ผลการรักษาของเทคนิคพอซเชอะ-เบรธในผู้ป่วยกลุ่มอาการสะบักจม: การทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม

Therapeutic Effects of Posture-Breath Technique in Patients with Scapulocostal Syndrome: A Randomized Controlled Trial

ภาคภูมิ เจริญวิภาส[1], ปกรณ์ บัวบูชา[1], ปรีดา อารยาวิชานนท์[2], ทกมล หรรษาวงศ์[3], ลักขณา มาทอ[3], อาทิตย์ พวงมะลิ[4], ยอดชาย บุญประกอบ[3*]

Phakphoom Charoenwiphat[1], Pakorn Buaboocha[1], Preeda Arayawichanon[2], Torkamol Hunsawong[3], Lugkana Mato[3], Aatit Paungmali[4], Yodchai Boonprakob[3*]

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[1] A Master of Sciences Program in Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University

[2] ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2] Department of Rehabilitation Medicine, Faculty of Medicine, Khon Kaen University

[3] สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3] School of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Science, Khon Kaen University

[4] ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[4] Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Science, Chiangmai University

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: กลุ่มอาการสะบักจมเป็นอาการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง ที่มีพยาธิกำเนิดซับซ้อน ปัจจุบันยังไม่มีการสรุปชัดเจนถึงวิธีการรักษามาตรฐาน จากพื้นฐานทางชีวกลศาสตร์พบว่า กลุ่มกล้ามเนื้อสะบักที่ปวด ส่วนหนึ่งเป็นกล้ามเนื้อทรงท่า ซึ่งมีหน้าที่สำคัญสองประการ คือ การทรงท่า และการหายใจ ผู้วิจัยจึงออกแบบวิธีการออกกำลังกายสะบักร่วมกับการหายใจหรือเทคนิคพอซเชอะ-เบรธ เพื่อพิสูจน์ผลการรักษาผู้ป่วยกลุ่มอาการสะบักจมเกี่ยวกับการลดปวด และการปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลการรักษาระหว่างเทคนิคพอซเชอะ-เบรธ และการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับกล้ามเนื้อรอบสะบักที่มีต่ออาการปวด และความแปรผันของอัตราการเต้นหัวใจในผู้ป่วยกลุ่มอาการสะบักจม

วิธีการวิจัย: ผู้ป่วยกลุ่มอาการสะบักจม จำนวน 47 คน สุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มย่อยแบบภาคชั้น ออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งได้รับการรักษาพื้นฐานทางกายภาพบำบัดเหมือนกัน (แผ่นประคบร้อน และคลื่นเหนือเสียง) แต่แตกต่างกันเพียงชนิดการออกกำลังกาย คือ เทคนิคพอซเชอะ-เบรธ และการออกกำลังกายทั่วไป ตามลำดับ เวลาและความถี่ของการรักษาแต่ละกลุ่มคือ 46 นาที ต่อหนึ่งครั้ง และ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ระดับกั้นความปวด ระดับอาการปวดขณะพัก ระดับอาการปวดเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ผ่านมา และความแปรผันของอัตราการเต้นหัวใจ โดยประเมินก่อน และหลังการรักษาครั้งแรก และหลังการรักษาครั้งสุดท้าย (สัปดาห์ที่ 3) การวิเคราะห์ภายในกลุ่มและผลความแตกต่างระหว่างกลุ่มในแต่ละช่วงเวลาใช้สถิติ Mixed-model ANOVA

ผลการวิจัย: เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม กลุ่มพอซเชอะ-เบรธ มีระดับกั้นความปวดเพิ่มขึ้นเฉพาะผลระยะสั้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนระดับอาการปวดขณะพัก และระดับอาการปวดเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ผ่านมา ของทั้งสองกลุ่ม เริ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่หลังการรักษาครั้งแรก สำหรับค่าความแปรผันของอัตราการเต้นหัวใจ มีเพียงผลทันทีของกลุ่มพอซเชอะ-เบรธ ที่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

*Corresponding author: Yodchai Boonprakob. Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University, Thailand. Email: yodchai@kku.ac.th

Received: 3 Aug 2022; Revised: 29 Oct 2022; Accepted: 31 Oct 2022

พบว่า ค่าตัวแปรทุกค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

สรุปผล: การรักษาพื้นฐานทางกายภาพบำบัดร่วมกับเทคนิคพอซเชอะ-เบรธ สามารถเพิ่มระดับกั้นความปวดที่ผลระยะสั้น ลดระดับอาการปวดตั้งแต่หลังการรักษาครั้งแรก และไม่กระทบต่อความสมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติในผู้ป่วยกลุ่มอาการสะบักจม ทั้งนี้ผลการรักษาทั้งหมด ยกเว้นระดับกั้นความปวด ไม่แตกต่างจากการรักษาพื้นฐานทางกายภาพบำบัดร่วมกับการออกกำลังกายทั่วไป

คำสำคัญ: กลุ่มอาการสะบักจม การหายใจและการทรงท่า การออกกำลังกาย ระดับกั้นความปวด ความแปรผันของอัตราการเต้นหัวใจ

ABSTRACT

Background: Scapulocostal syndrome (SCS) is chronic pain with complex pathogenesis, which currently has no standard treatment. From Biomechanics, some scapular muscles are postural muscles, which act as both postural control and breathing. Posture-breath technique (PBT) was designed for pain reduction and autonomic nervous system (ANS) balancing in patients with SCS.

Objective: To evaluate the effectiveness of PBT compared with general exercise (GEN) in patients with SCS, on pain alteration and heart rate variability (HRV).

Methods: Forty-seven patients with SCS were divided by stratified block randomization into 2 groups, which received similar usual physical therapy care (hot-pack and ultrasound) but differed in exercise program (PBT/ GEN). Each group's time and frequency of treatment were 46 minute/ session and 3 sessions/ week within 3 weeks. Pressure pain threshold (PPT), visual analog scale (VAS), average pain intensity within previous 24 hours (24hrVAS), and HRV were assessed before, after the first, and last treatment. Mixed-model ANOVA was used to determine differences within-between groups in each three-time point.

Results: Comparing within-group, PBT group showed significantly increased PPT-only short-term effects (p<0.05). VAS and 24hrVAS in both groups start to decrease significantly after the first treatment. For HRV, the only immediate effect in PBT group was a significant increase. However, all outcome measures in both groups showed no significant difference (p>0.05).

Conclusion: PBT group can increase PPT at short-term effects, reduced pain intensity after the first treatment, and no disrupted balancing of ANS in patients with SCS. However, all therapeutic effects, except PPT, were not different from GEN group.

Keywords: Scapulocostal syndrome, Breathing and posture, Exercise, Pressure pain threshold, Heart rate variability

บทนำ

กลุ่มอาการสะบักจม (Scapulocostal syndrome; SCS) เป็นอาการปวดเรื้อรังของกล้ามเนื้อและพังผืด บริเวณสะบัก หลังส่วนบน หรือด้านหลังของข้อไหล่ ได้แก่ กล้ามเนื้อ levator scapulae กล้ามเนื้อ trapezius กล้ามเนื้อ rhomboids กล้ามเนื้อ serratus anterior และกล้ามเนื้อ serratus posterior superior[1–3] เป็นที่น่าสนใจว่า กลุ่มกล้ามเนื้อดังกล่าว ส่วนใหญ่มีจุดเกาะบริเวณกระดูกสันหลังส่วนคอ ส่วนอก และบางมัดเกาะไปยังโครงอก ดังนั้น หน้าที่การทำงานของ

กล้ามเนื้อ นอกจากเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของข้อไหล่และสะบักแล้ว ยังมีส่วนช่วยในการหายใจได้ด้วย และเนื่องจากผู้ป่วย SCS มีอาการปวดของกล้ามเนื้อร่วมกับภาวะทำงานมากเกิน (over active) จึงอาจส่งผลกระทบทั้งการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ สะบัก และจำกัดการหายใจส่วนกลางและส่วนบนของโครงอกได้ ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลจำกัดการเคลื่อนที่ขึ้นลงของกะบังลม และกระทบต่อกลไก visceral fulcrum ปกติ สะท้อนถึงผลกระทบต่อกล้ามเนื้อท้อง กล้ามเนื้อหลังและกล้ามเนื้อพื้นเชิงกรานได้[4,5]

อาการเด่นของ SCS คือ จุดกดเจ็บ (myofascial trigger points; MTrPs) ของกล้ามเนื้อที่กล่าวมาเบื้องต้น[1,2] และเนื่องจากเป็นกลุ่มอาการปวดเรื้อรัง ในผู้ป่วยบางรายจึงพบความผิดปกติของอารมณ์ได้ด้วย เช่น ภาวะวิตกกังวล ภาวะซึมเศร้า ความเครียดสะสม[1,2] ซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system; ANS) เช่น ความดันโลหิตสูง หายใจตื้นและถี่ จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีอาการปวดเรื้อรังเมื่อตรวจประเมินความสมดุลของ ANS ด้วยการวัดความแปรผันของอัตราการเต้นหัวใจ (heart rate variability; HRV) มักมีสัดส่วนการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติค สูงกว่าระบบประสาทพาราซิมพาเทติค[6,7]

จากสมมุติฐานการขาดแคลนพลังงาน (energy crisis hypothesis) เชื่อว่า เกี่ยวข้องกับอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine-triphosphate: ATP) ที่สำคัญในกระบวนการหดตัว และคลายตัวของกล้ามเนื้อ รวมถึงการเก็บกลับแคลเซียมอิออน ทำให้ซาร์โคเมียร์บริเวณ MTrPs หดตัวค้าง มีภาวะขาดเลือด (ischemia) หรือ ออกซิเจนต่ำ (hypoxia) ส่งผลให้ตัวรับความเจ็บปวดภายในกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นได้มากขึ้น[8,9] ดังนั้นการเพิ่มการไหลเวียนเลือดไปยัง MTrPs ถือเป็นหลักการรักษาสำคัญ เพื่อลดอาการปวด และส่งเสริมการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อให้เป็นปกติ ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวปกติของคอ ไหล่ และสะบัก[8,9] แนวทางการรักษา SCS อ้างอิงบนหลักการรักษากลุ่มอาการปวดเรื้อรัง คือ การรักษาสองทิศทาง (bidirectional treatments)[10–13] ซึ่งประกอบด้วย การรักษาชนิดกระทำให้ผู้ป่วย หรือแบบล่างขึ้นบน (passive treatment or bottom-up approach) เช่น การประคบร้อน คลื่นเหนือเสียง ไฟฟ้าลดปวด เลเซอร์ และหัตถบำบัด[10–15] และชนิดผู้ป่วยกระทำเอง หรือแบบบนลงล่าง (active treatment or top-down approach) เช่น การออกกำลังกายชนิดมีแรงต้านทาน การออกกำลังกายชนิดยืดกล้ามเนื้อ[16] การออกกำลังกายเพื่อความมั่นคงของสะบัก (scapular stabilization exercise; SSE)[17,18] และวิธีแอคทีฟ รีลีส แบบดัดแปลง (modified active release technique; m-ART) ซึ่งวิธีการนี้ผู้ป่วยต้องเคลื่อนไหวร่างกายในท่าออกกำลังกาย ร่วมกับรับหัตถบำบัดจากนักกายภาพบำบัด เพื่อให้กล้ามเนื้อและพังผืดคลายตัวไปพร้อมกัน[10–13]

แม้ว่าผลการศึกษาในวิธีการดังกล่าว สามารถลดอาการปวดกล้ามเนื้อในผู้ป่วย SCS ได้ แต่ผลคงค้างของการรักษาอยู่ได้ไม่เกิน 48 ชั่วโมง และจะต้องได้รับการรักษาซ้ำอยู่เรื่อย ๆ ประเด็นนี้ทำให้นักวิจัยที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับ SCS คิดค้นวิธีการใหม่ขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง เพื่อคงประสิทธิผลการรักษาไว้ให้นานขึ้น เช่น การออกกำลังกายร่วมกับการหายใจ เนื่องจาก ระบบหายใจ เป็นระบบสนับสนุนการส่งออกซิเจน (oxygen; O_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide; CO_2) ร่วมกับระบบหัวใจและหลอดเลือด อีกทั้งการปรับเปลี่ยนรูปแบบการหายใจ ยังสามารถทำให้กล้ามเนื้อผ่อนคลายได้ด้วย[4,5,19]

ดังนั้น ผู้วิจัยในการศึกษาครั้งนี้ได้พัฒนาเทคนิคการออกกำลังกายผสมผสานการหายใจ คือ เทคนิคพอซเชอะ-เบรธ (Posture-Breath technique; PBT) ซึ่งดัดแปลงจาก Postural respiration โดย Ron Hruska[4] มีหลักการลดการทำงานของกล้ามเนื้อที่ทำงานมากเกินไป ด้วยเทคนิคโพรพริโอเซ็ปทีฟ นิวโรมัสคูลาร์ อินฮิบิชัน หรือพีเอ็นไอ (proprioceptive

neuromuscular inhibition; PNI) ซึ่งกล้ามเนื้อเป้าหมายหดตัว ในลักษณะที่กล้ามเนื้อมีความยาวเพิ่มขึ้น หรือถูกยืดยาวออก (eccentric contraction) ร่วมกับการหายใจช้าและลึก เพื่อส่งเสริมการทำงานของเส้นประสาทเวกัส โดยแฝงเส้นใยกับระบบประสาทพาราซิมพาเทติค หวังผลให้กล้ามเนื้อคลายตัว และได้รับ O_2 เพิ่มมากขึ้นในเวลาเดียวกัน[4,20,21] และอ้างถึงแบบจำลองไคเนสสิโอพาโทโลจิคอล (kinesiopathological model) ว่าด้วยการเคลื่อนไหวปกติของร่างกายต้องอาศัยการประสานงานของระบบต่าง ๆ 3 ระบบหลัก ได้แก่ 1) ระบบฐาน (base) คือ ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ 2) ระบบปรับแต่ง (modulator) คือ ระบบประสาท และ 3) ระบบสนับสนุน (supporter) คือ ระบบหายใจ หัวใจและหลอดเลือด รวมถึงระบบเมแทบอลิสึม[19] PBT จึงเป็นเทคนิคที่เน้นการประสานงานของระบบดังกล่าว และคาดว่าการเคลื่อนไหวจากเทคนิค PBT อาจให้ผลการรักษาในแง่การลดปวดที่ดีขึ้นได้ จึงเป็นที่มาของปัญหาการวิจัย และวัตถุประสงค์การวิจัย คือ เพื่อเปรียบเทียบผลการรักษาระหว่าง PBT และการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับกล้ามเนื้อรอบสะบัก (general exercise for scapular muscles; GEN) ต่ออาการปวด และการเปลี่ยนแปลง HRV ในผู้ป่วย SCS

วิธีการวิจัย

<u>ผู้เข้าร่วมการวิจัย</u>

อาสาสมัครเป็นผู้ป่วย SCS จำนวน 47 คน แบ่งเป็น เพศชาย จำนวน 19 คน และเพศหญิง จำนวน 28 คน ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู ผู้มีประสบการณ์การทำงาน 33 ปี จากโรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เกณฑ์การคัดเข้า ได้แก่ 1) ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็น SCS 2) เพศชาย หรือเพศหญิง อายุระหว่าง 18-50 ปี 3) ปวดกล้ามเนื้อสะบักเรื้อรัง ตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไป และระดับอาการปวดขณะพัก (visual analog scale; VAS) 4-8 คะแนน จาก 10 คะแนน 4) มีจุดกดเจ็บแฝง (latent MTrP) (จุดกดเจ็บที่แสดงอาการปวดเมื่อได้รับแรงกด หรือแรงยืด) บนกล้ามเนื้อสะบัก ได้แก่ กล้ามเนื้อ trapezius กล้ามเนื้อ levator scapulae กล้ามเนื้อ rhomboids กล้ามเนื้อ serratus anterior และกล้ามเนื้อ serratus posterior superior อย่างน้อยหนึ่งจุด 5) มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวบริเวณคอ บ่า และไหล่ซ้ำ ๆ หรือคงค้างอยู่ในท่าใดท่าหนึ่งเป็นระยะเวลานาน (ประมาณ 5-8 ชั่วโมงต่อวันขึ้นไป) เช่น นักศึกษา หรืออาชีพที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน ส่วนเกณฑ์การคัดออก ได้แก่ 1) มีประวัติโรคและความผิดปกติ หรือเงื่อนไขอื่น ๆ เช่น ข้อไหล่เสื่อมหรือติด เอ็นหมุนข้อไหล่อักเสบ รากประสาทคอบาดเจ็บ ก้านสมองขาดเลือดชั่วคราว โรคทางระบบหายใจ ระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด (ปอดอุดกั้นเรื้อรัง หอบหืด โรคหัวใจ) มีการใช้ยา beta-blockers ในการรักษา และผู้ที่ตั้งครรภ์ 2) มีข้อห้ามในการรักษาด้วยแผ่นประคบร้อน และคลื่นเหนือเสียง เช่น ผู้ป่วยมะเร็ง ผู้ป่วยใส่เครื่องกระตุ้นหัวใจ โรคลิ่มเลือดอุดตัน ผิวหนังบกพร่อง หรือขาดการรับความรู้สึกเฉพาะที่ และมีแผลเปิด

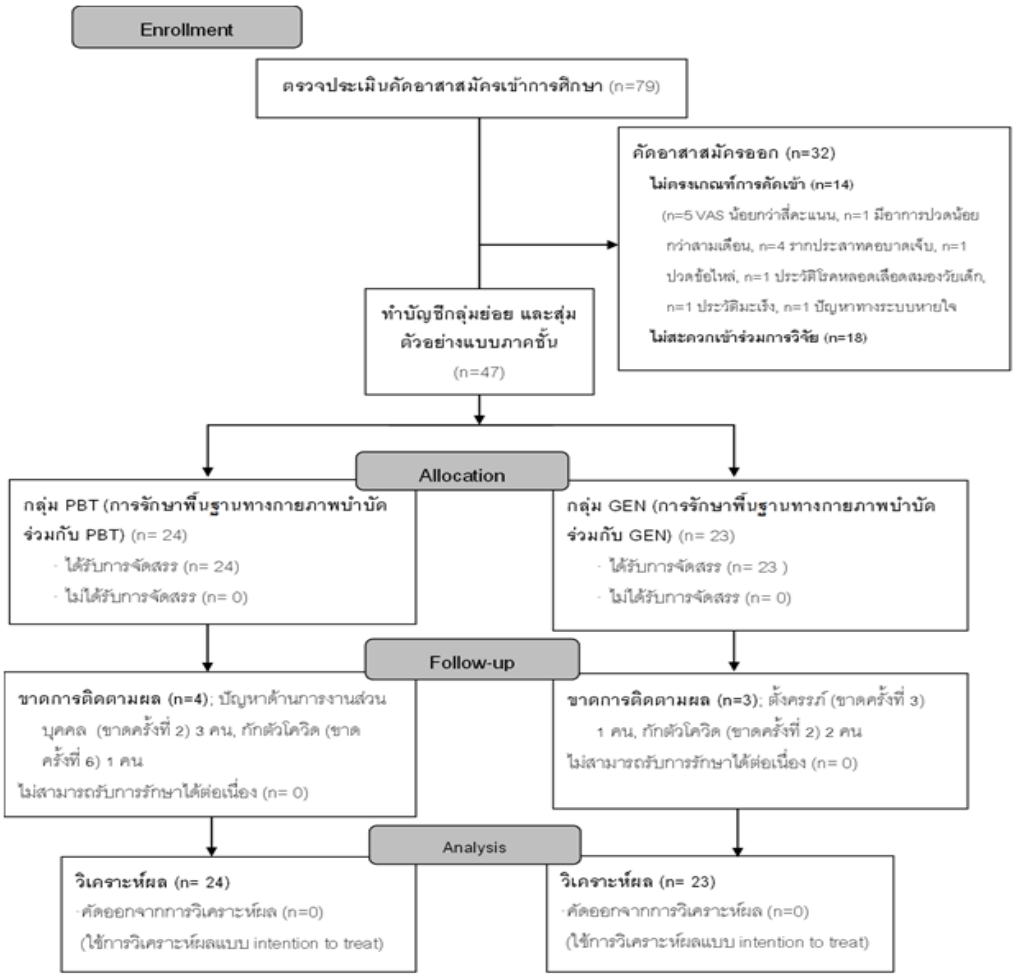
การคำนวณขนาดตัวอย่าง คำนวณจากการศึกษาของ Wannapong และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 โดยอ้างอิงจากตัวแปรผลต่อเนื่องเกี่ยวกับอาการปวดทั้งระดับอาการปวด ณ ขณะนั้น และระดับกั้นของอาการปวด[12] คำนวณโดยใช้โปรแกรม N4studies และใช้สูตรอ้างอิงจาก Bernard และคณะ ในปี ค.ศ. 2000[22] ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มละ 20 คน และเพื่อป้องกันการตกออกจากการศึกษาร้อยละ 10 คำนวณได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มละ 25 คน การศึกษานี้ผ่านความเห็นชอบและรับรอง จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ HE642247

<u>ขั้นตอนการวิจัย</u>

รูปแบบการศึกษาครั้งนี้เป็นการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม ร่วมกับมีการปิดบังเงื่อนไข ของโปรแกรมการรักษาในตัวผู้วัด (assessor blinding) การวิจัยดำเนินการ ณ ห้องวิจัยกายภาพบำบัด ชั้น 5 อาคาร

1 คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2564 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2565 หลังผ่านการอนุมัติโครงการวิจัย จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์ อาสาสมัครผู้สนใจเข้าร่วมการศึกษาต้องผ่านการวินิจฉัยจากแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูว่าเป็นผู้ป่วย SCS ก่อนเข้าพบผู้วิจัยซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัด เพื่อประเมินคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้า อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์ เข้ารับฟังรายละเอียดและขั้นตอนวิจัย ก่อนลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการศึกษา

อาสาสมัครจับสลากสุ่มกลุ่มตัวอย่าง จากทั้งหมด 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม PBT และกลุ่ม GEN โดยการสุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มย่อยแบบภาคชั้น (stratified block randomization) ใช้เกณฑ์ในการแบ่งชั้นเป็น เพศ (เพศชาย และเพศหญิง) และอายุ (กลุ่ม 1 = 18-28 ปี กลุ่ม 2 = 29-39 ปี และ กลุ่ม 3 = 40-50 ปี) แต่ละชั้นทำบัญชีกลุ่มย่อยขนาด 4 และ 6 (block sizes 4 and 6) เพื่อให้ลักษณะข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 1) การศึกษาครั้งนี้มีนักกายภาพบำบัดสองคนเป็นผู้ดำเนินการ นักกายภาพบำบัดคนแรกทำหน้าที่สุ่มกลุ่มตัวอย่าง และให้การรักษา ส่วนอีกคนทำหน้าที่ตรวจประเมิน และบันทึกค่าตัวแปรโดยไม่ทราบว่าอาสาสมัครอยู่ในกลุ่มใด ทั้งนี้ผู้วิจัยเป็นผู้ผ่านการฝึกทักษะวิธีการรักษา รวมระยะเวลา 20 ชั่วโมง จากนักกายภาพบำบัดผู้เชี่ยวชาญที่ผ่านการรับรองจากสถาบัน Postural restoration®



ภาพที่ 1 แผนผังการดำเนินวิจัย

การรักษา

อาสาสมัครทั้งสองกลุ่มได้รับการรักษาส่วนที่เหมือนกัน คือ การรักษาพื้นฐานทางกายภาพบำบัด (แผ่นประคบร้อน และคลื่นเหนือเสียง) ส่วนวิธีการรักษาที่แตกต่างกัน คือ ชนิดของการออกกำลังกาย (PBT หรือ GEN) อาสาสมัครได้รับการรักษาจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 3 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการรักษาแต่ละครั้ง นักกายภาพบำบัดสอบถามเกี่ยวกับอาการไม่พึงประสงค์ของวิธีการรักษาจากอาสาสมัคร และตลอดการศึกษาวิจัย มีการขอความร่วมมือ ให้อาสาสมัครงดรับการรักษาอื่น เช่น การฝังเข็ม หรือการนวด เป็นต้น

- *กลุ่มเทคนิคพอซเซอะ-เบรธ (PBT group)*

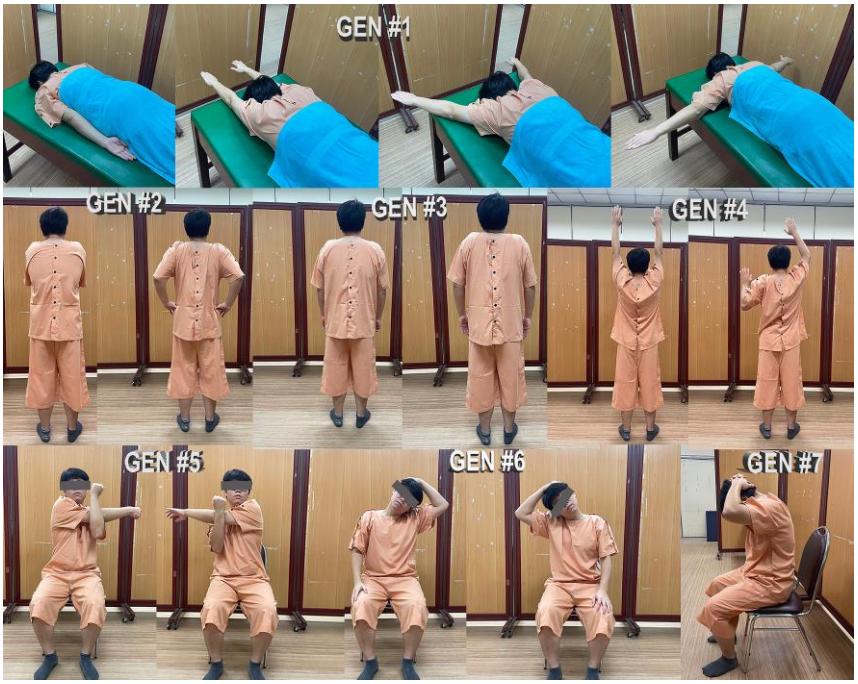
ขั้นตอนการรักษาในกลุ่ม PBT ประกอบด้วย การใช้แผ่นประคบร้อน ที่ผ่านการแช่จากหม้อต้มอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กระทำโดยอาสาสมัครนอนหงาย ให้บริเวณกล้ามเนื้อสะบักข้างที่ปวดที่สุดทับแผ่นร้อนเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเปลี่ยนเป็นท่านอนคว่ำเพื่อรับการรักษาด้วยคลื่นเหนือเสียงชนิดพกพา รุ่น US Pro 2000® 2nd Edition จากประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดความถี่จากตัวเครื่องเป็นระดับสูงสุด (High) คือ ความถี่คลื่น 1 เมกะเฮิรตซ์ ความเข้ม 1.60 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ± 20% โหมดคลื่นต่อเนื่อง (Duty Factor: 100%) กระทำโดยเทคนิคหมุนเป็นวงกลม (moving) เป็นเวลา 10 นาที เฉลี่ยบน MTrPs ของกล้ามเนื้อทั่วทุกจุดที่อาสาสมัครรายงานว่ามีอาการปวด (จากตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร กล้ามเนื้อที่พบ MTrP ที่ปวดที่สุด คือ กล้ามเนื้อ Levator scapulae คิดเป็นร้อยละ 38.30 ของอาสาสมัครทั้งหมด) จากนั้นออกกำลังกายด้วย PBT ซึ่งประกอบด้วย ท่าออกกำลังกายทั้งหมด 7 ท่า แต่ละท่ากระทำร่วมกับการหายใจ โดยเริ่มจากหายใจเข้าทางจมูก และหายใจออกทางปาก ด้วยความผ่อนคลาย และสอดคล้องกับการเคลื่อนไหว (ภาพที่ 2 PBT#1-7) ทำ 5 ครั้ง 3 เซต (ยกเว้นท่าที่ทำสองข้าง คือ ภาพที่ 2 PBT#2 และ PBT#5 ทำ 3 ครั้ง 2 เซต ทั้งซ้ายและขวา) ใช้เวลาต่อท่า คือ 3 นาที รวมทั้งหมดเป็นเวลา 21 นาที ดังนั้นรวมเวลาทั้งหมดในการรักษาหนึ่งครั้ง คือ 46 นาที



ภาพที่ 2 การออกกำลังกายด้วยเทคนิคพอซเซอะ-เบรธ (PBT #1-7)

- *กลุ่มการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับกล้ามเนื้อรอบสะบัก (GEN group)*

ขั้นตอนการรักษาในกลุ่ม GEN เริ่มจากการวางแผ่นประคบร้อนและการรักษาด้วยคลื่นเหนือเสียงเหมือนกลุ่ม PBT ทุกประการ แล้วจึงตามด้วย GEN ซึ่งเป็นท่าการออกกำลังกายโดยอาสาสมัครกระทำเองแบบไม่ใช้แรงต้าน และท่าการออกกำลังกายยืดกล้ามเนื้อคอ บ่า และสะบัก รวมทั้งหมด 7 ท่า ได้แก่ การออกกำลังกายแบบกระทำเอง 4 ท่า (ภาพที่ 3 GEN#1-4) ทำ 5 ครั้ง แต่ละครั้งกระทำค้างไว้ 5 วินาที รวม 3 เซต และการออกกำลังกายชนิดยืดกล้ามเนื้อ 3 ท่า (ภาพที่ 3 GEN#5-7) ยืดข้างละ 20 วินาที ทั้งหมด 3 เซต โดยอาสาสมัครหายใจเข้าออกตามปกติ รวมเวลาในการรักษาต่อหนึ่งครั้งเหมือนกลุ่ม PBT



ภาพที่ 3 การออกกำลังกายทั่วไปสำหรับกล้ามเนื้อรอบสะบัก (GEN #1-7)

<u>การวัดตัวแปร</u>

ตัวแปรหลักในการศึกษา คือ ระดับกั้นความปวด (pressure pain threshold; PPT) ส่วนตัวแปรรองได้แก่ ระดับอาการปวดขณะพัก (pain intensity: VAS) ระดับอาการปวดเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ผ่านมา (average pain intensity within previous 24 hours; 24hrVAS) และ HRV โดยตรวจประเมิน 3 ครั้ง ได้แก่ ก่อนให้การรักษา หลังการรักษาครั้งแรกทันที และสิ้นสุดการรักษาครั้งสุดท้าย (สัปดาห์ที่ 3) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

PPT เป็นการรับรู้แรงกดน้อยที่สุด ที่ทำให้เกิดอาการปวด จากอาการเด่นของ SCS คือ MTrPs ตัวแปร PPT จึงถือเป็นตัวแปรสำคัญที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของ MTrPs บนกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็วและชัดเจน สำหรับการวัด PPT สามารถวัดได้จากเครื่องวัด pain algometer[23] โดยการศึกษานี้ใช้เครื่อง WE algometer ขนาดหัววัดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ผลิตในประเทศไทย[24] ก่อนนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้หาความเที่ยงภายในตัวผู้วัด โดยใช้ two way mixed effect model ได้ค่าความเที่ยงในระดับดีมาก (ICC =0.988) วิธีการวัดค่า PPT กระทำโดยให้อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ จากนั้นหา MTrP บนกล้ามเนื้อรอบสะบักที่อาสาสมัครรายงานว่ามีอาการปวด จากนั้นทำเครื่องหมาย X ลงบน MTrP (หากมีมากกว่า 1 จุด จะเลือกวัดค่า MTrP ที่ปวดที่สุด) การระบุว่าจุดนั้นเป็นกล้ามเนื้อมัดใด ผู้วิจัยมีการพิจารณาตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อ และส่วนที่ปวดร้าว (referred pain area)[24]

ถัดมาใช้เครื่อง WE algometer กดลงบน MTrP ช้า ๆ จนกระทั่งอาสาสมัครเริ่มรู้สึกเจ็บ แล้วให้อาสาสมัครกดที่แป้นสวิตซ์หยุดทันที บันทึกค่า PPT (หน่วยเป็น kg/cm^2) ประเมิน 2 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นใช้แผ่นพลาสติกใสคัดลอกตำแหน่ง MTrP รวมทั้งจุดอ้างอิงทางกายวิภาคศาสตร์ (anatomical landmarks) อีก 2 จุด คือ กระดูกสันหลังส่วนคอและส่วนอกชิ้นที่ 7 (C7 และ T7) เพื่อให้การวัดซ้ำครั้งต่อไปคงตำแหน่งเดิม

การประเมิน VAS คือ การวัดระดับอาการปวดขณะพัก ให้อาสาสมัครขีดเส้นตรงแนวตั้ง ตัดเส้นแนวนอนความยาว 10 เซนติเมตร ที่มีตัวเลขกำกับจาก 0-10 โดย 0 หมายถึง “ไม่ปวด” และ 10 หมายถึง “ปวดรุนแรงมากที่สุด” จากการศึกษาในอดีต พบว่า การประเมินระดับอาการปวดด้วย VAS มีค่าความเที่ยงอยู่ในระดับดีมาก (ICC = 0.970-0.990)[25] เช่นเดียวกับการวัด 24hrVAS ให้อาสาสมัครขีดเส้นแสดงถึงระดับอาการปวดเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมงที่ผ่านมา ทั้งนี้ ตัวแปร 24hrVAS มีการประเมินเฉพาะก่อนการรักษา และ 24 ชั่วโมงหลังการรักษาครั้งสุดท้าย

HRV เป็นตัวแปรที่ใช้วัดการทำงานของ ANS ผ่านอัตราการเต้นของหัวใจต่อเนื่อง โดยใช้เครื่อง uBioMacpa (รุ่น uBioClip v70 ผลิตโดย Biosense Creative Co., LTD ประเทศเกาหลี) ก่อนการวัด ผู้วิจัยได้คัดกรองประวัติอาสาสมัครเพื่อให้แน่ใจว่า ปราศจากการสูบบุหรี่ ดื่มแอลกอฮอล์ กาแฟ และเครื่องดื่มชูกำลังอย่างน้อย 8 ชั่วโมง รวมถึงมีการพักที่เพียงพอ หลังจากรับประทานอาหาร หรือออกกำลังกาย สำหรับวิธีการวัดอาสาสมัครนั่งพักบนเก้าอี้ เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส จากนั้นสวมกล่องตรวจจับสัญญาณชีพจรที่นิ้วชี้ข้างซ้าย และต่อสายนำสัญญาณเข้ากับคอมพิวเตอร์ซึ่งได้ติดตั้งโปรแกรมการวิเคราะห์ HRV ไว้แล้ว (uBioMacpa software) โปรแกรมทำการบันทึกสัญญาณชีพจรและแปลผลอัตโนมัติ ใช้เวลา 150 วินาที ขณะวัดอาสาสมัครได้รับคำแนะนำให้หลีกเลี่ยงการพูดคุย การเคลื่อนไหวร่างกาย การหลับ และการปรับเปลี่ยนรูปแบบการหายใจ[26] ตัวแปรที่เลือกในการคำนวณในการศึกษา คือ โดเมนความถี่ (frequency domain) ได้แก่ ความถี่ต่ำ (low frequency; LF) ความถี่สูง (high frequency; HF) และอัตราส่วนของความถี่ต่ำและสูง (LF/HF ratio)

<u>การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ</u>

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS version 28.0 for Windows สำหรับสถิติพรรณนา ใช้การนำเสนอข้อมูลรูปแบบค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ในตัวแปรต่อเนื่อง ได้แก่ อายุ ดัชนีมวลกาย ระดับอาการปวดสะบักขณะพัก และระยะเวลาของอาการปวดสะบัก และนำเสนอข้อมูลรูปแบบความถี่ (ร้อยละ) ในตัวแปรนามบัญญัติ ได้แก่ เพศ สาเหตุที่ทำให้เกิดอาการปวดสะบัก และกล้ามเนื้อที่พบ MTrP ที่ปวดที่สุด ข้อมูลพื้นฐานได้รับการวิเคราะห์การกระจายตัวด้วยการทดสอบ Shapiro–Wilk ซึ่งพบว่ามีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ จึงเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของข้อมูลพื้นฐานระหว่างกลุ่ม ในตัวแปรต่อเนื่อง และตัวแปรนามบัญญัติ โดยใช้ Mann-Whitney U และ Chi-square ตามลำดับ

สำหรับตัวแปรผลการศึกษา ได้แก่ ตัวแปร PPT ตัวแปร VAS ตัวแปร 24hrVAS และตัวแปร HRV ใช้สถิติ Mixed-model ANOVA เพื่อเปรียบเทียบผลการรักษาระหว่างกลุ่ม ในสามช่วงเวลาวัดผล ได้แก่ ก่อนการรักษา หลังการรักษาครั้งแรก และหลังการรักษาสุดท้าย และ Bonferroni ในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรแต่ละช่วงเวลา สำหรับการทดสมมติฐานของ sphericity ใช้การทดสอบ Mauchly อย่างไรก็ตามการศึกษามีการวิเคราะห์ผลการศึกษาแบบ intention to treat ในอาสาสมัครที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ครบ ส่วนระดับนัยสำคัญทางสถิติกำหนดที่ 0.05

ผลการวิจัย

มีผู้สนใจเข้าร่วมการศึกษาครั้งนี้ โดยส่งข้อมูลลงทะเบียนผ่านแบบฟอร์ม Google จำนวน 79 คน จากเกณฑ์การคัดเข้า และการวินิจฉัยยืนยันผู้ป่วย SCS ผู้เข้าร่วม จำนวน 32 คนถูกคัดออกจากการศึกษา (ภาพที่ 1) ดังนั้น จึงมีอาสาสมัครเข้าร่วมการศึกษา จำนวน 47 คน (กลุ่ม PBT จำนวน 24 คน และกลุ่ม GEN จำนวน 23 คน) อายุเฉลี่ย คือ 28.7 (7.4) ปี และเป็นเพศชายร้อยละ 40.4 ทั้งนี้มีอาสาสมัครเข้ารับการรักษาและวัดผลครบ 3 สัปดาห์ จำนวน 40 คน (เนื่องจากมีอาสาสมัครจำนวน 7 คน ขาดการติดตามการรักษา คิดเป็นร้อยละ 14.9) ไม่พบเหตุไม่พึงประสงค์หรือผลข้างเคียงเกิดขึ้นทั้งสองกลุ่ม ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครทั้งกลุ่ม PBT และ GEN ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร

ตัวแปร	กลุ่ม PBT (n=24)	กลุ่ม GEN (n=23)	*p*-value
ข้อมูลทั่วไป			
- เพศชาย (คน)	9 (ร้อยละ 37.5)	10 (ร้อยละ 43.5)	.676
- อายุ (ปี)	28.2 (8.1)	29.2 (6.6)	.348[i]
- ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)	24.0 (5.0)	23.0 (4.7)	.328[i]
สาเหตุที่ทำให้มีอาการปวดสะบัก (คน)			
- นั่งทำงานโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน	24 (ร้อยละ 100.0)	20 (ร้อยละ 87.0)	.188
- ถือสิ่งของหนัก	-	1 (ร้อยละ 4.3)	
- ไม่ทราบสาเหตุ/ จำไม่ได้	-	2 (ร้อยละ 8.7)	
กล้ามเนื้อที่พบ MTrP ที่ปวดที่สุด			
- Levator scapulae	9 (ร้อยละ 37.5)	9 (ร้อยละ 39.1)	
- Rhomboid group	10 (ร้อยละ 41.7)	6 (ร้อยละ 26.1)	.510
- Upper trapezius	5 (ร้อยละ 20.8)	7 (ร้อยละ 30.5)	
- Serratus posterior superior	-	1 (ร้อยละ 4.3)	
ระดับอาการปวดสะบักขณะพัก (VAS)	5.4 (1.3)	5.7 (1.3)	.446[i]
ระยะเวลาของอาการปวดสะบัก (เดือน)	20.3 (5.0)	15.6 (3.7)	.572[i]

หมายเหตุ: PBT = กลุ่มพอซเซอะ-เบรธ ร่วมกับการรักษาพื้นฐานทางกายภาพบำบัด, GEN = กลุ่มการออกกำลังกายทั่วไป ร่วมกับการรักษาพื้นฐานทางกายภาพบำบัด, [i] = เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยการทดสอบ Mann-Whitney U นอกจากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยการทดสอบ Chi-square, กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติ p<0.05

ตัวแปร

จากการวิเคราะห์ 3 (times) x 2 (groups) mixed-model ANOVA การทดสอบ Mauchly พบว่าในทุกตัวแปรผลการศึกษาไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p> 0.05) แสดงว่าผลลัพธ์ทั้งหมดยอมรับสมมติฐานของ sphericity จากนั้น ในตัวแปร PPT ตัวแปร VAS ตัวแปร 24hrVAS และตัวแปร HRV พบว่า ข้อมูลระหว่างกลุ่มมีปฏิสัมพันธ์ (interaction) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แสดงว่า เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกลุ่มในแต่ละช่วงเวลา ทุกตัวแปรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

วิเคราะห์ตัวแปร PPT ระหว่างกลุ่มในแต่ละช่วงเวลา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [$F_{(2, 90)}$ = 2.62, p=0.08, partial η^2 = 0.024] อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม พบว่า ผลทันทีของการรักษากลุ่ม PBT เพิ่ม PPT สูงขึ้นจากค่าก่อนการรักษาอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ในขณะที่ผลระยะสั้น เพิ่ม PPT สูงขึ้นจากค่าก่อนการรักษา และค่าหลังการรักษาครั้งแรก เท่ากับ 0.39 และ 0.24 kg/cm^2 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) สำหรับผลทันที และผลระยะสั้นของกลุ่ม GEN พบว่า PPT เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 2)

ในตัวแปร VAS แสดงผลทันทีและผลระยะสั้นของการออกกำลังกายทั้งสองชนิด ลดระดับอาการปวดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม (p<0.05) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มกลับพบว่าทั้งสองวิธีลดระดับอาการปวดได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งผลทันทีและผลระยะสั้น [$F_{(2, 90)}$ = 1.04, p= 0.36, partial η^2 = .040] ผลสอดคล้องกับค่า 24hrVAS คือ การออกกำลังกายทั้งสองชนิด ส่งผลลดระดับอาการปวดเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ผ่านมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยเทียบจากค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงหลังการรักษาครั้งสุดท้าย กับค่าก่อนการรักษา แต่ทั้งนี้ ทั้งสองกลุ่มสามารถลดอาการปวดได้ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) (ตารางที่ 2)

สำหรับตัวแปร HRV ค่า LF ค่า HF และอัตราส่วน LF/HF เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งผลทันทีและผลระยะสั้น (p>0.05) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มแต่ละช่วงเวลา พบว่าผลทันทีของการรักษากลุ่ม PBT มีค่า LF และค่า HF เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ขณะที่ค่า LF และค่า HF ของกลุ่ม GEN และอัตราส่วน LF/HF ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (ตารางที่ 2)

บทวิจารณ์

ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ คือ การรักษากลุ่ม PBT สามารถเพิ่มระดับกั้นความปวดหลังรักษาครั้งสุดท้าย (สัปดาห์ที่ 3) เช่นเดียวกับระดับอาการปวดที่ลดลงตั้งแต่หลังการรักษาครั้งแรก ทั้งกลุ่ม PBT และ GEN สำหรับค่า HRV มีเพียงค่า LF และ HF ที่เพิ่มขึ้นในกลุ่ม PBT อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่าการออกกำลังกายทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันในผลการเปลี่ยนแปลงอาการปวด และ HRV

- ผลของการรักษากลุ่ม PBT และ GEN ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับกั้นความปวด

การรักษากลุ่ม PBT สามารถเพิ่มระดับกั้นความปวดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เฉพาะผลระยะสั้น ส่วนการรักษากลุ่ม GEN ทั้งผลทันทีและผลระยะสั้นแสดงเพียงแนวโนมการเพิ่มขึ้นเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่าระดับกั้นความปวดของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ผลการรักษาดังกล่าวในกลุ่ม PBT สอดคล้องกับการออกกำลังกายชนิดอื่นในการศึกษาที่ผ่านมา เช่น การออกกำลังกายแบบ SSE จากการศึกษาของ Buttagat และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 และ Watthanasrimongkol และคณะ ในปี ศ.ศ. 2022[17,18] และ m-ART จากการศึกษาของ Wannapong และคณะ ในปี ค.ศ. 2016[12] และ Nongharnpitak และคณะ ในปี ค.ศ. 2017-2018[10,11] ลักษณะการรักษาจากงานวิจัยที่กล่าวมาสอดคล้องไปตามทฤษฎีการรักษาแบบ bidirectional treatment ประกอบด้วยวิธีการผู้ป่วยกระทำเองและได้รับจากนักกายภาพบำบัด ทุกวิธีสามารถเพิ่มระดับกั้นความปวดได้เหมือนกัน ประเด็นที่น่าสนใจคือ การพัฒนาวิธีการรักษาใหม่ให้สอดคล้องกับสมมุติฐานพยาธิกำเนิดของ MTrPs คือ การเพิ่มปริมาณเลือดและ O_2 ไปยัง MTrPs อาจผสมผสานหัตถบำบัด การออกกำลังกาย และการฝึกการหายใจในวิธีการรักษาเดียวกัน อย่างไรก็ตาม สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบตัวแปรระหว่างค่าก่อนการรักษา ผลการรักษาทันที และผลการรักษาระยะสั้น (สัปดาห์ที่ 3) ทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ด้วยสถิติ mixed-model ANOVA

ตัวแปร	กลุ่ม	ค่าก่อนการรักษา (B)	ผลหลังการรักษาครั้งแรก (I)	ผลหลังการรักษาครั้งสุดท้าย (S)	ความแตกต่างภายในกลุ่ม (*p*-value)			ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (95% CI)		
					B vs. I	B vs. S	I vs. S	B	I	S
PPT (kg/cm^2)	PBT	1.77 (0.80)	1.92 (0.96)	2.16 (0.98)	0.094 $^{n.s.}$	0.001*	0.019*	-0.17 $^{n.s.}$	-0.13 $^{n.s.}$	0.14 $^{n.s.}$
	GEN	1.93 (0.86)	2.05 (0.83)	2.02 (0.67)	0.217 $^{n.s.}$	0.441 $^{n.s.}$	0.803 $^{n.s.}$	(-0.65, 0.32)	(-0.65, 0.40)	(-0.36, 0.63)
VAS (cm)	PBT	5.44 (1.30)	3.86 (2.00)	1.83 (1.70)	< 0.001*	< 0.001*	< 0.001*	-0.21 $^{n.s.}$	-0.57 $^{n.s.}$	-0.91 $^{n.s.}$
	GEN	5.65 (1.25)	4.43 (2.19)	2.74 (1.59)	0.001*	< 0.001*	< 0.001*	(-0.96, 0.54)	(-1.80, 0.66)	(-1.88, 0.06)
24hrVAS (cm)	PBT	5.49 (1.18)	N/A	2.28 (1.76)	N/A	< 0.001*	N/A	-0.24 $^{n.s.}$	N/A	-0.83 $^{n.s.}$
	GEN	5.73 (1.07)	N/A	3.06 (1.86)	N/A	< 0.001*	N/A	(-0.90, 0.42)		(-1.89, 0.23)
HRV										
LF	PBT	6.28 (0.96)	6.77 (1.13)	6.71 (0.88)	0.028*	0.076 $^{n.s.}$	0.819 $^{n.s.}$	-0.33 $^{n.s.}$	-0.44 $^{n.s.}$	0.57 $^{n.s.}$
	GEN	6.61 (1.14)	6.33 (1.04)	6.14 (1.33)	0.126 $^{n.s.}$	0.065 $^{n.s.}$	0.441 $^{n.s.}$	(-0.95, 0.29)	(-0.20, 1.08)	(-0.9, 1.23)
HF	PBT	5.78 (1.01)	6.12 (0.85)	6.05 (0.80)	0.018*	0.229 $^{n.s.}$	0.769 $^{n.s.}$	-0.30 $^{n.s.}$	0.30 $^{n.s.}$	0.55 $^{n.s.}$
	GEN	6.08 (0.91)	5.82 (0.87)	5.50 (1.27)	0.070 $^{n.s.}$	0.014*	0.176 $^{n.s.}$	(-0.87, 0.26)	(-0.21, 0.80)	(-0.08, 1.17)
LF/HF ratio	PBT	1.10 (0.18)	1.12 (0.17)	1.12 (0.19)	0.546 $^{n.s.}$	0.685 $^{n.s.}$	0.948 $^{n.s.}$	0.00 $^{n.s.}$	0.03 $^{n.s.}$	-0.07 $^{n.s.}$
	GEN	1.10 (0.16)	1.08 (0.14)	1.19 (0.39)	0.711 $^{n.s.}$	0.151 $^{n.s.}$	0.112 $^{n.s.}$	(-0.10, 0.10)	(-0.06, 0.13)	(-0.25, 0.11)

หมายเหตุ: PBT = กลุ่มพอซเชอะ-เบรธ ร่วมกับการรักษาพื้นฐานทางกายภาพบำบัด, GEN = กลุ่มการออกกำลังกายทั่วไป ร่วมกับการรักษาพื้นฐานทางกายภาพบำบัด, B = ค่าก่อนการรักษา (before treatment), I = ผลการรักษาทันที (immediate effect), S = ผลการรักษาระยะสั้น (short term effect), CI = ระดับความเชื่อมั่น, PPT = ระดับกั้นความปวด, VAS = ระดับอาการปวดขณะพัก, 24hrVAS = ระดับอาการปวดเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ผ่านมา, N/A = ไม่ได้มีการวัด 24hrVAS หลังการรักษาครั้งแรก, HRV = ความแปรผันของอัตราการเต้นหัวใจ, * กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05), $^{n.s.}$ = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

การรักษา MTrPs อาจไม่สามารถจัดการได้ทันที ต้องใช้เวลาในการรักษา

PBT ประกอบด้วยการออกกำลังกายแบบผู้ป่วยกระทำเองผสมผสานแบบยืดเหยียดกล้ามเนื้อรอบสะบักร่วมกับการหายใจ โดยให้กล้ามเนื้อหลักอยู่ในลักษณะถูกยืดยาวออก จังหวะการยืดกล้ามเนื้อสอดคล้องกับการหายใจออก จึงจัดให้ PBT เป็นเทคนิค PNI ชนิดหนึ่ง กลไกที่เป็นไปได้อ้างอิงจาก energy crisis hypothesis การเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อร่วมกับหายใจลึก และช้า ส่งผลให้เพิ่ม O_2 ไปยังกล้ามเนื้อสะบักได้ดีขึ้น[8,9] และจากการออกกำลังกายชนิดเสริมสร้างความทนทาน มีผลทำให้กล้ามเนื้อเพิ่มจำนวนไมโตคอนเดรีย (mitochondrial biogenesis) จึงส่งผลสร้าง ATP ให้เพียงพอต่อการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อได้อย่างสมบูรณ์[27] เมื่อวัดระดับกั้นความปวดบริเวณ MTrP จึงมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น การเพิ่มการไหลเวียนเลือดและปริมาณ O_2 บริเวณ MTrPs ทำให้ค่าความเป็นกรดเบส (pH) เพิ่มขึ้น จึงลดความแรงในการกระตุ้นตัวรับความเจ็บปวดที่ไวต่อกรด (acid sensing-ion channels; ASIC3) ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกปวดลดลง[8,28] ยิ่งไปกว่านั้น การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้ออาจกระตุ้นใยประสาทขนาดใหญ่และยับยั้งการส่งสัญญาณประสาทความเจ็บปวด จากเส้นใยประสาทขนาดเล็ก บริเวณซับสแตนเทีย เจลาติโนซา (substantia gelatinosa) ของไขสันหลัง ผ่านกลไกควบคุมประตู (gate control mechanism) และอาจกระตุ้นวิถีการยับยั้งความเจ็บปวดขาลง (Cortico-thalamic descending inhibitory pathway) ได้ [29,30] ดังนั้น การใช้เทคนิคดังกล่าวจะมีผลต่อหลั่งสารส่งผ่านประสาท เช่น เซโรโทนิน (serotonin) หรือ เอ็นโดรฟิน (endorphin) ได้หรือไม่ ถือเป็นสิ่งที่น่าสนใจศึกษาในอนาคต

เมื่อพิจารณาการเลือก MTrPs ในการประเมินระดับกั้นความปวด พบว่า ไม่ได้มาจากกล้ามเนื้อมัดเดียวกันของอาสาสมัครแต่ละคน โดยผู้วิจัยเลือก MTrPs ที่มีระดับความปวดสูงสุด ดังนั้น การคำนวณระดับกั้นความปวด อาจได้รับผลกระทบให้สรุปได้ค่อนข้างยาก ผู้วิจัยจึงนำเสนอความถี่ของการเลือกตำแหน่ง MTrPs ดังข้อมูลลักษณะพื้นฐาน กล้ามเนื้อที่พบ MTrP มากที่สุดคือ กล้ามเนื้อ levator scapulae (ตารางที่ 1)

- *ผลของการรักษากลุ่ม PBT และ GEN ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับอาการปวด*

ทั้งตัวแปร VAS และ 24hrVAS สอดคล้องกับผลของ PPT โดยเฉพาะในกลุ่ม PBT อาจกล่าวได้ว่าระดับอาการปวดที่ลดลง เกิดหลังจากที่ MTrPs คลายตัว อย่างไรก็ตาม อาการปวดที่ลดลงในกลุ่ม PBT ไม่แตกต่างจากกลุ่ม GEN อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับความแตกต่างทางคลินิก กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลง VAS ทางคลินิกควรมีค่ามากกว่า 1.8 คะแนน ซึ่งการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่านั้น (ตารางที่ 2)[14,25,31]

จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบโดย Diz และคณะ ในปี ค.ศ.2017 กล่าวว่า การออกกำลังกายสามารถลดปวดได้ (exercise-induced hypoalgesia) ประเด็นน่าสนใจ คือ การผสมผสานวิธีการออกกำลังกายชนิดเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อมีผลในการลดระดับอาการปวดได้ดีกว่าการเลือกออกกำลังกายดังกล่าวเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง และในกลุ่ม GEN เป็นวิธีการออกกำลังกายที่ผสมผสานการเพิ่มกำลังและการยืดกล้ามเนื้อ อาจเป็นข้อมูลสนับสนุนว่าเพราะเหตุใดการออกกำลังกายเช่นนี้จึงลดอาการปวดได้ดีเหมือนกลุ่ม PBT[16]

เกี่ยวกับผลการรักษาเสริมกัน (synergistic effect) เป็นอีกหนึ่งประเด็นที่ควรพิจารณา เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้อาสาสมัครทั้งสองกลุ่มไม่ได้รับเพียงการออกกำลังกายร่วม/ไม่ร่วมกับการหายใจเท่านั้น แต่อาสาสมัครยังได้รับการรักษาด้วยแผ่นประคบร้อน และคลื่นเหนือเสียงด้วย ดังนั้น การลดปวดจึงเกิดจากผลการรักษาเสริมกันของการรักษาทุกชนิด[12,14] ซึ่งผู้วิจัย

เลือกการผสมวิธีการรักษาเช่นนี้เพื่อให้ตรงตามลักษณะการให้การรักษาจริงในทางคลินิกและสอดคล้องกับหลักการทางจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เมื่ออ้างอิงจากการศึกษาทางสรีรวิทยา เทคนิค PBT เน้นแบบแผนการหายใจ เพิ่มการแพร่ของ O_2 และขับ CO_2 อาจเป็นไปได้ว่าวิธีการหายใจนี้ช่วยเพิ่มระดับ O_2 และขับ CO_2 ที่ไปยังกล้ามเนื้อสะบักได้ และค่า pH ที่เพิ่มขึ้นมีผลลดการกระตุ้นตัวรับ ASIC3 จึงสามารถลดอาการปวด การศึกษาก่อนหน้านี้มีการเผยแพร่องค์ความรู้ว่าการฝึกหายใจสามารถลดความเจ็บปวดได้[32,33] เช่น Bartley และคณะในปี ค.ศ. 2011 ได้ศึกษาผลการฝึกหายใจในผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพบริเวณข้อต่อขากรรไกร (temporomandibular joint disease) สามารถลดอาการปวดได้[32] แต่ผลการศึกษาของผู้วิจัยในครั้งนี้ กลับพบว่า แม้เทคนิค PBT จะลดปวดได้แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม GEN กลับไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในความคิดเห็นของผู้วิจัยคิดว่า ประเด็นเกี่ยวกับ ความหนัก ความถี่ และเวลาของการฝึก PBT ควรมีการศึกษาต่อไปในอนาคต อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ได้มีการควบคุมตัวแปรกวนไว้แล้ว เช่น เวลาในการรักษา การใช้เสียง และอุณหภูมิห้อง เป็นต้น เนื่องจากมีการวัด HRV ด้วยนั่นเอง

- *ผลของการรักษากลุ่ม PBT และ GEN ต่อการเปลี่ยนแปลงความแปรผันของอัตราการเต้นหัวใจ*

HRV เป็นการแปลงอัตราการเต้นของหัวใจให้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับการทำงานขององค์ประกอบใน ANS โดยให้ LF แทนระดับการทำงานระบบประสาทซิมพาเทติค ส่วน HF แสดงการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติค ดังนั้นอัตรา LF/HF จึงบ่งบอกถึงความสมดุลของระบบประสาททั้งสองชนิด ได้แก่ ภาวะการรู้สึกตัว ภาวะเครียด หรือภาวะผ่อนคลายได้ จากการศึกษาครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม ค่า LF และ HF ของ GEN เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าดังกล่าวในกลุ่ม PBT เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการรักษาครั้งแรก แต่เมื่อคำนวณอัตราส่วน LF/HF ทั้งสองกลุ่มเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม จึงพอสรุปได้ว่า การออกกำลังกายทั้งสองชนิดไม่มีผลกระทบต่อสมดุลการทำงานของ ANS ซึ่งสอดคล้องกับการทบทวนวรรณกรรมถึงลักษณะการออกกำลังกายหนักปานกลาง ไม่มีผลกระทบต่อความสมดุลของ ANS หรืออีกนัยหนึ่งคือ การออกกำลังเสริมสร้างความรู้สึกตัวกระฉับกระเฉง แต่ไม่ก่อให้เกิดความเครียด[34]

อย่างไรก็ตาม การศึกษาการทำงานของ ANS ไม่สามารถอธิบายครอบคลุมได้จาก HRV เพียงอย่างเดียว เนื่องจาก ระบบประสาทสองระบบย่อยยังควบคุมการทำงานของอวัยวะภายในอีกหลายชนิด เช่น หัวใจ ทางเดินอาหาร ปอด ต่อมน้ำลาย หรือต่อมเหงื่อ และการคำนวณค่า HRV จาก uBioMacpa เป็นการบ่งบอกค่าการทำงานของ ANS ในขณะใดขณะหนึ่ง ดังนั้น หากต้องการความละเอียด การศึกษาในอนาคตอาจใช้เครื่องมือ HRV ชนิดติดขั้วบนผนังโครงอกเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจตลอดช่วงเวลาที่ออกกำลังกาย

<u>ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ</u>

การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ประการแรก ค่าความถี่ ความหนัก และเวลาต่อท่าการฝึก เป็นการกำหนดขึ้นมาเบื้องต้น อาจไม่เพียงพอต่อการเห็นผลการรักษา ในอนาคตควรมีการศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ของการฝึก PBT ประการที่สอง เนื่องจากมีการรักษาพื้นฐานทางกายภาพบำบัดร่วมด้วย จึงยากที่จะแยกผลการรักษาว่ามาจากเทคนิคการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว ดังนั้น ควรมีการศึกษาผลที่เสริมฤทธิ์กัน หรือศึกษาผลการรักษาแยกแต่ละเทคนิค ประการสุดท้าย อาสาสมัครในการศึกษาครั้งนี้ มีความสมดุลของ LFและ HF ตั้งแต่ค่าเริ่มต้นก่อนการรักษา จึงไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของ ANS ที่หลังการรักษา การศึกษาในอนาคต หากมีการวัดค่า HRV ควรมีการกำหนดเกณฑ์คัดเข้าเพิ่มเติม เช่น อาสาสมัครที่มี

ความเครียดทางจิตใจ และมีความไม่สมดุลของ ANS ด้วย

อาจกล่าวได้ว่าการรักษา PBT สามารถนำไปปรับใช้ทางคลินิกได้ โดยเฉพาะในผู้ป่วยกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อและพังผืดชนิดเรื้อรัง ทั้งนี้ทางผู้วิจัยมีความเห็นว่า ผลกระทบทางคลินิกอาจเกิดขึ้นได้กับผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัว หรือมีภาวะจำกัดบางประการ เช่น ผู้ป่วยที่มีภาวะระบายลมหายใจเกิน (hyperventilation) หรือ ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ควบคุมความดันโลหิตไม่ได้ (uncontrolled hypertension) เป็นต้น ดังนั้นการนำเทคนิค PBT ไปใช้ควรขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผู้ป่วยในแต่ละคน

สรุปผลการวิจัย

การรักษาด้วยเทคนิคพอซเชอะ-เบรธร่วมกับการรักษาพื้นฐานทางกายภาพบำบัด 9 ครั้ง ใน 3 สัปดาห์ ให้ผลในการเพิ่มระดับกั้นความปวด ลดระดับอาการปวด และไม่กระทบต่อความสมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ ในผู้ป่วยกลุ่มอาการสะบักจมได้ ทั้งนี้ผลลดระดับอาการปวด และผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติไม่แตกต่างจากการออกกำลังกายทั่วไปร่วมกับการรักษาพื้นฐานทางกายภาพบำบัด อาจกล่าวได้ว่าเทคนิคพอซเชอะ-เบรธ เป็นหนึ่งในเทคนิคการรักษาที่สามารถนำไปปรับใช้ทางคลินิกในผู้ป่วยกลุ่มอาการสะบักจมได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณกองทุนเฉลียวอยู่วิทยานุสรณ์ โดยคุณปนัดดา อยู่วิทยา ในการสนับสนุนทุนการศึกษาวิจัย และขอบพระคุณ ผศ.นพ. ปรีดา อารยาวิชานนท์ แพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนและส่งต่อผู้ป่วยในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Abrams BM. Scapulocostal syndrome. In: Waldman SD, ed. Pain management. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders, 2011: 588–92.
2. Waldman SD. Scapulocostal Syndrome. In: Waldman SD, ed. Atlas of Common Pain Syndromes. 4th ed. Philadelpshia: Elsevier, 2019: 142–5.
3. Fourie LJ. The scapulocostal syndrome. South African Med J. 1991; 79(12): 721–4.
4. Hruska R, Anderson J. Postural respiration: an integrated approach to treatment of patterned thoraco-abdominal pathomechanics. Lincoln: Postural Restoration Institute; 2019.
5. Srijessadarak T, Arayawichanon P, Kanpittaya J, Boonprakob Y. Diaphragmatic Mobility and Chest Expansion in Patients with Scapulocostal Syndrome: A Cross-Sectional Study. Healthcare (Basel). 2022; 10(5): 950.
6. Malik M, Bigger JT, Camm AJ, Kleiger RE, Malliani A, Moss AJ, et al. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Eur Heart J. 1996; 17(3): 354–81.
7. Buttagat V, Eungpinichpong W, Chatchawan U, Kharmwan S. The immediate effects of traditional Thai massage on heart rate variability and stress-related parameters in patients with back pain associated with myofascial trigger points. J Bodyw Mov Ther. 2011; 15(1): 15–23.
8. Boonprakob Y, Phadungkit S, Nongharnpitak S, Srijessadarak T, Supasatean W, Nakhengrit C. Trigger point: Curable or palliative symptoms. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci. 2016; 49(1): 155–66.

9. Simons DG, Travell JG, Simons LS. Travell & Simons' myofascial pain and dysfunction: upper half of body. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999.
10. Nongharnpitak S, Arayawichanon P, Chatchawan U, Paungmali A, Boonprakob Y. Therapeutic effects of modified active release technique and traditional Thai massage on functional capacity of shoulder and scapula in patients with scapulocostal syndrome. Thai J Phys Ther. 2018; 41(2): 97–111.
11. Nongharnpitak S, Arayawichanon P, Chatchawan U, Mato L, Puangmali A, Boonprakob Y, et al. Comparative study of the immediate therapeutic effects between modified active release technique and traditional Thai massage on pain alteration in patient with scapulocostal syndrome. J Assoc Med Sci. 2017; 50(3): 391–403.
12. Wannapong N, Boonprakob Y, Chatchawan U, Wanpen S, Phadungkit S. Immediate and short term effect of modified active release technique (mART) in patients with scapulocostal syndrome. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci. 2016; 49(1): 134–45.
13. Kanhachon W, Boonprakob Y. Modified-active release therapy in patients with scapulocostal syndrome and masticatory myofascial pain: A stratified-randomized controlled trial. Int J Environ Res Public Health. 2021; 18(16): 1-13.
14. Buttagat V, Eungpinichpong W, Chatchawan U, Arayawichanon P. Therapeutic effects of traditional Thai massage on pain, muscle tension and anxiety in patients with scapulocostal syndrome: A randomized single-blinded pilot study. J Bodyw Mov Ther. 2012; 16(1): 57–63.
15. Fernández-de-las-Peñas C, Cleland JA, Dommerholt J, editors. Manual therapy for musculoskeletal pain syndromes: An evidence-and clinical-informed approach. London: Churchill Livingstone, 2015.
16. Mata Diz JB, de Souza JRLM, Leopoldino AAO, Oliveira VC. Exercise, especially combined stretching and strengthening exercise, reduces myofascial pain: a systematic review. J Physiother. 2017; 63(1): 17–22.
17. Buttagat V, Taepa N, Suwannived N, Rattanachan N. Effects of scapular stabilization exercise on pain related parameters in patients with scapulocostal syndrome: A randomized controlled trial. J Bodyw Mov Ther. 2016; 20(1): 115–22.
18. Watthanasrimongkol S, Chatchawan U, Wanpen S, Sumranpat Brady W, Boonprakob Y. Comparative study between scapular stabilization exercise and general exercise on pain reduction in patients with scapulocostal syndrome: A randomized clinical trial. kku Res J. 2022; 22(1): 186–99.
19. Sahrmann SA, Bloom N. Update of Concepts Underlying Movement System Syndromes. In: Sahrmann S, editor. Movement System Impairement Syndromes of Extremities, cervical and Thoracic Spine. Missouri: Mosby, 2010: 1–34.
20. Boyle K. Postural Restoration. Musculoskeletal Physiotherapy Australia InTouch Magazine, 2007: 13–5.

21. Waldron JL, McKenney MA, Samuel MN, Girouard TJ, Turner CL, Radzak KN. The Use of Postural Restoration for Treatment of Chronic Rotator Cuff Pathology: a Case Report. Int J Sports Phys Ther. 2020; 15(5): 832–9.
22. Bernard R. Hypothesis testing two-sample inference. In: Fundamentals of Biostatistics. 8th ed. Duxbery: Thomson learing, 2000: 307.
23. Fischer AA. Pressure algometry over normal muscles. Standard values, validity and reproducibility of pressure threshold. Pain. 1987; 30(1): 115–26.
24. Kulsawad N, Meema P, Chatchawan U, Hunsawong T, Eungpinichpong W. Validity and reliability of digital WE algometer in subjects with myofascial trigger points on trapezius muscle. J Med Tech Phy Ther. 2019; 31(2): 123–9.
25. Boonstra AM, Schiphorst Preuper HR, Reneman MF, Posthumus JB, Stewart RE. Reliability and validity of the visual analogue scale for disability in patients with chronic musculoskeletal pain. Int J Rehabil Res. 2008; 31(2): 165–9.
26. Tiaprapong K, Eungpinichpong W, Wanpen S, Hunsawong T, Manimmanakorn N. The immediate effects of the self-foot massage using coconut shell on perceived foot fatigue, and heart rate variability in sedentary healthy subjects. J Med Technol Phys Ther. 2017; 29(2): 179–93.
27. Knuiman P, Hopman MTE, Mensink M. Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise. Nutr Metab (Lond). 2015; 12(1): 59.
28. Sluka KA, Kalra A, Moore SA. Unilateral intramuscular injections of acidic saline produce a bilateral, long-lasting hyperalgesia. Muscle Nerve. 2001; 24(1): 37–46.
29. Baskurt Z, Baskurt F, Gelecek N, Ozkan MH. The effectiveness of scapular stabilization exercise in the patients with subacromial impingement syndrome. J Back Musculoskelet Rehabil. 2011; 24(3): 173-9.
30. Pacheco-Barrios K, Gianlorenço AC, Machado R, Queiroga M, Zeng H, Shaikh E, et al. Exercise-induced pain threshold modulation in healthy subjects: a systematic review and meta-analysis. Princ Pract Clin Res. 2020; 6(3): 11–28.
31. Gallagher EJ, Bijur PE, Latimer C, Silver W. Reliability and validity of a visual analog scale for acute abdominal pain in the ED. Am J Emerg Med. 2002; 20(4): 287–90.
32. Bartley J. Breathing and temporomandibular joint disease. J Bodyw Mov Ther. 2011; 15(3): 291–7.
33. Zautra AJ, Fasman R, Davis MC, Craig AD Bud. The effects of slow breathing on affective responses to pain stimuli: An experimental study. Pain. 2010; 149(1): 12–8.
34. James DVB, Munson SC, De Ste Croix MBA, Maldonado-Martin S. Heart rate variability: Effect of exercise intensity on postexercise response. Res Q Exerc Sport. 2012; 83(4): 533–9.