ผลการออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างด้วยแขนข้างที่ไม่ปวดต่อระดับความเจ็บปวด และพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ในผู้ป่วยที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อไหล่เรื้อรัง

The effects of isometric contraction handgrip exercise with non-painful side on pain score and shoulder range of motion in patients with chronic shoulder myalgia

รุจิดา ทองอุ่น*

Rujida Thong-oun*

งานกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลกลาง

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, BMA General Hospital (Klang Hospital)

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: การออกกำลังกายกล้ามเนื้อกำมือแบบเกร็งค้างด้วยแขนข้างที่ไม่ปวดถูกพบว่าช่วยเพิ่มค่าระดับขีดกั้นความเจ็บปวดในผู้ป่วยที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อไหล่เรื้อรัง อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาผลของการออกกำลังกายนี้ต่อพิสัยการเคลื่อนไหว

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลทันทีของการออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างต่อระดับความเจ็บปวด และพิสัยการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อไหล่เรื้อรัง

วิธีการวิจัย: การศึกษานี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง แบบกลุ่มเดียว ก่อนและหลังการทดลอง (one group pretest-posttest design) ผู้ป่วยที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อไหล่เรื้อรังข้างเดียว จำนวน 40 ราย (อายุเฉลี่ย 57.75 ปี, พิสัย 30-75) ทำการออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างที่ 25% ของแรงกำมือสูงสุด (MVIC) นาน 3 นาที ด้วยแขนข้างที่ไม่ปวด ก่อนและหลังออกกำลังกายทันทีได้มีการวัดระดับความเจ็บปวด และวัดพิสัยการเคลื่อนไหวข้อไหล่ขึ้นเหนือศีรษะข้างที่ปวด

ผลการวิจัย: พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ทั้งที่เริ่มกระตุ้นอาการปวด และพิสัยที่ปวดมากที่สุดที่ไม่สามารถไปต่อได้ภายหลังการออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างด้วยแขนข้างที่ไม่ปวด ค่าเฉลี่ยของพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ที่เริ่มกระตุ้นอาการปวดก่อนและหลังการออกกำลังกายคือ 115.13 ± 25.67 และ 125.63 ± 30.59 องศา ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ที่ปวดมากจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้ก่อนและหลังการออกกำลังกายคือ 154.68 ± 23.96 และ 160.03 ± 19.04 องศา ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ที่เริ่มประตุ้นอาการปวด (p = 0.001) และพิสัยที่ปวดมากจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้ (p = 0.015) ก่อนและหลังการออกกำลังกาย โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของค่าระดับความเจ็บปวดที่พิสัยทั้งสอง (p = 0.853 และ p = 0.393)

สรุปผล: การออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างที่ 25% MVIC นาน 3 นาที ด้วยแขนข้างที่ไม่ปวด ในผู้ป่วยที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อไหล่เรื้อรัง สามารถเพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหวไหล่ข้างที่ปวดได้ทันที

คำสำคัญ: การออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้าง โรคปวดกล้ามเนื้อไหล่เรื้อรัง ระดับความเจ็บปวด พิสัยการเคลื่อนไหว

ABSTRACT

Background: Isometric handgrip exercise with non-painful side has been found to increase pressure pain threshold in patients suffering chronic shoulder myalgia. However, no study has investigated the effects of the exercise on range of motion.

Objective: To study the immediate effects of isometric handgrip exercise on pain score and range of motion in patients with chronic shoulder myalgia.

Methods: This study was a quasi-experimental one group pretest-posttest design. Forty patients with

*Corresponding author: Rujida Thong-oun. Department of Physical Medicine and Rehabilitation, BMA General Hospital (Klang Hospital), Bangkok, Thailand. Email: rujida@hotmail.co.th

Received: 16 Nov 2022; Revised: 08 Jan 2023; Accepted: 14 Feb 2023

chronic unilateral shoulder myalgia (mean age 57.75 years, range 30-75) completed 3-minute isometric handgrip exercise at 25% maximum voluntary contraction (MVIC) on the non-painful side. Before and immediately after the exercise, pain score and shoulder range of motion were measured when elevating the painful shoulder.

Results: Increased shoulder range of motion both at the onset of pain and at the pain limitation range were found after the isometric handgrip exercise on the non-painful side. The average ranges of motion at the onset of pain before and after exercise were 115.13 ± 25.67 and 125.63 ± 30.59 degrees, respectively (p = 0.001). The average ranges of motion at the pain limitation range before and after exercise were 154.68 ± 23.96 and 160.03 ± 19.04 degrees, respectively (p = 0.015). No significant changes in pain scores were found at both ranges (p = 0.853 and p = 0.393).

Conclusion: Isometric handgrip exercise at 25% MVIC for 3 minutes on the non-painful side of chronic shoulder myalgia patients could immediately improve range of motion on the painful shoulder.

Keywords: isometric handgrip exercise, chronic shoulder myalgia, pain score, range of motion

บทนำ

ภาวะปวดไหล่เป็นปัญหาที่สร้างความทุกข์ทรมานให้แก่ผู้ป่วยในการใช้งานในชีวิตประจำวัน โดยมีรายงานความชุกของอาการปวดไหล่ในรอบ 1 ปี อยู่ในช่วงระหว่าง 1.0 – 55.2%[1] ซึ่งสอดคล้องกับสถิติผู้ป่วยปวดไหล่ที่มารับการรักษาที่งานกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลกลาง ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา (5.7% ในปี พ.ศ. 2564) โดยผู้ป่วยปวดไหล่ที่หลีกเลี่ยงการเคลื่อนไหวข้อไหล่เพราะการเคลื่อนไหวทำให้มีแรงกระทำต่อโครงสร้างของข้อไหล่และทำให้ปวดไหล่เพิ่มมากขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปทำให้ข้อไหล่เกิดการยึดติดหรือมีการจำกัดการเคลื่อนไหว และส่งผลต่อการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้[2] ซึ่งงานวิจัยพบว่ากล้ามเนื้อที่ไม่มีการหดตัวนาน 5 วันจะลีบเล็กลงหรือมีความแข็งแรงลดลงได้[3]

การออกกำลังกายเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดปวดให้แก่ผู้ป่วยที่มีอาการปวดเรื้อรัง[4] เพื่อทำให้กล้ามเนื้อในบริเวณที่ปวดแข็งแรงและทนการใช้งานได้มากขึ้น เช่น มีการออกกำลังกายกล้ามเนื้อหลังในผู้ป่วยปวดหลัง[5] มีการออกกำลังกายกล้ามเนื้อรอบข้อไหล่ในผู้ป่วยปวดไหล่[6] เป็นต้น ทั้งนี้รูปแบบการออกกำลังกายหนึ่งที่มีการใช้ในทางคลินิกคือการออกกำลังกายแบบเกร็งกล้ามเนื้อค้างไว้

งานวิจัยในอาสาสมัครสุขภาพดีที่ไม่มีอาการเจ็บปวดใดๆ พบว่า การออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งกล้ามเนื้อค้างช่วงสั้นๆ (นาน 1-5 นาที) ซึ่งเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่ทำได้ง่าย สามารถช่วยเพิ่มค่าระดับขีดกั้นความเจ็บปวด (pressure pain threshold, PPT) ในกล้ามเนื้อที่ออกกำลังกายให้สูงขึ้นได้[7,8] ซึ่งงานวิจัยในอาสาสมัครสุขภาพดีพบว่า การออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้าง 25% ของค่าแรงกำมือสูงสุด นาน 3 นาที เป็นเวลาที่ได้ผลเพิ่มค่า PPT ดีที่สุดมากกว่าการกำมือนาน 1 และ 5 นาที[8] เนื่องจากค่า PPT ถูกวัดด้วยขนาดแรงกดบนร่างกายที่ผู้ถูกกดเริ่มรับรู้แรงกดเปลี่ยนเป็นความเจ็บปวด ค่า PPT ที่สูงจึงแสดงถึงความไวต่อความเจ็บปวดลดลง[9] ซึ่งผลของการออกกำลังกายดังกล่าวยังไม่จำกัดอยู่ที่กล้ามเนื้อที่ออกกำลังกายเท่านั้น แต่ยังมีผลไปยังกล้ามเนื้อที่ไม่ได้ออกกำลังกายด้วย คือ เมื่อออกกำลังกายแบบเกร็งค้างกล้ามเนื้อเหยียดหลังเป็นเวลานาน 120 วินาที พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของค่า PPT ในกล้ามเนื้อหลัง และในกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กับ

กล้ามเนื้อบริเวณเนินโคนนิ้วหัวแม่มือด้วย[10] หรือเมื่อออกกำลังกายแบบเกร็งค้างกล้ามเนื้อเหยียดเข่านิ่งในท่ายืนย่อตัวหลังพิงกำแพงเป็นเวลานาน 3 นาที สามารถเพิ่มค่า PPT ได้ทั้งในกล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้อหัวไหล่[11] หรือเมื่อออกกำลังกายกล้ามเนื้อกำมือของแขนข้างถนัดค้างนาน 2 นาที จำนวน 2 ครั้ง พบมีการเพิ่มขึ้นของค่า PPT ที่นิ้วชี้ทั้งแขนข้างถนัดและไม่ถนัดได้[12] หรือเมื่อออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อศอกขวาค้างที่ 40% ของแรงงอข้อศอกสูงสุด นาน 3 นาที พบมีการเพิ่มขึ้นของค่า PPT ที่กล้ามเนื้องอข้อศอกด้านขวาและกล้ามเนื้อกางนิ้วชี้ขวา[13]

ทั้งนี้ งานวิจัยในผู้ที่มีอาการปวดพบผลแตกต่างจากในอาสาสมัครสุขภาพดี การออกกำลังกายกล้ามเนื้อที่ปวดทำให้กล้ามเนื้อเจ็บปวดง่ายขึ้น (ค่า PPT ลดลง) ทั้งที่กล้ามเนื้อที่ออกกำลังกาย[14] และกล้ามเนื้อที่ไม่ได้ออกกำลังกาย[15] ต่อมาจึงมีการเสนอให้ผู้ป่วยออกกำลังกายกล้ามเนื้อที่ไม่มีอาการปวด และวัดค่า PPT ในกล้ามเนื้อที่มีอาการปวด พบว่า ช่วยเพิ่มค่า PPT ได้ด้วย โดยให้ผู้ป่วยปวดกล้ามเนื้อไหล่ออกกำลังกายเกร็งกล้ามเนื้อต้นขาที่ 20-25% ของแรงเกร็งกล้ามเนื้อต้นขาสูงสุดค้างไว้ 5 นาที และพบการเพิ่มขึ้นประมาณ 60% ของค่า PPT ของกล้ามเนื้อไหล่ที่ปวดได้ทันที[14] หรือเมื่อให้ผู้ป่วยข้อเข่าเสื่อมออกกำลังกายกล้ามเนื้อแขนที่ 60% ของแรงหดตัวกล้ามเนื้อแขนเต็มที่ต่อเนื่อง 10 ครั้ง จำนวน 3 ชุด ทำให้ค่า PPT ของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าที่ปวดเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร[16] ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่ผู้ป่วยจะฟื้นตัวทำกิจกรรมได้เร็ว และลดภาวะแทรกซ้อนจากการที่ผู้ป่วยจะหลีกเลี่ยงการใช้งานกล้ามเนื้อเป็นเวลานาน

อย่างไรก็ตาม ผลงานวิจัยที่ผ่านมาวัดผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้างด้วยค่า PPT ซึ่งเป็นการวัดขณะผู้ป่วยไม่มีการเคลื่อนไหว ยังไม่มีรายงานผลของการออกกำลังกายลักษณะนี้ต่อพิสัยการเคลื่อนไหว ค่า PPT ที่เพิ่มขึ้นจึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่าผู้ป่วยจะสามารถเคลื่อนไหวได้มากขึ้น เพื่อทดสอบว่าผู้ป่วยสามารถเคลื่อนไหวได้มากขึ้นหลังการออกกำลังกายกล้ามเนื้อหรือไม่ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลทันทีของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกำมือแบบเกร็งค้างในไหล่ข้างที่ไม่ปวดต่อระดับความเจ็บปวดและพิสัยการเคลื่อนไหวของไหล่ข้างที่ปวดในผู้ป่วยที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อไหล่เรื้อรัง โดยมีสมมติฐานงานวิจัยว่า หลังการออกกำลังกายควรมีระดับความเจ็บปวดลดลง และมีพิสัยการเคลื่อนไหวของไหล่ข้างที่ปวดเพิ่มขึ้น

วิธีการวิจัย

<u>รูปแบบงานวิจัย</u>

รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัด 2 ครั้ง ก่อนและหลังการทดลอง (one group pretest - posttest design) ซึ่งได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กรุงเทพมหานคร โครงการวิจัยเลขที่ S001h/63 สถานที่วิจัยคือ กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลกลาง สำนักการแพทย์

<u>ผู้เข้าร่วมการวิจัย</u>

อาสาสมัครทั้งเพศชายและเพศหญิง จำนวน 40 คน ซึ่งเข้ารับการรักษาที่งานกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลกลาง เข้าร่วมงานวิจัย เกณฑ์การคัดเข้าผู้เข้าร่วมวิจัยคือ ผู้มีอายุมากกว่า 18 ปี ที่มีอาการปวดไหล่เรื้อรังเพียง 1 ข้าง นานมากกว่า 3 เดือน[17] โดยมีอาการปวดไหล่มากที่สุดในทิศทางยกแขนขึ้นหรือทิศทางกางแขน และพบจุดกดเจ็บบริเวณกล้ามเนื้อรอบข้อไหล่ เกณฑ์การคัดออกคือ ไม่สามารถกำมือแบบเกร็งค้างขณะออกกำลังกายได้เป็นระยะเวลานาน 3 นาที, มีภาวะปวดกล้ามเนื้อหลายตำแหน่ง (fibromyalgia) เมื่อคัดกรองด้วยแบบประเมินวินิจฉัยกลุ่มอาการไฟโบรมัยอัลเจีย (ACR 2010),[18] มีอาการปวดไหล่ในระยะอักเสบ มีอาการปวดตลอดเวลา บวม แดง และร้อน ในบริเวณข้อไหล่, มีความผิดปกติทางระบบประสาท เช่น มีอาการชา หรืออ่อนแรงของข้อไหล่เป็นต้น, ไม่สามารถนั่งทดลองได้นาน 20 นาที เพราะมี

อาการปวดบริเวณอื่นของร่างกาย, มีการใช้ยารับประทานหรือยาทาภายนอกภายในระยะเวลา 4 ชั่วโมงก่อนการศึกษา, สตรีตั้งครรภ์, ภาวะกระดูกข้อมือนิ้วมือหัก, ข้อเคลื่อน ข้อต่อหลวม, กล้ามเนื้อแขนท่อนล่าง มือ มีการอักเสบ, มีอาการปวดข้อมือในระยะอักเสบ, และมีความผิดปกติของรยางค์ส่วนบน

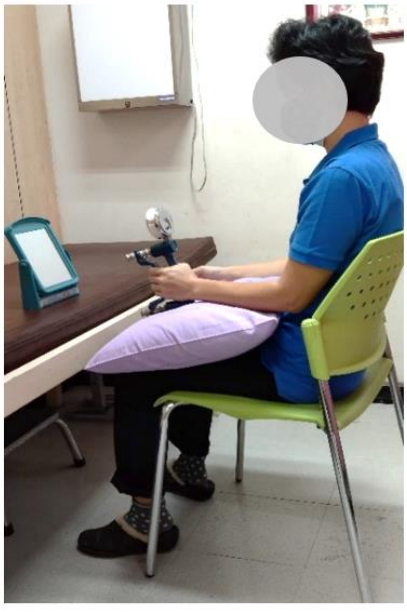
ขนาดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยจำนวน 40 คน คำนวณจากผลการศึกษาในอาสาสมัครสุขภาพดีออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างด้วยแรง 25% ของแรงกำมือสูงสุด ต่อเนื่องนาน 3 นาที[19] โดยกำหนดค่านัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และค่ากำลังเท่ากับ 80% เพื่อหาค่าความแตกต่างเฉลี่ยของระดับความเจ็บปวดก่อนและหลังออกกำลังกาย 20 มิลลิเมตร เมื่อวัดโดย visual analogue scale และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.6 มิลลิเมตร

<u>เครื่องมือวิจัย</u>

1. เครื่องมือวัดค่าแรงกำมือ (Chattanooga – Baseline Hydraulic Hand Dynamometer รุ่น 43050) ใช้วัดค่าแรงกำมือสูงสุด แสดงหน่วยวัดเป็นกิโลกรัม ซึ่งวัดค่าได้ตั้งแต่ 0-91 กิโลกรัม
2. เครื่องมือวัดพิสัยการเคลื่อนไหว คือ โกนิโอมิเตอร์ (คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล) มีลักษณะคล้ายไม้บรรทัด 2 แกน ที่มีความละเอียดของค่ามุมที่วัด 1 องศา
3. Visual analogue scale ใช้วัดระดับความเจ็บปวด[20] มีลักษณะเป็นเส้นตรงตามแนวนอนขนาด 100 มิลลิเมตร ปลายด้านซ้าย เขียนเลข 0 หมายถึงไม่มีอาการปวด และปลายด้านขวาเขียนเลข 100 หมายถึง มีอาการปวดมากที่สุดจนทนไม่ได้

<u>ขั้นตอนการวิจัย</u>

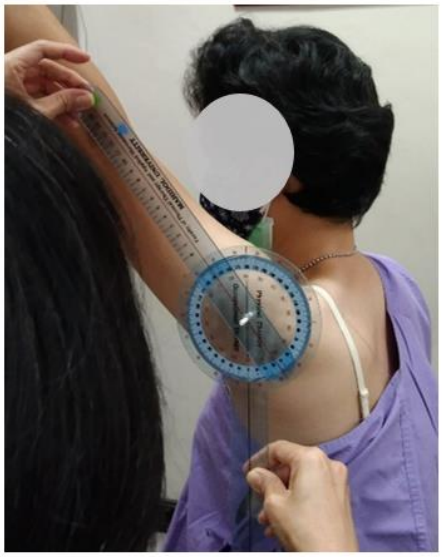
ผู้วิจัยเชิญชวนผู้ป่วยที่มีอาการปวดไหล่ซึ่งเข้ารับการรักษาที่งานกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลกลาง ที่ยินดีและสนใจเข้าร่วมงานวิจัย ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัย พร้อมให้ผู้ป่วย ตอบแบบสอบถามเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออกของงานวิจัย ผู้วิจัยขอให้อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์ร่วมมือเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย และลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย หลังจากนั้นจึงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยตอบแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปและหาค่าแรงกำมือสูงสุด ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งตัวตรงบนเก้าอี้ที่มีพนักพิง เท้าวางราบกับพื้น ต้นแขนแนบข้างลำตัว มีหมอนรองแขนท่อนล่างซึ่งอยู่ในท่ากึ่งกลางระหว่างการคว่ำมือและการหงายมือ งอข้อศอก 90 องศา และข้อมืออยู่ระหว่าง 0-30 องศาของการกระดกข้อมือขึ้น[21] (รูปที่ 1) ถือเครื่องมือในข้างที่ไม่มีอาการปวดไหล่ แล้วจึงออกแรงกำมือเต็มที่ จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 5 วินาที แต่ละครั้งพัก 1 นาที[19] ค่าแรงกำมือมากที่สุดของ 3 ครั้งจะถูกบันทึกเป็นค่าแรงกำมือสูงสุดของผู้เข้าร่วมวิจัย หลังจากพัก 5 นาที ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทดลองออกแรงกำมือด้วยแบบเกร็งค้างด้วยแรง 25% ของแรงกำมือสูงสุด ต่อเนื่องนาน 5 วินาที ด้วยการมองหน้าปัดของเครื่องมือวัดค่าแรงกำมือผ่านกระจกซึ่งตั้งอยู่ด้านหน้า (รูปที่ 1)



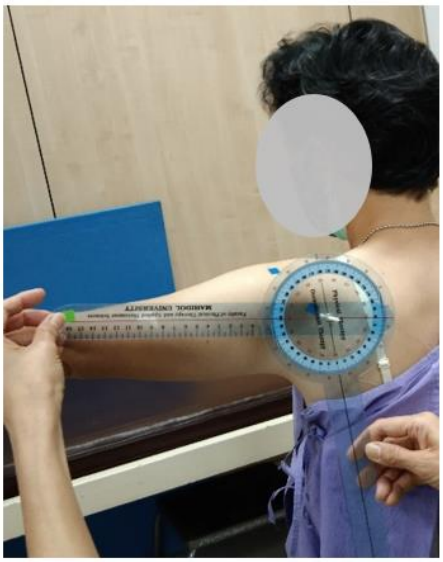
รูปที่ 1 วิธีวัดแรงกำมือ

ขณะผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งหลังตรงบนเก้าอี้ ทำการวัดพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ข้างที่มีอาการปวดใน

ทิศทางที่ทำให้ปวดไหล่มากที่สุด ซึ่งพบว่ามี 2 ทิศทาง คือ ทิศทางยกแขนขึ้นด้านหน้า หรือ ทิศทางกางแขน ในทิศทางยกแขนขึ้นด้านหน้า ผู้วัดวางจุดหมุนให้ตรงกับด้านข้างของปุ่มกระดูก acromion แกนด้านหนึ่งวางขนานไปกับเส้นแบ่งกึ่งกลางลำตัว และแกนอีกด้านหนึ่งชี้ตรงไปยังปุ่มกระดูก lateral epicondyle ของกระดูกต้นแขน สำหรับทิศทางกางแขน ผู้วัดวางจุดหมุนให้ตรงกับด้านหลังของปุ่มกระดูก acromion แกนด้านหนึ่งวางขนานไปกับแนวกระดูกสันหลัง และแกนอีกด้านหนึ่งชี้ตรงไปยังปุ่มกระดูก lateral epicondyle ของกระดูกต้นแขน[22] (รูปที่ 2)



(ก) ทิศทางยกแขนขึ้นด้านหน้า



(ข) ทิศทางกางแขน

รูปที่ 2 การวัดพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อไหล่

โดยวัดพิสัย 2 ตำแหน่งดังนี้ (1) ค่าพิสัยการเคลื่อนไหวที่เริ่มกระตุ้นอาการปวด คือจากท่าเริ่มต้นแขนแนบข้างลำตัวจนถึงจุดที่ผู้ป่วยเริ่มมีอาการปวดไหล่ และ (2) ค่าพิสัยการเคลื่อนไหวที่ปวดจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้ คือจากท่าเริ่มต้นแขนแนบข้างลำตัวจนถึงจุดที่ผู้ป่วยมีอาการปวดไหล่มากขึ้นจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้ พร้อมทั้งวัดค่าระดับความเจ็บปวดจากพิสัยทั้งสอง

ต่อมาให้ผู้เข้าร่วมวิจัยถือเครื่องมือวัดค่าแรงกำมือในข้างที่ไม่มีอาการปวดไหล่ แล้วจึงออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างด้วยแรง 25% ของแรงกำมือสูงสุดต่อเนื่องนาน 3 นาที[6] โดยควบคุมค่าแรงกำมือได้ $\pm$ 2 กิโลกรัม ตลอดระยะเวลา 3 นาที หลังออกกำลังกายผู้วิจัยทำการวัดพิสัยการเคลื่อนไหวข้อไหล่ข้างที่มีอาการปวด 2 ตำแหน่งอีกครั้ง คือ ที่เริ่มกระตุ้นอาการปวด และที่ปวดจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้ พร้อมทั้งวัดค่าระดับความเจ็บปวดจากพิสัยทั้งสองอีกครั้ง จึงสิ้นสุดการวิจัย ในการนี้มีข้อสังเกตว่า ผู้วิจัยไม่ได้วัดระดับความเจ็บปวดที่ระดับพิสัยเดิมก่อนออกกำลังกาย แต่วัดระดับความเจ็บปวดของผู้เข้าร่วมวิจัยที่พิสัยใหม่หลังการออกกำลังกาย

งานวิจัยนี้มีผู้วิจัย 2 คน คือ ผู้วิจัยคนที่ 1 ทำหน้าที่ให้การออกกำลังกาย และเฝ้าดูหน้าปัดของเครื่องมือวัดค่าแรงกำมือเพื่อควบคุมให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยกำมือแบบเกร็งค้างด้วย 25% ต่อเนื่องนาน 3 นาที รวมทั้งวัดค่าพิสัยและค่าระดับความเจ็บปวดก่อนออกกำลังกาย และผู้วิจัยคนที่ 2 ทำหน้าที่วัดค่าพิสัยและค่าระดับความเจ็บปวดหลังออกกำลังกาย ผู้วิจัยทั้งสองมี

ความแม่นยำในการวัดในระดับดีมาก[23] โดยมีค่า inter-rater reliability $ICC_{(2,1)}$ ในทิศทางยกแขนขึ้นเท่ากับ 0.80 (SEM = 1.72 องศา) และทิศทางกางแขนเท่ากับ 0.94 (SEM = 0.79 องศา) ค่า intra-rater reliability ของผู้วิจัยคนที่ 1 มีค่า $ICC_{(3,1)}$ ในทิศทางยกแขนขึ้นเท่ากับ 0.88 (SEM = 1.39 องศา) และทิศทางกางแขนเท่ากับ 0.90 (SEM = 0.91 องศา) และค่า intra-rater reliability ของคนที่ 2 มีค่า $ICC_{(3,1)}$ เท่ากับ 0.79 (SEM = 2.47 องศา) และ 0.87 (SEM = 1.13 องศา)

<u>การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ</u>

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 28.0 วิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยนำเสนอโดยสถิติเชิงพรรณนา เช่น อายุ ดัชนีมวลกาย ระยะเวลาที่ปวด เป็นต้น ใช้สถิติ Sharpiro-Wilk test ทดสอบการกระจายของข้อมูลพิสัยการเคลื่อนไหวข้อไหล่ข้างที่มีอาการปวด และค่าระดับความเจ็บปวด พบว่า ค่าพิสัยการเคลื่อนไหว และค่าระดับความเจ็บปวดที่พิสัยที่เริ่มกระตุ้นอาการปวด ทั้งก่อนและหลังออกกำลังกาย มีการกระจายแบบปกติ จึงใช้สถิติ paired sample t-test ในการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการออกกำลังกาย ขณะที่ค่าพิสัยการเคลื่อนไหว และค่าระดับความเจ็บปวดที่พิสัยที่ปวดจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้ ทั้งก่อนและหลังออกกำลังกาย มีการกระจายแบบไม่ปกติ จึงใช้สถิติ Wilcoxon signed rank test ในการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการออกกำลังกาย โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ *p*-value เท่ากับ 0.05

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย 40 คน ซึ่งมีระยะเวลาการรักษาทางกายภาพบำบัดด้วยอาการปวดไหล่เฉลี่ยจำนวน 3.15 ครั้ง (ต่ำสุด-สูงสุด 1-17 ครั้ง) ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกคนสามารถเข้าร่วมได้ตลอดงานวิจัย โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนสามารถทำ isometric handgrip ได้นาน 3 นาที และไม่มีผู้ใดมีอาการปวดไหล่เพิ่มขึ้นหลังเข้าร่วมงานวิจัย เป็นเพศหญิง 31 ราย (77.5%) และเพศชาย 9 คน (22.5%) ปวดไหล่ด้านซ้าย 25 ราย (62.5%) และปวดไหล่ด้านขวา 15 คน (37.5%) และทิศทางที่กระตุ้นอาการปวดไหล่ได้มากที่สุดคือ ทิศทางกางแขน 37 ราย (92.5%) และทิศทางยกแขนขึ้นด้านหน้า 3 คน (7.5%)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n = 40)

ข้อมูล	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด
อายุ (ปี)	57.75 ± 10.79	30 – 75
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	61.50 ± 14.18	42.5 – 104
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	159.35 ± 7.66	148 – 175
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม / เมตร^2)	24.12 ± 4.58	17.92 – 38.24
ระยะเวลาที่ปวดไหล่ (เดือน)	31.04 ± 4.58	3.10 – 360.00
แรงกำมือสูงสุด (กิโลกรัม)	24.01 ± 7.80	8.50 – 48.50
25% ของแรงกำมือสูงสุด (กิโลกรัม)	6.00 ± 1.95	2.13 – 12.13

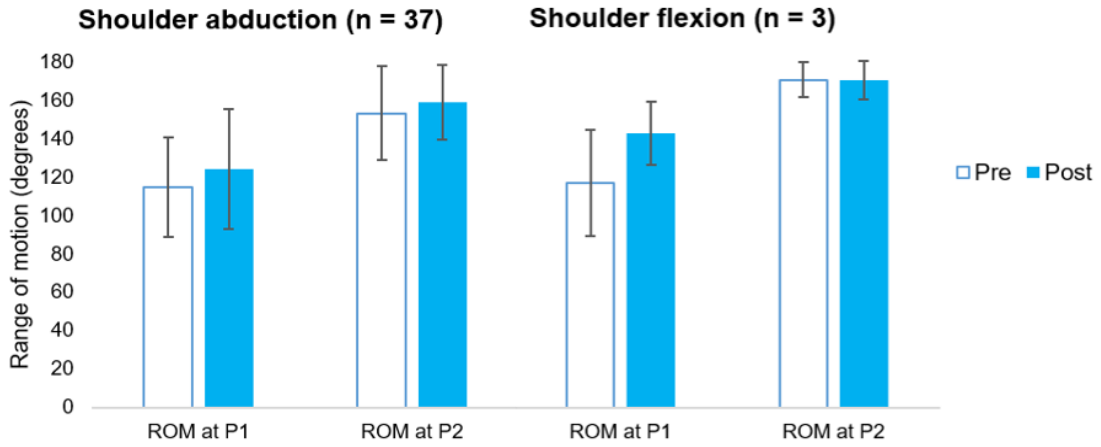
ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า หลังออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างข้างที่ไม่มีอาการปวดไหล่ นาน 3 นาที มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉลี่ย 10.50 ± 19.95 องศา ของค่าพิสัยการเคลื่อนไหวข้อไหล่ข้างที่มีอาการปวดที่เริ่มกระตุ้นอาการปวด (p = 0.001) และเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.35 ± 14.11 องศา ของค่าพิสัยที่จุดที่ปวดจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้ (p = 0.015) รูปที่ 3 แสดงการ

เปลี่ยนแปลงพิสัยการเคลื่อนไหวสำหรับผู้มีอาการปวดเมื่อยกแขนไปด้านหน้าและเมื่อกางแขน ขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าระดับความเจ็บปวด ณ พิสัยที่เพิ่มขึ้นทั้งสองหลังออกกำลังกาย (p = 0.853 และ p = 0.393)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พิสัยการเคลื่อนไหวข้อไหล่ข้างที่มีอาการปวด และค่าระดับความเจ็บปวดเปรียบเทียบก่อนและหลังออกกำลังกาย (n = 40)

ตัวแปร	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	*p*-value
พิสัยการเคลื่อนไหวที่เริ่มกระตุ้นอาการปวด (องศา)	115.13 ± 25.67	125.63 ± 30.59	0.001*
พิสัยการเคลื่อนไหวที่ปวดจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้ (องศา)	154.68 ± 23.96	160.03 ± 19.04	0.015*
ระดับความเจ็บปวดที่พิสัยการเคลื่อนไหวที่เริ่มกระตุ้นอาการปวด (0-100 มิลลิเมตร)	52.59 ± 14.08	52.92 ± 18.15	0.853
ระดับความเจ็บปวดที่พิสัยการเคลื่อนไหวที่ปวดจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้ (0-100 มิลลิเมตร)	73.94 ± 18.34	70.47 ± 23.67	0.393

หมายเหตุ: * คือ p-value < 0.05



รูปที่ 3 พิสัยการเคลื่อนไหวของข้อไหล่เปรียบเทียบก่อนและหลังการออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างด้วยแขนข้างที่ไม่ปวด สำหรับผู้ที่มีอาการปวดไหล่เมื่อกางแขน (shoulder abduction) และเมื่อยกแขนขึ้นทางด้านหน้า (shoulder flexion)

หมายเหตุ: (Pre คือ ก่อนการออกกำลังกาย, Post คือ หลังการออกกำลังกาย, ROM at P1 คือ ค่าพิสัยการเคลื่อนไหวที่เริ่มกระตุ้นอาการปวด, ROM at P2 คือ ค่าพิสัยการเคลื่อนไหวที่ปวดจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้)

บทวิจารณ์

การศึกษานี้ทำการทดลองเปรียบเทียบพิสัยการเคลื่อนไหวข้อไหล่ข้างที่มีอาการปวดก่อนและหลังการออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างในข้างที่ไม่มีอาการปวดไหล่ในผู้ป่วยปวดกล้ามเนื้อไหล่เรื้อรัง และพบมีการเพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหวข้อไหล่ข้างที่มีอาการปวดทั้งที่จุดเริ่มกระตุ้นอาการปวด และจุดที่ปวดมากจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแรกที่พบว่า หลังการออกกำลังกายผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ได้พิสัยมากขึ้นเฉลี่ย 10.50 องศา ก่อนเริ่มกระตุ้นอาการปวด และมากขึ้นเฉลี่ย 5.35 องศา ก่อนที่จะปวดจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้ การเพิ่มขึ้นของพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ข้างที่มีอาการปวดโดยระดับอาการปวดที่พิสัยใหม่มีค่าไม่แตกต่างจากที่วัดได้ก่อนการออกกำลังกายแสดงว่า ระดับอาการปวด ณ พิสัยเดิมก่อนออกกำลังกายมีค่าลดลง ซึ่งสนับสนุนผลงานวิจัยก่อนหน้าในผู้ที่มีอาการปวดที่พบว่า การออกกำลังกายแบบเกร็งค้างกล้ามเนื้อต้นขาที่ไม่ปวดมีผลลดปวดให้แก่กล้ามเนื้อไหล่ที่ปวดได้[14]

ภาวะลดปวดหลังการออกกำลังกายนี้เป็นที่รู้จักในชื่อ exercise-induced hypoalgesia (EIH)[24] ซึ่งยังไม่ทราบกลไกที่ทำให้เกิดการลดปวดอย่างแน่ชัด แต่กลไกที่ถูกนำเสนออย่างกว้างขวางอธิบายว่า เมื่อกล้ามเนื้อลายหดตัวจะทำให้ปลายประสาท A-delta ที่ไวต่อแรงเชิงกลเพิ่มการส่งกระแสประสาทและยับยั้งการรับความรู้สึกเจ็บปวด อีกทั้งยังกระตุ้นให้ระบบประสาทส่วนกลางหลั่งสารประเภทสารโอปิออยด์ที่สร้างขึ้นเองในร่างกายมนุษย์ (endogenous opioids) และสาร endocannabinoids ที่มีฤทธิ์ยับยั้งความเจ็บปวด[25] โดยงานวิจัยที่ให้อาสาสมัครสุขภาพดีออกกำลังกายที่ 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดตรวจพบการเพิ่มขึ้นของสารเบต้าเอ็นดอร์ฟินซึ่งเป็นสารโอปิออยด์ชนิดหนึ่งในกระแสเลือดทันทีหลังออกกำลังกาย[26] นอกจากนี้ ยังพบมีการเพิ่มขึ้นทันทีของสาร endocannabinoids ในเลือด ร่วมกับการเพิ่มขึ้นของ PPT หลังออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างเต็มที่นาน 5 วินาที จำนวน 2 ครั้ง[27] และหลังออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้าง 25% นาน 3 นาที[28] ยังไม่พบงานวิจัยที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงของสารต่างๆ ในกระแสเลือดภายหลังหยุดการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยพบการเพิ่มขึ้นของค่า PPT กล้ามเนื้อไหล่ที่ปวดได้นาน 10 นาที หลังหยุดออกกำลังกายท่ายืนย่อเข่าแบบเกร็งค้าง 20-25% ของแรงกล้ามเนื้อต้นขาสูงสุด นาน 5 นาที[14] ด้วยเหตุที่สารยับยั้งความเจ็บปวดเหล่านี้อยู่ในกระแสเลือดจึงมีผลได้ทั่วร่างกาย จึงทำให้พบการลดลงของระดับอาการปวดไหล่ได้ทันทีหลังการออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างในข้างที่ไม่มีอาการปวดไหล่ และมีพิสัยการเคลื่อนไหวที่มากขึ้นได้

นอกจากนี้ มีงานวิจัยพบว่า การออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างในระดับ 25% ของแรงกำมือสูงสุด นาน 3 นาที ขัดขวางการไหลเวียนเลือดและทำให้ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิต (mean arterial pressure) เพิ่มสูงขึ้นได้ ในเพศหญิงเพิ่มจาก 86 มิลลิเมตรปรอท เป็น 114 มิลลิเมตรปรอท และเพศชายเพิ่มจาก 93 มิลลิเมตรปรอท เป็น 122 มิลลิเมตรปรอท[8] โดยบางงานวิจัยพบว่า การเพิ่มขึ้นของความดันโลหิตสัมพันธ์กับการลดลงของระดับความเจ็บปวด[29] เชื่อว่าการลดปวดเกี่ยวข้องกับการที่การออกกำลังกายกระตุ้นศูนย์ควบคุมระดับความดันโลหิตของร่างกาย (baroreceptor) ที่อยู่บริเวณหลอดเลือดแดง ซึ่งไปปรับแต่งการรับรู้ความเจ็บปวดในสมอง[25] แต่บางงานวิจัยไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความดันโลหิตและการลดลงของระดับความเจ็บปวด[8] อย่างไรก็ตาม มีคำแนะนำให้ระวังการกลั้นหายใจเมื่อให้ผู้ที่มีปัญหาระบบหัวใจและหลอดเลือดทำการออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง ซึ่งอาจทำให้ความดันโลหิตเพิ่มสูงมากขึ้นอย่างรวดเร็ว[30]

การออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างไว้ในระดับ 25% ของแรงกำมือสูงสุด นาน 3 นาทีในงานวิจัยนี้ เป็นรูปแบบการออกกำลังกายระดับเดียวกันกับที่พบ

ในงานวิจัยก่อนหน้า[8] การออกกำลังกายในช่วงเวลาสั้นๆ ในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพลดระดับอาการเจ็บปวดเมื่อเคลื่อนไหวข้อไหล่ และเพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหวข้อไหล่ได้ ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ทางคลินิกเพื่อเป็นทางเลือกในการแนะนำให้ผู้ป่วยที่มีอาการปวดไหล่ออกกำลังกายเพื่อลดภาวะแทรกซ้อนจากการหลีกเลี่ยงการเคลื่อนไหวได้

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการคือ ข้อแรก งานวิจัยนี้ไม่ได้ติดตามผลระยะยาวหลังการออกกำลังกายแบบเกร็งค้าง จึงไม่สามารถระบุว่า ผลทันทีหลังออกกำลังกายจะคงอยู่นานเท่าไร การศึกษาวิจัยในอนาคตควรติดตามผลระยะยาวนี้เพื่อประโยชน์ต่อการให้โปรแกรมการออกกำลังกายแก่ผู้ป่วย ข้อที่สอง แต่งานวิจัยนี้สอบถามระดับความเจ็บปวดของผู้เข้าร่วมวิจัยที่พิสัยหลังการออกกำลังกายซึ่งเพิ่มขึ้นจากก่อนออกกำลังกาย ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบค่าระดับความเจ็บปวดก่อนและหลังการออกกำลังกายที่พิสัยเดิมได้ แม้ผลการวิจัยจะแสดงว่า ผู้เข้าร่วมวิจัยควรมีระดับความเจ็บปวดที่พิสัยเดิมลดลง เพราะระดับความเจ็บปวดเมื่อเคลื่อนไหวข้อไหล่ก่อนและหลังการออกกำลังกายใกล้เคียงกัน และข้อที่สาม งานวิจัยนี้วัดพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อไหล่โดยให้ผู้ป่วยทำเองเท่านั้น จึงไม่มีข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพิสัยเมื่อทำการเคลื่อนไหวข้อไหล่ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

การออกกำลังกายกำมือแบบเกร็งค้างที่ 25% ของแรงกำมือสูงสุด นาน 3 นาที ในข้างที่ไม่มีอาการปวดไหล่ของผู้ป่วยปวดกล้ามเนื้อไหล่เรื้อรัง สามารถเพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหวข้อไหล่ข้างที่มีอาการปวดทั้งที่เริ่มกระตุ้นอาการปวด และที่ปวดมากจนไม่สามารถเคลื่อนไหวข้อไหล่ต่อได้ทันทีหลังออกกำลังกาย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในคนกรุงเทพมหานคร และนายแพทย์สุทัศน์ ภัทรวรธรรม โรงพยาบาลกลาง ที่ให้การสนับสนุนผู้วิจัย และขอบคุณผู้ป่วยที่มีอาการปวดข้อไหล่ที่มีส่วนร่วมในงานวิจัย และขอขอบคุณ น.ส. รุ่งนภา เศรษฐโกมล ที่ช่วยเหลือในงานวิจัยและเพื่อนร่วมงาน ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือเอื้อเฟื้อ แก่ผู้วิจัยมาตลอด

เอกสารอ้างอิง

1. Lucas J, van Doorn P, Hegedus E, Lewis J, van der Windt D. A systematic review of the global prevalence and incidence of shoulder pain. BMC Musculoskelet Disord 2022; 23(1): 1073.
2. Le HV, Lee SJ, Nazarian A, Rodriguez EK. Adhesive capsulitis of the shoulder: review of pathophysiology and current clinical treatments. Shoulder Elbow 2017; 9(2): 75-84.
3. Wall BT, Dirks ML, Snijders T, Senden JM, Dolmans J, van Loon LJ. Substantial skeletal muscle loss occurs during only 5 days of disuse. Acta Physiol (Oxf) 2014; 210(3): 600-11.
4. Dueñas L, Aguilar-Rodríguez M, Voogt L, Lluch E, Struyf F, Mertens MGCAM,et al. Specific versus non-specific exercises for chronic neck or shoulder pain: a systematic review. J Clin Med 2021;10(24):5946. doi: 10.3390/jcm10245946.
5. Gordon R, Bloxham S. A systematic review of the effects of exercise and physical activity on non-specific chronic low back pain. Healthcare (Basel) 2016; 4(2): 22
6. Hanratty CE, Kerr DP, Wilson IM, et al. Physical therapists' perceptions and use of exercise in the management of subacromial shoulder impingement syndrome: focus group study. Phys Ther 2016; 96(9): 1354-63.

7. Naugle KM, Naugle KE, Fillingim RB, Riley JL. Isometric exercise as a test of pain modulation: effects of experimental pain test, psychological variables, and sex. Pain Med 2013; 15(4): 692-701.
8. Umeda M, Newcomb LW, Ellingson LD, Koltyn KF. Examination of the dose-response relationship between pain perception and blood pressure elevations induced by isometric exercise in men and women. Biol Psychol 2010; 85(1): 90-6.
9. Park G, Kim CW, Park SB, Kim MJ, Jang SH. Reliability and usefulness of the pressure pain threshold measurement in patients with myofascial pain. Ann Rehabil Med 2011; 35(3): 412-7.
10. Gajsar H, Titze C, Hasenbring MI, Vaegter HB. Isometric back exercise has different effect on pressure pain thresholds in healthy men and women. Pain Med 2017; 18(5): 917-23.
11. Vaegter HB, Lyng KD, Yttereng FW, Christensen MH, Sorensen MB, Graven-Nielsen T. Exercise-induced hypoalgesia after isometric wall squat exercise: a test-retest reliability study. Pain Med 2019; 20(1): 129-37.
12. Koltyn KF, Umeda M. Contralateral attenuation of pain after short-duration submaximal isometric exercise. J Pain 2007; 8(11): 887-92.
13. Jones MD, Taylor JL, Booth J, Barry BK. Exploring the mechanisms of exercise-induced hypoalgesia using somatosensory and laser evoked potentials. Front Physiol 2016; 7: 581.
14. Lannersten L, Kosek E. Dysfunction of endogenous pain inhibition during exercise with painful muscles in patients with shoulder myalgia and fibromyalgia. Pain 2010; 151(1): 77-86.
15. Staud R, Robinson ME, Price DD. Isometric exercise has opposite effects on central pain mechanisms in fibromyalgia patients compared to normal controls. Pain 2005; 118(1-2): 176-84.
16. Burrows NJ, Booth J, Sturnieks DL, Barry BK. Acute resistance exercise and pressure pain sensitivity in knee osteoarthritis: a randomised crossover trial. Osteoarthritis Cartilage 2014; 22(3): 407-14.
17. Treede RD, Rief W, Barke A, Aziz Q, Bennett MI, Benoliel R, et al. Chronic pain as a symptom or a disease: the IASP Classification of Chronic Pain for the International Classification of Diseases (ICD-11). Pain 2019; 160(1): 19-27.
18. Itthipongsathorn N, Phonghanyudh T, Nitikornatiwat P. Prevalence of fibromyalgia at the physical medicine and rehabilitation outpatient clinic in Phramongkutklao Hospital. J Thai Rehabil Med 2016; 26(1): 24-30.(in Thai)
19. Naugle KM, Naugle KE, Riley 3rd JL,. Reduced modulation of pain in older adults after isometric and aerobic exercise. J Pain 2016; 17(6): 719-28.
20. Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant

Osteoarthritis Pain (ICOAP). Arthritis Care Res (Hoboken) 2011; 63 Suppl 11: S240-52.

21. Xu ZY, Gao DF, Xu K, Zhou ZQ, Guo YK. The effect of posture on maximum grip strength measurements. J Clin Densitom 2021; 24(4): 638-44.
22. Reese NB, Bandy WD. Joint range of motion and muscle length testing. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2002.
23. Portney LG, Watkins MP. Foundations of clinical research. Applications to practice. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall Health; 2000.
24. Rice D, Nijs J, Kosek E, Wideman T, Hasenbring MI, Koltyn K, et al. Exercise-Induced Hypoalgesia in Pain-Free and Chronic Pain Populations: State of the Art and Future Directions. J Pain 2019; 20(11): 1249-66.
25. Vaegter HB, Jones MD. Exercise-induced hypoalgesia after acute and regular exercise: experimental and clinical manifestations and possible mechanisms in individuals with and without pain. Pain Rep 2020; 5(5): e823.
26. Bidari A, Ghavidel-Parsa B, Rajabi S, Sanaei O, Toutounchi M. The acute effect of maximal exercise on plasma beta-endorphin levels in fibromyalgia patients. Korean J Pain 2016; 29(4): 249-54.
27. Koltyn KF, Brellenthin AG, Cook DB, Sehgal N, Hillard C. Mechanisms of exercise-induced hypoalgesia. J Pain 2014; 15(12): 1294-304.
28. Crombie KM, Brellenthin AG, Hillard CJ, Koltyn KF. Endocannabinoid and opioid system interactions in exercise-induced hypoalgesia. Pain Med 2018; 19(1): 118-23.
29. Ring C, Edwards L, Kavussanu M. Effects of isometric exercise on pain are mediated by blood pressure. Biol Psychol 2008; 78(1): 123-8.
30. Colby L, Borstad J. Resistance exercise for impaired muscle performance. In: Kisner C, Colby LA, Borstad J, eds. Therapeutic exercise Foundations and techniques. 7th ed. Philadelphia: F. A. Davis Company; 2007: 166-245.