Chula Med J Vol. 61 No. 6 November- December 2017

ผลของการลุกขึ้นยืนและจินตนาการลุกขึ้นยืนต่อลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองของผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี

สมภิยา สมถวิล* กนกวรรณ ศรีสุภรกรกุล**
ศิวฤทธิ์ รัศมีจันทร์*** อรอุมา บุณยารมย์*

Somthavil S, Srisupornkornkool K, Rassameejan S, Boonyarom O. The effect of sit-to-stand and imagined sit-to-stand on the electroencephalograms features of healthy elderly. Chula Med J 2017 Nov – Dec; 61(6): 757 - 70

Background : *Sit-to-stand (STS) is a basic movement that is fundamental to everyday life. In older people who have less strength and limited balance, it is important to be able to stand both easily and safely. The activation of the neuromuscular system to the target organs for better function is essential. Motor imagery (MI) is a procedure that can increase the activation of the nervous system. Because of the motor imagery, there is a movement similar to the physical movement that occurs, but the imagery is not physically performing that movement. Central nervous system function during the performance of motor imagery can be studied using various methods, such as electroencephalography (EEG) measurements, a non-invasive technique. This study is the basis for developing a program for increasing the sit-to-stand ability of older people and those with impaired mobility.*

Objective : *To study imagined and physical sit-to-stand movements through the electroencephalograms of healthy elderly people.*

Methods : *Nineteen healthy participants aged between 60 and 69 years were involved in this study. The electroencephalography (EEG) signals were recorded in three conditions: prior to sit-to-stand, during sit-to-stand, and during imagined sit-to-stand.*

* ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
** ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
*** โรงพยาบาลพุทธชินราช

Results : *In terms of the frontal, temporal, parietal, and occipital lobes, the electroencephalography features showed a beta wave (14 – 17 Hz) prior sit-to-stand, during sit-to-stand, and while imagining sit-to-stand. However, a significant difference (P <0.05) was found between the electroencephalography features of the parietal and occipital lobes between the prior to sit-to-stand and during sit-to-stand conditions and the imagining sit-to-stand condition. A beta wave (14 – 17 Hz) was found prior to sit-to-stand and during sit-to-stand at 89.5%, while a beta wave (14 – 17 Hz) was found at 52.6% during imagined sit-to-stand.*

Conclusion : *The electroencephalography features for the frontal, temporal, parietal, and occipital lobes, namely beta waves, were similar for both the physical sit-to-stand and the imagined sit-to-stand conditions. The brain function observed during imagined sit-to-stand had a function similar to that of physical movement, especially in the frontal and temporal lobes of healthy older adults.*

Keywords : *Electroencephalography, motor imagery, sit to stand.*

Correspondence to: Somthavil S. Department of Sports Science and Health, Faculty of Sports Science, Kasetsart University, Tambon Kamphaeng Saen, Amphoe Kamphaeng Saen, Nakorn Pathom 73140. E-mail address: fsssys@ku.ac.th

Received for publication. July 3, 2017.

สมภิยา สมถวิล, กนกวรรณ ศรีสุภรกรกุล, ศิวฤทธิ์ รัศมีจันทร์, อรอุมา บุณยารมย์. ผลของการลุกขึ้นยืนและจินตนาการลุกขึ้นยืนต่อลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองของผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี. จุฬาลงกรณ์เวชสาร 2560 พ.ย. – ธ.ค.; 61(6) : 757 – 70

เหตุผลของการทำวิจัย : *การลุกขึ้นยืนเป็นการเคลื่อนไหวพื้นฐานที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน ในผู้สูงอายุที่มีความแข็งแรงและการทรงตัวลดลง เป็นปัจจัยสำคัญในการลุกขึ้นยืนจากท่านั่งได้อย่างง่ายและปลอดภัย การกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทสั่งการมายังอวัยวะเป้าหมายให้ทำงานดีขึ้นเป็นสิ่งจำเป็น การจินตนาการเคลื่อนไหว เป็นกระบวนการที่สามารถเพิ่มการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทสั่งการ เนื่องจากการจินตนาการเคลื่อนไหว (motor imagery; MI) มีกระบวนการทำงานคล้ายกับการเคลื่อนไหวทางร่างกายที่เกิดขึ้น แต่มีความแตกต่างกันที่การจินตนาการจะไม่เห็นการเคลื่อนไหวทางกายเกิดขึ้น การประเมินการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง ในขณะจินตนาการเคลื่อนไหวสามารถประเมินได้หลายวิธี อาทิการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (electroencephalography; EEG) ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่รุกล้ำเข้าไปในร่างกาย การศึกษานี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการเพิ่มสมรรถภาพในการลุกขึ้นยืนในผู้สูงอายุและในผู้ที่มีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหวได้*

วัตถุประสงค์ : *เพื่อศึกษาจินตนาการลุกขึ้นยืนกับการลุกขึ้นยืนจริง โดยวัดจากชนิดของคลื่นไฟฟ้าสมอง ในผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี*

วิธีทำการวิจัย : *อาสาสมัครจำนวน 19 ราย อายุระหว่าง 60 - 69 ปี วัดคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนทำการลุกขึ้นยืน ในขณะทำการลุกขึ้นยืน และในขณะทำการจินตนาการลุกขึ้นยืน*

ผลการศึกษา : *พบลักษณะคลื่นไฟฟ้าบริเวณสมองส่วน frontal lobe, temporal lobe, parietal lobe และ occipital lobe เป็นคลื่นเบต้า (14 - 17 Hz) ก่อนทำการลุกขึ้นยืน ในขณะทำการลุกขึ้นยืน และในขณะทำการจินตนาการลุกขึ้นยืน อย่างไรก็ตามลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณ parietal และ occipital lobe พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างก่อนลุกขึ้นยืน ขณะลุกขึ้นยืนกับขณะจินตนาการลุกขึ้นยืน โดยพบคลื่นเบต้า (14 - 17 Hz) ในช่วงก่อนทำการลุกขึ้นยืนและขณะลุกขึ้นยืน คิดเป็นร้อยละ 89.5 แต่ในขณะจินตนาการลุกขึ้นยืน พบคลื่นเบต้า (14 - 17 Hz) คิดเป็นร้อยละ 52.6*

สรุป : *ลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกขึ้นยืนกับจินตนาการลุกขึ้นยืนที่บริเวณสมองส่วน frontal lobe, temporal lobe, parietal lobe และ occipital lobe มีลักษณะคล้ายกัน คือ เป็นคลื่นเบต้า ดังนั้นอาจสรุปได้ว่ากระบวนการทำงานของสมองในขณะจินตนาการเคลื่อนไหวมีกระบวนการทำงานคล้ายกับการเคลื่อนไหวจริง โดยเฉพาะในบริเวณสมองส่วน frontal lobe และ temporal lobe ในผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี*

คำสำคัญ : *คลื่นไฟฟ้าสมอง, การจินตนาการเคลื่อนไหว, การลุกขึ้นยืน.*

การลุกขึ้นยืน (sit-to-stand; STS) เป็นการเคลื่อนไหวพื้นฐานที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน เนื่องจากการทำกิจกรรมในหลาย ๆ กิจกรรมจะกระทำในท่ายืนและการลุกขึ้นยืนจากท่านั่งหรือนอน ถือเป็นการเคลื่อนไหวที่จำเป็นต้องเกิดก่อนการเดินไปในที่ต่าง ๆ[1,2] ในคนปกติทั่วไปจะลุกขึ้นยืนประมาณ 45 – 65 ครั้งต่อวัน ซึ่งถือว่าเป็นกิจกรรมที่ทำบ่อยกิจกรรมหนึ่ง การลุกขึ้นยืนต้องอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะกล้ามเนื้อขาและการทรงตัวที่ดี[3 - 5] มีการศึกษาพบว่าการลุกขึ้นยืนต้องอาศัยแรงโมเมนตัม (momentum) สูงถึง 4.7 เท่าของน้ำหนักตัวกระทำต่อขาทั้งสองข้าง ดังนั้นการลุกขึ้นยืนถือเป็นกิจกรรมที่ท้าทาย โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่มีความแข็งแรงและการทรงตัวลดลง[3] ความสามารถในการลุกขึ้นยืนที่ลดลงสัมพันธ์กับปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดการล้ม[6] และความสามารถในการลุกขึ้นยืนยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุ ผู้ป่วยทางระบบประสาท เช่น ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (stroke)[7] และผู้ป่วย Parkinson[8] เป็นต้น และผู้ป่วยทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น อักเสบข้อ (arthritis)[9] และกระดูกข้อสะโพกหัก (hip fracture)[10] เป็นต้น การเพิ่มความสามารถในการลุกขึ้นยืนจึงเป็นเป้าหมายหลักในโปรแกรมการฟื้นฟู ทั้งในผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหวและผู้สูงอายุให้สามารถลุกขึ้นยืนจากท่านั่งได้ง่ายและปลอดภัย[11]

ในการฟื้นฟูความสามารถในการลุกขึ้นยืน ได้มีการพัฒนาวิธีการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการลุกขึ้นยืนอยู่หลายวิธี เช่น การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการให้แรงต้าน[11 - 15] และโปรแกรมการฝึกการเคลื่อนไหวที่จำเพาะเจาะจง (task-specific training program) เช่น การฝึกลุกขึ้นยืนซ้ำ ๆ สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ทำให้การลุกขึ้นยืนดีขึ้น เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามการฝึกโดยการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวทางกายอาจมีข้อจำกัดสำหรับบุคคลที่มีความอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ มีความบกพร่องในการเคลื่อนไหว หรือความบกพร่องในการทรงตัว ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาวิธีที่จะกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง โดยเฉพาะการกระตุ้นส่วนของการวางแผนการเคลื่อนไหวให้ทำงานดีขึ้น เพื่อหวังผลในการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทสั่งการมายังอวัยวะเป้าหมายให้ทำงานดีขึ้น และเพิ่มความสามารถในการทำกิจกรรมที่ต้องการได้ดีขึ้น ด้วยวิธีดังกล่าวคือการจินตนาการเคลื่อนไหว (motor imagery; MI) เนื่องจากการทำงานของการจินตนาการเคลื่อนไหว (MI) คล้ายกับกระบวนการทำงานของการเคลื่อนไหวทางร่างกายที่เกิดขึ้น (physical movement) ทำให้การเคลื่อนไหวทั้งสองแบบมีคุณสมบัติเหมือนกัน ในแง่ของระยะเวลาในการเคลื่อนไหวต่อระยะทาง[15,16] speed-accuracy trade off ตามกฎของ Fitts' slaw และมีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมือนกัน[17] ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ที่เหมือนกันนี้ เกิดทั้งการเคลื่อนไหวอย่างง่าย (simple movement) และการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน ที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายหลายส่วนร่วมกัน (complex body movement) ดังนั้นการจินตนาการเคลื่อนไหว (MI) ถือเป็นการเลียนแบบการเคลื่อนไหวทางกาย แต่มีความแตกต่างกันที่การจินตนาการนั้นจะไม่เห็นการเคลื่อนไหวทางกายเกิดขึ้น

การจินตนาการเคลื่อนไหว (MI) นั้นมุ่งเน้นการเคลื่อนไหวของร่างกาย จึงมีบทบาทสำคัญในทางการแพทย์ โดยเฉพาะการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการเคลื่อนไหว การศึกษาหลายการศึกษามีความเห็นพ้องกันว่าการจินตนาการเคลื่อนไหว (MI) สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ[18,19] เพิ่มความเร็วของการเคลื่อนไหวของแขน[20] เพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก[21] เพิ่มความสามารถในการควบคุมการทรงท่า[22,23] การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผลของการจินตนาการเคลื่อนไหว (MI) ต่อระบบประสาทส่วนกลางที่ควบคุมการสั่งการ (higher-level control) ให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายหลายส่วนร่วมกัน (complex body movement) โดยเฉพาะการลุกขึ้นยืน ยังมีการศึกษาอยู่จำนวนน้อย การศึกษาส่วนใหญ่วัดเวลา (mental chronometry) เป็น

ตัวบ่งบอกการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางที่ควบคุมการสั่งการ (higher-level control) โดยพบว่าใช้เวลาในการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกันทั้งการเคลื่อนไหวทางกายและการจินตนาการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นไปตาม Fitts'slaw ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนไหวของแขน มือและการเดิน[24 - 28]

สำหรับการศึกษาการลุกขึ้นยืนของ Skoura X. และคณะ[28] ทำการศึกษาเปรียบเทียบ mental chronometry ระหว่างการลุกขึ้นยืนและนั่งลงและจินตนาการลุกขึ้นยืนและนั่งลง พบว่าเวลาที่ใช้ในการจินตนาการเร็วกว่าการลุกขึ้นยืนและนั่งลงจริง แต่ถ้าวิเคราะห์เวลาลุกขึ้นยืนแยกจากเวลานั่งลง พบว่าเวลาที่ใช้ในการลุกขึ้นยืนเร็วกว่าเวลาที่ใช้ในการนั่งลง แต่การจินตนาการลุกขึ้นยืนและนั่งลงที่ใช้เวลาไม่ต่างกัน ทำให้เวลารวมตลอดการเคลื่อนไหวจริงต่างจากการจินตนาการ การศึกษาของ Srisupornkornkool K. [29] ได้ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนไหวในการลุกขึ้นยืนและจินตนาการลุกขึ้นยืนในผู้ใหญ่อายุ 18 - 30 ปี และผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี พบว่าเวลาในการลุกขึ้นยืนไม่แตกต่างกับเวลาที่ใช้ในการจินตนาการลุกขึ้นยืน

ถึงแม้ว่าจากหลักฐานที่กล่าวมาส่วนใหญ่รายงานว่าเวลาในการเคลื่อนไหวทางกายไม่แตกต่างกับเวลาในการจินตนาการเคลื่อนไหว ทั้งรูปแบบการเคลื่อนไหวเฉพาะส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นส่วนแขนหรือการเคลื่อนไหวทั้งร่างกาย เช่น การเดินและการลุกขึ้นยืน เป็นต้น แต่ยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าการเคลื่อนไหวทั้งสองแบบเหมือนหรือต่างกันในทุกช่วงอายุ เนื่องจากผู้สูงอายุมีรูปแบบการเคลื่อนไหวแตกต่างจากช่วงอายุอื่น ๆ [4,11,30] นอกจากนี้การศึกษาส่วนใหญ่วัดผลลัพธ์ (measure outcome) ในระดับพฤติกรรม (behavioural outcome) เท่านั้น ซึ่งไม่ได้บ่งบอกถึงการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางที่ควบคุมการเคลื่อนไหวอย่างแท้จริง ถึงการเปลี่ยนแปลงระดับประสาทสรีรวิทยา จึงมีความจำเป็นในการที่จะเข้าใจถึงกระบวนการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางในขณะจินตนาการเคลื่อนไหว

การศึกษาถึงผลของการจินตนาการเคลื่อนไหว (MI) ต่อระบบประสาทส่วนกลางที่ควบคุมการสั่งการ (higher-level control) ในขณะลุกขึ้นยืนที่กล่าวข้างต้นไม่ได้เป็นวิธีที่วัดการทำงานของสมองโดยตรง การวัดการทำงานของสมองสามารถวัดได้โดยวิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (electroencephalography; EEG) ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่รุกล้ำเข้าไปในร่างกาย (non-invasive) ทำได้ง่าย สะดวก ไม่มีอันตรายใด ๆ ที่ผ่านมายังไม่พบรายงานถึงการศึกษาการทำงานของสมองด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะจินตนาการลุกขึ้นยืน ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการทำงานของสมอง (higher-level control) ในขณะจินตนาการลุกขึ้นยืนเปรียบเทียบผลกับการลุกขึ้นยืนจริงในผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี โดยวัดจากชนิดของคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งผลจากการศึกษาวิจัยนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการเพิ่มสมรรถภาพในการลุกขึ้นยืน โดยเฉพาะในผู้สูงอายุ และในผู้ที่มีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหวต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครจำนวน 19 ราย อายุระหว่าง 60 - 69 ปี[31] โดยเฉลี่ยอายุ 65.0 ± 2.4 ปี ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ในขณะลุกขึ้นยืนและจินตนาการลุกขึ้นยืน อาสาสมัครจะถูกคัดเลือกจากผู้สูงอายุภายนอกจากชุมชนโดยรอบมหาวิทยาลัยนเรศวร อาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการต้องมีความสามารถในการลุกขึ้นยืนได้ด้วยตนเองหลายครั้งติดต่อกัน ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทรงตัว และการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยทางจิต (mental disorder) สามารถเข้าใจคำสั่งหรือคำอธิบายต่าง ๆ ได้ และมีความสมัครใจในการเข้าร่วมโครงการ อาสาสมัครจะถูกคัดออกเมื่ออาสาสมัครมีความสามารถของการทำงานของสมอง <22 เมื่อทดสอบโดย mini-mental state examination (MMSE; ฉบับภาษาไทย) ความสามารถใน

การจินตนาการ <20 เมื่อทดสอบโดย movement imagery questionnaire-revised (MIQ-R)[32] อาสาสมัครมีโรคประจำตัวที่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่ โรคลมชัก และอาสาสมัครรับประทานยาที่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้าสมอง เช่น ยาในกลุ่ม benzodiazapines หรือกลุ่ม antidepressants เป็นต้น

อาสาสมัครที่สนใจเข้าร่วมโครงการได้รับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ และรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยให้ทราบ อาสาสมัครยินดีเข้าร่วมการวิจัยได้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยกับผู้วิจัย ซึ่งผ่านการรับรองจริยธรรมในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการทดสอบในห้องทดลองที่ปราศจากเสียงรบกวนที่โรงพยาบาลพุทธชินราช อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ที่สามารถปรับระดับความสูงได้พอดีกับขาท่อนล่างและเท้าวางราบบนพื้น ผู้วิจัยคนที่ 1 ทำการจัดท่าทางและตำแหน่งในการนั่ง โดยส้นเท้าห่างกันประมาณ 10 เซนติเมตร มุมของข้อเท้าประมาณ 10 องศาของการงอ และมุมของข้อเข่าประมาณ 100 - 105 องศาของการงอ[33] ซึ่งทำการวัดโดยเครื่องวัดองศาการเคลื่อนไหว (handheld goniometer) อาสาสมัครนั่งลึกจากขอบเก้าอี้ประมาณ 2 ใน 3 ของความยาวของต้นขาตำแหน่งของเท้าต้นขาและก้น ถูกทำเครื่องหมายไว้เพื่อให้ได้ท่าเริ่มต้นที่เหมือนกันทุกครั้ง จากนั้นทำการติดขั้วไฟฟ้าบนหนังศีรษะโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้วิจัยคนที่ 2 เพื่อทำการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งก่อนทำการลุกขึ้นยืน ในขณะทำการลุกขึ้นยืนและในขณะทำการจินตนาการลุกขึ้นยืน

แต่ละครั้งของการทดสอบ อาสาสมัครต้องอยู่ในท่าเริ่มต้นตัวตรง และแขนห้อยข้างลำตัว อาสาสมัครได้รับการอธิบายถึงวิธีการลุกขึ้นยืน และจินตนาการลุกขึ้นยืนจากผู้วิจัยคนที่ 3 โดยอาสาสมัครยืนโดยความเร็วปกติที่ทำอยู่ในชีวิตประจำวัน ขณะยืนให้ลืมตาและไม่ให้ใช้มือในการช่วยลุกขึ้นยืน สำหรับการจินตนาการลุกขึ้นยืนนั้นให้จินตนาการลุกขึ้นยืนด้วยความเร็วปกติเหมือนลุกขึ้นยืนจริง แต่ให้หลับตาขณะทำการจินตนาการโดยรู้สึกว่าตัวเองกำลังลุกขึ้นยืน

อาสาสมัครฝึกลุกขึ้นยืน 2 ครั้งและบันทึกข้อมูล 3 ครั้ง ตามด้วยการฝึกจินตนาการลุกขึ้นยืน 2 ครั้ง และบันทึกข้อมูล 3 ครั้งเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยแต่ละกิจกรรม พักประมาณ 5 นาที หรือจนกว่าอาสาสมัครจะไม่มีอาการเหนื่อยล้า พร้อมที่จะทำกิจกรรมต่อไปอาสาสมัครได้ยินคำสั่ง “เตรียมพร้อม....เริ่มได้” จากโปรแกรมวัดเวลาการเคลื่อนไหวหลังจากคำสั่ง “เริ่มได้” ให้อาสาสมัครทำการลุกขึ้นยืนหรือจินตนาการลุกขึ้นยืน โปรแกรมจะเริ่มจับเวลาหลังจากคำสั่ง “เริ่มได้” และหยุดจับเวลาเมื่ออาสาสมัครกดปุ่ม เพื่อหยุดเวลาหลังจากทำกิจกรรมนั้นเสร็จ และเตรียมตัวทำการทดสอบครั้งต่อไป การจับเวลาใช้โปรแกรมวัดเวลาการเคลื่อนไหวที่มีความละเอียด 1 มิลลิวินาที ในขณะที่อาสาสมัครทำการลุกขึ้นยืน หรือการจินตนาการลุกขึ้นยืนถูกวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG)

การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง

- การเตรียมตัวก่อนมาทำการทดลอง อาสาสมัครต้องสระผมด้วยแชมพู ห้ามใช้ครีมนวดและล้างผมให้สะอาดปล่อยให้แห้ง ไม่ควรใส่น้ำมันแต่งผม เจลแต่งผมหรือฉีดสเปรย์ เพราะการวัดต้องวางขั้วไฟฟ้าบนหนังศีรษะ หากหนังศีรษะสกปรกหรือมันจะเกิดแรงต้านทานไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้ากับหนังศีรษะ ซึ่งมีผลต่อการบันทึกภาพคลื่นไฟฟ้าสมองได้ และอาสาสมัครควรรับประทานอาหารตามปกติ เพราะถ้าอดอาหารอาจทำให้คลื่นไฟฟ้าสมองเกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ แต่ให้งดเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน ได้แก่ กาแฟ ชา น้ำอัดลม ช็อกโกแลต อย่างน้อย 8 – 12 ชั่วโมงก่อนตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) เพราะคาเฟอีนจะออกฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางจะมีผลต่อคลื่นไฟฟ้าสมองได้

- การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) (Nihon Kohden EEG 4418A) ผู้เชี่ยวชาญทำการวัดศีรษะเพื่อหาตำแหน่งวางขั้วไฟฟ้าบนหนังศีรษะจำนวน 21 จุด และขั้วอ้างอิง 2 จุด ที่บริเวณกระดูก mastoid ดังรูปที่ 1 ตามวิธี

มาตรฐานสากล ทำความสะอาดหนังศีรษะบริเวณวางขั้วไฟฟ้าด้วยน้ำยาสำหรับทำความสะอาดผิวหนังโดยเฉพาะ แล้ววางขั้วไฟฟ้าบนหนังศีรษะในแต่ละตำแหน่ง ทำการบันทึกภาพคลื่นไฟฟ้าสมอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

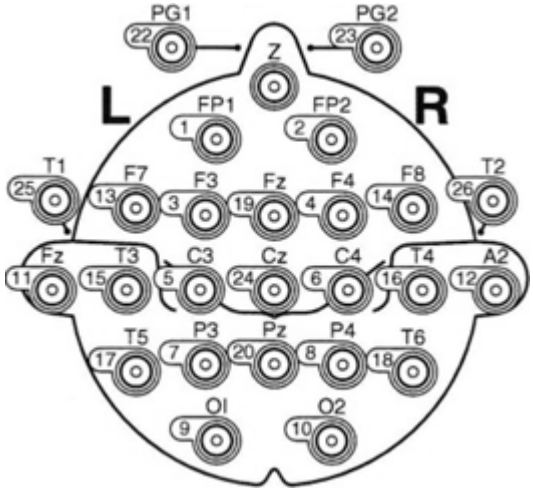
ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ อายุ คะแนนความสามารถของการทำงานของสมอง (MMSE) และคะแนนความสามารถในการจินตนาการ (MIQ-R) แสดงค่าเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD)

คลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) แสดงค่าเป็นจำนวนคนและร้อยละ (%) การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนทำการลุกขึ้นยืน ในขณะทำการลุกขึ้นยืนและจินตนาการลุกขึ้นยืนจะทำการทดสอบด้วยสถิติไคสแคว์ (Chi-square test) โดยค่าที่ได้จะถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

ผลการศึกษา

คุณลักษณะทางกายภาพ

อาสาสมัครมีอายุระหว่าง 60 - 69 ปี (ค่าเฉลี่ย 65.0 ± 2.4 ปี) โดยเป็นเพศชาย 6 ราย และเพศหญิง 13 ราย คะแนนความสามารถของการทำงานของสมอง (MMSE) มีค่าอยู่ระหว่าง 20 - 29 คะแนน (ค่าเฉลี่ย 26.1 ± 2.7 คะแนน) คะแนนความสามารถในการจินตนาการ ((MIQ-R): kinesthetic imagery (KI)) มีค่าอยู่ระหว่าง 23 – 28 คะแนน (ค่าเฉลี่ย 26.3 ± 1.2 คะแนน) และคะแนนความสามารถในการจินตนาการ ((MIQ-R): visual imagery (VI)) มีค่าอยู่ระหว่าง 24 - 28 คะแนน (ค่าเฉลี่ย 26.2 ± 1.3 คะแนน)



รูปที่ 1. ตำแหน่งการติดขั้วไฟฟ้าบนหนังศีรษะ

ตารางที่ 1. แสดงคุณลักษณะทางกายภาพ

คุณลักษณะทางกายภาพ	**Mean ± SD**
อายุ (Age)	65.0 ± 2.4
คะแนนความสามารถของการทำงานของสมอง (MMSE)	26.1 ± 2.7
คะแนนความสามารถในการจินตนาการ (MIQ-R): Kinesthetic imagery (KI)	26.3 ± 1.2
คะแนนความสามารถในการจินตนาการ (MIQ-R): Visual imagery (VI)	26.2 ± 1.3

MMSE = mini mental state examination; MIQ-R = movement imagery questionnaire-revised

เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG)

ผลจากวิเคราะห์เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนทำการลุกขึ้นยืน ในขณะทำการลุกขึ้นยืน และ จินตนาการลุกขึ้นยืน พบว่าลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณ frontal lobe, temporal lobe, parietal lobe และ occipital lobe ไม่พบความถี่ที่แตกต่างกัน ระหว่างก่อนทำการลุกขึ้นยืน ขณะทำการลุกขึ้นยืน และจินตนาการลุกขึ้นยืน โดยคลื่นที่พบมีลักษณะเป็นคลื่นเบต้า (14 - 17 Hz) จำนวนมากที่สุดในสมองทุกบริเวณทั้งก่อนทำการลุกขึ้นยืน ในขณะทำการลุกขึ้นยืน และจินตนาการลุกขึ้นยืน ดังแสดงในตารางที่ 2

ลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณ parietal lobe พบว่ามีความถี่ที่แตกต่างกัน ระหว่างก่อนลุกขึ้นยืน ขณะลุกขึ้นยืนกับขณะจินตนาการลุกขึ้น โดยพบคลื่นเบต้า (14 - 17 Hz) ในช่วงก่อนทำการลุกขึ้นยืน และขณะลุกขึ้นยืน จำนวน 17 ราย คิดเป็นร้อยละ 89.5 แต่ในขณะจินตนาการลุกขึ้นยืนพบคลื่นเบต้า (14 -17 Hz) จำนวน 10 ราย คิดเป็นร้อยละ 52.6 คลื่นอัลฟ่าความถี่สูง (10.6 - 13 Hz) จำนวน 5 ราย คิดเป็นร้อยละ 52.6 คลื่นอัลฟ่าความถี่ต่ำ (8 - 10.5 Hz) จำนวน 4 ราย คิดเป็นร้อยละ 21.1 ดังแสดงในตารางที่ 2

ลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณ occipital lobe พบว่ามีความถี่ที่แตกต่างกัน ระหว่างก่อนลุกขึ้นยืน ขณะลุกขึ้นยืนกับขณะจินตนาการลุกขึ้น โดยพบคลื่นเบต้า (14 - 17 Hz) ในช่วงก่อนทำการลุกขึ้นยืนและขณะลุกขึ้นยืน จำนวน 17 ราย คิดเป็นร้อยละ 89.5 แต่ในขณะจินตนาการลุกขึ้นยืน พบคลื่นเบต้า (14 - 17 Hz) จำนวน 10 ราย คิดเป็นร้อยละ 52.6 คลื่นอัลฟ่าความถี่สูง (10.6 - 13 Hz) จำนวน 5 ราย คิดเป็นร้อยละ 52.6 คลื่นอัลฟ่าความถี่ต่ำ (8 - 10.5 Hz) จำนวน 4 ราย คิดเป็นร้อยละ 21.1 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงการเปรียบเทียบจำนวนคนในแต่ละช่วงความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนลุกขึ้นยืน ขณะลุกขึ้นยืน และขณะจินตนาการการลุกขึ้นยืน

Brain area	**ก่อนลุกขึ้นยืน จำนวนราย (ร้อยละ)**	**ขณะลุกขึ้นยืน จำนวนราย (ร้อยละ)**	**ขณะจินตนาการลุกขึ้นยืน จำนวนราย (ร้อยละ)**	*P*-value
Frontal lobe				
8 - 10.5 Hz	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
10.6 - 13 Hz	2 (10.5)	1 (5.3)	3 (15.8)	-
14 - 17 Hz	17 (89.5)	18 (94.7)	16 (84.2)	
Temporal lobe				
8 - 10.5 Hz	0 (0)	0 (0)	3 (15.3)	
10.6 - 13 Hz	2 (10.5)	1 (5.3)	4 (21.1)	-
14 - 17 Hz	17 (89.5)	18 (94.7)	12 (63.2)	
Parietal lobe				
8 - 10.5 Hz	0 (0)	0 (0)	4 (21.1)	
10.6 - 13 Hz	2 (10.5)	2 (10.5)	5 (26.3)	.016*
14 - 17 Hz	17 (89.5)	17 (89.5)	10 (52.6)	
Occipital lobe				
8 - 10.5 Hz	0 (0)	0 (0)	4 (21.1)	
10.6 - 13 Hz	2 (10.5)	2 (10.5)	5 (26.3)	.016*
14 - 17 Hz	17 (89.5)	17 (89.5)	10 (52.6)	

* = P <0.05, 8 - 10.5 Hz = คลื่นอัลฟ่า ความถี่ต่ำ, 10.6 - 13 Hz = คลื่นอัลฟ่า ความถี่สูง, 14 - 17 Hz = คลื่นเบต้า

วิจารณ์

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาการเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะลุกขึ้นยืนกับการจินตนาการลุกขึ้นยืน อาสาสมัครในการศึกษานี้มีจำนวน 19 ราย ช่วงอายุระหว่าง 60 – 69 ปี และอาสาสมัครทุกคนมีคะแนนความสามารถของการทำงานของสมองและความสามารถในการจินตนาการอยู่ในเกณฑ์ปกติ

จากการศึกษาพบว่าคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนลุกขึ้นยืน ในขณะลุกขึ้นยืนและขณะจินตนาการลุกขึ้นยืนบริเวณสมองส่วน frontal lobe, temporal lobe, parietal lobe และ occipital lobe มีลักษณะเป็นคลื่นเบต้า (14 - 17 Hz) เป็นส่วนใหญ่ ถึงแม้ว่าบริเวณสมองส่วน parietal lobe และ occipital lobe พบลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะจินตนาการเป็นคลื่นอัลฟ่าความถี่สูง (10.6 - 13 Hz) และคลื่นอัลฟ่าความถี่ต่ำ (8 - 10.5 Hz) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ

การพบคลื่นอัลฟ่าบ่งบอกถึงการผ่อนคลาย หรือสมองถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้าน้อยลง[34] จากการศึกษาพบคลื่นอัลฟ่าที่สมองบริเวณ parietal lobe และ occipital lobe ในขณะจินตนาการ แสดงว่าสมองบริเวณดังกล่าวมีการผ่อนคลายหรือลดการทำงานลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Guillot A. และคณะ [35] พบว่าการจินตนาการเห็นการเคลื่อนไหวของตัวเอง (first-person and visual MI) จะกระตุ้นสมองต่างจากการจินตนาการรู้สึกถึงการเคลื่อนไหวของตัวเอง (first-person and kinesthetic MI) คือ ถ้าจินตนาการเห็นการเคลื่อนไหวจะกระตุ้นสมองบริเวณ occipital lobe และ superior parietal lobe แต่ถ้าจินตนาการรู้สึกถึงการเคลื่อนไหวจะกระตุ้นสมองส่วน inferior parietal lobe และในส่วน motor-related areas เช่น บริเวณ premotor area และ motor area เป็นต้น ในการศึกษานี้ได้ให้อาสาสมัครจินตนาการรู้สึกว่าตัวเองเคลื่อนไหวลุกขึ้นยืน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาดังกล่าวข้างต้น

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าในขณะจินตนาการสมองในส่วน temporal lobe และ frontal lobe จะถูกกระตุ้นให้ทำงาน ซึ่งคล้ายกับการทำงานของสมองในขณะลุกขึ้นยืนจริง เนื่องจากสมอง ในส่วน temporal lobe เป็นส่วนหนึ่งของ higher level sensory processing ซึ่งมีหน้าที่ในการแยกแยะข้อมูลและการแปลผลการรับรู้ (stimulus identification) และการเลือกการตอบสนอง (response selection)[36, 37] ถึงแม้ว่าการจินตนาการจะไม่มีตัวกระตุ้นจากสิ่งเร้าภายนอกมากระตุ้นสมองในส่วน sensory area (อยู่บริเวณสมองส่วน parietal lobe) แต่การจินตนาการจะใช้สิ่งเร้าจาก working memory[38,39] ซึ่งเป็นการทำงานของสมองบริเวณ higher level sensory processing ทำให้พบคลื่นสมองบริเวณดังกล่าวถูกกระตุ้น โดยเฉพาะบริเวณ temporal lobe และ parietal lobe ถึงแม้ว่าการศึกษานี้สมองบริเวณ parietal lobe จะพบคลื่นอัลฟ่าอยู่บ้าง แต่ส่วนใหญ่จะพบคลื่นเบต้า แสดงว่าสมองบริเวณนี้ยังมีการถูกกระตุ้น

นอกจากนี้ผลการศึกษายังพบว่าบริเวณ frontal lobe ถูกกระตุ้นในขณะจินตนาการลุกขึ้นยืนเช่นกัน เนื่องจากสมองบริเวณดังกล่าวเป็นส่วนสำคัญของการทำหน้าที่ executive movement ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสั่งการเคลื่อนไหว เนื่องจากการสั่งการการเคลื่อนไหวมีกระบวนการตั้งแต่การแยกแยะและรับรู้ข้อมูล (stimulus identification; โดยเฉพาะสมองส่วน prefrontal cortex และ association areas) การเลือกการตอบสนอง (response selection; โดยเฉพาะสมองส่วน prefrontal cortex และ associated area) และโปรแกรมการตอบสนอง (response programming; โดยเฉพาะสมองส่วน supplementary และ motorcortex)[37] โปรแกรมการตอบสนองจะเกี่ยวข้องกับการจัดการการเคลื่อนไหวในส่วนของ motor programme โดยจะเลือกกล้ามเนื้อที่ใช้ในการตอบสนอง เลือกแรงและเวลาที่เหมาะสมในการตอบสนอง[36]

ผลการศึกษาการทำงานของสมองในขณะจินตนาการลุกขึ้นยืนครั้งนี้จึงสนับสนุนการศึกษาที่ผ่านมา[39 - 41] ที่กล่าวว่ากระบวนการทำงานของสมองในขณะจินตนาการเคลื่อนไหวมีกระบวนการทำงานคล้ายกับการ

เคลื่อนไหวจริง แต่ต่างกันที่การจินตนาการเคลื่อนไหวจะไม่เห็นการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้น อาจเนื่องจากมีการยับยั้งกระแสประสาทที่ส่งมายังกล้ามเนื้อ ทำให้ไม่เห็นการเคลื่อนไหว[42] ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป จึงควรทำการวัดการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะจินตนาการลุกขึ้นยืน เพื่อดูว่ามีการสั่งการลงมายังกล้ามเนื้อบ้างหรือไม่ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการใช้เป็นโปรแกรมในการฝึกผู้ที่มีปัญหาเรื่องการเคลื่อนไหวต่อไป

สรุป

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองขณะการลุกขึ้นยืนกับจินตนาการลุกขึ้นยืนที่บริเวณสมองส่วน frontal lobe, temporal lobe, parietal lobe และ occipital lobe มีลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองคล้ายกันคือเป็นคลื่นเบต้า ดังนั้นอาจสรุปได้ว่ากระบวนการทำงานของสมองในขณะจินตนาการเคลื่อนไหวมีกระบวนการทำงานคล้ายกับการเคลื่อนไหวจริง โดยเฉพาะในบริเวณสมองส่วน frontal lobe และ temporal lobe

ข้อจำกัดของการศึกษา

1. เครื่องมือที่ใช้ประเมินการทำงานของสมองยังมีความละเอียดไม่มากพอ เนื่องจากไม่สามารถวัดการทำงานของสมองในส่วนที่อยู่ลึกกว่าชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ได้

2. เนื่องจากอาสาสมัครทั้งหมดมีความสามารถในการจินตนาการอยู่ในระดับสูง (คะแนน MIQ-R >20 คะแนน) ดังนั้นผลการวิจัยที่ได้อาจยังไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับบุคคลที่มีความสามารถในการจินตนาการในระดับต่ำหรือปานกลางได้

ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อ

1. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการใช้เครื่องมือที่สามารถประเมินการทำงานของสมองที่ละเอียดมากขึ้น เช่น fMRI (functional magnetic resonance imaging), PET scan (positron emission tomography) เนื่องจากสามารถวัดการทำงานของสมองในส่วนที่อยู่ลึกกว่าชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ได้

2. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการศึกษาถึงการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะจินตนาการลุกขึ้นยืน

3. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการศึกษาในบุคคลที่มีความสามารถในการจินตนาการในระดับต่ำหรือปานกลาง

4. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการศึกษาการวัดคลื่นสมองแบบเดียวกันนี้ ในกรณีใช้แรงภายนอกมาพยุงให้ลุกยืนขึ้นเลียนแบบท่ายืนของอาสาสมัคร เพื่อให้ได้ข้อมูลว่าการเคลื่อนไหวดังกล่าวมีผลจากการรับรู้การจินตนาการ หรือการรับรู้ร่วมกับความตั้งใจ

เอกสารอ้างอิง

1. Bohannon RW, Barreca SR, Shove ME, Lambert C, Masters LM, Sigouin CS. Documentation of daily sit-to-stands performed by community-dwelling adults. Physiother Theor Pract 2008; 24:437-42.
2. Dall PM, Kerr A. Frequency of the sit to stand task: An observational study of free-living adults. Appl Ergon 2010;41:58-61.
3. Khemlani MM, Carr JH, Crosbie WJ. Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. Clin Biomech (Bristol, Avon) 1999;14:236-46.
4. Roebroeck ME, Doorenbosch CA, Harlaar J, Jacobs R, Lankhorst GJ. Biomechanics and muscular activity during sit-to-stand transfer. Clin Biomech (Bristol, Avon) 1994;9:235-44.
5. Vander Linden DW, Brunt D, McCulloch MU. Variant and invariant characteristics of the sit-to-stand task in healthy elderly adults. Arch Phys Med Rehabil 1994;75:653-60.
6. Nevitt MC, Cummings SR, Hudes ES. Risk factors

for injurious falls: a prospective study. J Gerontol 1991;46:M164-70.

7. Cameron DM, Bohannon RW, Garrett GE, Owen SV, Cameron DA. Physical impairments related to kinetic energy during sit-to-stand and curb-climbing following stroke. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2003;18:332-40.
8. Inkster LM, Eng JJ, MacIntyre DL, Stoessl AJ. Leg muscle strength is reduced in Parkinson's disease and relates to the ability to rise from a chair. Mov Disord 2003;18:157-62.
9. Newcomer KL, Krug HE, Mahowald ML. Validity and reliability of the timed-stands test for patients with rheumatoid arthritis and other chronic diseases. J Rheumatol 1993;20: 21-7.
10. Zimmerman S, Hawkes WG, Hebel JR, Fox KM, Lydick E, Magaziner J. The lower extremity gain scale: a performance-based measure to assess recovery after hip fracture. Arch Phys Med Rehabil 2006;87:430-6.
11. Hughes MA, Myers BS, Schenkman ML. The role of strength in rising from a chair in the functionally impaired elderly. J Biomech 1996;29:1509-13.
12. Keysor JJ, Jette AM. Have we oversold the benefit of late-life exercise? J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2001;56:M412-23.
13. Seynnes O, Fiatarone Singh MA, Hue O, Pras P, Legros P, Bernard PL. Physiological and functional responses to low-moderate versus high-intensity progressive resistance training in frail elders. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2004;59:503-9.
14. Singh MA. Exercise comes of age: rationale and recommendations for a geriatric exercise prescription. J Gerontol A BiolSci Med Sci 2002;57:M262-82.
15. Sirigu A, Duhamel JR, Cohen L,Pillon B, Dubois B, Agid Y. The mental representation of hand movements after parietal cortex damage. Science 1996;273:1564-8.
16. Papaxanthis C, Schieppati M, Gentili R, Pozzo T. Imagined and actual arm movements have similar durations when performed under different conditions of direction and mass. Exp Brain Res 2002;143:447-52.
17. Cerritelli B, Maruff P, Wilson P, Currie J. The effect of an external load on the force and timing components of mentally represented actions. Behav Brain Res 2000;108:91-6.
18. Sidaway B, Trzaska AR. Can mental practice increase ankle dorsiflexor torque? Phys Ther 2005;85:1053-60.
19. Zijdewind I, Toering ST, Bessem B, Van Der LO, Diercks RL. Effects of imagery motor training on torque production of ankle plantar flexor muscles. Muscle Nerve 2003;28: 168-73.
20. Gentili R, Papaxanthis C, Pozzo T. Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. Neuroscience 2006;137:761-72.
21. Williams JG, Odley JL, Callaghan M. Motor imagery boosts proprioceptive neuromuscular facilitation in the attainment and retention of range-of -motion at the hip joint. J Sports Sci Med 2004;3:160-6.
22. Fansler CL, Poff CL, Shepard KF. Effects of mental practice on balance in elderly women. Phys Ther 1985;65:1332-8.

23. Hamel MF, Lajoie Y. Mental imagery. Effects on static balance and attentional demands of the elderly. Aging Clin Exp Res 2005;17: 223-8.
24. Choudhury S, Charman T, Bird V, Blakemore SJ. Adolescent development of motor imagery in a visually guided pointing task. Conscious Cogn 2007;16:886-96.
25. Decety J, Michel F. Comparative analysis of actual and mental movement times in two graphic tasks. Brain Cogn 1989;11:87-97.
26. Maruff P, Wilson PH, De Fazio J, Cerritelli B, Hedt A, Currie J. Asymmetries between dominant and non-dominant hands in real and imagined motor task performance. Neuropsychologia 1999;37:379-84.
27. Parsons LM. Imagined spatial transformation of one's body. J Exp Psychol Gen 1987;116: 172-91.
28. Skoura X, Papaxanthis C, Vinter A, Pozzo T. Mentally represented motor actions in normal aging. I. Age effects on the temporal features of overt and covert execution of actions. Behav Brain Res 2005;165:229-39.
29. Srisupornkornkool K. Effect of aging on the planning and execution of sit-to-stand movement [thesis]. Coventry, UK:The University of Warwick;2014.
30. Feland JB, Hager R, Merrill RM. Sit to stand transfer: performance in rising power, transfer time and sway by age and sex in senior athletes. Br J Sports Med 2005;39:e39.
31. Nussbaum JF, Coupland J. Handbook of communication and aging research. 2nd ed. London: Lawrence Erlbaum Associates;2004.
32. Hall CR, Martin KA. Measuring movement imagery abilities: a revision of the movement imagery questionnaire. J Mental Imagery 1997;21: 143-54.
33. Cheng PT, Liaw MY, Wong MK, Tang FT, Lee MY, Lin PS. The sit-to-stand movement in stroke patients and its correlation with falling. Arch Phys Med Rehabil 1998;79:1043-6.
34. อนุพันธ์ ภารศิลป์. การวิเคราะห์และจำแนกสัญญาณคลื่นสมองจากวิธีการสะกดตัวอักษรแบบ P300 [วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ;2549.
35. Guillot A, Collet C, Nguyen VA, Malouin F, Richards C, Doyon J. Brain activity during visual versus kinesthetic imagery: an fMRI study. Hum Brain Mapp 2009;30:2157-72.
36. Schmidt RA, Lee TD. Motor control and learning: A behavioral emphasis. 5th ed. Champaign, IL: Human Kinetics;2011.
37. Shumway-Cook A, Woolacott MH. Motor control: Translating research into clinical practice. 3rd ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins;2007.
38. Guillot A, Collet C. Contribution from neurophysiological and psychological methods to the study of motor imagery. Brain Res Brain Res Rev 2005;50:387-97.
39. Solodkin A, Hlustik P, Chen EE, Small SL. Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. Cereb Cortex 2004;14:1246-55.
40. Bakker M, De Lange FP, Helmich RC, Scheeringa R, Bloem BR, Toni I. Cerebral correlates of motor imagery of normal and precision gait. Neuroimage 2008;41:998-1010.

41. Orr EL, Lacourse MG, Cohen MJ, Cramer SC. Cortical activation during executed, imagined, and observed foot movements. Neuroreport 2008;19:625-30.

42. Hanakawa T, Dimyan MA, Hallett M. Motor planning, imagery, and execution in the distributed motor network: a time-course study with functional MRI. Cereb Cortex 2008; 18:2775-88.