

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลทันทีของการออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างและการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างต่อการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี

กนกวรรณ ศรีสุภกรกุล¹ วาสนา ธารประเสริฐ¹ พกฤษา เจาะรอด¹ วิภาวี ทองวิชิต¹ อรุณา บุญยารมย์²
และ สมภียา สมถวิล²

¹ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ²ภาควิชาวิทยาศาสตร์การฟื้นฟูและการเคลื่อนไหว คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ ศึกษาผลทันทีของการออกกำลังกายลำตัวส่วนล่างและการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างต่อการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวในผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดี **วัสดุและวิธีการ** อาสาสมัครจำนวน 42 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 14 คน คือ กลุ่มออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง (LTE; n = 14) กลุ่มออกกำลังกายจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง (ILTE; n = 14) และกลุ่มออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างร่วมกับการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง (LTE + ILTE; n = 14) เป็นเวลา 15 นาที อาสาสมัครถูกทดสอบความสามารถในการทรงตัวขณะอยู่หนึ่งทั้งที่มีและไม่มีข้อมูลป้อนกลับ และการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวทั้งในช่วงก่อนและหลังการออกกำลังกายทันที **ผลการศึกษา** ไม่พบความแตกต่างของความสามารถในการทรงตัวขณะอยู่หนึ่งทั้งที่มีและไม่มีข้อมูลป้อนกลับ และการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวที่ภายหลังการออกกำลังกายในทั้ง 3 กลุ่ม และระหว่างกลุ่ม ($p > 0.05$) ยกเว้นความสามารถในการทรงตัวขณะอยู่หนึ่งที่ไม่มีข้อมูลป้อนกลับในกลุ่ม LTE มีค่ามากกว่ากลุ่ม ILTE ($p < 0.05$) **สรุป** ถึงแม้ผลทันทีของการออกกำลังกายทั้ง 3 รูปแบบ ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถในการทรงตัว แต่การออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างสามารถคงความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวได้ดีกว่าการออกกำลังกายจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างในผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดี

คำสำคัญ: ● การทรงตัว ● การเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง ● การจินตนาการการเคลื่อนไหว ● การรับรู้ตำแหน่งของลำตัว

เวชสารแพทย์ทหารบก 2564;74(1):25-38.

ได้รับต้นฉบับเมื่อ 19 กรกฎาคม 2563 แก้ไขบทความ 30 ธันวาคม 2563 ได้ตีพิมพ์เมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2564

ผู้รับผิดชอบ ผศ. ดร.กนกวรรณ ศรีสุภกรกุล ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, จังหวัดพิษณุโลก 65000

E-mail: kanokwans@nu.ac.th

Original article

Immediate effect of lower trunk exercise and imagined lower trunk exercise on balance and trunk position sense in healthy adults

Kanokwan Srisupornkornkool¹, Watsana Tharprasert¹, Prueksa Joarod¹, Vipawee Thongwichit¹, Onuma Boonyarom² and Sompiya Somthavil²

¹Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok; ²Department of Rehabilitation and Movement Sciences, Faculty of Sports Science, Kasetsart University

Abstract:

Objectives: To investigate the immediate effects of lower trunk exercise and imagined lower trunk exercise on balance and trunk position sense in healthy young adults. **Materials and Methods:** Forty-two participants were recruited into this study and randomly divided into 3 groups, performing lower trunk exercise (LTE; $n = 14$), imagined lower trunk exercise (ILTE; $n = 14$), and lower trunk exercise with imagined lower trunk exercise (LTE + ILTE; $n = 14$) for 15 minutes. Static balance, trunk position sense, and dynamic balance were assessed during pre-exercise and immediately post-exercise. **Results:** There were no significant difference in static balance, trunk position sense, or dynamic balance within and between groups ($p > 0.05$), whereas trunk position sense of LTE group was greater than ILTE group after exercise ($p < 0.05$). **Conclusion:** Although the immediate effects of three types of exercise could not improve balance ability, the lower trunk exercise could maintain trunk position sense ability better than imagined lower trunk exercise in healthy young adults.

Keywords: ● Balance ● Lower trunk movement ● Motor imagery ● Trunk position sense

RTA Med J 2021;74(1):25-38.

Received 19 July 2020 Corrected 30 December 2020 Accepted 24 February 2021

Corresponding Author: Assist.Prof.Dr.Kanokwan Srisupornkornkool. Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok 65000. E-mail: kanokwans@nu.ac.th

บทนำ

การควบคุมการทรงตัว (postural control) เป็นความสามารถพื้นฐานที่สำคัญในการทำกิจกรรมต่างๆ โดยทั่วไปการเคลื่อนไหวหรือทำกิจกรรมส่วนใหญ่ในชีวิตประจำวัน มักจะมีการควบคุมสมดุลการทรงตัวของร่างกายให้บรรลุวัตถุประสงค์ 2 ประการคือพยายามรักษาสมดุลของร่างกายและในขณะเดียวกันก็จะมีการจัดตำแหน่งของร่างกายให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมให้เอื้อต่อการทำกิจกรรมนั้นๆ^{1,2} การควบคุมการทรงตัวอาศัยการทำงานร่วมกันของระบบโครงร่างกล้ามเนื้อและระบบประสาท เพื่อเลือกกล้ามเนื้อที่เหมาะสมในการปรับการทรงตัว ในขณะที่ยังคงรักษาร่างกายให้มั่นคง กล้ามเนื้อทั่วร่างกายจะมีการทำงานร่วมกัน ตั้งแต่ศีรษะจรดเท้า กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำงานร่วมกันจะแตกต่างกันขึ้นกับสถานการณ์ที่รบกวนการทรงตัว ได้แก่ ทิศทางการเคลื่อนที่ของพื้นผิว ปริมาณและความเร็วของแรงที่มารบกวนการทรงตัว ลักษณะของพื้นผิว และข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวของแต่ละบุคคล^{1,3}

ลำตัว (trunk) ถือเป็นโครงสร้างที่สำคัญในการควบคุมการทรงตัว เนื่องจากลำตัวเป็นส่วนกลางของร่างกายเชื่อมต่อกับส่วนคอและยางค์แขน-ขา การเชื่อมต่อกับยางค์แขนจะเชื่อมผ่านสะบัก (scapulae) ส่วนการเชื่อมต่อกับยางค์ขาจะเชื่อมผ่านเชิงกราน (pelvis) และเป็นจุดเกาะสำคัญของกล้ามเนื้อที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของคอ สะบัก แขน และขา ดังนั้นลำตัวจึงต้องมีความมั่นคงเพียงพอจึงจะทำให้คอและยางค์เคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากลำตัวไม่มั่นคงส่งผลให้ศีรษะและคอไม่สามารถตั้งตรงต้านกับแรงโน้มถ่วงได้ ร่างกายไม่สามารถทรงตัวอยู่ในแนวตั้งตรงได้ แขนและขาจะเคลื่อนไหวลำบาก เนื่องจากขาดที่ยึดเหนี่ยวที่มั่นคง³

การเพิ่มความสามารถในการทำงานของลำตัว จะส่งผลต่อการเพิ่มความมั่นคงของกระดูกสันหลัง ทำให้ลำตัว คอ และยางค์เคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและการเดิน วิธีเพิ่มความสามารถในการทำงานของลำตัวที่นิยม คือ การฝึกความมั่นคงของลำตัว (core stability exercise) และการออกกำลังกายกล้ามเนื้อลำตัว (trunk exercise) เช่น การงอลำตัว และการแอ่นหลัง เป็นต้น เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลำตัว โดยการศึกษาที่ผ่านมาสามารถยืนยันได้ว่าโปรแกรมการฝึกความมั่นคงของลำตัวและการออกกำลังกายกล้ามเนื้อลำตัวมีประสิทธิภาพเพียงพอในการควบคุมการทรงตัว ไม่ว่าจะเป็นผลทันทีหรือหลังจากการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง⁴⁻⁸ แต่การศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อลำตัวส่วนล่าง

ต่อความสามารถในการทรงตัวยังมีจำนวนจำกัด เช่น การศึกษาของ An SH and Park DS⁹ ศึกษาผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อลำตัวต่อการเคลื่อนไหวและการทรงตัวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผู้ป่วยได้รับการสุ่มเข้าร่วมกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกล้ามเนื้อลำตัวส่วนบนและส่วนล่างร่วมกับการฝึก Neurodevelopmental Technique (NDT) และกลุ่มฝึกเฉพาะ NDT หลังการฝึกพบว่าการฝึกการเคลื่อนไหวลำตัวร่วมกับการฝึก NDT สามารถเพิ่มการเคลื่อนไหวและการทรงตัวได้ดีกว่าฝึก NDT อย่างเดียว และการศึกษาของ Sangkarit N and Tapanya W¹⁰ ศึกษาผลเฉียบพลันของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อลำตัวแบบแยกส่วน กระดูกเชิงกราน และยางค์ขา ในเด็กที่มีภาวะควบคุมกล้ามเนื้อลำตัวบกพร่อง ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังออกกำลังกายส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของการควบคุมลำตัวแบบเป็นลำดับแยกส่วนและกิจกรมการทรงตัว แต่จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบการศึกษาผลทันทีของการออกกำลังกายเฉพาะการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างเพื่อเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว ซึ่งการเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งทันทีหลังจากการออกกำลังกาย จะส่งผลต่อการลดการเกิดการบาดเจ็บได้¹ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลทันทีของการออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างต่อความสามารถในการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว

อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายดังกล่าวข้างต้นยังมีข้อจำกัดในบุคคลที่มีความบกพร่องในการเคลื่อนไหว ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าวิธีการที่จะกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง โดยเฉพาะการกระตุ้นส่วนของวางแผนการเคลื่อนไหวให้ทำงานดีขึ้นส่งผลให้กระตุ้นการทำงานของระบบประสาทสั่งการมายังอวัยวะเป้าหมายให้ทำงาน เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำกิจกรรมได้ดีขึ้น วิธีกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ การจินตนาการการเคลื่อนไหว (motor imagery; MI) การทำงานของการจินตนาการการเคลื่อนไหว (MI) จะคล้ายกับขบวนการทำงานของการเคลื่อนไหวทางร่างกาย (physical movement) ทำให้การเคลื่อนไหวทั้งสองแบบมีคุณสมบัติเหมือนกัน ในแง่ของระยะเวลาในการเคลื่อนไหวต่อระยะทาง รูปแบบการเคลื่อนไหว และ speed-accuracy tradeoff ตามกฎของ Fitt's law^{12,13} ซึ่งลักษณะต่างๆ ที่เหมือนกันนี้จะเกิดทั้งการเคลื่อนไหวอย่างง่าย (simple movement) และการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายหลายส่วนร่วมกัน (complex body movement) ดังนั้นการจินตนาการ

การเคลื่อนไหว (MI) ถือเป็นการเลียนแบบการเคลื่อนไหวทางกาย แต่ต่างกันที่จินตนาการนั้นจะไม่เห็นการเคลื่อนไหวทางกายเกิดขึ้น

การจินตนาการการเคลื่อนไหว (MI) จะมุ่งเน้นการเคลื่อนไหวของร่างกาย จึงมีบทบาทสำคัญในทางการแพทย์ โดยเฉพาะการฟื้นฟูสมรรถภาพการเคลื่อนไหว การศึกษาหลายการศึกษามีความพ้องกันว่า การจินตนาการการเคลื่อนไหว (MI) สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ¹⁴ เพิ่มความเร็วของการเคลื่อนไหวของแขน¹⁵ เพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของข้อ¹⁶ เพิ่มความสามารถในการควบคุมท่าทาง^{17,18} และจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าผลของการศึกษาการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างยังมีจำนวนน้อยมาก ซึ่งการศึกษาส่วนใหญ่จะศึกษาการจินตนาการการเคลื่อนไหวของรยางค์แขน การเดิน และการลุกขึ้นยืน โดยวัดเวลาการเคลื่อนไหว (mental chronometry) ขณะจินตนาการเปรียบเทียบกับ การเคลื่อนไหวจริง โดยพบว่าใช้เวลาในการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกันทั้งการเคลื่อนไหวจริง (physical movement) และการเคลื่อนไหวในจินตนาการ (imagined movement) มีการศึกษาถึงผลของการฝึกจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวต่อการควบคุมกล้ามเนื้อลำตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ผู้ป่วยได้รับการสุ่มเข้าร่วมกลุ่มฝึกจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวร่วมกับการฝึก NDT และกลุ่มฝึก NDT ทั้งสองกลุ่มได้รับการรักษา 5 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที หลังการฝึกพบว่าการฝึกจินตนาการการเคลื่อนไหวของลำตัวร่วมกับการฝึก NDT สามารถเพิ่มการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว (proprioception) ได้ดีกว่าการฝึก NDT เพียงอย่างเดียว¹⁹

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้นจะเห็นว่ายังมีข้อจำกัดของหลักฐานการออกกำลังกายเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง และการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างต่อความสามารถในการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้จึงสนใจที่จะพัฒนาโปรแกรมนาร่องสำหรับการออกกำลังกายเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างด้วยอุปกรณ์ฝึกการทรงตัว sensamove balance board เพื่อเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว ซึ่งโปรแกรมจะมี 3 รูปแบบ ประกอบด้วย การเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง การจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง และการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างร่วมกับการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง โดยวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาผลทันทีของการออกกำลังกายทั้ง 3 รูปแบบต่อการทรงตัว และการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว ข้อมูลจากการศึกษาวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปสู่การพัฒนาโปรแกรมเพื่อเพิ่มความสามารถในการทรงตัวต่อไป

วัสดุและวิธีการ

รูปแบบการวิจัย

รูปแบบงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) โดยปกปิดผู้ควบคุมการออกกำลังกายและผู้ตรวจประเมิน ซึ่งผู้ควบคุมการออกกำลังกายไม่ทราบผลประเมินการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวของอาสาสมัคร และผู้ตรวจประเมินไม่ทราบว่าอาสาสมัครอยู่ในกลุ่มการออกกำลังกายแบบใด นอกจากนี้อาสาสมัครได้รับการปกปิดผลการประเมินจนกว่าจะสิ้นสุดงานวิจัย งานวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ (IRB: 0238/62) และการลงทะเบียนงานวิจัยแบบทดลองทางคลินิก (TCTR: TCTR20190729002)

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครผู้ใหญ่ตอนต้นสุขภาพดี จำนวน 42 คน อายุระหว่าง 20-35 ปี จากการคำนวณกลุ่มตัวอย่างตามการอ้างอิงงานวิจัยของ Oh DS and Choi JD¹⁹ โดยระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าอำนาจจำแนกที่ระดับร้อยละ 80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.20 และค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.8 ได้อาสาสมัครกลุ่มละ 14 คน ทั้งหมด 3 กลุ่ม อาสาสมัครถูกคัดกรองจากนิสิต บุคลากร และบุคคลภายนอกที่อาศัยอยู่ในชุมชนบริเวณโดยรอบมหาวิทยาลัย อาสาสมัครทุกคนต้องมีความสามารถในการนั่งทรงตัวได้ด้วยตนเอง ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทรงตัวและการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน มีคะแนนแบบสอบถามกิจกรรมที่ทำเป็นประจำมากกว่า 6 คะแนน เมื่อทำการทดสอบด้วย habitual physical activity²⁰ อาสาสมัครถูกคัดออกหากมีคะแนนความสามารถในการทำงานของสมองต่ำกว่าเกณฑ์ตามระดับการศึกษาด้วยแบบประเมิน Mini Mental State Examination (MMSE; ฉบับภาษาไทย)²¹ มีคะแนนความสามารถในการจินตนาการต่ำกว่า 20 คะแนน ด้วยแบบประเมิน Movement Imagery Questionnaire-Revised (MIQ-R; ฉบับภาษาไทย)²² มีปัญหาทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการทรงตัวในท่ายืน เช่น ขาหัก มีการผิดปกติของกระดูกขา หรือ ปวดหลัง (VAS > 3.5) มีปัญหาทางระบบประสาทส่งผลต่อการทรงตัวในท่ายืน เช่น อาการเวียนศีรษะ บ้านหมุน มีภาวะทางสายตาผิดปกติที่ไม่สามารถแก้ไขโดยการใส่แว่นตาและคอนแทคเลนส์ได้ และอาสาสมัครอยู่ในโปรแกรมการออกกำลังกายอื่นๆ อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์ถูกอธิบายวัตถุประสงค์ รายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัย และให้อาสาสมัครตัดสินใจโดยอิสระ

ในเข้าร่วมโครงการหรือไม่ ถ้าอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย ให้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยซึ่งผ่านการรับรองจริยธรรมในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ขั้นตอนการวิจัย

อาสาสมัครถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง (lower trunk exercise; LTE) จำนวน 14 คน กลุ่มออกกำลังกายจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง (imagined lower trunk exercise; ILTE) จำนวน 14 คน และกลุ่มออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างร่วมกับการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง (LTE + ILTE) จำนวน 14 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบโควตา (quota sampling) และในแต่ละกลุ่มถูกแบ่งเพศและอายุให้มีจำนวนเท่าๆ กัน อาสาสมัครกลุ่ม LTE ทำการออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างเป็นเวลา 15 นาที อาสาสมัครกลุ่ม ILTE ทำการออกกำลังกายจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างเป็นเวลา 15 นาที และอาสาสมัครกลุ่ม LTE + ILTE ทำการออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างเป็นเวลา 10 นาที และจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างอีก 5 นาที อาสาสมัครถูกประเมินการทรงตัวขณะอยู่นิ่ง (static balance test) การทรงตัวขณะเคลื่อนไหว (dynamic balance test) และการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว (trunk position sense) โดยการทดสอบการทรงตัวขณะอยู่นิ่งที่ไม่มีข้อมูลป้อนกลับ ทั้งก่อน

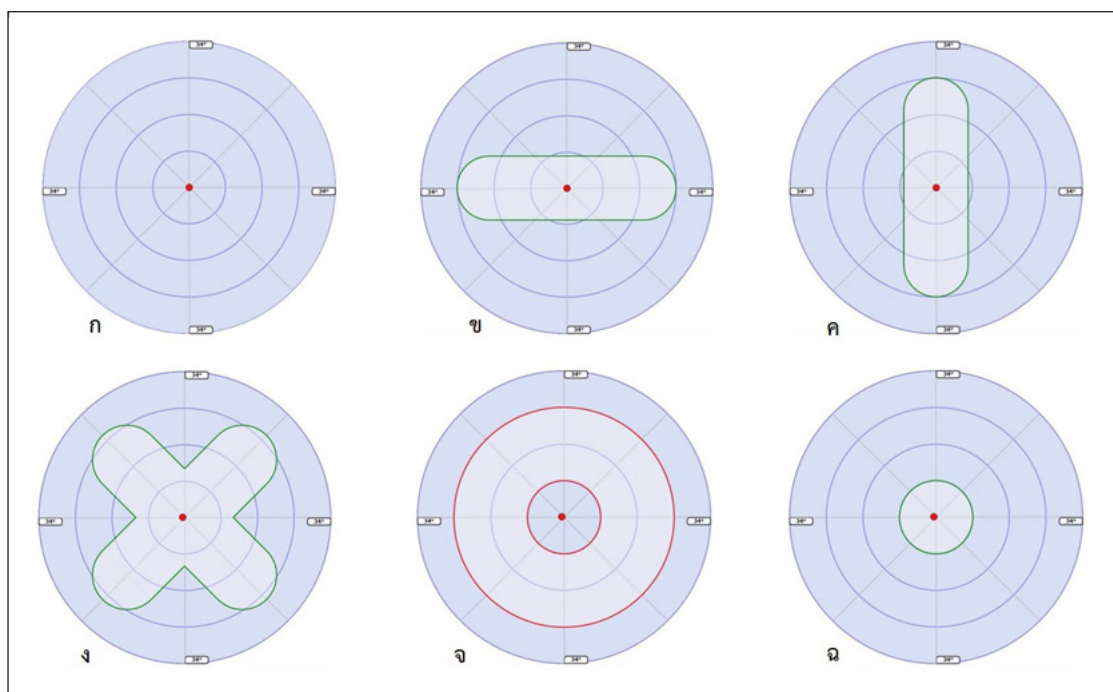
และหลังจากการออกกำลังกาย ด้วยโปรแกรม Sense Balance Software (Utrecht, The Netherlands)

อาสาสมัครนั่งบนเบาะ (sense balance therapy cushion) วางอยู่บนเก้าอี้ที่สามารถปรับระดับความสูงได้พอดีที่เท้าวางราบบนพื้น โดยผู้วิจัยจัดทำทางและตำแหน่งในการนั่ง ให้เส้นเท้าห่างกันประมาณ 10 เซนติเมตรและมุมการงอข้อเข่าประมาณ $100-105^{\circ}$ ข้อเท้าอยู่หลังข้อเข่าโดยให้มุมของข้อเท้าประมาณ 10° ทำการวัดโดยเครื่องวัดองศาการเคลื่อนไหว (handheld goniometer) จากนั้นให้อาสาสมัครใส่สายรัดที่หน้าอก และใส่นาฬิกา (polar heart rate) เพื่อวัดความแปรปรวนอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate variability; HRV) สำหรับติดตามการจินตนาการ

การประเมินการควบคุมการทำงานของลำตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว

1. การทรงตัวขณะอยู่นิ่งที่มีและไม่มีข้อมูลป้อนกลับ

อาสาสมัครนั่งอยู่บนเบาะ ในท่า neutral position และมองที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ควบคุมลำตัวให้อยู่นิ่งเพื่อคงจุดสีแดงอยู่บริเวณตรงกลางของวงกลม (รูปที่ 1 ก) จากนั้นผู้วิจัยทำการกดปุ่ม “start” ให้อาสาสมัครคงจุดสีแดงค้างไว้ 120 วินาที เมื่อทำการทดสอบเสร็จให้อาสาสมัครจำความรู้สึกเมื่อมีการคงจุดสีแดงไว้ตรงกลาง จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “finish” แล้วกดปุ่ม “next” เพื่อทำการทดสอบการทรงตัวขณะอยู่นิ่งที่มีข้อมูลป้อนกลับ โดยทำการ



รูปที่ 1 การประเมินการควบคุมการทำงานของลำตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว

ทดสอบเหมือนการทดสอบก่อนหน้าให้อาสาสมัครควบคุมลำตัวให้อยู่นิ่งเพื่อคงจุดสีแดงไว้ตรงกลางค้างไว้ 120 วินาที โดยในการทดสอบนี้จุดสีแดงจะไม่ปรากฏให้เห็นบนหน้าจออีก อาสาสมัครทำการคงจุดสีแดงตามความรู้สึกในการทดสอบทรงตัวขณะอยู่นิ่งแล้วกดปุ่ม “finish” เมื่อทำการทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการบันทึกความสามารถในการทรงตัวให้อยู่ในศูนย์กลาง (% performance)

2. การทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

อาสาสมัครนั่งอยู่บนเบาะ ในท่า neutral position และมองที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ควบคุมลำตัวให้อยู่นิ่งเพื่อคงจุดสีแดงอยู่บริเวณตรงกลางของวงกลม จากนั้นผู้วิจัยทำการกดปุ่ม “start” ให้อาสาสมัครควบคุมลำตัวให้เคลื่อนจุดสีแดงไป 5 ทิศทาง คือ ทิศทางซ้าย-ขวา (left-right) ทิศทางหน้า-หลัง (front-back) ทิศทางรูปกากบาทเฉียงซ้าย-ขวา (cross diagonal) ทิศทางวงกลมแบบมีรู (donut) ทิศทางวงกลม (circle) ตามที่กำหนด (รูปที่ 1 ข-จ) เป็นเวลาทิศทางละ 10 วินาที โดยให้จุดสีแดงอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ ทำการบันทึกความสามารถในการรักษาคงจุดศูนย์กลางให้อยู่ในกรอบรูปร่างที่กำหนด (% performance)

โปรแกรมการออกกำลังกาย

1. กลุ่มออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง (lower trunk exercise; LTE)

โปรแกรมการออกกำลังกาย ประกอบด้วย การทรงตัวขณะอยู่นิ่งที่มีและไม่มีข้อมูลป้อนกลับ และการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

การทรงตัวขณะอยู่นิ่งที่มีและไม่มีข้อมูลป้อนกลับ

ให้อาสาสมัครนั่งอยู่บนเบาะ ในท่า neutral position และมองที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ควบคุมลำตัวเพื่อให้จุดสีแดงอยู่บริเวณตรงกลางของวงกลม ผู้วิจัยกดปุ่ม “start exercise” ให้อาสาสมัครคงจุดสีแดงค้างไว้ 40 วินาที จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “finish exercise” แล้วพัก 10 วินาที แล้วทำเช่นเดิมซ้ำอีก 2 รอบ และให้อาสาสมัครจำความรู้สึกเมื่อมีการคงจุดสีแดงไว้ตรงกลาง เมื่อทำการออกกำลังกายเสร็จเรียบร้อยแล้ว กดปุ่ม “next” เพื่อทำการออกกำลังกายการทรงตัวขณะอยู่นิ่งที่ไม่มีข้อมูลป้อนกลับ โดยให้อาสาสมัครคงจุดสีแดงไว้ตรงกลางเป็นเวลา 40 วินาที โดยที่อาสาสมัครไม่เห็นจุดสีแดงปรากฏอยู่บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “finish exercise” ให้อาสาสมัครพักเป็นเวลา 10 วินาที แล้วทำเช่นเดิมซ้ำอีก 2 รอบ

การทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

ให้อาสาสมัครนั่งอยู่บนเบาะ ในท่า neutral position และมองที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ควบคุมลำตัวเพื่อให้จุดสีแดงอยู่

บริเวณตรงกลางของวงกลม ผู้วิจัยกดปุ่ม “start exercise” ให้อาสาสมัครเคลื่อนจุดสีแดงไปในขอบเขตที่กำหนดไว้ในทิศทางทั้งหมด 5 ทิศทาง ทิศทางซ้าย-ขวา (left-right) ทิศทางหน้า-หลัง (front-back) ทิศทางรูปกากบาทเฉียงซ้าย-ขวา (cross diagonal) ทิศทางวงกลมแบบมีรู (donut) ทิศทางวงกลม (circle) จนครบเวลาที่กำหนด ทำการฝึกแต่ละทิศทางเป็นเวลา 10 วินาที โดยให้จุดสีแดงอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “finish exercise” ให้พัก 10 วินาที ทำจนครบ 5 ทิศทาง ในแต่ละทิศทางจะทำการฝึกซ้ำอีก 2 รอบ

2. กลุ่มออกกำลังกายจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง (imagined lower trunk exercise; ILTE)

โปรแกรมการออกกำลังกาย ประกอบด้วย การทรงตัวขณะอยู่นิ่งที่มีและไม่มีข้อมูลป้อนกลับ และการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว โดยผู้วิจัยอธิบายโปรแกรมการฝึกให้อาสาสมัครฟังและให้ดูแบบบันทึกภาพการเคลื่อนไหวที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

การทรงตัวขณะอยู่นิ่งที่มีและไม่มีข้อมูลป้อนกลับ

ให้อาสาสมัครนั่งอยู่บนเบาะ ในท่า neutral position และมองที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ควบคุมลำตัวเพื่อให้จุดสีแดงอยู่บริเวณตรงกลางของวงกลม จากนั้นให้อาสาสมัครหลับตาและใช้ผ้าปิดตา ผู้วิจัยกดปุ่ม “start exercise” ให้อาสาสมัครทำการจินตนาการว่าตนเองกำลังทำการคงจุดสีแดงไว้ตรงกลางเป็นเวลา 40 วินาที จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “finish exercise” ให้อาสาสมัครพักเป็นเวลา 10 วินาที แล้วทำเช่นเดิมซ้ำอีก 2 รอบ ในแต่ละรอบอาสาสมัครถูกถามถึงความชัดเจนในการจินตนาการ จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “next” เพื่อทำการออกกำลังกายการทรงตัวขณะอยู่นิ่งที่ไม่มีข้อมูลป้อนกลับ โดยให้อาสาสมัครคงจุดสีแดงไว้ตรงกลางเป็นเวลา 40 วินาที โดยที่อาสาสมัครไม่เห็นจุดสีแดงปรากฏอยู่บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “finish exercise” ให้อาสาสมัครพักเป็นเวลา 10 วินาที แล้วทำเช่นเดิมซ้ำอีก 2 รอบ ในแต่ละรอบอาสาสมัครถูกถามถึงความชัดเจนในการจินตนาการ

การทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

ให้อาสาสมัครนั่งอยู่บนเบาะ ในท่า neutral position และมองที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ควบคุมลำตัวเพื่อให้จุดสีแดงอยู่บริเวณตรงกลางของวงกลม จากนั้นให้อาสาสมัครหลับตาและใช้ผ้าปิดตา ผู้วิจัยกดปุ่ม “start exercise” ให้อาสาสมัครทำการจินตนาการว่าตนเองกำลังทำการควบคุมลำตัวให้เคลื่อนจุดสีแดงไปในขอบเขตที่กำหนดไว้ในทิศทางทั้งหมด 5 ทิศทาง ทิศทางซ้าย-ขวา (left-right) ทิศทางหน้า-หลัง (front-back) ทิศทางรูปกากบาทเฉียงซ้าย-ขวา

(cross diagonal) ทิศทางวงกลมแบบมีรู (donut) ทิศทางวงกลม (circle) จนครบเวลาที่กำหนด ทำการฝึกแต่ละทิศทางเป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “finish exercise” ให้พัก 10 วินาที ทำจนครบ 5 ทิศทาง ในแต่ละทิศทางจะทำการฝึกซ้ำอีก 2 รอบ ในแต่ละรอบอาสาสมัครถูกถามถึงความชัดเจนในการจินตนาการ

3. กลุ่มออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างร่วมกับการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง (LTE + ILTE)

โปรแกรมการออกกำลังกาย ประกอบด้วย การทรงตัวขณะอยู่หนึ่งที่มีและไม่มีข้อมูลป้อนกลับ และการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว โดยในแต่ละท่าของการออกกำลังกายให้อาสาสมัครทำการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง 2 รอบ แล้วตามด้วยการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างอีก 1 รอบ

การทรงตัวขณะอยู่หนึ่งที่มีและไม่มีข้อมูลป้อนกลับ

ให้อาสาสมัครนั่งอยู่บนเบาะ ในท่า neutral position และมองที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ความสูงลำตัวเพื่อให้จุดสีแดงอยู่บริเวณตรงกลางของวงกลม ผู้วิจัยกดปุ่ม “start exercise” ให้อาสาสมัครคงจุดสีแดงค้างไว้ 40 วินาที จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “finish exercise” ให้อาสาสมัครพัก 10 วินาที แล้วทำเช่นเดิมซ้ำ 1 รอบ และให้อาสาสมัครจำความรู้สึกเมื่อมีการคงจุดสีแดงไว้ตรงกลาง จากนั้นให้อาสาสมัครหลับตาและใช้ผ้าปิดตา ผู้วิจัยกดปุ่ม “start exercise” ให้อาสาสมัครทำการจินตนาการว่าตนเองกำลังทำการควบคุมลำตัวให้คงจุดสีแดงไว้ตรงกลางเป็นเวลา 40 วินาที ผู้วิจัยกดปุ่ม “finish exercise” อาสาสมัครถูกถามถึงความชัดเจนในการจินตนาการ จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “next” เพื่อทำการออกกำลังกายการทรงตัวขณะอยู่หนึ่งที่มีไม่มีข้อมูลป้อนกลับ โดยให้อาสาสมัครคงจุดสีแดงไว้ตรงกลางเป็นเวลา 40 วินาที โดยที่อาสาสมัครไม่เห็นจุดสีแดงปรากฏอยู่บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยกดปุ่ม “finish exercise” ให้อาสาสมัครพักเป็นเวลา 10 วินาที แล้วทำเช่นเดิมซ้ำอีก 1 รอบ จากนั้นให้อาสาสมัครหลับตาและใช้ผ้าปิดตา ผู้วิจัยกดปุ่ม “start exercise” ให้อาสาสมัครทำการจินตนาการว่าตนเองกำลังทำการควบคุมลำตัวให้คงจุดสีแดงไว้ตรงกลางเป็นเวลา 40 วินาที โดยที่อาสาสมัครไม่เห็นจุดสีแดงปรากฏอยู่บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “finish exercise” ในแต่ละรอบอาสาสมัครถูกถามถึงความชัดเจนในการจินตนาการ

การทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

ให้อาสาสมัครนั่งอยู่บนเบาะ ในท่า neutral position และมองที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ความสูงลำตัวเพื่อให้จุดสีแดงอยู่

บริเวณตรงกลางของวงกลม ผู้วิจัยกดปุ่ม “start exercise” ให้อาสาสมัครเคลื่อนจุดสีแดงไปในขอบเขตที่กำหนดไว้ในทิศทางทั้งหมด 5 ทิศทาง ทิศทางซ้าย-ขวา (left-right) ทิศทางหน้า-หลัง (front-back) ทิศทางรูปกากบาทเฉียงซ้าย-ขวา (cross diagonal) ทิศทางวงกลมแบบมีรู (donut) ทิศทางวงกลม (circle) จนครบเวลาที่กำหนด ทำการออกกำลังกายแต่ละทิศทางเป็นเวลา 10 วินาที โดยให้จุดสีแดงอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ จากนั้นผู้วิจัยกดปุ่ม “finish exercise” ให้พัก 10 วินาที จนครบ 5 ทิศทาง ในแต่ละทิศทางจะทำการฝึกซ้ำอีก 1 รอบ จากนั้นให้อาสาสมัครหลับตาและใช้ผ้าปิดตา แล้วทำการจินตนาการการเคลื่อนไหวในทิศทางต่างๆ อีก 1 รอบ และอาสาสมัครถูกถามถึงความชัดเจนในการจินตนาการในแต่ละทิศทางของการเคลื่อนไหว

การวิเคราะห์ข้อมูล

ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย คะแนนความสามารถของการทำงานของสมอง คะแนนความสามารถในการจินตนาการ และคะแนนแบบสอบถามกิจกรรมทางกาย นำมาหาการกระจายตัวของข้อมูล โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk test พบว่า อายุ คะแนนความสามารถของการทำงานของสมอง และคะแนนแบบสอบถามกิจกรรมทางกาย มีการกระจายตัวของข้อมูลไม่ปกติ จึงแสดงเป็นค่า median และ interquartile 1 และ 3 และใช้สถิติ Kruskal-Wallis test และ Mann-Whitney U test สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ส่วนน้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และคะแนนความสามารถในการจินตนาการ มีการกระจายตัวปกติ จึงแสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean $\pm$ SD) และใช้สถิติ One-way ANOVA และ Bonferroni สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยค่าที่ได้ถือว่ามีความสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ความสามารถในการทรงตัวให้อยู่ในศูนย์กลาง และการรักษาจุดศูนย์กลางให้อยู่ในกรอบรูปร่างที่กำหนด และความแปรปรวนอัตราการเต้นของหัวใจ ถูกนำมาหาการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk test พบว่าการกระจายตัวของข้อมูลไม่ปกติ จึงแสดงเป็นค่า median และ interquartile 1 และ 3 สำหรับเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มจะใช้สถิติ Friedman test และ Wilcoxon signed rank test จะใช้สถิติ Kruskal-Wallis test และ Mann-Whitney U test สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยค่าที่ได้ถือว่ามีความสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

อาสาสมัครจำนวน 42 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 14 คน แต่ละกลุ่มมีเพศหญิงและเพศชายเท่ากัน คือ กลุ่มละ 7 คน และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของคุณลักษณะทางกายระหว่างกลุ่มทั้ง 3 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 1

ความแปรปรวนอัตราการเต้นของหัวใจ

สัดส่วนความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (LF/HF ratio) บ่งบอกถึงสัดส่วนการทำงานของ sympathetic และ parasympathetic nervous system ในการศึกษาครั้งนี้ดูค่าสัดส่วนความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อใช้ยืนยันถึงการจินตนาการว่าอาสาสมัครกำลังจินตนาการอยู่จริง ซึ่งผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของสัดส่วนความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อเปรียบเทียบทั้งภายในกลุ่ม (ก่อน ระหว่าง และหลังการออกกำลังกาย) และระหว่างกลุ่ม (LTE, ILTE และ LTE + ILTE) ดังแสดงในตารางที่ 2

การทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว

การทรงตัวประเมินจากความสามารถในการทรงตัวขณะอยู่นิ่ง (static balance) และการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว (dynamic balance) สำหรับการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวประเมินจากการทรงตัวขณะอยู่นิ่งโดยไม่มีข้อมูลป้อนกลับ

การทรงตัวขณะอยู่นิ่ง

จากผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของความสามารถในการทรงตัวให้อยู่ในศูนย์กลางเมื่อเปรียบเทียบทั้งภายในกลุ่ม (ก่อน และหลังการออกกำลังกาย) และระหว่างกลุ่ม (LTE, ILTE และ LTE + ILTE) ดังแสดงในตารางที่ 3

การรับรู้ตำแหน่งของลำตัว

จากผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทรงตัวให้อยู่ในศูนย์กลางในช่วงทดสอบก่อน และหลังการออกกำลังกายในแต่ละกลุ่ม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทรงตัวให้อยู่ในศูนย์กลางระหว่างกลุ่ม พบว่าภายหลังการออกกำลังกายความสามารถในการทรงตัวให้อยู่ในศูนย์กลางในกลุ่ม LTE มีค่ามากกว่ากลุ่ม ILTE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

การทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

จากผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของความสามารถในการรักษาจุดศูนย์กลางให้อยู่ในกรอบรูปร่างที่กำหนด เมื่อเปรียบเทียบทั้งภายในกลุ่ม (ก่อน และหลังการออกกำลังกาย) และระหว่างกลุ่ม (LTE, ILTE และ LTE + ILTE) ในทั้ง 5 ทิศทางของการเคลื่อนไหว ดังแสดงในตารางที่ 3

วิจารณ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลทันทีของการออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง (LTE) การออกกำลังกายจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง (ILTE) และการออกกำลังกายทั้งสองแบบร่วมกัน (LTE + ILTE) ต่อการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวในผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดี ในอาสาสมัครจำนวน 42 คน มีช่วงอายุระหว่าง 20-35 ปี ซึ่งอาสาสมัครทุกคนมีค่าดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) คะแนนความสามารถของการทำงานของสมอง (MMSE) คะแนนความสามารถในการจินตนาการในส่วนของการรู้สึกรูปร่างการเคลื่อนไหว (kinesthetic imagery) และการเห็นภาพการจินตนาการ (visual imagery) อยู่ในเกณฑ์ปกติ คะแนนแบบสอบถามกิจกรรมที่ทำเป็นประจำปกติ (habitual physical activity) มากกว่า 6 ถือว่ามีมีการทำกิจกรรมทางกายเป็นปกติหรือทำเป็นประจำ นอกจากนี้ อาสาสมัครทุกคนไม่มีประวัติเป็นโรคที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทรงตัวและการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน การศึกษานี้มีสมมติฐานคือ ผลทันทีของการออกกำลังกายจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างต่อการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวไม่แตกต่างจากการฝึกการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง ซึ่งพบว่าผลการศึกษการฝึกทั้ง 3 รูปแบบส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวไม่แตกต่างกัน แต่การรับรู้ตำแหน่งของลำตัวหลังจากฝึกการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างดีกว่าการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง

อาสาสมัครในกลุ่มที่มีการจินตนาการ คือ ILTE และ LTE + ILTE ถูกสอบถามถึงความชัดเจนในการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง ความชัดเจนจะแบ่ง 5 ระดับ²³ คือ ระดับที่ 1 มีความชัดเจนในการจินตนาการ มาก ส่วนระดับ 5 ไม่สามารถจินตนาการได้ ผลพบว่าค่าเฉลี่ยของความชัดเจนในการจินตนาการของกลุ่ม ILTE เท่ากับ 1.74 ± 0.61 และในกลุ่ม LTE + ILTE เท่ากับ 2.07 ± 0.50 ซึ่งถือว่ามีความชัดเจนในการจินตนาการ (vividness) อยู่

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ (Physical characteristics) ของอาสาสมัคร

ลักษณะทางกายภาพ	LTE (n = 14)	ILTE (n = 14)	LTE + ILTE (n = 14)	p-value
เพศ (F/M)	7/7	7/7	7/7	
	Median (IQ1,3)	Median (IQ1,3)	Median (IQ1,3)	
อายุ (ปี)	22 (21,23)	22 (21,23)	22 (21,23)	0.245
คะแนนความสามารถของการทำงานของสมอง	30 (30,30)	30 (30,30)	30 (30,30)	0.387
คะแนนแบบสอบถามกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ	7.56 (6.88,8.63)	7.56 (6.88,8.63)	7.56 (6.88,8.63)	0.440
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
น้ำหนัก (กก)	57.0 ± 10.14	60.79 ± 11.52	60.24 ± 13.75	0.674
ส่วนสูง (ซม)	166.57 ± 9.38	165.96 ± 7.22	163.14 ± 5.25	0.440
ดัชนีมวลกาย (กก/ม ²)	20.46 ± 2.45	21.93 ± 2.95	22.51 ± 4.47	0.271
คะแนนความสามารถในการจินตนาการในส่วนของการรู้สึกการจินตนาการ (kinesthetic imagery)	24.64 ± 1.60	25.21 ± 2.08	25.93 ± 2.20	0.239
คะแนนความสามารถในการจินตนาการในส่วนของการเห็นภาพการจินตนาการ (visual imagery)	25.79 ± 1.93	26.00 ± 1.80	26.21 ± 26.21	0.851

IQ1,3 = interquartile 1 และ 3; อายุ คะแนนความสามารถของการทำงานของสมอง (MMSE) และคะแนนแบบสอบถามกิจกรรมทางกายใช้สถิติ Kruskal-Wallis test และ Mann-Whitney U test สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม; น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และคะแนนความสามารถในการจินตนาการ ใช้สถิติ One-way ANOVA และ Bonferroni สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$); LTE = lower trunk exercise; ILTE = imagined lower trunk exercise; F = female; M = male

ตารางที่ 2 ค่าสัดส่วนความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (LF/HF ratio) ในช่วงก่อนการออกกำลังกาย ระหว่างการออกกำลังกาย และหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่ม LTE, ILTE และ LTE + ILTE

	LTE (n = 14)	ILTE (n = 14)	LTE + ILTE (n = 14)	p-value (Between group)
	Median (IQ1,3)	Median (IQ1,3)	Median (IQ1,3)	
Pre-test	0.94 (0.48,1.20)	0.81 (0.58,1.44)	0.79 (0.61,1.13)	0.965
Train	0.69 (0.52,0.92)	1.03 (0.53,1.55)	0.91 (0.60,1.86)	0.492
Post-test	1.15 (0.49,2.07)	0.76 (0.49,1.31)	0.67 (0.41,0.99)	0.411
p-value (Within group)	0.395	0.607	0.157	

IQ1,3 = interquartile 1 และ 3; ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่มใช้สถิติ Friedman test และ Wilcoxon Signed-Rank test; ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มใช้สถิติ Kruskal-Wallis test และ Mann-Whitney U test ระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$); LTE = lower trunk exercise; ILTE = imagined lower trunk exercise

ตารางที่ 3 ค่าความสามารถในการทรงตัวให้อยู่ในศูนย์กลาง และการรักษาจุดศูนย์กลางให้อยู่ในกรอบรูปร่างที่กำหนด ในช่วงก่อนการออกกำลังกาย และหลังการออกกำลังกาย ในกลุ่ม LTE, ILTE และ LTE + ILTE

Conditions for testing	Time for testing	LTE (n = 14) Median (IQ1,3)	ILTE (n = 14) Median (IQ1,3)	LTE + ILTE (n = 14) Median (IQ1,3)	p-value (Between group)
Static balance test	Pre-test	99.00 (99.00,99.00)	99.00 (99.00,100.00)	99.00 (99.00,100.00)	0.090
	Post-test	99.00 (99.00,99.00)	99.00 (99.00,100.00)	99.00 (99.00,100.00)	0.144
	p-value (Within group)	0.655	0.655	1.000	
Trunk position sense	Pre-test	99.00 (98.00,99.00)	99.00 (97.00,99.00)	99.00 (97.00,99.00)	0.639
	Post-test	99.00 (99.00,99.00)	98.00 (98.00,98.00)	98.00 (97.00,99.00)	0.041
	p-value (Within group)	0.748	0.941	0.905	
Dynamic balance test					
Left-right	Pre-test	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	1.000
	Post-test	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	1.000
	p-value (Within group)	1.000	1.000	1.000	
Front-back	Pre-test	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	1.000
	Post-test	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	1.000
	p-value (Within group)	1.000	1.000	1.000	
Cross diagonal	Pre-test	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	0.368
	Post-test	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	1.000
	p-value (Within group)	1.000	1.000	0.317	
Donut	Pre-test	78.00 (71.50,84.00)	81.50 (73.75,84.50)	82.00 (64.75,85.25)	0.791
	Post-test	81.50 (76.00,84.00)	81.00 (76.00,84.25)	81.50 (70.25,85.25)	0.969
	p-value (Within group)	0.221	0.623	0.325	
Circle	Pre-test	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	0.368
	Post-test	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	100.00 (100.00,100.00)	1.000
	p-value (Within group)	0.180	0.157	1.000	

IQ1,3 = interquartile 1 และ 3; ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่มใช้สถิติ Friedman test และ Wilcoxon Signed-Rank test; ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มใช้สถิติ Kruskal-Wallis test และ Mann-Whitney U test ระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$);

LTE = lower trunk exercise; ILTE = imagined lower trunk exercise; *มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม LTE กับ ILTE ระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ในเกณฑ์ชัดเจนมาก และในขณะทำการทดสอบในช่วงก่อน ระหว่าง และหลังการออกกำลังกาย ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (*heart rate variability*; HRV) ของอาสาสมัครส่วนใหญ่มีค่า low frequency power มากกว่า high frequency power ดูได้จากค่าสัดส่วนความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (LF/HF ratio) ที่พบว่าค่า LF/HF ratio มากกว่า 0.05 ซึ่งบ่งชี้ว่ามีการทำงานของระบบ sympathetic nervous system ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Demougeot L, et al²⁴ ได้ศึกษาผลของระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous systems) ขณะทำการจินตนาการการเคลื่อนไหวของลำตัว (trunk movement) การเคลื่อนไหวของขา (leg movement) และการเคลื่อนไหวของข้อมือ (wrist movement) เปรียบเทียบกับการเคลื่อนไหวจริงและขณะพัก โดยการวัดค่าความดันโลหิต (arterial pressure) วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) และวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography; EMG) ผลการศึกษาพบว่า ขณะจินตนาการมีค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นหัวใจ และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นมากกว่าขณะพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นหัวใจเหมือนกับการเคลื่อนไหวจริง และการศึกษาของ Bunno Y, et al²⁵ ได้ทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติ ขณะทำการจินตนาการโดยวิธี isometric contraction ของกล้ามเนื้อ thenar ที่ 10%MVC และ 50%MVC โดยทำการวัดสัดส่วนค่า low frequency ต่อ high frequency ของการแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ขณะจินตนาการ และหลังจินตนาการ ผลการศึกษาพบว่าสัดส่วนค่า low frequency ต่อ high frequency ขณะทำการจินตนาการที่ 50%MVC มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับขณะพัก ดังนั้นการจินตนาการสามารถเพิ่ม cardiac sympathetic nerve activity ได้เหมือนกับการเคลื่อนไหวจริง จึงสรุปได้ว่าเมื่อจินตนาการการเคลื่อนไหวจะมีการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ในส่วนของ sympathetic nervous system เพิ่มมากขึ้นเหมือนกับการกระทำการเคลื่อนไหวจริง เนื่องจากขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหวหรือมีการคิดที่จะเคลื่อนไหวจะมีการกระตุ้นของระบบ sympathetic nervous system ให้ทำงาน ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงสามารถยืนยันได้ว่าในขณะจินตนาการ อาสาสมัครมีการจินตนาการการเคลื่อนไหว

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าการออกกำลังกายจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง ส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวขณะอยู่นิ่ง การรับรู้ตำแหน่งของลำตัว และการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวที่ไม่แตกต่างจากการออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง และการออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างร่วมกับการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง ทั้งนี้เนื่องมาจากในขณะจินตนาการการเคลื่อนไหวจะมีการทำงานของระบบประสาทสั่งการการเคลื่อนไหวภายในสมองและเครือข่ายของระบบประสาทสั่งการมายังอวัยวะเป้าหมาย ซึ่งกระบวนการการทำงานของระบบประสาทสั่งการการเคลื่อนไหว (MI) จะคล้ายกับกระบวนการทำงานของการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นทางกาย (physical movement) โดยการเคลื่อนไหวทางกายจะมีองค์ประกอบคือการรับรู้ความรู้สึก (sensory-perceptual system) เข้าไปประมวลผลซึ่งจะเกิดขึ้นในระบบประสาทส่วนกลางภายในสมอง (integrated or control system) และสั่งการผ่านระบบประสาทสั่งการ (motor system) มายังกล้ามเนื้อเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจงก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ต้องการ กระบวนการทำงานของการจินตนาการการเคลื่อนไหว (imagined movement) ก็คล้ายกัน แต่การรับรู้ความรู้สึกที่เกิดขึ้นในขณะจินตนาการจะเกิดขึ้นเองภายใต้หน่วยความจำ (working memory) ไม่ได้เป็นการรับรู้ความรู้สึกจากสิ่งเร้าภายนอก โดยกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางและประสาทสั่งการทำงานที่เฉพาะเจาะจงต่อการเกิดการเคลื่อนไหวจากการจินตนาการนั้นๆ²⁶⁻³⁰ ทำให้การเคลื่อนไหวทั้งสองแบบมีคุณลักษณะคล้ายกันทั้งในแง่ระยะเวลาและรูปแบบการเคลื่อนไหว¹² มีการศึกษาหลายการศึกษาที่พบว่าการจินตนาการการเคลื่อนไหวมีลักษณะคล้ายกับการเคลื่อนไหวจริง เช่น การศึกษาของ Cerritelli B, et al¹³ พบว่าเวลาการเคลื่อนไหวของแขนและมือเปรียบเทียบกับจินตนาการการเคลื่อนไหวของแขนและมือไม่แตกต่างกัน การศึกษาของ Skoura X, et al³¹ พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเดินไม่แตกต่างกับระยะเวลาที่ใช้ในการจินตนาการในการเดิน การศึกษาของ Srisupornkornkool K³² พบว่าเวลาในการลุกขึ้นยืนไม่แตกต่างกับเวลาที่ใช้ในการจินตนาการการลุกขึ้นยืน และการศึกษาของ Somthavil S, et al³³ และ Srisupornkornkool K, et al³⁴ ศึกษาผลของการจินตนาการการลุกขึ้นยืนต่อการทำงานของสมอง โดยวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography; EEG) พบว่ากระบวนการทำงานของสมองในขณะการจินตนาการการเคลื่อนไหวคล้ายกับการเคลื่อนไหวจริง โดยเฉพาะในบริเวณสมองส่วน frontal lobe และ temporal lobe

นอกจากนี้ผลจากการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าการออกกำลังกายทั้ง 3 รูปแบบ ไม่ส่งผลในการเพิ่มความสามารถในการทรงตัว ขณะอยู่หนึ่ง การรับรู้ตำแหน่งของลำตัว และการทรงตัวขณะเคลื่อนที่ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก 2 ปัจจัยหลักๆ คือ 1) การศึกษาวิจัยนี้ทำการศึกษาในผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดี ช่วงอายุนี้นี้เป็นช่วงที่ระบบต่างๆ ในร่างกายโดยเฉพาะระบบที่ส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัว ได้แก่ ระบบประสาท และระบบกระดูก และกล้ามเนื้อทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นหาทางทำให้ในการฝึกมีความง่าย อาจจะไม่ช่วยในการเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้การเคลื่อนไหว เนื่องจากในช่วงอายุดังกล่าวมีความสามารถในการทำงานประเภทนี้ดีอยู่แล้ว (ceiling effect)³⁵ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรที่จะเพิ่มความยากของงานในการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี และควรศึกษาถึงผลความแตกต่างของอายุร่วมด้วย และ 2) การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลทันทีหลังการออกกำลังกาย อาจเป็นระยะเวลาที่น้อยเกินไป ทำให้เวลาที่ใช้ในการฝึกไม่เพียงพอที่จะทำให้มีความแตกต่างในการเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวในผู้ใหญ่ตอนต้น ซึ่งเป็นช่วงอายุที่มีความสามารถในการทำงานประเภทนี้ดีอยู่แล้ว (ceiling effect) มีการศึกษาของ Bae YH, et al¹⁸ ได้ศึกษาผลของการจินตนาการการเคลื่อนไหวต่อความสามารถในการควบคุมการทรงตัวในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการจินตนาการการเคลื่อนไหวสามารถเพิ่มความสามารถในการควบคุมการทรงตัวได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Oh DS and Choi JD¹⁹ ได้ศึกษาผลการฝึกการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวต่อการทำงานของกล้ามเนื้อลำตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อลำตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวเพิ่มขึ้น แต่ผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้แตกต่างจากการศึกษาของ Bae YH, et al¹⁸ และการศึกษาของ Oh DS and Choi JD¹⁹ คือไม่พบว่าการจินตนาการส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของระยะเวลาและวิธีการฝึก ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรที่จะทำการศึกษาผลของการฝึกในระยะสั้นและระยะยาวต่อความสามารถในการทรงตัว

และการรับรู้ตำแหน่งของลำตัว และปรับวิธีการฝึกให้ทำท่าความสามารถในการทรงตัวของอาสาสมัคร นอกจากนี้การที่ความสามารถในการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวในผู้ใหญ่ตอนต้นดีอยู่แล้ว ทำให้ผลการประเมินการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงอยู่แล้วตั้งแต่ก่อนเริ่มออกกำลังกาย อาจส่งผลให้ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงภายหลังการออกกำลังกายทันที ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มวิธีการประเมินความสามารถในการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวที่เหมาะสมกับแต่ละช่วงวัย

ถึงแม้ว่าการศึกษาวิจัยนี้จะไม่พบความแตกต่างของตัวแปรที่ใช้บ่งบอกความสามารถในการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของร่างกาย แต่สิ่งที่น่าสนใจจากการศึกษาครั้งนี้ คือ ความสามารถในการทรงตัวให้อยู่ในศูนย์กลาง และการรักษาจุดศูนย์กลางให้อยู่ในกรอบรูปร่างที่กำหนด โดยการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างมีความคล้ายคลึงกับการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างจริงๆ ดังนั้นการออกกำลังกายจินตนาการการเคลื่อนไหวอาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการออกกำลังกายเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของร่างกาย แต่อย่างไรก็ตามควรทำการศึกษาต่อไปเพื่อพัฒนารูปแบบของโปรแกรมการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับอาสาสมัครในแต่ละช่วงวัย

สรุป

ถึงแม้ว่าผลทันทีของการออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง การจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่าง และการออกกำลังกายทั้งสองแบบร่วมกัน ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทรงตัวขณะอยู่หนึ่ง และการทรงตัวขณะเคลื่อนที่ แต่ผลทันทีของการออกกำลังกายการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างสามารถคงความสามารถของการรับรู้ตำแหน่งของลำตัวได้ดีกว่าการออกกำลังกายโดยการจินตนาการการเคลื่อนไหวลำตัวส่วนล่างเพียงอย่างเดียว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณอาสาสมัครทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: theory and practical applications*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2001.
- Winter DA. Sagittal plane balance and posture in human walking. *IEEE Eng Med Biol Mag*. 1987;6(3):8-11.
- Davies PM. Right in the middle: selective trunk activity in the treatment of adult hemiplegia. Berlin: Springer-Verlag; 1990.
- Cabanas-Valdés R, Bagur-Calafat C, Girabent-Farré M, Caballero-Gómez FM, Hernández-Valiño M, Cuchí GU. The effect of additional core stability exercises on improving dynamic sitting balance and trunk control for subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2016;30(10):1024-33.
- Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiraki H. Comparison of the immediate effect of different types of trunk exercise on the star excursion balance test in male adolescent soccer players. *Int J Sports Phys Ther*. 2014;9(4):428-35.
- Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiraki H. Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer players. *Int J Sports Phys Ther*. 2014;9(1):47-57.
- Reddy SB, Jerome E, Kumar S. Effects of core stabilization program and conventional exercises in the management of patients with chronic mechanical low back pain. *Int J Physiother*. 2015;2(2):441-7.
- Hubble RP, Silburn PA, Naughton GA, Cole MH. Trunk exercises improve balance in Parkinson disease: a phase II randomized controlled trial. *J Neurol Phys Ther*. 2019;43(2):96-105.
- An SH, Park DS. The effects of trunk exercise on mobility, balance and trunk control of stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2017;12(1):25-33.
- Sangkarit N, Tapanya W. An immediate effects of an intervention program "segmental trunk control intervention with the pelvic and lower limbs exercises" in children with inadequate trunk control. *J Med Tech Phy Ther*. 2020;32(1):15-27. Thai
- Bizzini M, Impellizzeri FM, Dvorak J, Bortolan L, Schena F, Modena R, et al. Physiological and performance responses to the "FIFA 11+" (part 1): is it an appropriate warm-up? *J Sports Sci*. 2013;31(13):1481-90.
- Papaxanthis C, Schieppati M, Gentili R, Pozzo T. Imagined and actual arm movements have similar durations when performed under different conditions of direction and mass. *Exp Brain Res*. 2002;143(4):447-52.
- Cerritelli B, Maruff P, Wilson P, Currie J. The effect of an external load on the force and timing components of mentally represented actions. *Behav Brain Res*. 2000;108(1):91-6.
- Sidaway B, Trzaska AR. Can mental practice increase ankle dorsiflexor torque? *Phys Ther*. 2005;85(10):1053-60.
- Gentili R, Papaxanthis C, Pozzo T. Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. *Neuroscience*. 2006;137(3):761-72.
- Williams JG, Odley JL, Callaghan M. Motor imagery boosts proprioceptive neuromuscular facilitation in the attainment and retention of range-of-motion at the hip joint. *J Sports Sci Med*. 2004;3(3):160-6.
- Fansler CL, Poff CL, Shepard KF. Effects of mental practice on balance in elderly women. *Phys Ther*. 1985;65(9):1332-8.
- Bae YH, Ko YJ, Ha HG, Ahn SY, Lee WH, Lee SM. An efficacy study on improving balance and gait in subacute stroke patients by balance training with additional motor imagery: a pilot study. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(10):3245-8.
- Oh DS, Choi JD. The effect of motor imagery training for trunk movements on trunk muscle control and proprioception in stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2017;29(7):1224-8.
- Baecke JA, Burema J, Frijters JE. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr*. 1982;36(5):936-42.
- Committees for MMSE-Thai 2002. MMSE-Thai 2002. Bangkok: Institute of Geriatric Medicine, Department of Medical Services; 2002. Thai
- Ongsomboon T, Singnoy C, Suksawang P, Vongjaturapat N. Comparisons of movement imagery between athlete and non-athlete. *J Sports Sci Tech*. 2015;15(2):319-29. Thai
- Cui X, Jeter CB, Yang D, Montague PR, Eagleman DM. Vividness of mental imagery: individual variability can be measured objectively. *Vision Res*. 2007;47(4):474-8.
- Demougeot L, Normand H, Denise P, Papaxanthis C. Discrete and effortful imagined movements do not specifically activate the autonomic nervous system. *PLoS One*. 2009;4(8):e6769.
- Bunno Y, Suzuki T, Iwatsuki H. Motor imagery muscle contraction strength influences spinal motor neuron excitability and cardiac sympathetic nerve activity. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(12):3793-8.
- Decety J, Grèzes J. Neural mechanisms subserving the perception of human actions. *Trends Cogn Sci*. 1999;3(5):172-8.
- Kosslyn SM, Ganis G, Thompson WL. Neural foundations of imagery. *Nat Rev Neurosci*. 2001;2(9):635-42.
- Solodkin A, Hlustik P, Chen EE, Small SL. Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cereb Cortex*. 2004;14(11):1246-55.
- Hanakawa T, Dimyan MA, Hallett M. Motor planning, imagery, and execution in the distributed motor network: a time-course study with functional MRI. *Cereb Cortex*. 2008;18(12):2775-88.

30. Guillot A, Collet C, Nguyen VA, Malouin F, Richards C, Doyon J. Brain activity during visual versus kinesthetic imagery: an fMRI study. *Hum Brain Mapp.* 2009;30(7):2157-72.
31. Skoura X, Papaxanthis C, Vinter A, Pozzo T. Mentally represented motor actions in normal aging. I. Age effects on the temporal features of overt and covert execution of actions. *Behav Brain Res.* 2005;165(2):229-39.
32. Srisupornkornkool K. Effect of aging on the planning and execution of sit-to-stand movement. Warwick: The University of Warwick, 2014.
33. Somthavil S, Srisupornkornkool K, Rassameejan S, Boonyarom O. The effect of sit-to-stand and imagined sit-to-stand on the electroencephalograms features of healthy elderly. *Chula Med J.* 2017;61(6):757-70. Thai
34. Srisupornkornkool K, Wongcheen P, Klongkhayan W, Wamjing W, Rassameejan S, Boonyarom O, et al. Age-related differences in brain activity during physical and imagined sit-to-stand in healthy young and older adults. *J Phys Ther Sci.* 2019;31(5):440-8.
35. Schmidt RA, Lee TD. Motor control and learning: a behavioral emphasis. 5th ed. Champaign: Human Kinetics; 2011.