การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน โดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

บุญรัตน์ โง้วตระกูล

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ บุญรัตน์ โง้วตระกูล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแช้ม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.ปรัชญา แก้วแก่น)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

.....ประธาน
(นายแพทย์สมรักษ์ สันติเบ็ญจกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแช้ม)

.....กรรมการ
(ดร.ปรัชญา แก้วแก่น)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)

.....กรรมการ
(ดร.ศราวิน เทพสถิตย์ภรณ์)

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาอนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี) และวิทยาการปัญญา
วันที่ 20 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2560

ดุษฎีนิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปี 2560

ประกาศคุณูปการ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ดร.ปรัชญา แก้วแก่น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ชี้แนะแนวทางและช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ พร้อมทั้งให้กำลังใจเสมอมา และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ช่วยแนะนำและเพิ่มพูนความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ได้แก่ นายแพทย์สมรักษ์ สันติเบ็ญจกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤพนธ์ วงศ์จตุรภัทร และ ดร.ศราวิน เทพสถิตย์ภรณ์ ที่ได้กรุณาตรวจสอบความตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ และขอขอบพระคุณ ดร.ยรรยงค์ พันธ์สวัสดิ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

ขอขอบพระคุณคณบดีคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ในการถ่ายทำวีดิทัศน์ คณาจารย์ นักกายภาพบำบัด และนิสิตที่ช่วยสนับสนุนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี บุคลากรโรงพยาบาลทุกท่าน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่งในการจัดกิจกรรมวิจัย ขอขอบพระคุณ นายกเทศมนตรี ตำบลบางทราย ผู้อำนวยการกองสาธารณสุข ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบางทราย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และยานพาหนะ ขอขอบพระคุณผู้บังคับกองพันปืนใหญ่ที่ 21 รักษาพระองค์ ที่กรุณาสนับสนุนยานพาหนะรับส่งผู้สูงอายุในการเดินทางมารับการประเมินก่อนและหลังการทดลองที่มหาวิทยาลัยบูรพา

ขอขอบพระคุณอาสาสมัครผู้สูงอายุทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมกิจกรรมวิจัยอย่างดียิ่ง ขอกราบขอบพระคุณในน้ำใจของทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอธิการบดีมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ให้โอกาสและสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้มีเวลาในการศึกษาอย่างเต็มที่ ขอขอบพระคุณผู้ร่วมงานทุกท่านที่ให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่และทุกคนในครอบครัวที่ช่วยสนับสนุนทุกด้าน

ท้ายสุดนี้ขอขอบพระคุณคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2560 ทำให้ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

บุญรัตน์ โง้วตระกูล

55810009: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา;
ปร.ด. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)
คำสำคัญ: จินตภาพการเคลื่อนไหว/ การออกกำลังกาย/ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ/
การลุกขึ้นยืน/ ผู้สูงอายุ/ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ/ คลื่นไฟฟ้าสมอง

บุญรัตน์ โง้วตระกูล: การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนโดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง (INCREASING LOWER EXTREMITY MUSCLE STRENGTH AND THE SPEED OF SIT-TO-STAND BY USING A MOTOR IMAGERY CONTROL COMBINED WITH EXERCISE PROGRAM IN OLDER ADULTS: ELECTROMYOGRAPHY AND ELECTROENCEPHALOGRAPHY STUDIES) คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์: เสรี ชัดแช้ม, ค.ด., ปรัชญา แก้วแก่น, ปร.ด. 284 หน้า ปี พ.ศ. 2560.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ และเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไป โปรแกรมประกอบด้วย 1) การหายใจแบบลึก 2) การหมุนภาพในใจ 3) การจินตภาพการลุกขึ้นยืน 4) การอบอุ่นร่างกาย 5) การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า และ 6) การคลายอุ่น กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุ 60-74 ปี จากชมรมผู้สูงอายุเทศบาลตำบลบางทราย จังหวัดชลบุรี จำนวน 48 คน จัดเข้ากลุ่มโดยวิธีสุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 23 คน และกลุ่มควบคุม 25 คน ใช้แบบแผนการวิจัยแบบวัดก่อนและหลังการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่อง Hand-held dynamometer วัดความเร็วในการลุกขึ้นยืนด้วยวิธีทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (Five Times Sit-to-Stand Test: FTSST) และบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยระบบนิวโรสแกน (Neuroscan system) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยปรากฏว่า รูปแบบโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง มากกว่ากลุ่มควบคุมหลังฝึกด้วยโปรแกรม นอกจากนี้ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทิเบียลิส แอนทีเรียลดลงในขณะลุกขึ้นยืน และเปอร์เซ็นต์ อีอาร์ดีของคลื่นแอลฟาในสมองส่วนฟรอนทอล และส่วนเซ็นซอรีมอเตอร์ ในการจินตภาพการลุกขึ้นยืนในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p < .05$) สรุปได้ว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้ผลเชิงบวกต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามากกว่าโปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไป อาจเนื่องมาจากการจินตภาพการเคลื่อนไหวและการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า

55810009: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE;
Ph.D. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)
KEYWORDS: MOTOR IMAGERY/ EXERCISE/ MUSCLE STRENGTH/ SIT-TO-STAND/
OLDER ADULTS/ ELECTROMYOGRAPHY/ ELECTROENCEPHALOGRAPHY

BOONRAT NGOWTRAKUL: INCREASING LOWER EXTREMITY MUSCLE STRENGTH AND THE SPEED OF SIT-TO-STAND BY USING A MOTOR IMAGERY CONTROL COMBINED WITH EXERCISE PROGRAM IN OLDER ADULTS: ELECTROMYOGRAPHY AND ELECTROENCEPHALOGRAPHY STUDIES. ADVISORY COMMITTEE: SEREE CHADCHAM, Ph.D., PRATCHAYA KAEWKAEN, Ph.D. 284 P., 2017.

The purposes of this research were to develop a Motor Imagery Control Combined with Exercise Program (MICE) for increasing lower extremity muscle strength and the speed of sit-to-stand for older adults, and to compare program effectiveness with reference to a control group who received the General Exercise Program (GE). The MICE consists of deep breathing, mental rotation, sit-to-stand imagery task, warm up, progressive resistance exercise, and cool down steps. The participants were forty-eight older women aged 60-74 years from the senior citizens club, Bangsai sub-district, Chon Buri province, who were randomly assigned to the experimental group (n=23) and the control group (n=25). A randomized pretest and posttest active control group design was applied in this study. Lower extremity muscle strength was measured by hand-held dynamometer, speed of sit-to-stand was measured by the Five Times Sit-to-Stand Test (FTSST), and the Neuroscan system was used to collect signals of EMG and EEG. Data were analyzed by *t*-test.

The results revealed that the MICE program enhanced the muscle strength of lower extremity and the speed of FTSST when compared with outcomes measured in the control group. Moreover, the experimental group exhibited a decrease in amplitude of EMG (Tibialis anterior) during sit-to-stand tasks, and an enhancement of % ERD (Event-Related Desynchronization) of alpha waves at the frontal lobe and the sensorimotor area during sit-to-stand imagery task (higher than the control group after training, $p < .05$). These findings show that the developed program had more positive effects on the muscle strength than did general exercise and was probably due to the imagery movement and the progressive resistance exercise.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่
1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 10
กรอบแนวคิดการวิจัย 10
สมมติฐานของการวิจัย 14
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 14
ขอบเขตของการวิจัย 15
นิยามศัพท์เฉพาะ 16
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18
ตอนที่ 1 ทฤษฎีการควบคุมการเคลื่อนไหว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
ความเร็วในการลุกขึ้นยืน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
ตอนที่ 2 จินตภาพทางการเคลื่อนไหว และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 54
ตอนที่ 3 การตรวจทางประสาทสรีวิทยา เพื่อวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ
คลื่นไฟฟ้าสมอง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 69
3 วิธีดำเนินการวิจัย 81
ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับ
การออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและ
ความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ 81
ระยะที่ 2 การเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหว
ร่วมกับการออกกำลังกายในกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรม
การออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ 92

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

แบบแผนการทดลอง 95
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 96
การเก็บรวบรวมข้อมูล 113
การวิเคราะห์ข้อมูล 117
4 ผลการวิจัย 119
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหว
ร่วมกับการออกกำลังกาย 120
ตอนที่ 2 ผลเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหว
ร่วมกับการออกกำลังกายในกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมที่ใช้
โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ 124
5 สรุปและอภิปรายผล 148
สรุปผลการวิจัย 148
การอภิปรายผล 151
ข้อเสนอแนะ 163
บรรณานุกรม 165
ภาคผนวก 203
ภาคผนวก ก 204
ก-1 ใบรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย 205
ก-2 ตัวอย่างใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย 206
ก-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา
ของเครื่องมือวิจัย 207
ก-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย 210
ก-5 หนังสือขอความอนุเคราะห์ขอใช้ยานพาหนะ 211
ภาคผนวก ข 212
ข-1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล 213
ข-2 แบบทดสอบสมรรถภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย 215
ข-3 แบบคัดกรองโรคซึมเศร้า 219
ข-4 แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือฉบับย่อ 220

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

ข-5 แบบสอบถามความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว 221
ข-6 แบบบันทึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา..... 225
ข-7 แบบบันทึกความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง..... 226
ข-8 แบบบันทึกชีพจรและความดันโลหิตก่อนและหลังการวัด
คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง..... 227
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับ
การออกกำลังกาย 228
ภาคผนวก ง โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ 251
ภาคผนวก จ.....261
จ-1 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา 262
จ-2 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง..... 266
จ-3 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความสูงคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 268
จ-4 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟา..... 270
จ-5 ตัวอย่างภาพกิจกรรมการทดลอง 274
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....283

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 ข้อแนะนำในการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านสำหรับผู้สูงอายุ 35
2-2 เกณฑ์ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในผู้สูงอายุเพศหญิง อายุ 60-79 ปี 39
2-3 กลุ่มกล้ามเนื้อขาที่ทำหน้าที่งอและเหยียดข้อสะโพก งอและเหยียดข้อเข่า กระดกข้อเท้าและกดปลายเท้าลง 44
3-1 ภาพรวมของโปรแกรม MICE และ โปรแกรม GE 97
3-2 วิธีการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา 100
3-3 การวัดตำแหน่งติดขั้วอิเล็กโทรดในการตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 104
3-4 กำหนดการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการลุกขึ้นยืน คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง 109
4-1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 126
4-2 ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และสมรรถภาพสมอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง 128
4-3 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และสมรรถภาพสมอง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง 129
4-4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง 129
4-5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาข้างถนัดและข้างไม่ถนัด ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง 130
4-6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง 131
4-7 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ข้างถนัดและข้างไม่ถนัด ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE 132
4-8 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้น หลังการใช้โปรแกม MICE 132
4-9 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ข้างถนัดและข้างไม่ถนัด ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม 136
4-10 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในกลุ่มทดลองที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม 136

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-11 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE 140

4-12 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม..... 141

4-13 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE 142

4-14 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม..... 143

4-15 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE 144

4-16 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม..... 146

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 กรอบแนวคิดการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความเร็วในการลุกขึ้นยืน โดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย 13
2-1 เปลือกสมองบริเวณที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว 22
2-2 ภาพจำลองสัดส่วนของร่างกายเปรียบเทียบกับสัดส่วนของสมอง 23
2-3 วิถีประสาทคอร์ติโคสไปนัล 24
2-4 ลักษณะและโครงสร้างของมัดกล้ามเนื้อ 27
2-5 โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย 28
2-6 เส้นประสาทไขสันหลังที่ส่งมากระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อ 30
2-7 การเกิดศักย์ทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อลาย 31
2-8 วิธีการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่อง Leg press 40
2-9 การแบ่งระยะของการลุกขึ้นยืน 48
2-10 รูปแบบของ Motor Imagery Integrative Model in Sport: MIIMS 57
2-11 แบบวัดความชัดเจนในการจินตภาพการเคลื่อนไหว (VMIQ) 62
2-12 คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 69
2-13 ตำแหน่งการวางขั้วอิเล็กโทรดตามระบบ 10-20 77
3-1 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ 82
3-2 การจินตภาพขั้นตอนการลุกขึ้นยืน 84
3-3 ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการฝึกหมุนภาพในใจ 85
3-4 การทดลองใช้โปรแกรมกับกลุ่มที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง 91
3-5 ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลการใช้โปรแกรม MICE กับโปรแกรม GE 93
3-6 แบบแผนการทดลอง 95
3-7 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่าด้วย Hand-held dynamometer 100
3-8 กิจกรรมการทดสอบจินตภาพการลุกขึ้นยืนและการลุกขึ้นยืนจริง 101
3-9 อุปกรณ์เซ็นเซอร์ในการทดสอบการลุกขึ้นยืน ในขณะวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 102
3-10 ตำแหน่งขั้วอิเล็กโทรด 11 ช่องสัญญาณที่ใช้บันทึกขณะจินตภาพการลุกขึ้นยืน 102
3-11 การติดขั้วอิเล็กโทรดแบบไบโพลาร์บนกล้ามเนื้อ 103

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-10 ตำแหน่งขั้วอิเล็กโทรด 11 ช่องสัญญาณที่ใช้บันทึกขณะจินตภาพการลุกขึ้นยืน 102

3-11 การติดขั้วอิเล็กโทรดแบบไบโพลาร์บนกล้ามเนื้อ 103

3-12 สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลอง 3 ระยะ คือ ระยะก่อนการทดลอง
ระยะทดลอง และระยะหลังการทดลอง 106

3-13 สถานที่จัดโปรแกรมออกกำลังกาย ณ ห้องอเนกประสงค์
รพ.ค่ายนวมินทราชินี จังหวัดชลบุรี 108

3-14 การกรองสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 115

3-15 หน้าต่างโปรแกรม Curry neuroimaging suite 7.0
กรองสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง 116

3-16 การกรองสัญญาณความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง 116

4-1 กราฟเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE 135

4-2 กราฟเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม 139

4-3 กราฟค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน
ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE 145

4-4 กราฟค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน
ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม 147

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างประชากรในการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ เป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจทั้งในระดับชาติและระดับโลก จากการสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2557 ปรากฏว่า มีอัตราผู้สูงอายุร้อยละ 14.9 และมีการคาดการณ์ว่า ประเทศไทยจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ มีอัตราผู้สูงอายุมากกว่าร้อยละ 20 ในช่วงปี พ.ศ. 2567-2568 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557, หน้า 1-2) นอกจากนี้ประเทศไทยได้มีการจัดทำแผนผู้สูงอายุแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2545-2564) ในแผนยุทธศาสตร์ที่ 2 เกี่ยวกับยุทธศาสตร์ด้านการส่งเสริมผู้สูงอายุ ที่มุ่งเน้นมาตรการส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันและดูแลตนเองของผู้สูงอายุ (คณะกรรมการส่งเสริมและประสานงานผู้สูงอายุแห่งชาติ, 2545, หน้า 34) แสดงให้เห็นว่า การส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุเป็นเรื่องสำคัญ และควรมีการศึกษาเพื่อรองรับปัญหาในอนาคต ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการสูงอายุทางสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับความแข็งแรงและความสามารถในการทำกิจกรรมทางกายปรากฏว่า เมื่อคนอายุ 50 ปีขึ้นไป มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass) จะลดลงร้อยละ 1-1.5 ต่อปี และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) จะลดลงเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ต่อปี เมื่ออายุ 65 ปีขึ้นไป (Kennis et al., 2013) ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะลดลงเร็วกว่ามวลกล้ามเนื้อ 2-5 เท่า (Mitchell et al., 2012)

การศึกษาเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในคนอายุ 40 ปีขึ้นไป ปรากฏว่า ความแข็งแรงลดลงร้อยละ 40.9 เมื่อเปรียบเทียบกับคนอายุน้อยกว่า 40 ปี ที่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงร้อยละ 16.6 (Keller & Engelhardt, 2013) มีหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อควอดไดรเซพซ์ (Quadriceps) ที่เป็นกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่าในผู้ที่มีอายุ 70 ปีขึ้นไปมีความแข็งแรงน้อยกว่ากลุ่มอายุ 20 ปี ร้อยละ 35 (Abernethy et al., 2013, p. 130) และการศึกษาอัตราส่วน (Ratio) ระหว่างอายุกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อปรากฏว่า ผู้สูงอายุมีอัตราความแข็งแรงของกล้ามเนื้อควอดไดรเซพซ์ลดลง มากกว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแรงบีบมือ (Hand grip) แสดงว่า กล้ามเนื้อขามีอัตราความแข็งแรงลดลงเร็วกว่ากล้ามเนื้อมือ (Samuel et al., 2012) ซึ่งการเปลี่ยนท่าทาง เช่น การลุกขึ้นยืน (Sit-to-stand) เป็นการทำกิจวัตรประจำวัน (Activity of Daily Living: ADL) ที่ต้องอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเป็นหลัก (O'Meaea & Smith, 2006) และผู้สูงอายุเพศหญิงจะเริ่มสูญเสียความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการทำกิจกรรมทางกายเร็วกว่าผู้สูงอายุเพศชาย (Cheng, Yang, Cheng, Chen, & Wang, 2014)

ผู้สูงอายุที่มีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ เกิดจากกลไกที่เกี่ยวข้องในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง เช่น การทำงานของระบบกล้ามเนื้อและประสาท (Neuromuscular) ความแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Excitation-contraction) การทำงานของแอลฟามอเตอร์นิวรอน (Alpha motor neuron) และการทำงานของมอเตอร์ยูนิต (Motor unit) ลดลง (Gault & Willems, 2013) นอกจากนี้มีการศึกษาที่บ่งชี้ว่า การที่กล้ามเนื้ออ่อนแรงส่งผลให้มีโอกาสล้มง่าย พิการ พึ่งพาตนเองไม่ได้ มีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต (Quality of life) ของผู้สูงอายุ และจัดเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเสียชีวิตในผู้สูงอายุ (Goodpaster et al., 2006; Hasselgren, Olsson, & Nyberg, 2011; Abernethy et al., 2013; Beaudart, Zaaria, Pasleau, Reginster, & Bruyere, 2017)

กล้ามเนื้อขาที่อ่อนแรงส่งผลต่อการทำกิจวัตรประจำวันในผู้สูงอายุ (Kleinpell, Fletcher, & Jennings, 2008) โดยเฉพาะความเร็วในการลุกขึ้นยืน ซึ่งเป็นกิจกรรมทางกายที่สำคัญในการทำกิจวัตรประจำวันและเป็นความสามารถขั้นพื้นฐานในการเดิน การศึกษาเกี่ยวกับเวลาในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ (Execution time) ในการลุกขึ้นยืน มีรายงานว่า ผู้สูงอายุใช้เวลาลุกขึ้นยืนช้ากว่าวัยผู้ใหญ่ตอนต้น อาจเนื่องมาจากอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อและมวลกล้ามเนื้อขาลดลง (Demura & Yamada, 2007) นอกจากนี้ การศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุไทยในชุมชนปรากฏว่า ผู้สูงอายุไทยมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่ำกว่าผู้สูงอายุในต่างประเทศ เช่น กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก กล้ามเนื้อกางข้อสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่าและกล้ามเนื้องอข้อเข่า (สุขวิดา มโนรังสรรค์และคณะ, 2558) ซึ่งปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ 1) ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะเก้าอี้ เช่น ขนาดความสูง เก้าอี้ที่มีขนาดสูงจะลุกขึ้นยืนได้ง่าย 2) ปัจจัยรายบุคคล เช่น กล้ามเนื้ออ่อนแรง อายุมากขึ้น มีอาการเจ็บป่วย และ 3) การใช้กลยุทธ์ในการลุกขึ้นยืน เช่น ตำแหน่งการวางเท้า การใช้แขนช่วยเป็นแรงเหวี่ยง และความใส่ใจ (Attention) (Janssen, Bussmann, & Stam, 2002) มีการศึกษาสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวในการลุกขึ้นยืนและนั่งลงในผู้สูงอายุ ปรากฏว่า มีความสัมพันธ์กับกลยุทธ์ด้านการวางแผนการเคลื่อนไหว (Motor planning strategy) (Hassani, Kubicki, Brost, Mourey, & Yang, 2015) แสดงว่า การลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุขึ้นอยู่กับทั้งปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ปัจจัยภายในของผู้สูงอายุ ทั้งด้านร่างกาย (Physical) และด้านกระบวนการรู้คิด (Cognitive process) โดยเฉพาะการวางแผนกลยุทธ์ในการเคลื่อนไหว ซึ่งมีความสำคัญต่อการสั่งการในการเคลื่อนไหวให้บรรลุภาระกิจ

องค์ประกอบที่สำคัญด้านร่างกาย ในการวางแผนกลยุทธ์การเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพ คือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา การลุกขึ้นยืนมีการทำงานอย่างประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อและข้อต่อร่วมกันหลายส่วน นิยมแบ่งการลุกขึ้นยืนเป็น 4 ระยะ (Phase) คือ 1) เฟลกชันโมเมนตัม (Flexion momentum) มีการทำงานของกล้ามเนื้ออีเร็คเตอร์สไปเน่ (Erector spinae) คือ กล้ามเนื้อ

ลำตัวด้านหลัง และกล้ามเนื้อฮิพเฟลกเซอร์ (Hip flexors) คือ กล้ามเนื้องอข้อสะโพก 2) โมเมนตัม ทรานส์เฟอร์ (Momentum transfer) เป็นระยะที่มีการทำงานของกล้ามเนื้อแองเคิล ดอร์ซิเฟลกเซอร์ (Ankle dorsiflexors) คือ กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าขึ้น กล้ามเนื้อฮิพเฟล็กเซอร์ (Hip flexors) และกล้ามเนื้อแอบโดมินัล (Abdominal muscle) 3) ระยะเอกซ์เทนชัน (Extension) มีการทำงาน ของกล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพกและกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า และ 4) สเตบิไลเซชัน (Stabilization) เป็นระยะที่มีการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพกและกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่าในช่วงสุดท้าย ของการเคลื่อนไหว เพื่อยืนทรงตัวอย่างมั่นคง (Schenkman, Berger, Riley, Mann, & Hodge, 1990; Millington, Myklebust, & Shambes, 1992) แสดงว่า การลุกขึ้นยืนต้องอาศัย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเป็นหลัก ดังนั้นการศึกษาหาวิธีช่วยชะลออาการอ่อนแรง หรือ เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาโดยไม่ปล่อยให้เกิดปัญหาที่รุนแรงเมื่อสูงอายุจึงเป็นสิ่งสำคัญ

วิธีการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสำหรับผู้สูงอายุที่นิยม คือ การออกกำลังกาย แบบต้านแรงจากภายนอก (Resistance training) มีรายงานความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาเพิ่มขึ้น ร้อยละ 11 จากการศึกษาภาคตัดขวางของกล้ามเนื้อ ที่เป็นผลจากการออกกำลังกายแบบต้านแรง จากภายนอก โดยการฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน ที่ระดับความหนักร้อยละ 80 ของ 1RM (Repetition Maximum: RM) ฝึกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ส่วนการออกกำลังกายด้วยวิธีการเดิน และ การปั่นจักรยานไม่นิยมใช้สำหรับเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Gault & Willems, 2013) วิธีการออกกำลังกายแบบต้านแรงจากภายนอกทำได้หลายอย่าง เช่น ต้านแรงจากน้ำหนักตัว น้ำหนัก จากถุงทราย ใช้เครื่องออกกำลังกาย ใช้ยางยืดสำหรับออกกำลังกาย (Manglone, Miller, & Naughton, 2010) และการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า (Progressive Resistance Exercise: PRE) ให้ผลเชิงบวกต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แต่ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับ หลักฐานเชิงประจักษ์ในการแก้ไขความบกพร่องของกิจกรรมทางกาย เช่น การทรงตัว การยืน การเดิน เนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่างในการพัฒนาการเคลื่อนไหวร่างกายในผู้สูงอายุ เช่น การรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-efficacy) แรงจูงใจ ปัจจัยส่วนบุคคล (Latham, Bennett, Stretton, & Anderson, 2004) นอกจากนี้การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบต้านแรง จากภายนอกเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการพัฒนาทักษะการทำกิจวัตรประจำวันในผู้สูงอายุ (Hazell, Kenno, & Jakobi, 2007) และการคงสภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามีความสัมพันธ์ กับพฤติกรรมการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง (Volkers, Kieviet, Wittingen, & Scherder, 2012) มีรายงานการศึกษาอย่างเป็นระบบปรากฏว่า วิธีการออกกำลังกายส่วนใหญ่สำหรับผู้สูงอายุ ที่เปราะบาง (Frailty elderly) ใช้วิธีการให้โปรแกรมแบบหลายส่วนประกอบ(Multicomponent) เช่น การฝึกออกกำลังกายแบบให้แรงต้าน การฝึกทรงตัว การออกกำลังกายแบบแอโรบิค (Theou et al., 2011) ซึ่งวิธีการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสำหรับผู้สูงอายุส่วนใหญ่

ต้องใช้เวลาในการฝึกเป็นระยะเวลานาน และมุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย (Physical changes) แต่ผู้สูงอายุมีความเสื่อมทางร่างกายหลายระบบ โดยเฉพาะการทำหน้าที่ทางการรู้คิด ดังนั้นการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรง อาจไม่สามารถช่วยให้ผู้สูงอายุทำกิจวัตรประจำวันให้ดีขึ้น (Schlicht, Camaione, & Owen, 2001) จึงควรมีการศึกษาหาวิธีการฝึกการลุกขึ้นยืนที่ถูกวิธีและรวดเร็ว เพื่อส่งเสริมกลยุทธ์ในการวางแผนการเคลื่อนไหวเพิ่มเติมจากการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพียงอย่างเดียว

การศึกษาการจำกัดการเคลื่อนไหว (Limit range of motion) ของกล้ามเนื้อมือ ปรากฏว่า การจำกัดการเคลื่อนไหวเพียง 1 สัปดาห์ ทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงลดลง เมื่อวัดแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal Voluntary Contraction: MVC) และมีการเพิ่มขึ้นของฮอฟแมนรีเฟล็กซ์ (Hoffmann’s reflex: H-reflex) โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าสมองของระบบประสาทสั่งการ (Motor Evoked Potentials: MEPs) แสดงว่า มีการยับยั้งบริเวณก่อนจุดประสานประสาท (Presynaptic inhibition) หรือมีการลดลงของการนำสัญญาณประสาทขาเข้า (Afferent) ซึ่งการลดลงของการสั่งการจากสมองไปยังกล้ามเนื้อ (Corticomuscular coherence) อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณประสาทขาเข้า ที่ไขสันหลังและสมอง หรือเกิดจากการส่งสัญญาณประสาทจากมอเตอร์คอร์เทกซ์ลดลง (Lundbye-Jensen & Nielsen, 2008) สอดคล้องกับการศึกษาของ Clark, Issac, Lane, Damron, and Hoffman (2008) ที่ศึกษาการจำกัดการเคลื่อนไหวของแขน ปรากฏว่า มีการลดลงของสัญญาณประสาทจากระบบประสาทส่วนกลางที่ควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อช้าลงหลังจากถอดเฝือกรวมทั้งการศึกษาทางคลินิกแสดงให้เห็นว่า การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว (Motor imagery) ช่วยป้องกันการสูญเสียความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ (Newsom, Knight, & Balnave, 2003) การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการควบคุมการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุ

การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยเพิ่มการทำงานของมอเตอร์ยูนิต ส่งผลให้กล้ามเนื้อมีความแรงในการหดตัวมากขึ้น มีการศึกษาการทำงานของสมองในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหวปรากฏว่า มีพื้นที่สมองที่มีการทำงานคาบเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวจริงในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหว และการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG) เกี่ยวกับกลไกจินตภาพการเคลื่อนไหวในขณะจินตนาการยกน้ำหนักโดยให้กล้ามเนื้อทำงานแบบคอนเซ็นตริก (Concentric) ไอโซเมตริก (Isometric) และเอ็คเซ็นตริกคอนแทรกชั่น (Eccentric contraction) ปรากฏว่า มีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทุกชนิด แต่คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้จะต่ำกว่าการเคลื่อนไหวจริง (Guillot et al., 2007)

จินตภาพการเคลื่อนไหว (Motor imagery) เป็นกระบวนการทางปัญญาในการจินตนาการการเคลื่อนไหวแต่ไม่มีการเคลื่อนไหวจริง เป็นกระบวนการที่เกิดการกระตุ้นการทำงานภายในสมอง

(Internal activated brain function) แต่ไม่ได้แสดงออกทางการเคลื่อนไหว มีการทำงานแบบรู้สติ (Conscious) และเป็นการทำงานของสมองในลักษณะการเตรียมการล่วงหน้าก่อนการเคลื่อนไหวจริง (Jeannerod, 1994; Decety, 1996; Mulder, 2007) มีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงว่า มีการทำงานของสมองบริเวณเดียวกันในขณะจินตภาพและการเคลื่อนไหวจริง ในการศึกษาผู้ป่วยที่ถูกตัดแขน ขา (Amputee) (Lotze & Halsband, 2006) และการศึกษาทางสรีรวิทยาที่สนับสนุนเทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวในระยะแรกมีรายงานว่า จินตภาพการเคลื่อนไหวส่งผล ทำให้เกิดการทำงานของกระแสประสาทที่ใกล้เคียงกับการเคลื่อนไหวจริง สอดคล้องกับการศึกษาด้วยภาพถ่ายรังสีสมองด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Functional Magnetic Resonance imaging: fMRI) และเครื่องตรวจวัดอนุภาคโพสิตรอน (Positron Emission Tomography: PET) ในการทดลองให้กลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมเคาะสองนิ้วสลับกัน (Two finger tapping tasks) ปรากฏว่า การเคลื่อนไหวจริงและการจินตภาพการเคลื่อนไหวทำให้กล้ามเนื้อทำงานเพิ่มขึ้น มีการกระตุ้นประสาทไขสันหลังและระบบประสาทอัตโนมัติ เช่น การควบคุมการหายใจและการทำงานของหัวใจ มีการทำงานของระบบประสาทในพื้นที่สมองส่วนที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวนั้น คือ สมองส่วนซับพลีเมนทารีมอเตอร์ (Supplementary Motor Area: SMA) พรีมอเตอร์ (Premotor Area: PMA) ไพรมารีเซนซอรีมอเตอร์ (Primary Sensorimotor Area: M1/S1) โพสทีเรียพาไรทัลโลบ (Posterior Parietal Lobe: PPL) สมองน้อย (Cerebellum) ทาลามัส (Thalamus) และเบซัลแกงเกลีย (Basal Ganglia) แต่กระแสประสาทที่ถูกกระตุ้นมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความจำเพาะเจาะจงของการเคลื่อนไหวและความแรงของการกระตุ้น (Xu et al., 2014) นอกจากนี้จินตภาพการเคลื่อนไหวช่วยเพิ่มการส่งคำสั่งจากสมองไปกระตุ้นให้หลอดเลือดที่เลี้ยงกล้ามเนื้อวาสตัส แลทเทอรอลลิส (Vastus lateralis) มีการขยายตัวของหลอดเลือด (Cholinergic vasodilatation) เพิ่มการส่งสารสื่อประสาทอะซิติลโคลีนที่อยู่รอบนอก ทำให้มีความอิ่มตัวของฮีโมโกลบินในเลือด (Oxygenated-hemoglobin saturation) ที่บริเวณกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Ishii et al., 2013)

เทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวแบ่งเป็น 2 วิธี คือ จินตภาพทางคินนิสธีติก (Kinesthetic imagery) เป็นวิธีจินตภาพภายใน โดยการจินตภาพจากมุมมองของตนเองในการเคลื่อนไหวหรือออกกำลังกายเสมือนกำลังออกกำลังกายจริง และการจินตภาพทางการมองเห็น (Visual imagery) เป็นวิธีการจินตภาพเสมือนมองตนเองในกระจก ซึ่งวิธีจินตภาพทางคินนิสธีติกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นมากกว่าวิธีการจินตภาพทางการมองเห็น (Yao, Ranganathan, Allexandre, Siemionow, & Yue, 2013)

การประยุกต์เทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหว ในการศึกษาระยะแรก ส่วนใหญ่ใช้ในการฝึกนักกีฬาเพื่อพัฒนาศักยภาพการเล่นกีฬา และช่วยลดระดับความเครียดในการแข่งขัน ช่วยเพิ่มประสิทธิผลในการพัฒนาการเตรียมความพร้อมล่วงหน้า และช่วยพัฒนาความสามารถ

การจินตภาพการเคลื่อนไหว (Smeeton, Hibbert, Stevenson, Cumming, & Williams, 2013) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 เริ่มมีการนำเทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวมาใช้ฟื้นฟูผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหว เช่น ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ผู้ป่วยพาร์กินสัน และผู้ป่วยเด็กซีพี (Cerebral Palsy: CP) (Saimpont, Malouin, Tousignant, & Jackson, 2015)

การประยุกต์เทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวสำหรับผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก ในขณะใช้เทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวปรากฏว่า มีการทำงานของสมองทั้งสองซีก บริเวณพรีมอเตอร์คอร์เท็กซ์ (Premotor cortex) ซับพลีเมนทารีมอเตอร์คอร์เท็กซ์ (Supplementary motor cortex) และอินฟีเรียพาไรทัล (Inferior parietal lobule) ของสมองซีกตรงข้ามกับพยาธิสภาพของร่างกาย และมีการศึกษาวิธีการฝึกทักษะที่มุ่งเน้นลักษณะงานเฉพาะอย่างร่วมกับการฝึกจินตภาพ (Specific functional task-oriented mental practice) เพิ่มเติมจากการรักษาทางกายภาพบำบัดปรากฏว่า การฝึกวิธีนี้ช่วยพัฒนาทักษะการจินตภาพ และเพิ่มคุณภาพการเคลื่อนไหวในการทำกิจวัตรประจำวัน ช่วยพัฒนาทักษะการใช้มือและความเร็วในการเดินของผู้ป่วย (Santos-Couto-Paz, Teixeira-Salmela, & Tierra-Criollo, 2013) สอดคล้องกับการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันปรากฏว่า ผู้ป่วยกลุ่มที่ฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับฝึกกิจกรรมทางกายมีทักษะที่ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกกิจกรรมทางกายเพียงอย่างเดียว การเสริมวิธีฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมด้วยเป็นวิธีที่ทำให้การรักษาผู้ป่วยพาร์กินสันมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยลดอาการเคลื่อนไหวช้า (Bradykinesia) และเป็นวิธีการที่ประหยัดค่าใช้จ่าย (Tamir, Dickstein, & Huberman, 2007) ดังนั้นวิธีการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวจึงเป็นวิธีการที่ใช้ในการพัฒนาทักษะผู้ป่วยได้หลายประเภท ช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย และผู้ป่วยสามารถฝึกได้ตลอดเวลา

การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีการศึกษาผลการจินตภาพการเคลื่อนไหวต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในคนสุขภาพดี เช่น การศึกษาของ Yue and Cole (1992) ใช้วิธีจินตภาพการเคลื่อนไหวในการออกกำลังกล้ามเนื้อกางนิ้วก้อยข้างซ้าย โดยฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ วัดแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal voluntary contraction: MVC) ปรากฏว่า กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 22 ด้วยวิธีฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว และการศึกษาของ Ranganathan et al. (2004) ได้ศึกษาผลของการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว โดยใช้วิธีการเดียวกับการฝึกออกกำลังกายจริงเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยฝึกด้วยความหนัก จำนวนครั้งและจำนวนรอบเท่ากับการออกกำลังกายจริง ในกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกางนิ้วก้อยและกล้ามเนื้องอข้อศอก ปรากฏว่า มีการเพิ่มขึ้นของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (Cortical signal) ที่สัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น การศึกษานี้ได้กล่าวว่า ผลการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเป็นการส่งสัญญาณไปกระตุ้นคำสั่งขาออก (Descending motor command) จากซุปปราสไปนอลเซ็นเตอร์ (Supraspinal centers) ไปยังมอเตอร์นิวรอนพูล (Motor neuron pool) ส่งผลให้มีการระดมพล

ของมอเตอร์ยูนิต และเพิ่มการทำงานของมอเตอร์ยูนิต ซึ่งกลไกนี้ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก สอดคล้องกับการศึกษาผลของการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว ต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยเปรียบเทียบวิธีการฝึกจินตภาพทางการมองเห็นกับจินตภาพทางคินนิสธีติก ในคนสุขภาพดี ด้วยวิธีจินตภาพการออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อศอก เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ปรากฏว่ากลุ่มที่ฝึกจินตภาพทางคินนิสธีติกเพียงกลุ่มเดียว ที่กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.8 จากวิธีการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ซึ่งอาจเกิดจากการเพิ่มความเชื่อมโยงของคำสั่งระหว่างสมองกับกล้ามเนื้อ เพิ่มความแรงของสัญญาณประสาทของโครงข่ายประสาท ทำให้มีการส่งคำสั่งมายังกล้ามเนื้อเป้าหมายในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Yao, Ranganathan, Allexandre, Siemionow, & Yue, 2013)

มีรายงานการสังเคราะห์งานวิจัยจำนวนมาก (Madan & Singhal, 2012; Hetu et al., 2013; Schack, Essig, Frank, & Koester, 2014; Amarantini & Bru, 2015; Rienzo et al., 2015) ที่แสดงผลเชิงบวกต่อการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวในกลุ่มผู้เล่นกีฬา บุคคลผู้มีสุขภาพดี และผู้ป่วยทางระบบประสาท (Neurological patient) เช่น โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) การบาดเจ็บที่ไขสันหลัง (Spinal cord injury) และโรคพาร์กินสัน (Parkinson) ในการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเพื่อกระตุ้นให้มีการทำงานของสมอง โดยการฝึกร่วมกับวิธีการรักษาทางกายภาพบำบัด ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษา เป็นการทำงานของกระบวนการทางปัญญาที่ซับซ้อน เป็นการรับรู้ตนเอง โดยใช้ระบบประสาทสัมผัสและกระบวนการรับรู้ ทำให้มีการทำงานของความจำขณะคิด (Working memory) จึงมีการเชื่อมโยงทั้งการรับความรู้สึกและการรับรู้ (Sensory-perception) นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับความจำ (Dickstein, & Deutsch, 2007) แต่งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาผลของจินตภาพการเคลื่อนไหว เพื่อการเรียนรู้หรือเพิ่มความเร็วความแม่นยำในการเล่นกีฬา และพัฒนาทักษะทางกายในผู้ป่วย การศึกษาผลการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อยังคงมีน้อย

จากการศึกษาข้อมูลการวิจัยที่ผ่านมาทั้งในและต่างประเทศ หลักฐานส่วนมากแสดงผลเชิงบวกต่อการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเฉพาะมัด และส่วนมากเป็นการศึกษาในผู้ใหญ่สุขภาพดี (Yue & Cole, 1992; Ranganathan et al., 2004; Zijdewind et al., 2003; Sidaway &Trzaska, 2005; Shackell & Standing, 2007) ปรากฏว่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.6-35 ซึ่งความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น เป็นผลจากการปรับตัวของระบบประสาท (Neural adaptation) แต่ไม่ได้ทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น (Mucle hypertrophy) (Yue & Cole, 1992; Ranganathan et al., 2004)

การศึกษาดังกล่าวข้างต้นยืนยันได้ว่า การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวสามารถคงสภาพและเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ แต่มีการศึกษาบางส่วนที่ได้ข้อสรุปที่ไม่สอดคล้องกัน เช่น

การศึกษาของ He and Tian (2012) ได้ศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้องอข้อศอก โดยฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ปรากฏว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังการฝึก แสดงว่า ระยะเวลาในการฝึกส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เนื่องจากวิธีจินตภาพการเคลื่อนไหว จัดว่าเป็นการทำงานของกระบวนการทางปัญญาขั้นสูง (Higher-level cognitive process) (Madan & Singhal, 2012) มีความสัมพันธ์กับความจำขณะคิด (Working memory) การจินตภาพการเคลื่อนไหว เป็นการดึงข้อมูลจากความจำระยะยาว ซึ่งต้องอาศัยความใส่ใจและความจำขณะคิดต้องใช้เวลาในการฝึกที่เหมาะสมและเพียงพอจึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลง (Schott, 2012) ดังนั้นการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว ต้องคำนึงถึงความต่อเนื่องของระยะเวลาในการฝึกและกระบวนการรู้คิดในการเรียนรู้การเคลื่อนไหว

จากการทบทวนวรรณกรรม การออกกำลังกายด้วยวิธีการเพิ่มแรงต้านแบบก้าวหน้าในผู้สูงอายุ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ สามารถช่วยพัฒนากิจกรรมทางกาย และลดความบกพร่องทางร่างกาย (Physical disability) เช่น การลุกขึ้นยืน การเดิน รวมทั้งเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ (Liu & Latham, 2009) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบมีแรงต้านเป็นวิธีการฝึกให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวโดยตรง เป็นกระบวนการทำงานของสมองจากระดับล่างขึ้นบน (Bottom-up process) และการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหว เป็นกระบวนการทำงานของสมองจากระดับบนลงล่าง (Top-down process) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายใน (Internal model) เพื่อช่วยคาดการณ์สภาวะของประสาทรับสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor state) สร้างสัญญาณภายในเพื่อปรับกระบวนการยืดหยุ่นของระบบประสาท (Neural plasticity process) (Gentili & Papaxanthis, 2015) ซึ่งการลุกขึ้นยืนเป็นการทำงานของร่างกายที่มีความซับซ้อน การใช้ทั้งวิธีการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อร่วมกับวิธีจินตภาพการเคลื่อนไหว เพื่อเสริมแรงในการออกกำลังกายกล้ามเนื้อขาและฝึกทักษะในการลุกขึ้นยืน อาจมีผลเชิงบวกต่อการส่งเสริมกลยุทธ์ในการวางแผนการเคลื่อนไหวในการลุกขึ้นยืนสำหรับผู้สูงอายุมากกว่าวิธีการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว

มีการศึกษาอย่างเป็นระบบที่รวบรวมข้อมูลในการใช้วิธีการรู้คิด (Cognitive) และวิธีการผสมระหว่างการเคลื่อนไหวและการรู้คิด (Cognitive-motor) เพื่อพัฒนากิจกรรมทางกาย ปรากฏว่า มีหลักฐานเชิงประจักษ์จำนวนน้อย ที่ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของวิธีการบำบัดรักษา (Intervention) ในผู้สูงอายุและผู้ป่วยทางระบบประสาท (Pichierri et al., 2011) การศึกษาวิธีจินตภาพการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุ ส่วนมากมุ่งเน้นการศึกษาด้านการทรงตัว (Balance) การทำงานประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อ (Coordination) และการฝึกเดิน (Gait training) เพื่อป้องกันการล้ม (Gabbard & Fox, 2015; Hamel & Lajoie, 2005; You et al., 2009; Chiacchiero et al., 2015) และมีการทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบโดย Tod et al. (2015) ปรากฏว่า กลยุทธ์

ทางการรู้คิดช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้โดยผ่านกลไกด้านการรู้คิด เช่น ความใส่ใจและแรงจูงใจ แต่ยังไม่พบการศึกษาที่ใช้วิธีจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ โดยศึกษาผลของโปรแกรมทั้งระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาท (Neural adaptation) และการควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor control) ในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน โดยการพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ โดยการออกแบบการออกกำลังกล้ามเนื้อขา ในกลุ่มกล้ามเนื้อมัดหลักที่ใช้ในการลุกขึ้นยืนด้วยวิธีการให้แรงต้านแบบก้าวหน้าร่วมกับการฝึกทักษะการลุกขึ้นยืนโดยใช้วิธีจินตภาพการเคลื่อนไหว เพื่อเสริมความใส่ใจในการทำงานของกล้ามเนื้อขณะฝึกลุกขึ้นยืนตามกระบวนการเรียนรู้การเคลื่อนไหว ทำให้เกิดการทำงานของสมองร่วมกับการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยการทวนซ้ำ (Rehearsal) ส่งผลให้มีการวางแผนการเคลื่อนไหว (Motor planning) ที่มีประสิทธิภาพ เพิ่มความแรงของสัญญาณประสาทของโครงข่ายประสาทและเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ประเมินผลของโปรแกรม โดยการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Hand-held dynamometer และวัดความเร็วในการลุกขึ้นยืนด้วยการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (Five Times Sit-to-Stand Test: FTSST) รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจำนวน 4 มัด คือ 1) กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส (Rectus femoris) 2) กล้ามเนื้อไบเซพซ์ ฟีมอริส (Biceps femoris) 3) กล้ามเนื้อทิเบียลิส แอนทีเรียร์ (Tibialis anterior) และ 4) กล้ามเนื้อมีเดียล แกสตรอกนีเมียส (Medial gastrocnemius) ร่วมกับศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง ในการเปลี่ยนแปลงของ % ERD (Event-Related Desynchronization: ERD) ของคลื่นแอลฟาจากอิเล็กโทรด ที่ตำแหน่ง Fz, F3, F4, Cz, C3, C4, Pz, P3, P4, O1 และ O2 จำนวน 11 ตำแหน่ง ซึ่งอยู่บริเวณเปลือกสมองที่ควบคุมการเคลื่อนไหว ได้แก่ โซมาโตเซนซอรีคอร์เท็กซ์ เขตบร็อดแมนน์ 3,1,2 ไพรมารีมอเตอร์คอร์เท็กซ์ เขตบร็อดแมนน์ 4 พรีมอเตอร์คอร์เท็กซ์ เขตบร็อดแมนน์ 6 และออกซิปิทอล คอร์เท็กซ์ (Occipital cortex) เขตบร็อดแมนน์ 17 ตามพื้นที่สมองที่ควบคุมการเคลื่อนไหวในการลุกขึ้นยืน และเปรียบเทียบผลการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายของกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นการออกกำลังกายแบบไม่มีแรงต้านจากภายนอก ในการส่งเสริมกิจกรรมทางกายสำหรับผู้สูงอายุ เป็นการเพิ่มทางเลือกในการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ สำหรับป้องกันปัญหาความถดถอยของความแข็งแรงตามวัย รวมทั้งคงสภาพความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวันในการลุกขึ้นยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ

2. เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ดังนี้

2.1 เปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

2.2 เปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ หลังการใช้โปรแกรม

2.3 เปรียบเทียบความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

2.4 เปรียบเทียบความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ หลังการใช้โปรแกรม

2.5 เปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะลุกขึ้นยืน ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

2.6 เปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะลุกขึ้นยืน ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ หลังการใช้โปรแกรม

2.7 เปรียบเทียบ % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

2.8 เปรียบเทียบ % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ หลังการใช้โปรแกรม

กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน โดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ พัฒนาโปรแกรมโดยใช้แนวคิดที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor control) และการเรียนรู้การเคลื่อนไหว

(Motor learning) คือ แนวคิดเชิงระบบ (System model) พัฒนาโดย Umphred et al. (2013, pp. 4-10) ประกอบด้วย 1) องค์ประกอบการรู้คิด (Cognitive) ใช้วิธีจินตภาพการเคลื่อนไหวและการหมุนภาพในใจ 2) องค์ประกอบทางการเคลื่อนไหว (Motor) ใช้วิธีออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า และ 3) องค์ประกอบทางอารมณ์ (Emotion) ใช้วิธีการผ่อนคลายด้วยการฝึกหายใจแบบลึกและการยืดกล้ามเนื้อ รวมทั้งสร้างแรงจูงใจด้วยวิธีการออกกำลังกายแบบกลุ่ม

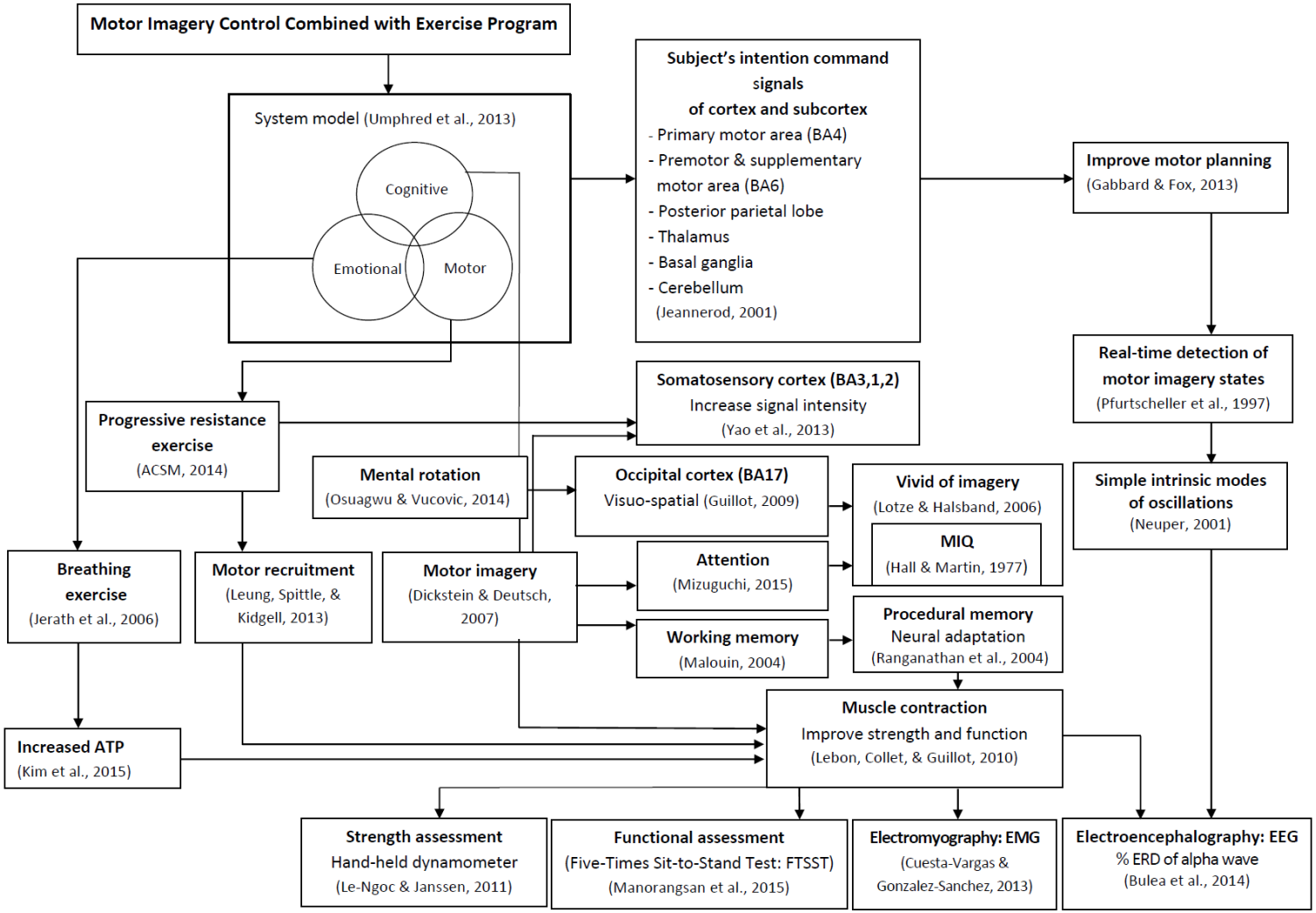
จินตภาพการเคลื่อนไหวเป็นกระบวนการทางปัญญาขั้นสูง (Higher cognitive function) (Madan & Singhal, 2012) เกิดจากการทำงานของระบบประสาทที่ซับซ้อน มีการทำงานของการรับรู้และการรับความรู้สึกร่วมกับการดึงข้อมูลจากความจำระยะยาว และความจำขณะคิดที่ทำงานเชื่อมโยงกัน (Dickstein, & Deutsch, 2007; Malouin, Belleville, Richards, Desrosiers, & Doyon, 2004) จากการศึกษาทางประสาทสรีรวิทยาแสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการจินตภาพการเคลื่อนไหวทำให้เกิดการทำงานของเปลือกสมอง และบริเวณสมองส่วนซับคอร์ติคัล ซึ่งเป็นพื้นที่สมองบริเวณเดียวกับการเคลื่อนไหวจริง คือ ไพรมารีมอเตอร์ พรีมอเตอร์ และซับพลีเมนทารีมอเตอร์ ด้านหลังของสมองกลีบบนสมองน้อย ทาลามัส และเบซัลแกงเกลีย (Jeannerod, 2001; Munzert, Lorey, & Zentgraf, 2009; Xu et al., 2014) ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของการส่งผ่านของสารสื่อประสาท (Neural transmission) เพิ่มการทำงานจากวิถีประสาทคอร์ติโคสไปนัล ทำให้เกิดการวางแผนและการเตรียมการเคลื่อนไหว (Motor planning) รวมทั้งการปรับตัวของจุดประสานประสาท (Synapse) (Leung, Spittle, & Kidgell, 2013)

วิธีการจินตภาพการเคลื่อนไหวทำให้มีการส่งสัญญาณที่บริเวณเปลือกสมอง ระหว่างเปลือกสมองส่วนที่ทำหน้าที่รับความรู้สึก และส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว โดยการสร้างความรู้สึกในการเคลื่อนไหวใหม่ จากนั้นส่งสัญญาณคำสั่งที่ส่งเสริมให้วงจรประสาทส่งสัญญาณไปยังกล้ามเนื้อเป้าหมาย (Yao et al., 2013) การที่กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเกิดจากการส่งสัญญาณคำสั่งการควบคุมการเคลื่อนไหวโดยตรงจากสมองที่มากขึ้น สั่งให้มอเตอร์ยูนิตทำงานมากขึ้น และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังจากหยุดการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว ยังคงมีความแข็งแรงสูงกว่าก่อนการฝึกแสดงว่า มีการปรับตัวของระบบประสาท และส่งผลต่อเนื่องระยะยาวต่อการคงสภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีลักษณะเหมือนกลไกการเรียนรู้การเคลื่อนไหว กลายเป็นความจำระยะยาวชนิดความจำเชิงกระบวนการ (Procedural memory) (Ranganathan et al., 2004)

การออกแบบโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ออกแบบตามข้อแนะนำของวิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา (American college of sports medicine, 2014, pp. 376-377) ที่แนะนำการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านสำหรับผู้สูงอายุที่ไม่เคยออกกำลังกาย ระดับความหนักหรือแรงต้านที่แนะนำไม่เกินร้อยละ 50 ของความหนักสูงสุดที่ต้านแรงได้หรือยกได้ 1 ครั้ง (One-Repetition Maximum: 1RM) และจำนวนครั้งที่เหมาะสมใน

การออกกำลังกายประมาณ 10-15 ครั้งต่อท่า และเสริมแนวคิดในการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว เพราะการจินตภาพการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะเคลื่อนไหว ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและกิจกรรมทางกาย การฝึกหมุนภาพในใจ (Mental rotation) ด้วยวิธีมองภาพมือในระนาบต่าง ๆ (Osuagwu & Vucovic, 2014) เพื่อฝึกสมองให้มีการทำงานร่วมกันทั้งสองซีก และการฝึกผ่อนคลายกล้ามเนื้อ (Relaxation) ด้วยการหายใจแบบลึก (Deep breathing) เพื่อช่วยให้จินตภาพได้ชัดเจนมากขึ้น (Dickstein & Deutsch, 2007) และเพิ่มความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด ช่วยเพิ่มสารให้พลังงานแก่เซลล์ (Adrenosine triphosphate: ATP) ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีกลุ่มฟอตเฟตพลังงานสูงที่เซลล์สะสมไว้เป็นแหล่งพลังงาน (Kim et al., 2015) ทำให้ทาลามัสและก้านสมองทำงานประสานกัน ช่วยเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (Parasympathetic nervous system) ทำให้สมองและอวัยวะภายในทำงานประสานสัมพันธ์กัน เพิ่มการหลั่งสารเมลาโทนินที่ช่วยปรับสมดุลของร่างกาย (Jerath, Edry, Barnes, & Jerath, 2006) ช่วยผ่อนคลายและลดความกังวลส่งผลต่อจิตใจ รวมทั้งเพิ่มการทำงานของอวัยวะภายในได้ (Ritz & Roth, 2003)

กรอบแนวคิดในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนโดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (ภาพที่ 1-1)



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน โดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

สมมติฐานของการวิจัย

1. ได้รูปแบบโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายที่มีองค์ประกอบหลัก คือ การควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวเสริมกับการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า

2. กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น หลังการใช้โปรแกรมมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม

3. กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น หลังการใช้โปรแกรมมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

4. กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) หลังการใช้โปรแกรมเร็วกว่าก่อนการใช้โปรแกรม

5. กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) หลังการใช้โปรแกรมเร็วกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

6. กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน แตกต่างกันหลังการใช้โปรแกรมมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม

7. กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน แตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ หลังการใช้โปรแกรม

8. กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมี % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน แตกต่างกันหลังการใช้โปรแกรมมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม

9. กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมี % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน แตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ หลังการใช้โปรแกรม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รูปแบบโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนสำหรับผู้สูงอายุไทย

2. ได้รูปแบบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นที่ช่วยให้ผู้สูงอายุไทยมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนที่ดีขึ้น โดยยืนยันประสิทธิภาพของการใช้โปรแกรมด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ทางด้านพฤติกรรม คือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นและลุกขึ้นยืนได้เร็วขึ้น

3. ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ของความสูงคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุไทยภายหลังการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ที่สามารถใช้ในการอ้างอิงได้ต่อไป

4. ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ของ % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุไทยที่สนับสนุนการจินตภาพการลุกขึ้นยืนว่า มีการทำงานของสมองในบริเวณที่ใกล้เคียงกับการเคลื่อนไหวจริง ที่ใช้ในการอ้างอิงต่อไปได้

5. สามารถประยุกต์โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายเพื่อเป็นทางเลือกในการเพิ่มความแข็งแรงและความสามารถในการทำกิจกรรมทางกายอื่น ๆ เช่น การพลิกตะแคงตัว การลุกขึ้นนั่ง การยืน และการเดิน ในกลุ่มผู้ป่วยที่อาการกล้ามเนื้อขาอ่อนแรง เช่น ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิธีการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน โดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ และศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง ศึกษาเฉพาะเพศหญิง เนื่องจากผู้สูงอายุเพศหญิงจะเริ่มสูญเสียความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการทำกิจกรรมทางกายเร็วกว่าผู้สูงอายุเพศชาย (Cheng, Yang, Cheng, Chen, & Wang, 2014) และความแตกต่างระหว่างเพศเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความแข็งแรงของร่างกาย

1. ประชากร เป็นผู้สูงอายุเพศหญิง ที่มีช่วงอายุ 60-74 ปี ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่ศึกษา

2. เนื้อหาของโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมี 6 ส่วน ประกอบด้วย 1) การหายใจแบบลึก 2) การหมุนภาพในใจ 3) การจินตภาพการลุกขึ้นยืนทั้งจินตภาพทางการมองเห็นและจินตภาพทางคินนิสธีติก 4) การอบอุ่นร่างกายด้วยวิธีการยืดกล้ามเนื้อ 5) การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า และ 6) การคลายอุ่น โดยการยืดกล้ามเนื้อคอ แขน และลำตัว

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น คือ วิธีการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนโดยการใช้โปรแกรม 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

แบบที่ 2 ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

3.2 ตัวแปรตาม มี 4 ตัวแปร ได้แก่

3.2.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (นิวตัน)

3.2.2 ความเร็วในการลุกขึ้นยืน ทดสอบด้วยการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) (วินาที)

3.2.3 คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG) ศึกษาความสูงของคลื่น (Amplitude) (ไมโครโวลต์)

3.2.4 คลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography: EEG) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ % ERD ของคลื่นแอลฟา

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) หมายถึง ความสามารถในการต้านแรงจากภายนอกของกล้ามเนื้อขาแต่ละมัด ใช้วิธีการวัดด้วยเครื่อง Hand-held dynamometer มีหน่วยเป็นนิวตัน

ความเร็วในการลุกขึ้นยืน (Speed of sit-to-stand) หมายถึง เวลาในการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (Five Times Sit-to-Stand Test: FTSST) ลดลง โดยการให้ลุกขึ้นยืนแล้วลงนั่งอย่างต่อเนื่อง 5 ครั้งเท่ากับ 1 รอบ จับเวลาเมื่อครบรอบการเคลื่อนไหวเป็นวินาที

การควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหว (Motor imagery control) หมายถึง การฝึกตามท่าที่กำหนดในวีดิทัศน์ ในการให้ฝึกจินตภาพทางการมองเห็นและจินตภาพทางคินนิสธีติกเสมือนตนเองกำลังเคลื่อนไหวตามจังหวะการลุกขึ้นยืน แบ่งการลุกขึ้นยืนออกเป็นสี่ระยะ คือ Flexion-momentum ระยะ Momentum transfer ระยะ Extension และระยะ Stabilization

การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า (Progressive Resistance Exercise: PRE) หมายถึง การออกแรงต้านกับแรงต้านจากภายนอก เช่น น้ำหนักของถุงทราย และมีการปรับเพิ่มแรงต้านมากขึ้นเมื่อปฏิบัติได้ตามเป้าหมาย

โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (Motor Imagery Control Combined with Exercise Program: MICE) หมายถึง โปรแกรมเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเสริมด้วยวิธีการจินตภาพการเคลื่อนไหวขณะฝึกลุกขึ้นยืนอย่างเป็นลำดับขั้น โดยแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ประกอบด้วย 1) การหายใจแบบลึก 2) การหมุนภาพในใจ 3) การจินตภาพการลุกขึ้นยืน 4) การอบอุ่นร่างกายด้วยการยืดกล้ามเนื้อ 5) การออกกำลังกายกล้ามเนื้อขาแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า และ 6) การคลายอุ่นด้วยการยืดกล้ามเนื้อ

โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ (General Exercise Program: GE) หมายถึง โปรแกรม 14 ท่าบริหารกาย ตามสไตล์ผู้สูงวัย ที่พัฒนาโดยกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุขที่ใช้วิธีการออกกำลังกายแบบไม่มีแรงต้านจากภายนอก เพื่อเพิ่มกิจกรรมทางกายสำหรับผู้สูงอายุ

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG) หมายถึง การวัดการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาในขณะลุกขึ้นยืน โดยเปรียบเทียบความสูงของคลื่น (Amplitude) ของกล้ามเนื้อขา 4 มัด คือ 1) กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส 2) กล้ามเนื้อไบเซพ ฟีมอริส 3) กล้ามเนื้อทิเบียริส แอนทีเรีย และ 4) กล้ามเนื้อมีเดียล แกสตรอกนีเมียส

คลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography: EEG) หมายถึง ศักย์ไฟฟ้าสมองที่เปลี่ยนแปลงในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน โดยศึกษาเฉพาะ % ERD ของคลื่นแอลฟา จากการวัดกำลังไฟฟ้าของคลื่นแอลฟาที่บริเวณเปลือกสมอง ที่อิเล็กโทรด 11 ตำแหน่ง คือ Fz, F3, F4, Cz, C3, C4, Pz, P3, P4, O1 และ O2

เปอร์เซ็นต์ อี อาร์ ดี (Event-Related Desynchonization: ERD) ของคลื่นแอลฟา หมายถึง การเปลี่ยนแปลงกำลังของศักย์ไฟฟ้าสมองที่ลดลง ของคลื่นแอลฟาในช่วงความถี่ 10-12 Hz ในการจินตภาพการลุกขึ้นยืนเมื่อเปรียบเทียบกับกำลังของศักย์ไฟฟ้าสมองในขณะพัก โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าร้อยละ

ผู้สูงอายุ (Older adults) หมายถึง ผู้ที่มีอายุเกินหกสิบปีบริบูรณ์ขึ้นไปและมีสัญชาติไทย (พระราชบัญญัติผู้สูงอายุ, 2546, หน้า 1) ในเขตเทศบาลตำบลบางทราย อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ที่มีอายุช่วง 60-74 ปี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ และเปรียบเทียบผลการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในกลุ่มทดลองเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุกับกลุ่มควบคุม ที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ โดยศึกษาความแข็งแรง ของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการลุกขึ้นยืน ศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะลุกขึ้นยืน และคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะจินตภาพการลุกขึ้นยืน ผู้วิจัยได้มีการทบทวนวรรณกรรม แนวความคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องตามกรอบแนวคิดของการวิจัย แบ่งได้เป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ทฤษฎีการควบคุมการเคลื่อนไหว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความเร็วในการลุกขึ้นยืน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การควบคุมการเคลื่อนไหว
2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
3. กลไกและวิธีการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
4. การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
5. การวัดความเร็วในการลุกขึ้นยืน
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความเร็วในการลุกขึ้นยืน

ตอนที่ 2 จินตภาพการเคลื่อนไหว และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของจินตภาพการเคลื่อนไหว
2. ประเภทของการจินตภาพการเคลื่อนไหว
3. ความสัมพันธ์ของจินตภาพการเคลื่อนไหวในกระบวนการทางปัญญา
4. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชัดเจนในการจินตภาพการเคลื่อนไหว
5. ประโยชน์ของการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 3 การตรวจทางประสาทสรีรวิทยาเพื่อวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ คลื่นไฟฟ้าสมอง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG)
2. การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography: EEG)
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

ตอนที่ 1 ทฤษฎีการควบคุมการเคลื่อนไหว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการลุกขึ้นยืน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor control)

การควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor control) คือ ระบบการส่งกระแสประสาทจากเปลือกสมอง (Motor cortex) ในส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนไหวไปยังมอเตอร์ยูนิต (Motor units) ส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการหดตัว และทำงานอย่างประสานสัมพันธ์ การควบคุมการเคลื่อนไหวเริ่มจากการรับข้อมูลจากระบบประสาทสัมผัส (Sensory information) โดยรับข้อมูลมาจากสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์นั้น ๆ แล้วเลือกแผนการเคลื่อนไหว (Movement plan) ที่เหมาะสมในการตอบสนองเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งเป็นกระบวนการในระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system) หลังจากนั้นจึงมีการดำเนินตามแผนผ่านเซลล์ประสาทมอเตอร์ (Motor neurons) ผ่านก้านสมอง (Brain stem) ส่งต่อไปที่ไขสันหลัง (Spinal cord) เพื่อส่งสัญญาณประสาท (Neural signaling) ไปยังกล้ามเนื้อระยางค์และกล้ามเนื้อในการทรงท่าร่วมกับการเคลื่อนไหวของศีรษะและลำตัวในตำแหน่งที่เหมาะสม สอดคล้องกับการเคลื่อนไหวตามเป้าหมาย การเคลื่อนไหวจะมีกลไกการป้อนกลับข้อมูลผ่านระบบประสาทรับสัมผัส (Sensory feedback) เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนแผนในระหว่างการเคลื่อนไหว ทำให้การเคลื่อนไหวบรรลุตามเป้าหมายและเก็บข้อมูล เพื่อเป็นแบบแผนการเคลื่อนไหวในกรณีที่ต้องการเคลื่อนไหวตามเป้าหมาย การเคลื่อนไหวที่มีวงจรทำซ้ำเช่นนี้ เป็นการสร้างรูปแบบการเคลื่อนไหว เมื่อทำซ้ำบ่อย ๆ จะกลายเป็นการเคลื่อนไหวที่ตอบสนองแบบอัตโนมัติและพัฒนาเป็นทักษะ (Skill) (Umphred et al., 2013, pp. 69-70) ซึ่งสัมพันธ์กับกระบวนการรู้คิด (Goldstein, 2011, p. 164)

1.1 ทฤษฎีการควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor control theory) มีหลายทฤษฎี มีผู้วิจัยกลไกการควบคุมการเคลื่อนไหว ดังนี้ (Shumway-Cook & Woollacott, 2007, pp. 10-20; Umphred et al., 2013, pp. 70-73; Cano-de-la-Cuerda et al., 2015) ในยุคแรกเป็นการศึกษาของ Sherrington ในปี ค.ศ. 1906 อธิบายการควบคุมการเคลื่อนไหวโดยอาศัยความรู้ทางด้านกายวิภาคศาสตร์ คือ ทฤษฎีรีเฟร็กซ์ (Reflex theory) อธิบายว่า การเคลื่อนไหวเกิดจากการกระตุ้นการทำงานของเซลล์ประสาท ทำให้เกิดการตอบสนองของวงจรประสาทเป็นการตอบสนองต่อตัวกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง ทฤษฎีนี้มีข้อจำกัดในการอธิบายการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วกว่าการป้อนกลับของระบบรับความรู้สึก และไม่สามารถอธิบายการเคลื่อนไหวภายใต้อำนาจจิตใจ (Voluntary movement) ต่อมาในปี ค.ศ. 1971 ทฤษฎีนี้มีแนวคิดว่าระบบประสาทส่วนกลางมีการควบคุมตามลำดับขั้น โดยที่สมองระดับบนจะส่งคำสั่ง ควบคุมการทำงานของสมองในระดับที่ทำหน้าที่ต่ำกว่า และการเคลื่อนไหวแบบรีเฟร็กซ์จะเกิดขึ้นเมื่อมีพยาธิสภาพที่ระบบประสาทส่วนกลาง ทฤษฎีนี้มีการพัฒนาเป็นทฤษฎีวุฒิภาวะ (Maturation theory) นิยมใช้อธิบายพัฒนาการตามวัยของเด็ก

ทฤษฎีนี้มีข้อจำกัดในการอธิบายปฏิกิริยาตอบสนองอัตโนมัติที่มีในคนปกติ แต่ไม่สามารถอธิบายการเคลื่อนไหวที่เกิดจากการสั่งงานในเซลล์ประสาทจากการตอบสนองอัตโนมัติในไขสันหลัง เช่น การยกขาทันทีที่เหยียบตะปู ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานของสมองจากระดับล่างขึ้นบน (Bottom-up process)

ทฤษฎีต่อมา คือ มอเตอร์โปรแกรมมิ่ง (Motor programming theory) เป็นทฤษฎีที่อธิบายการควบคุมการเคลื่อนไหว ด้วยการใช้โปรแกรมคำสั่งเซ็นทรัลแพทเทิร์นเจเนเรเตอร์ (Central Pattern Generator: CPG) จากการศึกษาของ Bernstein ปี ค.ศ. 1967 และ Thelen ในปี ค.ศ. 1987 ได้เสนอแนวคิดว่า สมองมีโปรแกรมคำสั่งสำหรับการเคลื่อนไหวแบบต่าง ๆ โปรแกรมคำสั่งจะถูกวางแผนขึ้นอย่างสมบูรณ์ก่อนการเคลื่อนไหวจริง เมื่อต้องการเคลื่อนไหว สมองจะมีวิธีการเลือกโปรแกรมที่ต้องการ ข้อจำกัดของทฤษฎีนี้ คือ กรณีที่มีอาการล้าของกล้ามเนื้อ จะทำให้การตอบสนองไม่เหมือนกันทุกครั้ง ทฤษฎีระบบ (System theory) พัฒนาโดย Bernstein ในช่วงปี ค.ศ. 1896-1966 ทฤษฎีนี้มีแนวคิดว่า ร่างกายทำงานเป็นระบบเหมือนระบบเครื่องกล มีแรงต่าง ๆ เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องทั้งแรงจากภายนอกและภายในร่างกาย การตอบสนองต่อคำสั่งการเคลื่อนไหวมีความหลากหลาย เนื่องจากมีตัวแปรจำนวนมากที่เข้ามาเกี่ยวข้องและเชื่อว่า การทำงานร่วมกันของร่างกาย (Synergy) มีบทบาทสำคัญต่อการแก้ปัญหาตัวแปรอิสระที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Degrees of freedom) เช่น จำนวนข้อต่อ กล้ามเนื้อ จำนวนมอเตอร์ยูนิต ซึ่งร่างกายมีชุดคำสั่งในการทำงานร่วมกัน เช่น การเคลื่อนที่ การทรงท่า การหายใจ

ส่วนทฤษฎีไดนามิคแอคชั่น (Dynamic action theory) พัฒนาโดย Kamm et al. (1991); Kelso and Tuller (1984); Kugler and Turvey (1987); Perry (1998) and Thelen et al. (1987) ทฤษฎีนี้มีแนวคิดว่า การเคลื่อนไหวเป็นผลของการทำงานขององค์ประกอบย่อยจำนวนมาก พฤติกรรมหรือการเคลื่อนไหวมีลักษณะหรือรูปแบบที่เกิดขึ้นเป็นประจำ เมื่อเกิดการรบกวนจากสภาวะแวดล้อม อาจเกิดการแปรเปลี่ยนไปชั่วคราวภายใต้สภาวะแวดล้อมหนึ่ง ๆ และทฤษฎีนิเวศวิทยา (Ecological theory) พัฒนาโดย Gibson (1966) เป็นทฤษฎีที่เสริมแนวคิดเกี่ยวกับการตอบสนองของการเคลื่อนไหวต่อสิ่งแวดล้อม การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นต้องมีข้อมูลการรับรู้ที่เฉพาะเจาะจงตามเป้าหมายในสิ่งแวดล้อมนั้น

1.2 การเรียนรู้การเคลื่อนไหว (Motor learning) คือกระบวนการภายในที่สัมพันธ์กับการฝึกฝนและประสบการณ์ การฝึกทักษะเฉพาะเป็นการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงถาวร สิ่งที่เรียนรู้จากการฝึกจะถูกเก็บเป็นความจำระยะยาวในสมอง ในรูปแบบความจำแบบชัดแจ้งหรือความจำเชิงประจักษ์ (Explicit or declarative memory) และความจำเชิงกระบวนการ (Procedural memory) การทำงานร่วมกันระหว่างความจำทั้งสองประเภท ช่วยลดเวลาการเรียนรู้การฝึก

การเคลื่อนไหว (Umphred et al., 2013, p. 78) ทั้งนี้มีทฤษฎีการเรียนรู้การเคลื่อนไหวที่นิยมใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วย 3 ทฤษฎี คือ

ทฤษฎีของ Fitts and Posner เป็นทฤษฎีแห่งการเรียนรู้ 3 ระยะ (3-Stage model) ที่พัฒนาในปี ค.ศ. 1967 ได้แก่ 1) ระยะการรู้คิด (Cognitive stage) เป็นช่วงที่ผู้ป่วยเริ่มเรียนรู้ทักษะใหม่หรือเรียนซ้ำในทักษะเดิม ในระยะนี้ผู้ป่วยต้องอาศัยการฝึก การเรียนรู้จากความผิดพลาดและแก้ไขให้ถูกต้อง 2) ระยะเชื่อมโยง (Associative stage) เป็นการฝึกทักษะในสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่กำหนด ในระยะนี้การเรียนรู้อาจมีข้อผิดพลาดอยู่บางส่วนแต่ผู้ป่วยสามารถแก้ไขหรือปรับปรุงได้รวดเร็ว และ 3) ระยะการเคลื่อนไหวอัตโนมัติ (Autonomous stage) เป็นระยะที่ผู้ป่วยสามารถเคลื่อนไหวได้ถูกต้อง ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย

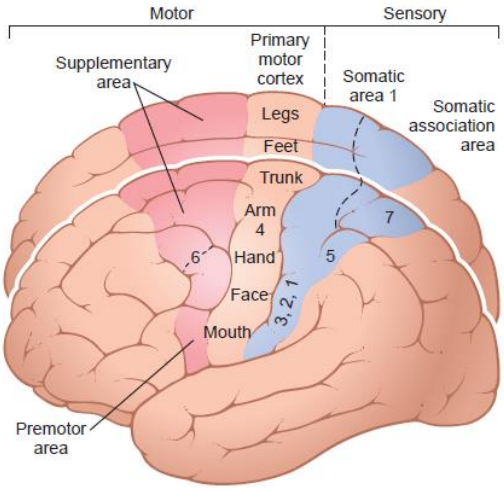
ทฤษฎีของ Burnstein พัฒนาในปี ค.ศ. 1967 แบ่งการเรียนรู้การเคลื่อนไหวเป็น 3 ระยะเช่นกัน แต่เน้นมุมมองด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanic) เกี่ยวกับปัญหาของตัวแปรอิสระ (Degrees of freedom) ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ได้แก่ 1) ระยะมือใหม่ (Novice) เป็นระยะที่ฝึกการเคลื่อนไหวง่าย ๆ และอาจจำกัดการเคลื่อนไหวบางส่วนของร่างกายเพื่อให้ง่ายต่อการฝึก 2) ระยะก้าวหน้า (Advance) เป็นระยะที่มีการฝึกการเคลื่อนไหวหลากหลายรูปแบบและฝึกให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อาจใช้วิธีการเพิ่มความเร็วหรือเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว และ 3) ระยะผู้เชี่ยวชาญ (Expert stage) เป็นระยะที่ใช้วิธีฝึกการเคลื่อนไหวเหมือนการเคลื่อนไหวตามปกติ ฝึกร่างกายให้มีการตอบสนองต่อกลไกภายในและภายนอกอย่างเหมาะสม เพื่อให้ร่างกายเคลื่อนไหวโดยใช้แรงและความเร็วในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และทำงานประสานสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี

ทฤษฎีของ Gentile พัฒนาในปี ค.ศ. 1998 มุ่งเน้นเป้าหมายของการเรียนรู้และให้ความสำคัญกับเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม แบ่งการเรียนรู้การเคลื่อนไหวออกเป็น 2 ระยะ (2-Stage) ระยะแรก คือ ระยะวางแผน (Acquire the plan) เป็นระยะที่มุ่งเน้นให้ผู้ป่วยใช้กระบวนการแก้ไขปัญหา เป็นระยะที่ต้องอาศัยความใส่ใจในการสร้างกรอบแนวคิดการเคลื่อนไหว เพื่อให้ผู้ป่วยใช้เป็นกลไกในการเคลื่อนไหว และระยะที่สอง คือ ระยะพัฒนาและปรับเปลี่ยน (Develop consistency and adaptability) เป็นระยะที่ผู้ป่วยเคลื่อนไหวตามเป้าหมายภายใต้ข้อจำกัดที่มี โดยอาศัยการฝึกซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันของกระบวนการรู้คิดและการเคลื่อนไหวร่างกาย (Umphred et al., 2013, pp. 77-80; Cano-de-la et al., 2015)

การศึกษาเกี่ยวกับกลไกการเคลื่อนไหว และกระบวนการเรียนรู้การเคลื่อนไหวยังคงมีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อหาคำตอบในกลไกที่จะเป็นไปได้และแก้ปัญหาข้อจำกัดบางประการ ปัจจุบันยังคงใช้ทฤษฎีข้างต้นในการอ้างอิง เพื่ออธิบายกลไกในการเรียนรู้การเคลื่อนไหว

1.3 สมองกับการควบคุมการเคลื่อนไหว

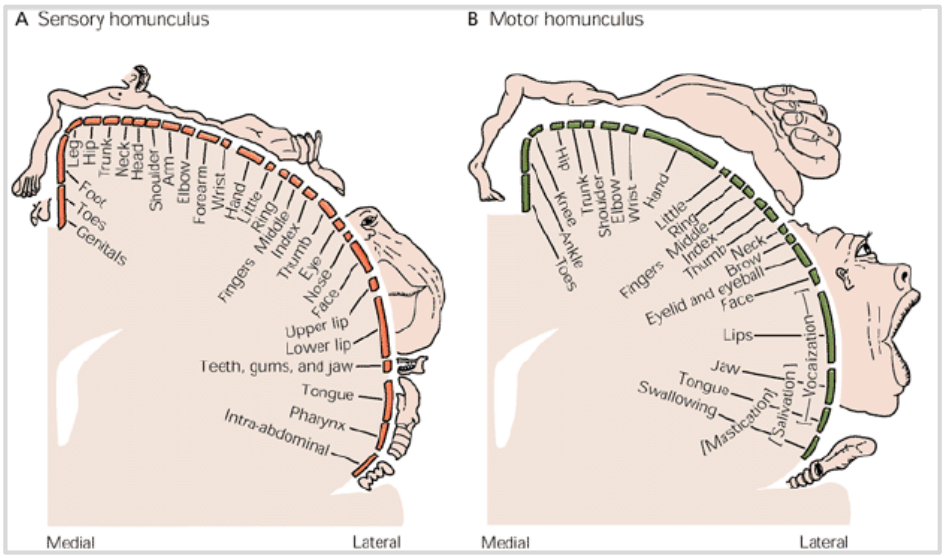
ระบบประสาทมอเตอร์ (Motor system) ทำหน้าที่ประสานกับระบบประสาทรับความรู้สึก (Sensory system) ด้วยวิธีการรับข้อมูลจากภายนอกร่างกาย แล้วเปลี่ยนแปลงสัญญาณศักย์ไฟฟ้าเป็นรหัสข้อมูลให้สัมพันธ์กับความคิด ความรู้สึก และอารมณ์ จากนั้นจึงแสดงออกมาเป็นการกระทำหรือการเคลื่อนไหวเพื่อตอบสนองเป็นพฤติกรรม การทำงานของประสาทมอเตอร์ทำหน้าที่ส่งคำสั่งไปยังกล้ามเนื้อ สั่งการให้มีการเคลื่อนไหว โดยเปลือกสมองส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว คือ มอเตอร์คอร์เทกซ์ (Motor cortex) บริเวณกลีบสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) ซึ่งประกอบด้วย ไพรมารีมอเตอร์คอร์เทกซ์ เขตบร็อดแมนน์ 4 พรีมอเตอร์คอร์เทกซ์ ซัพพรีเมนทารีคอร์เทกซ์ เขตบร็อดแมนน์ 6 เปลือกสมองส่วนที่ทำหน้าที่รับความรู้สึก (Somatosensory cortex) บริเวณกลีบสมองส่วนบน เขตบร็อดแมนน์ 3,1,2 และพื้นที่บริเวณคอเทกซ์สัมพันธ์ (Association area) เขตบร็อดแมนน์ 5 และ 7 (Guyton & Hall, 2016, p. 707) (ภาพที่ 2-1)



ภาพที่ 2-1 เปลือกสมองบริเวณที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว (Guyton & Hall, 2016, p. 707)

มอเตอร์คอร์เท็กซ์ (Motor cortex) ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวที่อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ (Voluntary movement) ตำแหน่งของสมองที่ควบคุมการเคลื่อนไหวอยู่บริเวณสมองกลีบหน้า ซึ่งมีการจัดเรียงตัวของมอเตอร์นิวรอน ที่อยู่บนมอเตอร์คอร์เทกซ์อย่างเป็นระเบียบ สามารถแสดงแผนภาพการจัดเรียงตัวของเซลล์ประสาทได้ลักษณะคล้ายมนุษย์ (Homunculus) เนื้อที่ของสมองที่ควบคุมร่างกายแต่ละส่วนไม่ตรงกับสัดส่วนของขนาดร่างกาย แต่แบ่งตามความสามารถในการเคลื่อนไหว การควบคุมการทำงานละเอียดสัมพันธ์กับความหนาแน่นของเส้นประสาทที่ไปเลี้ยง และขนาดของมอเตอร์ยูนิต ของร่างกายบริเวณนั้น จำนวนของเซลล์ประสาท

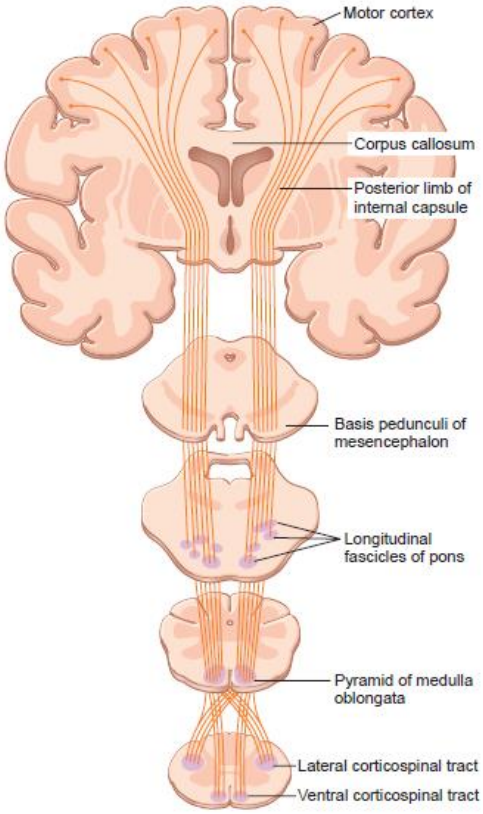
ส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของใบหน้าและมือ มีพื้นที่มากกว่าส่วนลำตัวและแขนขาแสดงว่ามีจำนวนของเซลล์ประสาทที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของใบหน้าและมือมากสอดคล้องกับลักษณะการเคลื่อนไหว เนื่องจากร่างกายทั้งสองส่วนนี้มีความละเอียดมากกว่าส่วนอื่นของร่างกาย (Kandel, Schwartz, & Jessell , 2000, pp. 344-347) (ภาพที่ 2-2)



ภาพที่ 2-2 ภาพจำลองสัดส่วนของร่างกายเปรียบเทียบกับสัดส่วนของสมอง (Kandel et al., 2000, p. 344)

การส่งสัญญาณประสาทจากมอเตอร์คอเทกซ์ไปยังกล้ามเนื้อ สัญญาณประสาทจะส่งผ่านไปที่ไขสันหลัง (Spinal cord) โดยผ่านทางวิถีประสาทคอร์ติโคสไปนัล หรือเรียกว่าวิถีประสาทพีระมิด (Pyramidal tract) ร่วมกับวิถีประสาทที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวจากเบซัลแกงเกลีย สมองน้อยและก้านสมอง วิถีประสาทคอร์ติโคสไปนัลประกอบด้วย ข้อมูลจากไพรมารีมอเตอร์คอร์เทกซ์ ร้อยละ 30 ข้อมูลจากพรีมอเตอร์คอร์เทกซ์และซัพพรีเมนทารีคอร์เทกซ์ ร้อยละ 30 และข้อมูลจากเปลือกสมองส่วนที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกร้อยละ 40 แอกซอนทั้งหมดจะรวมกันเป็นวิถีประสาทคอร์ติโคสไปนัล นำคำสั่งส่งไปปลายทางที่ปฏิบัติงาน ส่งต่อลงสู่แคปซูลด้านใน (Internal capsule) ทางด้านหลัง เป็นเส้นใยที่ไปเลี้ยงแขนขา และผ่านกึ่งกลางของแคปซูลด้านในสำหรับเส้นใยที่ไปเลี้ยงบริเวณใบหน้า ส่งต่อผ่านสมองส่วนกลาง ลงสู่มอเตอร์นิวคลิไอของก้านสมอง (Brain stem) และเมดัลลา (Medulla) และใยประสาทส่วนมากจะไขว้ทแยงที่ส่วนล่างของเมดัลลาไปยังสมองด้านตรงข้ามเปลี่ยนเป็นวิถีประสาทแลทเทอรัลคอร์ติโคสไปนัล (Lateral corticospinal tracts) ที่ไขสันหลัง (ภาพที่ 2-3) กลายเป็นส่วนสมองเนื้อสีเทา (Grey matter) เส้นใยประสาทอีกส่วนหนึ่ง

ที่รับความรู้สึกจะส่งไปที่ดอร์ซอลฮอร์น (Dorsal horn) และไปสิ้นสุดที่ แอนทีเรียมอเตอร์นิวรอน (Anterior motor neurons) ที่ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีใยประสาทบางส่วนที่ไม่ไขว้ทแยงในระดับเมดัลลา แต่ลงมาที่ไขสันหลังด้านเดียวกัน และมาไขว้ทแยงที่ไขสันหลังระดับคอหรือระดับอก ซึ่งใยประสาทเหล่านี้ควบคุมเกี่ยวกับการทรงท่าโดยรับสัญญาณประสาทจากซับพรีเมนทารีมอเตอร์คอร์เทกซ์ (Guyton & Hall, 2016, pp. 712-713) (ภาพที่ 2-3)



ภาพที่ 2-3 วิถีประสาทคอร์ติโคสไปนัล (Guyton & Hall, 2016, p. 709)

การทำงานของสมองในการควบคุมการเคลื่อนไหวมีความแตกต่างกันในแต่ละส่วน สมองส่วนไพรมารีมอเตอร์คอร์เทกซ์ เป็นส่วนที่มีความไวต่อการกระตุ้นด้วยศักย์ไฟฟ้าเพียงเล็กน้อย สมองส่วนนี้ควบคุมความแรงของการหดตัว ความยาวของกล้ามเนื้อ การเคลื่อนไหวข้อต่อและตำแหน่งของร่างกาย โดยการรับข้อมูลจากการรับสัมผัสทางกายที่รับข้อมูลจากผิวหนัง กล้ามเนื้อและข้อต่อ ส่งต่อไปที่ทาลามัส และส่งไปที่เซ็นซอรีมอเตอร์คอร์เท็กซ์ (Sensorimotor cortex) เพื่อตัดสินใจในการเคลื่อนไหวอย่างเหมาะสม สมองส่วนซับพลีเมนทารีมอเตอร์คอร์เทกซ์จะควบคุมการเคลื่อนไหว คล้ายกับส่วนไพรมารีมอเตอร์คอร์เทกซ์ แต่มีความซับซ้อนมากกว่าสมองส่วน

พรีมอเตอร์คอร์เทกซ์ เป็นส่วนที่ต้องกระตุ้นด้วยศักย์ไฟฟ้าที่แรงกว่าจึงจะเกิดการเคลื่อนไหว สมองด้านหลังควบคุมกล้ามเนื้อขา ลำตัว แขน และใบหน้า สมองด้านหน้าควบคุมแขน ศีรษะและขา กลุ่มเซลล์บริเวณซับพลีเมนทารีมอเตอร์คอร์เทกซ์จะทำหน้าที่วางแผนการเคลื่อนไหว พรีมอเตอร์คอร์เทกซ์จะถูกกระตุ้นก่อนและวางแผนในการใช้กล้ามเนื้อ กำหนดความแรงในการหดตัว จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังไพรมารีมอเตอร์คอร์เทกซ์เพื่อนำแผนการเคลื่อนไหวสู่การปฏิบัติ ส่งคำสั่งไปยังกล้ามเนื้อเป้าหมายให้หดตัวตามแผน (รัชฎา แก่นสาร์และคณะ, 2557, หน้า 201-205) การควบคุมการเคลื่อนไหวของสมองมีความซับซ้อนและทำงานร่วมกันหลายส่วน เช่น ในการเคลื่อนไหวแบบตั้งใจ เริ่มจากขั้นตอนการคิด (Idea) หรือมีแรงขับ (Drive) ที่จะเคลื่อนไหว มีการวางแผนการเคลื่อนไหว (Planning และ programming) และเริ่มแสดงการสั่งการเคลื่อนไหว (Execution) โดยสั่งให้กล้ามเนื้อหดตัวตามชุดคำสั่งของโปรแกรมการเคลื่อนไหว (Cheney, 1985)

Umphred et al. (2013, pp. 4-10) ได้พัฒนารูปแบบในการฝึกการเคลื่อนไหวจากพื้นฐานทฤษฎีการควบคุมการเคลื่อนไหว และทฤษฎีการเรียนรู้การเคลื่อนไหว เพื่อฟื้นฟูทักษะการเคลื่อนไหว โดยการเสนอแนวทางเชิงระบบ (System model) ที่มี 3 องค์ประกอบ คือ 1) องค์ประกอบทางการรู้คิด (Cognitive) มุ่งเน้นประสิทธิภาพในการเรียนรู้การเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางการรู้คิด ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อมูลจากระบบการรับสัมผัส (Sensory) ความสามารถในการรับรู้ข้อมูล ความจำระยะสั้นและระยะยาว การดึงข้อมูลมาใช้ และแบบแผนการเรียนรู้ของแต่ละคน 2) องค์ประกอบทางอารมณ์ (Emotional) สภาวะของอารมณ์มีความสัมพันธ์กับแรงจูงใจ (Motivation) ในการเรียนรู้การเคลื่อนไหว และเกี่ยวข้องกับสภาวะแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกร่างกาย และ 3) องค์ประกอบทางการเคลื่อนไหว มีระบบที่เกี่ยวข้องคือระบบประสาทส่วนกลางในการวางแผนการเคลื่อนไหว โปรแกรมคำสั่งในการเคลื่อนไหว (Motor programs) ระบบค้ำจุนภายในร่างกาย (Visceral support system) ที่สนับสนุนการเคลื่อนไหว เช่น ระบบหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบที่แสดงผลการเคลื่อนไหว คือ ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal system) รวมทั้งบริบทของสิ่งแวดล้อม

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เป็นระบบที่แสดงผลของการเคลื่อนไหวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการควบคุมการเคลื่อนไหวและการเรียนรู้การเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการศึกษานี้มุ่งเน้นการศึกษาวิธีการเพิ่มความแข็งแรงโดยการใช้แนวทางเชิงระบบที่ครอบคลุมทั้งกระบวนการรู้คิด อารมณ์ และการเคลื่อนไหว

2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

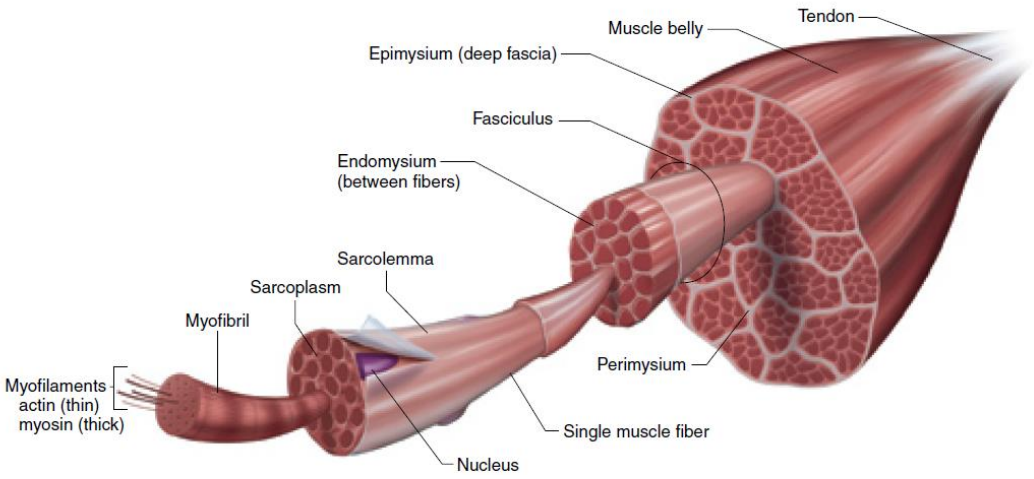
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อที่มีความตึงตัวเพียงพอในการทรงท่า (Maintain posture) ในการเริ่มต้นการเคลื่อนไหว (Initiating

movement) หรือควบคุมการเคลื่อนไหวต้านแรงภายนอกได้ ส่วนกล้ามเนื้อที่ไม่แข็งแรงหรือมีอาการอ่อนแรง (Weakness) คือ การลดลงของของความตึงตัวส่งผลต่อประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อ อาจเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การเป็นโรค การบาดเจ็บ ขาดการทำกิจกรรมทางกาย (Smidt & Rogers, 1982) กล้ามเนื้อเป็นเนื้อเยื่อที่มีมากที่สุดในร่างกายประมาณร้อยละ 40 ของน้ำหนักตัว เซลล์กล้ามเนื้อเป็นเซลล์ที่ไวต่อสิ่งเร้า (Excitable cell) และสามารถเกิดศักย์ทำงาน (Action potential) เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวจะทำให้เกิดแรงและการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (Hopkins, 2006)

กล้ามเนื้อมี 3 ประเภท คือ กล้ามเนื้อลาย (Striated) หรือเรียกว่ากล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle) เป็นกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ของร่างกาย เช่น กล้ามเนื้อแขน ขา กล้ามเนื้อลายจะหดตัวเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยสัญญาณไฟฟ้าจากเซลล์ประสาทมอเตอร์ (Motor neuron) การทำงานจึงอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ (Voluntary control) กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle) เป็นกล้ามเนื้อลายที่พบที่หัวใจเท่านั้น กล้ามเนื้อหัวใจเป็นกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เองโดยอัตโนมัติ (Autonomicity) การทำงานถูกควบคุมด้วยระบบประสาทอัตโนมัติและฮอร์โมน และกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) คือ กล้ามเนื้อในอวัยวะภายในต่าง ๆ เช่น กระเพาะอาหาร ลำไส้ กล้ามเนื้อเรียบหดตัวได้เอง และการทำงานถูกควบคุมด้วยระบบประสาทอัตโนมัติและฮอร์โมน (Scanlon & Sanders, 2007, pp. 81-97)

2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของกล้ามเนื้อลาย

กล้ามเนื้อลายประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) เรียงตัวขนานกัน และรวมกันเป็นมัดกล้ามเนื้อ โดยที่ปลายทั้งสองข้างของมัดกล้ามเนื้อยึดติดกับเอ็น (Muscle tendon) ซึ่งยึดติดกับกระดูก เส้นใยกล้ามเนื้อประกอบด้วยไมโอไฟบริล (Myofibril) แต่ละไมโอไฟบริลประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อฝอย (Myofilament) สองชนิด คือ เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา (Thick filament) ประกอบด้วยเส้นใยโปรตีนไมโอซิน (Myosin) และเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง (Thin filament) ประกอบด้วยโปรตีนแอกติน (Actin) โทรโพไมโอซิน (Tropomyosin) และโทรโพนิน (Troponin) (ภาพที่ 2-4)

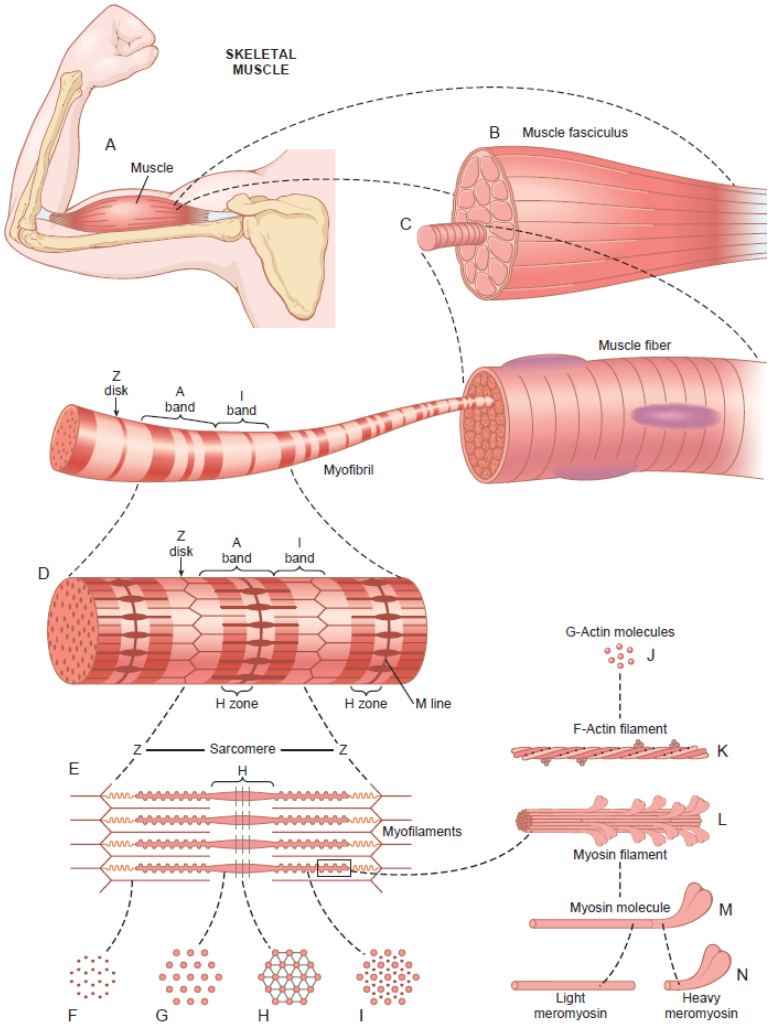


ภาพที่ 2-4 ลักษณะและโครงสร้างของมัดกล้ามเนื้อ (Baechle & Earle, 2008, p. 5)

เส้นใยกล้ามเนื้อจะมีทิศทางการหดตัวตามการวางตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อขาที่ทำหน้าที่งอข้อเข่า เช่น กล้ามเนื้อ Semitendinosus มีการวางตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบกระสวย (Spindle shape) และกล้ามเนื้อ Semimembranosus มีรูปร่างแบบยูนิเพนเนท (Unipennate) กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดข้อเข่า เช่น กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส (Rectus femoris) มีการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบไบเพนเนท (Bipennate) ส่วนกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดข้อสะโพก เช่น กล้ามเนื้อกลูเตียส แมกซิมัส (Gluteus maximus) มีการเรียงตัวรูปแบบพัด (Fan-shaped) (Abernethy et al., 2013)

เซลล์กล้ามเนื้อลายประกอบด้วย ส่วนที่เป็นเซลล์ร้อยละ 85 และเป็นน้ำร้อยละ 15 มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก กล้ามเนื้อมัดหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยกลุ่มเส้นใยกล้ามเนื้อหลายกลุ่ม มีเยื่อหุ้มเซลล์ของกล้ามเนื้อลาย เรียกว่าซาร์โคเลมมา (Sarcolemma) เซลล์กล้ามเนื้อลายมีนิวเคลียสจำนวนหลายอันเรียงบริเวณขอบ ๆ ของเซลล์ ลายของกล้ามเนื้อเกิดจากการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา (Thick filament) และเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง (Thin filament) เส้นใยกล้ามเนื้อมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ ทำให้เกิดเป็นแถบทึบและจางสลับกันไป บริเวณทึบแสง (A-band หรือ Anisotropic band) เกิดจากการเรียงตัวซ้อนกันของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนาและเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง ส่วนแถบจาง (I-band หรือ Isotropic band) มีเฉพาะเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบางทำให้โปร่งแสงกว่า แถบจางนี้จะถูกแบ่งครึ่งโดย Z-line ซึ่งเป็นบริเวณที่ปลายของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบางยึดติดกับโปรตีนแอลฟาแอคติน บริเวณของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Filament) ที่เรียงขนานกันอยู่ระหว่าง Z-line สองเส้นคือ ซาร์โคเมียร์ (Sarcomere) ที่เป็นหน่วยพื้นฐานของเซลล์กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการหดตัว ใน A-band จะมีแถบจาง คือ H-band ซึ่งเป็น

บริเวณที่ไม่มีส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบางที่ยื่นเข้ามาใน A-band และบริเวณ H-band จะพบเส้นใย S-fibril ที่ทำหน้าที่ยึดปลายทั้งสองข้างของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง และมีแถบ M-line หรือ M-protein ที่ช่วยการจัดเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา โปรตีนไททิน ทำหน้าที่เป็นแกนเกาะกับโปรตีนอื่น ๆ ในซาร์โคเมียร์ เพื่อให้ความแข็งแรงในการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อทำหน้าที่เป็นสปริง และช่วยให้เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนาอยู่บริเวณศูนย์กลางของซาร์โคเมียร์ในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว (บัวรอง ลิ่วเฉลิมวงศ์, 2557, หน้า 81-87; Guyton & Hall, 2016, pp. 72-74) (ภาพที่ 2-5)



ภาพที่ 2-5 โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย (Guyton & Hall, 2016, p. 76)

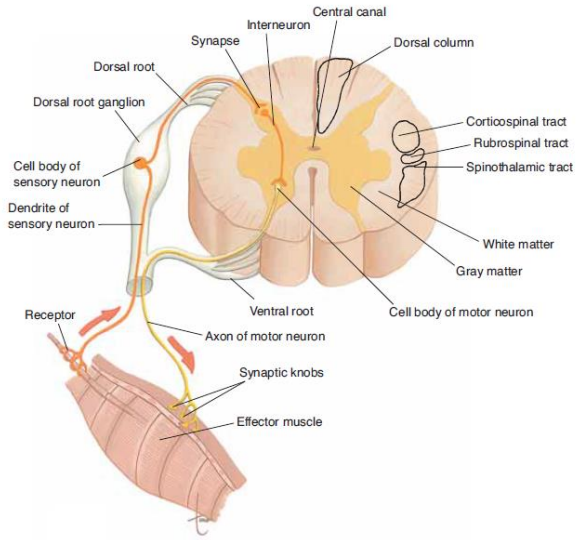
เซลล์กล้ามเนื้อมีการพัฒนาและปรับตัวให้เหมาะสมกับหน้าที่และการทำงาน เซลล์กล้ามเนื้อลายแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) กล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow twitch muscle) หรือ เรียกว่า Type I เป็นกล้ามเนื้อขนาดเล็ก สีแดงเข้ม เนื่องจากมีเลือดมาเลี้ยงมาก มีออกซิเจนในกล้ามเนื้อสูง มีความสามารถในการปลดปล่อยแคลเซียมไอออน (Ca^{++}) จากซาร์โคพลาสมิกเรทิคูลัมได้เร็วปานกลาง มีอาการเมื่อยล้าช้า จึงปรับตัวต่อการหดตัวได้นาน ๆ เช่น กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อขาส่วนปลายที่ช่วยในการทรงตัว มีความทนทานมากกว่าความแข็งแรง ผู้ที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิกจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อประเภทนี้มาก

2) กล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast twitch muscle) หรือ เรียกว่า Type II และกล้ามเนื้อชนิดนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อยคือ ชนิด II เอ และชนิด II บี กล้ามเนื้อชนิด II เอ มีลักษณะคล้ายกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า มีสีแดงเนื่องจากมีไมโอโกลบิน หลอดเลือดฝอยและไมโทคอนเดรียสูงมาก การทำงานของเอนไซม์เอทีพีเอสเร็ว การปลดปล่อยแคลเซียมเร็ว การหดตัวเร็ว ความเมื่อยล้าปานกลาง แต่ถ้าได้รับการฝึกสามารถปรับเปลี่ยนเป็นกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้ ส่วนกล้ามเนื้อชนิด II บี เป็นกล้ามเนื้อ ที่มีสีจาง เพราะมีไมโอโกลบินต่ำ หลอดเลือดฝอยน้อย ไมโทคอนเดรียน้อย การปลดปล่อยแคลเซียมสูง มีความสามารถในการหดตัวเร็ว มีไขมันน้อย มีไกลโคเจนมาก การสร้าง ATP มาจากกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดการสะสมกรดแลคติกได้ง่าย และเกิดอาการล้าได้เร็ว เช่น กล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius) เป็นกล้ามเนื้อที่เหมาะสมกับการฝึกความแข็งแรงมากกว่าความทนทาน (Shier, Butler, & Lewis, 2007, pp. 298-300) ทั้งนี้กล้ามเนื้อแต่ละมัดประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อทั้งสองชนิด แต่มีอัตราส่วนไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นไปตามการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อมัดนั้น ๆ กล้ามเนื้อมีความสามารถในการปรับตัว เปลี่ยนจากชนิดหดตัวเร็ว เมื่อยล้าง่าย เป็นชนิดที่หดตัวได้เร็วขึ้น และเมื่อยล้าช้าลง หรือสลับไปมาได้

การหดตัวของกล้ามเนื้อลายถูกควบคุมด้วยระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system) เส้นประสาทที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อลาย ออกจากมอเตอร์คอร์เท็กซ์ของเปลือกสมองใหญ่ การหดตัวของกล้ามเนื้อลายอยู่ภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจ (Voluntary control) ส่งคำสั่งมาตามวิถีประสาทคอร์ติโคสไปนัล ผ่านสมองส่วนต่าง ๆ ลงมาที่ไขสันหลัง ที่เป็นวิถีประสาทร่วมสุดท้ายที่ต้องทำงาน คำสั่งจะไปประสานกับเซลล์มอเตอร์ในเวนทรัลเกรย์คอลัมน์ของไขสันหลัง และออกทางรากประสาทด้านหน้าสู่กล้ามเนื้อลายของแขน ขา ลำตัว โดยวิ่งขนานไปกับหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำ เซลล์ประสาทสั่งการหนึ่งเซลล์แตกแขนงไปเลี้ยงเส้นใยกล้ามเนื้อ เส้นประสาทแต่ละเส้นจะแตกแขนงย่อย ๆ ไปเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อแต่ละเซลล์ มอเตอร์นิวรอนหนึ่งเซลล์ และกลุ่มของเซลล์กล้ามเนื้อที่เลี้ยงด้วยมอเตอร์นิวรอน จะประกอบขึ้นเป็นหนึ่งมอเตอร์ยูนิต ขนาดของมอเตอร์ยูนิต ขึ้นอยู่กับจำนวนเซลล์กล้ามเนื้อที่ถูกเลี้ยงด้วยมอเตอร์นิวรอนนั้น กล้ามเนื้อที่

ต้องทำงานละเอียด เช่น กล้ามเนื้อตา จะมีเซลล์กล้ามเนื้อจำนวนน้อยต่อหนึ่งมอเตอร์ยูนิต การทำงานของมอเตอร์ยูนิตจะขึ้นอยู่กับความแรงของการกระตุ้น หรือแรงต้านที่กระทำ ซึ่งอาจเป็นการทำงานแบบหน่วยเดียวหรือทำพร้อมกันหลายยูนิต การกระตุ้นให้เกิดการทำงานของเส้นใยประสาทจะอยู่ภายใต้กฎ All or none law คือ เส้นใยกล้ามเนื้อจะต้องได้รับการกระตุ้นด้วยขนาดความแรงระดับต่ำสุดที่ทำให้เกิดการตอบสนอง (Threshold) กล้ามเนื้อจึงจะเกิดการหดตัวได้ (Shier, Butler, & Lewis, 2007, pp. 298-300) (ภาพที่ 2-6)

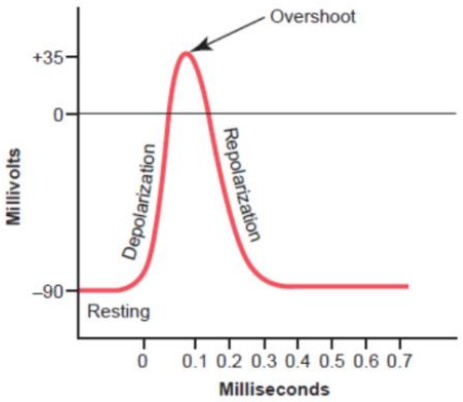


ภาพที่ 2-6 เส้นประสาทไขสันหลังที่ส่งมากระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อ
(Shier et al., 2007, p. 300)

2.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์กล้ามเนื้อลาย

การทำงานของกล้ามเนื้อลาย เริ่มจากกระแสประสาทมอเตอร์ส่งสัญญาณมาถึงปลายแอกซอน หลั่งสารสื่อประสาทออกมาจับกับตัวรับบนผิวเซลล์กล้ามเนื้อเกิด End plate potential และสูงถึงระดับเทรชโฮลด์ จะเกิดการกระตุ้นกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นให้เกิดศักย์ทำงาน จนกระทั่งกล้ามเนื้อตอบสนองด้วยการหดตัว มีรายละเอียด ดังนี้ กล้ามเนื้อลาย มีศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อเซลล์ (Membrane potential) ในขณะพักมีศักย์ไฟฟ้าประมาณ -90 มิลลิโวลต์ เมื่อเซลล์ถูกกระตุ้นจนศักย์ไฟฟ้าเยื่อเซลล์ลดลง ทำให้เกิดดีโพลาไรเซชั่นถึง -60 มิลลิโวลต์ จะทำให้เกิดศักย์ทำงาน (Action potential) (ภาพที่ 2-7) ใช้เวลาประมาณ 1-5 มิลลิวินาที หลังจากเกิดศักย์ทำงาน เซลล์กล้ามเนื้อจะไม่ตอบสนองตัวกระตุ้นใหม่ในทันที เซลล์จะต้องพักสักครู่จึงจะตอบสนองได้ใหม่ การเร้าและการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย

เป็นกระบวนการต่อเนื่องแบ่งได้ 5 ขั้นตอน คือ 1) การเร้ากล้ามเนื้อให้เกิดแอกชันโพเทนเชียล 2) การส่งสัญญาณบริเวณไทรแอด 3) การเกิดวงจร Cross-bridge 4) การหดตัวของกล้ามเนื้อ และ 5) การคลายตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งแคลเซียมไอออนเป็นสารหลักในการทำงาน และการปรับตัวของกล้ามเนื้อลาย (Plasticity of skeletal muscle) (Gehlert, Bloch, & Suhr, 2015) การถ่ายทอดสัญญาณประสาท (Neuromuscular transmission) เมื่อเส้นประสาทที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นและเกิดศักย์ทำงาน ส่งสัญญาณมาถึงส่วนปลายสุดที่ตำแหน่งก่อนจุดประสานประสาท (Presynaptic terminal) จะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ประสาทเกิดดีโพลาไรเซชัน ทำให้ Calcium channel เปิดออก ยอมให้แคลเซียมไอออนจากภายนอกเซลล์เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในปลายประสาท แคลเซียมที่ผ่านเข้าไปจะทำให้ Synaptic vesicle เคลื่อนมาที่ผนังเซลล์ และเชื่อมกับผนังเซลล์แล้วแตกออกด้วยกระบวนการ Exocytosis ทำให้มีอะซิทิลโคลินหลั่งออกมา และเข้าไปอยู่ในช่องว่างภายนอกเซลล์ (Synaptic cleft) ที่อยู่ระหว่าง Presynaptic terminal และ Motor end plate การจับกันระหว่างอะซิทิลโคลินและรีเซ็ปเตอร์ มีผลทำให้โซเดียมและโพแทสเซียมไอออนซึมผ่านได้เพิ่มขึ้น เคลื่อนที่เข้าเซลล์ได้มากกว่าออกจากเซลล์ ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์เกิดดีโพลาไรเซชัน (Depolarization) บริเวณ Motor end plate เมื่อมีความแรงของศักย์ไฟฟ้าถึงระดับต่ำสุดที่ทำให้เกิดการตอบสนอง จะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ข้างเคียงเกิดดีโพลาไรเซชัน ที่เป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของสัญญาณไฟฟ้า และทำให้เกิดสัญญาณประสาทที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ สัญญาณประสาทจะเคลื่อนที่ผ่านไปตาม T-tubule กระตุ้นให้แคลเซียมไอออนหลั่งออกมาจากซาร์โคพลาสมิกเรติคิวลัม ทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ (ภนารี บุษราคัมตระกูล, 2553, หน้า 6-11) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ คือ จำนวนของมอเตอร์ยูนิตที่ทำงานและการรวมแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อ (บัวรอง ลิ่วเฉลิมวงศ์, 2557, หน้า 94-98)



ภาพที่ 2-7 การเกิดศักย์ทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อลาย (Guyton & Hall, 2015, p. 65)

Forrest, Zmuda, and Cauley (2006) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่ลดลง ที่ส่งผลต่อความเสี่ยงในการทำกิจกรรมทางกายด้วยการศึกษาแบบติดตาม (Follow-up study) เป็นเวลา 10 ปี โดยการศึกษาผู้สูงอายุ 5,178 คน ช่วงอายุ 65-91 ปี ปรากฏว่า ความเร็วในการเดินลดลงร้อยละ 17 เวลาในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้งเพิ่มขึ้นร้อยละ 22 แสดงว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออายุมากขึ้นในผู้สูงอายุเพศหญิง

Atkinson et al. (2010) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทำหน้าที่รู้คิด (Cognitive function) และกิจกรรมทางกายในผู้สูงอายุ ในการศึกษาผู้สูงอายุ 1,793 คน ช่วงอายุ 65-80 ปี ปรากฏว่า ผู้สูงอายุมีความบกพร่องด้านการทำหน้าที่รู้คิดและความบกพร่องในการทำกิจกรรมทางกายที่สอดคล้องกัน แสดงว่า ผู้สูงอายุที่มีความบกพร่องด้านการทำหน้าที่รู้คิดจะมีความเสี่ยงต่อการทำกิจกรรมทางกายที่ลดลงเช่นกัน สืบเนื่องมาจากการที่กล้ามเนื้อลดความแข็งแรงลงตามวัย และการให้การป้องกันรักษาเป็นสิ่งสำคัญ

Mitchell et al. (2012) ได้ทบทวนงานวิจัยเชิงปริมาณเกี่ยวกับ ภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (Sarcopenia) ปรากฏว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงเร็วกว่ามวลกล้ามเนื้อ 2-5 เท่า ซึ่งส่งผลต่อความเสี่ยงให้เกิดภาวะทุพลภาพ (Disability) และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเสียชีวิต

3. กลไกและวิธีการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle) สามารถช่วยเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกล้ามเนื้อ (Morphological change) เช่น เพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ เพิ่มเส้นใยกล้ามเนื้อ และเพิ่มจำนวนเซลล์กล้ามเนื้อ (Myofibrillar growth and proliferation) รวมทั้งปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบประสาท (Neurological adaptation) ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การเพิ่มกำลังของกล้ามเนื้อด้านหนึ่งส่งผลให้ด้านตรงข้ามแข็งแรงขึ้น (Cross-over effects) ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้และการทำงานแบบประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อ (Folland, 2007) กล้ามเนื้อลายจะทำงานได้ต้องอาศัยการการสั่งการจากสมองในส่วนมอเตอร์คอร์เทกซ์ โดยกระแสประสาทที่มากระตุ้นกล้ามเนื้อแพร่กระจายมาตามเส้นประสาท จนถึงบริเวณแผ่นปลายประสาทมอเตอร์ (Motor end plate) ทำให้มีการหลั่งสารสื่อประสาท และเกิดศักย์ไฟฟ้าที่แผ่นปลายประสาทมอเตอร์ จากนั้นจะเกิดกระบวนการคู่ควบการเร้าและการหดตัว (Excitation-contraction coupling) เกิดปฏิกิริยาของโปรตีนที่อยู่ในเซลล์ของกล้ามเนื้อ (Contractile protein) ทำให้ซาโครเมียมีขนาดสั้นลง มีการหดตัวของกล้ามเนื้อในระดับโมเลกุล (Molecular mechanism) และเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อในระดับมหภาค (Muscle contraction) กล้ามเนื้อแต่ละมัดจะถูกเลี้ยงด้วยเส้นประสาท หน่วยย่อยที่สุดของเส้นประสาทและเส้นใยกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการหดตัว คือ มอเตอร์ยูนิต ซึ่งสามารถเลี้ยงเส้นใยกล้ามเนื้อได้ไม่เท่ากัน แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับการระดมพลของมอเตอร์ยูนิต (Recruited motor units) (Devasahayam, 2013, pp. 225-226)

การทำงานของกล้ามเนื้อ ในการเคลื่อนไหวร่างกายจะมีการทำงานที่ประสานกันหลายมัด การเคลื่อนไหวทั่วไปแบ่งการทำงานของกล้ามเนื้อ ดังนี้ กล้ามเนื้อหลัก (Prime mover หรือ agonist) คือ กล้ามเนื้อที่หดตัวเพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อต่อ กล้ามเนื้อด้านตรงข้าม (Antagonist) คือกล้ามเนื้อที่ทำงานตรงข้ามกับกล้ามเนื้อหลัก เพื่อรักษาสมดุลในการเคลื่อนไหว กล้ามเนื้อเสริม (Synergist) คือกล้ามเนื้อที่ช่วยกล้ามเนื้อหลัก ในการทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และกล้ามเนื้อกลุ่มที่ช่วยเพิ่มความมั่นคง (Stabilizer) คือกล้ามเนื้อที่ช่วยยึดหรือประคองส่วนอื่นที่อยู่ใกล้เคียงเพื่อให้การเคลื่อนไหวนั้นถูกต้องแม่นยำ

การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีหลายวิธี หลักการพื้นฐานของการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ใช้หลักการให้น้ำหนักที่มากขึ้น (Overload principle) ในการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน (Resistance exercise)

การออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน แบ่งตามการหดตัวของกล้ามเนื้อลายได้เป็น 3 ชนิด คือ 1) การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบแรงตึงคงที่ (Isotonic contraction) แบ่งเป็นการหดตัวแบบกล้ามเนื้อสั้นลง (Concentric contraction) กล้ามเนื้อหดตัวโดยที่ความยาวของกล้ามเนื้อลดลง แต่แรงตึงตัวในกล้ามเนื้อคงที่และการหดตัวแบบกล้ามเนื้อยืดยาวออก (Eccentric contraction) เกิดขึ้นเมื่อแรงที่มากระทำมีค่ามากกว่าแรงที่กล้ามเนื้อหดตัว ทำให้กล้ามเนื้อถูกยืดยาวออก 2) การหดตัวแบบความยาวคงที่ (Isometric contraction) คือ การหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่ความยาวของกล้ามเนื้อมัดนั้นไม่เปลี่ยนแปลงแต่แรงตึงตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น และ 3) การหดตัวแบบความเร็วคงที่ (Isokinetic contraction) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีการควบคุมความเร็วเชิงมุมให้คงที่ (Wernbom, Augustsson, & Thomee, 2007) การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านสามารถแบ่งตามความหนักของแรงต้าน ได้แก่ แรงต้านระดับต่ำ (Low intensity) หมายถึง ต้านแรงที่ระดับน้อยกว่าร้อยละ 60 ของ 1RM แรงต้านระดับต่ำ-ปานกลาง (Low/moderate intensity) หมายถึง ต้านแรงที่ระดับร้อยละ 60-69 ของ 1RM แรงต้านระดับปานกลาง-สูง (Moderate/hight intensity) หมายถึง ต้านแรงที่ระดับร้อยละ 70-79 ของ 1RM และแรงต้านระดับสูง (High intensity) หมายถึงต้านแรงที่ระดับร้อยละ 80 ของ 1RM ขึ้นไป (Murlasits, Reed, & Wells, 2012)

ระดับแรงต้านสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (One-Repetition Maximum: 1RM) เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการกำหนดระดับความหนักของแรงต้านในการออกกำลังกาย ความเที่ยงในการวัด 1RM อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (r = 0.79-0.99) (Pereira & Gomes, 2003) และ Fabio (2001) กล่าวว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านในระดับสูงที่มากกว่าร้อยละ 80 ของ 1RM สำหรับผู้สูงอายุช่วยพัฒนาการทำกิจกรรมทางกาย ช่วยลดความดันโลหิต และการประเมิน 1RM เป็นวิธีที่มีความปลอดภัยในการใช้เพื่อปรับระดับความหนักของแรงต้านในการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ แต่การประเมิน 1RM ในกลุ่มผู้สูงอายุเพศหญิงต้องทดสอบประมาณ 8-9 รอบ หรือทดสอบเป็น

สองเท่าของการทดสอบในกลุ่มผู้ใหญ่เพศหญิง (Ploutz-Synder & Giamis, 2001) ซึ่งการทดสอบซ้ำหลายรอบส่งผลต่อกล้ามเนื้อ กระดูกและเอ็นข้อต่อมากเกินไป อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง จึงมีการใช้สูตรคำนวณ 1RM เช่น สูตรของ Brzycki (1993) ดังนี้

1RM = 100*load rep/(102.78 – 2.78*rep)

โดยที่ Load rep หมายถึงน้ำหนักที่ยกได้ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และ Rep คือจำนวนครั้งที่ยกน้ำหนักได้ ค่าความสัมพันธ์ของค่า 1 RM ที่ได้จากการคำนวณและการทดสอบจริงมีความเที่ยงสูง (r) = 0.99 (Nascimento et al., 2007) การศึกษานี้จึงใช้วิธีการคำนวณตามสูตรนี้เพื่อป้องกันอาการไม่พึงประสงค์

การตอบสนองของร่างกายขณะออกกำลังกายขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ความหนัก (Intensity) ระยะเวลาในการออกกำลังกาย (Duration) และลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อขณะหดตัว เช่น การฝึกแบบอยู่กับที่ (Static training) คือ การฝึกที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อเล็กน้อย หรือไม่มีการเคลื่อนไหว (Isometric contraction) เช่น การออกแรงต้านกับวัตถุที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ทำให้ความดันโลหิตและความต้านทานส่วนปลายของระบบไหลเวียนโลหิตเพิ่มขึ้นมากกว่าขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวร่างกาย (Dynamic training) การออกกำลังกายมีหลายวิธี เช่น การออกกำลังด้วยตนเอง (Free active exercise) เป็นการออกกำลังกายโดยการเคลื่อนไหวในท่าที่ต้านแรงโน้มถ่วงของโลก การออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน (Resisted exercise) การออกกำลังกายแบบความเร็วคงที่ (Isokinetic exercise) และการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก (Plyometric exercise) การออกกำลังกายเหล่านี้จัดเป็นการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic exercise) (Pereira & Gomes, 2003)

การออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิค คือการออกกำลังกายที่ต้องการผลในด้านการเพิ่มความแข็งแรง เพิ่มกำลัง เพิ่มกล้ามเนื้อ เพิ่มความทนทาน หรือเพิ่มทักษะการเคลื่อนไหว เช่น การออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน การฝึกเหล่านี้ส่งผลให้มีการปรับตัวทางสรีรวิทยาของระบบประสาทกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ระบบต่อมไร้ท่อ หัวใจและหลอดเลือด (Baechle & Earle, 2008, pp. 94-95) การฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีการปรับตัว 2 ระยะ คือ การปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ในระยะแรกของการฝึก ช่วงเวลา 2-3 สัปดาห์แรกของการออกกำลังกายจะมีการปรับตัวของระบบประสาท (Neural adaptation) มีการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อให้ทำงานสัมพันธ์กันมากขึ้น มีการทำงานของกลุ่มมอเตอร์ยูนิตเพิ่มขึ้น และระยะต่อมาจึงมีการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) (Hortobagyi & Maffiuletti, 2011) และการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านทำให้ Oxidative capacity เพิ่มขึ้น มีความหนาแน่นของปริมาตรของไมโตคอนเดรีย (Mitochondria) และขนาดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Jubrias et al., 2001) หลักฐานเชิงประจักษ์

ในการปรับตัวของระบบประสาทหลังการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน คือ การเพิ่มขึ้นของสัญญาณประสาทที่วัดได้จากคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่สูงขึ้นหลังจากฝึกในช่วง 2-3 สัปดาห์แรก หรือจากการทำงานประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อ การปรับตัวเกิดจาก Excitation-contraction coupling pathways ที่ส่วนปลายของนิวโรมัสคูลาร์จังก์ชัน (Neuromuscular junction) (Hedayatpour & Falla, 2015)

การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุ สามารถใช้หลักการในการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน วิธีนี้ช่วยเพิ่มการรับรู้การเคลื่อนไหว (Kinesthetic awareness) และช่วยพัฒนาการทรงตัว (Balance) (Sequin & Nelson, 2003) การออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุควรออกกำลังกายเต็มช่วงการเคลื่อนไหว และไม่กลั้นหายใจในขณะออกกำลังกาย ความหนักของการออกกำลังกาย (Intensity) ควรอยู่ในระดับปานกลาง ถ้ารู้ค่า 1RM เป้าหมายในการออกกำลังกายควรอยู่ที่ระดับร้อยละ 65 ถึง 75 ของ 1RM และสำหรับผู้เริ่มต้นออกกำลังกายอาจเริ่มจากระดับร้อยละ 40 ถึง 50 ของ 1RM จำนวนครั้งต่อรอบประมาณ 10-15 ครั้ง (American college of sports medicine, 2014, pp. 376-377) สอดคล้องกับข้อแนะนำการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุจากศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคประเทศสหรัฐอเมริกา (Centers for disease control and prevention: CDC) แนะนำให้ออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมัดหลักอย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (Guccione, Wong, & Avers, 2012) สรุปข้อแนะนำในการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านสำหรับผู้สูงอายุ (Bushman, 2014) ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ข้อแนะนำในการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านสำหรับผู้สูงอายุ (Bushman, 2014)

องค์ประกอบของโปรแกรม	โปรแกรมที่เหมาะสม
วิธีการออกกำลังกาย (Exercise mode)	ออกกำลังกายกล้ามเนื้อมัดหลัก 8-10 ท่า การเพิ่มความแข็งแรงสามารถให้แรงต้านได้หลายวิธี เช่น เครื่องออกกำลังกาย ถุงทราย ยางยืดสำหรับออกกำลังกาย หรือการใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน
ความหนักของการออกกำลังกาย (Exercise intensity)	ควรออกกำลังกายต้านแรง 10-15 ครั้งต่อท่า ระดับความหนัก ควรเป็นระดับปานกลางถึงระดับหนัก
ระยะเวลาการออกกำลังกาย (Exercise session duration)	ควรออกกำลังกายอย่างน้อยหนึ่งรอบ (Set) ต่อท่า ควรมีระยะพักที่เหมาะสมเพื่อป้องกันอาการล้าของกล้ามเนื้อ
ความถี่ในการออกกำลังกาย (Exercise frequency)	ควรออกกำลังกายประมาณ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ และออกกำลังกายวันเว้นวัน

Hunter, McCarthy, and Bamman (2004) ได้ทบทวนข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านในผู้สูงอายุ กล่าวว่า กล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุมีสาเหตุจากหลายปัจจัย เช่น มีขนาดของกล้ามเนื้อและความแข็งแรงลดลง โดยเฉพาะกล้ามเนื้อชนิดที่ II มีการฝ่อลีบของเส้นใยกล้ามเนื้อ และช่องว่างระหว่างกล้ามเนื้อถูกแทรกตัวด้วยเนื้อเยื่อไขมันและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้ไม่ดีและความแข็งแรงลดลง และมีความบกพร่องของกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Excitation-contraction coupling) รวมทั้งมีการลดลงของมอเตอร์ยูนิต และมีการลดลงของฮอร์โมน เช่น Insulin-like Growth Factor-I (IGF-I) และ Testosterone ซึ่งการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านช่วยเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ เพิ่มความแข็งแรงและกำลังของกล้ามเนื้อ ทำให้สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้สะดวกขึ้น ลดพลังงานในการเคลื่อนไหวและลดขนาดของร่างกายได้ ทั้งนี้การเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) ส่วนใหญ่แนะนำให้ต้านแรงที่ระดับความหนักร้อยละ 60-80 ของ 1RM แต่ในการศึกษาของทีมผู้วิจัยในการศึกษานี้แนะนำว่า การให้แรงต้านสำหรับผู้สูงอายุ โดยเฉพาะเพศหญิง ควรฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ไม่ควรฝึกเกิน 3 ครั้งต่อสัปดาห์และให้แรงต้านในระดับต่ำ เช่น ร้อยละ 40 ของ 1RM

Taylor, Dodd, and Damiano (2005) ได้ศึกษางานวิจัยอย่างเป็นระบบ เกี่ยวกับประสิทธิผลและความปลอดภัยด้วยวิธีการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า ในงานกายภาพบำบัด ปรากฏว่า วิธีการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าช่วยพัฒนาการทำกิจวัตรประจำวันในผู้ป่วย โดยมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลางถึงสูง และมีความปลอดภัยในการใช้เป็นวิธีการรักษาผู้ป่วย แต่อาจทำให้เกิดอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ และแนะนำว่าไม่ควรใช้วิธีการออกกำลังกายวิธีนี้ในผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรงแบบ Progressive neuromuscular diseases เนื่องจากอาจเพิ่มการทำลายของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อเร็วขึ้น

Kosek, Kim, Petrella, Cross, and Bamman (2006) ได้ศึกษาผลการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านต่อการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Myofibril hypertrophy) ในวัยผู้ใหญ่และวัยผู้สูงอายุ โดยการศึกษาวัยผู้ใหญ่อายุ 20-35 ปี จำนวน 15 คน เปรียบเทียบกับผู้สูงอายุ 60-75 ปี จำนวน 15 คน การทดลองให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายแบบต้านแรงแบบก้าวหน้า (PRE) สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 16 สัปดาห์ การออกกำลังกายเริ่มจากการอบอุ่นร่างกาย โดยการปั่นจักรยานหรือวิ่งบนลู่วิ่งประมาณ 5 นาที ฝึกออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน ประกอบด้วย 3 ท่า คือ ท่าเหยียดข้อเข่า (Knee extension) ท่าเลกเพลส (Leg press) และท่าสควอท (Squat) โดยทำ 3 รอบ ๆ ละ 8-12 ครั้ง พัก 90 วินาทีระหว่างรอบ ในระดับความหนักของแรงต้านที่ร้อยละ 80 ของ 1RM และเพิ่มระดับความหนักเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีความก้าวหน้าในการฝึก เมื่อเสร็จสิ้นการฝึก ปรากฏว่าขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อวาสตัส แลทเทอลัลลิส เพิ่มขึ้นในวัยผู้ใหญ่มากกว่าผู้สูงอายุและผลการออกกำลังกายหลังการฝึกในผู้สูงอายุปรากฏว่า ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใกล้เคียงกับ

กลุ่มคนวัยผู้ใหญ่ที่มีอายุ 35 ปี และ Nelson et al. (2007) ได้จัดทำข้อแนะนำกิจกรรมทางกายและสาธารณสุขในผู้สูงอายุ โดยมีวัตถุประสงค์ในการสรุปประเด็นเกี่ยวกับข้อแนะนำเกี่ยวกับชนิดและปริมาณของกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ โดยแนะนำให้ออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ (Muscular strength and endurance) อย่างน้อยสัปดาห์ละ 2 ครั้ง และออกกำลังกายกล้ามเนื้อมัดหลัก 8-10 ท่า ทำท่าละ 10-15 ครั้ง ระดับความหนักอยู่ในระดับหนักปานกลางถึงหนักมาก

Liu and Latham (2009) ได้วิเคราะห์อภิมานเกี่ยวกับประสิทธิผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า (PRE) ต่อการพัฒนาการทำหน้าที่ทางกาย (Physical function) ในผู้สูงอายุ โดยการทบทวนงานวิจัย จำนวน 120 เรื่อง ปรากฏว่า การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า เป็นเวลา 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ด้วยแรงต้านในระดับสูง (High intensity) ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถทางกาย โดยมีขนาดอิทธิพลระดับต่ำแต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การออกกำลังกายแบบ PRE ช่วยเพิ่มความเร็วในการเดินโดยมีขนาดอิทธิพลในระดับปานกลาง และเพิ่มความเร็วในการลุกขึ้นยืนโดยมีขนาดอิทธิพลในระดับปานกลางถึงระดับสูง รวมทั้งมีขนาดอิทธิพลระดับสูงต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แต่มีรายงานจำนวนน้อยเกี่ยวกับเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ (Adverse events) เช่น อาการปวดข้อหรือปวดกล้ามเนื้อ และไม่มีรายงานเกี่ยวกับเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ระดับรุนแรงที่สัมพันธ์กับการให้โปรแกรมการออกกำลังกาย

Peterson, Rhea, Sen, and Gordon (2010) ได้วิเคราะห์อภิมานเกี่ยวกับประสิทธิผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านต่อความแข็งในผู้สูงอายุ โดยการศึกษาจากงานวิจัยจำนวน 47 เรื่อง ปรากฏว่า การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านในที่ให้แรงต้านมากมีความสัมพันธ์ต่อการพัฒนาความแข็งแรงที่เพิ่มมากขึ้น และช่วยป้องกันอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงจากความเสื่อมตามวัย

Granacher, Muehlbauer, Zahner, Gollhofer, and Kressig (2011) ได้ทบทวนข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบวิธีการพัฒนาการทรงตัวและเพิ่มความแข็งแรงในผู้สูงอายุ กล่าวว่า การให้โปรแกรมออกกำลังกายแบบมีแรงต้านในผู้สูงอายุ มี 3 วิธี 1) แรงต้านระดับสูง (High-intensity) เป็นวิธีการออกกำลังกายโดยมีความหนักระดับร้อยละ 70-80 ของ 1RM เคลื่อนไหวด้วยความเร็วระดับปานกลาง 2) ความเร็วสูง (High-velocity) หรือการฝึกแบบเพิ่มกำลังที่ความเร็วสูงสุดในขณะออกกำลังกายแบบคอนเซ็นตริก (Concentric) และลดความเร็วลงในระดับปานกลางในการออกกำลังกายแบบเอกเซนตริก (Eccentric) โดยการให้แรงต้านระดับร้อยละ 20-80 ของ 1RM และวิธีที่ 3) การออกกำลังกายแบบให้แรงต้านการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก (Eccentric resistance training) โดยการฝึกออกกำลังกายด้วยความเร็วระดับปานกลางและให้แรงต้านระดับสูงจากเครื่องออกกำลังกาย มีรายงานการวิจัยว่า การฝึกวิธีนี้ได้ผลดีเนื่องจากใช้พลังงานน้อย แต่ปฏิบัติจริงทำได้ยากเพราะต้องใช้เครื่องมือเฉพาะทาง สำหรับการออกกำลังกายด้วยวิธีนี้

Anderson et al. (2016) ได้ศึกษาการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าเพื่อพัฒนาการทรงตัวในผู้หญิงวัยกลางคน อายุเฉลี่ย 46.9±8.7 ปี จำนวน 16 คน ฝึกออกกำลังกายสัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ประเมินการทรงตัวและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขา ปรากฏว่าการทรงตัวดีขึ้น และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อลดลงภายหลังการฝึกทุกมัด ยกเว้นกล้ามเนื้อโซเลียส ซึ่งการลดลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไบเซพฟีมอริส เนื่องจากมีความมั่นคงของแกนกลางลำตัวทำให้กล้ามเนื้อทำงานอย่างประสานสัมพันธ์ดีขึ้น แสดงว่า การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าช่วยพัฒนาการทรงตัวได้

4. การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามีหลายวิธี การศึกษาวิธีการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ผ่านมาที่นิยมใช้ทางคลินิกมากที่สุด คือ การตรวจด้วยวิธีแมนวลมัสเซิลเทสติ้ง (Manual Muscle Testing: MMT) นิยมตรวจโดยแพทย์ นักกายภาพบำบัด ไครโรแพรคติกและแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู การตรวจด้วยวิธีนี้เป็นการประเมินแรงของกล้ามเนื้อในภาพรวม และผู้ตรวจต้องเรียนรู้การตรวจแยกความแตกต่างของพยาธิสภาพระหว่างปัญหาของโรคที่เกิดจากระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system) และระบบประสาทส่วนปลาย (Peripheral nerve) (Conable & Rosner, 2011) การตรวจความแข็งแรงของกล้ามเนื้อวิธีนี้พัฒนาโดย Lovett และมีการอธิบายเพิ่มเติมโดย Wright ในปี ค.ศ. 1912 วิธีการให้คะแนนที่แนะนำโดยสภาวิจัยทางการแพทย์ (Medical Research Council: MRC) ให้ระดับคะแนน 0 ถึง 5 โดยที่คะแนน 0 หมายถึง กล้ามเนื้อไม่มีการหดตัว และคะแนน 5 หมายถึง กล้ามเนื้อมีการหดตัวต้านแรงได้มากที่สุดในท่าที่ต้านแรงโน้มถ่วงของโลก นอกจากนี้มีการพัฒนาการให้คะแนน ในรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น การให้คะแนนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นระบบร้อยละ โดย Kendall ในปี ค.ศ. 1983 และให้คะแนนด้วยคำศัพท์ เช่น นอร์มอล (Normal) กู๊ด (Good) แฟร์ (Fair) พัวร์ (Poor) และซีโร่ (Zero) โดย Daniels and Worthingham ในปี ค.ศ. 1986 (Paternostro-Sluga, 2008)

ถึงแม้ว่าการให้คะแนนจะแตกต่างกันออกไป แต่หลักการตรวจประเมินด้วยวิธีแมนวลมัสเซิลเทสติ้งคล้ายกัน คือ การให้ผู้ป่วยออกแรงต้านกับแรงของผู้ตรวจในท่าที่กำหนด และผู้ตรวจต้องตัดสินใจให้คะแนน การประเมินวิธีนี้มีความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากแรงต้านของผู้ตรวจที่ไม่สม่ำเสมอ หรือบางครั้งมีข้อจำกัดในการจัดท่าตรวจ และคลาดเคลื่อนได้ถ้าผู้ป่วยไม่เข้าใจคำสั่ง การตรวจวิธีนี้ยังคงมีข้อสงสัยด้านความแม่นยำและความเที่ยงตรง (Cuthbert & Goodheart, 2007) จากข้อจำกัดดังกล่าว ทำให้มีการพัฒนาการตรวจความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ คือ การตรวจด้วยเครื่องไดนาโมมิเตอร์ การพัฒนาในระยะแรกใช้ในการประเมินแรงบีบมือ (Hand-grip dynamometer) มีรายงานจากผลการศึกษาหลายเรื่องที่แสดงว่า การตรวจด้วยวิธีนี้มีความเที่ยงและความตรงในการวัดสูง (Fenter, Bellew, Pitts, & Kay, 2003)

Stark et al. (2011) ได้ศึกษาทบทวนงานวิจัยความตรงและความเที่ยงในการใช้เครื่อง Hand-held dynamometer เพื่อตรวจประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการใช้ทางคลินิก จำนวน 454 เรื่อง ปรากฏว่า การใช้เครื่อง Hand-held dynamometer มีความตรงและความเที่ยงในการนำไปใช้วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ทางคลินิก

การนำเครื่องไดนาโมมิเตอร์ มาประยุกต์ในการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมัดอื่น ๆ ปรากฏว่า เครื่อง Hand-held dynamometer เป็นเครื่องมือที่มีขนาดเล็ก และสามารถประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในเชิงปริมาณได้ดี วิธีการใช้เครื่องมือ ให้วางเครื่องมือบนตำแหน่งกล้ามเนื้อที่ต้องการประเมินความแข็งแรง แล้วให้ผู้ป่วยออกแรงมากที่สุดต้านแรงกับเครื่องมือ ผลของคะแนนที่วัดสามารถปรับค่าเป็นกิโลกรัม ปอนด์ และนิวตัน ซึ่งมีการศึกษาที่ยืนยันว่าเป็นวิธีการประเมินที่มีความเที่ยงสูง (Le-Ngoc & Janssen, 2011) การใช้เครื่อง Hand-held dynamometer พกพาง่าย สะดวกต่อการใช้งาน ราคาไม่แพง มีความเที่ยงของเครื่องมือในระดับสูง (r) = 0.97 ในการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุที่อาศัยในชุมชน (Martin et al., 2006) และมีการหาเกณฑ์ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาบางมัด โดยการวัดด้วย Hand-held dynamometer เช่น เกณฑ์ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในผู้สูงอายุเพศหญิง อายุ 60-79 ปี (Guccione, Wong, & Avers, 2012) ดังแสดงในตารางที่ 2-2

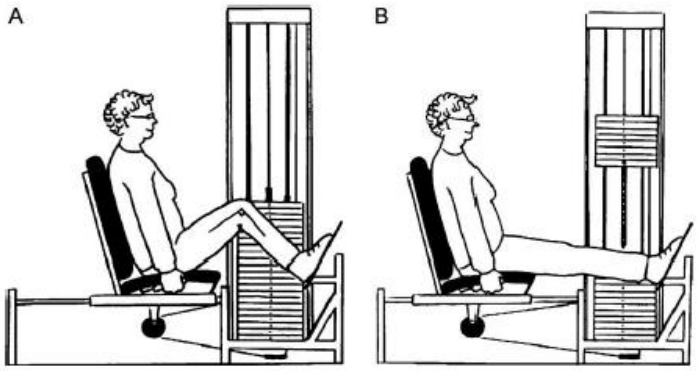
ตารางที่ 2-2 เกณฑ์ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในผู้สูงอายุเพศหญิง อายุ 60-79 ปี (Guccione,Wong, & Avers, 2012)

ทิศทางการเคลื่อนไหว (Movement)	ช่วงอายุ (Age)	แรงเฉลี่ย Mean force (*SD*)	ร้อยละของแรงเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว (Mean force/Body weight) (*SD*) %
กล้ามเนื้อกางข้อสะโพก	60-69	172.3 (43.8)	28.2 (7.7)
(Hip abduction)	70-79	152.7 (34.4)	26.7 (6.7)
กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า	60-69	273.6 (80.0)	44.6 (13.6)
(Knee extension)	70-79	210.1 (45.6)	36.6 (8.8)
กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น	60-69	235.7 (74.9)	38.9 (15.2)
(Ankle dorsiflexion)	70-79	166.2 (48.7)	29.1 (9.9)

การศึกษาวิจัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่นิยมใช้ในการวิจัย และสามารถตรวจการทำงานของเส้นประสาท ใช้วิธีการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG) เนื่องจากสามารถวัดการทำงานที่มีการระดมพลของมอเตอร์ยูนิต (Motor unit recruitment) เช่น การศึกษา

ผลของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและช่วยกระตุ้นการทำงานของสมอง เมื่อประเมินคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากการฝึกออกกำลังกายปรากฏว่ามีการปรับตัวของระบบประสาทที่สัมพันธ์กับการออกกำลังกายแบบไอโซเมตริกคอนแทรกชั่น (Amarantini & Bru, 2015)

นอกจากนี้สามารถวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ ด้วยการทดสอบแรงสูงสุดในการยกหรือต้านแรงกับกล้ามเนื้อมัดนั้น โดยใช้น้ำหนักเป็นแรงต้านหรือใช้อุปกรณ์ Leg press ซึ่งจัดว่าเป็นวิธีมาตรฐานวิธีหนึ่ง ในการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทางคลินิก และเป็นวิธีที่ปลอดภัยในการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุ (Shaw et al., 1995) การวัดด้วยวิธีนี้ วัดโดยให้ผู้สูงอายุนั่งงอข้อเข่าประมาณ 90 องศา แล้วให้เหยียดข้อเข่าให้สุด อาจเริ่มต้นจากน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม ถ้าเหยียดขาได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว ให้เพิ่มน้ำหนักจนกระทั่งเหยียดขาได้ไม่เต็มช่วงการเคลื่อนไหว ค่าที่ได้จะเป็นค่าสุดท้ายที่เหยียดขาได้ที่น้ำหนักสูงสุดแบบเต็มช่วงการเคลื่อนไหว การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่อง Leg press ดังแสดงในภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 วิธีการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่อง Leg press (Shaw et al., 1995)

กล้ามเนื้อขาเป็นกล้ามเนื้อหลักที่สำคัญในการเคลื่อนย้ายตัว ในการทำกิจวัตรประจำวัน เช่น การลุกขึ้นยืน การเดิน และการขึ้นลงบันได (Lord, Murray, Chapman, Munro, & Tiedemann, 2002) การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และช่วยพัฒนาการทรงตัวและการเคลื่อนไหวทั้งในกลุ่มผู้สูงอายุที่เปราะบาง (Frail elderly) และผู้สูงอายุสุขภาพดี (Healthy older adults) (Rosendahl et al., 2006)

เครื่องมือที่เป็นมาตรฐานระดับ Gold standard ที่มีความเที่ยงและความตรงของการวัดความแข็งแรงของผู้สูงอายุในชุมชน ในการวัดมวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass) คือเครื่องถ่ายภาพรังสีด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ส่วนเครื่องมือที่มีความเที่ยงในการวัด

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) คือ Hand-held dynamometer (Mijnarends et al., 2013) มีค่าความเที่ยง (r) = 0.97 (Bohannon, 1986) ในการศึกษานี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เครื่องมือ Hand-held dynamometer ในการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาก่อนและหลังการใช้โปรแกรมการออกกำลังกาย

การศึกษาทางสรีรวิทยา และชีวกลศาสตร์ของกล้ามเนื้อและข้อต่อเกี่ยวกับกล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับการลุกขึ้นยืน มีดังนี้

Roebroeck, Doorenbosch, Harlaar, Jacobs, and Lankhorst (1994) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ชีวกลศาสตร์และการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน โดยการศึกษาในผู้ใหญ่สุขภาพดี 10 คน โดยการถ่ายภาพขณะเคลื่อนไหว และวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก กล้ามเนื้องอข้อเข่า กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น และกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง ปรากฏว่าเวลาในการลุกขึ้นยืนเฉลี่ย คือ 2.25 วินาที และการทำงานอย่างประสานสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้องอและเหยียดข้อเข่าเป็นสิ่งที่สำคัญในการทำให้ลุกขึ้นยืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Gross, Stevenson, Charette, Pyka, and Marcus (1998) ได้ศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ โดยเปรียบเทียบระหว่างผู้ใหญ่ตอนต้น จำนวน 12 คน กับผู้สูงอายุ จำนวน 26 คน ปรากฏว่า วัยผู้ใหญ่ตอนต้นลุกขึ้นยืนได้เร็วกว่าผู้สูงอายุ เวลาเฉลี่ยในการลุกขึ้นยืนในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น 1.63±0.33 วินาที เวลาเฉลี่ยในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ 2.14±0.51 วินาที และกลุ่มผู้สูงอายุมีการงอลำตัวมากกว่าวัยผู้ใหญ่ตอนต้นในขณะลุกขึ้นยืน การทำงานของกล้ามเนื้อทำงานเหมือนกันทั้งสองกลุ่ม แต่ผู้สูงอายุมีความแตกต่างในด้านการทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้กดปลายเท้าลง เริ่มทำงานเร็วกว่าวัยผู้ใหญ่ตอนต้น การศึกษานี้แสดงว่าชีวกลศาสตร์ในการลุกขึ้นยืน มีผลมาจากการลดลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

Khemlani, Carr, and Crosbie (1999) ได้ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อและข้อต่อในขณะลุกขึ้นยืน เมื่อมีการวางเท้าที่แตกต่างกันสองแบบ เพื่อศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับการลุกขึ้นยืน คือ กล้ามเนื้อ Biceps femoris, Rectus femoris, Vastus lateralis, Tibialis anterior, Lateral gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Medial soleus โดยศึกษาในผู้ใหญ่อายุ 20 ถึง 35 ปี จำนวน 9 คน โดยวางเท้าในลักษณะที่แตกต่างกันสองแบบ คือ Foot forward และ Foot backward ใช้วิธีการถ่ายภาพที่ความเร็ว 1/1,000 วินาที และสุ่มที่อัตรา 25 Hz บันทึกการเปลี่ยนแปลงของแรงกดบนสวิตช์ที่วางใต้ต้นขาร่วมกับการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ติดขั้วอิเล็กโทรดที่ด้านนอกของหัวไหล่ ที่ผิวหนังของข้อสะโพกตรงตำแหน่งของ Greater trochanter ด้านนอกของข้อเข่า ด้านนอกของข้อเท้าบริเวณส้นเท้าและฐานของนิ้วเท้านิ้วที่ห้า เพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งของร่างกายเมื่อลุกขึ้นยืน ผลการวิจัยปรากฏว่า ลักษณะการวางเท้าแบบ Foot forward ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของเวลาในการเคลื่อนไหว และลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อแตกต่างกัน แสดงว่า

ลักษณะการวางเท้าที่แตกต่างกันทำให้กล้ามเนื้อมีการทำงานแตกต่างกันทั้งลำดับและเวลาในการลุกขึ้นยืน ซึ่งการฝึกลุกขึ้นยืนควรให้ผู้ป่วยวางเท้าอยู่ในลักษณะเลื่อนไปด้านหลังแนวของข้อเข่า เพื่อให้ข้อเข่ามีความมั่นคงและกล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) ควรมีความยืดหยุ่นเพียงพอเพราะส่งผลต่อการลุกขึ้นยืนอย่างอิสระ

Goulart and Valls-Sole (1999) ได้ศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืนในผู้ใหญ่สุขภาพดี 20 คน ผลปรากฏว่า กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น กล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง กล้ามเนื้อหน้าท้อง กล้ามเนื้อคอ และกล้ามเนื้อทราพีเซียส (Trapezius) บริเวณบ่า เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่เริ่มทำงานในการช่วยเตรียมการเคลื่อนไหวเพื่อเปลี่ยนท่าทาง ส่วนกล้ามเนื้อลำตัว (Lumbar paraspinal) กล้ามเนื้อเหยียดและงอข้อเข่า (Quadriceps and hamstring) เป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานในขณะลุกขึ้นยืน

Lord et al. (2002) ได้ศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับความเร็วในการลุกขึ้นยืน ที่ประกอบด้วย การรับความรู้สึก การทรงตัว สภาวะทางจิตใจ เพิ่มเติมจากความแข็งแรง โดยการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุจำนวน 669 คน ช่วงอายุ 75-93 ปี ผลการศึกษาปรากฏว่า มีปัจจัยทั้งด้านสรีรวิทยาและจิตวิทยาที่สัมพันธ์กับความเร็วในการลุกขึ้นยืน ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (Quadriceps) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการลุกขึ้นยืนมากที่สุด

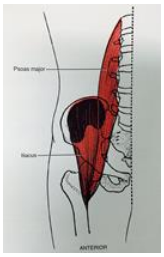
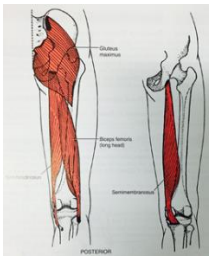
Yoshioka et al. (2009) ได้ศึกษาชีวกลศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนไหวและโมเมนต์ของข้อต่อในขณะลุกขึ้นยืน โดยมีวัตถุประสงค์ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนไหวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน โดยการศึกษาในวัยผู้ใหญ่ จำนวน 11 คน ให้กลุ่มตัวอย่างลุกขึ้นยืน 15 ครั้ง ศึกษาการเคลื่อนไหวด้วยภาพถ่ายสามมิติ โดยการทำเครื่องหมายที่ร่างกาย 7 ตำแหน่ง คือ 1) Right acromion 2) Sacroiliac joint 3) Right anterior superior iliac spine 4) Left anterior superior iliac spine 5) Right epicondylus lateralis 6) Right malleolus lateralis และ 7) Fifth metatarsal ตั้งค่ากรองสัญญาณคลื่นความถี่ต่ำที่ 10 Hz ผลการวิจัยปรากฏว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนไหวกับการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกและข้อเข่า เมื่อเวลาในการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้น โมเมนต์ของข้อต่อลดลง แสดงว่า การเคลื่อนไหวที่มีความเร็วในระดับปานกลางถึงเร็ว (เวลาน้อยกว่า 2.5 วินาที) โมเมนต์ของข้อต่อจะเพิ่มขึ้นตามความความเร็วของการเคลื่อนไหว แต่ถ้าเคลื่อนไหวช้ากว่า 2.5 วินาที โมเมนต์ของข้อต่อจะคงที่ หมายถึง คนที่ใช้เวลาในการลุกขึ้นยืนมากกว่า 2.5 วินาที อาจมีปัญหาด้านการทรงตัวและมีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อขา

Abe et al. (2010) ได้ศึกษาชีวกลศาสตร์ในการเดินและการลุกขึ้นยืนโดยใช้อุปกรณ์พยุงข้อเข่าในวัยผู้ใหญ่ตอนต้นและผู้สูงอายุ เพื่อเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (Quadriceps) ในขณะลุกขึ้นยืน และเดิน ในวัยผู้ใหญ่ตอนต้นและผู้สูงอายุในขณะใช้อุปกรณ์พยุงข้อเข่าและไม่ใช้อุปกรณ์ โดยศึกษาวัยผู้ใหญ่ตอนต้นจำนวน 12 คน ผู้สูงอายุ

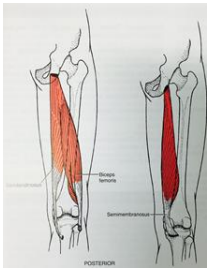
จำนวน 15 คน วัดการลุกขึ้นยืน วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis, Vastus medialis และ Rectus femoris และวัด Ground reaction force ซึ่งการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ สนใจศึกษาเฉพาะกล้ามเนื้อ Vastus lateralis โดยวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืนในช่วงก่อนและหลังทำกิจกรรมทดสอบ 500 มิลลิวินาที เมื่อมีแรงกดที่เท้าสูงสุด คลื่นไฟฟ้าที่ได้นำมาขยายและใช้โปรแกรม PowerLab โดยการตั้งค่ากรองคลื่น High-pass ที่ 10 Hz ค่าที่ได้นำมาแปลงเป็นค่า Root mean square (RMS) และวัดการเดินในลู่วิ่ง (Treadmill) วัดการเปลี่ยนแปลงการเดินระยะ Swing phase ด้วยเครื่อง Accelerometer ผลการวิจัยปรากฏว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืนในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ที่ไม่ใส่อุปกรณ์พยุงข้อเข่า เท่ากับ 0.0810±0.0131 mV และเมื่อใส่อุปกรณ์พยุงข้อเข่าเท่ากับ 0.0761±0.0130 mV ส่วนในกลุ่มผู้สูงอายุที่ไม่ใส่อุปกรณ์พยุงข้อเข่าเท่ากับ 0.0976±0.0097 mV และใส่อุปกรณ์พยุงข้อเข่าเท่ากับ 0.0976±0.0097 mV แสดงว่าอุปกรณ์พยุงข้อเข่าช่วยลดการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (Quadriceps) ทั้งในขณะลุกขึ้นยืนและขณะเดิน

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามัดหลักจำนวน 6 กลุ่ม คือ กล้ามเนื้องอและเหยียดข้อสะโพก กล้ามเนื้องอและเหยียดข้อเข่า กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น และกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง โดยมีจุดเกาะต้นและจุดเกาะปลายของกล้ามเนื้อดังแสดงในตารางที่ 2-3 (Hislop, Avers, & Brown, 2014, pp. 204-260)

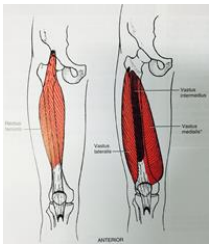
ตารางที่ 2-3 กลุ่มกล้ามเนื้อขาที่ทำหน้าที่งอและเหยียดข้อสะโพก งอและเหยียดข้อเข่า กระดกข้อเท้า และกดปลายเท้าลง (Hislop, Avers, & Brown, 2014, pp. 204-260)

การทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ (Muscle function)/ ช่วงการเคลื่อนไหว (Range of motion)	กล้ามเนื้อ (Muscle)	จุดเกาะต้น (Origin)	จุดเกาะปลาย (Insertion)
กล้ามเนื้องอข้อสะโพก (Hip flexion) 0° to 120° 	Psoas major	L1-L5 Vertebrae (transverse process) T12-L5 Vertebral body (sides) and their intervertebral discs	Femur (lesser trochanter)
	Iliacus	Iliac fossa (upper 2/3 Iliac crest (inner lip) Sacroiliac and iliolumbar ligaments Sacrum (upper lateral surface)	Femur (lesser trochanter; joints tendon of psoas major) Femoral shaft below lesser trochanter
กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก (Hip extension) 0° to 20° 	Gluteus maximus	Ilium (posterior gluteal line) Iliac crest (posterior medial) Sacrum (dorsal surface of lower part) Coccyx (side) Sacrotuberous ligament Aponeurosis over gluteus medius)	Femur (gluteal tuberosity) Iliotibial tract of fascia lata
	Semitendinosus	Ischial tuberosity (upper area, inferomedial impression via tendon shared with biceps femoris) Aponeurosis (between the two muscles)	Tibia (proximal medial shaft) Pes ancerinus

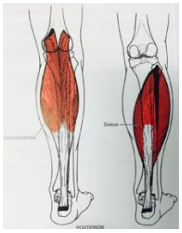
ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

การทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ (Muscle function)/ ช่วงการเคลื่อนไหว (Range of motion)	กล้ามเนื้อ (Muscle)	จุดเกาะต้น (Origin)	จุดเกาะปลาย (Insertion)
	Semimembranosus	Ischial tuberosity (superolateral impression)	Tibia (medial condyle, posterior aspect) Oblique popliteal ligament of knee Joint Aponeurosis over distal muscle
	Biceps femoris (long head)	Ischial Tuberosity (inferomedial impression) Sacrotuberous ligament	Fibula (head) Tibia (lateral condyle) Aponeurosis
กล้ามเนื้องอข้อเข่า (Knee flexion) 0° to 135° 	Biceps femoris long head	Ischium (tuberosity) Sacrotuberous ligament	Aponeurosis fibula (head, lateral aspect) Fibular collateral ligament
	Biceps femoris short head	Femur (linea aspera and lateral condyle) Lateral intermuscular septum	Tibia (lateral condyle)
	Semitendinosus	Ischial tuberosity (inferior medial aspect) Tendon via aponeurosis shared with biceps femoris (long)	Tibia (proximal medial shaft) Pes ancerinus Deep fascia of leg
	Semimembranosus	Ischial tuberosity Sacrotuberous ligament	Tibia (medial condyle, posterior aspect) Oblique popliteal Ligament of knee joint Distal aponeurosis

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

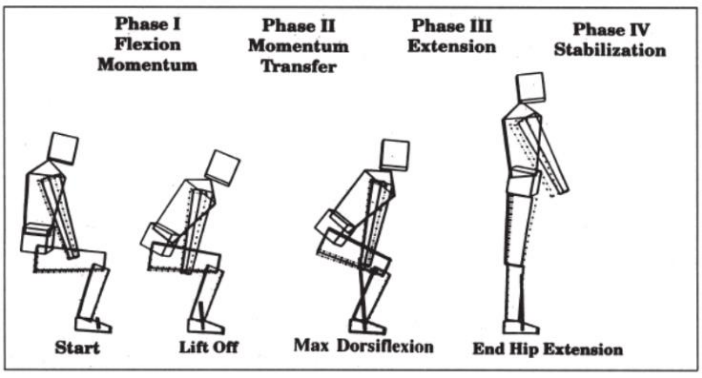
การทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ (Muscle function)/ ช่วงการเคลื่อนไหว (Range of motion)	กล้ามเนื้อ (Muscle)	จุดเกาะต้น (Origin)	จุดเกาะปลาย (Insertion)
กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (Knee extension) 135° to 0° 	Rectus femoris	Ilium (anterior inferior iliac spine) Acetabulum (groove above) capsule of hip Joint Aponeurosis (anterior)	Aponeurosis (posterior) Patella Tibial tuberosity via ligamentum patellae)
	Vastus intermedius	Femur (shaft, upper 2/3 lateral and anterior surfaces) Intermuscular septum (lateral)	Aponeurosis (anterior forming deep quadriceps tendon) Patella (base, lateral aspect) Tibia (lateral condyle) Tibial tuberosity via ligamentum patellae
	Vastus lateralis	Femur linea aspera (lateral lip) Greater trochanter (inferior) Intertrochanteric line (via aponeurosis) Gluteal tuberosity (lateral lip) Lateral intermuscular septum	Aponeurosis (deep surface, distal) Patella (base and lateral border via quadriceps tendon) Lateral expansion to capsule of knee joint and iliotibial tract Tibial tuberosity via ligamentum patellae
	Vastus medialis longus	Femur (linea aspera, medial lip; intertrochanteric line) Vastus medialis oblique Tendon of adductor magnus Intermuscular septum (medial)	Aponeurosis (deep) Patella (medial border) Tibial tuberosity via ligamentum patellae

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

การทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ (Muscle function)/ ช่วงการเคลื่อนไหว (Range of motion)	กล้ามเนื้อ (Muscle)	จุดเกาะต้น (Origin)	จุดเกาะปลาย (Insertion)
	Vastus medialis oblique	Femur: linea aspera Supracondylar line Tendon of adductor magnus Intermuscular septum	Aponeurosis to capsule of knee joint Patella (medial aspect) Quadriceps tendon Tibial tuberosity via ligamentum patellae
กล้ามเนื้อที่ใช้กดปลายเท้าลง (Ankle plantar flexion) 0° to 45° 	Gastrocnemius medial head	Femur (medial condyle, Popliteal surface) Capsule of knee joint	Anterior aponeurosis Tendo calcaneus Formed when tendon of gastrocnemius joints tendon of soleus)
	Gastrocnemius lateral head	Femur (lateral condyle, lateral surface, and supracondylar line) aponeurosis (posterior)	Calcaneus (posterior)
	Soleus	Fibula (head, posterior aspect, and proximal 1/3 of shaft) Tibia (soleal line and middle 1/3 of medial shaft) aponeurosis between Tibia and Fibula	Aponeurosis Tendon of gastrocnemius Calcaneus via tendon Calcaneus
กล้ามเนื้อที่ใช้กระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsiflexion) 0° to 20° 	Tibialis anterior	Tibia (lateral condyle and proximal 2/3 of lateral shaft) interosseous membrane Fascia cruris (deep) Intermuscular septum	1st (medial) Cuneiform (on medial and plantar surfaces) 1st Metatarsal (base)

5. การวัดความเร็วในการลุกขึ้นยืน

กิจวัตรประจำวันที่สำคัญมากที่สุดคือการลุกขึ้นยืน เมื่อตื่นนอนต้องลุกขึ้นจากเตียง เดินทางนั่งรถ ไปทำงาน กิจกรรมการลุกขึ้นยืนจึงเป็นกิจกรรมที่ทำตลอดทั้งวัน การลุกขึ้นยืน หมายถึง การเคลื่อนจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายให้สูงขึ้นจากท่านั่งเปลี่ยนเป็นท่ายืนโดยไม่สูญเสียการทรงตัว (Roebroeck et al., 1994) มีวิธีการแบ่งระยะ (Phase) ของการลุกขึ้นยืนหลายวิธี เช่น Schenkman et al. (1990) ได้ศึกษาลักษณะการลุกขึ้นยืนในผู้หญิงสุขภาพดี และแบ่งองค์ประกอบของการลุกขึ้นยืนออกเป็น 4 ระยะ (Phase) คือ ระยะแรกเฟลกชันโมเมนตัม (Flexion momentum) มีการทำงานของกล้ามเนื้ออีเร็คเตอร์สไปเน (Erector spinae) คือกล้ามเนื้อด้านหลังของลำตัว และกล้ามเนื้อฮิพเฟลกเซอร์ (Hip flexors) คือกล้ามเนื้องอข้อสะโพก ระยะที่สองคือโมเมนตัมทรานส์เฟอร์ (Momentum transfer) เป็นระยะที่มีการทำงานของกล้ามเนื้อแองเคิลดอร์ซิเฟลกเซอร์ (Ankle dorsiflexors) คือกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าขึ้น กล้ามเนื้อฮิพเฟล็กเซอร์ (Hip flexors) และกล้ามเนื้อแอบโดมินัล (Abdominal muscle) ระยะที่สาม คือระยะเอกซ์เทนชัน (Extension) มีการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า และระยะที่สี่ คือระยะสเตบิไลเซชัน (Stabilization) มีการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพกและกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า ดังแสดงในภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 การแบ่งระยะของการลุกขึ้นยืน (Schenkman et al., 1990)

แต่การศึกษาของ Carr and Sherpherd (2010, p. 78) ได้แบ่งการลุกขึ้นยืนออกเป็น 2 ระยะเพื่อให้ง่ายต่อการประยุกต์ทางคลินิก โดยแบ่งออกเป็น Pre-extension และ Extension โดยที่ระยะ Pre-extension เป็นระยะที่มีการวางเท้าอยู่ในแนวหลังต่อแนวข้อเข่า ลำตัวส่วนบนมีการหมุนโดยการทำงานของข้อสะโพกและการกระดกข้อเท้า ทำให้เกิดแรงปฏิกิริยา (Reactive force) จากร่างกายส่วนบนส่งมาที่ข้อเท้าจึงทำให้เห็นว่า เหมือนมีการเคลื่อนของข้อเข่ามาทางด้านหน้า

(Knee forward) ส่วนในระยะ Extension กล้ามเนื้อที่ช่วยในการเหยียดข้อเข่าทำงานตรงกันข้ามกับกล้ามเนื้อข้อเท้าที่ชะลอการทำงานลง จึงทำให้ลำตัวอยู่ในท่ายืนตรง

ในการลุกขึ้นยืนในคนสุขภาพดีเป็นกิจกรรมที่ง่าย แต่ผลสำรวจการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุจำนวน 379 คน ปรากฏว่าร้อยละ 42 มีอาการลุกขึ้นยืนลำบาก (Munton, Ellis, & Wright, 1984) และการศึกษาความเร็วในการลุกขึ้นยืนและนั่งลงในผู้หญิงสุขภาพดี อายุ 20 ถึง 35 ปี ผลการศึกษาปรากฏว่า เวลาเฉลี่ยในการลุกขึ้นยืน คือ 198.6 มิลลิวินาที และเวลาในการนั่งลง 180 มิลลิวินาที (Kerr et al., 1994) ซึ่งการลุกขึ้นยืนเป็นกิจกรรมทางกายที่ต้องอาศัยแรงของข้อต่อขนาดใหญ่และการควบคุมการทรงตัวที่แม่นยำในขณะที่กำลังจะลุกขึ้นยืน ข้อสะโพกต้องออกแรงมากกว่าการทำกิจวัตรประจำวันอื่น ๆ เช่น การเดิน หรือ การขึ้นลงบันได (Rodosky, Aderiacchi, & Andersson, 1989)

การลุกขึ้นยืนเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อและข้อต่อที่ประสานสัมพันธ์กันหลายส่วน กล้ามเนื้อกลุ่มที่สำคัญที่ใช้ในการลุกขึ้นยืน มีการทำงานของกล้ามเนื้อ ลำตัว กล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อหลัง เพื่อเพิ่มความมั่นคงของแนวกระดูกสันหลัง (Bohannon, 2007) กล้ามเนื้อที่ทำงานในขณะลุกขึ้นยืนที่วัดจากคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) ประกอบด้วย กล้ามเนื้อ Rectus abdominus กล้ามเนื้อ Lumbar paraspinals กล้ามเนื้อ Trapezius กล้ามเนื้อ Gluteus medius กล้ามเนื้อ Quadriceps กล้ามเนื้อ Hamstrings กล้ามเนื้อ Tibialis anterior กล้ามเนื้อ Gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Soleus (Khemlani et al., 1999) กล้ามเนื้อที่เริ่มทำงานอันดับแรก คือ กล้ามเนื้อ Tibialis anterior ช่วยในการเพิ่มความมั่นคงให้กับข้อเท้า ก่อนที่ลำตัวจะโน้มไปทางด้านหน้า กล้ามเนื้อลำตัว (Lumbar paraspinal) กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพกและกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่าจะทำงานสูงสุด ในช่วงที่ต้นขาเริ่มยกออกจากเก้าอี้ เพื่อส่งแรงเร่งให้ลำตัวขึ้นมาอยู่ในแนวตรง โดยมีการทำงานร่วมกับกลุ่มกล้ามเนื้อที่ช่วยเสริมให้ร่างกายอยู่ในแนวจุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity) ซึ่งเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Soleus ที่ช่วยในการทรงตัวในระยะ Extensor phase ในขณะลุกขึ้นยืน นอกจากนี้กล้ามเนื้องอข้อสะโพก (Iliopsoas) จะทำงานร่วมกับกล้ามเนื้อรอบข้อเข่า คือ Rectus femoris และ Biceps femoris ในการควบคุมส่วนขาเพื่อผ่อนแรงในขณะร่างกายกำลังเหยียดตรงเมื่อลุกขึ้นยืน (Carr & Sherpherd, 2010, pp. 79-81)

การศึกษาเกี่ยวกับการวัดความเร็วในการลุกขึ้นยืน มีดังนี้

พุทธิพงษ์ พลคำฮัก, บุญสิตา สุวรรณกุล และอรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์ (2559) ได้ศึกษาความตรงของการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ในผู้สูงอายุไทย จำนวน 70 คน ปรากฏว่า การทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) มีความเที่ยงในการทำนาย (Predictive validity) มีความไวอยู่ในระดับปานกลางและความจำเพาะอยู่ในระดับสูง (68.57%, 80.00%) ตามลำดับ หมายถึง

ผู้ที่ลุกขึ้นยืนโดยใช้เวลาในการทดสอบ FTSST ตั้งแต่ 10.02 วินาทีขึ้นไป มีความเสี่ยงต่อการล้ม การทดสอบ FTSST มีความตรงเชิงสภาพ (Concurrent validity) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบ TUG ปรากฏว่า FTSST มีความสัมพันธ์กับการทดสอบ TUG ในระดับสูง (r) = 0.87 และมีความตรงเชิงจำแนก (Discriminative validity) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เคยล้มกับกลุ่มที่เคยล้ม ปรากฏว่า กลุ่มที่มีประวัติการล้มในการทดสอบ FTSST ใช้เวลาเฉลี่ยนานกว่ากลุ่มที่ไม่เคยล้ม

Kerr, White, and Barr (1994) ศึกษาวิเคราะห์วงจรการลุกขึ้นยืนและลงนั่ง แบบสามมิติในกลุ่มผู้ใหญ่สุขภาพดี โดยการวัดด้วยภาพกราฟฟิกส์เวกเตอร์ วัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อแบบอิเลคโทรนิค และวัดความเร่งสามแกน ทั้งในรูปแบบแอนะล็อก และสัญญาณดิจิตอล ปรากฏว่า เวลาในการลุกขึ้นยืนเฉลี่ย 1.98 วินาที มากกว่าเวลาในการลงนั่งเฉลี่ยที่ใช้เวลา 1.81 วินาที แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบขั้นตอนการลุกขึ้นยืน จะมีขั้นตอนการโน้มตัวไปทางด้านหน้า (Forward lean) ร้อยละ 51 การเปลี่ยนแปลงในแนวตั้ง (Vertical displacement) ร้อยละ 42.4 และช่วงเวลาซ้อนกันอยู่ที่ร้อยละ 15.7 ถ้ามองในมุมมองเดียวกับวงจรการเดิน การลุกขึ้นยืนมี 7 เหตุการณ์ย่อย ที่แบ่งได้ 4 องค์ประกอบ คือ Forward lean, Vertical displacement, Recovery of the trunk และ Knee angular displacement ซึ่งช่วงเวลา Forward lean ของลำตัวเกิดขึ้น 0.3 วินาที ก่อนที่จะมี Vertical displacement ในขณะลุกขึ้นยืน

Whitney et al. (2005) ได้ศึกษาการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ในผู้ที่มีความบกพร่องในการทรงตัว เพื่อหาความตรงของการวัดการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) เพื่อหาความตรงเชิงสภาพและความตรงเชิงจำแนก (Concurrent and discriminative validity) ของวิธีทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง โดยการเปรียบเทียบกับการวัดด้วย Activities-specific Balance Confidence scale (ABC) และ Dynamic Gait Index (DGI) ได้ทดลองในกลุ่มตัวอย่างที่มีความบกพร่องด้านการทรงตัว จำนวน 93 คน เปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีความบกพร่องด้านการทรงตัว จำนวน 81 คน ปรากฏว่า การทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้งในกลุ่มที่มีความบกพร่องด้านการทรงตัว มีความเร็วในการลุกขึ้นยืนช้ากว่า เมื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติการจำแนกกลุ่ม (Discriminant analysis) แสดงว่า วิธีการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง นำไปใช้จำแนกผู้ที่มีความบกพร่องด้านการทรงตัวได้ร้อยละ 65 เป็นวิธีการที่มีความตรงเชิงสภาพและความตรงเชิงจำแนก ที่นำใช้ในทางคลินิกเพื่อแยกผู้ที่มีความบกพร่องทางการทรงตัวได้

Etnyre and Thomas (2007) ได้ศึกษามาตรฐานการประเมินการลุกขึ้นยืน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการลุกขึ้นยืนตามปกติกับการประเมินการลุกขึ้นยืนแบบมาตรฐาน โดยการวัด Ground reaction force ในผู้ใหญ่จำนวน 100 คน ในการลุกขึ้นยืน 4 ท่า คือ แขนปล่อยอิสระ (Arms free) วางมือบนหัวเข่า (Hands on knees) ใช้มือจับที่ท้าวแขน (Using armrest) และไขว้มือกอดอก (Arm crossed) ผลการวิจัยปรากฏว่า การลุกขึ้นยืน

โดยจับที่ท้าวแขน ใช้แรงในขณะเริ่มลุกขึ้นและแรงในแนวตั้ง (Vertcal) น้อยกว่าวิธีอื่น แต่ใช้เวลานานกว่าอีกสามวิธี

Goldberg, Chavis, Watkins, and Wilson (2012) ได้ศึกษาความตรงและความเที่ยงในการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ในผู้สูงอายุ จำนวน 29 คน อายุเฉลี่ย 73.6 ปี โดยการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้งกับการทดสอบไทม์อัพแอนด์โก (TUG) ปรากฏว่า วิธีการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง เป็นวิธีที่มีความตรงและความเที่ยงในการวัดการทรงตัวและการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุ

Kanehisa and Fukunaga (2014) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับความเร็วในการลุกขึ้นยืนในคนญี่ปุ่นอายุ 50 ปีขึ้นไป ผลการวิจัยปรากฏว่าในกลุ่มเพศหญิงอายุ 50-74 ปี สามารถใช้วิธีทดสอบการลุกขึ้นยืน เพื่อประเมินความถดถอยของกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่าได้ แต่เมื่ออายุ 75 ปีขึ้นไป ความเร็วในการลุกขึ้นยืนและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าไม่สัมพันธ์กัน ทั้งนี้อาจเกิดจากปัญหาด้านการทำงานอย่างประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อ

การศึกษานี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ในการวัดความเร็วในการลุกขึ้นยืนของผู้สูงอายุ เพราะเป็นวิธีการทดสอบที่มีความเที่ยงและความตรงสูง นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและการทรงตัว

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความเร็วในการลุกขึ้นยืน

การศึกษาที่ใช้วิธีการออกกำลังกายในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามีหลายวิธี และมีการฝึกการลุกขึ้นยืนในงานวิจัยที่ผ่านมาดังนี้

Manorangsan, Panpeach, and Vorakittikul (2015) ได้เปรียบเทียบวิธีการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้งกับวิธี Activities-specific Balance Confidence (ABC) ในผู้สูงอายุไทย ปรากฏว่า เมื่อทดสอบด้วย FTSST ในกลุ่มที่มีประวัติการล้ม ใช้เวลาในการลุกขึ้นยืน 18.13±4.08 นาที และกลุ่มที่ไม่เคยล้มใช้เวลา 15.61±3.93 นาที แสดงว่า กลุ่มที่มีประวัติการล้มใช้เวลาในการลุกขึ้นยืน นานกว่ากลุ่มที่ไม่เคยล้ม

Thaweewannakij, Suwannarat, Mato, and Amatachaya (2016) ได้ศึกษาความสามารถในการทำกิจกรรมและภาวะสุขภาพทางกายของผู้สูงอายุในชุมชน ที่มีอายุ 75 ปีขึ้นไป จำนวน 90 คน ปรากฏว่ากลุ่มที่ไม่เคยมีประวัติการล้ม เมื่อทดสอบ FTSST ใช้เวลาเฉลี่ยการลุกขึ้นยืน 12.7 นาที กลุ่มที่เคยล้มหนึ่งครั้งใช้เวลาเฉลี่ย 14.1 นาที และกลุ่มที่มีประวัติการล้ม 2 ครั้งขึ้นไป ใช้เวลาเฉลี่ย 16.6 นาที แสดงว่า ผู้ที่มีประวัติล้ม 2 ครั้งขึ้นไป มีความสามารถในการทำกิจกรรมลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เคยล้ม และล้มไม่เกิน 1 ครั้ง

Schlicht et al. (2001) ได้ศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงในการทรงตัวในท่ายืน ความเร็วในการเดิน และความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ เพื่อตรวจสอบผลของการฝึกความแข็งแรงที่มีต่อการทำกิจกรรมสามวิธีที่สัมพันธ์กับความเสี่ยงในการล้ม โดยการศึกษาในผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุ 61-87 ปี จำนวน 14 คน และเพศชาย จำนวน 10 คน ออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยใช้รูปแบบการออกกำลังกายใน 2 สัปดาห์แรก ให้กลุ่มตัวอย่างเลือกความหนักในการออกกำลังกายด้วยตนเอง และเมื่อสามารถยกได้ง่ายขึ้น 10 ครั้งต่อรอบ ให้เริ่มปรับระดับความหนักในการออกกำลังกาย ท่าที่ใช้ในการออกกำลังกายประกอบด้วย Leg extension, Inner thigh press, Outer thigh press, Leg press และ Ankle press และในช่วง 6 สัปดาห์หลังจากใช้วิธีปรับความหนักการออกกำลังกายที่ระดับร้อยละ 75 ของ 1RM และปรับระดับความหนักทุก 2 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดโปรแกรมการฝึก ได้ประเมินเวลาการเดินในระยะทาง 45 ฟุต ทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง และวัดความสามารถด้านการทรงตัวในท่ายืน ผลการวิจัยปรากฏว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นร้อยละ 20-48 และโปรแกรมการออกกำลังกายวิธีนี้ สามารถพัฒนาความเร็วในการเดิน แต่การทรงตัวในท่ายืนและความเร็วในการลุกขึ้นยืนไม่เปลี่ยนแปลง

Schot, Kathleen, Knutzen, Poole, and Mrotek (2003) ได้ศึกษาความเร็วในการลุกขึ้นยืนของผู้สูงอายุจากการฝึกความแข็งแรง โดยการให้โปรแกรมออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนาน 8 สัปดาห์ ในกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ 60-90 ปี จำนวน 38 คน โดยการทดสอบการลุกขึ้นยืนก่อนและหลังการฝึกด้วยวิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์กลางมวล(Center of mass) ผลการวิจัยปรากฏว่า กลยุทธ์ในการลุกขึ้นยืนมีการเปลี่ยนแปลงมีความแข็งแรงและความมั่นคงเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวันดีขึ้น

Latham, Bennett, Stretton, and Anderson (2004) ได้ทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ เกี่ยวกับการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงด้วยวิธีการให้แรงต้านแบบก้าวหน้าในผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 62 เรื่อง มีงานวิจัยจำนวน 41 เรื่อง ที่วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและได้ผลเชิงบวกของวิธีการออกกำลังกาย ด้วยการให้แรงต้านแบบก้าวหน้า โดยมีขนาดอิทธิพลระดับ 0.68 และมีจำนวน 4 เรื่อง ที่วัดความเร็วในการลุกขึ้นยืน มีขนาดอิทธิพลระดับ 0.67 ซึ่งการวิจัยที่รวบรวมได้ มีความแตกต่างกันมากตั้งแต่แหล่งของกลุ่มตัวอย่าง ระดับความหนักของการออกกำลังกายและสถานที่ในการฝึก ถึงแม้ว่าผลการศึกษาปรากฏว่า การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงด้วยวิธีการให้แรงต้านแบบก้าวหน้าให้ผลเชิงบวกต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แต่การออกกำลังกายวิธีเดียวไม่มีผลต่อการพัฒนาความสูญเสียความสามารถทางร่างกาย (Physical disability) ผู้วิจัยจึงให้ข้อเสนอแนะว่า ควรมีการออกกำลังกายวิธีอื่นร่วมด้วย เพื่อลดความสูญเสียความสามารถทางร่างกายในการทำกิจวัตรประจำวันในผู้สูงอายุ

Baker, Alantis, and Singh (2007) ได้ศึกษารูปแบบของโปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ โดยมีวัตถุประสงค์ในการทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับผลของโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรง การออกกำลังกายแบบแอโรบิค การฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุ เพื่อหาหลักฐานเชิงประจักษ์ในการแนะนำวิธีการออกกำลังกายที่มีประสิทธิภาพ โดยการรวบรวมข้อมูลการออกกำลังกายในงานวิจัยที่กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ด้วยวิธีการเปรียบเทียบจากค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ในงานวิจัยจำนวน 110 เรื่อง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ปรากฏว่า มีค่าเฉลี่ยขนาดอิทธิพลที่ 0.41 มีงานวิจัย 6 เรื่อง จากจำนวน 11 เรื่อง ที่แสดงผลว่า การทรงตัวพัฒนาขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและมีการรายงานน้อยมากเกี่ยวกับผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิค ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงผลเชิงบวกของการออกกำลังกายแบบหลายรูปแบบ (Multi-model) ในการป้องกันการล้มในผู้สูงอายุ แต่ข้อมูลการวิจัยยังคงมีจำกัด

Da Silva, Curty, Areas, Souza, Hackney, and Machado (2010) ได้เปรียบเทียบวิธีการออกกำลังแบบมีแรงต้านระหว่างวิธี DeLorme กับ Oxford ด้วยการออกกำลังกายแบบ 10 RM โดยการวัดเอนโซม์ Creatine kinase และ Lactate dehydrogenase ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกาย เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในวัยผู้ใหญ่ กลุ่มละ 16 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ทั้งสองวิธีสามารถพัฒนากล้ามเนื้อได้ไม่แตกต่างกัน

Murlasits, Reed, and Wells (2012) ได้ศึกษาจากผลของความถี่ในการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผู้สูงอายุ โดยมีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบความถี่ในการออกกำลังกายสัปดาห์ละ 2 วัน เปรียบเทียบกับ การออกกำลังกายสัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้งแขนและขา ศึกษาในผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป กลุ่มละ 14 และ 15 คน ตามลำดับ ประเมินองค์ประกอบของร่างกายโดยใช้เครื่อง Dual energy X-ray absorptiometry เริ่มการออกกำลังกายด้วยวิธีอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยาน 5 นาที ออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยเครื่องออกกำลังกายในท่า Leg press, Shoulder press, Latissimus pull down, Seat chest press, Seated leg curl, Bicep curl และ Abdominal crunches ให้ออกกำลังกายเริ่มที่ระดับความหนักร้อยละ 50 ของ 1RM โดยการออกกำลังกาย 3 รอบต่อท่า และเพิ่มความหนักจนถึงร้อยละ 75 ของ 1RM วัดการทรงตัวด้วยเครื่อง Force platform interfaced with the datapac 2K2 ผลการวิจัยปรากฏว่า ไม่พบความแตกต่างระหว่างการออกกำลังกายสัปดาห์ละ 2 หรือ 3 วัน ในกลุ่มที่ออกกำลังกายสัปดาห์ละ 2 วัน มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.34 ส่วนกลุ่มที่ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.12 และไม่พบการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทำหน้าที่ (Functional performance) แสดงว่า ความถี่ในการออกกำลังกายสัปดาห์ละ 2-3 วัน

สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุได้ แต่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทรงตัว

Cheng et al. (2014) ได้ศึกษาความเร็วในการลุกขึ้นยืนสามารถทำนายความเสี่ยงในการหกล้มได้หรือไม่ โดยการศึกษาเปรียบเทียบ 3 กลุ่ม กลุ่มละ 35 คน คือ ผู้สูงอายุสุขภาพดีอายุ 65 ปีขึ้นไป ที่ไม่เคยมีประวัติการหกล้ม มีประวัติการหกล้มในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา และกลุ่มผู้ใหญ่สุขภาพดีอายุ 20 ถึง 30 ปี ที่ไม่มีประวัติหกล้ม วิธีการศึกษาใช้เครื่องมือ Forceplate ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นใหม่เพื่อวิเคราะห์แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้ง (Vertical ground reaction force) ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มที่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามาก และมีความเร็วในการลุกขึ้นยืนสามารถใช้เป็นวิธีการแบ่งกลุ่มที่มีประวัติการหกล้มได้ และเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้สามารถใช้ในการประเมินการทรงตัวและความเสี่ยงในการหกล้ม

Bruyere et al. (2016) ได้สำรวจวิธีการประเมินทางคลินิก ในการประเมินมวลผลด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และกิจกรรมทางกายในผู้สูงอายุ โดยการสำรวจระดับนานาชาติด้วยวิธีการสำรวจข้อมูลทางระบบออนไลน์ มีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 255 คน จาก 55 ประเทศ ปรากฏว่า ใช้วิธีการวัดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อน่อง (Calf circumference) มากที่สุด (ร้อยละ 57.5) วิธีวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อใช้เครื่อง Hand-held dynamometer มากที่สุด (ร้อยละ 66.4) ส่วนการวัดกิจกรรมทางกาย ใช้วิธีประเมินความเร็วในการเดิน (Gait speed) มากที่สุด (ร้อยละ 63.3) และมีการใช้วิธีการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ที่ร้อยละ 53.9

สรุปได้ว่า การทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) เป็นวิธีที่นิยมใช้ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและการทรงตัวในผู้สูงอายุ และการหาวิธีการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน จะช่วยส่งเสริมการทำกิจวัตรประจำวันในผู้สูงอายุและช่วยลดความเสี่ยงในการหกล้ม

ตอนที่ 2 จินตภาพการเคลื่อนไหวและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของจินตภาพการเคลื่อนไหว

จินตภาพการเคลื่อนไหว (Motor imagery) คือกระบวนการทางปัญญาในการจินตนาการการเคลื่อนไหวแต่ไม่มีการเคลื่อนไหวจริง เป็นกระบวนการที่มีการกระตุ้นภายในสมอง (Internal activated) แต่ไม่แสดงออกทางการเคลื่อนไหว แต่ต้องอาศัยการทำงานของสมองแบบรู้สติ (Conscious) เป็นการทวนซ้ำความจำขณะทำงาน (Working memory) มีการทำงานของสมองในลักษณะการเตรียมการล่วงหน้าก่อนการเคลื่อนไหวจริง (Jeannerod, 1994; Decety, 1999; Mulder, 2007; Collet & Guillot, 2010) จินตภาพทางจิตใจ (Mental imagery) หมายถึงกระบวนการเกิดภาพในใจจากความรู้สึกที่อาจมีหรือไม่มีสิ่งกระตุ้นจากภายนอก เช่น ภาพ เสียง สัมผัส การเคลื่อนไหว

กลิ่น รสสัมผัส หรือการผสมผสานจากระบบสัมผัสเหล่านี้ จินตภาพการเคลื่อนไหว (Movement imagery) เป็นคำนิยามทั่วไปที่อธิบายกระบวนการจินตภาพในการเคลื่อนไหววัตถุ เช่นจินตภาพการหมุนของวัตถุ เพื่อคิดถึงรูปทรงของวัตถุ เมื่อนำคำนี้มาใช้กับการเคลื่อนไหวของคน นิยมใช้คำว่าจินตภาพการเคลื่อนไหว (Motor imagery) ทดแทน ซึ่งการจินตภาพการเคลื่อนไหว เป็นกระบวนการจินตภาพโดยการใช้ความจำขณะคิดแต่ไม่ได้เคลื่อนไหวจริง ส่วนคำว่า การฝึกซ้อมในใจ (Mental practice) คือ วิธีการคิดทวนซ้ำภายในใจด้วยความตั้งใจในการพัฒนาทักษะ (Jackson, Lafleur, Malouin, Richards, & Doyon, 2001) อาจเกิดจากการจินตภาพแบบมองผู้อื่นเคลื่อนไหว เช่น การดูภาพยนต์ เรียกว่า จินตภาพทางการมองเห็น (Visual imagery)

การจินตภาพว่าตนเองกำลังเคลื่อนไหวเรียกว่า จินตภาพทางคินนิสธีติก (Kinesthetic imagery) (Calayan & Dizon, 2009) และจินตภาพทางจิตใจเป็นการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางที่ทำหน้าที่ในการวางแผนและแสดงการเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย (Jeannerod, 2001) วิธีจินตภาพการเคลื่อนไหวเป็นวิธีที่ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้การเคลื่อนไหว (Motor learning) และช่วยพัฒนาการเคลื่อนไหว เพื่อให้แสดงออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ (Roberts et al., 2008)

ทฤษฎีจินตภาพการเคลื่อนไหว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มทฤษฎี คือ ทฤษฎีเกี่ยวกับสัญลักษณ์ (Symbolic theory) กลุ่มทฤษฎีนี้อธิบายว่าจินตภาพการเคลื่อนไหว คือ การกระตุ้นการวางแผนปฏิบัติการส่วนกลาง (Central action plan) ทฤษฎีกลุ่มที่สองมุ่งเน้นการอธิบายการเคลื่อนไหวที่สังเกตได้ และไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง (Overt and covert action) (Annett, 1996) ทฤษฎีจินตภาพการเคลื่อนไหว ทางด้านกีฬา แบ่งออกเป็น 4 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีไซโคนิวโรมัสคูลา (Psycho-neuromuscular theory) มีแนวคิดว่าการจินตภาพเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อบางส่วนที่อาจมองไม่เห็นการเคลื่อนไหวแต่ส่งข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) ให้ร่างกายเรียนรู้จึงเป็นวิธีการที่สามารถพัฒนาทักษะต่าง ๆ ได้ ทฤษฎีการเรียนรู้สัญลักษณ์ (Symbolic learning theory) มีแนวคิดว่าการจดจำ ช่วยให้เกิดการเรียนรู้การเคลื่อนไหว มีการเข้ารหัสความจำด้านการเคลื่อนไหวและสามารถเรียกคืนกลับมาใช้การจินตภาพ เป็นการทวนซ้ำทักษะในใจก่อนลงมือปฏิบัติ ทฤษฎีที่สาม คือ สมมติฐานความใส่ใจ (Attentional/arousal-set hypothesis) คือทฤษฎีที่อ้างอิงความใส่ใจหรือการตื่นตัวตามความแตกต่างระหว่างบุคคล และทฤษฎีสารสนเทศชีวภาพ (Bio-information theory) คือ การอธิบาย ด้วยกระบวนการทางสมองในการประมวลผลข้อมูล (Basson & Whitehead, 2003)

ทฤษฎีทางด้านจิตวิทยาที่อธิบายจินตภาพการเคลื่อนไหว คือ ทฤษฎีรหัสคู่ (Dual-code theory) ที่พัฒนาโดย Aaan Paivio ในปี 1986 โดยมีสมมติฐานว่าข้อมูลภาพ (Visual) และข้อมูลที่ประกอบด้วยเสียง (Verbal) จะถูกประมวลในช่องทางสื่อสารที่แตกต่างกัน โดยข้อมูลจะถูกใส่รหัสหรือแปลงเป็นสัญลักษณ์ ก่อนที่จะนำไปประมวลผลต่อ ทั้งรหัสภาพและเสียง แล้วนำไปจัดระเบียบ

เพื่อเรียกใช้ การจินตภาพ การเคลื่อนไหวเป็นการทำงานของกระบวนการทางการรู้คิดและแรงจูงใจ (Cognitive and motivation) แรงจูงใจในที่นี้คือการตอบสนองต่อเป้าหมาย ทำให้มีระดับการตื่นตัวเพิ่มขึ้น (Arousal level) และการรู้คิดเป็นองค์ประกอบในการช่วยพัฒนาทักษะด้วยกระบวนการทวนซ้ำ (Guillot & Collet, 2008)

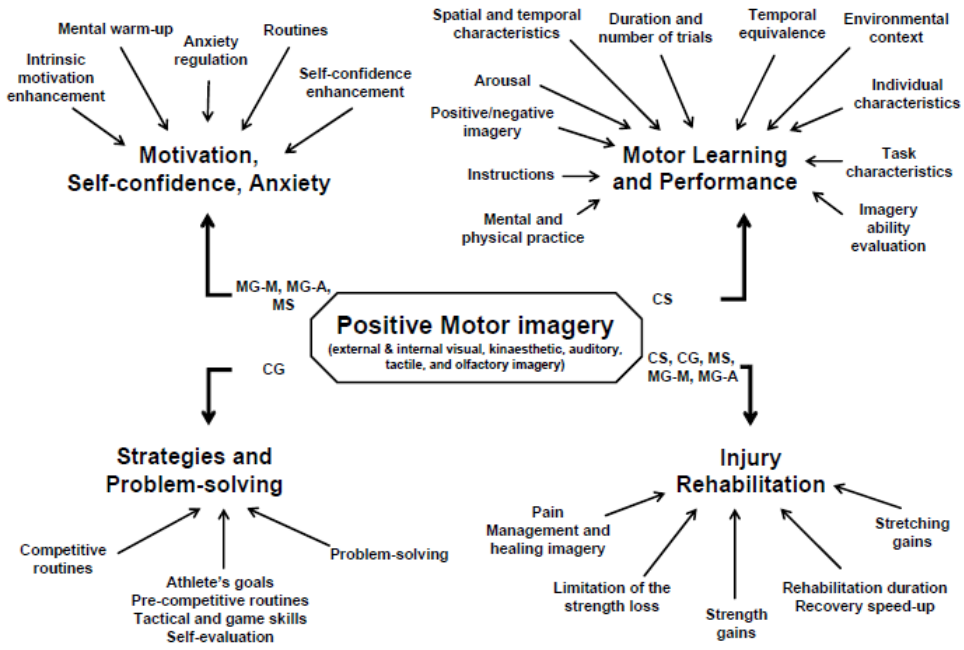
การศึกษาทางประสาทสรีรวิทยา ที่สนับสนุนเทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหว ในระยะแรกมีรายงานว่า จินตภาพการเคลื่อนไหว ส่งผลทำให้เกิดการทำงานของกระแสประสาท ที่ใกล้เคียงกับการเคลื่อนไหวจริง สอดคล้องกับการศึกษาโดยใช้เครื่องถ่ายภาพรังสีสมองด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและเครื่องตรวจวัดอนุภาคโพสิตรอน (Positron emission tomography: PET) บ่งชี้ว่า ทั้งการเคลื่อนไหวและการจินตภาพการเคลื่อนไหวมีการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น มีการกระตุ้นประสาทไขสันหลังและระบบประสาทอัตโนมัติ เช่น ระบบหายใจและหัวใจ มีการทำงานของระบบประสาทในพื้นที่ของสมองที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวนั้น ๆ เช่น สมองส่วนซับพลีเมนทารีมอเตอร์ (Supplementary Motor Area; SMA) พรีมอเตอร์ (Premotor Area: PMA) ไพรมารีเซนซอรีมอเตอร์ (Primary sensorimotor area: M1/S1) ด้านหลังของสมองกลีบบน (Posterior Parietal Lobe: PPL) สมองน้อย (Cerebellum) ทาลามัส (Thalamus) และเบซัลแกงเกลีย (Basal Ganglia) แต่กระแสประสาทที่ถูกกระตุ้นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความจำเพาะเจาะจงของการเคลื่อนไหวและความแรงของการกระตุ้น (Jeannerod, 2001; Munzert, Lorey, & Zentgraf, 2009; Xu et al., 2014) และการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวด้วยวิธีการจินตภาพเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ทำให้มีการเพิ่มการทำงานของสัญญาณประสาทจากสมองที่ส่งมาที่ไขสันหลัง (Corticospinal excitability) ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของการส่งผ่านสารสื่อประสาท (Neural Transmission) ของวิถีประสาทคอร์ติโคสไปนัล (Corticospinal pathway) ทำให้เกิดการวางแผนและการเตรียมการเคลื่อนไหว และการปรับตัวของจุดประสานประสาท (Synapse) (Leung, Spittle, & Kidgell, 2013) วิธีการจินตภาพการเคลื่อนไหวแบบภายใน (Internal imagery) หรือจินตภาพทางคินนิสธีติก ด้วยการจินตภาพให้กล้ามเนื้อหดตัวอย่างแรง ทำให้เกิดการส่งสัญญาณที่บริเวณเปลือกสมอง ระหว่างพื้นที่เปลือกสมองบริเวณที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากร่างกาย (Somatosensory cortex) บร็อดแมนน์ 3,1,2 และส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว คือ ไพรมารีมอเตอร์คอร์เทกซ์ โดยการสร้างความรู้สึกในการเคลื่อนไหวใหม่ (Recreate the kinesthetic feeling) แล้วส่งสัญญาณคำสั่งที่ส่งเสริมให้วงจรประสาทส่งสัญญาณประสาทไปยังกล้ามเนื้อเป้าหมาย (Yao et al., 2013)

รูปแบบการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว

1. รูปแบบของโฮร์มและคอลลิน (Homes and Collins) ที่พัฒนาต่อมาจาก Langian Theory ในปี ค.ศ. 1985 เป็นรูปแบบที่พัฒนาเพื่อใช้ในการฝึกด้านจิตวิทยาการออกกำลังกาย

ประกอบด้วย 7 ข้อคือ ร่างกาย (Physical) สิ่งแวดล้อม (Environment) งาน (Task) เวลา (Timing) การเรียนรู้ (Learning) อารมณ์ (Emotion) และมุมมอง (Perspective) หรือเรียกว่า PETTEP การฝึกวิธีนี้ ร่างกาย หมายถึง ท่าที่สบาย รวมถึงการฝึกผ่อนคลาย เป็นการทำจิตใจให้สงบเพื่อกระตุ้นการทำงานของร่างกาย สิ่งแวดล้อม หมายถึง การฝึกในสถานที่สามารถกระตุ้นการรับความรู้สึกที่หลากหลาย งานที่ฝึกควรเหมาะสมในแต่ละราย เพราะผู้เชี่ยวชาญกับผู้เริ่มต้นฝึกมีความแตกต่างกัน เวลาในการฝึกจินตภาพใกล้เคียงกับการฝึกจริง การเรียนรู้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ด้านอารมณ์ ควรฝึกกิจกรรมที่ท้าทายความสามารถและมุมมองในการฝึก ซึ่งวิธีการฝึกจินตภาพทางคินนิสธีติกได้ผลที่ดีกว่าการฝึกจินตภาพทางการมองเห็น (Holmes, 2001; Guillot & Collet, 2008)

2. รูปแบบการบูรณาการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวกับการเล่นกีฬา (Motor Imagery Integrative Model in Sport: MIIMS) เป็นรูปแบบที่อธิบาย การใช้เทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวโดยพิจารณาถึงผลของการฝึก ประกอบด้วยการอธิบายองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคของการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว ได้แก่ การเรียนรู้การเคลื่อนไหวและการแสดงการเคลื่อนไหว (Motor learning and performance) แรงจูงใจ ความมั่นใจ และความวิตกกังวล (Motivation, self-confidence and anxiety) กลยุทธ์และวิธีการแก้ปัญหา (Strategies and problem-solving) และการฟื้นฟูเมื่อได้รับบาดเจ็บ (Injury rehabilitation) (ภาพที่ 2-10) (Guillot & Collet, 2008)



ภาพที่ 2-10 รูปแบบของ Motor Imagery Integrative Model in Sport: MIIMS (Guillot & Collet, 2008)

3. วิธี Motor Imagery Introduction Program (MIIP) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่หนึ่ง ทำให้ผู้ป่วยมีความคุ้นเคยกับการจินตภาพการเคลื่อนไหว และทำให้ผู้ป่วยเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายของโปรแกรม เป็นกระบวนการเตรียมความพร้อมของผู้ป่วย ขั้นตอนที่สองเป็นขั้นตอนการฝึกซ้ำและการแบ่งปันประสบการณ์ของผู้ป่วยในการเรียรู้ว่าการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวไม่จำเป็นต้องฝึกในคลินิก และเป็นวิธีการฝึกที่ไม่เหนื่อยล้า แต่ต้องอาศัยความตื่นตัวในขณะจินตภาพ ขั้นตอนที่สามคือ การทวนซ้ำการฝึกขั้นตอนที่สอง และในระยะแรกของการฝึกซ้ำในขั้นตอนที่สอง เป็นขั้นตอนที่ผู้ป่วยเรียนรู้การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวได้ตลอดทั้งวัน สามารถเรียนรู้รายละเอียดของการเคลื่อนไหวที่ฝึก เช่น การเริ่มต้นและการสิ้นสุดของจินตภาพการเคลื่อนไหวและการควบคุมการจินตภาพ (Wondrusch & Schuster-Amft, 2013)

การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวในงานกายภาพบำบัด มีหลักการในการออกแบบโปรแกรมภายใต้หลักการออกกำลังกายเพื่อการรักษาเพื่อแก้ไขปัญหาของผู้ป่วย ในการออกแบบโปรแกรมจินตภาพสำหรับผู้ป่วย ควรพิจารณาเกี่ยวกับประเด็นต่อไปนี้ 1) กิจกรรมที่ยากหรือไม่คุ้นเคยจินตภาพได้ยากกว่ากิจกรรมที่ง่ายหรือคุ้นเคย 2) การฝึกทักษะแบบปิด (Closed loop skills) จินตภาพได้ง่ายกว่าทักษะแบบเปิด (Open loop skills) 3) ควรใช้การฝึกจินตภาพในระยะแรกของการฝึกหรือระยะ Cognitive phase เพื่อฝึกทักษะการเคลื่อนไหว ซึ่งส่งผลเชิงบวกต่อกระบวนการเรียนรู้การเคลื่อนไหวในระยะต่อมา คือ Consolidation phase ข้อแนะนำพื้นฐานในการฝึกจินตภาพ คือ ให้ผู้ได้รับการฝึกนั่งหรือนอนในท่าที่ผ่อนคลายและหลับตา ให้ใช้หลักการออกกำลังกายเพื่อการผ่อนคลาย เพื่อให้ร่างกายและจิตใจอยู่ในภาวะที่ผ่อนคลายเพื่อเตรียมพร้อมในการฝึกจินตภาพ และการฝึกจินตภาพฝึกได้ทั้งจินตภาพทางการมองเห็นและจินตภาพทางคินนิสธติก ระยะเวลาในการฝึกจินตภาพควรน้อยกว่าการฝึกกิจกรรมทางกาย และไม่ควรใช้เวลามากกว่า 20 นาที สำหรับผู้ที่มีสุขภาพดี และใช้เวลาฝึกจินตภาพประมาณ 12-15 นาที สำหรับผู้ป่วย (Dickstein & Deutsch, 2007)

2. ประเภทของการจินตภาพการเคลื่อนไหว

จินตภาพการเคลื่อนไหวส่วนมากแบ่งออกเป็น 2 วิธี วิธีที่ 1) การจินตภาพจากภายใน (Internal imagery) หรือเรียกว่า จินตภาพทางคินนิสธีติก (Kinesthetic imagery) เป็นการจินตภาพโดยบุคคลที่หนึ่ง (First-person imagery) หมายถึงจินตภาพจากมุมมองของตนเองในการเคลื่อนไหวหรือออกกำลังกายเสมือนกำลังออกกำลังกายจริง วิธีที่ 2) การจินตภาพจากภายนอก (External imagery) หรือเรียกว่า จินตภาพทางการมองเห็น (Visual imagery) เป็นการจินตภาพโดยบุคคลที่สาม (Third-person imagery) หมายถึงจินตภาพเหมือนกับการมองตนเองในกระจกขณะที่กำลังออกกำลังกาย (Yao, Ranganathan, Allexandre, Siemionow, & Yue, 2013)

3. ความสัมพันธ์ของจินตภาพการเคลื่อนไหวในกระบวนการทางปัญญา

กระบวนการทางปัญญาประกอบด้วยกระบวนการใส่ใจ (Attention) ความจำ (Memory) การใช้ภาษา (Language) การตัดสินใจ (Decision-making) และจินตภาพการเคลื่อนไหวจัดเป็นกระบวนการรู้คิดขั้นสูง (Higher cognitive function) (Madan & Singhal, 2012) การฝึกการจินตภาพการเคลื่อนไหวเพื่อกระตุ้นให้มีการทำงานของสมองร่วมกับการฝึกายภาพบำบัด เป็นการฝึกความคิดสร้างสรรค์ในจิตใจหรือการคิดว่า ได้ยิน มองเห็น สัมผัส ได้กลิ่น รับรส และกำลังเคลื่อนไหวต่าง ๆ จัดเป็นกระบวนการรู้คิดของมนุษย์ การจินตภาพเป็นวิธีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านจิตวิทยาไปสู่ศิลปะ การจินตภาพการเคลื่อนไหวโดยไม่ได้เคลื่อนไหวจริง เป็นการทำงานของระบบการรู้คิดที่ซับซ้อน เป็นการรับรู้ตนเอง โดยใช้ระบบประสาทสัมผัสและกระบวนการรับรู้ ทำให้มีการทำงานของความจำขณะคิด จึงมีการเชื่อมโยงทั้งการรับรู้และการรับความรู้สึก (Sensory-perception) ร่วมกับความจำ (Dickstein & Deutsch, 2007) วิธีการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวมีความสัมพันธ์กับความสามารถของความจำขณะคิด (Working memory capacity) (Malouin et al., 2004) และ Madan and Singhal (2012) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษาเทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับการทำงานของสมอง ในกระบวนการทางปัญญาว่า ในขณะที่จินตภาพการเคลื่อนไหว สมองส่วนไพรมารีมอเตอร์คอร์เทกซ์มีการทำงานเช่นเดียวกับขณะเคลื่อนไหวจริง ซึ่งสมองส่วนนี้มีความสำคัญต่อการรู้คิด เป็นส่วนที่ทำงานเกี่ยวกับแผนฏิบัติการ (Action plan) และทำงานร่วมกับสมองส่วนพรีฟรอนทอลและมีการศึกษาพบว่า สมองส่วนไพรมารีมอเตอร์คอร์เทกซ์ ขณะจินตภาพทางการมองเห็นจากภาพเครื่องมือ สมองส่วนนี้จะทำงานมากกว่าจินตภาพใบหน้า ภาพบ้าน หรือภาพสัตว์เลี้ยง จากผลการศึกษาเหล่านี้แสดงว่า การจินตภาพการเคลื่อนไหวกระตุ้นการทำงานของสมองบริเวณไพรมารีมอเตอร์คอร์เทกซ์ ไม่ได้ทำงานในขณะมีการเคลื่อนไหวจริงเท่านั้น แต่มีการทำงานของกระบวนการรู้คิดทางการเคลื่อนไหว (Motor cognition) เช่นกัน และสมองบริเวณที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการจินตภาพการเคลื่อนไหว ได้แก่ ซับพรีเมนทารีมอเตอร์แอเรีย เปลือกสมองกลีบบน และอาจเกี่ยวข้องกับสมองน้อย นอกจากนี้มีการศึกษาที่แสดงว่า การจินตภาพการเคลื่อนไหวช่วยส่งเสริมด้านการจำรายการ (Item) และลำดับ (Order) แต่ไม่ช่วยเรื่องการจำความสัมพันธ์ (Association)

4. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชัดเจนในการจินตภาพการเคลื่อนไหว

คุณภาพของการฝึกจินตภาพขึ้นอยู่กับความเข้าใจในกิจกรรมที่ฝึก การอธิบายที่ชัดเจนและการฝึกควรมีการเคลื่อนไหวจริงเพื่อความแม่นยำในการฝึก และระยะเวลาในการฝึกที่เหมาะสมมีความแตกต่างในแต่ละกลุ่ม (Lotze & Halsband, 2006) เช่น การศึกษาของ Lotze et al. (2003) ใช้วิธีการฝึกจินตภาพในกลุ่มคนสุขภาพดีที่ไม่มีประสบการณ์เปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญด้านดนตรี การฝึกจินตภาพใช้วิธีการให้กลุ่มตัวอย่างให้คะแนนความชัดเจนในการจินตภาพด้วยด้วย

Visual analogue scale คะแนนขั้นต่ำ 4 คะแนน จาก 0-6 คะแนน ในการศึกษาดังกล่าวปรากฏว่า กลุ่มที่มีประสบการณ์ด้านดนตรีมีจุดสนใจในการจินตภาพ และใช้เวลาในการฝึกจินตภาพน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่มีประสบการณ์ นอกจากนี้การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวยังมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยแวดล้อม โดยเฉพาะการรับสัมผัส (Tactile) การรับรู้การเคลื่อนไหว (Kinesthetic) การรับรู้ทางการได้ยิน (Auditory) ปัจจัยเหล่านี้ช่วยให้จินตภาพ และการรับรู้ความรู้สึกสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหว ในการศึกษาผลของปัจจัยแวดล้อมในการฝึกจินตภาพ เช่น การฝึกตีปิงปองในบริบทแวดล้อมที่ต่างกันผลปรากฏว่า กลุ่มที่ฝึกในบริบทแวดล้อมที่เสมือนจริง คือ ใส่ชุดกีฬา ถือไม้ตีปิงปอง ได้ยินเสียงลูกปิงปอง มีการตอบสนองของอาการทางร่างกาย (Neurovegetative responses) ใกล้เคียงกับกลุ่มที่ฝึกการเคลื่อนไหวจริง ส่วนกลุ่มที่ฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวโดยการนั่งจินตภาพในท่าที่สบาย มีการจินตภาพการเคลื่อนไหวได้ยากกว่ากลุ่มที่ฝึกในบริบทเสมือนจริง (Guillot et al., 2005)

ประสิทธิภาพของการจินตภาพการเคลื่อนไหว ขึ้นอยู่กับคำแนะนำก่อนการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor information) และขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ที่ฝึกจินตภาพ ในการทวนซ้ำการเคลื่อนไหวในกิจกรรมที่ฝึก (Toussaint & Blandin, 2010; Toussaint & Blandin, 2013) นอกจากนี้การศึกษาในผู้ป่วย Multiple sclerosis ที่มีความบกพร่องในการจินตภาพการเคลื่อนไหว โดยการเพิ่มการชี้แนะด้วยภาพและเสียง (Visual and auditory cues) ซึ่งเป็นการเพิ่มการชี้แนะจากภายนอก (External cues) ในระหว่างการฝึกจินตภาพ การเคลื่อนไหว สามารถช่วยฟื้นฟูให้ผู้ป่วยมีความแม่นยำด้านมิติสัมพันธ์ และลดเวลาในการจินตภาพลง (Heremans, D'hooge, Bondt, Helsen, & Feys, 2012) และผลการศึกษาการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว โดยการเพิ่มความใส่ใจจากภายนอก (External attentional focus) ในนักกีฬาเทนนิส แสดงให้เห็นว่า การเสิร์ฟลูกเทนนิสมีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งการเพิ่มความใส่ใจจากภายนอกเป็นการเพิ่มความเชื่อมโยงระหว่างการเคลื่อนไหวกับการรับรู้จากภายนอก (Exteroceptive) การจินตภาพการเคลื่อนไหวโดยมีความใส่ใจภายใน (Internal focus) ช่วยเชื่อมโยงระหว่างการเคลื่อนไหวและการรับรู้การสัมผัส (Tactile sensation) ร่วมกับการรับรู้การเคลื่อนไหวของร่างกาย (Guillot, Desliens, Rouyer, & Rogowski, 2013) ในการศึกษากระบวนการทางการสัมผัส ปรากฏว่า การสัมผัสเป็นกระบวนการทำงานของสมองทั้งสองทาง ทั้งกระบวนการจากล่างขึ้นบน (Bottom-up process) และกระบวนการจากบนลงล่าง (Top-down process) มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างการรับสัมผัส การรับรู้ และการรู้คิด (Spence & Gallace, 2007) นอกจากนี้ การศึกษาผลของความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหวต่อการให้การรับรู้ผิวสัมผัส (Tactile input) โดยการถือไม้และลูกเทนนิส

ขณะจินตภาพ ปรากฏว่า การถือหรือสัมผัสไม้เทนนิสเป็นการให้ข้อมูลเพิ่มเติมด้านผิวสัมผัสที่ช่วยเพิ่มความชัดเจนในการจินตภาพ (Mizuguchi, Yamagishi, Nakata, & Kanosue, 2015)

เทคนิคในการประเมินจินตภาพการเคลื่อนไหวมีหลายวิธี มีการศึกษาจินตภาพการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยโรคทางระบบประสาท ปรากฏว่าการศึกษาส่วนมากมีกระบวนการตรวจสอบจินตภาพการเคลื่อนไหวที่เป็นเชิงจิตวิสัยมากกว่าเชิงวัตถุวิสัย (Heremans, Vercruysse, Spidooren, Feys, Helsen, & Nieuwboer, 2013) วิธีการประเมินความสามารถในการจินตภาพมีหลายวิธี ดังนี้

1) การประเมินการกรอกตา (Eye-movement) เป็นการบันทึกการกรอกตาโดยการวัดสัญญาณศักย์ไฟฟ้า (Electro-oculographic signal) มีการศึกษาที่ยืนยันว่า มีการกรอกตาในขณะจินตภาพทางการมองเห็นทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว การประเมินการกรอกตาจึงใช้เป็นวิธีบ่งชี้ที่ชัดเจนในการประเมิน Spatio-temporal ของกระบวนการทางจิตใจ การกรอกตาในระหว่างจินตภาพการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนไหวจริงมีลักษณะเหมือนกัน แต่แตกต่างจากการกรอกตาในขณะพัก วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมในการใช้ในห้องปฏิบัติการหรือการวิจัย แต่ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ทางคลินิก (Heremans et al., 2013)

2) แบบทดสอบแฮนด์ แลทเทอรัลลิที (Hand laterality task) เป็นวิธีหนึ่งของการประเมินการหมุนภาพในใจ (Mental rotation) ทดสอบโดยการมองภาพร่างกายข้างซ้ายและข้างขวา ที่มีการหมุนทำมุมในระนาบแตกต่างกัน และผู้ถูกทดสอบตอบว่า ภาพที่เห็น คือ ข้างซ้ายหรือข้างขวา เป็นการวัดความแม่นยำและเวลาในการตอบสนอง (Accuracy and reaction time) มีการศึกษาด้านการรู้คิดและประสาทวิทยาศาสตร์ ที่แสดงว่ากระบวนการคิดในการหมุนภาพในใจเป็นกระบวนการที่สำคัญในการวางแผนการเคลื่อนไหว และกระบวนการจินตภาพการเคลื่อนไหวมีความเกี่ยวข้องกัน เนื่องจากการจินตภาพจะต้องมีกระบวนการแยกความแตกต่างระหว่างร่างกายส่วนที่จินตภาพ มีการศึกษาความเที่ยง (Reliability) ของการหมุนภาพในใจเพื่อประเมินความแตกต่างรายบุคคล ผู้วิจัยแนะนำว่า วิธีการทดสอบนี้ควรใช้ประเมินความแตกต่างในภาพรวมมากกว่าใช้ในการทดสอบความแตกต่างรายบุคคล (Hirschfeld, Thielsch, & Zernikow, 2013)

3) การทดสอบด้วยเมนทัลโครโนเมททรี (Mental chronometry test) คือ วิธีการที่ประยุกต์จากแบบวัดบ็อกซ์แอนบร็อค (Box and Block Test: BBT) ใช้วิธีการจับเวลาในการทำกิจกรรม เป็นการวัดเวลาในการตอบสนอง (Response time) (Jensen, 2006, p. 11)

4) แบบสอบถามจินตภาพทางคินนิสธีติกและจินตภาพทางการมองเห็น (Kinesthetic and visual imagery questionnaire: KVIQ) คือแบบสอบถามที่ประเมินความชัดเจนของการจินตภาพ 5 ระดับ โดยการให้คะแนน 1 หมายถึง การจินตภาพได้ชัดเจนมากที่สุด และ 5 หมายถึงการจินตภาพได้เลือนลางหรือจินตภาพไม่ได้ การแบ่งข้อคำถามออกเป็น 2 ส่วน คือ

การจินตภาพทางการมองเห็น 10 ข้อ และการจินตภาพทางคินนิสธีติ (Kinesthetic imagery) 10 ข้อ วิธีการทดสอบเริ่มจากให้กลุ่มตัวอย่างเคลื่อนไหวตามท่าที่กำหนด หลังจากนั้นให้จินตภาพการเคลื่อนไหว ผู้ประเมินสอบถามความชัดเจนในการจินตภาพแล้วจึงให้คะแนน โดยการจินตภาพการเคลื่อนไหวในขณะนั่ง ข้อดีของแบบสอบถาม คือ ใช้งานง่ายและสะดวกในการใช้ทางคลินิก แต่แบบสอบถามยังคงเป็นข้อมูลเชิงจิตวิสัย (Subjective) เพราะการตอบคำถามขึ้นอยู่กับผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งอาจรายงานเกินจากสภาพความรู้สึกจริง (Schuster, Lussi, Wirth, & Ettlin, 2012)

5) แบบสอบถามความชัดเจนในการจินตภาพการเคลื่อนไหว (Vividness of Motor Imagery Questionnaire: VMIQ) (ภาพที่ 2-11) (Roberts, Callow, Hardy, Markland, & Bringer, 2008)

	Watching yourself performing the movement (External visual imagery)					Looking through your own eyes whilst performing the movement (Internal visual imagery)					Feeling yourself do the movement (Kinaesthetic imagery)				
Item	Perfectly clear and vivid as normal vision	Clear and reasonably vivid	Moderately clear and vivid	Vague and dim	No image at all, you only know that you are thinking of the skill	Perfectly clear and vivid as normal vision	Clear and reasonably vivid	Moderately clear and vivid	Vague and dim	No image at all, you only know that you are thinking of the skill	Perfectly clear and vivid as normal feel of movement	Clear and reasonably vivid	Moderately clear and vivid	Vague and dim	No image at all, you only know that you are thinking of the skill
1.Walking	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.Running	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.Kicking a stone	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.Bending to pick up a coin	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.Running up stairs	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.Jumping sideways	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7.Throwing a stone into water	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8.Kicking a ball in the air	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
9.Running downhill	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
10.Riding a bike	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
11.Swinging on a rope	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
12.Jumping off a high wall	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

ภาพที่ 2-11 แบบวัดความชัดเจนในการจินตภาพการเคลื่อนไหว (VMIQ) (Roberts, Callow, Hardy, Markland, & Bringer, 2008)

6) การประเมินความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหวด้วยแบบสอบถามเป็นแบบประเมินที่นิยมใช้มากที่สุด (Vuckovic & Osuagwu, 2013) และแบบสอบถามที่นิยมใช้ คือ แบบสอบถามความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว (Movement Imagery Questionnaire: MIQ) ที่พัฒนาโดย Hall and Martin ในปี ค.ศ. 1977 ต่อมามีการพัฒนาแบบสอบถามชุดนี้เป็น Movement Imagery Questionnaire-Revised Second Version (MIQ-RS) (Gregg, Hall, & Butler, 2010) ซึ่งในประเทศไทยมีการนำแบบสอบถาม MIQ-R มาหาค่าความเที่ยงในนักกีฬาไทย มีค่าความเที่ยงภายใน (Internal consistency reliability) (r) = 0.80-0.82 และค่า Test-retest reliability เท่ากับ 0.70-0.76 (ศศิภา พกุลานนท์ และกนกทิพย์ สว่างใจธรรม, 2555)

การศึกษานี้จึงใช้วิธีการประเมินความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหวด้วยแบบสอบถามความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว ฉบับภาษาไทย (Thai-MIQ-R)

5. ประโยชน์ของการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายงานจากการสังเคราะห์งานวิจัยและหลักฐานตีพิมพ์จำนวนมากแสดงผลเชิงบวกต่อการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวในกลุ่มนักกีฬา คนสุขภาพดี และผู้ป่วยทางระบบประสาท เช่น โรคหลอดเลือดสมอง การบาดเจ็บที่ไขสันหลัง และโรคพาร์กินสัน

ระยะแรกของการประยุกต์เทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหว ส่วนใหญ่ใช้ในการฝึกนักกีฬาเพื่อพัฒนาศักยภาพการเล่นกีฬาและช่วยลดระดับความเครียดในการแข่งขัน เช่น การเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการฝึกกีฬาคริกเก็ต ที่ประกอบด้วยการจินตภาพการเคลื่อนไหว การดูวีดิทัศน์ และการให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับผลการฝึก ผลการวิจัยปรากฏว่า มีการพัฒนาการเตรียมความพร้อมล่วงหน้าก่อนการเคลื่อนไหว (Anticipation performance) โดยที่กลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มมีการพัฒนาความสามารถด้านจินตภาพทางการมองเห็น (Visual imagery ability) ส่วนกลุ่มที่ฝึกจินตภาพเพียงอย่างเดียวเป็นกลุ่มเดียวที่มีพัฒนาการในด้านมิติของการเคลื่อนไหวร่างกาย (Kinesthetic dimention) แสดงว่า โปรแกรมการฝึกทั้งสามวิธี มีประสิทธิผลในการพัฒนาการเตรียมความพร้อมล่วงหน้าและช่วยพัฒนาความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว (Smeeton, 2013) และหลังจากปี ค.ศ. 2000 เริ่มมีการนำเทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวมาใช้ในการฟื้นฟูการเคลื่อนไหว ในผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางร่างกาย ฟื้นฟูสุขภาพผู้ป่วยทางระบบประสาท เช่น โรคหลอดเลือดสมองผู้ป่วยพาร์กินสัน และผู้ป่วยซีพี (Cerebral Palsy: CP) (Saimpont, 2015)

การประยุกต์เทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวสำหรับผู้ป่วย มีการศึกษาการทำงานของสมองในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก ในขณะที่ใช้เทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหว ปรากฏว่า มีการทำงานของสมองทั้งสองซีกในส่วนของพรีมอเตอร์คอร์เทกซ์ สมองส่วนซับพลีเมนทารีมอเตอร์ และมีการทำงาน

ของสมองอินฟีเรียพาเรียทอลซีกตรงข้ามกับด้านที่บาดเจ็บ ทั้งนี้การวิจัยใช้วิธีการฝึกที่มุ่งเน้นการฝึกลักษณะงานเฉพาะอย่างร่วมกับการฝึกจินตภาพ (Specific functional task-oriented mental practice) เพิ่มเติมจากการรักษาทางกายภาพบำบัด ผลการวิจัยปรากฏว่า การฝึกวิธีนี้ช่วยพัฒนาทักษะจินตภาพและเพิ่มคุณภาพการเคลื่อนไหวในการทำกิจวัตรประจำวัน สามารถพัฒนาทักษะการใช้มือและความเร็วในการเดินของผู้ป่วย (Santos-Couto-Paz, 2013) สอดคล้องกับการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน ปรากฏว่า ผู้ป่วยกลุ่มที่ฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับกิจกรรมทางกายมีทักษะที่ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกกิจกรรมทางกายเพียงอย่างเดียว ดังนั้นวิธีการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมด้วย เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการรักษาผู้ป่วยพาร์กินสัน และช่วยลดอาการการเคลื่อนไหวช้า (Bradykinesia) รวมทั้งเป็นวิธีการที่ประหยัดค่าใช้จ่าย (Tamir, 2007)

นอกจากการศึกษาในกลุ่มนักกีฬา และกลุ่มผู้ป่วยประเภทต่าง ๆ มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของจินตภาพการเคลื่อนไหวต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เช่น การศึกษาโดย Yue and Cole (1992) โดยการวัดค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal voluntary contraction: MVC) ในกล้ามเนื้อกางนิ้วก้อยข้างซ้าย โดยฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ปรากฏว่า ค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นร้อยละ 22 โดยการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการฝึกกิจกรรมทางกาย และการศึกษาของ Ranganathan et al. (2004) ใช้วิธีฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเลียนแบบการฝึกออกกำลังกายจริง ตามหลักการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยฝึกตามจำนวนครั้ง และจำนวนรอบ เหมือนการออกกำลังกายทั่วไป ศึกษากล้ามเนื้อกางนิ้วก้อยและกล้ามเนื้องอข้อศอก ใช้เวลาในการฝึก 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 วัน ครั้งละ15 นาที ปรากฏว่ามีการเพิ่มขึ้นของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (Cortical signal) ที่สัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น การศึกษานี้ได้กล่าวว่า ผลของการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวส่งผลให้มีการกระตุ้นคำสั่งขาออก (Descending motor command) จากซุปปราสไปนอลเซ็นเตอร์ (Supraspinal centers) ไปยังมอเตอร์นิวรอนพูล (Motor neuron pool) ส่งผลให้มีการระดมพลของมอเตอร์ยูนิต และเพิ่มการทำงานของมอเตอร์ยูนิต ซึ่งกลไกนี้ไม่สามารถเกิดขึ้นในผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก สอดคล้องกับการศึกษาผลของ จินตภาพการเคลื่อนไหวต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในคนปกติ โดยเปรียบเทียบการใช้วิธีจินตภาพภายใน (Internal imagery) กับการจินตภาพภายนอก (External imagery) ในกลุ่มคนสุขภาพดีกลุ่มละ 6 คน ในการออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อศอก (Elbow flexion) โดยการฝึก เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 วัน ครั้งละ 15 นาที ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มที่ฝึกจินตภาพภายใน เป็นกลุ่มเดียวที่กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.8 จากการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ซึ่งอาจเกิดจากการเพิ่มความเชื่อมโยงคำสั่งระหว่างสมองกับกล้ามเนื้อ เพิ่มสัญญาณของโครงข่ายประสาท ทำให้มีการส่งคำสั่งมายังกล้ามเนื้อเป้าหมายในการเพิ่มความแข็งแรง (Yao, Ranganathan, Allexandre, Siemionow, & Yue, 2013)

แต่การศึกษาโดย He and Tian (2012) ปรากฏว่า ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในการงอข้อศอกจากการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว ในคนอายุ 21-24 ปี จำนวนกลุ่มละ 6 คน ที่ฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน ผู้วิจัยกล่าวว่า อาจเนื่องมาจากการใช้ระยะเวลาในการฝึกน้อยเกินไป จึงไม่พบการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ในการพัฒนาโปรแกรมการควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการฝึกหายใจแบบลึกเป็นขั้นตอนที่หนึ่ง ก่อนเริ่มฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว เพื่อให้เกิดการผ่อนคลาย การหายใจลึกช่วยทำให้ออกซิเจนในเลือดเพิ่มขึ้น และการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวกับการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ โดยการศึกษาค้นคว้าแนวคิดทฤษฎีจากตำรา เอกสารวิชาการ บทความ วารสาร ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ ปรากฏว่า การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว (Motor imagery) สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในคนสุขภาพดี ในการฝึกกล้ามเนื้อขา เช่น กล้ามเนื้องอข้อสะโพก (Hip flexor muscles) กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (Quadriceps muscle) กล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง (Ankle plantar flexors) และกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsiflexors) ผลการศึกษาปรากฏว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.6-21.8 (Sidaway & Trzaska, 2005) และสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือและแขน เช่น กล้ามเนื้องอข้อศอกและกล้ามเนื้อกางนิ้วก้อย ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.5-35 ซึ่งความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง มีการปรับตัวของระบบประสาท เป็นกระบวนการขั้นต้นของการเพิ่มความแข็งแรง เหมือนการออกกำลังกายทั่วไป แต่วิธีจินตภาพการเคลื่อนไหวไม่ได้ทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น (Muscle hypertrophy) (Yue & Cole, 1992; Ranganathan et al., 2004) การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจากการศึกษาที่ผ่านมายืนยันได้ว่า การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวสามารถคงสภาพและเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้

กล้ามเนื้อขาที่แข็งแรงส่งผลต่อการทำกิจวัตรประจำวัน เช่น การศึกษาผลการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแบบให้แรงต้าน (Resistance training) ในผู้ป่วยไตวาย ปรากฏว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วในการลุกขึ้นยืนดีขึ้น (Headley et al., 2002) และการให้โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ สำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ภายหลังการฝึกความแข็งแรงตามโปรแกรมที่บ้าน ผู้ป่วยมีความเร็วในการลุกขึ้นยืนดีขึ้นเช่นกัน (Monger et al., 2002) และการศึกษาผลของการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวในการลุกขึ้นยืนและจินตภาพการเอื้อมมือในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเรื้อรัง โดยการฝึกครั้งละ 15 นาที ในผู้ป่วยจำนวน 13 คน ปรากฏว่า หลังจากฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ใช้วิธีการวัดด้วย Tetrax balance system ปรากฏว่า เวลาในการลุกขึ้นยืนลดลง แต่การลงน้ำหนักที่เท้าไม่เปลี่ยนแปลง

(Guttman et al., 2012) การศึกษาที่ผ่านมาแสดงว่า การออกกำลังกล้ามเนื้อขาแบบให้แรงต้านส่งผลเชิงบวกในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ ทั้งในกลุ่มคนปกติ ผู้สูงอายุและผู้ป่วย รวมทั้งการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเพิ่มความสามารถในการทำกิจกรรมด้านทักษะการเคลื่อนไหว ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาโปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ โดยนำเทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวมาฝึกร่วมกับการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแบบให้แรงต้านเพื่อเสริมประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย

Shackell and Standing (2007) ได้ศึกษาผลของการฝึกจินตภาพ (Mental training) ต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอข้อสะโพก ฝึกครั้งละ 15 นาที สัปดาห์ละ 5 วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาของมหาวิทยาลัย จำนวน 30 คน ปรากฏว่า กลุ่มที่ฝึกจินตภาพมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอข้อสะโพกเพิ่มขึ้นร้อยละ 24 และกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยเครื่อง Weight machine มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 28 และทั้งสองกลุ่มมีอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตลดลง

Zimmermann-Dchlatter, Schuster, Puhan, Siekierka, and Steurer (2008) ได้ศึกษางานวิจัยอย่างเป็นระบบ เกี่ยวกับประสิทธิผลของจินตภาพการเคลื่อนไหวต่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง แนะนำว่า การใช้วิธีจินตภาพการเคลื่อนไหวเพิ่มเติมในการรรักษามีประโยชน์มากกว่าการรักษาด้วยวิธีกายภาพบำบัดหรือกิจกรรมบำบัดเพียงอย่างเดียว

Calayan and Dizon (2009) ได้ทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ เกี่ยวกับประสิทธิผล (Effectiveness) ในการใช้จินตภาพการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ปรากฏว่า งานวิจัยทั้งหมดรายงานว่า ผู้ป่วยมีการพัฒนาการทำงานของแขนภายหลังการให้ Intervention แต่ยังคงมีการศึกษาที่แสดงผลเชิงประจักษ์จำนวนน้อย เกี่ยวกับการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองด้วยวิธีการนี้

Gabbard and Fox (2013) ได้แนะนำกลยุทธ์ในการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวในการฟื้นฟูกลุ่มผู้สูงอายุ เพิ่มเติมจากการรักษาทางกายภาพบำบัดเพื่อพัฒนาการวางแผนการเคลื่อนไหว (Motor planning) ประกอบด้วย การออกแบบบท (Script) ที่ใช้ในการฝึก ควรมีความชัดเจนและเฉพาะเจาะจง เช่น “มองและส่งความรู้สึกไปที่มือและนิ้วมือ ในขณะเอื้อมมือไปหยิบแก้วน้ำ คุณจะหยิบแก้วน้ำอย่างไร และใช้ความเร็วขนาดไหนที่ไม่ทำให้น้ำหก” รวมทั้งมีการวางเป้าหมายในการฝึก (Goal-setting) การจินตภาพควรมุ่งเน้นความรู้สึกที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย (Kinesthetic feeling execution) และมีการชี้แนะทางการมองเห็นร่วมด้วย (Visual cues) โดยเริ่มฝึกจากท่าที่ง่ายไปสู่ท่าที่ยากขึ้น ระยะเวลาในการฝึก 15-60 นาทีต่อครั้ง ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลาฝึก อย่างน้อย 4 สัปดาห์

Leung, Spittle, and Kidgell (2013) ได้ศึกษาการทำงานของ Corticospinal excitability เมื่อฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเพื่อเพิ่มความแข็งแรง โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเปลี่ยนแปลงของ Corticospinal excitability โดยศึกษากล้ามเนื้องอข้อศอก ในกลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 18-35 ปี จำนวน 18 คน โดยการสุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกความแข็งแรงโดยการออกกำลังกาย กลุ่มฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเพื่อเพิ่มความแข็งแรงกับกลุ่มควบคุม วัดความแข็งแรงของการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (MVC) โดยใช้ Isokinetic dynamometer วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอข้อศอกและวัดการทำงานของกล้ามเนื้อจากเครื่องกระตุ้นสมองด้วยสนามแม่เหล็ก (Transcranial Magnetic Stimulation: TMS) ที่สมองบริเวณ M1 บริเวณตำแหน่งที่ทำให้เกิด Motor evoked potentials ของกล้ามเนื้องอข้อศอก ภายหลังการฝึก 3 สัปดาห์ ปรากฏว่า กลุ่มที่ฝึกความแข็งแรงโดยการออกกำลังกาย มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 39 และกลุ่มที่ฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 16 แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อกระตุ้นสมองด้วยสนามแม่เหล็ก TMS ของสองกลุ่มข้างต้น แสดงว่า กลุ่มที่ออกกำลังกายและกลุ่มที่ฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวทำให้เกิดการทำงานของสมองสมองบริเวณ M1 เหมือนกัน

Tod, Edwards, McGuigan, and Lovell (2015) ได้ทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับผลของกลยุทธ์ด้านการรู้คิด (Cognitive strategies) ต่อการเพิ่มความแข็งแรง (Strength performance) จากฐานข้อมูลงานวิจัยจำนวน 13,308 เรื่อง ซึ่งตัวแปรต้น คือ วิธี Gold setting, imagery, self-talk, preparatory arousal และ free choice ตัวแปรตาม คือ ความแข็งแรง ความทนทานของกล้ามเนื้อหรือกำลังของกล้ามเนื้อ ปรากฏว่า กลยุทธ์ทางด้านการการรู้คิดมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

Lee, Hwang, and Ahn (2016) ได้ศึกษาผลการฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืนแบบฝึกเป็นกลุ่มต่อความสามารถในการทรงตัวในผู้ป่วยอัมพฤกษ์ครึ่งซีก (Hemiparetic) จำนวน 30 คน สุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 15 คน กลุ่มทดลองฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืน 5 ขั้นตอนจากการดูวีดิทัศน์ 30 นาที 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ปรากฏว่า กลุ่มที่ฝึกตามโปรแกรมจินตภาพการเคลื่อนไหวในการลุกขึ้นยืน มีการเปลี่ยนแปลงของความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) มีการเปลี่ยนแปลงการทรงตัวจากการวัดด้วยเบอร์กบาลานส์ (Berg balance scale) และทดสอบไทม์อัพแอนโก (Timed up and go test) มากกว่ากลุ่มควบคุม แสดงว่า การฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืนแบบฝึกเป็นกลุ่มมีผลดีต่อความเร็วในการลุกขึ้นยืนและการทรงตัวในผู้ป่วยอัมพฤกษ์

Ruffino, Papaxanthis, and Lebon (2017) ได้ทบทวนงานวิจัยและเสนอมุมมองเกี่ยวกับความยืดหยุ่นของระบบประสาท (Neural plasticity) ในการเรียนรู้การเคลื่อนไหวด้วยการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว ปรากฏว่า หลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวทำให้เกิดการปรับตัวมีความยืดหยุ่นของระบบประสาทที่ระดับสมอง มีกลไกเกิดขึ้น

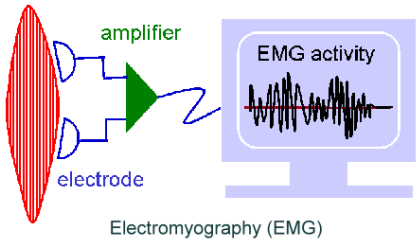
ที่ระดับจุดประสานประสาท และก่อนจุดประสานประสาทที่ระดับไขสันหลัง อาจเป็นผลมาจากการปรับตัวของระบบประสาทหลังการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว ซึ่งสรุปการปรับตัวของระบบประสาทได้ ดังนี้ 1) ที่ระดับสมองมีการเพิ่มขึ้นของสัญญาณประสาทที่วิถีประสาทคอร์ติโคสไปนัลในช่วงสัปดาห์แรกของการเรียนรู้ ต่อมาจะค่อย ๆ ลดลงในระยะ Automatic phase 2) ที่ระดับสมองและไขสันหลังเกิดกระบวนการเพิ่มการส่งสัญญาณของสารสื่อประสาท (long-term potentiation) และ 3) ที่ระดับไขสันหลังมีการลดลงของการยับยั้งก่อนจุดประสานประสาท (Presynaptic inhibition) และเพิ่มสัญญาณศักย์ทำงานจากข้อมูลที่แสดงการลดลงของความสูงของ H-reflex ทำให้มีการส่งคำสั่งขาออก (Descending motor output) ระหว่างการจินตภาพการเคลื่อนไหวที่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงยับยั้งที่ก่อนจุดประสานประสาท

จากการทบทวนวรรณกรรมชี้ให้เห็นว่า เทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ในการประยุกต์วิธีการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเพิ่มเติมจากการรักษาอื่น ๆ เช่น ในผู้ป่วยหลังผ่าตัดเอ็นยึดเข่าด้านหน้า (Anterior cruciate ligament) ซึ่งมีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงร่วมกับอาการปวดข้อเข่าปรากฏว่า กลุ่มที่ใช้จินตภาพการเคลื่อนไหว กล้ามเนื้อมีการฟื้นฟูความแข็งแรงได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม (Lebon, Guillot, & Collet, 2012) แต่ยังไม่พบการศึกษาที่เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาพร้อมกับการเพิ่มความเร็วในการลุกขึ้นยืนด้วยวิธีการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่ใช้ในการลุกขึ้นยืนและเทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหว เพื่อนำมากำหนดรูปแบบโครงสร้างของโปรแกรมการควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกล้ามเนื้อขาในผู้สูงอายุ โดยกำหนดให้มีการผ่อนคลายกล้ามเนื้อด้วยการหายใจแบบลึก การอบอุ่นร่างกายโดยการยืดกล้ามเนื้อ การหมุนภาพในใจโดยการดูภาพร่างกายในระนาบต่าง ๆ การออกกำลังกล้ามเนื้อขาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าสำหรับผู้สูงอายุไทย โดยการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายตามข้อแนะนำของวิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา ซึ่งแนะนำว่า การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านสำหรับผู้สูงอายุควรมีความหนักไม่เกินร้อยละ 50 ของ 1RM สำหรับผู้ที่ไม่เคยออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน และจำนวนครั้งในการออกกำลังกายที่เหมาะสม คือ ประมาณ 10-15 ครั้งต่อท่า (American college of sports medicine, 2014, pp. 376-377)

ตอนที่ 3 การตรวจทางประสาทสรีรวิทยา เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG)

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อคือเทคนิคในการบันทึก สัญญาณจากคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Myoelectric signals) สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เกิดจากความเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้า ดังตัวอย่างคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (ภาพที่ 2-12)



ภาพที่ 2-12 คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Nigg & Herzog, 1999)

สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเกิดจากการทำงานของมอเตอร์ยูนิต ที่ได้รับการกระตุ้นกล้ามเนื้อเป็นเนื้อเยื่อที่ไวต่อสิ่งเร้า สามารถสร้างสัญญาณไฟฟ้าและส่งผ่านสัญญาณเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าไปตามเส้นประสาทใยกล้ามเนื้อ ในขณะพักจะไม่พบการทำงานที่เกิดขึ้นเอง (Spontaneous activity) หรือพบน้อยมากถ้ามีการเคลื่อนไหวภายใต้อำนาจจิตใจ (Voluntary movement) จะมีการเปลี่ยนแปลงของไฟฟ้าจากมอเตอร์ยูนิต ตามความแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อ หรือการระดมพลของมอเตอร์ยูนิต (Recruitment of motor unit) การบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ สามารถสะท้อนค่าแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อนั้นถูกควบคุมโดยเซลล์ประสาทมอเตอร์ (Motor neuron) แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นได้จากการเพิ่มความถี่ของการส่งศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ประสาทมอเตอร์หรือเพิ่มการทำงานของมอเตอร์ยูนิต (Merletti & Parker, 2004, pp. 2-3)

วิธีวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ประกอบด้วยการตรวจวัดสัญญาณ การขยายสัญญาณ และการแสดงผล นิยมใช้การบันทึกคลื่นไฟฟ้าชนิดติดขั้วอิเล็กโทรดที่ผิว (Surface electrode) ซึ่งเป็นการบันทึกสัญญาณจากภายนอกเซลล์ การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อมีการหดตัวของกล้ามเนื้อจากประสาทสั่งการ สัญญาณจะมีขนาดเล็กมากระดับไมโครโวลท์ จึงต้องมีขั้นตอนขยายสัญญาณ ค่าที่ได้จากการบันทึกเรียกว่าภาพคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram: EMG) ซึ่งค่าที่วัดได้จะเป็นค่าแอมปลิจูดและความถี่ของสัญญาณศักย์ไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Raw EMG)

การเปรียบเทียบภาพคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้องมีการนอร์มัลไลซ์ (Normalization) แปลงค่าแอมปลิจูดและความถี่ของคลื่นไฟฟ้า ซึ่งมีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้คือการคิดค่าร้อยละการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Percent of Maximal Voluntary Contraction: %MVC)

การศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาในการลุกขึ้นยืน (Sit-to-stand) เกิดจากการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อหลายมัด โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ Gluteus maximus กล้ามเนื้อ Biceps femoris กล้ามเนื้อ Rectus femoris และ Vastus medialis ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว โดยที่ กล้ามเนื้อ Biceps femoris ทำหน้าที่เหยียดข้อเข่าในช่วงแรก (Kelley et al., 1976) และการศึกษาของ Millington et al. (1992) เกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน ปรากฏว่า กล้ามเนื้อ Biceps femoris และกล้ามเนื้อ Gluteus maximus มีการหดตัว และทำงานแบบยืดยาวออก (Eccentric contraction) ร่วมกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นลง (Concentric contraction) ของกล้ามเนื้อ Quadriceps ส่วนการศึกษาของ Roebroeck et al. (1994) ได้ศึกษากล้ามเนื้อขาจำนวน 9 มัด ในการลุกขึ้นยืน ปรากฏว่า ขณะเริ่มลุกขึ้นยืน กล้ามเนื้อส่วนใหญ่มีการหดตัวแบบหดสั้นลง (Concentric contraction) มีความเร็วของเวลาในการหดตัวของกล้ามเนื้อ Rectus femoris ลดลง กล้ามเนื้อข้อสะโพก และกล้ามเนื้อข้อเข่ามีความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อสัมพันธ์กับปฏิกิริยาตอบสนองจากพื้น (Ground reaction force) ในขณะที่ข้อต่อเคลื่อนไปทางด้านหลัง และมีการทำงานร่วมกัน (Co-contraction) ของกล้ามเนื้อ Hamstring และกล้ามเนื้อ Rectus femoris ในขณะยืนตรง

ในการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการลุกขึ้นยืนปรากฏว่า ในกลุ่มผู้สูงอายุกล้ามเนื้อ Tibialis anterior เริ่มทำงานในช่วงเวลา (Onset latency) ที่ช้ากว่าวัยผู้ใหญ่ตอนต้น และกล้ามเนื้อ Rectus femoris ในขณะลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ มีความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Amplitude) สูงกว่าในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ซึ่งความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับการหดตัวของกล้ามเนื้อ สามารถใช้เป็นวิธีการวัดทางอ้อม (Indirect) เพื่อวัดระดับการทำงานของกระแสประสาท (Neural drive) ที่ควบคุมกล้ามเนื้อได้ และเวลาเฉลี่ยในการลุกขึ้นยืนในกลุ่มผู้สูงอายุ 2.14±0.51 วินาที แตกต่างจากวัยผู้ใหญ่ตอนต้นที่ใช้เวลาน้อยกว่า คือ 1.63±0.33 วินาที (Gross et al., 1998)

Cuesta-Vargas and Gonzalez-Sanchez (2013) ได้ศึกษาความแตกต่างของรูปแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อขาในการลุกขึ้นยืน โดยเปรียบเทียบกลุ่มที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา (IQ 35-70) จำนวน 8 คน และกลุ่มที่มีระดับสติปัญญาปกติ จำนวน 7 คน เพื่อวิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้ ที่มีระดับความสูง 38 และ 43 เซนติเมตร วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus medialis, Rectus femoris, Long head of Biceps femoris, Tibialis

anterior, Medial gastrocnemius, Rectus abdominis, Erector spinae และกล้ามเนื้อ Soleus โดยการให้ลุกขึ้นยืน 3 รอบ ๆ ละ 5 ครั้ง การบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อใช้อิเล็กโทรด 12 ช่องสัญญาณ แล้วแปลงข้อมูลเป็นดิจิตอล โดยสุ่มที่ความถี่ 1,000 Hz ตั้งการกรองสัญญาณที่ระดับ 20 และ 500 Hz ผลการศึกษาปรากฏว่า กล้ามเนื้อมีการทำงานแตกต่างกัน โดยมีกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เพิ่มความมั่นคงเหมือนกัน คือ กล้ามเนื้อ Tibialis anterior, Rectus abdominis และกล้ามเนื้อ Soleus ส่วนกล้ามเนื้อที่ทำงานแตกต่างกัน คือ กล้ามเนื้อ Rectus femoris, Vastus medialis, Erector spinae และกล้ามเนื้อ Biceps femoris ในกลุ่มที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา กล้ามเนื้อกลุ่มนี้จะเริ่มทำงานช้ากว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีระดับสติปัญญาปกติ อาจเนื่องมาจากปัญหาด้านการทรงตัว

Bryanton and Bililodeau (2017) ได้ศึกษาบทบาทของกล้ามเนื้อต้นขาต่อความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้ใหญ่สุขภาพดีและผู้สูงอายุ ด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Quadriceps femoris, Biceps femoris และอัตราส่วนของการทำงานร่วมกัน (Co-activation ratio: H:Q) ของกล้ามเนื้อดังกล่าว ในกลุ่มผู้ใหญ่สุขภาพดีอายุ 18-35 ปี จำนวน 12 คน และอายุ 60-75 ปี จำนวน 12 คน วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยการติดขั้วอิเล็กโทรดแบบไบโพลาร์ ที่กล้ามเนื้อ Rectus femoris, Vastus lateralis และ Biceps femoris ในขณะลุกขึ้นยืน บันทึกด้วยเครื่อง Bagnoli 16 EMG System ประเทศสหรัฐอเมริกา สุ่มตัวอย่างที่ 2,000 Hz และปรับคลื่นโดยใช้ Root Mean Square (RMS) นำค่าเฉลี่ยความสูงของ RMS มาวิเคราะห์ผลการลุกขึ้นยืน โดยเปรียบเทียบกับการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ ผลปรากฏว่า กล้ามเนื้อ Quadriceps ในกลุ่มผู้สูงอายุมีอาการอ่อนแรงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มผู้ใหญ่สุขภาพดี ดังนั้นการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps อาจมีส่วนช่วยให้ผู้สูงอายุทำกิจกรรมทางกาย ที่ต้องอาศัยการเคลื่อนไหวข้อต่อหลายข้อได้ดีขึ้น

ขั้นตอนการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยทั่วไปมีดังนี้

1) ติดอิเล็กโทรดของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วและมีเครื่องรับข้อมูล (Data acquisition) เริ่มจากการทำเครื่องหมายในการติดอิเล็กโทรดบนกล้ามเนื้อที่ต้องการวัด เช็ดผิวหนังบริเวณที่จะติดอิเล็กโทรดด้วยสำลีชุบแอลกอฮอร์ ทาเจลบนแผ่นอิเล็กโทรดแล้วติดลงบนตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้ ติดพลาสเตอร์ทับแผ่นอิเล็กโทรดโดยติดให้แนบสนิทกับผิวหนังเพื่อป้องกันการเคลื่อนของอิเล็กโทรด แล้วจึงติดแผ่นอิเล็กโทรดที่เป็นสายดินที่บริเวณใกล้เคียง

2) บันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะที่ออกแรงเคลื่อนไหวตามที่กำหนด การศึกษานี้กำหนดให้ลุกขึ้นยืน ลงนั่ง และหยุดพัก เพื่อศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อจากคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน

การแปลผลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ จะต้องนำข้อมูลที่ได้มา Normalize แบ่งได้ 3 วิธี คือ

1) การเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (% of MVIC)

2) การเปรียบเทียบกับค่าสูงสุดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Peak EMG) ขณะมีการเคลื่อนไหวแบบไดนามิก (Dynamic activity)

3) การเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Mean EMG) ขณะมีการเคลื่อนไหวแบบไดนามิก

การใช้วิธีการเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ จะต้องฝึกให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงแบบคงค้างที่ระดับร้อยละ 20-40 ทำให้วิธีการนี้ อาจไม่เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างบางกลุ่ม เช่น เด็กหรือผู้สูงอายุ แต่วิธี Normalize ด้วย Peak EMG หรือ Mean EMG อาจมีตัวแปรแทรกซ้อนได้ แต่มีข้อดี คือ ลดความแปรปรวนระหว่างกลุ่มตัวอย่าง (Soderberg & Knutson, 2000) การศึกษานี้จึงเลือกใช้วิธี Normalize ด้วย Peak EMG เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มผู้สูงอายุ

2. การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG)

คลื่นไฟฟ้าสมองเกิดจากการรวมกันของประจุที่บริเวณ Dendrite ซึ่งทำให้เกิดการกระตุ้นหรือการยับยั้งเซลล์ประสาทที่บริเวณเปลือกสมอง การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง คือการวัดความเปลี่ยนแปลงของการทำงานของสมอง โดยวัดค่าความต่างศักย์สัญญาณไฟฟ้าที่หนังศีรษะที่เกิดจากการรวมกันของประจุที่บริเวณ Dendrite คลื่นไฟฟ้าสมองเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เป็นวิธีที่นิยมใช้ทั้งทางคลินิกและทางการวิจัย การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองเป็นการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าแบบ Noninvasive การวัดผลรวมของกระแสไฟฟ้าของกลุ่มเซลล์ในสมอง เกิดจากศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน (Action potential) ของเยื่อหุ้มเซลล์ การที่ผิวด้านในของเซลล์และด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ มีค่าความเป็นประจุบวกและประจุลบไม่เท่ากัน ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า คลื่นไฟฟ้าสมอง เกิดจากผลรวมของศักย์ไฟฟ้าที่บริเวณจุดประสานประสาท เมื่อเซลล์ประสาทที่เชื่อมต่อกันมีการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้นจะส่งสัญญาณจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งที่บริเวณจุดประสานประสาทเชื่อมระหว่างเซลล์ประสาท โดยกระแสไฟฟ้าปริมาณน้อย ๆ ที่เกิดขึ้นจะไปกระตุ้นเซลล์ประสาท คลื่นที่วัดได้จะมีระดับประจุไฟฟ้าที่ระดับไมโครแอมแปร์ การปล่อยประจุไฟฟ้าต่อไปเป็นทอด ๆ เกิดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Brain wave) การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองต้องมีเครื่องขยายและแปลงสัญญาณไฟฟ้าสมองเป็นสัญญาณดิจิตอล และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสุ่มด้วยความถี่คงที่ (Sampling frequency) ต้องตั้งอย่างน้อย 2 เท่าของความถี่สูงสุด ซึ่งข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบของอนุกรมเวลาแบบไม่ต่อเนื่อง โดยทั่วไปจะใช้ความถี่ในการสุ่มมากกว่า 200 Hz เพื่อให้ได้ความละเอียดของคลื่นไฟฟ้าที่เพียงพอต่อการนำไปแปลผล (กนกวรรณ บุญญพิสิฏฐ์, 2549, หน้า 1-18)

การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง สามารถแบ่งตามการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ประโยชน์ในการแปลผลได้ 2 วิธี คือ การวิเคราะห์ทางแกนเวลา (Time domain analysis) การวิเคราะห์วิธีนี้

เป็นการวิเคราะห์ศักย์ไฟฟ้าสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potential: ERP) ส่วนมากพบการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าในช่วงเวลาประมาณ 300 มิลลิวินาที เรียกว่า P300 ในกรณีที่มียอดคลื่นแยกออกเป็นสองยอด อาจใช้วิธีวิเคราะห์ Event-Related Desynchronization/ Event-Related Synchronization (ERD/ERS) คือ วิเคราะห์ระดับของศักย์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงเปรียบเทียบกับเส้นอ้างอิงต่อสิ่งเร้า โดยที่ค่า ERD คือ ค่าพลังงานต่ำกว่าค่าอ้างอิง และค่า ERS คือ ค่าพลังงานที่สูงกว่าค่าอ้างอิง (Conway et al., 1995) ซึ่งวิธีนี้ต้องกำหนดช่วงเวลาให้ตรงกับกิจกรรมที่ต้องการวิเคราะห์ วิธีที่สองคือการวิเคราะห์ทางแกนความถี่ (Frequency domain analysis) เป็นวิธีที่ต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในช่วงความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมองเป็นหลัก คลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้จะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาแบบไม่ต่อเนื่อง โดยแกนตั้งแทนระดับของคลื่นไฟฟ้าและแกนนอนแทนค่าเวลา เทคนิคการเปลี่ยนข้อมูลจากรูปของแกนเวลามาเป็นความถี่สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การแปลงฟูเรียร์ (Fourier transform) การแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT) และการแปลงเวฟเลต (Wavelet transform) เป็นต้น (มนตรี โพธิโสโนทัย, 2552)

คลื่นไฟฟ้าสมองประกอบด้วย คลื่นไฟฟ้าสมองแบบเฉพาะที่ (Local) และคลื่นไฟฟ้าสมองแบบไม่เฉพาะที่ (Non-local) หรือเกิดทั่วไปในสมอง คลื่นไฟฟ้าสมองแบบเฉพาะที่ คือ คลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดขึ้นเฉพาะตำแหน่งของสมอง เช่น สมองส่วน Sensorimotor จะเกิดคลื่นแอลฟา คลื่นเบต้าช่วงกลาง (Central beta rhythm) และเกิดคลื่นแอลฟา ที่สมองส่วน Occipital ซึ่งคลื่นไฟฟ้าสมองนี้สัมพันธ์กับการทำงานของโครงข่ายประสาท เมื่อสมองได้รับการกระตุ้น คลื่นแอลฟาและเบต้าจะลดลง เรียกว่า Desynchronization (ERD) ในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนไหวจริงพบว่ามีคลื่นไฟฟ้าสมองที่เหมือนกันและแตกต่างกันบางส่วน สิ่งที่เหมือนกัน คือ เกิด Desynchronization ของแอลฟาและเบต้าของสมองด้านตรงข้ามกับการเคลื่อนไหว ในขณะที่จินตภาพการเคลื่อนไหว และช่วงเตรียมการเคลื่อนไหวจริง นอกจากนี้การจินตภาพยังทำให้เกิด ERS ของสมองด้านเดียวกัน และเกิด ERD ของสมองด้านตรงข้าม ซึ่งแสดงว่าการเกิด ERD และ ERS เกิดขึ้นที่สมองช่วงเวลาเดียวกัน โดยทำงานประสานสัมพันธ์กัน เช่น ในกระบวนการมองเห็น เกิด ERD ของสมองส่วน Occipital และเกิด ERS ของสมองส่วนกลาง หรือในการวางแผนการเคลื่อนไหวจะทำให้เกิด ERD ของคลื่นแอลฟาและเบต้า (Pfurtscheller, Neuper, Flotzinger, & Pregenzer, 1997)

วิธีการวัด Event-Related Desynchronization (ERD) สามารถวัดเป็นค่าร้อยละของกำลังที่สัมพันธ์กับตำแหน่งอ้างอิงหรือคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะพัก คลื่นแอลฟามีความถี่ที่แบ่งได้ 2 ระดับ คือ แอลฟาระดับความถี่ต่ำ (Lower Alpha) ในช่วง 7-10 Hz ซึ่งเกิดขึ้นในกิจกรรมเกือบทุกประเภท และแอลฟาระดับความถี่สูง (Upper alpha) หรือคลื่นมิว มีความถี่ในช่วง 10-12 Hz เกิดขึ้นในช่วง Sensory-semantic บริเวณ Parieto-occipital ส่วนในการเคลื่อนไหว

ภายใต้อำนาจจิตใจจะเกิด ERD ของแอลฟาระดับความถี่สูง และเบต้าช่วงระดับความถี่ต่ำ ที่ตำแหน่งสมองส่วน Sensorimotor ส่วนมากการเกิด ERD ในช่วงเวลา 2 วินาที ก่อนเกิดการเคลื่อนไหวจริงที่สมองด้านตรงข้าม จากนั้นจะเกิดคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งสองด้านทันทีก่อนเริ่มการเคลื่อนไหว ส่วนพื้นที่สมองที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวข้อเท้าพบว่า เกิดคลื่นแอลฟา ERD ที่สมองใกล้เคียงกับ Primary foot area ทั้งสองด้านของสมอง แต่มีความถี่ต่ำกว่าคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดจากการเคลื่อนไหวในส่วนของมือ (Pfurtscheller et al., 1997)

การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองด้วยวิธี ERD สามารถใช้วิธีคำนวณเป็นร้อยละ (% ERD) โดยการกำหนดช่วงความถี่ที่ต้องการศึกษา หาค่ากำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงอ้างอิง (Power reference) นำมาลบกับค่ากำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบ (Power test) แล้วจึงหารด้วยกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงอ้างอิง คูณด้วย 100 จะได้ค่า % ERD ของคลื่นที่ต้องการ ค่าที่ได้ ถ้ามีค่าเป็นบวก แสดงถึง การลดลงของกำลังคลื่นไฟฟ้าสมองเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง และค่าลบ แสดงถึง การเพิ่มขึ้นของกำลังไฟฟ้าสมองเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง (Pfurtscheller et al., 1999)

$$\%\ \mathrm{ERD} = \frac{(\text{Power Reference} - \text{Power Test})}{\text{Power Reference}}\ \mathrm{X}\ 100$$

การวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่เรียกว่า ERD ซึ่งการลดลงของคลื่นไฟฟ้าสมองแสดงว่า มีการทำงานของสมอง (Neural activity) เพิ่มขึ้น สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองจะบันทึกจากสมองส่วนที่ควบคุมการรับความรู้สึกและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor area) โดยการศึกษาคลื่นแอลฟาในช่วงความถี่ 10-12 Hz ที่แนะนำโดย Pfurtscheller et al. (2006) ที่ศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหว ปรากฏว่า ที่ช่วงความถี่ 10-12 Hz มีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นมากที่สุด และการศึกษาของ Klimesch et al. (2007) ได้กล่าวว่า % ERD แสดงว่า สมองส่วนนั้นมีความไวต่อการกระตุ้น (Excitability) ซึ่งอัพเปอร์แอลฟาอีอาร์ดี (Upper alpha ERD) ช่วงความถี่ประมาณ 10-13.5 Hz เป็นช่วงที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการจำความหมาย (Semantic processing) ซึ่งเป็นกระบวนการรู้คิด และใช้สูตรในการคำนวณ % ERD ดังกล่าวข้างต้น

การแบ่งประเภทของคลื่นไฟฟ้าสมองตามความถี่ของคลื่น (Amin & Malik, 2013) และความสัมพันธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองในกระบวนการรู้คิด มีรายละเอียดดังนี้ (Pavlidou, Schnitzler, & Lange, 2014)

1) คลื่นเดลตา (Delta) คือ คลื่นชนิดความถี่น้อยในช่วง 1.5-4 เฮิรตซ์ ไม่พบในคนปกติที่ตื่นอยู่ แต่พบได้ในขณะนอนหลับลึก หรืออาจตรวจพบเป็นคลื่นไฟฟ้าที่ผิดปกติ พบได้ในบริเวณที่มีพยาธิสภาพ และพบความเชื่อมโยงในการทำหน้าที่ด้านการรู้คิด ด้านแรงจูงใจและการให้รางวัล

2) คลื่นธีตา (Theta) คือ คลื่นที่มีความถี่อยู่ในช่วง 5-7 เฮิรตซ์ พบคลื่นนี้เป็นปกติในเด็กและในทุกช่วงอายุขณะเริ่มนอนหลับ พบได้ชัดเจนที่สมองด้านข้าง (Temporal lobe) และสัมพันธ์กับความจำขณะคิด (Working memory)

3) คลื่นแอลฟา (Alpha) คือ คลื่นที่มีความถี่อยู่ในช่วง 8-12 เฮิรตซ์ ตำแหน่งที่พบคลื่นแอลฟาได้เด่นชัด คือ สมองส่วน Occipital lobe พบในผู้ที่ผ่อนคลายหรือมีสมาธิ คลื่นแอลฟาจะหายไปเมื่อลืมตาหรือคิด และเชื่อมโยงกับการยับยั้งและการกระตุ้นการทำงานของสมอง

4) คลื่นเบตา (Beta brainwave) คือ คลื่นที่มีความถี่อยู่ในช่วง 13-29 เฮิรตซ์ พบได้ทั่วไปบริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) ในขณะคิด ขณะลืมตา ตัดสินใจ ประมวลผลข้อมูล และสัมพันธ์กับการทำงานของ Sensorimotor function

5) คลื่นแกมมา (Gamma) มีความถี่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 30 เฮิรตซ์ ถึง 80 เฮิรตซ์ ใช้ยืนยันในผู้ที่มีโรคทางสมอง และสัมพันธ์กับกระบวนการรู้คิดหลายด้าน เช่น ความจำขณะคิด ความใส่ใจ การจำรูปทรงของสิ่งของ การเรียนรู้และการรับรู้

คลื่นมิว (Mu rhythm) คือ คลื่นไฟฟ้าสมองอีกชนิดหนึ่งที่มีความถี่เดียวกันกับคลื่นแอลฟา แต่มีความแตกต่างกัน คือ คลื่นแอลฟาจะลดลงเมื่อลืมตา แต่คลื่นมิวไม่ลดลงในขณะลืมตา แต่จะลดลงเมื่อมีการเคลื่อนไหว หรือการกระตุ้นที่ผิวหนังบริเวณแขนขาด้านตรงกันข้าม ลักษณะของคลื่นมิว มักจะพบคลื่นแบบ Intermittent และ Asynchronous ดังนั้นอาจพบเด่นชัดที่ด้านใดด้านหนึ่งของสมอง หรือพบทั้งสองด้านของสมองได้ แต่ถ้าพบที่สมองเพียงด้านเดียว หรือพบความแตกต่างของความถี่และความสูงของคลื่นระหว่างสมองสองด้านอย่างชัดเจน อาจบ่งชี้ถึงความผิดปกติของสมองด้านที่มีคลื่นความถี่ต่ำ กลไกของการเกิดคลื่นมิวมีความเกี่ยวข้องกับสมองบริเวณเซ็นซอรีมอเตอร์ (Somatosensory center) (กนกวรรณ บุญญพิสิฏฐ์, 2549, หน้า 1-46)

วิธีวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

เครื่องมือในการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองประกอบด้วย 1) ขั้วอิเล็กโทรดพร้อมสายสัญญาณ 2) เครื่องขยายสัญญาณและกรองสัญญาณ 3) ตัวแปลงสัญญาณดิจิตอล และ 4) เครื่องบันทึกข้อมูล

1) ขั้นตอนการเก็บสัญญาณขั้นตอนแรก คือ การใช้อิเล็กโทรดตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าจากบริเวณหนังศีรษะของกลุ่มตัวอย่าง ขั้วอิเล็กโทรดมีหลายแบบ เช่น แบบแผ่น (Plate) แบบหมวกครอบศีรษะ (Cap) การวัดสัญญาณหลายตำแหน่งในเวลาเดียวกัน ควรเลือกใช้แบบหมวกครอบศีรษะ สัญญาณไฟฟ้าที่วัดได้จากขั้วอิเล็กโทรด จะมีขนาดแรงดันต่ำมากในระดับมิลลิโวลต์ จึงต้องขยายสัญญาณก่อนด้วยเครื่องขยายสัญญาณที่เรียกว่า ไบโอแอมพลิฟายเออร์ (Bio amplifier) ซึ่งมี

คุณสมบัติในการป้องกันและกำจัดสัญญาณรบกวน และขยายสัญญาณคลื่นสมองได้ดี จากนั้นต่อกับเครื่องดิจิไทเซอร์ (Digitizer) เพื่อแปลงสัญญาณเป็นระบบดิจิตอล และสัญญาณนี้จะถูกบันทึกไว้โดยคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปใช้ต่อไป

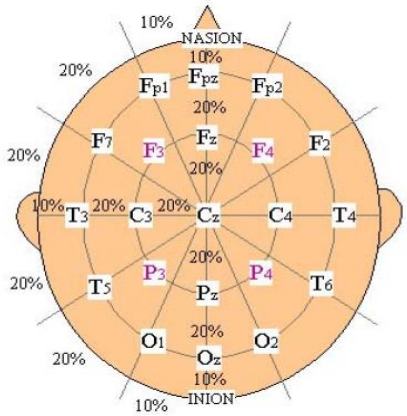
2) รูปแบบของการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยขั้วอิเล็กโทรด โดยทั่วไปแบ่งได้ 2 วิธี คือ แบบฝังขั้วอิเล็กโทรดภายใน (Invasive) ส่วนใหญ่ใช้ในทางการแพทย์ เพื่อตรวจความผิดปกติในการทำงานของสมอง และแบบติดขั้วอิเล็กโทรดภายนอก (Non-invasive) เป็นขั้วที่ติดบริเวณหนังศีรษะ วิธีนี้มีความปลอดภัยในการใช้และนิยมใช้ในการศึกษาวิจัย

3) การเลือกตำแหน่งของจุดรับสัญญาณบนศีรษะ ใช้วิธีการเลือกตามตำแหน่งการทำหน้าที่ของสมอง โดยการเปรียบเทียบตำแหน่งของสมองกับเขตบร็อดแมนน์ เช่น บร็อดแมนน์ 6 ตรงกับตำแหน่ง F3 ข้างซ้าย และ F4 ข้างขวา

4) ช่วงความถี่ของสัญญาณที่สามารถวัดได้นั้นจะต้องขยายสัญญาณ เนื่องจากสัญญาณที่วัดได้จากขั้วอิเล็กโทรดจะมีแรงดันไฟฟ้าที่มีระดับต่ำมาก

5) ควรมีการตัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และทำความสะอาดหนังศีรษะก่อนการติดขั้วอิเล็กโทรดเพื่อให้ได้สัญญาณที่มีคุณภาพ

การติดขั้วอิเล็กโทรดตามมาตรฐานของสหพันธ์นานาชาติ ด้านการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองและคลินิกสรีรวิทยาสมอง เรียกว่า ระบบ 10-20 วิธีการติดขั้วอิเล็กโทรดบนหนังศีรษะ ใช้วิธีแบ่งระยะห่างเป็นอัตราส่วนโดยมีตำแหน่งปุ่มกระดูกเป็นหลัก คือ นาเซียน (Nasion) จุดพรีออริคูล่า (Preauricular point) และอินเนียน (Inion) ให้สอดคล้องกับพื้นที่ของสมอง โดยแบ่งเป็นอัตราส่วนร้อยละของระยะทางระหว่างหูและจมูกกับตำแหน่งที่ติดขั้วอิเล็กโทรด การกำหนดชื่อเรียกตามพื้นที่สมอง คือ F หมายถึง สมองส่วนหน้า (Frontal) C หมายถึง สมองส่วนกลาง (Central) T หมายถึง สมองด้านข้าง (Temporal) P หมายถึง สมองด้านบน (Posterior) และ O หมายถึง สมองด้านหลัง (Occipital) และ A คือ บริเวณใบหู (Auricular) แต่ละตำแหน่งใช้วิธีการกำหนดตัวเลขเพื่อแสดงว่า เป็นสมองด้านใด โดยเลขคู่ หมายถึง ด้านขวา และเลขคี่ หมายถึง ด้านซ้าย ตำแหน่งของอิเล็กโทรดใกล้เคียงกับการทำหน้าที่ของสมองแต่ละส่วน เช่น ตำแหน่ง F7 ใกล้กับศูนย์กลางในการทำหน้าที่เกี่ยวกับการใช้เหตุผล ตำแหน่ง Fz เกี่ยวกับความตั้งใจและแรงจูงใจ ตำแหน่ง F8 เกี่ยวกับอารมณ์ ส่วนตำแหน่ง C3, C4 และ Cz เกี่ยวกับการรับความรู้สึกและการเคลื่อนไหวร่างกาย ตำแหน่ง P3, P4 และ Pz เกี่ยวกับการรับความรู้สึกต่าง ๆ ตำแหน่ง T3 และ T4 เกี่ยวกับกระบวนการทางอารมณ์ ตำแหน่ง T5 และ T6 เกี่ยวกับความจำ และตำแหน่ง O1 และ O2 เกี่ยวกับการมองเห็น แต่อย่างไรก็ตามขั้วอิเล็กโทรดที่ติดบนหนังศีรษะไม่ได้สะท้อนตำแหน่งของสมองที่ชัดเจน เนื่องจากต้องรับสัญญาณผ่านกระโหลกศีรษะและเนื้อเยื่อ คลื่นไฟฟ้าสมองจึงแสดงผลของตำแหน่งใกล้เคียงการทำงานของสมองเท่านั้น (Teplan, 2002) (ภาพที่ 2-13)



ภาพที่ 2-13 ตำแหน่งการวางขั้วอิเล็กโทรดตามระบบ 10-20 (Teplan, 2002)

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

การตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมองจัดเป็นวิธีการตรวจทางประสาทสรีรวิทยาที่สามารถสนับสนุนการตรวจวัดเชิงพฤติกรรม เพราะสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าในขณะทำงานและขณะพักของสมองและกล้ามเนื้อ ทั้งนี้มีงานวิจัยจำนวนมากที่ใช้วิธีการนี้ในการวัดความแข็งแรงและความเร็วในการลุกขึ้นยืน ทั้งในการเคลื่อนไหวจริงและการจินตภาพการเคลื่อนไหว มีรายละเอียดดังนี้

Dehail et al. (2007) ได้ศึกษาบทบาทของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุ โดยวิธีการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืนและขณะลงนั่ง การเดินในผู้สูงอายุ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในขณะลุกขึ้นยืน และเดิน โดยศึกษาในผู้สูงอายุสุขภาพดีอายุเฉลี่ย 73.8±6.4 ปี วิเคราะห์การเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรม 3D Motion analysis และศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขา คือ กล้ามเนื้อ Ankle plantar flexors กล้ามเนื้อ Knee flexors และกล้ามเนื้อ Knee extensors ผลการวิจัยปรากฏว่า คนส่วนมากลุกขึ้นยืน โดยเริ่มมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Tibialis anterior และ กล้ามเนื้อ Peroneus longus เป็นอันดับแรก

Stecklow, Infantosi, and Cagy (2010) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหวทางคินนีสธีติกและจินตภาพทางการมองเห็น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะกำลังของคลื่นแอลฟา (Alpha band power) โดยเฉพาะความสูงของคลื่นแอลฟาที่สมองบริเวณ Parietal และ Occipital areas ในขณะจินตภาพการเล่นกีฬาวอลเลย์บอล ในกลุ่มตัวอย่างนักกีฬาวอลเลย์บอล จำนวน 15 คน และไม่ใช่นักกีฬา จำนวน 18 คน เปรียบเทียบในขณะจินตภาพ 3 เงื่อนไข คือ จินตภาพทางคินนีสธีติก จินตภาพทางการมองเห็นและในเงื่อนไขควบคุม ใช้วิธีการประเมินด้วยแบบสอบถามจินตภาพการเคลื่อนไหวฉบับปรับปรุง (Revised movement

imagery questionnaire: MIQ-R) และวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ผลการวิจัยปรากฏว่า มีการเปลี่ยนแปลงของกำลังของคลื่นแอลฟาในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหวทางคินนีสธีติก

Witham, Riddle, Baker, and Baker (2011) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อและสมอง (Corticomuscular coherence) ในผู้ใหญ่สุขภาพดี 39 คน โดยการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) ที่มือข้างขวาและวัดคลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณ Sensorimotor ด้านซ้าย ผลการวิจัยปรากฏว่า มีความสัมพันธ์เกิดขึ้นในระบบประสาทขาออก (Descending) ระหว่างคลื่นไฟฟ้าสมองไปยังคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและระบบประสาทขาเข้า (Ascending) เกิดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อส่งไปยังคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงความถี่เบต้า (15-30 Hz) ผลการวิจัยยืนยันได้ว่า มีการทำงานระหว่างสมองและกล้ามเนื้อทั้งการรับและส่งข้อมูล

Gwin and Ferris (2012) ได้ศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในขณะกล้ามเนื้อขามีการหดตัวแบบไอโซเมตริกและการหดตัวแบบไอโซโทนิก เพื่อศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อขา และศึกษาว่าคลื่นไฟฟ้าสมองแบบใดที่เป็นสัญญาณของการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกและการหดตัวแบบไอโซโทนิก โดยศึกษาในผู้ใหญ่สุขภาพดี จำนวน 8 คน ด้วยวิธีการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองชนิดความละเอียดสูง (High-density EEG) 32 ช่องสัญญาณ ทดลองโดยการให้ผู้ป่วยออกกำลังกายกล้ามเนื้อข้อเข่าและข้อเท้า ด้วยวิธีการให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบไอโซเมตริกและการหดตัวแบบไอโซโทนิก โดยใช้ความพยายามสองระดับ คือ ระดับง่าย หมายถึง ไม่มีแรงต้านจากน้ำหนักภายนอก และระดับยาก หมายถึง การให้แรงต้านด้วยน้ำหนักจากภายนอก ใช้วิธีการวิเคราะห์โดยการประยุกต์อัลกอริทึมการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ (Adaptive Mixture Independent Component Analysis: AMICA) บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองในรูปแบบของความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไป (Spectrograms) และใช้ตัวจำแนกประเภทแบบเบย์อย่างง่าย (Naïve Bayesian Classifier) ในการแยกประเภทการออกกำลังกาย ตามข้อมูลเวลาและความถี่ (Time-frequency) ผลการวิจัยปรากฏว่า วิธีการวิเคราะห์ด้วยโมเดล AMICA สามารถแยกความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองของการทำงาน ระหว่างกล้ามเนื้อข้อเข่ากับกล้ามเนื้อข้อเท้าได้ ในระดับความแม่นยำร้อยละ 80 และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก ทำให้เกิดคลื่นแอลฟาและเบต้า ERD ที่สมองส่วนซับพลีเมนทารีมอเตอร์ เฉพาะระยะเริ่มต้นและระยะสิ้นสุดการทดลอง ในขณะที่การหดตัวแบบไอโซโทนิกทำให้เกิดคลื่นแอลฟาและเบต้า ERD ตลอดช่วงการทดลอง แสดงว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อขาแต่ละประเภท ทำให้เกิดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีลักษณะเฉพาะแตกต่างกัน

Van Ede and Maris (2013) ได้ศึกษาคลื่นเบต้า (15-30 Hz) ในขณะที่กล้ามเนื้อทำงาน โดยศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyographic: EMG) และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสมอง (Magnetoencephalography: MEG) ในกลุ่มตัวอย่าง 27 คน โดยการการกระตุ้นผิวสัมผัส

(Tactile stimuli) ปรากฏว่า ช่วงเตรียมการเคลื่อนไหว (Anticipation) ช่วงระหว่างการเคลื่อนไหว (During the process) เกิดคลื่นเบต้าเชื่อมโยงกันตลอดเวลา การเพิ่มข้อมูลจากระบบประสาทสัมผัสทางกาย (Somatosensory) ที่เฉพาะเจาะจง ทำให้ลดการทำงานของเปลือกสมอง (Cortical activity) และกล้ามเนื้อ การลดลงของ Muscular Beta oscillation เกิดจากการที่ร่างกายต้องการการรับรู้ข้อมูลที่เฉพาะเจาะจง ในการเตรียมการเคลื่อนไหวและแสดงการเคลื่อนไหวตามการสั่งการของสมอง ดังนั้นการรับความรู้สึกทางกาย การทำงานของกล้ามเนื้อ และการเคลื่อนไหวไม่ได้เป็นกระบวนการที่แยกออกจากกัน

Schineider, Rouffet, Billaut, and Struder (2013) ได้ศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองของเปลือกสมอง มอเตอร์ที่สัมพันธ์กับกล้ามเนื้อ ในขณะออกกำลังกายด้วยวิธีการปั่นจักรยาน เพื่อศึกษาช่วงเวลาและรูปแบบของคลื่นไฟฟ้าสมองที่สมองบริเวณ M1 และศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างวัยผู้ใหญ่สุขภาพดีจำนวน 8 คน ให้ออกกำลังกายด้วยเครื่อง Electrical Braked Cycle Ergometer ประเมินคลื่นไฟฟ้าสมองแบบ 32 ช่องสัญญาณ โดยติดขั้วอิเล็กโทรดที่ตำแหน่ง F1, F2, FC3, Fz, F3, F4, FC4, FC5, FC1, FC2, FC6, T7, C3, Cz, C4, T8, C5, CP5, CP1, CP2, CP6, C1, P7, P3, Pz, P4, P8, C2, C6, CP3, CPz, CP4 และ FCz เป็นตำแหน่งอ้างอิง และตำแหน่ง AFz เป็นสายกราวน์ และวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ด้วยอิเล็กโทรดชนิดติดที่ผิวหนัง (Surface electrode) โดยติดที่กล้ามเนื้อรวม 14 ตำแหน่ง ที่ขาข้างซ้ายและข้างขวา ได้แก่ กล้ามเนื้อ Gluteus maximus, Vastus medialis, Vastus lateralis, Rectus femoris, Biceps femoris long head, Gastrocnemius medialis และ Tibialis anterior ผลการวิจัยปรากฏว่า เปลือกสมองมอเตอร์ทำงานสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในขณะมีการออกกำลังกายในระดับปานกลางถึงหนัก (Moderate to high-intensity) ซึ่งคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งด้านเวลาและความสูง (Time and amplitude)

Brinkman, Stolk, Dijkerman, Lange, and Toni (2014) ได้ศึกษาบทบาทของคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยศึกษาคลื่นแอลฟา (8-12 Hz) และคลื่นเบต้า (15-25 Hz) ในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหวตามเป้าหมาย โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษากำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองจากการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสมอง (Magnetoencephalography: MEG) ในขณะจินตภาพเปรียบเทียบกับการมองภาพโดยไม่ต้องใช้การจินตภาพ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสองการทดลอง การทดลองที่หนึ่งศึกษาในผู้ใหญ่สุขภาพดี จำนวน 12 คน วัดเวลาในการตอบสอง (Reaction time) ต่อการจินตภาพและการเอื้อมหยิบของรูปทรงกระบอก (Cylinder) ในทิศทางต่าง ๆ การทดลองที่สอง มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 27 คน ให้จินตภาพการเคลื่อนไหวและมองภาพโดยไม่ต้องใช้การจินตภาพ ผลการวิจัยสนับสนุนว่า กำลังของคลื่นเบต้าลดลง เพื่อให้ Sensorimotor neuron มีการทำงานประสานสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนไหว

Henz and Schollhorn (2017) ได้ศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยการเปรียบเทียบวิธีการออกกำลังกายแบบชี่กง กับการจินตภาพชี่กง 30 นาที วัดคลื่นแอลฟาและคลื่นธีตาในขณะหลับตาและลืมตา ก่อนและหลังการออกกำลังกาย 15 นาที ที่ตำแหน่ง FP1, FP2, F3, F7, Fz, F4, F8, C3, Cz, C4, T3, T4, P3, P7, Pz, P4, P8, O1 และ O2 และบันทึกคลื่นไฟฟ้าแอลฟา 2 ช่วงความถี่ คือ 8-10 Hz และ 10-12.5 Hz บันทึกคลื่นธีตาที่ช่วงความถี่ 4-7.5 Hz ปรากฏว่า กำลังของคลื่นแอลฟาทั้งสองช่วงความถี่เพิ่มขึ้น ที่บริเวณสมองด้านหลัง (Posterior region) ในขณะหลับตาและลืมตาภายหลังการออกกำลังกายทั้งสองวิธี คลื่นธีตาเพิ่มขึ้นหลังจากจินตภาพการเคลื่อนไหวในขณะลืมตา ที่สมองส่วนกลาง (Central areas) และลดลงที่บริเวณฟรอนโตเซ็นทรัล (Fronto-central) ในขณะหลับตา แสดงว่า การออกกำลังกายแบบชี่กงและการจินตภาพชี่กง ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของคลื่นแอลฟาที่บ่งชี้ภาวะผ่อนคลายของจิตใจ และคลื่นธีตาแสดงให้เห็นความแตกต่างของกระบวนการใส่ใจ (Attention process) ซึ่งจินตภาพชี่กงทำให้เกิดความใส่ใจภายใน (Internalized attention) ที่สัมพันธ์กับคลื่นธีตา

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรม มีการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการทำงานของสมองขณะออกกำลังกาย แต่ยังไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมการออกกำลังกายที่ศึกษาอย่างต่อเนื่องทุกระดับตั้งแต่การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน โดยศึกษาข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งเชิงพฤติกรรมและทางประสาทสรีรวิทยาเพื่อยืนยันผลของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น การศึกษานี้มุ่งเน้นการศึกษาเพื่อหาวิธีการในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนสำหรับผู้สูงอายุ จะได้เป็นองค์ความรู้เพิ่มเติมในระดับการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ การปรับตัวของระบบประสาท และการทำงานของสมอง และเป็นทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ สามารถนำไปประยุกต์ในการฟื้นฟูผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรง เช่น ผู้ป่วยอัมพาต หรือใช้ประกอบการออกกำลังกายเพื่อป้องกันภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรงและพัฒนากิจกรรมทางกายสำหรับผู้สูงอายุ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

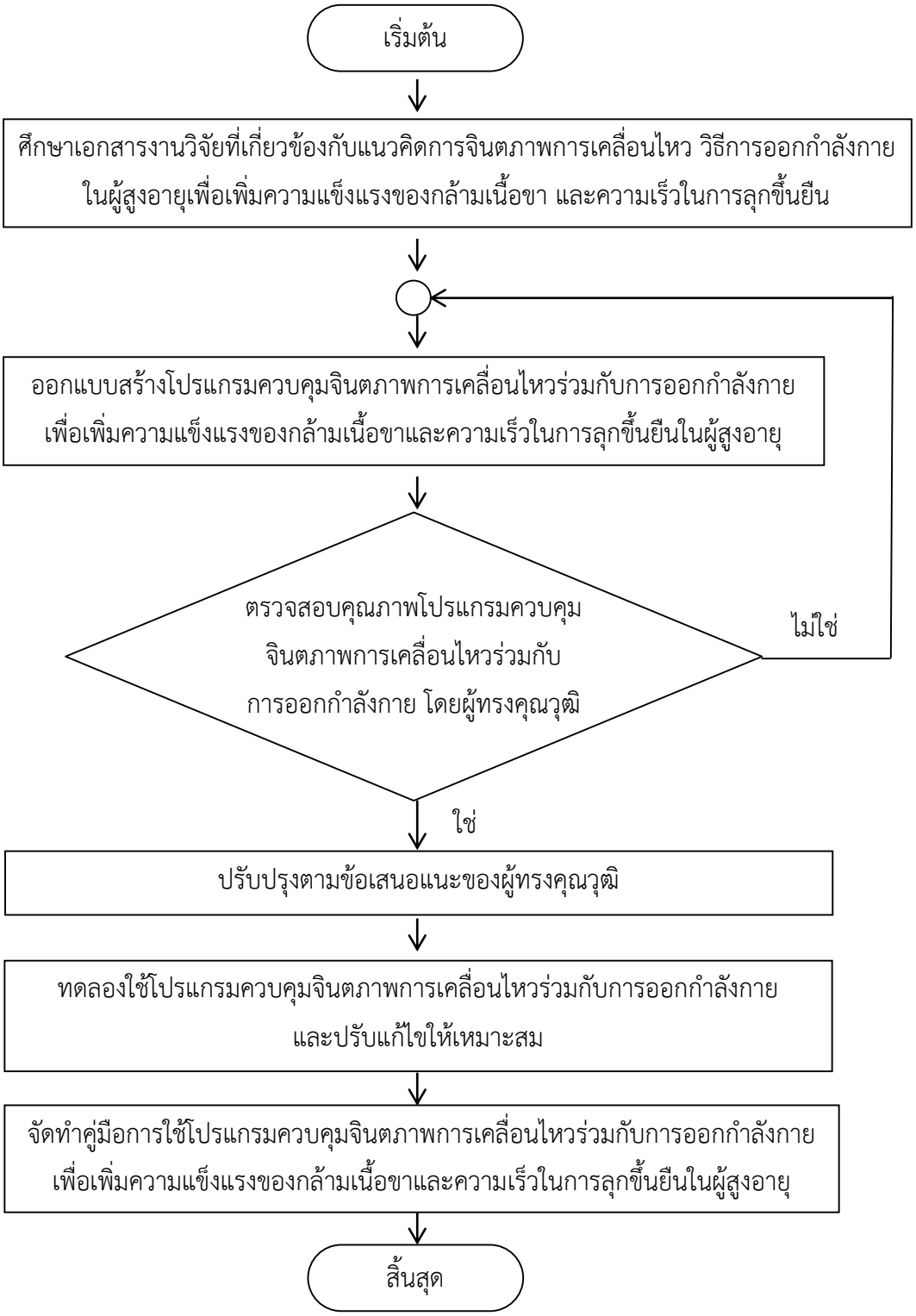
การวิจัยนี้ใช้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) ใช้แบบแผนการวิจัยแบบวัดก่อนและหลังการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม (Randomized pretest and posttest active control group design) (Edmonds & Kennedy, 2013, pp. 24-30; McMillan & Schumacher, 2014, p. 294) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ และศึกษาเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ในประเด็นความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็วในการลุกขึ้นยืน ความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน และคลื่นไฟฟ้าสมองในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ

ระยะที่ 2 การเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ

การพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ มีขั้นตอนการพัฒนา ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ มีดังนี้

1. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวกับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ โดยการศึกษาค้นคว้าแนวคิดทฤษฎีจากตำรา เอกสารวิชาการ บทความ วารสาร ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศปรากฏว่า การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว (Motor imagery training) เป็นกระบวนการรู้คิดที่สามารถเพิ่มการทำงานของโครงข่ายประสาท (Cortical network) (Vries & Mulder, 2007) การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวที่มีการทวนซ้ำกระตุ้นกระบวนการเรียนรู้การเคลื่อนไหว (Lafleur et al., 2002) และสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในคนสุขภาพดีได้ร้อยละ 12.6 ถึงร้อยละ 21.8 (Sidaway & Trzaska, 2005) ซึ่งความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น เป็นผลจากการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง มีการปรับตัวของระบบประสาท ที่เป็นกระบวนการขั้นต้นของการเพิ่มความแข็งแรงเหมือนกับการออกกำลังกายทั่วไป แต่วิธีการจินตภาพการเคลื่อนไหวไม่ได้ทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น (Yue & Cole, 1992; Ranganathan et al., 2004)

จากการทบทวนวรรณกรรมชี้ให้เห็นว่า เทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหวสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ในการประยุกต์วิธีการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเพิ่มเติมจากการรักษาอื่น ๆ เช่น ในผู้ป่วยหลังผ่าตัดเอ็นยึดข้อเข่าด้านหน้า (Anterior cruciate ligament) ซึ่งมีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงร่วมกับอาการปวด ปรากฏว่า กลุ่มที่ฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมด้วยมีการฟื้นฟูความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม (Lebon, Collet, & Guillot, 2012) และการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าสามารถเพิ่มความแข็งแรง เพิ่มความหนาแน่นของกระดูก ลดอาการซึมเศร้า ลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานและโรคหัวใจ ลดอัตราการหกล้ม และช่วยพัฒนาการทรงตัว (Barrett & Smerdely, 2002) การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการป้องกันหรือชะลอการอ่อนแรงตามวัย (Arnold & Bautmans, 2014) จากการทบทวนการศึกษาที่ผ่านมายังไม่พบการศึกษาที่ใช้วิธีการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน ด้วยวิธีการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ

ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงสังเคราะห์องค์ความรู้ เกี่ยวกับวิธีการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่ใช้ในการลุกขึ้นยืนและเทคนิคจินตภาพการเคลื่อนไหว เพื่อนำมากำหนดรูปแบบโครงสร้างของโปรแกรมการควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกล้ามเนื้อขาสำหรับผู้สูงอายุ กำหนดให้มีการผ่อนคลายกล้ามเนื้อด้วยวิธีการหายใจแบบลึก การอบอุ่นร่างกายและการคลายอุ่นด้วยวิธีการยืดกล้ามเนื้อ การออกกำลังกล้ามเนื้อขาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงสำหรับผู้สูงอายุ โดยออกแบบตามข้อแนะนำการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ

จากวิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา (American college of sports medicine, 2014, pp. 376-377)

2. ออกแบบการสร้างโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน ตามแนวคิดเชิงระบบ (System model) (Umphred et al., 2013, pp. 4-10) ประกอบด้วย 1) องค์ประกอบทางการรู้คิด (Cognitive) ใช้วิธีจินตภาพการเคลื่อนไหว และการหมุนภาพในใจ 2) องค์ประกอบทางการเคลื่อนไหว (Motor) ใช้วิธีออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า และ 3) องค์ประกอบทางอารมณ์ (Emotion) ใช้วิธีการผ่อนคลายด้วยการฝึกหายใจแบบลึกและการยืดกล้ามเนื้อ และสร้างแรงจูงใจด้วยวิธีการ ออกกำลังกายแบบกลุ่ม มีรายละเอียดดังนี้

2.1 กำหนดวิธีจินตภาพการเคลื่อนไหว ตามข้อแนะนำของ Dickstein and Deutsch (2007) คือ การให้ผู้ที่ได้รับการฝึกจินตภาพ นั่งหรือนอนในท่าที่ผ่อนคลายและหลับตา เพื่อให้ร่างกายและจิตใจอยู่ในภาวะที่ผ่อนคลาย เพื่อเตรียมพร้อมในการฝึกจินตภาพ และระยะเวลาในการฝึกจินตภาพควรใช้เวลาประมาณ 12-15 นาที การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวแบ่งออกเป็น การจินตภาพทางการมองเห็น โดยการสังเกตขั้นตอนการลุกขึ้นยืนที่ถูกต้องจากวีดิทัศน์ แล้วฝึกจินตภาพทางคินนิสธีติกในการลุกขึ้นยืน โดยการฝึกจินตภาพตามขั้นตอนการลุกขึ้นยืน 4 ระยะ (Schenkman et al., 1990) ดังนี้

ระยะที่หนึ่ง Flexion-momentum จินตภาพการงอข้อสะโพก โดยที่ลำตัวตรง

ระยะที่สอง Momentum transfer จินตภาพการถ่ายน้ำหนักลงที่เท้าทั้งสองข้าง กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าจะทำงาน และเริ่มยกข้อสะโพกขึ้น

ระยะที่สาม Extension จินตภาพการเหยียดข้อเข่าและข้อสะโพก

ระยะที่สี่ Stabilization จินตภาพการยืนทรงตัวอย่างมั่นคง (ภาพที่ 3-2)

1 2 3 4

ภาพที่ 3-2 การจินตภาพขั้นตอนการลุกขึ้นยืน

2.2 กำหนดวิธีการหมุนภาพในใจ (Mental rotation) โดยใช้วิธีแฮนด์เมนทัลโรเทชัน (Hand mental rotation) ซึ่งการฝึกหมุนภาพในใจช่วยส่งเสริมทักษะจินตภาพการเคลื่อนไหว

โดยการให้กลุ่มตัวอย่างมองภาพมือในระนาบต่าง ๆ 2 ภาพพร้อมกัน เพื่อฝึกการหมุนภาพในใจ ถ้าเป็นมือข้างเดียวกันให้ตอบว่า “เหมือนกัน” ถ้าเป็นมือคนละข้างกัน ให้ตอบว่า “แตกต่างกัน” (Osuagwu & Vucovic, 2014) ตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 3-3

ภาพที่ 3-3 ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการฝึกหมุนภาพในใจ

2.3 กำหนดวิธีออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า โดยกำหนดกลุ่มกล้ามเนื้อและความหนักของแรงต้านในการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength training protocol) กล้ามเนื้อที่ฝึกคือ กล้ามเนื้อขาจำนวน 6 กลุ่มที่ทำงานขณะลุกขึ้นยืน (Roebroeck et al., 1994) คือ กล้ามเนื้องอข้อสะโพก (Hip flexor muscles) กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก (Hip extensor muscles) กล้ามเนื้องอข้อเข่า (Knee flexor muscles) กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (Knee extensor muscles) กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsiflexor muscles) และกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง (Ankle plantar flexor muscles)

การกำหนดความหนักของแรงต้าน โดยวิธีการให้แรงต้านจากภายนอกด้วยน้ำหนักถุงทรายและน้ำหนักตัว ผู้วิจัยกำหนดความหนักในระดับเบา คือ ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของ 1RM (Benavent-Caballer, Rosado-Calatayud, Segura-Ortí, Amer-Cuenca, & Lisón, 2014) และตามหลักการของเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา (American college of sports medicine, 2014, pp. 376-377) เนื่องจากโปรแกรมนี้จัดทำสำหรับผู้สูงอายุที่ไม่เคยออกกำลังกายแบบมีแรงต้านและเป็นการออกกำลังกายแบบกลุ่ม จึงเริ่มต้นออกกำลังกายในช่วง 2 สัปดาห์แรก ด้วยการให้แรงต้านระดับความหนักร้อยละ 40 ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (One-Repetition Maximum: 1RM) การหาค่า 1RM ใช้วิธีการคำนวณตามสูตรของ Brzycki (1993) คือ 1RM เท่ากับ 100*Load rep/ (102.78 - 2.78*rep) โดยที่ Load rep หมายถึงน้ำหนักที่ยกได้ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และ Rep คือจำนวนครั้งที่ยกน้ำหนักได้ ค่าความสัมพันธ์ (Correlation) ของค่า 1 RM ที่ได้จากการคำนวณและการทดสอบจริง มีความเที่ยง (r) = 0.99 (Nascimento et al., 2007) กำหนดให้ฝึกท่าละ 10 ครั้ง เป็น 1 รอบ มีการศึกษาที่แสดงผลว่า การฝึกด้วยความหนักเท่ากันในกลุ่มที่ฝึก 1 รอบต่อครั้ง กับกลุ่มที่ฝึก 3 รอบต่อครั้ง ให้ผลในการปรับตัวของระบบประสาทและ

กล้ามเนื้อ (Neuromuscular adaptation) ไม่แตกต่างกัน (Radaelli et al., 2013) วิธีการเพิ่มความก้าวหน้าในการฝึก ใช้วิธีการคำนวณ 1RM ในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่สอง โดยการปรับระดับน้ำหนักเป็นร้อยละ 50 ของ 1RM ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ตามหลักการในการปรับเพิ่มความก้าวหน้าของแรงต้าน ควรปรับความหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 2-10 ของ 1RM (Kraemer et al., 2002) และการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านร้อยละ 40-60 ของ 1RM มีความปลอดภัยสำหรับผู้ป่วยโรคหัวใจและผู้ที่มีความดันโลหิตขณะพักในระดับ 160/90 มม.ปรอท (Williams et al., 2007)

2.4 กำหนดการผ่อนคลายจิตใจ ด้วยวิธีการฝึกหายใจแบบลึก (Deep breathing) โดยใช้กล้ามเนื้อกระบังลม (Jerath et al., 2006) ด้วยวิธีการหายใจเข้าทางจมูกช้า ๆ 4 วินาที (ใช้วิธีการนับในใจ 1-4) หน้าท้องจะรู้สึกพองขึ้น แล้วค่อย ๆ ผ่อนลมหายใจออกทางจมูกอย่างช้า ๆ 6 วินาที (ใช้วิธีนับในใจ 1-6) หน้าท้องจะแฟบลง

2.5 กำหนดการผ่อนคลายร่างกาย ด้วยวิธีการยืดกล้ามเนื้อ ตามหลักการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง โดยการยืดกล้ามเนื้อแขน ขาและลำตัว การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างที่มีประสิทธิภาพควรยืดกล้ามเนื้อ 15-30 วินาทีต่อครั้ง (Page, 2012)

2.6 กำหนดการสร้างแรงจูงใจในการออกกำลังกาย โดยการออกกำลังกายแบบกลุ่ม (Eyigor, Karapolat, & Durmaz, 2007)

2.7 กำหนดขั้นตอนของโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

โปรแกรมนี้มีองค์ประกอบหลัก 6 ส่วน คือ 1) การผ่อนคลายจิตใจด้วยวิธีการหายใจแบบลึก (Deep breathing) 2) การฝึกหมุนภาพในใจ (Mental rotation) 3) การฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืน 4) การอบอุ่นร่างกาย (Warm up) ด้วยการยืดกล้ามเนื้อก่อนออกกำลังกาย 5) การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า (PRE) และ 6) การคลายอุ่น (Cool down) ด้วยการยืดกล้ามเนื้อ ซึ่งในส่วนที่ 4-6 ทำตามหลักการออกกำลังกาย คือ เริ่มจากการอบอุ่นร่างกายเพื่อเตรียมกล้ามเนื้อและข้อต่อให้มีความยืดหยุ่นก่อนออกกำลังกาย จากนั้นให้ออกกำลังกายตามรูปแบบที่กำหนด และมีการคลายอุ่นเพื่อปรับร่างกายให้ผ่อนคลายและลดอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกาย (Olsen, Sjøhaug, Van Beekvelt, & Mork, 2012)

2.8 สร้างโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน แบ่งออกเป็น 6 ส่วน 14 ท่า โดยจัดทำเป็นสื่อวีดิทัศน์และคู่มือการใช้โปรแกรม สื่อวีดิทัศน์มีความยาวประมาณ 50 นาที ประกอบด้วยเวลาส่วนที่ใช้ในการออกกำลังกายประมาณ 40 นาที ส่วนคำชี้แจงและพักระหว่างการออกกำลังกายประมาณ 10 นาที รายละเอียดมีดังนี้

ส่วนที่ 1 การผ่อนคลายจิตใจด้วยการฝึกหายใจแบบลึก 2 รอบ คือ

รอบที่ 1 การฝึกหายใจแบบลึกก่อนการฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืน

รอบที่ 2 การฝึกหายใจแบบลึกหลังการออกกำลังกาย

ส่วนที่ 2 การหมุนภาพในใจ (Mental rotation)

ส่วนที่ 3 การฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืน ทั้งจินตภาพทางการมองเห็นและจินตภาพทางคินนิสธีติก จำนวน 2 รอบ คือ

รอบที่ 1 การฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืนก่อนออกกำลังกาย

รอบที่ 2 การทวนซ้ำจินตภาพการลุกขึ้นยืนหลังออกกำลังกาย

ส่วนที่ 4 การอบอุ่นร่างกายด้วยการยืดกล้ามเนื้อ

ส่วนที่ 5 การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า ของกล้ามเนื้อขา 6 มัด คือ กล้ามเนื้องอข้อสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก กล้ามเนื้องอข้อเข่า กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น และกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง

ส่วนที่ 6 การคลายอุ่น โดยการยืดกล้ามเนื้อคอ แขน และลำตัว

ในการฝึกปฏิบัติตามโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีท่าออกกำลังกายจำนวน 14 ท่า รายละเอียดดังนี้ (ภาคผนวก ค)

ท่าที่ 1 การฝึกหายใจแบบลึกก่อนฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว วิธีการฝึก ให้นั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง เท้าวางราบกับพื้น มือทั้งสองข้างวางบนหน้าท้อง ผ่อนคลายบ่าและไหล่ หลับตาลง หายใจเข้าทางจมูกอย่างช้า ๆ ค้างไว้ ความรู้สึกของมือที่วางบนหน้าท้อง จะรู้สึกว่าหน้าท้องพองออก แล้วค่อย ๆ ผ่อนลมหายใจออกทางจมูกอย่างช้า ๆ ความรู้สึกของมือที่วางบนหน้าท้อง จะรู้สึกว่าหน้าท้องแฟบลง หายใจเข้าค้างไว้ 4 วินาที ค่อย ๆ ผ่อนลมหายใจออก 6 วินาที ทำ 6 รอบ

ท่าที่ 2 การฝึกหมุนภาพในใจ วิธีการฝึกให้มองภาพมือ 2 ภาพ ที่แสดงบนจอฉายภาพวีดิทัศน์ แล้วคิดในใจว่าภาพที่เห็น เป็นมือข้างซ้าย หรือข้างขวา ถ้าเป็นข้างเดียวกันทั้งสองภาพ ตอบว่า “เหมือนกัน” ถ้าเป็นคนละข้าง ตอบว่า “แตกต่างกัน” แล้วตอบลงในกระดาษคำตอบ โดยที่ไม่เคลื่อนไหวมือตามภาพที่มองเห็น มีจำนวน 5 ข้อ

ท่าที่ 3 การฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืน วิธีการฝึกมี 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนแรก เป็นการฝึกจินตภาพทางการมองเห็น โดยการสังเกตการลุกขึ้นยืนอย่างถูกวิธีแบ่งเป็น 4 ระยะ วิธีการฝึก ให้นั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง เลื่อนข้อสะโพกมาที่กลางเก้าอี้เพื่อเตรียมพร้อมในการลุกขึ้นยืน เท้าทั้งสองข้างวางราบกับพื้น เลื่อนส้นเท้าให้อยู่ในแนวหลังต่อแนวข้อเข่าเล็กน้อย ระยะที่หนึ่ง กล้ามเนื้องอข้อสะโพกหดตัว โดยที่ลำตัวตรง ระยะที่สอง เริ่มถ่ายน้ำหนักลงที่เท้าทั้งสองข้าง กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าจะทำงาน และเริ่มยกข้อสะโพกขึ้น ระยะที่สาม มีการเหยียดข้อสะโพกและข้อเข่า และระยะที่สี่ ยืนทรงตัวตรงอย่างมั่นคง จากนั้นให้ทดลองลุกขึ้นยืนพร้อมกับจำการเคลื่อนไหวของร่างกาย ในแต่ละระยะ ดังนี้

1) หมายถึง ให้รู้สึกถึงการงอข้อสะโพก โดยที่ลำตัวตรง

2) หมายถึง ให้รู้สึกถึงการถ่ายน้ำหนักลงที่เท้าทั้งสองข้าง และเริ่มยกข้อสะโพกขึ้น

3) หมายถึง ให้รู้สึกถึงการเหยียดข้อเข่าและข้อสะโพก

4) หมายถึง ให้รู้สึกถึงการยืนตรงอย่างมั่นคง

ขั้นตอนที่สอง วิธีการจินตภาพทางคินนิสธีติก วิธีการฝึก ให้นั่งพิงพนักเก้าอี้ผ่อนคลาย หลับตาลงช้า ๆ เพื่อจินตภาพการลุกขึ้นยืน โดยการฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืนตามรูปแบบที่ฝึกข้างต้น โดยไม่ต้องลุกขึ้นยืนจริง 5 รอบ

ท่าที่ 4 การอบอุ่นร่างกาย โดยการยืดกล้ามเนื้อขาและข้อเท้า วิธีการฝึก นอนหงายบนเตียง เหยียดขาข้างซ้าย ใช้ผ้าคล้องปลายเท้าข้างซ้าย ดึงผ้าด้วยมือทั้งสองข้างเข้าหาลำตัว จะรู้สึกตึงที่ด้านหลังข้อเข่าและน่อง วิธีการยืดกล้ามเนื้อให้เคลื่อนไหวแบบช้าๆ จนถึงจุดที่เริ่มมีอาการตึงบริเวณกล้ามเนื้อ ยืดกล้ามเนื้อค้างไว้ 15 วินาที แล้วค่อย ๆ ผ่อนกล้ามเนื้อกลับมาอยู่ในท่าเริ่มต้น แล้วสลับมายืดกล้ามเนื้อขาข้างขวา ทำ 5 ครั้ง

ท่าที่ 5 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก วิธีการฝึก ให้นอนคว่ำ วางมือราบกับเบาะในระดับเดียวกับไหล่ทั้งสองข้าง หันศีรษะไปด้านใดด้านหนึ่ง ใส่ถุงทรายบริเวณเหนือข้อเข่าข้างซ้าย ตามน้ำหนักที่กำหนด (มีการหาค่าน้ำหนักของถุงทรายที่เหมาะสมรายบุคคลในขั้นตอนการเตรียมการก่อนการเริ่มใช้โปรแกรมออกกำลังกาย) ให้งอข้อเข่าข้างซ้ายประมาณ 90 องศาค้างไว้ ค่อยๆ ยกขาท่อนบนหรือเหยียดข้อสะโพกขึ้นประมาณ 20 องศา แล้วค่อย ๆ วางขาลง ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง แล้วสลับมาออกกำลังกายกล้ามเนื้อขาข้างขวา

ท่าที่ 6 การออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อเข่า วิธีการฝึก ให้นอนคว่ำ ใส่ถุงทรายบริเวณข้อเท้าตามน้ำหนักที่กำหนด ค่อย ๆ งอข้อเข่าข้างซ้ายเข้ามาชิดข้อสะโพก ข้อเข่าจะงอประมาณ 135 องศา แล้วค่อย ๆ เหยียดขากลับมาที่เดิม ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง แล้วสลับมาออกกำลังกายกล้ามเนื้อขาข้างขวา

ท่าที่ 7 การออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อสะโพก วิธีการฝึก ให้นั่งเก้าอี้ ลำตัวตรง เท้าวางราบกับพื้น ใช้มือจับขอบเก้าอี้ถ้ารู้สึกไม่มั่นคง ใส่ถุงทรายบริเวณเหนือข้อเข่าข้างซ้าย ตามน้ำหนักที่กำหนด งอข้อสะโพกเข้ามาชิดหน้าอก ข้อสะโพกจะงอประมาณ 120 องศา แล้วค่อย ๆ วางขาลงที่เดิม ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง แล้วสลับมาออกกำลังกายกล้ามเนื้อขาข้างขวา

ท่าที่ 8 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า วิธีการฝึกให้นั่งเก้าอี้ ลำตัวตรง เท้าวางราบกับพื้น ใช้มือจับขอบเก้าอี้ถ้ารู้สึกไม่มั่นคง ใส่ถุงทรายบริเวณเหนือข้อเท้าด้านซ้าย ตามน้ำหนักที่กำหนด ค่อย ๆ เหยียดเข่าตรง แล้วงอเข่ากลับมาท่าเดิมช้า ๆ ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง แล้วสลับมาออกกำลังกายกล้ามเนื้อขาข้างขวา

ท่าที่ 9 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น วิธีการฝึก ให้นั่งเก้าอี้ ลำตัวตรง เท้าวางราบกับพื้น ใส่ถุงทรายบริเวณปลายเท้าด้านซ้าย ตามน้ำหนักที่กำหนด ค่อย ๆ กระดกข้อเท้าขึ้น ทำมุมประมาณ 20 องศา แล้วค่อย ๆ วางปลายเท้าลง ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง แล้วสลับมาออกกำลังกายกล้ามเนื้อขาข้างขวา

ท่าที่ 10 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง วิธีการฝึก ให้ยืนตัวตรง มือทั้งสองข้างจับพนักเก้าอี้ งอเข่าข้างขวา เขย่งปลายเท้าข้างซ้าย ให้ส้นเท้าลอยพ้นพื้น ประมาณ 45 องศา แล้ววางเท้าลงที่ตำแหน่งเดิม ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง แล้วสลับมาออกกำลังกายกล้ามเนื้อขาข้างขวา

ท่าที่ 11 การคลายอุ่นด้วยการยืดกล้ามเนื้อคอ แขน และลำตัว วิธีการฝึก ให้นั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง ลำตัวตรง มือทั้งสองข้างวางประสานที่ท้ายทอย ค่อย ๆ เอียงศีรษะและลำตัวไปทางขวา จะรู้สึกตึงที่กล้ามเนื้อคอ แขนและลำตัวข้างซ้าย ค้างไว้ 15 วินาที ค่อย ๆ ยกศีรษะและลำตัวกลับมาอยู่ในแนวตรง แล้วสลับมายืดกล้ามเนื้อข้างซ้าย ทำ 5 ครั้ง

ท่าที่ 12 การยืดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว วิธีการฝึก ให้นั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง ลำตัวตรง มือทั้งสองข้างวางเหนือข้อสะโพก ค่อย ๆ หันหน้าและลำตัวไปทางขวา จะรู้สึกตึงที่กล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว ค้างไว้ 15 วินาที ค่อย ๆ หันกลับมาอยู่ในแนวตรง แล้วสลับมายืดกล้ามเนื้อข้างซ้าย ทำ 5 ครั้ง

ท่าที่ 13 การหายใจแบบลึกหลังออกกำลังกาย ปฏิบัติเช่นเดียวกับท่าที่ 1

ท่าที่ 14 การทวนซ้ำจินตภาพการลุกขึ้นยืนหลังออกกำลังกายปฏิบัติเช่นเดียวกับท่าที่ 3

3. การตรวจสอบคุณภาพโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เมื่อจัดทำสื่อวีดิทัศน์และคู่มือการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้เสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของโปรแกรม จำนวน 3 คน ประกอบด้วย

1) นายแพทย์สมรักษ์ สันติเบ็ญจกุล

อาจารย์ประจำภาควิชาจิตเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) ผศ.ดร.นฤพนธ์ วงศ์จตุรภัทร

อาจารย์ประจำคณะวิทยาสาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

3) ดร.ศราวิน เทพสถิตย์ภรณ์

อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 คน ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมโดยประเมินความสอดคล้อง ความเหมาะสมด้านการออกแบบ ความแรง ความถี่ และระยะเวลาของโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน มีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด โดยมีข้อคำถามที่ผู้ทรงคุณวุฒิทุกคน

แสดงความคิดเห็นในระดับ 3 และ 4 ทุกข้อ (27 ข้อ) ค่า CVI = 27/27 ได้ค่า CVI เท่ากับ 1.00 โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ คือ การฝึกหายใจแบบลึกและการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว ควรปรับเพิ่มเป็นสองรอบ การหมุนภาพในใจจากการให้มองภาพมือครั้งละ 1 ภาพแล้วตอบคำถาม ให้เปลี่ยนเป็น 2 ภาพ แล้วให้กลุ่มตัวอย่างคิดหมุนภาพในใจพร้อมกับเปรียบเทียบว่า ภาพที่เห็น คือ ภาพมือข้างเดียวกันหรือคนละข้าง และแนะนำว่า ควรระมัดระวังในการให้แรงต้านใน การออกกำลังกาย เนื่องจากผู้สูงอายุจัดเป็นกลุ่มเปราะบาง ควรมีแนวทางในการป้องกันปัญหา ไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นได้

4. ปรับปรุงโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ตามข้อแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยปรับเพิ่มการฝึกหายใจแบบลึกและจินตภาพขั้นตอนการลุกขึ้นยืน จาก 1 รอบ ปรับแก้ไขเป็น 2 รอบ ในส่วนของการฝึกหมุนภาพในใจ เปลี่ยนเป็นให้มอง 2 ภาพ พร้อมกัน แล้วให้กลุ่มตัวอย่างคิดหมุนภาพในใจและเปรียบเทียบว่า เป็นมือข้างเดียวกันหรือคนละข้าง และป้องกันปัญหาในการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน โดยการให้นักกายภาพบำบัดประเมิน ความแข็งแรงและปรับระดับแรงต้านในการออกกำลังกาย ควบคุมดูแลขณะใช้โปรแกรมทุกครั้ง พร้อมทั้งอธิบายข้อควรระวังในการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน และสอบถามอาการของกลุ่ม ตัวอย่างทุกคนหลังออกกำลังกายรวมทั้งปรับปรุงแก้ไขคู่มือการใช้โปรแกรม ฉบับร่างและวีดิทัศน์ ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

5. นำโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายฉบับร่าง ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 3 คน (ภาพที่ 3-4) ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา อายุเฉลี่ย 65 ปี เพื่อประเมินวิธีการฝึก และอุปกรณ์ต่าง ๆ และทดสอบความเป็นวัตถุวิสัย (Objectivity) เพื่อดูความชัดเจนของภาษาและ ความเข้าใจของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีนักกายภาพบำบัด 3 คน ประเมินความเหมาะสมของท่าที่ใช้ฝึก และสอบถามกลุ่มตัวอย่างภายหลังการใช้โปรแกรม ซึ่งได้รับข้อแนะนำจากนักกายภาพบำบัด คือ ควรปรับเวลาและเพิ่มข้อความในวีดิทัศน์เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเตรียมตัวในการเปลี่ยนท่าออกกำลังกาย และใส่ถุงทรายเพื่อเป็นแรงต้าน ส่วนความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง สรุปได้ว่าปฏิบัติตามได้ทุกท่าและ โปรแกรมนี้มีความเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ หลังการออกกำลังกายมีอาการเหนื่อยเล็กน้อย ไม่มี อาการปวดกล้ามเนื้อ และผู้วิจัยได้โทรศัพท์สอบถามอาการหลังจากฝึกปฏิบัติ 2 วัน กลุ่มตัวอย่าง ทุกคนแจ้งว่า ไม่มีอาการผิดปกติใด ๆ

ภาพที่ 3-4 การทดลองใช้โปรแกรมกับกลุ่มที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง

6. ปรับแก้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบในขณะปฏิบัติภายหลังการทดลองใช้ โดยเพิ่มเวลาในการเปลี่ยนท่า เช่น การเปลี่ยนจากท่านอนเป็นท่านั่ง ตามข้อแนะนำและข้อสังเกตจากนักกายภาพบำบัดก่อนนำไปใช้จริง พร้อมทั้งแก้ไขวีดิทัศน์และคู่มือการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย โดยจัดทำวีดิทัศน์ 3 ชุด เพื่อสุ่มใช้ในขณะฝึกปฏิบัติ (คู่มือการใช้โปรแกรม ในภาคผนวก ค)

7. วางแผนขั้นตอนในการฝึกปฏิบัติจริง ผู้วิจัยจัดทำตารางนัดหมายล่วงหน้าตลอดโปรแกรม ให้กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม และนัดเตรียมความพร้อมก่อนการฝึกปฏิบัติตามโปรแกรม 1 ครั้ง ทั้งสองกลุ่ม โดยที่กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย จะได้รับการอธิบายและสาธิตวิธีการออกกำลังกาย วิธีการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวในการลุกขึ้นยืน การฝึกหายใจที่ถูกต้อง การฝึกหมุนภาพในใจเมื่อมองภาพมือ 2 ภาพพร้อมกัน แล้วตอบว่าเป็นมือข้างเดียวกัน หรือ คนละข้าง รวมทั้งวิธีการยืดกล้ามเนื้อก่อนและหลังออกกำลังกายอย่างถูกวิธี พร้อมทั้งการหาค่า 1RM ของกล้ามเนื้อ เพื่อกำหนดแรงต้านที่เหมาะสมเป็นรายบุคคล ส่วนกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ จะได้รับการอธิบายขั้นตอนการออกกำลังกาย วิธีการออกกำลังกายที่ถูกต้องและบอกข้อควรระวังในขณะออกกำลังกายที่ต้องแจ้งผู้วิจัยทันที เช่น อาการปวดกล้ามเนื้อ อาการเวียนศีรษะ อาการเหนื่อยมากผิดปกติ ข้อควรระวังในขณะออกกำลังกาย และทดลองฝึกออกกำลังกาย ภายใต้คำแนะนำจากนักกายภาพบำบัดเช่นเดียวกันทั้งสองกลุ่ม

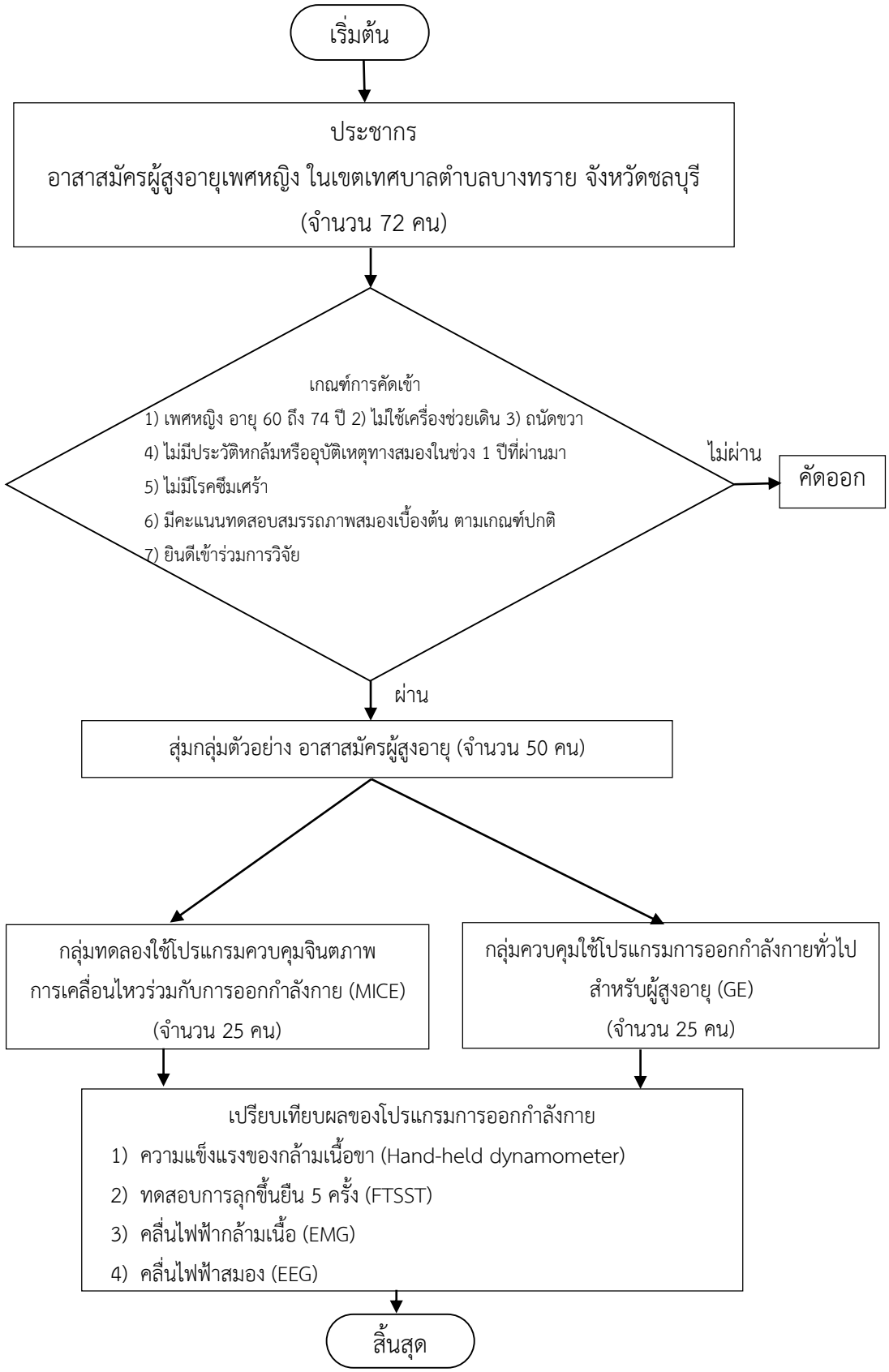
ในส่วนของสถานที่ อุปกรณ์การฝึก และบุคลากรในการดูแลการใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั้งสองโปรแกรม ได้ขอความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องอเนกประสงค์ โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี เป็นห้องปรับอากาศ ไม่มีเสียงรบกวนจากภายนอก มีเครื่องฉายภาพวีดิทัศน์ มีเตียงเตี้ยจำนวน 8 ตัว และเก้าอี้มีพนักพิง 20 ตัว มีอุปกรณ์ในการฝึกออกกำลังกาย และมีนักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์เป็นผู้ช่วยนักวิจัยแนะนำการออกกำลังกายทุกครั้ง โดยการฝึกแบบกลุ่ม

(กลุ่มละ 8-9 คน) ผู้ดูแลการฝึก 2-3 คน อัตราส่วนผู้ดูแลการฝึกต่อกลุ่มตัวอย่างไม่เกิน 1 ต่อ 4 คน และฝึกตามโปรแกรมสัปดาห์ละ 3 วัน อย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (จำนวน 12 ครั้ง)

ระยะที่ 2 การเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

นำโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายที่สร้างขึ้น และผ่านการทดสอบการทดลองใช้แล้วมาใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน และคลื่นไฟฟ้าสมองในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ก่อนและหลังการทดลอง และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

ใช้วิธีการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) แบบวัดก่อนและหลังการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม (Randomized pretest and posttest active control group design) (Edmonds & Kennedy, 2013, pp. 24-30; McMillan & Schumacher, 2014, p. 294) มีขั้นตอนการเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการออกกำลังกายดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลการใช้โปรแกรม MICE กับโปรแกรม GE

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครผู้สูงอายุเพศหญิง ในเขตเทศบาลตำบลบางทราย อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี อายุ 60-74 ปี จำนวน 50 คน ที่อาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยและมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด โดยมีการเลือกกลุ่มตัวอย่างดังนี้

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusions criteria) ได้แก่

1) เป็นผู้สูงอายุเพศหญิงที่มีอายุตั้งแต่ 60 ถึง 74 ปี

2) สามารถเดินโดยไม่ใช้เครื่องช่วย

3) มีความถนัดข้างขวา ประเมินได้จากแบบสำรวจความถนัด ฉบับย่อ (Edinburg handedness inventory-short form)

4) ไม่มีประวัติการหกล้มหรืออุบัติเหตุทางสมองในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา

5) ไม่มีโรคซึมเศร้าประเมินตามแบบคัดกรองโรคซึมเศร้า

6) มีการรับรู้เกี่ยวกับบุคคล เวลา สถานที่ ประเมินโดยใช้แบบทดสอบสมรรถภาพสมองเบื้องต้น ฉบับภาษาไทย (MMSE-Thai 2002) โดยได้คะแนนตั้งแต่ 14 คะแนนขึ้นไป สำหรับผู้ที่ไม่ได้เรียนหนังสือ คะแนนตั้งแต่ 17 คะแนนขึ้นไป สำหรับผู้ที่เรียนระดับประถมศึกษา และได้คะแนนตั้งแต่ 22 คะแนนขึ้นไป สำหรับผู้ที่เรียนสูงกว่าระดับประถมศึกษา

7) ยินดีเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก (Exclusions criteria) ได้แก่

1) มีภาวะข้อเข่าเสื่อมที่รุนแรง

2) มีความผิดปกติทางระบบประสาท

3) มีโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือดที่ไม่สามารถควบคุมอาการ

4) มีปัญหาในการสื่อสาร

5) มีข้อห้ามในการออกกำลังกล้ามเนื้อขาและลำตัว ในระหว่างการเข้าร่วมการวิจัย

6) มีปัญหาสุขภาพหรือเจ็บป่วยที่ต้องรับการรักษาระหว่างการเข้าร่วมการวิจัย

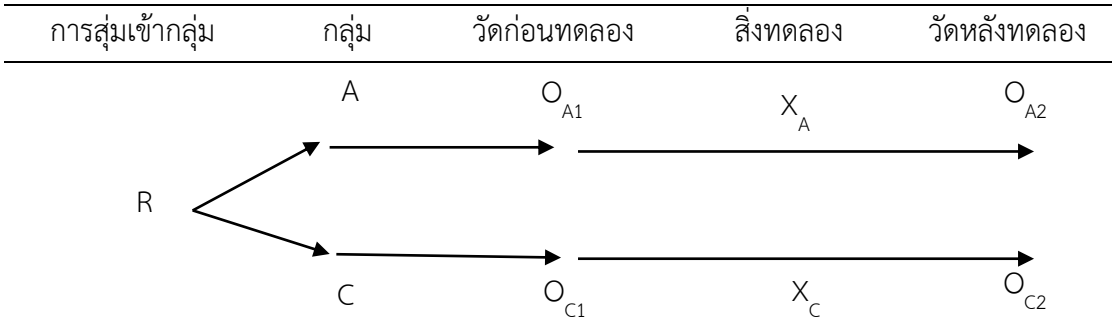
7) ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้อย่างต่อเนื่อง

การคำนวณขนาดตัวอย่าง

ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณโดยใช้โปรแกรม G Power 3.1.9.2 สำหรับ Windows กำหนดค่าอำนาจจำแนกความแตกต่างที่ระดับร้อยละ 80 ระดับความน่าจะเป็นที่ 0.05 ใช้สถิติทดสอบที (*t*-test) และกำหนดขนาดอิทธิพลระดับสูง 0.80 ในการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2555, หน้า 74-80) ผลการคำนวณได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 21 คนต่อกลุ่ม รวมสองกลุ่มเท่ากับ 42 คน และเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่อาจยกเลิกระหว่างการทดลองร้อยละ 20 ดังนั้นผู้วิจัยจึงวางแผนในการรวบรวมกลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่ากลุ่มละ 25 คน รวมสองกลุ่ม 50 คน

แบบแผนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) แบบวัดก่อนและหลังการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม (Randomized pretest and posttest active control group design) (Edmonds & Kennedy, 2013, pp. 24-30; McMillan & Schumacher, 2014, p. 294) ดังภาพที่ 3-6 โดยกลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กลุ่มควบคุมเป็นแบบ Active control group (Temple, & Ellenberg, 2000; Karlsson & Bergmark, 2015) ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ที่ใช้เวลาใกล้เคียงกับกลุ่มทดลอง และใช้สถานที่เดียวกันในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อให้เกิดความเสมอภาคมากที่สุด และลดความเหลื่อมล้ำเกี่ยวกับพฤติกรรมเนือยนิ่ง (Sedentary lifestyle) (Booth & Lees, 2006)



ภาพที่ 3-6 แบบแผนการทดลอง

R หมายถึง มีการสุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

A หมายถึง กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

C หมายถึง กลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

O_{A1} หมายถึง การวัดตัวแปรตาม ก่อนการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

O_{C1} หมายถึง การวัดตัวแปรตาม ก่อนการใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

X_A หมายถึง โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

X_C หมายถึง โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

O_{A2} หมายถึง การวัดตัวแปรตาม ภายหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

O_{C2} หมายถึง การวัดตัวแปรตาม ภายหลังการใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

การศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม จึงควบคุมตัวแปรเพื่อเพิ่มความตรง โดยวิธีมาตรฐาน (Gravetter & Foreano, 2012, pp. 260-264) มีรายละเอียดดังนี้

1) การทำให้ตัวแปรควบคุมคงที่ (control extraneous variables) โดยศึกษาเฉพาะเพศหญิง เนื่องจากผู้สูงอายุเพศหญิงจะเริ่มสูญเสียความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการทำกิจกรรมทางกายเร็วกว่าผู้สูงอายุเพศชาย (Cheng, Yang, Cheng, Chen, & Wang, 2014) และเพศเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความแข็งแรงของร่างกาย

2) การควบคุมสิ่งแวดล้อมให้คงที่ โดยการให้โปรแกรมการออกกำลังกายที่สถานที่เดียวกันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ในช่วงเวลาเดียวกัน โดยใช้เวลาใกล้เคียงกัน

3) วิธีการสุ่ม (Randomization) โดยใช้หลักการสุ่มทางสถิติอย่างง่าย เนื่องจากการสุ่มเป็นวิธีการที่ปราศจากความลำเอียง ด้วยวิธีการสุ่มในการจัดกลุ่ม (Random assignment) เพื่อจัดตัวอย่างให้เข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เป็นวิธีการขจัดความไม่เท่าเทียมกันในคุณลักษณะต่าง ๆ ของหน่วยตัวอย่างตามหลักความน่าจะเป็น และทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทดสอบทีก่อนการทดลอง

การศึกษานี้เป็นแบบปกปิดสองทาง (Double-blind) คือ ทั้งกลุ่มตัวอย่างและผู้ประเมินไม่ทราบว่าตนเองอยู่ในกลุ่มใดหรือกำลังประเมินกลุ่มใด เพื่อป้องกันอคติในการวิจัย (พรรณี ปิติสุทธิธรรมและชยันต์ พิเชียรสุนทร, 2554, หน้า 146-148)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

1.1 โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายที่พัฒนาขึ้นสำหรับกลุ่มทดลอง (Motor Imagery Control Combined with Exercise Program: MICE)

1.2 โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ (General Exercise Program: GE) สำหรับกลุ่มควบคุม ที่เป็นโปรแกรมออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ ที่จัดทำโดยกรมอนามัย ดังแสดงเป็นภาพรวมของทั้งสองโปรแกรมในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ภาพรวมของโปรแกรม MICE และ โปรแกรม GE

หัวข้อ	โปรแกรม MICE	โปรแกรม GE
วัตถุประสงค์	1) เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา 2) เพิ่มความเร็วในการลุกขึ้นยืน	1) เพื่อช่วยในการยืนเดินและการทรงตัว 2) เพิ่มความแข็งแรง 3) ลดอุบัติการพลัดตกหกล้ม 4) เพิ่มคุณภาพชีวิต
ใช้สำหรับ	ผู้สูงอายุ 60-74 ปี	ผู้สูงอายุ
วิธีการ	ประกอบด้วย 6 ส่วน (รวม 14 ท่า) 1) การผ่อนคลายด้วยการหายใจแบบลึก 2) การหมุนภาพในใจ 3) การจินตภาพการลุกขึ้นยืน 4) การอบอุ่นร่างกาย ด้วยการยืดกล้ามเนื้อ 5) การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า 6) การคลายอุ่น ด้วยการยืดกล้ามเนื้อ	ท่าออกกำลังกาย 14 ท่า แบ่งเป็นท่านั่งและท่ายืน ประกอบด้วย 1) ท่ายืดกล้ามเนื้อส่วนคอ ไหล่ ขา และลำตัว 2) ท่าเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ขา และ ลำตัว
ข้อแนะนำ	ควรปฏิบัติ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์	ควรออกกำลังกายร่วมกับการเดินอย่างน้อย 30 นาที
เวลา	ประมาณ 40-50 นาที/ครั้ง	ประมาณ 30-40 นาที/ครั้ง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา น้ำหนัก ส่วนสูง โรคประจำตัว การบาดเจ็บในช่วง 1 ปี ที่ผ่านมา การมองเห็น การออกกำลังกาย และปัญหาในการทำกิจวัตรประจำวัน (ภาคผนวก ข-1)

2.2 แบบทดสอบสมรรถภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (MMSE-Thai 2002) เป็นการทดสอบความสามารถของผู้สูงอายุ ประกอบด้วย 11 กิจกรรม ได้แก่ การตอบคำถามเกี่ยวกับ วัน เวลา สถานที่ การจดจำข้อความ การคิดคำนวณ การเขียน และการปฏิบัติตามคำสั่ง การให้คะแนนในแต่ละกิจกรรมจะแตกต่างกันออกไปตามความยากง่าย คะแนนความสามารถในการทำแบบทดสอบนี้สัมพันธ์กับพื้นฐาน ความรู้ คะแนนเต็มของแบบทดสอบจึงมีเกณฑ์ไม่เท่ากันเมื่อใช้ทดสอบบุคคลที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน (อมรากุล อินโอชานนท์, กาญจนา วณิชรมณีย์ และชิดชนก โอภาสวัฒนา, 2555, หน้า 38-41) (ภาคผนวก ข-2)

จุดตัด (Cut-off point) สำหรับคะแนนที่สงสัยภาวะสมองเสื่อม (Cognitive impairment)

ไม่ได้เรียนหนังสือ คะแนนเต็มเท่ากับ 23 คะแนน ถ้าได้คะแนน ≤ 14 คะแนน แสดงว่า มีภาวะสมองเสื่อม

เรียนระดับประถมศึกษา คะแนนเต็มเท่ากับ 30 คะแนน ถ้าได้คะแนน ≤ 17 คะแนน แสดงว่า มีภาวะสมองเสื่อม

เรียนสูงกว่าระดับประถมศึกษา คะแนนเต็มเท่ากับ 30 คะแนน ถ้าได้คะแนน ≤ 22 คะแนน แสดงว่า มีภาวะสมองเสื่อม

2.3 แบบคัดกรองโรคซึมเศร้า ประกอบด้วยคำถาม 9 ข้อ เป็นการสอบถามเกี่ยวกับความรู้สึกทางด้านร่างกาย จิตใจ และสังคมของผู้สูงอายุ ในช่วงเวลาสองสัปดาห์ที่ผ่านมา ข้อคำถามแต่ละข้อมีระดับ 0-3 คะแนน โดยมีค่าคะแนนรวมตั้งแต่ 0-27 คะแนน (กรมสุขภาพจิต, 2557, หน้า 1-4) (ภาคผนวก ข-3)

เกณฑ์ในการแปลผล

< 7 คะแนน ไม่มีอาการของโรคซึมเศร้า หรือมีอาการของโรคซึมเศร้าระดับน้อยมาก

7 - 12 คะแนน มีอาการของโรคซึมเศร้า ระดับน้อย

13 - 18 คะแนน มีอาการของเโรคซึมเศร้า ระดับปานกลาง

≥ 19 คะแนน มีอาการของโรคซึมเศร้า ระดับรุนแรง

2.4 แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือฉบับย่อ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงมาจาก Edinburgh handedness inventory-short form เป็นแบบประเมินความถนัดในการใช้มือเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การเขียนหนังสือ การแปรงฟัน มีข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ ให้เลือกตอบความถนัดในการใช้มือที่ตรงกับกิจกรรมนั้น ๆ การแปลผล โดยการรวมคะแนนแล้วหารด้วย 4 ถ้าได้คะแนน 61-100 แสดงว่าถนัดข้างขวา (Veale, 2014) (ภาคผนวก ข-4) และทดสอบความถนัดของขาโดยการให้เตะลูกบอล ใช้เท้าเขียนเลข 8 ใช้เท้าแตะตำแหน่งที่กำหนดและใช้นิ้วเท้าคีบลูกแก้ว (Schneiders et al, 2010) เพื่อยืนยันว่ากลุ่มตัวอย่างมีความถนัดข้างขวา

2.5 แบบสอบถามความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว ฉบับภาษาไทย (Thai-MIQ-R) ประกอบด้วยข้อคำถาม 8 ข้อ เพื่อประเมินความแตกต่างของทักษะในการจินตภาพการเคลื่อนไหวรายบุคคล ประกอบด้วยคำถามด้านจินตภาพทางการมองเห็น (Visual imagery) จำนวน 4 ข้อ และจินตภาพทางคินนีสธีติก (Kinesthetic imagery) จำนวน 4 ข้อ การทดสอบมีสี่ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 อธิบายท่าเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 อธิบายการเคลื่อนไหวแขนขาลำตัวอย่างละเอียดชัดเจน จากนั้นแสดงท่าที่อธิบาย

ขั้นตอนที่ 3 ให้กลับไปที่ท่าเริ่มต้นแล้วจินตภาพการเคลื่อนไหว โดยใช้จินตภาพทางการมองเห็น (Visual imagery) หรือจินตภาพทางคินนีสธีติก (Kinesthetic imagery) ตามที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 4 ให้บันทึกคะแนนเป็นมาตรประมาณค่า 7 ระดับ โดยคะแนนน้อย แสดงว่าจินตภาพได้ยากที่สุด คะแนนมาก คือ จินตภาพได้ง่ายที่สุด มีการหาความเที่ยงในคนไทย ปรากฏว่ามีความเที่ยง (r) = 0.80-0.82 (ศศิมา พกุลานนท์ และกนกทิพย์ สว่างใจธรรม, 2555) (ภาคผนวก ข-5)

2.6 เครื่องวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อ (Hand-held dynamometer) โมเดล 1165 Lafayette manual muscle test system ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้ในการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (ภาพที่ 3-7) เครื่องมือ Hand-held dynamometer เป็นเครื่องมือที่มีความเที่ยงในการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีค่าความเที่ยง (r) = 0.97 (Bohannon, 1986) และมีการศึกษาในผู้สูงอายุไทย อายุ 60-81 ปี ปรากฏว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามีผลต่อความเร็วในการลุกขึ้นยืน โดยการศึกษากล้ามเนื้อจำนวน 6 มัด ประยุกต์ท่าในการวัดจากวิธีการวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อขาในผู้สูงอายุไทยในชุมชนของสุขวิดา มโนรังสรรค์ และคณะ (2558) ขั้นตอนในการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามีรายละเอียดดังนี้

1) ผู้ประเมินอธิบายขั้นตอนให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจ

2) กลุ่มตัวอย่างเคลื่อนไหวข้อต่อในท่าที่จะประเมิน เช่น การตรวจกล้ามเนื้องอข้อสะโพก ให้นั่งบนเตียงและยกขาให้เข่างอชิดอกหรืองอข้อสะโพก

3) ผู้ประเมินวางเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อตามตำแหน่งที่กำหนด (ตารางที่ 3-2) เช่น การตรวจความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอข้อสะโพก ให้วางเครื่องมือเหนือข้อเข่า

4) ให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงต้านแรงกับผู้ประเมินเต็มที่ โดยออกแรงให้กล้ามเนื้อหดตัวสูงสุด (Maximum isometric contraction) ค้างไว้ 5 วินาที (ตั้งเวลาที่เครื่อง เมื่อครบเวลาจะมีเสียงสัญญาณ) ผู้ประเมินอ่านค่าที่ได้

5) ผู้ช่วยผู้ประเมิน บันทึกค่าที่วัดได้ตามแบบบันทึก (ภาคผนวก ข-6)

6) ให้กลุ่มตัวอย่างพัก 15 วินาทีระหว่างการวัดกล้ามเนื้อแต่ละครั้ง แล้ววัดซ้ำอีก 1 ครั้ง นำค่าที่บันทึกทั้ง 2 ครั้งมาหาค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแต่ละมัด ทั้งข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัด และให้พัก 1 นาที เมื่อเปลี่ยนเป็นการวัดกล้ามเนื้อมัดอื่นเพื่อป้องกันอาการล้า ค่าที่วัดได้รายงานเป็นหน่วยนิวตัน ตัวอย่างวิธีการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า ดังภาพที่ 3-7

ตารางที่ 3-2 วิธีการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

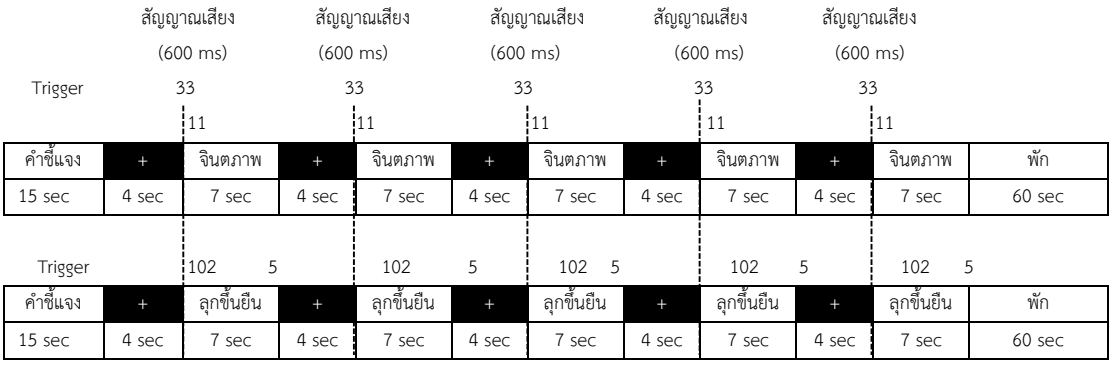
กลุ่มกล้ามเนื้อ	การจัดท่า	วิธีการวางเครื่องมือวัด
กล้ามเนื้องอข้อสะโพก (Hip flexor muscles)	ท่านั่ง เอนตัวไปทางด้านหลังเล็กน้อย	ให้แรงต้านบริเวณเหนือข้อเข่า
กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก (Hip extensor muscles)	นอนคว่ำ ลำตัว สะโพกและขาเหยียดตรงทั้งสองข้าง	ให้แรงต้านที่ต้นขาด้านหลังเหนือต่อข้อเข่า
กล้ามเนื้องอข้อเข่า (Knee flexor muscles)	นอนคว่ำ ลำตัว สะโพกและขาเหยียดตรงทั้งสองข้าง	ให้แรงต้านที่ด้านหลังข้อเท้า
กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (Knee extensor muscles)	ท่านั่ง ลำตัวตรง	ให้แรงต้านที่บริเวณด้านหน้าเหนือต่อข้อเท้า
กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsiflexor muscles)	นอนหงาย	ให้แรงต้านที่ด้านหลังปลายเท้า
กล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง (Ankle plantar flexor muscles)	นอนคว่ำ ข้อเท้าวางเลยจากขอบเตียงเล็กน้อย	ให้แรงต้านที่บริเวณฝ่าเท้า

ภาพที่ 3-7 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่าด้วย Hand-held dynamometer

2.7 การทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (Five times sit-to-stand test: FTSST) โดยการจับเวลาในการลุกขึ้นยืนลงนั่งเร็วที่สุด จำนวน 5 ครั้งอย่างต่อเนื่อง เป็น 1 รอบของการทดสอบ FTSST เป็นวิธีที่มีความตรงเชิงสภาพและความตรงเชิงจำแนก สามารถจำแนกกลุ่มที่มีความบกพร่องทางการทรงตัวได้ (Whitney et al., 2005) วิธีการวัด ใช้เก้าอี้ที่ไม่มีที่พักแขน ความสูงของเก้าอี้ประมาณ 43 เซนติเมตร และใช้เก้าอี้ตัวเดิมในการวัดทุกครั้ง การวางเก้าอี้จะวางให้พนักพิงหลังชิดกำแพง ให้กลุ่มตัวอย่างเริ่มจากท่านั่งตัวตรง เท้าวางราบกับพื้นตามตำแหน่งที่กำหนด

มือทั้งสองข้างวางไขว้กันบริเวณหน้าอก เมื่อกลุ่มตัวอย่างพร้อม บอกให้ “เริ่ม” พร้อมกับเริ่มจับเวลาลุกขึ้นยืนแล้วลงนั่ง ปฏิบัติต่อเนื่องกัน 5 ครั้ง จึงบอกให้ “หยุด” จับเวลาที่ทำได้ 1 รอบ ให้ทดสอบจำนวน 2 รอบ โดยการพัก 1 นาทีระหว่างรอบ บันทึกเวลาในแบบบันทึกความเร็วในการลุกขึ้นยืน (ภาคผนวก ข-7) (Manorangsan et al., 2015) นำค่าที่บันทึก 2 รอบ มาหาค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน

2.8 การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมองในการลุกขึ้นยืน ด้วยเครื่อง Neuroscan system โปรแกรม Curry neuroimaging suit 7.0 ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้โปรแกรม $STIM^2$ ในการสร้างกิจกรรมทดสอบการจินตภาพการลุกขึ้นยืน การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทำพร้อมกัน โดยใช้กิจกรรมทดสอบจินตภาพการลุกขึ้นยืน และการลุกขึ้นยืนจริง โดยมีคำสั่งหน้าจอ เริ่มจากการให้มองจุดกากบาทสีขาวกลางจอบนพื้นสีดำ เพื่อเป็นจุดโฟกัสสายตา เป็นเวลา 4 วินาที ใช้เสียงสัญญาณ 600 มิลลิวินาที (กำหนดสัญลักษณ์ 33) เพื่อให้เตรียมพร้อม จึงให้กลุ่มตัวอย่างจินตภาพการลุกขึ้นยืน 1 ครั้ง (กำหนดสัญลักษณ์ 11) เป็นเวลา 7 วินาที ทำซ้ำ 5 รอบ พัก 1 นาที จากนั้นลุกขึ้นยืนจริง โดยใช้ช่วงเวลาเดียวกัน 5 รอบ (Yoshioka, Nagano, Hay, & Fukashiro, 2009) ดังแสดงในภาพที่ 3-8

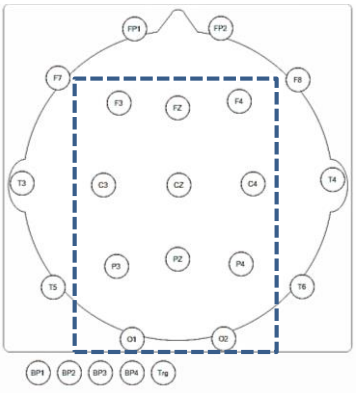


ภาพที่ 3-8 กิจกรรมการทดสอบจินตภาพการลุกขึ้นยืนและการลุกขึ้นยืนจริง

เนื่องจากการลุกขึ้นยืนแต่ละคนใช้เวลาไม่เท่ากัน จึงมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ที่เบาะรองนั่งของเก้าอี้ เมื่อเริ่มลุกขึ้นเซ็นเซอร์จะทำงาน (กำหนดสัญลักษณ์ 102) และขณะยืนตรงมีเซ็นเซอร์ติดกับฟิวเจอร์บอร์ด (กำหนดสัญลักษณ์ 5) เพื่อใช้ในการคำนวณเวลาในการลุกขึ้นยืน และคำนวณช่วงเวลาในการทำงานของกล้ามเนื้อขาในขณะลุกขึ้นยืน ดังภาพ ที่ 3-9

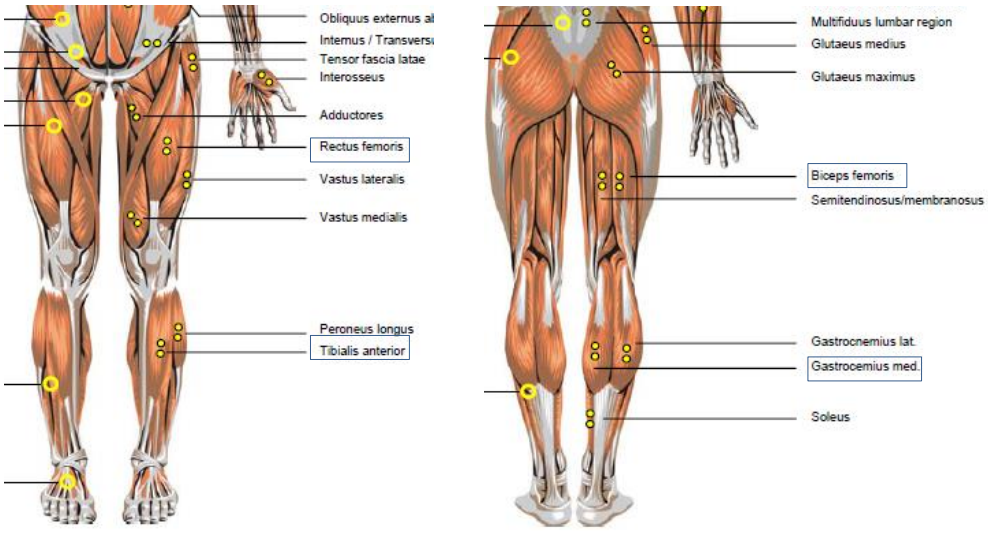
ภาพที่ 3-9 อุปกรณ์เซ็นเซอร์ในการทดสอบการลุกขึ้นยืน ในขณะวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองใช้หมวก 16 ช่องสัญญาณ (Channel) วัดคลื่นไฟฟ้าสมองของเปลือกสมองที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนไหว (Castelnau, 2008) โดยการติดขั้วอิเล็กโทรดตามระบบ 10-20 ตามเขตบร็อดแมนที่ 1, 2, 3 และ 4 ตรงกับตำแหน่ง C3, C4 และ Cz เขตบร็อดแมนน์ 6 ใกล้เคียงกับตำแหน่ง F3, F4 และ Fz เขตบร็อดแมนน์ 17 ตรงกับตำแหน่ง O1 และ O2 (Kaiser et al., 2009) และ P3, P4 และ Pz (ภาพที่ 3-10) รวม 11 ช่องสัญญาณ ใช้ขั้วไฟฟ้าที่เป็นจุดอ้างอิงติดที่ติ่งหูขวาจำนวน 1 ขั้ว และขั้วไฟฟ้าที่เป็นสายดิน (Ground electrode: G) จำนวน 1 ขั้ว การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองใช้วิธีการวัดแบบขั้วเดียว (Monopolar) เพื่อบันทึกความต่างศักย์ระหว่างอิเล็กโทรดที่บริเวณเปลือกสมอง (Cortex) กับอิเล็กโทรดอ้างอิง ใส่เจลในช่องอิเล็กโทรดแต่ละช่องให้สัมผัสกับหนังศีรษะ ตรวจสอบความต้านทานไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดกับผิวหนังให้ต่ำกว่า 10 กิโลโอห์ม และขยายคลื่นไฟฟ้าสมอง 2,500 เท่า ความถี่ในการสุ่ม 250 เฮิรตซ์



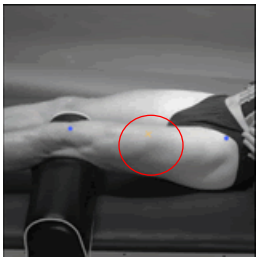
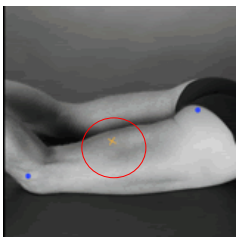
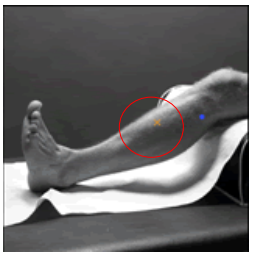
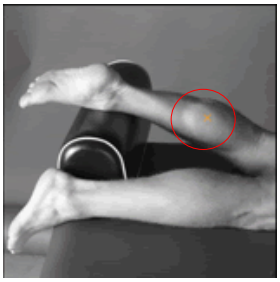
ภาพที่ 3-10 ตำแหน่งขั้วอิเล็กโทรด 11 ช่องสัญญาณที่ใช้บันทึกขณะจินตภาพการลุกขึ้นยืน

การศึกษานี้สนใจศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อบริเวณข้อเข่าและข้อเท้า โดยการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยใช้ขั้วอิเล็กโทรดชนิดผิว (Surface electrode) ติดขั้วอิเล็กโทรดแบบไบโพลาร์ (Bipolar) รุ่น Blue sensor P-00-S ประเทศเดนมาร์ก ขั้วอิเล็กโทรด Ag/AgCl ขนาด 3.62 มิลลิเมตร การวิจัยนี้ศึกษากล้ามเนื้อขา 4 มัด คือ 1) กล้ามเนื้อเรกตัส ฟีมอริส ที่ทำหน้าที่เหยียดข้อเข่า 2) กล้ามเนื้อไบเซพ ฟีมอริส ที่ทำหน้าที่งอข้อเข่า 3) กล้ามเนื้อทิเบียลิส แอนทีเรีย ที่ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าขึ้น และ 4) กล้ามเนื้อมีเดียล แกสตรอกนีเมียส ที่ทำหน้าที่กดปลายเท้าลง (Cuesta-Vargas & Gonzalez-Sanchez, 2013) (ภาพที่ 3-11) และตำแหน่งในการติดขั้วอิเล็กโทรดบนกล้ามเนื้อ ใช้วิธีการติดขั้วแบบไบโพลาร์ เพื่อบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยการติดขั้วอิเล็กโทรดให้ห่างกันอย่างน้อย 2 เซนติเมตร วิธีการติดขั้วอิเล็กโทรดตามข้อแนะนำของ SENIAM (Surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles) (Hermens & Freriks, 2000) ตารางที่ 3-3



ภาพที่ 3-11 การติดขั้วอิเล็กโทรดแบบไบโพลาร์บนกล้ามเนื้อขา (Konrad, 2006, pp. 20-21)

ตารางที่ 3-3 การวัดตำแหน่งติดขั้วอิเล็กโทรดในการตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ลำดับ	ชื่อกล้ามเนื้อ	วิธีการวัดตำแหน่งติดขั้วอิเล็กโทรด
1	กล้ามเนื้อเรกตัส ฟีมอริส (Rectus femoris) 	ที่ระยะกึ่งกลาง ระหว่างตำแหน่ง Anterior superior iliac spine และขอบบนสุดของของ Patella
2	กล้ามเนื้อไบเซพ ฟีมอริส (Biceps femoris) 	ที่ระยะกึ่งกลาง ระหว่างตำแหน่ง Ischial tuberosity กับขอบด้านนอกของกระดูกทิเบีย (Lateral epicondyle of the tibia)
3	กล้ามเนื้อทิเบียลิส แอนทีเรีย (Tibialis anterior) 	ที่ระยะ 1/3 จากขอบบนของกระดูกฟิบูลา (Fibula) กับขอบบนของกระดูกมีเดียล มอลลิโอลัส (Medial malleolus)
4	กล้ามเนื้อมีเดียล แกสตรอกนีเมียส (Medial gastrocnemius) 	ที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อน่องด้านใน (Medial) บริเวณที่นูนที่สุดในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว

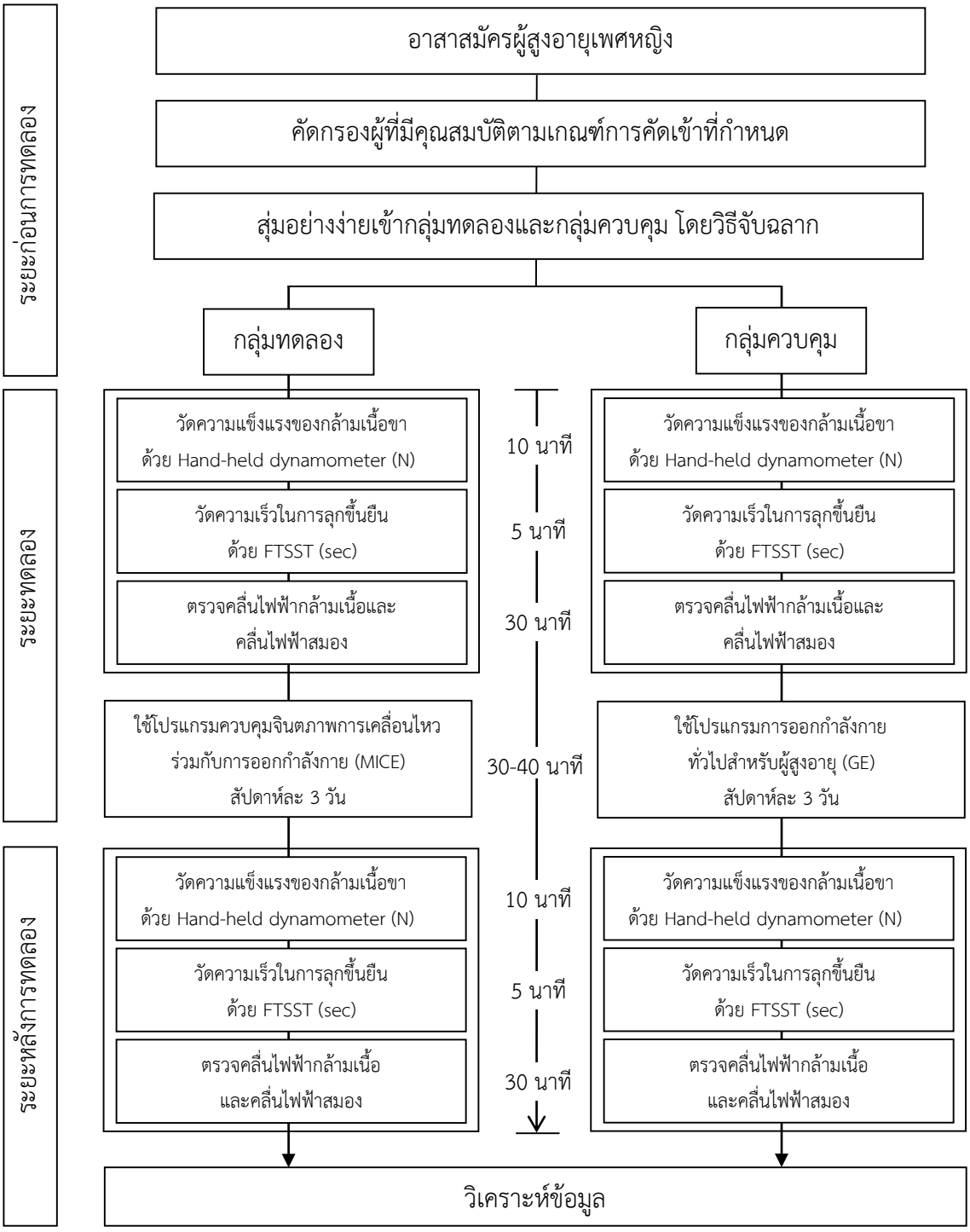
การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ได้รับการตรวจสอบจากคณะกรรมการจริยธรรมของวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา เมื่อวันที่ 16 มิถุนายน 2559 (ภาคผนวก ก) และกลุ่มตัวอย่างสมัครใจที่จะเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ โดยผู้วิจัยมีการแนะนำและอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย ขั้นตอนการทำวิจัย ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำวิจัย และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการทำวิจัยอย่างละเอียด เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจดีแล้ว ผู้วิจัยจึงสอบถามความสมัครใจ และให้กลุ่มตัวอย่างลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ จะเปิดเผยเฉพาะผลสรุปของการวิจัยในภาพรวม และใช้ข้อมูลเพื่อประโยชน์ต่อการศึกษาเชิงวิชาการเท่านั้น และผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถบอกเลิกการเข้าร่วมวิจัยเมื่อใดก็ได้

วิธีดำเนินการทดลอง

การศึกษานี้แบ่งการดำเนินการทดลองออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะก่อนการทดลอง ระยะทดลอง และระยะหลังการทดลอง โดยมีขั้นตอนดังภาพที่ 3-12

สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลอง



ภาพที่ 3-12 สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลอง 3 ระยะ คือ ระยะก่อนการทดลอง ระยะทดลองและระยะหลังการทดลอง

วิธีดำเนินการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

1. ระยะก่อนการทดลอง

1.1 จัดทำเอกสารประชาสัมพันธ์เพื่อรับสมัครผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยการขออนุญาตประชาสัมพันธ์ที่โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ตำบลบางทราย อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี และผู้วิจัยเข้าร่วมประชุมกับอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านเพื่อชี้แจงโครงการวิจัย แจกเอกสารประชาสัมพันธ์และใบสมัครให้กลุ่มตัวอย่างที่สนใจเข้าร่วมโครงการในช่วงเดือนพฤษภาคม – เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 พร้อมนัดวันประชุม

1.2 ทำหนังสือถึงนายกเทศมนตรี ตำบลบางทราย และผู้อำนวยการโรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี จังหวัดชลบุรี เพื่อขอความอนุเคราะห์ให้ผู้สูงอายุที่อาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย

1.3 ดำเนินการประชุมอาสาสมัครเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ รายละเอียดของโครงการวิจัย ผลประโยชน์และผลกระทบที่อาจได้รับจากการวิจัย แล้วสอบถามความสมัครใจ จากนั้นดำเนินการคัดกรองอาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด 2 แห่ง คือ โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี วันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 และที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบางทราย วันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2559 โดยการสัมภาษณ์ผู้สูงอายุเพื่อสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลสุขภาพ แบบคัดกรองโรคซึมเศร้า แบบทดสอบสมรรถภาพสมอง และสำรวจความถนัดในการใช้มือ

1.4 มีผู้สนใจอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัยทั้งหมด 72 คน และภายหลังการคัดกรอง มีผู้ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 50 คน และเซ็นยินยอมเข้าร่วมการวิจัยในวันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2559 และวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

1.5 สุ่มอย่างง่าย (Simple random assignment) เข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยการจับฉลากแบบไม่คืนที่กลุ่มละ 25 คน และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ขนาดของกลุ่มทดลองมีการออกระหว่างการทดลอง 2 คน คงเหลือกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด จำนวน 23 คน และกลุ่มควบคุมอยู่ครบจำนวนตลอดโครงการ คงเหลือกลุ่มตัวอย่างรวม 48 คน

1.6 ชี้แจงขั้นตอนการทำวิจัยและกำหนดตารางการนัดหมายในการเตรียมตัวก่อนเริ่มกิจกรรมกับกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ตั้งแต่วันที่ 2 กรกฎาคม ถึงวันที่ 14 สิงหาคม พ.ศ. 2559

1.7 เตรียมความพร้อมของทีมผู้ช่วยวิจัยดังนี้

1.7.1 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ด้วยเครื่องวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อ (Hand-held dynamometer) โดยนักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี ซึ่งไม่มีส่วนร่วมในขั้นตอนการคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง หรือการดูแลขณะฝึกตามโปรแกรม ผู้วิจัยชี้แจงขั้นตอนวิธีการวัดความแข็งแรงตามที่กำหนด และฝึกซ้อมทุกขั้นตอน ใช้เวลาในการฝึกซ้อมครั้งละ 3 ชั่วโมง จำนวน 2 ครั้ง และหาค่าความเที่ยงในการวัด (Intrarater reliability) โดยการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่าในกลุ่มอาสาสมัคร จำนวน 10 คน ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง

ทำการวัด 2 รอบ ๆ ละ 2 ครั้ง แต่ละรอบห่างกัน 2 วัน นำค่าเฉลี่ยที่วัดได้ไปหาค่าความเที่ยงของผู้วัด วิเคราะห์ข้อมูลโดย Intraclass correlation coefficient (ICC) ได้ค่าความเที่ยงในผู้วัด ค่า ICC = .94 แสดงว่า มีความเที่ยงในการวัดสูง

1.7.2 การทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) โดยนักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์ 2 ปี ผู้วิจัยชี้แจงการทดสอบตามที่กำหนดก่อนเริ่มการทดลอง อธิบายและทำความเข้าใจ พร้อมทั้งฝึกซ้อมขั้นตอนการทดสอบ และวิธีการบันทึกผลตามแบบฟอร์มที่กำหนด ใช้เวลาในการฝึกซ้อมครั้งละ 1 ชั่วโมง จำนวน 2 ครั้ง

1.7.3 การควบคุมและแนะนำโปรแกรมการออกกำลังกาย โดยนิสิตกายภาพบำบัดชั้นปีที่ 4 จำนวน 2 คน และผู้วิจัย รวม 3 คน ฝึกซ้อมการแนะนำท่าออกกำลังกายที่ถูกต้องตามโปรแกรมที่กำหนด จากการดูโปรแกรมที่ใช้ศึกษาทั้งสองโปรแกรม เพื่อทำความเข้าใจและเตรียมการก่อนทดลองใช้จริง ใช้เวลาในการฝึกซ้อมครั้งละ 3 ชั่วโมง จำนวน 3 ครั้ง

1.7.4 การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง ผู้วิจัยจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และซ้อมขั้นตอนการวัด รวม 7 ครั้ง โดยซ้อมวัดกับกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครนิสิตระดับปริญญาตรี จำนวน 6 คน และผู้สูงอายุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง 1 คน ช่วงวันที่ 9-27 มิถุนายน พ.ศ. 2559

1.8 ประสานงานและจัดเตรียมสถานที่และอุปกรณ์ในการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ห้องอเนกประสงค์ โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี จังหวัดชลบุรี (ภาพที่ 3-13) และนัดรถ รับ-ส่งผู้สูงอายุที่เข้าร่วมโครงการ จากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบางทราย เพื่อให้อาสาสมัครเข้าร่วมโครงการได้อย่างสะดวกและพร้อมเพียง

ภาพที่ 3-13 สถานที่จัดโปรแกรมออกกำลังกาย ณ ห้องอเนกประสงค์ รพ.ค่ายนวมินทราชินี จังหวัดชลบุรี

2. ระยะทดลอง ดำเนินการดังนี้

2.1 ดำเนินการที่วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา โดยการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการลุกขึ้นยืน ความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งสองกลุ่มก่อนและหลังการใช้โปรแกรม โดยมีการจัดลำดับ ให้ผู้ที่ได้รับการวัดด้านพฤติกรรมพักอย่างน้อย 30 นาที ก่อนการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง รายละเอียดการนัดกลุ่มตัวอย่างตามตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 กำหนดการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการลุกขึ้นยืน คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

ก่อนการฝึกโปรแกรม				หลังการฝึกโปรแกรม			
กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
รหัส	วัน เดือน ปี	รหัส	วัน เดือน ปี	รหัส	วัน เดือน ปี	รหัส	วัน เดือน ปี
A1	2 ก.ค. 59	B1	3 ก.ค. 59	A1	6 ส.ค. 59	B1	7 ส.ค. 59
A2	2 ก.ค. 59	B2	3 ก.ค. 59	A2	6 ส.ค. 59	B2	7 ส.ค. 59
A3	2 ก.ค. 59	B3	3 ก.ค. 59	A3	6 ส.ค. 59	B3	7 ส.ค. 59
A4	2 ก.ค. 59	B4	3 ก.ค. 59	A4	6 ส.ค. 59	B4	7 ส.ค. 59
A5	2 ก.ค. 59	B5	3 ก.ค. 59	A5	6 ส.ค. 59	B5	7 ส.ค. 59
A6	2 ก.ค. 59	B6	3 ก.ค. 59	A6	6 ส.ค. 59	B6	7 ส.ค. 59
A7	2 ก.ค. 59	B7	3 ก.ค. 59	A7	6 ส.ค. 59	B7	7 ส.ค. 59
A8	2 ก.ค. 59	B8	10 ก.ค. 59	A8	6 ส.ค. 59	B8	14 ส.ค. 59
A9	2 ก.ค. 59	B9	10 ก.ค. 59	A9	6 ส.ค. 59	B9	14 ส.ค. 59
A10	2 ก.ค. 59	B10	10 ก.ค. 59	A10	6 ส.ค. 59	B10	14 ส.ค. 59
A11	2 ก.ค. 59	B11	10 ก.ค. 59	A11	6 ส.ค. 59	B11	14 ส.ค. 59
A12	2 ก.ค. 59	B12	10 ก.ค. 59	A12	6 ส.ค. 59	B12	14 ส.ค. 59
A13	2 ก.ค. 59	B13	10 ก.ค. 59	A13	6 ส.ค. 59	B13	14 ส.ค. 59
A14	2 ก.ค. 59	B14	10 ก.ค. 59	A14	6 ส.ค. 59	B14	14 ส.ค. 59
A15	2 ก.ค. 59	B15	10 ก.ค. 59	A15	6 ส.ค. 59	B15	14 ส.ค. 59
A16	2 ก.ค. 59	B16	10 ก.ค. 59	A16	6 ส.ค. 59	B16	14 ส.ค. 59
A17	2 ก.ค. 59	B17	10 ก.ค. 59	A17	6 ส.ค. 59	B17	14 ส.ค. 59
A18	9 ก.ค. 59	B18	10 ก.ค. 59	A18	13 ส.ค. 59	B18	14 ส.ค. 59
A19	9 ก.ค. 59	B19	10 ก.ค. 59	A19	13 ส.ค. 59	B19	14 ส.ค. 59
A20	9 ก.ค. 59	B20	10 ก.ค. 59	A20	13 ส.ค. 59	B20	14 ส.ค. 59
A21	9 ก.ค. 59	B21	10 ก.ค. 59	A21	13 ส.ค. 59	B21	14 ส.ค. 59

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ก่อนการฝึกโปรแกรม				หลังการฝึกโปรแกรม			
กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
รหัส	วัน เดือน ปี	รหัส	วัน เดือน ปี	รหัส	วัน เดือน ปี	รหัส	วัน เดือน ปี
A22	9 ก.ค. 59	B22	10 ก.ค. 59	A22	13 ส.ค. 59	B22	14 ส.ค. 59
A23	9 ก.ค. 59	B23	10 ก.ค. 59	A23	13 ส.ค. 59	B23	14 ส.ค. 59
-	-	B24	10 ก.ค. 59	-	-	B24	14 ส.ค. 59
-	-	B25	10 ก.ค. 59	-	-	B25	14 ส.ค. 59

2.2 วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่อง Hand-held dynamometer โดยการวัดซ้ำ 2 ครั้ง บันทึกค่าที่ได้เป็นนิวตัน นำค่าที่ได้หาค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา การวิจัยนี้สนใจศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา 6 กลุ่ม คือ กล้ามเนื้องอข้อสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก กล้ามเนื้องอข้อเข่า กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น และกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง ผู้วัดและบันทึกผลจะเป็นคนละคนกัน แต่มีการพูดทวนค่าที่วัดได้ เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการบันทึกผลการวัดของทั้งสองกลุ่ม ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

2.3 ทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) โดยใช้เก้าอี้ตัวเดิมทุกครั้ง และผู้ทดสอบคนเดิมทดสอบโดยการให้ลุกขึ้นยืนต่อเนื่อง 5 รอบ จับเวลาตั้งแต่เริ่มลุกขึ้นยืนจนกระทั่งนั่งลง เมื่อทำครบ 5 ครั้ง เป็น 1 รอบ ใช้นาฬิกาเครื่องเดิม ทดสอบ FTSST จำนวน 2 รอบ โดยการให้พัก 1 นาที ก่อนการทดสอบครั้งที่สอง บันทึกค่าที่ได้ในแบบบันทึก โดยทดสอบทั้งสองกลุ่ม ใช้เวลาประมาณ 5 นาที

2.4 ทำแบบสอบถามความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหวฉบับภาษาไทย (THAI Version of Movement Imagery Questionnaire–Revised: THAI-MIQ-R) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ เพื่อประเมินความแตกต่างรายบุคคล ประกอบด้วยจินตภาพทางการมองเห็น (Visual imagery) จำนวน 4 ข้อ และจินตภาพทางคินนีสธีติก (Kinesthetic imagery) จำนวน 4 ข้อ การประเมินประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ผู้ทดสอบอธิบายท่าเริ่มต้นของการเคลื่อนไหวแขนขาลำตัวอย่างละเอียดชัดเจน 2) ผู้ทดสอบแสดงท่าที่อธิบาย 3) กลุ่มตัวอย่างให้จินตภาพการเคลื่อนไหวโดยใช้วิธีจินตภาพทางการมองเห็น หรือจินตภาพทางคินนีสธีติกตามข้อกำหนดแต่ละข้อ 4) บันทึกผลเป็นคะแนน 7 ระดับ คะแนนน้อยที่สุดในกรณีที่จินตภาพได้ยากที่สุด และให้คะแนนมากที่สุดในกรณีที่จินตภาพได้ง่ายที่สุด ทำแบบสอบถามในกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ใช้เวลาประมาณ 5 นาที

2.5 วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อพร้อมกับคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งสองกลุ่ม โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.5.1 ผู้วิจัยได้อธิบายขั้นตอนการเตรียมตัวเบื้องต้นในวันที่คัดกรองกลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งแจกเอกสารกำหนดวันนัดและขั้นตอนการตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง โทรศัพท์เพื่อยืนยันการนัด 2 วันล่วงหน้า พร้อมทั้งอธิบายการเตรียมตัวอีกครั้งหนึ่งก่อนการทดลอง รายละเอียดมีดังนี้

1) สระผมด้วยแชมพู และล้างผมให้สะอาด ห้ามใช้ครีมนวดผม ตั้งแต่ตอนเย็นก่อนวันตรวจ และในวันที่มาตรวจ

2) งดใส่ครีมบำรุงผม เจลหรือสเปรย์ใส่ผม และงดทาครีมบำรุงผิวที่บริเวณขา ตั้งแต่ตอนเย็นก่อนวันตรวจ และในวันที่มาตรวจ

3) รับประทานอาหารเช้า และยาประจำตัวตามปกติ

4) งดเครื่องดื่มพวกชา กาแฟ น้ำอัดลม อย่างน้อย 8-12 ชั่วโมง ก่อนการตรวจ

5) งดเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอร์ เช่น เบียร์ ไวน์ สุรา อย่างน้อย 8-12 ชั่วโมง ก่อนการตรวจ

6) ควรนอนหลับพักผ่อนให้เพียงพอ ในคืนก่อนตรวจ

7) จัดเตรียมกางเกงขาสั้นมาเปลี่ยน เพื่อความสะดวกในการติดขั้วอิเล็กโทรดที่กล้ามเนื้อขา

2.5.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมาถึงวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ทีมผู้วิจัยแนะนำตัว และอธิบายขั้นตอนในการทดลองอีก 1 รอบ มีผู้ดูแลในการอำนวยความสะดวกและจัดลำดับการวัด

2.5.3 การเตรียมกลุ่มตัวอย่างเพื่อวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง เริ่มจากการวัดความดันโลหิตเพื่อประเมินเบื้องต้น ตามแบบบันทึกการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง (ภาคผนวก ข-8) ถ้าพบว่ามีความดันโลหิตสูงเกิน 160/90 มม.ปรอท จะให้นั่งพัก และรอจนกระทั่งความดันโลหิตกลับสู่ค่าปกติก่อนวัดคลื่นไฟฟ้าสมองต่อไป ถ้าไม่มีปัญหาเรื่องความดันโลหิต เริ่มวัดขนาดศีรษะใส่หมวกอิเล็กโทรด และใส่เจลที่ขั้วอิเล็กโทรด Ag/AgCl ในแต่ละตำแหน่งของอิเล็กโทรด

2.5.4 การเตรียมวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เริ่มจากการขัดผิวบริเวณที่ติดอิเล็กโทรดด้วยฟองน้ำเนื้อหยาบเพื่อขจัดเซลล์ผิวหนังกำพร้า และเช็ดผิวหนังให้สะอาด วัดตำแหน่งในการติดขั้วอิเล็กโทรดตามที่กำหนด ติดขั้วอิเล็กโทรดบนกล้ามเนื้อขาข้างขวาทั้ง 4 มัด คือ กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (Rectus femoris) กล้ามเนื้องอข้อเข่า (Biceps femoris) กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น (Tibialis anterior) และกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง (Medial gastrocnemius) การบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยใช้ขั้วอิเล็กโทรดแบบติดที่ผิวหนัง (Surface electrode) แบบไบโพลาร์ ติดขั้วอิเล็กโทรดที่กล้ามเนื้อมัดละ 2 ขั้ว ห่างกันประมาณ 2 เซนติเมตร รวม 8 ช่องสัญญาณ

2.5.5 การเข้าไปในห้องทดลอง ติดขั้วอิเล็กโทรดของหมวกและขั้วอิเล็กโทรดกล้ามเนื้อเข้ากับเครื่อง SynAmps จัดท่านั่งลำตัวตรง นั่งบนเก้าอี้ที่มีพนักพิง เก้าอี้มีความสูง 43 เซนติเมตร จัดตำแหน่งของเท้าให้วางราบกับพื้น โดยที่ข้อเข่างอประมาณ 100 องศา ติดเทปกาวที่พื้นเพื่อให้วางเท้าในตำแหน่งเดิม และทดสอบการลุกขึ้นยืน เพื่อปรับระดับความสูงของตำแหน่งเซ็นเซอร์ในขณะยืนให้ตรงกับศีรษะ จากนั้นเชื่อมต่อสัญญาณกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และตรวจสอบค่าความต้านทาน (Impedance) ก่อนการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง แนะนำกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับกิจกรรมทดสอบอีก 1 ครั้ง เมื่อพร้อมจึงเริ่มเปิดกิจกรรมทดสอบโดยดูคำสั่งจากหน้าจอคอมพิวเตอร์และสัญญานที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ กิจกรรมทดสอบประกอบด้วย

1) จินตภาพว่ากำลังลุกขึ้นยืน จำนวน 5 ครั้ง
2) พัก 1 นาที
3) ให้ลุกขึ้นยืน จำนวน 5 ครั้ง
4) พัก 1 นาที

ทำกิจกรรมทดสอบ 2 รอบ ผู้วิจัยบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมองขณะจินตภาพการลุกขึ้นยืนและขณะลุกขึ้นยืนจริง ใช้เวลาในการเตรียมตัวและทำกิจกรรมทดสอบรวมประมาณ 30 นาที

2.6 หลังจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มได้รับการตรวจประเมินก่อนการทดลอง แบ่งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ออกเป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละ 3 กลุ่มย่อย รวม 6 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะได้รับการฝึกสอนตามโปรแกรมและเตรียมความพร้อม 1 ครั้ง ในการใช้โปรแกรมครั้งแรก โดยไม่ได้นับเป็นการฝึก กำหนดเวลาในการนัด มีรายละเอียดดังนี้

2.6.1 กลุ่มทดลอง (A1-A3) ให้ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (รายละเอียดโปรแกรมในภาคผนวก ค) เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน รวมฝึกจำนวน 12 ครั้ง

กลุ่ม A1 จำนวน 7 คน ฝึกทุกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ เวลา 10.00-11.00 น. ตั้งแต่วันที่ 4 กรกฎาคม ถึงวันที่ 3 สิงหาคม 2559

กลุ่ม A2 จำนวน 8 คน ฝึกทุกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ เวลา 13.00-14.00 น. ตั้งแต่วันที่ 11 กรกฎาคม ถึงวันที่ 10 สิงหาคม 2559

กลุ่ม A3 จำนวน 8 คน ฝึกทุกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ เวลา 14.00-15.00 น. ตั้งแต่วันที่ 11 กรกฎาคม ถึงวันที่ 10 สิงหาคม 2559

2.6.2 กลุ่มควบคุม (B1-B3) ให้ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ (รายละเอียดโปรแกรมในภาคผนวก ง) เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน รวมฝึกจำนวน 12 ครั้ง

กลุ่ม B1 จำนวน 9 คน ฝึกทุกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ เวลา 9.00-10.00 น. ตั้งแต่วันที่ 4 กรกฎาคม ถึงวันที่ 3 สิงหาคม 2559

กลุ่ม B2 จำนวน 8 คน ฝึกทุกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ เวลา 11.00-12.00 น. ตั้งแต่วันที่ 4 กรกฎาคม ถึงวันที่ 3 สิงหาคม 2559

กลุ่ม B3 จำนวน 8 คน ฝึกทุกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ เวลา 15.00-16.00 น. ตั้งแต่วันที่ 11 กรกฎาคม ถึงวันที่ 10 สิงหาคม 2559

3. ระยะหลังการทดลอง

3.1 เมื่อทั้งสองกลุ่มฝึกครบ 12 ครั้งตามกำหนดข้างต้น หลังจากนั้นวัดผลการฝึกหลังการทดลอง ดำเนินการที่วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา โดยการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง ใช้เวลาประมาณ 50 นาที โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติเช่นเดียวกับการวัดก่อนการทดลอง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ติดต่อประสานงานกับนายกเทศมนตรี และผู้อำนวยการโรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี เทศบาลตำบลบางทราย อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการรับสมัครอาสาสมัครและคัดกรองผู้สูงอายุสำหรับเป็นกลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งกรอกข้อมูลส่วนบุคคล ซักประวัติการเจ็บป่วย ประเมินสมรรถภาพสมองเบื้องต้น และคัดกรองโรคซึมเศร้า ในช่วงเดือนพฤษภาคม – เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559

2. นำข้อมูลที่ได้อาสาสมัครเข้าร่วมโครงการจำนวน 72 คน มาคัดเลือกเฉพาะผู้ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกข้อ จำนวน 50 คน และสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มอย่างง่าย ด้วยวิธีจับฉลาก แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 25 คน นัดหมายกับผู้ประสานงานของเทศบาลตำบลบางทราย และโรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี เพื่อนัดหมายผู้สูงอายุที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด นัดประชุมชี้แจงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง การเตรียมตัวก่อนเข้ารับการทดลอง และให้ลงนามในแบบฟอร์มแสดงความยินยอมในการเข้าร่วมวิจัย ในวันที่ 20 มิถุนายน และ วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 รวมทั้งจัดทำตารางนัดหมายกลุ่มตัวอย่างเพื่อดำเนินการทดลองสำหรับรายบุคคลในการออกกำลังกายดำเนินการที่ห้องอเนกประสงค์ โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี จังหวัดชลบุรี ระยะเวลาในการออกกำลังกายสัปดาห์ละ 3 วัน ต่อเนื่องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในช่วงวันที่ 4 กรกฎาคม – 10 สิงหาคม พ.ศ. 2559 ส่วนการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

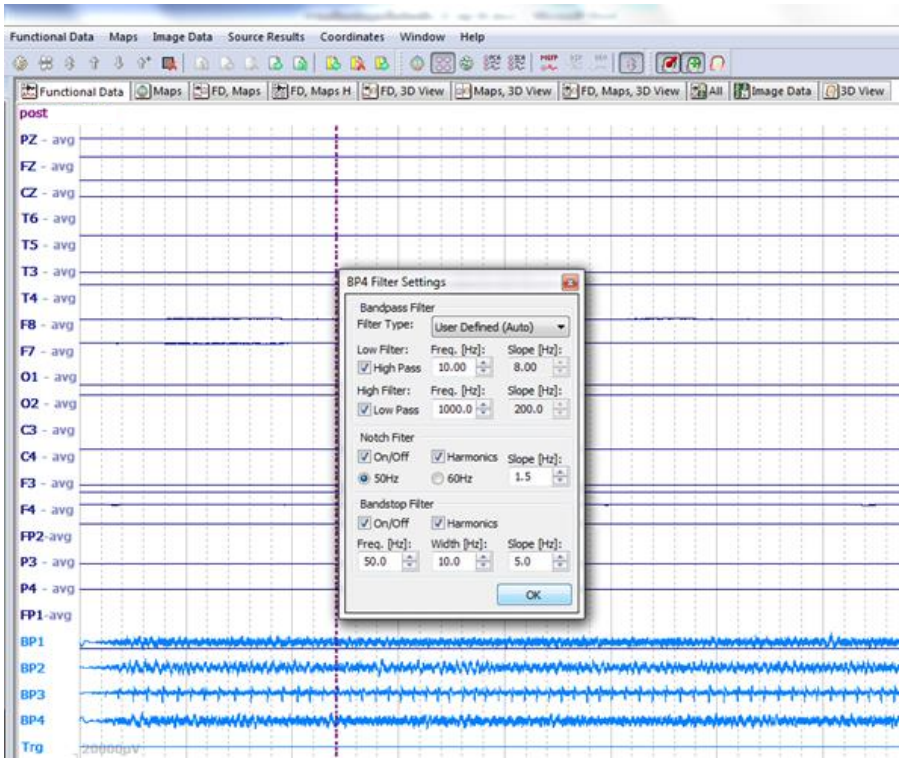
ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

3. รวบรวมข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และทำ Normalization นำค่าความแข็งแรงที่วัดได้หารด้วยน้ำหนักตัวยกกำลัง 0.67 (Jaric, 2002) รวบรวมค่าความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ที่แสดงถึงความเร็วในการลุกขึ้นยืน ทั้งก่อนและหลังเสร็จสิ้นโปรแกรมการออกกำลังกาย เก็บข้อมูลก่อนการทดลอง วันที่ 2-3 และ วันที่ 9-10 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เก็บข้อมูลหลังการทดลอง วันที่ 6-7 และ 13-14 สิงหาคม พ.ศ. 2559 และตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลต่อไป

4. รวบรวมข้อมูลประมวลผลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG signal processing) ในขณะลุกขึ้นยืน เก็บข้อมูลก่อนการทดลอง วันที่ 2-3 และ วันที่ 9-10 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เก็บข้อมูลหลังการทดลอง วันที่ 6-7 และ 13-14 สิงหาคม พ.ศ. 2559 โดยนำคลื่นที่บันทึกจากเครื่อง Neuroscan system ด้วยใช้โปรแกรม Curry neuroimaging suite 7.0 เพื่อศึกษาความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขา 4 มัด ในขณะลุกขึ้นยืน มีการประมวลผลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

4.1 กรองสัญญาณ (Filtering) เริ่มจากเลือกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมัดที่ต้องการ เช่น BP1 หมายถึงกล้ามเนื้อเรกตัส ฟีมอริส ที่ทำหน้าที่เหยียดข้อเข่า ไปที่เมนู Options เลือก Set filter frequencies เข้าไปสู่ BP1 Filter settings เลือก User defined (Auto)

4.2 กรองสัญญาณความถี่ เลือก Low filter high pass ที่ความถี่ 10 Hz และ High filter low pass ที่ความถี่ 1000 Hz และเลือก Bandstop filter เป็น On และทำการลด Harmonics จะเห็นภาพคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่กรองคลื่นเรียบร้อยแล้วมีลักษณะ ดังภาพที่ 3-14

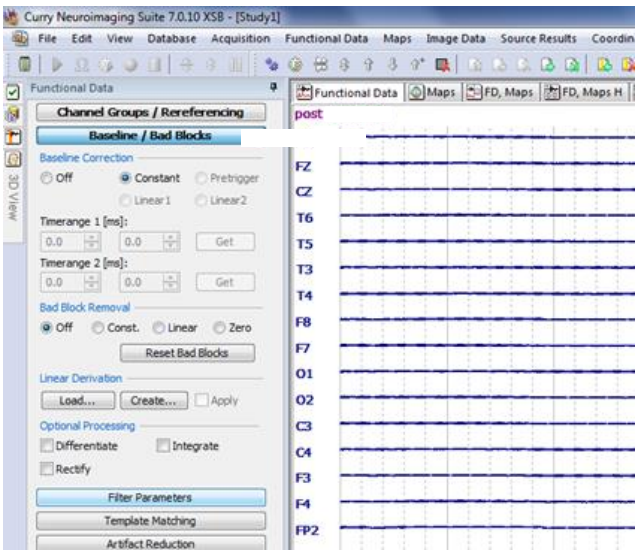


ภาพที่ 3-14 การกรองสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

4.3 บันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเป็นไฟล์นามสกุล .CNT นำไปวิเคราะห์ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน แสดงถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ละมัด โดยใช้โปรแกรม Mathlab

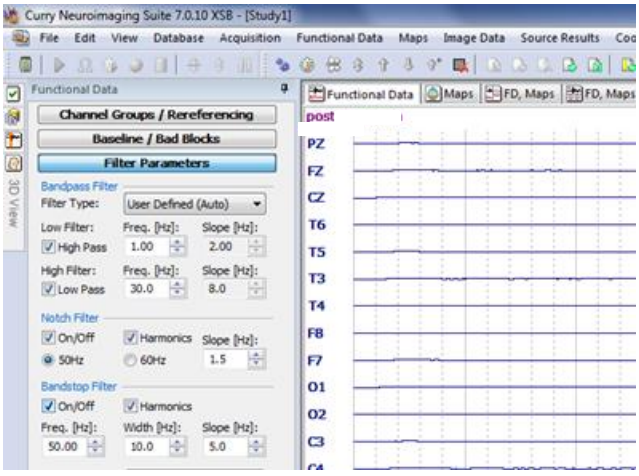
5. รวบรวมข้อมูลประมวลผลคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG signal processing) จากการวัดด้วยเครื่อง Neuroscan system ใช้โปรแกรม Curry neuroimaging suite 7.0 เก็บข้อมูลก่อนการทดลอง วันที่ 2-3 และ วันที่ 9-10 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เก็บข้อมูลหลังการทดลอง วันที่ 6-7 และ 13-14 สิงหาคม พ.ศ. 2559 การวิจัยนี้ศึกษา % ERD ของคลื่นแอลฟาในขณะจินตภาพการลุกขึ้นยืน แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองที่ลดลงในขณะจินตภาพ มีขั้นตอนในการประมวลผลคลื่นไฟฟ้าสมองที่วัดได้ ก่อนนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ ดังนี้

5.1 กรองสัญญาณ (Filtering) โดยกรองสัญญาณข้อมูลจากการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มที่บันทึกได้ เริ่มจากเปิดหน้าต่างโปรแกรม Curry neuroimaging suite 7.0 เลือกเปิดไฟล์ที่มีนามสกุล .dat ที่ต้องการ ที่เมนู Baseline เลือกค่าคงที่ (Constant) เพื่อกรองสัญญาณไม่ดีออก ดังภาพที่ 3-15



ภาพที่ 3-15 หน้าต่างโปรแกรม Curry neuroimaging suite 7.0 กรองสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

5.2 กรองสัญญาณช่วงความถี่ (Band pass filter) ให้อยู่ในช่วง 1-30 Hz โดยไปที่เมนู Filter parameter เลือก User defined (Auto) และกำหนด Low filter high pass ที่ความถี่ 1 Hz และกำหนดค่า High filter low pass ที่ความถี่ 30 Hz เปิด On ที่ Notch filter และ Bandstop filter (ภาพที่ 3-16) บันทึกข้อมูลเป็นนามสกุล .CNT



ภาพที่ 3-16 การกรองสัญญาณความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง

5.3 คำนวณหาค่า Power spectral density ใช้โปรแกรม Mathlab โดยการเปลี่ยนสัญญาณสมองในโดเมนเวลาไปเป็นโดเมนความถี่และหาค่า Power spectral density โดยกำหนด

ขนาดวินโดว์เท่ากับร้อยละ 15 ของขนาดสัญญาณ และ Overlap ที่ร้อยละ 50 (Baumeister, Reinecke, & Weiss, 2008)

5.4 กำหนดช่วงความถี่ของสัญญาณที่ต้องการคือ Alpha ที่ Start frequency 10 Hz และ End frequency 12 Hz (Pfurtscheller, Brunner, Schlogl, & Silva, 2006)

5.5 ตรวจสอบและจัดกระทำข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการแปลงค่า Power spectral density ($\mu V^2/Hz$) ของคลื่นแอลฟา เป็น % ERD โดยการคำนวณค่า % ERD ของคลื่นแอลฟาในช่วงอ้างอิง (Reference) หมายถึงขณะพัก และช่วงทดลอง (Test or experiment) หมายถึง ขณะจินตภาพการลุกขึ้นยืน จากสูตรการวิเคราะห์ค่า % ERD (Pfurtscheller et al., 1999)

$$\% \text{ ERD} = \frac{(\text{Power reference} - \text{Power test})}{\text{Power reference}} \text{ X } 100$$

หาค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟา โดยหาค่ากำลังไฟฟ้าสมองในช่วงเวลาอ้างอิงขณะพักก่อนการจินตภาพการเคลื่อนไหวในช่วงเวลา 0-4,000 มิลลิวินาที และในขณะจินตภาพการลุกขึ้นยืนช่วงเวลา 500–3,500 มิลลิวินาที และนำค่าที่ได้มาปรับโดยใช้วิธี Min-Max normalization เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกลุ่มได้ (Mohamad & Usman, 2013)

6. นำข้อมูลที่ได้จากการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา การทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการใช้โปรแกรม และเปรียบเทียบผลระหว่างกลุ่ม โดยใช้โปรแกรม SPSS

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย โดยใช้สถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test)

3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ภายหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้สถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)

4. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย โดยใช้สถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test)

5. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ภายหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้สถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)

6. เปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย โดยใช้สถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test)

7. เปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน ภายหลังการใช้โปรแกรม ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้สถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)

8. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย โดยใช้สถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test)

9. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ภายหลังการใช้โปรแกรม ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้สถิติทดสอบที สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test)

10. วิเคราะห์ขนาดอิทธิพล (Effect size) ความแตกต่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ % ERD ของคลื่นแอลฟา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ด้วยการคำนวณขนาดอิทธิพล (Cohen's *d*) โดยมีเกณฑ์การแปลผล ดังนี้ (Sullivan & Feinn, 2012)

0.2 หมายถึง มีขนาดอิทธิพลระดับน้อย

0.5 หมายถึง มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง

0.8 หมายถึง มีขนาดอิทธิพลระดับมาก

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนโดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

2.1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

2.2 เปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

2.3 เปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ภายหลังการออกกำลังกาย

2.4 เปรียบเทียบความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

2.5 เปรียบเทียบความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ภายหลังการออกกำลังกาย

2.6 เปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

2.7 เปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ภายหลังการออกกำลังกาย

2.8 เปรียบเทียบ % ERD ของคลื่นแอลฟา ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

2.9 เปรียบเทียบ % ERD ของคลื่นแอลฟา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ภายหลังการออกกำลังกาย

ความหมายและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

n หมายถึง จำนวนผู้สูงอายุที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง

M หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

t หมายถึง ค่าสถิติทดสอบที

p หมายถึง ค่าความน่าจะเป็น

* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

df หมายถึง องศาความเป็นอิสระ (Degrees of freedom)

ES หมายถึง ขนาดอิทธิพล (Effect size) ของค่าสถิติทดสอบที (Cohen's d)

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

1. หลักการพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ออกแบบตามแนวคิดเชิงระบบ (System model) (Umphred et al., 2013, pp. 4-10) ประกอบด้วย 1) องค์ประกอบทางการรู้คิด (Cognitive) ใช้วิธีจินตภาพการเคลื่อนไหวและการหมุนภาพในใจ 2) องค์ประกอบทางการเคลื่อนไหว (Motor) ใช้วิธีออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า และ 3) องค์ประกอบทางอารมณ์ (Emotion) ใช้วิธีการผ่อนคลายด้วยการฝึกหายใจแบบลึกและการยืดกล้ามเนื้อ ร่วมกับการสร้างแรงจูงใจด้วยวิธีการออกกำลังกายแบบกลุ่ม

วิธีจินตภาพการเคลื่อนไหวออกแบบตามข้อแนะนำของ Dickstein and Deutsch (2007) การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวแบ่งออกเป็น การจินตภาพทางการมองเห็น โดยการสังเกตขั้นตอนการลุกขึ้นยืนที่ถูกต้องจากวีดิทัศน์ แล้วฝึกจินตภาพทางคินนิสธีติกในการลุกขึ้นยืน โดยการให้กลุ่มตัวอย่างฝึกจินตภาพตามขั้นตอนการลุกขึ้นยืน 4 ระยะ (Schenkman et al., 1990) ระยะที่หนึ่ง Flexion-momentum ระยะที่สอง Momentum transfer ระยะที่สาม Extension และระยะที่สี่ Stabilization ส่วนวิธีการหมุนภาพในใจ (Mental rotation) โดยใช้วิธีแฮนด์เมนทัลโรเทชัน (Hand mental rotation) ซึ่งการฝึกหมุนภาพในใจช่วยส่งเสริมทักษะจินตภาพการเคลื่อนไหว โดยการให้กลุ่มตัวอย่างมองภาพมือในระนาบต่าง ๆ เพื่อฝึกการหมุนภาพในใจ (Osuagwu & Vucovic, 2014)

วิธีออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา คือ กล้ามเนื้องอข้อสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก กล้ามเนื้องอข้อเข่า กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น และกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานขณะลุกขึ้นยืน (Roebroeck et al., 1994) ใช้วิธีการออกกำลังกายตามหลักการของเวชศาสตร์การกีฬาแห่ง

สหรัฐอเมริกา (American college of sports medicine, 2014, pp. 376-377) เนื่องจากโปรแกรมนี้จัดทำสำหรับผู้สูงอายุที่ไม่เคยออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า และเป็นการออกกำลังกายแบบกลุ่ม จึงเริ่มต้นออกกำลังกายในช่วง 2 สัปดาห์แรก ด้วยวิธีการให้แรงต้านในระดับความหนักร้อยละ 40 ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (1 Repetition maximum: 1RM) การหาค่า 1RM ใช้วิธีการคำนวณตามสูตรของ Brzycki (1993) คือ 1RM เท่ากับ 100*Load rep/ (102.78 - 2.78*rep) โดยที่ Load rep คือ น้ำหนักที่ยกได้ หน่วยเป็นกิโลกรัม และ Rep คือ จำนวนครั้งที่ยกน้ำหนักได้ ค่าความสัมพันธ์ของค่า 1 RM ที่ได้จากการคำนวณและการทดสอบจริง มีความเที่ยง (r) = 0.99 (Nascimento et al., 2007) กำหนดให้ฝึกท่าละ 10 ครั้ง เป็น 1 รอบ วิธีการเพิ่มความก้าวหน้าในการฝึก ใช้วิธีการคำนวณ 1RM ในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่ 2 โดยการปรับระดับน้ำหนักเป็นร้อยละ 50 ของ 1RM ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ตามหลักการในการปรับเพิ่มความ ก้าวหน้าของแรงต้าน โดยการเพิ่มร้อยละ 2-10 ของ 1RM (Kraemer et al., 2002) และการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านร้อยละ 40-60 ของ 1 RM มีความปลอดภัยในผู้ป่วยโรคหัวใจและผู้ที่มีความดันโลหิตขณะพักในระดับ 160/90 มม.ปรอท (Williams et al., 2007)

วิธีการผ่อนคลายจิตใจ ด้วยการฝึกหายใจแบบลึก (Deep Breathing) โดยใช้กล้ามเนื้อกระบังลม (Jerath et al., 2006) การผ่อนคลายร่างกาย ด้วยวิธีการยืดกล้ามเนื้อตามหลักการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง โดยการยืดกล้ามเนื้อแขน ขาและลำตัว การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างที่มีประสิทธิภาพ ควรยืดกล้ามเนื้อ 15-30 วินาทีต่อครั้ง (Page, 2012) และสร้างแรงจูงใจในการออกกำลังกายโดยการออกกำลังกายแบบกลุ่ม (Eyigor, Karapolat, & Durmaz, 2007)

2. ลักษณะของโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายเป็นโปรแกรมที่จัดทำสำหรับผู้สูงอายุเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน กลุ่มเป้าหมายที่สามารถใช้โปรแกรม ได้แก่ ผู้สูงอายุที่มีอายุ 60-74 ปี มีสุขภาพดี ไม่ต้องใช้เครื่องช่วยเดิน ไม่มีโรคทางระบบประสาท โรคทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่รุนแรง หรือโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือดที่ไม่สามารถควบคุมได้

โปรแกรมประกอบด้วย 6 ส่วน คือ 1) การผ่อนคลายจิตใจด้วยวิธีการหายใจแบบลึก 2) การหมุนภาพในใจ 3) การจินตภาพการลุกขึ้นยืน 4) การอบอุ่นร่างกาย (Warm up) ด้วยการยืดกล้ามเนื้อก่อนออกกำลังกาย 5) การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า และ 6) การคลายอุ่น (Cool down) ด้วยการยืดกล้ามเนื้อ ดังนี้

ส่วนที่ 1 การผ่อนคลายจิตใจด้วยการฝึกหายใจแบบลึก 2 รอบ คือ

รอบที่ 1 การหายใจแบบลึกก่อนการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว

รอบที่ 2 การหายใจแบบลึกหลังการออกกำลังกาย

ส่วนที่ 2 การหมุนภาพในใจ (Mental rotation)

ส่วนที่ 3 การจินตภาพการลุกขึ้นยืน ทั้งจินตภาพทางการมองเห็นและจินตภาพทางคินนิสธีติก จำนวน 2 รอบ คือ

รอบที่ 1 การจินตภาพการลุกขึ้นยืนก่อนออกกำลังกาย

รอบที่ 2 การทวนซ้ำจินตภาพการลุกขึ้นยืนหลังออกกำลังกาย

ส่วนที่ 4 การอบอุ่นร่างกายด้วยการยืดกล้ามเนื้อ

ส่วนที่ 5 การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า ของกล้ามเนื้อขา 6 มัด คือ กล้ามเนื้องอข้อสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก กล้ามเนื้องอข้อเข่า กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น และกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง

ส่วนที่ 6 การคลายอุ่น โดยการยืดกล้ามเนื้อคอ แขน และลำตัว

ในการฝึกปฏิบัติตามโปรแกรม เพื่อให้การฝึกมีความต่อเนื่องของท่าและสอดคล้องตามหลักการ จึงจัดเรียงท่าออกกำลังกาย 6 ส่วนข้างต้น เป็น 14 ท่า ดังนี้

ท่าที่ 1 การหายใจแบบลึกก่อนฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว

ท่าที่ 2 การหมุนภาพในใจ

ท่าที่ 3 การจินตภาพการลุกขึ้นยืน

ท่าที่ 4 การอบอุ่นร่างกาย โดยการยืดกล้ามเนื้อขาและข้อเท้า

ท่าที่ 5 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก

ท่าที่ 6 การออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อเข่า

ท่าที่ 7 การออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อสะโพก

ท่าที่ 8 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า

ท่าที่ 9 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น

ท่าที่ 10 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง

ท่าที่ 11 การคลายอุ่นด้วยการยืดกล้ามเนื้อคอ แขน และลำตัว

ท่าที่ 12 การยืดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว

ท่าที่ 13 การหายใจแบบลึกหลังออกกำลังกายปฏิบัติเช่นเดียวกับท่าที่ 1

ท่าที่ 14 การทวนซ้ำจินตภาพการลุกขึ้นยืนหลังออกกำลังกายปฏิบัติเช่นเดียวกับท่าที่ 3

ขั้นตอนในการใช้โปรแกรม มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผู้บริหารโปรแกรมหรือแนะนำการใช้โปรแกรมควรประเมินน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (1RM)

ตัวอย่าง วิธีการคำนวณแรงต้าน 1RM (Repetition maximum) เช่น กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า ทดสอบโดยการให้แรงต้านด้วยน้ำหนัก 5 กิโลกรัม ผู้ฝึกเหยียดข้อเข่าได้จำนวน 6 ครั้งเต็มช่วงการเคลื่อนไหว และครั้งที่ 7 ยกได้เพียงเล็กน้อย แสดงว่า ยกได้ 6 ครั้ง คำนวณดังนี้

1RM = 100*Load Rep/(102.78 - 2.78*Rep)

1RM = 100* 5/(102.78 - 2.78*6)

1RM = 5.81 กิโลกรัม

แสดงว่า น้ำหนักสูงสุดที่สามารถเหยียดข้อเข่าได้ 1 ครั้ง หรือ 1RM เท่ากับ 5.81 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 2 วางแผนการออกกำลังกาย ในสัปดาห์ที่ 1-2 โดยใช้แรงต้านร้อยละ 40 ของ 1 RM ร้อยละ 40 ของ 1 RM เท่ากับ 2.32 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 3 วัด 1 RM ซ้ำอีกครั้งในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่สอง วางแผนการออกกำลังกาย ในสัปดาห์ที่ 3-4 โดยใช้แรงต้านร้อยละ 50 ของ 1 RM เช่น การวัด 1 RM ในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่สอง ได้ 6 กิโลกรัม ร้อยละ 50 ของ 1RM เท่ากับ 3.00 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 4 ผู้แนะนำการใช้โปรแกรมจัดทำแผนการออกกำลังกายรายบุคคล

ขั้นตอนที่ 5 การใช้โปรแกรมสามารถปฏิบัติแบบเดี่ยวและแบบกลุ่ม และชี้แจงข้อแนะนำเบื้องต้นในการออกกำลังกาย ดังนี้

1) การออกกำลังกายในส่วนที่ 1-3 สามารถปฏิบัติได้ทุกวัน เพื่อส่งเสริมการสั่งการจากสมองสู่กล้ามเนื้อ

2) ในส่วนที่ 4-6 ผู้ฝึกระยะเริ่มต้น ควรได้รับคำแนะนำของนักกายภาพบำบัด หรือผู้ที่มีความรู้ด้านการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน เพื่อปรับระดับความหนักของการออกกำลังกายให้เหมาะสมรายบุคคล ก่อนนำไปปฏิบัติด้วยตนเอง

3) ขณะออกกำลังกาย ควรหายใจเข้าออกตามปกติ ไม่กลั้นหายใจ

4) ควรออกกำลังกายภายหลังการรับประทานอาหารอย่างน้อย 2 ชั่วโมง

5) ผู้ที่ไม่เคยออกกำลังกายอาจมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ควรฝึกตามโปรแกรมแบบวันเว้นวัน หรือเว้น 2 วัน เพื่อให้ร่างกายมีระยะพักและฟื้นตัว

6) ในขณะออกกำลังกาย ถ้าพบว่ามีอาการผิดปกติ เช่น มีอาการปวดกล้ามเนื้อมาก มีอาการอักเสบ บวมแดง หรือเหนื่อยมากกว่าปกติ ต้องหยุดการออกกำลังกายทันที

3. อุปกรณ์ประกอบการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีดังนี้

3.1 สื่อวีดิทัศน์ มีการจัดทำ จำนวน 3 ชุด ทั้งสามชุดมีองค์ประกอบท่าออกกำลังกายเหมือนกัน ข้อแตกต่างกัน คือ ส่วนที่ 2 การหมุนภาพในใจจะเป็นชุดภาพที่แตกต่างกัน เพื่อไม่ให้ผู้ใช้โปรแกรมใช้วิธีการจำคำตอบ (ในการทดลองใช้วิธีการสุ่มในการฝึกแต่ละครั้ง) สื่อวีดิทัศน์มีความยาวทั้งหมด 50 นาที เป็นการออกกำลังกายประมาณ 40 นาที ข้อแนะนำและการพักระหว่างการออกกำลังกาย 10 นาที

3.2 คู่มือการใช้โปรแกรม 1 เล่ม (ภาคผนวก ค)

3.3 อุปกรณ์ประกอบการออกกำลังกาย

3.3.1 เตียงออกกำลังกาย

3.3.2 เก้าอี้มีพนักพิง

3.3.3 ถุงทรายขนาด 0.5-3 กิโลกรัม ใช้เป็นแรงต้านในการออกกำลังกาย

3.3.4 ผ้าขนหนู ใช้คล้องขาเพื่อช่วยยืดกล้ามเนื้อ

3.3.5 เครื่องเล่นวีดิทัศน์พร้อมจอแสดงภาพ

3.3.6 สื่อวีดิทัศน์

โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ที่จัดทำเป็นสื่อวีดิทัศน์พร้อมคู่มือการใช้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน วิเคราะห์หาค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity index: CVI) เท่ากับ 1.00 และเมื่อนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้จริง ปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างสามารถปฏิบัติได้อย่างต่อเนื่องครบทุกขั้นตอนอย่างราบรื่น ไม่มีเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ (Adverse event) ในระหว่างการปฏิบัติตามโปรแกรม

สรุปผลการศึกษาสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 คือ ได้รูปแบบโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ที่มีองค์ประกอบหลัก คือ การควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวเสริมกับการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า

ตอนที่ 2 ผลเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

การศึกษาผลของโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน โดยวิธีการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) ด้วยวิธีการสุ่มเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง (Randomized pretest and posttest comparison group design) (Edmonds & Kennedy, 2013, pp. 24-30; McMillan & Schumacher, 2014, p. 294) ในประเด็นความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็วในการลุกขึ้นยืน คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง แบ่งออกเป็น 9 ส่วน ดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

2. เปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

3. เปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ภายหลังการทดลอง

4. เปรียบเทียบความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

5. เปรียบเทียบความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ภายหลังการทดลอง

6. เปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

7. เปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ภายหลังการทดลอง

8. เปรียบเทียบ % ERD ของคลื่นแอลฟา ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เป็นเวลา 4 สัปดาห์

9. เปรียบเทียบ % ERD ของคลื่นแอลฟา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ภายหลังการทดลอง

1. ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นผู้สูงอายุเพศหญิง ในเขตเทศบาลตำบลบางทราย อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี อายุระหว่าง 60–74 ปี และอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยจำนวน 72 คน เมื่อคัดกรองกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเข้า ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์จำนวน 50 คน โดยสุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 25 คน คือ 1) กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีผู้ที่ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากนัดผ่าตัดต้อกระจก (Cataract) 1 คน และติดภาระกิจส่วนตัวทำให้เข้าร่วมโครงการไม่ต่อเนื่อง 1 คน 2) กลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุเข้าร่วมโครงการได้ต่อเนื่อง ครบตามกำหนดทุกคน คงเหลือกลุ่มตัวอย่างของกลุ่มทดลอง จำนวน 23 คน กลุ่มควบคุม จำนวน 25 คน มีลักษณะทั่วไปดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลอง (*n*=23)		กลุ่มควบคุม (*n*=25)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
อายุ (ปี)				
60-64	12	52.17	11	44.00
65-69	6	26.09	4	16.00
70-74	5	21.74	10	40.00
น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
<50	-	-	5	20.00
50-59	16	69.57	6	24.00
60-69	4	17.39	11	44.00
70-79	3	13.04	3	12.00
ส่วนสูง (เซนติเมตร)				
140-149	2	8.70	3	12.00
150-159	18	78.26	17	68.00
160-169	3	13.04	4	16.00
ดัชนีมวลกาย (กก./เมตร^2)				
18.50-24.90	15	65.21	13	52.00
25.00-29.90	6	26.09	7	28.00
>30	2	8.70	4	16.00
โรคประจำตัว				
ไม่มี	3	13.04	7	28.00
มี	20	86.96	18	72.00
การออกกำลังกาย				
ไม่ได้ออกกำลังกาย	2	8.70	7	28.00
ออกกำลังกาย	21	91.30	18	72.00

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลอง (*n*=23)		กลุ่มควบคุม (*n*=25)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ความถี่ในการออกกำลังกาย				
0 ครั้งต่อสัปดาห์	2	8.70	7	4.00
1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	5	21.74	1	4.00
3-5 ครั้งต่อสัปดาห์	12	52.17	9	36.00
ทุกวัน	4	17.39	8	32.00
ลักษณะการออกกำลังกาย				
เดิน	8	34.77	7	28.00
เต้นแอโรบิค	3	13.03	1	4.00
ปั่นจักรยาน	1	4.35	3	12.00
วู้ดบอล	1	4.35	3	12.00
แกว่งแขน	2	8.70	1	4.00
โยคะ	1	4.35	-	-
รำกระบอง	2	8.70	2	8.00
ไทเก็ก	2	8.70	-	-
ฮูลาฮูป	1	4.35	1	4.00

จากตารางที่ 4-1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 48 คน เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 23 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 25 คน ทั้งสองกลุ่ม ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 60-64 ปี น้ำหนักอยู่ในช่วง 50-69 กิโลกรัม ความสูงอยู่ในช่วง 150-159 เซนติเมตร มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในช่วง 18.50-24.90 และกลุ่มทดลองมีโรคประจำตัวร้อยละ 86.96 กลุ่มควบคุม ร้อยละ 72 ซึ่งทุกคนรายงานว่า ได้รับการดูแลรักษาและพบแพทย์ตามนัดอย่างสม่ำเสมอ กลุ่มทดลองมีการออกกำลังกายร้อยละ 91.30 กลุ่มควบคุมร้อยละ 72 และทั้งสองกลุ่ม ส่วนใหญ่ใช้เวลาในการออกกำลังกาย 3-5 ครั้งต่อสัปดาห์ และออกกำลังกายด้วยวิธีการเดินมากที่สุด

จะเห็นได้ว่าทั้งสองกลุ่ม ส่วนใหญ่ออกกำลังกายสม่ำเสมอ และมีความหลากหลายของวิธีการออกกำลังกาย วิธีการออกกำลังกายที่กลุ่มตัวอย่างทำเป็นประจำแบ่งได้ ดังนี้ การออกกำลังกายแบบแอโรบิค เช่น การเดิน การเต้นแอโรบิค ปั่นจักรยาน การออกกำลังแขน เช่น เล่นวู้ดบอล

แกว่งแขน การเพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกาย เช่น รำกระบองและโยคะ การเพิ่มความมั่นคงของลำตัว เช่น ไทเก็ก และฮูลาฮูป ซึ่งกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มไม่เคยออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ใกล้เคียงกับโปรแกรมที่ศึกษานี้

เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมที่แตกต่างกันในกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม มีการคัดกรองตามเกณฑ์อย่างละเอียด การสุ่มเข้ากลุ่มและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุ ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก ค่าเฉลี่ยส่วนสูง และค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายของทั้งสองกลุ่ม ด้วยสถิติทดสอบที แบบสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) ดังตารางที่ 4-2 และ 4-3

ตารางที่ 4-2 ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และสมรรถภาพสมองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง

	กลุ่มทดลอง (*n*=23)				กลุ่มควบคุม (*n*=25)			
ตัวแปร	Max	Min	*M*	*SD*	Max	Min	*M*	*SD*
อายุ (ปี)	74.00	60.00	65.35	4.60	74.00	60.00	67.04	4.89
น้ำหนัก (กก.)	73.00	50.00	58.57	7.11	79.00	42.00	59.12	9.44
ส่วนสูง (ซม.)	160.00	146.00	154.26	4.92	168.00	145.00	154.12	5.59
ดัชนีมวลกาย (กก./เมตร^2)	30.96	20.81	24.65	3.11	30.86	18.67	24.79	3.86
สมรรถภาพสมอง (MMSE)	20.00	30.00	25.78	2.50	30.00	20.00	26.80	3.00

จากตารางที่ 4-2 ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลอง มีอายุเฉลี่ย 65.35±4.60 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย 58.57±7.11 กิโลกรัม มีส่วนสูงเฉลี่ย 154.26±4.92 เซนติเมตร ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 24.65±3.11 กิโลกรัม/ตารางเมตร และมีสมรรถภาพสมองเฉลี่ย 25.78±2.50 คะแนน กลุ่มควบคุมมีอายุเฉลี่ย 67.04±4.89 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย 59.12±9.44 กิโลกรัม มีส่วนสูงเฉลี่ย 154.12±5.59 เซนติเมตร ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 4.79±3.86 กิโลกรัม/ตารางเมตร และ มีสมรรถภาพสมองเฉลี่ย 26.80±3.00 คะแนน

ตารางที่ 4-3 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และสมรรถภาพสมองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean			
	M	*SD*	*M*	*SD*	Difference	*df*	*t*	*p*
อายุ (ปี)	65.35	4.60	67.04	4.89	1.69	46	1.23	.11
น้ำหนัก (กก.)	58.57	7.11	59.12	9.44	.56	46	.23	.41
ส่วนสูง (ซม.)	154.26	4.92	154.12	5.59	-.14	46	-.09	.46
ดัชนีมวลกาย (กก./เมตร^2)	24.65	3.11	24.79	3.86	.14	46	.14	.45
สมรรถภาพสมอง (MMSE)	25.78	2.50	26.80	3.00	1.02	46	1.27	.11

จากตารางที่ 4-3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และสมรรถภาพสมองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยอายุระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน (t = 1.23, p = .11) ค่าเฉลี่ยน้ำหนักระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน (t = .23, p = .41) ค่าเฉลี่ยส่วนสูงระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน (t= -.09, p = .46) ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน (t = .14, p = .45) และคะแนนเฉลี่ยสมรรถภาพสมองระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน (t = 1.27, p = .11) สรุปได้ว่าลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

เนื่องจากการวิจัยนี้ศึกษาผลของโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ซึ่งความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหวจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้น (Gabbard & Fox, 2013) จึงวัดความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหวของทั้งสองกลุ่มด้วยแบบสอบถามความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว ฉบับภาษาไทย (THAI MIQ-R) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถทางจินตภาพการเคลื่อนไหวก่อนทดลอง ดังตาราง 4-4

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหวระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง

	ความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว (คะแนน)					
	M	*SD*	Mean Difference	*df*	*t*	*p*
กลุ่มทดลอง	48.65	2.37	-.57	46	-.61	.27
กลุ่มควบคุม	48.08	3.93				

จากตารางที่ 4-4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการจินตภาพ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ($p > .05$)

การวิจัยนี้ทดลองเพื่อเปรียบเทียบกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ดังนั้นจึงเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา 6 กลุ่ม นำค่าที่ Normalize เรียบร้อยแล้ว ทั้งข้างถนัด (Dominant) และข้างที่ไม่ถนัด (Non-dominant) และความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) วิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที แบบสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Indepenent *t*-test) ดังตารางที่ 4-5 และ 4-6

ตารางที่ 4-5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาข้างถนัดและข้างไม่ถนัดระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง

กลุ่มกล้ามเนื้อ	ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (นิวตัน/กก.)							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean			
	M	*SD*	*M*	*SD*	Difference	*df*	*t*	*p*
Hip flexors								
Dominant	10.54	1.13	10.36	1.33	-.18	46	-.52	.30
Non-dominant	10.11	1.28	9.88	1.69	-.23	46	-.52	.30
Hip extensors								
Dominant	6.64	1.49	6.84	2.43	.20	46	.35	.37
Non-dominant	7.14	1.52	6.83	2.35	-.31	46	-.53	.30
Knee flexors								
Dominant	7.69	1.48	7.59	1.31	-.09	46	-.23	.41
Non-dominant	7.08	1.06	7.17	1.27	.09	46	.27	.39
Knee extensors								
Dominant	9.57	2.02	9.75	1.80	.17	46	.32	.37
Non-dominant	9.88	1.87	9.66	1.82	-.22	46	-.41	.34
Ankle dorsi-flexors								
Dominant	7.49	0.81	7.96	1.37	.47	46	1.43	.08
Non-dominant	7.24	0.72	7.66	1.08	.43	46	1.59	.06
Ankle plantar-flexors								
Dominant	7.03	1.10	7.40	1.32	.37	46	1.06	.15
Non-dominant	7.56	1.26	7.41	1.26	.14	46	.40	.35

จากตารางที่ 4-5 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาทั้ง 6 กลุ่ม ทั้งข้างถนัดและข้างที่ไม่ถนัด ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ($p > .05$)

ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง

	ความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) (วินาที)					
	M	*SD*	Mean Difference	*df*	*t*	*p*
กลุ่มทดลอง	11.93	1.68				
กลุ่มควบคุม	11.77	2.17	-.16	46	-.29	.39

จากตารางที่ 4-6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม แสดงเวลาในการลุกขึ้นยืนไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ($p > .05$)

สรุปได้ว่า จากการเปรียบเทียบลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่มาจากวิธีการสุ่ม และใช้วิธีการเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีทางสถิติเบื้องต้น ปรากฏว่า ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลก่อนการทดลองทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันในด้าน อายุ ความสูง ดัชนีมวลกาย สมรรถภาพสมอง ความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว และข้อมูลพื้นฐานของตัวแปรตามด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

2. เปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุม จินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (MICE) วัดด้วยเครื่อง Hand-held dynamometer ผู้วัดเป็นคนเดียวกันที่วัดก่อนและหลังการทดลอง นำค่าที่วัดได้มาปรับโดยการ Normalization หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบผลโดยใช้สถิติทดสอบที แบบสองกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) (ตารางที่ 4-7) และแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้นหลังการใช้โปรแกรม MICE แสดงค่าเป็นร้อยละ (ตารางที่ 4-8)

ตารางที่ 4-7 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาข้างถนัดและข้างไม่ถนัด ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE

กลุ่มกล้ามเนื้อ	ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (นิวตัน/กก.)						
	ก่อนการใช้โปรแกรม		หลังการใช้โปรแกรม				
	M	*SD*	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*
Hip flexors							
Dominant	10.54	1.13	11.66	1.53	22	6.03*	.00
Non-dominant	10.11	1.28	11.35	1.55	22	7.19*	.00
Hip extensors							
Dominant	6.64	1.49	9.28	1.98	22	7.09*	.00
Non-dominant	7.14	1.52	8.89	1.96	22	7.27*	.00
Knee flexors							
Dominant	7.69	1.48	8.41	1.53	22	4.52*	.00
Non-dominant	7.08	1.06	7.82	1.20	22	4.09*	.00
Knee extensors							
Dominant	9.57	2.02	11.43	2.03	22	7.73*	.00
Non-dominant	9.88	1.87	11.48	2.25	22	6.10*	.00
Ankle dorsi-flexors							
Dominant	7.49	0.81	8.89	1.41	22	6.07*	.00
Non-dominant	7.24	0.72	8.63	1.23	22	5.94*	.00
Ankle plantar-flexors							
Dominant	7.03	1.09	8.39	1.32	22	6.69*	.00
Non-dominant	7.41	1.26	8.38	1.18	22	4.81*	.00

* $p < .05$

ตารางที่ 4-8 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้น หลังการใช้โปรแกม MICE

กลุ่มกล้ามเนื้อ	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้น หลังการใช้โปรแกรม	
	ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น (นิวตัน/กก.)	ร้อยละ
Hip flexors		
Dominant	1.12	10.63
Non-dominant	1.24	12.27

ตารางที่ 4-8 (ต่อ)

กลุ่มกล้ามเนื้อ	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้น หลังการใช้โปรแกรม	
	ความความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น (นิวตัน/กก.)	ร้อยละ
Hip extensors		
Dominant	2.64	39.76
Non-dominant	1.75	24.51
Knee flexors		
Dominant	0.72	9.36
Non-dominant	0.74	10.45
Knee extensors		
Dominant	1.86	19.44
Non-dominant	1.60	16.19
Ankle dorsi-flexors		
Dominant	1.40	18.69
Non-dominant	1.39	19.20
Ankle plantar-flexors		
Dominant	1.36	19.35
Non-dominant	0.97	13.09

จากตารางที่ 4-7 และตารางที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาทั้ง 6 กลุ่ม มากกว่าก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนี้ กล้ามเนื้องอข้อสะโพก (Hip flexors) ของขาข้างที่ถนัด (Dominant) และข้างที่ไม่ถนัด (Non-dominant) หลังการฝึก (M = 11.66, SD = 1.53, M = 11.35, SD = 1.55) มากกว่าก่อนการฝึก (M = 10.54, SD = 1.13, M = 10.11, SD = 1.28) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 6.03, 7.19, df = 22, 22, p = .00, .00) มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.63 และร้อยละ 12.27 ตามลำดับ

กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก (Hip extensors) ของขาข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัดหลังการฝึก (M = 9.28, SD = 1.98, M = 8.89, SD = 1.96) มากกว่าก่อนการฝึก (M = 6.64, SD = 1.49, M = 7.14, SD = 1.52) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 7.09, 7.27, df = 22, 22, p = .00, .00) มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 39.76 และร้อยละ 24.51 ตามลำดับ

กล้ามเนื้องอข้อเข่า (Knee flexors) ของขาข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัดหลังการฝึก (M = 8.41, SD = 1.53, M = 7.82, SD = 1.20) มากกว่าก่อนการฝึก (M = 7.69, SD = 1.48,

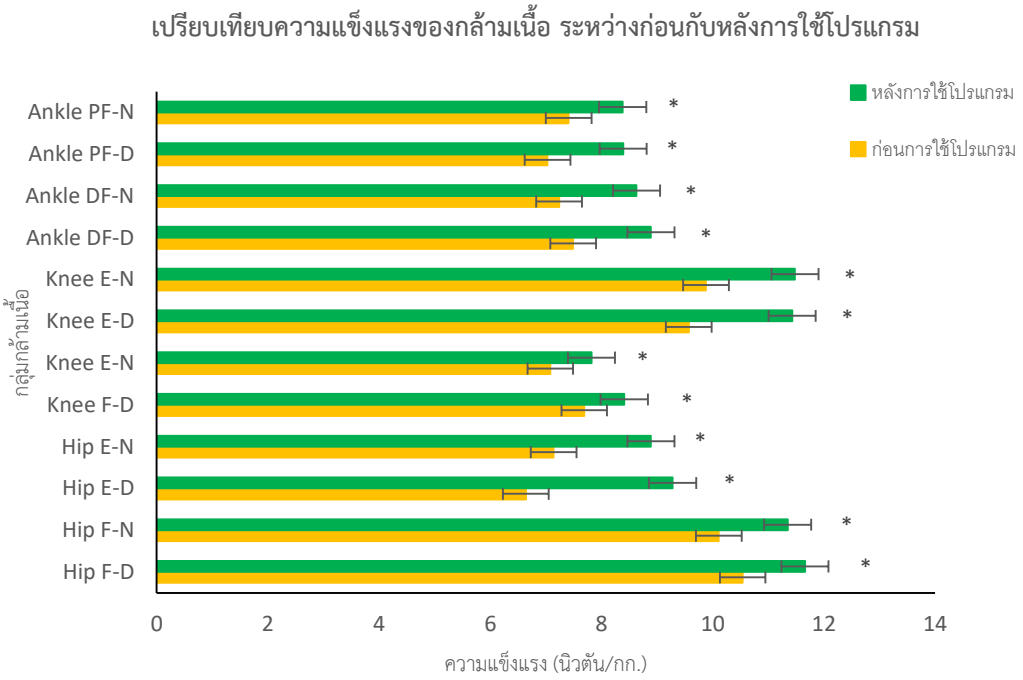
M = 7.08, *SD* = 1.06) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*t* = 4.52, 4.09, *df* = 22, 22, *p* = .00, .00) มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.36 และร้อยละ 10.45 ตามลำดับ

กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (Knee extensors) ของขาข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัดหลังการฝึก (*M* = 11.43, *SD* = 2.03, *M* = 11.48, *SD* = 2.25) มากกว่าก่อนการฝึก (*M* = 9.57, *SD* = 2.02, *M* = 9.88, *SD* = 1.87) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*t* = 7.73, 6.10, *df* = 22, 22, *p* = .00, .00) มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.44 และร้อยละ 16.19 ตามลำดับ

กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsi-flexors) ของขาข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัดหลังการฝึก (*M* = 8.89, *SD* = 1.41, *M* = 8.63, *SD* = 1.23) มากกว่าก่อนการฝึก (*M* = 7.49, *SD* = 81, *M* = 7.24, *SD* = 1.26) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*t* = 6.07, 5.94, *df* = 22, 22, *p* = .00, .00) มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.69 และร้อยละ 19.20 ตามลำดับ

กล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง (Ankle plantar-flexors) ของขาข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัดหลังการฝึก (*M* = 8.39, *SD* = 1.32, *M* = 8.38, *SD* = 1.18) มากกว่าก่อนการฝึก (*M* = 7.03, *SD* = 1.09, *M* = 7.41, *SD* = 1.26) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*t* = 6.69, 4.81, *df* = 22, 22, *p* = .00, .00) มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.35 และร้อยละ 13.09 ตามลำดับ

สรุปผลการศึกษาสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 คือกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น หลังการใช้โปรแกรมมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า หลังการใช้โปรแกรม กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 9.36-39.76 และแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม ดังกราฟในภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 กราฟเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE

3. เปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (MICE) กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ (GE) วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่อง Hand-held dynamometer ผู้วัดเป็นคนเดียวกัน ที่วัดก่อนและหลังการทดลอง นำค่าที่วัดได้ทำการ Normalization เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาข้างถนัด (Dominant) และข้างไม่ถนัด (Non-dominant) ในกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรม MICE กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรม GE โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) (ตารางที่ 4-9) และแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในกลุ่มทดลองที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม แสดงค่าเป็นร้อยละ (ตารางที่ 4-10)

ตารางที่ 4-9 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาข้างถนัดและข้างไม่ถนัด ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มกล้ามเนื้อ	ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (นิวตัน/กก.)							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม					
	M	*SD*	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*	*ES*
Hip flexors								
Dominant	11.66	1.53	10.47	1.32	46	2.90*	.00	.84
Non-dominant	11.35	1.55	9.94	1.64	46	3.05*	.00	.88
Hip extensors								
Dominant	9.28	1.98	7.19	2.15	46	3.50*	.00	1.01
Non-dominant	8.89	1.96	7.20	2.16	46	2.84*	.00	.82
Knee flexors								
Dominant	8.41	1.53	7.50	1.39	46	2.15*	.02	.63
Non-dominant	7.82	1.21	7.17	1.17	46	1.91*	.04	.55
Knee extensors								
Dominant	11.43	2.03	10.10	1.90	46	2.32*	.01	.68
Non-dominant	11.48	2.25	9.79	1.66	46	2.94*	.00	.86
Ankle dorsi-flexors								
Dominant	8.89	1.41	8.10	1.42	46	1.95*	.03	.56
Non-dominant	8.63	1.23	7.96	1.32	46	1.83*	.04	.53
Ankle plantar-flexors								
Dominant	8.39	1.32	7.66	1.40	46	1.86*	.03	.54
Non-dominant	8.38	1.18	7.70	1.30	46	1.89*	.03	.55

* $p < .05$

ตารางที่ 4-10 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในกลุ่มทดลองที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม

กลุ่มกล้ามเนื้อ	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงในกลุ่มทดลองที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม	
	ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น (นิวตัน/กก.)	ร้อยละ
Hip flexors		
Dominant	1.19	11.37
Non-dominant	1.41	14.19

ตารางที่ 4-10 (ต่อ)

กลุ่มกล้ามเนื้อ	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงในกลุ่มทดลองที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม	
	ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น (นิวตัน/กก.)	ร้อยละ
Hip extensors		
Dominant	2.09	29.07
Non-dominant	1.69	23.47
Knee flexors		
Dominant	0.91	12.13
Non-dominant	0.65	9.07
Knee extensors		
Dominant	1.33	13.17
Non-dominant	1.69	17.26
Ankle dorsi-flexors		
Dominant	0.79	9.75
Non-dominant	0.67	8.42
Ankle plantar-flexors		
Dominant	0.73	9.53
Non-dominant	0.68	8.83

จากตารางที่ 4-9 และตารางที่ 4-10 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุทุกมัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รายละเอียดดังนี้ กล้ามเนื้องอข้อสะโพก (Hip flexors) ของขาข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัดหลังการฝึก (M = 11.66, SD = 1.53, M = 11.35, SD = 1.55) มีความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มควบคุม (M = 10.47, SD = 1.32, M = 9.94, SD = 1.64) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีขนาดอิทธิพลในระดับสูง (t = 2.90, 3.05, df = 46, 46, p = .00, .00, ES = .84, .88) และมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม ร้อยละ 11.37 และร้อยละ 14.19 ตามลำดับ

กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก (Hip extensors) ของขาข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัดหลังการฝึกโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (M = 9.28, SD = 1.98, M = 8.89, SD = 1.96) มีความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มควบคุม (M = 7.19, SD = 2.15, M = 7.20, SD = 2.16) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีขนาดอิทธิพลในระดับสูง (t = 3.50, 2.84,

df = 46, 46, *p* = .00, .00, *ES* = 1.01, .82) และมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม ร้อยละ 29.07 และร้อยละ 23.47 ตามลำดับ

กล้ามเนื้องอข้อเข่า (Knee flexors) ของขาข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัดหลังการใช้โปรแกรม ควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (*M* = 8.41, *SD* = 1.53, *M* = 7.82, *SD* = 1.21) มีความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มควบคุม (*M* = 7.50, *SD* = 1.39, *M*= 7.17, *SD* = 1.17) อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05 มีขนาดอิทธิพลในระดับปานกลาง (*t* = 2.15, 1.91, *df* = 46, 46, *p* = .02, .04, *ES* = .63, .55) และมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม ร้อยละ 12.13 และร้อยละ 9.07 ตามลำดับ

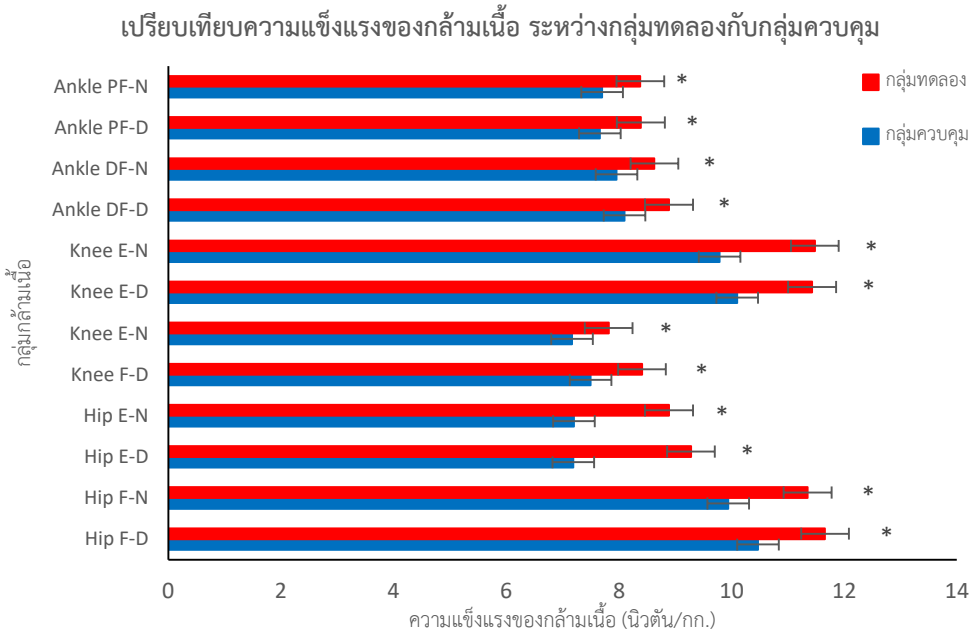
กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (Knee extensors) ของขาข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัดหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (*M* = 11.43, *SD* = 2.03, *M* = 11.48, *SD* = 2.25) มีความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มควบคุม (*M* = 10.10, *SD* = 1.90, *M*= 9.79, *SD* = 1.66) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่าข้างถนัดมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง และกล้ามเนื้อข้างไม่ถนัดมีขนาดอิทธิพลในระดับสูง (*t* = 2.32, 2.94, *df* = 46, 46, *p* = .01, .00, *ES* = .68, .86) และมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม ร้อยละ 13.17 และร้อยละ 17.26 ตามลำดับ

กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsi-flexors) ของขาข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัดหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (*M* = 8.89, *SD* = 1.41, *M* = 8.63, *SD* = 1.23) มีความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มควบคุม (*M* = 8.10, *SD* = 1.42, *M* = 7.96, *SD* = 1.32) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีขนาดอิทธิพลในระดับปานกลาง (*t* = 1.95, 1.83, *df* = 22, 22, *p* = .03, .04, *ES* = .56, .53) และมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม ร้อยละ 9.75 และร้อยละ 8.42 ตามลำดับ

กล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง (Ankle plantar-flexors) ของขาข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัดหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (*M* = 8.39, *SD* = 1.32, *M* = 8.38, *SD* = 1.18) มีความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มควบคุม (*M* = 7.66, *SD* = 1.40, *M* = 7.70, *SD* = 1.30) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีขนาดอิทธิพลในระดับปานกลาง (*t* = 1.86, 1.89, *df* = 22, 22, *p* = .03, .03, *ES* = .54, .55) และมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม ร้อยละ 9.53 และร้อยละ 8.83 ตามลำดับ

สรุปผลการศึกษาสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 คือ กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นหลังการทดลอง มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 8.42-29.076 และแสดงผลการเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาระหว่างกลุ่มทดลอง ดังกราฟในภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 กราฟเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

4. เปรียบเทียบความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม ควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย วิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) ดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE

	ความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (วินาที)				
	M	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนการทดลอง	11.93	1.68	22	-8.58*	.00
หลังการทดลอง	9.73	1.38	22		

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-11 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (M = 9.73, SD = 1.38) หลังการใช้โปรแกรมเร็วกว่าก่อนการฝึกใช้โปรแกรม (M = 11.93, SD = 1.68) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = -8.58, df = 46, p = .00)

สรุปผลการเปรียบเทียบความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4 คือ กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีความเร็ว ในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง หลังการทดลองเร็วกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. เปรียบเทียบความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (MICE) กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ (GE) พิจารณาจากความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง วิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) ดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

	ความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (วินาที)					
	M	*SD*	*df*	*t*	*p*	*ES*
กลุ่มทดลอง	9.73	1.38	46	-2.56*	.01	.73
กลุ่มควบคุม	10.81	1.56				

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-12 แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (M = 9.73, SD = 1.38) หลังการใช้โปรแกรมเร็วกว่ากลุ่มควบคุม (M = 10.81, SD = 1.56) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = -2.56, df = 46, p = .01, ES = .73) และมีขนาดอิทธิพลในระดับปานกลาง

สรุปผลการศึกษา ในการเปรียบเทียบความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 5 คือ กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง หลังการใช้โปรแกรมเร็วกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. เปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขาจำนวน 4 มัด ได้แก่กล้ามเนื้อเรกตัส ฟีมอริส (Rectus femoris) ที่ทำหน้าที่เหยียดข้อเข่า กล้ามเนื้อไบเซพ ฟีมอริส (Biceps femoris) ที่ทำหน้าที่งอข้อเข่า กล้ามเนื้อทิเบียริส แอนทีเรีย (Tibialis anterior) ที่ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าขึ้น และกล้ามเนื้อมีเดียล แกสตรอกนีเมียส (Medial gastrocnemius) ที่ทำหน้าที่กดปลายเท้าลง โดยวัดการหดตัวของกล้ามเนื้อจากความสูง (Peak amplitude) ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Root Mean Square: RMS) โดยการแปลงเป็นค่ามาตรฐานด้วย Min-Max normalization เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบข้อมูลได้ วิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สถิติทดสอบที แบบสองกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) (ตารางที่ 4-13)

ตารางที่ 4-13 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE

กล้ามเนื้อ	ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (μV)						
	ก่อนการใช้โปรแกรม		หลังการใช้โปรแกรม				
	M	*SD*	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*
Rectus femoris	5.27	3.02	5.98	6.03	22	.59	.28
Biceps femoris	6.73	10.54	6.94	11.73	22	.12	.46
Tibialis anterior	8.37	7.48	4.80	2.90	22	-2.08*	.02
Medial gastrocnemius	5.68	2.67	5.06	6.38	22	-.47	.32

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-13 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทิเบียริส แอนทีเรีย (Tibialis anterior) (M = 4.80, SD = 2.90) ลดลงภายหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (M = 8.37, SD = 7.48) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = -2.08, df = 22, p = .02)

สรุปผลการศึกษา ในการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 6 คือ กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืนแตกต่างกันหลังการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยดูจากความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทิเบียริส แอนทีเรีย ลดลงมากกว่าก่อนการทดลอง

7. เปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (MICE) กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ (GE) วิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สถิติทดสอบที แบบสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) โดยการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน (ตารางที่ 4-14)

ตารางที่ 4-14 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กล้ามเนื้อ	ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (μV)							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม					
	M	*SD*	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*	*ES*
Rectus femoris	5.98	6.04	8.00	7.85	46	-1.00	0.17	.30
Biceps femoris	6.94	11.73	4.14	2.47	46	1.17	0.13	.33
Tibialis anterior	4.80	2.90	9.01	6.36	46	-2.91*	0.00	.85
Medial gastrocnemius	5.06	6.38	6.24	9.69	46	-0.50	0.31	.13

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-14 แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทิเบียริสแอนทีเรีย หลังการใช้โปรแกรม (M = 4.80, SD = 2.90) ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม (M = 9.01, SD = 6.36) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีขนาดอิทธิพลระดับสูง (t = -2.91, df = 22, p = .00, ES = .85)

สรุปผลการศึกษา ในการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 7 คือ กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืนแตกต่างกันกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยดูจากความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทิเบียริส แอนทีเรีย ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

8. เปรียบเทียบ % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพ การเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ค่า ERD ซึ่งเป็นการลดลงของคลื่นไฟฟ้าสมองเมื่อเปรียบเทียบกับขณะพัก ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด Fz, F3 และ F4 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal) ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด Cz, C3 และ C4 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด Pz, P3 และ P4 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่บริเวณเปลือกสมองส่วนบน (Parietal) และที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด O1 และ O2 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital) รวม 11 ตำแหน่ง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาทั้ง 11 ตำแหน่ง ระหว่างก่อนกับ

หลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย วิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) ดังตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืนระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE

	% ERD ของคลื่นแอลฟา						
	ก่อนการใช้โปรแกรม		หลังการใช้โปรแกรม				
ตำแหน่งอิเล็กโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*
Fz	**27.91**	**23.27**	**56.67**	**27.18**	**22**	**5.26***	**.00**
F3	38.13	32.01	44.04	31.93	22	.58	.28
F4	32.09	31.08	34.57	29.15	22	.28	.39
Cz	**34.65**	**21.71**	**61.87**	**24.19**	**22**	**6.72***	**.00**
C3	51.96	37.16	38.87	29.92	22	-1.24	.11
C4	**29.91**	**25.09**	**51.35**	**26.33**	**22**	**2.87***	**.01**
Pz	33.96	26.77	31.26	26.91	22	-.40	.35
P3	35.70	36.26	33.74	24.72	22	-.28	.39
P4	37.17	28.65	43.35	31.90	22	.61	.27
O1	36.17	30.59	39.78	32.12	22	.42	.34
O2	38.22	31.24	36.17	32.89	22	-.20	.42

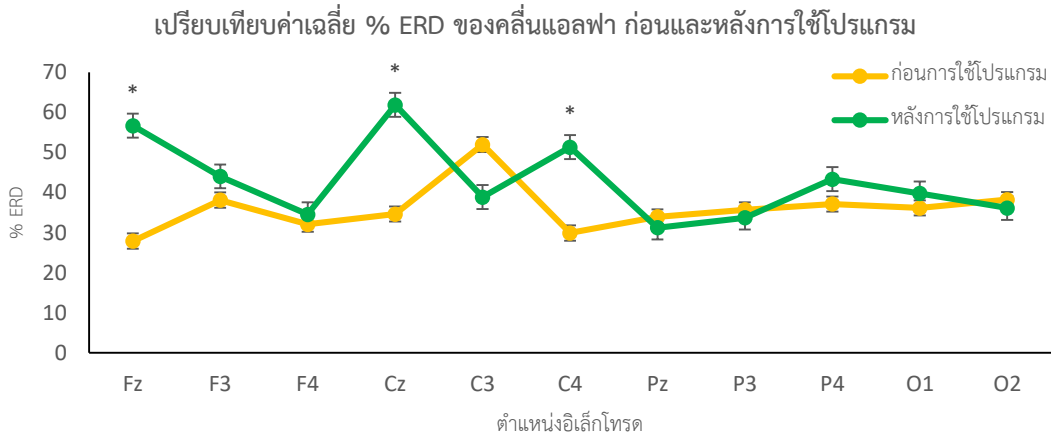
* $p < .05$

จากตารางที่ 4-15 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืนหลังการใช้โปรแกรม ที่ตำแหน่ง Fz (*M* = 56.67, *SD* = 27.18) สูงกว่าก่อนใช้โปรแกรม (*M* = 27.91, *SD* = 23.27) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*t* = 5.26, *df* = 22, *p* = .00) ที่ตำแหน่ง Cz (*M* = 61.87, *SD* = 24.19) สูงกว่าก่อนใช้โปรแกรม (*M* = 34.65, *SD* = 21.71) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*t* = 6.72, *df* = 22, *p* = .00) และที่ตำแหน่ง C4 (*M* = 51.35, *SD* = 26.33) สูงกว่าก่อนใช้โปรแกรม (*M* = 29.91, *SD* = 25.09) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (*t* = 2.87, *df* = 22, *p* = .01)

สรุปได้ว่า ในการเปรียบเทียบ % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืนเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 8 คือ กลุ่มที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มี % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน แตกต่างกันหลังการใช้

โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาสูงขึ้น ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด Fz ซึ่งอยู่ตรงกับบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal) Cz และ C4 ซึ่งอยู่ตรงกับบริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) แสดงว่าค่า % ERD ของคลื่นแอลฟา ภายหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย สูงกว่าก่อนใช้โปรแกรม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของ % ERD สูงขึ้น หมายถึง ตำแหน่งนั้นมีการทำงานของสมอง (Neural activity) เพิ่มขึ้น แสดงว่า ภายหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีการทำงานของสมองส่วนหน้าและส่วนกลางเพิ่มขึ้นในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน

เมื่อนำค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มาจัดทำกราฟตามตำแหน่งอิเล็กโทรด ผลแสดงในภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 กราฟค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม MICE

9. เปรียบเทียบ % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย กับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ค่า ERD ซึ่งเป็นการลดลงของคลื่นไฟฟ้าสมองเมื่อเปรียบเทียบกับขณะพัก ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด Fz, F3 และ F4 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal) ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด Cz, C3 และ C4 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central)

ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด Pz, P3 และ P4 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่บริเวณเปลือกสมองส่วนบน (Parietal) และที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด O1 และ O2 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital) รวม 11 ตำแหน่ง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาทั้ง 11 ตำแหน่ง ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม วิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent *t*-test) ดังตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4-16 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟา ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

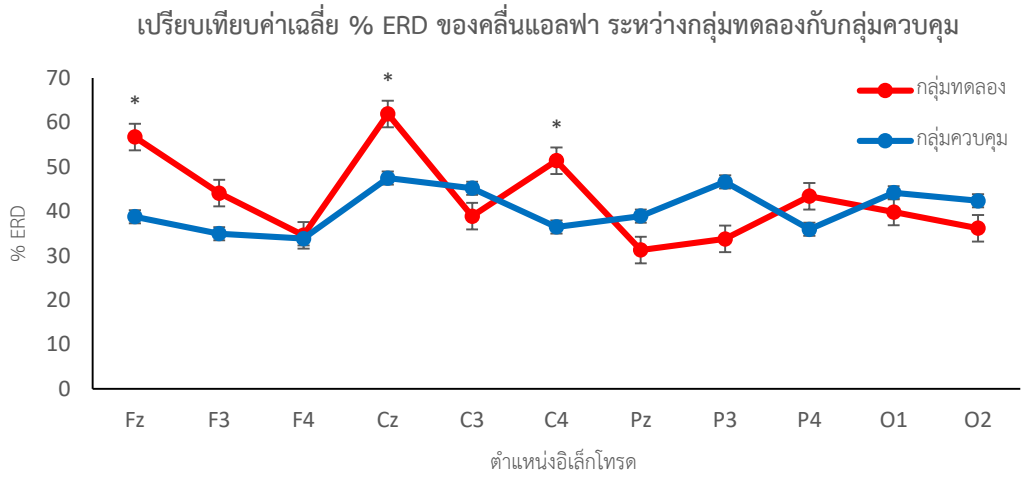
	ค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟา							
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม					
ตำแหน่งอิเล็กโทรด	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*df*	*t*	*p*	*ES*
Fz	**56.70**	**27.18**	**38.76**	**30.76**	**46**	**-2.13***	**.02**	**.62**
F3	44.04	31.93	34.92	26.71	46	-1.08	.15	.31
F4	34.57	29.15	33.80	26.65	46	-.10	.46	.03
Cz	**61.87**	**24.19**	**47.44**	**33.48**	**46**	**-1.70***	**.05**	**.49**
C3	38.87	29.92	45.16	30.08	46	.73	.24	.21
C4	**51.35**	**26.33**	**36.44**	**20.57**	**46**	**-2.17***	**.02**	**.63**
Pz	31.26	26.91	38.88	30.59	46	.91	.18	.26
P3	33.74	24.72	46.56	29.53	46	1.63	.06	.47
P4	43.35	31.90	35.92	24.03	46	-.91	.18	.26
O1	39.78	32.12	44.16	30.81	46	.48	.32	.14
O2	36.17	32.89	42.32	29.40	46	.68	.25	.20

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-16 แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน หลังใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายบริเวณเปลือกสมองที่ตำแหน่ง Fz (*M* = 56.70, *SD* = 27.18) สูงกว่ากลุ่มควบคุม (*M* = 38.76, *SD* = 30.76) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง (*t* = -2.13, *df* = 22, *p* = .02, *ES* = .62) ที่ตำแหน่ง Cz (*M* = 61.87, *SD* = 24.19) สูงกว่ากลุ่มควบคุม (*M* = 47.44, *SD* = 33.48) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีขนาดอิทธิพลระดับน้อย (*t* = -1.70, *df* = 22, *p* = .05, *ES* = .49) และที่ตำแหน่ง C4 (*M* = 51.35, *SD* = 26.33) สูงกว่ากลุ่มควบคุม (*M* = 36.44, *SD* = 20.57) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง (*t* = -2.17, *df* = 22, *p* = .01, *ES* = .63)

สรุปได้ว่า ในการเปรียบเทียบ % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 9 คือ กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มี % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน แตกต่างกันกับกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาสูงขึ้น ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด Fz ซึ่งอยู่ตรงกับบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal) Cz และ C4 ซึ่งอยู่ตรงกับบริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) แสดงว่าค่า % ERD ของคลื่นแอลฟา หลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของ % ERD สูงขึ้นหมายถึงตำแหน่งนั้นมีการทำงานของสมอง (Neural activity) เพิ่มขึ้น แสดงว่า กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีการทำงานของสมองส่วนหน้าและส่วนกลางในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

เมื่อนำค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมมาจัดทำกราฟตามตำแหน่งอิเล็กโทรด ผลแสดงในภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 กราฟค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ และเปรียบเทียบผลของโปรแกรม โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืน และคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะจินตภาพการลุกขึ้นยืน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุเพศหญิง อายุระหว่าง 60 – 74 ปี ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด และยินดีเข้าร่วมการวิจัย สุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย แบบแผนการทดลองเป็นแบบวัดก่อนและหลังการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุม (Randomized pretest and posttest active control group design) ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน โดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (Motor Imagery Control Combined with Exercise Program: MICE) ที่พัฒนาขึ้น ตัวแปรตามได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการลุกขึ้นยืน คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะลุกขึ้นยืน และคลื่นไฟฟ้าสมองในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือ แบบทดสอบสมรรถภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย แบบคัดกรองโรคซึมเศร้า แบบสอบถามความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหวฉบับภาษาไทย เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Hand-held dynamometer) การทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ระบบตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Neuroscan system) หมวกอิเล็กโทรด 16 ช่องสัญญาณ และอิเล็กโทรดชนิดผิว (Surface electrode) Blue sensor P ติดที่กล้ามเนื้อแบบไบโพลาร์ ตัดสัญญาณรบกวนและกรองสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้วยโปรแกรม Curry neuroimaging suite 7.0 วิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ด้วยโปรแกรม Mathlab และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที (*t*-test) สำหรับกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม โดยใช้โปรแกรม SPSS

สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง

เป็นผู้สูงอายุเพศหญิงมีอายุระหว่าง 60-74 ปี สามารถเดินโดยไม่ใช้เครื่องช่วย ถนัดมือขวา ไม่มีประวัติการหกล้มหรืออุบัติเหตุทางสมองในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา มีสมรรถภาพสมองอยู่ในเกณฑ์ปกติ และไม่มีโรคซึมเศร้า

สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัย ได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ได้โปรแกรม ที่มีองค์ประกอบหลัก คือ การควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวเสริมกับการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า ที่จัดทำเป็นสื่อวีดิทัศน์พร้อมคู่มือ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) = 1.00 และจากการทดลองนำไปใช้ปรากฏว่ากลุ่มตัวอย่างสามารถปฏิบัติได้อย่างต่อเนื่องครบทุกขั้นตอนอย่างราบรื่น ไม่มีเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ (Adverse event) ในระหว่างการฝึกปฏิบัติตามโปรแกรม จึงสรุปได้ว่าโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย สามารถนำไปใช้ได้จริง

โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม แนวคิดและทฤษฎีที่ผ่านมา ปรากฏว่า การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียวช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ (Yao et al., 2013) และการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้เช่นกัน (Liu & Latham, 2009) จากข้อมูลดังกล่าว จึงนำแนวคิดเชิงระบบ ที่มี 3 องค์ประกอบ จากพื้นฐานทฤษฎีการควบคุมการเคลื่อนไหวและการเรียนรู้การเคลื่อนไหวเพื่อการฟื้นฟูสุขภาพ (Umphred et al., 2013, pp. 4-10) มาใช้เป็นกรอบแนวคิดหลัก โดยนำแนวทางการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวของ Dickstein and Deutsch (2007) ที่เป็นกระบวนการรู้คิดขั้นสูงและเป็นกระบวนการทำงานระดับบนลงล่าง (Top-down process) ร่วมกับข้อแนะนำการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าสำหรับผู้สูงอายุ (American college of sports medicine, 2014, pp. 376-377) ที่เป็นกระบวนการทำงานระดับล่างขึ้นบน (Bottom-up process) จากหลักการดังกล่าว นำมาออกแบบโปรแกรมควบคุมจินตภาพ การเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ที่ประกอบด้วย 6 ส่วน ได้แก่ 1) การผ่อนคลายจิตใจด้วยการฝึกหายใจแบบลึก 2) การหมุนภาพในใจ 3) การฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืน ทั้งจินตภาพทางการมองเห็นและจินตภาพทางคินนิสธีติก 4) การอบอุ่นร่างกายด้วยการยืดกล้ามเนื้อ 5) การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าของกล้ามเนื้อขา 6 มัด คือ กล้ามเนื้องอและเหยียดข้อสะโพก กล้ามเนื้องอและเหยียดข้อเข่า กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้นและกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง และ 6) การคลายอุ่นโดยการยืดกล้ามเนื้อคอ แขน และลำตัว นำส่วนประกอบทั้ง 6 ส่วน เรียบเรียงเป็น 14 ท่า จัดทำเป็นโปรแกรมออกกำลังกาย ได้แก่

ท่าที่ 1 การหายใจแบบลึกก่อนฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว

ท่าที่ 2 การหมุนภาพในใจ

ท่าที่ 3 การจินตภาพการลุกขึ้นยืน

ท่าที่ 4 การอบอุ่นร่างกาย โดยการยืดกล้ามเนื้อขาและข้อเท้า

ท่าที่ 5 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก

ท่าที่ 6 การออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อเข่า

ท่าที่ 7 การออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อสะโพก

ท่าที่ 8 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า

ท่าที่ 9 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น

ท่าที่ 10 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง

ท่าที่ 11 การคลายอุ่นด้วยการยืดกล้ามเนื้อคอ แขน และลำตัว

ท่าที่ 12 การยืดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว

ท่าที่ 13 การหายใจแบบลึกหลังออกกำลังกาย ปฏิบัติเช่นเดียวกับท่าที่ 1

ท่าที่ 14 การทวนซ้ำจินตภาพการลุกขึ้นยืนหลังออกกำลังกาย ปฏิบัติเช่นเดียวกับท่าที่ 3

โดยจัดทำโปรแกรมเป็นวีดิทัศน์และคู่มือประกอบการใช้โปรแกรม เพื่อความสะดวกในการนำไปปฏิบัติกับกลุ่มทดลอง

2. ผลการเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีรายละเอียดดังนี้

2.1 กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น หลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2.2 กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น หลังการทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง หลังการทดลองเร็วกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง หลังการใช้โปรแกรมเร็วกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.5 กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืนแตกต่างกันหลังการใช้

โปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยดูจากความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทิเบียริส แอนทีเรีย ลดลงมากกว่าก่อนการทดลอง

2.6 กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะลุกขึ้นยืนแตกต่างกันกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยดูจากความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทิเบียริส แอนทีเรีย ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

2.7 กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มี % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน แตกต่างกันหลังการใช้โปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาสูงขึ้น ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด Fz ซึ่งอยู่ตรงกับบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal) Cz และ C4 ซึ่งอยู่ตรงกับบริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) แสดงว่าค่า % ERD ของคลื่นแอลฟา ภายหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายสูงกว่าก่อนใช้โปรแกรม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของ % ERD สูงขึ้น หมายถึง ตำแหน่งนั้นมีการทำงานของสมอง (Neural activity) เพิ่มขึ้นแสดงว่า ภายหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายมีการทำงานของสมองส่วนหน้าและส่วนกลางเพิ่มขึ้นในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน

2.8 กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มี % ERD ของคลื่นแอลฟาในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน แตกต่างกันกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟาสูงขึ้นที่ตำแหน่ง อิเล็กโทรด Fz ซึ่งอยู่ตรงกับบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal) Cz และ C4 ซึ่งอยู่ตรงกับบริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) แสดงว่า ค่า % ERD ของคลื่นแอลฟาหลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของ % ERD สูงขึ้น หมายถึง ตำแหน่งนั้นมีการทำงานของสมอง (Neural activity) เพิ่มขึ้น แสดงว่า หลังการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีการทำงานของสมองส่วนหน้าและส่วนกลางในการจินตภาพการลุกขึ้นยืนสูงกว่ากลุ่มควบคุม ที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

การอภิปรายผล

จากผลการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นแสดงว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนสำหรับผู้สูงอายุได้ อาจเนื่องมาจากการฝึกตามโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ใช้วิธีการฝึกออกกำลังกายประกอบวีดิทัศน์ ที่มีการแสดงท่าออกกำลังกายประกอบกับภาพกล้ามเนื้อขาแต่ละมัดและให้ผู้ฝึกสังเกตและรู้สึกถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อในขณะ

ออกกำลังกาย ทำให้ผู้ฝึกเกิดการรับรู้และการรับความรู้สึก (Sensory-perception) และมีการฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืนอย่างถูกวิธี เมื่อฝึกซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ทำให้เกิดการดึงข้อมูลของการเคลื่อนไหว (Retrieval) จากความจำระยะยาวชนิดความจำเชิงกระบวนการ (Procedural memory) และความจำขณะคิด (Working memory) ที่ทำงานเชื่อมโยงกันจนกระทั่งระบบประสาทที่เกี่ยวข้องสามารถทำงานร่วมกันโดยอัตโนมัติเป็นกระบวนการพัฒนาทักษะทางการเคลื่อนไหว (Dickstein & Deutsch, 2007; Malouin et al., 2004) มีการส่งสัญญาณประสาทที่บริเวณเปลือกสมองและสมองส่วนซับคอร์ติคัล ซึ่งเป็นส่วนที่ทำงานแบบเดียวกับการเคลื่อนไหวจริง คือ สมองส่วนไพรมารีมอเตอร์ (M1) พื้นที่บร็อดแมนน์ 4 พรีมอเตอร์ (PMA) และซับพลีเมนทารีมอเตอร์ (SMA) พื้นที่บร็อดแมนน์ 6 สมองส่วนโพสทีเรียพาไรทัลโลบ (PPL) สมองน้อย ทาลามัส และเบซัลแกงเกลีย (Jeannerod, 2001; Munzert et al., 2009; Xu et al., 2014) ทำให้เกิดการส่งสัญญาณที่บริเวณเปลือกสมองระหว่างส่วนที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากร่างกายในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหว และส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว โดยการพยายามสร้างความรู้สึกในการเคลื่อนไหวใหม่ แล้วส่งสัญญาณคำสั่งที่ส่งเสริมให้วงจรประสาทส่งสัญญาณประสาทไปยังกล้ามเนื้อเป้าหมาย (Yao et al., 2013) คือ กล้ามเนื้อขามากขึ้น ดังนั้นการที่กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเกิดจากการส่งสัญญาณคำสั่งจากสมองที่มากขึ้นสั่งให้มอเตอร์ยูนิตทำงานมากขึ้น มีการปรับตัวของระบบประสาทและส่งผลต่อเนื่องระยะยาวต่อการคงสภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีลักษณะเหมือนกลไกการเรียนรู้การเคลื่อนไหวกลายเป็นความจำระยะยาวชนิดความจำเชิงกระบวนการ (Ranganathan et al., 2004) ซึ่งผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐาน สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ที่เป็นกล้ามเนื้อสำคัญในการลุกขึ้นยืน ในกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังการใช้โปรแกรมเพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นการออกกำลังกายแบบไม่มีแรงต้านจากภายนอก โดยกลุ่มทดลองมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.36-39.76 สอดคล้องกับการทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบของ Kraemer et al. (2002) ที่ปรากฏว่า ผู้ที่ไม่เคยออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าในกลุ่มที่เริ่มฝึกใหม่ จะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่เคยได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบมีแรงต้านและมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 40 รวมทั้งสอดคล้องกับการศึกษาของ Serra-Rexach et al. (2011) ในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในผู้สูงอายุโดยใช้ความหนักในการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า โดยให้แรงต้านระดับความหนักร้อยละ 30-70 ของ 1RM เมื่อวัดแรงเหยียดขา (Leg press) มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น 4.1-17.1 กิโลกรัม หลังออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ แสดงว่า การออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน ส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ถึงแม้ว่าจะใช้แรงต้านในระดับต่ำและใช้เวลาในการฝึกระยะสั้น

ในการศึกษาที่ผ่านมา การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าส่วนใหญ่ใช้วิธีการให้แรงต้านในระดับสูง เช่น การศึกษาของ Schlicht et al. (2001) ให้แรงต้านที่ระดับความหนักร้อยละ 75 ของ 1RM ในกลุ่มผู้สูงอายุ ปรากฏว่า กล้ามเนื้อขามีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 20-48 แต่การศึกษานี้ใช้ระดับความหนักของการออกกำลังกายที่ระดับร้อยละ 40-50 ของ 1RM เป็นการให้แรงต้านในระดับต่ำ (Low intensity) ตามหลักการของวิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา ที่แนะนำสำหรับผู้เริ่มต้นการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน สอดคล้องกับการศึกษาของ Cassilhas et al. (2007) ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน ที่ระดับความหนักร้อยละ 50 กับแรงต้านระดับร้อยละ 80 ของ 1RM ปรากฏว่า ทั้งสองกลุ่มมีการพัฒนาด้านกระบวนการรู้คิด และมีการเพิ่มขึ้นของระดับ IGF-1 และสอดคล้องกับการศึกษาของ Benavent-Caballer et al. (2014) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาดภาคตัดขวางของกล้ามเนื้อ ในการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านที่ระดับร้อยละ 40 ของ 1RM ปรากฏว่า เมื่อตรวจด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ ขนาดภาคตัดขวางของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นร้อยละ 42.1 และ Takarada and Ishii (2002) ได้ศึกษากล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่าโดยให้แรงต้านที่ร้อยละ 50 ของ 1RM ผลการตรวจด้วยเครื่อง MRI ปรากฏว่า ขนาดภาคตัดขวางของกล้ามเนื้องอและเหยียดข้อเข่า มีขนาดเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.1 รวมทั้งการศึกษาของ Vincent et al. (2002) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายโดยให้แรงต้านในระดับต่ำ (ร้อยละ 50 ของ 1RM) กับให้แรงต้านระดับสูง (ร้อยละ 80 ของ 1RM) ปรากฏว่า กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 17.2 และร้อยละ 17.8 ซึ่งแสดงว่า การให้แรงต้านในระดับสูงกับระดับต่ำส่งผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในระดับใกล้เคียงกัน ข้อมูลดังกล่าวสนับสนุนได้ว่า โปรแกรมการออกกำลังกายที่ให้แรงต้านในระดับต่ำ (Low intensity) สามารถส่งผลเชิงบวกต่อการเพิ่มความแข็งแรง และขนาดภาคตัดขวางของกล้ามเนื้อ รวมทั้งพัฒนากระบวนการรู้คิด

จากการวิเคราะห์อภิมานโดย Liu and Latham (2009) เกี่ยวกับผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าในผู้สูงอายุ จำนวน 120 เรื่องในช่วงปี ค.ศ. 1966-2007 งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาผลการออกกำลังกายโดยใช้เวลาในการฝึกนาน 8-12 สัปดาห์ แต่การศึกษานี้ใช้เวลาในการฝึกระยะสั้น 4 สัปดาห์ โดยมีการเสริมวิธีการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า สอดคล้องกับการศึกษาของ Sidaway and Trzaska (2005) ที่ศึกษาผลการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อขา สัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ร้อยละ 17.13 อธิบายด้วยทฤษฎีไซโคนิวโรมัสคูลาได้ว่า ในการฝึกจินตภาพจะเกิดการป้อนกลับของข้อมูลคินนิสธีติก ทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานอย่างประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อและระบบประสาท ทำให้เปลือกสมองสร้างรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง และเพิ่มการทำงานของร่างกายในขั้นตอนการเตรียมการเคลื่อนไหว ซึ่งมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่พบว่า การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวเพิ่มการทำงานของสมองส่วนมีเดียลแอสเปกของ

ออบิโทฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ และลดการทำงานของสมองน้อย (Jackson et al., 2003) ดังนั้น การเสริมวิธีฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดระยะเวลาในการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งอธิบายความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้นได้ดังนี้

เมื่อกล้ามเนื้อออกแรงต้านกับน้ำหนักของถุงทราย คือ มีคำสั่งจากสมองส่วนมอเตอร์คอร์เท็กซ์ส่งไปยังก้านสมองและเซลล์ประสาทสั่งการในไขสันหลัง สั่งการให้กล้ามเนื้อหดตัว การยกน้ำหนักทำให้เกิดแรงตึงในกล้ามเนื้อ กระตุ้นโปรตีนสัญญาณในเซลล์ (Signaling protein) ซึ่งทำให้มีการสังเคราะห์โปรตีนที่ใช้หดตัวและโปรตีนโครงสร้างเพิ่มมากขึ้น มีการสร้างฮอร์โมนที่กระตุ้นการสร้างโปรตีน เช่น Insulin-like growth factor-1 (IGF-1) เพิ่มมากขึ้นและกระตุ้นเซลล์ต้นกำเนิดของกล้ามเนื้อ (Myosatellite cell) ทำให้มีการสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น (บัวรอง ลิ่วเฉลิมวงศ์, 2557, หน้า 242-243) ซึ่งเซลล์ต้นกำเนิดของกล้ามเนื้อจะพัฒนาไปเป็นเซลล์กล้ามเนื้อตั้งต้น (Myoblast) ที่ประกอบด้วยไรโบโซม (Ribosome) มีการแตกแขนงของซาโคพลาสมิกเรติคิวลัม (Sarcoplasmic reticulum) ในเซลล์กล้ามเนื้อลายที่ทำหน้าที่เก็บไอออนแคลเซียมและขับออกสู่ซาร์โคพลาสซึม เมื่อกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นโดยแคลเซียมนี้จะไปจับกับคอนแทรกไทล์โปรตีนซึ่งใช้พลังงาน ATP เพื่อทำให้กล้ามเนื้อหดตัว (Seene & Kaasik, 2012) และการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านในผู้สูงอายุ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ สามารถเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อลายได้ร้อยละ 153 (Yarasheski et al., 1993) รวมทั้งมีการเพิ่มการระดมพลของมอเตอร์ยูนิตและมีการทำงานอย่างประสานสัมพันธ์ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ (Inter-intramuscular coordination) (Frontera et al., 2000) ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นในช่วง 2-3 สัปดาห์แรกทำให้เกิดการปรับตัวของระบบประสาท (Neural adaptation) รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงรูปแบบในการระดมพลของมอเตอร์ยูนิต และมีการเพิ่มขึ้นของสัญญาณประสาท (Neural drive) (Milner-Brown & Stein, 1975; Semmler & Enoka, 2000) กระบวนการดังกล่าวข้างต้นเป็นกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อที่มีการหดตัวซ้ำ ๆ ต้านแรงจากภายนอก เมื่อเสริมกับกระบวนการจินตภาพการเคลื่อนไหวซึ่งเป็นการทำหน้าที่ทางการรู้คิดขั้นสูง (Higher cognitive function) (Madan & Singhal, 2012) ส่งเสริมให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นในระยะเวลาอันสั้น

ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของ Leung, Spittle, and Kidgell (2013) ในการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว กลุ่มออกกำลังกายแบบมีแรงต้านของกล้ามเนื้องอข้อศอกและกลุ่มควบคุม ปรากฏว่า กลุ่มที่ฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 16 ส่วนกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบมีแรงต้านมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 39 แสดงว่าทั้งสองวิธี สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอข้อศอกในการฝึกเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้

โดยมีการทำงานของสัญญาณประสาท จากสมองที่กระตุ้นผ่านวิถีประสาทคอร์ติโคสไปนัล (Corticospinal excitability) มีสัญญาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของการส่งผ่านสารสื่อประสาท โดยเฉพาะอย่างยิ่งอะซิติลโคลีน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการควบคุมการเคลื่อนไหวในระดับโมเลกุล จากกระบวนการดังกล่าว ทำให้เกิดการวางแผนและการเตรียมการเคลื่อนไหวรวมทั้งการปรับตัวของจุดประสานประสาท

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากการจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Shackell and Standing (2007) ที่ศึกษาการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอข้อสะโพกในกลุ่มนักกีฬามหาวิทยาลัย เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ปรากฏว่า กลุ่มที่ใช้วิธีการจินตภาพการเคลื่อนไหว มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 24 ส่วนกลุ่มที่ใช้วิธีการออกกำลังกายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอข้อสะโพกเพิ่มขึ้นร้อยละ 28 และในการศึกษาผลของการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของข้อเท้าร่วมกับการจินตภาพการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ปรากฏว่า ผู้ป่วยกลุ่มที่ฝึกโปรแกรมออกกำลังกายร่วมกับจินตภาพการเคลื่อนไหว มีการลงน้ำหนักที่เท้าดีขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว (Kim, Lee, & You, 2015) นอกจากนี้บทความปริทัศน์ของ Slimani et al. (2016) ได้แสดงให้เห็นผลของจินตภาพการเคลื่อนไหวแบบคินนีสธีติกต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ ร้อยละ 2.6-136.3 เมื่อเปรียบเทียบกับจินตภาพทางการมองเห็น ที่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ ร้อยละ 4.8-23.2 ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น คือ ความสามารถในการจินตภาพ แรงจูงใจ และการรับรู้ความสามารถของตนเอง

นอกจากนี้ ยังมีหลักฐานการศึกษาที่กล่าวว่า จินตภาพการเคลื่อนไหวสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยช่วยเพิ่มการส่งกระแสประสาทจากระบบประสาทส่วนกลาง ดังที่ Clark et al. (2006) ได้ศึกษาการทำหน้าที่ของระบบประสาทกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง (Plantar flexor neural function) ภายหลังการยกขาแขวนไว้หนึ่งข้าง และศึกษาผลของจินตภาพการเคลื่อนไหวในการป้องกันระบบประสาทที่ระดับไขสันหลัง และความแข็งแรงของข้างที่ไม่ได้ใช้งาน โดยการประเมิน H- Reflex ปรากฏว่า มีการเพิ่มขึ้นของรีเฟล็กซ์ในกล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) การศึกษานี้แสดงว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ คือ การกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง (Central activation) ร้อยละ 48 ประกอบกับปัจจัยที่กล้ามเนื้อร้อยละ 39 โดยเฉพาะการทำหน้าที่ของซาร์โคเล็มมา (Sarcolemma) ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อ และสอดคล้องกับ Kumar et al. (2016) ที่ศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ปรากฏว่า การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว 3 สัปดาห์ ทำให้กล้ามเนื้องอและเหยียดข้อสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม สรุปได้ว่า การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวทำให้เกิดการปรับตัวของระบบประสาท เพิ่มการกระตุ้นการทำงานของสมอง

ทำให้กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นได้ง่ายขึ้น (Higher muscle excitability) (Lebon, Collet, & Guillot, 2010; Slimani, Tod, Chaabene, Miarka, & Chamari, 2016) ข้อมูลดังกล่าวสนับสนุนผลของการใช้จินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้มากกว่าการใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง

2. ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ลุกขึ้นยืนได้เร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับหลังใช้โปรแกรมและเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้เวลาในการลุกขึ้นยืนเฉลี่ย 9.73±1.38 วินาที ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์อภิมานโดย Bohannon (2006) ที่ศึกษาเวลาในการลุกขึ้นยืนของคนในแต่ละช่วงอายุ ปรากฏว่า ผู้ที่มีอายุช่วง 60-69 ปี ใช้เวลาเฉลี่ยในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) เป็นเวลา 11.4 วินาที และช่วงอายุ 70-79 ปี ใช้เวลาเฉลี่ย 12.6 วินาที และกล่าวว่า เวลาในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง สะท้อนถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Lord et al., 2002; Bohannon et al., 2010) ซึ่งผลการวิจัยนี้ ในส่วนแรกแสดงให้เห็นว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นทุกมัด ดังนั้นความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ของกลุ่มทดลองที่เร็วขึ้นหลังใช้โปรแกรมอาจเกิดจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้นทำให้ใช้เวลาในการลุกขึ้นยืนลดลง

ทั้งนี้มีการทบทวนอย่างเป็นระบบปรากฏว่า การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า ช่วยลดภาวะพึ่งพาของผู้สูงอายุได้ (Latham et al., 2004; Liu & Latham, 2009) มีการศึกษาของ Schlicht et al. (2001) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อขา ปรากฏว่า กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย ร้อยละ 20-48 ในการออกกำลังกาย เป็นเวลา 8 สัปดาห์ แต่ความเร็วในการลุกขึ้นยืนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมแสดงว่า การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการพัฒนาทักษะในการลุกขึ้นยืน เนื่องจากการลุกขึ้นยืนตามหลักการทางชีวกลศาสตร์ เป็นการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย จากท่านั่งที่มีความมั่นคงเปลี่ยนเป็นท่ายืนที่มีความมั่นคงลดลง มีการเคลื่อนของร่างกายไปทางด้านหน้าและปรับจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายให้สูงขึ้น การทำงานของข้อต่อเกิดขึ้นที่ข้อสะโพกและข้อเข่า และมีการทำงานของกล้ามเนื้องอข้อสะโพกแบบยืดยาวออก (Eccentric contraction) กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพกทำงานแบบหดสั้น (Concentric contraction) กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่าทำงานแบบหดสั้น และกล้ามเนื้องอข้อเข่าทำงานแบบยืดยาวออก โดยมีการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างประสานสัมพันธ์กัน ถึงแม้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาจะเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่มีส่วนสำคัญต่อการลุกขึ้นยืน (Dehail et al., 2007) แต่ปัจจัยด้านกระบวนการรู้คิดมีส่วนสำคัญเช่นกัน ผลการศึกษาของ Malouin et al. (2004) ในการฝึกจินตภาพร่วมกับกิจกรรมทางกาย ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง เพื่อฝึกการลุกขึ้นยืน ปรากฏว่า กลุ่มที่มีปัญหาด้านความจำขณะคิดมีพัฒนาการในการลุกขึ้นยืนน้อยที่สุด เนื่องจากผู้ป่วยที่มีความจำขณะทำงานบกพร่อง การฝึกจินตภาพไม่สามารถเก็บเป็นความจำระยะยาวที่ต้องใช้ใน

การทำทักษะต่าง ๆ แสดงว่า การพัฒนาทักษะการเคลื่อนไหวอาศัยการรู้คิดด้านความจำขณะทำงานเพื่อทวนซ้ำในการฝึกจินตภาพ

ผลการทดลองที่แสดงว่า ความเร็วในการลุกขึ้นยืนดีขึ้น อาจเนื่องมาจากการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา จากการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าร่วมกับการฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืน โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบการฝึกจินตภาพทางการมองเห็น (Visual motor imagery) โดยการสังเกตวิธีการลุกขึ้นยืนที่ถูกต้องตามขั้นตอน และให้ผู้ฝึกรู้สึกว่าตนเองกำลังลุกขึ้นยืน ซึ่งเป็นการจินตภาพทางคินนีสธีติก (Kinesthetic motor imagery) ทั้งสองวิธีช่วยส่งเสริมกันทำให้การจินตภาพมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากมีการกระตุ้นวิถีประสาทของทั้งสองวิธี (Both neural pathway) (Hardy & Callow, 1999) สอดคล้องกับการศึกษาของ Lee et al. (2016) ในการฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืนในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ครั้งละ 30 นาที เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยการดูวีดิทัศน์และฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืน โดยแบ่งการลุกขึ้นยืนเป็น 4 ระยะ เช่นเดียวกันกับการวิจัยนี้ ปรากฏว่า ความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST) ดีขึ้น เปลี่ยนแปลงจากเวลา 17.0±2.2 วินาที ลดลงเป็น 13.0±1.6 วินาที การจินตภาพการเคลื่อนไหวเป็นการคิดทวนซ้ำ (Mental rehearsal) ซึ่งเป็นการทำงานของความจำขณะคิดที่เป็นพลวัตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Guttman et al. (2012) ที่ฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ปรากฏว่า ผู้ป่วยลุกขึ้นยืนได้เร็วขึ้นหลังการฝึกแสดงว่า วิธีฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวในการลุกขึ้นยืนช่วยพัฒนาความเร็วในการลุกขึ้นยืน ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการเรียนรู้การเคลื่อนไหว ทำให้ร่างกายมีการรับรู้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (Body awareness) มากขึ้น รวมทั้งมีความใส่ใจจดจ่อ (Focused attention) ในการทำกิจกรรม ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการทวนซ้ำของการทำกิจกรรมนั้น ๆ (McCombe et al., 2006) และมีผลการตรวจด้วยภาพถ่ายรังสีสมองด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการให้จินตภาพการเคลื่อนไหว เพื่อทำกิจกรรมการเคลื่อนไหวประจำวัน (Everyday movement) โดยการเคลื่อนไหวแขน ขา และลำตัว ปรากฏว่า การจินตภาพการเคลื่อนไหวทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของสมองส่วนกลางและรอบข้าง (Central and peripheral brain area) และกระตุ้นการทำงานของสมองส่วนพรีมอเตอร์คอร์เท็กซ์ทั้งสองข้าง สมองส่วนบนข้างซ้าย (Left parietal cortex) และข้างขวาของเบซัลแกลงเกลีย (Szameitat, Shen, & Sterr, 2007) รวมทั้งมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงว่า การจินตภาพการเคลื่อนไหวขา เช่น การยืนและการเดิน เพิ่มการทำงานของสมองที่บริเวณไพรมารีมอเตอร์เซ็นซอรีมอเตอร์ และซับพลีเมนทารีมอเตอร์ จากการศึกษาด้วยเครื่องตรวจวัดอนุภาคโพสิตรอนและภาพถ่ายรังสีสมองด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Malouin & Richards, 2010)

การใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหว มีการฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืนอย่างเป็นลำดับขั้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Jackson et al. (2003) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้การเคลื่อนไหว

อย่างเป็นลำดับขั้น (Learning sequential motor task) โดยใช้วิธีจินตภาพการเคลื่อนไหวสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้า ที่ส่งผ่านบริเวณเปลือกสมอง (Cerebral cortex) ที่ออบิโทฟรอนทัล คอร์เท็กซ์ (Orbitofrontal cortex) และสไตรเอตัม (Striatum) รวมทั้ง เลฟรอสทัลเวนทรัล (Left rostal-ventral) ของแอนทีเรียซิงกูเลทคอร์เท็กซ์ (Anterior cingulate cortex) และอินฟีเรียพาไรทัลโลบ (Inferior parietal lobule) ที่เป็นส่วนสำคัญ ในขั้นตอนเรียนรู้การเคลื่อนไหว (Stage of motor learning) ผลการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว ช่วยพัฒนาการเคลื่อนไหวได้โดย การทำงานของระบบประสาทสมองที่สัมพันธ์กับขั้นตอนการเตรียมความพร้อมในการเคลื่อนไหว และลดเวลาในการตอบสนองการเคลื่อนไหว

สรุปได้ว่าผลของการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามัดหลัก และการจินตภาพการลุกขึ้นยืนส่งผลให้ลุกขึ้นยืนได้เร็วขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีกระบวนการทางระบบประสาทที่มีความเกี่ยวข้อง ได้แก่ การเรียนรู้การเคลื่อนไหว (Motor learning) อย่างถูกต้องและมีการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างประสานสัมพันธ์อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ผลการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในการลุกขึ้นยืน กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหว มีการทำงานของกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับหลังใช้โปรแกรม และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก กล้ามเนื้อในการลุกขึ้นยืนทำงานประสานสัมพันธ์กันดีกว่าเดิม เนื่องจากการฝึกลุกขึ้นยืนอย่างถูกวิธี และร่างกายปรับกลยุทธ์ในการเคลื่อนไหวให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้กล้ามเนื้อทิเบียลิส แอนทีเรีย ที่ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าขึ้น ลดการทำงานลงในขณะลุกขึ้นยืน สอดคล้องกับการศึกษาของ Anderson et al. (2016) ที่ศึกษาผลของการเพิ่มการทรงตัวและการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยการใช้โปรแกรมออกกำลังกายกล้ามเนื้อร่วมกับการฝึกทรงตัว เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ปรากฏว่า เมื่อวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะยืนทรงตัว กล้ามเนื้อมีการทำงานลดลงทุกมัด ยกเว้นกล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) นอกจากนี้การลุกขึ้นยืนต้องอาศัยการทรงตัว และการเคลื่อนไหว จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายเปลี่ยนมาเป็นท่ายืน กล้ามเนื้อหลักที่ช่วยในการทรงตัวประกอบด้วยกล้ามเนื้อ ทิเบียลิส แอนทีเรีย ที่ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าขึ้น กล้ามเนื้อโซเลียสที่ทำหน้าที่ กดปลายเท้าลง กล้ามเนื้อแอบโดมินัล (Abdominal muscles) กล้ามเนื้อสเตอโนไคลโดมาสทอยด์ (Sternocleidomastoid) และกล้ามเนื้อทราพิเซียส (Trapezius) กล้ามเนื้อเหล่านี้ช่วยทำงานในขณะร่างกายกำลังโน้มตัวมาทางด้านหน้า เพื่อให้จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายอยู่ในฐานรองรับ ซึ่งกล้ามเนื้อทิเบียลิส แอนทีเรียเป็นกล้ามเนื้อมัดหลักที่สำคัญในการเตรียมความพร้อมในการลุกขึ้นยืน (Goulart & Valls-Sole, 1999) ซึ่งการทำงานของสมองส่วนที่รับความรู้สึกและควบคุมการเคลื่อนไหว (Sensorimotor cortex) และสไปนัลมอเตอร์นิวรอนเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีการฝึก รวมทั้งขึ้นอยู่กับหน้าที่ของกล้ามเนื้อมัดนั้น ๆ เช่น นักบัลเล่ต์และนักยกน้ำหนักมี EEG-EMG

coherences ลดลงมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก เนื่องจากการปรับตัวของระบบประสาท ทำให้กล้ามเนื้อมีการทำงานที่ละเอียดขึ้นแต่ไม่ต้องใช้แรงมากขึ้น (Ushiyama, Takahashi, & Ushiba, 2010) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Abe et al. (2010) ในการศึกษาชีวกลศาสตร์ของข้อเข่าปรากฏว่า ผู้สูงอายุกลุ่มที่ใส่อุปกรณ์ช่วยพยุงข้อเข่ามีคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อควอดไดรเซพซ์ลดลงในขณะลุกขึ้นยืนและการที่กลุ่มควบคุม มีการทำงานของกล้ามเนื้อทิเบียลิสมากกว่ากลุ่มทดลอง อาจเนื่องมาจาก กลุ่มควบคุมใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปไม่ได้เน้นการฝึกลุกขึ้นยืน ทำให้ความเร็วในการลุกขึ้นยืนไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งกลุ่มควบคุมใช้เวลาในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้งมากกว่ากลุ่มทดลอง (10.81 วินาที) แสดงว่า การลุกขึ้นยืนอาจมีการถ่ายน้ำหนักลงที่ข้อเท้ามากกว่าและอาจใช้เวลานานกว่าในช่วงเริ่มลุกขึ้นยืน ซึ่งเป็นช่วงที่กล้ามเนื้อทิเบียลิสต้องทำงานหนักมากกว่า ซึ่งเป็นวิธีการลุกขึ้นยืนโดยปกติของผู้สูงอายุ เมื่อเปรียบเทียบกับวัยผู้ใหญ่ (Scohot, Knutzen, Poole, & Mrotek, 2003) ส่วนกล้ามเนื้อมัดอื่นทำงานใกล้เคียงกัน แสดงว่า เมื่อยกข้อสะโพกขึ้นแล้ว ทั้งสองกลุ่มมีการใช้กล้ามเนื้องอและเหยียดข้อเข่า รวมทั้งกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง เพื่อเหยียดลำตัวลุกขึ้นยืน โดยการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยแรงใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามผลของการเปลี่ยนแปลงการทำงานของกล้ามเนื้ออาจเนื่องมาจาก กลุ่มทดลองที่ได้รับการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านจากภายนอกร่วมด้วยที่ช่วยให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม เสริมด้วยการฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืนที่เป็นการทวนซ้ำลำดับขั้นตอนการลุกขึ้นยืนอย่างถูกวิธี จึงอาจส่งผลเชิงบวกมากกว่ากลุ่มทดลองที่ใช้วิธีการออกกำลังกายแบบไม่มีแรงต้านจากภายนอกเพียงอย่างเดียว

4. ผลการศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง กลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เกิดการเปลี่ยนแปลง % ERD (Event-Related Desynchonization: ERD) ของคลื่นแอลฟา ในการจินตภาพการลุกขึ้นยืนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า (Fz) และบริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Cz และ C4) ชี้ให้เห็นว่า กลุ่มทดลองมีการทำงานของสมองส่วนหน้า (Frontal) และส่วนกลาง (Central) เพิ่มขึ้นในการจินตภาพการเคลื่อนไหว ซึ่งตรงกับพื้นที่สมองส่วนที่ควบคุมการรับความรู้สึกและการเคลื่อนไหว คือ Somatosensory cortex (BA 3,1,2) Primary motor cortex (BA 4) และ Premotor cortex (BA 6) (Koessler et al., 2009) และงานวิจัยส่วนใหญ่รายงานว่า พื้นที่สมองบริเวณ Prefrontal cortex, anterior cingulate cortex และ premotor cortex เป็นส่วนที่ถูกกระตุ้นในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหว (Hanakawa, 2016) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Leung, Spittle, and Kidgell (2013) ที่ศึกษาผลการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้องอข้อศอกปรากฏว่า การฝึกจินตภาพ การเคลื่อนไหวทำให้เกิดการทำงานที่สมอง M1 (Primary motor cortex) มีการทำงานของสมองในส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของขา และสมองส่วนดังกล่าว

ทำงานเพิ่มขึ้นในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหว อาจเป็นผลมาจากการฝึกจินตภาพการลุกขึ้นยืนอย่างเป็นลำดับขั้น ทำให้สมองมีการสั่งการไปที่กล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างประสานสัมพันธ์ เมื่อฝึกซ้ำ ๆ เกิดเป็นกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ ปรับเป็นความจำระยะยาว ซึ่งเกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะการเคลื่อนไหว การเปลี่ยนแปลง % ERD ของคลื่นแอลฟา แสดงว่า มีการเพิ่มความไวต่อการกระตุ้น (Excitability) ซึ่งค่า ERD ของคลื่นแอลฟาช่วงบน (Upper alpha ERD) ในช่วงความถี่ประมาณ 10-13.5 Hz เป็นช่วงที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการจำความหมาย (Semantic processing) ซึ่งเป็นกระบวนการรู้คิด (Klimesch, Sauseng, & Hanslmayr, 2007) และพบการลดลงของคลื่นแอลฟา (ERD) ในสมองส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนไหวจากการที่ระบบรับสัมผัสและการเคลื่อนไหวได้รับการกระตุ้น สอดคล้องกับทฤษฎีกระบวนการรู้คิดในการประมวลข้อมูล (Information theory) (Pfurtscheller, 2001)

การศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Pfurtscheller et al. (2009) ที่พบคลื่นเบต้าและคลื่นแอลฟาลดลงที่ตำแหน่ง Cz ในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหวข้อเท้า เกิด ERD ที่สมองส่วนกลาง (Midcentral) และมีความแตกต่างของคลื่นมากที่สุดในช่วงความถี่ 10-12 Hz (Pfurtscheller et al., 2006) และในการศึกษาของ Ushiyama, Takahashi, and Ushiba (2009) ศึกษา Corticomuscular coherence ของกล้ามเนื้อส่วนแขนและขาปรากฏว่า กล้ามเนื้อขาที่ถูกควบคุมในสมองชั้นลึกห่างจากตำแหน่งที่วัดคลื่นไฟฟ้าสมอง แต่สามารถวัดได้และพบคลื่นไฟฟ้าสมองที่ตำแหน่งไพรมารีมอเตอร์คอร์เท็กซ์ เช่นกัน และสอดคล้องกับการศึกษาของ Jiang, Ranganathan, Zhang, Siemionow, and Yue (2016) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมออกกำลังกายในผู้สูงอายุ โดยการใช้วิธีจินตภาพการทำงานของกล้ามเนื้องอข้อศอกร่วมกับการออกกำลังกายโดยให้แรงต้านระดับต่ำที่ร้อยละ 30 ของการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Mental Effort Training: MET) เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ให้ออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบดั้งเดิม โดยให้แรงต้านที่ระดับร้อยละ 80 ของการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Conventional Strength Training: CST) กับกลุ่มควบคุม ปรากฏว่ากลุ่ม MET มีการเปลี่ยนแปลงของ Motor Activity-Related Cortical Potential (MRCP) เพิ่มขึ้น (29.3 %, $p< .001$) มากกว่ากลุ่ม CST (12.11%, $p< .061$) ที่ตำแหน่ง Cz และมีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นแอลฟาและเบต้าที่ตำแหน่ง Cz เช่นกัน แสดงว่า วิธีการฝึกตามโปรแกรม MET มีประสิทธิผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อดีกว่าวิธี CST เนื่องจากการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านร่วมกับจินตภาพการเคลื่อนไหว ช่วยเพิ่มการกระตุ้นการทำงานของสมองส่งผลต่อการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มผู้สูงอายุ

นอกจากนี้การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว ส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง เพิ่มวิถีประสาทในวงจรประสาท และพัฒนาประสิทธิภาพของจุดประสานประสาท ในส่วนที่สำคัญของสมอง เช่น สมองน้อย เบซัลแกลงเกลีย ซึ่งส่งผลให้มีการปรับระบบประสาทการเคลื่อนไหวให้ทำงานได้ดีขึ้น

ส่งผลให้กล้ามเนื้อที่ทำงานหลัก (Agonist) และกล้ามเนื้อด้านตรงกันข้าม (Antagonist) ทำงานประสานสัมพันธ์กัน (Jeannerod, 1994) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น เกิดจากการที่ระบบควบคุมการเคลื่อนไหว มีการวางแผนและโปรแกรมรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น (Yue & Cole, 1992) มีการวิจัยที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงของ Excitability of motor cortex โดยใช้เครื่องกระตุ้นสมองด้วยสนามแม่เหล็กเฉพาะที่ (Transcranial Magnetic Stimulation: TMS) ในการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวนิ้วมือ ปรากฏว่า สมองบริเวณส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของนิ้วมือมีขนาดใหญ่ขึ้น แสดงว่า ในช่วงแรกของการฝึกจินตภาพจะเกิดการกระตุ้นที่พรีมอเตอร์คอร์เท็กซ์ สมองส่วนบน (Parietal cortex) และสมองน้อย ต่อจากนั้นจะไปกระตุ้นที่เบซัลแกลงเกลียและพรีฟรอนทอลคอร์เท็กซ์แทน (Lafleur et al., 2002) ดังนั้น การฝึกเฉพาะจินตภาพการเคลื่อนไหว หรือการฝึกกิจกรรมทางกายร่วมด้วย สามารถช่วยฟื้นฟูผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหวจากพยาธิสภาพที่สมองได้ (Jackson et al., 2004)

โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ % ERD เนื่องมาจากการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านร่วมด้วย มีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่พบการเปลี่ยนแปลงของสมองหลังจากฝึกออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้าและการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านช่วยปรับวงจรประสาทไขสันหลัง (Carroll et al., 2002) นอกจากนี้การศึกษาของ Liu-Ambrose et al. (2012) ปรากฏว่า มีการเปลี่ยนแปลงของสมองเพิ่มพื้นที่ของสมองส่วน Left anterior insula และ left middle temporal gyrus ซึ่งแสดงว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านกระตุ้นความยืดหยุ่นของสมองได้ (Brain plasticity) และการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านเพิ่มสารสื่อประสาทที่สำคัญ คือ อซิทิลโคลีน (Acetylecholine: Ach) ที่บริเวณส่วนเชื่อมของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular junction) ช่วยเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Sadri, Khani, & Sadri, 2014)

ผลการตรวจด้วยเครื่องถ่ายภาพรังสีสมองด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการฝึกทักษะมือเป็นเวลา 1 สัปดาห์ด้วยวิธีจินตภาพการเคลื่อนไหว ปรากฏว่า สมองส่วนที่ถูกกระตุ้นมากขึ้น คือ พรีมอเตอร์คอร์เท็กซ์ สมองส่วนบนและสมองส่วนหน้า ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการส่งสัญญาณภายในสมอง โดยเฉพาะสมองส่วน Superior และ Inferior ของสมองส่วนบน (Parietal lobe) จะถูกกระตุ้นในช่วงที่มีการวางแผน และระยะที่แสดงออกของการจำเหตุการณ์ในการจินตภาพการเคลื่อนไหว (Lacourse, Orr, Cramer, & Cohen, 2005) และการศึกษาของ Szameitat, Shan, and Sterr (2007) ปรากฏว่า ภาพจากครื่องถ่ายภาพรังสีสมองด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ Medial frontal gyrus, Proximal precentral gyrus และ บริเวณใกล้กับ Right/left precentral gyrus อาจเกิดจากการกระตุ้นบริเวณเปลือกสมอง (Cortical areas) ที่ควบคุมการเตรียมการเคลื่อนไหว ทำให้เกิด

กระบวนการเรียนรู้แบบความจำเชิงกระบวนการ (Declarative knowledge) และกระบวนการของสภาวะจิตไร้สำนึก (Nonconcious process) (Gandevia, Wilson, Inglis, & Burke, 1997) การฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวช่วยในการพัฒนาการเคลื่อนไหวโดยการทวนซ้ำ เป็นกระบวนการทางการรู้คิด ซึ่งกลไกนี้เกิดขึ้นในช่วงแรกของการพัฒนาทักษะ (Skill acquisition) (Jackson et al., 2001)

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า หลังการฝึกโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเชิงพฤติกรรมที่เห็นเด่นชัด คือความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น และความเร็วในการลุกขึ้นยืนที่เป็นส่วนสำคัญในการทำกิจวัตรประจำวันดีขึ้น ส่งผลให้ลดความเสี่ยงต่อการหกล้ม สอดคล้องกับการศึกษาของ Yoshioka et al. (2009) ที่แสดงช่วงเวลาของการทำงานของกล้ามเนื้อในการลุกขึ้นยืน ตามหลักชีวกลศาสตร์ ได้กล่าวว่า ผู้ที่ใช้เวลาในการลุกขึ้นยืนมากกว่า 2.5 วินาทีต่อครั้ง อาจมีปัญหาด้านการทรงตัวและการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อขา และการศึกษาของพุทธิพงษ์ พลคำฮักและคณะ (2559) ได้ศึกษาการทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้งในผู้สูงอายุไทย และแนะนำว่า ผู้ที่ใช้เวลาลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง 10.02 วินาทีขึ้นไป มีความเสี่ยงในการล้ม ซึ่งกลุ่มที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวหลังการใช้โปรแกรมใช้เวลาเฉลี่ยในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง 9.73 วินาที ใช้เวลาลดลงกว่าก่อนการทดลอง (11.93 วินาที) แสดงว่า การใช้โปรแกรมนี้ส่งผลทางอ้อมต่อการลดความเสี่ยงในการล้ม ส่วนการเปลี่ยนแปลงความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยเฉพาะกล้ามเนื้อทิเบียลิส แอนทีเรียซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่สำคัญในการเริ่มต้นการลุกขึ้นยืน ปรากฏว่า กลุ่มที่ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้มีการทำงานของกล้ามเนื้อทิเบียลิส แอนทีเรียในการลุกขึ้นยืนลดลง สอดคล้องกับการศึกษา ผลของการฝึกทรงตัวในผู้หญิงวัยกลางคน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ปรากฏว่า มีการลดการทำงานของกล้ามเนื้อขา ภายหลังการฝึก แสดงว่า กล้ามเนื้อทำงานประสานสัมพันธ์กันดีกว่าเดิมทำให้กล้ามเนื้อทำงานลดลงในขณะยืนทรงตัว (Anderson et al., 2016)

ผลการศึกษานี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Wright and Smith (2009) ที่รายงานว่า ผลการเปรียบเทียบการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอข้อศอก ด้วยวิธีการฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.03 มากกว่า การฝึกออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว ที่ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นร้อยละ 26.56 และสอดคล้องกับการศึกษาของ Kim, Lee, and You (2015) ที่ใช้วิธีการออกกำลังกายเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้นร่วมกับจินตภาพการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง มีการทรงตัวและการลงน้ำหนักของขาข้างอัมพาตดีขึ้นมากกว่าการออกกำลังกายกล้ามเนื้อวิธีเดียว นอกจากนี้กลุ่มที่ใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีผลการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองที่ตำแหน่ง Fz, Cz และ C4 ซึ่ง

ตรงกับสมองส่วนฟรอนทอลและส่วนเซ็นซอรีมอเตอร์ที่ควบคุมเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกาย มีการทำงานลดลง (ERD) ในขณะจินตภาพการเคลื่อนไหว เมื่อเปรียบเทียบกับขณะพักอย่างชัดเจน แสดงถึงการทำงานของสมอง (Neural activity) เพิ่มขึ้น สนับสนุนผลการศึกษาได้ว่า โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายส่งผลเชิงบวกทั้งเชิงพฤติกรรม และทางประสาทสรีรวิทยามากกว่าการออกกำลังกายแบบทั่วไป อาจเนื่องมาจากการจินตภาพการเคลื่อนไหวและการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแบบก้าวหน้า

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผู้สูงอายุ หรือบุคลากรที่สนใจนำโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายไปใช้ เพื่อเป็นทางเลือกในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืน เพื่อชะลอการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อตามวัย และลดการบาดเจ็บ ป้องกันภาวะทุพลภาพในการทำกิจวัตรประจำวัน ควรได้รับคำแนะนำ และศึกษาทำความเข้าใจขั้นตอนในการใช้โปรแกรมตามคู่มืออย่างละเอียด

2. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดูแลสมรรถภาพทางกายสำหรับผู้สูงอายุ เช่น ศูนย์ดูแลผู้สูงอายุ ชมรมผู้สูงอายุ สามารถนำโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ ใช้ในการเผยแพร่เพื่อการส่งเสริมสุขภาพ โดยการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ ภายใต้คำแนะนำของนักกายภาพบำบัด หรือสหวิชาชีพทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง

3. นักวิจัย หรือผู้สนใจ สามารถนำโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มาประยุกต์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการทำกิจกรรมทางกายอื่น ๆ เช่น การพลิกตะแคงตัว การลุกขึ้นนั่ง การเดิน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1. การวิจัยนี้ ศึกษาเฉพาะในกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ เพศหญิง ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบในเพศชาย หรือกลุ่มตัวอย่างที่มีพยาธิสภาพที่ส่งผลให้กล้ามเนื้ออ่อนแรง เช่น ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

2. ควรมีการศึกษา โดยเพิ่มกลุ่มที่ใช้วิธีการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านเพียงอย่างเดียว และใช้จินตภาพการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว เพื่อยืนยันประสิทธิผลของโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายต่อการเพิ่มความแข็งแรงและความเร็วในการลุกขึ้นยืน

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย ในการป้องกันการหกล้มในผู้สูงอายุ เพื่อสนับสนุนผลการออกกำลังกายด้วยวิธีนี้ในการนำไปใช้ทางคลินิก

4. ควรศึกษาผลของการใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายภายหลังการหยุดใช้โปรแกรม เพื่อศึกษาระยะเวลาของผลคงค้าง ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วในการลุกขึ้นยืน

5. ควรมีการศึกษาการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองร่วมกับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในขณะเคลื่อนไหวโดยการใช้อิเล็กโทรดแบบไร้สาย เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการทำงานของกล้ามเนื้อในระดับปฏิบัติการและการทำงานของสมองที่เป็นระดับสั่งการ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในกระบวนการเรียนรู้การเคลื่อนไหวในกลไกเชิงลึกของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ สำหรับใช้ประโยชน์ในการรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาทางการเคลื่อนไหวต่อไป

บรรณานุกรม

กนกวรรณ บุญญพิสิฏฐ์ .(2549). *ตำราการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง*. กรุงเทพฯ: โฮลิสติกพับลิชชิ่ง.

กรมสุขภาพจิต. (2557). *แนวทางการเฝ้าระวัง โรคซึมเศร้าระดับจังหวัด ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3.* อุบลราชธานี: ศูนย์วิจัยและสารสนเทศโรคซึมเศร้า โรงพยาบาลพระศรีมหาโพธิ์.

คณะกรรมการส่งเสริมและประสานงานผู้สูงอายุแห่งชาติ. (2545). *แผนผู้สูงอายุแห่งชาติฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2545-2564)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2555). *สถิติชวนใช้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไอคอนพริ้นติ้ง.

บัวรอง ลิ่วเฉลิมวงศ์. (2557). *สรีรวิทยา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

พรรณี ปิติสุทธิธรรม และชยันต์ พิเชียรสุนทร. (2554). *ตำราการวิจัยทางคลินิก*. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

พระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ. 2546. (2546, ธันวาคม*). ราชกิจจานุเบกษา.*

พุทธิพงษ์ พลคำฮัก, บุญสิตา สุวรรณกุล และอรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์ (2559). ความเที่ยงตรงของการทดสอบลุกจากนั่งขึ้นยืน 5 ครั้ง สำหรับประเมินความเสี่ยงต่อการล้มในผู้สูงอายุในชุมชน. *วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่*, *49*(2), 236-244.

ภนารี บุษราคัมตระกูล. (2553). *สรีรวิทยาพยาธิสภาพกล้ามเนื้อและกระดูก*. กรุงเทพฯ: วีพริ้นท์.

มณฑิรา วิทยากิตติพงษ์. (2549). การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองในผู้ใหญ่: ความรู้พื้นฐานสำหรับพยาบาล. *สงขลานครินทร์เวชสาร, 24*, 445-452.

มนตรี โพธิโสโนทัย. (2552). การประยุกต์ใช้งานคลื่นไฟฟ้าสมองกับงานวิจัยด้านวิทยาการปัญญา. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 7*(1), 1-14.

รัชฎา แก่นสาร์ และคณะ. (2557). *สรีรวิทยา 1* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ธนาเพรส.

ราชบัณฑิตสถาน. (2556). *พจนานุกรมศัพท์จิตวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ธนาเพรส.

ลัดดา เหลืองรัตนมาศ และเสรี ชัดแช้ม (2555). ผลของการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าที่มีต่อหน้าที่บริหารจัดการของสมองในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 10* (2), 17-34.

วัฒนา วัฒนาภา, สุพัตรา โล่สิริวัฒน์ และสุพรพิมพ์ เจียสกุล. (2547). *สรีรวิทยา 1* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.

ศศิมา พกุลานนท์ และกนกทิพย์ สว่างใจธรรม. (2555). การศึกษาการจินตภาพในนักกีฬาจังหวัดเชียงราย. เชียงราย: ส่วนงานบริการงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2557). *การสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2557*. กรุงเทพฯ: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

สิริอร วิชชาวุธ. (2554). *จิตวิทยาการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุขวิดา มโนรังสรรค์, ฉัตรพร เรื่องทอง, หฤทัย ร่มโพธิ์คาพงษ์ และวริศ ญาณมงคลศิลป์. (2558). การศึกษาความแข็งแรงกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่อง Hand-held dynamometer ของผู้สูงอายุไทยในชุมชน. *วารสารกายภาพบำบัด, 37*(1), 1-11.

อมรากุล อินโอชานนท์, กาญจนา วณิชรมณีย์ และชิดชนก โอภาสวัฒนา. (2555). คู่มือการดูแลผู้ป่วยสมองเสื่อมสำหรับเจ้าหน้าที่ในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล. กรุงเทพฯ: บียอนด์ พับลิสชิ่ง.

อุบลวรรณา ภวกานันท์. (2555). *จิตวิทยาการรู้คิดและปัญญา (Cognitive psychology)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology, 93*(4), 1318-1326.

Abe, D., Hotta, N., Fukuoka, Y., Ohta, Y., & Hamasaki, K. (2010). Biomechanical analysis of gait and sit-to-stand patterns using a specially made knee supporter in healthy young and elderly individuals. *Journal of Physiological Anthropology, 29*(2), 65-70.

Abernethy, B., Kippers, V., Hanrahan, S. J., Pandy, M. G., McManus, A. M., & Mackinnon, L. (2013). *Biophysical Foundations of Human Movement* (3rd ed.). Illinois: Human Kinetics.

Acevedo, E. O., & Ekkekakis, P. (2006). Psychobiology of physical activity. Illinois: Human Kinetics.

Akbari, M., & Mousavikhatir, R. (2012). Changes in the muscle strength and functional performance of healthy women with aging. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran (MJIRI), 26*(3), 125-131.

Alexander, N. B., Gross, M. M., Medell, J. L., & Hofmeyer, M. R. (2001). Effects of functional ability and training on chair-rise biomechanics in older adults. The Journals of Gerontology Series *A: Biological Sciences and Medical Sciences, 56*(9), M538-M547.

Amarantini, D., & Bru, B. (2015). Training-related changes in the EMG–moment relationship during isometric contractions: Further evidence of improved control of muscle activation in strength-trained men?. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 25*, 697-702.

American College of Sports Medicine. (2014). *ACSM'S Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (9th ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.

Amin, H., & Malik, A. S. (2013). Human memory retention and recall processes. *Neurosciences, 18*(4), 330-344.

Andrews, A. W., Thomas, M. W., & Bohannon, R. W. (1996). Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers. *Physical Therapy, 76*, 248-259.

Annett, J. (1995). Motor imagery: Perception or action?. *Neuropsychologia, 33*(11), 1395-1417.

Annett, J. (1996). On knowing how to do things: A theory of motor imagery. *Cognitive Brain Research, 3*, 65-69.

Annweiler, C., Schott, A. M., Van Kan, G. A., Rolland, Y., Blain, H., Fantino, B., Herrmann, F.R., & Beauchet, O. (2011). The five-times-sit-to-stand test, a marker of global cognitive functioning among community-dwelling older women. *The Journal of Nutrition, Health & Aging, 15*(4), 271-276.

Arborelius, U. P., Wretenberg, P., & Lindberg, F. (1992). The effects of armrests and high seat heights on lower-limb joint load and muscular activity during sitting and rising. *Ergonomics, 35*(11), 1377-1391.

Arnold, C. M., Warkentin, K. D., Chilibeck, P. D., & Magnus, C. R. (2010). The reliability and validity of handheld dynamometry for the measurement of lower-extremity muscle strength in older adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24*(3), 815-824.

Atkinson, H. H., Rapp, S. R., Williamson, J. D., Lovato, J., Absher, J. R., Gass, M., Henderson, V. W., Johnson, K.C., Kostis, J. B., Sink, K. M., Mouton, C. P., Ockene, J. K., Stefanick, M. L., Lane, D. S., & Espeland, M. A. (2009). The relationship between cognitive function and physical performance in older women: results from the women's health initiative memory study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 65*(3), 300-306.

Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of strength training and conditioning* (3rd ed.). Hong Kong: Human Kinetics.

Baker, M. K., Atlantis, E., & Singh, M. A. F. (2007). Multi-modal exercise programs for older adults. *Age and Ageing, 36*(4), 375-381.

Barrett, C., & Smerdely, P. (2002). A comparison of community-based resistance exercise and flexibility exercise for seniors. *Australian Journal of Physiotherapy, 48*(3), 215-219.

Basson, C., & Whitehead, K. (2003). Self and consciousness: Possible implications for mental imagery use in sport psychology. *Alternation, 10*(2), 164-182.

Battaglia-Mayer, A., Archambault, P., & Caminiti, R. (2006). The cortical network for eye-hand coordination and its relevance to understanding motor disorders of parietal patients. *Neuropsychologia, 44*, 2607-2620.

Baumeister, J., Reinecke, K., & Weiss, M. (2008). Changed cortical activity after anterior cruciate ligament reconstruction in a joint position paradigm: An EEG study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 18*(4), 473-484.

Bean, J. F., Vora, A., & Frontera, W. R. (2004). Benefits of exercise for community-dwelling older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *85*, 31-42.

Beaudart, C., Zaaria, M., Pasleau, F., Reginster, J. Y., & Bruyère, O. (2017). Health outcomes of sarcopenia: A systematic review and meta-analysis. *PloS One, 12*(1), 1-16.

Beisteiner, R., Höllinger, P., Lindinger, G., Lang, W., & Berthoz, A. (1995). Mental representations of movements. Brain potentials associated with imagination of hand movements. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section, 96*(2), 183-193.

Benavent-Caballer, V., Rosado-Calatayud, P., Segura-Ortí, E., Amer-Cuenca, J.J., & Lisón, J. F. (2014). Effects of three different low-intensity exercise interventions on physical performance, muscle CSA and activities of daily living: A randomized controlled trial. *Experimental Gerontology*, *58*, 159-165.

Binder, E., Hagelweide, K., Wang, L. E., Kornysheva, K., Grefkes, C., Fink, G. R., & Schubotz, R. I. (2014). Sensory-guided motor tasks benefit from mental training based on serial prediction. *Neuropsychologia, 54*, 18-27.

Bohannon, R. W. (1986). Test-retest reliability of hand-held dynamometry during a single session of strength assessment. *Physical Therapy, 66*(2), 206-209.

Bohannon, R. W. (1995). Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles. *Perceptual and Motor Skills, 80*(1), 163-166.

Bohannon, R. W. (2006). Reference values for the five-repetition sit-to-stand test: A descriptive meta-analysis of data from elders 1. *Perceptual and Motor Skills, 103*(1), 215-222.

Bohannon, R. W. (2007). Muscle strength and muscle training after stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine, 39*(1), 14-20.

Bohannon, R. W., Bubela, D. J., Magasi, S. R., Wang, Y. C., & Gershon, R. C. (2010). Sit-to-stand test: Performance and determinants across the age-span. *Isokinetics and Exercise Science, 18*(4), 235-240.

Boonstra, M. C., van der Slikke, R. M., Keijsers, N. L., van Lummel, R. C., de Waal Malefijt, M. C., & Verdonschot, N. (2006). The accuracy of measuring the kinematics of rising from a chair with accelerometers and gyroscopes. *Journal of Biomechanics, 39*(2), 354-358.

Booth, F. W., & Lees, S. J. (2006). Physically active subjects should be the control group. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 38*(3), 405-406.

Bosch, J., O'Donnell, M., Barreca, S., Thabane, L., & Wishart, L. (2014). *Does task-oriented practice improve upper extremity motor recovery after stroke? A systematic review*. ISRN Stroke, 1-10.

Braun, S. M., Beurskens, A. J., Borm, P. J., Schack, T., & Wade, D. T. (2006). The effects of mental practice in stroke rehabilitation: A systematic review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 87*(6), 842-852.

Brinkman, L., Stolk, A., Dijkerman, H. C., de Lange, F. P., & Toni, I. (2014). Distinct roles for alpha-and beta-band oscillations during mental simulation of goal-directed actions. *The Journal of Neuroscience, 34*(44), 14783-14792.

Brunner, F., Schmid, A., Sheikhzadeh, A., Nordin, M., Yoon, J., & Frankel, V. (2007). Effects of aging on type II muscle fibers: A systematic review of the literature. *Journal of Aging and Physical Activity, 15*(3), 336-348.

Bruyère, O., Beaudart, C., Reginster, J. Y., Buckinx, F., Schoene, D., Hirani, V., Cooper, C., Kanis, J.A., Rizzoli, R., McCloskey, E., Cederholm, T., Cruz-Jentoft, A., & Freiberger, E. (2016). Assessment of muscle mass, muscle strength and physical performance in clinical practice: An international survey. *European Geriatric Medicine, 7*(3), 243-246.

Bryanton, M., & Bilodeau, M. (2017). The role of thigh muscular efforts in limiting sit-to-stand capacity in healthy young and older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 1-9.

Brzycki, M. (1993). Strength testing-predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance, 64*(1), 88-90.

Bulea, T. C., Prasad, S., Kilicarslan, A., & Contreras-Vidal, J. L. (2014). Sitting and standing intention can be decoded from scalp EEG recorded prior to movement execution. *Frontiers in Neuroscience*, *8*, 1-19.

Burd, N. A., Mitchell, C. J., Churchward-Venne, T. A., & Phillips, S. M. (2012). Bigger weights may not beget bigger muscles: Evidence from acute muscle protein synthetic responses after resistance exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *37*(3), 551-554.

Bushman, B. A. (2014). *ACSM's Resources for the personal Trainer* (4th ed.). China: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.

Butler, A. J., Cazeaux, J., Fidler, A., Jansen, J., Lefkove, N., Gregg, M., Hall, C., Easley, K. A., Shenvi, N., & Wolf, S. L. (2012). The movement imagery questionnaire-revised, (MIQ-RS) is a reliable and valid tool for evaluating motor imagery in stroke populations. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012,* 1-11.

Calayan, L. S., & Dizon, J. M. (2009). A systematic review on the effectiveness of mental practice with motor imagery in the neurologic rehabilitation of stroke patients. *The Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice, 7*(2), 1-11.

Cano-De-La-Cuerda, R., Molero-Sánchez, A., Carratalá-Tejada, M., Alguacil-Diego, I. M., Molina-Rueda, F., Miangolarra-Page, J. C., & Torricelli, D. (2015). Theories and control models and motor learning: Clinical applications in neurorehabilitation. *Neurología, 30*(1), 32-41.

Carr, J., & Shepherd, R. (2010). Neurological rehabilitation: Optimizing motor performance (2nded.). New York: Churchill Livingstone Elsevier.

Carroll, T. J., Riek, S., & Carson, R. G. (2002). Neural adaptations to resistance training. *Sports Medicine, 31*(12), 829-840.

Cassilhas, R. C., Viana, V. A., Grassmann, V., Santos, R. T., Santos, R. F., Tufik, S., & Mello, M. T. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(8), 1401-1407.

Cavanna, A. E., & Trimble, M. R. (2006). The precuneus: A review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain, 129*(3), 564-583.

Chaffin, D. B., Lee, M., & Freivalds, A. (1980). Muscle strength assessment from EMG analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 12* (3), 205-211.

Chang, Y. K., Pan, C. Y., Chen, F. T., Tsai, C. L., & Huang, C. C. (2012). Effect of resistance-exercise training on cognitive function in healthy older adults: A review. *Journal of Aging and Physical Activity*, *20*(4), 497-517.

Cheney, P. D. (1985). Role of cerebral cortex in voluntary movements: A review. *Physical Therapy, 65*, 624-635.

Cheng, P. T., Chen, C. L., Wang, C. M., & Hong, W. H. (2004). Leg muscle activation patterns of sit-to-stand movement in stroke patients. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 83*(1), 10-16.

Cheng, Q., Zhu, X., Zhang, X., Li, H., Du, Y., Hong, W., Xue, S., & Zhu, H. (2014). A cross-sectional study of loss of muscle mass corresponding to sarcopenia in healthy Chinese men and women: Reference values, prevalence, and association with bone mass. *Journal of Bone and Mineral Metabolism, 32*(1), 78-88.

Cheng, S. J., Yang, Y. R., Cheng, F. Y., Chen, I. H., & Wang, R. Y. (2014). The changes of muscle strength and functional activities during aging in male and female populations. *International Journal of Gerontology, 8*(4), 197-202.

Cheng, Y. Y., Wei, S. H., Chen, P. Y., Tsai, M. W., Cheng, I. C., Liu, D. H., & Kao, C. L. (2014). Can sit-to-stand lower limb muscle power predict fall status?. *Gait & Posture, 40*(3), 403-407.

Chiacchiero, M., Cagliostro, P., DeGenaro, J., Giannina, C., & Rabinovich, Y. (2015). Motor imagery improves balance in older adults. *Topics in Geriatric Rehabilitation, 31*(2), 159-163.

Cho, S., & Byeon, H. (2015). Muscle activity of lower extremities for normal adults according to the type of chair and posture during sit-to-stand movement. *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology, 7*(3), 51-60.

Christensen, U., Stovring, N., Schultz-Larsen, K., Schroll, M., & Avlund, K. (2006). Functional ability at age 75: Is there an impact of physical inactivity from middle age to early old age?. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 16*(4), 245-251.

Clark, B. C., Manini, T. M., Bolanowski, S. J., & Ploutz-Snyder, L. L. (2006). Adaptations in human neuromuscular function following prolonged unweighting: II. Neurological properties and motor imagery efficacy. *Journal of Applied Physiology, 101*(1), 264-272.

Clark, B. C., Issac, L. C., Lane, J. L., Damron, L. A., & Hoffman, R. L. (2008). Neuromuscular plasticity during and following 3 wk of human forearm cast immobilization. *Journal of Applied Physiology, 105*(3), 868-878.

Colleen, L. A., Canning, G., & Low, S. (2003). Stroke patients have muscle weakness in shortened range. *Brain, 126*, 724-731.

Collet, C., & Guillot, A. (2010). The neurophysiological foundations of mental and motor imagery. New York: Oxford University Press.

Conable, K. M., & Rosner, A. L. (2011). A narrative review of manual muscle testing and implications for muscle testing research. *Journal of Chiropractic Medicine, 10*, 157-165.

Confalonieri, L., Pagnoni, G., Barsalou, L. W., Rajendra, J., Eickhoff, S., & Butler, A. J. (2012). Brain activation in primary motor and somatosensory cortices during motor imagery correlates with motor imagery ability in stroke patients. *ISRN Neurology, 2012*, 1-17.

Conway, B. A., Halliday, D. M., Farmer, S. F., Shahani, U., Maas, P., Weir, A. I., & Rosenberg, J. R. (1995). Synchronization between motor cortex and spinal motoneuronal pool during the performance of a maintained motor task in man. *The Journal of Physiology, 489*(3), 917-924.

Corrigan, D., & Bohannon, R. W. (2001). Relationship between knee extension force and stand-up performance in community-dwelling elderly women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 82*(12), 1666-1672.

Cowley, P., Clark, B. C., & Ploutz-Snyder, L. L. (2008). Kinesthetic motor imagery and spinal excitability: The effect of contraction intensity and spatial localization. *Clinical Neurophysiology, 119*, 1849-1856.

Crammond, D. J. (1997). Motor imagery: Never in your wildest dream. *Trends in Neuroscience, 20*, 54-57.

Crone, N. E., Miglioretti, D. L., Gordon, B., Sieracki, J. M., Wilson, M. T., Uematsu, S., & Lesser, R. P. (1998). Functional mapping of human sensorimotor cortex with electrocorticographic spectral analysis I. Alpha and beta event-related desynchronization. *Brain, 121*(12), 2271-2299.

Crosbie, J., Herbert, R. D., & Bridson, J. T. (1997). Intersegmental dynamics of standing from sitting. *Clinical Biomechanics, 12*(4), 227-235.

Cuesta-Vargas, A. I., & González-Sánchez, M. (2013). Differences in muscle activation patterns during sit to stand task among subjects with and without intellectual disability. *BioMed Research International*, 1-7.

Curlik, D. M., & Shors, T. J. (2013). Training your brain: Do mental and physical (MAP) training enhance cognition through the process of neurogenesis in the hippocampus?. *Neuropharmacology, 64*, 506-514.

Cuthbert, S., & Goodheart Jr, G. R. (2007). On the reliability and validity of manual muscle testing: A literature review. *Chiropractic & Osteopathy, 15*(4), 1-23.

Cuthbert, S. C., Rosner, A. L., & McDowall, D. (2011). Association of manual muscle tests and mechanical neck pain: Results from a prospective pilot study. *Journal of Bodywork & Movement Therapies, 15*, 192-200.

Da Silva, D. P., Curty, V. M., Areas, J. M., Souza, S. C., Hackney, A. C., & Machado, M. (2010). Comparison of DeLorme with Oxford resistance training techniques: Effects of training on muscle damage markers. *Biology of Sport, 27*(2), 77-81.

Decety, J. (1996). The neurological basis of motor imagery. *Behavioral Brain Research, 77*, 45-52.

Decety, J., & Grezes, J. (1999). Neural mechanisms subserving the perception of human actions. *Trends in Cognitive Sciences, 3,* 172-178.

Decety, J., Jeannerod, M., Durozard, D., & Baverel, G. (1993). Central activation of autonomic effectors during mental simulation of motor actions. *Journal of Physiology*, 461, 549-563.

Dechent, P., Merboldt, K. D., & Frahm, J. (2004). Is the human primary motor cortex involved in motor imagery?. *Cognitive Brain Research, 19*(2), 138-144.

Dehail, P., Bestaven, E., Muller, F., Mallet, A., Robert, B., Bourdel-Marchasson, I., & Petit, J. (2007). Kinematic and electromyographic analysis of rising from a chair during a “sit-to-walk” task in elderly subjects: Role of strength. *Clinical Biomechanics, 22*(10), 1096-1103.

De Lange, F. P., Roelofs, K., & Toni, I. (2008). Motor imagery: A window into the mechanisms and alterations of the motor system. *Cortex, 44*(5), 494-506.

Demura, S., & Yamada, T. (2007). Height of chair seat and movement characteristics in sit-to-stand by young and elderly adults. *Perceptual and Motor Skills, 104*(1), 21-31.

Denis, M. (1985). Visual imagery and the use of mental practice in the development of motor skills. *Canada Journal of Applied Sport Science, 10*(4), 4-16.

Devasahayam, S. R. (2012). *Signals and systems in biomedical engineering: Signal processing and physiological systems modeling*. Springer Science & Business Media.

Dickstein, R., & Deutsch, J. (2007). Motor imagery in physical therapist practice. *Physical Therapy, 87*, 942-953.

Doussoulin, A., & Rehbein, L. (2011). Motor imagery as a tool for motor skill training in children. *Journal Motricidade, 7*(3), 37-43.

Driediger, M., Hall, C., Callow, N. (2006). Imagery use by injured athletes: A qualitative analysis. *Journal of Sports Sciences*, *24*, 261-271.

Driskell, J. E., Copper, C., Moran, A. (1994). Does mental practice enhance performance?. *Journal of Applied Psychology, 79*, 481-492.

Dunsky, A., Dickstein, R., Ariav, C., Deutsch, J., & Marcovitz, E. (2006). Motor imagery practice in gait rehabilitation of chronic post-stroke hemiparesis: Four case studies. *International Journal of Rehabilitation Research, 29*(4), 351-356.

Durstine, J. L., Gordon, B., Wang, Z., & Luo, W. (2013). Chronic disease and the link to physical activity. *Journal of Sport and Health Science, 2*, 3-11.

Edmonds, W. A., & Kennedy, T. D. (2016). *An Applied Guide to Research Designs: Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. Sage Publications.

Erim, Z., Beg, M. F., Burke, D. T., & de Luca, C. J. (1999). Effects of aging on motor-unit control properties. *Journal of Neurophysiology, 82*(5), 2081-2091.

Etnyre, B., & Thomas, D. Q. (2007). Event standardization of sit-to-stand movements. *Physical Therapy, 87*(12), 1651-1666.

Eyigor, S., Karapolat, H., & Durmaz, B. (2007). Effects of a group-based exercise program on the physical performance, muscle strength and quality of life in older women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *45*(3), 259-271.

Fenter, P. C., Bellew, J. W., Pitts, T. A., & Kay, R. E. (2003). Reliability of stabilised commercial dynamometers for measuring hip abduction strength: A pilot study. *British Journal of Sports Medicine, 37*(4), 331-334.

Fisher, J., Steele, J., Bruce-Low, S., & Smith, D. (2011). Evidence-based resistance training recommendations. *Med Sport, 15*(3), 147-162.

Folland, J., & Williams, A. (2007). The adaptations to strength training morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med, 37*(2), 145-168.

Folland, J., Hawker, K., Leach, B., Little, T., & Jones, D. (2005). Strength training: Isometric training at a range of joint angles versus dynamic training. *Journal of Sports Sciences, 23*(8), 817-824.

Frank, C., Land, W., Popp, C., & Schack, T. (2014). Mental representation and mental practice experimental investigation on the functional links between motor memory and motor imagery. *PLoS One, 9*(4), 1-12.

Frick, A., Daum, M. M., Wilson, M., & Wilkening, F. (2009). Effects of action on children's and adults' mental imagery. *Journal of Experimental Child Psychology, 104*, 34-51.

Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., Seeman, T., Tracy, R., Kop, W. J., & McBurnie, M. A. (2001). Frailty in older adults evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 56*(3), M146-M157.

Frontera, W. R., Suh, D., Krivickas, L. S., Hughes, V. A., Goldstein, R., & Roubenoff, R. (2000). Skeletal muscle fiber quality in older men and women. *American Journal of Physiology-Cell Physiology, 279*(3), C611-C618.

Gabbard, C. (2009). Study action representation in children via motor imagery. *Brain and Cognition, 71*(3), 234-239.

Gabbard, C., & Fox, A. (2013). Using motor imagery therapy to improve movement efficiency and reduce fall injury risk. *Journal of Novel Physiotherapies, 3*, 186-189.

Gabbard, C., Caçola, P., & Bobbio, T. (2012). The ability to mentally represent action is associated with low motor ability in children: A preliminary investigation. *Child: Care, Health and Development, 38*(3), 390-393.

Galvão, D. A., & Taaffe, D. R. (2005). Resistance exercise dosage in older adults: Single-versus multiset effects on physical performance and body composition. *Journal of the American Geriatrics Society, 53*(12), 2090-2097.

Gandevia, S. C., Wilson, L. R., Inglis, J. T., & Burke, D. (1997). Mental rehearsal of motor tasks recruits **α**-motoneurones but fails to recruit human fusimotor neurones selectively. *The Journal of Physiology, 505*(1), 259-266.

Gatti, R., Tettamanti, A., Gough, P. M., Riboldi, E., Marinoni, L., & Buccino, G. (2013). Action observation versus motor imagery in learning a complex motor task: A short review of literature and a kinematics study. *Neuroscience Letters*, *540*, 37-42.

Gault, M. L., & Willems, M. E. (2013). Aging, functional capacity and eccentric exercise training. *Aging and Disease, 4*(6), 351-363.

Gehlert, S., Bloch, W., & Suhr, F. (2015). Ca2+-dependent regulations and signaling in skeletal muscle: From electro-mechanical coupling to adaptation. *International Journal of Molecular Sciences*, *16*(1), 1066-1095.

Gentili, R. J., & Papaxanthis, C. (2015). Laterality effects in motor learning by mental practice in right-handers. *Neuroscience*, *297*, 231-242.

Godde, B., & Voelcker-Rehage, C. (2010). More automation and less cognitive control of imagined walking movements in high-versus low-fit older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *2*(139), 1-13.

Goldberg, A., Chavis, M., Watkins, J., & Wilson, T. (2012). The five-times-sit-to-stand test: validity, reliability and detectable change in older females. *Aging Clinical and Experimental Research*, *24*(4), 339-344.

Goldstein, E. B. (2011). *Cognitive psychology* (3rd ed.). Canada: Nelson Education.

Gonzalez-Rosa, J. J., Natali, F., Tettamanti, A., Cursi, M., Velikova, S., Comi, G., Gatti, R., & Leocani, L. (2015). Action observation and motor imagery in performance of complex movements: Evidence from EEG and kinematics analysis. *Behavioural Brain Research, 281*, 290-300.

Goodpaster, B. H., Park, S. W., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Nevitt, M., Schwartz, A. V., Simonsick, E. M., Tylavsky, F. A., Visser, M., & Newman, A. B. (2006). The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging and body composition study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 61*(10), 1059-1064.

Gordon, J. (1987). *Assumptions underlying physical therapy intervention: Theoretical and historical perspectives. Movement sciences: Foundations for Physical Therapy in Rehabilitation*. Rockville: Aspen publishers.

Goulart, F. R. D. P., & Valls-Solé, J. (1999). Patterned electromyographic activity in the sit-to-stand movement. *Clinical Neurophysiology, 110*(9), 1634-1640.

Granacher, U., Muehlbaue, T., Zahner, L., Gollhofer, A., & Kressig, R. W. (2011). Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *Sports Medicine, 41*(5), 377-400.

Gregg, M., Hall, C., & Butler, A. (2010). The MIQ-RS: A suitable option for examining movement imagery ability. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 7*(2), 249-257.

Griffin, L., & Cafarelli, E. (2005). Resistance training: Cortical, spinal, and motor unit adaptations. *Canadian Journal of Applied Physiology, 30*(3), 328-340.

Gross, M. M., Stevenson, P. J., Charette, S. L., Pyka, G., & Marcus, R. (1998). Effect of muscle strength and movement speed on the biomechanics of rising from a chair in healthy elderly and young women. *Gait & Posture, 8*(3), 175-185.

Guccione, A. A., Wong, R. A., & Avers, D. (2012). *Geriatric Physical Therapy* (3rd ed.). Mosby.

Guillot, A., & Collet, C. (2008). Construction of the motor imagery integrative model in sport: A review and theoretical investigation of motor imagery use. *International Review of Sport and Exercise Psychology, 1*(1), 31-44.

Guillot, A., Collet, C., & Dittmar, A. (2005). Influence of environmental context on motor imagery quality: An autonomic nervous system study. *Biology of Sport, 22*(3), 215-226.

Guillot, A., Moschberger, K., & Collet, C. (2013). Coupling movement with imagery as a new perspective for motor imagery practice. *Behavioral and Brain Functions, 9*(8), 1-8.

Guillot, A., Desliens, S., Rouyer, C., & Rogowski, I. (2013). Motor Imagery and tennis serve performance: The external focus efficacy. *Journal of Sports Science and Medicine, 12*, 332-338.

Guillot, A., Di Rienzo, F., MacIntyre, T., Moran, A., & Collet, C. (2012). Imagining is not doing but involves specific motor commands: A review of experimental data related to motor inhibition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 247.

Guillot, A., Lebon, F., Rouffet, D., Champely, S., Doyon, J., & Collet, C. (2007). Muscular responses during motor imagery as a function of muscle contraction types. *International Journal of Psychophysiology, 66*, 18-27.

Guillot, A., Collet, C., Nguyen, V.A., Malouin, F., Richards, C., & Doyon, J. (2009). Brain activity during visual versus kinesthetic imagery: An fMRI Study. *Human Brain Mapping, 30*, 2157-2172.

Guttman, A., Burstin, A., Brown, R., Bril, S., & Dickstein, R. (2012). Motor imagery practice for improving sit to stand and reaching to grasp in individuals with poststroke hemiparesis. *Topics in Stroke Rehabilitation, 19*(4), 306-319.

Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2016). *Textbook of medical physiology* (13th ed.). Philadelphia: Elsevier.

Gwin, J. T., & Ferris, D. P. (2012). An EEG-based study of discrete isometric and isotonic human lower limb muscle contractions. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 9*(35), 1-13.

Hall, C., Bernoties, L., & Schmidt, D. (1995). Interference effects of mental imagery on a motor task. *British Journal of Psychology, 86*, 181-190.

Hamel, M. F., & Lajoie, Y. (2005). Mental imagery. Effects on static balance and attentional demands of the elderly. *Aging Clinical and Experimental Research, 17*(3), 223-228.

Hanakawa, T. (2016). Organizing motor imageries. *Neuroscience research, 104*, 56-63.

Hardy, L., & Callow, N. (1999). Efficacy of external and internal visual imagery perspectives for the enhancement of performance on tasks in which form is important. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 21*(2), 95-112.

Hashimoto, Y., Ushiba, J., Kimura, A., Liu, M., & Tomita, Y. (2010). Correlation between EEG–EMG coherence during isometric contraction and its imaginary execution. *Acta Neurobiologiae Experimentalis, 70*, 76-85.

Hassani, A., Kubicki, A., Brost, V., Mourey, F., & Yang, F. (2015). Kinematic analysis of motor strategies in frail aged adults during the Timed Up and Go: How to spot the motor frailty?. *Clinical Interventions in Aging, 10*, 505-513.

Hasselgren, L., Olsson, L. L., & Nyberg, L. (2011). Is leg muscle strength correlated with functional balance and mobility among inpatients in geriatric rehabilitation?. *Archives of Gerontology and Geriatrics, 52*(3), 220-225.

Hazell, T., Kenno, K., & Jakobi, J. (2007). Functional benefit of power training for older adults. *Journal of Aging and Physical Activity, 15*(3), 349-359.

He, L., & Tian, Z. (2012). Motor imagery did not improve strength of biceps brachii. *Engineering, 5*, 99-102.

Headley, S., Germain, M., Mailloux, P., Mulhern, J., Ashworth, B., Burris, J., Brewer, B., Nindl, B., Coughlin, M., Welles, R., & Jones, M. (2002). Resistance training improves strength and functional measures in patients with end-stage renal disease. *American Journal of Kidney Diseases, 40*(2), 355-364.

Hedayatpour, N., & Falla, D. (2015). Physiological and neural adaptations to eccentric exercise: Mechanisms and considerations for training. *BioMed Research International*, 1-7.

Helene, A. F., & Xavier, G. F. (2006). Working memory and acquisition of implicit knowledge by imagery training, without actual task performance. *Neuroscience, 139*, 401-413.

Henz, D., & Schöllhorn, W. I. (2017). EEG brain activity in dynamic Health Qigong training: Same effects for mental practice and physical training?. *Frontiers in Psychology*, *8*, 1-11.

Heremans, E., D'hooge, A., Bondt, S., Helsen, W., & Feys, P. (2012). The relation between cognitive and motor dysfunction and motor imagery ability in patients with Multiple Sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal, 18*(9), 1303-1309.

Heremans, E., Vercruysse, S., Spildooren, J., Feys, P., Helsen, W., & Nieuwboer, A. (2013). Evaluation of motor imagery ability in neurological patients: A review. *Movement and Sport Sciences, 82*, 31-38.

Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *10*(5), 361-374.

Hétu, S., Grégoire, M., Saimpont, A., Coll, M. P., Eugène, F., Michon, P. E., & Jackson, P. L. (2013). The neural network of motor imagery: An ALE meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 37*(5), 930-949.

Hirschfeld, G., Thielsch, M., & Zernikow, B. (2013). Reliabilities of mental rotation tasks: Limits to the assessment of individual differences. *BioMed Research International*, 1-7.

Hislop, H. J., Avers, D., & Brown, M. (2014). *Daniels and Worthingham's muscle testing: Techniques of manual examination and performance testing* (9th ed.). China: Elsevier Health Sciences.

Holmes, P. S. (2001). The PETTLEP approach to motor imagery: A functional equivalence model for sport psychologists. *Journal of Applied Sport Psychology, 13*(1), 60-83.

Hopkins, P. M. (2006). Skeletal muscle physiology. *Critical Care & Pain, 6*, 1-6.

Horak, F. B. (1991). Assumptions underlying motor control for neurologic rehabilitation: Contemporary managemnt of motor control problems. In *Conf Proc: II-Step Conference.* Alexandria, VA: APTA Neurology Section.

Hortobágyi, T., & Maffiuletti, N. A. (2011). Neural adaptations to electrical stimulation strength training. *European Journal of Applied Physiology, 111*(10), 2439-2449.

Hotting, K., & Roder, B. (2013). Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience and Bio Behavioral Reviews,* 37, 2243-2257.

Hruda, K. V., Hicks, A. L., & McCartney, N. (2003). Training for muscle power in older adults: Effects on functional abilities. *Canadian Journal of Applied Physiology, 28*(2), 178-189.

Hughes, M. A., Myers, B. S., & Schenkman, M. L. (1996). The role of strength in rising from a chair in the functionally impaired elderly. *Journal of Biomechanics, 29*(12), 1509-1513.

Hunter, G. R., McCarthy, J. P., & Bamman, M. M. (2004). Effects of resistance training on older adults. *Sports Medicine, 34*(5), 329-348.

Hunter, S. K., Thompson, M. W., & Adams, R. D. (2000). Relationships among age-associated strength changes and physical activity level, limb dominance, and muscle group in women. The Journals of Gerontology Series A: *Biological Sciences and Medical Sciences, 55*(6), B264-B273.

Hurley, B. F., & Roth, S. M. (2000). Strength training in the elderly. *Sports Medicine, 30*(4), 249-268.

Hwang, H. J., Kwon, K., & Im, C. H. (2009). Neurofeedback-based motor imagery training for brain–computer interface (BCI). *Journal of Neuroscience Methods, 179*(1), 150-156.

Ikeda, E. R., Schenkman, M. L., Riley, P. O., & Hodge, W. A. (1991). Influence of age on dynamics of rising from a chair. *Physical Therapy, 71*(6), 473-481.

International Working Group on Sarcopenia. (2011). Sarcopenia: An undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. *Journal of the American Medical Directors Association, 12*(4), 249-256.

Ishii, K., Matsukawa, K., Liang, N., Endo, K., Idesako, M., Hamada, H., Ueno, K., & Kataoka, T. (2013). Evidence for centrally induced cholinergic vasodilatation in skeletal muscle during voluntary one-legged cycling and motor imagery in humans. *Physiological Reports, 1*(4), 1-16.

Jackson, P. L., Doyon, J., Richards, C. L., & Malouin, F. (2004). The efficacy of combined physical and mental practice in the learning of a foot-sequence task after stroke: a case report. *Neurorehabilitation and Neural Repair, 18*(2), 106-111.

Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Malouin, F., Richards, C., & Doyon, J. (2001). Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 82*(8), 1133-1141.

Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Malouin, F., Richards, C. L., & Doyon, J. (2003). Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. *Neuroimage, 20*(2), 1171-1180.

Jacobs, J. V., Yaguchi, C., Kaida, C., Irei, M., Naka, M., Henry, S. M., & Fujiwara, K. (2011). Effects of experimentally induced low back pain on the sit-to-stand movement and electroencephalographic contingent negative variation. *Experimental Brain Research, 215*(2), 123.

Janssen, W. G., Bussmann, H. B., & Stam, H. J. (2002). Determinants of the sit-to-stand movement: A review. *Physical Therapy, 82*(9), 866-879.

Jaric, S. (2002). Muscle strength testing. *Sports Medicine, 32*(10), 615-631.

Jeannerod, M. (1994). The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences, 17*(2), 187-245.

Jeannerod, M. (1995). Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia, 33*(11), 1419-1432.

Jeannerod, M. (2001). Neural simulation of action: A unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage, 14*(1), S103-S109.

Jeannerod, M., & Decety, J. (1995). Mental motor imagery: A window into the representational stages of action. *Current Opinion in Neurobiology, 5*(6), 727-732.

Jensen, A. R. (2006). *Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences*. Amsterdam: Elsevier.

Jerath, R., Edy, J. W., Barnes, V. A., & Jerath, V. (2006). Physiology of long pranayamic breathing: Neural respiratory elements may provide a mechanism that explains how slow deep breathing shifts the autonomic nervous system. *Medical Hypothesis, 67*, 566-571.

Jiang, C., Ranganathan, V. K., Zhang, J., Siemionow, V., & Yue, G. H. (2016). Motor effort training with low exercise intensity improves muscle strength and descending command in aging. *Medicine, 95*(24), 1-7.

Joo, L. Y., Yin, T. S., Xu, D., Thia, E., Chia, P. F., Kuah, C. W. K., & He, K. K. (2010). A feasibility study using interactive commercial off-the-shelf computer gaming in upper limb rehabilitation in patients after stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine, 42*(5), 437-441.

Jubrias, S. A., Esselman, P. C., Price, L. B., Cress, M. E., & Conley, K. E. (2001). Large energetic adaptations of elderly muscle to resistance and endurance training. *Journal of Applied Physiology, 90*(5), 1663-1670.

Kaewjoho, C., Mato, L., & Amatachaya, S. (2015). Relationship between the sit-to-stand test and lower extremity muscle strength in ambulatory patients with spinal cord injury. *Journal of Medical Technology and Physical Therapy*, *26*(3), 264-273.

Kaiser, D. A. (2010). Cortical cartography. *Biofeedback, 38*(1), 9-12.

Kakigi, R., Shimojo, M., Hoshiyama, M., Koyama, S., Watanabe, S., Naka, D., & Nakamura, A. (1997). Effects of movement and movement imagery on somatosensory evoked magnetic fields following posterior tibial nerve stimulation. *Cognitive Brain Research*, *5*(3), 241-253.

Kamel, H. K. (2003). Sarcopenia and aging. *Nutrition Reviews, 61*(5), 157-167.

Kandel, E., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M., (2000). *Principles of neural science* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.

Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2014). Age-related change in sit-to-stand power in Japanese women aged 50 years or older. *Journal of Physiological Anthropology, 33*(26), 1-5.

Karlsson, P., & Bergmark, A. (2015). Compared with what? An analysis of control-group types in Cochrane and Campbell reviews of psychosocial treatment efficacy with substance use disorders. *Addiction, 110*(3), 420-428.

Keller, K., & Engelhardt, M. (2013). Strength and muscle mass loss with aging process. Age and strength loss. Muscles, *Ligaments and Tendons Journal, 3*(4), 346-350.

Kennis, E., Verschueren, S. M., Bogaerts, A., Roie, E. V., Boonen, S., & Delecluse, C. (2013). Long-term impact of strength training on muscle strength characteristics in older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *94*, 2054-2060.

Kerr, K. M., White, J. A., Mollan, R. A., & Baird, H. E. (1991). Rising from a chair: A review of the literature. *Physiotherapy, 77*(1), 15-19.

Kerr, K. M., White, J. A., Barr, D. A., & Mollan, R. A. B. (1994). Standardization and definitions of the sit-stand-sit movement cycle. *Gait & Posture*, *2*(3), 182-190.

Khemlani, M. M., Carr, J. H., & Crosbie, W. J. (1999). Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clinical Biomechanics, 14*(4), 236-246.

Khongsri, N., Tongsuntud, S., Limampai, P., & Kuptniratsaikul, V. (2016). The prevalence of sarcopenia and related factors in a community-dwelling elders Thai population. *Osteoporosis and Sarcopenia, 2*(2), 110-115.

Kim, H. S., Choi, M. H., Baek, J. H., Park, S. J., Lee, J. C., Jeong, U. H., Kim, S. P., Kim, H. J., Choi, Y. C., Lim, D. W., & Chung, S. C. (2015). Effects of 92% oxygen administration on cognitive performance and physiological changes of intellectually and developmentally disabled people. *Journal of Physiological Anthropology, 34*(1), 1-5.

Kim, S. S., Lee, H. J., & You, Y. Y. (2015). Effects of ankle strengthening exercises combined with motor imagery training on the timed up and go test score and weight bearing ratio in stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science, 27*(7), 2303-2305.

Kim, T., & Cruz, A. (2011). Differences in brain activation during motor imagery and action observation of golf putting. *Scientific Research and Essays, 6*(15), 3132-3138.

Kisner, C., & Colby, L. A. (2013). *Therapeutic exercise: Foundations and techniques*. F.A. Davis.

Klimesch, W., Sauseng, P., & Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis. *Brain Research Reviews, 53*(1), 63-88.

Koessler, L., Maillard, L., Benhadid, A., Vignal, J. P., Felblinger, J., Vespignani, H., & Braun, M. (2009). Automated cortical projection of EEG sensors: Anatomical correlation via the international 10–10 system. *Neuroimage, 46*(1), 64-72.

Koopman, R., & van Loon, L. J. (2009). Aging, exercise, and muscle protein metabolism. *Journal of Applied Physiology, 106*(6), 2040-2048.

Korhonen, M. T., Cristea, A., Alén, M., Häkkinen, K., Sipilä, S., Mero, A., Viitasalo, J. T., Larsson, L., & Suominen, H. (2006). Aging, muscle fiber type, and contractile function in sprint-trained athletes. *Journal of Applied Physiology, 101*(3), 906-917.

Kosek, D. J., Kim, J. S., Petrella, J. K., Cross, J. M., & Bamman, M. M. (2006). Efficacy of 3 days/wk resistance training on myofiber hypertrophy and myogenic mechanisms in young vs. older adults. *Journal of Applied Physiology, 101*(2), 531-544.

Kraemer, W. J. (2003). Strength training basics. *The Physician and Sports Medicine, 31*(8), 1-8.

Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(4), 674-688.

Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., & Newton, R. U. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *34*(2), 364-380.

Kumar, V. K., Chakrapani, M., & Kedambadi, R. (2016). Motor imagery training on muscle strength and gait performance in ambulant stroke subjects-a randomized clinical trial. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR, 10*(3), YC01-YC04.

Lacourse, M. G., Orr, E. L., Cramer, S. C., & Cohen, M. J. (2005). Brain activation during execution and motor imagery of novel and skilled sequential hand movements. *Neuroimage, 27*(3), 505-519.

Lafleur, M. F., Jackson, P. L., Malouin, F., Richards, C. L., Evans, A. C., & Doyon, J. (2002). Motor learning produces parallel dynamic functional changes during the execution and imagination of sequential foot movements. *Neuroimage, 16*(1), 142-157.

Lambert, C. P., & Evans, W. J. (2002). Effects of aging and resistance exercise on determinants of muscle strength. *Journal of the American Aging Association, 25*(2), 73-78.

Latham, N. K., Bennett, D. A., Stretton, C. M., & Anderson, C. S. (2004). Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 59*(1), 48-61.

Lebon, F., Collet, C., & Guillot, A. (2010). Benefits of motor imagery training on muscle strength. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(6), 1680-1687.

Lee, J., Hwang, S., & Ahn, S. (2016). Effects of sit-to-stand imagery group training on balance performance in individuals with chronic hemiparetic stroke: A randomized control trial. *Physical Therapy Rehabilitation Science, 5*(2), 63-69.

Leung, M. C. M., Spittle, M., & Kidgell, D. J. (2013). Corticospinal excitability following short-term motor imagery training of a strength task. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity, 8*(1), 1-10.

Levinger, I., Goodman, C., Hare, D. L., Jerums, G., Toia, D., & Selig, S. (2009). The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport, 12*(2), 310-316.

Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Graf, P., Beattie, B. L., Ashe, M. C., & Handy, T. C. (2010). Resistance training and executive functions: A 12-month randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine, 170*(2), 170-178.

Liu, C. J., & Latham, N. K. (2009). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Systematic Reviews, 3*(3), 1-227.

Liu, Y., Mimura, K., Wang, L., & Ikuda, K. (2003). Physiological benefits of 24-style Taijiquan exercise in middle-aged women. *Journal of physiological Anthropology and Applied Human Science, 22*(5), 219-225.

Lomaglio, M. J., & Eng, J. J. (2005). Muscle strength and weight-bearing symmetry relate to sit-to-stand performance in individuals with stroke. *Gait & Posture, 22*(2), 126-131.

Lord, S. R., Murray, S. M., Chapman, K., Munro, B., & Tiedemann, A. (2002). Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 57*(8), M539-M543.

Lotze, M., & Halsband, U. (2006). Motor imagery. *Journal of Physiology-Paris, 99*, 386-395.

Lundbye-Jensen, J., & Nielsen, J. B. (2008). Central nervous adaptations following 1 wk of wrist and hand immobilization. *Journal of Applied Physiology, 105*(1), 139-151.

Macaluso, A., & De Vito, G. (2004). Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *European Journal of Applied Physiology, 91*(4), 450-472.

Madan, C. R., & Singhal, A. (2012). Motor imagery and higher-level cognition: Four hurdles before research can sprint forward. *Cognitive Processing, 13*(3), 211-229.

Malouin, F., Belleville, S., Richards, C. L., Desrosiers, J., & Doyon, J. (2004). Working memory and mental practice outcomes after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 85,* 177-183.

Malouin, F., Richards, C. L., Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Durand, A., & Doyon, J. (2007). The kinesthetic and visual imagery questionnaire (KVIQ) for assessing motor imagery in persons with physical disabilities: A reliability and construct validity study. *Journal of Neurologic Physical Therapy, 31*(1), 20-29.

Malouin, F., & Richards, C. L. (2010). Mental practice for relearning locomotor skills. *Physical Therapy, 90*(2), 240-251.

Manorangsan, S., Panpeach, P., & Vorakittikul, D. (2015). Five-times-sit-to-stand test and activities-specific balance confidence scale in thai fallers. *Thammasat International Journal of Science and Technology*, *20*(1), 18-28.

Marlin, A., Mochizuki, G., Staines, W.R., & Mcllroy, W.E. (2014). Localizing evoked cortical activity associated with balance reactions: Dose the anterior cingulate play a role?. *Journal of Neurophysiology, 111*(12), 2634-2643.

Martin, H. J., Yule, V., Syddall, H. E., Dennison, E. M., Cooper, C., & Aihie Sayer, A. (2006). Is hand-held dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people? A comparison with the gold standard Biodex dynamometry. *Gerontology, 52*(3), 154-159.

Maupas, E., Paysant, J., Datie, A. M., Martinet, N., & André, J. M. (2002). Functional asymmetries of the lower limbs. A comparison between clinical assessment of laterality, isokinetic evaluation and electrogoniometric monitoring of knees during walking. *Gait & Posture, 16*(3), 304-312.

Mazza, C., Benvenuti, F., Bimbi, C., & Stanhope, S. J. (2004). Association between subject functional status, seat height, and movement strategy in sit-to-stand performance. *Journal of the American Geriatrics Society, 52*(10), 1750-1754.

McDonnell, M. N., Esterman, A., Williams, R., Walker, J., & Mackintosh, S. F. (2014). Physical activity habit and preferences in the month prior to a first-ever stroke. *PeerJ, 489*, 1-11.

McFarland, D. J., Miner, L. A., Vaughan, T. M., & Wolpaw, J. R. (2000). Mu and beta rhythm topographies during motor imagery and actual movements. *Brain Topography, 12*(3), 177-186.

McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2014). *Research in education: Evidence-based inquiry*. Pearson Higher Ed.

Merletti, R., & Parker, P. (2004). *Electromyography Physiology, Engineering, and Noninvasive Application*. A John Wiley & Sons.

Millington P. J., Myklebust, B. M., & Shambes, G. M. (1992). Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 73,* 609-617.

Milner-Brown, H. S., & Stein, R. B. (1975). The relation between the surface electromyogram and muscular force. *The Journal of Physiology, 246*(3), 549.

Mitchell, W. K., Williams, J., Atherton, P., Larvin, M., Lund, J., & Narici, M. (2012). Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Frontiers in Physiology, 3*, 1-18.

Mizuguchi, N., Yamagishi, T., Nakata, H., & Kanosue, K. (2015). The effect of somatosensory input on motor imagery depends upon motor imagery capability. *Frontiers in Psychology, 6*(104), 1-6.

Mohamad, I. B., & Usman, D. (2013). Standardization and its effects on k-means clustering algorithm. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 6*(17), 3299-3303.

Mong, Y., Teo, T. W., & Ng, S. S. (2010). 5-repetition sit-to-stand test in subjects with chronic stroke: Reliability and validity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 91*(3), 407-413.

Monger, C., Carr, J. H., & Fowler, V. (2002). Evaluation of a home-based exercise and training programme to improve sit-to-stand in patients with chronic stroke. *Clinical Rehabilitation, 16*(4), 361-367.

Moreland, J. D., Richardson, J. A., Goldsmith, C. H., & Clase, C. M. (2004). Muscle weakness and falls in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society, 52*(7), 1121-1129.

Moritani, T. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 58*(3), 115-130.

Mourey, F., Grishin, A., d'Athis, P., Pozzo, T., & Stapley, P. (2000). Standing up from a chair as a dynamic equilibrium task: A comparison between young and elderly subjects. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 55(*9), B425-B431.

Mulder, E. R., Stegeman, D. F., Gerrits, K. H. L., Paalman, M. I., Rittweger, J., Felsenberg, D., & De Haan, A. (2006). Strength, size and activation of knee extensors followed during 8 weeks of horizontal bed rest and the influence of a countermeasure. *European Journal of Applied Physiology*, *97*(6), 706-715.

Mulder, T. (2007). Motor imagery and action observation: Cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission, 114*(10), 1265-1278.

Munton, J. S., Ellis, M. I., & Wright, V. (1984). Use of electromyography to study leg muscle activity in patients with arthritis and in normal subjects during rising from a chair. *Annals of the Rheumatic Diseases, 43*(1), 63-65.

Munzert, J., Lorey, B., & Zentgraf, K. (2009). Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Research Reviews, 60*, 306-326.

Murlasits, Z., Reed, J., & Wells, K. (2012). Effect of resistance training frequency on physiological adaptations in older adults. *Journal of Exercise Science & Fitness, 10*(1), 28-32.

Murphy, S. M. (1994). Imagery interventions in sport. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 26*, 486-494.

Naito, E., Kochiyama, T., Kitada, R., Nakamura, S., Matsumura, M., Yonekura, Y., & Sadato, N. (2002). Internally simulated movement sensations during motor imagery activate cortical motor areas and the cerebellum. *Journal of Neuroscience, 22*(9), 3683-3691.

Narici, M. V., & Maganaris, C. N. (2006). Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading. *Journal of Anatomy, 208*(4), 433-443.

Nascimento, M. A. D., Cyrino, E. S., Nakamura, F. Y., Romanzini, M., Pianca, H. J. C., & Queiróga, M. R. (2007). Validation of the Brzycki equation for the estimation of 1-RM in the bench press. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 13*(1), 47-50.

Naseri, M., Petramfar, P., & Ashraf, A. (2015). Effect of motor imagery on the F-wave parameters in hemiparetic stroke survivors. *Annals of Rehabilitation Medicine, 39*(3), 401-408.

Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., Macera, C. A., & Castaneda-Sceppa, C. (2007). Physical activity and public health in older adults. Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association, *Circulation, 116*(9), 1094-1105.

Netto, K. J., & Burnett, A. F. (2006). Reliability of normalisation methods for EMG analysis of neck muscles. *Work*, *26*, 123-130.

Neuper, C., & Pfurtscheller, G. (2001). Evidence for distinct beta resonance frequencies in human EEG related to specific sensorimotor cortical areas. *Clinical Neurophysiology, 112*(11), 2084-2097.

Neuper, C., Scherer, R., Reiner, M., & Pfurtscheller, G. (2005). Imagery of motor actions: Differential effects of kinesthetic and visual–motor mode of imagery in single-trial EEG. *Cognitive Brain Research, 25*(3), 668-677.

Newsom, J., Knight, P., & Balnave, R. (2003). Use of mental imagery to limit strength loss after immobilization. *Journal of Sport Rehabilitation, 12*(3), 249-258.

Niewiadomski, W., Laskowska, D., Gasiorowska, A., Cybulski, G., Strasz, A., & Langfort, J. (2008). Determination and prediction of one repetition maximum (1RM): Safety considerations. *J Hum Kinet, 19*(1), 109-120.

Olsen, O., Sjøhaug, M., Van Beekvelt, M., & Mork, P. J. (2012). The effect of warm-up and cool-down exercise on delayed onset muscle soreness in the quadriceps muscle: A randomized controlled trial. *Journal of Human Kinetics, 35*(1), 59-68.

Orr, R., Raymond, J., & Singh, M. F. (2008). Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults. *Sports Medicine, 38*(4), 317-343.

Osuagwu, B. A., & Vuckovic, A. (2014). Similarities between explicit and implicit motor imagery in mental rotation of hands: An EEG study. *Neuropsychologia, 65*, 197-210.

Page, P. (2012). Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *7(*1), 109-119.

Parsons, L. M. (1994). Temporal and kinematic properties of motor behavior reflected in mentally simulated action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 20*, 109-730.

Paternostro-Sluga, T., Grim-Stieger, M., Posch, M., Schuhfried, O., Vacariu, G., Mittermaier, C., Bittner, C., & Fialka-Moser, V. (2008). Reliability and validity of the Medical Research Council (MRC) scale and a modified scale for testing muscle strength in patients with radial palsy. *Journal of Rehabilitation Medicine, 40*(8), 665-671.

Pavlidou, A., Schnitzler, A., & Lange, J. (2014). Beta oscillations and their functional role in movement perception. *Translational Neuroscience, 5*(4), 286-292.

Pereira, M. I. R., & Gomes, P. S. C. (2003). Muscular strength and endurance tests: Reliability and prediction of one repetition maximum-review and new evidences. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 9*(5), 336-346.

Peterson, M. D., Rhea, M. R., Sen, A., & Gordon, P. M. (2010). Resistance exercise for muscular strength in older adults: A meta-analysis. *Ageing Research Reviews, 9*(3), 226-237.

Petrofsky, J., Batt, J., Suh, H. J., Jones, R., Ushak, N., Tucker, J. P., Gentry, L., Kambe, V. & Billings, T. (2006). Muscle use during isometric co-contraction of agonist-antagonist muscle pairs in the upper and lower body compared to abdominal crunches and a commercial multi gym exerciser. *Journal of Applied Research, 6*(4), 300-328.

Petrofsky, J., Batt, J., Jones, R., Kambe, V., Ushak, N., Tucker, J. P., Gentry, L., Billings, T., & Gunda, S. (2007). Muscle strength training and weight loss from a combined isometric exercise and dietary program. *Journal of Applied Research, 7*(1), 77-86.

Pfurtscheller, G. (2001). Functional brain imaging based on ERD/ERS. *Vision Research, 41*(10), 1257-1260.

Pfurtscheller, G., & Neuper, C. (1997). Motor imagery activates primary sensorimotor area in humans. *Neuroscience Letters*, 239(2), 65-68.

Pfurtscheller, G., Neuper, C., Ramoser, H., & Müller-Gerking, J. (1999). Visually guided motor imagery activates sensorimotor areas in humans. *Neuroscience Letters, 269*(3), 153-156.

Pfurtscheller, G., Brunner, C., Schlogl, A., & Silva, F. H. L. (2006). Mu rhythm (de)synchronization and EEG single-trial classification of different motor imagery tasks. *Neuroimage*, *31*, 153-159.

Pfurtscheller, G., Linortner, P., Winkler, R., Korisek, G., & Müller-Putz, G. (2009). Discrimination of motor imagery-induced EEG patterns in patients with complete spinal cord injury. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 1-6.

Pichierri, G., Wolf, P., Murer, K., & de Bruin, E. D. (2011). Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: A systematic review. *BMC Geriatrics, 11*(1), 29.

Pineda, J. A. (2005). The functional significance of mu rhythms: translating “seeing” and “hearing” into “doing”. *Brain Research Reviews, 50*(1), 57-68.

Ploutz-Snyder, L. L., & Giamis, E. L. (2001). Orientation and familiarization to 1RM strength testing in old and young women. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 15*(4), 519-523.

Porro, C. A., Francescato, M. P., Cettolo, V., Diamond, M. E., Baraldi, P., Zuiani, C., & Di Prampero, P. E. (1996). Primary motor and sensory cortex activation during motor performance and motor imagery: A functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neuroscience, 16*(23), 7688-7698.

Prudente, C., Rodrigues-de-Paula, F., & Faria, C. D. (2013). Lower limb muscle activation during the sit-to-stand task in subjects who have had a stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *92*(8), 666-675.

Radaelli, R., Botton, C. E., Wilhelm, E. N., Bottaro, M., Lacerda, F., Gaya, A., & Pinto, R. S. (2013). Low-and high-volume strength training induces similar neuromuscular improvements in muscle quality in elderly women. *Experimental Gerontology*, *48(*8), 710-716.

Ranganathan, V. K., Siemionow, V., Liu, J. Z., Sahgal, V., & Yue, G. H. (2004). From mental power to muscle power-gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia, 42*, 944-956.

Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, W. B., & Kraemer, W. J. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults [ACSM position stand]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(3), 687-708.

Reid, K. F., Naumova, E. N., Carabello, R. J., Phillips, E. M., & Fielding, R. A. (2008). Lower extremity muscle mass predicts functional performance in mobility-limited elders. *The Journal of Nutrition Health and Aging, 12*(7), 493-498.

Reiser, M., Busch, D., & Munzert, J. (2011). Strength gains by motor imagery with different ratios of physical to mental practice. *Frontiers in Psychology, 2*(194), 1-8.

Rienzo, F. DI., Blache, Y., Kanthack, T. F. D., Monteil, K., Collet, C., & Guillot, A. (2015). Short-term effects of integrated motor imagery practice on muscle activation and force performance. *Neuroscience, 305*, 146-156.

Ritz, T., & Roth, W. T. (2003). Behavioral interventions in asthma: Breathing training. *Behavior Modification, 27*(5), 710-730.

Roberts, R., Callow, N., Hardy, L., Markland, D., & Bringer, J. (2008). Movement imagery ability: Development and assessment of a revised version of the vividness of movement imagery questionnaire. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 30,* 200-221.

Rodosky, M. W., Andriacchi, T. P., & Andersson, G. B. (1989). The influence of chair height on lower limb mechanics during rising. *Journal of Orthopaedic Research, 7*(2), 266-271.

Roebroeck, M. E., Doorenbosch, C. A. M., Harlaar, J., Jacobs, R., & Lankhorst, G. J. (1994). Biomechanics and muscular activity during sit-to-stand transfer. *Clinical Biomechanics, 9*(4), 235-244.

Roth, S. M., Martel, G. F., Ivey, F. M., Lemmer, J. T., Metter, E. J., Hurley, B. F., & Rogers, M. A. (2000). High-volume, heavy-resistance strength training and muscle damage in young and older women. *Journal of Applied Physiology, 88*(3), 1112-1118.

Ruffino, C., Papaxanthis, C., & Lebon, F. (2017). Neural plasticity during motor learning with motor imagery practice: Review and perspectives. *Neuroscience, 341*, 61-78.

Sadri, K., Khani, M., & Sadri, I. (2014). Role of central fatigue in resistance and endurance exercises: An emphasis on mechanisms and potential sites. *SportLogia, 10*, 65-80.

Saimpont, A., Malouin, F., Tousignant, B., & Jackson, P. L. (2015). Assessing motor imagery ability in younger and older adults by combining measures of vividness controllability and timing of motor imagery. *Brain Research, 1597*, 196-209.

Samuel, D., Wilson, K., Martin, H. J., Allen, R., Sayer, A. A., & Stokes, M. (2012). Age-associated changes in hand grip and quadriceps muscle strength ratios in healthy adults. *Aging Clinical and Experimental Research, 24*(3), 245-250.

Santos-Couto-Paz, C. C., Teixeira-Salmela, L. F., & Tierra-Criollo, C. J. (2013). The addition of functional task-oriented mental practice to conventional physical therapy improves motor skills in daily functions after stroke. *Brazillian Journal of Physical Therapy, 17*(6), 564-571.

Scanlon, V. C., & Sanders, T. (2007). *Essentials of anatomy and physiology* (5th ed.). Philadelphia: F.A. Davis.

Schack, T., Essig, K., Frank, C., & Koester, D. (2014). Mental representation and motor imagery training. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*(328), 1-10.

Schenkman, M., Berger, R. A., Riley, P. O., Mann, R. W., & Hodge, W. A. (1990). Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Physical Therapy, 70*(10), 638-651.

Schlicht, J., Camaione, D. N., & Owen, S. V. (2001). Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 56*(5), M281-M286.

Schneider, S., Rouffet, D. M., Billaut, F., & Strüder, H. K. (2013). Cortical current density oscillations in the motor cortex are correlated with muscular activity during pedaling exercise. *Neuroscience, 228*, 309-314.

Schneiders, A. G., Sullivan, S. J., O'Malley, K. J., Clarke, S. V., Knappstein, S. A., & Taylor, L. J. (2010). A valid and reliable clinical determination of footedness. *PM&R, 2*(9), 835-841.

Schot, P. K., Knutzen, K. M., Poole, S. M., & Mrotek, L. A. (2003). Sit-to-stand performance of older adults following strength training. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 74*(1), 1-8.

Schott, N. (2012). Age-related differences in motor imagery: Working memory as a mediator. *Experimental Aging Research, 38*, 559-583.

Schuster, C., Lussi, A., Wirth, B., & Ettlin, T. (2012). Two assessments to evaluate imagery ability: Translation, test-retest reliability and concurrent validity of the German KVIQ and Imaprax. *BMC Medical Research Methodology, 12*(1), 1-13.

Schuster, C., Hilfiker, R., Amft, O., Scheidhauer, A., Andrews, B., Butler, J., Kischka, U., & Ettlin, T. (2011). Best practice for motor imagery: A systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC Medicine, 9*(75), 1-35.

Schultz, A. B., Alexander, N. B., & Ashton-Miller, J. A. (1992). Biomechanical analyses of rising from a chair. *Journal of Biomechanics, 25*(12), 1383-1391.

Seene, T., & Kaasik, P. (2012). Muscle weakness in the elderly: Role of sarcopenia, dynapenia, and possibilities for rehabilitation. *European Review of Aging and Physical Activity, 9*(2), 109.

Seidler, R. D., Bernard, J. A., Burutolu, T. B., Fling, B. W., Gordon, M. T., Gwin, J. T., Kwak, Y., & Lipps, D. B. (2010). Motor control and aging: Links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 34*(5), 721-733.

Seguin, R., & Nelson, M. E. (2003). The benefits of strength training for older adults. *American Journal of Preventive Medicine, 25*(3), 141-149.

Serra-Rexach, J. A., Bustamante-Ara, N., Hierro Villarán, M., González Gil, P., Sanz, M. J., Blanco Sanz, N., Santamaria, V., Gutierrez Sanz, N., Prada, M.,Gallard, C. Rodríguez Romo, G., Ruiz, J., & Lucia, A. (2011). Short-term, light-to moderate-intensity exercise training improves leg muscle strength in the oldest old: A randomized controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society, 59*(4), 594-602.

Seynnes, O., Singh, M. A. F., Hue, O., Pras, P., Legros, P., & Bernard, P. L. (2004). Physiological and functional responses to low-moderate versus high-intensity progressive resistance training in frail elders. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 59*(5), M503-M509.

Shackell, E. M., & Standing, L. G. (2007). Mind over matter: Mental training increases physical strength. *North American Journal of Psychology, 9*(1), 189-200.

Shaw, C. E., McCully, K. K., & Posner, J. D. (1995). Injuries during the one repetition maximum assessment in the elderly. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention, 15*(4), 283-287.

Shier, D., Butler, J. & Lewis, R. (2007). *Hole's human anatomy & physiology* (11th ed.). New York: McGraw-Hill.

Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2007). *Motor control: Translating research into clinical practice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Sidaway, B., & Trzaska, A. R. (2005). Can mental practice increase ankle dorsiflexor torque?. *Physical Therapy, 85(*10), 1053-1060.

Silva, A., Sousa, A. S., Pinheiro, R., Ferraz, J., Tavares, J. M. R., Santos, R., & Sousa, F. (2013). Activation timing of soleus and tibialis anterior muscles during sit-to-stand and stand-to-sit in post-stroke vs. healthy subjects. *Somatosensory & Motor Research, 30*(1), 48-55.

Skelton, D. A., Greig, C. A., Davies, J. M., & Young, A. (1994). Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65–89 years. *Age and Ageing, 23*(5), 371-377.

Skelton, D. A., Young, A., Greig, C. A., & Malbut, K. E. (1995). Effects of resistance training on strength, power, and selected functional abilities of women aged 75 and older. *Journal of the American Geriatrics Society, 43*(10), 1081-1087.

Slimani, M., Tod, D., Chaabene, H., Miarka, B., & Chamari, K. (2016). Effects of mental imagery on muscular strength in healthy and patient participants: A systematic review. *Journal of Sports Science & Medicine, 15*(3), 434-450.

Smeeton, N. J., Hibbert, J. R., Stevenson, K., Cumming, J., & Williams, A. M. (2013). Can imagery facilitate improvements in anticipation behavior?. *Psychology of Sport and Exercise, 14,* 200-210.

Smidt, G. L., & Rogers, M. W. (1982). Factors contributing to the regulation and clinical assessment of muscular strength. *Physical Therapy, 62*, 1283-1290.

Son, J., Hwang, S., & Kim, Y. (2010). An EMG-based muscle force monitoring system. *Journal of Mechanical Science and Technology, 24*(10), 2099-2105.

Spink, M. J., Fotoohabadi, M. R., & Menz, H. B. (2009). Foot and ankle strength assessment using hand-held dynamometry: Reliability and age-related differences. *Gerontology, 56*(6), 525-532.

Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: A systematic review. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation, 3*(5), 472-479.

Stecklow, M. V., Infantosi, A. F. C., & Cagy, M. (2010). EEG changes during sequences of visual and kinesthetic motor imagery. *Arquivos de Neuro-psiquiatria, 68*(4), 556-561.

Suetta, C., Aagaard, P., Rosted, A., Jakobsen, A. K., Duus, B., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2004). Training-induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. *Journal of Applied Physiology, 97*(5), 1954-1961.

Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using effect size-or why the p value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, *4*(3), 279-282.

Szameitat, A. J., Shen, S., & Sterr, A. (2007). Motor imagery of complex everyday movements. An fMRI study. *Neuroimage, 34*(2), 702-713.

Takarada, Y., & Ishii, N. (2002). Effects of low-intensity resistance exercise with short interset rest period on muscular function in middle-aged women. The *Journal of Strength & Conditioning Research*, *16*(1), 123-128.

Taktek, K. (2004). The effects of mental imagery on the acquisition of motor skills and performance: A literature review with theoretical implications. *Journal of Mental Imagery, 29*, 79-114.

Tamir, R., Dickstein, R., & Huberman, M. (2007). Integration of motor imagery and physical practice in group treatment applied to subjects with Parkinson's disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair, 21*(1), 68-75.

Tanaka, H. (2016). Modeling the motor cortex: Optimality, recurrent neural networks, and spatial dynamics. *Neuroscience Research*, *104*, 64-71.

Temple, R., & Ellenberg, S. S. (2000). Placebo-controlled trials and active-control trials in the evaluation of new treatments. Part 1: Ethical and scientific issues. *Annals of Internal Medicine, 133*(6), 455-463.

Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG measurement. *Measurement Science Review*, *2*(2), 1-11.

Thaweewannakij, T., Suwannarat, P., Mato, L., & Amatachaya, S. (2016). Functional ability and health status of community-dwelling late age elderly people with and without a history of falls. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, *34*, 1-9.

Theou, O., Stathokostas, L., Roland, K. P., Jakobi, J. M., Patterson, C., Vandervoort, A. A., & Jones, G. R. (2011). The effectiveness of exercise interventions for the management of frailty: A systematic review. *Journal of Aging Research,* 1-19.

Thyrion, C., & Roll, J. P. (2009). Perceptual integration of illusory and imagined kinesthetic images. *The Journal of Neuroscience, 29*(26), 8483-8492.

Tod, D., Edwards, C., McGuigan, M., & Lovell, G. (2015). A systematic review of the effect of cognitive strategies on strength performance. *Sports Medicine, 45*(11), 1589-1602.

Toussaint, L., & Blandin, Y. (2010). On the role of imagery modalities on motor learning. *Journal of Sports Sciences, 28*(5), 497-504.

Toussaint, L., & Blandin, Y. (2013). Behavioral evidence for motor imagery ability on position sense improvement following motor imagery practice. *Movement & Sport Sciences, 82*, 63-68.

Umphred, D. A., Lazaro, R. T., Roller, M. L., & Burton, G. U. (2013). *Umphred's neurological rehabilitation* (6th ed.). St Louis: Elsevier.

Ushiyama, J., Takahashi, Y., & Ushiba, J. (2010). Muscle dependency of corticomuscular coherence in upper and lower limb muscles and training-related alterations in ballet dancers and weightlifters. *Journal of Applied Physiology, 109*(4), 1086-1095.

Van Ede, F., & Maris, E. (2013). Somatosensory demands modulate muscular beta oscillations, independent of motor demands. *The Journal of Neuroscience, 33*(26), 10849-10857.

Veale, J. F. (2014). Edinburgh Handedness Inventory–Short Form: A revised version based on confirmatory factor analysis. Laterality: Asymmetries of body. *Brain and Cognition, 19*(2), 164-177.

Vincent, K. R., Braith, R. W., Feldman, R. A., Magyari, P. M., Cutler, R. B., Persin, S. A., Lennon, S., Gabr, A., & Lowenthal, D. T. (2002). Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. *Journal of the American Geriatrics Society*, *50*(6), 1100-1107.

Volkers, K. M., de Kieviet, J. F., Wittingen, H. P., & Scherder, E. J. A. (2012). Lower limb muscle strength (LLMS): Why sedentary life should never start? A review. *Archives of Gerontology and Geriatrics, 54*(3), 399-414.

Vries, S., Tepper, M., Feenstra, W., Oosterveld, H., Boonstra, A. M., &, Otten, B. (2013). Motor imagery ability in stroke patients: The relationship between implicit and explicit motor imagery measures. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*, 1-10.

Vuckovic, A., & Osuagwu, B. A. (2013). Using a motor imagery questionnaire to estimate the performance of a brain–computer interface based on object oriented motor imagery. *Clinical Neurophysiology, 124*, 1586-1595.

Waller, S. M., Harris-Love, M., Liu, W., & Whitall, J. (2006). Temporal coordination of the arms during bilateral simultaneous and sequential movements in patients with chronic hemiparesis. *Experimental Brain Research, 168*(3), 450-454.

Weiss, T., Kreitinger, J., Wilde, H., Wiora, C., Steege, M., Dalleck, L., & Janot, J. (2010). Effect of functional resistance training on muscular fitness outcomes in young adults. *Journal of Exercise Science & Fitness*, *8*(2), 113-122.

Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine, 37*(3), 225-264.

Whitney, S. L., Wrisley, D. M., Marchetti, G. F., Gee, M. A., Redfern, M. S., & Furman, J. M. (2005). Clinical measurement of sit-to-stand performance in people with balance disorders: Validity of data for the Five-Times-Sit-to-Stand Test. *Physical Therapy, 85*(10), 1034-1045.

Williams, M. A., Haskell, W. L., Ades, P. A., Amsterdam, E. A., Bittner, V., Franklin, B. A., Gulanick, M., Laing, S., & Stewart, K. J. (2007). Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update a scientific statement from the American heart association council on clinical cardiology and council on nutrition, physical activity, and metabolism. *Circulation, 116*(5), 572-584.

Wilson, B., & Bialocerkowski, A. (2015). The Effects of kinesiotape applied to the lateral aspect of the ankle: Relevance to ankle sprains - A systematic review. *PLoS ONE, 10*(6), 1-21.

Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., McFarland, D. J., Pfurtscheller, G., & Vaughan, T. M. (2002). Brain-computer interfaces for communication and control. *Clinical Neurophysiology, 113*(6), 767-791.

Wondrusch, C., & Schuster-Amft, C. (2013). A standardized motor imagery introduction program (MIIP) for neuro-rehabilitation: Development and evaluation. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*, 1-12.

Wright, C. J., & Smith, D. (2009). The effect of PETTLEP imagery on strength performance. *International Journal of Sport and Exercise Psychology, 7*(1), 18-31.

Xie, F., Xu, L., Long, Z., Yao, L., & Wu, X. (2015). Functional connectivity alteration after real-time fMRI motor imagery training through self-regulation of activities of the right premotor cortex. *BMC Neuroscience, 16*(29), 1-11.

Xu, L., Zhang, H., Hui, M., Jin, Z., Liu, Y., & Yao, L. (2014). Motor execution and motor imagery: A comparison of functional connectivity patterns based on graph theory. *Neuroscience, 261*, 184-194.

Yamada, T., & Demura, S. I. (2004). Influence of the relative difference in chair seat height according to different lower thigh length on floor reaction force and lower-limb strength during sit-to-stand movement. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, *23*(6), 197-203.

Yao, W. X., Ranganathan, V. K., Allexandre, D., Siemionow, V., & Yue, G. (2013). Kinesthetic imagery training of forceful muscle contractions increases brain signal and muscle strength. *Frontiers in Human Neuroscience, 7(*561), 1-6.

Yarasheski, K. E., Zachwieja, J. J., & Bier, D. M. (1993). Acute effects of resistance exercise on muscle protein synthesis rate in young and elderly men and women. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism, 265*(2), E210-E214.

Yi, W., Qui, S., Qi, H., Zhang, L., Wan, B., & Ming, D. (2013). EEG feature comparison and classification of simple and compound limb motor imagery. *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation, 10*(106), 1-12.

Yoshioka, S., Nagano, A., Himeno, R., & Fukashiro, S. (2007). Computation of the kinematics and the minimum peak joint moments of sit-to-stand movements. *Biomedical Engineering Online, 6*(1), 1-14.

Yoshioka, S., Nagano, A., Hay, D. C., & Fukashiro, S. (2009). Biomechanical analysis of the relation between movement time and joint moment development during a sit-to-stand task. *Biomedical Engineering Online, 8(*1), 1-9.

Yuan, H., Liu, T., Szarkowski, R., Rios, C., Ashe, J., & He, B. (2010). Negative covariation between task-related responses in alpha/beta-band activity and BOLD in human sensorimotor cortex: An EEG and fMRI study of motor imagery and movements. *Neuroimage, 49*(3), 2596-2606.

Yue, G., & Cole, K. J. (1992). Strength increases from the motor program: Comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *Journal of Neurophysiology*, *67*, 1114-1123.

Yue, J., Zhou, Z., Jiang, J, Liu, Y., & Hu, D. (2012). Balancing a simulated inverted pendulum through motor imagery: An EEG-based real-time control paradigm. *Neuroscience Letters, 524,* 95-100.

Zakas, A., Balaska, P., Grammatikopoulou, M. G., Zakas, N., & Vergou, A. (2005). Acute effects of stretching duration on the range of motion of elderly women. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 9*(4), 270-276.

Zhang, H., Long, Z., Ge, R., Xu, L., Jin, Z., Yao, L., & Liu, Y. (2013). Motor imagery learning modulates functional connectivity of multiple brain systems in resting state. *PLoS One, 9*(1), 1-7.

Zijdewind, I., Toering, S. T., Bessem, B., van der Laan, O., & Diercks, R. L. (2003). Effects of imagery motor training on torque production of ankle plantar flexor muscles. *Muscle & Nerve, 28*(2), 168-173.

Zimmermann-Schlatter, A., Schuster, C., Puhan, M. A., Siekierka, E., & Steurer, J. (2008). Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: A systematic review. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 5*(1), 1-10.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ก-1 ใบรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
ก-2 ตัวอย่างใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
ก-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย
ก-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย
ก-5 หนังสือขอความอนุเคราะห์ขอใช้ยานพาหนะ

แบบรายงานผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา

๑. ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์

ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์ (ภาษาไทย) การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการลุกขึ้นยืนโดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

ชื่อเรื่องดุษฎีนิพนธ์ (ภาษาอังกฤษ) INCREASING LOWER EXTREMITY MUSCLE STRENGTH AND PERFORMANCE OF SIT-TO-STAND BY USING A MOTOR IMAGERY CONTROL COMBINED WITH EXERCISE PROGRAM IN OLDER ADULTS: AN ELECTROMYOGRAPHY AND ELECTROENCEPHALOGRAPHY STUDY

ชื่อนิสิต (นาย, นาง, นางสาว): บุญรัตน์ โง้วตระกูล

หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (Ph.D.) สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา

☑ ภาคปกติ ☐ ภาคพิเศษ

รหัสประจำตัว ๕๕๘๑๐๐๐๙ คณะ/วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

๓. หน่วยงานที่สังกัด: วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

๔. ผลการพิจารณาของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน:

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน ได้พิจารณารายละเอียดดุษฎีนิพนธ์เรื่องดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในประเด็นที่เกี่ยวกับ

๑) การเคารพในศักดิ์ศรี และสิทธิของคนที่ใช้เป็นตัวอย่างการวิจัย

๒) วิธีการอย่างเหมาะสมในการได้รับความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย (Informed consent) รวมทั้งการป้องกันสิทธิประโยชน์ และรักษาความลับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

๓) การดำเนินการวิจัยอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อความเสียหายต่อสิ่งที่ศึกษาวิจัย ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่มีชีวิตหรือไม่มีชีวิต

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน มีมติเห็นชอบ ดังนี้

(√) รับรองโครงการวิจัย

( ) ไม่รับรอง

๕. วันที่ที่ให้การรับรอง: ๑๖ เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๙

ลงนาม.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
ประธานกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
วันที่ ๑๖ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๙

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

.....

หัวข้อดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความสามารถในการลุกขึ้นยืน โดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบาย จากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วม ในโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่างๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง ซ่อนเร้น จนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะเปิดเผยในภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....ผู้ยินยอม

(.....)

วันที่.....

ลงนาม.....ผู้วิจัย

(.....)

ที่ ศธ ๖๖๒๘/๑๕๖

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๖ มิถุนายน ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

เรียน นพ.สมรักษ์ สันติเบ็ญจกุล

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงดุษฎีนิพนธ์ และเครื่องมือ จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวบุญรัตน์ โง้วตระกูล รหัสประจำตัว ๕๕๘๑๐๐๐๙ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง “การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการลุกขึ้นยืน โดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง” ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร. เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย ในการนี้ วิทยาลัย วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยแก่นิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๐๗๗-๘
โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
http ://www.rmcs.buu.ac.th

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา โทร. ๒๐๗๗, ๒๐๗๘, ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
ที่ ศธ ๖๖๒๘/ว๕๑๒ **วันที่** ๖ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๙
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

เรียน ผศ.ดร.นฤพนธ์ วงศ์จตุรภัทร

ด้วย นางสาวบุญรัตน์ โง้วตระกูล รหัสประจำตัว ๕๕๘๑๐๐๐๙ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง "การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการลุกขึ้นยืน โดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง" ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร. เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย ในการนี้ วิทยาลัย วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยแก่นิสิตในครั้งนี้ (เอกสารดังแนบ)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา โทร. ๒๐๗๗, ๒๐๗๘, ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
ที่ ศธ ๖๖๒๘/ว ๕๑๖ **วันที่** ๖ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๙
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.ศราวิน เทพสถิตย์ภรณ์

ด้วย นางสาวบุญรัตน์ โง้วตระกูล รหัสประจำตัว ๕๕๘๑๐๐๐๙ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง "การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการลุกขึ้นยืน โดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง" ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร. เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย ในการนี้ วิทยาลัย วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยแก่นิสิตในครั้งนี้ (เอกสารดังแนบ)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

ที่ ศธ ๖๖๒๘/ ๐๓๕๓

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒๖ พฤษภาคม ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลบางทราย

สิ่งที่ส่งมาด้วย แผนกิจกรรมในการเก็บข้อมูลและใบสมัคร จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวบุญรัตน์ โง้วตระกูล รหัสประจำตัว ๕๕๘๑๐๐๐๙ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง “การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความสามารถในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ” ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในการนี้ ผู้วิจัยมีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้สูงอายุในเทศบาลตำบลบางทราย ที่สมัครใจเป็นกลุ่มตัวอย่างในการออกกำลังกาย ณ ห้องอเนกประสงค์ โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี สัปดาห์ละ ๓ วัน จำนวน ๔ สัปดาห์ ในระหว่างวันที่ ๔ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ ถึงวันที่ ๒๑ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๙

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๐๗๗-๘
โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
http ://www.rmcs.buu.ac.th

ที่ ศธ ๖๖๒๘/๐๑๗๐

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๗ มิถุนายน ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ขอใช้ยานพาหนะ

เรียน ผู้บังคับกองพันทหารปืนใหญ่ที่ ๒๑ รักษาพระองค์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ตารางการเดินทาง จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวบุญรัตน์ โง้วตระกูล รหัสประจำตัว ๕๕๘๑๐๐๐๙ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง "การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความสามารถในการลุกขึ้นยืน โดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง" ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.เสรี ชัดแช้ม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในการนี้ ผู้วิจัยมีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการขอใช้ยานพาหนะเป็นรถตู้ ๑๒ ที่นั่ง จำนวน ๑ คัน เพื่อรับ-ส่งอาสาสมัครผู้สูงอายุในค่ายนวมินทราชินี และในเขตเทศบาลตำบลบางทราย ที่สนใจเข้าร่วมงานวิจัยในครั้งนี้ โดยออกเดินทางจากค่ายนวมินทราชินี หรือโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบางทราย ไปยังวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง จำนวน ๘ ครั้ง ในวันที่ ๒-๓ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ วันที่ ๙-๑๐ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ วันที่ ๖-๗ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ และวันที่ ๑๓-๑๔ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๐๐ น.- ๑๗.๐๐ น.

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปาณี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๐๗๗-๘
โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ข-1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล

ข-2 แบบทดสอบสมรรถภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย

ข-3 แบบคัดกรองโรคซึมเศร้า

ข-4 แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือฉบับย่อ

ข-5 แบบสอบถามความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว

ข-6 แบบบันทึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

ข-7 แบบบันทึกความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง

ข-8 แบบบันทึกชีพจรและความดันโลหิตก่อนและหลังการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

ข-1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล (General information)

ชื่อ-นามสกุล .....วัน-เดือน-ปีเกิด.....
เบอร์โทรศัพท์.....

คำชี้แจง โปรดทำเรื่องหมาย (√) หน้าข้อความ และกรอกข้อมูลลงในช่องว่าง

1. ปัจจุบันท่านมีอายุ .....ปี (ถ้าเกิน 6 เดือน นับเพิ่มเป็น 1 ปี)
2. สถานภาพสมรส
   - ☐ โสด ☐ สมรส
   - ☐ หม้าย/หย่า/แยกกันอยู่
3. ท่านจบการศึกษาสูงสุดระดับใด
   - ☐ ไม่ได้เรียน ☐ ประถมศึกษา
   - ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น ☐ มัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า
   - ☐ อนุปริญญาหรือเทียบเท่า ☐ ปริญญาตรี หรือสูงกว่า
4. อาชีพปัจจุบันของท่าน คือ
   - ☐ ไม่ได้ประกอบอาชีพ ☐ รับจ้าง
   - ☐ ค้าขาย ☐ เกษตรกรรม
   - ☐ ข้าราชการบำนาญ ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....
5. น้ำหนักตัว.....กิโลกรัม ความสูง.....เซนติเมตร
   ดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI).....kg/m^2
6. ความถนัดในการใช้มือ .....
7. โรคประจำตัว
   - ☐ ไม่มี
   - ☐ มี (โปรดระบุ) .....
8. ในช่วงเวลา 1 ปีที่ผ่านมา ท่านเคยประสบเหตุการณ์เหล่านี้หรือไม่
   - ☐ เคยบาดเจ็บจากการหกล้ม
   - ☐ เคยผ่าตัดบริเวณกระดูกสันหลัง/ขา
   - ☐ เคยได้รับการกระทบกระเทือนหรือมีการบาดเจ็บที่สมอง
   - ☐ มีภาวะข้อเข่าเสื่อมที่รุนแรง
   - ☐ มีโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือดที่ไม่สามารถควบคุมอาการ

9. การมองเห็น
   - ☐ สายตาสั้น
   - ☐ สายตายาว
   - ☐ สายตาเอียง
   - ☐ เคยได้รับการผ่าตัดเกี่ยวกับตา (โปรดระบุ).....
10. การได้ยิน
   - ☐ ปกติ
   - ☐ ไม่ปกติ (โปรดระบุ) .....
11. การนอนหลับ
   - ☐ ปกติ
   - ☐ นอนไม่หลับ (โปรดระบุ) เฉลี่ยนอนวันละ.....ชั่วโมง
12. การออกกำลังกายในระยะ 6 เดือนที่ผ่านมา
   - ☐ ไม่ได้ออกกำลังกาย
   - ☐ ออกกำลังกาย (โปรดระบุวิธีการ) .....
13. ในกรณีที่ออกกำลังกาย ท่านออกกำลังกายบ่อยเพียงใด
   - ☐ ทุกวัน
   - ☐ 3-5 ครั้งต่อสัปดาห์
   - ☐ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์
14. ในกรณีที่ออกกำลังกาย ระยะเวลาในการออกกำลังกายแต่ละครั้งนานกี่นาที
   (โปรดระบุ) .....) นาที
15. ท่านมีปัญหาในการเปลี่ยนท่าทาง เช่น การลุกขึ้นนั่ง ยืน เดิน และขึ้น-ลงบันได หรือไม่
   - ☐ ไม่มี
   - ☐ มี (โปรดระบุ) .....
16. ท่านมีปัญหาในการนอนคว่ำ หรือไม่
   - ☐ ไม่มี
   - ☐ มี (โปรดระบุ) .....

ข-2 แบบทดสอบสมรรถภาพสมองเบื้องต้น ฉบับภาษาไทย (MMSE -Thai)

	บันทึกคำตอบไว้ทุกครั้ง (ทั้งคำตอบที่ถูกและผิด)	คะแนน
1. Orientation for time (5 คะแนน)		
(ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน)		
1.1 วันนี้ วันที่เท่าไร	.....	( )
1.2 วันนี้ วันอะไร	.....	( )
1.3 เดือนนี้ เดือนอะไร	.....	( )
1.4 ปีนี้ ปีอะไร	.....	( )
1.5 ฤดูนี้ ฤดูอะไร	.....	( )
2. Orientation for place (5 คะแนน)		
(ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน)		
2.1 สถานที่ตรงนี้เรียกว่าอะไร และบ้านเลขที่อะไร	.....	( )
2.2 ที่นี่หมู่บ้าน หรือ ละแวก/ย่าน/ถนนอะไร	.....	( )
2.3 ที่นี่อำเภอ/เขตอะไร	.....	( )
2.4 ที่นี่จังหวัดอะไร	.....	( )
2.5 ที่นี่ภาคอะไร	.....	( )
3. Registration (3 คะแนน)		
ต่อไปนี้เป็นการทดสอบความจำ ผม (ดิฉัน) จะบอกชื่อของ 3 อย่าง		
คุณ (ตา, ยาย...) ตั้งใจฟังให้ดีเพราะจะบอกเพียงครั้งเดียว		
ไม่มีการบอกซ้ำอีก เมื่อดิฉันพูดจบ ให้คุณ (ตา, ยาย...)		
พูดทบทวนตามที่ได้ยินให้ครบทั้ง 3 ชื่อ แล้วจำไว้ให้ดี		
เดี๋ยวดิฉันจะถามซ้ำ		
* การบอกชื่อแต่ละคำ ให้ห่างกันประมาณ 1 วินาที		
ต้องไม่ช้าหรือเร็วเกินไป		
(ตอบถูก 1 คำ ได้ 1 คะแนน)		
○ ดอกไม้ ○ แม่น้ำ ○ รถไฟ	.....	( )

	บันทึกคำตอบไว้ทุกครั้ง (ทั้งคำตอบที่ถูกและผิด)	คะแนน
4. Attention/Calculation (5 คะแนน) (ให้เลือกข้อใดข้อหนึ่ง)		
คุณ (ตา, ยาย...) คิดเลขในใจเป็นไหม? ถ้าตอบว่า **คิดเป็น**		
ทำข้อ 4.1 ถ้าตอบว่า **คิดไม่เป็นหรือไม่ตอบ** ให้ทำข้อ 4.2		
4.1 “ข้อนี้คิดในใจ เอา 100 ตั้ง ลบออกทีละ 7 ไปเรื่อย ๆ ได้ผลลัพธ์เท่าไร บอกมา” บันทึกคำตอบตัวเลขไว้ทุกครั้ง (ทั้งคำตอบถูกและคำตอบผิด) ทำทั้งหมด 5 ครั้ง ถ้าลบได้ 1, 2, หรือ 3 แล้วตอบไม่ได้ คิดคะแนนเท่าที่ได้ โดยไม่ต้องย้ายไปทำข้อ 4.2	.....	( )
4.2 “ผม (ดิฉัน) จะสะกดคำว่ามะนาว ให้ คุณ (ตา, ยาย) ฟัง แล้วให้คุณ (ตา, ยาย) สะกดถอยหลังจากพยัญชนะตัวหลังไปตัวแรก คำว่า มะนาว สะกดว่า มอม้า-สระอะ-นอหนู-สระอา-วอแหวน ให้คุณ (ตา, ยาย) สะกดถอยหลังให้ฟังซิ	..... ว า น ะ ม	( )
5. Recall (3 คะแนน)		
“เมื่อสักครู่ให้จำของ 3 อย่าง จำได้ไหม มีอะไรบ้าง” (ตอบถูก 1 คำ ได้ 1 คะแนน)		
○ ดอกไม้ ○ แม่น้ำ ○ รถไฟ	.....	( )
ในกรณีที่ทำแบบทสอบซ้ำภายใน 2 เดือนให้ใช้คำว่า		
○ ต้นไม้ ○ ทะเล ○ รถยนต์	.....	( )
6. Naming (2 คะแนน)		
6.1 ยื่นดินสอให้ผู้ถูกทดสอบดู แล้วถามว่า “ของสิ่งนี้เรียกว่าอะไร”	.....	( )
6.2 ชี้นาฬิกาข้อมือให้ผู้ถูกทดสอบดู แล้วถามว่า “ของสิ่งนี้เรียกว่าอะไร”	.....	( )
7. Repetition (1 คะแนน)		
(พูดตามได้ถูกต้องได้ 1 คะแนน)		
ตั้งใจฟังผม (ดิฉัน) เมื่อผม (ดิฉัน) พูดข้อความนี้แล้วให้คุณ (ตา, ยาย) พูดตามผม (ดิฉัน) จะบอกเพียงครั้งเดียว		
“ใคร ใคร่ ขาย ไก่ ไข่”	.....	( )

	บันทึกคำตอบไว้ทุกครั้ง (ทั้งคำตอบที่ถูกและผิด)	คะแนน

8. Verbal command (3 คะแนน)

ข้อนี้ฟังคำสั่ง “ฟังดี ๆ นะเดี๋ยวผม (ดิฉัน) จะส่งกระดาษให้แล้วคุณ (ตา, ยาย...) รับด้วยมือขวา พับครึ่งกระดาษ แล้ววางไว้ที่.....” (พื้น, โต๊ะ, เตียง)

ผู้ทดสอบแสดงกระดาษเปล่า ขนาดประมาณ เอ-4 ไม่มีรอยพับให้ผู้ถูกทดสอบ

○ พับด้วยมือขวา ○ พับครึ่ง ○ วาง

ไว้ที่ (พื้น, โต๊ะ, เตียง) .... ( )

9. Written command (1 คะแนน)

ต่อไปเป็นคำสั่งที่เขียนเป็นตัวหนังสือ ต้องการให้คุณ (ตา, ยาย...) อ่านแล้วทำตาม จะอ่านออกเสียงหรืออ่านในใจก็ได้

ผู้ทดสอบแสดงกระดาษที่เขียนว่า “หลับตา”

○ หลับตาได้..... ..... ( )

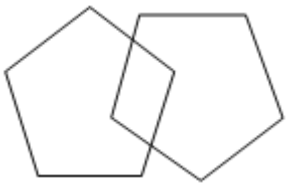
10. Writing (1 คะแนน)

ข้อนี้จะเป็นคำสั่งให้ “คุณ (ตา, ยาย...) เขียนข้อความอะไรก็ได้ที่อ่านแล้วรู้เรื่อง หรือ มีความหมาย 1 ประโยค”.....

○ ประโยคมีความหมาย..... ..... ( )

11. Visuoconstruction (1 คะแนน)

ข้อนี้เป็นคำสั่ง “จงวาดภาพให้เหมือนภาพตัวอย่าง” (ในช่องว่างด้านขวาของภาพตัวอย่าง) ..... ( )



คะแนนรวม.....

การแปลผลคะแนนแบบทดสอบสมรรถภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (MMSE -Thai)

ระดับการศึกษา	คะแนน		Sensitively	Specificity	Positive Predictive value	Negative Predictive value	Efficiency
	จุดตัด	เต็ม					
ไม่ได้เรียนหนังสือ (อ่านหนังสือไม่ออก)	≤ 14	23	35.4	76.8	64.5	50.0	54.3
จบประถมศึกษา	≤ 17	30	56.6	93.8	88.9	71.0	76.3
สูงกว่าประถมศึกษา	≤ 22	30	92.0	92.6	91.2	93.3	92.4

ข-3 แบบคัดกรองโรคซึมเศร้า

ชื่อ-นามสกุล.....

คำแนะนำ ผู้ทดสอบทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับคำตอบของผู้ถูกทดสอบ
(ถ้าไม่เข้าใจให้ถามซ้ำ ไม่ควรอธิบายหรือขยายความเพิ่มเติม)

คำถาม ช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่ามารวมวันนี้ ท่านมีอาการเหล่านี้บ่อยแค่ไหน	ไม่มีเลย	มีอาการ		
		บางวัน (< 7 วัน)	บ่อย (> 7 วัน)	ทุกวัน
1. เบื่อ ๆ ไม่สนใจอยากทำอะไร	0	1	2	3
2. ไม่สบาย ซึมเศร้า ท้อแท้	0	1	2	3
3. หลับยาก หรือหลับ ๆ ตื่น ๆ หรือหลับมากไป	0	1	2	3
4. เหนื่อยง่าย หรือ ไม่ค่อยมีแรง	0	1	2	3
5. เบื่ออาหาร หรือกินมากไป	0	1	2	3
6. รู้สึกไม่ดีกับตัวเอง คิดว่าตัวเองล้มเหลว หรือทำให้ตนเองหรือครอบครัวผิดหวัง	0	1	2	3
7. สมาธิไม่ดี เวลาทำอะไร เช่น ดูโทรทัศน์ ฟังวิทยุ หรือทำงานที่ต้องใช้ความตั้งใจ	0	1	2	3
8. พูดช้า ทำอะไรช้าลงจนคนอื่นสังเกตเห็นได้ หรือกระสับกระส่ายไม่สามารถอยู่นิ่งได้เหมือนที่เคยเป็น	0	1	2	3
9. คิดทำร้ายตัวเอง หรือคิดว่าตายไปคงจะดี	0	1	2	3
คะแนนรวม				

การแปลผล

< 7 คะแนน ไม่มีอาการโรคซึมเศร้าหรือมีอาการของโรคซึมเศร้าระดับน้อยมาก

7 – 12 คะแนน เป็นโรคซึมเศร้า ระดับน้อย

13 – 18 คะแนน เป็นโรคซึมเศร้า ระดับปานกลาง

≥ 19 คะแนน เป็นโรคซึมเศร้า ระดับรุนแรง

ข-4 แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือ ฉบับย่อ

(Edinburgh handedness inventory-short form)

ชื่อ-นามสกุล .....อายุ.....

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ลงในช่องที่ตรงกับการใช้มือของท่านในแต่ละกิจกรรม (√)

กิจกรรม	ใช้ข้างขวาทุกครั้ง	ส่วนมากใช้ข้างขวา	ใช้สองข้างเท่า ๆ กัน	ส่วนมากใช้ข้างซ้าย	ใช้ข้างซ้ายทุกครั้ง
ท่านใช้มือข้างใดเขียนหนังสือ					
ท่านใช้มือข้างใดโยนลูกบอล					
ท่านใช้มือข้างใดแปรงฟัน					
ท่านใช้มือข้างใดในการใช้ช้อนตักอาหาร					

การให้คะแนนรายข้อ: ใช้ข้างขวาทุกครั้ง = 100 ส่วนมากใช้ข้างขวา = 50 ใช้สองข้างเท่า ๆ กัน = 0 ส่วนมากใช้ข้างซ้าย = -50 ใช้ข้างซ้ายทุกครั้ง = -100

การคำนวณความถนัด ให้นำคะแนนทั้งหมดมารวมกันแล้วหารด้วย 4

ท่านใช้มือข้างใดเขียนหนังสือ ได้คะแนน .....
ท่านใช้มือข้างใดโยนลูกบอล ได้คะแนน .....
ท่านใช้มือข้างใดแปรงฟัน ได้คะแนน .....
ท่านใช้มือข้างใดในการใช้ช้อนตักอาหาร ได้คะแนน .....
คะแนนรวม.....
คะแนนรวม ÷4.....

การแปลผล

ความถนัด	คะแนน
ถนัดข้างซ้าย	-100 ถึง -61
ถนัดทั้งสองข้าง	-60 ถึง 60
ถนัดข้างขวา	61-100

ข-5 แบบสอบถามความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว ฉบับบภาษาไทย

(Thai Version of Movement Imagery Questionnaire – Revised: Thai-MIQ-R)

ชื่อ-นามสกุล.....อายุ.....

Thai Version of Movement Imagery Questionnaire - Revised (Thai-MIQ-R) ใช้สำหรับประเมินความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว โดยประเมินความสามารถในการจินตภาพทางการมองเห็น (Visual imagery) และจินตภาพทางคินนิสธีติก (Kinesthetic imagery) ประกอบด้วยคำถาม 8 ข้อ (จินตภาพทางการมองเห็น 4 ข้อ และจินตภาพทางคินนิสธีติก 4 ข้อ)

ขั้นตอนการประเมินความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว

1. ผู้ประเมินจะทำการสาธิตการเคลื่อนไหวร่างกายในแต่ละข้อ
2. ทำการประเมินจินตภาพทางการมองเห็น และจินตภาพทางคินนิสธีติก โดยไม่มีการเคลื่อนไหวจริง
3. ประเมินความยาก/ง่าย ในการจินตภาพทางการเคลื่อนไหวแต่ละข้อ โดยคะแนนน้อยหมายถึง การจินตภาพนั้นทำได้ยาก ส่วนคะแนนมากหมายถึง การจินตภาพนั้นทำได้อย่างง่ายดาย จากนั้นรวมคะแนนทั้งหมด โดยแบ่งเป็นจินตภาพทางการมองเห็น 4 ข้อ (ได้แก่ ข้อ 2, 4, 6 และ 8) และจินตภาพทางคินนิสธีติก 4 ข้อ (ได้แก่ ข้อ 1, 3, 5 และ 7) ซึ่งจะมีช่วงคะแนนตั้งแต่ 4-28

การให้คะแนน

Visual imagery scale และ Kinesthetic imagery scale

1	2	3	4	5	6	7
มองเห็นภาพหรือรู้สึกถึงการเคลื่อนไหว **ได้ยากมาก**	มองเห็นภาพหรือรู้สึกถึงการเคลื่อนไหว **ได้ยาก**	มองเห็นภาพหรือรู้สึกถึงการเคลื่อนไหว **ได้ค่อนข้างยาก**	มองเห็นภาพหรือรู้สึกถึงการเคลื่อนไหว **ได้อย่างปกติ**	มองเห็นภาพหรือรู้สึกถึงการเคลื่อนไหว **ได้ค่อนข้างง่าย**	มองเห็นภาพหรือรู้สึกถึงการเคลื่อนไหว **ได้อย่างง่าย**	มองเห็นภาพหรือรู้สึกถึงการเคลื่อนไหว **ได้อย่างง่ายดาย**

ข้อคำถามเพื่อทดสอบความสามารถในการจินตภาพการเคลื่อนไหว

1.

1.1 ท่าเริ่มต้น: ยืนเท้าชิดกัน แขนทั้งสองข้างวางข้างลำตัว

1.2 ปฏิบัติ: ยกเข่าข้างขวาขึ้นให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งในขณะนั้นคุณจะยืนอยู่บนขาข้างซ้าย (สามารถงอเข่าซ้ายได้) หลังจากนั้นค่อย ๆ ลดระดับเข่าข้างขวาลงเพื่อกลับมายืนในท่าเริ่มต้น

1.3 บททดสอบ: ให้สมมติว่าตนเองยืนอยู่ในท่าเริ่มต้น (ข้อ 1.1) พยายามให้**รู้สึก**ว่ากำลังปฏิบัติเหมือนข้อ 1.2 โดยไม่ได้เกิดการเคลื่อนไหวขึ้นจริง

จงให้คะแนนความยาก/ง่ายในการทำกิจกรรมทดสอบ

ระดับคะแนน

2.

2.1 ท่าเริ่มต้น: ยืนกางขาเล็กน้อย แขนทั้งสองข้างวางข้างลำตัว

2.2 ปฏิบัติ: ย่อตัวลงแล้วกระโดดขึ้นในแนวตรง (ขึ้นไป) ให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยแขนทั้งสองข้างเหยียดขึ้นเหนือศีรษะ จากนั้นลงสู่พื้นและลดระดับแขนลงด้านข้างลำตัว

2.3 บททดสอบ: ให้สมมติว่าตนเองยืนอยู่ในท่าเริ่มต้น (ข้อ 2.1) พยายามให้**เห็นภาพ**ว่ากำลังปฏิบัติเหมือนข้อ 2.2 โดยให้มีความชัดเจนของภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

จงให้คะแนนความยาก/ง่ายในการทำกิจกรรมทดสอบ

ระดับคะแนน

3.

3.1 ท่าเริ่มต้น: เหยียดแขนข้างที่ไม่ถนัดออกไปด้านข้างลำตัว จนกระทั่งแขนขนานกับพื้นดิน และคว่ำมือลง

3.2 ปฏิบัติ: เคลื่อนแขนมาด้านหน้าจนอยู่ด้านหน้าตรงกับลำตัว (แขนยังขนานพื้นดินอยู่) โดยให้แขนเหยียดตึงอยู่ตลอดเวลา และเคลื่อนไหวอย่างช้า ๆ

3.3 บททดสอบ: ให้สมมติว่าตนเองยืนอยู่ในท่าเริ่มต้น (ข้อ 3.1) พยายามให้**รู้สึก**ว่ากำลังปฏิบัติเหมือนข้อ 3.2 โดยไม่ได้เกิดการเคลื่อนไหวขึ้นจริง

จงให้คะแนนความยาก/ง่ายในการกิจกรรมททดสอบ

ระดับคะแนน

4.

4.1 <u>ท่าเริ่มต้น</u>: ยืนกางขาเล็กน้อย เหยียดแขนทั้งสองข้างขึ้นเหนือศีรษะ(เหยียดตึง)

4.2 <u>ปฏิบัติ</u>: งอตัวไปข้างหน้าอย่างช้า ๆ (งอตัวจากบริเวณเอว) และพยายามใช้นิ้วมือแตะที่หัวแม่เท้า (หรือแตะพื้น ถ้าทำได้) หลังจากนั้นกลับสู่ท่าเริ่มต้น (ยืดตรงแขนเหยียดขึ้นเหนือศีรษะ)

4.3 <u>บททดสอบ</u>: ให้สมมติว่าตนเองยืนอยู่ในท่าเริ่มต้น (ข้อ 4.1) พยายามให้**<u>เห็นภาพ</u>**ว่ากำลังปฏิบัติเหมือนข้อ 4.2 โดยให้มีความชัดเจนของภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

จงให้คะแนนความยาก/ง่ายในการทำกิจกรรมทดสอบ

ระดับคะแนน

5.

5.1 <u>ท่าเริ่มต้น</u>: ยืนกางขาเล็กน้อย แขนทั้งสองข้างวางข้างลำตัว

5.2 <u>ปฏิบัติ</u>: ย่อตัวลงแล้วกระโดดขึ้นในแนวตรง (ขึ้นไป) ให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยแขนทั้งสองข้างเหยียดขึ้นเหนือศีรษะ จากนั้นลงสู่พื้นและลดระดับแขนลงด้านข้างลำตัว

5.3 <u>บททดสอบ</u>: ให้สมมติว่าตนเองยืนอยู่ในท่าเริ่มต้น (ข้อ 5.1) พยายามให้**<u>รู้สึก</u>**ว่ากำลังปฏิบัติเหมือนข้อ 5.2 โดยไม่ได้เกิดการเคลื่อนไหวขึ้นจริง

จงให้คะแนนความยาก/ง่ายในการทำกิจกรรมทดสอบ

ระดับคะแนน

6.

6.1 <u>ท่าเริ่มต้น</u>: ยืนเท้าชิดกัน แขนทั้งสองข้างวางข้างลำตัว

6.2 <u>ปฏิบัติ</u>: ยกเข่าข้างขวาขึ้นให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งในขณะนั้นคุณจะยืนอยู่บนขาข้างซ้าย (สามารถงอเข่าซ้ายได้) หลังจากนั้นค่อย ๆ ลดระดับเข่าข้างขวาลงเพื่อกลับมายืนในท่าเริ่มต้น

6.3 <u>บททดสอบ</u>: ให้สมมติว่าตนเองยืนอยู่ในท่าเริ่มต้น (ข้อ 6.1) พยายามให้**<u>เห็นภาพ</u>**ว่ากำลังปฏิบัติเหมือนข้อ 6.2 โดยให้มีความชัดเจนของภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

จงให้คะแนนความยาก/ง่ายในการทำกิจกรรมทดสอบ

ระดับคะแนน

7.

7.1 <u>ท่าเริ่มต้น</u>: ยืนกางขาเล็กน้อย เหยียดแขนทั้งสองข้างขึ้นเหนือศีรษะ (เหยียดตึง)

7.2 <u>ปฏิบัติ</u>: งอตัวไปข้างหน้าอย่างช้า ๆ (งอตัวจากบริเวณเอว) และพยายามใช้นิ้วมือแตะที่หัวแม่เท้า (หรือแตะพื้น ถ้าทำได้) หลังจากนั้นกลับสู่ท่าเริ่มต้น (ยืดตรงแขนเหยียดขึ้นเหนือศีรษะ)

7.3 <u>บททดสอบ</u>: ให้สมมติว่าตนเองยืนอยู่ในท่าเริ่มต้น (ข้อ 7.1) พยายามให้**<u>รู้สึก</u>**ว่ากำลังปฏิบัติเหมือนข้อ 7.2 โดยไม่ได้เกิดการเคลื่อนไหวขึ้นจริง

จงให้คะแนนความยาก/ง่ายในการทำกิจกรรมทดสอบ

ระดับคะแนน

8.

8.1 <u>ท่าเริ่มต้น</u>: เหยียดแขนข้างที่ไม่ถนัดออกไปด้านข้างลำตัว จนกระทั่งแขนขนานกับพื้นดิน และคว่ำมือลง

8.2 <u>ปฏิบัติ</u>: เคลื่อนแขนมาด้านหน้าจนอยู่ด้านหน้าตรงกับลำตัว (แขนยังขนานพื้นดินอยู่) โดยให้แขนเหยียดตึงอยู่ตลอดเวลา และเคลื่อนไหวอย่างช้า ๆ

8.3 <u>บททดสอบ</u>: ให้สมมติว่าตนเองยืนอยู่ในท่าเริ่มต้น (ข้อ 8.1) พยายามให้**<u>เห็นภาพ</u>**ว่ากำลังปฏิบัติเหมือนข้อ 8.2 โดยให้มีความชัดเจนของภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

จงให้คะแนนความยาก/ง่ายในการทำกิจกรรมทดสอบ

ระดับคะแนน

ข-6 แบบบันทึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

ชื่อ-นามสกุล .....อายุ.....

ผู้ทดสอบ.....

วิธีการ ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงต้าน โดยการทำ Maximum Isometric Contraction ค้างไว้ 5 วินาที พัก 15 วินาทีต่อมัด ทำการทดสอบ 2 ครั้งต่อมัด หาค่าเฉลี่ย (นิวตัน)

ลำดับ	กล้ามเนื้อ	ก่อนการทดลอง/หลังการทดลอง วันที่.....					
		ข้างขวา			ข้างซ้าย		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย (N)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย (N)
1	Hip flexors (นั่ง)						
2	Knee extensors (นั่ง)						
3	Ankle DF (นอนหงาย)						
4	Ankle PF (นอนหงาย)						
5	Hip extensors (นอนคว่ำ)						
6	Knee flexors (นอนคว่ำ)						

บันทึกเพิ่มเติม เช่น ต้องปรับท่าในการวัด หรือไม่สามารถวัดได้ เนื่องจากสาเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข-7 แบบบันทึกความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ด้วยการทดสอบ FTSST

ชื่อ-นามสกุล .....อายุ.....

ผู้ทดสอบ.....

วิธีการทดสอบ

1. อธิบายให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจวิธีการทดสอบ และทดลองทำ
2. เริ่มทดสอบการลุกขึ้นยืนจริง 2 รอบ หาค่าเฉลี่ย (วินาที)

การทดสอบ	ก่อนการทดลอง/หลังการทดลอง วันที่.....		
	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ค่าเฉลี่ย (วินาที)
ความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง			

บันทึกเพิ่มเติม เช่น กรณีมีอาการเซ มีอาการปวด หรือเหนื่อยผิดปกติ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข-8 แบบบันทึกชีพจรและความดันโลหิตก่อนและหลังการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

ลำดับการวัด	ชื่อ – นามสกุล	ก่อนการทดลอง/หลังการทดลอง วันที่.....				บันทึก
		ก่อนวัดคลื่น		หลังวัดคลื่น		
		BP มม.ปรอท (140-160/90)	HR ครั้ง/นาที (60-100)	BP หลัง มม.ปรอท (140-160/90)	HR ครั้ง/นาที (60-100)	

ภาคผนวก ค

คู่มือโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย

(Manual of a Motor Imagery Control Combined with Exercise Program)

คำนำ

ข้อมูลจากการสำรวจประชากรสูงอายุของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2557 ปรากฏว่าประเทศไทยมีผู้สูงอายุร้อยละ 14.9 และคาดว่าภายในปี พ.ศ. 2567-2568 ประเทศไทยจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ ซึ่งความเสื่อมตามวัยของผู้สูงอายุส่งผลต่อภาวะที่ต้องพึ่งพาผู้อื่น มวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงในคนทั่วไปจะเริ่มลดลงร้อยละ 1-1.5 ต่อปี เมื่ออายุ 50 ปีขึ้นไป และเมื่ออายุ 65 ปีขึ้นไป จะลดลงเป็นร้อยละ 3 ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะลดลงเร็วกว่ามวลกล้ามเนื้อ 2-5 เท่า ทั้งนี้กล้ามเนื้อขาที่อ่อนแรงมีความสำคัญทางคลินิก และบ่งบอกถึงความเสี่ยงต่อการล้ม ผลกระทบจากการที่กล้ามเนื้อขาอ่อนแรง ทำให้ผู้สูงอายุต้องพึ่งพาผู้อื่นในการทำกิจวัตรประจำวัน มีอุปสรรคในการเข้าสังคมและร่วมกิจกรรม ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ

การพัฒนาโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ เพื่อเป็นทางเลือกในการออกกำลังกาย โดยใช้วิธีการออกกำลังกายร่วมกับกระบวนการทางปัญญา

โปรแกรมนี้ครอบคลุมการทำงานของสมอง และร่างกายทั้งจากระดับบนลงล่าง (Top-down process) และระดับล่างขึ้นบน (Bottom-up process) จะช่วยทำให้เกิดการทำงานของสมองในการส่งคำสั่งไปยังไขสันหลัง และเพิ่มกระแสประสาทจากไขสันหลังสู่กล้ามเนื้อกลุ่มเป้าหมาย เกิดการปรับตัวของระบบประสาท (Neural adaptation) ปรับกระบวนการยืดหยุ่นของสมอง (Brain plasticity process) และเพิ่มสารให้พลังงานสูงแก่เซลล์ (Adenosine triphosphate: ATP) ทำให้เกิดการพัฒนาการวางแผนการเคลื่อนไหวและเพิ่มการทำงานของแอลฟามอเตอร์นิวรอน (α-motor neuron) เกิดการระดมพลของมอเตอร์ยูนิต ส่งผลให้มีการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการเคลื่อนไหว

คู่มือนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางและใช้ประกอบการฝึกโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ

การฝึกปฏิบัติตามโปรแกรมนี้ มีการกำหนดความหนักของแรงต้านในการออกกำลังกายเป็นรายบุคคล ในการปฏิบัติสามารถนำไปปรับได้ตามความเหมาะสมและสถานการณ์

บุญรัตน์ โง้วตระกูล

พฤษภาคม 2559

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1 คำชี้แจงการใช้โปรแกรม	231
2 กลุ่มเป้าหมาย	231
3 การเตรียมสถานที่และอุปกรณ์	231
4 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม	232
5 โปรแกรมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย	235
6 เอกสารอ้างอิง	250

คำชี้แจง

โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายนี้ ได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความเร็วในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุ ผู้ใช้คู่มือควรปฏิบัติโปรแกรม ดังต่อไปนี้

โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายฉบับนี้ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ กำหนดเวลา อุปกรณ์ ขั้นตอน และการประเมินผลในการออกกำลังกาย ผู้บริหารโปรแกรมควรศึกษาวิธีการกำหนดแรงต้านในการออกกำลังกายสำหรับผู้ฝึกรายบุคคล เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การนำโปรแกรมไปปฏิบัติจริง สามารถปรับใช้ด้วยความระมัดระวังในการให้แรงต้าน ทั้งนี้ควรเริ่มจากการให้แรงต้านด้วยน้ำหนักขนาดน้อยที่สุด แล้วค่อย ๆ เพิ่มน้ำหนักมากขึ้นตามความสามารถรายบุคคล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย ของการใช้โปรแกรมนี้ ได้แก่ ผู้สูงอายุ ที่มีอายุระหว่าง 60-74 ปี มีสุขภาพดี ไม่ต้องใช้เครื่องช่วยเดิน ไม่มีโรคทางระบบประสาท โรคทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่รุนแรง หรือโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือดที่ไม่สามารถควบคุมได้

การเตรียมสถานที่และอุปกรณ์

1) เตียงออกกำลังกาย
2) เก้าอี้ที่มีพนักพิง
3) ถุงทรายขนาด 0.5 - 3 กิโลกรัม
4) ผ้าขนหนู
5) เครื่องเล่นวีดิทัศน์พร้อมจอแสดงภาพ
6) สื่อวีดิทัศน์

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

ขั้นตอนที่ 1 ประเมินน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (One-Repetition Maximum: 1RM)

วิธีการคำนวณน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง ใช้วิธีการคำนวณตามสูตรของ Brzycki (1993) 1RM เท่ากับ 100*Load rep/ (102.78 - 2.78*Rep) โดยที่ Load rep หมายถึง น้ำหนักที่ยกได้ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และ Rep คือจำนวนครั้งที่ยกน้ำหนักได้ ค่าความสัมพันธ์ของค่า 1 RM ที่ได้จากการคำนวณและการทดสอบจริง มีความเที่ยง (r) = 0.99 (Nascimento et al., 2007)

การทดสอบ 1RM ควรทดสอบในวันแรกก่อนเริ่มใช้โปรแกรมการออกกำลังกาย จากนั้นทำการวางแผนการออกกำลังกายรายบุคคล สำหรับกล้ามเนื้อ 6 กลุ่ม ดังนี้

1) กล้ามเนื้องอข้อสะโพก (Hip flexor muscles)

2) กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก (Hip extensor muscles)

3) กล้ามเนื้องอข้อเข่า (Knee flexor muscles)

4) กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (Knee extensor muscles)

5) กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsiflexor muscles)

6) กล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง (Ankle plantar flexor muscles)

ตัวอย่าง วิธีการคำนวณแรงต้าน 1RM

สมมติ ในการเหยียดข้อเข่า ทดสอบโดยการให้แรงต้านด้วยน้ำหนัก 5 กิโลกรัม สามารถเหยียดข้อเข่าได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว จำนวน 6 ครั้ง คำนวณดังนี้

1RM = 100*Load rep/(102.78 - 2.78*rep)

1RM = 100* 5/(102.78 – 2.78*6)

1RM = 5.81 กิโลกรัม

แสดงว่า น้ำหนักสูงสุดที่สามารถเหยียดข้อเข่าได้ 1 ครั้ง หรือ 1RM คือ 5.81 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 2 วางแผนการออกกำลังกาย ในสัปดาห์ที่ 1-2 โดยใช้แรงต้านร้อยละ 40 ของ 1RM ร้อยละ 40 ของ 1RM = 2.32 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 3 ทำการวัด 1RM ซ้ำอีกครั้งในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่สอง เพื่อวางแผนการออกกำลังกายในสัปดาห์ที่ 3-4 โดยให้แรงต้านร้อยละ 50 ของ 1RM เช่น วัด 1RM ซ้ำอีกครั้งในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่สอง ได้ 6 กิโลกรัม ดังนั้นร้อยละ 50 ของ 1RM = 3.00 กิโลกรัม

หมายเหตุ: ในการปรับขนาดของน้ำหนัก ยึดหลักการคำนวณดังนี้

ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.25 ไม่ปรับน้ำหนัก

ถ้าคำนวณได้ 0.26 - 0.74 ปรับเป็น 0.5 กิโลกรัม

ถ้าคำนวณได้ 0.75 – 0.99 ปรับเป็น 1 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 4 ผู้แนะนำการใช้โปรแกรมจัดทำแผนการออกกำลังกายรายบุคคลและบันทึกลงในตาราง

กล้ามเนื้อ	แรงสูงสุดก่อนเริ่มโปรแกรม (1RM-Pre) (Kg)	น้ำหนักในการออกกำลังกาย สัปดาห์ ที่ 1-2 (40%1RM) (Kg)	แรงสูงสุดวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่สอง (1RM-Bet) (Kg)	น้ำหนักในการออกกำลังกาย สัปดาห์ที่ 3-4 (50%1RM) (Kg)
1. กล้ามเนื้องอข้อสะโพก				
2. กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก				
3. กล้ามเนื้องอข้อเข่า				
4. กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า				
5. กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น				
6. กล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง (ใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน)				

ขั้นตอนที่ 5 การใช้โปรแกรมสามารถปฏิบัติแบบเดี่ยวหรือแบบกลุ่ม หากปฏิบัติเป็นกลุ่ม ไม่ควรเกินกลุ่มละ 8-10 คน

สื่อวีดิทัศน์มีความยาวประมาณ 50 นาที ประกอบด้วยการออกกำลังกายประมาณ 40 นาที คำชี้แจง การเปลี่ยนท่าออกกำลังกาย การใส่ถุงทราย และเวลาพักในระหว่างการออกกำลังกาย ประมาณ 10 นาที รายละเอียดมีดังนี้

1. ส่วนนำ แสดงสาระสำคัญ และวัตถุประสงค์ของโปรแกรม 1 นาที
2. ภาพรวมขององค์ประกอบโปรแกรม 1 นาที
3. คำแนะนำในการใช้โปรแกรม 1 นาที
4. การเปลี่ยนท่า และพักในระหว่างการออกกำลังกาย 7 นาที
5. การปฏิบัติตามโปรแกรมอย่างต่อเนื่อง 14 ท่า ประมาณ 40 นาที

ท่าที่ 1 การหายใจแบบลึกก่อนฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว

ท่าที่ 2 การหมุนภาพในใจ

ท่าที่ 3 การจินตภาพการลุกขึ้นยืน

ท่าที่ 4 การอบอุ่นร่างกาย โดยการยืดกล้ามเนื้อขาและข้อเท้า

ท่าที่ 5 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก

ท่าที่ 6 การออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อเข่า

ท่าที่ 7 การออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อสะโพก

ท่าที่ 8 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า

ท่าที่ 9 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น

ท่าที่ 10 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง

ท่าที่ 11 การคลายอุ่นด้วยการยืดกล้ามเนื้อคอ แขน และลำตัว

ท่าที่ 12 การยืดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว

ท่าที่ 13 การหายใจแบบลึกหลังออกกำลังกาย ปฏิบัติเช่นเดียวกับท่าที่ 1

ท่าที่ 14 การทวนซ้ำจินตภาพการลุกขึ้นยืนหลังออกกำลังกาย ปฏิบัติเช่นเดียวกับท่าที่ 3

ระยะเวลาในการฝึกตามโปรแกรม

ฝึกตามโปรแกรม สัปดาห์ละ 3 วัน ต่อเนื่องเป็นเวลาอย่างน้อย 4 สัปดาห์

การประเมินผล

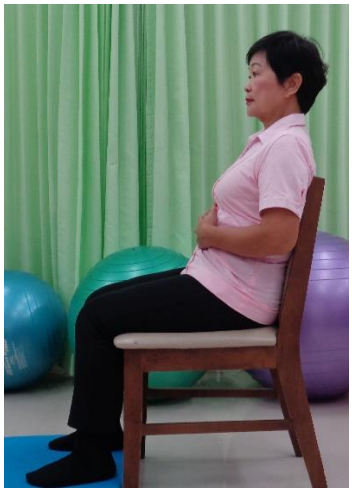
โดยการสังเกตความถูกต้องในการปฏิบัติ และความชัดเจนในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน

รายละเอียดของโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย
มีทั้งหมด 14 ท่า ดังนี้

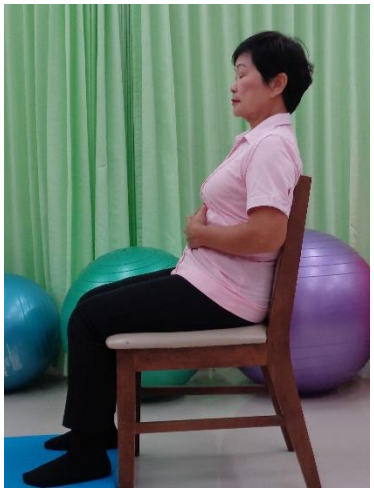
ท่าที่ 1 การหายใจแบบลึกก่อนฝึกจินตภาพการเคลื่อนไหว

ท่าเริ่มต้น นั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง เท้าวางราบกับพื้น
วิธีปฏิบัติ วางมือทั้งสองข้างบนหน้าท้อง ผ่อนคลายบ่าและไหล่ หลับตาลง หายใจเข้าทางจมูกอย่างช้า ๆ ค้างไว้ ความรู้สึกของมือที่วางบนหน้าท้อง รู้สึกว่าหน้าท้องพองออก แล้วค่อย ๆ ผ่อนลมหายใจออกทางจมูกอย่างช้า ๆ ความรู้สึกของมือที่วางบนหน้าท้อง จะรู้สึกว่าหน้าท้องแฟบลง หายใจเข้าค้างไว้ 4 วินาที นับ 1 2 3 4 ค่อย ๆ ผ่อนลมหายใจออก 6 วินาที นับ 1 2 3 4 5 6
จำนวนครั้ง หายใจเข้าและออก 1 ครั้ง คือ 1 รอบ ทำซ้ำ 6 รอบ
การประเมินผล ความถูกต้องของการหายใจแบบลึก

ท่าเริ่มต้น



วิธีปฏิบัติ



ท่าที่ 2 การหมุนภาพในใจ (Mental rotation)

ท่าเริ่มต้น นั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง มีรูปภาพแสดงบนจอภาพ

วิธีปฏิบัติ มองรูปภาพที่แสดงบนจอภาพ แล้วนึกภาพในใจ ว่ารูปภาพที่ปรากฏเป็นส่วนของร่างกายข้างซ้าย หรือข้างขวา แล้วตอบลงในกระดาษคำตอบ ให้เวลามองรูปภาพ ๆ ละ 20 วินาที
(การฝึกปฏิบัติ ให้สุ่มจากวิดีทัศน์ 3 ชุด ที่มีภาพแตกต่างกัน เพื่อป้องกันการใช้ความจำ)

จำนวนครั้ง มีรูปภาพทั้งหมด 5 รูป

การประเมินผล ความถูกต้องของจำนวนข้อที่ตอบถูก

วิธีปฏิบัติ

ท่าที่ 3 การจินตภาพการลุกขึ้นยืน มีการฝึก 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนแรก เป็นการสังเกตวิธีการลุกขึ้นยืนอย่างถูกวิธี เพื่อให้เข้าใจวิธีการในการควบคุมจินตภาพการลุกขึ้นยืน 4 ระยะ

ท่าเริ่มต้น นั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง เลื่อนสะโพกมาที่กลางเก้าอี้ เพื่อเตรียมพร้อมในการลุกขึ้นยืน เท้าทั้งสองข้างวางราบกับพื้น เลื่อนส้นเท้าให้อยู่ในแนวหลังต่อแนวข้อเข่าเล็กน้อย

วิธีปฏิบัติ ให้สังเกตภาพการลุกขึ้นยืนที่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็น 4 ระยะดังนี้

ระยะที่หนึ่ง งอข้อสะโพก โดยที่ลำตัวตรง

ระยะที่สอง ถ่ายน้ำหนักลงที่เท้าทั้งสองข้าง กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าจะทำงาน และเริ่มยกข้อสะโพกขึ้น

ระยะที่สาม เหยียดข้อเข่าและข้อสะโพก

ระยะที่สี่ ยืนทรงตัวอย่างมั่นคง แล้วนั่งลง

ทดลองลุกขึ้นยืนพร้อมกับจินตภาพการเคลื่อนไหวร่างกายในแต่ละระยะ

1 หมายถึง ให้รู้สึกถึงการงอข้อสะโพก โดยที่ลำตัวตรง

2 หมายถึง ให้รู้สึกถึงการถ่ายน้ำหนักลงที่เท้าทั้งสองข้างและเริ่มยกข้อสะโพกขึ้น

3 หมายถึง ให้รู้สึกถึงการเหยียดข้อเข่าและข้อสะโพก

4 หมายถึง ให้รู้สึกถึงการยืนตรงอย่างมั่นคง

ทดลองทำอีก 1 ครั้ง จินตภาพความรู้สึกในใจให้ชัดเจนพร้อมกับจังหวะในการลุกขึ้นยืน ตามที่กำหนด 1 2 3 4 นั่งลง

ขั้นตอนที่สอง วิธีการจินตภาพการลุกขึ้นยืน

ท่าเริ่มต้น นั่งพิงพนักเก้าอี้ ผ่อนคลาย

วิธีปฏิบัติ หลับตาลงช้า ๆ เพื่อจินตภาพความรู้สึกตามจังหวะในการลุกขึ้นยืนที่ฝึกข้างต้น โดยไม่ต้องลุกขึ้นยืนจริง

จำนวนครั้ง ทำ 5 ครั้ง

การประเมินผล ความถูกต้องในการปฏิบัติ

ท่าเริ่มต้น **วิธีปฏิบัติ**

1 2 3 4

ท่าที่ 4 การอบอุ่นร่างกาย โดยการยืดกล้ามเนื้อขาและข้อเท้า

ท่าเริ่มต้น นอนหงายบนเตียง

วิธีปฏิบัติ ยกขาข้างซ้ายขึ้น ใช้ผ้าคล้องปลายเท้าข้างซ้าย ดึงผ้าด้วยมือทั้งสองข้างเข้าหาลำตัว จะรู้สึกตึงที่ด้านหลังข้อเข่าและน่อง ทำค้างไว้ 15 วินาที ค่อย ๆ คลายผ้าออก สลับมายืดกล้ามเนื้อขาข้างขวา นับเป็น 1 ครั้ง

จำนวนครั้ง ทำการยืดกล้ามเนื้อ 5 ครั้ง

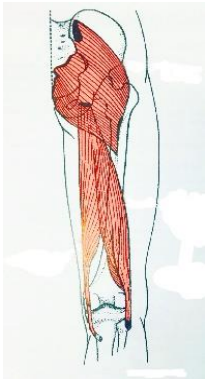
การประเมินผล ความถูกต้องในการปฏิบัติ

ท่าเริ่มต้น

วิธีปฏิบัติ

ท่าที่ 5 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก

(ให้สังเกตภาพและรู้สึกถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย)



ท่าเริ่มต้น นอนคว่ำบนเตียง วางมือราบกับเบาะในระดับเดียวกับไหล่ทั้งสองข้าง หันศีรษะไปด้านซ้าย ใส่ถุงทรายบริเวณเหนือข้อเข่าข้างซ้าย ตามน้ำหนักที่กำหนด งอเข่าซ้ายประมาณ 90 องศา ค้างไว้

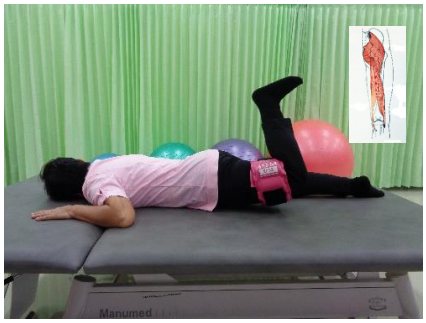
วิธีปฏิบัติ ยกขาท่อนบนหรือเหยียดข้อสะโพกขึ้น ประมาณ 20 องศา แล้วค่อย ๆ วางขาลง

จำนวนครั้ง ทำการเหยียดข้อสะโพก 10 ครั้ง สลับมาทำข้างขวา 10 ครั้ง

การประเมินผล ความถูกต้องในการปฏิบัติ

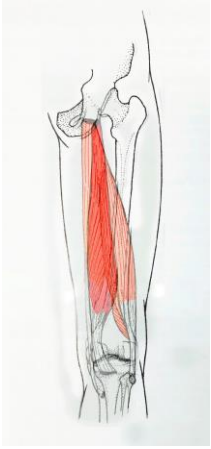
ท่าเริ่มต้น

วิธีปฏิบัติ



ท่าที่ 6 การออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อเข่า

(ให้สังเกตภาพและรู้สึกถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย)



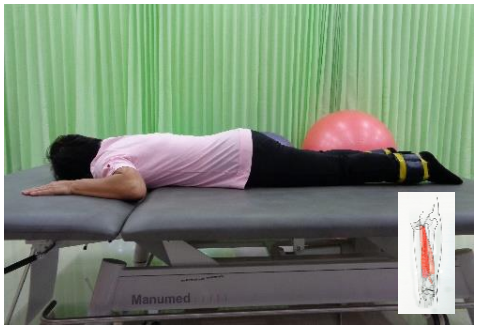
ท่าเริ่มต้น นอนคว่ำบนเตียง วางมือราบกับเบาะในระดับเดียวกับไหล่ทั้งสองข้าง หันศีรษะไปด้านขวา

วิธีปฏิบัติ ใส่ถุงทรายบริเวณข้อเท้า ตามน้ำหนักที่กำหนด ค่อย ๆ งอเข่าข้างซ้ายเข้ามาชิดข้อสะโพก ข้อเข่าจะงอประมาณ 135 องศา แล้วค่อย ๆ เหยียดขากลับที่เดิม

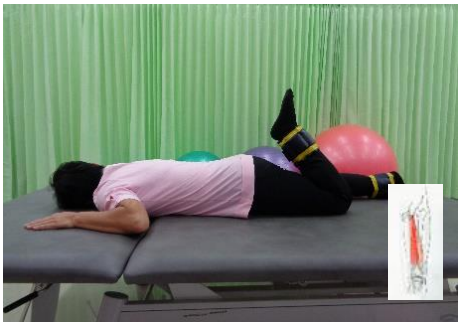
จำนวนครั้ง ทำการงอข้อเข่า 10 ครั้ง สลับมาทำข้างขวา 10 ครั้ง

การประเมินผล ความถูกต้องในการปฏิบัติ

ท่าเริ่มต้น

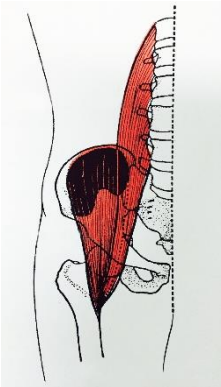


วิธีปฏิบัติ



ท่าที่ 7 การออกกำลังกายกล้ามเนื้องอข้อสะโพก

(ให้สังเกตภาพและรู้สึกถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย)



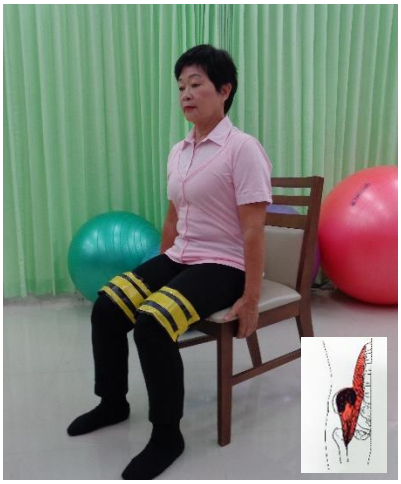
ท่าเริ่มต้น นั่งเก้าอี้ ลำตัวตรง เท้าวางราบกับพื้น ใช้มือจับขอบเก้าอี้ถ้ารู้สึกไม่มั่นคง ใส่ถุงทรายบริเวณเหนือข้อเข่าข้างซ้าย ตามน้ำหนักที่กำหนด

วิธีปฏิบัติ งอข้อสะโพกเข้ามาชิดหน้าอก ข้อสะโพกจะงอประมาณ 120 องศา แล้วค่อย ๆ วางขาลงที่เดิม

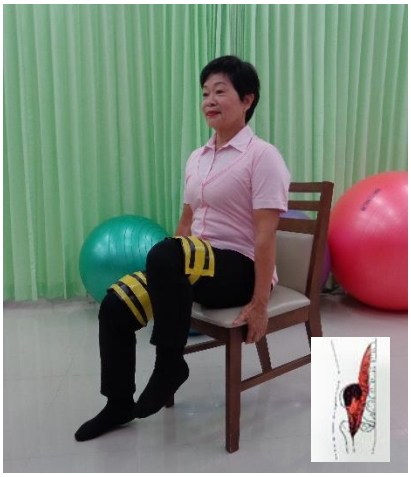
จำนวนครั้ง ทำการงอข้อสะโพก 10 ครั้ง สลับมาทำข้างขวา 10 ครั้ง

การประเมินผล ความถูกต้องในการปฏิบัติ

ท่าเริ่มต้น

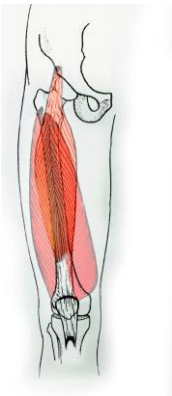


วิธีปฏิบัติ



ท่าที่ 8 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า

(ให้สังเกตภาพและรู้สึกถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย)



ท่าเริ่มต้น นั่งเก้าอี้ ลำตัวตรง เท้าวางราบกับพื้น ใช้มือจับขอบเก้าอี้ถ้ารู้สึกไม่มั่นคง ใส่ถุงทรายบริเวณเหนือข้อเท้าด้านซ้าย ตามน้ำหนักที่กำหนด

วิธีปฏิบัติ ค่อย ๆ เหยียดเข่าตรง แล้วค่อย ๆ วางลง

จำนวนครั้ง ทำการเหยียดข้อเข่า 10 ครั้ง สลับมาทำข้างขวา 10 ครั้ง

การประเมินผล ความถูกต้องในการปฏิบัติ

ท่าเริ่มต้น

วิธีปฏิบัติ

ท่าที่ 9 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น

(ให้สังเกตภาพและรู้สึกถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย)

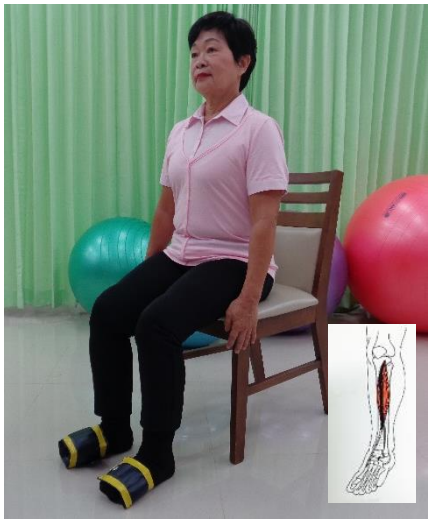
ท่าเริ่มต้น นั่งเก้าอี้ ลำตัวตรง เท้าวางราบกับพื้น ใส่ถุงทรายบริเวณปลายเท้าด้านซ้าย ตามน้ำหนักที่กำหนด

วิธีปฏิบัติ ค่อย ๆ กระดกข้อเท้าขึ้น ทำมุมประมาณ 20 องศา แล้วค่อย ๆ วางลง

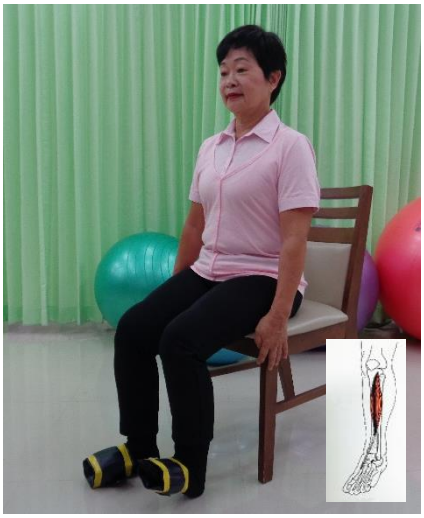
จำนวนครั้ง ทำการกระดกข้อเท้าขึ้น 10 ครั้ง สลับมาทำข้างขวา 10 ครั้ง

การประเมินผล ความถูกต้องในการปฏิบัติ

ท่าเริ่มต้น

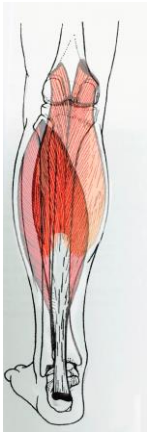


วิธีปฏิบัติ



ท่าที่ 10 การออกกำลังกายกล้ามเนื้อกดปลายเท้าลง

(ให้สังเกตภาพและรู้สึกถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย)



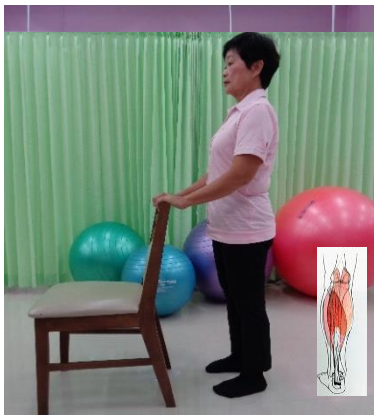
ท่าเริ่มต้น ยืนตัวตรง มือทั้งสองข้างจับพนักเก้าอี้

วิธีปฏิบัติ งอเข่าข้างขวา เขย่งปลายเท้าข้างซ้ายให้ส้นเท้าลอยพ้นพื้น ประมาณ 45 องศา แล้ววางเท้าลงที่เดิม

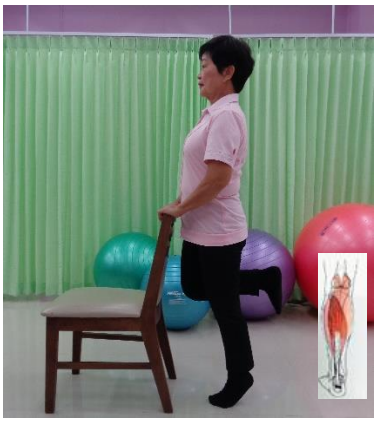
จำนวนครั้ง ทำการเขย่งปลายเท้า 10 ครั้ง สลับมาทำขาข้างขวา

การประเมินผล ความถูกต้องในการปฏิบัติ

ท่าเริ่มต้น



วิธีปฏิบัติ



ท่าที่ 11 การยืดกล้ามเนื้อคอ แขน และลำตัว

ท่าเริ่มต้น นั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง ลำตัวตรง มือทั้งสองข้างวางประสานที่ท้ายทอย
วิธีปฏิบัติ ค่อย ๆ เอียงศีรษะและลำตัวไปทางซ้าย จะรู้สึกตึงที่กล้ามเนื้อคอ แขนและลำตัวข้างขวา ค้างไว้ 15 วินาที ค่อย ๆ ยกศีรษะและลำตัวกลับมาอยู่ในแนวตรง สลับมายืดกล้ามเนื้อข้างซ้าย
จำนวนครั้ง ทำการยืดกล้ามเนื้อ 5 ครั้ง
การประเมินผล ความถูกต้องในการปฏิบัติ

ท่าเริ่มต้น

วิธีปฏิบัติ

ท่าที่ 12 การยืดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว

ท่าเริ่มต้น นั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง ลำตัวตรง มือทั้งสองข้างวางบนข้อสะโพก
วิธีปฏิบัติ ค่อย ๆ หันหน้าและลำตัวไปทางซ้าย จะรู้สึกตึงที่กล้ามเนื้อลำตัวทางข้างขวา ค้างไว้ 15 วินาที ค่อย ๆ หันกลับมาอยู่ในแนวตรง สลับมายืดกล้ามเนื้อข้างซ้าย
จำนวนครั้ง ทำการยืดกล้ามเนื้อ 5 ครั้ง
การประเมินผล ความถูกต้องในการปฏิบัติ

ท่าเริ่มต้น

วิธีปฏิบัติ

ท่าที่ 13 การหายใจแบบลึกหลังออกกำลังกาย

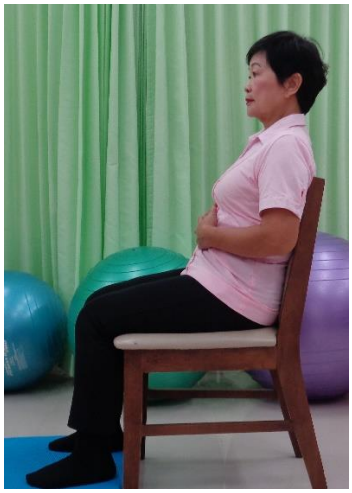
ท่าเริ่มต้น นั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง เท้าวางราบกับพื้น

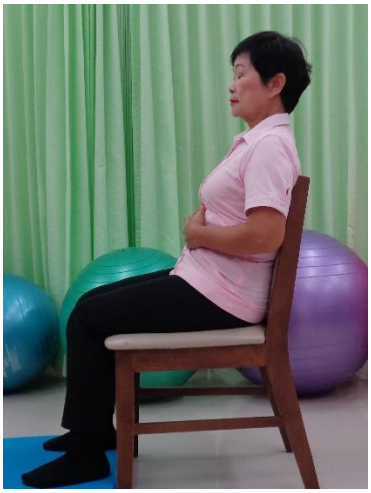
วิธีปฏิบัติ วางมือทั้งสองข้างบนหน้าท้อง ผ่อนคลายบ่าและไหล่ หลับตาลง หายใจเข้าทางจมูกอย่างช้า ๆ ค้างไว้ ความรู้สึกของมือที่วางบนหน้าท้อง รู้สึกว่าหน้าท้องพองออก แล้วค่อย ๆ ผ่อนลมหายใจออกทางจมูกอย่างช้า ๆ ความรู้สึกของมือที่วางบนหน้าท้อง จะรู้สึกว่าหน้าท้องแฟบลง หายใจเข้าค้างไว้ 4 วินาที นับ 1 2 3 4 ค่อย ๆ ผ่อนลมหายใจออก 6 วินาที นับ 1 2 3 4 5 6

จำนวนครั้ง หายใจเข้าและออก 1 ครั้ง คือ 1 รอบ ทำ 6 รอบ

การประเมินผล ความถูกต้องของการหายใจแบบลึก

ท่าเริ่มต้น **วิธีปฏิบัติ**





ท่าที่ 14 การทวนซ้ำจินตภาพการลุกขึ้นยืนหลังออกกำลังกาย

ขั้นตอนแรก เป็นการสังเกตวิธีการลุกขึ้นยืนอย่างถูกวิธี เพื่อให้เข้าใจวิธีการในการควบคุมจินตภาพการลุกขึ้นยืน 4 ระยะ

ท่าเริ่มต้น นั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง เลื่อนสะโพกมาที่กลางเก้าอี้ เพื่อเตรียมพร้อมในการลุกขึ้นยืน เท้าทั้งสองข้างวางราบกับพื้น เลื่อนส้นเท้าให้อยู่ในแนวหลังต่อแนวข้อเข่าเล็กน้อย

วิธีปฏิบัติ ให้สังเกตภาพการลุกขึ้นยืนที่ถูกต้อง โดยแบ่งเป็น 4 ระยะดังนี้

ระยะที่หนึ่ง งอข้อสะโพก โดยที่ลำตัวตรง

ระยะที่สอง ถ่ายน้ำหนักลงที่เท้าทั้งสองข้าง กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าจะทำงาน และเริ่มยกข้อสะโพกขึ้น

ระยะที่สาม เหยียดข้อเข่าและข้อสะโพก

ระยะที่สี่ ยืนทรงตัวอย่างมั่นคง แล้วนั่งลง

ทดลองลุกขึ้นยืนพร้อมกับจินตภาพการเคลื่อนไหวร่างกายในแต่ละระยะ

1 หมายถึง ให้รู้สึกถึงการงอข้อสะโพก โดยที่ลำตัวตรง

2 หมายถึง ให้รู้สึกถึงการถ่ายน้ำหนักลงที่เท้าทั้งสองข้างและเริ่มยกข้อสะโพกขึ้น

3 หมายถึง ให้รู้สึกถึงการเหยียดข้อเข่าและข้อสะโพก

4 หมายถึง ให้รู้สึกถึงการยืนตรงอย่างมั่นคง

ทดลองทำอีก 1 ครั้ง จินตภาพความรู้สึกในใจให้ชัดเจนพร้อมกับจังหวะในการลุกขึ้นยืน ตามที่กำหนด 1 2 3 4 นั่งลง

ขั้นตอนที่สอง วิธีการจินตภาพการลุกขึ้นยืน

ท่าเริ่มต้น นั่งพิงพนักเก้าอี้ ผ่อนคลาย

วิธีปฏิบัติ หลับตาลงช้า ๆ เพื่อจินตภาพความรู้สึกตามจังหวะในการลุกขึ้นยืนที่ฝึกข้างต้น โดยไม่ต้องลุกขึ้นยืนจริง

จำนวนครั้ง ทำ 5 ครั้ง

การประเมินผล ความชัดเจนในการจินตภาพ

ท่าเริ่มต้น **วิธีปฏิบัติ**

1 2 3 4

แบบบันทึกการหมุนภาพในใจและความชัดเจนในการจินตภาพ

ชื่อ-นามสกุล.....วันที่.....

คำสั่ง เมื่อมองภาพจากวีดิทัศน์ ให้หมุนภาพในใจ และตอบว่าภาพที่ปรากฏเป็นส่วนของร่างกายข้างเดียวกันหรือไม่

ถ้าเป็นข้างเดียวกัน ตอบว่า **“เหมือนกัน”**

ถ้าเป็นคนละข้างกัน ตอบว่า **“แตกต่างกัน”**

ตัวอย่าง

ภาพที่ปรากฏ “ข้างซ้าย” เหมือนกัน ตอบ ☑ **เหมือนกัน**

ให้ทำเครื่องหมาย √ หน้าข้อที่เลือก

รูปที่ 1. ☐ เหมือนกัน ☐ แตกต่างกัน

รูปที่ 2. ☐ เหมือนกัน ☐ แตกต่างกัน

รูปที่ 3. ☐ เหมือนกัน ☐ แตกต่างกัน

รูปที่ 4. ☐ เหมือนกัน ☐ แตกต่างกัน

รูปที่ 5. ☐ เหมือนกัน ☐ แตกต่างกัน

เมื่อสิ้นสุดโปรแกรม

โปรดทำเครื่องหมาย √ ตามความชัดเจนของความรู้สึกหรือการเห็นภาพในใจในการจินตภาพการลุกขึ้นยืน

.....1 = รู้สึกหรือเห็นภาพในใจ ได้ยากมากไม่ชัดเจน

.....2 = รู้สึกหรือเห็นภาพในใจ ได้ยากไม่ชัดเจน

.....3 = รู้สึกหรือเห็นภาพในใจ ได้ชัดเจนปานกลาง

.....4 = รู้สึกหรือเห็นภาพในใจ ได้ชัดเจนและง่าย

.....5 = รู้สึกหรือเห็นภาพในใจ ได้ชัดเจนเสมือนเคลื่อนไหวจริงและง่ายมาก

เอกสารอ้างอิง

American College of Sports Medicine. (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.

Dickstein, R., & Deutsch, J. (2007). Motor imagery in physical therapist practice. *Physical Therapy, 87*, 942-953.

Gabbard, C., & Fox, A. (2013). Using motor imagery therapy to improve movement efficiency and reduce fall injury risk. *J. Novel Physiotherapy*, *3*, 186-189.

Guillot, A., Moschberger, K., & Collet, C. (2013). Coupling movement with imagery as a new perspective for motor imagery practice. *Behavioral and Brain Functions,* 9(8), 1-8.

Jerath, R., Edy, J. W., Barnes, V. A., & Jerath, V. (2006). Physiology of long pranayamic breathing: Neural respiratory elements may provide a mechanism that explains how slow deep breathing shifts the autonomic nervous system. *Medical Hypothesis*, *67*, 566-571.

Kisner, C., & Colby, L. A. (2013). *Therapeutic exercise: Foundations and techniques* (6th ed). F.A. Davis.

Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), 674-688.

Nascimento, M. A. D., Cyrino, E. S., Nakamura, F. Y., Romanzini, M., Pianca, H. J. C., & Queiróga, M. R. (2007). Validation of the Brzycki equation for the estimation of 1-RM in the bench press. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 13*(1), 47-50.

Umphred, D. A., Lazaro, R. T., Roller, M., & Burton, G. (6th ed). (2013). *Neurological rehabilitation*. Elsevier Health Sciences.

Yao, W. X., Ranganathan, V. K., Allexandre, D., Siemionow, V., & Yue, G. (2013). Kinesthetic imagery training of forceful muscle contractions increases brain signal and muscle strength. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*(561), 1-6.

ภาคผนวก ง

โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ

โปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ
ของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

วีซีดี 14 ท่าบริหารกาย จัดทำโดยกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข สำหรับผู้สูงอายุ มีวัตถุประสงค์ให้มีกิจกรรมทางกายเพิ่มมากขึ้นนอกเหนือจากการทำกิจวัตรประจำวัน และเป็นการส่งเสริมสุขภาพด้วยตนเอง เพื่อช่วยในการยืนเดินและการทรงตัว มีความแข็งแรงมากขึ้น และลดอุบัติการพลัดตกหกล้ม ส่งผลให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุดีขึ้น

การออกกำลังกาย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 การบริหารกายในท่านั่ง

เริ่มตั้งแต่ท่าที่ 1-8 ส่วนใหญ่จะเน้นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและข้อต่อ เพื่อช่วยให้การเคลื่อนไหวของร่างกายทำได้ในวงกว้างขึ้น และช่วยลดอาการปวดเมื่อยบริเวณกล้ามเนื้อให้น้อยลง

ส่วนที่ 2 การบริหารกายในท่ายืน

เริ่มตั้งแต่ท่าที่ 9 ถึงท่าสุดท้าย ส่วนใหญ่เป็นท่าบริหารที่เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการยืนและทำให้มีการทรงตัวมีความมั่นคงขึ้น ลดอุบัติการของการพลัดตกหกล้มหรือลื่นล้มให้ลดน้อยลง

คำแนะนำที่ควรทราบ

ข้อที่ 1 การบริหารกายในแต่ละท่า ควรเคลื่อนไหวอย่างช้า ๆ อย่าทำอย่างรวดเร็ว เพราะอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บบริเวณกล้ามเนื้อและข้อต่อได้

ข้อที่ 2 ผู้ที่ไม่เคยบริหารกายมาก่อน ควรเริ่มทำจำนวนน้อยครั้งก่อนในแต่ละท่าแล้วค่อยเพิ่มจำนวนครั้งจนครบตามที่กำหนดไว้

ข้อที่ 3 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อให้หยุดเหยียดเมื่อท่านรู้สึกตึง ไม่ใช่รู้สึกเจ็บ เพราะอาจทำให้กล้ามเนื้อและเอ็นข้อต่อเกิดการบาดเจ็บได้

ข้อที่ 4 ขณะทำการบริหารร่างกาย ไม่ควรกลั้นหายใจ ควรหายใจเข้า-ออกตามปกติ หรืออาจจะนับจำนวนครั้งขณะบริหารกายก็ได้

ข้อที่ 5 ผู้ที่กำลังมีไข้หรือป่วยไม่สบาย ขอให้งดการบริหารร่างกายจนกว่าจะหายเป็นปกติ

ข้อที่ 6 ควรเพิ่มการเคลื่อนไหวด้วยการเดินในชีวิตประจำวันอย่างน้อยวันละ 30 นาที เพื่อช่วยให้การทำงานของหัวใจและปอดดีขึ้น เหนื่อยน้อยลงเวลาทำกิจกรรม และทำให้ผู้สูงอายุสามารถเคลื่อนไหวได้ยาวนานขึ้น

การบริหารกายในท่านั่ง

ท่าแรก ท่าเหยียดคอ นั่งตัวตรง ค่อย ๆเอียงศีรษะทางด้านซ้าย จนรู้สึกตึงบริเวณคอด้านขวาจนรู้สึกตึง หรือพยายามยามเอียงคอให้ใบหูชิดหัวไหล่มากที่สุด ค้างไว้ 10 วินาที แล้วตั้งลำคอให้ตรง สลับมาเอียงศีรษะลงทางด้านขวา ค้างไว้ 10 วินาที ทำสลับไปมาเช่นนี้ อย่างน้อย 3 ครั้ง เริ่มต้น ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 ต่อจากนี้ให้ก้มศีรษะลง พยายามให้คางจรดหน้าอกมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หยุดค้างไว้ 10 วินาที ถ้าทำได้วันละ 10 ครั้งจะส่งผลดีต่อสุขภาพท่านมากขึ้น

ท่าต่อไป ท่ายกแขน นั่งตัวตรง ยกแขนซ้ายขึ้นทางด้านข้างเหนือศีรษะ จนรู้สึกตึงที่แขน หยุดค้างไว้เล็กน้อย แล้วค่อย ๆ ปล่อยแขนลงข้างลำตัว แล้วนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 เสร็จแล้วสลับมาทำแขนขวา ยกแขนขวาขึ้นจนรู้สึกตึง ค้างไว้เล็กน้อย เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ต่อจากนี้ให้ยกแขนทั้งสองข้างขึ้นพร้อมกันเหนือศีรษะจนรู้สึกตึงที่แขน ค้างไว้เล็กน้อยแล้วค่อย ๆ ปล่อยแขนลง ให้ทำซ้ำ 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ท่าต่อไป ท่ากรรเชียง นั่งตัวตรง เหยียดแขนซ้ายไปข้างหน้า งอศอก พร้อมกับดึงแขนมาข้างลำตัว ค้างไว้เล็กน้อย แล้วเหยียดแขนกลับ ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 เสร็จแล้ว ปล่อยแขนซ้ายไว้ข้างลำตัว สลับมาทำแขนขวา เหยียดแขนขวาไปข้างหน้า งอศอก พร้อมกับดึงแขนมาข้างลำตัว เริ่อมต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ต่อไปให้เหยียดแขนทั้งสองข้างไปข้างหน้าพร้อมกัน งอศอกพร้อมกับดึงแขนทั้งสองข้างมาข้างลำตัวค้างไว้เล็กน้อย แล้วเหยียดแขนกลับไปในท่าเดิม ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง เริ่มต้น นับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ท่าต่อไป ท่าเหยียดหลัง นั่งตัวตรง แยกขาออกพอประมาณ วางมือทั้งสองข้างให้อยู่บริเวณด้านข้างของหัวเข่าซ้าย แล้วค่อย ๆ เลื่อนมือลงไปที่ข้อเท้า ค้างไว้เล็กน้อย แล้วค่อย ๆ เลื่อนมือทั้งสองกลับมาที่เดิม พร้อมกับยกลำตัวขึ้นตั้งตรง ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 เสร็จแล้ว สลับมาทำทางด้านขวา วางมือทั้งสองข้างให้อยู่บริเวณด้านข้างของหัวเข่าข้างขวา โดยทำเช่นเดียวกับเข่าซ้าย เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ท่าต่อไป ท่าเหยียดข้อเท้า เริ่มต้นเท้าซ้าย ให้ยกเท้าและกระดกข้อเท้าซ้ายให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ ต่อจากนั้นให้จิกปลายเท้าลงให้มากที่สุด ขึ้น-ลง นับเป็น 1 ครั้ง ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 หลังจากนั้นให้หมุนข้อเท้าไปตามเข็มนาฬิกา หรือหมุนมาทางด้านขวาอย่างช้า ๆ ทำ 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 เสร็จแล้วหมุนข้อเท้าทวนเข็มนาฬิกา หรือหมุนมาทางด้านซ้ายอย่างช้า ๆ ทำ 10 ครั้ง เช่นเดียวกัน เสร็จแล้วสลับมาทำเท้าขวา โดยทำเช่นเดียวกับเท้าซ้าย ให้ยกเท้าขวาขึ้นและกระดกข้อเท้าขึ้นให้มากที่สุดแล้วจิกปลายเท้าลงให้มากที่สุด ขึ้น-ลง นับเป็น 1 ครั้ง ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง หลังจากนั้นให้หมุนข้อเท้าไปตามเข็มนาฬิกา 10 ครั้ง เสร็จแล้วหมุนข้อเท้าทวนเข็มนาฬิกาวนมาทางด้านซ้าย ทำ 10 ครั้ง เช่นเดียวกัน

ท่าต่อไป ท่าเหยียดเข่า นั่งตัวตรง เหยียดเข่าซ้ายขึ้นมาให้ตรง หยุดและเกร็งค้างไว้เล็กน้อย แล้วดึงเท้าซ้ายกลับวางบนพื้น ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 เสร็จแล้วสลับมาทำเข่าขวา เหยียดเข่าขวาขึ้นมาให้ตรง แล้วเกร็งค้างไว้เล็กน้อย ทำเช่นเดียวกับเข่าซ้าย เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ท่าต่อไป ท่าเตะเท้า นั่งตัวตรง เตะเท้าขึ้นลงโดยการเกร็งและงอเข่า เริ่มต้นที่เท้าซ้าย 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 เสร็จแล้วสลับมาทำเท้าขวา 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ท่าสุดท้ายของท่านั่ง คือ ท่านั่งสวนสนาม ให้นั่งตัวตรง ยกเข่าขึ้นลงสลับกัน พยายามยกเข่าให้สูง ทำซ้ำ 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

การบริหารกายในท่ายืน ประกอบด้วย 6 ท่า

ท่าแรก ท่าเหยียดน่อง ยืนตัวตรงมือสองข้างจับพนักเก้าอี้หรือโต๊ะที่มีความมั่นคง ก้าวเท้าซ้ายถอยไปข้างหลังหนึ่งก้าวยาว ให้เข่าซ้ายเหยียดตรง โดยปลายเท้าทั้งสองชี้ตรงไปข้างหน้า แล้วค่อย ๆ โน้มตัวไปข้างหน้า งอเข่าขวาเล็กน้อย พยายามให้ส้นเท้าซ้ายติดพื้นตลอดเวลา ค้างไว้ 10 วินาที เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 แล้วดึงเท้าซ้ายกลับที่เดิม เสร็จแล้ว สลับมาทำขาขวา โดยก้าวเท้าขวาถอยไปข้างหลัง หนึ่งก้าวยาว ให้เข่าขวาเหยียดตรง ปลายเท้าทั้งสองชี้ตรงไปข้างหน้า แล้วค่อย ๆ โน้มตัวไปข้างหน้า งอเข่าซ้ายเล็กน้อย ส้นเท้าขวาติดพื้นตลอดเวลา ค้างไว้ 10 วินาที เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 แล้วดึงเท้าขวากลับที่เดิม สำหรับท่าเหยียดน่องนี้ ถ้าท่านสามารถทำได้วันละ 10 ครั้ง จะช่วยลดอาการปวดเมื่อยล้าบริเวณน่องที่เกิดจากการเดินมาก ๆ ได้ และมีส่วนช่วยให้กล้ามเนื้อขาแข็งแรงมากขึ้น

ท่าต่อไป ท่าเขย่งปลายเท้าสลับยืนบนส้นเท้า ยืนตัวตรง แยกเท้าทั้งสองข้างให้ห่างกันพอประมาณ มือทั้งสองข้างจับพนักเก้าอี้เพื่อช่วยพยุงตัว ยืนเขย่งปลายเท้า แล้วค้างไว้เล็กน้อย แล้วลงกลับที่เดิม จากนั้นยกปลายเท้าขึ้น พร้อมกับยืนบนส้นเท้า แล้วกลับลงที่เดิม ให้ทำสลับไปมา 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ท่าต่อไป ท่าเหวี่ยงขาออกข้าง ยืนตัวตรงจับพนักเก้าอี้ ยกขาซ้ายออกไปด้านข้าง โดยปลายเท้าชี้ไปข้างหน้า เข่าเหยียดตรง เอวตั้งตรง ทำช้า ๆ 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 เสร็จแล้วสลับมาทำข้างขวา ยกขาขวาออกไปด้านข้าง ทำเช่นเดียวกับขาข้างซ้าย เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ท่าต่อไป ท่าย่อเข่า ยืนตัวตรง มือจับพนักเก้าอี้ งอหรือย่อเข่าทั้งสองข้างลงพอประมาณในท่าสบาย ให้หลังและศีรษะตั้งตรง ตัวอยู่หลังปลายเท้า แล้วเหยียดเข่ายืนขึ้นกลับเข้าสู่ท่าเริ่มต้น ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ท่าต่อไป ท่างอและเหยียดสะโพก ยืนตัวตรง มือจับพนักเก้าอี้ งอเข่าซ้ายแล้วยกขึ้นมาให้ใกล้หน้าอก พยายามอย่าให้ลำตัวงอ หย่อนขาซ้ายลงแล้วเหวี่ยงไปทางด้านหลัง โดยให้เข่าซ้ายเหยียดตรง ค้างไว้เล็กน้อย เสร็จแล้ว ดึงขาซ้ายกลับเข้าสู่ท่าเริ่มต้น ทำเช่นนี้ 10 ครั้ง เริ่มต้น นับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ต่อจากนั้นจะกลับมาทำข้างขวา งอเข่าขวา แล้วยกขึ้นมาให้ใกล้หน้าอก ทำเช่นเดียวกับขาซ้าย จนครบ 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ท่าสุดท้าย ท่าโยกลำตัว ยืนแยกเท้ากว้างพอประมาณ โยกหรือเอียงลำตัวไปด้านขวา แล้วกลับมาด้านซ้ายสลับไปมา นับเป็นหนึ่งครั้ง เวลาโยกตัวพยายามยืนให้ตรงที่สุดเท่าที่ทำได้ ทำจนครบ 10 ครั้ง เริ่มต้นนับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ที่ปรึกษา

นายแพทย์ณรงค์ศักดิ์ อังคะสุวพลา

นายแพทย์โสภณ เมฆธน

นายแพทย์ประเสร็ฐ หลุยเจริญ

นายแพทย์ประดิษฐ์ วินิจจะกูล

นายแพทย์สมชาย ลี่ทองอิน

เนื้อหาวิชาการ

นายแพทย์สมชาย ลี่ทองอิน

ภาคผนวก จ

จ-1 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

จ-2 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง

จ-3 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

จ-4 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย % ERD ของคลื่นแอลฟา

จ-5 ตัวอย่างภาพกิจกรรมการทดลอง

จ-1 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลอง

ID	Pre_HFr	Pre_HFl	Pre_HEr	Pre_HEl	Pre_KFr	Pre_KFl	Pre_KEr	Pre_KEl	Pre_DFr	Pre_DFl	Pre_PFr	Pre_PFl
26	12.09	11.80	8.82	10.59	10.47	9.79	12.42	13.07	7.80	7.62	8.32	8.60
27	9.17	8.83	7.85	9.42	5.73	6.12	7.99	9.38	7.05	6.25	8.62	8.55
28	10.98	10.64	8.47	8.16	8.67	8.84	9.35	11.01	8.06	7.35	6.81	9.25
29	10.58	11.14	8.27	7.84	8.99	7.84	9.85	10.71	8.20	7.56	6.61	9.03
30	9.93	8.32	6.13	5.89	6.25	6.28	8.17	8.59	8.20	7.45	5.51	5.39
31	8.03	7.39	6.78	6.57	6.34	6.06	5.56	7.08	7.86	6.67	5.96	6.67
32	9.21	8.93	7.40	8.62	8.62	7.92	11.33	12.09	6.43	7.40	6.85	6.40
33	11.40	9.57	8.53	7.97	5.95	6.50	9.97	10.29	6.99	7.84	8.07	6.89
34	11.72	11.30	4.89	8.03	9.08	7.60	13.61	13.68	7.81	7.31	7.30	9.15
35	9.82	11.08	6.58	6.91	7.54	7.41	11.37	11.90	6.38	6.24	5.72	6.18
36	9.80	9.42	7.20	6.40	7.05	6.40	8.50	9.06	6.96	6.75	5.21	5.83
37	10.27	9.18	5.00	5.56	5.62	5.99	7.49	7.71	6.81	6.96	6.84	6.71
38	10.13	10.44	6.09	6.28	7.67	6.51	8.64	9.36	7.45	8.47	6.31	6.51
39	11.28	11.08	4.34	5.22	7.56	6.81	8.37	9.52	7.05	6.78	6.06	6.81
40	11.91	11.77	6.35	6.99	7.38	7.24	8.63	9.63	8.38	7.81	7.99	7.95
41	8.72	9.30	4.76	5.40	6.15	5.23	7.53	8.03	6.95	6.59	6.10	5.40
42	10.09	11.01	6.23	5.67	6.54	5.87	12.29	10.87	7.71	6.96	7.85	7.99
43	11.69	10.14	6.04	6.56	9.14	7.33	7.88	7.98	7.01	6.88	6.17	6.72
44	11.86	12.53	5.49	9.19	8.73	7.74	11.83	11.62	9.08	8.68	8.60	9.22
45	10.29	9.05	5.62	5.98	7.94	6.18	9.48	8.82	6.89	6.24	7.42	7.58
46	12.15	10.84	5.09	5.32	9.47	7.86	10.91	6.89	8.70	7.93	7.46	8.07
47	11.01	9.91	10.04	9.14	10.08	8.04	11.46	11.50	8.53	8.34	9.21	8.95
48	10.29	8.86	6.76	6.40	5.80	7.18	7.48	8.38	6.04	6.40	6.70	6.64

จ-1 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุม

ID	Pre_HFr	Pre_HFl	Pre_HEr	Pre_HEl	Pre_KFr	Pre_KFl	Pre_KEr	Pre_KEl	Pre_DFr	Pre_DFl	Pre_PFr	Pre_PFl
1	10.24	9.57	8.97	9.14	7.06	6.59	9.94	10.74	9.24	8.17	7.13	7.80
2	10.30	9.34	8.65	8.09	7.84	9.30	10.27	7.84	7.84	8.31	8.59	8.12
3	12.04	10.81	10.94	9.78	10.36	8.58	12.25	11.29	10.33	7.92	8.13	8.13
4	10.74	11.28	6.16	6.49	7.27	5.48	10.26	10.89	7.36	6.97	8.02	7.24
5	12.20	12.11	9.56	10.97	9.00	7.42	10.91	10.88	7.95	7.30	8.50	9.35
6	9.38	8.04	6.27	7.84	6.73	8.04	10.85	10.32	8.36	8.53	6.21	7.32
7	9.76	9.19	5.55	5.36	6.63	6.36	7.34	8.32	6.01	6.06	4.95	5.19
8	12.32	10.69	10.34	10.96	7.58	7.47	9.45	10.45	6.60	6.81	8.53	7.88
9	12.08	11.01	6.84	8.74	9.78	8.77	9.11	9.33	8.48	8.81	8.77	9.63
10	11.24	10.67	9.06	7.83	7.64	8.11	10.48	10.70	8.21	7.80	9.19	8.59
11	8.21	9.87	5.28	3.98	6.94	6.06	10.67	10.52	7.12	6.94	6.98	6.58
12	10.56	11.51	8.07	8.29	9.90	9.53	13.49	11.80	8.87	8.18	7.59	8.58
13	9.54	8.38	5.25	5.05	8.06	6.86	9.82	10.99	9.82	9.75	10.06	9.38
14	11.75	11.85	8.83	9.30	9.44	8.50	11.98	12.62	9.07	8.13	6.79	8.27
15	9.37	8.62	4.86	4.77	7.27	6.49	6.99	7.56	6.78	7.62	6.53	7.47
16	9.29	8.72	6.72	6.83	7.09	6.75	9.43	9.29	6.75	5.72	5.54	6.04
17	10.03	10.87	5.28	5.74	6.55	6.20	9.99	11.29	8.19	8.69	5.40	5.90
18	10.08	9.97	4.41	3.73	5.61	6.35	8.88	9.11	6.98	5.69	6.04	6.38
19	11.01	12.45	8.95	8.92	7.21	8.32	11.64	11.67	6.52	6.94	6.85	5.45
20	12.13	13.05	4.91	4.13	7.11	6.37	7.35	8.37	7.72	8.64	8.23	6.81
21	8.27	7.83	2.72	3.35	6.50	5.65	9.09	9.85	6.44	8.37	8.33	9.03
22	11.11	8.49	9.82	6.79	8.93	7.87	10.89	6.60	11.05	8.84	8.65	8.90
23	10.56	7.99	7.99	6.42	7.63	7.53	9.35	8.31	9.63	7.38	6.42	6.35
24	8.90	8.55	2.90	4.75	5.31	5.96	5.50	5.18	5.84	5.78	5.93	7.21
25	7.78	6.25	2.75	3.44	6.34	4.61	7.75	7.48	7.93	8.26	7.69	7.33

จ-1 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา หลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ID	Post_HFr	Post_HFl	Post_HEr	Post_HEl	Post_KFr	Post_KFl	Post_KEr	Post_KEl	Post_DFr	Post_DFl	Post_PFr	Post_PFl
26	12.51	13.20	12.09	12.61	11.12	10.39	12.81	14.90	11.37	10.85	10.10	10.13
27	8.83	9.17	9.69	9.62	5.77	6.21	7.85	8.44	9.38	9.94	9.66	9.80
28	11.18	11.49	10.81	11.89	9.15	8.16	9.38	12.84	10.67	8.50	8.03	8.30
29	12.50	13.13	12.07	8.43	10.15	8.57	12.86	13.72	11.65	10.12	8.31	9.29
30	10.41	11.25	8.38	7.75	8.23	7.13	10.05	9.28	8.54	8.66	7.65	7.53
31	9.22	8.64	10.74	9.38	7.72	7.05	9.66	8.67	10.03	9.87	8.84	7.25
32	9.17	10.01	8.34	11.61	9.10	8.94	13.10	13.66	8.37	8.69	8.34	7.23
33	12.55	10.03	9.21	7.68	7.29	7.22	10.91	10.46	8.50	9.28	10.39	10.26
34	14.13	14.21	10.63	10.10	10.67	8.55	15.35	15.10	9.29	8.84	11.51	9.40
35	11.67	12.73	7.90	8.83	8.56	7.84	13.03	12.93	8.50	7.80	6.02	8.13
36	10.13	10.60	7.49	8.23	7.37	8.69	10.07	10.25	7.58	7.64	6.70	6.28
37	11.83	10.58	5.18	5.06	6.78	6.21	11.86	8.27	7.54	7.21	7.52	7.49
38	11.35	10.74	8.36	7.25	8.47	7.25	10.63	10.35	8.44	8.53	7.75	7.92
39	12.60	12.70	6.95	6.30	7.45	7.81	10.37	10.91	7.67	7.28	6.76	7.89
40	11.45	12.02	7.67	7.63	8.10	7.38	8.45	9.99	7.92	6.92	8.74	7.85
41	10.74	11.43	6.67	6.62	6.17	5.70	9.52	10.44	8.55	8.63	7.01	6.51
42	11.79	11.23	10.28	8.69	8.52	8.97	13.69	15.10	7.52	7.10	9.81	8.52
43	13.24	11.56	10.59	9.88	9.46	7.04	10.04	9.53	7.62	9.27	7.82	9.30
44	13.87	14.21	12.93	12.11	10.63	9.33	14.26	15.00	10.28	10.88	9.54	9.22
45	10.55	8.66	8.69	7.35	7.09	6.96	11.70	10.06	6.37	6.57	7.84	7.65
46	13.45	11.71	9.04	8.20	8.87	7.53	13.25	11.41	10.07	8.70	7.83	9.74
47	13.89	11.46	11.79	10.66	10.43	10.04	14.05	12.40	10.82	9.62	8.75	9.82
48	11.13	10.23	7.90	8.56	6.37	6.96	9.90	10.40	7.90	7.69	7.99	7.15

จ-1 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา หลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ID	Post_HFr	Post_HFl	Post_HEr	Post_HEl	Post_KFr	Post_KFl	Post_KEr	Post_KEl	Post_DFr	Post_DFl	Post_PFr	Post_PFl
1	9.57	9.70	8.23	8.23	6.49	6.23	9.70	10.84	9.00	8.67	6.02	8.20
2	11.12	9.05	9.30	8.93	8.43	8.62	11.52	8.74	7.96	8.12	8.87	9.43
3	11.94	10.50	7.89	11.32	10.63	9.13	12.35	11.32	11.65	10.63	7.51	8.85
4	11.97	11.49	5.98	6.46	5.45	5.73	10.83	11.43	7.60	6.70	7.42	7.06
5	11.85	11.26	10.26	10.85	8.50	7.39	11.96	11.20	8.09	9.44	9.38	10.09
6	10.65	10.42	7.84	6.47	6.80	7.06	12.48	10.52	7.52	8.82	7.19	8.89
7	9.79	8.48	6.96	7.23	6.20	6.25	6.61	7.64	5.60	5.85	4.92	5.57
8	12.62	9.98	10.72	10.43	7.35	7.64	8.65	10.48	7.35	7.43	9.03	8.41
9	11.90	12.64	9.33	8.03	7.59	7.29	10.93	10.63	8.55	8.59	9.78	8.03
10	11.14	8.97	9.34	8.24	9.12	7.86	9.34	10.10	8.90	7.45	8.97	7.32
11	10.49	10.99	6.62	5.86	6.69	7.01	10.45	11.06	7.23	7.63	5.93	7.01
12	9.42	10.41	7.48	8.65	9.90	8.47	13.23	11.77	8.65	8.69	8.51	9.24
13	9.50	7.26	5.33	4.73	6.70	6.98	10.26	10.26	9.22	9.54	9.90	8.06
14	11.71	12.52	8.23	9.50	9.10	8.70	11.38	12.38	9.17	8.77	6.86	8.70
15	9.49	8.91	6.09	5.75	6.67	7.04	7.19	8.05	7.50	7.53	6.47	7.16
16	9.35	8.93	5.93	7.35	6.77	6.33	8.66	8.90	5.96	5.52	6.51	5.70
17	9.80	10.95	5.36	5.93	8.50	6.74	10.95	11.18	8.06	9.84	6.93	5.40
18	9.79	10.22	4.58	3.93	6.43	6.07	9.17	8.71	6.35	6.92	6.69	6.35
19	10.47	12.00	8.89	8.86	7.06	8.86	12.21	11.49	7.75	7.36	7.81	6.01
20	12.84	12.70	5.69	5.52	7.93	7.79	9.79	8.61	8.40	6.34	8.33	8.50
21	8.46	7.20	3.98	3.95	6.91	6.22	9.63	10.26	7.04	8.56	8.40	8.71
22	10.95	9.33	10.04	7.70	9.69	8.64	12.25	7.22	11.49	9.60	9.22	7.70
23	10.10	8.60	8.78	7.49	7.28	7.03	8.70	8.24	8.92	6.53	8.31	8.53
24	9.18	8.62	3.47	5.06	5.74	5.56	6.12	6.16	6.81	6.81	5.12	6.12
25	7.63	7.36	3.47	3.51	5.69	4.52	8.23	7.63	7.69	7.72	7.33	7.36

จ-2 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ID	Pre_STS	Post_STS
26	11.11	8.48
27	13.39	11.15
28	14.68	11.46
29	11.28	9.19
30	11.26	10.22
31	10.90	7.60
32	9.95	8.15
33	14.70	9.66
34	13.16	8.90
35	13.50	12.11
36	12.68	8.29
37	14.01	12.38
38	10.18	8.84
39	10.64	9.60
40	10.88	9.53
41	13.90	10.80
42	11.54	9.76
43	12.91	10.64
44	9.56	7.40
45	12.35	10.74
46	10.11	8.54
47	12.77	10.88
48	8.98	9.38

จ-2 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความเร็วในการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง ก่อนและหลังการทดลอง ของกลุ่มควบคุม

ID	Pre_STS	Post_STS
1	10.78	10.32
2	8.53	9.95
3	10.35	10.05
4	15.12	12.14
5	9.24	9.32
6	14.23	11.41
7	11.02	9.60
8	10.00	8.90
9	10.80	9.66
10	14.23	11.91
11	8.25	9.18
12	10.66	10.52
13	12.24	11.00
14	10.50	10.24
15	12.94	11.09
16	12.61	14.87
17	10.79	8.89
18	16.05	13.23
19	9.43	9.71
20	14.31	13.12
21	12.46	11.63
22	14.94	10.16
23	10.27	9.47
24	11.00	10.65
25	13.50	13.27

จ-3 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

Id	Pre_RF	Pre_BF	Pre_TA	Pre_GA	Pos_RF	Pos_BF	Pos_TA	Pos_GA
26	6.00	9.40	10.40	5.70	2.60	1.70	0.30	3.50
27	1.80	3.10	13.50	9.60	4.10	3.50	2.30	2.90
28	5.00	2.30	10.00	5.40	3.80	5.10	5.80	5.50
29	2.70	0.30	37.30	4.90	2.30	3.40	5.00	0.00
30	8.90	2.00	1.40	8.30	11.80	6.50	5.70	5.30
31	4.80	0.40	4.00	10.10	1.80	10.40	1.30	2.90
32	5.80	2.80	11.20	4.90	4.10	1.60	5.00	6.00
33	1.00	1.40	2.30	4.00	1.80	5.20	1.90	6.60
34	0.50	1.80	9.10	6.90	7.60	5.20	0.20	4.70
35	1.90	4.30	7.40	9.10	3.70	1.40	2.50	5.00
36	9.20	6.10	10.40	1.60	3.70	4.60	6.00	6.30
37	3.40	0.20	4.00	5.30	5.60	4.00	7.90	4.60
38	4.30	2.90	2.90	5.70	9.40	2.60	8.00	6.00
39	2.60	4.40	11.20	0.40	0.30	1.50	10.00	1.20
40	11.70	3.30	1.80	4.00	17.20	2.00	4.50	5.00
41	5.60	8.10	4.70	6.60	1.00	4.10	5.00	2.20
42	4.10	9.90	11.80	2.00	0.60	31.10	0.00	1.90
43	9.10	2.90	1.20	7.20	2.20	5.40	8.00	4.50
44	9.00	26.80	10.00	4.80	2.70	0.80	4.70	0.60
45	6.60	47.60	10.70	7.20	26.10	52.80	6.30	32.80
46	6.20	1.60	4.60	3.30	5.60	0.50	3.90	1.20
47	2.90	3.20	7.40	3.60	9.30	3.10	6.60	1.50
48	8.20	10.00	5.20	10.20	10.30	3.00	9.50	6.20

จ-3 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

Id	Pre_RF	Pre_BF	Pre_TA	Pre_GA	Pos_RF	Pos_BF	Pos_TA	Pos_GA
1	6.90	7.10	4.00	4.30	2.80	5.30	9.40	4.40
2	3.30	9.20	8.30	7.80	2.50	1.80	2.40	48.50
3	1.30	5.90	10.00	7.90	7.10	4.50	9.10	2.40
4	3.90	4.50	4.40	1.50	12.90	0.30	8.30	5.70
5	6.90	9.30	14.90	2.40	0.50	2.10	5.00	2.40
6	4.60	1.50	7.60	0.80	11.50	1.10	18.10	0.70
7	1.70	7.80	8.00	7.80	4.10	5.50	7.80	3.70
8	4.40	0.00	1.80	2.90	1.00	2.90	1.50	1.30
9	0.70	6.40	7.80	1.40	7.40	1.80	13.60	3.20
10	10.90	2.60	6.20	6.70	7.30	6.30	11.60	5.40
11	1.70	2.10	13.60	2.20	12.00	6.80	27.70	1.60
12	1.50	1.00	4.20	3.80	32.30	1.50	13.40	20.30
13	0.50	1.90	22.90	1.40	12.80	6.90	2.80	2.20
14	8.20	7.90	5.30	2.60	2.30	0.30	22.60	2.50
15	8.50	7.90	5.70	9.20	5.20	5.20	5.30	6.50
16	1.30	11.30	10.60	10.20	8.00	6.50	5.60	6.00
17	5.10	2.30	6.40	11.60	7.30	3.60	5.30	1.50
18	3.60	1.20	8.50	48.20	4.80	3.40	0.00	6.60
19	17.40	0.60	1.00	24.60	3.00	4.30	9.00	5.20
20	39.40	0.60	12.20	12.60	28.50	3.00	5.30	10.50
21	2.60	23.10	1.70	0.10	0.30	5.50	7.40	1.50
22	0.70	2.40	1.50	3.70	9.30	10.70	11.10	3.80
23	6.50	2.80	2.20	1.30	11.70	3.40	8.20	5.00
24	1.50	3.20	6.90	6.60	0.70	6.70	8.50	4.90
25	38.50	0.60	4.30	6.10	4.70	4.00	6.40	0.10

จ-4 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสมอง % ERD ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลอง

Id	FZ_PreA	F3_preA	F4_preA	CZ_preA	C3_preA	C4_preA	PZ_preA	P3_preA	P4_preA	O1_preA	O2_preA
26	47.00	45.00	46.00	40.00	39.00	11.00	35.00	19.00	72.00	3.00	11.00
27	40.00	49.00	1.00	5.00	12.00	87.00	38.00	9.00	23.00	12.00	73.00
28	50.00	25.00	32.00	50.00	100.00	31.00	73.00	100.00	50.00	2.00	7.00
29	30.00	55.00	84.00	30.00	74.00	15.00	80.00	15.00	1.00	68.00	7.00
30	23.00	1.00	27.00	28.00	26.00	98.00	17.00	19.00	12.00	24.00	54.00
31	1.00	17.00	13.00	47.00	100.00	16.00	30.00	12.00	44.00	21.00	24.00
32	10.00	27.00	100.00	50.00	100.00	34.00	20.00	100.00	60.00	91.00	100.00
33	43.00	4.00	36.00	14.00	12.00	7.00	12.00	12.00	12.00	57.00	38.00
34	60.00	61.00	5.00	60.00	67.00	51.00	17.00	15.00	23.00	13.00	3.00
35	3.00	8.00	7.00	70.00	3.00	32.00	17.00	3.00	28.00	13.00	22.00
36	19.00	61.00	14.00	3.00	34.00	9.00	13.00	41.00	86.00	40.00	26.00
37	100.00	28.00	56.00	40.00	8.00	40.00	50.00	52.00	11.00	84.00	43.00
38	16.00	20.00	30.00	25.00	57.00	14.00	10.00	74.00	6.00	20.00	7.00
39	16.00	16.00	18.00	31.00	100.00	55.00	34.00	9.00	26.00	27.00	4.00
40	30.00	5.00	36.00	30.00	15.00	10.00	96.00	4.00	79.00	44.00	68.00
41	1.00	5.00	2.00	20.00	14.00	28.00	43.00	30.00	38.00	100.00	100.00
42	15.00	100.00	1.00	16.00	100.00	2.00	91.00	4.00	47.00	14.00	63.00
43	10.00	100.00	21.00	54.00	12.00	43.00	5.00	100.00	13.00	77.00	10.00
44	28.00	18.00	75.00	17.00	43.00	11.00	28.00	3.00	100.00	21.00	85.00
45	25.00	15.00	17.00	30.00	41.00	23.00	16.00	73.00	38.00	64.00	49.00
46	23.00	74.00	16.00	6.00	38.00	48.00	13.00	21.00	3.00	2.00	8.00
47	50.00	100.00	100.00	40.00	100.00	12.00	30.00	100.00	67.00	21.00	47.00
48	2.00	43.00	1.00	91.00	100.00	11.00	13.00	6.00	16.00	14.00	30.00

จ-4 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสมอง % ERD ก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุม

Id	FZ_PreA	F3_preA	F4_preA	CZ_preA	C3_preA	C4_preA	PZ_preA	P3_preA	P4_preA	O1_preA	O2_preA
1	50.00	47.00	98.00	90.00	100.00	59.00	36.00	5.00	18.00	3.00	7.00
2	25.00	95.00	50.00	78.00	89.00	69.00	56.00	35.00	4.00	58.00	100.00
3	98.00	89.00	100.00	67.00	100.00	18.00	27.00	7.00	100.00	48.00	16.00
4	100.00	85.00	92.00	100.00	23.00	100.00	100.00	57.00	100.00	49.00	100.00
5	50.00	1.00	27.00	33.00	47.00	39.00	9.00	38.00	41.00	8.00	2.00
6	30.00	47.00	16.00	41.00	6.00	28.00	2.00	76.00	1.00	25.00	47.00
7	87.00	16.00	81.00	54.00	18.00	9.00	26.00	31.00	11.00	44.00	68.00
8	78.00	56.00	78.00	39.00	90.00	25.00	60.00	33.00	7.00	67.00	26.00
9	50.00	19.00	15.00	18.00	71.00	50.00	22.00	47.00	6.00	1.00	15.00
10	27.00	12.00	39.00	11.00	26.00	62.00	11.00	3.00	11.00	35.00	12.00
11	59.00	100.00	77.00	75.00	82.00	47.00	19.00	59.00	100.00	76.00	47.00
12	99.00	11.00	100.00	97.00	67.00	32.00	71.00	35.00	72.00	51.00	58.00
13	64.00	80.00	44.00	66.00	94.00	27.00	41.00	12.00	7.00	89.00	43.00
14	86.00	20.00	58.00	35.00	32.00	20.00	76.00	51.00	7.00	30.00	31.00
15	10.00	28.00	1.00	21.00	24.00	4.00	12.00	10.00	58.00	23.00	45.00
16	34.00	38.00	7.00	74.00	45.00	9.00	23.00	37.00	14.00	4.00	36.00
17	42.00	43.00	100.00	21.00	15.00	19.00	16.00	13.00	22.00	81.00	67.00
18	7.00	8.00	27.00	29.00	2.00	13.00	16.00	22.00	31.00	8.00	17.00
19	19.00	29.00	44.00	9.00	8.00	22.00	15.00	8.00	24.00	45.00	71.00
20	11.00	39.00	56.00	43.00	60.00	32.00	100.00	78.00	5.00	89.00	14.00
21	2.00	23.00	9.00	20.00	13.00	17.00	18.00	32.00	47.00	17.00	7.00
22	25.00	66.00	100.00	68.00	3.00	26.00	21.00	5.00	9.00	35.00	100.00
23	87.00	73.00	74.00	78.00	68.00	22.00	60.00	62.00	69.00	53.00	51.00
24	100.00	31.00	90.00	22.00	40.00	15.00	29.00	21.00	2.00	40.00	8.00
25	7.00	21.00	11.00	11.00	65.00	5.00	28.00	58.00	3.00	43.00	40.00

จ-4 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสมอง % ERD หลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

Id	FZ_posA	F3_posA	F4_posA	CZ_posA	C3_posA	C4_posA	PZ_posA	P3_posA	P4_posA	O1_posA	O2_posA
26	67.00	44.00	16.00	96.00	100.00	32.00	51.00	39.00	6.00	19.00	100.00
27	36.00	24.00	28.00	70.00	24.00	71.00	52.00	49.00	48.00	53.00	50.00
28	80.00	11.00	12.00	69.00	37.00	43.00	36.00	29.00	16.00	15.00	5.00
29	72.00	86.00	65.00	63.00	63.00	36.00	86.00	88.00	76.00	22.00	41.00
30	100.00	100.00	78.00	54.00	100.00	39.00	34.00	31.00	84.00	77.00	100.00
31	15.00	38.00	15.00	60.00	13.00	34.00	0.00	7.00	88.00	100.00	47.00
32	23.00	5.00	4.00	100.00	20.00	79.00	4.00	82.00	46.00	85.00	5.00
33	23.00	39.00	93.00	25.00	48.00	100.00	18.00	26.00	4.00	18.00	1.00
34	64.00	4.00	14.00	63.00	26.00	62.00	28.00	15.00	22.00	32.00	11.00
35	27.00	18.00	16.00	80.00	21.00	73.00	22.00	37.00	10.00	6.00	17.00
36	49.00	23.00	33.00	51.00	27.00	62.00	70.00	35.00	68.00	2.00	7.00
37	100.00	88.00	64.00	60.00	57.00	98.00	100.00	23.00	97.00	100.00	60.00
38	63.00	74.00	100.00	30.00	2.00	25.00	7.00	24.00	100.00	68.00	12.00
39	77.00	100.00	60.00	51.00	2.00	15.00	6.00	25.00	31.00	100.00	100.00
40	50.00	35.00	34.00	50.00	46.00	48.00	33.00	20.00	49.00	27.00	49.00
41	40.00	16.00	7.00	46.00	46.00	86.00	7.00	5.00	25.00	24.00	3.00
42	16.00	1.00	24.00	29.00	1.00	22.00	19.00	4.00	15.00	38.00	14.00
43	33.00	41.00	26.00	100.00	24.00	34.00	2.00	74.00	46.00	25.00	52.00
44	70.00	56.00	6.00	30.00	25.00	91.00	21.00	1.00	39.00	10.00	29.00
45	40.00	19.00	16.00	90.00	17.00	29.00	54.00	64.00	21.00	10.00	17.00
46	78.00	72.00	59.00	30.00	35.00	33.00	30.00	8.00	18.00	34.00	20.00
47	90.00	37.00	14.00	86.00	100.00	21.00	11.00	41.00	4.00	19.00	13.00
48	91.00	82.00	11.00	90.00	60.00	48.00	28.00	49.00	84.00	31.00	79.00

จ-4 ผลการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสมอง % ERD หลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

Id	FZ_posA	F3_posA	F4_posA	CZ_posA	C3_posA	C4_posA	PZ_posA	P3_posA	P4_posA	O1_posA	O2_posA
1	21.00	35.00	42.00	11.00	51.00	63.00	21.00	47.00	43.00	43.00	27.00
2	7.00	31.00	32.00	100.00	1.00	36.00	51.00	64.00	29.00	4.00	19.00
3	79.00	100.00	44.00	39.00	14.00	15.00	18.00	100.00	6.00	90.00	100.00
4	17.00	15.00	28.00	32.00	55.00	31.00	28.00	17.00	35.00	17.00	28.00
5	35.00	23.00	20.00	7.00	56.00	46.00	4.00	39.00	64.00	18.00	57.00
6	57.00	10.00	25.00	3.00	21.00	52.00	39.00	51.00	10.00	6.00	100.00
7	4.00	27.00	8.00	30.00	12.00	21.00	16.00	2.00	6.00	36.00	1.00
8	32.00	13.00	5.00	66.00	11.00	50.00	18.00	8.00	10.00	48.00	50.00
9	64.00	42.00	18.00	47.00	32.00	34.00	46.00	41.00	40.00	36.00	50.00
10	19.00	15.00	48.00	15.00	100.00	8.00	3.00	81.00	36.00	23.00	20.00
11	96.00	77.00	99.00	95.00	87.00	71.00	24.00	93.00	63.00	99.00	97.00
12	100.00	59.00	31.00	100.00	16.00	65.00	100.00	1.00	97.00	100.00	34.00
13	25.00	22.00	46.00	12.00	47.00	11.00	44.00	55.00	35.00	12.00	15.00
14	87.00	93.00	100.00	100.00	100.00	39.00	100.00	100.00	80.00	88.00	23.00
15	82.00	60.00	75.00	100.00	62.00	14.00	100.00	72.00	18.00	9.00	83.00
16	24.00	9.00	10.00	38.00	89.00	5.00	54.00	66.00	17.00	64.00	10.00
17	18.00	59.00	37.00	38.00	41.00	4.00	29.00	45.00	57.00	64.00	53.00
18	48.00	13.00	26.00	38.00	38.00	29.00	20.00	29.00	6.00	38.00	16.00
19	36.00	7.00	22.00	41.00	41.00	47.00	99.00	28.00	21.00	100.00	69.00
20	61.00	37.00	3.00	43.00	12.00	65.00	19.00	20.00	51.00	19.00	49.00
21	3.00	39.00	22.00	68.00	86.00	25.00	1.00	13.00	46.00	45.00	29.00
22	24.00	31.00	36.00	9.00	24.00	32.00	31.00	69.00	19.00	19.00	65.00
23	13.00	42.00	8.00	58.00	21.00	67.00	23.00	58.00	21.00	39.00	26.00
24	5.00	12.00	2.00	87.00	73.00	34.00	43.00	18.00	54.00	48.00	23.00
25	12.00	2.00	58.00	9.00	39.00	47.00	41.00	47.00	34.00	39.00	14.00

จ-5 ตัวอย่างภาพกิจกรรมการทดลอง

ประกอบด้วยการประชาสัมพันธ์ การชี้แจงรายละเอียดโครงการ และคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง ที่โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบางทราย

5.1 การรับสมัครอาสาสมัครที่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัย ที่โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี

การประชาสัมพันธ์การรับสมัครอาสาสมัครที่หน้าห้องตรวจผู้ป่วยนอก และในวันประชุมผู้สูงอายุ ที่โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี วันที่ 15-30 พฤษภาคม 2559

ภาพกิจกรรมวันลงทะเบียนอาสาสมัครเพื่อตรวจคัดกรอง และชี้แจงรายละเอียดโครงการ
ที่โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี

การลงทะเบียน

การตรวจคัดกรองเบื้องต้น

การชี้แจงโครงการวิจัย และตอบข้อซักถาม

วันที่ 30 พฤษภาคม 2559 ณ โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี จังหวัดชลบุรี

5.2 การรับสมัครอาสาสมัครที่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัย ที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบางทราย

การประชาสัมพันธ์โครงการ และรับสมัครอาสาสมัครในวันประชุม
กลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุขชุมชน (อสม.) เทศบาลตำบลบางทราย 6 มิถุนายน 2559

ภาพกิจกรรมวันลงทะเบียนอาสาสมัครเพื่อตรวจคัดกรอง และชี้แจงรายละเอียดโครงการ
ที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบางทราย

ลงทะเบียน

ตรวจคัดกรองเบื้องต้น

การชี้แจงโครงการวิจัย และตอบข้อซักถาม
วันที่ 20 มิถุนายน 2559 ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบางทราย จังหวัดชลบุรี

5.3 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการลุกขึ้นยืน

แนะนำทีมวิจัยในการตรวจประเมิน

ชี้แจงรายละเอียดในการตรวจประเมิน

การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วย Hand-held dynamometer

การทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (Five-Time-Sit-To-Stand-Test: FTSST)

การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และทดสอบการลุกขึ้นยืน 5 ครั้ง (FTSST)

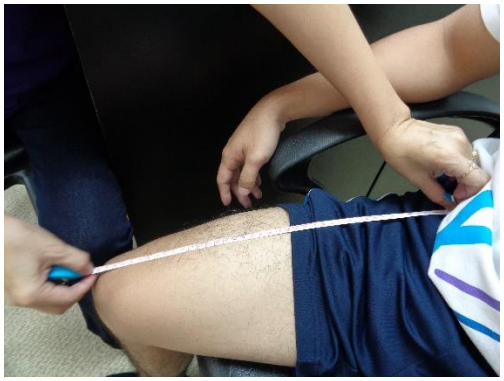
วัดก่อนการทดลอง วันที่ 2-3 และ 9-10 กรกฎาคม 2559

วัดหลังการทดลอง วันที่ 6-7 และ 13-14 สิงหาคม 2559

ณ ห้องชมรมศิษย์เก่า วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

5.4 การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

5.4.1 การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ



การวัดเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดขั้วอิเล็กโทรด และการติดเทปกาวทับบนอิเล็กโทรดเพื่อยึดขั้วอิเล็กโทรดให้ติดกับผิวหนัง

การติดขั้วอิเล็กโทรดสำหรับกล้ามเนื้อขาในกลุ่มตัวอย่าง

การต่อขั้วอิเล็กโทรดกับเครื่อง Neuroscan system เพื่อวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

5.4.2 การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง และวัดตำแหน่งในการใส่หมวกอิเล็กโทรด

การใส่หมวกอิเล็กโทรดตามระบบ 10-20

การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเครื่อง Neuroscan system และอุปกรณ์เสริม คือ เซ็นเซอร์ติดที่เก้าอี้ และเซ็นเซอร์ติดที่แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดเหนือศีรษะ ที่ติดกับโครงปรับระดับตามความสูงของตัวอย่าง เพื่อบันทึกจังหวะเริ่มต้นในการลุกขึ้นยืนจนกระทั่งยืนตรง

การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าสมอง

วัดก่อนการทดลอง วันที่ 2-3 และ 9-10 กรกฎาคม 2559

วัดหลังการทดลอง วันที่ 6-7 และ 13-14 สิงหาคม 2559

ณ ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

5.5 กิจกรรมระหว่างทดลอง การเข้าร่วมโปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกาย (กลุ่มทดลอง) กลุ่มละ 8-10 คนต่อรอบ

กิจกรรมจัดที่ ห้องอเนกประสงค์ โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี จังหวัดชลบุรี

วันที่ 4 กรกฎาคม – 12 สิงหาคม 2559 เวลา 9.00 – 16.00 น.

5.6 กิจกรรมระหว่างทดลอง การเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปสำหรับผู้สูงอายุ (กลุ่มควบคุม) กลุ่มละ 8-10 คนต่อรอบ

กิจกรรมจัดที่ ห้องอเนกประสงค์ โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี จังหวัดชลบุรี

วันที่ 4 กรกฎาคม – 12 สิงหาคม 2559 เวลา 9.00 – 16.00 น.

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวบุญรัตน์ โง้วตระกูล
วัน เดือน ปี เกิด	5 มีนาคม 2509
สถานที่เกิด	อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 414/7 ซอยไผ่สิงห์โต ถนนพระราม 4 แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110

ตำแหน่ง และประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2531	อาจารย์อาสาสมัคร ภาควิชากายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2532	นักกายภาพบำบัด มูลนิธิเพื่อเด็กพิการ
พ.ศ. 2533	นักกายภาพบำบัด โรงพยาบาลเทพธารินทร์
พ.ศ. 2533 – 2535	Physical Therapist, The Shield Institute, U.S.A.
พ.ศ. 2536 – ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำ คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2531	วิทยาศาสตรบัณฑิต (กายภาพบำบัด) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2535	M.A. Physical Therapy (Management of Developmental Disabilities), NYU, U.S.A.
พ.ศ. 2560	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา) วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ผลงานวิจัย

Poliny Ung, Boonrat Ngowtrakul, Ratchakorn Chotpradit and Nattapas Thavornwong. (2559). Spatial ability test for upper-elementary school student: Confirmatory factor and normative data analysis. *Journal of the Association of Researchers, 21*(2), 48-57.

บุญรัตน์ โง้วตระกูล, เสรี ชัดแช้ม และปรัชญา แก้วแก่น. (2560). การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความเร็วในการลุกขึ้นยืนโดยใช้โปรแกรมควบคุมจินตภาพการเคลื่อนไหวร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 15*(2), in press.

พรรณปภรณ์ ลีวิโรจน์, บุญรัตน์ โง้วตระกูล และดาริกา กูลแก้ว. (2560). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการสูบบุหรี่และผลการพัฒนาโปรแกรมการปรับความคิดและพฤติกรรมเพื่อลดการสูบบุหรี่ในวัยรุ่นนอกระบบการศึกษา. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 37*(4), in press.