ผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม

นางสาวณิชาภา คุ้มพะเนียด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Effect of Transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with Balance training in older adult with history of fall

Miss Nichapa Khumpaneid

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Medicine
Faculty of Medicine
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม
โดย	นางสาวณิชาภา คุ้มพะเนียด
สาขาวิชา	เวชศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมพล สงวนรังศิริกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะแพทยศาสตร์

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุทธิพงศ์ วัชรสินธุ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมพล สงวนรังศิริกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล)

.....กรรมการ

(แพทย์หญิง จิรภา แจ่มไพบูลย์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิง วิไล คุปต์นิรัติศัยกุล)

Chulalongkorn University

ณิชาภา คุ้มพะเนียด : ผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม (Effect of Transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with Balance training in older adult with history of fall) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. นพ. วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล, หน้า.

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial Direct Current Stimulation; tDCS) ร่วมกับการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน (Balance Training; BT) ในผู้สูงอายุสุขภาพดีที่เคยมีประวัติล้ม

การศึกษาวิจัยเชิงทดลองแบบ randomized control trial ในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม จำนวน 64 คน (อายุ 69.28±6.04 ปี ค่าดัชนีมวลกาย 23.6±3.77 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) อาสาสมัครจะถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 32 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการฝึกการทรงตัวพื้นฐานร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระแสจริง (BT+r-tDCS) และกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการฝึกการทรงตัวพื้นฐานร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระแสหลอก (BT+s-tDCS) อาสาสมัครจะได้รับการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 8 สัปดาห์ ซึ่งประกอบด้วย ช่วงการฝึกการทรงตัวร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้าที่สมองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และช่วงการฝึกการทรงตัวที่บ้านด้วยตนเอง 4 สัปดาห์ โดยมีการประเมินการทรงตัวก่อนทำการฝึก สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 และ 8 ซึ่งจะได้รับการประเมินการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง จากชุดการทดสอบ modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance; mCTSIB และการประเมินการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว จากชุดการทดสอบ Limits of Stability (LOS) โดยเครื่อง Neurocom Balance Master ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การทรงตัวขณะหยุดนิ่ง แสดงผลที่ดีขึ้นของค่าระยะทางการแกว่งของร่างกาย แต่ไม่ปรากฏความแตกต่างทางสถิติ ส่วนผลการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว แสดงค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบการทดสอบขีดจำกัดของความมั่นคง (LOS composite) ในสองพารามิเตอร์ คือ Endpoint excursion (EPE) และ Max excursion (MXE) มีการพัฒนาขึ้นในทั้งสองกลุ่ม ซึ่งกลุ่มทดลองที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าที่สมองมีคะแนนที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<.05$)

การฝึกการทรงตัวพื้นฐานร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทรงตัวแบบเคลื่อนไหว รวมถึงช่วยป้องกันและแก้ไขปัญหาการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้มได้

สาขาวิชา เวชศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5874031830 : MAJOR SPORTS MEDICINE
KEYWORDS: TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION (TDCS) / POSTURAL SWAY / AGING / FALLING

NICHAPA KHUMPANEID: Effect of Transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with Balance training in older adult with history of fall. ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMPOL SAGUANRUNGSIRIKUL, M.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. WASUWAT KITISOMPRAYUNKUL, M.D., pp.

This study aimed at investigating the effect of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) combined with Balance training (BT) in elderly people who have history of falls.

This study was a randomized control trial. Sixty-four participants of healthy elderly were recruited. (age 69.28±6.04 year, BMI 23.6±3.77 kg/m^2) Participants were devided into 2 groups. Each group was categorized into balance training with+real tDCS (BT+r-tDCS) and control group which were taken balance training with+sham tDCS (BT+s-tDCS). Participants will be trained 3 times/week during 8 weeks of experiment composed of 4 weeks for BT+tDCS and 4 weeks for home program (BT without tDCS). Before and after 4 and 8 weeks of training, participants were measured static balance “modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB)” and dynamic balance “Limits of Stability (LOS)” by using Neurocom Balance Master. Results showed that static balance score was improved but not significantly different between 2 groups. For dynamic balance, all parameters increased in both groups. Interestingly, Endpoint excursion (EPE) and Max excursion (MXE) of experimental group was significantly higher than control group ($p<.05$).

This study indicates that balance training combined with transcranial direct current stimulation could be used for new alternative balance rehabilitation to improve dynamic balance efficiency, prevent and solve the balance problem in older adult with history of fall.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study: Sports Medicine
Academic Year: 2017

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....
Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความกรุณาจาก รศ.นพ.สมพล สงวนรังศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผศ.นพ.วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ ข้อคิดเห็น และคำแนะนำช่วยเหลือตลอดจนความเอาใจใส่ในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในการดำเนินการวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ รศ.นพ.พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์ ประธานกรรมการสอบ รศ.พญ.วิไล คุปต์นิรัติศัยกุล กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย และอ.พญ.จิรภา แจ่มไพบูลย์ กรรมการวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่มีประโยชน์ในระหว่างการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณคลินิกฟื้นฟูผู้สูงอายุก้าวหน้า โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ อาคารผู้สูงอายุ (ส.ธ.) ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย และขอบคุณห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และห้องกายภาพบำบัด อาคาร 1 สวางคนิเวศ สภากาชาดไทย ที่เอื้ออำนวยสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ อาจารย์วิไล อโนมะศิริ อาจารย์คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับคำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ขอขอบคุณนายกิตติกร สีหาบุตร เจ้าหน้าที่ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ด้านการเดินและการเคลื่อนไหว โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย สำหรับการช่วยเหลือในการเป็นผู้ช่วยวิจัยในการทดสอบตลอดโครงการวิจัย ขอบคุณนางสาวนุชนาถ พรชัย และนายภัทราวุธ ขาวสนิท ที่คอยช่วยเหลือและแนะนำในเรื่องเอกสารและการดำเนินงาน และขอขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 64 ท่าน ที่ได้ให้ความร่วมมือตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลการวิจัย

ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้องและเพื่อนๆ นิสิตเวชศาสตร์การกีฬา ทุกคนเสมอมา และที่สำคัญคือ ทุนรัชดาภิเภษสมโภช คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มอบทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณและส่งความปรารถนาดีไปยังผู้ให้การช่วยเหลือ สำหรับการวิจัยนี้เป็นอย่างยิ่ง ตั้งแต่แรกจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย ทั้งทางด้านวิชาการและการดำเนินชีวิต คุณพ่อคุณแม่ และญาติพี่น้อง ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจในทุกๆด้านเสมอมา ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

คำย่อ 1

บทที่ 1 บทนำ 4

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 4

คำถามการวิจัย 6

วัตถุประสงค์การวิจัย 6

สมมุติฐานของการวิจัย (Hypothesis) 6

กรอบแนวคิดการวิจัย 7

คำสำคัญ 7

ข้อตกลงเบื้องต้น 8

คำนิยามเชิงปฏิบัติการที่ใช้ในงานวิจัย 8

รูปแบบการวิจัย 9

ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย 9

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

ผู้สูงอายุ 10

กลไกการชรา 10

อุบัติการณ์การล้ม 11

ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการพลัดตกหกล้ม 12

การประเมินความเสี่ยงในการล้ม 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

การทรงตัว (Balance) 17
กลไกที่ควบคุมการทรงตัว 17
การทดสอบการทรงตัวจากเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์ 18
การฝึกการทรงตัว 21
การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial Direct Current Stimulation; tDCS) 22
สรุปผลจากการทบทวนวรรณกรรม 29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 31
รูปแบบการวิจัย 31
ระเบียบวิธีวิจัย 31
เกณฑ์ในการคัดเข้าผู้ร่วมงานวิจัย (Inclusion criteria) 31
เกณฑ์ในการคัดออกจากการศึกษาวิจัย (Exclusion criteria) 31
การกำหนดกลุ่มประชากร (Sample size) 32
การเลือกกลุ่มประชากรตัวอย่าง 32
การคำนวณกลุ่มประชากรตัวอย่าง 33
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 34
ขั้นตอนการวิจัย 36
ขั้นตอนการทดสอบ 37
ขั้นตอนการฝึก 40
การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง 41
การฝึกการทรงตัวพื้นฐาน (balance training; BT) 42
การวิเคราะห์ข้อมูล 44
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 45
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย 45
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง 46
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว 51
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 58
สรุปผลการวิจัย 58
อภิปรายผลการวิจัย 59
ข้อเสนอแนะ 64
รายการอ้างอิง 65
ภาคผนวก 72
ภาคผนวก ก เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมงานวิจัย 73
ภาคผนวก ข เอกสารแสดงความยินยิมเข้าร่วมโครงการวิจัย 82
ภาคผนวก ค แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล 84
ภาคผนวก ง แบบสอบถามข้อมูลเพื่อคัดกรองเบื้องต้น 86
ภาคผนวก จ แบบบันทึกข้อมูลการวิจัย 88
ภาคผนวก ฉ แบบบันทึกข้อมูลการฝึกการทรงตัวด้วยตนเองที่บ้าน 90
ภาคผนวก ช ผลการทดสอบการวัดการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง จากชุดการทดสอบ mCTSIB โดยเครื่อง Neurocom Balance Master® 101
ภาคผนวก ซ ผลการทดสอบการวัดการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว จากชุดการทดสอบ Limits of Stability โดยเครื่อง Neurocom Balance Master® 102
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำย่อ

A-P	anteroposterior ทิศหน้า-หลัง
a-tDCS	anodal-Transcranial Direct Current Stimulation การกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ โดยใช้ขั้วแอโนด
BBS	Berg Balance Score ค่าคคะแนนการทดสอบการทรงตัวของเบิร์ก
BMI	Body Mass Index ค่าดัชนีมวลกาย
BT	Balance Training การฝึกการทรงตัวพื้นฐาน
BT+r-tDCS	balance training with real-transcranial Direct Current Stimulation การฝึกการทรงตัวพื้นฐานร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะด้วยกระแสจริง
BT+s-tDCS	balance training with sham-transcranial Direct Current Stimulation การฝึกการทรงตัวพื้นฐานร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะด้วยกระแสหลอก
c-tDCS	cathodal-Transcranial Direct Current Stimulation การกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ โดยใช้ขั้วแคโทด
COG	Center of Gravity จุดศูนย์ถ่วง
COM	Center of Mass ศูนย์กลางมวลกาย
COP	Center of Pressure ศูนย์กลางแรงดัน
CDP	Computerized Dynamic Posturography การตรวจวัดระดับความสมดุลการทรงตัวและการเคลื่อนไหว
DCL	Directional Control การควบคุมทิศทาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

EC-Firm	Eye Closed-Firm ยืนหลับตาบนพื้นมั่นคง
EC–Foam	Eye Closed–Foam ยืนหลับตาบนพื้นไม่มั่นคง
EEG	electroencephalography ตำแหน่งการวางขั้วไฟฟ้าบนสมอง
EO-Firm	Eye Open–Firm ยืนลืมตาบนพื้นมั่นคง
EO-Foam	Eye Open–Foam ยืนลืมตาบนพื้นไม่มั่นคง
EPE	Endpoint Excursion ระยะทางที่เคลื่อนที่ไปแล้วมีการหยุกชะงัก
LTD	long–term depression การส่งกระแสประสาท (Synaptic transmission) ที่ลดลง
LTP	long–term potentiation การส่งกระแสประสาท (Synaptic transmission) ที่เพิ่มขึ้น
mCTSIB	Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance การประยุกต์การการทดสอบทางคลินิกของปฏิกิริยารับประสาทสัมผัสต่อการทรงตัว
M-L	mediolateral ทิศซ้าย-ขวา
MVL	Movement Velocity ความเร็วในการเคลื่อนไหว
MXE	Max Excursion การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดของการทดสอบ
LOS	Limits of Stability ขีดจำกัดความมั่นคงของร่างกาย
r-tDCS	real-Transcranial Direct Current Stimulation การกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ โดยใช้กระแสหลอก
RT	Reaction Time ระยะเวลาปฏิกิริยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

RWS	Rhytmic Weight Shift การถ่ายน้ำหนักอย่างเป็นจังหวะ
SLS	single leg stand การทดสอบยืนขาเดียว
SOT	Sensory Organization Test การทดสอบทางประสาทสัมผัส
s-tDCS	sham-Transcranial Direct Current Stimulation การกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ โดยใช้กระแสหลอก
tDCS	Transcranial Direct Current Stimulation การกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ
TMS	Transcranial Magnetic Stimulation การกระตุ้นสมองผ่านกะโหลกศีรษะด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
TUG test	Timed Up and Go test การประเมินการทรงตัวไทม์ อัพ แอนด์ โก
WHO	World Health Organization องค์การอนามัยโลก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1 บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประชากรโลกกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุ ถือเป็นช่วงวัยที่สมรรถภาพทางกายมีความเสื่อมถอยอย่างชัดเจน รวมไปถึงท่าทางการเดิน การเคลื่อนไหว และการทรงตัว[1-3] ที่อาจก่อให้เกิดปัญหาตามมามากมาย เช่น ผลต่อความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บ รวมไปถึงความเจ็บป่วยทางกายมากขึ้น และหนึ่งในความเสี่ยงที่จะพบได้มากในกลุ่มผู้สูงอายุ คือ การล้ม โดยที่การล้มถือเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในประชากรผู้สูงอายุ ในแต่ละปีพบว่าประชากรผู้สูงอายุ ในกลุ่มที่มีอายุมากกว่า 65 ปี จะมีอัตราการล้มอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง “ซึ่งมากถึงประมาณหนึ่งในสามของปัญหาที่พบในประชากรผู้สูงอายุทั้งหมด ”[4] สาเหตุของปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะประสิทธิภาพการทำงานที่ลดลง อาทิเช่น การมองเห็น การฟัง ประสาทการรับสัมผัส การประมวลผลของระบบประสาทส่วนกลาง และการทำงานของกล้ามเนื้อ[5] รวมไปถึงระยะเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง (Reaction time) ที่เพิ่มขึ้น[1-3] เป็นต้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ส่งผลอย่างแน่นอนต่อการทรงตัว และความบกพร่องในการทรงตัวดังกล่าวนี้อาจเป็นหนึ่งในสาเหตุที่นำไปสู่การล้มและทำให้มีความเสี่ยงต่อการล้มที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการทรงตัวที่ดีเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเคลื่อนไหวรวมทั้งสร้างความมั่นคงระหว่างการทำกิจกรรมต่างๆ ดังนั้นการล้มจึงถือเป็นปัญหาหลักที่สำคัญในผู้สูงอายุ ที่อาจส่งผลกระทบกับผู้สูงอายุตามมาอีกมากมาย อาทิเช่น นำไปสู่ปัญหาทางกาย กระดูกหัก เกิดบาดแผลที่มีความเจ็บปวด ส่งผลต่อเนื่องถึงการกลัวการล้มซ้ำ ไม่กล้าที่จะเคลื่อนไหว ทำให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุแย่ลงภายหลังจากการล้ม ต้องอยู่ในภาวะติดเตียงหรือถึงแก่ชีวิตในที่สุด การประเมินการทรงตัวจึงมีบทบาทในการคัดกรอง ซึ่งการประเมินมีหลากหลายวิธี หนึ่งในนั้นคือการประเมินโดยใช้เครื่องมือทางชีวกลศาสตร์ Force platform เพื่อตรวจการแกว่งของร่างกาย (Postural sway) จากศูนย์กลางมวลกาย (Center of Mass) ซึ่งสามารถแสดงถึงความผิดปกติของการทรงท่าที่ละเอียดมากกว่าการตรวจประเมินทั่วไป ทั้งนี้เพื่อนำผลมาใช้ในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น รวมไปถึงแก้ไขปัญหาในกลุ่มที่มีการล้มได้อย่างเหมาะสม

การฝึกการทรงตัว เป็นหนึ่งในการฝึกระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular training) ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ การฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถในการตอบสนองของระบบประสาท ได้แก่ การมองเห็น การได้ยิน การรับรู้ของข้อต่อ และการฝึกระบบการทำงานของกล้ามเนื้อ[6] โดยการฝึกทั่วไปจะเป็นการยืนขาชิด การยืนต่อเท้า หรือการยืนขาเดียว เป็นต้น แต่ในการศึกษาจำนวนมากมีการปรับประยุกต์การฝึกการทรงตัว โดยใช้อุปกรณ์เสริม เช่น แทรมโพลีน ไม้กระดก หรือบอล BOSU อีกทั้งยังมีการออกกำลังกายในหลากหลายรูปแบบ เช่น โยคะ[7] เต้นรำ[8] ไทชิ[9]

แต่อย่างไรก็ตามการฝึกการทรงตัวที่ง่ายและสะดวกต่อการฝึก อีกทั้งยังสามารถปรับความเหมาะสมหนักเบาและวิธีการได้ตามกลุ่มเป้าหมายในการฝึกนั่นคือ การฝึกการทรงตัวพื้นฐาน[7] นอกจากนี้การฝึกชนิดนี้ยังคงเป็นการฝึกที่ใช่แพร่หลายในการรักษาทางกายภาพบำบัดเพื่อหวังผลต่อการทรงตัวในหลากหลายเงื่อนไข ทั้งในกลุ่มคนไข้ กลุ่มคนสุขภาพดีทั่วไป กลุ่มนักกีฬา หรือแม้กระทั่งในกลุ่มผู้สูงอายุ

นอกจากการฝึกการทรงตัว การพัฒนาความสามารถในการทรงตัวสามารถกระตุ้นได้โดยวิธีการทางเลือก นั่นคือ การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial Direct Current Stimulation; tDCS) ซึ่งใช้สำหรับกระตุ้นระบบประสาทด้วยไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเซลล์ประสาท จากผลของขั้วไฟฟ้าที่เลือกใช้ และตำแหน่งของสมองที่เลือกวางขั้วกระตุ้น โดยในการศึกษาจำนวนมากที่ผ่านมา มีการกระตุ้นเพื่อหวังผลการส่งเสริมการเรียนรู้ที่ตำแหน่งของสมอง Primary motor cortex (M1) ทั้งนี้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้การเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนต้น ทั้ง Fine motor ในส่วนของมือ และ Gross motor บริเวณแขนเป็นส่วนมาก[10, 11] รองลงมาเป็นรยางค์ส่วนล่าง และยังรวมไปถึงกระตุ้นเพื่อพัฒนาการทรงตัว[12, 13] ซึ่งในระยะเวลาต่อมาได้เริ่มมีการศึกษาโดยวางขั้วกระตุ้นไว้ที่ตำแหน่งของสมองส่วน Cerebellum[11] [14] เพื่อหวังผลดังเช่นตำแหน่ง M1 และในบางการศึกษาหวังผลในการกระตุ้นการทรงตัวและการเรียนรู้การเคลื่อนไหวโดยตรง[15] อันเนื่องมาจากสมองส่วนนี้ที่ทำหน้าที่โดยตรงในการทรงตัวและปรับแต่งการเคลื่อนไหวให้ต่อเนื่องมากยิ่งขึ้น

การทรงตัวเป็นส่วนสำคัญในการคงสภาวะของร่างกายเพื่อทำกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวัน ดังนั้นการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านการทรงตัวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในผู้สูงอายุทุกคน เนื่องจากเป็นกลุ่มวัยที่ประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้ลดลงและมีความถดถอยของสภาพร่างกาย ประกอบกับเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการหกล้มสูงกว่าในช่วงวัยอื่นๆ การศึกษาทีผ่านมาในอดีตได้บ่งชี้ว่าการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน หรือการกระตุ้น tDCS ที่สมองส่วน cerebellum ช่วยเพิ่มความสามารถการทรงตัว แต่อย่างไรก็ตามยังไม่เคยมีการศึกษาที่ทำการกระตุ้น tDCS ร่วมกับการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน เพื่อหวังผลการทรงตัวจากการฝึกและกระตุ้นสมองในระยะยาว เพราะการศึกษาที่ผ่านมาโดยมากนิยมศึกษาเพื่อกระตุ้นและดูผลในทันทีภายหลังที่ให้การกระตุ้น tDCS ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ที่บริเวณสมองส่วน cerebellum ด้วยขั้วแอโนดในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้ม เพื่อหวังผลการพัฒนาการทรงตัวเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่ถือว่ามีความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตของประชากรสูงวัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำถามการวิจัย

คำถามหลัก: การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการฝึกการทรงตัวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง ในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีประวัติล้มอย่างไร

คำถามรอง: การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการฝึกการทรงตัวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีประวัติล้มอย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

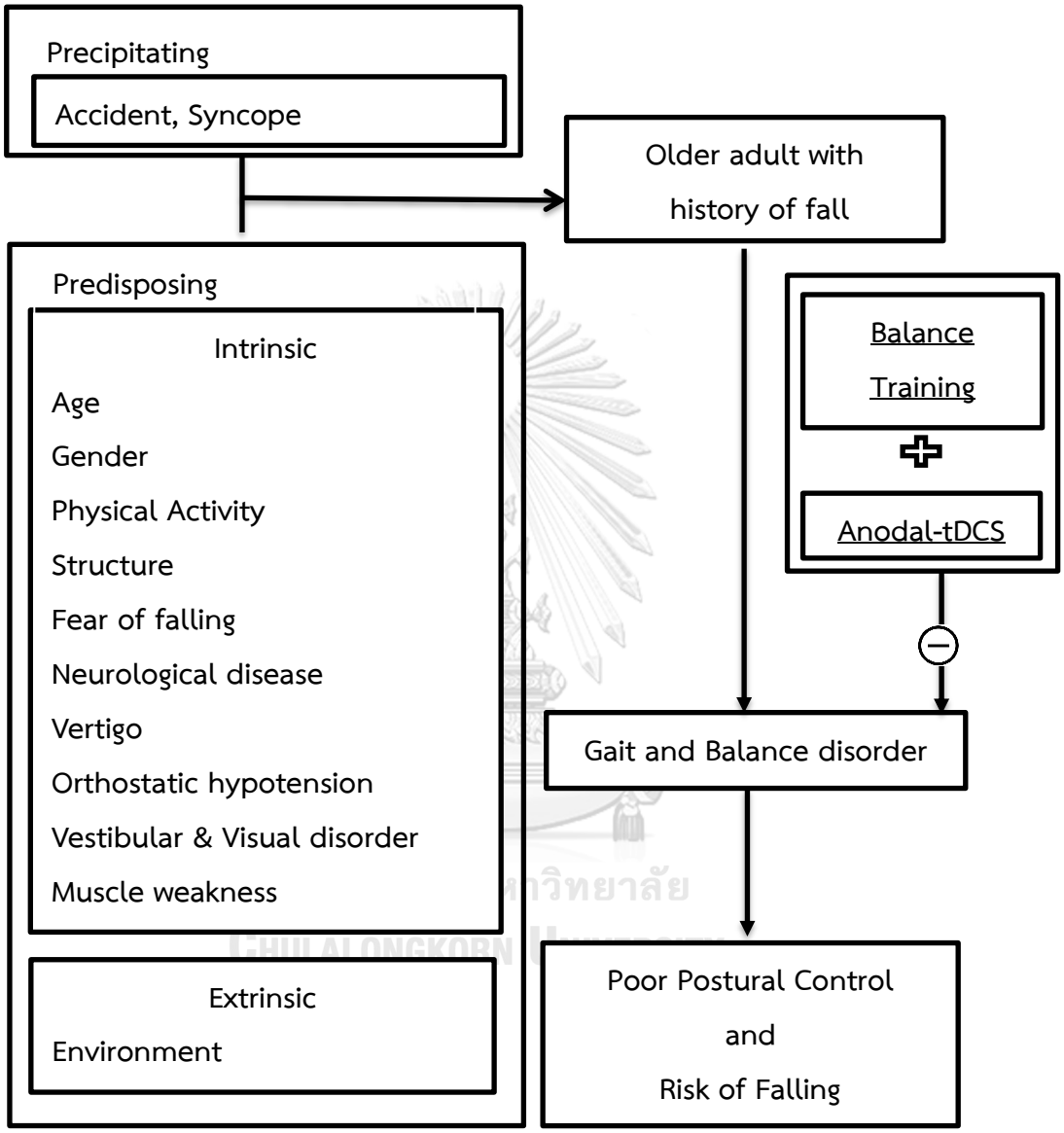
วัตถุประสงค์หลัก: เพื่อประเมินผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการฝึกการทรงตัวต่อความสามารถในการทรงตัวขณะหยุดนิ่งในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม

วัตถุประสงค์รอง : เพื่อประเมินผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการฝึกการทรงตัวต่อความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม

สมมุติฐานของการวิจัย (Hypothesis)

การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการฝึกการทรงตัวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทรงตัวที่ดีขึ้นในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม

กรอบแนวคิดการวิจัย



คำสำคัญ

Transcranial direct current stimulation (tDCS), Postural sway, Aging, Falling

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเป็นเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงและความแม่นยำ (Calibration) ตามมาตรฐานการทดสอบของเครื่องมือนั้นๆ
2. ผู้เข้าร่วมวิจัย อายุ 60-80 ปี
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนต้องลงลายมือชื่อในใบยินยอมก่อนทำการเก็บข้อมูล
4. หากตรวจประเมินแล้วพบความผิดปกติ หรือมีคุณสมบัติไม่ตรงตามที่ผู้วิจัยกำหนด จะคัดออกจากการเป็นผู้ร่วมงานวิจัย
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีปัญหาสุขภาพร่างกายที่เป็นอุปสรรคต่อการทดสอบ
6. ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนต้องปฏิบัติตามขั้นตอนของวิธีการเก็บข้อมูลงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอน
7. ข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ
8. ขณะทำการเก็บข้อมูล หากผู้เข้าร่วมวิจัยไม่พอใจ ไม่ว่ากรณีใดๆ สามารถยกเลิกการเป็นผู้เข้าร่วมวิจัย และออกจากงานวิจัยได้ทุกขั้นตอน โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลแก่ผู้วิจัย

คำนิยามเชิงปฏิบัติการที่ใช้ในงานวิจัย

การล้ม (Falling) การที่ร่างกายเสียการทรงตัว เนื่องมาจากการสะดุด เสียหลัก หรือเซ โดยมีผลของแรงโน้มถ่วงเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งตกกระทบพื้นที่ต่ำกว่า

tDCS การกระตุ้นสมองผ่านหนังศีรษะด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (Transcranial Direct Current Stimulation) เป็นเทคนิคแบบ non-invasive สำหรับกระตุ้นระบบประสาทด้วยไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 2 mA ด้วยขั้วอิเล็กโทรดกระตุ้น(แอโนด) ที่สมองส่วน cerebellum และวางขั้วอิเล็กโทรดอ้างอิงที่บริเวณหัวไหล่ขวา โดยกระตุ้น เป็นระยะเวลา 20 นาที

Postural Sway การสูญเสียการทรงท่าหรือการแกว่งของร่างกายออกจากจุดศูนย์กลางกาย (Center of Mass) บนฐานรองรับน้ำหนัก (Base of Support) ในขณะทำการทดสอบการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง (Static Balance) โดยใช้โปรแกรมชุดทดสอบ Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB) และการทรงตัวแบบมีการเคลื่อนไหว (dynamic balance) โดยใช้โปรแกรมชุดทดสอบ Limits of Stability (LOS) เพื่อวัดผล COP ในทิศหน้า-หลัง (Antero-Pasterior: COP y) และทิศทางซ้าย-ขวา (Medio-Lateral: COP x) และระยะทางในการแกว่งของร่างกายทั้งหมด (distance sway หรือ path length of sway)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปแบบการวิจัย

: การวิจัยเชิงทดลองในมนุษย์ (Human experimental research design)

เป็นการศึกษาวิจัยวิเคราะห์แบบ Randomized control trail (Double-blinded experiment, sham controlled trial) เพื่อเปรียบเทียบผลการแกว่งของร่างกายภายหลังจากการได้รับการฝึกการทรงตัวร่วมกับกระตุ้นระบบประสาทด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (transcranial Direct Current Stimulator; tDCS) กระตุ้นด้วยขั้วแอโนด ที่บริเวณสมองส่วน cerebellum และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการฝึกการทรงตัว ซึ่งทำศึกษาในกลุ่มประชากรผู้สูงอายุไทยที่มีประวัติการล้ม โดยทำการเก็บข้อมูลส่วนบุคคล ประวัติการล้มโดยใช้แบบสอบถาม ทำการประเมินความสามารถการทรงตัว และการแกว่งของร่างกายด้วยเครื่องวัดการทรงตัว (Neurocom Balance Master)

ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. เป็นการพัฒนาโปรแกรมรูปแบบการฝึกการทรงตัว ร่วมกับ การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ที่สมองส่วน cerebellum ด้วยขั้วแอโนด ที่สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้ร่วมการฝึก และ/หรือการรักษาปัญหาการทรงตัวในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงล้ม
2. นำผลที่ได้จากการวิจัยไปเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการล้มและการทรงตัวในผู้สูงอายุ
3. เพื่อเป็นข้อมูล และเอกสารอ้างอิงในผู้ที่สนใจ สำหรับการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุ คือ ประชากรเพศชายและหญิงที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ซึ่งองค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ไม่ได้กำหนดคำจำกัดความไว้อย่างชัดเจน อันเนื่องมากจากประเทศต่างๆทั่วโลกมีการให้นิยามที่แตกต่างกัน ตามอายุ สภาพสังคม วัฒนธรรม และสภาพร่างกาย เช่นในประเทศที่เจริญแล้ว กำหนดที่อายุ 65 ปีขึ้นไป[4] แต่ในประเทศไทยไม่เป็นเช่นนั้น “พระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ.2546 กำหนดว่า ผู้สูงอายุ คือ บุคคลซึ่งมีอายุตั้งแต่ 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไปและมีสัญชาติไทย” จากการสำรวจพบว่าประเทศไทยก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุตั้งแต่ปี พ.ศ.2547 ถึง 2548 และมีการติดตามข้อมูลต่อเนื่อง พบว่าประชากรไทยที่มีอายุมากกว่า 60 ปี เพิ่มเป็นร้อยละ 10.2 ถึง 11.4 ของประชากรภายในประเทศ และยังมีแนวโน้มการคาดการณ์ว่าจะเข้าสู่ระดับสังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ในปี พ.ศ.2567 ถึง 2568 หรือ 2570 นี้

กลไกการชรา

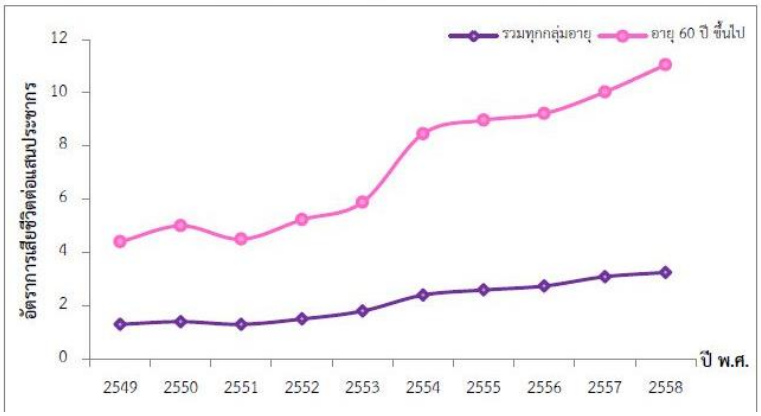
กระบวนการชราตามปกติประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาท neurodegenerative และ neurochemical มีผลต่อการประมวลผล visuospatial และ sensorimotor ที่มีประสิทธิภาพน้อยลง[16] จึงมีผลต่อประสิทธิภาพการควบคุมการทรงท่าที่ลดต่ำลง[17] อายุมีส่วนสัมพันธ์กับการลดลงของความมั่นคงในการทรงท่าทาง ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ในระหว่างการยืน และเมื่อมีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมที่มีการรบกวน หรือมีความผันผวน[18] เนื่องจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังของรยางค์ส่วนล่าง และสมดุลการทรงตัวที่ลดลง ในทางตรงกันข้ามเวลาปฏิกิริยา (Reaction time) มีค่ามากขึ้น เป็นต้น การศึกษาจำนวนมาก[16, 19] ได้วัดการทรงตัวตามอายุของผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี พบว่ามีการแกว่งของร่างกาย (Postural Sway) เพิ่มมากขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการยืนขาเดียวลดลง ความสามารถลดลงในการทำงานบนพื้นที่รองรับขนาดแคบ (ลดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ toe flexor)[20] ทั้งหมดนี้ถือเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงการลดความสามารถในการควบคุมการทรงท่าในผู้สูงอายุ

อุบัติการณ์การล้ม

การพลัดตกหกล้ม การหกล้ม หรือการล้ม (Fall) คือ การเกิดเหตุการณ์ไม่คาดคิดโดยที่บุคคลนั้น พลัดตกลงมาอยู่บนพื้นดินหรือระดับที่อยู่ต่ำกว่า โดยปราศจากการสูญเสียการรับรู้[21]

การหกล้ม เป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียความสามารถในผู้สูงอายุ และถือเป็นหนึ่งในความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตหรือคุณภาพชีวิตที่ลดลงอันเนื่องมาจากการล้มเพียงเล็กน้อย องค์การอนามัยโลกได้กล่าวว่า จำนวนมากกว่า 1 ใน 3 ของผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 65 ปี จะมีการเกิดอุบัติการณ์ล้มอย่างน้อย 1 ครั้งในแต่ละปี และประมาณครึ่งหนึ่งของการล้มดังกล่าว มีผลนำไปสู่การบาดเจ็บถึง 85 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังมีข้อมูลที่ระบุว่า การล้มเป็นสาเหตุหลักในการเข้ารักษาตัวที่โรงพยาบาลในกลุ่มคนไข้ผู้สูงอายุ อย่างไรก็ตามการล้มจะนำไปสู่การบาดเจ็บตั้งแต่ระดับเล็กน้อย เช่น ฟกช้ำ มีบาดแผล หรือในบางกรณีการล้มอาจส่งผลต่อการระดับรุนแรง เช่น กระดูกหัก ศีรษะได้รับการกระทบกระเทือน เป็นต้น ทั้งนี้การบาดเจ็บจะทวีคูณความรุนแรงสืบเนื่องมาจากภาวะความเสื่อมถอยของร่างกายในวัยสูงอายุ เช่น ภาวะกล้ามเนื้อถดถอย หรือภาวะกระดูกบาง อาจส่งผลทำให้การล้มเพียงเล็กน้อยเกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นได้ เช่น กระดูกสะโพกหักทำให้ยืนเดินไม่ได้ หรือเกิดภาวะอื่นๆที่ร้ายแรง เช่นมีเลือดออกในสมอง ส่งผลต่อความพิการและ การเสียชีวิตตามมาในภายหลัง เมื่อการล้มไม่เพียงก่อเกิดปัญหากับผู้สูงอายุเท่านั้น ยังส่งผลกระทบต่อคนรอบข้างในการดูแล อีกทั้งยังต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลเพิ่มมากขึ้นด้วย เมื่อกล่าวอ้างจากข้อมูลอัตราการเสียชีวิตเนื่องจากการพลัดตกหกล้มของประชากรไทยและกลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไปต่อประชากรแสนคน ในปี พ.ศ.2549 ถึง 2558 (รูปที่ 1) แสดงให้เห็นว่า อัตราการเสียชีวิตของผู้สูงอายุเนื่องจากการล้มมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกปีอย่างชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงอัตราการเสียชีวิตจากการพลัดตกหกล้มของประชากรไทยกลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไปต่อประชากรแสนคน ปี พ.ศ.2549 ถึง 2558[22]

ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการพลัดตกหกล้ม

ปัจจัยภายใน (Intrinsic Factor) : ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่างที่ลดลง ประวัติการล้ม ปัญหาการการทรงตัวและการเคลื่อนไหว การเดินที่ผิดปกติ ความบกพร่องทางสายตาและการมองเห็น ภาวะซึมเศร้า (Depression) ความบกพร่องการทำงานและการรับรู้ทางปัญญา เวียนศีรษะ ดัชนีมวลกายต่ำกว่าเกณฑ์ ความดันโลหิตต่ำเมื่อเปลี่ยนอิริยาบถ (orthostatic hypotension) กลุ่มเพศหญิง และผู้สูงอายุทีมีอายุเกิน 80 ปี[1-3]

ปัจจัยภายนอก (Extrinsic Factors) : สิ่งแวดล้อม เช่น แสงสลัว พื้นลื่น และขาดอุปกรณ์เสริมความปลอดภัยในห้องน้ำและทางเดิน[2, 3]

ข้อมูลจากองค์การอนามัยโลกได้รายงานว่า ปัจจุบันผู้สูงอายุที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไปมีแนวโน้มล้มคิดเป็น 28 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ต่อปี และพบว่าเมื่ออายุเข้าสู่ปีที่ 70 แนวโน้มจะเพิ่มเป็น 32 ถึง 42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า เมื่ออายุยิ่งเพิ่มมากขึ้น จะเพิ่มความเสี่ยงต่อการล้มที่มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่มีปัญหาการทรงตัว กลุ่มที่มีโรคประจำตัว รวมไปถึงปัจจัยในส่วนของระดับของกิจกรรมทางกายในแต่ละบุคคล[4] ซึ่งพบว่าอุบัติการณ์การล้มเกิดในผู้สูงอายุเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยคิดเป็นร้อยละ 25 และ 12 ในผู้สูงอายุเพศหญิงและเพศชาย ตามลำดับ[23]

การประเมินความเสี่ยงในการล้ม

การประเมินความเสี่ยงในการหกล้มเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยคัดกรองผู้ที่มีภาวะเสี่ยงในการล้ม เช่น ผู้สูงอายุ หรือผู้ที่มีปัญหาด้านการเคลื่อนไหว รวมถึงสามารถคาดการณ์คุณภาพชีวิตของผู้ที่มีความเสี่ยงดังกล่าวได้ หนึ่งในการประเมินคัดกรองได้รับคำแนะนำล่าสุด คือ คู่มือปฏิบัติทางคลินิกสำหรับแนวทางป้องกันการล้มในผู้สูงอายุของสมาคมทางการแพทย์ที่ดูแลผู้สูงอายุอเมริกันและอังกฤษ American Geriatrics Society and British Geriatrics Society (AGS and BGS) Clinical Practice Guideline for Prevention of Falls in Older Persons ในปี ค.ศ.2010[24] ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับพื้นฐานของขั้นตอนและวิธีการทางคลินิกในการคัดกรองและประเมินผลความเสี่ยงในการล้มเป็นขั้นตอนลำดับขั้นอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยมีคำอธิบายเพิ่มเติมประกอบดังต่อไปนี้

คำอธิบายประกอบ A: การเข้าใช้บริการของผู้สูงอายุกับผู้ให้บริการด้านสุขภาพ

ขั้นตอนแนวทางนี้จะใช้ทางคลินิกสำหรับการประเมินและการรักษาเพื่อลดการล้มในผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในชุมชน (อายุมากกว่า 65 ปี) ซึ่งขั้นตอนแนวทางดังกล่าวไม่ได้มีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดการกับอาการบาดเจ็บที่เกี่ยวเนื่องมากจากการล้ม หรือการล้มที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาล

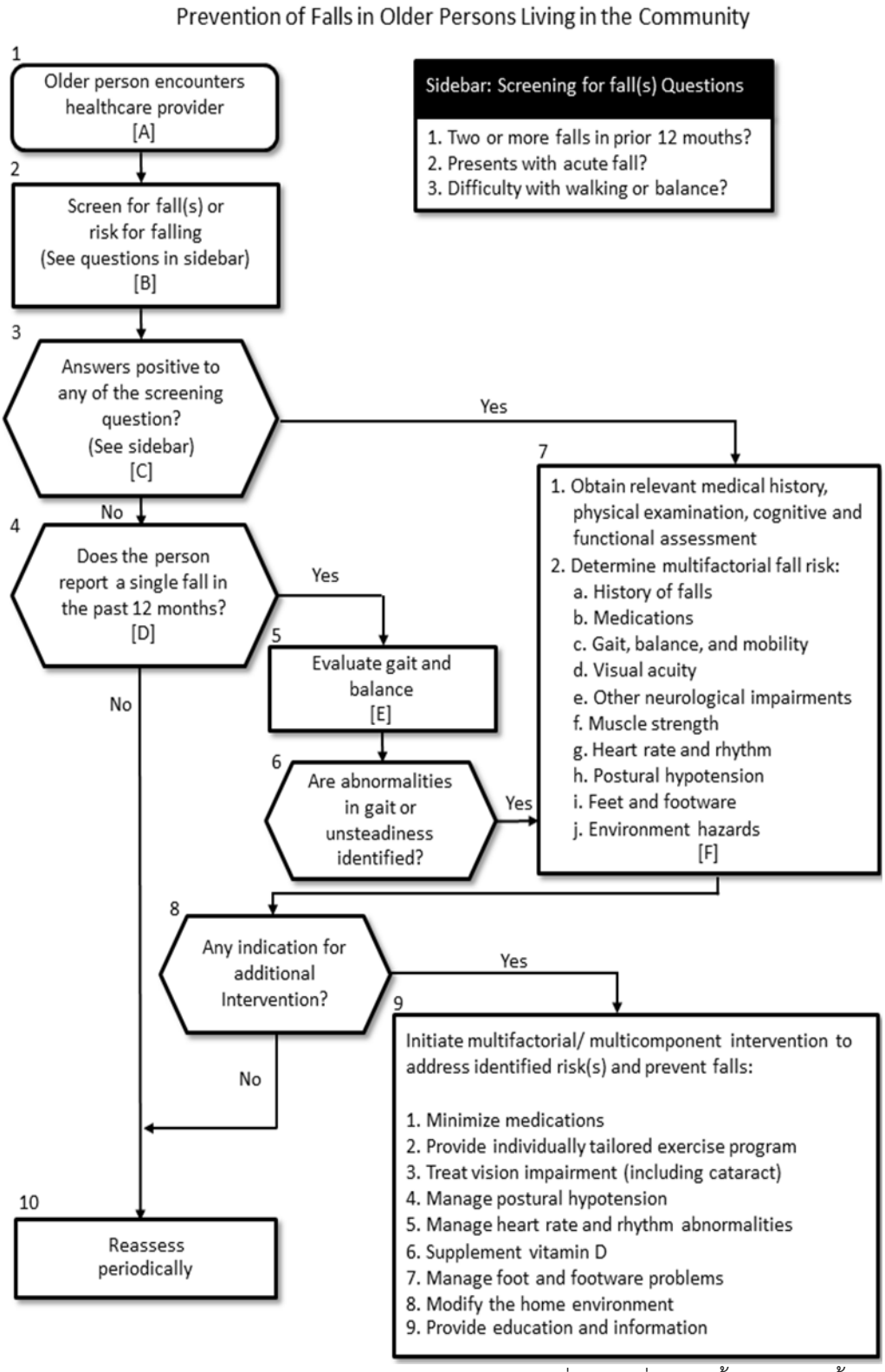
คำอธิบายประกอบ B : การคัดกรองสำหรับการล้มหรือความเสี่ยงในการล้ม มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันหรือลดความเสี่ยงจากการล้ม ซึ่งกรณีที่คำถามในการตรวจคัดกรองมีคำตอบเป็นบวก (คำตอบใช่) แสดงถึงบุคคลผู้ที่ได้รับการคัดกรองอยู่ในกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง ซึ่งจะยืนยันได้จากการประเมินผลเพิ่มเติมในลำดับต่อไป ผู้สูงอายุทุกคนที่อยู่ภายใต้การดูแลของผู้ประกอบวิชาชีพด้านสุขภาพ (หรือผู้ดูแลผู้ป่วย) ควรได้รับการถามคำถามดังกล่าวอย่างน้อยปีละครั้ง ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลการล้ม ความถี่ในการล้ม รวมไปถึงความยากลำบากในการเดินหรือการทรงตัว

คำอธิบายประกอบ C : Screen Positive (ผลบวกในการคัดกรอง) สำหรับการล้มหรือโอกาสเสี่ยงต่อการล้ม ผู้ที่มีความเสี่ยงสูงในการล้ม ซึ่งได้การระบุจากการคัดกรอง ควรได้รับการตรวจประเมินเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยเสี่ยงที่หลากหลายที่มีผลในการล้มสำหรับผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในชุมชน กลุ่มที่รายงานว่ามีประวัติการล้มอย่างน้อย 2 ครั้งใน 1 ปีที่ผ่านมา มีการรายงานปัญหาเกี่ยวกับการเดินหรือการทรงตัว หรือการพบแพทย์แผนกฉุกเฉินเนื่องจากการล้ม

คำอธิบายประกอบ D : มีรายงานประวัติการล้มเพียงหนึ่งครั้งในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา การล้มเพียงครั้งเดียว หรือการล้มครั้งแรก อาจบ่งชี้ถึงปัญหาความยากลำบากเกี่ยวกับความไม่มั่นคงในการเดินหรือยืนในผู้สูงอายุแต่ละบุคคล ซึ่งการล้มอาจเป็นสัญญาณบ่งชี้ถึงปัญหาในการเดินหรือการทรงตัวที่ไม่ได้ปรากฏให้ทราบในอดีตก่อนหน้า

คำอธิบายประกอบ E : การประเมินการเดินและการทรงตัว การบกพร่องด้านการเดินและการทรงตัวควรได้รับการประเมินในเฉพาะรายบุคคลสำหรับผู้ที่มีประวัติล้ม 1 ครั้ง ถือเป็นการคัดกรองเพื่อระบุเฉพาะเจาะจงในบุคคล ซึ่งอาจจะมีประโยชน์จากการประเมินความเสี่ยงหลายปัจจัยที่ก่อให้เกิดการล้ม สำหรับผู้ที่คัดกรองความเสี่ยงการล้มได้ผลบวก การประเมินการเดินและการทรงตัวควรเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินความเสี่ยงการล้มในหลากหลายสาเหตุและปัจจัย การทดสอบที่ถูกใช้บ่อยในการประเมินการเดินหรือการทรงตัว ประกอบด้วย การทดสอบ Get Up and Go การทดสอบ Timed Up and Go[25] การทดสอบ Berg Balance Scale[26] และการประเมิน Performance-Oriented Mobility Assessment

คำอธิบายประกอบ F : การจำแนกความหลากหลายของปัจจัยเสี่ยงในการล้ม การประเมินความเสี่ยงในการล้มที่มีหลายสาเหตุปัจจัย สามารถบ่งชี้ให้เห็นถึงปัจจัยแท้จริงที่มีผลทำให้ผู้สูงอายุเสี่ยงต่อการล้ม และสามารถช่วยในการระบุการรักษาที่เหมาะสมสูงสุด การประเมินความเสี่ยงโดยประเมินจากปัจจัยหลายอย่างในการล้มตามด้วยการรักษาเพื่อแก้ไขปรับเปลี่ยนความเสี่ยงที่ถูกระบุไว้ ถือเป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการลดการล้มและความเสี่ยงต่อการล้มของผู้สูงอายุ



รูปที่ 2 การคัดกรองและการประเมินผลประกอบคำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับพื้นฐานของขั้นตอนวิธีทางคลินิก[24]

จากแนวทางการคัดกรองความเสี่ยงในการล้มของผู้สูงอายุในชุมชน สามารถใช้ในการประเมินปัญหาได้ค่อนข้างชัดเจน ซึ่งสามารถนำผลที่ได้จากการคัดกรองมาเป็นแนวทางในการแก้ไขได้อย่างตรงประเด็น เช่น การเสริมวิตามิน D การปรับสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสม การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรง การผ่าตัดแก้ไขการมองเห็น เช่น ต้อกระจก ซึ่งการแก้ไขประกอบด้วย 2 วิธีการ นั่นคือการแก้ไขแบบ Multicomponent และ การแก้ไขแบบ Multifactorial ทั้งนี้การแก้ไขเพื่อหวังผลสัมฤทธิ์ในส่วนของการลดอัตราการล้มและปัจจัยเสี่ยงต่อการล้มในกลุ่มผู้สูงอายุแบบองค์รวม และนอกเหนือจากคำแนะนำในการคัดกรองเบื้องต้นยังสามารถประเมินความเสี่ยงการล้มที่สามารถจำแนกการประเมินได้อีก 2 รูปแบบ คือ การใช้แบบสอบถาม และการประเมินความสามารถในการทำกิจกรรมต่างๆ (performance-based testing of physical function)[27] การประเมินความเสี่ยงที่ได้รับความนิยมคือการประเมิน โดยใช้แบบสอบถามเช่น แบบประเมิน Morse Fall scale แบบประเมิน Fall risk Assessment Tool[27] เนื่องจากเป็นวิธีการประเมินที่สะดวกและรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือข้อมูลที่ได้สามารถแสดงเพียงระดับความเสี่ยงต่อการล้มเท่านั้น เหมาะสมในการประเมินคนไข้ภายในโรงพยาบาลมากกว่า อีกทั้งไม่สามารถประเมินความสามารถของร่างกายในส่วนที่บกพร่องได้ ดังนั้นการประเมินความสามารถในการทำกิจกรรมต่างๆ (performance-based testing of physical function) จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาประเมินความสามารถของร่างกาย โดยมีรูปแบบการประเมินที่มีกิจกรรมที่เฉพาะเจาะจงและใกล้เคียงกับกิจกรรมที่ใช้ในกิจวัตรประจำวัน เช่น การทดสอบ Berge Balance Score (BBS) เป็นการประเมินการทรงตัวในการทำกิจกรรมต่างๆ ประกอบด้วย 14 การทดสอบ ใช้เวลาประมาณ 15 นาที ลำดับถัดมาทำการแปลผลเป็นคะแนน ถ้าผู้ถูกประเมินมีคะแนนน้อยกว่า 45 คะแนน ถือว่ามีความผิดปกติในด้านการทรงตัวและมีความเสี่ยงต่อการล้มสูง[28] การทดสอบ Time up and go (TUG) ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งในโรงพยาบาลหรือคลินิก เนื่องจากเป็นวิธีการทดสอบที่ง่ายและรวดเร็ว ซึ่งใช้เวลาไม่เกิน 1 นาทีในการทดสอบ รวมถึงมีรูปแบบที่เลียนแบบการใช้ชีวิตประจำวัน เนื่องจากเป็นการทดสอบที่จับเวลาในการลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้ เดิน 3 เมตร (10 ฟุต) แล้วหมุนตัวกลับเดินกลับมานั่งเก้าอี้ ถ้าผู้ถูกทดสอบใช้ระยะเวลาในการเดินมากกว่า 13.5 วินาที ถือว่ามีความเสี่ยงล้มสูง [29] การทดสอบการทรงตัวจากการยืนขาเดียว (Single leg stance; SLS) [30] และ การทดสอบ Dynamic Gait Index[31] ที่ให้ผู้ถูกทดสอบจะต้องเดินภายใต้สถานการณ์ต่างๆ เพื่อประเมินทักษะความสามารถในการทรงตัว เป็นต้น

จากการศึกษาพบว่าการทดสอบ TUG เป็นการทดสอบที่ทำได้ง่าย และรวดเร็ว Shumway และคณะ[29] ในปี ค.ศ.2000 รายงานว่าการทดสอบนี้มีความไว 81% และมีความจำเพาะถึง 100% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างประวัติการล้มในผู้สูงอายุ และในการทดสอบแบบ BBS เป็นการทดสอบการทรงตัวที่คล้ายคลึงกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ซึ่งสามารถแยกผู้สูงอายุที่มีการล้มหลายครั้งหรือล้มอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ต่อเนื่องออกจากกลุ่มผู้สูงอายุที่มีการล้มเพียงปีละครั้ง[32] ปี ค.ศ.2004 Lajoiec และคณะได้รายว่าการทดสอบนี้มีความไว และมีความจำเพาะในการคาดการณ์โอกาสการหกล้มในผู้สูงอายุถึง 82.5% และ 93% ตามลำดับ[33] ในลำดับสุดท้ายกล่าวถึงการทดสอบอีกแบบหนึ่ง คือ Postural sway เป็นการประเมินโดยใช้เครื่องมือเฉพาะ ซึ่งประเมินจาก center of pressure โดย Maki และคณะได้รายงานว่าการทดสอบนี้มีความไวถึง 80% แต่มีความจำเพาะเพียงแค่ 43% เท่านั้น[34] การตรวจประเมินโดยใช้ force plate ประกอบด้วยตัวรับสัญญาณการกระจายของแรงที่มีการติดตั้งไว้ใต้แผ่น ในปัจจุบันได้รับความนิยมในการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งในหลายงานวิจัยได้มีการใช้เครื่อง Balance Master ซึ่งสามารถใช้วัดผลการทรงตัวได้ทั้ง static balance เช่น การทดสอบ Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB) การยืนทรงตัวภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ได้แก่ ลืมตา หลับตา และยืนบนพื้นผิวที่มีความมั่นคงแตกต่างกัน และการวัด dynamic balance เช่น การทดสอบ Limits of Stability (LOS) ซึ่งสามารถประเมินความสามารถในการเคลื่อนย้าย COG ด้วยการยืนภายใต้ base of support เพื่อแสดงผล ได้แก่ Endpoint (EPE), Max Excursion (MXE) การประเมินการควบคุมทิศทาง Directional Control (DCL) ระยะเวลาการตอบสนองในการเปลี่ยนถ่ายน้ำหนัก Reaction time (RT) และความเร็วในการเคลื่อนไหว Movement Velocity (MVL) แต่อย่างไรก็ตามผลที่ทำให้การทดสอบดังกล่าวอาจมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากกลุ่มประชากรผู้สูงอายุที่นำมาศึกษาในแต่ละงานการศึกษามีความแตกต่างกัน[35]

ปี ค.ศ.2004 Lin และคณะได้ทำการศึกษา TUG และ SLS (ทำการจับเวลาในการทรงตัวแบบยืนขาเดียวในขณะลืมตา มือทั้งสองข้างแนบข้างลำตัว โดยเริ่มจับเวลาเป็นวินาทีเมื่อขาข้างหนึ่งยกพ้นเหนือพื้น และหยุดเวลาเมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายสัมผัสพื้น) ในกลุ่มผู้สูงอายุที่อาศัยในชุมชน ผลการทดสอบแสดงค่าในกลุ่มที่มีประวัติล้มและไม่ล้มตามลำดับ โดยค่าการทดสอบ TUG เท่ากับ 16.8±12.9 และ 12.9±7.8 วินาที และ ค่าการทดสอบ SLS มีค่าเท่ากับ 4.7±7.6 และ 8.7±12.4 วินาที [30]

ปีค.ศ.2012 Mujdeci และคณะได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินการทรงตัวในผู้สูงอายุระหว่างกลุ่มที่ไม่มีประวัติล้ม และกลุ่มที่มีประวัติล้มอย่างน้อย 1 ครั้งในปีที่ผ่านมา ทำการประเมินโดยใช้การทดสอบ Computerized Dynamic Posturography (CDP) ซึ่งประกอบด้วย Sensory Organization Test (SOT), LOS, Rhytmic Weight Shift (RWS) โดยใช้เครื่องมือ Smart Balance Master และการทดสอบ Berg Balance Scale (BBS) ผลการประเมินพบว่าการตรวจประเมินที่กล่าวข้างต้น คะแนนที่ได้ทดสอบในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้มและไม่ล้มมีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสามารถใช้การทดสอบดังกล่าวเพื่อประเมินความผิดปกติทางการทรงตัวที่สัมพันธ์กับการล้มในผู้สูงอายุ

จากกลไกความเสื่อมที่มาพร้อมกับความชรา การลดประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายในทุกระบบที่ส่งผลต่อแนวโน้มการล้มในกลุ่มผู้สูงอายุมากกว่าทุกช่วงวัย ดังนั้น ผู้สูงอายุ หรือ “ผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปควรได้รับการประเมินความเสี่ยงต่อการหกล้ม ควรได้รับรู้สถานะความเสี่ยงของตนเอง และขอรับคำแนะนำในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมโดยฝึกการทรงตัวและการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ”[22]

การทรงตัว (Balance)

การทรงตัว คือ ความสามารถในการรักษาจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity) ของร่างกายให้อยู่ภายในพื้นที่รองรับ (Base of Support)[36] การทรงตัวจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการประสานสัมพันธ์ที่ดี ระหว่างการเตรียมความพร้อมล่วงหน้าก่อนการเคลื่อนไหว (anticipatory หรือ feed forwards) และ ongoing postural adjustments เพื่อที่จะคงสภาพศูนย์กลางมวลกาย Center of Mass (COM) ภายใต้พื้นที่รองรับ ไม่ว่าจะเป็นการยืน เดิน นั่ง หรือเปลี่ยนพื้นที่รองรับ[37] โดยจะมีการใช้ระบบรับความรู้สึก และระบบสั่งการในการทำให้ทรงตัวอยู่ได้ในท่าตั้งตรง (upright) ในระหว่างการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งในบางครั้งเรียกว่า postural control หรือ การควบคุมการทรงท่า ซึ่งความสมดุลระหว่างท่าทางหรือขณะทำกิจกรรมใดๆ ซึ่งประกอบด้วยการรักษาคงสมดุลไว้ให้นิ่ง การเคลื่อนสมดุลไปให้ถึงเป้าหมาย หรือการดึงกลับมาเพื่อรักษาความสมดุลไม่ให้เกิดการเสียสมดุล กลยุทธ์ของการควบคุมการทรงท่า อาจทำนายหรือทำให้เกิดปฏิกิริยาสืบเนื่องได้ และอาจมีความเกี่ยวข้องกับการคงอยู่ในฐานรองรับแบบคงที่ หรือการตอบสนองการเปลี่ยนแปลงฐานรองรับ[38] การแบ่งลักษณะของการทรงตัว สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การทรงตัวในขณะหยุดนิ่ง (static balance) เป็นการควบคุมการแกว่งของร่างกาย (postural Sway) ภายใต้พื้นที่รองรับน้ำหนักนั้นๆ โดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำหนักออกนอกพื้นที่รองรับ และอีกประเภท คือ การทรงตัวในขณะมีการเคลื่อนไหว (dynamic balance) เป็นการทรงตัวในช่วงที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกาย หรือเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของพื้นที่รองรับน้ำหนัก รวมถึงการเคลื่อนไหวร่างกายส่วนบนออกนอกจุดศูนย์ถ่วง เช่น การเอื้อมมือหยิบจับวัตถุ เป็นต้น[36]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลไกที่ควบคุมการทรงตัว

การทรงตัว หรือการทรงท่าทางของร่างกาย ประกอบด้วยองค์ประกอบของระบบประสาทการรับรู้ทางร่างกาย (sensory) 3 ส่วนหลัก คือ ระบบการมองเห็น (visual sensory) ระบบประสาท vestibular และระบบประสาทการรับรู้ข้อต่อ (proprioception) โดยทั้งหมดจะทำงานประสานสัมพันธ์กัน มีการดำเนินการ (processing) และการผสมผสาน (integration) เพื่อประมวลผลให้ได้

ท่าทางการทรงตัวตามเงื่อนไขและสถานการณ์ที่เหมาะสม โดยการทรงตัวถือเป็นส่วนสำคัญในการทำกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็น การยืน การเดิน การเดินเปลี่ยนทิศทางหรือหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวาง กิจกรรมทั้งหมดที่กล่าวมาล้วนต้องใช้ความสามารถพื้นฐานในการทรงตัวเพื่อที่จะต่อยอดไปยังกิจกรรมที่ยากขึ้น เช่น การเดินถือของ การเอื้อมหยิบสิ่งของ หรือเล่นกีฬาเป็นต้น

กลุ่มเสี่ยงที่มีปัญหาหลักในการล้ม คือ ผู้สูงอายุ หรือผู้ที่มีปัญหาการทรงตัว ดังนั้นถ้าในกรณีที่เป็นผู้สูงอายุและมีมีปัญหาการทรงตัวร่วมด้วย ก็จะพบว่าเป็นการเพิ่มความเสี่ยงในการหกล้มได้มากขึ้น และความเสี่ยงเหล่านี้จะเพิ่มมากขึ้นอีก เมื่อให้ประชากรกลุ่มนี้ทำกิจกรรมต่างๆ หรือเพียงแค่ทำกิจกรรมทางกาย จากที่กล่าวมาจะพบว่าการทรงตัวเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในผู้สูงอายุ ที่จะส่งผลต่อการหกล้ม และในเมื่อปัจจัยปัญหาด้านอายุไม่สามารถแก้ไขปรับเปลี่ยนได้ แต่ปัจจัยที่สามารถแก้ไขได้ นั่นคือ ปัญหาด้านการทรงตัว ซึ่งสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการล้มได้ดี

การทดสอบการทรงตัวจากเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์

การทดสอบการทรงตัว เป็นการวัดผล เพื่อประเมินความสามารถในการทรงท่าทาง ซึ่งการทดสอบโดยการตรวจประเมินจากเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์ เป็นการประเมินที่ให้ผลละเอียดมากกว่า คือสามารถระบุได้ถึงทิศทางการเซ หรือการแกว่งของศูนย์ถ่วงร่างกาย จากการตรวจจับของ transducer ที่อยู่ภายใต้ force platform โดยแสดงเป็นค่าข้อมูลดิบ COP ในทิศทางแกน X และแกน Y ที่ระบุถึงการเปลี่ยนถ่ายน้ำหนักในการทรงท่าทางในแต่ละวินาทีของการวัดผล ซึ่งแตกต่างกับการทดสอบโดยการวัดฟังก์ชันทั่วๆไปทางคลินิก ดังเช่น การวัดความสามารถการทรงตัวโดยใช้ Timed Up and Go test หรือการวัดด้วยชุดทดสอบ Berg Balance ที่สามารถตรวจประเมิน และระบุบ่งชี้ได้ชัดเจนถึงความเปลี่ยนแปลง เฉพาะในกลุ่มที่มีปัญหาการทรงตัว หรือพยาธิสภาพของโรคเท่านั้น และหากเมื่อพิจารณาในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพทางกาย มีความเสื่อม และปัญหาด้านการทรงตัว ซึ่งในบางกรณี เช่นผู้สูงอายุสุขภาพดี ไม่ได้บ่งชี้ปัญหาที่ได้ชัดเจน ดังเช่นกลุ่มที่มีพยาธิสภาพของโรค (อาทิเช่น พาร์กินสัน โรคหลอดเลือดสมอง เป็นต้น) ปัจจัยเพียงความชรา อาจไม่ได้แสดงบ่งชี้ชัดเจนว่าผู้สูงอายุมีความเสี่ยงต่อการล้มภายหลังจากการตรวจประเมินคัดกรองเพียงแบบทดสอบหรือการคัดกรองทางคลินิก กล่าวได้ว่าประสิทธิภาพในส่วนของความไวต่อการตรวจพบปัญหา อาจไม่ทันท่วงทีเท่าการตรวจประเมินทางชีวกลศาตร์ และในปี ค.ศ.2016 Zhen และคณะ ได้ทำการศึกษาหาความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของการประเมินทางชีวกลศาสตร์ COP เปรียบเทียบกับการตรวจประเมินทางคลินิก โดย BBS จากการประเมินการทรงตัวในผู้สูงอายุ พบว่าผลการทดสอบ COP มีค่าความถูกต้องในระดับดี เมื่อเปรียบเทียบกับ BBS[39]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดสอบด้วยเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์ โดยการใช้ force platform มีการใช้วัดเครื่องมือวัดมากมาย ในหลากหลายรูปแบบของเครื่องมือ เช่น การวัดโดยใช้เครื่องมือใหม่ๆคล้ายการเล่นเกม เช่น Wii balance board หรือการใช้ Balance Master ที่มีมายาวนาน มีหลากหลายรุ่น ซึ่งอ้างอิงจากการถูกนำมาใช้ในงานวิจัยของ Clark และคณะ ในปี ค.ศ. 1997 ซึ่งใช้ในการประเมินความสามารถการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว จากชุดการทดสอบ LOS ในกลุ่มผู้สูงอายุ[40] อีกทั้งยังมีหลายชุดการทดสอบ รวมถึงมีโปรแกรมสำเร็จรูป และข้อมูลดิบให้เลือกใช้งานในการวิเคราะห์ใช้งาน ซึ่งนอกจากนี้ยังมีการใช้ force platform ในหลากหลารูยปแบบเพื่อการประเมินคาดการณ์การล้มในกลุ่มผู้สูงอายุ ดังที่พบการศึกษาในปี ค.ศ.2006 ของ Maarit และ Pertii ซึ่งทำการทบทวนวรรณกรรมโดยรวบรวมวรรณกรรม ตั้งแต่ปี ค.ศ.1994 ถึง 2001[41]

โปรแกรมการทดสอบการทรงตัวจาก force platform โดยเครื่อง Neurocom Balance Master

ชุดโปรแกรมการทดสอบมีการประเมินที่หลากหลายส่วนของการทรงตัวและการเคลื่อนไหว อาทิเช่น การประเมินผล sensory impairments การประเมินผล motor impairments เป็นต้น โดยเครื่องมือจะประกอบไปด้วย force platform ชุดโปรแกรมจากซอฟต์แวร์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ และหน้าจอแสดงผลที่แสดงผลรวมถึง feedback ในขณะที่ทำการวัดประเมิน

<u>การทดสอบการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง</u> จากชุดการทดสอบ Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB) ซึ่งแสดงผลการแกว่งของศูนย์กลางกาย การทดสอบนี้วัดผล sensory impairments จากการทดสอบการทรงตัวใน 4 เงื่อนไข คือ

(1)ยืนลืมตาบนพื้นมั่นคง : ทดสอบในสภาวะปกติที่ลืมตา คือ มีการรับสัมผัสครบทุกองค์ประกอบ คือ ตามองเห็นสิ่งแวดล้อม การรับรู้ข้อต่อและกล้ามเนื้ออยู่ในสภาวะปกติบนพื้นที่ยืนมั่นคงแข็งแรง

(2)ยืนหลับตาบนพื้นมั่นคง : ทดสอบในสภาวะที่ปิดตา คือ มีการรับสัมผัสไม่ครบองค์ประกอบ คือ ตามองไม่เห็นสิ่งแวดล้อม

(3)ยืนลืมตาบนพื้นไม่มั่นคง : ทดสอบในสภาวะไม่ปกติแบบเปิดตา คือ มีการรับสัมผัสไม่ครบองค์ประกอบ คือ การรับรู้ข้อต่อและกล้ามเนื้ออยู่ในสภาวะไม่มั่นคง การตอบสนองต่อการวัดจะมีการกระตุ้นให้การออกคำสั่งในการควบคุมการทรงตัวที่มากขึ้น

(4)ยืนหลับตาบนพื้นไม่มั่นคง : ทดสอบในสภาวะไม่ปกติแบบปิดตา คือ มีการรับสัมผัสไม่ครบองค์ประกอบ คือ ขาดการรับรู้ด้านการมองเห็น และการรับรู้ข้อต่อและกล้ามเนื้อ ที่อยู่ในสภาวะ

ไม่มั่นคง การตอบสนองต่อการวัดต้องมีการกระตุ้นให้ออกคำสั่งในการควบคุมการทรงตัวที่มากกว่าทุกเงื่อนไข

<u>การทดสอบการทรงตัวแบบเคลื่อนไหว</u> จากชุดการทดสอบ Limits of Stability (LOS) ซึ่งวัดผลจากค่าศูนย์กลางกายที่ตกลงบนเท้าทั้งสองข้างบน force plateform การทดสอบนี้วัดผล voluntary motor impairments จากการทดสอบโดยการถ่ายน้ำหนักไปทิศทางต่างๆ ทั้ง 8 ทิศทาง โดยจะวัดผลของการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย การใช้ระยะเวลาในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า การประสานสัมพันธ์ของร่างกาย รวมไปถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรยางค์ขา ซึ่งผลของสิ่งต่างๆ เหล่านี้สามารถบ่งชี้ถึง ความเสี่ยงในการล้ม ในกลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มที่มีความผิดปกติด้านการเคลื่อนไหว หรือ CNS movement disorder แสดงผลการทดสอบการทรงตัวแบบเคลื่อนไหว 5 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย

(1) ระยะเวลาปฏิกิริยา (Reaction Time; RT)

(2) ความเร็วในการเคลื่อนไหว (Movement Velocity; MVL)

(3) การควบคุมทิศทาง (Directional Control; DCL)

(4) ระยะทางที่เคลื่อนที่ไปแล้วมีการหยุกชะงัก (Endpoint Excursion; EPE)

(5) การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดของการทดสอบ (Max Excursion; MXE)

การทดสอบการทรงตัวในการใช้เครื่องมือทางชีวกลศาสตร์ เป็นมาตรวัดที่สามารถบ่งชี้ถึงความผิดปกติได้ในหลายส่วนของการทดสอบ และแสดงผลความผิดปกติได้รวดเร็วในการตรวจประเมิน ถึงแม้ ผู้ที่ได้รับการทดสอบอาจจะไม่ได้แสดงพยาธิสภาพของโรค ซึ่งถือเป็นการทดสอบที่เหมาะจะประเมินทั้งในกลุ่มสุขภาพดี หรือกลุ่มที่มีสภาวะความบกพร่องแต่ไม่แสดงอาการปรากฏชัดเจน ดังเช่นในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงการล้ม ทั้งนี้เพื่อนำผลไปใช้ในการส่งเสริม และแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที

การฝึกการทรงตัว

การฝึกการทรงตัว เป็นหนึ่งในการฝึกระบบประสาทกล้ามเนื้อ (neuromuscular training) ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ การฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถในการตอบสนองของระบบประสาท ได้แก่ การมองเห็น การได้ยิน และการรับรู้ของข้อต่อ และการฝึกระบบการทำงานของกล้ามเนื้อ[6] ทั้งนี้เพื่อผลในการควบคุมสมดุลจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย และป้องกันการหกล้ม โดยการฝึกทั่วไป การฝึกการทรงตัวทั่วไปประกอบด้วย การยืนขาชิด การยืนต่อเท้า หรือการยืนขาเดียว เป็นต้น แต่ในการศึกษาจำนวนมาก มีการปรับประยุกต์การฝึกการทรงตัว โดยใช้อุปกรณ์เสริม เช่น แทรมโพลีน ไม้กระดก หรือ บอล BOSU อีกทั้งยังมีการออกกำลังกายในหลากหลายรูปแบบ เช่น โยคะ ไทชิ (Tai Chi)[42, 43] เป็นต้น

จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมาน (systemic review and meta-analysis) หัวข้อเรื่องประสิทธิภาพการออกกำลังกายเพื่อป้องกันการล้ม ของ Sherrington และคณะ ในปี ค.ศ. 2008 ยืนยันได้ว่าการฝึกการทรงตัวเป็นการออกกำลังกายมีประสิทธิภาพ และได้รับการจัดลำดับความสำคัญไว้ลำดับแรกในการแก้ปัญหา การทรงตัว และลดอัตราการล้มในกลุ่มผู้สูงอายุได้ดี[44] อีกทั้งยังใช้ได้ผลดีทั้งในกลุ่มผู้สูงอายุสุขภาพดี และกลุ่มที่มีภาวะของโรค เช่น ภาวะกระดูกบาง[45] เป็นต้น

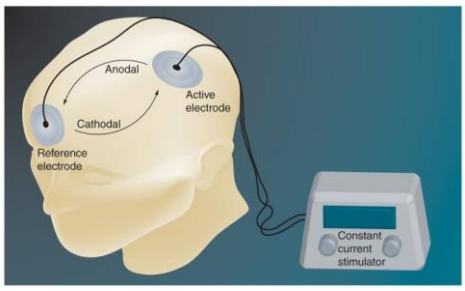
ในปี ค.ศ.2014 Ni และคณะได้ทำการศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม โดยสุ่มแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ได้รับการฝึกไทชิ โยคะ และการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน ฝึกครั้งละ 60 นาที รวมจำนวนการฝึกการทรงทั้งสิ้น 24 ชุดการฝึก โดยทำการตรวจประเมินการทรงตัวในก่อนและหลังการฝึก ประกอบด้วยการทดสอบภาคสนาม คือ การตรวจประเมินสมรรถภาพในการทรงตัว (balance performance) โดยประเมินจากการยืนขาเดียว ความเร็วในการเดิน และ functional reach) และการทดสอบในห้องปฏิบัติการ คือ การประเมินการแกว่งของศูนย์กลางกายเป็นค่าพื้นที่ของ Center of Pressure (COP) ในหน่วยตารางเซนติเมตร เพื่อประเมินการทรงตัวขณะยืนทรงตัวขณะลืมตาและหลับตาแบบหยุดนิ่ง รวมถึงการทรงตัวแบบเคลื่อนไหว ซึ่งผลการศึกษาพบว่าผลจากการฝึกการทรงตัวทั้ง 3 รูปแบบสามารถพัฒนาความสามารถในการทรงตัวได้ดีในทุกกลุ่ม ผลการทดสอบการแกว่งของศูนย์กลางกายขณะยืนลืมตา แสดงพื้นที่ของ COP ก่อนและภายหลังการฝึกการทรงตัวตามลำดับ ดังต่อไปนี้ กลุ่มไทชิ 0.30±0.08 cm^2 และ 0.23±0.05 cm^2 ในกลุ่มโยคะ 0.41±0.08 cm^2 และ 0.30±0.05 cm^2 รวมไปถึงกลุ่มการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน 0.46±0.08 cm^2 และ 0.30±0.05 cm^2 ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าการฝึกการทรงตัวเป็นการแก้ปัญหาการล้มได้อย่างเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการฝึกการฝึกโยคะ การฝึกไทชิที่ได้รับคำแนะนำว่ามีความเหมาะสมในกลุ่มผู้สูงอายุ หรือแม้กระทั่งการฝึกการทรงตัวพื้นฐานที่มีความง่ายและสะดวก รวมไปถึงสามารถปรับความหนักเบาให้เหมาะสมต่อเฉพาะกลุ่มบุคคลที่ได้รับการฝึก ซึ่งการฝึกการทรงตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พื้นฐานเป็นหลักการทางการรักษาที่ใช้ในการรักษาและฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดในผู้ป่วยหรือผู้ที่มีปัญหาการทรงตัว และการฝึกการทรงตัวยังหวังผลรวมไปถึงการส่งเสริมสมรรถภาพการทรงตัวในคนสุขภาพดีทั่วไปอีกด้วย

การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial Direct Current Stimulation; tDCS)

การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (tDCS) เป็นเทคนิคแบบ non-invasive โดยใช้เครื่องกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงขนาดต่ำเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเซลล์ประสาท เริ่มมีการนำเทคนิคนี้มาใช้ในการรักษาและทำการวิจัยตั้งแต่ประมาณต้นศตวรรษที่ 18 แต่การดำเนินงานเกิดขึ้นโดยปราศจากการตีพิมพ์เผยแพร่สู่วารสารนานาชาติ จึงทำให้ไม่เป็นที่แพร่หลายในขณะนั้น[46] ประกอบในช่วงในปี ค.ศ.1930 มีกระแสความนิยมการรักษาโดยการช็อกด้วยไฟฟ้า (Electro convulsive therapy) เบนความน่าสนใจ จึงทำให้การศึกษาขาดช่วงความต่อเนื่อง จนกระทั่งประมาณ 18 ปีต่อมาให้หลัง การศึกษา tDCS จึงได้รับกระแสความนิยมกลับมาอีกครั้ง และเริ่มมีการทำการศึกษาวิจัยอย่างมีระบบ โดยเริ่มจากสัตว์ทดลอง ต่อเนื่องมายังมนุษย์ จนพัฒนามาเป็นเทคนิคการวิจัยทางประสาทวิทยาศาสตร์ที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน[46]



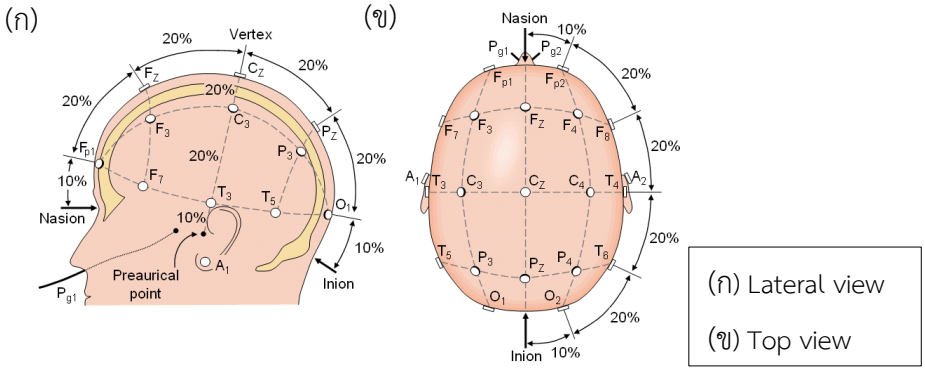
รูปที่ 3 การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ[47]

ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ประมาณ 1 ถึง 2 มิลลิแอมแปร์ (mA) ถูกปล่อยผ่านอิเล็กโทรดไปยังกะโหลกศีรษะ โดยมีระยะเวลากระตุ้นประมาณ 10 ถึง 30 นาที ซึ่งมีอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเครื่อง tDCS มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากถ่านไฟฉายขนาด 9 โวลต์ สายต่อเชื่อมขั้วแอโนด (anode) และขั้วแคโทด (cathode) สายรัดยึดแผ่นอิเล็กโทรดกับศีรษะ และแผ่นอิเล็กโทรด 2 แผ่น ขนาด 25 ถึง 35 ตารางเซนติเมตร (cm^2) พร้อมแผ่นฟองน้ำที่ชุบน้ำหรือน้ำเกลือ โดยที่ฟองน้ำต้องชุ่มน้ำตลอดเวลาการใช้งานเพื่อประสิทธิภาพของการกระตุ้นและป้องกันการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งอาจมีผลต่ออาการระคายเคือง ทั้งนี้ควรทำความสะอาดพื้นผิวบริเวณที่ติดขั้วกระตุ้นไฟฟ้า เพื่อช่วยลดแรงต้านทานทางไฟฟ้าระหว่างไขมันบริเวณผิวหนังกับขั้วอิเล็กโทรดอีกด้วย

ซึ่งการไหลของกระแสไฟฟ้าจะมีทิศทางการไหลจากขั้วแอโนด (จ่ายอิเล็กตรอน) ไปยังขั้วแคโทด (รับอิเล็กตรอน) โดยที่กระแสไฟฟ้าจะมีความหนาแน่นสูงที่สุดใต้แผ่น anode มีผลทำให้สมองส่วนที่อยู่ใต้ขั้วแอโนดได้รับการกระตุ้นการทำงานมากที่สุด และนอกจากนี้ขนาดขั้วอิเล็กโทรดยังมีความสำคัญต่อผลของการกระตุ้น เนื่องจากงานวิจัยจำนวนมากบ่งชี้ว่าประสิทธิภาพที่หวังผลได้[48, 49] ต้องมีความหนาแน่นของกระแสไฟระหว่าง 0.029-0.08 mA/cm^2 ดังนั้น การใช้ขนาดขั้วอิเล็กโทรดขนาดเล็ก จะทำให้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงขึ้น กระตุ้นได้บริเวณลึกขึ้นและเกิดผลยาวนานขึ้น

<u>ตำแหน่งการวางขั้วอิเล็กโทรด</u>

การวางขั้วอิเล็กโทรด อ้างอิงตามระบบ 10 ถึง 20 ของคลื่นไฟฟ้าสมอง (10-20 ECG system)[48] เพื่อกระตุ้นสมองส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนไหว หรือกระตุ้นเฉพาะพื้นที่ ตำแหน่งการวางอิเล็กโทรดบริเวณสมองที่จะทำการศึกษา มี 2 วิธี ได้แก่การกระตุ้นด้วยขั้วแอโนด (anodal tDCS stimulation; a-tDCS) โดยวางขั้วแอโนดบนตำแหน่งสมองที่ต้องการ เพื่อช่วยเพิ่มการทำงานของสมองส่วนนั้น และอีกวิธีคือการกระตุ้นด้วยขั้วแคโทด (cathodal tDCS stimulation; c-tDCS) โดยวางขั้วแคโทด บนตำแหน่งสมอง ที่ต้องการยับยั้งการทำงานของสมองส่วนนั้น และอีกตำแหน่งวางขั้วที่ไม่ได้ทำการศึกษาหรือขั้วอ้างอิง (reference electrode) จะถูกวางไว้บริเวณตำแหน่งที่อยู่นอกกะโหลกศีรษะ โดยวางไว้ตำแหน่งร่างกายด้านตรงข้าม เพื่อให้กระเสไฟฟ้าไหลผ่านเซลล์สมองได้มากสุดและป้องกันแทรกสอดผลของของไฟฟ้าต่อตำแหน่งสมองที่เป็นเป้าหมายการกระตุ้น การศึกษาจำนวนมากนิยมวางขั้วอ้างอิงที่บริเวณหัวไหล่หรือกระดูกเหนือเบ้าตา (supraorbital) ด้านตรงข้ามกับขั้วกระตุ้น[46, 48, 49] ซึ่งในปี ค.ศ.2003 Priori ได้รายงานว่า การเพิ่มหรือลดการกระตุ้นที่บริเวณ cerebral cortex โดยผลจะขึ้นกับตำแหน่งที่มีการกระตุ้นเฉพาะแต่ละเงื่อนไข และการเลือกขั้วไฟฟ้า[50]



รูปที่ 4 ตำแหน่งการวางอิเล็กโทรดอิงตามระบบ 10 – 20 EEG system[51, 52]

กลไกการทำงาน (Mechanism of action)

กลไกการทำงานยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อว่าการกระตุ้นไฟฟ้าด้วยกระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหลัก ในส่วนความต่างศักย์ของเซลล์ประสาทในระยะพัก (resting membrane potential) และการการปรับเปลี่ยนรองลงมาคือ การทำงานของ synaptic plasticity[48, 49] จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ภายใต้พื้นผิวขั้วแอโนดหรือขั้วบวก เซลล์ประสาทจะเกิด resting membrane potential ที่เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากการทำงานของ calcium channel ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้แคลเซียมเข้าสู่เซลล์ในระยะพัก (Resting stage) ได้มากขึ้น ส่งผลให้มีความเป็นขั้วลดลง (การลดลงของความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกเซลล์) ดังนั้นเซลล์ประสาทภายใต้ขั้วบวกจึงถูกกระตุ้นให้เกิด action potential ได้ง่ายขึ้น[48] ในทางตรงกันข้าม ผลที่เกิดภายใต้ขั้วแคโทดหรือขั้วลบ เซลล์ประสาทจะเกิด neuronal membrane hyperpolarization (ความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์และภายนอกเซลล์เพิ่มขึ้น) มีผลทำให้การกระตุ้นเซลล์ประสาทเกิด action potential ยากขึ้น ก่อให้เกิด Inhibitory Postsynaptic Potential หรือ IPSP[48] ดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่ากลไกการทำงานของการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะเป็นการทำงานแบบปรับเปลี่ยนเซลล์ประสาท (neuromoduration) เพื่อหวังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ membrane potentials และเกิด spontaneous depolarization ไม่ใช่การกระตุ้นเซลล์ประสาท (neuronal excitation) ดังเช่นที่เกิดขึ้นในการกระตุ้นด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Transcranial Magnetic Stimulation)[48] จากการศึกษาพบว่าเมื่อกระตุ้นสมองด้วย tDCS ทำให้ cortical excitability เกิดเปลี่ยนแปลง โดยเกิดการปรับเปลี่ยนการทำงานของ sodium-calcium channel และ NMDA receptor ในสมอง ส่งผลให้เกิด long–term potentiation (LTP) และ long–term depression (LTD) นอกจากนี้ยังก่อให้เกิด depolarization ที่ผนังหลอดเลือด ทำให้ regional cerebral blood flow เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังเพิ่มการหลั่ง activity-dependent brain derived neurotrophic factor (BDNF) กระตุ้นให้เกิด synaptic plasticity และ neurogenesis ซึ่งผลดังกล่าว อาจเกิดไม่เท่ากันทุกคน เนื่องจากปัจจัยทางพันธุกรรมที่มีผลต่อการตอบสนองการกระตุ้นด้วย tDCS

ผลคงอยู่ภายหลังการกระตุ้น tDCS (after effect) ขึ้นกับระยะเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นเป็นหลัก พบว่าเมื่อกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะเป็นเวลา 4 วินาที จะไม่เกิดผลภายหลังการกระตุ้น แต่ถ้าหากกระตุ้นนาน 10 นาที จะเกิดผลภายหลังระยะสั้น (short-lasting after effect) 1 ชั่วโมง และถ้าเพิ่มระยะเวลากระตุ้นเป็น 1 ชั่วโมง จะเกิดผลภายหลังระยะยาว (long-lasting aftereffect) ต่อเนื่องนาน 48 ชั่วโมงถึง 1 สัปดาห์[46, 48, 49, 53] ดังนั้นการจัดความถี่และเว้นระยะห่างของการกระตุ้นครั้งถัดไป (interval) ควรคำนึงถึงระยะเวลาภายหลังของผลการรักษาดังกล่าว ยกตัวอย่างเช่น กรณีกระตุ้น 10 นาที ควรเว้นระยะห่าง 1 ชั่วโมงเป็นอย่างต่ำ

และในกรณีที่การศึกษามุ่งหวังผลการเหนี่ยวนำเพื่อเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมอง ควรทำการกระตุ้นนานครั้งละ 10-30 นาที และถ้าหากเป็นไปได้ควรทำการกระตุ้นซ้ำทุกวัน[48]

ข้อห้ามและข้อควรระวัง[48, 54]

1. ห้ามติดขั้วกระตุ้นพร้อมกันทั้งสองด้านของกะโหลกศีรษะ เนื่องจากมีผลกระตุ้นก้านสมอง (brainstem) และห้ามวาง reference ไว้ที่ขา เนื่องจากมีผลต่อเส้นประสาทเลี้ยงหัวใจ
2. ควรหลีกเลี่ยงการวางขั้วกระตุ้นไว้ใกล้ตำแหน่งกระดูกมาสตอยด์ เพราะจะรบกวนระบบเวสติบูลาร์ ส่งผลต่อการวิงเวียนศีรษะภายหลังการกระตุ้น
3. ไม่ควรกระตุ้นในผู้ที่มี skull defect เช่น กะโหลกร้าว มีประวัติผ่าตัดสมอง เนื่องจากอาจมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าในบริเวณนั้นสูงมากกว่าบริเวณอื่น
4. ผู้รับการกระตุ้นไม่ให้ความร่วมมือ
5. มีบาดแผลหรือการติดเชื้อบริเวณที่จะวางอิเล็กโทรด
6. เส้นเลือดอักเสบในบริเวณที่กระตุ้น มีประวัติเลือดออกง่าย
7. ควรระมัดระวังเมื่อใช้กับผู้ป่วยที่มีเลือดออกในสมองโดย เฉพาะในระยะเฉียบพลัน เนื่องจาก tDCS ทำให้ Regional cerebral blood flow เพิ่มขึ้น
8. ผู้ป่วยที่ได้รับยาบางชนิดที่อาจส่งผลต่อการกระตุ้นด้วย tDCS ได้แก่ sodium channel blocker, calcium channel blocker, NMDA receptor antagonist
9. ผู้ที่มีการฝัง/ใส่โลหะในร่างกาย หรือมีรอยกะโหลก (skull defect)
10. ผู้ป่วยที่มีการฝัง cardiac pacemaker, defibrillators ใช้เครื่องกระตุ้นหัวใจชนิด demand-type
11. สตรีตั้งครรภ์
12. ผู้ที่มีประวัติการชัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลข้างเคียง[48, 55, 56]

ผลข้างเคียงระหว่างกระตุ้น ได้แก่ อาการระคายเคืองเล็กน้อย หรือ mild tingling (70.6%) อาการคันระคายเคือง หรือ light itching (30.4%) ภาวะเมื่อยล้าปานกลาง หรือ moderate fatigue (35.3%), slight burning (21.6%) ความรู้สึกปวดเล็กน้อย (15.7%) และลำดับสุดท้ายคือ difficulty in concentration (10.8%) นอกจากนี้ยังมีผลข้างเคียงที่เกิดภายหลังการกระตุ้น ได้แก่ ปวดศีรษะ (4.9%) คลื่นไส้ (2.9%) และไม่พบผลข้างเคียงที่รุนแรงเรื้อรัง แม้ว่าในกลุ่มที่ได้รับ tDCS จะพบผลข้างเคียงมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นหลอก แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังไม่พบอันตรายร้ายแรงอย่างอื่น อย่างไรก็ตามผลข้างเคียงสามารถจำกัดได้ โดยการปรับกระแสไฟต่ำในแรกเริ่ม แล้วค่อยๆปรับสูงขึ้น และค่อยๆลดกระแสลงก่อนการสิ้นสุดการกระตุ้นไฟ (ramp up-down) เป็นระยะเวลา 8-20 วินาที[57] เลือกใช้กระแสและขนาดขั้วอิเล็กโทรดให้เหมาะสม รวมถึงความชุ่มของฟองน้ำที่เหมาะสมขณะกระตุ้น และที่สำคัญคือการรัดขั้วอิเล็กโทรดให้แนบชิดพื้นผิวหนังที่วางกระตุ้น

การศึกษาวิจัยที่ผ่านมีความหลากหลายแตกต่างกันไปตามแต่เงื่อนไขที่หวังผล ในปี ค.ศ.2001 Nitshe และ Paulus ได้รายงานว่า กระตุ้น a-tDCS ที่ตำแหน่ง primary motor cortex จะเพิ่ม motor evoke potential (MEP) amplitude ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่ามีการพัฒนาการกระตุ้นของ corticospinal tract ในทางกลับกัน ถ้ากระตุ้นด้วย c-tDCS ผลที่ได้จะตรงข้าม ดังนั้น tDCS มีผลโดยตรงจากขั้วที่ใช้กระตุ้น[58, 59]

ในปีค.ศ.2003 Zimerman ได้ศึกษาผลการกระตุ้น a-tDCS ขนาด 1 mA เป็นระยะเวลารวม 20 นาที โดยระหว่างกระตุ้น tDCS โดยจะฝึกเป็นเวลา 3 นาทีต่อชุดการฝึก พัก 2 นาทีระหว่างชุดฝึกรวมจำนวน 5 ชุดการฝึก โดยวัดผลของการฝึก ภายหลัง 90 นาที และ 24 ชั่วโมงตามลำดับ พบว่ายังมีผลคงอยู่ต่อเนื่องยาว 24 ชั่วโมง[60] ในหลายการศึกษาทางสรีรวิทยาพบว่า การกระตุ้น tDCS ที่ตำแหน่ง M1 สามารถช่วยเพิ่ม cortical excitability[61] และสามารถกระตุ้นการทำงานของ cerebral cortical activity[62] โดยการเพิ่ม duration ของการกระตุ้น a-tDCS จะนำไปสู่การเกิด neuronal hypo-polarization[63] การเพิ่ม Intensity ของการกระตุ้น c-tDCS จะนำไปสู่การเกิด Neuronal Hyper-polarization[64]

ในปี ค.ศ.2013 Kaminski และคณะ ศึกษาการสลับขั้วกระตุ้นระหว่าง a-tDCS และ c-tDCS ผลพบว่าไม่ช่วยพัฒนา Motor skill Learning ทั้งการฝึกในวันที่ 1 และ 2[65] ซึ่ง Motor learning ประกอบด้วยความสัมพันธ์กันในส่วนของ a large-scale cortical network ซึ่งรวมไปถึงตำแหน่งของ pre-motor และ supplementary motor area ในส่วน basal ganglia และ cerebellum[10, 66] ในขณะเดียวกัน ผลของกระตุ้นและการคงอยู่ของ motor skill ได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง[10]

ผลของการกระตุ้น tDCS ต่อ motor skill learning นอกเหนือจากกระตุ้นที่ตำแหน่ง M1 ผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่มีความชัดเจน

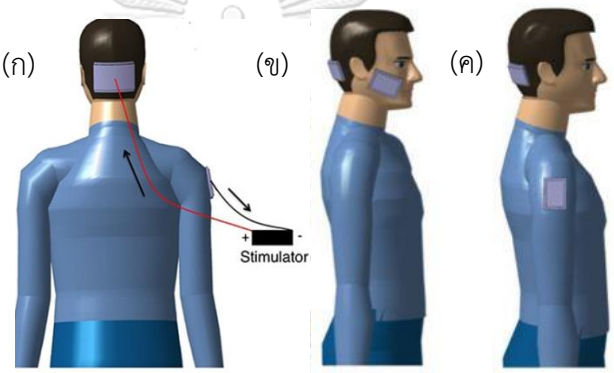
ในปีค.ศ.2016 Kaminski และคณะ ทำการศึกษาโดยการกระตุ้น a-tDCS ที่ตำแหน่ง primary motor cortex leg area (M1) จะช่วยพัฒนา dynamic balance performance และลดค่าความผิดพลาดในขณะที่การเพิ่ม balance performance และสามารถทำนายบ่งชี้ถึง kinematic profile ของการเคลื่อนไหวได้อีกด้วย ซึ่ง tDCS บ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระดับสูง (strengthens the relationship) ระหว่าง dynamic balance performance โดยวัดจาก Time in Balance จากระยะเวลาของความสามารถในการยืนบน stability platform (model16030) และ kinematic variable velocity กล่าวคือ tDCS ช่วยเพิ่มความสามารถในส่วน Postural stability และไม่ใช่เพียงแค่ static balance performance แต่ยังรวมไปถึง dynamic balance task[12]

ในปี ค.ศ.2017 Kaminski และคณะ ได้ทำการศึกษาอย่างต่อเนื่อง โดยนักวิจัยกลุ่มนี้ได้ใช้พารามิเตอร์ และรูปแบบการวิจัยเดิมที่เคยศึกษาในกลุ่ม young adult ในปี 2016 โดยเปลี่ยนเพียงกลุ่มตัวอย่าง ผู้สูงอายุ แต่ในการศึกษานี้พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทั้งสองกลุ่ม คือ a-tDCS และ s-tDCS สามารถทำได้แค่ทำนาย kinematic movement profile ซึ่งผลที่เกิดขึ้นจากการศึกษานี้ที่ไม่พบความต่างกันระหว่างกลุ่ม อาจมาจากความแตกต่างที่ส่งผลต่อเนื่องจาก neurophysiological effect ต่อการกระตุ้น tDCS ในกลุ่มผู้สูงอายุ จะพบว่าผู้สูงอายุจะมี delayed plasticity ของ M1[67] และผลของระยะเวลาที่สามารถทรงตัวได้ (Time in Balance: TiB) performance ลดลง อาจมีสาเหตุมาจาก muscle หรือ cognitive fatigue[13]

การกระตุ้น tDCS ที่บริเวณสมองสามารถติดกระตุ้นได้หลายตำแหน่งตามแต่วัตถุประสงค์ โดยส่วนมากทำการติดกระตุ้นที่บริเวณ M1 แต่เมื่อไม่นานมานี้เริ่มมีงานวิจัยที่เลือกใช้ตำแหน่งของสมองส่วน cerebellum โดยมีความสนใจมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้มีการเริ่มต้นใช้ในประมาณปี ค.ศ.2008 Ferrucci และคณะได้ทำการศึกษาโดยติดกระตุ้นใต้ต่อ inion ถัดมาด้านข้าง 1 cm กระตุ้นด้วยไฟฟ้าขนาด 2 mA เป็นระยะเวลา 15 นาที ทำการทดลองโดยกระตุ้นเพียงครั้งเดียว และวางขั้ว referent ไว้ที่บริเวณหัวไหล่ขวา เพื่อศึกษาผลของการทำงานของความจำ (working memory)[68] และจากการศึกษาบทความปริทรรศน์ของ Ferrucci และคณะในปี ค.ศ. 2015 ได้รวบรวมการศึกษา การกระตุ้น tDCS ที่บริเวณสมองส่วน cerebellum ได้ให้คำอธิบายไว้ว่าเป็นการศึกษาเพื่อเหนี่ยวนำการเปลี่ยนแปลงการทำงานที่ยาวนานขึ้นของสมองส่วนนี้ มีการติดกระตุ้นหลากหลายกลุ่มอายุและวัตถุประสงค์ ซึ่งโดยมากจะทำการศึกษาในคนทั่วไปสุขภาพดี ในแรกเริ่มได้รับการแนะนำให้กระตุ้นในผู้ป่วยหรือกลุ่มที่มีความผิดปกติของสมองส่วนดังกล่าว เนื่องจาก tDCS ช่วยเหนี่ยวนำการเปลี่ยนแปลงทางประสาทวิทยา อีกทั้งยังมีผลพบว่าช่วยปรับการเดิน motor learning และ cognition ในกลุ่มสุขภาพดี[69] การกระตุ้นที่สมองส่วน cerebellum โดยปกตินิยมใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้วอิเล็กโทรดขนาด 5x5 cm^2 เพื่อการกระตุ้นสมองซีกใดซีกหนึ่ง แต่ถ้าในกรณีที่มีการกระตุ้นทั้งหมดของสมองส่วน cerebellum จะใช้อิเล็กโทรดขนาด 5x7 cm^2 เพื่อให้ครอบคลุมบริเวณกว้างขึ้น โดยตำแหน่งการวางขั้วจะติดที่บริเวณท้ายทอย ซึ่งเป็นตำแหน่งการวางตัวของสมองส่วนนี้ โดยตำแหน่งที่ติดกระตุ้นมีหลากหลาย อาทิเช่น บริเวณใต้ต่อ inion 2 cm[68, 70] หรือในบางครั้งอาจติดกระตุ้นบริเวณด้านนอกข้างต่อ inion ประมาณ 3 cm [11, 71] และขั้วอิเล็กโทรดอ้างอิงมักวางไว้บริเวณแก้มด้านตรงข้าม buccinators muscle แต่การติดบริเวณนี้อาจมีผลต่อ ความสามารถของการประมวลผลข้อมูลจากการมอง และการเคลื่อนไหวของร่างกาย visuomotor integration และด้วยเหตุผลดังกล่าวในบางงานวิจัยจึงมีการใช้ตำแหน่งอิเล็กโทรดอ้างอิงบริเวณหัวไหล่ด้านตรงข้ามหรือหัวไหล่ด้านขวาในกรณีการกระตุ้นทั้งหมดของสมองส่วน cerebellum[72] (รูปที่ 5) โดยค่าความเข้มของกระแสที่นิยมใช้ คือ 1-2 mA และ ระยะเวลาที่กระตุ้น 15-25 นาที[69]



รูปที่ 5 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดในการกระตุ้นสมองส่วน Cerebellum
(ก) ตำแหน่งอิเล็กโทรดกระตุ้น (ข) และ (ค) ตำแหน่งอิเล็กโทรดอ้างอิงบริเวณ buccinator muscle และหัวไหล่ขวา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในปีค.ศ.2014 Hardwick ทำการศึกษาผลการกระตุ้น c-tDCS ในขนาดที่มากกว่าเดิม 2 mA บริเวณสมองตำแหน่ง cerebellar ระยะเวลาประมาณ 15 นาที เพื่อพัฒนา Motor Learning ในผู้สูงอายุ ผลพบว่า สามารถช่วยเพิ่ม adaptive learning ได้ดีกว่ากลุ่มที่กระตุ้นหลอก (sham-tDCS; s-tDCS)[11]

ในปีค.ศ.2016 Inukai และคณะ ได้ทำการศึกษาการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะบริเวณสมองส่วน cerebellum เพื่อวัดผลการควบคุมทรงท่าในท่ายืน (standing postural control) ด้วยกระแสขนาด 2 mA เป็นเวลา 20 นาที วางขั้วอิเล็กโทรดขนาด 35 cm^2 บนหนังศีรษะตำแหน่งบริเวณใต้ต่อ inion 2 cm โดยจะวางขั้วอิเล็กโทรดอีกขั้วไว้บริเวณหน้าผากด้านตรงข้าม โดยจะวางขั้วอิเล็กโทรดบนกล้ามเนื้อ buccinator ข้างขวา โดยก่อนและหลังการกระตุ้น tDCS จะมีการวัดค่าศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of Gravity: COG) 60 วินาที ในท่ายืน

ลืมตาบนขาทั้ง 2 ข้าง คำนวณมาเป็นค่า total locus length, Locus length per second, regtangular area และ enveloped จากศึกษานี้สรุปได้ว่า ผลของ tDCS ต่อ Postural control ขึ้นอยู่กับขั้วกระตุ้น ผลกระตุ้นหรือยับยั้ง cerebella Purkinje cells การกระตุ้น tDCS ต่อ cerebellum ที่สามารถแก้ไข postural sway (velocity) ได้

ในปี ค.ศ.2013 Zandvliet และคณะ ได้ทำการศึกษาผลของการกระตุ้น tDCS ที่สมองส่วน cerebellum ในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเพื่อหวังผลพัฒนาการทรงตัว จากการวัดการแกว่งของศูนย์กลางกาย COP โดยทำการกระตุ้น a-tDCS ขนาด 1.5 mA เป็นระยะเวลา 20 นาที ร่วมกับการฝึกการทรงตัว ทำการกระตุ้นเพียง 1 ครั้ง ผลพบว่าสามารถช่วยเพิ่มความสามารถการทรงตัวได้

สรุปผลจากการทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าผู้สูงอายุเป็นกลุ่มประชากรที่เพิ่มจำนวนขึ้นในทุกๆปี ซึ่งเป็นกลุ่มอายุที่มีความเสี่ยงต่อการล้มสูง อันเนื่องมากจากปัจจัยเสี่ยงที่เพิ่มมากขึ้นจากความเสื่อมถอยของร่างกาย และการล้มยังเป็นส่วนที่ส่งผลต่ออัตราการตายที่สูงขึ้น ดังนั้นสิ่งที่จะช่วยลดปริมาณปัญหาดังกล่าวนี้ได้คือการคัดกรองที่ดี ที่จะนำมาสู่การแก้ปัญหาที่ตรงจุด โดยปัญหาหลักของผู้สูงอายุ คือ ความแข็งแรง และความสามารถในการทรงตัว และจากแนวทางของ AGS & BGS Clinical Practice Guideline for Prevention of Falls in Older Persons ในปี ค.ศ.2010 นำเสนอการป้องกันการล้มในผู้สูงอายุที่อาศัยในชุมชนโดยหลักการคัดกรองและการประเมินผลที่กล่าวอ้างในข้างต้น สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ การคัดกรองความเสี่ยงในการล้ม ข้อกำหนดเบื้องต้นในการประเมินความเสี่ยงในการล้ม คือ เข้าเกณฑ์คำถามหลัก 3 ข้อ คือ ใน 1 ปีที่ผ่านมีการล้มอย่างน้อยสองครั้งหรือไม่ เคยล้มแบบ acute fall หรือไม่ และคำถามสุดท้ายคือ มีการเดินหรือการทรงตัวที่ยากลำบากหรือไม่ หรือในกรณีที่มีการล้มเพียงแค่ 1 ครั้งในปีที่ผ่านมา จะสามารถเข้าข้อกำหนดกลุ่มความเสี่ยงก็ต่อเมื่อ ผู้สูงอายุควรได้รับการประเมินการเดิน และการทรงตัวเพิ่มเติม อาทิเช่น การประเมิน Time up and go test (TUG)[25] เป็นต้น และถ้าหากผลการประเมินการทรงตัวเพิ่มเติมมีค่าบ่งชี้ความผิดปกติ จะถือว่าผู้สูงอายุอยู่ในกลุ่มที่มีความเสี่ยงในการล้มจากปัญหาการทรงตัว ซึ่งถือเป็นกลุ่มที่มีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างทันท่วงที เพื่อลดจำนวนอุบัติการณ์การล้ม การแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความสามารถในการทรงตัว หนึ่งในนั้นคือ โปรแกรมการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน ซึ่งถือเป็นการฝึกที่สะดวก และสามารถปรับระดับความยากง่ายให้เหมาะสมในเฉพาะกลุ่มบุคคลได้ดี อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่แพร่หลายในการฝึกและการรักษาทางกายภาพบำบัดอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาความสามารถในการทรงตัวยังมีทางเลือกใหม่ที่ช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้ โดยใช้วิธีการกระตุ้นเพื่อพัฒนาความสามารถใน

การทรงตัวได้โดยวิธีการกระตุ้นสมองผ่านกะโหลกศีรษะด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งแต่เดิม แรกเริ่ม เทคนิคนี้ได้มีการใช้ได้เพื่อพัฒนาความจำ cognitive หรือในกลุ่มที่มีพยาธิสภาพทางระบบประสาท เช่น โรคหลอดเลือดสมอง โรคพาร์กินสัน หรือแม้กระทั่งในกลุ่มเด็กที่มีความพิการทางสมอง และในปัจจุบันเริ่มมีงานวิจัยที่ศึกษาในกลุ่มประชากรผู้สูงอายุจำนวนมากขึ้น และถึงแม้ว่าการกระตุ้น Motor learning เพื่อเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อแขนและขา โดยวางขั้วกระตุ้นที่บริเวณ M1 ซึ่งมีการศึกษาและเป็นที่ยอมรับในการใช้เพื่อทำการรักษา ยังแต่คงพบว่ามีการศึกษาจำนวนน้อย ที่ทำการศึกษาโดยวางขั้วกระตุ้นที่บริเวณสมองส่วน cerebellum ซึ่งเป็นสมองอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญใน การทรงตัว อีกทั้งการศึกษาทีผ่านมาในอดีตได้บ่งชี้ว่า การฝึกการทรงตัวพื้นฐาน หรือ การกระตุ้น tDCS ที่สมองส่วน cerebellum ช่วยเพิ่มความสามารถการทรงตัว แต่อย่างไรก็ตามยังไม่เคยมี การศึกษาที่ทำการกระตุ้น tDCS ร่วมกับการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน เพื่อหวังผลการทรงตัวจากการฝึก และกระตุ้นสมองในระยะยาว เพราะการศึกษาที่ผ่านมานิยมศึกษาเพื่อกระตุ้นและดูผลในทันที ภายหลังที่ให้การกระตุ้น tDCS ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาในหัวข้อวิจัยนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในมนุษย์ (human experimental research design) เป็นการศึกษาวิจัยวิเคราะห์แบบ randomized control trail (double-blinded experiment, sham controlled trial) ในกลุ่มประชากรผู้สูงอายุไทยที่มีประวัติการล้ม อายุ 60-80 ปี

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากรเป้าหมาย **(Target Population)** คือ ผู้สูงอายุ อายุระหว่าง **60-80** ปี

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา **(Study Population)** คือ ผู้สูงอายุ อายุ **60-80** ปี เข้ารับการตรวจคัดกรองตามเกณฑ์ในการคัดเข้าและคัดออกของผู้ร่วมงานวิจัย

ตัวอย่าง **(Sample)** คือ กลุ่มอาสาสมัครในประชากรที่ใช้ในการศึกษาที่ยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย

เกณฑ์ในการคัดเข้าผู้ร่วมงานวิจัย (Inclusion criteria)

- อายุ **60-80** ปี สุขภาพดี คือ ไม่มีการบาดเจ็บที่หลังสะโพก เข่า และข้อเท้าที่ส่งผลต่อการทรงตัวและการเคลื่อนไหว ภายใน **3** เดือนก่อนการเข้าร่วมงานวิจัย
- ผู้ที่มีประวัติการล้มและผู้ที่มีปัญหาการทรงตัว **(**ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ **TUG** หรือ **SLS)**
- ผู้เข้าร่วมวิจัยสมัครใจและลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมวิจัย

เกณฑ์ในการคัดออกจากการศึกษาวิจัย (Exclusion criteria)

- มีข้อห้ามในการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ได้แก่
    - ใส่อุปกรณ์โลหะในร่างกายหรือศีรษะ (implanted metal devices: pacemaker, metal plates, wires)
    - มีประวัติเคยชักหรือมีประวัติครอบครัวเคยชัก
    - รับประทานยาที่มีผลทำให้ threshold ของการชักลดลง
    - มีความผิดปกติของผิวกะโหลกศีรษะ มีประวัติผ่าตัดสมองหรือเคยหมดสติไปมากกว่า 15 นาที
- ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีความผิดปกติเกี่ยวกับเส้นประสาทและกล้ามเนื้อและไม่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวของลำตัวและรยางค์ขา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ผู้ที่มีอาการทางจิตเวชและอาการทางระบบประสาทอยู่เดิม (neuropsychiatric problems)
- รับประทานยาที่มีผลต่อ cognitive performance เช่น antipsychotic drugs, anticholinergic drugs, antiepileptic drugs เป็นต้น
- มีปัญหาในเรื่องการสื่อสาร
- มีภาวะสมองเสื่อม
- คนไข้เลือดออกในสมอง
- มีประวัติ drug or alcohol abuse or dependence
- มีปัญหาทางด้านสายตาที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข
- มีบาดแผลหรือการติดเชื้อบริเวณที่จะวางอิเล็กโทรด
- เส้นเลือดอักเสบในบริเวณที่กระตุ้น มีประวัติเลือดออกง่าย
- ผู้ป่วยที่ได้รับยาบางชนิดที่อาจส่งผลต่อการกระตุ้นด้วย tDCS ได้แก่ sodium channel blocker, calcium channel blocker, NMDA receptor antagonist

การกำหนดกลุ่มประชากร (Sample size)

การคัดเลือกจากผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล โดยผู้วิจัยติดต่อประสานงานกับผู้สูงอายุโดยตรง ซึ่งผู้สูงอายุที่ได้รับการคัดเลือกจะเป็นผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม อายุระหว่าง 60-80 ปี ซึ่งผ่านเกณฑ์การคัดเลือก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเลือกกลุ่มประชากรตัวอย่าง

ใช้วิธีการเลือกตัวอย่างตามจุดมุ่งหมาย (Purposive sampling) คือ ผู้สูงอายุ อายุ 60-80 ปี ต้องเข้าร่วมการวิจัยโดยความสมัครใจและจะต้องอยู่ในเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาข้างต้น มีการจัดสรรตัวอย่างโดยใช้การสุ่มวิธี Block randomization แบบ Block of Four เพื่อให้จำนวนตัวอย่างของทั้งสองกลุ่มมีขนาดเท่ากันและเพื่อการกระจายตัวกวน ซึ่งข้อมูลการจัดสรรกลุ่มเป็นตัวอักษร (AABB, ABAB, BABA และ BBAA โดยที่ A คือ กลุ่มควบคุม และ B คือ กลุ่มศึกษา) จะถูกใส่ในซองจดหมายทึบที่ปิดผนึก เครื่องมือกระตุ้น HDCstim จะถูกตั้งค่าโดยผู้ร่วมวิจัยที่ไม่มีส่วนในการติดกระตุ้นอาสาสมัครและการประเมินผลข้อมูล หน้าจอบนเครื่องจะไม่แสดงผลการตั้งค่าว่าเป็น real หรือ sham-tDCS มีเพียงป้ายระบุไว้ว่าเป็นกลุ่ม1 หรือ 2 เท่านั้น ดังนั้นผู้ทำวิจัยที่เป็นผู้ติดกระตุ้นสมองให้แก่อาสาสมัครและผู้ประเมินผลจะทราบเพียงว่าอาสาสมัครแต่ละรายอยู่ในกลุ่ม 1

หรือกลุ่ม 2 รวมทั้งอาสาสมัครในกลุ่มควบคุมจะไม่ทราบว่าได้รับการกระตุ้นหลอก ผลจากการสุ่มสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มทดลอง คือ ผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน ร่วมกับ การกระตุ้นจริง real-tDCS
2. กลุ่มควบคุม คือ ผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน ร่วมกับ การกระตุ้นหลอก sham-tDCS

การคำนวณกลุ่มประชากรตัวอย่าง

การกำหนดกลุ่มประชากรตัวอย่าง ได้มาจากการคำนวณหากลุ่มประชากรตัวอย่างจากการศึกษาของ Ni และคณะ ในปี ค.ศ.2014[7] ทำการศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้มด้วยโปรแกรมการฝึกทรงตัวพื้นฐาน ฝึกครั้งละ 60 นาที รวมจำนวนการฝึกการทรงตัวทั้งสิ้น 24 ชุดการฝึก วัดผลโดยทำการตรวจประเมินการทรงตัวในก่อนและหลังการฝึก เพื่อประเมินการแกว่งของศูนย์กลางกายขณะทรงแบบหยุดนิ่ง แสดงค่าพื้นที่ของ Center of Pressure (COP) ในหน่วยตารางเซนติเมตร แสดงผลการทดสอบเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) ก่อนฝึก 0.46±0.25 cm^2 และภายหลังการฝึก 0.30±0.15 cm^2 การคำนวณในกรณีคำนวณเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน (independent sample)

สูตร n = $\frac{(Z_{\alpha/2}+Z_{\beta})^2 \times 2\sigma^2}{d^2}$

กำหนดให้ n = ขนาดตัวอย่างของแต่ละกลุ่ม d = Mean of difference

σ^2 = Variance of difference (pooled variance)

$Z_{\alpha/2}$ = $Z_{0.05}$ = 1.96 Z_{β} = $Z_{0.20}$ = 0.84

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 (pooled variance) จึงประมาณค่าเท่ากับ S_p^2

จากสูตร S_p^2 = $\frac{(n_1-1)S_1^2+(n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}$

เมื่อ S_1, S_2 = ค่า S.D. ของกลุ่มตัวอย่าง

S_p^2 = $\frac{(15-1)0.25^2+(15-1)0.15^2}{15+15-2}$ = 0.0425

สูตร n = $\frac{(1.96+0.84)^2 \times 2(0.0425)}{(0.46-0.3)^2}$ = 26.03 = 27

ดังนั้น จำนวนอาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัยต่อกลุ่มเท่ากับ 27 คน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการฝึกการทรงตัว และการที่อาสาสมัครออกจากการวิจัย ผู้วิจัยจะทำการคัดเลือดผู้เข้าร่วมวิจัยมากกว่าจำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้ 15 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้น จึงมีอาสาสมัครเข้าร่วมงานวิจัยต่อกลุ่มเท่ากับ 32 คน
สรุปรวมจำนวนอาสาสมัครเข้าร่วมงานวิจัยทั้งสิ้น 64 คน

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมงานวิจัย (ภาคผนวก ก) และเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย (ภาคผนวก ข)
2. แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล (ภาคผนวก ค) แบบสอบถามข้อมูลเพื่อคัดกรองเบื้องต้น (ภาคผนวก ง) และแบบบันทึกข้อมูลการวิจัย (ภาคผนวก จ)
3. แบบบันทึกข้อมูลการฝึกการทรงตัวด้วยตนเองที่บ้าน (ภาคผนวก ฉ)
4. เครื่องทดสอบการทรงตัว โดยวัดการแกว่ง และการถ่ายน้ำหนักในการยืน โดยใช้ Force plate จากเครื่อง Neurocom Balance Master®

รูปที่ 6 แสดงเครื่องทดสอบการทรงตัว Neurocom Balance Master®

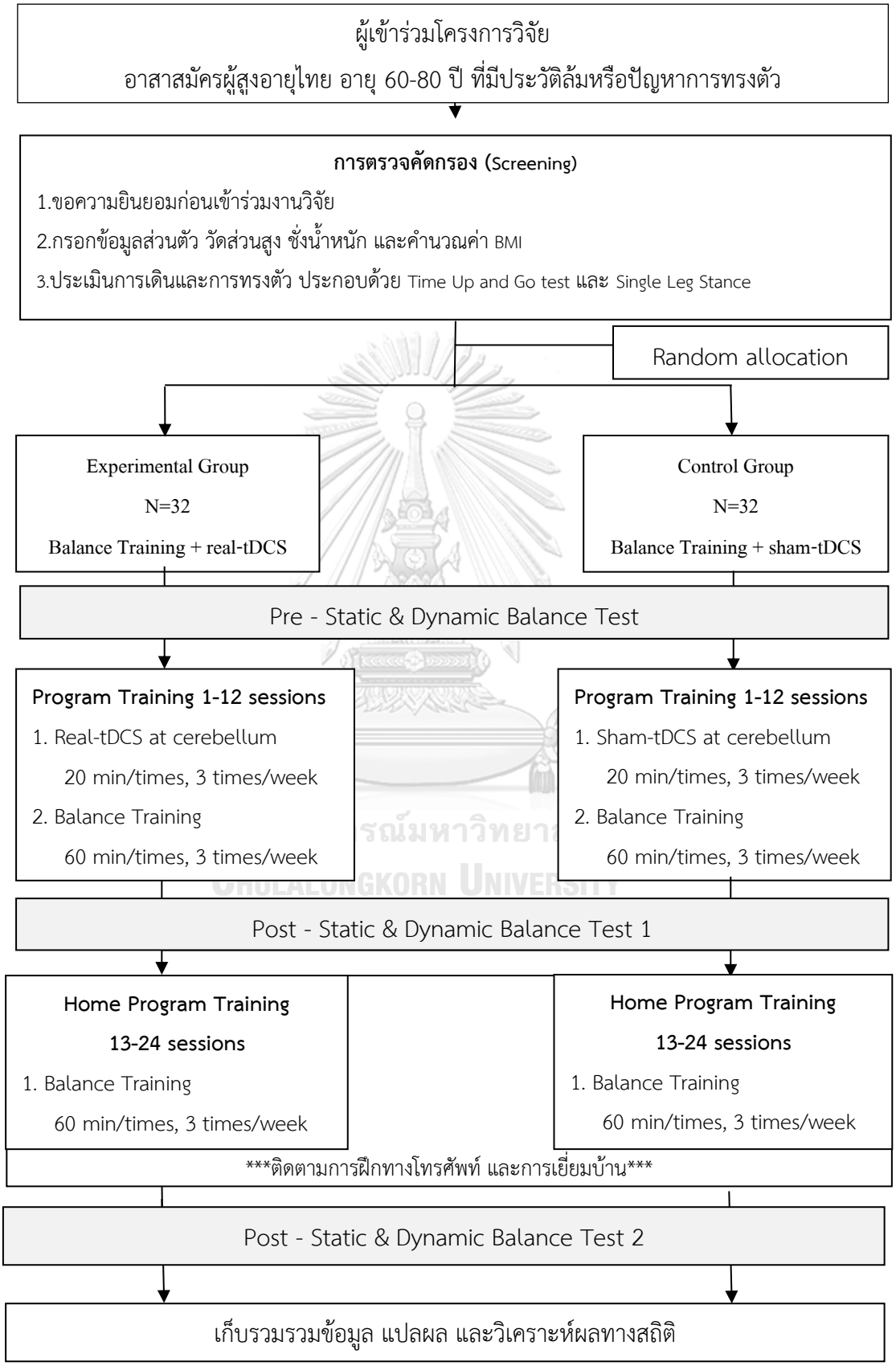
5. เครื่องกระตุ้นระบบประสาทด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (transcranial Direct Current Stimulator; tDCS) รุ่น HDCkit (Magstim Company Ltd ประเทศสหราชอาณาจักร) ซึ่งประกอบด้วย

    - Programmer (HDCprog) เฮช ดี ซี พรอก เครื่องตั้งค่าควบคุมโปรแกรมการกระตุ้น
    - Stimulator (HDCstim) เฮช ดี ซี สติม เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า ปล่อยกระแสไฟฟ้า
    - Set of electrode (HDCel) เฮช ดี ซี เอล หรือ อุปกรณ์แนบติด ประกอบด้วย สายไฟ ขั้วกระตุ้น และฟองน้ำสีเหลือง

รูปที่ 7 เครื่องกระตุ้นสมองด้วยกระแสไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ ทีดีซีเอส (tDCS) ชื่อรุ่น: เฮช ดี ซี คิท (HDCkit) (Magstim Company Ltd ประเทศสหราชอาณาจักร) (ก) HDCprog (ข) HDCstim และ (ค) HDCel

6. สำลี น้ำเกลือ แอลกอฮอล์ และถ่านไฟฉาย
7. อุปกรณ์ฝึกการทรงตัว เช่น เก้าอี้ กรวย simple foam pillow และลูกบอล
8. เครื่องชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง และสายวัด

ขั้นตอนการวิจัย



ขั้นตอนการทดสอบ

1. คัดเลือกอาสาสมัครตามเกณฑ์คัดเลือก อธิบายจุดประสงค์ของการวิจัย เพื่อทราบถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัยนี้ให้อาสาสมัครทราบ รวมทั้งเปิดโอกาสให้อาสาสมัครสามารถซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับงานวิจัย
2. ผู้วิจัยกรอกแบบบันทึกข้อมูลเบื้องต้นของอาสาสมัคร
3. ตรวจคัดกรองเบื้องต้น (Screening test) ดังต่อไปนี้

    - ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูงคำนวณดัชนีมวลกาย (BMI)
    - ทำแบบสอบถามประวัติการพลัดตกหกล้ม ใน 1 ปีย้อนหลัง[8]
    - การประเมินความสามารถการทรงตัวและการเดินโดยการทดสอบ Time up and go (TUG)[29] ทำการทดสอบโดยจับเวลาในการลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้นั่ง (มีพนักพิงและที่วางแขน) เดินตรงไปหน้า 3 เมตร (10 ฟุต) แล้วกลับตัวอ้อมสิ่งกีดขวางเพื่อเดินกลับ โดยจะหยุดเวลาเมื่อผู้ถูกทดสอบนั่งลงบนเก้าอี้ โดยจะมีเกณฑ์คัดกรองการทดสอบ คือ ใช้ระยะเวลาในการเดินมากกว่า 10 วินาที
    - ประเมินความสามารถการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง (static balance) ทดสอบโดยการยืนขาเดียว (Single leg stance; SLS)[30] การทดสอบจับเวลาความสามารถในการทรงตัวขณะยืนขาเดียว โดยการให้ผู้รับการทดสอบยืนบนขาทีละข้างเปิดตา แขนวางขนานแนบลำตัว ผู้ทดสอบจะทำการให้สัญญาณในการเริ่มยกขา และจะเริ่มจับเวลาเมื่อขาข้างหนึ่งลอยพ้นพื้น และหยุดเวลาทันทีเมื่อขาข้างที่ยกตกสู่พื้น ทำการประเมินการยืนบนขาข้างซ้ายและขวา ข้างละ 3 ชุดการทดสอบ โดยพักระหว่างชุด 1 นาที โดยจะมีเกณฑ์คัดกรองการทดสอบคือใช้เวลาน้อยกว่า 10 วินาที

4. ทำการคัดเลือกแบ่งกลุ่มโดยการสุ่ม (Randomize) เพื่อแบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

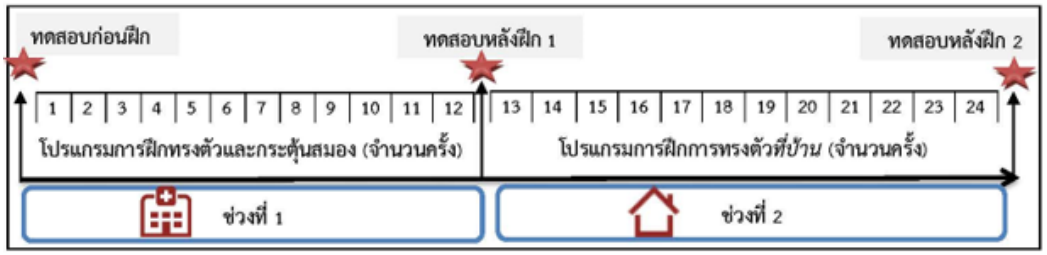
    - กลุ่มทดลอง คือ ผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึกการทรงตัว ร่วมกับ การกระตุ้นด้วย real-tDCS
    - กลุ่มควบคุม คือ ผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึกการทรงตัว ร่วมกับ การกระตุ้นด้วย sham-tDCS

5. อธิบายถึงวิธีการทดลองให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจถึงวิธีปฏิบัติ วิธีการทดสอบและประเมินผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนจะต้องทำการทดสอบเพื่อประเมินการคงความสมดุลของร่างกายบน force plate จำนวน 2 โปรแกรมการทดสอบ ด้วยเครื่อง Neurocom Balance Master® โดยมีการทดสอบรวมจำนวน 3 ครั้ง คือ ก่อนการฝึกการทรงตัวและกระตุ้นสมอง ภายหลังของการฝึกการทรงตัวและกระตุ้นสมอง ครั้งที่ 12 และภายหลังการฝึกการทรงตัว ครั้งที่ 24 โดยทดสอบในทั้ง 2 กลุ่มเงื่อนไขเหมือนกัน (กลุ่มทดลอง และ กลุ่มควบคุม)
7. การประเมินผลข้างเคียง ก่อนและภายหลังกระตุ้น tDCS โดยการสอบถามผลข้างเคียง ประกอบด้วย ความรู้สึกคันระคายเคือง (itching) ความรู้สึกล้า (fatigue) และความรู้สึกไม่สบาย (discomfort) ที่อาจเกิดขึ้นภายหลังจากการกระตุ้นสมองทุกครั้งด้วย

กรอบเวลางานวิจัย : ความถี่การฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมระยะเวลาตลอดโครงการ 2 เดือน



การวัดการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง และแบบเคลื่อนไหว

<u>การประเมินความสามารถในการคงความสมดุลของผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งสองกลุ่ม</u>

ผู้ที่ทำหน้าที่ทดสอบความสามารถในการทรงตัว : นายกิตติกร สีหาบุตร นักกายภาพบำบัดผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์การใช้เครื่อง Neurocom Balance Master®

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งสองกลุ่มจะได้รับการประเมินความสามารถในการคงความสมดุลของร่างกายบน force plate ผู้ทดสอบยืนด้วยเท้าเปล่าบนแผ่น force plate ตามเกณฑ์ตำแหน่งการวางเท้าที่กำหนด คือ ตำแหน่งตาตุ่มนอก อยู่บริเวณเส้น S, M และ T line

ตำแหน่ง(S)	Short	สำหรับผู้ที่มีส่วนสูง	76-140 เซนติเมตร
ตำแหน่ง(M)	Medium	สำหรับผู้ที่มีส่วนสูง	141-165 เซนติเมตร
ตำแหน่ง(T)	Tall	สำหรับผู้ที่มีส่วนสูง	166-203 เซนติเมตร

ผู้ถูกทดสอบต้องสวมเข็มขัดพยุงตลอดการทดสอบ เพื่อให้ผู้ทดสอบใช้จับประคองเพื่อความปลอดภัยในการทดสอบ โดยใช้ เครื่อง Neurocom Balance Master® เพื่อประเมินความสามารถในการทรงตัวทั้ง 2 ลักษณะ ดังนี้

- การประเมินความสามารถการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง (static balance) โดยใช้โปรแกรมชุดทดสอบ mCTSIB โดยยืนบนขาทั้งสองข้าง

- ทดสอบบนพื้นมั่นคง
  - ขณะลืมตา (Eyes Open-Firm; EO-Firm)
  - ขณะหลับตา (Eyes Closed-Firm; EC-Firm)
- ทดสอบบนพื้นไม่มั่นคง
  - ขณะลืมตา (Eyes Open-Foam; EO-Foam)
  - ขณะหลับตา (Eyes Closed-Foam; EC-Foam)

ผู้รับการทดสอบ ยืนทรงตัวให้นิ่งที่สุด เมื่อได้รับสัญญาณ ยืนเป็นเวลา 10 วินาทีต่อการทดสอบ 1 ครั้ง โดยจะทำการทดสอบการทรงตัวในเงื่อนไขต่างๆ 3 ครั้งต่อเงื่อนไขท่าทดสอบทั้งหมด และพักระหว่างการทดสอบแต่ละครั้งเป็นเวลา 30-60 วินาที

เพื่อวัดผล : การประเมินค่าการแกว่งของร่างกายจากค่า COPx หรือ anterior-posterior (A-P) amplitude, ค่า COPy หรือ medio-lateral (M-L) amplitude และคำนวนหาระยะทางการแกว่งทั้งหมด (distance sway)

- การประเมินความสามารถการทรงตัวแบบมีการเคลื่อนไหว (dynamic balance) โดยใช้โปรแกรมชุดทดสอบจากการแกว่ง (postural sway) ภายในขีดจำกัดความมั่นคง ในการถ่ายน้ำหนักไปให้ไกลที่สุดภายใต้พื้นรองรับเดิม Limits of stability (LOS)

เพื่อวัดผล :
- ระยะเวลาการปฏิกิริยาตอบสนอง Reaction Time (RT)
- ความเร็วในการเคลื่อนไหว Movement Velocity (MVL)
- ระยะทางที่เคลื่อนที่ไปแล้วมีการหยุกชะงัก Endpoint Excursion (EPE)
- การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดของการทดสอบ Max Excursion (MXE)
- การควบคุมทิศทาง Directional Control (DCL)

ทำการทดสอบการถ่ายน้ำหนักไปยังเป้าหมาย 8 ทิศทาง คำสั่งคือ เมื่อสัญญาณบนจอปรากฏต้องตอบสนองให้เร็วที่สุด โดยถ่ายน้ำหนักไปยังเป้าหมายให้ได้มากที่สุด และต้องค้างไว้ให้นานที่สุด ในระหว่างการทดสอบห้ามไม่ให้มีการขยับตำแหน่งของเท้า หรือเปลี่ยนพื้นที่รองรับ โดยจะทำการวัดครั้งละ 1 ทิศทาง โดยตำแหน่งแรกจะเริ่มจากด้านหน้า และตำแหน่งถัดไปจะวนไปทางทิศตามเข็มนาฬิกา โดยจะพักระหว่างการทดสอบแต่ละทิศทางเป็นระยะเวลา 40 วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการฝึก

1. ทำการคัดเลือกแบ่งกลุ่มโดยการสุ่ม (Randomize) เพื่อแบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง คือ ผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึกการทรงตัวร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสจริง (r-tDCS) และกลุ่มควบคุม คือ ผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึกการทรงตัวร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสหลอก (s-tDCS)
2. ทำการทดสอบตามขั้นตอนที่ระบุข้างต้น
3. กำหนดการโปรแกรมชุดการฝึกและกระตุ้นสมอง แบ่งออกเป็นสองโปรแกรมหลัก คือ
    ก. การกระตุ้น tDCS ที่สมอง cerebellum เป็นเวลา 20 นาที โดยทั้งสองกลุ่มจะได้รับโปรแกรมที่<u>คล้ายคลึงกัน</u> คือ ได้รับการกระตุ้น ด้วยความเข้มกระแสขนาด 2 mA กระตุ้นที่ตำแหน่งเดียวกัน ทุกอย่างเหมือนกัน แตกต่างกันที่ การคงค้างของกระแสที่ปล่อยออกมาจากเครื่อง คือ กลุ่มทดลอง จะคงค้างกระแสตลอด 20 นาที และกลุ่มควบคุมจะมีการคงค้างของกระแสในแรกเริ่ม ประมาณ 1 นาทีเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามจะมีการติดขั้วกระตุ้นค้างไว้จนครบเวลา 20 นาที เพื่อให้อาสาสมัครไม่ทราบว่าได้รับการกระตุ้นหลอก ซึ่งทั้งสองกลุ่มจะได้รับการกระตุ้น tDCS 3 ครั้ง (ชุดการฝึก)ต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 12 ชุดการฝึก
    ข. การฝึกการทรงตัวพื้นฐาน เป็นเวลา 60 นาที โดยทั้งสองกลุ่มจะได้รับโปรแกรมที่<u>เหมือนกัน</u>ทั้ง 2 กลุ่ม จะได้รับการฝึก 3 ครั้ง(ชุดการฝึก)ต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 24 ชุดการฝึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 ช่วงดังนี้

<u>ช่วงที่1 โปรแกรมชุดการฝึกที่ 1-12</u> : การกระตุ้นสมอง และ การฝึกการทรงตัวพื้นฐาน

<u>ช่วงที่2 โปรแกรมชุดการฝึกที่ 13-24</u> : การฝึกการทรงตัวพื้นฐานที่บ้าน รูปแบบการฝึกการทรงตัวพื้นฐานเหมือนการฝึกช่วงที่ 1 และผู้วิจัยจะมีการติดตามการฝึกทางโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ

การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง

ผู้ทำหน้าที่ติดกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง : นางสาวณิชาภา คุ้มพะเนียด นักกายภาพบำบัด (เลขที่ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ ก.9613) ซึ่งได้ผ่านการฝึกทางเทคนิค/การปฏิบัติการ และอยู่ภายใต้ความดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล แพทย์ผู้เชี่ยวชาญเรื่องกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (tDCS) ผู้ได้รับการรับรอง Certificate of Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) and Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) course ประเทศสหราชอาณาจักร

อุปกรณ์และตำแหน่งในการกระตุ้น

เครื่องกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (transcranial Direct Current Stimulator)

- รุ่น : HDCkit
- ผู้ผลิต : Magstim Company Ltd. ประเทศสหราชอาณาจักร
- ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วขนาด 60x60 มิลลิเมตร หุ้มด้วยฟองน้ำชุบ normal saline solution

ตำแหน่งวางขั้วกระตุ้นไฟฟ้า

- Active electrode (anode) : บนหนังศีรษะที่ตรงกับตำแหน่งกลาง inion ใต้ต่อ 2 cm. ตามหลักของ the International 10-20 EEG system
- Reference electrode (reference) : หัวไหล่ด้านขวา

<u>กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม</u>

ก. กลุ่มทดลอง (real-tDCS; anodal-tDCS) คือ การกระตุ้นสมองด้วย tDCS ใช้กระแสไฟฟ้าคงที่ขนาด 2 mA เริ่มต้นโดยค่อยๆปล่อยกระแสไฟฟ้า (ramp up) จนครบ 2 mA ในเวลาประมาณ 20 วินาที จากนั้นคงกระแสไฟระดับเดิมไว้เป็นเวลา 20 นาที ค่อยๆลดกระแสไฟลงเหลือ 0 mA (ramp down) ในเวลาประมาณ 20 วินาที[18]

ข. กลุ่มควบคุม (sham-tDCS) คือการกระตุ้นสมองด้วย tDCS ใช้กระแสไฟฟ้าขนาด 2 mA เริ่มต้นโดยค่อยๆปล่อยกระแสไฟฟ้าจนครบ 2 mA (ramp up) ภายในระยะเวลาในเวลา 20 วินาที หลังจากนั้นคงความเข้มของกระแสไฟไว้เพียง 40 วินาที แล้วค่อยๆลดการปล่อยกระแสไฟจนเหลือ 0 mA (ramp down) ในเวลา 20 วินาที โดยไม่ให้อาสาสมัครทราบ สรุปรวมระยะเวลาที่มีการปล่อยกระแสไฟฟ้า ประมาณ 1 นาที และจะยังคงการติดเครื่อง tDCS ที่ไม่ได้ปล่อยกระแสไฟไว้จนครบ 20 นาที

การฝึกการทรงตัวพื้นฐาน (balance training; BT)

ผู้ควบคุมดูแลและทำการฝึกการทรงตัว : นางสาวณิชาภา คุ้มพะเนียด นักกายภาพบำบัด (เลขที่ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ ก.9613) ทำการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน 60 นาทีต่อชุดการฝึก ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

- การเตรียมความพร้อมร่างกายก่อนการฝึก (warm up) 5 นาที
- ฝึกการทรงตัวพื้นฐาน 50 นาที (รายละเอียดการฝึกอยู่ที่ภาคผนวก)
- การเตรียมความพร้อมร่างกายก่อนการหยุด (cool down) 5 นาที

ทั้งสองกลุ่มจะได้รับโปรแกรมที่เหมือนกัน ทั้ง 2 กลุ่ม จะได้รับการฝึก 3 ครั้ง (ชุดการฝึก) ต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 24 ชุดการฝึก ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ช่วงดังนี้

- ช่วงที่1 โปรแกรมชุดการฝึกที่ 1-12 : การฝึกการทรงตัวพื้นฐานโดยนักกายภาพบำบัด
- ช่วงที่2 โปรแกรมชุดการฝึกที่ 13-24 : การฝึกการทรงตัวพื้นฐานที่บ้านด้วยตนเอง (โดยใช้รูปแบบการฝึกการทรงตัวพื้นฐานเหมือนการฝึกช่วงที่1)

ผู้วิจัยจะมีการติดตามการฝึกทางโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ โดยรายละเอียดขั้นตอนการฝึก และการวัดผลอยู่ที่ภาคผนวก

สถานที่ทำการวิจัย

- ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ห้องกายภาพบำบัด อาคาร 1 สวางคนิเวศ สภากาชาดไทย
- ห้องทดสอบการทรงตัว ศูนย์ฟื้นฟูผู้สูงอายุก้าวหน้า อาคารผู้สูงอายุ (ส.ธ.) ชั้น 6 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษารายละเอียด วิธีการใช้ และวัดความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. ประกาศรับสมัครที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และสวางคนิเวศ สภากาชาดไทย เพื่อให้ผู้ที่สนใจสมัครเข้าร่วมในการวิจัย
3. คัดเลือกอาสาสมัครตามเกณฑ์คัดเข้าและออกที่กำหนดไว้
4. อาสาสมัครจะได้รับการชี้แจงวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย วิธีการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ตามเอกสารคำแนะนำอาสาสมัคร และอาสาสมัครประสงค์เข้าร่วมงานวิจัยต้องลงชื่อยินยอมเข้าร่วมการศึกษาวิจัย พร้อมกับทำการนัดหมายและแจกตารางบันทึกผลต่างๆ
5. ทำการสุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุมีประวัติล้มและปัญหาด้านการทรงตัว ที่ผ่านเกณฑ์คัดกรองเบื้องต้น เพื่อแบ่งกลุ่มประชากรเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม
6. ทำการตรวจประเมินการทรงตัวแบบหยุดนิ่งและแบบเคลื่อนไหว โดยใช้เครื่องมือทางชีวกล-ศาสตร์ เพื่อประเมินความสามารถด้านการทรงตัวก่อนเข้าโปรแกรมการฝึกทั้ง 2 กลุ่ม
7. กำหนดการโปรแกรมชุดการฝึกและกระตุ้นสมอง แบ่งออกเป็นสองโปรแกรมหลัก คือ
    ก. การกระตุ้น tDCS ที่สมอง cerebellum เป็นเวลา 20 นาที
    ข. การฝึกการทรงตัวพื้นฐาน เป็นเวลา 60 นาที

    ทั้ง 2 กลุ่ม จะได้รับการฝึก 3 ครั้ง(ชุดการฝึก)/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 2 ชุดการฝึก โดยมีการแบ่งโปรแกรมเป็น 2 ช่วง ดังนี้

    - <u>ช่วงที่1 โปรแกรมชุดการฝึกที่ 1-12</u> : การกระตุ้นสมอง และ การฝึกการทรงตัวพื้นฐาน
    - <u>ช่วงที่2 โปรแกรมชุดการฝึกที่ 13-24</u> : การฝึกการทรงตัวพื้นฐานที่บ้านด้วยตนเอง ทั้งนี้ผู้วิจัยจะติดตามการฝึกทางโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ

8. ทำการตรวจประเมินการทรงตัวแบบหยุดนิ่งและแบบเคลื่อนไหว โดยใช้เครื่องมือทางชีวกล-ศาสตร์ เพื่อประเมินความสามารถด้านการทรงตัวภายหลังโปรแกรมการฝึกชุดที่ 12 และ24 โดยปฏิบัติเหมือนกันในทั้ง 2 กลุ่ม
9. ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
10. สรุปผลการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) เวอร์ชัน 22.0

1. แสดงผลลักษณะกลุ่มตัวอย่างอายุน้ำหนัก ส่วนสูง และค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ด้วยค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
2. วิเคราะห์ความสามารถการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง (static balance) จากการทดสอบ mCTSIB โดยยืนบนขาทั้งสองข้าง สำหรับแสดงผลระยะทางการแกว่ง (distance sway) แสดงด้วยค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (standard deviation)
3. วิเคราะห์ความสามารถการทรงตัวแบบมีการเคลื่อนไหว (dynamic balance) จากการทดสอบ limits ofstability สำหรับแสดงผล Endpoint Excursion (EPE), Max Excursion (MXE), Directional Control (DCL), Reaction time (RT) และ Movement Velocity (MVL) แสดงด้วยค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
4. วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม (Time และ Treatment effect) โดยใช้สถิติ repeated measure ANOVA
5. ทดสอบสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 95 % ของความเชื่อมั่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้เป็นผลการศึกษาผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุ มีผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งหมด 64 คน เป็นเพศหญิง 58 คน ชาย 6 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 32 คน ได้แก่ กลุ่มศึกษาที่ได้รับการฝึกการทรงตัวร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ชนิดปล่อยกระแสจริง (BT+r-tDCS) และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการฝึกการทรงตัวร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ชนิดปล่อยกระแสหลอก (BT+s-tDCS) โปรแกรมการฝึก แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ได้รับการติดกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง 12 ครั้ง และช่วงที่ 2 ฝึกการทรงตัวด้วยตนเองที่บ้าน 12 ครั้ง ประเมินผลการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง และขณะเคลื่อนไหว ด้วยเครื่องทดสอบการทรงตัว Neurocom Balance Master ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 22.0 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ใช้ Repeated measurement ANOVA (adjustment for a multiple comparisons with Bonferroni) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัย

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมการศึกษาวิจัยเพศหญิงและเพศชายมีคุณลักษณะทั่วไปได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ค่าทดสอบ TUG ค่าทดสอบ SLS และประวัติการล้ม ตามลำดับ ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย จำนวน 64 คน

คุณลักษณะทั่วไป ของผู้เข้าร่วมวิจัย	กลุ่มทดลอง (n=32) BT + r-tDCS	กลุ่มควบคุม (n=32) BT + s-tDCS
	Mean ± S.D.	
อายุ (ปี)	69.44 ± 5.37	69.13 ± 6.74
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	58.11 ± 10.43	58.07 ± 10.60
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	157.1 ± 6.43	156.7 ± 10.29
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อเมตร^2)	23.57 ± 3.54	23.62 ± 4.07
ค่าทดสอบ TUG (วินาที)	13.74 ± 1.94	13.53 ± 2.04
ค่าทดสอบ SLS (วินาที)	4.52 ± 2.24	4.66 ± 2.33
ประวัติการล้ม (ครั้ง)	1.85 ± 1.10	1.93 ± 1.03
อัตราการเกิดผลข้างเคียงภายหลัง tDCS	ร้อยละ	
-ความรู้สึกคันระคายเคือง	31.25	28.13
-ความรู้สึกล้า	6.25	3.13
-ความรู้สึกไม่สบาย	3.13	3.13

ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 64 คน อายุ 60-80 ปี เป็นเพศหญิงจำนวน 58 คน (90.6%) ชายจำนวน 6 คน (9.4%) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างทั้งสองกลุ่มในเรื่อง เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย ค่าทดสอบ TUG ค่าทดสอบ SLS และประวัติการล้ม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งยังพบว่ามีผลข้างเคียงที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยภายหลังการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ โดยแสดงผลเป็นร้อยละ ซึ่งประกอบด้วยผลความรู้สึกคันระคายเคือง (itching) ความรู้สึกล้า (fatigue) และความรู้สึกไม่สบาย (discomfort) พบว่าผลข้างคียงที่เกิดขึ้นมีจำนวนน้อยและไม่มีความแตกต่างกันในทั้งสองกลุ่มที่ทำการศึกษา

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง

การทรงตัวแบบหยุดนิ่ง วัดโดยชุดการทดสอบ Modified CTSIB ใน 4 เงื่อนไข คือ ยืนลืมตาบนพื้นมั่นคง ยืนหลับตาบนพื้นมั่นคง ยืนลืมตาบนพื้นไม่มั่นคง และยืนหลับตาบนพื้นไม่มั่นคง ในกลุ่ม BT+r-tDCS และกลุ่ม BT+s-tDCS โดยทำการวัดผล 3 ครั้ง คือ ก่อนเริ่มการฝึก (สัปดาห์ที่ 0) ภายหลังการฝึกช่วงที่ 1 (สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4) และภายหลังสิ้นสุดการฝึกครบช่วงที่ 2 (สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8) แสดงข้อมูลระยะทางการแกว่ง (distance sway) ในรูปของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ตารางที่ 4.2 และ 4.3)

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน **(mean±S.D.)** ของข้อมูลระยะทางการแกว่งจากการวัดผลความสามารถการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง แบบยืนลืมตาบนพื้นมั่นคง (เมตร)

ช่วงเวลาการทดสอบ	EO-Firm		**p-value (between groups)**
	BT+r-tDCS	**BT+s-tDCS**	
T1	1.50±0.30	1.46±0.27	.591
T2	1.50±0.31	1.51±0.25	.889
T3	1.49±0.30	1.51±0.29	.742

วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ repeated measure ANOVA

T1: สัปดาห์ที่ 0, T2: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 และ T3: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน **(mean±S.D.)** ของข้อมูลระยะทางการแกว่งจากการวัดผลความสามารถการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง แบบยืนหลับตาบนพื้นมั่นคง (เมตร)

ช่วงเวลาการทดสอบ	EC-Firm		**p-value (between groups)**
	BT+r-tDCS	**BT+s-tDCS**	
T1	1.52±0.28	1.53±0.30	.993
T2	1.50±0.27	1.49±0.28	.874
T3	1.49±0.28	1.50±0.30	.853

วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ repeated measure ANOVA

T1: สัปดาห์ที่ 0, T2: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 และ T3: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน **(mean±S.D.)** ของข้อมูลระยะทางการแกว่งจากการวัดผลความสามารถการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง แบบยืนลืมตาบนพื้นไม่มั่นคง (เมตร)

ช่วงเวลาการทดสอบ	EO-Foam		**p-value (between groups)**
	BT+r-tDCS	**BT+s-tDCS**	
T1	1.53±0.29	1.50±0.26	.694
T2	1.49±0.28‡	1.48±0.25	.802
T3	1.48±0.27‡	1.46±0.25‡	.740

วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ repeated measure ANOVA

T1: สัปดาห์ที่ 0, T2: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 และ T3: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8

‡ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 ($p<.05$)

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน **(mean±S.D.)** ของข้อมูลระยะทางการแกว่งจากการวัดผลความสามารถการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง แบบยืนหลับตาบนพื้นไม่มั่นคง (เมตร)

ช่วงเวลาการทดสอบ	EC-Foam		**p-value (between groups)**
	BT+r-tDCS	**BT+s-tDCS**	
T1	1.71±0.29	1.70±0.30	.939
T2	1.57±0.25‡	1.55±0.29‡	.757
T3	1.55±0.26‡	1.56±0.30‡	.834

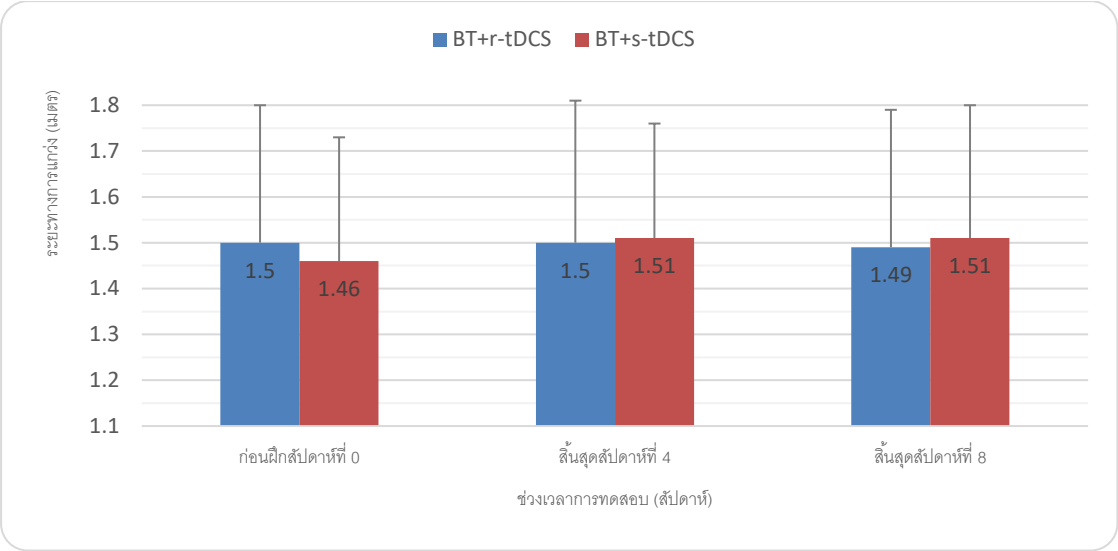
วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ repeated measure ANOVA

T1: สัปดาห์ที่ 0, T2: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 และ T3: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8

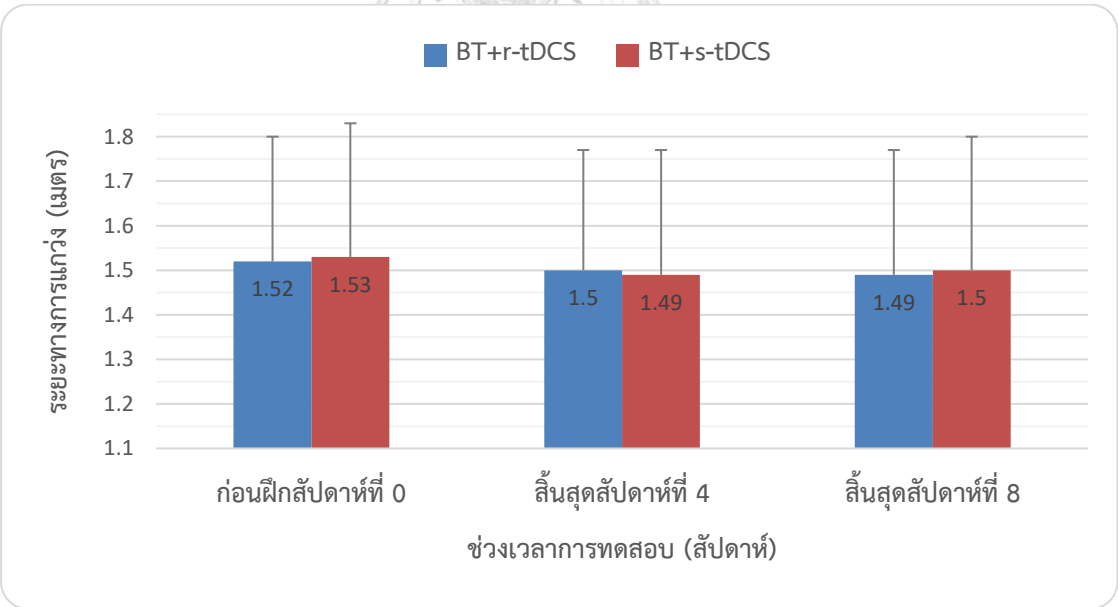
‡ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 ($p<.05$)

จากตารางที่ 4.2 ถึง 4.5 ข้อมูลจากการทดสอบทางสถิติพบว่า ภายหลังจากการฝึกการทรงตัวร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม พบว่าค่าระยะทางการแกว่งของการทดสอบการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง แบบยืนลืมตาและหลับตาบนพื้นไม่มั่นคงในกลุ่มทดลองพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) ในช่วงระยะเวลา T1-T2 และ T1-T3 ส่วนในกลุ่มควบคุมพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง จากการทดสอบการยืนลืมตาบนพื้นไม่มั่นคง ในช่วงเวลา T1-T3 และ การทดสอบการยืนหลับตาบนพื้นไม่มั่นคง ในช่วงระยะเวลา T1-T2 และ T1-T3 ($p<.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความต่างทางสถิติในระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่พบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

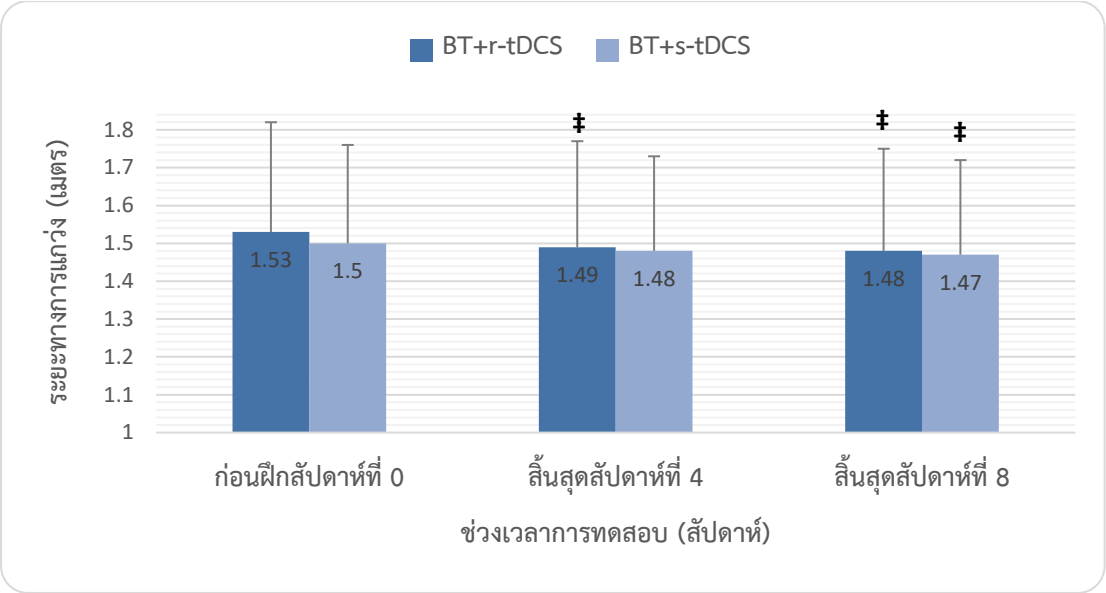
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการแกว่ง (เมตร) กับช่วงระยะเวลาในการทดสอบผลการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง ในลักษณะการยืนลืมตาบนพื้นมั่นคง

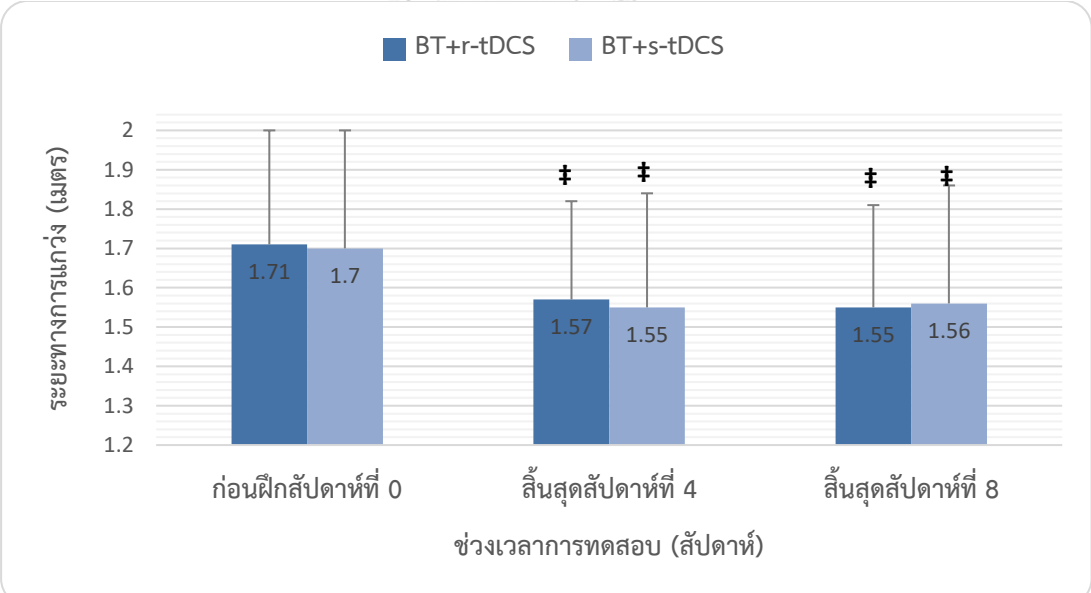


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการแกว่ง (เมตร) กับช่วงระยะเวลาในการทดสอบผลการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง ในลักษณะการยืนหลับตาบนพื้นมั่นคง



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการแกว่ง (เมตร) กับช่วงระยะเวลาในการทดสอบผลการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง ในลักษณะการยืนลืมตาบนพื้นไม่มั่นคง

‡ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 ($p<.05$)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการแกว่ง (เมตร) กับช่วงระยะเวลาในการทดสอบผลการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง ในลักษณะการยืนหลับตาบนพื้นไม่มั่นคง

‡ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 ($p<.05$)

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

อธิบายและเปรียบเทียบข้อมูลเกี่ยวกับการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว ทำการวัดโดยชุดการทดสอบ Limits of Stability ใน 5 พารามิเตอร์ คือ ระยะเวลาการตอบสนองกลับ (s) ค่าความเร็วในการเคลื่อนไหว (deg/s) ค่าการควบคุมทิศทาง (%) การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดในแรกเริ่ม (%) และค่า การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดของการทดสอบ (%) ในกลุ่ม BT+r-tDCS และกลุ่ม BT+s-tDCS โดยทำการวัดผล 3 ครั้ง คือ ก่อนเริ่มการฝึก (สัปดาห์ที่ 0) ภายหลังการฝึกช่วงที่ 1 (สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4) และภายหลังสิ้นสุดการฝึกครบช่วงที่ 2 (สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8) แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบการทดสอบ LOS โดยรวมทั้ง 8 ทิศทาง (LOS Composite) ในรูปของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ตารางที่ 4.6 ถึง 4.10)

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบ (COMP) การทดสอบ LOS โดยรวมทั้ง 8 ทิศทาง ของพารามิเตอร์ระยะเวลาการตอบสนองกลับ (s) จากการวัดผลความสามารถการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

ช่วงเวลาการทดสอบ	RT		p-value (between groups)
	BT+r-tDCS	BT+s-tDCS	
T1	0.93±0.28	1.03±0.82	.494
T2	0.71±0.15	0.77±0.18	.126
T3	0.72±0.12	0.80±0.18	.037*

วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ repeated measure ANOVA

T1: สัปดาห์ที่ 0, T2: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 และ T3: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8

*แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลระหว่างกลุ่ม เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<.05$)

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบ (COMP) การทดสอบ LOS โดยรวมทั้ง 8 ทิศทาง ของพารามิเตอร์ค่าความเร็วในการเคลื่อนไหว (deg/s) จากการวัดผลความสามารถการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

ช่วงเวลาการทดสอบ	MVL		p-value (between groups)
	BT+r-tDCS	BT+s-tDCS	
T1	4.24±1.85	4.00±1.64	.588
T2	5.78±1.56†	5.24±1.44†	.156
T3	5.78±1.39†	5.35±1.32†	.214

วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ repeated measure ANOVA

T1: สัปดาห์ที่ 0, T2: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 และ T3: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8

† แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 (p<.001)

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบ (COMP) การทดสอบ LOS โดยรวมทั้ง 8 ทิศทาง ของพารามิเตอร์ค่าการควบคุมทิศทาง (%) จากการวัดผลความสามารถการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

ช่วงวลาการทดสอบ	DCL		p-value (between groups)
	BT+r-tDCS	BT+s-tDCS	
T1	66.79±14.66	71.76±17.95	.230
T2	77.35±5.02‡	77.16±7.35	.908
T3	78.24±5.51‡	77.44±5.79	.571

วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ repeated measure ANOVA

T1: สัปดาห์ที่ 0, T2: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 และ T3: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8

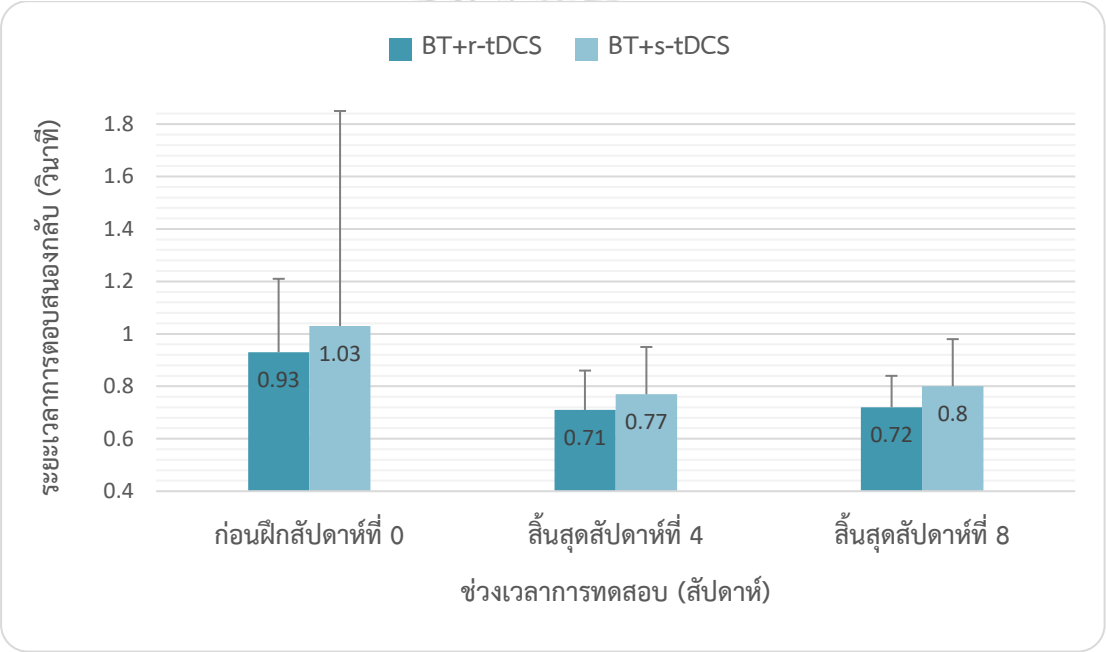
‡ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 (p<.05)

จากตารางที่ 4.6 ถึง 4.8 แสดงข้อมูลจากการทดสอบทางสถิติการวิจัยพบว่า LOS Compositeภายหลังจากการฝึกการทรงตัวร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง อธิบายผลตามประเภทของพารามิเตอร์ ดังนี้

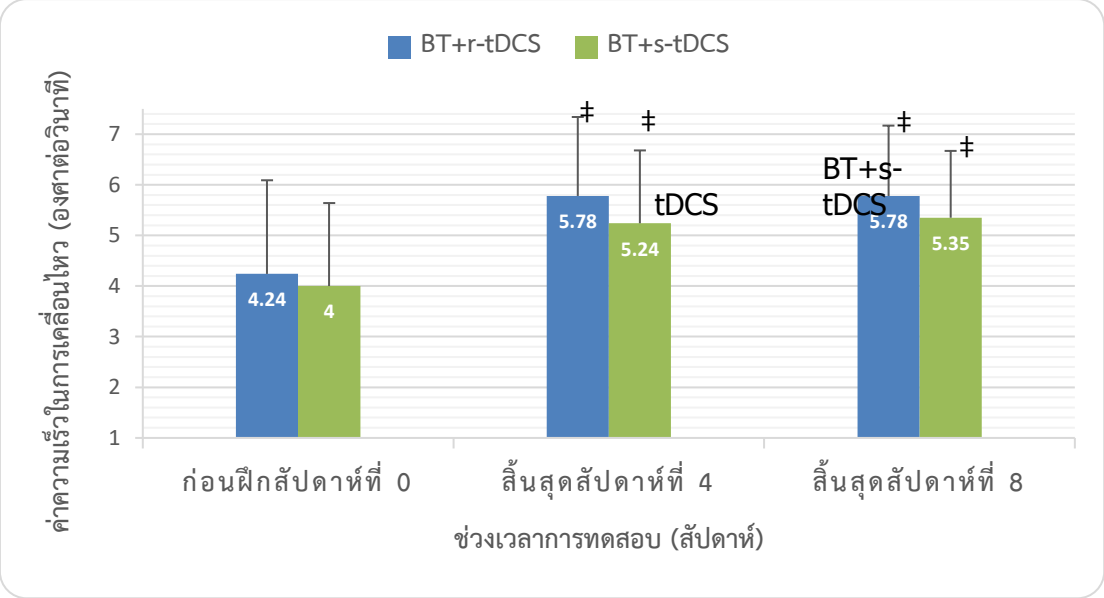
ผลแสดงระยะเวลาการตอบสนองที่เร็วขึ้น แต่อย่างไรก็ค่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ระยะเวลาการตอบสนองกลับ ข้อมูลมีแนวโน้มการพัฒนาที่ดีขึ้น เปรียบเทียบในส่วนผลความต่างภายในกลุ่มไม่ปรากฏความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบความแตกต่างทางสถิติของผลเปรียบเทียบระหว่างทั้งสองกลุ่มที่ช่วงเวลา T3 ($p<.05$)

พารามิเตอร์ค่าความเร็วในการเคลื่อนไหว เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบภายในกลุ่มข้อมูลในทั้งสองกลุ่ม พบว่า แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) ในช่วงระยะเวลา T1-T2 และ T1-T3 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของผลเปรียบเทียบระหว่างทั้งสองกลุ่ม

พารามิเตอร์ค่าการควบคุมทิศทาง เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบภายในกลุ่ม พบว่ามีเพียงกลุ่มทดลองเท่านั้น ที่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) ในช่วงระยะเวลา T1-T2 และ T1-T3 และเมื่อพิจารณาเทียบผลระหว่างกลุ่ม พบว่าไม่ปรากฏความต่างทางสถิติในทุกช่วงเวลา

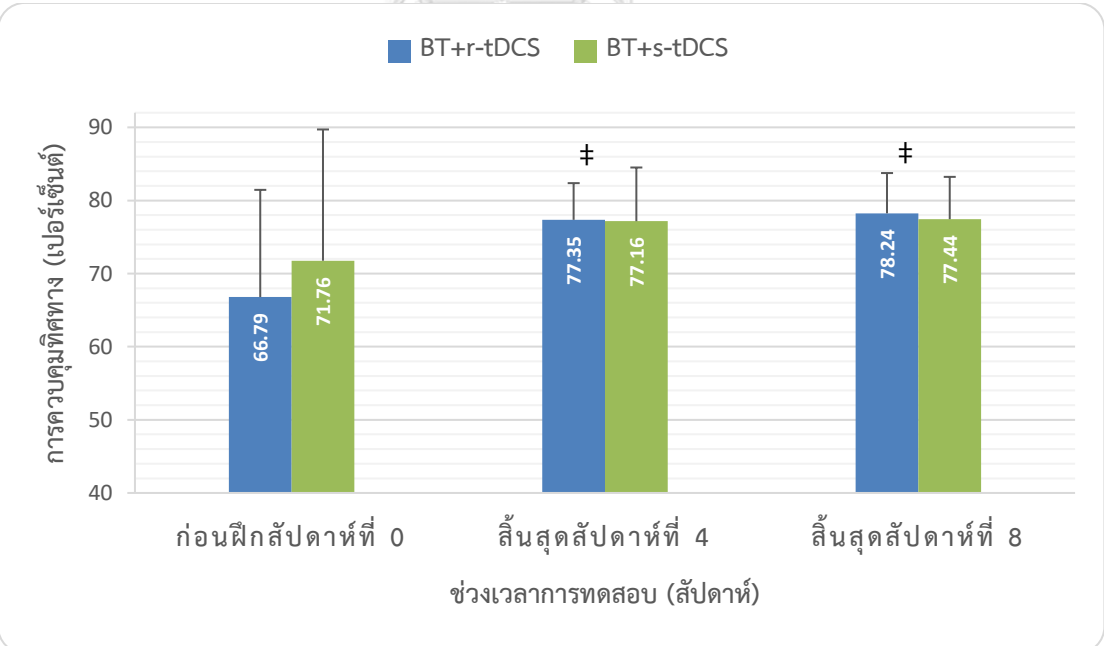


รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยเป็นองค์ประกอบการทดสอบ LOS โดยรวมทั้ง 8 ทิศทางในพารามิเตอร์ ระยะเวลาการตอบสนองกลับ (วินาที) กับช่วงระยะเวลาในการทดสอบผลการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยเป็นองค์ประกอบการทดสอบ LOS โดยรวมทั้ง 8 ทิศทางในพารามิเตอร์ ค่าความเร็วในการเคลื่อนไหว (องศาต่อวินาที) กับช่วงระยะเวลาในการทดสอบผลการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

‡ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 ($p<.05$)



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยเป็นองค์ประกอบการทดสอบ LOS โดยรวมทั้ง 8 ทิศทางในพารามิเตอร์ การควบคุมทิศทาง (เปอร์เซ็นต์) กับช่วงระยะเวลาในการทดสอบผลการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

‡ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 ($p<.05$)

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±S.D.) ของข้อมูลค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบ (COMP) การทดสอบ LOS โดยรวมทั้ง 8 ทิศทาง ของพารามิเตอร์การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดในเริ่มต้น (%) จากการวัดผลความสามารถการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

ช่วงเวลาการทดสอบ	EPE		p-value (between groups)
	BT+r-tDCS	BT+s-tDCS	
T1	57.95±14.11	63.70±12.81	.093
T2	78.44±10.07†	76.65±14.85†	.576
T3	84.67±9.13†	77.59±13.8†	.018*

วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ repeated measure ANOVA

T1: สัปดาห์ที่ 0, T2: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 และ T3: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8

† แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 (p<.001)

*แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลระหว่างกลุ่ม เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (p<.05)

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±S.D.) ของข้อมูลค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบ (COMP) การทดสอบ LOS โดยรวมทั้ง 8 ทิศทาง ของพารามิเตอร์การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดของการทดสอบ (%) จากการวัดผลความสามารถการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

ช่วงเวลาการทดสอบ	MXE		p-value (between groups)
	BT+r-tDCS	BT+s-tDCS	
T1	74.21±13.50	76.64±12.93	.466
T2	97.25±6.04†	92.93±12.84†	.090
T3	99.49±5.57†	95.58±7.93†	.026*

วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ repeated measure ANOVA

T1: สัปดาห์ที่ 0, T2: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 และ T3: สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8

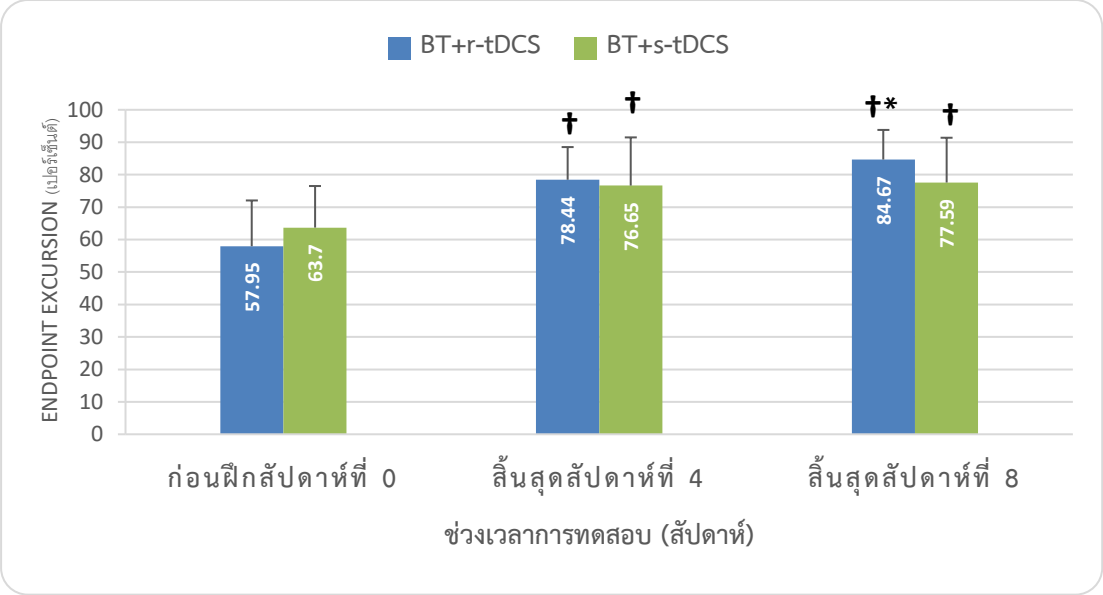
†แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 (p<.001)

*แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลระหว่างกลุ่ม เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (p<.05)

จากตารางที่ 4.9 และ 4.10 แสดงข้อมูลจากการทดสอบทางสถิติการวิจัยพบว่าผลการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว อธิบายผล LOS Composite ตามประเภทของพารามิเตอร์ ภายหลังจากการฝึกการทรงตัวร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้

พารามิเตอร์การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดในแรกเริ่ม (%) การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดของการทดสอบ ผลการเปรียบเทียบภายในกลุ่ม ข้อมูลในทั้งสองกลุ่ม พบว่าแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.001$) ในช่วงระยะเวลา T1-T2 และ T1-T3 และเมื่อพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงระหว่างทั้งสองกลุ่ม ปรากฏค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ช่วงเวลา T3 ($p<.05$)

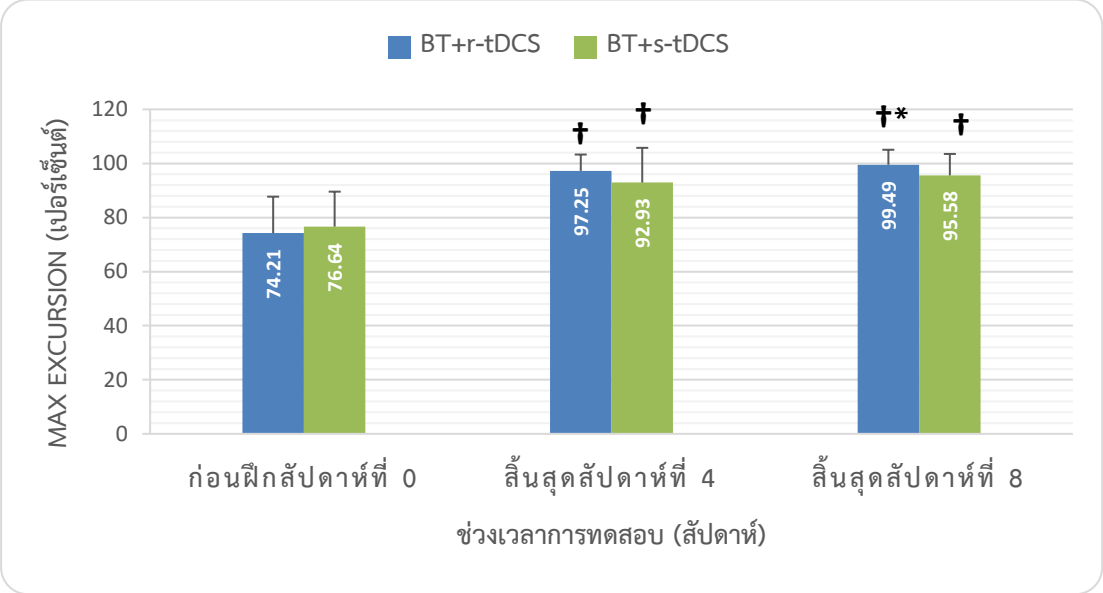
พารามิเตอร์ค่าการถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดของการทดสอบ (%) เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบภายในกลุ่ม ข้อมูลในทั้งสองกลุ่ม พบว่าแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.001$) ในช่วงระยะเวลา T1-T2 และ T1-T3 และเมื่อพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงในระหว่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มศึกษา ปรากฏค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ช่วงเวลา T3 ($p<.05$)



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยเป็นองค์ประกอบการทดสอบ LOS โดยรวมทั้ง 8 ทิศทางในพารามิเตอร์ ค่าการถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดในแรกเริ่ม (เปอร์เซ็นต์) กับช่วงระยะเวลาในการทดสอบผลการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

† แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 ($p<.001$)

*แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลระหว่างกลุ่ม เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<.05$)



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยเป็นองค์ประกอบการทดสอบ LOS โดยรวมทั้ง 8 ทิศทาง ในพารามิเตอร์ ค่าการถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดในการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์) กับช่วงระยะเวลาในการทดสอบผลการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

† แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลภายในกลุ่ม เมื่อเทียบกับ T1 ($p<.001$)

*แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลระหว่างกลุ่ม เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกการทรงตัวร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะต่อการทรงตัวแบบหยุดนิ่งและแบบเคลื่อนไหว ภายหลังการเข้าโปรแกรมการฝึกใน 2 ช่วงระยะเวลา คือ ช่วงที่ 1 อาสามัครต้องมารับการติดกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง 12 ครั้งกับทางผู้วิจัย และช่วงที่ 2 อาสาสมัครจะถูกร้องขอให้ฝึกการทรงตัวด้วยตนเองที่บ้าน 12 ครั้ง

สรุปผลการวิจัย

การฝึกการทรงตัวร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ อาจจะให้ผลการพัฒนาความสามารถด้านการทรงตัวขณะหยุดนิ่งในกลุ่มประชากรสูงอายุที่มีประวัติล้มได้ไม่ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามการฝึกการทรงตัวร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ปรากฏผลชัดเจน ที่แสดงถึงการพัฒนาที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความสามารถการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในช่วงระยะเวลาภายหลังการฝึกช่วงที่ 2 (โปรแกรมการฝึกที่บ้าน 12 ครั้ง) ในส่วนของพารามิเตอร์การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดในแรกเริ่ม (EPE) และ และการถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดของการทดสอบ (MPE) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการฝึกการทรงตัวเพียงอย่างเดียวตลอดต่อเนื่อง อีกทั้งยังพบว่า ผลการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในกลุ่มศึกษายังคงปรากฏความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างก่อนการฝึก และภายหลังการฝึกในทั้งสองช่วงโปรแกรมฝึกซึ่งมีค่าไปทิศทางบวกมากกว่ากลุ่มทดลอง แม้ว่าผลระหว่างสองกลุ่มจะไม่แสดงผลความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามผลการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุสุขภาพดีที่มีอายุระหว่าง 60-80 ปี สามารถช่วยเพิ่มพัฒนาการทรงตัวได้ ในช่วงฝึกกับนักกายภาพบำบัดใน 12 ครั้งแรก หากแต่เมื่อพิจารณาผลระยะยาว หรือการส่งเสริมสุขภาพ เพื่อป้องกัน หรือแก้ไขปัญหาการทรงตัว พบว่า การวัดผลภายหลังการฝึกการทรงตัวด้วยตนเองที่บ้าน 12 ครั้งหลัง จะพบว่า ผลบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพคงค้างของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อการกระตุ้นสมอง จะทำให้ผู้สูงอายุมีการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวได้ดีมากกว่าการฝึกการทรงตัวเพียงชนิดเดียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาผลของการฝึกการทรงตัวพื้นฐานร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงในผู้สูงอายุสุขภาพดีที่มีความสามารถในการยืนหรือเดินได้ด้วยตนเอง โดยปราศจากอุปกรณ์การช่วยเหลือ หรือมีการบาดเจ็บบริเวณลำตัว หลัง หรือรยางค์ส่วนล่างที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหว ซึ่งทำการศึกษาในกลุ่มประชากรทั้งเพศชายและหญิงที่มีอายุระหว่าง 60-80 ปี ผลการศึกษาพบว่า อาสาสมัครในกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นสมองก่อนการฝึกการทรงตัวมีความสามารถในการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง (static balance) โดยทำการวัดจาก force platform โดยเครื่อง Neurocom Balance Master จากชุดการทดสอบ Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance (mCTSIB) ซึ่งแสดงผลการแกว่งของศูนย์กลางกายที่นำมาวิเคราะห์ เพื่อแสดงผลเป็นค่าของระยะทางการแกว่ง (distance sway หรือ path-length of sway) โดยมีการประเมินผลการทดสอบการทรงตัวในสี่เงื่อนไข ซึ่งประกอบด้วย (1)ยืนลืมตาบนพื้นมั่นคง (2)ยืนหลับตาบนพื้นมั่นคง (3)ยืนลืมตาบนพื้นไม่มั่นคง และ (4)ยืนหลับตาบนพื้นไม่มั่นคง ซึ่งจากงานวิจัยนี้ไม่พบค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในทุกเงื่อนไขของการทดสอบ แต่เมื่อพิจารณาผลการทดสอบภายในกลุ่ม พบความเปลี่ยนแปลงภายหลังจากอาสาสมัครได้รับโปรแกรมการฝึก ดังปรากฏในส่วนเงื่อนไขการยืนลืมตาบนพื้นไม่มั่นคง ผลพบว่าภายหลังการฝึก อาสาสมัครสามารถทรงตัวได้ดีขึ้น ค่าระยะทางการแกว่งของร่างกายลดน้อยลงในทั้งสองกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างทางสถิติภายในกลุ่ม พบว่ามีความต่างในช่วงเวลาภายหลังการฝึกช่วงที่ 1 ซึ่งปรากฏเฉพาะในกลุ่มทดลอง โดยแสดงค่าความแตกต่างจากก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=.006) และพบความต่างในช่วงเวลาภายหลังการฝึกช่วงที่ 2 ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยแสดงค่าความแตกต่างจากก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p=.005 และ p=.018 ตามลำดับ ในส่วนของเงื่อนไขยืนหลับตาบนพื้นไม่มั่นคง พบว่าภายหลังการฝึก อาสาสมัครสามารถยืนได้มั่นคงมากขึ้น ระยะทางการแกว่งของร่างกายลดน้อยลงในทั้งสองกลุ่ม และเมื่อเปรียบเทียบในทั้งสองช่วงเวลา คือ ภายหลังการฝึกช่วงที่ 1 และ 2 ในทั้งสองกลุ่มฝึก พบว่าระยะทางการแกว่งที่ลดลง แสดงค่าความแตกต่างจากก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p=.000 ทุกกรณีของเงื่อนไขนี้จากผลดังที่รายงานในข้างต้น ปรากฏค่าความสามารถในการทรงตัวที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อร่างกายต้องอยู่ในพื้นสัมผัสไม่มั่นคง ทั้งนี้ผลที่ดีขึ้นในทั้งสองเงื่อนไขข้างต้น สืบเนื่องมาจากการฝึกการทรงตัวพื้นฐานที่มีผลช่วยเพิ่มความสามารถการควบคุมการรับรู้ของข้อต่อ (proprioception sense) ที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้จากการทำซ้ำ learning Process เพราะในโปรแกรมการฝึก จะมีบทฝึกที่ยืนทรงตัวบนพื้นไม่มั่นคง (ยืนทรงตัวบนหมอน) ถือเป็นการฝึกที่กระตุ้นการรับรู้ การควบคุมข้อต่อและกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่าง การฝึกเช่นนี้เป็นการรบกวนการรับรู้ sensation ในการทรงตัว นั่นคือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วน somatosensory และเมื่อใดก็ตามที่ร่างกายถูกตัดหรือรบกวนการรับรู้ สัญญาณประสาทขาเข้าที่นำเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางไม่อยู่ในสภาวะปกติ ส่งผลต่อการประมวลผลของระบบประสาทส่วนกลาง และมีผลต่อเนื่องถึงการส่งกระแสประสาทขาออกเพื่อกลับมาควบคุมการทรงท่า ซึ่งต้องทำงานมากขึ้นกว่าสภาวะปกติ ผลการฝึกที่แสดงออกตอบกลับมาจากเงื่อนไข หรือ feedback ในแรกเริ่มของการฝึกเงื่อนไขที่ไม่ใช่สภาวะปกติ อาสาสมัครจะยืนเซ และไม่สามารถทรงตัวยืนนิ่งได้ แต่เมื่อการฝึกดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง กระบวนเตรียมการเพื่อสั่งการก่อนการเผชิญหน้ากับเงื่อนไข feed-forward จะถูกกระตุ้นทุกครั้งเมื่ออาสาสมัครจะต้องยืนบนพื้นไม่มั่นคงซ้ำๆ ทำให้ระบบการทำงานของกล้ามเนื้อและการรับรู้ข้อต่อต้องตื่นตัวและนำมาใช้งานมากขึ้นเพื่อรักษาสมดุลในการทรงตัว และเพื่อป้องกันการล้มในขณะฝึก

หากเมื่อพิจารณาในส่วนของเงื่อนไขการยืนลืมตาหรือหลับตาบนพื้นมั่นคง ผลการศึกษาวิจัยรายงานผลการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่พบค่าความต่างทางสถิติ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากกลุ่มประชากรในการศึกษาครั้งนี้เป็นผู้สูงอายุที่มีประวัติล้มเพียง 1-2 ครั้งในรอบปี ไม่มีพยาธิสภาพหรืออาการการบกพร่องทางระบบประสาท ดังนั้นจึงไม่อาจพบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนจากการฝึกการทรงตัวในการยืนแบบเงื่อนไขการทรงตัวขณะลืมตาบนพื้นที่มั่นคง ซึ่งถือเป็นเงื่อนไขที่ปกติโดยธรรมชาติ เพราะการยืนลืมตาเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิตประจำวันในสภาวะปกติ ซึ่งไม่ต้องใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่างที่แข็งแรงมากเท่าการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว ประกอบกับการทดสอบชุด mCTSIB ของเครื่อง Neurocom Balance Master เป็นชุดการประเมินหลักในส่วนของความบกพร่องของการรับรู้สัมผัส sensory impairments ซึ่งก็สอดคล้องเป็นไปตามกรอบแนวการคัดกรองเบื้องต้นของการเข้าร่วมงานวิจัย คือ อาสาสมัครที่เข้าโครงการวิจัยจะต้องไม่มีอาการทางระบบประสาท หรือ neurological problem อาทิเช่น การสูญเสียการรับรู้ หรือการชาบริเวณปลายมือปลายเท้า เป็นต้น อีกทั้งได้มีงานวิจัยของ Melzer ในปี 2004 พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มหลักบริเวณรยางค์ส่วนล่าง ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผู้สูงอายุที่เคยล้มและไม่เคยล้ม[73] อาจจะสอดคล้องกับความสามารถการทรงตัวขณะยืนลืมตาและหลับตาในสภาวะพื้นมั่นคงปกติได้ตั้งแต่แรกเริ่มก่อนการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม ที่พบว่าไม่มีความต่างกัน คือสามารถยืนนิ่งบนพื้นปกติได้ดี และเมื่อกล่าวถึงความสามารถยืนนิ่งบนพื้นมั่นคง ความสามารถนี้ถือเป็นเงื่อนไขปกติของพื้นฐานของการ upright position และพื้นฐานการต่อยอดไปสู่ความสามารถการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวเพื่อทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันต่างๆต่อไป การควบคุมการทรงตัวของร่างกาย ที่จำเป็นต้องอาศัยความสามารถในการทรงท่าทางให้อยู่ในพื้นที่รองรับ (base of support) ขณะที่ร่างกายหยุดนิ่ง ในการทดสอบการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง พบว่าเป็นไปไม่ได้เลยที่จะให้ร่างกายไม่มีการขยับเคลื่อนไหว เพราะปกติแล้วร่างกายจะมีการแกว่งหมุนเล็กน้อยอยู่ตลอดเวลา ด้วยการอภิปรายข้างต้นได้ตอบผลการทดลอง ที่ไม่พบความต่างในทั้งสองกลุ่มของการทดสอบการทรงตัวขณะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หยุดนิ่ง ซึ่งที่ผลที่ได้แตกต่างกับงานศึกษาวิจัยก่อนหน้าในปี 2013 ของ Zandvliet ที่ทำการศึกษาการฝึกการทรงตัวในกลุ่มผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง ที่มีความผิดปกติของระบบรับรู้สัมผัส (sensory impairment) โดยติดขั้วไฟฟ้ากระตุ้นสมองส่วน cerebellum ในสมองส่วนที่มีพยาธิภาพ ผลพบว่าอาสาสมัครที่เป็นกลุ่มผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง มีการพัฒนาความสามารถการทรงตัวแบบหยุดนิ่งได้ดีขึ้น[71] ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงจะปรากฏผลชัดเจนจากการทดสอบความสามารถการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง โดยการทดสอบ mCTSIB คือ กลุ่มอาสาสมัครที่สูญเสียการทรงตัวที่มีสาเหตุสืบเนื่องมาจากการสูญเสียการรับรู้สัมผัส

ในส่วนการศึกษาการทรงตัวแบบเคลื่อนไหว (dynamic balance) ซึ่งถือเป็นความมั่นคงในการทำฟังก์ชัน (functional stability) ในการประกอบกิจกรรมทางกายพื้นฐานในชีวิตประจำวัน เช่น เอื้อมหยิบของ เคลื่อนย้ายสิ่งของ เป็นต้น ถือเป็นการทรงตัวที่จะช่วยทำให้ผู้สูงอายุสุขภาพดีสามารถประกอบกิจกรรมทางกาย ออกกำลัง หรือเพิ่มพัฒนาคุณภาพชีวิต ซึ่งทำการวัดจาก force platform โดยเครื่อง Neurocom Balance Master จากชุดการทดสอบขีดจำกัดความมั่นคง (Limit of Stability; LOS) ซึ่งแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบการทดสอบขีดจำกัดความมั่นคงรวม 8 ทิศทาง (LOS composite; COMP) แสดงผลการทดสอบการทรงตัวแบบเคลื่อนไหว 5 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย (1)ระยะเวลาปฏิกิริยา (2)ความเร็วในการเคลื่อนไหว (3)การควบคุมทิศทาง (4)Endpoint excursion (EPE) และ (5)Max excursion (MPE) ซึ่งแสดงการอภิปรายดังต่อไปนี้

พารามิเตอร์แสดงค่าระยะเวลาปฏิกิริยา (Reaction time; RT) เมื่อเปรียบเทียบผลในทุกช่วงเวลา คือ ผลการทดสอบภายหลังการฝึกช่วงที่ 1 และ 2 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการพิจารณาผลภายในกลุ่ม แต่กลับพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการฝึกช่วงที่ 2 ($p<.05$) เวลาปฏิกิริยาในการตอบสนอง เมื่อตามองเห็นภาพปรากฏที่จอคอมพิวเตอร์ รวมถึงเสียงสัญญาณที่แจ้งเตือนให้อาสาสมัครที่ทำการทดสอบเคลื่อนย้ายถ่ายน้ำหนักไปยังทิศทางเป้าหมาย บ่งชี้ถึงการตอบสนองของร่างกายเมื่อมีสัญญาณประสาทรับสัมผัสเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลาง แล้วทำการประมวลผลเพื่อออกคำสั่งให้ร่างกาย โดยการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อเพื่อไปยังตำแหน่งเป้าหมาย ค่าเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง จะเพิ่มมากขึ้นตามความเสื่อมถอยของระบบประสาทและระบบการทำงานของกระดูกและกล้ามเนื้อที่ลดลง หมายความว่าสัญญาณประสาทเข้าล่าช้า ประกอบกับการประมวลจากระบบประสาทส่วนกลางช้าลง และการสร้างชุดคำสั่งเพื่อการตอบสนองไม่ทันท่วงที ซึ่งมีผลต่อการล้ม นั่นคือ เมื่อมีการสร้าง generate หรือการระดมพลของมอเตอร์ยูนิตเพื่อให้เกิดการทำงานของกล้ามเนื้อไม่ทันท่วงทีต่อการก้าว stepping strategy ในการเปลี่ยนพื้นที่รองรับ (BOS) ไปยังทิศทางของการเคลื่อน COP ซึ่งผลที่อาจเกิดตามมาคือ การล้ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พารามิเตอร์ความเร็วในการเคลื่อนไหว (Movement Velocity; MVL) เมื่อเปรียบเทียบผลในทุกช่วงเวลา คือ ผลการทดสอบภายหลังการฝึกช่วงที่ 1 และ 2 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างกลุ่ม แต่พบว่าผลการทดสอบภายหลังการฝึกช่วงที่ 1 และ 2 ทั้งสองกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.000) แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าทั้งสองกลุ่มจะสามารถเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนไหวไปยังตำแหน่งเป้าหมายได้เร็วขึ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าความแตกต่างเฉลี่ยแล้ว (mean different) พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าความแตกต่างเฉลี่ยสูงมากกว่ากลุ่มควบคุม สามารถบ่งชี้ได้ว่ากลุ่มทดลองส่งผลดีมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการกระตุ้นกระแสไฟฟ้าที่สมอง

พารามิเตอร์การควบคุมทิศทาง (Directional Control; DCL) เมื่อเปรียบเทียบในทุกช่วงเวลา *คือ* ผลการทดสอบภายหลังการฝึกช่วงที่ 1 และ 2 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างกลุ่ม แต่เมื่อพิจารณาผลภายในกลุ่มของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าภายหลังการฝึกทั้งสองช่วงความสามารถควบคุมทิศทางดีขึ้น และนอกจากนี้ยังพบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มทดลองภายหลังการฝึกช่วงที่ 1 และ 2 แสดงค่า p=.001 ในทั้งสองช่วง

พารามิเตอร์ การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดในเริ่มต้น (EPE) เมื่อเปรียบเทียบค่าภายในกลุ่มในทุกช่วงเวลา คือ ผลการทดสอบภายหลังการฝึกช่วงที่ 1 และ 2 มีค่าเพิ่มมากขึ้นทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แสดงค่าความสามารถในการถ่ายน้ำหนักไปได้ไกลมากยิ่งขึ้นตั้งแต่เริ่มเคลื่อนไหวไปยังเป้าหมายในครั้งแรก ซึ่งแตกต่างจากก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งสองกลุ่ม ในช่วงเวลาที่ 1 และ 2 ค่า p=.000 อีกทั้งยังพบว่ามีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏค่าความต่างในช่วงเวลาภายหลังการฝึกที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับผลก่อนการฝึก แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p=.018 ทั้งนี้สามารถบ่งชี้ได้ว่าการฝึกการทรงตัวทำให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งเป้าหมายได้ไกลมากขึ้น แต่ในขณะเดียวกัน พบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับการติดกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ มีการพัฒนาการถ่ายน้ำหนักไปได้ไกลมากขึ้นและมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พารามิเตอร์การถ่ายน้ำหนักไปยังตำแหน่งที่ไกลที่สุดของการทดสอบ (MPE) เมื่อเปรียบเทียบค่าภายในกลุ่มในทุกช่วงเวลา คือ ผลการทดสอบภายหลังการฝึกช่วงที่ 1 และ 2 มีค่าเพิ่มมากขึ้นทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แสดงค่าความสามารถในการถ่ายน้ำหนักไปยังเป้าหมายไกลมากสุดของการทดสอบ ภายในระยะเวลาที่กำหนด 8 วินาที ในการเคลื่อนถ่ายน้ำหนักไปยังเป้าหมาย ซึ่งผลการประเมินปรากฏความแตกต่างก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งกลุ่มทดลองและควบคุม ในช่วงเวลาที่ 1 และ 2 แสดงค่า p=.000 อีกทั้งยังพบว่ามีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ในช่วงเวลาภายหลังการฝึกที่ 2 เทียบกับผลก่อนการฝึก ที่ค่าความแตกต่างทางสถิติ p=.026

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กล่าวโดยสรุปผลของการฝึกการทรงตัว เพื่อกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อ (neuromuscular system) ซึ่งมีข้อบ่งชี้จากงานวิจัยก่อนนี้[72] ที่กล่าวถึงระยะเวลาการฝึกที่จะก่อให้เกิดผลดีต่อการกระตุ้นระบบการทำงานดังกล่าว คือต้องมีระยะเวลาในการฝึกอย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 8 สัปดาห์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้ พบว่ามีการพัฒนาความสามารถในการทรงตัวดีขึ้น ผลดังกล่าวสืบเนื่องจากการพัฒนาความสามารถในการรับรู้ของข้อต่อ การควบคุมรยางค์ส่วนล่างประกอบไปด้วย ข้อเท้าข้อเข่า และข้อสะโพกได้ดีขึ้น อีกทั้งยังมีการพัฒนาแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มากขึ้นจากการฝึกการทรงตัว ผลของการกระตุ้นระบบ neuromuscular ที่เกิดจากการฝึกซ้ำๆ จนเกิดการเรียนรู้ และพัฒนาความแข็งแรง การฝึกการทรงตัวช่วยพัฒนาความสามารถในการถ่ายน้ำหนักไปยังเป้าหมายในทิศทางต่างๆภายใต้พื้นรองรับที่จำกัดได้ดี และเมื่อพิจารณาถึงกลุ่มทดลองคือกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นสมองโดยใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (tDCS) ที่บริเวณ vermis ของสมองส่วน cerebellum เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 20 นาทีก่อนการฝึกการทรงตัว โดยเลือกกระตุ้นเฉพาะพื้นที่ ด้วยขั้วแอโนด (a-tDCS) เพื่อหวังผลในการช่วยเพิ่มการทำงานของสมอง เพราะหน้าที่สำคัญของสมองส่วน cerebellum คือควบคุมการทรงตัว การประสานสัมพันธ์ รวมถึงควบคุมการทำงานให้มีความต่อเนื่องและแม่นยำมากขึ้น งานวิจัยนี้มีการกระตุ้นสมองส่วนดังกล่าวด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ เพราะจากการศึกษาก่อนหน้าระบุว่าโครงสร้างของระบบประสาทมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุ และในการศึกษาของ Yin M ปี ค.ศ. 2009 กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของสมองส่วน cerebellum พบว่ามีการสูญเสียเซลล์ Purkinje ร้อยละ 25-30 มีการลดลงของ axodendrite synapses ร้อยละ 24 พบการการฝ่อลีบบริเวณส่วน cerebellar vermis[73] ประกอบกับการกระตุ้น tDCS ในการศึกษาที่ผ่านมาจะช่วยเพิ่มการทำงานแบบปรับเปลี่ยนเซลล์ประสาท (neuronal excitation) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ membrane potentials และเกิด spontaneous depolarization อีกทั้งยังเพิ่มการหลั่ง activity-dependent brain derived neurotrophic factor (BDNF) กระตุ้นให้เกิด synaptic plasticity และ neurogenesis จึงเป็นส่วนที่ตอบคำถามได้ว่าไฟฟ้าช่วยในเรื่องการทรงตัวในงานวิจัยนี้ แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยไม่สามารถระบุได้ถึงการชะลอการฝ่อลีบของ vermis หรือ ความเสื่อมใดๆที่เกิดกับระบบประสาท จากการตรวจวิเคราะห์ที่ละเอียดระดับภาพถ่ายทางรังสี หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่อย่างน้อยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทำให้ทราบว่า ผลของการกระตุ้นสมองส่วน cerebellum จะช่วยพัฒนาการทรงตัวได้ดีกว่าการฝึกการทรงตัวพื้นฐานเพียงอย่างเดียว และถึงแม้ว่าการวิจัยก่อนหน้ากล่าวอ้างถึงผลของการกระตุ้น tDCS อาจเกิดไม่เท่ากันทุกคน เนื่องจากปัจจัยทางพันธุกรรมที่มีผลต่อการตอบสนองการกระตุ้นด้วย tDCS และลักษณะของความหลากหลายของรูปทรงหรือรอยขดพับของสมองส่วนนี้[15] แต่ท้ายที่สุดก็ยังพบว่าการกระตุ้น tDCS ที่ตำแหน่งที่สมองส่วน cerebellum ก่อนการฝึกการทรงตัวสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวชนิดเคลื่อนไหวในภาพรวมได้มากกว่าการฝึกการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทรงตัวเพียงอย่างเดียว ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งในทางเลือกของการเพิ่มพัฒนาการทรงตัว และลดระยะเวลาการเข้าพบการฝึกกับทางนักกายภาพบำบัดเพื่อพัฒนาการทรงตัวอย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 2 เดือน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในผู้สูงอายุสุขภาพดี ช่วงอายุ 60-80 ปี ที่เคยมีประวัติล้มอย่างน้อย 1 ครั้ง การศึกษาในอนาคตควรจำกัดขอบเขตของกลุ่มอายุให้ละเอียดกว่านี้ เพราะช่วงอายุจะมีผลต่อความเสื่อมและปัญหาทางการทรงตัวที่แตกต่างกัน อีกทั้งการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะที่บริเวณสมอง ควรทำการศึกษาผลการฝึกการทรงตัวในขณะที่ทำการกระตุ้นไฟฟ้าไปพร้อมกัน แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนเครื่องมือและระยะเวลา จึงทำให้ไม่สามารถทำการฝึกไปพร้อมกับการกระตุ้นสมอง ทำได้เพียงการฝึกการทรงตัวเร็วที่สุดภายหลังจากการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ ทั้งนี้การศึกษาในอนาคตควรทำการฝึกขณะที่มีการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะไปพร้อมกัน หรือทำการศึกษาการเปรียบเทียบผลของความต่างระหว่างช่วงเวลาของการติดกระตุ้นสมองที่เป็นผลมาจากการฝึกการทรงตัวภายหลังจากกระตุ้นไฟฟ้าที่สมองและผลการฝึกการทรงตัวในขณะที่มีการติดเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าที่สมอง ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าการทำการฝึกพร้อมกันจะให้ผลการฝึกต่อการทรงตัวที่เข้มข้นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. Tinetti ME, Kumar C. The patient who falls: "It's always a trade-off". Jama. 2010;303(3):258-66.

2. Society AG. 2010 AGS/BGS Clinical Practice Guideline: Prevention of Falls in Older Persons. 2010.

3. Robbins AS, Rubenstein LZ, Josephson KR, Schulman BL, Osterweil D, Fine G. Predictors of falls among elderly people. Results of two population-based studies. Archives of internal medicine. 1989;149(7):1628-33.

4. World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health. 2010.

5. Moreland JD, Richardson JA, Goldsmith CH, Clase CM. Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. Journal of the American Geriatrics Society. 2004;52(7):1121-9.

6. สมนึก กุลสถิตพร. กายภาพบำบัดในผู้สูงอายุ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย2549. 265 p.

7. Ni M, Mooney K, Richards L, Balachandran A, Sun M, Harriell K, et al. Comparative impacts of Tai Chi, balance training, and a specially-designed yoga program on balance in older fallers. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2014;95(9):1620-8 e30.

8. รัชดาพร จุลละนันทน์. การทรงตัวและการล้มของผู้สูงอายุที่ออกกำลังกายชนิดต่างๆ. คณะแพทยศาสตร์: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2548.

9. Kristen K. Maughan KAL, Warren D. Franke, and Ann L. Smiley-Oyen. The Dose-Response Relationship of Balance Training

in Physically Active Older Adults. Journal of Aging and Physical Activity. 2012;20(1):442-55.

10. Reis J, Fritsch B. Modulation of motor performance and motor learning by transcranial direct current stimulation. Current Opinion in Neurology. 2011;24(6):590–6.

11. Hardwick RM, Celnik PA. Cerebellar direct current stimulation enhances motor learning in older adults. Neurobiology of Aging. 2014;35(10):2217-21.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

12. Kaminski E, Steele CJ, Hoff M, Gundlach C, Rjosk V, Sehm B, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) over primary motor cortex leg area promotes dynamic balance task performance. Clinical Neurophysiology. 2016;127(6):2455-62.

13. Kaminski E, Hoff M, Rjosk V, Steele CJ, Gundlach C, Sehm B, et al. Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Does Not Facilitate Dynamic Balance Task Learning in Healthy Old Adults. Frontiers in human neuroscience. 2017;11:16.

14. Inukai Y, Saito K, Sasaki R, Kotan S, Nakagawa M, Onishi H. Influence of Transcranial Direct Current Stimulation to the Cerebellum on Standing Posture Control. Frontiers in human neuroscience. 2016;10:325.

15. Zandvliet SB, Meskers CGM, Daffertshofer A, Kwakkel G, Wegen EEHv. Exploring the instantaneous effects of tDCS on

postural stability to improve stroke rehabilitation: VU University Medical Center; 2013.

16. Bergamin M, Gobbo S, Zanotto T, Sieverdes JC, Alberton CL, Zaccaria M, et al. Influence of age on postural sway during different dual-task conditions. Frontiers in Aging Neuroscience. 2014;6(271).

17. Lord SR, Ward JA. Age-associated differences in sensori-motor function and balance in community dwelling women. Age and ageing. 1994;23(6):452-60.

18. L. Sturnieks D, St George R, R. Lord S. Balance disorders in the elderly. Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology. 2008;38(6):467-78.

19. Granacher U, Bridenbaugh SA, Muehlbauer T, Wehrle A, Kressig RW. Age-related effects on postural control under multi-task conditions. Gerontology. 2011;57(3):247-55.

20. Bryant EC, Trew ME, Bruce AM, Kuisma RME, Smith AW. Gender differences in balance performance at the time of retirement. Clinical Biomechanics. 2005;20(3):330-5.

21. World Health Organization A, Life Course U. WHO global report on falls prevention in older age. Geneva, Switzerland :: World Health Organization; 2008.

22. นิพา ศรีช้าง, ลวิตรา กำวี. การพยากรณ์การพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ ปี 2560-2564. สานักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. 2558:8-1.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

23. ประเสริฐ อัสสันตชัย, รุ่งนิรันดร์ ประดิษฐสุวรรณ, วิษณุ ธรรมลิขิต. โครงการส่งเสริมสุขภาพและการป้องกันภาวะหกล้ม และผลแทรกซ้อนในผู้สูงอายุโดยแพทย์เวชศาสตร์ผู้สูงอายุ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ: กรุงเทพฯ; 2544.

24. Summary of the Updated American Geriatrics Society/British Geriatrics Society clinical practice guideline for prevention of falls in older persons. Journal of the American Geriatrics Society. 2011;59(1):148-57.

25. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. Journal of the American Geriatrics Society. 1991;39(2):142-8.

26. Gayton KBSW-DJIWD. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. Physiotherapy Canada 1989;41(6):304.

27. Perell KL, Nelson A, Goldman RL, Luther SL, Prieto-Lewis N, Rubenstein LZ. Fall risk assessment measures: an analytic review. The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences. 2001;56(12):M761-6.

28. Berg K. Balance and its measure in the elderly: A review1989. 240-6 p.

29. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults Using the Timed Up & Go Test. Physical Therapy. 2000;80(9):896-903.

30. Lin MR, Hwang HF, Hu MH, Wu HD, Wang YW, Huang FC. Psychometric comparisons of the timed up and go, one-leg stand, functional reach, and Tinetti balance measures in community-dwelling older people. Journal of the American Geriatrics Society. 2004;52(8):1343-8.

31. Susan L. Whitney MTH, Gregory F Marchetti. The dynamic gait index relates to self-reported fall history in individuals with vestibular dysfunction. J Vestib Res. 2000;10:99–105.

32. Whitney JC, Lord SR, Close JCT. Streamlining assessment and intervention in a falls clinic using the Timed Up and Go Test and Physiological Profile Assessments. Age and ageing. 2005;34(6):567-71.

33. Lajoie Y, Gallagher SP. Predicting falls within the elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-

specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers. Archives of Gerontology and Geriatrics. 2004;38(1):11-26.

34. Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. A Prospective Study of Postural Balance and Risk of Falling in An Ambulatory and Independent Elderly Population. Journal of Gerontology. 1994;49(2):M72-M84.

35. Noohu MM, Dey AB, Hussain ME. Relevance of balance measurement tools and balance training for fall prevention in older adults. Journal of Clinical Gerontology and Geriatrics. 2014;5(2):31-5.

36. Judge JO. Balance training to maintain mobility and prevent disability. American Journal of Preventive Medicine. 2003;25(3):150-6.

37. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. Gait & Posture. 1995;3(4):193-214.

38. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? Clinical Rehabilitation. 2000;14(4):402-6.

39. Li Z, Liang Y-Y, Wang L, Sheng J, Ma S-J. Reliability and validity of center of pressure measures for balance assessment in older adults. Journal of Physical Therapy Science. 2016;28(4):1364-7.

40. Clark S, Rose DJ, Fujimoto K. Generalizability of the limits of stability test in the evaluation of dynamic balance among older adults. Archives of physical medicine and rehabilitation. 1997;78(10):1078-84.

41. Piirtola M, Era P. Force platform measurements as predictors of falls among older people - a review. Gerontology. 2006;52(1):1-16.

42. Lesinski M, Hortobagyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. Sports medicine (Auckland, NZ). 2015;45(12):1721-38.

43. Kuramoto A. Therapeutic benefits of Tai Chi exercise: research review. Wisconsin Medical Journal-MADISON. 2006;105(7):42-6.

44. Sherrington C, Whitney JC, Lord SR, Herbert RD, Cumming RG, Close JC. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. Journal of the American Geriatrics Society. 2008;56(12):2234-43.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

45. Madureira MM, Takayama L, Gallinaro AL, Caparbo VF, Costa RA, Pereira RMR. Balance training program is highly effective in improving functional status and reducing the risk of falls in elderly women with osteoporosis: a randomized controlled trial. Osteoporosis International. 2007;18(4):419-25.

46. Utz KS, Dimova V, Oppenlander K, Kerkhoff G. Electrified minds: transcranial direct current stimulation (tDCS) and galvanic vestibular stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology--a review of current data and future implications. Neuropsychologia. 2010;48(10):2789-810.

47. Schlaug G, Renga V. Transcranial direct current stimulation: a noninvasive tool to facilitate stroke recovery. Expert review of medical devices. 2008;5(6):759-68.

48. Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, Priori A, Lang N, Antal A, et al. Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. Brain stimulation. 2008;1(3):206-23.

49. Nitsche MA, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. The Journal of physiology. 2000;527 Pt 3:633-9.

50. Priori A. Brain polarization in humans: a reappraisal of an old tool for prolonged non-invasive modulation of brain excitability. Clinical Neurophysiology. 2003;114(4):589-95.

51. Athanasios PD, Kaditis G. 10-20 system EEG Placement. european respiration society2016.

52. Technologies TC. 10/20 Positioning manual. wanchai, Hong Kong :2012.

53. Nitsche MA, Nitsche MS, Klein CC, Tergau F, Rothwell JC, Paulus W. Level of action of cathodal DC polarisation induced inhibition of the human motor cortex. Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology. 2003;114(4):600-4.

54. วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล. การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial Direct Current Stimulation). เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร. 2556;23(2):37-40.

55. Brunoni AR, Amadera J, Berbel B, Volz MS, Rizzerio BG, Fregni F. A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

direct current stimulation. International Journal of Neuropsychopharmacology. 2011;14(8):1133-45.

56. Poreisz C, Boros K, Antal A, Paulus W. Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. Brain research bulletin. 2007;72(4-6):208-14.

57. Antal A, Paulus W, Nitsche M. Principle and mechanisms of transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)2009. 249-58 p.

58. M. A. Nitsche KF, U. Henschke, A. Schlitterlau, D. Liebetanz, N. Lang, S. Henning, F. Tergau, Paulus aW. Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. The Journal of physiology. 2003;533(1): 293–301.

59. Boros K, Poreisz C, Munchau A, Paulus W, Nitsche MA. Premotor transcranial direct current stimulation (tDCS) affects primary motor excitability in humans. The European journal of neuroscience. 2008;27(5):1292-300.

60. Zimerman M, Nitsch M, Giraux P, Gerloff C, Cohen LG, Hummel FC. Neuroenhancement of the aging brain: Restoring skill acquisition in old subjects. Annals of Neurology. 2013;73(1):10-5.

61. Jeffery DT, Norton JA, Roy FD, Gorassini MA. Effects of transcranial direct current stimulation on the excitability of the leg motor cortex. Experimental Brain Research. 2007;182(2):281-7.

62. Kim CR, Kim D-Y, Kim LS, Chun MH, Kim SJ, Park CH. Modulation of cortical activity after anodal transcranial direct current stimulation of the lower limb motor cortex: A functional MRI study. Brain stimulation. 2012;5(4):462-7.

63. Monte-Silva K, Kuo MF, Hessenthaler S, Fresnoza S, Liebetanz D, Paulus W, et al. Induction of late LTP-like plasticity in the human motor cortex by repeated non-invasive brain stimulation. Brain stimulation. 2013;6(3):424-32.

64. Bastani A, Jaberzadeh S. Differential modulation of corticospinal excitability by different current densities of anodal transcranial direct current stimulation. PloS one. 2013;8(8):e72254.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

65. Kaminski E, Hoff M, Sehm B, Taubert M, Conde V, Steele CJ, et al. Effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) during complex whole body motor skill learning. Neuroscience letters. 2013;552:76-80.

66. Ungerleider LG, Doyon J, Karni A. Imaging brain plasticity during motor skill learning. Neurobiology of learning and memory. 2002;78(3):553-64.

67. Fujiyama H, Hyde J, Hinder MR, Kim SJ, McCormack GH, Vickers JC, et al. Delayed plastic responses to anodal tDCS in older adults. Front Aging Neurosci. 2014;6:115.

68. Ferrucci R, Marceglia S, Vergari M, Cogiamanian F, Mrakic-Sposta S, Mameli F, et al. Cerebellar transcranial direct current stimulation impairs the practice-dependent proficiency increase in working memory. Journal of cognitive neuroscience. 2008;20(9):1687-97.

69. Ferrucci R, Cortese F, Priori A. Cerebellar tDCS: how to do it. Cerebellum (London, England). 2015;14(1):27-30.

70. Ferrucci R, Giannicola G, Rosa M, Fumagalli M, Boggio PS, Hallett M, et al. Cerebellum and processing of negative facial emotions: cerebellar transcranial DC stimulation specifically enhances the emotional recognition of facial anger and sadness. Cognition & emotion. 2012;26(5):786-99.

71. Galea JM, Vazquez A, Pasricha N, Orban de Xivry J-J, Celnik P. Dissociating the Roles of the Cerebellum and Motor Cortex during Adaptive Learning: The Motor Cortex Retains What the Cerebellum Learns. Cerebral Cortex (New York, NY). 2011;21(8):1761-70.

72. van Dun K, Bodranghien FCAA, Mariën P, Manto MU. tDCS of the Cerebellum: Where Do We Stand in 2016? Technical Issues and Critical Review of the Literature. Frontiers in human neuroscience. 2016;10(199).

73. Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. Age and ageing. 2004;33(6):602-7.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมงานวิจัย

	คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับ ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย	AF 09-04/5.0 หน้า 1 /9

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม
Effect of Transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with Balance training in older adult with history of fall

ผู้สนับสนุนการวิจัย ทุนรัชดาภิเษกสมโภช คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้วิจัยหลัก
ชื่อ นางสาวณิชาภา คุ้มพะเนียด
ที่อยู่ หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา อาคาร แพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 1873 ถ.พระราม 4 แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ 24 ชั่วโมง 0802026699
แพทย์ผู้ร่วมในโครงการวิจัย
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ชื่อ รศ.นพ.สมพล สงวนรังศิริกุล
ที่อยู่ ภาควิชาสรีรวิทยา ชั้น 10 อาคารแพทยพัฒน์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ 0814923552
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ชื่อ ผศ.นพ.วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล
ที่อยู่ ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330
เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ 0891405457

เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นผู้สูงอายุ อายุระหว่าง 60-80 ปี ที่เคยมีประวัติล้มและมีปัญหาด้านการทรงตัว ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากทีมงานของแพทย์ผู้ทำวิจัย หรือแพทย์ผู้ร่วมทำวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

เหตุผลความเป็นมา

ปัจจุบันประชากรสูงอายุมีจำนวนเพิ่มขึ้นในทุกปี อายุที่มากขึ้นมาพร้อมกับความเสื่อมของร่างกายที่ปฏิเสธไม่ได้ ซึ่งมักมาพร้อมปัญหาการทรงตัวที่ส่งผลสืบเนื่องต่อการล้ม ดังนั้นการแก้ปัญหาการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงหรือมีประวัติในการล้มในอดีต คือ การได้รับการประเมินและการฝึกการทรงตัวอย่างเหมาะสม ซึ่งการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน ประกอบด้วยการฝึกเพื่อควบคุมทางระบบประสาทร่วมกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เช่น การฝึกยืนบนพื้นไม่มั่นคง การยืนเท้าชิด หรือการยืนขาเดียว เป็นต้น โดยโปรแกรมการฝึกจะถูกตามความเหมาะสมของช่วงวัยและเป้าหมาย

การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงขนาดต่ำ ที่บริเวณสมองที่มีส่วนในการควบคุมการทรงตัว ซึ่งเป็นเทคนิคแบบไม่รุกราน กระตุ้นเพื่อเหนี่ยวนำของกระแสประสาทในสมอง ทั้งนี้เพื่อหวังผลการควบคุมและเพิ่มความสามารถการทรงตัว

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการฝึกการทรงตัวพื้นฐานร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงต่อความสามารถการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อประเมินผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการฝึกการทรงตัวต่อความสามารถในการทรงตัวขณะหยุดนิ่งในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม โดยจะรับผู้เข้าร่วมการวิจัยที่มีสุขภาพดี อายุ 60-80 ปี จำนวน 64 คน

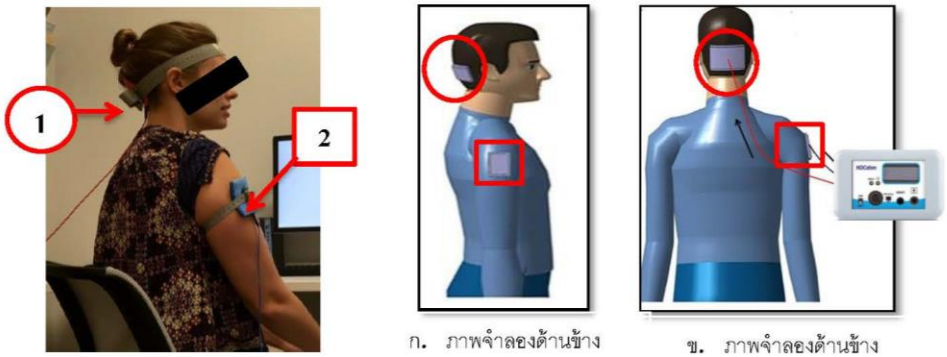
วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะขอตรวจประวัติเบื้องต้น โดยการให้ท่านตอบแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ โดยจะเป็นคำถามข้อมูลส่วนตัว เช่น อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก แบบสอบถามประวัติการล้มภายใน 1 ปีที่ผ่านมา และการตรวจประเมินการเดินและการทรงตัวพื้นฐาน เพื่อคัดกรองว่าท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะเข้าร่วมในการวิจัย

หากท่านมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า ท่านจะได้รับเชิญให้มาพบผู้ทำวิจัยตามวันเวลาที่นัดหมาย คือ ตามวันและเวลาที่ท่านสะดวก เพื่อเข้ารับการทดสอบความสามารถในการทรงตัวผ่านเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์ ซึ่งท่านจะได้รับการทดสอบ 3 ครั้ง คือแรกเริ่มก่อนการฝึก ภายหลังการฝึกครั้งที่ 12 และ 24

ของชุดการฝึก ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการฝึกการทรงตัวพื้นฐานโดยนักกายภาพบำบัดร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงใน 1-12 ชุดการฝึกแรก และชุดที่ 13-24 ผู้เข้าร่วมวิจัยจะทำการฝึกการทรงตัวพื้นฐานด้วยตนเองที่บ้าน โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการการวิจัย คือ 8 สัปดาห์ และมาพบผู้วิจัยหรือผู้ร่วมทำวิจัยทั้งสิ้น 15 ครั้ง

ภาพที่ 1 เครื่องกระตุ้นสมองด้วยกระแสไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ ทีดีซีเอส (tDCS)
ชื่อรุ่น: เฮช ดี ซี คิท (HDCkit) (Magstim Company Ltd ประเทศสหราชอาณาจักร)



ก. ภาพจำลองด้านข้าง ข. ภาพจำลองด้านข้าง

ภาพที่ 2 ตำแหน่งการติดเครื่องกระตุ้นสมองด้วยกระแสไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ
ตำแหน่ง ○ **หรือ หมายเลข 1 : บริเวณกลางท้ายทอยด้านหลัง**
ตำแหน่ง □ **หรือ หมายเลข 2 : บริเวณหัวไหล่ของแขนข้างขวา**

เครื่องมือ**ทีดีซีเอส** ดังภาพประกอบที่ 1และ 2 มีการใช้อย่างแพร่หลายในการศึกษาวิจัยและมีการนำมาใช้ในการรักษาฟื้นฟูที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ การกระตุ้นสมองโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดต่ำ (2 มิลิแอมแปร์) เป็นระยะเวลา 20 นาที อาจมีความรู้สึกกระแสไฟอ่อนๆเข้าร่างกาย ไม่มีผลทำให้เกิดการกระตุกของกล้ามเนื้อ มีผลข้างเคียงต่ำมาก และไม่มีอันตรายร้ายแรงใดๆ

<u>รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมวิจัย</u>

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยโดยย่อ และได้รับการแจ้งให้ทราบว่าการเข้าร่วมโครงการศึกษาในครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆทั้งสิ้น ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการสัมภาษณ์และคัดกรองความเสี่ยงเบื้องต้นโดยผู้วิจัยตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้ามาศึกษา เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยตัดสินใจเข้าร่วมงานวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกแบ่งโดยวิธีการสุ่ม ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยทั้ง 2 กลุ่มจะถูกปกปิดไม่ทราบว่าตนเองอยู่กลุ่มใด และได้รับการขอร้องให้มาทำการทดสอบประเมินผลเพื่อประเมินการคงความสมดุลของร่างกายด้วยเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์ ทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ก่อนการฝึกการทรงตัวและกระตุ้นสมอง ภายหลังของการฝึกการทรงตัวและกระตุ้นสมองครั้งที่ 12 และภายหลังของการฝึกการทรงตัว ครั้งที่ 24 (หลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์) ซึ่งการทดสอบและประเมินผลการคงความสมดุลของร่างกายประกอบด้วย
   2.1 การทดสอบความสามารถการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง (ยืนลืมตา-หลับตาบนพื้นผิวต่างๆ)
   2.2 การทดสอบความสามารถการทรงตัวแบบเคลื่อนไหว (ถ่ายน้ำหนักไปยังเป้าหมาย)
3. การประเมินความปลอดภัยจากผลข้างเคียงก่อนและหลังกระตุ้นสมองด้วยเครื่องทีดีซีเอสทุกครั้ง

<u>ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการทดสอบ</u>

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยถูกขอร้องให้รายงานความเจ็บป่วย หรืออาการผิดปกติทางกายใดๆที่เกิดขึ้น ทุกครั้งก่อนทำการฝึกหรือการทดสอบ ในตลอดการเข้าร่วมโครงการวิจัย
2. การฝึกออกกำลังกายจะเริ่มภายหลังการทดสอบความสามารถการทรงตัว โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้รับโปรแกรมชุดการฝึกและกระตุ้นสมอง แบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก คือ การกระตุ้นสมองที่คล้ายคลึงกันเป็นเวลา 20 นาที และการฝึกการทรงตัวพื้นฐานที่เหมือนกันเป็นเวลา 60 นาที ในทั้งสองกลุ่ม โดยโปรแกรมการฝึกจะประกอบด้วย 2 ช่วง ดังนี้

   ➢ <u>ช่วงที่ 1 โปรแกรมชุดการฝึกที่ 1-12</u> : การกระตุ้นสมอง และ การฝึกการทรงตัวพื้นฐาน

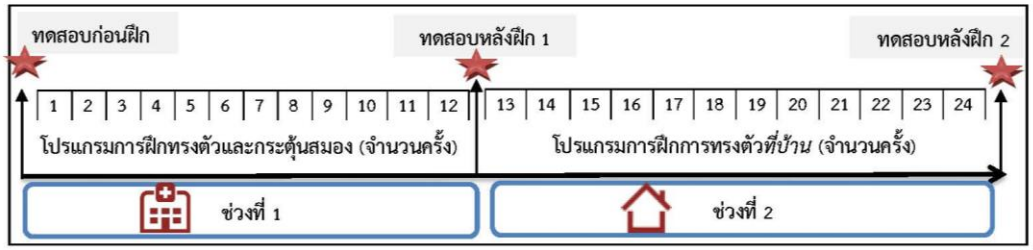
   กระตุ้นสมอง 20 นาที ⇨ **ฝึกการทรงตัวพื้นฐาน 60 นาที**

   ➢ <u>ช่วงที่ 2 โปรแกรมชุดการฝึกที่ 13-24</u> : การฝึกการทรงตัวพื้นฐานที่บ้าน รูปแบบการฝึกการทรงตัวพื้นฐานเหมือนการฝึกช่วงที่ 1

   ฝึกการทรงตัวพื้นฐาน 60 นาที

ช่วงที่ 2 ผู้เข้าร่วมวิจัยถูกขอร้องให้บันทึกผลการฝึก และทำการฝึกตามโปรแกรมที่ได้จัดไว้ให้ โดยผู้วิจัยจะมีการ*ติดตามการฝึกทางโทรศัพท์ ตรวจสอบ หรือเยี่ยมบ้านเพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ

กรอบเวลางานวิจัย : ความถี่การฝึก 3 ครั้ง(ชุดการฝึก) ต่อสัปดาห์ รวมระยะเวลาตลอดโครงการ 2 เดือน



ทดสอบโดยวัดการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง และแบบเคลื่อนไหว อาคารผู้สูงอายุ (ส.ธ.) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

ผู้ทำหน้าที่ติดกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง และทำหน้าที่ควบคุมการฝึกการทรงตัวรวมถึงการดูแลความปลอดภัยหลัก คือ นางสาวณิชาภา คุ้มพะเนียด นักกายภาพบำบัด (เลขที่ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ ก.9613) ซึ่งได้ผ่านการฝึกทางเทคนิค/การปฏิบัติการ และอยู่ภายใต้ความดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล แพทย์ผู้เชี่ยวชาญเรื่องกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (tDCS) ผู้ได้ผ่านการรับรองจากหลักสูตรการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ จากประเทศสหราชอาณาจักร

ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้ทำวิจัยใคร่ขอความความร่วมมือจากท่าน โดยจะขอให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่ารักษาพยาบาลที่เกิดขึ้นทั้งหมดหากมีเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือได้รับอันตรายที่เกิดจากการเข้าร่วมโครงการ

ความเสี่ยงที่อาจได้รับ

ความเสี่ยงจากการเข้าร่วมการฝึกออกกำลังกายในงานวิจัยนี้ ท่านอาจจะเสียเวลาในการมาเข้าร่วมเพื่อฝึกการทรงตัวพื้นฐานสัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ ประมาณ 1-2 ชั่วโมง ประกอบกับการติดกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงที่สมองเป็นเวลา 20 นาที และทำการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน 60 นาที ภายหลังจากที่ฝึกออกกำลังกายท่านอาจจะรู้สึกไม่สบายตัว หรือเมื่อยล้าหลังจากที่ฝึกออกกำลังกายไปแล้ว โดยผู้วิจัยจะให้คำแนะนำ

เกี่ยวกับการอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพิ่มเติม เพื่อลดอาการดังกล่าว ดังนั้นระหว่างที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัยจะมีการติดตามดูแลสุขภาพของท่านอย่างใกล้ชิด

กรุณาแจ้งผู้ทำวิจัยในกรณีที่พบอาการดังกล่าวข้างต้น หรืออาการอื่น ๆ ที่พบร่วมด้วย ระหว่างที่อยู่ในโครงการวิจัย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของท่าน ขอให้ท่านรายงานให้ผู้ทำวิจัยทราบโดยเร็ว

<u>ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน</u>

ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ ๆ ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันที เพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไปหรือจะขอถอนตัวออกจากการวิจัย

<u>การพบแพทย์นอกตารางนัดหมายในกรณีที่เกิดอาการข้างเคียง</u>

หากมีอาการข้างเคียงใด ๆ เกิดขึ้นกับท่าน ขอให้ท่านรีบมาพบแพทย์ที่สถานพยาบาลทันที ถึงแม้ว่าจะอยู่นอกตารางการนัดหมาย เพื่อแพทย์จะได้ประเมินอาการข้างเคียงของท่าน และให้การรักษาที่เหมาะสมทันที หากอาการดังกล่าวเป็นผลจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่าย

<u>ประโยชน์ที่อาจได้รับ</u>

ท่านอาจไม่ได้ประโยชน์จากการศึกษานี้ แต่การฝึกการทรงตัว ร่วมกับ การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ที่สมองส่วนซีรีเบลลัม (Cerebellum) ด้วยขั้วแอโนด อาจเป็นประโยชน์ในการพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับการกระตุ้นไฟฟ้าที่สมองร่วมกับการฝึกการทรงตัว เพื่อป้องกัน รวมถึงรักษาฟื้นฟูผู้ที่มีปัญหาการทรงตัวในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงล้มในอนาคต

<u>ข้อปฏิบัติของท่านขณะที่ร่วมในโครงการวิจัย</u>

ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้

- ขอให้ท่านให้ข้อมูลทางการแพทย์ของท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน แก่ผู้ทำวิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างที่ท่านร่วมในโครงการวิจัย

อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย และความรับผิดชอบของผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัย

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที และท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของทีมผู้ทำวิจัยแล้ว ผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่าน อีกทั้งจะได้รับการชดเชย เสียรายได้ตามความเหมาะสม

ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นางสาวณิชาภา คุ้มพะเนียด เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ 0802026699 ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมการวิจัย

ท่านจะได้รับการตรวจประเมินการทรงตัวด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การกระตุ้นสมองด้วยเครื่องมือทางการแพทย์ชื่อว่า ทีดีซีเอส (tDCS) รวมทั้งได้รับการฝึกการทรงตัวพื้นฐานจากนักกายภาพบำบัด ซึ่งค่าวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการและค่าธรรมเนียมทางการแพทย์ทั้งหมดในโครงการวิจัย ผู้สนับสนุนการวิจัยโดยทุนรัชดาภิเษกสมโภช คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมด รวมทั้งค่าเดินทางตามความถี่ที่ท่านได้มาพบผู้วิจัย

ค่าตอบแทนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

ท่านจะไม่ได้รับเงินค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับค่าเดินทางและเงินชดเชยการสูญเสียรายได้ หรือความไม่สะดวก ไม่สบาย ในการมาพบผู้วิจัยทุกครั้ง ครั้งละ 300 บาทต่อครั้ง ทุกครั้งที่มาพบผู้วิจัย รวมทั้งหมดจำนวน 15 ครั้ง

การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา การขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยจะไม่มีผลต่อการดูแลรักษาโรคของท่านแต่อย่างใด

ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัย หรือ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย
- ท่านตั้งครรภ์ระหว่างที่เข้าร่วมโครงการวิจัย

<u>การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัคร</u>

ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

จากการลงนามยินยอมของท่านผู้ทำวิจัย และผู้สนับสนุนการวิจัยสามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของท่านได้แม้จะสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้วก็ตาม หากท่านต้องการยกเลิกการให้สิทธิ์ดังกล่าว ท่านสามารถแจ้ง หรือเขียนบันทึกขอยกเลิกการให้คำยินยอม โดยส่งไปที่นางสาวณิชาภา คุ้มพะเนียด ที่อยู่ หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา อาคาร แพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 1873 ถ.พระราม 4 แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่น ๆ ของท่านอาจถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลการวิจัย และท่านจะไม่สามารถกลับมาเข้าร่วมในโครงการนี้ได้อีก ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับใช้เพื่อการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึก

จากการลงนามยินยอมของท่านแพทย์ผู้ทำวิจัยสามารถบอกรายละเอียดของท่านที่เกี่ยวกับการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ให้แก่แพทย์ผู้รักษาท่านได้

<u>สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะ และวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยทางการแพทย์ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ ความเสี่ยง และความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
4. ท่านจะได้รับการเปิดเผยถึงทางเลือกในการรักษาด้วยวิธีอื่น หรืออุปกรณ์ซึ่งมีผลดีต่อท่านรวมทั้งประโยชน์ และความเสี่ยงที่ท่านอาจได้รับ
5. ท่านจะได้รับทราบแนวทางในการรักษา ในกรณีที่พบโรคแทรกซ้อนภายหลังการเข้าร่วมในโครงการวิจัย
6. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัย หรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
7. ท่านจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น

8. ท่านจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย และสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็น และวันที่
9. ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับ ข่มขู่ หรือการหลอกลวง

หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บ หรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัย หรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่ สำนักงาน คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตึกอานันทมหิดลชั้น 3 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร/โทรสาร 0-2256-4493 ในเวลาราชการ หรือ e-mail : medchulairb@chula.ac.th

การลงนามในเอกสารให้ความยินยอม ไม่ได้หมายความว่าท่านได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี

ขอขอบคุณในการร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

.....

ภาคผนวก ข เอกสารแสดงความยินยิมเข้าร่วมโครงการวิจัย

	คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมใน โครงการสำหรับอาสาสมัคร	AF 09-05/5.0 หน้า 1/2

การวิจัยเรื่อง ผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ร่วมกับการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม

วันให้คำยินยอม วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว..... .....

ที่อยู่..... .....

ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่.....

และข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมในการตรวจคัดกรองก่อนเข้าร่วมในโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนาม และ วันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย และแนวทางรักษาโดยวิธีอื่นอย่างละเอียด ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และได้รับการชดเชยจากผู้วิจัย

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลต่อการรักษาโรคหรือสิทธิอื่น ๆ ที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนอาจได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจและประมวลข้อมูลของข้าพเจ้า ทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลงที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลประวัติทางการแพทย์ของข้าพเจ้าได้

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัย และต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิกการให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อ จะผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกและในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ รวมทั้งการใช้ข้อมูลทางการแพทย์ในอนาคต เท่านั้น

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นและมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความเต็มใจ จึงได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม

(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการไม่พึงประสงค์หรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามผู้ทำวิจัย

(.....) ชื่อผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามพยาน

(.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ภาคผนวก ค แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล

แบบบันทึกข้อมูลเพื่อการคัดกรองเบื้องต้น

เรื่อง: ผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ร่วมกับการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้มวันที่ทำการเก็บข้อมูล...../ ...../ .....

รหัสอาสาสมัคร..... สถานที่ทำการเก็บข้อมูล.....

คำชี้แจง: โปรดตอบแบบสอบถามข้อต่อไปนี้ ***ตามความเป็นจริง*** หากท่านไม่เข้าใจ โปรดซักถาม

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลพื้นฐาน

1. อายุ .....ปี เพศ.....
2. น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร BMI.....กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
3. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

   ○ ไม่มี ○ มี

   ถ้ามี (โปรดระบุชื่อโรค/ยาที่ใช้) .....
4. ปัจจุบันมีการบาดเจ็บที่หลัง สะโพก เข่า และข้อเท้า ที่ส่งผลต่อการทรงตัวและการเคลื่อนไหว ภายใน 3 เดือนก่อนหน้าหรือไม่

   ○ ไม่มี ○ มี

   ถ้ามี (โปรดระบุอาการ).....
5. ท่านใส่อุปกรณ์โลหะในร่างกายหรือศีรษะ

   ○ ไม่มี ○ มี
6. ท่านมีความผิดปกติของผิวกะโหลกศีรษะ มีประวัติผ่าตัดสมองหรือเคยหมดสติไปมากกว่า 15 นาที

   ○ ไม่มี ○ มี
7. ท่านมีประวัติเคยชักหรือมีประวัติครอบครัวเคยชัก

   ○ ไม่มี ○ มี
8. ท่านเคยได้รับการรักษาโดยเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าที่บริเวณสมองหรือไม่

   ○ ไม่มี ○ มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 2 : ข้อมูลแบบสอบถามเรื่อง การทรงตัวและการล้มของผู้สูงอายุ

โปรดทำเครื่องหมาย √ ใน O ถ้าท่านมีอาการดังต่อไปนี้ในขณะนี้

<u>ประวัติการล้มและการทรงตัว</u>

1. ท่านเคยหกล้มในช่วง 1 ปีที่ผ่านมาหรือไม่

   O ไม่มี O มี

   ถ้ามี (โปรดระบุ) จำนวนครั้งที่ล้ม.....

   สาเหตุการล้ม.....

2. การบาดเจ็บที่เกิดจากการล้ม

   O ผิวหนังถลอก ฟกช้ำ เคล็ด

   O เกิดบาดแผลต้องเย็บ

   O กระดูกหัก

   โปรดระบุตำแหน่งที่เกิดอาการบาดเจ็บโดยละเอียด

   .....

3. การดูแลรักษาร่างกายภายหลังจากการล้ม

   O ไม่มี O มี

ถ้ามี (โปรดเลือก: เลือกได้มากกว่า 1ข้อ) ทายา/ รับประทานยา/ ประคบเย็น/ ทำแผลเอง/ พบแพทย์

อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4. การล้มทำให้ท่านไม่สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้ตามปกติเป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน ภายหลังจากการล้ม

   O ไม่มี O มี

5. ท่านมีปัญหาด้านการทรงตัวและการเดินหรือไม่

   O ไม่มี O มี

6. ท่านใช้เครื่องช่วยเดินหรือไม่

   O ไม่มี O มี

7. ท่านมีปัญหากลัวการล้มหรือไม่

   O ไม่มี O มี

Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง แบบสอบถามข้อมูลเพื่อคัดกรองเบื้องต้น

Participant No.....

แบบบันทึกข้อมูลเพื่อการคัดกรองเบื้องต้น (สำหรับผู้วิจัย)

วันที่ทำการเก็บข้อมูล...../...../.....

รหัสอาสาสมัคร..... สถานที่ทำการเก็บข้อมูล.....

ส่วนที่ 3 : การตรวจคัดกรองเบื้องต้น (สำหรับผู้วิจัย)

- การประเมินความสามารถการทรงตัวและการเดิน

  ทดสอบ Time up and Go (TUG)

TUG	เวลา (วินาที)
ครั้งที่ 1	
ครั้งที่ 2	
ครั้งที่ 3	

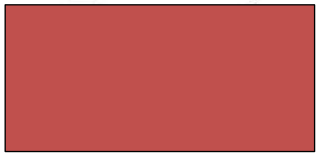
ผลการทดสอบ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

- การประเมินความสามารถการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง (Static Balance)

  ทดสอบโดยการยืนขาเดียว (Single leg stance; SLS)

SLS	เวลา (วินาที)	
	ขาซ้าย	ขาขวา
ครั้งที่ 1		
ครั้งที่ 2		
ครั้งที่ 3		

ผลการทดสอบ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ



บันทึกเพิ่มเติม

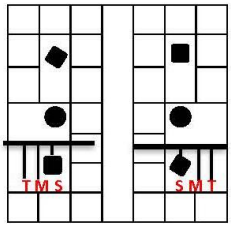
กรอบเวลางานวิจัย

ทดสอบโดยวัดการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง และแบบเคลื่อนไหว อาคารผู้สูงอายุ (ส.ธ.) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

Participant No.....

ส่วนที่ 4 : การทดสอบการทรงตัว (สำหรับผู้วิจัย)

➢ <u>การประเมินความสามารถในการคงความสมดุล</u> โดยใช้ เครื่อง Neurocom Balance Master®



ส่วนสูง.....cm. ตำแหน่งการวางเท้าเพื่อประเมินการทรงตัว

☐ ตำแหน่ง (S) Short ส่วนสูง 76-140 cm.

☐ ตำแหน่ง (M) Medium ส่วนสูง 141-165 cm.

☐ ตำ แหน่ง (T) Tall ส่วนสูง 166-203 cm.

ประเมินความสามารถในการทรงตัวทั้ง 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การประเมินความสามารถการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง (Static Balance)

โปรแกรมชุดทดสอบ Modified CTSIB โดยยืนบนขาทั้งสองข้าง

Static Balance Test	Firm surface						Foam surface					
	Eye-Open			Eye-Closed			Eye-Open			Eye-Closed		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Pre-test (___/___/___)												
Post-TEST I (___/___/___)												
Post-TEST II (___/___/___)												

2. การประเมินความสามารถการทรงตัวแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic Balance)

โปรแกรมชุดทดสอบ Limits of stability

Dynamic Balance Test	ตำแหน่งทิศทางการถ่ายน้ำหนัก							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Pre-test (___/___/___)								
Post-TEST I (___/___/___)								
Post-TEST II (___/___/___)								

ภาคผนวก จ แบบบันทึกข้อมูลการวิจัย

Participant No.....

แบบบันทึกข้อมูลออกกำลังกาย

โปรแกรมการฝึกการทรงตัว และกระตุ้น tDCS								
ชุดการฝึกที่ 1-12	จำนวนครั้ง (วัน/เดือน/ปี)	tDCS						BT
		ก่อนกระตุ้น			หลังกระตุ้น			
		I	F	D	I	F	D	
สัปดาห์ที่ 1	ครั้งที่ 1 (___/___/___)							
	ครั้งที่ 2 (___/___/___)							
	ครั้งที่ 3 (___/___/___)							
สัปดาห์ที่ 2	ครั้งที่ 4 (___/___/___)							
	ครั้งที่ 5 (___/___/___)							
	ครั้งที่ 6 (___/___/___)							
สัปดาห์ที่ 3	ครั้งที่ 7 (___/___/___)							
	ครั้งที่ 8 (___/___/___)							
	ครั้งที่ 9 (___/___/___)							
สัปดาห์ที่ 4	ครั้งที่ 10 (___/___/___)							
	ครั้งที่ 11 (___/___/___)							
	ครั้งที่ 12 (___/___/___)							
Post-TEST I								

*หมายเหตุ : I = Itching, F = Fatigue, D = Discomfort

บันทึกเพิ่มเติม

Participant No.....

แบบบันทึกข้อมูลออกกำลังกาย

โทรติดตามการฝึกการออกกำลังกาย

เบอร์โทรศัพท์ :_____ID Line:_____

โปรแกรมการฝึกการทรงตัวที่บ้าน Home-program Exercise			
ชุดการฝึกที่ 13-24	**จำนวนครั้ง** (วัน/เดือน/ปี)	BT	**หมายเหตุ**
สัปดาห์ที่ 5	ครั้งที่ 13 (___/___/___)		
	ครั้งที่ 14 (___/___/___)		
	ครั้งที่ 15 (___/___/___)		
สัปดาห์ที่ 6	ครั้งที่ 16 (___/___/___)		
	ครั้งที่ 17 (___/___/___)		
	ครั้งที่ 18 (___/___/___)		
สัปดาห์ที่ 7	ครั้งที่ 19 (___/___/___)		
	ครั้งที่ 20 (___/___/___)		
	ครั้งที่ 21 (___/___/___)		
สัปดาห์ที่ 8	ครั้งที่ 22 (___/___/___)		
	ครั้งที่ 23 (___/___/___)		
	ครั้งที่ 24 (___/___/___)		
Post-TEST II			

บันทึกเพิ่มเติม

ภาคผนวก ฉ แบบบันทึกข้อมูลการฝึกการทรงตัวด้วยตนเองที่บ้าน

เอกสารบันทึกการออกกำลังกาย

โครงการวิจัย “ผลของการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ร่วมกับการฝึกการทรงตัวผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม”

โปรแกรมช่วงการฝึก: ช่วงที่ 2

การฝึกการทรงตัวพื้นฐานที่บ้าน

ชื่อ-สกุล.....

รหัสอาสาสมัคร.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

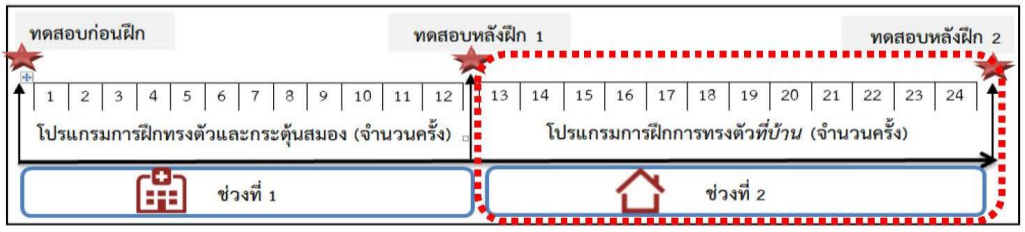
ผู้วิจัยหลัก : นางสาวณิชาภา คุ้มพะเนียด (น้ำ)

เบอร์ติดต่อ : 080-2026699

โปรแกรมช่วงการฝึก: ช่วงที่ 2

การฝึกการทรงตัวพื้นฐานที่บ้าน

กรอบเวลางานวิจัย : ความถี่การฝึก 3 ครั้ง(ชุดการฝึก) ต่อสัปดาห์ รวมระยะเวลาตลอดโครงการ 2 เดือน



ทดสอบโดยวัดการทรงตัวแบบหยุดนิ่ง และแบบเคลื่อนไหว อาคารผู้สูงอายุ (ส.ธ.) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

การฝึกการทรงตัวพื้นฐานที่บ้าน

- ระยะเวลาในการฝึกการทรงตัว ประมาณ 60 นาที/ครั้ง
- ทำการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 4 สัปดาห์

เดือน_____						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์

ทำการฝึกการทรงตัวพื้นฐาน 60 นาที/ชุดการฝึก ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมความพร้อมร่างกายก่อนการฝึก (warm up) 5-10 นาที
2. ฝึกการทรงตัวพื้นฐาน 40-50 นาที
3. การเตรียมความพร้อมร่างกายก่อนการหยุด (cool down) 5-10 นาที

~ 3 ~

***โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในตาราง ภายหลังทำการฝึกตามขั้นตอนที่ระบุไว้

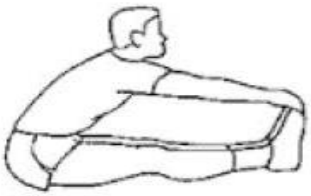
1.อบอุ่นร่างกาย ยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนการฝึกการทรงตัว

ควรยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบนุ่มนวล จะมีผลทำให้เกิดการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ

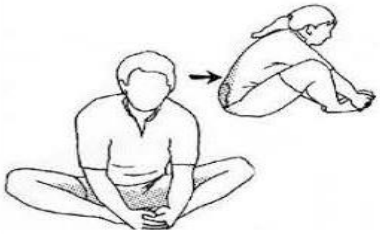
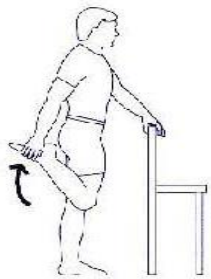
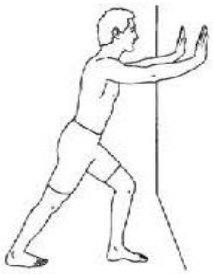
โดยยืดเหยียดให้**เต็มช่วงการเคลื่อนไหวจนรู้สึกตึงและค้างไว้ประมาณ** 10-15 **วินาที**

ควรยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 2-3 ครั้งต่อท่า ***ห้ามกลั้นหายใจตลอดการฝึก***

ตารางที่ 1 : อบอุ่นร่างกาย ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ *ก่อนและหลัง*การฝึกการทรงตัว

<table>
<tr><th>ท่ายืดกล้ามเนื้อ</th><th>ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ</th></tr>
<tr><td>1.ท่ายืดกล้ามเนื้อขาด้านหลัง
  </td><td>นั่งเหยียดขาทั้งสองข้าง ยกแขนขึ้นหายใจเข้า และหายใจออกพร้อมทั้งลดแขนลง โน้มลำตัวเอามือไปสัมผัสปลายเท้าโดยพยามเหยียดเข่าให้ตึงตลอดเวลา
<table>
<tr><th></th><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr>
<tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr>
<tr><td>ก่อน</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>หลัง</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>2.ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาและหลังส่วนล่าง
 </td><td>นั่งเหยียดขาขวา และงอขาซ้าย ยกแขนขึ้นหายใจเข้าและหายใจออกพร้อมทั้งลดแขนลง โน้มลำตัวเอามือไปสัมผัสปลายเท้าข้างที่เหยียด โดยพยามเหยียดเข่าให้ตึงตลอดเวลา (ทำสลับทั้ง 2 ข้าง)
<table>
<tr><th></th><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr>
<tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr>
<tr><td>ก่อน</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>หลัง</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

~ 4 ~

<table>
<tr><th>ท่ายืดกล้ามเนื้อ</th><th>ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ</th></tr>
<tr><td>3.ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน
(ท่าผีเสื้อ)
  </td><td>นั่งงอเข่า ฝ่าเท้าทั้ง 2 ข้างประกบกัน ต้นขาสัมผัสพื้นให้มากที่สุด หายใจเข้า และหายใจออกพร้อมทั้งโน้มลำตัวและกดแขนลง
<table><tr><th></th><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr><tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th></tr><tr><td>ก่อน</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>หลัง</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td>4.ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
  </td><td>ยืนตรง มือแตะที่บริเวณเก้าอี้ หรือที่กำแพง ถ่ายน้ำหนักยืนบนขาซ้าย ยกเข่าขวาโดยให้ส้นเท้าชิดก้นมากที่สุด หากทำได้ดีแล้ว ให้เหยียดสะโพกไปด้านหลัง (ทำสลับทั้ง 2 ข้าง)
<table><tr><th></th><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr><tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th></tr><tr><td>ก่อน</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>หลัง</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td>5.ท่ายืดกล้ามเนื้อน่อง
 
(ทำสลับทั้ง 2 ข้าง)</td><td>ยืนตรง มือแตะที่บริเวณเก้าอี้ หรือที่กำแพง ก้าวเท้าซ้ายนำหน้า ถอยเท้าขวาตรงๆ จากนั้นงอเข่าซ้ายโดยที่เข่าขวาเหยียดตรง หากทำได้ดีแล้ว ให้ใช้ฝ่ามือดันสะโพกขวาไปด้านหน้ามากขึ้น
<table><tr><th></th><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr><tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th></tr><tr><td>ก่อน</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>หลัง</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></td></tr>
</table>

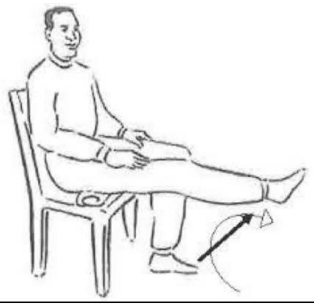
การยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ดี ต้องพยายามเคลื่อนไหวร่างกายไปสู่ตำแหน่งที่รู้สึกตึงที่สุด (โดยปราศจากอาการเจ็บ) และหยุดนิ่งค้างไว้ที่ตำแหน่งนั้น อย่างน้อย 10-15 วินาที

***โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในตาราง ภายหลังทำการฝึกตามขั้นตอนที่ระบุไว้

ตารางที่ 2 : ท่าบริหารร่างกาย

**บริหารโดยทำค้างไว้ 10 วินาทีต่อท่า ทำซ้ำ 3-5 ครั้ง ***ทำสลับทั้ง 2 ข้าง

(อาจเพิ่มระดับความยากโดยการใส่น้ำหนักที่ข้อเท้า หรือออกแรงต้านโดยมีคนช่วยกดต้านแรง)

<table>
<tr><th>ท่าบริหารร่างกาย</th><th>ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ</th></tr>
<tr><td>1.ท่านั่งเหยียดเข่า
  </td><td>นั่งหลังพิงพนัก แขม่วท้อง เตะขาเหยียดเข่า และกระดกข้อเท้า
<table><tr><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>*เพิ่มความยากโดยการปรับการนั่งมาที่ขอบเก้าอี้มากขึ้น</td></tr>
<tr><td colspan="2">ก่อนทำการฝึกทุกครั้ง
ท่ายืนตรง ยืนเท้าห่างเท่าระดับสะโพกหรือช่วงไหล่ และหาที่จับที่มั่นคง</td></tr>
<tr><td>2.ท่ายืนงอเข่าไปด้านหลัง
 </td><td>ถ่ายน้ำหนักไปขาข้างซ้าย และงอเข่าขวาไปด้านหลัง ระดับหน้าขาสองข้างเสมอกัน
<table><tr><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td>3.ท่ายืนยกขางอเข่าไปด้านหน้า
 </td><td>ถ่ายน้ำหนักไปขาข้างซ้าย และงอเข่าขวาไปด้านหน้า พร้อมกระดกข้อเท้าขึ้น
<table><tr><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>*เพิ่มความยากโดยเหยียดเข่าไปด้านหน้าเพิ่ม</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>ท่าบริหารร่างกาย</th><th>ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ</th></tr>
<tr><td>4.ท่ากางขาไปด้านข้าง
 </td><td>ถ่ายน้ำหนักไปขาข้างซ้ายและกางขาขวาไปด้านข้าง
<table><tr><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td>5.ท่าเหยียดขาไปด้านหลัง
 </td><td>ถ่ายน้ำหนักไปขาขวา และงอเข่าซ้ายด้านหลัง แขม่วท้องและเหยียดสะโพกไปด้านหลัง
<table><tr><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td>6.ท่ายืนเขย่งปลายเท้า-ลงส้นเท้า

 </td><td>เขย่งปลายเท้าขึ้นดังภาพ① ค้างไว้ 10 วินาที และลงส้นเท้า ดังภาพ ② ค้างไว้ 10 วินาที
<table><tr><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></td></tr>
</table>

<u>ตารางที่ 3 : การฝึกการทรงตัว</u>

ฝึกการทรงตัวทำท่าละ 2-3 รอบ โดยทำค้างไว้ 10 วินาที

<table>
<tr><th>ท่าบริหารร่างกาย</th><th>ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ</th></tr>
<tr><td colspan="2">การยืน : ควรทำการฝึกหน้ากระจก และปรับร่างกายให้ตั้งตรงและสมมาตร</td></tr>
<tr><td>1.ปรับลักษณะท่าทางการยืน
 </td><td><table><tr><th colspan="12">ครั้งที่ทำการฝึก</th></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>ยืนตรง เท้าห่างเท่าช่วงสะโพกหรือไหล่ เข่าเหยียด แขม่วหน้าท้อง ผายไหล่ออก เก็บคาง หน้ามองตรง</td></tr>
</table>

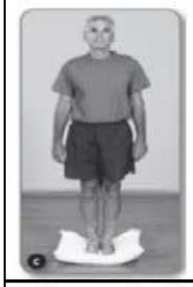
2.ยืนตรงกางขาเท่าช่วงไหล่

ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ยืนตรงกางขาเท่าช่วงไหล่

ควรเริ่มฝึกจากบนพื้นธรรมดา

3.ยืนตรงเท้าชิด

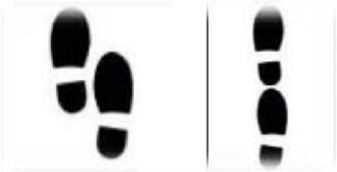


ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ยืนตรงเท้าชิด

ควรเริ่มฝึกจากบนพื้นธรรมดา

4.ยืนตรงต่อเท้า



ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ยืนตรงต่อเท้า ควรเริ่มฝึกจากบนพื้นธรรมดา

5.ยืนตรงบนขาข้างเดียว

ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ยืนตรงบนขาข้างเดียว

ควรเริ่มฝึกจากบนพื้นธรรมดา ทำค้างไว้ 10 วินาที

การฝึกการทรงตัว ต้องปรับความยากง่าย **ตามความสามารถแต่ละบุคคล** ณ ขณะนั้น !!!

<u>การยืน</u> : พื้นมั่นคง -> ยืนบนพื้นนิ่มหรือหมอน

มือสัมผัสที่ยึดเกาะที่มั่นคง -> ปล่อยมือ -> มือกอดประสานที่อก-> กางแขน

ง่าย → ยาก

~ 8 ~

<u>การเดิน</u> : ระยะทางประมาณ 3-5 เมตร โดยเดินไปและกลับ 2-3 รอบต่อท่า

1.เดินตรงก้าวปกติ

ก้าวเดินความเร็วปกติ

ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

เดินกระดกข้อเท้าเล็กน้อยเพื่อลงส้นเท้า ค่อยๆถ่ายน้ำหนัก และยกขาอีกข้างลอยพ้นพื้น

2.เดินตรงกางขา คร่อมเส้นตรง

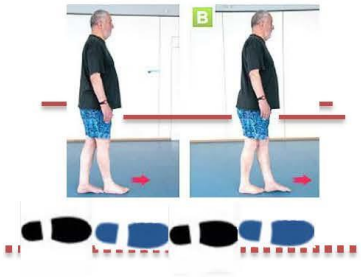
ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

เดินคร่อมเส้นตรง โดยที่ลำตัวตรง ศีรษะมองไปด้านหน้า สามารถกางแขนได้ดังภาพ

3.เดินตรงไต่เส้น (ไม่ต่อเท้า)

ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

4.เดินตรงต่อเท้า



ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ส้นเท้าต่อปลายนิ้วเท้าของขาอีกข้าง สามารถกางแขนได้ และให้ฝึกเมื่อมีขอบโต๊ะหรือราวจับด้านข้างที่มั่นคง

5.เดินข้าง (ซ้ายและขวา)

ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

เดินกางขาออกด้านข้าง โดยที่ลำตัวตรง หน้ามองตรง

6.เดินด้วยปลายเท้า

ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ควรฝึกเมื่อสวมใส่รองเท้าผ้าใบ หรือรองเท้ารัดส้น เพื่อป้องกันการบาดเจ็บบริเวณเท้า

7.เดินด้วยส้นเท้า

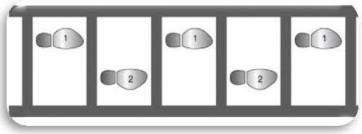
ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ควรฝึกเมื่อสวมใส่รองเท้าผ้าใบ หรือรองเท้ารัดส้น เพื่อป้องกันการบาดเจ็บส้นเท้า

<u>การก้าวในช่องกระเบื้อง</u> : ช่องกระเบื้องกว้างประมาณ 30 เซนติเมตร

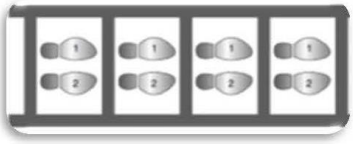
ควรเดินกระดกข้อเท้าเล็กน้อย เพื่อให้เกิดการลงส้นเท้าแบบนุ่มนวล

1.ก้าวปกติ ช่องต่อช่อง



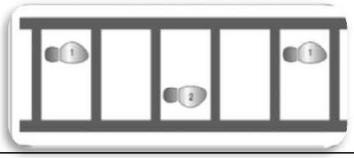
ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

2.ก้าวชิดภายในช่อง



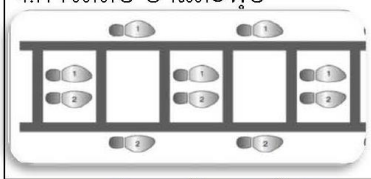
ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

3.ก้าวข้ามช่อง



ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

4.ก้าวสลับ อ้าและหุบ



ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

<u>การลุก-นั่งเก้าอี้</u> : เก้าอี้ที่มั่นคง ไม่มีล้อเลื่อน

ลุก-นั่ง 5-10 ครั้ง/ชุดการฝึก, 2-3 ชุดการฝึก/ท่าทาง

1.เก้าอี้ 1 ตัว

ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

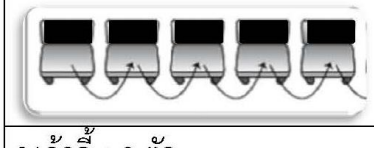
>เลื่อนปรับข้อเท้าให้อยู่หลังต่อข้อเข่าเล็กน้อย

>โน้มตัวไปด้านหน้า โดยที่ศีรษะและใบหน้าตั้งตรง

>ลุกขึ้น เหยียดเข่าและสะโพก พร้อมยืดตัวตรง

2.เก้าอี้ ≥ 2 ตัว

หันไปทางเดียวกัน

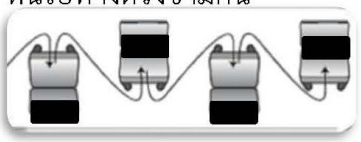


ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ลุกขึ้น แล้วเดินข้างไปนั่งเก้าอี้ตัวถัดไป

3.เก้าอี้ ≥2 ตัว

หันไปทางตรงข้ามกัน



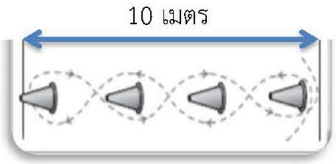
ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ลุกขึ้น แล้วเดินอ้อมไปนั่งเก้าอี้ตัวถัดไป

<u>ความคล่องตัว</u> โดยฝึกเดินไปและกลับ 2-3 รอบ

ควรเริ่มเดินจากความเร็วปกติ หากทำได้ดีแล้วสามารถปรับเพิ่มความเร็วได้

1.เดินวนอ้อมกรวย



ครั้งที่ทำการฝึก											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

เดินอ้อมสิ่งกีดขวาง อาจใช้สิ่งของวางแทนได้

~ 11 ~

บันทึกเพิ่มเติม

THANKYOU

YOU ARE WHAT YOU CHOOSE!!!

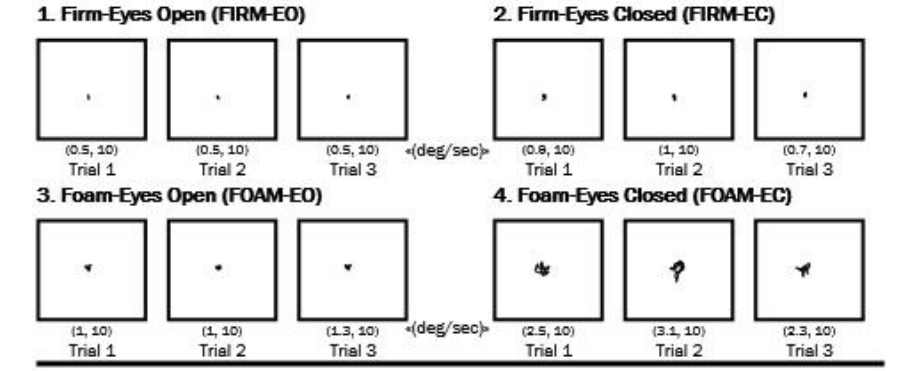
ภาคผนวก ช ผลการทดสอบการวัดการทรงตัวขณะหยุดนิ่ง จากชุดการทดสอบ mCTSIB โดยเครื่อง Neurocom Balance Master®

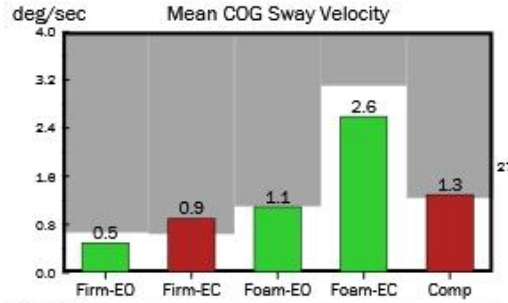
Name: Research, Nichapa
Date of Birth: 1/1/1900
Referral Source: Not Specified
Diagnosis: Not Specified
Comments:

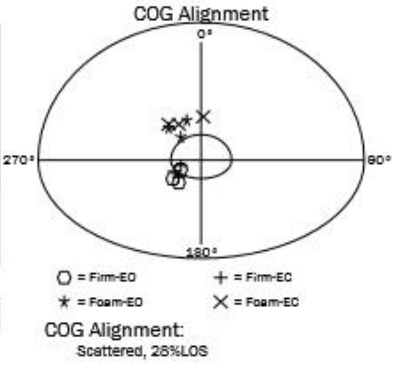
Height: 5'3"

ID: c5da34ba-af89-4357-9e21-551ffeeac8f6
File: FDc5da34ba-af89-4357-9e21-551ffeeac8f6.XDRX
Operator: Not Specified
Date: 4/30/2018
Time: 15:42:13

Modified CTSIB







COG Alignment:
Scattered, 26%LOS

Data Range Note: NeuroCom Data Range: 70 - 79

Post Test Comment:
NC58 PRANEE PRE

☐ Mark test as invalid

NeuroCom System Version 9.2, Copyright ©1988-2014 NeuroCom®. All Rights Reserved.

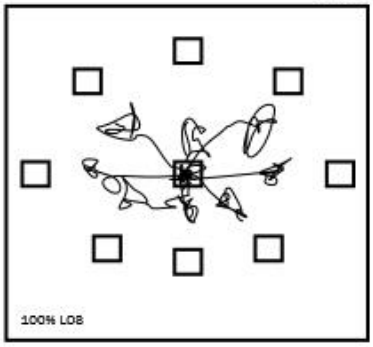
ภาคผนวก ซ ผลการทดสอบการวัดการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว จากชุดการทดสอบ Limits of Stability โดยเครื่อง Neurocom Balance Master®

Name: Research, Nichapa
Date of Birth: 1/1/1900
Referral Source: Not Specified
Diagnosis: Not Specified
Comments:

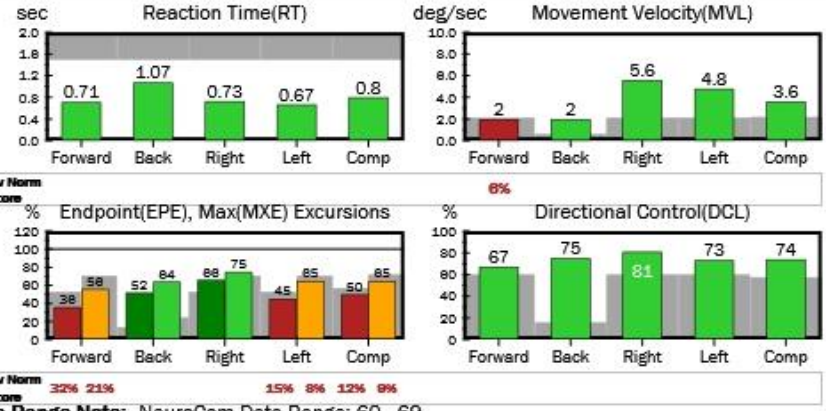
Height: 5'3"

ID: c5da34ba-af89-4357-9e21-551ffeeac8f6
File: FDc5da34ba-af89-4357-9e21-551ffeeac8f6.XDRX
Operator: Not Specified
Date: 4/24/2018
Time: 16:30:00

Limits Of Stability



Transition	RT (sec)	MVL (deg/sec)	EPE (%)	MXE (%)	DCL (%)
1 (F)	0.37	0.9	18	45	61
2 (RF)	0.88	3.3	64	79	72
3 (R)	0.78	8.6	60	69	87
4 (RB)	0.48	3.0	66	67	76
5 (B)	1.36	2.1	57	57	84
6 (LB)	1.09	1.0	33	66	54
7 (L)	0.20	8.9	55	68	82
8 (LF)	1.20	2.9	45	69	75



Data Range Note: NeuroCom Data Range: 60 - 69

Post Test Comment:
NC42 Tossetree Pre

☐ Mark test as invalid

NeuroCom System Version 9.2, Copyright ©1988-2014 NeuroCom®. All Rights Reserved.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวณิชาภา คุ้มพะเนียด เกิดวันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ.2535 ณ จังหวัดนนทบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนศึกษานารี สำเร็จการศึกษารัดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (กายภาพบำบัด) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557 และเข้าศึกษาในระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University