2015). The influence of physical fitness on respiratory muscle strength in the elderly. *Am J Sports Sci*, *3*(1), 6-12.
- Mohan, V., Dzulkifli, N., Justine, M., Haron, R., & Rathinam, C. (2012). Intrarater reliability of chest expansion using cloth tape measure technique. *Bangladesh Journal of Medical Science*, *11*(4), 301-311.
- Mornas, A., Racinais, S., Brocherie, F., Alhammoud, M., Hager, R., Desmedt, Y., & Guilhem, G. (2022). Faster early rate of force development in warmer muscle: an in vivo exploration of fascicle dynamics and muscle-tendon mechanical properties. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, *323*(1), R123-R132.
- Mustafa, S., Thulesius, O., & Ismael, H. N. (2004). Hyperthermia-induced vasoconstriction of the carotid artery, a possible causative factor of heatstroke. *J Appl Physiol (1985)*, *96*(5), 1875-1878.
- Nakamura, K., Kodama, T., & Mukaino, Y. (2014). Effects of active individual muscle stretching on muscle function. *J Phys Ther Sci*, *26*(3), 341-344.
- Nakano, J., Yamabayashi, C., Scott, A., & Reid, W. D. (2012). The effect of heat applied with stretch to increase range of motion: a systematic review. *Phys Ther Sport*, *13*(3), 180-188.
- Nici, L., Lareau, S., & ZuWallack, R. (2010). Pulmonary rehabilitation in the treatment of chronic obstructive pulmonary disease. *Am Fam Physician*, *82*(6), 655-660.
- O'Donnell, D. E., Webb, K. A., & Neder, J. A. (2015). Lung hyperinflation in COPD: applying physiology to clinical practice [journal article]. *COPD Research and Practice*, *1*(1), 1-12.

- Orozco-Levi, M. (2003). Structure and function of the respiratory muscles in patients with COPD: impairment or adaptation? *Eur Respir J Suppl*, 46, 41-51.
- Ottenheijm, C. A., Heunks, L. M., & Dekhuijzen, P. N. (2007). Diaphragm muscle fiber dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease: toward a pathophysiological concept. *Am J Respir Crit Care Med*, 175(12), 1233-1240.
- Padkao T. & Boonla O. (2020). Relationships between respiratory muscle strength, chest wall expansion, and functional capacity in healthy nonsmokers. *J Exerc Rehabil*, 16(2), 189-196.
- Petrofsky, J. S., Laymon, M., & Lee, H. (2013). Effect of heat and cold on tendon flexibility and force to flex the human knee. *Med Sci Monit*, 19, 661-667.
- Plowman, S., & Smith, D. (2007). Chapter 2 - Understanding Muscle Contraction (2 ed.). Churchill Livingstone.
- Prentice, W. E. (2011). *Therapeutic modalities in rehabilitation* (4 ed.). McGraw-Hill Medical.
- Putt, M. T., Watson, M., Seale, H., & Paratz, J. D. (2008). Muscle stretching technique increases vital capacity and range of motion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(6), 1103-1107.
- Racinais, S., & Oksa, J. (2010). Temperature and neuromuscular function. *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 3, 1-18.
- Rehman, A., Ganai, J., Aggarwal, R., Alghadir, A. H., & Iqbal, Z. A. (2020). Effect of passive stretching of respiratory muscles on chest expansion and 6-minute walk distance in COPD patients. *Int J Environ Res Public Health*, 17(18).
- Robertson, V., Ward, A., Low, J., & Reed, A. (2009). *Electrotherapy explained : principles and practice* (4 ed.). Butterworth Heinemann/Elsevier.
- Rodrigues, A., Da Silva, M. L., Berton, D. C., Cipriano, G., Jr., Pitta, F., O'Donnell, D. E., & Neder, J. A. (2017). Maximal inspiratory pressure: does the choice of reference values actually matter? *Chest*, 152(1), 32-39.
- Roh, J. A., Kim, K. I., & Jung, H. J. (2021). The efficacy of manual therapy for chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review. *PLoS One*, 16(5), 1-29.

- Sarkar, M., Bhardwaz, R., Madabhavi, I., & Modi, M. (2019). Physical signs in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Lung India*, *36*(1), 38-47.
- Sclauser Pessoa, I. M., Franco Parreira, V., Fregonezi, G. A., Sheel, A. W., Chung, F., & Reid, W. D. (2014). Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. *Can Respir J*, *21*(1), 43-50.
- Sharman, M. J., Cresswell, A. G., & Riek, S. (2006). Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching : mechanisms and clinical implications. *Sports Med*, *36*(11), 929-939.
- Songsorn P, A. C., Kensaku A. (2014). Reference values of chest expansion among Thai healthy people aged 20-70 year. *Thammasat Medical Journal*, *14*(4), 572-578.
- Tamondong-Lachica, D. R., Skolnik, N., Hurst, J. R., Marchetti, N., Rabe, A. P. J., Montes de Oca, M., & Celli, B. R. (2023). GOLD 2023 update: implications for clinical practice. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, *18*, 745-754.
- Umehara, J., Nakamura, M., Saeki, J., Tanaka, H., Yanase, K., Fujita, K., Yamagata, M., & Ichihashi, N. (2021). Acute and Prolonged Effects of Stretching on Shear Modulus of the Pectoralis Minor Muscle. *J Sports Sci Med*, *20*(1), 17-25.
- Wada, J. T., Borges-Santos, E., Porras, D. C., Paisani, D. M., Cukier, A., Lunardi, A. C., & Carvalho, C. R. (2016). Effects of aerobic training combined with respiratory muscle stretching on the functional exercise capacity and thoracoabdominal kinematics in patients with COPD: a randomized and controlled trial. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, *11*, 2691-2700.
- Wang, J. S. (2015). Effect of joint mobilization and stretching on respiratory function and spinal movement in very severe COPD with thoracic kyphosis. *J Phys Ther Sci*, *27*(10), 3329-3331.
- Wang, Y., Lu, H., Li, S., Zhang, Y., Yan, F., Huang, Y., Chen, X., Yang, A., Han, L., & Ma, Y. (2022). Effect of cold and heat therapies on pain relief in patients with delayed onset muscle soreness: A network meta-analysis. *J Rehabil Med*, *54*, jrm00258.
- Warneke, K., & Lohmann, L. H. (2024). Revisiting the stretch-induced force deficit: A systematic review with multilevel meta-analysis of acute effects. *J Sport Health Sci*, *13*(6), 805-819.

- Watchie, J. (2010). *Cardiovascular and pulmonary physical therapy: a clinical manual* (2nd ed.). Saunders/Elsevier.
- Wilkins, R. L., Sheldon, R. L., & Krider, S. J. (2005). *Clinical assessment in respiratory care* (5 ed.). Mosby.
- คณะทำงานพัฒนาแนวปฏิบัติบริการสาธารณสุขโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง. (2553). แนวปฏิบัติบริการสาธารณสุขโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พ.ศ.2553. บริษัทยูเนี่ยนอุลตราไวโอเล็ต จำกัด.
- งานเวชระเบียนโรงพยาบาลวัดโบสถ์. (2565). รายงานสถิติผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง. พิษณุโลก
- จรรยาเจริญ., ท. (2552). กายภาพบำบัดในผู้ป่วยระบบทางเดินหายใจ. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.
- ปาละวีวรินทร์., ก. (2543). การรักษาด้วยเครื่องไฟฟ้าทางกายภาพบำบัด.
- พิทักษ์ศิลป์., ม. (2559). แนวทางการประเมิน วินิจฉัย และรักษากลุ่มอาการปวดตึงคอและบ่าชนิดไม่จำเพาะในการแพทย์ปฐมภูมิ. วารสารวิชาการสาธารณสุข, 25(4), 760-768.
- ระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพกระทรวงสาธารณสุข. (2567). กลุ่มรายงานมาตรฐาน การป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อที่สำคัญ. Retrieved 14 มกราคม from https://hdcservice.moph.go.th/hdc/reports/page.php?cat_id=6a1fdf282fd28180eed7d1cfe0155e11
- ลีสารรุ่งระยับ., ด. (2551). กายภาพบำบัดทรวงอกทางคลินิก. ดิสิกการพิมพ์.
- สมาคมออร์เวซซ์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2565). แนวทางการวินิจฉัยและการรักษาโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พ.ศ.2565. บริษัทภาพพิมพ์ จำกัด.
- สาวิตรี วงษ์ษา, พิพัฒน์ อมตฉายา, เจียมจิต แสงสุวรรณ, ทิวาพร ทวีวรรณกิจ, สุกัลยา อมตฉายา. (2555). ความเที่ยงของการประเมินภาวะกระดูกสันหลังค่อมโดยใช้ระยะจากผนัง และประสิทธิภาพของผลการประเมินในการระบุความพร้อมของความพร้อมในการทำงาน. ศรีนครินทร์เวชสาร, 27(2), 125-132.



ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยจันทรเกษม

ภาคผนวก ก เอกสารรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

COA No. 213/2024
IRB No. P3-0037/2567

AF 12/6.0



คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 65000 หมายเลขโทรศัพท์ 05596 8721

หนังสือรับรองโครงการวิจัย

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ดำเนินการให้การรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นมาตรฐานสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline และ International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice หรือ ICH-GCP

ชื่อโครงการ : ผลทันทีและผลระยะสั้นของการปรับรอบนมร่วมกับคาร์ดิโกลัมเนื้อหายังคงต่อการศึกษาตัวของทารกและ
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

ผู้วิจัยหลัก : รศ.ดร.ศราภรณ์ ดร.เสาวนีย์ เหลืองอร่าม คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ผู้ร่วมวิจัย : นางสาวอรุณชัย แสงประทีปทอง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รยริน ชนาวิรัตน์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วิธีทบทวน : แบบคณะกรรมการเต็มชุด

รายงานความก้าวหน้า : ส่งรายงานความก้าวหน้าอย่างน้อย 1 ครั้ง/ปี หรือส่งรายงานสรุปผลการวิจัยหากดำเนินการเสร็จสิ้นก่อน 1 ปี

เอกสารรับรอง

1. IF 01 Research Ethical Application for Intervention Study เวอร์ชัน 2.0 วันที่ 10 มิถุนายน 2567
2. IF 02 Conflict of Interest and Funding Form เวอร์ชัน 2.0 วันที่ 10 มิถุนายน 2567
3. IF 03 สำหรับอาสาสมัครที่มีอายุ 40-70 ปี เวอร์ชัน 3.0 วันที่ 27 มิถุนายน 2567
4. IF 04 สำหรับอาสาสมัครที่มีอายุ 40-70 ปี เวอร์ชัน 3.0 วันที่ 27 มิถุนายน 2567
5. IF 05 CV Principal Investigator (รศ.ดร.เสาวนีย์ เหลืองอร่าม) เวอร์ชัน 2.0 วันที่ 10 มิถุนายน 2567
6. IF 05 CV Co-Investigator (อรุณชัย แสงประทีปทอง) เวอร์ชัน 2.0 วันที่ 10 มิถุนายน 2567
7. IF 05 CV Co-Investigator (ผศ.ดร.รยริน ชนาวิรัตน์) เวอร์ชัน 2.0 วันที่ 10 มิถุนายน 2567
8. IF 05 CV (ณภาพรณ์ บุญหยาด) เวอร์ชัน 2.0 วันที่ 10 มิถุนายน 2567
9. IF 05 CV (โหมมิ่งฟ้า บุญชู) เวอร์ชัน 2.0 วันที่ 10 มิถุนายน 2567
10. IF 06 Budget เวอร์ชัน 2.0 วันที่ 10 มิถุนายน 2567
11. Full Protocol เวอร์ชัน 3.0 วันที่ 27 มิถุนายน 2567
12. แบบคัดกรอง (Screening Form) เวอร์ชัน 2.0 วันที่ 10 มิถุนายน 2567
13. แบบบันทึกข้อมูล (Case Record Form) เวอร์ชัน 2.0 วันที่ 10 มิถุนายน 2567
14. โปสเตอร์ประชาสัมพันธ์ เวอร์ชัน 2.0 วันที่ 10 มิถุนายน 2567

วิเศษ สมบูรณ์

ลงนาม

(นายแพทย์สมบูรณ์ ต้นสุกสวัสดิกุล)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

วันที่รับรอง : 2 กรกฎาคม 2567

วันหมดอายุ : 2 กรกฎาคม 2568

ทั้งนี้ การรับรองนี้มีเงื่อนไขดังที่ระบุไว้ด้านหลังทุกข้อ (คู่ด้านหลังของเอกสารรับรองโครงการวิจัย)

ภาคผนวก ข แบบสอบถามประวัติและคัดกรองอาสาสมัครที่ร่วมโครงการวิจัย

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

แบบคัดกรองอาสาสมัคร

เรื่อง ผลทันทีและผลระยะสั้นของการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจต่อการ
ขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

ผู้วิจัยจะปกปิดข้อมูลของท่านเป็นความลับ มิได้เปิดเผยแต่ประการใด ดังนั้นกรุณาให้ข้อมูลด้วยความ
จริง หากมีข้อสงสัยกรุณาสอบถามผู้วิจัยทันที (ข้อมูลบางอย่างอาจได้มาจากแฟ้มข้อมูลของผู้ป่วย)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป (วันที่สอบถามข้อมูล.....)

อายุ.....ปี

น้ำหนัก..... กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร ดัชนีมวลกาย.....กิโลกรัม/เมตร²

ถูกวินิจฉัยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังครั้งแรกเมื่อ (วัน/เดือน/ปี).....

อาการกำเริบที่ต้องเข้าโรงพยาบาล ครั้งล่าสุดเมื่อ (วัน/เดือน/ปี).....

โรคประจำตัวอื่นๆ

ประวัติการสูบบุหรี่ ไม่เคยสูบ ยังสูบบุหรี่ เลิกสูบแล้ว ระยะเวลา.....

มีการใช้เครื่องช่วยหายใจหรือเครื่องให้ออกซิเจน มี ไม่มี

มีโรคร่วมรุนแรง มี ไม่มี

โรคปอดอื่นๆ วัณโรค โรคหัวใจ โรคทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

มีข้อห้ามในการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ มี ไม่มี

ไอเป็นเลือด ภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอด ความดันโลหิตผิดปกติรุนแรง

เส้นเลือดแดงโป่ง ตัดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ หรือเพิ่งได้รับการผ่าตัด

มีข้อห้ามในการใช้แผ่นประคบร้อนบริเวณทรวงอกและหลัง มี ไม่มี

อีกเสบระยะเฉียบพลัน ติดเชื้อที่ผิวหนัง แผลเปิด มะเร็ง

โรคหลอดเลือดส่วนปลายอุดตัน การรับความรู้สึกผิดปกติ

มีประวัติแพ้ความร้อน เป็นผื่นแดง บวม พองเมื่อโดนความร้อน

มีอาการปวดคอหรือปวดหลังที่จำเพาะ (specific neck/back pain) มี ไม่มี

รู้สาเหตุการปวดหรือมีพยาธิสภาพที่เคยได้รับการตรวจวินิจฉัย

มีอาการปวดหรือชาร้าวไปบริเวณอื่น มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

มีสภาพร่างกายไม่พร้อมที่จะเข้าร่วมการวิจัย มี ไม่มี

ปวดกล้ามเนื้อ มีไข้สูง เป็นหวัด คัดจมูก ไข้หวัด ปวดหัว ปวดท้อง

ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์หรือเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน ภายใน 12 ชั่วโมงก่อนเข้าร่วมการวิจัย

ส่วนที่ 2 การประเมินและการตรวจร่างกาย (ผู้วิจัยเป็นผู้กรอกข้อมูล)

การพูดคุยสื่อสารทำความเข้าใจ ไม่ได้ ได้
 ความอึดตัวของออกซิเจน % < 95% > 95%
 MMRC dyspnea score..... คะแนน > 2 ≤ 2

| เกณฑ์การให้คะแนนภาวะหายใจลำบาก | ทำเครื่องหมาย ✓ เพียง 1 ข้อ |
|--|-----------------------------|
| รู้สึกหายใจหอบเหนื่อยขณะออกกำลังกายอย่างหนักเท่าวัน | (0) |
| หายใจหอบเมื่อเดินอย่างเร่งรีบบนพื้นราบ หรือเมื่อเดินขึ้นที่สูงชัน | (1) |
| เดินบนพื้นราบได้ช้ากว่าคนอื่นที่อยู่ในวัยเดียวกัน เพราะหายใจเหนื่อย | (2) |
| ต้องหยุดเพื่อหายใจ หลังจากเดินได้ประมาณ 100 เมตร หรือหลังจากเดินได้สักพักบนพื้นราบ | (3) |
| หายใจหอบมากเกินกว่าที่จะออกจากบ้าน หรือหอบมากขณะแต่งตัว หรือเปลี่ยนเครื่องแต่งตัว | (4) |

การทดสอบการรับรู้ความรู้สึกร้อน-เย็น บริเวณทรวงอก หลัง และป่า ผิดปกติ ปกติ
 มีภาวะหลังค่อมรุนแรง ประเมินโดยใช้วิธี occiput-wall distance มี ไม่มี
 FEV₁.....% ระดับความรุนแรงของโรค น้อย ปานกลาง มาก

สรุปผลการคัดกรองอาสาสมัคร ผ่าน ไม่ผ่าน เนื่องจาก.....
 ลงชื่อ.....ผู้คัดกรองผู้เข้าร่วมงานวิจัย

หมายเหตุ แบบประเมินภาวะหายใจลำบาก Modified Medical Research Council Dyspnea Score (MMRC) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนภาวะหายใจลำบากในการประกอบกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ซึ่งแบ่งระดับความรุนแรงของภาวะหายใจลำบาก เป็น 5 ระดับ โดยให้ผู้ป่วยเลือกว่ามีการหายใจลำบากอยู่ในระดับใด ตามตัวเลขจากน้อยไปมากเพียงข้อเดียว ถ้าค่า MMRC < 2 ถือว่าอาการน้อย MMRC > 2 ถือว่าอาการมาก

ที่มา แนวปฏิบัติบริการสาธารณสุขโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พ.ศ.2553

ภาคผนวก ค ตารางบันทึกข้อมูลการวิจัยของอาสาสมัครที่ร่วมโครงการวิจัย

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย..... (วันที่เก็บข้อมูล.....เวลา.....)

แบบบันทึกข้อมูลการวิจัย

เรื่อง ผลทันทีและผลระยะสั้นของการประคบร้อนร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อหายใจต่อการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

ตารางบันทึกข้อมูลการวิจัย: ก่อนการทดลอง

| ข้อมูล | ก่อนการทดลอง | หมายเหตุ |
|-----------------------------------|--------------|----------|
| ความดันซิสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท) | | |
| ความดันไดแอสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท) | | |
| อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที) | | |
| อุณหภูมิร่างกาย (องศาเซลเซียส) | | |
| อัตราการหายใจ (ครั้ง/นาที) | | |
| ความอิ่มตัวของออกซิเจน (%) | | |

การขยายตัวของทรวงอก (เซนติเมตร)

| การขยายตัวของทรวงอก | วัดครั้งที่ 1 | วัดครั้งที่ 2 | ค่าที่ดีที่สุด |
|---------------------|---------------|---------------|----------------|
| ทรวงอกส่วนบน | | | |
| ทรวงอกส่วนกลาง | | | |
| ทรวงอกส่วนล่าง | | | |

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (เซนติเมตรน้ำ)

| ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ | วัดครั้งที่ 1 | วัดครั้งที่ 2 | วัดครั้งที่ 3 | ค่าที่ดีที่สุด |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| กล้ามเนื้อหายใจเข้า (MIP) | | | | |
| กล้ามเนื้อหายใจออก (MEP) | | | | |

ตารางบันทึกข้อมูลการวิจัย: หลังการทดลองทันที (นาทีที่ 0)

| ข้อมูล | หลังการทดลอง (นาทีที่ 0) | หมายเหตุ |
|-----------------------------------|--------------------------|----------|
| ความดันซิสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท) | | |
| ความดันไดแอสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท) | | |
| อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที) | | |
| อุณหภูมิร่างกาย (องศาเซลเซียส) | | |
| อัตราการหายใจ (ครั้ง/นาที) | | |
| ความอิ่มตัวของออกซิเจน (%) | | |

การขยายตัวของทรวงอก (เซนติเมตร)

| การขยายตัวของทรวงอก | วัดครั้งที่ 1 | วัดครั้งที่ 2 | ค่าที่ดีที่สุด |
|---------------------|---------------|---------------|----------------|
| ทรวงอกส่วนบน | | | |
| ทรวงอกส่วนกลาง | | | |
| ทรวงอกส่วนล่าง | | | |

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (เซนติเมตรน้ำ)

| ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ | วัดครั้งที่ 1 | วัดครั้งที่ 2 | วัดครั้งที่ 3 | ค่าที่ดีที่สุด |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| กล้ามเนื้อหายใจเข้า (MIP) | | | | |
| กล้ามเนื้อหายใจออก (MEP) | | | | |

ตารางบันทึกข้อมูลการวิจัย: หลังการทดลอง (นาที่ที่ 30)

| ข้อมูล | หลังการทดลอง (นาที่ที่ 30) | หมายเหตุ |
|------------------------------------|----------------------------|----------|
| ความดันซิสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท) | | |
| ความดันไดแอสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท) | | |
| อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที่) | | |
| อุณหภูมิร่างกาย (องศาเซลเซียส) | | |
| อัตราการหายใจ (ครั้ง/นาที่) | | |
| ความอิ่มตัวของออกซิเจน (%) | | |

การขยายตัวของทรวงอก (เซนติเมตร)

| การขยายตัวของทรวงอก | วัดครั้งที่ 1 | วัดครั้งที่ 2 | ค่าที่ดีที่สุด |
|---------------------|---------------|---------------|----------------|
| ทรวงอกส่วนบน | | | |
| ทรวงอกส่วนกลาง | | | |
| ทรวงอกส่วนล่าง | | | |

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (เซนติเมตรน้ำ)

| ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ | วัดครั้งที่ 1 | วัดครั้งที่ 2 | วัดครั้งที่ 3 | ค่าที่ดีที่สุด |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| กล้ามเนื้อหายใจเข้า (MIP) | | | | |
| กล้ามเนื้อหายใจออก (MEP) | | | | |

ตารางบันทึกข้อมูลการวิจัย: หลังการทดลอง (นาทีที่ 60)

| ข้อมูล | หลังการทดลอง (นาทีที่ 60) | หมายเหตุ |
|-----------------------------------|---------------------------|----------|
| ความดันซิสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท) | | |
| ความดันไดแอสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท) | | |
| อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที) | | |
| อุณหภูมิร่างกาย (องศาเซลเซียส) | | |
| อัตราการหายใจ (ครั้ง/นาที) | | |
| ความอิ่มตัวของออกซิเจน (%) | | |

การขยายตัวของทรวงอก (เซนติเมตร)

| การขยายตัวของทรวงอก | วัดครั้งที่ 1 | วัดครั้งที่ 2 | ค่าที่ดีที่สุด |
|---------------------|---------------|---------------|----------------|
| ทรวงอกส่วนบน | | | |
| ทรวงอกส่วนกลาง | | | |
| ทรวงอกส่วนล่าง | | | |

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (เซนติเมตรน้ำ)

| ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ | วัดครั้งที่ 1 | วัดครั้งที่ 2 | วัดครั้งที่ 3 | ค่าที่ดีที่สุด |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| กล้ามเนื้อหายใจเข้า (MIP) | | | | |
| กล้ามเนื้อหายใจออก (MEP) | | | | |