



ผลของการใช้เครื่องกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ
ต่อความบกพร่องและความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วย
โรคหลอดเลือดสมอง : การศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม
The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on
Improving Impairment and Functional Activity in Individuals
with Stroke Patients : A Randomized Controlled Trial

โดย

กมลภาพ เมืองบาล

ชวนชม ธาตุประเสริฐ

พัชรพรรณ มงคล

ภาคนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาโท สาขาพยาบาลบัณฑิตบัณฑิต

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีการศึกษา 2567

ภาคนิพนธ์ เรื่อง

ผลของการใช้เครื่องกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะต่อความ
บกพร่องและความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยโรคหลอดเลือด

เลือดสมอง : การศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม

The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Improving
Impairment and Functional Activity in Individuals with
Stroke Patients : A Randomized Controlled Trial

นำเสนอต่อ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เพื่อประกอบการศึกษา

ระดับปริญญาโท สาขาพยาบาลบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 12 เดือน กันยายน พ.ศ. 2567

กมลภพ เมืองนาล

(นายกมลภพ เมืองนาล)

นิสิต

ชลธิชา แก้วทอง

(อาจารย์ ดร.ชลธิชา แก้วทอง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

จวนจิณ ชาติประเสริฐ

(นางสาวจวนจิณ ชาติประเสริฐ)

นิสิต

พัชรพรรณ มงคล

(นางสาวพัชรพรรณ มงคล)

นิสิต

คณะกรรมการสอบภาคินิพนธ์ได้อนุมัติให้

กมลภพ เมืองบาล
ชวณชม ธาตุประเสริฐ
พัชรพรรณ มงคล

สอบผ่านในรายวิชาภาคินิพนธ์ เรื่อง

ผลของการใช้เครื่องกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะต่อความบกพร่องและ
ความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง :

การศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม

The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Improving Impairment and
Functional Activity in Individuals with Stroke Patients
: A Randomized Controlled Trial

เมื่อ วันที่ 12 เดือน กันยายน พ.ศ. 2567

ชลธิชา แก้วจ้อหอ

(อาจารย์ ดร.ชลธิชา แก้วจ้อหอ)

ประธานกรรมการ

สินธุ์พร มหารักษ์

(อาจารย์ ดร.สินธุ์พร มหารักษ์)

กรรมการ

อรุณีย์ พรหมศรี

(ผศ.ดร. อรุณีย์ พรหมศรี)

กรรมการ

(ผศ.ดร. วีระศักดิ์ ต๊ะปัญญา)

ประธานหลักสูตรกายภาพบำบัดบัณฑิต

พุทธิพงษ์ พลคำยัก

(ผศ.ดร. พุทธิพงษ์ พลคำยัก)

คณบดีคณะสหเวชศาสตร์

ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นายกมลภพ เมืองบาล
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr. Kamonpob Muangban
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 18 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2545
สถานที่เกิด	จังหวัดลพบุรี
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	445 ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ถนนนเรศวร E-mail: 64130903@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนสาธิตราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนสาธิตราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



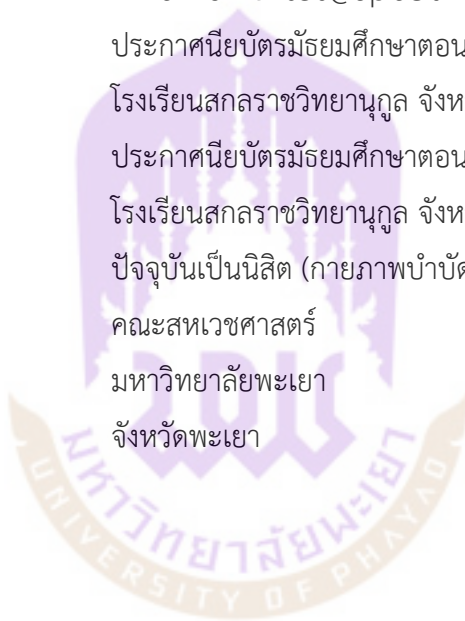
ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นางสาวชวนชม ธาตุประเสริฐ
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Miss Chuanchom Thadprasert
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 5 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2545
สถานที่เกิด	จังหวัดกาญจนบุรี
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	56/5 หมู่4 ตำบลปากแพรก อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี E-mail: 64130947@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนวิสุทธิรังษี จังหวัดกาญจนบุรี ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนวิสุทธิรังษี จังหวัดกาญจนบุรี ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นางสาวพัชรพรรณ มงคล
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Miss Pucharapun Mongkol
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 2 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2545
สถานที่เกิด	จังหวัดสกลนคร
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	1896/1 ซอยสุขสวัสดิ์ 5 ถนนสุขสวัสดิ์ ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร E-mail: 64131050@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล จังหวัดสกลนคร ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล จังหวัดสกลนคร ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ชลธิชา แก้วจ่อหอ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดจนดูแลเป็นอย่างดีจนทำให้ภาคนิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กภ.อรุณีย์ พรหมศรี และ อาจารย์ สินธุพร มหารัตน์ คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ ประธานหลักสูตรกายภาพบำบัดบัณฑิต คณะบดีคณะสหเวชศาสตร์ คณาจารย์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชากายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยพะเยาทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำภาคนิพนธ์ ขอบพระคุณอาสาสมัครที่ให้ความร่วมมือและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ จนการศึกษาสำเร็จไปด้วยดี จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

กมลภพ เมืองบาล

ชวนชม ธาตุประเสริฐ

พัชรพรรณ มงคล

12 กันยายน 2567



คำรับรอง

ข้าพเจ้า นายกมลภพ เมืองบาล นางสาวชวนชม ธาตุประเสริฐ และนางสาวพัชรพรรณ มงคล นิสิตสาขาวิชากายภาพบำบัด ชั้นปีที่ 4 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ขอรับรองว่า ภาคนิพนธ์เรื่อง ผลของการใช้เครื่องกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ต่อความบกพร่องและความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง : การศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Improving Impairment and Functional Activity in Individuals with Stroke Patients : A Randomized Controlled Trial) เป็นผลการศึกษาซึ่งเกิดจากการศึกษาจริงโดยมิได้คัดลอกหรือตัดแปลงมาจากผลการศึกษาของผู้อื่นที่เคยศึกษาก่อนหน้านี้แต่อย่างใด

กมลภพ เมืองบาล

ชวนชม ธาตุประเสริฐ

พัชรพรรณ มงคล

12 กันยายน 2567



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
คำรับรอง	ii
สารบัญ	iii
สารบัญรูป	vi
สารบัญตาราง	vii
สารบัญคำย่อ	viii
บทคัดย่อภาษาไทย	ix
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	xi
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
โรคหลอดเลือดสมอง	6
คำจำกัดความของโรคหลอดเลือดสมอง (Definition)	7
ระบาดวิทยาของโรคหลอดเลือดสมอง (Epidemiology)	7
พยาธิสรีรวิทยาของโรคหลอดเลือดสมอง (Pathophysiology)	8
กลุ่มโรคหลอดเลือดสมอง	9
สาเหตุและพยาธิกำเนิดของโรคหลอดเลือดสมอง	11
ปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมอง	13
ลักษณะทางคลินิกของผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง	15
ลักษณะการเดินของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง	17
การออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง	21
การควบคุมการทรงตัว	24
Biomechanical constraints	25
Limits of Stability (LOS)	26
Sensory strategies	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
Sensory Organization Test (SOT)	27
Sensory Weighting	28
Control of dynamics	29
การทดสอบการเดินขณะทำงานอย่างที่สองพร้อมด้วย (Dual task walking)	30
Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)	31
หลักการและกลไกของ Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)	31
ตำแหน่งการวางขั้ว	32
แนวทางการใช้ tDCS ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในการฟื้นฟูการเคลื่อนไหว	35
เครื่อง Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)	36
วิธีใช้งาน ActivaDose tDCS	39
ข้อห้ามข้อควรระวังในการใช้ Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)	43
ผลข้างเคียงในการใช้ Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)	43
การใช้ Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) ในผู้ป่วยประเภทต่างๆ	44
การใช้ Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง	45
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา	
ขอบเขตการวิจัย	46
รูปแบบการวิจัย	46
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	46
วัสดุและอุปกรณ์	49
ขั้นตอนการศึกษา	50
การประเมินผลด้านความสามารถด้านกาย (Physical performance)	53
การประเมินผลด้านความสามารถด้านการรับรู้ (Cognitive)	55
แผนการดำเนินงาน	56
งบประมาณ	56
การวิเคราะห์ข้อมูล	56

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แผนผังแสดงขั้นตอนการเข้าร่วมการวิจัย	58
บทที่ 4	
ผลการศึกษา	59
ลักษณะพื้นฐานและข้อมูลของอาสาสมัคร	59
เปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้า กระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะภายในกลุ่ม (Within subjects)	59
เปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้า กระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะระหว่างกลุ่ม (Between subjects)	61
บทที่ 5 วิจัยรณผลการศึกษา	
วิจัยรณผลการศึกษา	70
ข้อจำกัดในการศึกษา	75
สรุปผลการศึกษา	76
ข้อเสนอแนะในการศึกษาในอนาคต	76
เอกสารอ้างอิง	77
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	84
ภาคผนวก ข	97
ภาคผนวก ค	99
ภาคผนวก ง	110
ภาคผนวก จ	116

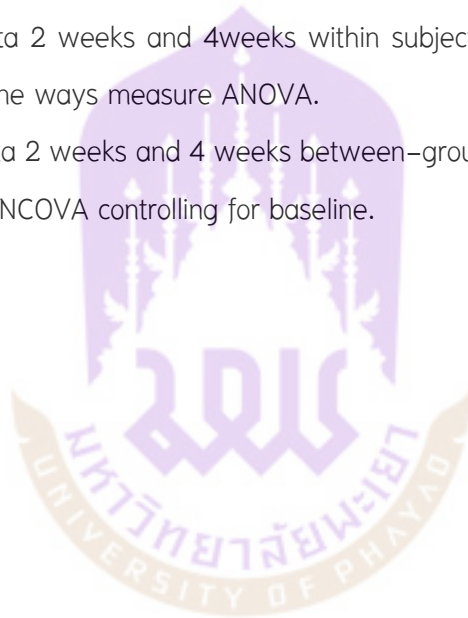
สารบัญรูป

รูป		หน้า
รูปที่ 1	การวางตำแหน่งขั้วของ tDCS	33
รูปที่ 2	ตำแหน่ง Electrode placement	34
รูปที่ 3	เครื่อง Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)	36
รูปที่ 4	การเชื่อมต่อสายคู่กับ ActivaDose	38
รูปที่ 5	จอแสดงผล 40 mA-min dose	39
รูปที่ 6	จอแสดงผล กระแสไฟฟ้า 4.0 mA	39
รูปที่ 7	จอแสดงผลเริ่มการกระตุ้น	39
รูปที่ 8	จอแสดงผลขณะการกระตุ้น	40
รูปที่ 9	จอแสดงผลขณะเครื่อง Pause	40
รูปที่ 10	จอแสดงผลหลังจบการกระตุ้น	41



สารบัญญัตินี้

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1	ตำแหน่งวางขั้วในผู้ป่วยซึมเศร้า	32
ตารางที่ 2	ตำแหน่งวางขั้วในผู้ป่วยที่มีอาการปวด	33
ตารางที่ 3	การแก้ไขปัญหา	42
ตารางที่ 4	Baseline Descriptive of all participants, tDCS with stepping exercise group, sham tDCS with stepping exercise group and tDCS (control group) (mean \pm SD)	62
ตารางที่ 5	The data 2 weeks and 4 weeks within subjects comparisons using one ways measure ANOVA.	63
ตารางที่ 6	The data 2 weeks and 4 weeks between-group comparisons using ANCOVA controlling for baseline.	67



สารบัญคำย่อ

BBS	=	Berg Balance Scale
DOWT	=	Dual task with Overground walking training
DSB	=	Digit span backward
DSF	=	Digit span forward
DT	=	Dual task
FMA	=	Fugl–Meyer Assessment
FRT	=	Functional reach test
FTSST	=	Five Times Sit to Stand Test
G&B	=	Gait and Balance
MOCA	=	Montreal Cognitive Assessment
M1	=	Primary motor cortex
NIBS	=	Non–invasive brain stimulation
OGWT	=	Over–ground walking task
tDCS	=	Transcranial Direct Current Stimulation
TUGT	=	Timed Up and Go test
6MWT	=	6 Minute Walk Test
10MWT	=	10 Meter Walk Test

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: ในปัจจุบันพบว่าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) มักมี ปัญหาในการถ่ายน้ำหนักและการทรงตัวที่ไม่มั่นคง เนื่องจากความอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ และ การทำงานของระบบประสาทที่บกพร่อง การฟื้นฟูสมรรถภาพทางการเคลื่อนไหว จึงเป็น เป้าหมายสำคัญในการรักษา ซึ่งการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial Direct Current Stimulation : tDCS) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่ได้รับความ สนใจ การกระตุ้นด้วย tDCS ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์ประสาท โดยเฉพาะใน ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง การกระตุ้นร่วมกับการฝึกการเคลื่อนไหว สามารถพัฒนา ความสามารถในการเดินและการทรงตัวได้ แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ครอบคลุมการใช้ฟื้นฟู ร่วมกับการฝึกการรับรู้ (Cognitive function) และการกระตุ้นด้วย tDCS เพื่อฟื้นฟูผู้ป่วยโรค หลอดเลือดสมอง

วัตถุประสงค์: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะต่อการเปลี่ยนแปลง ความสามารถทางการเคลื่อนไหว และความสามารถทางการรับรู้ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือด สมอง

วิธีดำเนินการวิจัย: กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในระยะ เรื้อรัง (Chronic phase) จำนวน 21 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรม ร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ จำนวน 7 คน กลุ่มที่ได้รับการฝึก รูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะแบบหลอก จำนวน 7 คน และกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะเพียงอย่างเดียว จำนวน 7 คน ทดสอบความทนทานในการเคลื่อนไหว ความสามารถด้านการทรงตัว ความแข็งแรงของ กล้ามเนื้อขา ความยืดหยุ่นของร่างกาย และการทดสอบการรับรู้และความจำ โดยการทดสอบ ก่อนการฝึก 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์หลังได้รับโปรแกรม

ผลการวิจัย: การศึกษาครั้งนี้พบว่า การฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการกระตุ้น ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขา ความยืดหยุ่นของร่างกาย ความสามารถในการทรงตัว และความทนทานในการเคลื่อนไหว ในสัปดาห์ที่ 4 หลังจากการได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะเพียงอย่างเดียว

แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างในด้านความสามารถในการทรงตัว การทำงานของสมองในด้านต่าง ๆ และความสามารถในด้านกรจำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p > 0.05$)

สรุปและข้อเสนอแนะ: ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ สามารถเพิ่มความแข็งแรง ความยืดหยุ่น ความสามารถในการทรงตัว และความทนทานในการเคลื่อนไหว ดังนั้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผลลัพธ์ และศึกษาผลในระยะยาว

คำสำคัญ: โรคหลอดเลือดสมอง การกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ การฝึกรูปแบบสองกิจกรรม ความสามารถทางกาย ความสามารถทางการรับรู้



Abstract

Background: Stroke patients often experience impaired balance and weight-bearing due to muscle weakness and neurological deficits. Motor rehabilitation is a crucial goal in their recovery, and transcranial direct current stimulation (tDCS) has emerged as a promising therapeutic approach. When combined with motor training, tDCS can enhance walking and balance abilities. However, there is a lack of research exploring the combination of unstable surfaces training, cognitive function, and tDCS for stroke rehabilitation.

Objectives: This study aimed to compare the effects of tDCS with Dual task exercise group on motor function and cognitive function in stroke patient.

Method: Twenty-one chronic stroke patients participated in this study and were randomly assigned to three groups: tDCS with dual task exercise group (n=7), sham tDCS with dual task exercise group (n=7) and tDCS group (n=7). 6MWT, TUGT, FTSST, FRT, BBS, MOCA and Digit span test were assessed before, two weeks, and four weeks after the intervention.

Results: The results showed that the effects of tDCS with stepping exercise group on unstable surfaces significantly improved FTSST, 6MWT, FRT and BBS compared to tDCS alone at the 4 weeks ($p < 0.05$). However, there was no statistically significant difference in TUGT, MOCA and Digit span test ($p > 0.05$).

Conclusions and recommendations: The results indicate that the effects of tDCS with stepping exercise group on unstable surfaces can improve FTSST, 6MWT, FRT and BBS. Therefore, it is an alternative option for stroke rehabilitation. However, further studies are needed to confirm the results and investigate long-term effects.

Keywords: Stroke, transcranial direct current stimulation (tDCS), Dual task exercise, Physical performance, Cognitive function

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ผู้ป่วยที่มีภาวะเป็นอัมพฤกษ์อัมพาต หรือโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) มีการเคลื่อนไหวของร่างกายไม่สมมาตร (Asymmetrical walking) ขณะยืนและเดินไม่สามารถถ่ายและรับน้ำหนักขาข้างอ่อนแรง ขณะก้าวขาข้างปกติได้ (1) ร้อยละ 25-43 มีการลงน้ำหนักขาข้างอ่อนแรงเล็กน้อยในขณะที่เดิน ทำให้การทรงตัวไม่มั่นคง ดังนั้น การทรงตัวที่ดีของผู้ป่วยประกอบด้วย ระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง (2) ทำงานร่วมกับระบบประสาทต่าง ๆ ทั้งระบบรับความรู้สึก เช่นระบบรับความรู้สึกทางกาย (Somatosensory) ร้อยละ 70 ระบบควบคุมการทรงตัวในหูชั้นใน (Vestibular) ร้อยละ 20 และระบบการมองเห็น (Vision) ร้อยละ 10 (3) รวมถึงการทำงานร่วมกันของระบบรับรู้ (Cognitive function) แบบแผนภายในร่างกายโดยการควบคุมการทรงตัวทั้งแบบรู้ล่วงหน้าและไม่รู้ล่วงหน้า ดังนั้นรูปแบบในการฝึกผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองจึงจำเป็นต้องสามารถเปลี่ยนแปลงการตื่นตัวของเซลล์ประสาทสมอง และให้ผลคงค้างหลังการกระตุ้นได้

ที่ผ่านมามีรายงานว่าการกระตุ้นสมองแบบ Non-invasive (Non-invasive brain stimulation) เพื่อการรักษาและฟื้นฟูสมรรถภาพการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial direct current stimulation; tDCS) การกระตุ้นด้วย tDCS จะส่งผลกระทบต่อสมองส่วนต่าง ๆ เป็นบริเวณกว้าง และไม่เฉพาะเจาะจง (4) tDCS สามารถเปลี่ยนแปลงการตื่นตัวของเซลล์ประสาทสมองได้ และให้ผลคงค้างหลังการกระตุ้นด้วย งานวิจัยส่วนใหญ่พบว่าการใช้ tDCS ร่วมกับการฝึกการเคลื่อนไหวนั้นให้ผลดีต่อการทำงานของแขนและขา และปลอดภัยในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดตีบทุกกระยะที่เป็นการใช้กระแสไฟฟ้า (Low electrical current) ประมาณ 9 volt (5,6) และกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 3 mA ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายใด ๆ ต่อเซลล์สมองและเซลล์ในร่างกาย การกระตุ้นสมองด้วย tDCS จะใช้ในการกระตุ้นหรือยับยั้งการทำงานของเซลล์สมองโดยการติดขั้วไฟฟ้าที่ตำแหน่งศีรษะในบริเวณสมองที่ต้องการกระตุ้นหรือยับยั้ง (Stimulation or Inhibition) เพื่อเพิ่มการทำงานของสมอง (Cognitive enhancer)

กลไกของการเกิด Cortical excitability จากการกระตุ้นด้วย tDCS การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้า (7,8) กระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะอาศัยหลักการที่เรียกว่า Neuromodulation เพื่อหวังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Membrane potentials และเกิด Spontaneous depolarization

จากการศึกษาพบว่าเมื่อกระตุ้น สมองด้วย tDCS ทำให้ Cortical excitability เปลี่ยนแปลงจากการปรับเปลี่ยนการทำงานของ Sodium channel, Calcium channel และ NMDA receptor ในสมอง ส่งผลให้เกิด Long-term potentiation (LTP) และ Long-term depression (LTD) และเกิด Synaptic plasticity และเกิด Depolarization ที่ผนังหลอดเลือดส่งผลให้ Regional cerebral blood flow เพิ่มขึ้น (5,6)

มีการศึกษาในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้รับการกระตุ้นที่แบบ Dual-hemispheric ด้วย Anodal tDCS ที่ Primary motor cortex (M1) สมองด้านที่มีพยาธิสภาพ (Ipsilateral) เป็นระยะ 20 นาที ที่ความเข้มของกระแสไฟ 2 mA (Current density, 0.096 C/cm²) ผลจากการศึกษาพบว่าเซลล์ประสาทส่งการระดับบนสู่ไขสันหลัง (Corticospinal tract) และเนื้อเยื่อสมองส่วนที่เทา (Gray matter density) มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อประเมินด้วยการตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถให้ภาพความคมชัดสูง (Diffusion tensor imaging) ซึ่งสัมพันธ์กับระบบสั่งการ (Motor skill) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (9) การศึกษาของ Kim ในปี 2020 โดยมีรูปแบบการศึกษาแบบกลุ่มที่มีกลุ่มควบคุมปกปิด 2 ทาง (Double-blind randomized controlled trial) ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองจำนวน 30 ราย โดยทำการศึกษาในอาสาสมัคร 2 กลุ่ม โปรแกรมการฝึกแบบองค์รวม Modified constraint-induced movement therapy (mCIMT) ร่วมกับ tDCS เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วย โปรแกรมการฝึกแบบองค์รวมร่วมกับ tDCS หลอก (Sham) เป็นระยะเวลา 20 นาที ทั้งหมด 4 สัปดาห์ การประเมินการควบคุมการเคลื่อนไหว Fugle-Meyer Assessment (FMA) และอัตราเร่งด้านการเคลื่อนไหวของมือ (Accelerometer of hand function) และเพิ่มขึ้นในกลุ่มการฝึกแบบองค์รวมร่วมกับ tDCS (10) Caleb และคณะ (2020) ทำการศึกษาในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเพศชาย 46 คน โดยการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกระโหลกศีรษะโดยใช้ขั้ว Anodal tDCS รวมกับการฝึกเดิน (Overground-walking- training : OGWT) และกลุ่มที่ได้รับการฝึกเดิน OGWT เพียงอย่างเดียว ผลจากการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ tDCS ร่วมกับการฝึกเดิน (Overground-walking- training : OGWT) คุณภาพชีวิต และความเร็วในการเดิน (Velocity) ระยะก้าวที่เปลี่ยนแปลงมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยการเดินเพียงอย่างเดียว ($p < 0.001$) (11) ที่ผ่านมามีการศึกษาผลของพื้นนุ่ม (Soft/Unstable) ต่อความสามารถด้านการทรงตัวและความเร็วในการเดินในผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในชุมชนโดยประยุกต์ใช้พื้นนุ่มร่วมกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ผลจากการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายบนพื้นนุ่มมีการเปลี่ยนแปลงมีความสามารถความสามารถด้านการทรงตัวและความเร็วในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ออกกำลังกายบนพื้นแข็ง (12)

การศึกษาก่อนหน้านี้ระบุว่าการทำงานสองอย่างพร้อมกัน (Dual task : DT) อาจส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพการเดินได้ อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษา DT เป็นการทำงานโดยอาศัยการรับรู้และการสั่งการของสมอง (Cognitive and/or motor tasks) ที่ส่งผลอย่างมีประสิทธิภาพต่อการเดินทั้งในผู้ที่มีสุขภาพดี (13-15) และผู้ป่วยหรือผู้ที่มีความผิดปกติทางระบบประสาทด้วย (13,16,17) การศึกษาที่ผ่านมาบ่งชี้ว่าการทำงานสองอย่างพร้อมกันโดยมีงานขึ้นที่สองแตกต่างกันนั้นจะมีการเพิ่มการทำงานของสมองที่ใช้ในการควบคุมการเดินแตกต่างกันไปคือ การเดินร่วมกับการทำงานขึ้นที่สองเป็นงานที่ใช้ร่างกายจะมีการเพิ่มการทำงานของสมองส่วน Primary motor cortex (M1) ส่วนการเดินร่วมกับการทำงานขึ้นที่สองเป็นงานที่ใช้ความคิดจะมีการเพิ่มการทำงานของสมองส่วน Dorsolateral prefrontal cortex (Brodmann area 9 และ 46) และบริเวณ Anterior cingulate region 4,5 ส่งผลให้มีความสามารถในการเดินที่แตกต่างกัน เช่นมีความเร็วในการเดินและความยาวของการก้าวเท้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จะเห็นว่าการฝึกด้วย tDCS ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเป็นการหวังผลได้ชั่วคราวกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองส่วนที่มีพยาธิสภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่หากมีการพัฒนาความสามารถทางกายร่วมกับการกระตุ้นสมองด้วย tDCS จะส่งเสริมการควบคุมการเคลื่อนไหว คุณภาพของการเดิน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างชัดเจน แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ประยุกต์ใช้พื้นที่นุ่มร่วมกับการฝึกการรับรู้ (Cognitive dual task) ร่วมกับการให้ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะโดยการศึกษานี้ น่าจะช่วยพัฒนาความสามารถทางการเคลื่อนไหวและลดความเสี่ยงต่อการล้มของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองมีประสิทธิภาพดีมากกว่าการฝึกเดินร่วมกับการฝึกการรับรู้สองกิจกรรม (Cognitive task) บนพื้นพองน้ำอัดน้ำจะสามารถนำมาใช้และจัดเก็บได้ง่ายในคลินิก โรงพยาบาล รวมถึงภายในอาคารของชุมชนต่าง ๆ ผลการศึกษาที่ได้จึงน่าจะช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของขบวนการฟื้นฟูความสามารถและพัฒนาความปลอดภัยในการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองโดยสามารถประยุกต์ใช้ได้ในพื้นที่ต่าง ๆ ได้อย่างครอบคลุม

วัตถุประสงค์

1. เปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรม ร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

2. เปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรม ร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางการรับรู้ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประยุกต์ผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ซึ่งสะดวกและปลอดภัย สามารถใช้ได้ทางคลินิก
2. สามารถนำการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการส่งเสริมและพัฒนาการรับรู้ (Cognitive function) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง
3. การการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา การทรงตัว ความยืดหยุ่น ความทนทานของร่างกาย และการรับรู้และความจำที่ดีกว่า



กรอบแนวคิดการวิจัย

ผลของการใช้เครื่องกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะต่อความบกพร่องและความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง : การศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Improving Impairment and Functional Activity in Individuals with Stroke patients : A Randomized Controlled Trial)

STROKE

is a major health problem and it has been established to have wide-ranging effects on physical, mental, communication and

Motor functioning disorders in stroke include

- 4 - hemiplegia, hemiparesis
- 5 - abnormal motor movement
- 6 - balance abnormalities

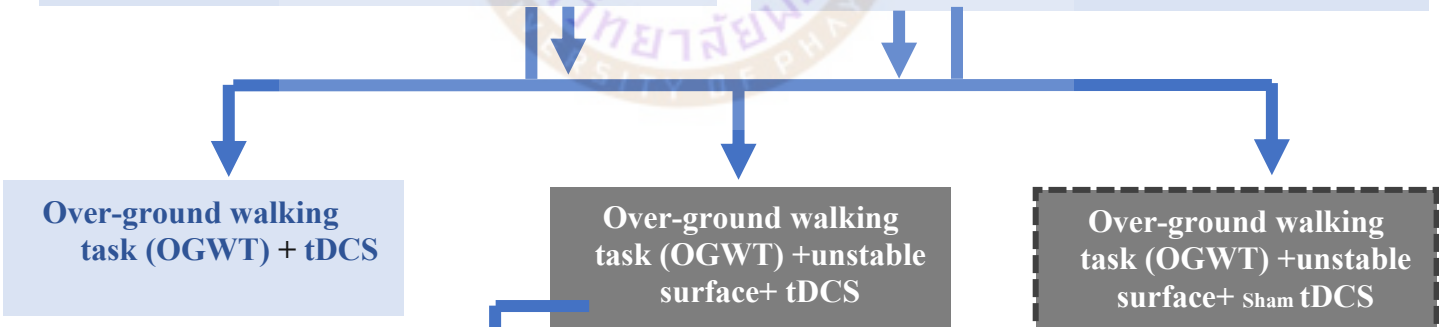
Over-ground walking task (OGWT)

is a form of functional task-oriented program which is relatively cheap, can be performed in almost all environment and can be employed as

- 8 therapeutic modality
- 9 rehabilitation
- 10 home program activity for stroke survivors to improve functional mobility

In the non-invasive brain stimulation (NIBS) modalities such as repetitive **transcranial direct current stimulation (tDCS)**

- 1. therapeutic therapy
- 2. motor impairment
- 3. psychosocial challenges in neurological disorders



UNSTABLE/SOFT SURFACES

- improves balance control
- promote muscle co-contraction and mechanical work
- decrease ground reaction force
- energy cost

THIS STUDY WAS THEREFORE AIMED TO DETERMINE

The effective of tDCS and cognitive OGWT
 And stepping on unstable surface on functional
 Mobility of stroke survivors.

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

- **กลุ่มโรคหลอดเลือดสมอง**

โรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือดหรือหลอดเลือดสมองตีบและอุดตัน (ischemic stroke)

โรคหลอดเลือดสมองชนิดเลือดออกหรือหลอดเลือดสมองแตก (hemorrhagic stroke)

- **สาเหตุและพยาธิกำเนิด**

- **ลักษณะทางคลินิก**

หลอดเลือดสมองส่วนหน้าตีบหรืออุดตัน (Anterior circulation stroke หรือ Carotid system)

หลอดเลือดสมองส่วนหลังตีบหรืออุดตัน (Posterior circulation stroke หรือ Vertebrobasilar system)

Lacunar infarction โรคหลอดเลือดขนาดเล็ก (Small vessel disease)

กลุ่มอาการโรคหลอดเลือดสมองอื่น ๆ

- **ปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือดเฉียบพลัน**

- **ความสามารถในการควบคุมสมดุลร่างกาย**

- **Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) เครื่องกระตุ้นสมองด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างอ่อน**

- **การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ**

1. โรคหลอดเลือดสมอง

โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) หรือ อัมพฤกษ์อัมพาตเป็นโรคที่เป็นปัญหาสำคัญของการสาธารณสุขไทย และของการสาธารณสุขทั่วโลก อัมพฤกษ์ อัมพาตเป็นลักษณะสำคัญทางคลินิกของโรคหลอดเลือดสมองด้วยการมีแขนขาอ่อนแรงครึ่งซีก แต่ผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรงครึ่งซีกบางรายอาจไม่ได้มีสาเหตุมาจากโรคหลอดเลือดสมอง แต่อาจจะมาจากสาเหตุอื่น ๆ ในสมองหรือไขสันหลังได้เช่นกัน ได้แก่ การได้รับบาดเจ็บในสมอง (Traumatic brain injury) โรค

การอักเสบของเนื้อสมองชนิดมัลติเปิลสเคลโรซิส (Multiple sclerosis) และโรคเนื้องอกสมอง (Brain tumor) เป็นต้น

1.1 คำจำกัดความของโรคหลอดเลือดสมอง (Definition)

โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) คือ โรคความผิดปกติของสมองที่จะทำให้เกิดอาการแสดงขึ้นอย่างทันทีทันใด โดยมีสาเหตุมาจากหลอดเลือดที่มาเลี้ยงสมองในบริเวณนั้น แบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ ตามพยาธิกำเนิด คือ ภาวะสมองขาดเลือดเนื่องจากมีหลอดเลือดสมองอุดตัน (Ischemic stroke) และหลอดเลือดสมองแตก (Hemorrhagic stroke) โดยในกลุ่มหลอดเลือดสมองแตกยังแบ่งเป็นสองสาเหตุคือ ภาวะเลือดออกในเนื้อสมอง (Intracerebral hemorrhage, ICH) และภาวะเลือดออกนอกเนื้อสมอง ประกอบด้วยภาวะเลือดออกใต้ชั้นเยื่อหุ้มสมองชั้นอาร์แรคนอยด์ (Subarachnoid hemorrhage, SAH) ภาวะเลือดออกใต้ชั้นเยื่อหุ้มสมองชั้นดูรา (Subdural hemorrhage, SDH) และภาวะเลือดออกเหนือชั้นเยื่อหุ้มสมองชั้นดูรา (Epidural hemorrhage, EDH) ในทวีปยุโรป และสหรัฐอเมริกา สัดส่วนความชุกของกรณีหลอดเลือดสมองอุดตันอยู่ที่ประมาณร้อยละ 85 ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองทั้งหมด ส่วนร้อยละ 15 ที่เหลือเป็นกรณีหลอดเลือดสมองแตก ในประเทศไทยยังไม่มีรายงานตัวเลขที่แน่นอนของสัดส่วนความชุกดังกล่าว แต่คาดว่าสัดส่วนไม่น่าแตกต่างจากทั่วโลก

1.2 ระบาดวิทยาของโรคหลอดเลือดสมอง (Epidemiology)

ร้อยละ 2.9 ของชาวอเมริกันที่อายุมากกว่า 20 ปีป่วยด้วยโรคหลอดเลือดสมอง ในปี ค.ศ. 2006 ซึ่งเทียบเท่ากับ 6,400,000 รายทั่วประเทศ โดยในแต่ละปีในสหรัฐอเมริกามีผู้ป่วยด้วยโรคหลอดเลือดสมองประมาณเกือบ 8,000,000 ราย ในประเทศไทยการรวบรวมข้อมูลทางระบาดวิทยายังมีข้อจำกัดค่อนข้างมาก ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือน้อยกว่าข้อมูลที่มาจากสหรัฐอเมริกาหรือจากทวีปยุโรป ได้มีการประมาณการในปี พ.ศ. 2542 ว่าชาวไทยมีผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่ 690 รายต่อ 100,000 ประชากร จากการศึกษา Thai Epidemiologic Stroke (TES) ในระหว่างปี พ.ศ. 2547 ถึงปี พ.ศ. 2549 พบว่าความชุกของโรคหลอดเลือดสมองอยู่ที่ร้อยละ 1.88 หรือ 1,880 รายต่อ 100,000 ในประชากรอายุ 45 ถึง 80 ปี ใกล้เคียงกับความชุกของโรคหลอดเลือดสมองในจังหวัดปทุมธานี ที่สำรวจในปี พ.ศ. 2553 ซึ่งอยู่ที่ร้อยละหนึ่ง ในประชากรอายุมากกว่า 30 ปี 10 อัตราการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองโดยรวมในสหรัฐอเมริกามีอยู่ที่ 43.6 รายต่อ 100,000 ประชากร ในปี ค.ศ. 2006 เป็นสาเหตุการเสียชีวิตมากที่สุดเป็นอันดับสาม ส่วนในประเทศไทยได้มีการสำรวจโดยใช้วิธีการสอบสวนสาเหตุการตายด้วยการสัมภาษณ์ (Verbal autopsy) ในปี พ.ศ. 2548 พบว่าโรคหลอดเลือดสมองเป็นสาเหตุการเสียชีวิตมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง (11) นอกจากนี้โรคหลอดเลือด

สมองยังเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะทุพพลภาพในระยะยาวจากการสำรวจในสหรัฐอเมริกา พบว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีอายุมากกว่า 65 ปี ยังมีภาวะทุพพลภาพหลงเหลือหลังจากรักษาไปแล้ว 6 เดือน

1.3 พยาธิสรีรวิทยาของโรคหลอดเลือดสมอง (Pathophysiology)

สมองเป็นอวัยวะที่ต้องการเลือดไปเลี้ยงมากที่สุดในร่างกายเมื่อเปรียบเทียบกับอวัยวะอื่นถึงแม้จะมีน้ำหนักเพียงร้อยละ 2 ของมวลรวมแต่ต้องการถึงร้อยละ 15 ถึงร้อยละ 20 ของปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ เพื่อส่งออกซิเจนและกลูโคสให้ใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมต่าง ๆ เมื่อใดก็ตามที่เกิดการอุดตันของหลอดเลือด การไหลเวียนเลือดจะไม่หยุดไปทั้งหมดอย่างสิ้นเชิงเนื่องจากมักจะมีการไหลเวียนเลือดจากข้างเคียงมาช่วยหล่อเลี้ยงไว้ได้บ้าง อย่างไรก็ตามถึงแม้จะมีการไหลเวียนเลือดอยู่บ้าง แต่ก็ไม่เพียงพอที่จะทำให้เซลล์สมองทำงานได้ (13) เมื่อเวลาผ่านไปการไหลเวียนเลือดก็จะลดลงเรื่อย ๆ และเมื่อการไหลเวียนเลือดลดลงจนมีปริมาตรของเลือดน้อยกว่า 18 มิลลิลิตรต่อ 100 มิลลิกรัมของเนื้อสมองต่อนาที เซลล์สมองในบริเวณดังกล่าวจะเกิดภาวะสูญเสียที่ไม่สามารถกลับคืนมาเป็นปกติได้อีกต่อไป (14) กระบวนการในระดับเซลล์ของสมองขาดเลือดเราเรียกว่า Ischemic cascade เริ่มจากเซลล์สร้างพลังงานได้ลดลงตามด้วยการกระตุ้นตัวรับกลูตาเมต (Overstimulation of neuronal glutamate receptors) หรือ Excitotoxicity เกิดการสะสมของประจุโซเดียม ประจุคลอไรด์ และประจุแคลเซียมภายในเซลล์ เกิดภัยอันตรายต่อไมโทคอนเดรีย (Mitochondrial injury) และท้ายที่สุดคือเซลล์ตายถาวรและไม่สามารถกลับคืนได้ (Apoptosis) ภายในไม่กี่นาทีหลังจากที่เซลล์ประสาทขาดออกซิเจนและกลูโคส Electrophysiologic function ของ Neuron และ Glial ก็หยุดทำงาน และภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมงก็จะเกิดการบวมของเซลล์เหล่านี้ การเกิดเส้นเลือดสมองอุดตันก่อให้เกิดภัยอันตรายในระดับต่าง ๆ ต่อเนื้อสมองที่อยู่ในแนว Territory ของเส้นเลือดนั้น ๆ ความรุนแรงของภัยอันตรายดังกล่าวขึ้นกับระดับของการกำซาบของเลือดที่ยังเหลืออยู่ หรือการไหลเวียนที่มาจากหลอดเลือดข้างเคียง ส่วนของสมองที่ขาดเลือดอย่างสมบูรณ์เรียกว่า “Core” เป็นส่วนที่จะมีการสูญเสียการทำงานของเซลล์อย่างสมบูรณ์ไม่สามารถกู้กลับคืนได้และน่าจะเกิดภาวะ Cell death ภายในเวลาไม่กี่นาที ส่วนของสมองที่เลือดไปเลี้ยงลดลง แต่ยังไม่รุนแรงถึงขนาดที่ทำให้เซลล์สมองตายไป แต่ก็ทำให้เซลล์สมองส่วนนี้ไม่สามารถทำงานได้ เซลล์อาจมีชีวิตอยู่ได้หลายชั่วโมงหลังจากเริ่มมีการกำซาบของเลือดลดลง เรียกส่วนของเนื้อสมองส่วนนี้ว่า “Penumbra” ซึ่งมักจะอยู่รอบ ๆ Core เซลล์ในส่วนนี้อาจจะกลับคืนมาเป็นปกติถ้าได้รับการรักษาที่ถูกต้อง ปริมาณของเนื้อสมองที่สูญเสียไปจากการขาดเลือดไปเลี้ยงก็จะมีขนาดลดลงถ้าสามารถปกป้อง Penumbra ได้ และจะส่งผลให้มีผลลัพธ์ทาง

คลินิกดีขึ้น การรักษาโรคหลอดเลือดสมองอุดตันในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นที่การกู้กลับคืน (Salvaging) เซลล์ในส่วน Penumbra ให้กลับคืนมาเป็นปกติให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

กลไกตามลำดับขั้นของการขาดเลือด (Ischemic cascade) ที่เกิดขึ้นในเซลล์สมอง หลังจากเกิดภาวะสมองขาดเลือดเฉียบพลัน (Acute cerebral ischemia), การขาดเลือดไปเลี้ยง ทำให้ Ionic pumps ทำงานผิดปกติ เกิดภัยอันตรายต่อไมโทคอนเดรีย (Mitochondrial injury) ตามด้วยเม็ดเลือดขาวได้รับการกระตุ้น (Activation of leukocytes) และการหลั่งของสารนำสื่อการอักเสบ (Inflammatory mediators) ต่าง ๆ ทำให้เกิดการสร้าง Oxygen free radicals และการหลั่งของสาร Excitotoxins เพิ่มระดับของประจุโซเดียม ประจุคลอไรด์ และประจุแคลเซียม (Intracellular Sodium, Chloride and Calcium ions) ซึ่งจะไปกระตุ้นเอนไซม์ Phospholipases และ Proteases ทำให้เกิดสร้าง Prostaglandins และ Leukotrienes, DNA และ Cytoskeleton เกิดการสูญเสียและทำลายที่สุดเกิดการสูญเสียของเยื่อหุ้มเซลล์ ผู้ป่วยกลุ่มโรคนี้จะมาด้วยอาการผิดปกติทางระบบประสาทเฉพาะที่เฉียบพลันซึ่งหลอดเลือดสมองมีหลายหลอดเลือดและไปเลี้ยงสมองบริเวณที่แตกต่างกันทำให้ผู้ป่วยมีอาการต่างกันได้รับการส่งตรวจภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง (Computed tomography scan brain : CT brain) จะช่วยแพทย์มักจะได้รับ การปรึกษาแบบเร่งด่วนแยกภาวะสมองขาดเลือดออกจากภาวะเลือดออกในสมองเมื่อสงสัยว่าผู้ป่วยมีภาวะหลอดเลือดสมองเฉียบพลัน โดยที่ยังไม่ทราบการวินิจฉัยที่แน่นอน และแม้ว่าปัจจุบันจะมีความก้าวหน้าทางรังสีวินิจฉัยในการตรวจสมองมากขึ้น ซึ่งทำให้สามารถมองเห็น ความผิดปกติในระยะเฉียบพลันได้ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดบางประการของผลการตรวจหรือการ เข้าถึงการตรวจ ดังนั้นการประเมินผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเฉียบพลันยังคงต้องอาศัย ประวัติและอาการทางคลินิกในการให้การวินิจฉัยเป็นสำคัญโดยเฉพาะภาวะสมองขาดเลือด

1.4 กลุ่มโรคหลอดเลือดสมอง

โรคหลอดเลือดสมองแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

1.4.1 โรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือดหรือหลอดเลือดสมองตีบและอุดตัน (Ischemic stroke) พบได้ร้อยละ 85 ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง แบ่งกลุ่มได้ดังนี้

1) หลอดเลือดแดงตีบหรืออุดตัน (Arterial ischemic stroke)

1.1) โรคหลอดเลือดสมองขนาดใหญ่ (Large vessel disease)

1.1.1) หลอดเลือดตีบตัน (Thrombosis) ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากความเสื่อมของหลอดเลือดได้แก่ ภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (Atherosclerosis)

1.1.2) ลิ่มเลือดอุดตัน (Embolism) จากหัวใจ (Cardiac to arterial emboli) โดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีหัวใจเต้นผิดจังหวะแบบ Atrial fibrillation (AF) หรือลิ่ม

เลือดมาจากคราบ Plaque ของหลอดเลือดแดงอื่น เช่น หลอดเลือด Carotid ลอยมาอุดตัน (Arterial to arterial emboli)

1.2) โรคหลอดเลือดสมองขนาดเล็ก (Small vessel disease) เกิดการอุดตันของหลอดเลือดขนาดเล็กที่เลี้ยงสมองส่วนลึก ตำแหน่งที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ Basal ganglia, Internal capsule, Basis pontis, Thalamus เมื่ออุดตันจะเป็นรอยขาดหลอดเลือดขนาดเล็ก เรียกว่า lacunar infarction ขนาดรอยโรค 0.5–1.5 ซม.

2) หลอดเลือดดำอุดตัน (Venous ischemic stroke) เกิดจากมีภาวะการแข็งตัวของเลือดมากกว่าปกติ ทำให้มีลิ่มเลือดอุดตันในระบบหลอดเลือดดำในสมอง

2.1) โพรงหลอดเลือดดำอุดตัน (Dural venous sinus thrombosis)

2.2.1) หลอดเลือดดำส่วนผิวและส่วนลึกอุดตัน (Cortical and deep vein thrombosis)

1.4.2. โรคหลอดเลือดสมองชนิดเลือดออกหรือหลอดเลือดแตก (Hemorrhagic stroke) พบได้ร้อยละ 15 ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

1) เลือดออกในชั้นใต้เยื่อหุ้มสมอง (Subarachnoid hemorrhage; SAH) สาเหตุได้แก่การแตกของหลอดเลือดโป่งพองในสมอง (Ruptured cerebral aneurysm), การแตกของหลอดเลือดผิดปกติในสมอง (Ruptured arteriovenous malformation; ruptured AVM), ภาวะเลือดออกง่ายผิดปกติ, การบาดเจ็บของศีรษะ และพยาธิบางชนิด เป็นต้น

2) เลือดออกในเนื้อสมอง (Intracerebral hemorrhage; ICH)

2.1) เลือดออกจากภาวะความดันโลหิตสูง (Hypertensive hemorrhage) ตำแหน่ง

ที่เกิดเลือดออกได้แก่ Basal ganglia (ส่วนใหญ่เป็นที่ Putamen), Thalamus, Cerebellum, Brainstem (ส่วนใหญ่เป็นที่ Pons) ผู้ป่วยมักมีประวัติความดันโลหิตสูงหรือเคยเป็นโรคหลอดเลือดสมองมาก่อน และอายุมากกว่า 45 ปี

2.2) เลือดออกจากสาเหตุอื่น (Non-hypertensive hemorrhage) ตำแหน่งเลือดออกอยู่ที่ Cortical หรือ Subcortical ได้แก่ Frontal, Temporal, Parietal, Occipital lobes สาเหตุส่วนใหญ่ไม่ใช่เกิดจากความดันโลหิตสูง แต่มีสาเหตุอื่น เช่น Cerebral amyloid angiopathy, หลอดเลือดโป่งพองในสมอง, หลอดเลือดผิดปกติในสมอง เป็นต้น

3) เลือดออกในโพรงสมอง (Intraventricular hemorrhage; IVH) ส่วนใหญ่เกิดจากมีเลือดออกในเนื้อสมองหรือเลือดออกในชั้นใต้เยื่อหุ้มสมองก่อน แล้วเลือดเข้าไปในโพรงสมองตามมาส่วนสาเหตุจากเลือดออกในโพรงสมองเอง (Primary IVH) พบได้น้อย ใน

บทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือดที่เกิดจากหลอดเลือดแดงตีบหรืออุดตัน (Arterial ischemic stroke)

1.5 สาเหตุและพยาธิกำเนิดของโรคหลอดเลือดสมอง

สาเหตุของโรคหลอดเลือดสมองตีบและอุดตันได้แก่

1.5.1. ภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (Atherosclerosis) พบในผู้ป่วยที่มีปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือด เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง สูงอายุ สูบบุหรี่ โดยพบที่หลอดเลือดแดง Carotid นอกกะโหลกศีรษะ (Extracranial carotid arteries) หรือหลอดเลือดแดงในกะโหลกศีรษะ (Intracranial arteries) ทำให้หลอดเลือดตีบ หรือเกิดลิ่มเลือดมาจากคราบ Plaque แตกเป็นแผลในหลอดเลือดแดงที่ตีบแข็งแล้วลิ่มเลือดขยายขนาด หรือลิ่มเลือดลอยไปอุดตัน (Arterial to arterial emboli)

1.5.2. โรคหลอดเลือดสมองขนาดเล็ก (Small vessel disease) สาเหตุมาจากมีแรงดันในหลอดเลือดขนาดเล็กสูงซึ่งเป็น Penetrating artery ทำให้เกิด Hyaline degeneration ได้ง่าย โดยเฉพาะผู้ป่วยที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง เมื่อหลอดเลือดอุดตันจะเกิดเป็นรอยขาดเลือดขนาดเล็ก 0.5–1.5 ซม. (Lacunar infarction) จาก Lipohyalinosis หรือเกิดจากมี Microatheroma อุดหลอดเลือด

1.5.3. ลิ่มเลือดอุดตัน (Embolism)

1) ลิ่มเลือดอุดตันจากหัวใจ (Cardiac to arterial emboli) ส่วนใหญ่พบในผู้ป่วยที่มีหัวใจเต้นผิดจังหวะ AF ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ AF เป็นสาเหตุของการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในประเทศไทยร้อยละ 9.1 สาเหตุอื่น ๆ ได้แก่ ภาวะกล้ามเนื้อหัวใจตายจากการขาดเลือด (Recent myocardial infarction น้อยกว่า 4 สัปดาห์), ลิ้นหัวใจเทียม (Mechanical prosthetic valve), โรคลิ้นหัวใจรูมาติก (Rheumatic valvular heart disease) โดยเฉพาะลิ้นไมทรัลตีบ (Mitral stenosis), ลิ่มเลือดในห้องหัวใจด้านบนซ้าย (Left atrial/atrial appendage thrombus), ภาวะ Dilated cardiomyopathy, โรคลิ้นหัวใจติดเชื้อ (Infective endocarditis), Atrial myxoma, Sick sinus syndrome, Patent foramen ovale (ทำให้เกิด Paradoxical embolism) เป็นต้น

2) ภาวะลิ่มเลือดจากหลอดเลือดลอยมาอุดตัน (Arterial to arterial emboli) พบในผู้ป่วย หลอดเลือดแดง Carotid ตีบ ภาวะหลอดเลือดแดงแตกฉား (Dissection), Aortic plaque เป็นต้น

3) Embolism vounulun air embolism, Amniotic fluid embolism, Fat embolism, Tumor embolism

1.5.4. โรคหลอดเลือดจากสาเหตุอื่น ได้แก่ ภาวะหลอดเลือดแดงอักเสบ (Vasculitis), โรคซีฟิลิสการใช้สารเสพติด เช่น แอมเฟตามีน โคเคน หลอดเลือดผิดปกติแต่กำเนิด (AVM), โรค Moyamoya, หลอดเลือดถูกกดทับ, หลอดเลือดหดเกร็ง (Vasospasm), การบาดเจ็บของหลอดเลือด, การเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนเลือด เช่น ภาวะความดันโลหิตต่ำ ทำให้สมองบริเวณรอยต่อหลอดเลือดขาดเลือดไปเลี้ยง (Watershed infarction), Subclavian steal syndrome, โรคหลอดเลือดสมองทางพันธุกรรม เช่น Cerebral autosomal-dominant arteriopathy with Subcortical infarcts and Leukoencephalopathy (CADASIL) fibromuscular dysplasia, โรคมะเร็งที่ผนังหลอดเลือด เช่น Choriocarcinoma, Endovascular Lymphoma, ภาวะหลอดเลือดผิดปกติตามหลังการฉายรังสีรักษา (Radiation induced vasculopathy), Mitochondrial encephalopathy lactic acidosis and Stroke (MELAS) เป็นต้น

1.5.5. ภาวะการแข็งตัวของเลือดมากกว่าปกติ (Hypercoagulable disorder) แบ่งเป็น

1) Primary hypercoagulable state ได้แก่ ภาวะขาด Protein C, Protein S, Antithrombin III, Factor V Leiden mutation, Prothrombin mutation เป็นต้น

2) Secondary hypercoagulable state จากโรคหรือภาวะอื่น ได้แก่ มะเร็ง การตั้งครรภ์ Hormone therapy, Antiphospholipid syndrome, Hyperhomocysteinemia, Polycythemia vera, Essential Thrombocytopenia, Paroxysmal nocturnal hemoglobinuria, Disseminated intravascular coagulation (DIC), Thrombotic thrombocytopenic purpura (TTP), Cryoglobulinemia เป็นต้น

1.5.6. กลุ่มที่ไม่สามารถระบุสาเหตุได้แน่ชัด (Infarcts of undetermined cause) ผู้ป่วยจำนวนหนึ่งประมาณร้อยละ 15-35 หลังจากส่งตรวจเพิ่มเติมแล้วไม่พบสาเหตุของโรคหลอดเลือดสมอง เมื่อมีการตีบหรืออุดตันของหลอดเลือดสมองเกิดขึ้น เนื้อสมองบริเวณนั้น ๆ จะขาดเลือดไปเลี้ยงทำให้เนื้อสมองเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพต่าง ๆ เนื่องจากการขาดพลังงานและเกิดเนื้อสมองตายในที่สุด โดยสามารถแบ่งเนื้อสมองที่ขาดเลือดออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) เนื้อสมองส่วนใจกลางที่เรียกว่า Ischemic Core หรือ Infarct core คือบริเวณที่เกิดการขาดเลือดมากที่สุด และเกิดความเสียหายอย่างถาวร (Infarction)

2) เนื้อสมองบริเวณรอบ ๆ ใจกลางจะมีการขาดเลือดไม่รุนแรงเท่า เรียกว่า Ischemic penumbra เนื้อสมองส่วนนี้จะมีเลือดไปเลี้ยงน้อยลงจึงไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ทำให้ผู้ป่วยมีอาการผิดปกติทางระบบประสาท เช่น อาการอ่อนแรง ปาก

เบียว ซา เป็นต้น โดยเมื่อสมองส่วนนี้ยังสามารถฟื้นตัวได้ ถ้าได้รับเลือดมาเลี้ยงทันเวลา แต่ถ้าปริมาณเลือดลดลงมากหรือเป็นระยะเวลาเวลานาน ก็จะเกิดความเสียหายถาวรตามมาในที่สุด

1.6 ปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมอง

ปัจจัยเสี่ยงที่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้และมีหลักฐานชัดเจนว่าเมื่อควบคุมปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้ได้ อัตราการเกิดโรคหลอดเลือดสมองอุดกั้นลดลง (Well-documented Men and Modifiable risk factors) ได้แก่

1.6.1. ความดันโลหิตสูง เป็นความเสี่ยงที่สำคัญที่สุดของทั้งหลอดเลือดสมองอุดกั้น และภาวะเลือดออกในสมอง ความดันโลหิตสูงเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดสมองอย่างชัดเจน ความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดสมองเพิ่มขึ้นตามอัตราการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิตที่สูงเกินระดับปกติ ความชุกของความดันโลหิตสูงในประเทศไทยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 22 โดยความชุกของโรคความดันโลหิตสูงสัมพันธ์โดยตรงกับอายุที่เพิ่มขึ้นและความชุกของความดันโลหิตสูงในชุมชนเขตเมืองจะสูงกว่าความชุกในชนบท มีการศึกษาที่ยืนยันชัดเจนว่า ความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมองลดลงอย่างต่อเนื่อง และแปรผันโดยตรงกับระดับความดันโลหิตที่ลดลง การรักษาความดันโลหิตสูงจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในการลดอุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดสมอง

1.6.2. เบาหวาน ถือเป็นอีกหนึ่งความเสี่ยงอิสระต่อโรคหลอดเลือดสมองที่มีหลักฐานหนักแน่น โดยเบาหวานเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดสมองตั้งแต่ 1.6 ถึง 6 เท่า โดยความเสี่ยงนี้มีที่มาจาก การที่เบาหวานเป็นตัวการของโรคหลอดเลือดโดยตรง และการที่เบาหวานทำให้เกิดความดันโลหิตสูงและไขมันในเลือดสูงซึ่งเป็นความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดด้วยเช่นเดียวกัน มีหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าการรักษาเบาหวานประเภทที่สองอย่างเข้มข้น ควบคุมความเสี่ยงโรคหลอดเลือดด้วยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและยาหลายชนิดรวมกัน ประกอบด้วย ยาลดไขมันกลุ่ม Statin ยาลดความดันโลหิตกลุ่ม Angiotensin Converting Enzyme Inhibitor (ACE) หรือ Angiotensin Receptor Blocker (ARB) และยาด้านเกล็ดเลือดในบางกรณีสามารถลดความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดสมองลงได้ มีหลักฐานทางคลินิกยืนยันว่าการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดอย่างเข้มข้นจะช่วยลดภาวะแทรกซ้อนจากเบาหวานที่อยู่ในกลุ่ม Microangiopathy ได้แก่ Retinopathy, Nephropathy และ Neuropathy ได้อย่างชัดเจน แต่ยังไม่ชัดเจนว่าการควบคุมระดับน้ำตาลอย่างเข้มข้นจะช่วยลดภาวะแทรกซ้อนจากเบาหวานในกลุ่ม Macroangiopathy โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคหลอดเลือดสมองได้นอกจากนี้ความเข้มข้นในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดเพื่อลดระดับ Glycohemoglobin ให้อยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 6.0 ยังไม่แนะนำให้ทำ เนื่องจากอาจเป็นอันตรายต่อผู้ป่วย การควบคุมความดันโลหิตเป็นหัวใจ

สำคัญของการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยเบาหวาน โดยควรลดระดับของความดันโลหิตของผู้ป่วยเบาหวานให้ต่ำกว่า 130/80 มิลลิเมตรปรอทโดยกลุ่มยาลดความดันโลหิตที่แนะนำให้ใช้เป็นกลุ่มแรก คือ ACEI หรือ ARB ไชมันในเลือดสูงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโรคหลอดเลือดสมองที่พบบ่อยในผู้ป่วยเบาหวาน การรักษา ไชมันในเลือดสูงในผู้ป่วยเบาหวาน ด้วยยาลดไขมันกลุ่ม Statin สามารถลดอุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดสมอง ในผู้ป่วยเบาหวาน ได้

1.6.3. ไชมันในเลือดสูง ความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมองกับระดับคอเลสเตอรอลในเลือดไม่เด่นชัดเหมือนที่พบในโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โดยทุกการศึกษาให้ผลตรงกันว่าระดับคอเลสเตอรอลในเลือดที่สูงขึ้นสัมพันธ์โดยตรงกับอุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดหัวใจที่สูงขึ้น แต่สำหรับในโรคหลอดเลือดสมองยังมีความขัดแย้งกันในแต่ละการศึกษา ถึงแม้จะไม่เด่นชัดเท่าที่พบในโรคหลอดเลือดหัวใจ บางการศึกษาให้ผลทำนองเดียวกับที่พบในโรคหลอดเลือดหัวใจ กล่าวคือระดับคอเลสเตอรอลในเลือดที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับอุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดสมองที่สูงขึ้น บางการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับคอเลสเตอรอลในเลือดกับโรคหลอดเลือดสมอง อย่างไรก็ตามทุกการศึกษาให้ผลตรงกันว่าระดับคอเลสเตอรอลในเลือดที่สูงขึ้นสัมพันธ์โดยตรงกับอุบัติการณ์ของการหนาตัวและตีตันของหลอดเลือดแดง (Internal carotide) ส่วนการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยไชมันในเลือดสูง มีข้อมูลการศึกษาที่เด่นชัดของการให้ยาลดไขมันในกลุ่ม statin ว่าสามารถลดอุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดสมองได้ แต่ยาลดไขมันกลุ่มอื่น เช่น Fibric acid หรือ Niacin ยังไม่มีข้อมูลทางคลินิกว่าลดอุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดสมอง โดยเกณฑ์ในการรักษานิยมอ้างอิงจากคำแนะนำของ American College of Cardiology American Heart Association 2018 และ National Cholesterol Education Program (NCEP) Adult Treatment Panel III ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.6.4. สูบบุหรี่ ความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดสมองอุดตันเพิ่มขึ้นสองเท่าในกลุ่มประชากรที่สูบบุหรี่ นอกจากนี้การสูบบุหรี่ที่ความรุนแรงของอัตราเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดสมอง เมื่อพบร่วมกับปัจจัยเสี่ยงอื่น ๆ เช่น ในผู้หญิงที่สูบบุหรี่และใช้ยาเม็ดคุมกำเนิด อัตราเสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมองจะสูงถึง 7.2 เท่า เป็นต้น

1.6.5. หัวใจห้องบนเต้นระริก (Atrial Fibrillation, AF) ทั้งหัวใจห้องบนเต้นระริกที่มีลิ้นหัวใจผิดปกติ (Valvular Atrial Fibrillation) และหัวใจห้องบนเต้นระริกที่ไม่มีลิ้นหัวใจผิดปกติ (Nonvalvular Atrial Fibrillation) เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของโรคหลอดเลือดสมอง Nonvalvular AF เป็นภาวะที่พบบ่อยในผู้สูงอายุและมีข้อมูลทางคลินิกที่แน่นอนเกี่ยวกับความ

เสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมอง มีปัจจัยเสี่ยงหลายประการที่เพิ่มอัตราเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วย Nonvalvular AF การจัดลำดับชั้นของอัตราเสี่ยง (Risk stratification) จึงมีความสำคัญอย่างมากทางคลินิก

1.7 ลักษณะทางคลินิกของผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง

อาการของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือดจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของสมองที่เกิดการขาดเลือดไปเลี้ยงระบบหลอดเลือดหลักที่เลี้ยงสมอง ระบบหลอดเลือดสมองและอาการที่สำคัญของผู้ป่วยหากหลอดเลือดนั้น ๆ ตีบหรืออุดตัน ได้แก่

1.7.1. หลอดเลือดสมองส่วนหน้าตีบหรืออุดตัน (Anterior circulation stroke หรือ Carotid system) หมายถึง ระบบหลอดเลือดแดง Carotid ซึ่งเป็นหลอดเลือดที่เลี้ยงสมองส่วนหน้า 2/3 ประกอบด้วยหลอดเลือดที่สำคัญ 3 หลอดเลือด คือ Internal carotid artery (ICA), Middle cerebral artery (MCA) และ Anterior cerebral artery (ACA) อาการที่สำคัญได้แก่

- 1) แขนขาอ่อนแรงด้านตรงข้ามกับรอยโรค (Hemiparesis)
- 2) แขนขาชาด้านตรงข้ามกับรอยโรค (Paresthesia)
- 3) ภาวะเสียการสื่อความ (Aphasia)
- 4) อาการพูดไม่ชัด (Dysarthria)
- 5) ตามองไม่เห็นภาพครึ่งซีกด้านตรงข้ามกับรอยโรค (Visual field defect : Contralateral homonymous hemianopia)

6) ตามองไม่เห็นชั่วคราวด้านเดียวกับรอยโรค (Amaurosis fugax) อาการส่วนใหญ่จะเป็นประมาณ 15 นาที โดยมักไม่เกิน 15 นาที อาจทำให้เกิดตามองไม่เห็นถาวรได้หากเกิดจอบริเวณตาตาย (Retinal infarction) หากสมองขาดเลือดเป็นบริเวณกว้างและมีสมองบวม มักมีอาการต่อไปนี้อยู่ด้วย ได้แก่ ซึ่มตามองไปทางด้านตรงข้ามกับรอยโรค (Forced eye deviation) และขนาดรูม่านตาไม่เท่ากัน (Unequal pupils) แสดงรายละเอียดตามหลอดเลือด

1.7.2. หลอดเลือดสมองส่วนหลังตีบหรืออุดตัน (Posterior circulation stroke หรือ Vertebrobasilar system) หมายถึงระบบของหลอดเลือดแดง Vertebrobasilar ซึ่งไปเลี้ยงสมองส่วนหลัง 1/3 (Media side ของ Temporal lobe, Occipital lobe, Thalamus), ก้านสมอง (Brainstem) และ สมองน้อย (Cerebellum) ประกอบด้วยหลอดเลือดที่สำคัญ 5 หลอดเลือด คือ Vertebral artery (VA), Basilar artery (BA), Posterior cerebral artery (PCA), Superior cerebellar artery (SCA), Posterior inferior cerebellar artery (PICA) และ Anterior inferior cerebellar artery (AICA) อาการที่สำคัญ ได้แก่

1) แขนขาอ่อนแรงทั้งสองข้าง โดยอาจมีอาการอ่อนแรงไม่เท่ากัน หรือมีอาการอ่อนแรงซีกเดียวด้านตรงข้ามกับรอยโรคก็ได้ (Quadriparesis or Hemiparesis) หรือแขนขาอ่อนแรงด้านตรงข้ามแต่มีอาการอ่อนแรงใบหน้าด้านเดียวกับรอยโรค (Crossed hemiparesis)

2) แขนขาทั้งสองข้าง หรือแขนขาข้างใดด้านตรงข้ามแต่มีชาใบหน้าด้านเดียวกับรอยโรค (Crossed paresthesia)

3) ตาสองข้างมองไม่เห็นภาพครึ่งซีกด้านตรงข้ามกับรอยโรค (Visual field defect : contralateral homonymous hemianopia) หรือมองไม่เห็นทั้งสองตา (Cortical blindness)

4) ร่วมกับมีอาการกล้ามเนื้อเสียสหการหรือเดินเซ ทรงตัวลำบาก กล้ามเนื้อไม่ประสานงานกัน (Ataxia or Incoordination), เวียนศีรษะ (Vertigo), มองเห็นภาพซ้อน (Double vision), ตากระตุก (Nystagmus), กลืนลำบาก (Dysphagia), พูดไม่ชัด (Slurred speech) และซึม แสดงรายละเอียดแยกตามหลอดเลือด

1.7.3. Lacunar infarction โรคหลอดเลือดขนาดเล็ก (Small vessel disease) เกิดจากพยาธิสภาพของหลอดเลือดขนาดเล็กที่แยกจากหลอดเลือดใหญ่ (ทั้งจาก Anterior circulation และ Posterior circulation) เป็น Penetrating artery ที่เป็น End-on artery เลี้ยงเนื้อสมองส่วนใต้เปลือกสมองส่วนใต้เปลือก (Subcortical area) ขนาดรอยโรค 0.5-1.5 ซม. โดย lacunar syndrome มีมากกว่า 20 กลุ่มอาการ กลุ่มอาการที่สำคัญมี 5 กลุ่ม ได้แก่

1) Pure motor hemiparesis มาด้วยอาการอ่อนแรงแขนขาข้างตรงข้ามกับรอยโรค โดยรอยโรคอยู่ที่ Internal capsule, Basis pontis หรือ Corona radiata

2) Pure sensory stroke มาด้วยอาการชาแขนขาลำตัวด้านตรงข้ามกับรอยโรค โดยรอยโรคอยู่ที่ Ventral posterolateral nucleus ของ Thalamus

3) Sensory motor stroke มาด้วยอาการอ่อนแรงร่วมกับอาการชาแขนขาและลำตัวด้านตรงข้ามกับรอยโรค โดยรอยโรคอยู่ที่ Posterior limb of internal capsule และ Thalamus

4) Ataxic hemiparesis มาด้วยอาการเดินเซ ตรวจพบมี Incoordination ของแขนขาร่วมกับอ่อนแรงแขนขาข้างตรงข้ามกับรอยโรค โดยรอยโรคอยู่ที่ Posterior limb of internal capsule หรือ Basis pontis

5) Dysarthria clumsy hand syndrome มาด้วยอาการพูดไม่ชัด (Dysarthria) และใช้มือข้างหนึ่งไม่ถนัด (Loss of fine motor control of hand) ด้านตรงข้ามกับรอยโรค โดยรอยโรคอยู่ที่ Basis pontis

1.8 ลักษณะการเดินของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

หลังจากการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง พบว่าบุคคลจำนวนมากมีความพิการทางการเดินที่หลงเหลืออยู่ แม้ว่าในปัจจุบันจะมีความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์การแพทย์และการฟื้นฟูสมรรถภาพที่ดี แต่พบว่ามีเพียงครึ่งหนึ่งของผู้ที่มีความพิการที่ไม่สามารถเดินได้ เมื่อได้เข้ารับการฟื้นฟูสมรรถภาพ หลังจากเกิดโรคหลอดเลือดสมองสามารถกลับมาเดินได้ [18] ซึ่งความสามารถในการเดินได้อย่างอิสระเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ระบุว่าบุคคลนั้นจะกลับบ้านได้หรือไม่ หลังจากเกิดโรคหลอดเลือดสมอง และมีผลกระทบในระยะยาวต่อคุณภาพชีวิต และความสามารถการมีส่วนร่วมในกิจกรรมในชีวิตประจำวันและการมีส่วนร่วมในชุมชนของบุคคลนั้น [19], [20]

1.8.1 ความบกพร่องทางการเดิน

ซึ่งความบกพร่องทางการเดินเป็นปัญหาที่สำคัญในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ส่งผลให้ผู้ผู้ป่วยมีข้อจำกัดในการทำกิจวัตรประจำวัน และการมีส่วนร่วมทางสังคม จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองประมาณร้อยละ 80 สามารถฟื้นฟูความสามารถการเดิน อย่างไรก็ตามพบว่ายังคงมีจำนวนสัดส่วนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองร้อยละ 32-47 ที่ไม่สามารถกลับมาเดินในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ [21] ดังนั้นการฟื้นฟูความสามารถในการเดินในชุมชน จึงเป็นเป้าหมายที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง [22] ความสามารถในการเดินในชุมชน หมายถึง ความอิสระของการเดินทั้งภายในและภายนอกบ้าน ซึ่งรวมถึงความสามารถและความมั่นใจต่อการเดินในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น พื้นต่างระดับ ทางแคบ ศูนย์การค้า หรือพื้นที่สาธารณะที่มีคนพลุกพล่าน [23] หากผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองมีความสามารถการเดินในชุมชนที่ดี จะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพกายและจิตใจ และเป็นการเพิ่มกิจกรรมทางกาย การมีส่วนร่วมทางสังคม และคุณภาพชีวิต [23], [24] จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเดินในชุมชนของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง เช่น ความเร็วในการเดินปกติและความเร็วในการเดินสูงสุด ระยะทางหรือความทนทานในการเดิน ความสามารถในการทรงตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการรับรู้สุขภาพของตนเอง เป็นต้น [23] [25]

การควบคุมท่าทางในการยืน ถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการทำกิจกรรมเฉพาะส่วน ซึ่งรองรับกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน โดยพบว่าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

จะมีความบกพร่องทางประสาทสัมผัส และการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกันตามตำแหน่งของพยาธิสภาพ เช่น การรับรู้เกี่ยวกับกิริยาลดลง การฟังพากรมมองเห็นที่มากเกินไป การขาดสมดุลในการกระตุ้นกล้ามเนื้อ ฯลฯ ซึ่งจะนำไปสู่ความบกพร่องในการควบคุมท่าทาง ผลจากการควบคุมท่าทางที่บกพร่อง จะทำให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ประมาณ 40-70% ประสบกับการหกล้มในแต่ละปี จึงทำให้เกิดความกลัวการล้ม ซึ่งทำให้ไปขัดขวางกิจกรรมในชีวิตประจำวัน และการมีส่วนร่วมทางสังคม จนในที่สุดทำให้คุณภาพชีวิตลดลง การควบคุมท่าทางจำเป็นต้องมีการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาท และกล้ามเนื้อที่มีการทำงานประสานกันอย่างแม่นยำ [26]

การควบคุมท่าทางที่บกพร่อง และความไม่สมดุลในการรับน้ำหนัก (Weight bearing asymmetrical) ที่มีต่อแขนและขาข้างที่อ่อนแรง (Affected side) เป็นผลที่ตามมาที่พบมากที่สุด chez ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง และอาจมีผลกระทบมากที่สุดต่อกิจกรรมในการใช้ชีวิตประจำวัน (Activity daily life) ความเป็นอิสระในการควบคุมท่าทาง และการกระจายน้ำหนักระหว่างแขนและขา จึงถือเป็นเป้าหมายสำคัญในการฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งอาจส่งผลให้การทำงานของกล้ามเนื้อ (Motor function) ดีขึ้น และทำให้สามารถกลับไปใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างอิสระมากขึ้น ในระยะหลังเฉียบพลันของโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งในการทำกิจกรรมส่วนใหญ่ในชีวิตประจำวัน มักจำเป็นต้องเคลื่อนไหวเป็นหลัก [27]

ซึ่งปัจจัยหลัก 2 ประการที่ส่งผลต่อการเดินในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง คือ ปัจจัยด้านการควบคุมการเคลื่อนไหวที่ลดลง และปัจจัยด้านการรักษาสถิตร่างกายได้น้อยลงในขณะที่มีการเคลื่อนไหว โดยปัจจัยทั้งสองส่งผลต่อผลกระทบต่อลักษณะการเดิน การควบคุมการเคลื่อนไหวระหว่างเดิน ความเร็ว และระยะก้าว [28] โดยความผิดปกติของการเดินที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ได้แก่ การเดินเซไม่มั่นคง การขาดความสมมาตรขณะเดิน มักพบการลงน้ำหนักที่ขาข้างอ่อนแรงได้น้อยกว่าขาข้างปกติ ความเร็วการเดินลดลง การก้าวขาสองข้างไม่เท่ากัน และการเหวี่ยงขาไปด้านข้างขณะเดิน เป็นต้น

การเดินแบ่งออกเป็น 2 ช่วงหลัก [29] คือ

1. ช่วงที่เท้ารับน้ำหนัก หรือช่วงเหยียบ คือ ช่วงที่เท้าข้างนั้นวางสัมผัสอยู่บนพื้น เริ่มจากระยะที่ส้นเท้าแตะพื้น จนถึงระยะที่เท้ายกลอยพ้นพื้น คิดเป็น 60 % ของวงจรการเดินโดยประมาณ และมีช่วงที่รับน้ำหนักด้วยขาสองข้างประมาณ 40 % และ รับน้ำหนักด้วยขาข้างเดียวประมาณ 20 %

2. ช่วงที่เท้ายกพื้นพื้นหรือช่วงก้าว คือ ช่วงที่เท้าข้างนั้นยกขึ้นพื้นพื้น เริ่มตั้งแต่ระยะเท้าพื้นพื้นจนถึงระยะที่ส้นเท้าแตะพื้นอีกครั้ง คิดเป็น 40 % ของวงจรกิจกรรม โดยประมาณการเดินเป็นการทำงานร่วมกันของร่างกายหลายระบบ ทั้งระบบกระดูกและกล้ามเนื้อทำงานประสานกันในการเคลื่อนไหวและการรับน้ำหนัก ระบบการรับรู้ความรู้สึกที่ทำหน้าที่รับข้อมูลการเคลื่อนไหวผ่านการสัมผัสและการรับรู้การเคลื่อนไหวของข้อต่อ ระบบการทรงตัวของร่างกายผ่านอวัยวะรับการทรงตัวในหูชั้นใน การมองเห็นผ่านดวงตา โดยมีระบบประสาทที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยรับข้อมูล ประสานงาน และควบคุมระบบทั้งหมดที่กล่าวมา ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวขณะเดินมีความมั่นคงและสมดุล นอกจากนี้ความตั้งใจในการรับรู้สิ่งแวดล้อมมีผลต่อการเดินด้วย

1.8.2. ปัจจัยพื้นฐานที่มีความสัมพันธ์ต่อการเดิน

1) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นปัจจัยสำคัญในการเดิน การเดินมีการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อลำตัว แขน และขา เพื่อจัดตำแหน่งของข้อต่อให้เหมาะสมสำหรับการลงน้ำหนัก และถ่ายน้ำหนักไปในทิศทางต่าง ๆ ตามวงจรกิจกรรม [30] กล้ามเนื้อลำตัวมีบทบาทสำคัญในการสร้างความมั่นคงของร่างกายขณะเคลื่อนไหว สามารถทำให้เคลื่อนไหวได้สะดวกและมีความมั่นคงมากขึ้น [31] กล้ามเนื้อแขนทำงานในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนไหวขา เพื่อช่วยควบคุมการทรงตัวของร่างกาย ทำให้การเดินเป็นไปได้อย่างราบเรียบ [32] ส่วนสุดท้ายคือกล้ามเนื้อขาเป็นส่วนหลักที่ใช้ในการเดิน ในช่วงที่ขาข้างอ่อนแรงเหยียบพื้นและรับน้ำหนัก กล้ามเนื้อขาทำงานเหยียดและกางข้อสะโพก เหยียดข้อเข่า ควบคุมข้อเท้าให้ตรงเข้าไม่ทรุดและไม่แอ่น เป็นช่วงที่เสมือนยืนด้วยขาข้างเดียว จากนั้นใช้กล้ามเนื้อถีบปลายเท้าเพื่อส่งแรงจากช่วงเหยียบไปช่วงก้าวขา เมื่อเข้าช่วงก้าวขา ขาข้างอ่อนแรงต้องทำงานในการงอข้อสะโพก งอข้อเข่า และกระดกข้อเท้าเพื่อให้สามารถก้าวขาพื้นพื้นได้ กล้ามเนื้อต่าง ๆ ต้องทำงานประสานสัมพันธ์กันที่ดี สำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง การเคลื่อนไหวจะสูญเสียหรือลดลงจากการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อต่าง ๆ ดังนั้น การฝึกกำลังของกล้ามเนื้อให้มีความแข็งแรงเพียงพอในการเดินเป็นเรื่องที่สำคัญ ถ้าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองไม่สามารถออกแรงกล้ามเนื้อให้เพียงพอจนสามารถยืนหรือลงน้ำหนักได้ด้วยตนเอง จะส่งผลให้เกิดความยากในการรักษาความมั่นคงขณะเดินได้

2) การทรงตัว เป็นหนึ่งในองค์ประกอบพื้นฐานของความสามารถในการเดิน [33] การเดินต้องมีความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวที่ดี การทรงตัวที่ดีคือ ความสามารถในการควบคุมตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายและการเคลื่อนไหวให้สัมพันธ์กับพื้นที่รองรับร่างกายให้อยู่ในสมดุลอย่างต่อเนื่อง เพื่อรักษาความมั่นคงและ

ป้องกันการล้ม [34] ถ้ามีการควบคุมการทรงตัวที่ดีสามารถทำนายได้ว่ามีความสามารถในการเดินได้ดีสอดคล้องกัน [33] การควบคุมการทรงตัวต้องใช้ระบบการรับรู้ต่าง ๆ ทั้งการมองเห็น การรับรู้ผ่านการสัมผัสและข้อต่อ การรับรู้ผ่านอวัยวะในหู และการแปรผลข้อมูลที่ซับซ้อนในระดับสูง เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกายกับสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อสามารถคาดการณ์และวางแผนการเดินได้อย่างถูกต้อง

3) การลงน้ำหนัก การลงน้ำหนักขณะเดิน เป็นการทํางานประสานกันของกล้ามเนื้อและข้อต่อร่างกายและขาเพื่อรองรับน้ำหนักของทั้งร่างกายขณะเดิน ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองมีการลงน้ำหนักที่ไม่สมมาตรกัน โดยลงน้ำหนักข้างอ่อนแรงได้น้อยกว่าข้างปกติ ทำให้ความสอดคล้องกับการก้าวขาข้างแข็งแรงขณะที่ข้างอ่อนแรงรับน้ำหนักลดลง ส่งผลทำให้การทรงตัวขณะเดินลดลง ถ้าสามารถลงน้ำหนักขาทั้งสองข้างได้ดีและสอดคล้อง ทำให้เกิดความมั่นคงในช่วงเหยียบที่ดีมีความเร็วในการเดินเพิ่มมากขึ้น [34], [35] ถ้าการลงน้ำหนักของขาไม่ดี สามารถสังเกตเห็นได้จากการก้าวขาแข็งแรงขณะที่ขาข้างอ่อนแรงรับน้ำหนักพบว่าการก้าวขาเร็วกว่าปกติ หรือมีการเอียงตัวไปยังข้างที่รับน้ำหนักเพื่อช่วยในการถ่ายน้ำหนักและรักษาการทรงตัว เกิดความรู้สึกไม่มั่นคงขณะเดิน และเกิดความเสถียรต่อการล้มได้ [34]

1.8.3. โดยลักษณะการเดินผิดปกติที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ได้แก่ [36], [37]

1) Hip circumduction เป็นแบบแกว่งขาในลักษณะวงกลม ซึ่งจะใช้กล้ามเนื้ออกขามากกว่ากล้ามเนื้อในการงอเข่าสะโพก เนื่องจากกล้ามเนื้ออกขามีความแข็งแรงมากกว่ากล้ามเนื้องอเข่าสะโพก ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนไหวของขาที่ทดแทน

2) Hip hiking เป็นแบบยกสะโพกขึ้นในขณะยกขาก้าวไปข้างหน้า เพื่อให้ก้าวขาพ้นพื้นได้ ซึ่งเกิดจากภาวะอ่อนแรงกล้ามเนื้อในการงอสะโพก หรือ เกิดจากภาวะอ่อนแรงของกล้ามเนื้อในการกระดกข้อเท้าทำให้ข้อเท้าตก

3) Steppage gait เป็นแบบงอเข่าสะโพกมากกว่าปกติเพื่อให้เท้าลอยพ้นพื้น เนื่องจากกล้ามเนื้อในการกระดกข้อเท้านั้นมีความแข็งแรงไม่มากเพียงพอ ทำให้วางเท้าจะมีเสียงดัง เพื่อไม่ให้เดินลากเท้ากับพื้น

4) Antalgic gait เป็นการลงน้ำหนักที่ขาเพียงเล็กน้อย เพื่อหลีกเลี่ยงอาการบาดเจ็บหรือภาวะอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ

5) Scissor gait เป็นการที่ขาทั้งสองข้างหุบเข้าหากันคล้ายกรรไกร โดยเกิดจากภาวะกล้ามเนื้อขาอ่อนแรงหรือเกิดจากความตึงตัวของกล้ามเนื้อขา จึงทำให้เกิดขาชิดกัน

1.9 การออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

ระยะเวลาการฟื้นฟูความสามารถในโรงพยาบาลของผู้ป่วยลดลงอย่างมาก (จาก 47 วันในปี ค.ศ. 2005 เป็น 38 วัน ในปี ค.ศ. 2008) (18) อาจส่งผลให้ผู้ป่วยไม่ได้รับการฟื้นฟูความสามารถจนถึงระดับที่ดีที่สุดในวันที่ออกจากโรงพยาบาล ดังนั้น การหาแนวทางการฟื้นฟูความสามารถด้านการเคลื่อนไหวและการเดินที่สามารถทำได้ง่ายในสถานที่ต่าง ๆ ทั้งในคลินิก ชุมชน และบ้านผู้ป่วยจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อพัฒนาความสามารถของผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง แนวทางการฟื้นฟูความสามารถในปัจจุบันมักให้ความสำคัญกับการพัฒนาความสามารถอย่างจำเพาะกับเป้าหมายที่ต้องการ (Task-specific practice) ดังนั้น ด้วยเป้าหมายของการพัฒนาความสามารถด้านการเดิน นักกายภาพบำบัดจึงมักให้ผู้ป่วยฝึกเดิน (19) แต่การเดินเป็นกิจกรรมที่ซับซ้อนและต้องควบคุมส่วนต่าง ๆ ของร่างกายให้เคลื่อนไหวประสานกัน (20)

ดังนั้น การฝึกเดินจึงอาจยากเกินไปสำหรับผู้ป่วยบางราย ในกรณีนี้นักกายภาพบำบัดอาจแบ่งฝึกความสามารถในการควบคุมองค์ประกอบย่อย ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถเป้าหมายที่ต้องการ (Part-task practice) (21) จากนั้นจึงให้ผู้ป่วยนำความสามารถที่ได้มาฝึกรวมกับองค์ประกอบ อื่น ๆ เพื่อส่งเสริมความสามารถที่ต้องการ (Whole-task practice) ด้วยเหตุนี้การฟื้นฟูความสามารถของผู้ป่วยทางคลินิกจึงนิยมให้ผู้ป่วยฝึกถ่ายโอนน้ำหนักลงน้ำหนักบนขาข้างอ่อนแรงขณะก้าวขาข้างปกติ (Stepping training) ร่วมกับโปรแกรมการฝึกอื่น ๆ แต่ยังไม่เห็นผลการศึกษาที่ชัดเจนในการยืนยันประสิทธิภาพของการฝึกวิธีนี้

1.9.1 stepping training

โดยการฝึกขึ้นบันไดในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองจะมีทั้งหมด 2 รูปแบบ คือ การก้าวขาข้างอ่อนแรงขึ้นบนบันไดก่อนและการก้าวขาข้างแข็งแรงขึ้นก่อน (22)

1) วิธีการฝึกบันได

1.1) วิธีที่ 1 การก้าวขาข้างที่มีแรงขึ้นก่อน จะเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ยังมีกำลังกล้ามเนื้อไม่เยอะมาก สามารถยกขาได้ในระดับหนึ่ง หรือเพิ่งเริ่มต้นฝึก โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

1. จัดท่าโดยใช้มือข้างแข็งแรงจับราวบันได ก้าวขาไปชิดราวบันได และชิดขอบบันไดมากที่สุด
2. ชยับมือที่จับราวบันไดไปทางด้านหน้า

3. ก้าวขาข้างมีแรงขึ้นบันได
4. ถ่ายน้ำหนักลงขาข้างที่มีแรง
5. ยึดตัวมีอกศรวบันได
6. ยกขาข้างอ่อนแรงขึ้นบันได

1.2) วิธีที่ 2 ก้าวขาข้างอ่อนแรงขึ้นก่อน จะเป็นการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อและกำลังขาของข้างที่อ่อนแรง ก่อนการฝึกด้วยวิธีนี้ผู้ช่วยควรที่จะมีกำลังขาข้างที่อ่อนแรงมากขึ้น สามารถย่อเหยียดขาได้ ถีบขาและเตะขาได้ หรือสามารถเดินขึ้นบันไดในรูปแบบแรกได้ดี มีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

1. จัดท่าโดยใช้มือข้างแข็งแรงจับราวบันได ก้าวขาไปชิดราวบันได และชิดขอบบันไดมากที่สุด
2. ชยับมือที่จับราวบันไดไปทางด้านหน้า
3. ก้าวขาข้างที่อ่อนแรงขึ้นบันได
4. ออกแรงถ่ายน้ำหนักไปที่ขาข้างอ่อนแรง
5. เหยียดสะโพก เหยียดขา ยึดตัวตรง
6. ก้าวขาข้างที่มีแรงตามมาในระดับเดียวกัน

สิ่งสำคัญสำหรับการก้าวขึ้นบันได คือการเลือกวิธีการฝึกจะมีทั้งการก้าวแบบชิด และการก้าวสลับ ควรเริ่มจากการก้าวชิด และเพิ่มความยากเป็นก้าวสลับ ในการฝึกขึ้นบันไดในผู้ช่วยหลอดเลือดสมองมีข้อควรระวังคือ ต้องไม่นำน้ำหนักตัวกดราวบันไดมากเกินไป เพราะจะส่งผลให้ขาไม่ได้รับน้ำหนักและเดินตัวเอียง ร่างกายและสมองจะจดจำท่าทางที่ผิด ทำให้ยากต่อการปรับเปลี่ยนท่าทาง อีกทั้งควรมีคนคอยระมัดระวังเพราะผู้ช่วยมีความเสี่ยงที่จะล้ม ก่อนการฝึกก้าวขึ้นบันไดผู้ช่วยหลอดเลือดสมองควรเดินบนพื้นราบให้คล่อง สามารถยกขาข้างอ่อนแรงได้ในระดับหนึ่ง และถ้าหากแรงยังมีไม่มากพอที่จะก้าวขึ้นบันได ยังไม่ควรฝึกการขึ้นบันไดในผู้ช่วยหลอดเลือดสมอง ต้องมีการฝึกอย่างเป็นลำดับและเป็นขั้นตอนจึงควรได้รับคำแนะนำอย่างถูกต้องและมีความเหมาะสม เพื่อความปลอดภัยและสามารถช่วยเหลือตนเองในชีวิตประจำวันได้ดียิ่งขึ้น

2) การทดสอบ Lateral Step-Up Test

การทดสอบ Lateral Step-Up Test (LSUT) เป็นการทดสอบแบบ Close kinetic chain (การออกกำลังกายที่มือหรือเท้ามีการยึดไว้กับพื้นผิวที่มั่นคงโดยที่ยังสามารถออกแรงได้ แต่จะไม่เกิดการเคลื่อนที่ของร่างกายที่ยึดไว้ เช่น การยืนย่อเข้าขึ้นลง การเดินขึ้นลงบันได) ที่ใช้ในการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อตามหน้าที่ของขาส่วนล่าง การทดสอบนี้ถูกออกแบบมาเพื่อประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาส่วนล่างที่มีศูนย์กลางผิดปกติ รวมถึงความสมดุล

และการรับรู้ จนถึงปัจจุบัน LSUT ได้ถูกนำมาใช้เป็นการวัดทางคลินิกของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี ผู้สูงอายุที่มีกระดูกสะโพกหัก ผู้ป่วยที่ผ่าตัดหมอนรองกระดูกเข่า และผู้ป่วยสมองพิการ มาตรการนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือของการทดสอบซ้ำที่ดีเยี่ยม ($ICC = 0.85-0.92$) ในผู้ป่วยสูงอายุหลังกระดูกสะโพกหัก แต่แม้ว่าการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนเป็นองค์ประกอบสำคัญของการฟื้นฟูสมรรถภาพโรคหลอดเลือดสมอง แต่ความน่าเชื่อถือของ LSUT ยังไม่ได้รับสอบสวนในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่ชัดเจน (23)

วิธีการทดสอบ (23)

1. ให้ผู้ป่วยยืนแยกเท้าออกจากกัน โดยให้กว้างระดับไหล่ และอยู่ในแนวขนานกัน
2. จากนั้นให้ผู้ป่วยวางเท้าของขาข้างที่จะทำการทดสอบให้ใกล้กับบันไดมากที่สุด (โดยบันไดที่นำมาทดสอบจะต้องสูง 15 เซนติเมตร หรือ 6 นิ้ว)
3. นักกายภาพบำบัดทำการนับ, ให้สัญญาณ และจับเวลา เมื่อผู้ป่วยพร้อมแล้วให้ทำการยกขาข้างที่ต้องการทดสอบขึ้นไปบนบันได พร้อมเหยียดให้ตรงและงอเข้าอีกครั้ง จนเท้าของขาข้างอีกข้างที่ไม่ได้ทำการทดสอบแตะพื้น
4. ทำให้ได้มากที่สุดในเวลา 15 วินาที ซึ่งผู้ป่วยสามารถสวมใส่กายอุปกรณ์เสริมได้ในระหว่างที่ทำการทดสอบ แต่ไม่ให้อนุญาตให้ใช้เครื่องช่วยเดิน

1.9.2. Overground walking training (การฝึกเดินบนพื้นราบ)

ความบกพร่องในการก้าวเดินมีความสัมพันธ์กับการลดลงของสมรรถภาพทางกาย และความรู้ความเข้าใจในผู้สูงอายุ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มความเสี่ยงในการหกล้มอีกด้วย ซึ่งอาจนำไปสู่ความสามารถที่ลดลงในการก้าวเดินเพื่อรักษาสมดุล พบว่าการหกล้มในผู้สูงอายุมีแนวโน้มที่มากกว่า เนื่องจากการทำตามขั้นตอนที่ไม่เหมาะสม เช่น ก้าวผิดทิศทาง ก้าวที่สั้นเกินไป และมีอาการวอกแวก (Distracted) เมื่อก้าวเดินภายใต้สภาวะที่มีเงื่อนไข

การออกกำลังกายที่มีองค์ประกอบด้านการทรงตัว สามารถลดการหกล้มในผู้สูงอายุได้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดแนะนำว่าการออกกำลังกายแบบสมดุลควรมีฐานรองรับที่ลดลง และการรองรับแขนขาส่วนบนให้น้อยที่สุด รวมถึงควรมีส่วนประกอบในการเปลี่ยนน้ำหนัก เช่น การก้าวเดิน บางการออกกำลังกายแบบก้าวเดินได้รวมอยู่ในโปรแกรมการออกกำลังกายที่มีอยู่แล้ว ซึ่งมุ่งเป้าไปที่การป้องกันการหกล้ม บางการศึกษาได้แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงลักษณะของความเสี่ยงในการหกล้มในผู้สูงอายุ เช่น การปรับปรุงความสมดุล เวลาที่ตอบสนอง และการตอบสนองปฏิกิริยาต่อการรบกวนสมดุลที่คาดเดาไม่ได้ นอกจากนี้อาจปรับปรุงความรู้ความเข้าใจเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงในการหกล้มของผู้สูงอายุ (24)

Overground gait training เป็นการฝึกเดินบนพื้นราบ โดยไม่จำกัดสภาพแวดล้อม สามารถทำได้ทุกสภาพแวดล้อม ตั้งแต่การดูแลที่บ้านไปจนถึงผู้ช่วยนอกขนาดเล็กไปจนถึงหน่วยฟื้นฟูสมรรถภาพขนาดใหญ่ และสะท้อนถึงองค์ประกอบพื้นฐานของการฝึกก้าวเดิน เมื่อเร็วๆ นี้ พบว่าความพยายามที่มุ่งปรับปรุงการฟื้นฟูการเดินได้เปลี่ยนไปเป็นการฝึกก้าวเดินที่เพิ่มชิ้นการใช้อุปกรณ์ หรือเน้นที่การออกกำลังกาย ซึ่งพิจารณาการฝึกด้วยลู่วิ่ง โดยมีหรือไม่มี การรองรับน้ำหนักตัวสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ไม่พบประโยชน์ที่สำคัญและ สม่าเสมอ เมื่อเทียบกับวิธีการฝึกการเดินอื่น ๆ และไม่พบหลักฐานว่าการฝึกระบบทางเดิน หายใจ หรือการรวมกันของการฝึกในระบบหายใจ และการฝึกความแข็งแรง นำไปสู่การเพิ่มขึ้น ของความเร็วในการเดินที่สะดวกสบาย (25)

การฝึกการเดินบนพื้นราบ สามารถกำหนดเป็นตัวชี้รูปร่างแบบและความสามารถในการเดินของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเรื้อรังที่มีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหวพร้อมกับ การออกกำลังกายที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่รวมถึงอุปกรณ์ช่วยเหลือขั้นสูง เช่น การกระตุ้นด้วย ไฟฟ้าตามหน้าที่

พบว่ามีหลักฐานไม่เพียงพอที่จะตัดสินว่าการ ฝึกการเดินบนพื้นดินมีประโยชน์โดยตรง ต่อการวัดการทำงานของเดินในวงกว้างหรือไม่ อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์จากการศึกษาเมื่อ เร็ว ๆ นี้ ชี้ให้เห็นว่าการฝึกที่เฉพาะเจาะจง อาจให้ประโยชน์ที่จำกัดประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ความเร็วในการเดิน ใช้การทดสอบ Time up and go test และ 6 minutes walk test (26)

2. การควบคุมการทรงท่า

ระบบประสาทและระบบโครงร่างกล้ามเนื้อทำงานร่วมกันเพื่อควบคุมสมดุลการ ทรงท่าของร่างกาย เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ 1) เพื่อจัดให้ส่วนต่าง ๆ ของ ร่างกาย โดยเฉพาะศีรษะและลำตัวอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสัมพันธ์กับแรงโน้มถ่วงของโลก สภาพแวดล้อม และกิจกรรมที่กำลังทำ (Postural orientation) และ 2) เพื่อควบคุมให้ร่างกาย อยู่ในภาวะสมดุล (Balance or Equilibrium) โดยควบคุมให้จุดรวมมวล (Center of mass; COM) อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสัมพันธ์กับฐานรองรับ (Base of support; BOS) ทำให้อวัยวะอยู่ใน ภาวะสมดุลไม่เสียการทรงตัว เซ หรือหกล้ม [47]

ในการเคลื่อนไหวหรือทำกิจกรรมส่วนใหญ่ในชีวิตประจำวัน เรามักควบคุมสมดุล การทรงท่าของร่างกายเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ประการข้างต้น กล่าวคือ พยายามรักษา สมดุลของร่างกาย (Postural equilibrium) และในขณะเดียวกันจัดตำแหน่งของร่างกายให้ สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมเพื่อเอื้อต่อการทำกิจกรรมหรือการเคลื่อนไหว (Postural orientation) แต่ในบางกรณีอาจให้ความสำคัญต่อวัตถุประสงค์หนึ่งมากกว่าอีกวัตถุประสงค์หนึ่ง

ตัวอย่างเช่น การที่ผู้รักษาประตุในกีฬาฟุตบอลพุ่งตัว เพื่อปิดไม่ให้ลูกบอลเข้าประตูโดยไม่สนใจว่าตนเองจะล้มลงเป็นการให้ความสำคัญกับ Postural orientation มากกว่า Postural equilibrium ส่วนตัวอย่างการให้ความสำคัญกับ Postural equilibrium มากกว่า Postural orientation เช่น ในขณะที่เดินบนสะพานไม้แคบที่พาดข้ามท้องร่อง ในสวนชาวสวนปล่อยให้หมวกปลิวหลุดจากศีรษะโดยไม่เอื้อมมือไปคว้าเนื่องจากเกรงว่าจะเสียการทรงตัวตกจากสะพาน เป็นต้น

2.1 Biomechanical constraints

องค์ประกอบด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanical component) ที่มีอิทธิพลต่อการทรงท่า ได้แก่ ขนาดของฐานรองรับ (Size of base of support), ความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle tone), ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (Muscle flexibility), ความยาวของกล้ามเนื้อ (Muscle length), ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) และ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Range of motion) เป็นต้น ขนาดของฐานรองรับขณะยืน เดิน ซึ่งก็คือเท้าทั้งสองข้าง หรือช่วงมุมการเคลื่อนไหว ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อลำตัว กล้ามเนื้อรอบข้อ สะโพกและข้อเท้า หรืออาการเจ็บปวดที่ส่วนใดส่วนหนึ่งข้างต้นล้วนแต่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการทรงท่าเมื่ออยู่ในท่าตั้งตรง เช่น ขณะยืน กล้ามเนื้อกลุ่มหนึ่งจะทำงานต้านแรงโน้มถ่วงของโลกเพื่อให้ร่างกายสามารถทรงท่าตั้งตรงอยู่ได้ กล้ามเนื้อเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นกล้ามเนื้อกลุ่มที่ทำหน้าที่เหยียดข้อต่อ (Extensor group) ที่อยู่บริเวณขา หลัง และคอ โดยการทำงานของกล้ามเนื้อกลุ่มนี้ได้รับอิทธิพลจาก Postural reflexes ต่าง ๆ ตัวอย่าง เช่น ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะที่ส่งไปยัง Somatosensory system ทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนอง Tonic neck reflex ส่งผลให้กล้ามเนื้อบริเวณคอมีความตึงตัว เป็นต้น

2.1.1 Limits of Stability (LOS) คือขอบเขต หรือระยะที่บุคคลสามารถ เปลี่ยนตำแหน่งของจุดศูนย์กลางโน้มถ่วงในทิศทางต่าง ๆ เคลื่อนตัวไปในทิศทางต่าง ๆ ได้ โดยไม่เสียการทรงตัวและไม่ต้องชยับเท้าเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งฐานรองรับพื้นที่ของ LOS มีลักษณะคล้ายรูปโคน (Cone Shape) ในคนปกติทิศทางที่เปลี่ยนตำแหน่ง จุดศูนย์กลางโน้มถ่วงไปได้น้อยที่สุดคือทางด้านหลัง ในขณะที่ด้านหน้าและด้านข้างสามารถเปลี่ยนตำแหน่งจุดศูนย์กลางโน้มถ่วงไปได้มากกว่า ในผู้ที่ข้อจำกัดทางชีวกลศาสตร์ เช่น ผู้สูงอายุที่มีช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าจำกัด หรือมีความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อรอบข้อเท้าลดลงจะส่งผลให้มี LOS ลดลง (เปลี่ยนตำแหน่งจุดศูนย์กลางโน้มถ่วงได้น้อย) ดังนั้น เมื่อถูกรบกวนการทรงตัวเพียงเล็กน้อย ก็จำเป็นต้องใช้การก้าวเท้าเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งของฐานรองรับเป็นการรักษาสมดุลของการทรงท่า และหากมีการตอบสนองช้าไม่สามารถก้าวเท้าได้ทันเวลา ก็จะเสียการทรงตัวและหกล้มได้

2.2 Sensory strategies

ในการรักษาสมดุลของการทรงท่า ระบบประสาทอาศัยการบูรณาการข้อมูลจากระบบรับความรู้สึกได้แก่ ระบบการมองเห็น (Visual system), ระบบเวสติบูลาร์ (Vestibular system), และระบบกายสัมผัส (Somatosensory) โดยระบบประสาทรับความรู้สึกแต่ละระบบให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทรงท่าที่แตกต่างกันดังนี้

2.3.1 ระบบการมองเห็น (Visual system) สายตาเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญของการทรงท่า ข้อมูลจากการมองเห็นช่วยให้สมองทราบแนวระนาบของศีรษะอ้างอิงกับสิ่งแวดล้อม และทิศทางการเคลื่อนไหวของศีรษะในเชิงสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เช่น กำลังเคลื่อนเข้าหาหรือเคลื่อนที่ออกจากวัตถุ อย่างไรก็ตามในบางครั้งสมองแปลผลจากระบบการมองเห็นได้ไม่ถูกต้องโดยเฉพาะในการแยกความแตกต่างระหว่างการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Self-motion or egocentric motion) กับการเคลื่อนไหวของวัตถุแวดล้อม (Exocentric motion) ตัวอย่างเช่นขณะนั่งในรถไฟเราอาจรู้สึกว่าต้นไม้ข้างทาง เคลื่อนในทิศตรงกันข้ามกับทิศการเคลื่อนไหวของรถไฟ หรือขณะดูหนึ่งสามมิติ เราอาจรู้สึกเหมือนเราเคลื่อนไหว และสิ่งแวดล้อมเคลื่อนไหวทั้ง ๆ ที่เรานั่งอยู่กับที่ ด้วยเหตุนี้ในบางกรณีมองจะไม่ใช้ข้อมูลจากการมองเห็นหากพบว่าข้อมูลนั้นขัดแย้งหรือไม่เป็นไปในทางเดียวกันกับข้อมูลจากระบบรับความรู้สึกอื่น เช่น ข้อมูลจากระบบกายสัมผัส (27)

2.3.2 ระบบเวสติบูลาร์ (Vestibular system) เป็นระบบที่รายงานการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะในเชิงสัมพันธ์กับแนวตั้งตรงตามแนวแรงโน้มถ่วงของโลก อาศัยความรู้สึกที่เรียกว่า Semicircular canal (SCC) รายงานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความเร็วในเชิงมุมของศีรษะในขณะหมุนหรือหันศีรษะ SCC จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวของศีรษะอย่างรวดเร็ว เช่น เมื่อเดินสะดุดเสียหลัก ส่วน Otoliths (Saccule และ Utricle) รายงานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความเร็วในเชิงเส้นของศีรษะ และการให้ข้อมูลเกี่ยวกับแนวตั้งตรงของร่างกาย (Vertical orientation) โดยบอกตำแหน่งของศีรษะในเชิงสัมพันธ์กับแรงโน้มถ่วงของโลก Otoliths ตอบสนองได้ดีต่อการเคลื่อนไหวอย่างช้าของศีรษะ เช่น ในขณะยืนหลับตามีการแกว่งของลำตัว (Postural sway) ระบบเวสติบูลาร์สามารถแยกความแตกต่างระหว่างการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Self-motion or egocentric motion) กับการเคลื่อนไหวของวัตถุที่อยู่แวดล้อม (Exocentric motion) ได้ดี

2.3.3 ระบบกายสัมผัส (Somatosensory system) เป็นระบบที่รายงานเกี่ยวกับตำแหน่งทิศทางการเคลื่อนไหวของร่างกายโดยใช้แนวอ้างอิงกับฐานรองรับ และรายงานความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การรับข้อมูลในระบบนี้จะ

ผ่านทางกล้ามเนื้อ ข้อต่อ การรับสัมผัส และแรงกดผ่านผิวหนัง โดยมี Golgi tendon organ และ Muscle spindle เป็น Proprioceptor ในขณะที่ Cutaneous และ Tactile receptor เป็นตัวรับการสัมผัสและแรงกดที่ผิวหนัง ในภาวะปกติผู้ใหญ่จะให้ความสำคัญกับข้อมูลจากระบบกายสัมผัสในการควบคุมการทรงท่ามากกว่าระบบอื่น ๆ ในขณะที่เด็กจะอาศัยข้อมูลจากการมองเห็นในการรักษาสสมดุลของการทรงท่ามากกว่า

2.3 Sensory Organization Test (SOT)

การที่ระบบประสาทได้รับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทรงท่าจากระบบรับความรู้สึกหลายระบบ ที่น่าสนใจว่าระบบประสาทมีการบูรณาการข้อมูลเหล่านี้เพื่อใช้ในการรักษาสสมดุลของการทรงท่าอย่างไรประสาทให้ความสำคัญกับข้อมูลจากระบบรับความรู้สึกแต่ละระบบเท่าเทียมกันหรือไม่ ในปี ค.ศ. 1976 Nashner และคณะ [1] ศึกษาการทำงานร่วมกันของระบบประสาทรับความรู้สึกระบบต่าง ๆ ในการควบคุมการทรงท่า เรียกว่า Sensory Organization Test (SOT) โดยประเมินการเซ หรือ การแกว่งของลำตัว (Body sway) ในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งในขณะที่ระบบประสาทสามารถใช้ข้อมูลจากระบบรับความรู้สึกทั้ง 3 ระบบ (การมองเห็น เวสติบูลาร์ และกายสัมผัส) และขณะที่ไม่มีข้อมูลหรือได้รับข้อมูลที่ไม่ถูกต้องจากระบบรับความรู้สึกบางระบบ ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ. 1986 Shumway-Cook และ Horak พัฒนาต่อยอดการทดสอบนี้เพื่อใช้ในคลินิก เรียกว่า Clinical Test of Sensory Integration for Balance (CTSIB) โดยประเมินปริมาณการแกว่งของลำตัว (Body sway) ด้วย Posturography ขณะผู้ถูกทดสอบยืนนิ่ง ๆ เป็นเวลา 30 วินาที ทำการทดสอบใน 6 สถานการณ์ ดังนี้

1. ยืนบนพื้นปกติ สีมตา (Normal surface with eyes open)
2. ยืนบนพื้นปกติ หลับตา (Normal surface with eyes closed)
3. ยืนบนพื้นปกติ มีการเคลื่อนของวัตถุรอบ ๆ ห้อง (Normal surface with visual surround moving)
4. ยืนบนพื้นที่มีการเคลื่อน หมุน สีมตา (Rotated support surface with eyes open)
5. ยืนบนพื้นที่มีการเคลื่อน หมุน หลับตา (Rotated support surface with eyes closed)
6. ยืนบนพื้นที่มีการเคลื่อน หมุน มีการเคลื่อนของวัตถุรอบ ๆ ห้อง (Rotated support surface with visual surround moving)

ผลการศึกษาพบว่า ในการทดสอบสถานการณ์ที่ 1-3 ซึ่งผู้ถูกทดสอบยืนบนพื้นผิวปกติ (พื้นเรียบแข็ง) ผู้ถูกทดสอบมี Body sway น้อย แม้ในขณะหลับตา (การทดสอบ

สถานการณ์ที่ 2) หรือขณะมีข้อมูลจากการมองเห็นไม่ถูกต้อง (การทดสอบสถานการณ์ที่ 3) ปริมาณ Body sway เพิ่มมากขึ้น ในการทดสอบสถานการณ์ที่ 4-6 ซึ่งผู้ถูกทดสอบยืนบนพื้นผิวที่มีการเคลื่อนไหวหมุน ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าข้อมูลจาก Somatosensory system มีอิทธิพลต่อการรักษาสมดุลของร่างกายมาก และผลการศึกษาพบว่าปริมาณ Body sway มีค่าสูงสุดในสถานการณ์ที่ 6 เมื่อข้อมูลจาก Somatosensory system and visual system ไม่ถูกต้อง

เนื่องจากระบบประสาทรับข้อมูลเกี่ยวกับการทรงท่าจากหลายแหล่ง ดังนั้นแม้ขาดข้อมูลจากระบบรับรู้ความรู้สึกบางระบบไปบ้าง เช่น ในขณะยืน เดินในที่มืด ในคนตาบอด หรือในผู้ที่มีความบกพร่องของระบบเวสติบูลาร์ที่ไม่รุนแรง ข้อมูลจากระบบรับรู้ความรู้สึกที่ทำงานได้ตามปกติก็เพียงพอในการรักษาสมดุลของการทรงท่าสมมติฐานเกี่ยวกับกระบวนการบูรณาการข้อมูลจากระบบรับรู้ความรู้สึกทั้ง 3 ระบบเพื่อการรักษาสมดุลของการทรงท่าในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กล่าวถึงกันมาก คือ Sensory weighting hypothesis ซึ่งกล่าววาระบบประสาทให้น้ำหนักความสำคัญกับข้อมูลจากระบบรับรู้ความรู้สึกแต่ละระบบแตกต่างกันขึ้นกับสถานการณ์ในขณะนั้น หากในสถานการณ์นั้น ข้อมูลจากระบบรับรู้ความรู้สึกบางระบบไม่น่าเชื่อถือ หรือขัดแย้งกับข้อมูลจากระบบอื่น ๆ ระบบประสาทจะให้ความสำคัญกับข้อมูลจากระบบรับรู้ความรู้สึกนั้นลดลง

2.5 Sensory Weighting

ระบบประสาท ใช้ข้อมูลจากระบบรับรู้ความรู้สึกหลายระบบประกอบกันในการรักษาภาวะสมดุลในการทรงท่าโดยที่การให้น้ำหนักความสำคัญของข้อมูลจากแต่ละระบบจะไม่เท่าเทียมกันขึ้นอยู่กับสถานการณ์ในขณะนั้น ตัวอย่างเช่น ในภาวะที่ยืนอยู่บนพื้นเรียบ มั่นคง แสงสว่างเพียงพอ การรักษาสมดุลของการทรงท่าจะอาศัยข้อมูลจากระบบกายสัมผัสเป็นหลัก (ประมาณ 70%) จากระบบเวสติบูลาร์ (20%) และการมองเห็น (10%) เพียงเล็กน้อย แต่หากยืนอยู่บนพื้นที่ไม่มั่นคง เช่น มีการเคลื่อนไหวที่ไปมาโคลงเคลง แกว่ง หรือหมุน ระบบประสาทจะให้ความสำคัญกับข้อมูลจากระบบกายสัมผัสน้อยมาก (เหลือประมาณ 10%) โดยเปลี่ยนมาใช้ข้อมูลจากระบบเวสติบูลาร์เป็นหลัก (ประมาณ 60%) รองลงมาเป็นข้อมูลจากการมองเห็น (30%) [11] หรืออีกนัยหนึ่งคือเมื่อยืนบนพื้นที่ไม่มั่นคง ระบบประสาทเชื่อถือความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลจากระบบกายสัมผัสน้อยลง และหันมาใช้ข้อมูลจากระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกระบบอื่นในการรักษาสมดุลของการทรงท่า การที่ระบบประสาทสามารถปรับเปลี่ยนการให้ความสำคัญกับข้อมูลจากระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสมตามสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงนี้ ช่วยให้ร่างกายสามารถรักษาสมดุลอยู่ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ นอกจากนี้ความบกพร่องของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกที่ใช้ในการทรงตัวบางระบบ

อาจส่งผลให้บุคคลชดเชยความบกพร่องนั้นโดยให้ความสำคัญกับระบบประสาทรับความรู้สึก ระบบอื่นในการรักษาสมดุลของการทรงท่า ตัวอย่างเช่น ผู้ป่วยบางรายอาจใช้ไม้เท้าเพื่ออาศัย ข้อมูลจากการสัมผัส (Light touch) ทรงท่าทำการชดเชย การสูญเสียการรับรู้สัมผัสที่เท้า เป็นต้น

2.6. Control of dynamics

การควบคุมการทรงท่าในขณะที่มีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงท่าทาง ขณะเดิน ขณะทำกิจกรรมต่าง ๆ มีความซับซ้อนมากกว่าขณะอยู่กับที่หนึ่ง ๆ การปรับการทรงท่าเพื่อรักษาสมดุล และเพื่อให้ร่างกาย อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสัมพันธ์กับกิจกรรมที่ทำแบ่งได้เป็นการปรับการทรงท่าภายหลังมีการรบกวนภาวะสมดุล (Adaptive or reactive postural adjustment) และการปรับทรงท่าล่วงหน้าก่อนมีการรบกวนภาวะสมดุล (Anticipatory or Proactive postural adjustment) หรือการเตรียมพร้อมล่วงหน้าเพื่อจะรับการรบกวนสมดุลนั่นเอง

2.6.1 การปรับการทรงท่าภายหลังมีการรบกวนภาวะสมดุล (Adaptive postural adjustment) เมื่อมีการรบกวนภาวะสมดุลจากภายนอก ข้อมูลเกี่ยวกับการรบกวนสมดุลนี้ถูกส่งผ่านระบบประสาทรับความรู้สึก (Visual, vestibular, somatosensory) ไปยังระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อประมวลผลและสั่งการให้เกิดการปรับการทรงท่าเพื่อรักษาสมดุลของร่างกายผ่านระบบการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback control system) จากระบบประสาทรับความรู้สึกโดยจะมีการปรับการทรงท่าจนกระทั่งข้อมูลย้อนกลับจากระบบรับความรู้สึกบ่งชี้ว่าร่างกายได้กลับเข้าสู่ภาวะสมดุล

2.6.2 การปรับการทรงท่าล่วงหน้าก่อนมีการรบกวนภาวะสมดุล (Anticipatory postural adjustment) ขณะทำการเคลื่อนไหวภายใต้อำนาจจิตใจ (Voluntary movement) ระบบประสาททราบล่วงหน้าว่าจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงอันเนื่องมาจากการเคลื่อนไหวที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ภาวะสมดุลถูกรบกวน จึงมีการส่งคำสั่งมายังกล้ามเนื้อที่ใช้รักษาสมดุลของการทรงท่าให้ทำงานล่วงหน้าเพื่อเตรียมรับการรบกวนภาวะสมดุลที่จะเกิดขึ้น คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อแสดงให้เห็นการทำงานของกล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius) ที่เกิดขึ้นก่อนการทำงานของกล้ามเนื้อข้อศอก (Biceps) กล่าวคือ ก่อนที่อาสาสมัครจะออกแรงดึงที่มีมือจับ กล้ามเนื้อ Gastrocnemius มีการทำงานล่วงหน้าก่อนที่กล้ามเนื้อแขน (Biceps) จะทำงาน เพื่อเตรียมรับการเคลื่อนไหวไปข้างหน้าของลำตัวที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงที่มีมือ การปรับการทรงท่าในภาวะนี้ผ่านการวางแผนล่วงหน้าของระบบประสาท (Feedforward control system)

3. การทดสอบการเดินขณะทำงานอย่างที่สองพร้อมด้วย (Dual task walking)

การทดสอบการเดินโดยให้ผู้ถูกทดสอบ หรือผู้ป่วยทำงานอย่างที่สองพร้อมด้วย (Dual-task, Gait assessment) เป็นอีกวิธีการหนึ่ง ที่นิยมใช้ประเมินการเดินในคลินิก ทั้งนี้ในชีวิตประจำวันเรามักทำกิจกรรมต่าง ๆ ขณะเดิน ไม่ว่าจะเป็นการสนทนากับคนข้าง ๆ หรือทางโทรศัพท์ ถือแก้วน้ำ ถาดใส่อาหาร ถังใส่ของ การเดินต้องอาศัยการทำงานของสมองชั้นสูง การรับรู้ความเข้าใจ (Cognition) ซึ่งรวมถึงความสนใจ (Attention) การทำงานอย่างที่สองขณะเดินทำให้สมองต้องแบ่งความสนใจจากการเดินไปยังงานที่สองส่งผลให้ความเร็วในการเดินลดลงเมื่อเทียบกับการเดินเพียงอย่างเดียว [17] โดยในคนปกติ วัยรุ่นหรือ วัยกลางคน การทำกิจกรรมเหล่านี้ไม่รบกวนการเดินจนถึงกับทำให้เกิดความเสี่ยงในการหกล้ม แต่ในผู้สูงอายุ หรือผู้ที่มีความบกพร่องของการรับรู้ความเข้าใจ โดยเฉพาะในส่วนของความสนใจ (Attention) เช่น ผู้ป่วยอัลไซเมอร์ หรือในผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการเดินการทรงตัวอยู่แล้ว กิจกรรมที่สองนี้อาจดึงความสนใจ (Attention) ไปจากการเดิน หรือการรักษาการทรงตัวขณะเดินจนทำให้มีความเสี่ยงในการหกล้มเพิ่มมากขึ้น

การทดสอบที่นิยมใช้ในคลินิก ได้แก่ "Stop walking while talking test walking while talking test เป็นต้น โดย Stop walking while talking test เป็นการทดสอบว่าผู้ป่วยต้องหยุดเดินขณะสนทนาหรือไม่การศึกษาแบบติดตามไปข้างหน้าของ Lundin-Olsson และคณะ [18] พบว่าร้อยละ 83 (10 คน จาก 12 คน) ของผู้สูงอายุ (อายุเฉลี่ย 80 ปี) ที่หยุดเดินขณะสนทนาในระหว่างการทดสอบ Stop walking while talking หกล้มในช่วง 6 เดือนต่อมา สำหรับ Walking while talking ทดสอบโดยให้เดินเป็นระยะทาง 6 เมตร แล้วหมุนตัว เดินกลับมายังจุดเริ่มต้นโดยขณะเดินให้ท่องตัวอักษรเรียงตามลำดับ เช่น A, B, C, D...หรือท่องตัวอักษรข้ามทีละ 1 ตัวอักษร เช่น A, C, E, Gจับเวลาที่ใช้ในการเดิน จากการศึกษาของ Verghese และคณะ [19] พบว่าการทดสอบ Walking while talking โดยให้ผู้สูงอายุท่องตัวอักษรข้ามทีละ 1 ตัวอักษรสามารถทำนายการหกล้มของผู้สูงอายุได้ การนำการทดสอบการเดินขณะทำงานอย่างที่สองพร้อมด้วยไปใช้ในคลินิก สามารถทำได้หลายวิธี เช่น ทดสอบโดยให้ผู้ป่วยเดินพร้อมกับชวนพูดคุย ถามคำถาม ให้พูดชื่อสัตว์ สิ่งของขณะเดินให้ได้มากที่สุด หรือให้ลบเลข เป็นต้น ผู้ทดสอบสังเกตการเดิน การหยุดเดิน รวมถึงประเมินความเร็วในการเดิน โดยกิจกรรมที่สองที่กล่าวข้างต้นเป็นลักษณะของ Cognitive task ทั้งนี้อาจทดสอบโดยให้ผู้ป่วยทำงานอย่างที่สองที่เป็น Motor task เช่นให้ถือสิ่งของ เช่น แก้วน้ำ หรือถาดอาหาร โดยทั่วไปไม่มีการกำหนดหรือบอกผู้ป่วยว่าต้องให้ความสำคัญกับการเดินหรือการทำงานอย่างที่สองมากกว่ากัน การทดสอบการเดินขณะผู้ป่วยทำกิจกรรมอย่างที่สองพร้อมด้วย นอกจากใช้ในการประเมินการเดิน

แล้วยังสามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการฝึกเดินได้อีกด้วย ซึ่งเป็นการเพิ่มความยากของการฝึกเดิน และเป็นการเตรียมผู้ป่วยเพื่อกลับสู่ชีวิตประจำวันที่มีกิจกรรมอื่นร่วมกับการเดิน ทั้งนี้ควรเลือกความยากของงานอย่างที่สองให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้ป่วย

4. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)

การกระตุ้นสมองแบบไม่รุกรานโดยการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial direct current stimulation ; tDCS) เป็นหนึ่งในเทคนิคที่ไม่รุกรานทางสมอง (Noninvasive brain stimulation technique) ที่ทำโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดต่ำ (1–2 mA) เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเซลล์ประสาท

4.1 หลักการและกลไกของ Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)

กลไกการทำงานของ tDCS คือการทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนความต่างศักย์ของเซลล์ประสาทในระยะพัก (Resting membrane potential) และการปรับเปลี่ยนการทำงานของจุดประสานประสาท (Synaptic plasticity)

4.1.1 ปฏิกริยาใต้ขั้วเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial direct current stimulation ; tDCS)

1) ปฏิกริยาใต้ขั้วลบ เซลล์ประสาทใต้ขั้วลบจะเกิด Hyperpolarization คือ ความเป็นขั้วเพิ่มขึ้นหรือความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้า (Potential) ในเซลล์และนอกเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้เราเซลล์ประสาทนั้น ๆ ให้เกิด Action potential ได้ยากขึ้น นอกจากนี้ยังมีหลักฐานว่าจะเกิดการยับยั้งการทำงานของจุดประสานประสาท (IPSP)

2) ปฏิกริยาใต้ขั้วบวก เกิดการเพิ่มขึ้นของ Resting membrane potential จากการเพิ่มการทำงานของ Na^+ channel ทำให้ Na^+ ในระยะพักเข้าเซลล์ได้มากขึ้น ความเป็นขั้วลดลงหรือความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้า (Potential) ในเซลล์และนอกเซลล์ลดลง เซลล์ประสาทภายใต้ขั้วบวกจึงสามารถถูกเราให้เกิด Action potential ได้ง่ายขึ้น

4.1.2. กลไกของการเกิด Cortical excitability จากการกระตุ้นด้วยเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial direct current stimulation ; tDCS)

การกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะอาศัยหลักการที่เรียกว่า Neuromodulation เพื่อหวังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Membrane potentials และเกิด Spontaneous depolarization จากการศึกษาพบว่าเมื่อกระตุ้นสมองด้วย tDCS ทำให้ Cortical excitability เปลี่ยนแปลง

- 1) การปรับเปลี่ยนการทำงานของ Sodium channel, Calcium channel และ NMDA receptor ในสมองส่งผลให้เกิด Long-term potentiation (LTP) และ Long-term depression (LTP) และเกิด Synaptic plasticity
- 2) เกิด Depolarization ที่ผนังหลอดเลือด ทำให้ Regional cerebral blood flow เพิ่มขึ้น
- 3) เพิ่มการผลิต Activity-dependent brain-derived neurotrophic factor (BDNF) กระตุ้นให้เกิด Synaptic plasticity และ Neurogenesis ผลดังกล่าวอาจเกิดไม่เท่ากันทุกคน เนื่องจากปัจจัยทางพันธุกรรมของ Val66 polymorphism ที่มีผลต่อการตอบสนองของการกระตุ้นด้วย tDCS [51]

4.2 ตำแหน่งการวางขั้ว

ตารางที่ 1 ตำแหน่งวางขั้วในผู้ป่วยซึมเศร้า

Anode (+)	Cathode (-)	Use	comment
DLPFC (F3)	Supra-orbital (FP2)	Depression (pain)	- การวางขั้วที่ไซบอยที่สุดสำหรับภาวะซึมเศร้า - Positive results สำหรับภาวะซึมเศร้าและอาการปวด
DLPFC (F3)	Extra-cranial (Right upper arm)	Depression	- หลีกเลี่ยงผลกระทบที่สับสนสำหรับ 2 อิเล็กโทรดที่อยู่ตรงข้ามกันในสมอง
DLPFC (F3)	DLPFC (F4)	Depression (pain)	- Bi-hemispheric stimulation มีประโยชน์สำหรับ Hemispheric imbalance

หมายเหตุ: ในผู้ป่วยโรคอารมณ์สองขั้ว (Bipolar disorder) มีความเสี่ยงที่จะกระตุ้นให้เกิดอาการ Hypomanic

Bi-hemispheric stimulation สามารถส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมเสี่ยงได้

Unilateral Anodal stimulation ของ DLPFC (F3) ไม่ได้แสดงให้เห็นว่ามีอิทธิพลต่อพฤติกรรมความเสี่ยง

ตารางที่ 2 ตำแหน่งวางขั้วในผู้ป่วยที่มีอาการปวด

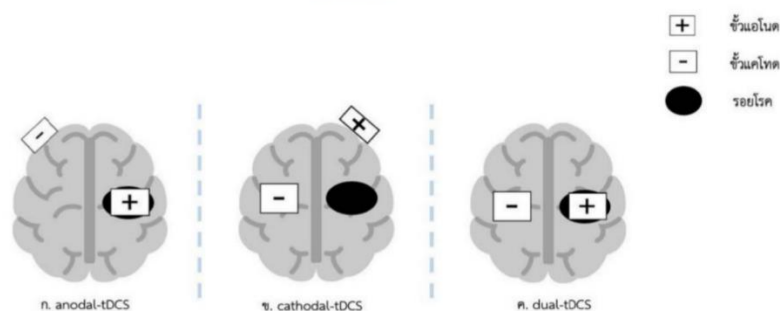
Anode (+)	Cathode (-)	Use	comment
M1 (C3)	Supra-orbital (FP2)	Pain (sleep)	- การวางขั้วที่ไซบอยที่สุดสำหรับ Pain - การกระตุ้นเพียงด้านเดียว อาจมีปัญหาลำหรับ Bi-lateral pain syndromes
M1 (C4)	Supra-orbital (FP1)	Pain	- Mirror of the previous montage
M1 (C3)	M1 (C4)	Pain	- Bi-hemispheric stimulation สามารถรักษา hemispheric imbalance
M1 (C4)	M1 (C3)	Pain	- Mirror of the previous montage
M1 (C3+C4)	Supra-orbital	Pain	- พื้นผิวอิเล็กโทรดขนาดใหญ่อาจทำให้การกระตุ้นมีประสิทธิภาพน้อยลง
DLPFC (F3)	Supra-orbital (FP2)	Pain (Sleep)	- การวางขั้วที่ไซบอยที่สุดสำหรับภาวะซึมเศร้า - มีฤทธิ์ลดอาการที่เกี่ยวข้องกับอาการปวด

หมายเหตุ: นี่เป็นส่วนหนึ่งในการวางขั้ว

Anodal tDCS บน M1 ปรับ Pain threshold นำไปสู่ การปรับปรุงระดับเจ็บปวด Visual analogue scale (VAS)

ผลกระทบได้รับการบันทึกไว้ในผู้ป่วยที่มีอาการปวดทางระบบประสาท เช่น Trigeminal neuralgia, Poststroke pain syndrome, Back pain และ Fibromyalgia

4.2.1 ตำแหน่งวางขั้วในผู้ป่วย Stroke (28)



รูปที่ 1 การวางตำแหน่งขั้วของ tDCS

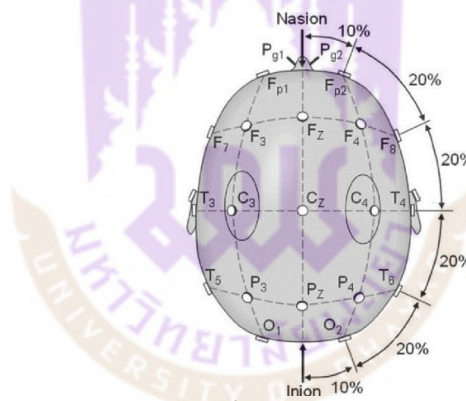
การวางขั้วกระตุ้นสามารถวางได้ 2 รูปแบบ

1) Unilateral-tDCS มี 2 แบบคือ

1.1) Anodal-tDCS คือวางขั้ว Active electrode ในสมองตำแหน่งที่ต้องการกระตุ้น หรือวางในสมองที่มีรอยโรคบริเวณ Primary motor cortex (M1) หรือบริเวณ C3/C4 และอีกขั้ว คือ Reference electrode วางที่บริเวณ Supraorbital area หรือ Fp1/Fp2 เพื่อกระตุ้นการตื่นตัวของเซลล์ประสาทสมองข้างที่มีรอยโรค

1.2) Cathodal-tDCS คือวางขั้ว Cathode วางที่สมองข้างที่ไม่มีรอยโรค บริเวณบริเวณ C3/C4 และอีกขั้วคือ Reference electrode วางที่บริเวณ Supraorbital area หรือ Fp1/Fp2 เพื่อลด Interhemispheric inhibition (IHI)

2) Dual-tDCS หรือ Bi-hemispheric วางบริเวณ C3 และ C4 พร้อมกัน วาง Anode ที่สมองที่มีรอยโรค และวาง Cathode ที่สมองที่ไม่มีรอยโรค ช่วยเปลี่ยนแปลง Cortical excitability ของสมองทั้งสองข้างและปรับสมดุลของ IHI ได้ (29)



รูปที่ 2 ตำแหน่ง Electrode placement

4.3 แนวทางการใช้ tDCS ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในการฟื้นฟูการเคลื่อนไหว

tDCS ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยอย่างแพร่หลายในการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมองพบว่า Cortical excitability ในสมองข้างที่มีรอยโรคนั้นลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงของ Interhemispheric inhibition (IHI) ระหว่างสมองทั้งสองข้าง โดยเฉพาะ IHI ที่มากขึ้นจากสมองข้างที่ไม่มีรอยโรคมาแยงสมองข้างที่มีรอยโรค การวางขั้วกระตุ้น tDCS ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองนั้น จึงแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบที่ 1 การวางแบบ Unilateral-tDCS กล่าวคือขั้วที่ต้องการผลของขั้วนั้นวางยังตำแหน่งของสมองบริเวณที่ต้องการกระตุ้นเรียกว่า Active electrode ส่วนอีกขั้ววางในตำแหน่งที่ไม่ใช่บริเวณคอร์เทกซ์ เรียกว่า Reference electrode ซึ่งรูปแบบที่นิยมนั้นจะใช้ขั้วแอโนดวางที่สมองข้างที่มีรอยโรคบริเวณ

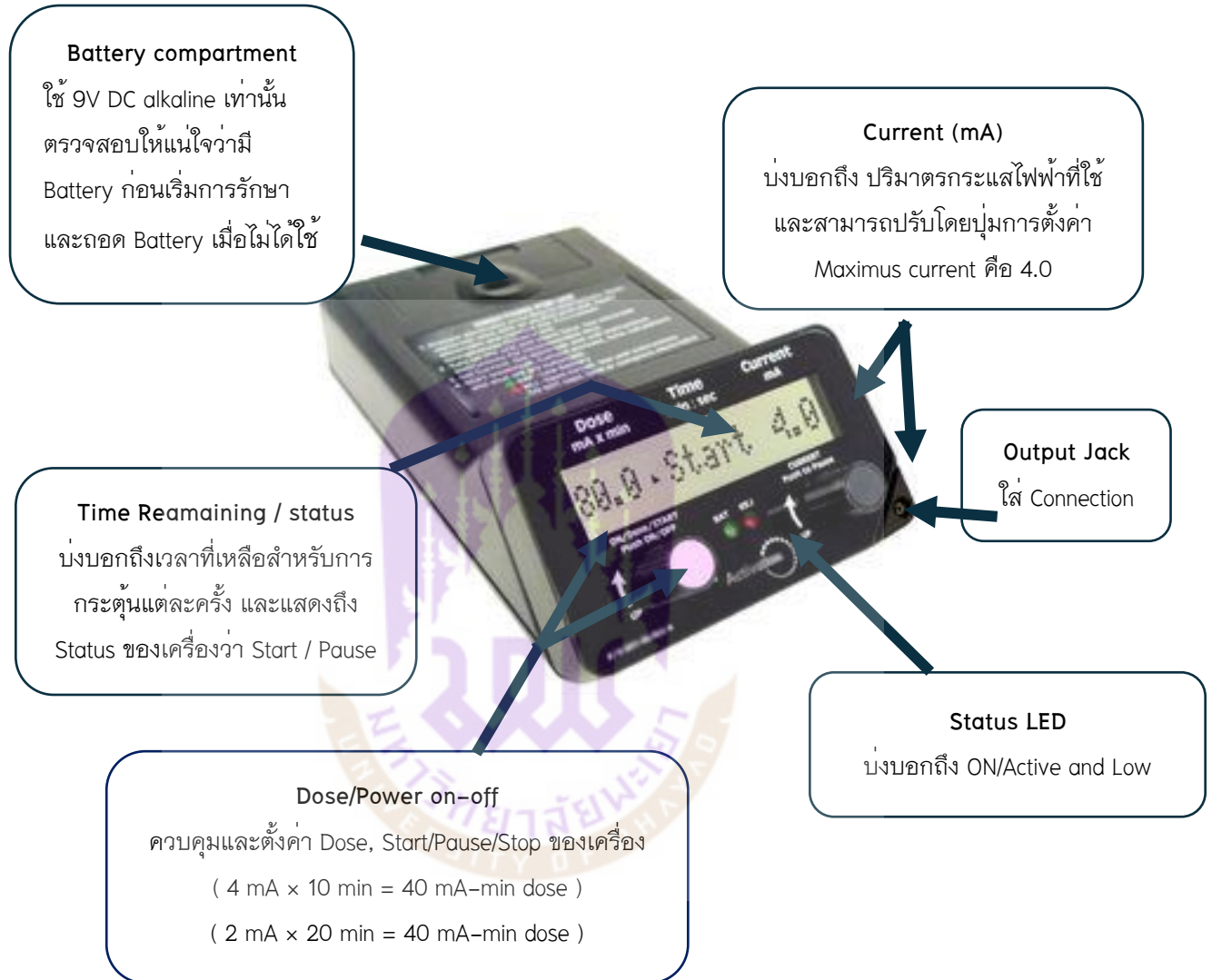
Primary motor cortex (M1) หรือบริเวณ C3/C4 อิงตามหลักการของการวัดคลื่นสมองสากล หรือ International 10–20 system และ Reference electrode มักวางที่บริเวณ Supraorbital area หรือ Fp1/Fp2 ของด้านตรงข้าม เรียกรวมลักษณะนี้ว่า Anodal-tDCS ใช้เพื่อกระตุ้นการตื่นตัวของเซลล์ประสาทสมองข้างที่มีรอยโรค หรือใช้ขั้วแคโทดวางที่สมองข้างที่ไม่มีรอยโรค และ Reference electrode วางที่บริเวณ Supraorbital area ของด้านตรงข้ามเพื่อลด IHI ที่มากเกินไป เรียกว่า Cathodal-tDCS รูปแบบการวางแบบ C3/C4–Fp1/Fp2 นี้สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Cortical excitability ได้มากที่สุดเมื่อวัดด้วย Motor [50]



4.4 เครื่อง Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) [52]

4.4.1 องค์ประกอบของเครื่อง Transcranial Direct Current Stimulation

(tDCS)



รูปที่ 3 เครื่อง Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)

4.4.2 คุณลักษณะด้านความปลอดภัยและความสะดวกสบายของ activadose tDCS

1) Description : the ActivaDose tDCS เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วย Microprocessor ซึ่งใช้ในการส่งกระแสตรง สำหรับการใช้ tDCS ซึ่ง Microprocessor เป็นตัวตรวจสอบความปลอดภัยขณะทำการเปิดเครื่องรวมถึงความปลอดภัยอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับโหมดการทำงาน

- 2) Display Hely : ในระหว่างการใช้งานปกติ จอแสดงผลจะให้คำแนะนำ ข้อความแจ้งเตือนต่าง ๆ ช่วยในการดำเนินการขั้นตอนถัดไปเพียงไม่กี่วินาที คุณจะ สามารถตั้งค่า Dose และกระแสได้ และเริ่ม tDCS ได้
- 3) Turning the Dose controller ON and OFF : สามารถ เปิด Dose controller โดยกดปุ่ม ON/Dose/Start หรือ หมุนตามเข็มนาฬิกา สามารถปิดเครื่องโดยกดปุ่ม ON/Dose/Start (หากมีการกระตุ้นขณะกดปิดเครื่อง เครื่องจะทำการลด Dose, กระแสลงโดยอัตโนมัติก่อนปิดเครื่อง)
- 4) Pause Feature : หากต้องการหยุดชั่วคราว ให้กดปุ่ม Current ทำการลดกระแสลงโดยอัตโนมัติและอยู่ในโหมด Pause หากต้องการ Restart tDCS session ให้ ตั้งค่ากระแสไฟไประดับที่ต้องการ แล้วหมุน On/Dose/Start ตามเข็มนาฬิกา เครื่องจะคำนวณ เวลาการกระตุ้นใหม่โดยอัตโนมัติ เพิ่มความเร็วและดำเนินการต่อไป
- 5) Automatic Time Calculation : ต้องป้อนเฉพาะ Dose และ กระแสที่ต้องการสำหรับ tDCS การคำนวณเวลาทั้งหมดจะดำเนินการอัตโนมัติ แม้ว่า Dose และกระแสที่ตั้งค่าเปลี่ยนไป หรือ Pause
- 6) Automatic Current Ramp Up : หลังเลือก Dose และ ตั้ง ค่ากระแสแล้ว สามารถเริ่มการกระตุ้นได้ เริ่มระดับกระแสอัตโนมัติในระดับที่ผู้ใช้ส่วนใหญ่ สะดวกสบายตลอดเวลา
- 7) Automatic or Manual Current Ramp down: หลังจากถึง Does ที่ตั้งไว้ กระแสจะลดลงเหลือ 0.0 mA โดยอัตโนมัติ และเครื่องจะส่งเสียง “บีบ” เพื่อยุติ tDCS session นอกจากนี้ การลดกระแสไฟอัตโนมัติจะเกิดขึ้นหากมี “Low Battery Reject” เกิดขึ้น ระหว่างการกระตุ้นกระแสไฟอาจถูกปิดเมื่อใดก็ได้ รวมถึง Ramp up เพื่อยุติ tDCS session
- 8) Resistance Limit: ในบางครั้งเมื่อทำการรักษาบริเวณผิวหนัง ที่มีความต้านทานสูง เครื่องอาจส่งเสียง บีบ และกระพริบ “Limit” บนจอแสดงผล อย่างไรก็ตาม เครื่องจะกระตุ้นต่อไป เมื่อความต้านทานลดลงระหว่าง tDCS session เครื่องจะเพิ่ม กระแสถึงระดับที่ต้องการโดยอัตโนมัติ หากไม่สามารถถึงระดับที่ต้องการ เครื่องจะเพิ่มกระแส จนถึงระดับสูงสุด
- 9) Dose and Current Limit : เครื่องจะส่งเสียง บีบ และการแสดง Does จะกระพริบ “Limit” หากมีความพยายามหมุนปุ่มปรับ Dose เกินขีดจำกัดของเครื่อง 80 mA×นาที่ นอกจากนี้เครื่องจะส่งเสียง บีบ และจอแสดงผลปัจจุบันจะกระพริบ “Limit” หากมี

ความพยายามหมุนปุ่มปัจจุบันเกินค่า 4.0 mA (หรือ 2.0 mA ขึ้นอยู่กับเวอร์ชัน) อ้างอิงคำแนะนำในการใช้งานที่มาพร้อมกับอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ Dose และกระแสสูงสุดที่แนะนำ

10) Electrode reject : ปัญหาเกี่ยวกับวงจร (เช่น อิเล็กทรอนิกส์ หลวม ผิดแห่ง อิเล็กทรอนิกส์เชื่อมต่อไม่ถูกต้อง) อาจทำให้เกิด “Electrode Reject” เครื่องจะดำเนินการปิดเครื่องโดยอัตโนมัติ ดูส่วน Troubleshooting (การแก้ไขปัญหา) เพื่อแก้ไขปัญหา

4.4.3 การตั้งค่าของ Activadose tDCS Unit

1) ติดตั้งแบตเตอรี่ 9V ห้ามใช้แบตเตอรี่ชนิดชาร์จซ้ำได้

1.1) ก่อนที่จะมีการกระตุ้น หากพลังงานแบตเตอรี่อ่อนเกินไป สำหรับการทำงานของวงจรที่เหมาะสม เครื่องจะยังปิดการใช้งานอยู่ และไฟแสดงสถานะ “Bat” จะสว่างขึ้น หากพยายาม tDCS session เสี่ยงเดือนจะดั่งขึ้นและจอแสดงผลจะกระพริบ “Low Battery”

1.2) ช่องใส่แบตเตอรี่ คือ ที่ข้างหลังของตัวเครื่อง หากต้องการเปิด ให้เปิดช่องใส่แบตเตอรี่ด้านในเบา ๆ พบสัญลักษณ์ขั้ว + และ - ไว้ที่ด้านในของช่อง หากติดตั้งแบตเตอรี่ไม่ถูกต้อง กลับขั้ว เครื่องจะไม่ทำงาน ตรวจสอบให้แน่ใจว่าช่องใส่แบตเตอรี่ ปิดสนิทหลังจากติดตั้งแบตเตอรี่

หมายเหตุ: ใส่แบตเตอรี่ FLAT เข้าไปในช่องใส่แบตเตอรี่เสมอ ใช้สายรัดแบตเตอรี่ เพื่อถอดออก อย่าถอดหรือใส่แบตเตอรี่โดยการเอียงหรือพยายามงัดแบตเตอรี่ออกจากช่องใส่ เนื่องจากจะทำให้ หน้าสัมผัสแบตเตอรี่เสียหาย

2) Twin Lead Connectors เชื่อมต่อขั้วต่อสายคู่ที่เหมาะสมกับชุด

ActivaDose



รูปที่ 4 การเชื่อมต่อสายคู่กับ ActivaDose

4.4.4 วิธีใช้งาน ActivaDose tDCS อย่างเต็ม

ปกติ tDCS session เพียง 3 ขั้นตอนเท่านั้น เลือก Dose, ตั้งค่ากระแส, Start tDCS session

1) เลือก Dose: กดปุ่ม ON/ Dose/ Start หรือหมุนตามเข็มนาฬิกา เพื่อเปิดเครื่อง เครื่องจะดำเนินการ ตรวจสอบระบบ ได้รับการตั้งค่าล่วงหน้าที่มีปริมาณ 40.0 mA-min หากต้องการสามารถเปลี่ยน Dose ได้

ตัวอย่าง: สำหรับ 40mA-min dose จอแสดงผลจะแสดง



รูปที่ 5 จอแสดงผล 40 mA-min dose

หมายเหตุ: 1. Dose: $4 \text{ mA} \times 10 \text{ min} = 40 \text{ mA-min (dose)}$

$2 \text{ mA} \times 20 \text{ min} = 40 \text{ mA-min (dose)}$

$2 \text{ mA} \times 40 \text{ min} = 80 \text{ mA-min (dose)}$

2. หลังจากนั้น รอประมาณ 2 นาที สามารถตั้งค่ากระแสได้

2) ตั้งค่ากระแส อ่านคำแนะนำอิเล็กทรอนิกส์สำหรับกระแสที่แนะนำ หมุนปุ่ม Current ตามเข็มนาฬิกาเพื่อตั้งค่ากระแส กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 2.0 mA. หรือ 4.0 mA.



รูปที่ 6 จอแสดงผล กระแสไฟฟ้า 4.0 mA.

3) Start session: กดปุ่ม ON/ Dose/ Start ตามเข็มนาฬิกา คลิก เพื่อเริ่ม การกระตุ้นกระแสไฟฟ้าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นโดยอัตโนมัติจนถึงจุดที่ตั้งไว้



รูปที่ 7 จอแสดงผลเริ่มการกระตุ้น



รูปที่ 8 จอแสดงผลขณะการกระตุ้น

หมายเหตุ: 1. Dose แสดงผล dose ที่ mA-minutes สะสม

2. Time แสดงเวลาที่เหลือเป็นนาทีและวินาที

3. Current แสดงกระแสจริงที่จ่ายจริงเป็นนาที่

4. Automatic current ramp อยู่ใน Comfort pauses

สำคัญ: หากผู้ใช้รู้สึกไม่สบายที่ระดับกระแสไฟ 4.0 mA. สามารถลดลงได้โดยหมุนปุ่ม Current ทวนเข็มนาฬิกา เวลากระตุ้นจะเพิ่มขึ้นโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ Dose ที่ตั้งไว้

4) Pluses หรือหยุดการกระตุ้นด้วยตัวเอง: ในระหว่างการกระตุ้นหรือ Ramp up ให้หมุนปุ่ม Current ทวนเข็มนาฬิกาเพื่อลดกระแสไฟ เป็น 0.0 mA. หรือ กดปุ่ม Current สำหรับ Ramp down หน้าจอจะกะพริบ Pause และ Dose ก่อนที่หยุดแสดงอยู่ หน้าจอแสดงผล



รูปที่ 9 จอแสดงผลขณะเครื่อง Pause

หมายเหตุ: 1. ในระหว่าง Pause อิเล็กโทรดอาจตัดการเชื่อมต่อ เปลี่ยนหรือถอดออก อาจปรับ Dose หรือ กระแสไฟได้

2. หากต้องการ Restart tDCS session ให้หมุนปุ่ม Current ตามเข็มนาฬิกา ไปยังระดับที่ต้องการได้

3. หมุนปุ่ม ON/Dose/Start ตามเข็มนาฬิกาเพิ่มเริ่มต้นเครื่องจะคำนวณเวลากระตุ้นใหม่โดยอัตโนมัติ

5) Stop stimulation: หลังจากถึง Dose ที่ตั้งไว้กระแสไฟจะลดลงเหลือ 0.0 mA. โดยอัตโนมัติ หลังจาก tDCS session 40 mA.-min เสร็จสิ้น เครื่องจะส่งเสียงบีบและหน้าจอจะแสดงผลดังนี้

Dose mA x min	Time min : sec	Current mA
40.0	00.00	00

รูปที่ 10 จอแสดงผลหลังจบการกระตุ้น

หมายเหตุ: 1. หลังจากลดกระแสไฟลงอัตโนมัติแล้ว ให้หมุนปุ่ม เพื่อปิดเสียง หรือกดปุ่ม ON/Dose/Start เพื่อปิด

2. หมุนปุ่ม Current ทวนเข็มนาฬิกาไปที่ 0.0 mA. ได้ตลอดเวลาเพื่อหยุดการกระตุ้น หรือ กดปุ่ม ON/Dose/Start

6) สิ้นสุด tDCS session ให้ดำเนินการถอดอิเล็กโทรด ปลดสายไฟตะกั่วและถอดอิเล็กโทรดออกจากผู้ใช้ ทั้งอิเล็กโทรดฟองน้ำ หลังจากใช้งาน 3-4 ครั้งไม่ควรใช้เกินกว่านี้ เพราะจะมีการกระจายของกระแสไฟไม่สม่ำเสมอ

4.4.5 วิธีการใช้เครื่อง ActivaDose tDCS อย่างง่าย

1) ตรวจสอบว่าอิเล็กโทรดฟองน้ำ tDCS ได้รับการติดตั้งอย่างเหมาะสมและชุบด้วยน้ำเกลือ “Bump (ส่วนกันกระแทก)” ของ Lead cable บนแผ่นยางคาร์บอนที่เป็นสื่อกระแสไฟฟ้าควรหันหน้าออกจากแผ่นฟองน้ำ โปรดดูข้อมูลเพิ่มเติมในส่วน “การบำรุงรักษาอิเล็กโทรดแบบฟองน้ำ”

2) เชื่อมต่อสายเคเบิลตะกั่วเข้ากับอิเล็กโทรดฟองน้ำ และ Output jack ของ ActivaDose tDCS (สีแดง: Anode สีดำ: Black)

3) วางอิเล็กโทรดฟองน้ำในตำแหน่งที่ต้องการกระตุ้นใช้สายรัด

4) กดปุ่ม Dose/Power เพื่อเปิดเครื่อง

5) เลือก Dose โดยหมุนปุ่ม Dose/Power Dose แสดงถึง ปริมาณกระแส (mA)×เวลา(นาที) Dose จะเป็นตัวกำหนดเวลาในการกระตุ้น เช่น 2 mA × 20 min = 40 mA-min (Dose) หมายถึง Dose คือ 40 mA-min ปริมาณกระแส 2 mA และเวลา 20 นาที

6) เลือก ปริมาณกระแส โดยหมุนปุ่ม Current

7) หมุนปุ่ม Dose/Power เพิ่มเริ่มการกระตุ้น

ตารางที่ 3 การแก้ไขปัญหา

Display Show	สาเหตุที่เป็นไปได้	การดำเนินการแก้ไข
Electrode Reject และ REJ	<ul style="list-style-type: none"> - การเชื่อมต่อไฟฟ้าหลวมที่อิเล็กโทรดหนึ่งหรือทั้งสองอัน - มีอิเล็กโทรดหนึ่งหรือทั้งสองอัน ถูกดึงออกจากผิวหนัง - อิเล็กโทรดไม่ได้ชุบน้ำ 	<ul style="list-style-type: none"> - หมุนปุ่ม Current ทวนเข็มนาฬิกาถึงการกระตุ้น Pause และมีเสียงบีบ - หมุน Current ไปที่ Reset Current, Restart การกระตุ้น
Dose "limit"	<ul style="list-style-type: none"> - ถึง Maximum dose คือ 80.0 mA-min แล้ว 	<ul style="list-style-type: none"> - อ้างอิง Electrode จากคำแนะนำการใช้ Dose
Current "limit"	<ul style="list-style-type: none"> - ถึงปริมาณกระแสสูงสุด 4.0 mA (2.0 mA สำหรับบางเวอร์ชัน) 	<ul style="list-style-type: none"> - ปรับปริมาณกระแส
"resistance limit"	<ul style="list-style-type: none"> - ความต้านทานต่อผิวหนังบริเวณวางอิเล็กโทรดสูงเกินไป สำหรับปริมาณกระแสที่ตั้งไว้ล่วงหน้า 	<ul style="list-style-type: none"> - Ramp แบบอัตโนมัติถึงระดับปริมาตรที่ต้องการหรือปริมาณที่สูงเท่าที่เป็นไปได้ปรับเวลาเพื่อให้ได้ Dose ที่ต้องการ
Pause	<ul style="list-style-type: none"> - การกระตุ้นถูก Pause โดยลดลงถึงปริมาณกระแสถึง 0.0 mA หรือ กด Current 	<ul style="list-style-type: none"> - ในระหว่าง Pause สามารถถอด, ย้ายหรือเปลี่ยนใหม่ของอิเล็กโทรดได้ - หมุนปุ่ม Current เพื่อ Reset กระแสไฟ, Restart stimulation
ไฟแสดงสถานะ Bat ระหว่าง tDCS session	<ul style="list-style-type: none"> - แรงดันไฟแบตเตอรี่ลดลงในระหว่างการกระตุ้น แต่การกระตุ้นดำเนินต่อไป 	<ul style="list-style-type: none"> - หลังจากการกระตุ้นเสร็จสิ้น ให้เปลี่ยนแบตเตอรี่

ไฟแสดงสถานะ “Low battery” และ “Bat” สว่างขึ้นเมื่อเปิดเครื่อง	<ul style="list-style-type: none"> - แร่งดันไฟแบตเตอรี่ต่ำเกินไปสำหรับการทำงานที่เหมาะสม - หากแรงดันแบตเตอรี่ต่ำมาก มีเพียงไฟแสดงสถานะ Bat เท่านั้น - เครื่องไม่อนุญาตให้เริ่มต้นการกระตุ้น 	- เปลี่ยนแบตเตอรี่
“Low Batt Reject” และ ระหว่างกระตุ้นไฟแสดงสถานะ “Bat”	<ul style="list-style-type: none"> - แร่งดันแบตเตอรี่ต่ำเกินไปสำหรับดำเนินการกระตุ้นต่อ - เครื่องไม่อนุญาตให้ Restart - เครื่องลดกระแสลงก่อน Dose ที่ตั้งไว้ก่อนที่จะถึง Dose ที่ตั้งไว้ 	- เปลี่ยนแบตเตอรี่

4.4.6 ข้อห้ามข้อควรระวังในการใช้ Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) [2]

1) ผู้ที่มีแผลบริเวณกะโหลก
 2) ผู้ที่มีวัสดุโลหะฝังในร่างกาย เช่น Pacemaker, Deep brain electrodes, intracranial stent

- 3) ผู้มีเนื้องอกหรือมะเร็ง
- 4) ผู้มีประวัติปวดศีรษะรุนแรงไม่ทราบสาเหตุ
- 5) ผู้มีประวัติชัก
- 6) ผู้ที่มีโรคอื่น ๆ ที่อาการไม่คงที่

4.4.7 ผลข้างเคียงในการใช้ Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) [2]

- 1) อาการคัน (Burning sensory)
- 2) ปวดหัว (Headache)
- 3) เสียวซ่า (Tingling)
- 4) ง่วงนอน (Sleepiness)

- 5) ตั้งสมาธิลำบาก (Difficulty of concentration)
- 6) อ่อนเพลียเล็กน้อย (Mild fatigue)
- 7.) ผิวหนังแดง (Skin redness)
- 8) เวียนศีรษะ (Dizziness)

4.4.8 การใช้ Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) ในผู้ป่วยประเภทต่าง ๆ

1) เด็กสมาธิสั้น (ADHD) จากการศึกษาศึกษาของ Schertz และคณะ (2022) ศึกษาเด็ก ADHD จำนวน 25 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่ม Anodal tDCS และ Shame-tDCS โดยวางขั้ว Anodal ที่ Left dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) หรือ F3 และวางขั้ว Cathode ที่ Supraorbital area (FP2) Intensity 1 mA. เป็นระยะเวลา 20 นาทีพร้อมกับ Cognitive training (CT) 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ได้รับหลังรักษา 6 ครั้ง, 12 ครั้ง และ 1 เดือน หลังการรักษา ผลการวิจัยพบว่าไม่มีผลแตกต่างกันในระหว่าง 2 กลุ่ม [53]

2) เด็กออทิสซึม (Autism) จากการศึกษาศึกษาของ Schneider และคณะ ได้ใช้ขั้วบวก (Anode) ของการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกบริเวณ Dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) ด้านซ้ายขนาด 2 mA เป็นเวลา 30 นาที ศึกษาการปรับปรุงการสร้างประโยคในเด็กออทิสซึมที่มีความบกพร่องทางภาษา (Aphasia) จำนวน 10 ราย ภายหลังจากการกระตุ้นสมองที่ในส่วน DLPFC พบว่าผู้ป่วยสามารถสร้างประโยคได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$)

3) นักกีฬาคนหูหนวก ในประสิทธิภาพการยิงปืน จากการศึกษาศึกษา Pantovic และคณะ (2022) ศึกษาในนักกีฬาหูหนวกผู้ชาย 2 คน ผู้หญิง 2 คน ทำการแบ่งกลุ่ม 2 กลุ่มคือ DLPFC-tDCS (Dorsolateral prefrontal cortex : DLPFC) วาง Anodal ที่ DLPFC ปริมาณกระแส 2 mA. เวลา 25 นาทีที่รวมกับการฝึกยิงปืนขณะการกระตุ้น และ Shame DLPFC-tDCS ฝึกยิงปืน 25 นาที ติดต่อกัน 3 วัน พัก 1 อาทิตย์ ทำการสลับกลุ่มกัน โดยวัดจากการยิงปืน 10 นัด วัดปริมาณที่ยิงพลาดกับเข้าเป้าก่อนและหลังการทดสอบแต่ละรอบการทดสอบ ผลวิจัยพบว่าไม่มีผลการแตกต่างกันในระหว่างกลุ่ม [54]

4) ผู้สูงอายุเกี่ยวกับ Gait และ Balance จากการศึกษาศึกษา Zhou (2021) ศึกษาในผู้สูงอายุสุขภาพดีที่ไม่มีโรคจำนวน 57 คน มาแบ่งเป็น 4 กลุ่ม L-DLPFC+SM1, L-DLPFC, (The primary sensorimotor cortex : SM1), Shame tDCS เป็นเวลา 20 นาที ผลการวิจัยพบว่า DLPFC+SM1 มีผล Mitigated dual-task costs to standing and walking มากกว่าการกระตุ้นที่ L-DLPFC หรือ SM1 อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ Shame tDCS [55]

5) ผู้ป่วย Multiple sclerosis fatigue จากการศึกษา Chalah (2017) ศึกษาในผู้ป่วย Multiple sclerosis fatigue 10 คน ออกเป็น 3 กลุ่มคือติดขั้ว Anodal tDCS ที่ Left dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC), ติดขั้ว Anodal tDCS ที่ Right posterior parietal cortex (PPC) และ Shame-tDCS ผลการวิจัยพบว่าติดขั้ว Anodal tDCS ที่ Left dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) เท่านั้น ที่ทำให้บรรเทา Fatigue ได้อย่างมีนัยสำคัญ [56]

4.4.9 การใช้ Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

1) การทำงาน Flexor digitorum superficialis muscle จากการศึกษา Mursyida และคณะ (2022) ผู้ป่วย Ischemic stroke อายุ 40 ถึง 70 ปี จำนวน 8 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุมได้รับการรักษากิจกรรมบำบัดระยะเวลา 30 นาที และกลุ่มทดลอง ได้รับ A-tDCS Intensity 2 mA เป็นเวลา 20 นาที และกิจกรรมบำบัด 30 นาที เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 5 วัน วัดการทำงานของ Flexor digitorum superficialis muscle โดรน sEMG ก่อนและหลังการรักษา ผลการวิจัยพบว่าไม่มีผลแตกต่างกันในระหว่าง 2 กลุ่ม [57]

2) Reciprocal inhibition (RI) ใน Wrist flexors จากการศึกษา Klomjai และคณะ (2018) ศึกษาผู้ป่วย Poststroke 16 คน วางขั้ว Anode บริเวณ The primary motor cortex (M1) C3-C4 และวางขั้ว Cathode บริเวณ Contralateral supraorbital region Intensity 1.75 mA. ระยะเวลา 20 นาที เปรียบเทียบอาสาสมัครสุขภาพดี 38 คนในงานวิจัยของ (Roche et al. , 2009; Lackmy-Vallee et al.,2014) ผลการวิจัยพบว่าผู้ป่วย Stroke ลดลง Reciprocal inhibition (RI) ใน Wrist flexors

3) Lower limb performace จากการศึกษา Klomjai และคณะ (2018) ศึกษา Subacute stroke 19 คน เป็นการศึกษาแบบ Crossover study คือ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่ง Dural-tDCS ที่ M1 (C3-C4) at Intensity 2 mA เป็นระยะเวลา 20 นาที ร่วมกับการกายภาพบำบัดโดยเพิ่มความแข็งแรงของ Affected limb รวมถึง Hip flexor, Hip extensor, Knee flexor, Knee extensor and Ankle dorsiflexor อีกกลุ่มหนึ่ง Shame-tDCS ร่วมกับการกายภาพบำบัด ระหว่างเปลี่ยนกลุ่มพักอย่างน้อย 1 อาทิตย์ ประเมินโดยการ Timed Up and Go (TUGT) และ Five-time-sit-to-stand (FTSTS) test และ Muscle strength ผลการวิจัยพบว่า การรักษาโดยใช้ Dural-tDCS ก่อนการกายภาพบำบัด มีส่วนเพิ่ม Lower limb function แต่ไม่มีส่วนช่วยใน Muscle strength ศึกษาการกายภาพบำบัดอย่างเดียว สำหรับการประเมินโดย Five-time-sit-to-stand (FTSTS) แต่ไม่สำหรับ Timed Up and Go test (TUGT) [58]

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการรักษาเครื่องกระตุ้นสมองด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างอ่อนผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial Direct Current Stimulation: tDCS) ร่วมกับการออกกำลังกายแบบฝึกเดินบนพื้นราบ (Dual task with overground walking training : DOWT) และการก้าวขาขึ้น-ลงบนพื้นนุ่ม (Unstable step up training : UST), กลุ่มที่ฝึกด้วย Dual task with Overground walking training และ Unstable step up training ร่วมติดเครื่องกระตุ้นสมองด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างอ่อนผ่านกะโหลกศีรษะแบบหลอก (Sham-tDCS) และกลุ่มติดเครื่องกระตุ้นสมองด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างอ่อนผ่านกะโหลกศีรษะ (tDCS) เพื่อศึกษาผลของความสามารถด้านทรงตัวขณะเดินและการรับรู้ในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ทั้งเพศชายและเพศหญิง ที่อายุ 18 ปี ขึ้นไป ในที่อาศัยอยู่ในจังหวัดพะเยาและพื้นที่ใกล้เคียง

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (Randomized controlled trial study) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

คือ ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่อาศัยอยู่ในจังหวัดพะเยา ที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 45 คน โดยกลุ่มตัวอย่างมีเกณฑ์การคัดเลือกคุณสมบัติดังนี้

1.1. เกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)

1.1.1. อาสาสมัครได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคหลอดเลือดสมองมีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ทั้งเพศชายและเพศหญิง

1.1.2. ดัชนีมวลกายระหว่าง 18.5–29.9 kg/m²

1.1.3. ไม่เคยมีประวัติการล้มในระยะเวลา 6 เดือนก่อนเข้าร่วมวิจัย

1.1.4. สามารถปฏิบัติตามคำสั่งได้ และยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

1.1.5. สามารถสื่อสารกับผู้วิจัยและให้ข้อมูลได้ด้วยตนเอง

1.1.6. สามารถเดินได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะทางอย่างน้อย 10

เมตร โดยปลอดภัย

1.2 เกณฑ์การคัดออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1.2.1 ได้รับการผ่าตัดใส่เหล็กฝังในร่างกาย เช่น เครื่องกระตุ้น

หัวใจ, Deep brain electrodes

1.2.2 โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจที่ไม่สามารถควบคุมได้ หรือมีโรคประจำตัว เช่น โรคข้อเสื่อม โรคข้ออักเสบ เช่น โรคเกาต์ ข้ออักเสบรูมาตอยด์ที่รุนแรงและส่งผลกระทบต่อการรักษา

1.2.3 มีแผลบริเวณกะโหลกศีรษะ และมีความผิดปกติในการรับรู้ความรู้สึก

1.2.4 มีประวัติการบาดเจ็บหรือมีอาการปวดรยางค์ขาที่คะแนนความปวดมากกว่า 5 จาก ระดับคะแนนเต็ม 10 โดยประเมินจาก (Visual Analog Scale)

1.2.5 มีภาวะหูชั้นในถูกรบกวนการทำงานที่ส่งผลต่อการทรงตัว เช่น โรคหินปูนในหู

1.2.6. มีปัญหาด้านการมองเห็นและการได้ยินที่ไม่ได้รับการแก้ไข

1.3 เกณฑ์การนำอาสาสมัครออกจากการวิจัย

1.3.1 อาสาสมัครมีอาการปวดหรือมีความไม่สบายขณะถูกทดสอบ จะทำการหยุดทดสอบ และนำอาสาสมัครออกจากการวิจัยทันที

1.3.2 อาสาสมัครขอถอนตัวหรือไม่เต็มใจที่จะทำการวิจัยต่อ

1.4. การคำนวณขนาดตัวอย่าง

การกำหนดกลุ่มประชากรตัวอย่าง ได้มาจากการคำนวณหากลุ่มประชากรตัวอย่างจากการศึกษาของ Ni และคณะ ในปี ค.ศ. 2014 ทำการศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติล้มด้วยโปรแกรมการฝึกทรงตัวพื้นฐาน ฝึกครั้งละ 60 นาที จำนวนการฝึกการทรงตัวทั้งสิ้น 24 ชุดการฝึก วัดผลโดยทำการตรวจประเมินการทรงตัวก่อนและหลังการฝึกเพื่อประเมินการแกว่งของศูนย์กลางกายขณะทรงแบบหยุดนิ่ง แสดงค่าพื้นที่ของ Center of Pressure (COP) ในหน่วยตารางเซนติเมตร แสดงผลการทดสอบเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean \pm SD) ก่อนฝึก 0.46, 0.25 cm และภายหลังการฝึก 0.30 \pm 0.15 cm การคำนวณในกรณีคำนวณเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มขึ้นไปที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent sample)

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

กำหนดให้ n = ขนาดตัวอย่างของแต่ละกลุ่ม d = mean of different

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = Z_{0.05} = 1.96$$

$$Z_{\beta} = Z_{0.02} = 0.84$$

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 (*Pooled variance*) จึงประมาณค่าเท่ากับ S_p^2

$$\text{จากสูตร } S_p^2 =$$

$$\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

เมื่อ S_1, S_2 = ค่า S.D. ของกลุ่มตัวอย่าง

$$\text{จากสูตร } S_p^2 =$$

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

$$= 0.0425$$

$$\text{จากสูตร } n =$$

$$\frac{(1.96 + 0.84)^2 \times 2(0.0425)}{(0.46 - 0.3)^2}$$

$$= 26.03 = 27$$

2. วัสดุและอุปกรณ์

2.1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ครั้งนี้แบ่งได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 : แบบสัมภาษณ์ประวัติผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง ประกอบด้วย 6 ส่วนดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ผู้ดูแลหลัก อาชีพหลักในปัจจุบัน
2. คำถามเกี่ยวกับประวัติการล้มใน 6 เดือนที่ผ่านมา และประเมินความเสี่ยงต่อการล้ม
3. ข้อมูลเกี่ยวกับโรคประจำตัวและการใช้ยา ซึ่งมีข้อมูลเกี่ยวกับชื่อยาหรือลักษณะยา วิธีการรับประทานยา
4. สภาวะสุขภาพทางร่างกายและกิจกรรมหรือการออกกำลังกาย
5. แบบแผนการในการดำเนินชีวิตประกอบด้วยภาวะโภชนาการ การดื่มแอลกอฮอล์

ส่วนที่ 2 : แบบบันทึกการให้บริการตรวจร่างกายของผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง การตรวจร่างกายเบื้องต้นเพื่อประเมินสมรรถภาพทางร่างกายที่มีความเกี่ยวข้องกับการล้ม ซึ่งจัดเป็นปัจจัยภายใน ได้แก่ ความดันโลหิต ระดับออกซิเจนในเลือด การมองเห็น กำลังกล้ามเนื้อ การทรงตัว และความสมบูรณ์ทั่วไปของร่างกาย

ส่วนที่ 3 : แบบบันทึกการทดสอบความสามารถด้านการทรงตัว (Timed up and go test : TUGT), การทดสอบ Berg balance scale (BBS), การทดสอบความสามารถด้านการเดิน (10 meter walk test : 10MWT), การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Five times Sit-to-Stand Test : FTSST), การประเมินการเดินและการทรงตัว (Postural stability และ spatiotemporal) โดยใช้แอปพลิเคชัน Gait and Balance (G&B), การทดสอบการรับรู้ Montreal Cognitive Assessment (MOCA) และประเมินการฟื้นฟูสภาพของระบบประสาท Fugl-Meyer (ฉบับภาษาไทย), การทดสอบความยืดหยุ่นของร่างกาย โดยใช้การทดสอบ Functional reach test (FRT) และการทดสอบพุทธิปัญญาในด้านความจำและการกำหนดสติตาม (Memory and Attention) โดยใช้แบบประเมิน Digit Span Test โดยอาสาสมัครจะถูกประเมินก่อนเริ่มโปรแกรม (Pre-test) และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ (2 weeks) และหลังจากออกกำลังกายครบสัปดาห์ที่ 4 (Post-test) และติดตามผลหลังการรักษา 1 เดือน (1 Month follow-up)

2.2. วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูล

1. เอกสารยินยอมการเข้าร่วมการวิจัย	54 ชุด
2. แบบสัมภาษณ์และบันทึกข้อมูล	54 ชุด
3. แบบทดสอบ MOCA (Montreal Cognitive Assessment)	54 ชุด
4. แบบประเมิน Fugl-Meyer assessment (FMA)	54 ชุด
5. แบบประเมิน Berg Balance Scale (BBS)	54 ชุด
6. เครื่องวัดความดัน	1 เครื่อง
7. เครื่องวัดระดับออกซิเจนในเลือด	1 เครื่อง
8. เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกาย	1 เครื่อง
9. ตลับเมตร	1 อัน
10. กรวยจรรยาจร	1 อัน
11. นาฬิกาจับเวลา	4 เครื่อง
12. เก้าอี้	3 ตัว
13. เทป	1 ม้วน
14. เข็มขัดผูกเอว	1 เส้น
15. ฟองน้ำอัด	1 แผ่น
16. tDCS	1 เครื่อง
17. Smartphone with application gait and balance	1 เครื่อง
18. Reflex hammer	1 อัน

3. ขั้นตอนการศึกษา

ระยะที่ 1: การสำรวจหาอาสาสมัครที่มีลักษณะตามเกณฑ์การวิจัย

คณะผู้วิจัยจะติดต่อผู้นำชุมชนต่าง ๆ เพื่อสำรวจหาอาสาสมัครที่มีลักษณะตามเกณฑ์การวิจัย อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกและยินดีเข้าร่วมการวิจัยทุกรายจะได้รับการอธิบายกระบวนการวิจัยและต้องลงนามในใบยินยอมก่อนเข้าร่วมการศึกษา โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling) ซึ่งอาสาสมัครแต่ละรายจะถูกปกปิดรูปแบบการได้รับกิจกรรมเป็นการปิดบัง 2 ทาง (Double blind) ปิดบังอาสาสมัครจากโปรแกรมการฝึกและปิดบังผู้ประเมินของอาสาสมัคร รูปแบบและระยะเวลาของการออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 4 สัปดาห์

ระยะที่ 2: การไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial direct current stimulation; tDCS) ร่วมกับการฝึกก้าวขาบน Unstable stepping training และการฝึกการรู้แบบ 2 กิจกรรม (Dual task with Overground walking training) ต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถที่เกี่ยวข้องกับด้านการเดินและความปลอดภัยในการเคลื่อนไหว

การไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (Transcranial direct current stimulation;tDCS)

ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจะเคลื่อนสู่สมองผ่านขั้วกระตุ้นที่หุ้มด้วยฟองน้ำซุบสารละลายน้ำเกลือ ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า (Current density) ขั้วกระตุ้นแบบ 35 ตารางเซนติเมตร (7x5 เซนติเมตร) ขนาดของขั้วกระตุ้น และจ่ายไฟผ่านแบตเตอรี่ (Low electrical current) ขนาด 9 โวลต์ ผู้ป่วยจะได้รับการรักษาด้วยการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลก 12 ครั้งในตลอดโปรแกรมของการศึกษาด้วยความแรง (2 mA) มิลลิแอมแปร์ ขั้วกระตุ้น Active electrode จะใช้ขั้วแอโนด (Anodal) หรือขั้วบวก วางที่สมองข้างที่มีรอยโรค (Ipsilesional hemisphere) บริเวณ Primary motor cortex (M1) หรือบริเวณ C3/C4 อิงตามหลักการของการวัดคลื่นสมองสากล หรือ International 10–20 system (Electrode placement) และ Reference electrode วางที่บริเวณ Supraorbital area หรือ Fp1/Fp2 ของด้านตรงข้าม (Contralesional hemisphere) เรียกการวางลักษณะนี้ว่า Anodal-tDCS ใช้เพื่อกระตุ้นการตื่นตัวของเซลล์ประสาทสมองข้างที่มีรอยโรค หรือใช้ขั้วแคโทด (Cathode) หรือขั้วลบ วางที่สมองข้างที่ไม่มีรอยโรค และ Reference electrode วางที่บริเวณ Supraorbital area ของด้านตรงข้าม

ฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรม (Dual task exercise)

1. การฝึกก้าวขาบนพื้นนุ่ม (Dual task with Unstable stepping training)

โปรแกรมการออกกำลังกาย Stepping training กลุ่มที่จะรับการฝึกคือ กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อาสาสมัครจะได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายด้วยก้าวขาสูงบนพื้นนุ่ม (Unstable surface) 10 นาที/ครั้ง อาสาสมัครจะต้องก้าวขาก้าวขาขึ้นด้านหน้า (Stepping forward) ลงด้านหลัง (Stepping backward) ก้าวไปด้านข้างซ้าย (Stepping left side) และก้าวไปด้านข้างขวา (Stepping right side) บนฟองน้ำอัดขนาดความสูงมาตรฐาน 5 เซนติเมตร กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 12 เซนติเมตร โดยในขณะอาสาสมัครก้าวขาขึ้น-ลง บนพื้นนุ่ม จะถูกสั่งให้นับเลขถอยหลังจาก 99-0 (Cognitive training) โดยที่อาสาสมัครต้องไม่หยุดนิ่ง หรือหยุดคิด หากอาสาสมัครหยุดตั้งเพื่อนับตัวเลขเกิน 5 วินาที ถือว่ามีความผิดพลาด โดยผู้วิจัยจะนับความผิดพลาด (Error counting) และตัวเลขสุดท้ายที่อาสาสมัครนับไปถึงโดยนักวิจัยจะอยู่กับอาสาสมัครตลอดโปรแกรมการฝึก

2. ฝึกเดินบนพื้นราบ (Dual task with overground walking training)

อาสาสมัครด้วยความเร็วปกติ (Comfortable speed) เดินระยะทาง 10 เมตรบนพื้นเรียบปกติเป็นระยะเวลา 10 นาที/ครั้ง โดยในขณะที่เดินอาสาสมัครจะถูกสั่งให้นับเลขถอยหลังจาก 99-0 (Cognitive training) โดยที่อาสาสมัครต้องไม่หยุดนิ่ง หรือหยุดคิด หากอาสาสมัครหยุดคิดเพื่อนับตัวเลขเกิน 5 วินาที ถือว่ามีความผิดพลาด โดยผู้วิจัยจะนับความผิดพลาด (Error counting) และตัวเลขสุดท้ายที่อาสาสมัครนับไปถึงโดยนักวิจัยจะเดินไปพร้อมกับอาสาสมัครตลอดโปรแกรมการฝึก

อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์เข้าร่วมการวิจัยแล้วจะถูกนัดหมายให้มาเข้าโปรแกรมในช่วงเช้าของทุกวันทีมนัดหมายโดยใช้สถานที่ ศาลากลางหมู่บ้าน หรือศาลาวัดในการทำกิจกรรม

กลุ่มที่ 1

tDCS + Dual task exercise

อาสาสมัครจะได้รับการฝึกด้วยการฝึกก้าวขาบน Unstable stepping training เป็นระยะเวลา 10 นาที ร่วมกับการฝึกการรู้แบบ 2 กิจกรรม (Dual task overground walking training) เป็นระยะเวลา 10 นาที หลังจากนั้นอาสาสมัครจะได้รับการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ เป็นระยะเวลา 20 นาที

กลุ่มที่ 2

Shame tDCS + Dual task exercise

อาสาสมัครจะได้รับการฝึกด้วยการฝึกก้าวขาบน Unstable stepping training เป็นระยะเวลา 10 นาที ร่วมกับการฝึกการรู้แบบ 2 กิจกรรม (Dual task overground walking training) เป็นระยะเวลา 10 นาที หลังจากนั้นอาสาสมัครจะถูกติดขั้วกระตุ้นที่กะโหลกศีรษะโดยไม่เปิดกระแสไฟฟ้าโดยจะใช้ระยะเวลา 20 นาที

กลุ่มที่ 3

tDCS

อาสาสมัครจะถูกติดขั้วกระตุ้นที่กะโหลกศีรษะโดยเปิดกระแสไฟฟ้าโดยจะใช้ระยะเวลา 20 นาที

ระยะที่ 3 การประเมินความสามารถของอาสาสมัคร

อาสาสมัครจะได้รับการประเมินความสามารถ 5 ครั้ง ประกอบด้วย (1) ก่อนการเข้าร่วมโปรแกรม (Pre-test) (2) หลังการเข้าร่วมโปรแกรมสัปดาห์ที่ 2 (2 weeks test) และ (3) หลังการเข้าร่วมโปรแกรม 4 สัปดาห์ (Post-test) โดยผู้ทดสอบจะไม่ทราบกลุ่มของอาสาสมัคร อาสาสมัครทุกรายจะได้รับการประเมินความสามารถด้านต่าง ๆ ดังนี้ ได้แก่ การรับรู้,

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวโดยมีแรงโน้มถ่วง (Accelerometer with spatiotemporal parameter) : ความเร็วในการเดิน (Walking speed) ความสามารถด้านการทรงตัว (Balance control) ความทนทานในการเคลื่อนไหว (Functional endurance) การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Functional muscle strength) การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจ และวัดระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลและไขมันในเลือด

4. การประเมินผลด้านความสามารถด้านกาย (Physical performance)

4.1 ความเร็วในการเดิน (Walking speed) โดยการจับเวลาในการเดิน ระยะทาง 10 เมตร (10-Meter walk test : 10MWT) ด้วยความเร็วปกติและความเร็วสูงสุด ผู้ทดสอบจับเวลาที่ใช้ในช่วง 4 เมตรตรงกลางของทางเดินทั้งหมด ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง/ความเร็ว แล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละความเร็วในหน่วยเมตร/วินาที

4.2 ความสามารถด้านการทรงตัว (Balance control) โดยใช้ในการทดสอบ Timed up and go test (TUGT) ผู้ทดสอบจับเวลาที่อาสาสมัครใช้ในการลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้ เดินตรงไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 3 เมตร หมุนตัวอ้อมกรวย และเดินกลับไปที่เก้าอี้ด้วยความเร็วสูงสุด และปลอดภัย จำนวน 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของเวลาที่อาสาสมัครทำได้ในหน่วยวินาที

4.3. ความทนทานในการเคลื่อนไหว (Functional endurance) โดยใช้ในการทดสอบระยะทางการเดินในเวลา 6 นาที (6-Minute walk test : 6MWT) รอบทางเดินรูปสี่เหลี่ยม ให้ได้ระยะทางไกลที่สุด ระหว่างการทดสอบอาสาสมัครสามารถหยุดยืนพักได้โดยไม่หยุดเวลา การทดสอบ เมื่อครบเวลาผู้ทดสอบวัดระยะทางที่อาสาสมัครทำได้

4.4. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Functional muscle strength) โดยใช้ในการจับเวลาในการนั่ง-ยืน 5 ครั้ง (Five times sit-to-stand test : FTSST) โดยเร็วที่สุดและปลอดภัย โดยไม่ใช้มือช่วยทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

4.5 การทดสอบความสามารถด้านการเดินและการทรงตัว (Gait&Balance) โดยใช้แอปพลิเคชัน Gait and balance โดยจะเป็นการทดสอบผ่านแอปพลิเคชัน Postural stability and spatiotemporal by App Gait and balance ของโทรศัพท์มือถือโดยอาสาสมัครจะถูกสวมเข็มขัดผูกเอวที่มีโทรศัพท์และแอปพลิเคชัน Gait and balance ที่ติดอยู่บริเวณ L5 หรือ S1 และเริ่มการทดสอบสอบตามลำดับดังนี้

- ยืนนิ่งบนพื้นราบและลิ้มตาระยะเวลา 30 วินาที
- ยืนนิ่งบนพื้นราบและหลับตาระยะเวลา 30 วินาที
- ยืนนิ่งบนพื้นนุ่มและลิ้มตาระยะเวลา 30 วินาที

- ยืนนิ่งบนพื้นนุ่มและหลับตาระยะเวลา 30 วินาที
- เดินบนพื้นราบ หน้ามองตรงและสี่มตา 4 ครั้ง ครั้งละ 6 วินาที
- เดินบนราบโดยหันซ้ายและสี่ม 4 ครั้ง ครั้งละ 6 วินาที

4.6. การประเมินการฟื้นฟูสภาพผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (The Fugl-Meyer Assessment (FMA) แบบประเมิน FMA เป็นการประเมินการฟื้นฟูสภาพของระบบประสาท ประกอบด้วยการประเมิน 5 ด้าน คือ Motor function, Sensory function, Balance, Joint range of motion และ Pain ในการนำมาใช้สามารถประเมินทุกด้าน หรือเลือกประเมินเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งก็ได้ ทั้งนี้การประเมินในส่วนของ Motor function ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยคือ ส่วนรยางค์แขนและขาได้ถูกนำมาใช้มากที่สุด แบบประเมิน FMA มีความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือในระดับสูง (ภาคผนวก ค)

มีเกณฑ์ในการให้คะแนนในแต่ละหัวข้อการประเมินย่อยแบ่งเป็น 3 ระดับคือ 0, 1 และ 2 โดย

0 คะแนน หมายถึง ไม่สามารถทำการเคลื่อนไหวนั้นได้

1 คะแนน หมายถึง สามารถทำการเคลื่อนไหวนั้นได้บางส่วน

2 คะแนน หมายถึง สามารถทำการเคลื่อนไหวได้ถูกต้องสมบูรณ์

แบบประเมิน Fugl-Meyer มีคะแนนเต็มเท่ากับ 226 คะแนน โดยแบ่งเป็นคะแนนในแต่ละหัวข้อดังนี้

- Total Motor Score (UE = 66, LE = 34)	100 คะแนน
- Balance	14 คะแนน
- Sensation	24 คะแนน
- Joint Range of Motion	44 คะแนน
- Pain	44 คะแนน

4.7 การทดสอบการทรงตัว โดยใช้ทดสอบ Berg balance scale (BBS) เป็นการวัดแบบ “Functional balance” ซึ่ง แบ่งออกได้ 3 ส่วน คือ การคงตำแหน่งร่างกาย (Maintain of the position) การจัดทำท่าทางการ 32 เคลื่อนไหว (Postural adjustment to voluntary) และปฏิกิริยาการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอก (Reaction to external disturbance) การทดสอบจะให้กลุ่มอย่างทำกิจกรรม 14 อย่าง ซึ่งเป็น กิจกรรมที่ใช้ในชีวิตประจำวัน แต่ละกิจกรรมจะมีการให้คะแนนจาก 0-4 (0=ทำไม่ได้, 4=ทำได้เอง) การให้คะแนนจะดูเวลาที่ทำกิจกรรมนั้น ๆ เสร็จ คะแนนสูงสุดของ Berg balance test คือ 56 คะแนน จนถึง 45 คะแนน คือ Good balance

และได้จาก 44 คะแนนไปถึงต่ำสุด คือ Impairment of balance เวลาเฉลี่ยในการทดสอบ ประมาณ 15–20 นาที (ภาคผนวก ง)

ขณะทดสอบอาสาสมัครทุกรายต้องใส่รองเท้ารัดส้นที่ผู้วิจัยจัดเตรียมไว้ให้เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากการใส่รองเท้าไม่เหมาะสม และลดผลกระทบที่อาจเกิดจากความแตกต่างของรองเท้าที่อาสาสมัครสวมใส่ต่อผลการทดสอบ โดยก่อนการทดสอบอาสาสมัครต้องฝึกเดินให้คุ้นชินกับรองเท้า นอกจากนี้อาสาสมัครทุกรายต้องผูกผ้าคาดเอว (Safety belt) เพื่อให้ผู้ทดสอบสามารถช่วยเหลือได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากเข้าร่วมการวิจัยครบ 4 สัปดาห์ อาสาสมัครจะได้รับคำแนะนำให้ดำเนินชีวิตไปตามปกติ และได้รับแบบบันทึกเพื่อจดบันทึกข้อมูลการล้มและเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ผิดปกติที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน เช่น การเจ็บป่วย การเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล

4.8. การทดสอบความยืดหยุ่นของร่างกาย โดยใช้การทดสอบ Functional reach test (FRT) เป็นการประเมินระยะทางที่สามารถเอื้อมมือไปข้างหน้า ไกลมากที่สุด โดยทำอยู่กึ่งที่ ขณะทดสอบให้ยกแขน 90 องศา ผู้ทดสอบบันทึกค่าเริ่มต้น และโน้มตัวไปทางด้านหน้า โดยพยายามรักษาแขนให้อยู่ในระดับเดิม ขณะที่ยื่นมือไปด้านหน้าอาสาสมัครต้องไม่หกล้มหรือก้าวเท้า วัดระยะเริ่มต้น และระยะสุดท้ายที่ทำได้ เพื่อหาค่าความแตกต่างบันทึกระยะเอื้อมที่ทำได้

5. การประเมินผลด้านความสามารถด้านการรับรู้ (Cognitive)

5.1 การประเมินการทำงานของสมองด้านต่าง ๆ โดยใช้การทดสอบ Montreal Cognitive Assessment (MOCA) แบบทดสอบจะแบ่งเป็นกิจกรรมย่อย ที่ประเมินด้านต่าง ๆ มีทั้งหมด 11 กิจกรรม โดยมีคะแนนเต็ม 30 คะแนน ทำตามคำสั่งของแต่ละกิจกรรม และจะได้คะแนนตามแบบทดสอบ (ภาคผนวก ข)

5.2 การทดสอบพุทธิปัญญาในด้านความจำและการกำหนดสติตาม (Memory and Attention) โดยใช้แบบประเมิน Digit Span Test เป็นแบบทดสอบที่นำมาใช้เพื่อทดสอบ ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 2 ชุด คือ Digit forward (DSF) เป็นการให้อาสาสมัครพูดตามชุดตัวเลขที่ตนเองได้ยิน และ Digit span backward (DSB) โดยอาสาสมัครพูดตัวเลขย้อนกลับหลัง ตามที่ตนเองได้ยินชุดตัวเลข โดยคะแนนจะนับจำนวนแถวที่ตอบถูกของทั้ง Digit span forward และ Digit span backward (ภาคผนวก จ)

4. แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ระยะเวลาดำเนินการ (เดือนที่)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	→											
นำเสนอโครงร่างวิจัย			→									
คัดเลือกอาสาสมัครตามเกณฑ์				→								
เก็บข้อมูล								→				
วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ										→		
สรุปข้อมูลและอภิปรายผล										→		
เขียนรายงานและจัดทำเล่มรายงาน											→	
นำเสนอผลการวิจัย												→

5. งบประมาณ

รายการ	จำนวนเงิน(บาท)
หมวดค่าตอบแทน	2400
หมวดค่าวัสดุอุปกรณ์	200
หมวดค่าใช้สอย	400
รวม	3000

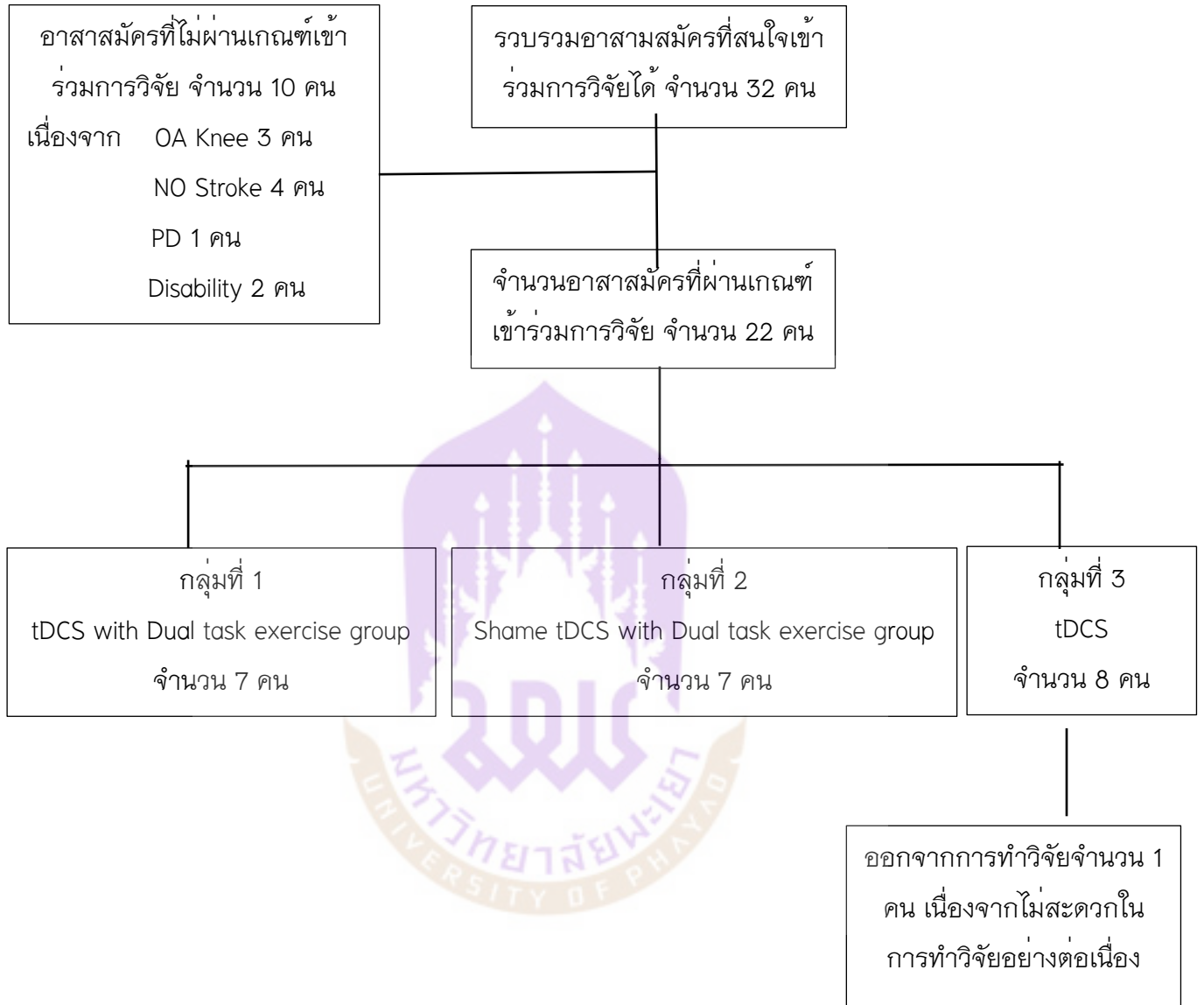
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูป SPSS version 28 โดยใช้สถิติพรรณนาในการอธิบายข้อมูลพื้นฐานและผลการศึกษารายงานด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และช่วง 95% Confidence interval ใช้สถิติ Chi-square test เปรียบเทียบข้อมูลลักษณะของอาสาสมัครได้แก่ เพศ ชนิดของโรคหลอดเลือดสมอง ข้างที่เกิดพยาธิสภาพ และใช้สถิติ One-way ANOVA เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะของอาสาสมัครได้แก่ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย ระยะเวลาในการเกิดพยาธิสภาพ ความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัว ความดันเลือดในขณะหัวใจคลายตัว และอัตราเต้นของหัวใจ ทั้งสามกลุ่มก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ตรวจสอบการแจกแจงการกระจายตัวของข้อมูลกลุ่ม

ประชากรในแต่ละกลุ่มของค่าตัวแปรตามโดยใช้ Shapiro-Wilk test พบมีการแจกแจงปกติจึงทำการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนชนิดวัดซ้ำ (Repeated measures ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย และใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANCOVA) เพื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทั้งสามกลุ่ม หากพบมีความแตกต่างกัน ทำการทดสอบความแตกต่างแบบรายคู่ (Post hoc test) ด้วยวิธี Bonferroni เพื่อลดความคลาดเคลื่อน (Error) ผู้วิจัยจึงกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานที่ระดับ $P\text{-value} < 0.05$



แผนผังแสดงขั้นตอนการเข้าร่วมการวิจัย



บทที่ 4

ผลการศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยแบบศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (Randomized trial study) มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง และเปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางกายและการรับรู้ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง มีอาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเข้าร่วมทั้งหมด 21 ราย โดยอาสาสมัครถูกแบ่งเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่ม tDCS with Dual task exercise 7 ราย กลุ่ม shame tDCS with Dual task exercise 7 ราย และกลุ่ม tDCS 7 ราย

4.1 ลักษณะพื้นฐานและข้อมูลของอาสาสมัคร

ลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัครทั้งในกลุ่ม กลุ่ม tDCS with Dual task exercise 7 ราย กลุ่ม shame tDCS with Dual task exercise 7 ราย และกลุ่ม tDCS ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 รายงานข้อมูลเกี่ยวกับ เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย โดยที่อาสาสมัครส่วนมากเป็นเพศชาย มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ อาสาสมัครส่วนใหญ่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคหลอดเลือดสมองตีบ และมีพยาธิสภาพที่ด้านซ้ายมากกว่าด้านขวา และพบว่าค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว และค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2 เปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะภายในกลุ่ม (Within subjects)

Group 1 : กลุ่มออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ (tDCS with Dual task exercise)

ผลการศึกษาพบว่า ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่ได้รับการออกกำลังกายร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ (tDCS) มีการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการทำงานต่าง ๆ ได้แก่ ค่า TUGT, FTSST, 6MWT, FRT, BBS และ MOCA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างช่วงก่อนการออกกำลังกาย (Pre-test) กับหลังการออกกำลังกายครบ 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ นอกจากนี้ ผลการทดสอบ

สมาธิและความจำระยะสั้นด้วย Forward Digit Span Test และ Backward Digit Span Test พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการออกกำลังกายครบ 4 สัปดาห์ ($p < 0.05$)

Group 2 : กลุ่มออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรมรวมกับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะแบบหลอก (Shame-tDCS + Dual task exercise)

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ออกกำลังกายรวมกับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะแบบหลอก มีค่า TUGT, FTSST, BBS และ MOCA แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) หลังจากการออกกำลังกายครบ 4 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการออกกำลังกาย นอกจากนี้ ยังพบว่าความทนทานในการทำกิจกรรม (6MWT) และความยืดหยุ่นของร่างกาย (FRT) เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงก่อนการออกกำลังกาย (Pre-test) กับหลังออกกำลังกายครบ 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม การทดสอบสมาธิและความจำระยะสั้น (Forward Digit Span Test และ Backward Digit Span Test) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) หลังออกกำลังกายครบ 4 สัปดาห์

Group 3 : กลุ่มการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะเพียงอย่างเดียว (tDCS group)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะเพียงอย่างเดียว มีการเปลี่ยนแปลงด้านความสามารถในการรับรู้ โดยค่า MOCA มีความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงก่อนการออกกำลังกาย (Pre-test) กับหลังการออกกำลังกายครบ 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ นอกจากนี้ ผลการทดสอบ Forward Digit Span Test และ Backward Digit Span Test แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่าง Pre-test และหลังการออกกำลังกายในสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในด้านความสามารถในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ TUGT, FTSST, 6MWT, ความยืดหยุ่นของร่างกาย (FRT) และการทรงตัว (BBS) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย

4.3 เปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรม ร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะระหว่างกลุ่ม (Between subjects)

การเทียบเทียบข้อมูลระหว่างกลุ่มที่ 2 weeks (Adjusted baseline mean)

ผลจากการศึกษาพบว่า การทดสอบความทนทานในการทำกิจกรรม โดยการใช้การทดสอบ 6MWT หลังการออกกำลังกายครบ 2 สัปดาห์ แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรม (tDCS + Dual task exercise group) และกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะแบบหลอก (Sham tDCS + Dual task exercise group) ($p < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรม (tDCS + Dual task exercise group) และกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะแบบหลอก ($p < 0.05$)

การเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกลุ่มที่ 4 weeks (Adjusted baseline mean)

ผลจากการศึกษาพบว่า อาสาสมัครในกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรม (tDCS + Dual task exercise group) แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านความสามารถในการทำงานต่าง ๆ รวมถึงการทดสอบ FTSST, 6MWT, FRT และ BBS หลังการออกกำลังกายครบ 4 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ (tDCS group) ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านการทดสอบการรับรู้และความจำระยะสั้น ($p > 0.05$)

Table 1 Baseline Descriptive of all participants, tDCS with Dual task exercise group, sham tDCS with Dual task exercise group and tDCS (control group) (mean \pm SD)

Baseline demographic	tDCS with Dual task exercise group mean \pm SD (n=7)	sham tDCS with Dual task exercise group mean \pm SD (n=7)	tDCS (control group) mean \pm SD (n=7)	p-value ^a
Age (years)	55.69 \pm 10.51	55.69 \pm 9.81	56.42 \pm 11.12	0.321
Gender (Female/male) n (%) ^b	2(61.20) / 5(38.80)	2(61.20) / 5(38.80)	2(61.20) / 5(38.80)	0.927
Weight (kg)	54.58 \pm 9.64	55.58 \pm 8.21	54.56 \pm 9.53	0.691
Height (cm)	154.76 \pm 9.68	155.44 \pm 9.68	155.86 \pm 7.70	0.134
Body mass index (kg/m ²)	22.72 \pm 3.07	22.67 \pm 4.91	22.93 \pm 4.36	0.816
Diagnosis (infraction/hemorrhage)	4/3	5/2	5/2	0.862
Affect side (Left / Right)	6/1	6/1	5/2	0.691
Systolic blood pressure (mmHg)	133.47 \pm 19.20	133.47 \pm 19.20	132.028 \pm 16.89	0.419
Diastolic blood pressure (mmHg)	72.07 \pm 13.68	71.33 \pm 23.15	71.92 \pm 9.22	0.420
Heart Rate (beats/ bpm)	78.02 \pm 11.64	77.02 \pm 13.34	77.25 \pm 12.56	0.781

Note: ^aThe data are presented using mean \pm SD (95% confidence intervals), and the continuous data comparisons were executed using the one-way analysis of variance. ^bThe data are presented using the number of subjects (%), and the categorical data among the groups were compared using the chi-square test.

Table 5 The data 2 weeks and 4 weeks within subjects comparisons using one ways measure ANOVA.

Variables	tDCS with Dual task exercise group			Shame tDCS with Dual task exercise group			tDCS group		
	mean ± SD (95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)	mean ± SD (95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)	mean ± SD (95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)
TUGT									
Pre-test	22.92 ± 6.21 (17.18 to 28.66)			33.21 ± 12.49 (21.66 to 44.75)			20.98 ± 13.17 (8.80 to 33.16)		
2 weeks	16.14 ± 3.65 (12.77 to 19.52)	0.047*	6.77 (0.09 to 13.45)	29.70 ± 9.83 (20.61 to 38.80)	0.077	3.50 (-0.41 to 7.41)	19.80 ± 13.50 (7.31 to 32.29)	1.000	1.18 (-5.17 to 7.53)
4 weeks	15.32 ± 4.67 (11.00 to 19.64)	0.012*	7.60 (2.12 to 13.07)	25.41 ± 8.80 (17.27 to 33.55)	0.022*	7.80 (1.33 to 14.26)	18.45 ± 11.93 (7.42 to 29.48)	0.154	2.53 (-0.90 to 5.95)
FTSST									
Pre-test	19.91 ± 4.95 (15.33 to 24.50)			22.15 ± 5.62 (16.96 to 27.35)			17.84 ± 2.53 (15.50 to 20.18)		
2 weeks	15.00 ± 3.97 (11.33 to 18.68)	0.036*	4.91 (0.37 to 9.45)	18.60 ± 5.71 (13.32 to 23.88)	0.157	3.56 (-1.28 to 8.39)	17.73 ± 3.42 (14.56 to 20.89)	1.000	0.11 (-5.01 to -5.22)
4 weeks	14.61 ± 1.84 (12.91 to 16.31)	0.035*	5.30 (0.43 to 10.17)	15.96 ± 2.55 (13.60 to 18.31)	0.018*	6.20 (1.31 to 11.08)	15.95 ± 1.61 (14.46 to 17.44)	0.055	1.89 (-0.05 to 3.82)

Variables	tDCS with Dual task exercise group			Shame tDCS Dual task exercise group			tDCS group		
	mean \pm SD (95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)	mean \pm SD (95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)	mean \pm SD (95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)
6MWT									
Pre-test	125.45 \pm 74.45 (56.59 to 194.30)			102.89 \pm 35.44 (70.11 to 135.66)			122.59 \pm 21.22 (102.97 to 142.21)		
2 weeks	175.80 \pm 50.84 (128.78 to 222.82)	0.019*	-50.35 (-90.79 to -9.92)	114.37 \pm 32.10 (84.68 to 144.06)	0.050	-11.48 (-22.94 to -0.03)	123.08 \pm 32.96 (92.60 to 153.56)	1.000	-0.48 (-58.84 to 57.87)
4 weeks	194.92 \pm 86.46 (114.96 to 274.88)	0.044*	-69.47 (-136.83 to -2.12)	134.00 \pm 25.28 (110.62 to 157.37)	0.044*	-31.11 (-61.29 to -0.93)	126.19 \pm 34.71 (94.09 to 158.29)	1.000	-3.60 (-40.16 to 32.96)
FRT									
Pre-test	10.14 \pm 8.11 (2.64 to 17.65)			10.36 \pm 0.94 (9.48 to 11.23)			14.43 \pm 8.10 (6.94 to 21.92)		
2 weeks	17.86 \pm 6.09 (12.22 to 23.49)	0.039*	-7.71 (-14.99 to -0.44)	15.79 \pm 4.58 (11.55 to 20.02)	0.052	-5.43 (-10.92 to 0.06)	16.14 \pm 6.69 (9.95 to 22.33)	1.000	-1.71 (-14.52 to 11.09)
4 weeks	22.57 \pm 7.41 (15.72 to 29.43)	< 0.001**	-12.43 (-15.46 to -9.40)	17.15 \pm 5.59 (11.98 to 22.31)	0.043*	-6.79 (-13.35 to -0.23)	16.86 \pm 8.86 (8.66 to 25.05)	1.000	-2.43 (-11.36 to 6.50)
BBS									
Pre-test	34.29 \pm 11.31 (23.83 to 44.75)			33.86 \pm 10.49 (24.15 to 43.56)			37.43 \pm 15.35 (23.23 to 51.63)		

Variables	tDCS with Dual task exercise group			Shame tDCS with Dual task exercise group			tDCS group		
	mean \pm SD (95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)	mean \pm SD (95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)	mean \pm SD (95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)
2 weeks	46.29 \pm 6.73 (40.07 to 52.51)	0.030*	-12.00 (-22.62 to -1.38)	40.57 \pm 9.25 (32.01 to 49.13)	0.104	-6.71 (-14.82 to 1.39)	37.14 \pm 10.87 (27.09 to 47.20)	1.000	0.29 (-27.32 to 27.89)
4 weeks	52.86 \pm 3.89 (49.26 to 56.46)	0.014*	-18.57 (-32.52 to -4.63)	43.57 \pm 7.79 (36.37 to 50.77)	0.047*	-9.71 (-19.31 to -0.12)	37.29 \pm 13.73 (24.59 to 49.99)	1.000	0.14 (-25.14 to 25.43)
MoCA									
Pre-test	15.57 \pm 1.51 (14.17 to 16.97)			18.43 \pm 2.57 (16.05 to 20.81)			18.29 \pm 4.35 (14.27 to 22.31)		
2 weeks	20.57 \pm 4.50 (16.41 to 24.74)	0.037*	-5.00 (-9.65 to -0.35)	20.00 \pm 2.24 (17.93 to 22.07)	0.100	-1.57 (-3.45 to 0.31)	23.00 \pm 2.24 (20.93 to 25.07)	0.038*	-4.71 (-9.12 to -0.31)
4 weeks	24.71 \pm 4.54 (20.52 to 28.91)	0.003*, b	-9.14 (-14.03 to -4.26)	22.14 \pm 3.80 (18.62 to 25.66)	0.035*	-3.71 (-7.13 to -0.30)	25.86 \pm 1.21 (24.73 to 26.98)	0.006*, b	-7.57 (-12.38 to -2.77)
Forward Digit span test									
Pre-test	8.86 \pm 2.19 (6.83 to 10.89)			9.86 \pm 2.48 (7.57 to 12.15)			8.00 \pm 2.45 (5.74 to 10.27)		
2 weeks	10.43 \pm 1.13 (9.38 to 11.48)	0.100	-1.57 (-3.45 to 0.31)	10.29 \pm 1.98 (8.46 to 12.11)	1.000	-0.43 (-2.01 to 1.15)	9.43 \pm 2.15 (7.44 to 11.42)	0.660	-1.43 (-4.86 to -2.00)

Variables	tDCS with Dual task exercise group			Shame tDCS with Dual task exercise group			tDCS group		
	mean \pm SD (95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)	mean \pm SD(95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)	mean \pm SD (95%CI)	P-value	Mean difference (95%CI)
4 weeks	12.00 \pm 1.00 (11.08–12.93)	0.036*	-3.14 (-6.05 to -0.24)	10.57 \pm 2.94 (7.86 to 13.29)	0.930	-0.71 (-2.83 to 1.40)	11.86 \pm 1.86 (10.13 to 13.58)	0.038*	-3.86 (-7.46 to -0.24)
Backward Digit span test									
Pre-test	2.00 \pm 1.29 (0.81 to 3.19)			2.14 \pm 0.69 (1.51 to 2.78)			1.71 \pm 1.25 (0.56 to 2.87)		
2 weeks	3.00 \pm 0.58 (2.47 to 3.53)	0.115	-1.00 (-2.24 to 0.243)	3.00 \pm 1.53 (1.59 to 4.41)	0.975	-0.86 (-3.49 to 1.77)	2.14 \pm 1.07 (1.15 to 3.13)	0.599	-0.43 (-1.41 to 0.55)
4 weeks	3.43 \pm 1.13 (2.38 to 4.48)	0.025*	-1.43 (-2.64 to -0.22)	3.29 \pm 2.36 (1.10 to 5.47)	1.000	-1.14 (-4.90 to 2.61)	3.86 \pm 1.07 (2.87 to 4.85)	0.025*	-2.14 (-3.96 to -0.32)

Notes: The data were presented using mean \pm SD (95% confidence intervals). 6MWT = 6 minute walk test; TUGT = timed up and go test; FTSST = five times sit to stand test; FRT= Functional reach test; BBS = Berg Balance Scale; MOCA = Montreal Cognitive Assessment. B = The data comparisons within the group were analyzed using the Repeated ANOVA, post hoc analysis by Bonferroni test was used. B = Difference form week between 2 Week and 4 Week.

*Significant difference (p -value < 0.05), ** p -value < 0.001

Table 6 The data 2 weeks and 4 weeks between-group comparisons using ANCOVA controlling for baseline.

Group Comparison	2 weeks	ANCOVA	Cohen's F	4 weeks	ANCOVA	Cohen's F
	adjusted baseline mean difference ± SE	Comparison (p-value)		adjusted baseline mean difference ± SE	Comparison (p-value)	
FTSST						
Group 1 vs Group 2	21 ± 1.96	0.823		0.60 ± 0.76	1.000	
Group 1 vs Group 3	4.01 ± 1.95	0.168	0.092	2.03 ± 0.76	0.048*	0.053
Group 2 vs Group 3	1.79 ± 2.07	1.000		1.44 ± 0.81	0.280	
TUGT						
Group 1 vs Group 2	4.51 ± 2.98	0.445		1.34 ± 2.76	1.000	
Group 1 vs Group 3	4.37 ± 2.80	0.410	0.084	3.59 ± 2.60	0.553	0.065
Group 2 vs Group 3	0.14 ± 3.09	1.000		2.26 ± 2.86	1.000	
6MWT						
Group 1 vs Group 2	48.05 ± 15.02	0.016*		42.34 ± 20.70	0.170	
Group 1 vs Group 3	51.03 ± 14.73	0.009*	0.162	62.09 ± 20.30	0.021*	0.160
Group 2 vs Group 3	2.98 ± 14.95	1.000		19.75 ± 20.60	1.000	

Group Comparison	2 weeks adjusted baseline mean difference ± SE	ANCOVA Comparison (p-value)	Cohen's F	4 weeks adjusted baseline mean difference ± SE	ANCOVA Comparison (p-value)	Cohen's F
FRT						
Group 1 vs Group 2	2.13 ± 3.05	1.000		5.60 ± 2.84	0.196	
Group 1 vs Group 3	2.93 ± 3.17	1.000	0.069	9.14 ± 2.96	0.020*	0.183
Group 2 vs Group 3	0.80 ± 3.16	1.000		3.54 ± 2.94	0.736	
BBS						
Group 1 vs Group 2	5.66 ± 4.94	0.803		9.22 ± 5.06	0.259	
Group 1 vs Group 3	9.52 ± 4.97	0.218	0.092	16.03 ± 5.09	0.018*	0.144
Group 2 vs Group 3	3.86 ± 4.98	1.000		6.81 ± 5.10	0.599	
MOCA						
Group 1 vs Group 2	0.92 ± 1.44	1.000		3.92 ± 1.89	0.161	
Group 1 vs Group 3	2.15 ± 1.43	0.450	0.061	0.14 ± 1.88	1.000	0.072
Group 2 vs Group 3	3.07 ± 1.33	0.100		3.78 ± 1.75	0.135	

Group Comparison	2 weeks adjusted baseline mean difference ± SE	ANCOVA Comparison (p-value)	Cohen's F	4 weeks adjusted baseline mean difference± SE	ANCOVA Comparison (p-value)	Cohen's F
------------------	---	-----------------------------------	-----------	--	-----------------------------------	-----------

Forward Digit span test

Group 1 vs Group 2	0.59 ± 0.82	1.000		1.82 ± 1.05	0.303	
Group 1 vs Group 3	0.62 ± 0.81	1.000	0.028	0.19 ± 1.04	1.000	0.074
Group 2 vs Group 3	0.02 ± 0.85	1.000		2.01 ± 1.09	0.249	

Backward Digit span test

Group 1 vs Group 2	0.23 ± 0.61	1.000		0.13 ± 0.90	1.000	
Group 1 vs Group 3	0.80 ± 0.61	0.623	0.126	0.41 ± 0.90	1.000	0.059
Group 2 vs Group 3	0.78 ± 0.62	0.679		0.54 ± 0.91	1.000	

Note The data were presented using mean difference ± SE. The effect size of different variables between 3 group presented by Partial Eta Squared (Cohen's F)

Group 1: *tDCS + exercise dual task with overground walking training + unstable surface*

Group 2: *shame tDCS + exercise dual task with overground walking training + unstable surface*

Group 3: *tDCS*

^AThe changes between the groups were analyzed using the analysis of covariance (Estimated mean group difference, analyzed with ANCOVA with adjustments for baseline values).

*Significant difference (p -value < 0.05), ** p -value < 0.001

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรม ร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางการ เคลื่อนไหวและความสามารถด้านการรับรู้ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองของกลุ่มทดลองหลัง ได้รับการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรม ร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะกับก่อนได้รับการ ฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรม ร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ โดยก่อนการฝึก รูปแบบ 2 กิจกรรม มีความสามารถด้านการทรงตัวโดยการวัด Time Up and Go Test (TUGT) ความทนทานในการเคลื่อนไหวโดยการวัด 6 Minute walk test (6MWT) ความแข็งแรงของ กล้ามเนื้อขาโดยการวัด Five times sit to stand test (FTSST) ความยืดหยุ่นของร่างกายโดย การวัด Functional reach test (FRT) การประเมินการทำงานของสมองด้านต่าง ๆ โดยแบบ ประเมิน Montreal Cognitive Assessment (MOCA) ความสามารถในการทรงตัวโดยแบบ ประเมิน Berg Balance Scale (BBS) ความสามารถในการจำ Forward Digit span test และ Backward Digit span test

จากผลการศึกษาพบว่าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่ได้รับการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรม ร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ (tDCS) แสดงให้เห็นการปรับปรุงในหลาย ด้านของความสามารถในการทำงาน โดยเฉพาะค่า TUGT, FTSST, 6MWT, FRT, BBS และ MOCA ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ ชี้ให้เห็นว่าการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรม ร่วมกับ tDCS อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพใน ด้านความคล่องตัว ความแข็งแรง ความทนทานต่อการทำกิจกรรม การทรงตัว และ ความสามารถทางปัญญา (Cognitive function) ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ผลการ เปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงก่อนการออกกำลังกาย (Pre-test) กับหลังการออกกำลังกายครบ 2 สัปดาห์และ 4 สัปดาห์ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ จากการศึกษาของ Kim และคณะ (2024) การกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ (tDCS) โดยวางขั้ว Anodal บริเวณ C3 หรือ C4 และวางขั้ว Cathodal บริเวณ Supraorbital area ข้างตรงข้ามร่วมกับการฝึกเดินเป็นระยะเวลา 1 เดือน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะร่วมกับการฝึกเดิน มีความ แตกต่างในด้านการทรงตัว (BBS) เมื่อเทียบกับกลุ่มกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะแบบหลอก (Sham-tDCS) ร่วมกับการฝึกเดิน จากงานวิจัยของ Duan และคณะ (2023) การกระตุ้นไฟฟ้า ผ่านกะโหลกศีรษะ (tDCS) โดยวางขั้ว Anodal บริเวณ C3 หรือ C4 และวางขั้ว Cathodal

บริเวณ Supraorbital area ข้างตรงข้ามร่วมกับการฝึกเดินทั่วไป (Conventional gait rehabilitation) เป็นระยะเวลา 20 วันต่อเนื่องกัน ผลการวิจัยพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านการทรงท่าขณะเดิน (TUGT) (59) จากการศึกษาของ Andrade และคณะ (2017) พบว่าการติดขั้วกระตุ้นผ่านกะโหลกศีรษะของผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง 10 ครั้ง 2 สัปดาห์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนแปลงของความสามารถของการด้านการทรงตัว (BBS) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (FTSST) ความทนทานการทำงานกิจกรรม (6MWT) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (60) เนื่องจากผลของกระแสไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะจากขั้ว Anode-tDCS ไปกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทสั่งการ (Motor area : M1) และ Neurological remodeling ของในด้าน Affected side ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ทำให้ผู้ป่วยมีการทรงตัวและการเดินดีขึ้น (61) รวมทั้งยังส่งผลทำให้ลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ของขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ในช่วง Swing phase จึงส่งผลทำให้ผู้ป่วยมีความสามารถการเดินและความยืดหยุ่นทางร่างกาย (Functional reach test) ที่ดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Liao และคณะ (2021) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลของ tDCS ร่วมกับ Tai-chi exercise พบว่าความสามารถในการรับรู้และความจำ (MOCA) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ เนื่องจากผลของการกระตุ้น tDCS ส่งผล Prefrontal cortex ส่งผลทำให้ผู้ป่วยมีความสามารถในการรับรู้ (Cognitive capacity) นอกจากนี้ผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมส่งผลทำให้อาสาสมัครมีสมาธิ (Attention) ที่เพิ่มขึ้น (62) จะเห็นว่าการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะสามารถเสริมสร้างการฟื้นฟูการทำงานของระบบประสาทในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง การกระตุ้น tDCS อาจส่งผลต่อกระบวนการเชื่อมโยงการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการทรงตัว ซึ่งช่วยให้ผู้ป่วยมีพัฒนาการที่ดีขึ้นในด้านการทำงานทางกายภาพ และความสามารถในการรับรู้ นอกจากนี้ผลการทดสอบสมาธิและความจำระยะสั้นโดยใช้ Forward Digit Span Test และ Backward Digit Span Test ยังพบว่ามีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการออกกำลังกายครบ 4 สัปดาห์ ($p < 0.05$) ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับ tDCS ไม่เพียงแต่ส่งผลต่อความสามารถในการเคลื่อนไหว แต่ยังช่วยส่งเสริมการทำงานด้านการรับรู้ ซึ่งอาจเกิดจากการที่ tDCS ส่งเสริมการทำงานของสมองส่วนหน้าที่เกี่ยวข้องกับการจดจำและการทำงานของสมาธิ

จากผลการศึกษานี้ พบว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะแบบหลอก (Sham tDCS) มีความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในตัวชี้วัดต่าง ๆ ได้แก่ ค่า TUGT, FTSST, BBS และ MOCA หลังจากการออกกำลังกายครบ 4 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนการออกกำลังกาย ผลลัพธ์ดังกล่าวบ่งชี้ว่าการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ แม้จะไม่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าที่แท้จริง ก็สามารถส่งผลให้เกิดการพัฒนาในด้านความสามารถทางกายภาพและการรับรู้ (Cognitive function) ของผู้ป่วยได้ โดยเฉพาะในด้านความคล่องตัว การลุกขึ้นยืน การทรงตัว และความสามารถในการรับรู้ ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการออกกำลังกายในการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยกลุ่มนี้ ผลการศึกษาเกี่ยวกับความทนทานในการทำกิจกรรม (6MWT) และความยืดหยุ่นของร่างกาย (Functional reach test) ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) หลังการออกกำลังกายครบ 2 และ 4 สัปดาห์ การฝึกฝนแบบต่อเนื่องนี้อาจช่วยเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อ และระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงเพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกาย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบสมาธิและความจำระยะสั้น (Forward Digit Span Test และ Backward Digit Span Test) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) หลังการออกกำลังกายครบ 4 สัปดาห์ และความจำระยะสั้นของผู้ป่วยในระยะเวลาที่ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ จากการศึกษาของ Meester และคณะ (2019) ศึกษาของการเดิน Tramil ร่วมกับการฝึก Cognitive ร่วมกับ Dual task ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ระยะเวลา 20 นาที ผลการศึกษาพบว่าหลังได้รับการฝึกมีค่า MOCA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (63)

จากการศึกษาของ Jung และคณะ (2023) ศึกษาใน Acute stroke โดยศึกษาผลของ Dual task การฝึกเดินร่วมกับการฝึกทรงตัวเป็นระยะเวลา 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 4 สัปดาห์ ผลของการศึกษาพบว่า TUGT, BBS และ 6MWT มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังฝึกจบ 3 สัปดาห์ เนื่องจากรูปแบบของกิจกรรม 2 กิจกรรม (Dual task) เป็นการการฝึกมีความท้าทายความสามารถในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง อีกทั้งการเดินและการทรงตัว ผู้ป่วยที่ได้รับผลกระทบจากโรคหลอดเลือดสมองมักมีปัญหาเกี่ยวกับการเดิน เช่น การทรงตัวที่ไม่ดี ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวที่ลดลง และความเร็วในการเดินที่ช้าลง การทำงานแบบ 2 กิจกรรมช่วยฝึกให้ผู้ป่วยสามารถเดินและทำกิจกรรมอื่น ๆ พร้อมกันได้ และยังเป็นการประเมินความสามารถในการทำงานหลายอย่างพร้อมกัน การทำงานแบบ 2 กิจกรรมช่วยประเมินความสามารถของผู้ป่วยในการทำงานที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการฟื้นตัวและการกลับไปใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพที่มีความผิดปกติของการเดินและการลง

น้ำหนักการฝึก 2 กิจกรรมจะทำให้ผู้ป่วยมีความสามารถในการเดินดีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (64)

จากการศึกษาของ Kim และคณะ (2016) ได้ศึกษาผลของการฝึก Aquatic ร่วมกับ Dual-task ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ฝึกครั้งละ 30 นาที 5 วันต่อสัปดาห์ พบว่าผลของการศึกษาในอาสาสมัครกลุ่ม Dual take training มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางกายได้แก่ BBS, TUGT, FTSST และ Functional reach test (Flexibility) เนื่องจากการฝึก Aquatic dual task training ทำให้เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความสามารถในการทรงตัว การฝึกการถ่ายน้ำหนักในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีปัญหาการลงน้ำหนักทั้งสองข้างไม่เท่ากัน (Asystematical gait) มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางกายดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับผลก่อนการฝึก (65)

การค้นพบนี้อาจชี้ให้เห็นว่าการฟื้นฟูสมรรถภาพด้านความสามารถทางปัญญาต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานกว่าหรืออาจต้องใช้การกระตุ้นไฟฟ้าที่แท้จริง (Active-tDCS) เพื่อให้เห็นผลลัพธ์ที่ชัดเจนในด้านนี้ ดังนั้น การออกกำลังกายเพียงอย่างเดียวสามารถช่วยเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย และการทรงตัวของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้ในระดับที่มีนัยสำคัญ แต่การพัฒนาในด้านสมรรถภาพทางปัญญาอาจต้องใช้รูปแบบการฝึกเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนมากขึ้น

ผลการศึกษาพบว่า การกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะเพียงอย่างเดียวสามารถส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรับรู้ (Cognitive function) ของผู้ป่วย โดยค่า MOCA มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) หลังจากการกระตุ้น 2 สัปดาห์และ 4 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Manor และคณะ ที่ระบุว่า การกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะอาจช่วยเสริมสร้างการทำงานของสมองในด้านการรับรู้และความจำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (66) การเปลี่ยนแปลงของค่า Forward Digit Span Test และ Backward Digit Span Test ที่พบหลังการกระตุ้นในสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับแนวคิดว่าการกระตุ้นนี้อาจมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความสามารถด้านการรับรู้ ด้านสมาธิ และความจำระยะสั้น อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในด้านความสามารถในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ TUGT, FTSST, 6MWT, ความยืดหยุ่นของร่างกาย (Functional reach test) และการทรงตัว (BBS) ซึ่งบ่งชี้ว่าการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะเพียงอย่างเดียวอาจไม่มีส่งผลที่ชัดเจนต่อการพัฒนาความสามารถทางกายภาพของผู้ป่วยในระยะสั้น งานวิจัยอื่น ๆ ได้แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรมควบคู่กับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะมักส่งผลดีต่อ

การพัฒนาความสามารถทางกายภาพมากกว่าซึ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการผสมผสานการกระตุ้นทางไฟฟ้าเข้ากับการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฟื้นฟูสมรรถภาพ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงที่พบในด้านความสามารถในการรับรู้ สะท้อนถึงประโยชน์ของการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะในการเสริมสร้างสมรรถภาพทางปัญญา แต่การฟื้นฟูความสามารถทางกายภาพอาจต้องอาศัยการฝึกหรือการฟื้นฟูในรูปแบบอื่นเพิ่มเติม เช่น การออกกำลังกายร่วมด้วย เพื่อให้เกิดผลที่มีนัยสำคัญมากขึ้น

ดังนั้นสรุปได้ว่าผลการศึกษานี้บ่งชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการรวมกันระหว่างการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรม และการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ (tDCS) โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านการเคลื่อนไหวและการทำงานด้านการรับรู้ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ผลกระทบด้านความรู้: การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้ tDCS ร่วมกับการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรมสามารถส่งผลดีต่อความสามารถในการรับรู้ โดยค่า MOCA มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) หลังการออกกำลังกายครบ 2 และ 4 สัปดาห์ ซึ่งบ่งชี้ว่าการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะช่วยเสริมสร้างการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับการจดจำและสมาธิ การเปลี่ยนแปลงที่พบใน Forward Digit Span Test และ Backward Digit Span Test ยังแสดงให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนในด้านความสามารถทางปัญญาหลังการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ ผลกระทบด้านความสามารถทางกายภาพ แม้ว่าการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะ จะมีผลดีต่อการทำงานด้านการรับรู้ แต่การศึกษาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านความสามารถทางกายภาพ เช่น TUGT, FTSST, 6MWT, ความยืดหยุ่นของร่างกาย (Functional reach test) และการทรงตัว (BBS) ซึ่งบ่งชี้ว่า tDCS เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอในการปรับปรุงความสามารถทางกายภาพของผู้ป่วยในระยะสั้น ผลลัพธ์นี้สนับสนุนความสำคัญของการออกกำลังกายร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีขึ้นทั้งในด้านการรับรู้ และความสามารถทางกายภาพ

จากการศึกษาของ Ferreira และคณะ (2020) ศึกษาโดยการติดขั้วกระตุ้นผ่านกะโหลกศีรษะ Active tDCS เป็นระยะเวลา 20 นาที 5 ครั้ง ระยะเวลา 2 สัปดาห์ ในผู้ป่วยมีปัญญาหลอดเลือดส่วนปลาย ผลของการศึกษาพบว่ากลุ่ม Active tDCS มีความสามารถทนทานในการทำกิจกรรม ความสามารถด้านทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มขึ้นทันทีหลังการฝึก 2 สัปดาห์ (ผลของการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์แรกที่ได้รับการฝึก) เนื่องจากการใช้ Anode tDCS จะไปเพิ่มการทำงานของ Motor function (M1) มีการเพิ่มขึ้นของ Excitability (motor cortex) และ Deep brain regions (67) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Cogiamanian และ

คณะ (2017) ติดขั้วกระตุ้นผ่านกะโหลกศีรษะ Anodal (M1) tDCS เพิ่มขึ้นของการเวลาในการทนทานในการทำกิจกรรม (Endurance time) ลดอาการปวดและลดอาการล้าของกล้ามเนื้อ ทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อ 2 ฝ่าย Agonist และ Antagonist ทำงานได้ดีขึ้น (68) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ojardias และคณะ (2020) ได้ศึกษาผลทันที (Immediate effects) ของ Active-tDCS (M1) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองชนิดเรื้อรังโดยติดขั้วกระตุ้น 20 นาที (2 ครั้ง) เปรียบเทียบกับกลุ่ม Shame-tDCS ผลของการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง มี Gait parameter (Stride length, Step length, Cadence) ที่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน และผลของการทนทาน 6 MWT เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระยะเวลาทางสถิติ ระหว่าง 350 ± 70 meter ($p < 0.05$) (69)

การออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรมสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายและการทรงตัวได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่การส่งเสริมความสามารถด้านการรับรู้ทางปัญญาอาจต้องใช้การกระตุ้นที่มากขึ้นหรือนานขึ้น จากการศึกษาโดยการฝึกการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรมรวมกับการกระตุ้นไฟฟ้าผ่านกะโหลกศีรษะอาจเป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง อย่างไรก็ตาม การศึกษาในอนาคตควรพิจารณาการใช้กลยุทธ์การกระตุ้นที่หลากหลายหรือระยะเวลาในการออกกำลังกายรูปแบบ 2 กิจกรรม ที่ยาวนานขึ้นเพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของการกระตุ้นไฟฟ้าต่อทั้งความสามารถทางกายภาพและทางปัญญาอย่างครบถ้วน การศึกษาในอนาคตอาจพิจารณาการใช้กลยุทธ์อื่น ๆ รวมถึงการเพิ่มความเข้มข้นของการออกกำลังกายหรือการทดลองใช้การกระตุ้นไฟฟ้ารูปแบบอื่น ๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น และปรับปรุงกระบวนการฟื้นฟูสมรรถภาพให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ข้อจำกัดในการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้มีข้อจำกัดดังต่อไปนี้ ประการแรก แม้ว่าผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกสุ่มกำหนดให้กับกลุ่ม tDCS with Dual task exercise, Shame tDCS with Dual task exercise และ tDCS แต่ก็มี ความแตกต่างในความสามารถในการทรงตัวการเดินระหว่างกลุ่ม ประการที่สอง ไม่มีกลุ่ม Control ที่ไม่ได้รับการฝึกทั้ง 2 กิจกรรมหรือกิจกรรมใด กิจกรรมหนึ่ง ประการที่สาม งานวิจัยไม่มีอาสาสมัครที่เป็นผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะเฉียบพลัน (Acute) ประการที่สี่ งานวิจัยนี้มีกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อย และประการสุดท้าย ระยะเวลาการศึกษาสั้น แม้จะมีข้อจำกัดเหล่านี้แต่เท่าที่เรารวบรวมนี้เป็นการศึกษาครั้งแรกที่ตรวจสอบประสิทธิภาพของ tDCS with Dual task exercise เกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถด้านการเคลื่อนไหวและการรับรู้ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ดังนั้นจึงเป็นรากฐานสำหรับการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับ tDCS with

Dual task exercise ที่จะช่วยให้สามารถส่งเสริมการพัฒนาความสามารถด้านการเคลื่อนไหว และการรับรู้ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้ นอกจากนี้ยังมี นัยสำคัญทางคลินิกเนื่องจากยืนยันผลของ tDCS with Dual task exercise ต่อการพัฒนา ความสามารถในการเคลื่อนไหว การรับรู้และการทำกิจกรรมต่าง ๆ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้สรุปได้ว่าการผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรม ร่วมกับการไฟฟ้า กระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะส่งผลให้อาสาสมัครมีความสามารถด้านการทรงตัว ศีรษะ ส่งผล ต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา การทรงตัว ความยืดหยุ่น ความทนทานของร่างกาย และ การรับรู้และความจำ ที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ (tDCS with Dual task exercise) ที่ ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่การฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่าน กะโหลกศีรษะแบบหลอก (Sham tDCS with Dual task exercise) และกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้น ไฟฟ้าตรงผ่านกะโหลกศีรษะเพียงอย่างเดียว (tDCS) ดังนั้นจึงสามารถนำการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรม ร่วมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะนี้ไปใช้ในทางคลินิกและชุมชนได้ ทั้งตัวผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือด สมองได้ ซึ่งเป็นการฝึกที่สะดวก ปลอดภัย พกพา และนำไปใช้ที่บ้านได้ ซึ่งน่าจะเป็นข้อมูลที่ ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเกิดความตระหนัก ให้ความสำคัญกับการพัฒนาความสามารถเพื่อ ป้องกันฟื้นฟูความสามารถ การพัฒนาสมรรถภาพทางกายและสมองโดยรวมของตนเองได้

ข้อเสนอแนะในการศึกษาในอนาคต

ผู้วิจัยเสนอว่าจำเป็นต้องมีการศึกษาติดตามผลอย่างน้อย 1 เดือนเพื่อยืนยันผลระยะ ยาวของ tDCS with Dual task exercise, Sham tDCS with dual task exercise และ tDCS รวมทั้งเพิ่มจำนวนอาสาสมัคร

เอกสารอ้างอิง

1. Pérennou D. Weight bearing asymmetry in standing hemiparetic patients. **J Neurol Neurosurg Psychiatry**. 2005 May;76(5):621.
2. Chuaykarn U, Suwannachat S. Recovery from Traumatic Brain Injury: The Effects of Early Multimodal Sensory Stimulation. **วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้**. 2019 Sep 11;6(3):188–201.
3. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? **Age Ageing**. 2006 Sep;35 Suppl 2:ii7–11.
4. Kitisomprayoonkul W. Transcranial Direct Current Stimulation. **J Thai Rehabil Med**. 2013;23(2):37–40.
5. Paulus W. Transcranial direct current stimulation (tDCS). **Suppl Clin Neurophysiol**. 2003;56:249–54.
6. Williams JA, Imamura M, Fregni F. Updates on the use of non-invasive brain stimulation in physical and rehabilitation medicine. **J Rehabil Med**. 2009 Apr;41(5):305–11.
7. Fritsch B, Reis J, Martinowich K, Schambra HM, Ji Y, Cohen LG, et al. Direct current stimulation promotes BDNF-dependent synaptic plasticity: Potential implications for motor learning. **Neuron**. 2010 Apr 29;66(2):198–204.
8. Lang N, Siebner HR, Ward NS, Lee L, Nitsche MA, Paulus W, et al. How does transcranial DC stimulation of the primary motor cortex alter regional neuronal activity in the human brain? **Eur J Neurosci**. 2005 Jul;22(2):495–504.
9. Abualait TS. Effects of transcranial direct current stimulation of primary motor cortex on cortical sensory deficits and hand dexterity in a patient with stroke: A case study. **J Int Med Res**. 2019 Dec 29;48(4):0300060519894137.
10. Kim SH. Effects of Dual Transcranial Direct Current Stimulation and Modified Constraint-Induced Movement Therapy to Improve Upper-Limb Function after Stroke: A Double-Blinded, Pilot Randomized Controlled Trial. **J Stroke Cerebrovasc Dis**. 2021 Sep;30(9):105928.

11. Caleb A A, Caleb Ao G, Olajide A O. Efficacy of transcranial direct current stimulation and over-ground walking task on functional mobility and quality of life of stroke survivors. **J Nov Physiother Rehabil**. 2020 Dec 3;4(2):049–56.
12. Kaewjoho C, Thaweewannakij T, Mato L, Nakmaroeng S, Phadungkit S, Amatachaya S. Effects of Exercises on a Hard, Soft, and Sand Surface on Functional Outcomes of Community-Dwelling Older Individuals: A Randomized Controlled Trial. **J Aging Phys Act**. 2020 Jun 2;1–8.
13. Al-Yahya E, Dawes H, Smith L, Dennis A, Howells K, Cockburn J. Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. **Neurosci Biobehav Rev**. 2011 Jan;35(3):715–28.
14. Mirelman A, Maidan I, Bernad-Elazari H, Nieuwhof F, Reelick M, Giladi N, et al. Increased frontal brain activation during walking while dual tasking: an fNIRS study in healthy young adults. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. 2014 May 12;11(1):85.
15. Lu CF, Liu YC, Yang YR, Wu YT, Wang RY. Maintaining Gait Performance by Cortical Activation during Dual-Task Interference: A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study. **PLoS One**. 2015;10(6):e0129390.
16. Chawla H, Walia S, Behari M, Noohu MM. Effect of type of secondary task on cued gait on people with idiopathic Parkinson's disease. **J Neurosci Rural Pract**. 2014;5(1):18–23.
17. Baetens T, De Kegel A, Palmans T, Oostra K, Vanderstraeten G, Cambier D. Gait analysis with cognitive-motor dual tasks to distinguish fallers from nonfallers among rehabilitating stroke patients. **Arch Phys Med Rehabil**. 2013 Apr;94(4):680–6.
18. Ada L, Dean CM, Morris ME, Simpson JM, Katrak P. Randomized trial of treadmill walking with body weight support to establish walking in subacute stroke: the MOBILISE trial. **Stroke**. 2010 Jun;41(6):1237–42.
19. Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT, Schaffrin A, Baake P, Malezic M, et al. Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. **Stroke**. 1995 Jun;26(6):976–81.

20. Richards CL, Malouin F, Wood–Dauphinee S, Williams JI, Bouchard JP, Brunet D. Task–specific physical therapy for optimization of gait recovery in acute stroke patients. **Arch Phys Med Rehabil.** 1993 Jun;74(6):612–20.
21. Bijleveld–Uitman M, van de Port I, Kwakkel G. Is gait speed or walking distance a better predictor for community walking after stroke? **J Rehabil Med.** 2013 Jun;45(6):535–40.
22. Wandel A, Jørgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS. Prediction of walking function in stroke patients with initial lower extremity paralysis: the Copenhagen Stroke Study. **Arch Phys Med Rehabil.** 2000 Jun;81(6):736–8.
23. Barclay R, Ripat J, Mayo N. Factors describing community ambulation after stroke: a mixed–methods study. **Clin Rehabil.** 2015 May;29(5):509–21.
24. Lord SE, McPherson K, McNaughton HK, Rochester L, Weatherall M. Community ambulation after stroke: how important and obtainable is it and what measures appear predictive? **Arch Phys Med Rehabil.** 2004 Feb;85(2):234–9.
25. Lee KB, Lim SH, Ko EH, Kim YS, Lee KS, Hwang BY. Factors related to community ambulation in patients with chronic stroke. **Top Stroke Rehabil.** 2015 Feb;22(1):63–71.
26. Ghorbanpour Z, Taghizadeh G, Hosseini SA, Pishyareh E, Ghomsheh FT, Bakhshi E, et al. Overload of anxiety on postural control impairments in chronic stroke survivors: The role of external focus and cognitive task on the automaticity of postural control. **PLoS One.** 2021;16(7):e0252131.
27. Negahban H, Ebrahimzadeh M, Mehravar M. The effects of cognitive versus motor demands on postural performance and weight bearing asymmetry in patients with stroke. **Neurosci Lett.** 2017 Oct 17;659:75–9.
28. Zweifler RM. Management of acute stroke. **South Med J.** 2003 Apr;96(4):380–5.
29. Ynag DJ, Uhm YH. Effects of Various Types of Bridge Exercise on the Walking Ability of Stroke Patients. **J Kor Phys Ther.** 2020 Jun 30;32(3):137–45.
30. Li S, Francisco GE, Zhou P. Post–stroke Hemiplegic Gait: New Perspective and Insights. **Front Physiol.** 2018;9:1021.

31. Chung EJ, Kim JH, Lee BH. The Effects of Core Stabilization Exercise on Dynamic Balance and Gait Function in Stroke Patients. **J Phys Ther Sci**. 2013 Jul;25(7):803–6.
32. Bovonsunthonchai S, Hiengkaew V, Vachalathiti R, Vongsirinavarat M, Tretriluxana J. Effect of speed on the upper and contralateral lower limb coordination during gait in individuals with stroke. **Kaohsiung J Med Sci**. 2012 Dec;28(12):667–72.
33. Hessam M, Salehi R, Yazdi MJS, Negahban H, Rafie S, Mehravar M. Relationship between functional balance and walking ability in individuals with chronic stroke. **J Phys Ther Sci**. 2018 Aug;30(8):993–6.
34. Hsiao HY, Gray VL, Borrelli J, Rogers MW. Biomechanical control of paretic lower limb during imposed weight transfer in individuals post-stroke. **J Neuroeng Rehabil**. 2020 Oct 27;17(1):140.
35. Park GD, Choi JU, Kim YM. The effects of multidirectional stepping training on balance, gait ability, and falls efficacy following stroke. **J Phys Ther Sci**. 2016 Jan;28(1):82–6.
36. Wang FC, Chen SF, Lin CH, Shih CJ, Lin AC, Yuan W, et al. Detection and Classification of Stroke Gaits by Deep Neural Networks Employing Inertial Measurement Units. **Sensors**. 2021 Jan;21(5):1864.
37. Zhu F, Kern M, Fowkes E, Afzal T, Contreras-Vidal JL, Francisco GE, et al. Effects of an exoskeleton-assisted gait training on post-stroke lower-limb muscle coordination. **J Neural Eng**. 2021 Jun 4;18(4).
38. Rollnik JD, Janosch U. Current trends in the length of stay in neurological early rehabilitation. **Dtsch Arztebl Int**. 2010 Apr;107(16):286–92.
39. Teasell RW, Bhogal SK, Foley NC, Speechley MR. Gait retraining post stroke. **Top Stroke Rehabil**. 2003;10(2):34–65.
40. Hubbard IJ, Parsons MW, Neilson C, Carey LM. Task-specific training: evidence for and translation to clinical practice. **Occup Ther Int**. 2009;16(3–4):175–89.
41. Eng JJ, Tang PF. Gait training strategies to optimize walking ability in people with stroke: A synthesis of the evidence. **Expert Rev Neurother**. 2007 Oct;7(10):1417–36.

42. Shrestha R, Sandesh TS, Jalal Z, Nuhmani S, Alghadir AH, Khan M. Effects of multi-directional step exercise with weight-shifting as an adjunct to conventional exercises on balance and gait in stroke patients. **Sci Rep.** 2022 Oct 12;12(1):17053.
43. Kwong PWH, Ng SSM. Reliability of the Lateral Step-Up Test and Its Correlation with Motor Function and Activity in Chronic Stroke Survivors. **BioMed Research International.** 2020 Apr 3;2020:e7859391.
44. Schoene D, Lord SR, Delbaere K, Severino C, Davies TA, Smith ST. A Randomized Controlled Pilot Study of Home-Based Step Training in Older People Using Videogame Technology. Berthold HK, editor. **PLoS ONE.** 2013 Mar 5;8(3):e57734.
45. Klamrueen P, Suttiwong J, Aneksan B, Muangngoen M, Denduang C, Klomjai W. Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation With Overground Gait Training on Lower Limb Performance in Individuals With Incomplete Spinal Cord Injury. **Arch Phys Med Rehabil.** 2023 Nov 4;S0003-9993(23)00606-8.
46. States RA, Pappas E, Salem Y. Overground physical therapy gait training for chronic stroke patients with mobility deficits. **Cochrane Database Syst Rev.** 2009 Jul 8;2009(3):CD006075.
47. Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice. In: **Osteoporos Int.** 2006.
48. Wood JM, Killingly C, Elliott DB, Anstey KJ, Black AA. Visual Predictors of Postural Sway in Older Adults. **Transl Vis Sci Technol.** 2022 Aug 24;11(8):24.
49. Longo V, Barbati SA, Re A, Paciello F, Bolla M, Rinaudo M, et al. Transcranial Direct Current Stimulation Enhances Neuroplasticity and Accelerates Motor Recovery in a Stroke Mouse Model. **Stroke.** 2022 May;53(5):1746-58.
50. Dong K, Meng S, Guo Z, Zhang R, Xu P, Yuan E, et al. The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Balance and Gait in Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Front Neurol.** 2021;12:650925.
51. Divya M, Narkeesh A. Therapeutic Effect of Multi-Channel Transcranial Direct Current Stimulation (M-tDCS) on Recovery of Cognitive Domains, Motor Functions of Paretic Hand and Gait in Subacute Stroke Survivors-A Randomized Controlled Trial Protocol. **Neurosci Insights.** 2022 Mar 30;17:26331055221087741.

52. Rassovsky Y, Dunn W, Wynn JK, Wu AD, Iacoboni M, Helleman G, et al. Single transcranial direct current stimulation in schizophrenia: Randomized, cross-over study of neurocognition, social cognition, ERPs, and side effects. **PLoS One**. 2018 May 7;13(5):e0197023.
53. Schertz M, Karni-Visel Y, Genizi J, Manishevitch H, Lam M, Akawi A, et al. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) in children with ADHD: A randomized, sham-controlled pilot study. **J Psychiatr Res**. 2022 Nov;155:302–12.
54. Pantovic M, Albuquerque LL de, Mastrantonio S, Pomerantz AS, Wilkins EW, Riley ZA, et al. Transcranial Direct Current Stimulation of Primary Motor Cortex over Multiple Days Improves Motor Learning of a Complex Overhand Throwing Task. **Brain Sciences**. 2023 Oct;13(10):1441.
55. Zhou J, Manor B, Yu W, Lo OY, Gouskova N, Salvador R, et al. Targeted tDCS Mitigates Dual-Task Costs to Gait and Balance in Older Adults. **Ann Neurol**. 2021 Sep;90(3):428–39.
56. Chalah MA, Riachi N, Ahdab R, Mhalla A, Abdellaoui M, Créange A, et al. Effects of left DLPFC versus right PPC tDCS on multiple sclerosis fatigue. **J Neurol Sci**. 2017 Jan 15;372:131–7.
57. Murphy SJX, Werring DJ. Stroke: causes and clinical features. **Medicine (Abingdon)**. 2020 Sep;48(9):561–6.
58. Klomjai W, Aneksan B, Pheungphrarattanatrai A, Chantanachai T, Choowong N, Bunleukhet S, et al. Effect of single-session dual-tDCS before physical therapy on lower-limb performance in sub-acute stroke patients: A randomized sham-controlled crossover study. **Ann Phys Rehabil Med**. 2018 Sep;61(5):286–91.
59. Kim HM, Na JM, Jo HS, Kim KH, Song MK, Park HK, et al. Feasibility of Simultaneous Anodal Transcranial Direct Current Stimulation During Gait Training in Chronic Stroke Patients: A Randomized Double-Blind Pilot Clinical Trial. **J Integr Neurosci**. 2024 Aug 20;23(8):154.
60. Abdollahi M, Kuber PM, Rashedi E. Dual Tasking Affects the Outcomes of Instrumented Timed up and Go, Sit-to-Stand, Balance, and 10-Meter Walk Tests in Stroke Survivors. **Sensors**. 2024 May 9;24(10):2996.

61. Duan Q, Liu W, Yang J, Huang B, Shen J. Effect of Cathodal Transcranial Direct Current Stimulation for Lower Limb Subacute Stroke Rehabilitation. Baroncelli L, editor. **Neural Plasticity**. 2023 May 27;2023:1–10.
62. Liao YY, Liu MN, Wang HC, Walsh V, Lau CI. Combining Transcranial Direct Current Stimulation With Tai Chi to Improve Dual–Task Gait Performance in Older Adults With Mild Cognitive Impairment: A Randomized Controlled Trial. **Front Aging Neurosci**. 2021 Dec 13;13:766649.
63. Meester D, Al-Yahya E, Dennis A, Collett J, Wade DT, Ovington M, et al. A randomized controlled trial of a walking training with simultaneous cognitive demand (dual-task) in chronic stroke. **Euro J of Neurology**. 2019 Mar;26(3):435–41.
64. Jung I, Oh D. Effects of incorporating dual task into repeated 6-min walk test on balance and walking functions in patients with subacute stroke: A randomized controlled trial. **Physiotherapy Res Intl**. 2023 Jul;28(3):e2003.
65. Kim K, Lee DK, Kim EK. Effect of aquatic dual-task training on balance and gait in stroke patients. **J Phys Ther Sci**. 2016;28(7):2044–7.
66. Manor B, Zhou J, Harrison R, Lo OY, Trivison TG, Hausdorff JM, et al. Transcranial Direct Current Stimulation May Improve Cognitive–Motor Function in Functionally Limited Older Adults. **Neurorehabil Neural Repair**. 2018 Sep;32(9):788–98.
67. Ferreira G, Silva-Filho E, De Oliveira A, De Lucena C, Lopes J, Pegado R. Transcranial direct current stimulation improves quality of life and physical fitness in diabetic polyneuropathy: a pilot double blind randomized controlled trial. **J Diabetes Metab Disord**. 2020 Jun;19(1):327–35.
68. Cogiamanian F, Marceglia S, Ardolino G, Barbieri S, Priori A. Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical areas. **Eur J of Neuroscience**. 2007 Jul;26(1):242–9.
69. Ojardias E, Azé OD, Luneau D, Mednieks J, Condemine A, Rimaud D, et al. The Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on the Walking Performance of Chronic Hemiplegic Patients. **Neuromodulation: Technology at the Neural Interface**. 2020 Apr;23(3):373–9.



ID No.

วันที่สัมภาษณ์

...../...../.....

แบบสัมภาษณ์และบันทึกเพื่อการวิจัย

แบบสัมภาษณ์และบันทึกชุดนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้เครื่องกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะต่อความบกพร่องและความสามารถในการทำกิจกรรมในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง : การศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษา

1. เปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมรวมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง
2. เปรียบเทียบผลของการฝึกรูปแบบ 2 กิจกรรมรวมกับการไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ ต่อเปลี่ยนแปลงของความสามารถด้านการรับรู้ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ช่วยให้ทราบถึงความสามารถของการทดสอบความสามารถด้านการทรงตัว ในการจำแนกระหว่างผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการล้ม และความปลอดภัยในการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองโดยผลการศึกษาจะสามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งในชุมชน โรงพยาบาล และคลินิกต่าง ๆ อย่างครอบคลุม นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะนำเสนอเป็นภาพรวมโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ให้ข้อมูลแต่อย่างใด จึงใคร่ขอความร่วมมือในการให้ข้อมูลอย่างครบถ้วนและตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถนำผลการศึกษาไปวิเคราะห์และสามารถตอบคำถามของการวิจัยได้มากที่สุด

คำชี้แจงแบบสัมภาษณ์ชุดนี้ แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

- ส่วนที่ 1** แบบสัมภาษณ์และบันทึกข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล
(โดยผู้วิจัย ในวันแรกที่พบอาสาสมัคร)
- ส่วนที่ 2** แบบบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับประวัติการล้มในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองภายใน
ระยะเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา (โดยผู้วิจัย ในวันแรกที่พบอาสาสมัคร)
- ส่วนที่ 3** แบบบันทึกผลการทดสอบ แบบบันทึกการทดสอบความสามารถด้านการทรงตัว
(Timed up and go test :TUGT) การทดสอบ Berg balance scale (BBS) การทดสอบ
ความสามารถด้านการเดิน (10 meter walk test : 10MWT) การทดสอบความแข็งแรง
ของกล้ามเนื้อขา (Five times sit-to-stand test : FTSST) การประเมินการเดินและการ
ทรงตัว (postural stability และ spatiotemporal) โดยใช้แอปพลิเคชัน Gait and balance
(G&B) การทดสอบการรับรู้ Montreal cognitive Assessment (MOCA) และประเมิน
การฟื้นฟูสภาพของระบบประสาท Fugl-Meyer (ฉบับภาษาไทย) การทดสอบความ
ยืดหยุ่นของร่างกาย โดยใช้การทดสอบ Functional reach test (FRT) และการ
ทดสอบพุทธิปัญญาในด้านความจำและการกำหนดสติตาม (Memory and
Attention) โดยใช้แบบประเมิน Digit Span Test (โดยผู้วิจัย ในวันสองที่พบ
อาสาสมัคร)
- ส่วนที่ 4** การประเมินความพร้อมด้านการรับรู้ (โดยผู้วิจัย ในวันแรกที่พบอาสาสมัคร)

ส่วนที่ 1 แบบสัมภาษณ์และบันทึกข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล
(โดยผู้วิจัย ในวันแรกที่พบอาสาสมัคร)

คำชี้แจงการบันทึกข้อมูล ผู้วิจัยเป็นผู้สัมภาษณ์/สังเกตโดยใช้คำถามที่เป็นตัวเลือก และจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์/สังเกตอาสาสมัครโดยให้กาเครื่องหมายถูก (/) ในช่อง () หน้าตัวเลือกที่ตรงกับข้อมูลมากที่สุด เพียงข้อเดียว ส่วนคำถามที่ให้เขียนตอบ กรุณาเขียนตอบด้วยตัวบรรจง

1. เพศ () 1. ชาย () 2. หญิง
2. อายุ.....ปี
3. น้ำหนักตัวกิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร
4. ดัชนีมวลกาย (BMI).....กิโลกรัม/ตารางเมตร
5. ความดันโลหิตขณะพัก.....มิลลิเมตรปรอท
6. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก.....ครั้งต่อนาที
7. สถานภาพ () 1. โสด () 2. สมรส () 3. หม้าย () 4. หย่าร้าง/แยกกันอยู่
8. จำนวนผู้ที่อยู่อาศัยในครอบครัวเดียวกับท่าน.....คน
9. ท่านอาศัยอยู่กับใคร
 - () 1. อาศัยอยู่คนเดียว () 2. อาศัยอยู่กับสามีหรือภรรยา
 - () 3. อาศัยอยู่กับบุตรหรือธิดา () 4. อาศัยอยู่กับเครือญาติ ระบุใครบ้าง.....
10. ลักษณะบ้านที่ท่านอาศัยอยู่เป็นอย่างไร
 - () 1. บ้านปูนชั้นเดียว () 2. บ้านไม้ชั้นเดียวมีใต้ถุน
 - () 3. บ้านปูน 2 ชั้น () 4. บ้านไม้ 2 ชั้นมีใต้ถุน
 - () 5. อื่น ๆ ระบุลักษณะ.....
11. ระดับการศึกษา
 - () 1. ประถมศึกษา () 2. มัธยมศึกษา
 - () 3. ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า () 4. สูงกว่าปริญญาตรี
 - () 5. ไม่ได้เรียน หรืออ่านและ/หรือเขียนหนังสือไม่ได้

12. ท่านมีความผิดปกติหรือการผิดปกติของขาหรือกระดูกสันหลังที่ส่งผลต่อการเดินหรือไม่
(หากมีให้หยุดการสัมภาษณ์)

- () 1. ไม่มี () 2. มี ระบุ.....

13. อาชีพปัจจุบัน

- () 1. ไม่ได้ประกอบอาชีพ
() 2. เกษตรกรรม ระบุ.....
() 3. รับจ้างทั่วไป ระบุ.....
() 4. ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัวระบุ.....
() 5. รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ ระบุ.....
() 6. อื่น ๆ ระบุ.....

14. ท่านโรคประจำตัวที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์หรือไม่ (สามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

- () 1. ไม่มี
() 2. มี () 2.1 โรคของระบบกล้ามเนื้อและข้อต่อ () 2.2 โรคอื่นๆ
() 1. โรคข้อเสื่อม ระบุข้อต่อ..... () 1. โรคเบาหวาน
() 2. โรคข้ออักเสบ เช่น รูมาตอยด์ เก๊าท์ () 2. โรคความดันโลหิตสูง
() 3. โรคกระดูกสันหลังเสื่อม () 3. โรคหัวใจ
() 4. โรคกระดูกทับเส้นประสาท () 4. ปวดหลัง
() 5. โรคไขมันในเส้นเลือดสูง () 5. โรคไต
() 6. อื่นๆ ระบุ..... () 6. อื่นๆ ระบุ.....

15. ปัจจุบันท่านรับประทานยาหรือไม่ (เช่น ยานอนหลับ ยาแก้ปวดประสาท ยาลดความดันโลหิต ยาขับปัสสาวะ ยาลดไขมัน ยาลดน้ำตาลในเลือด ยาโรคหัวใจ เป็นต้น)

- () 1. ไม่รับประทานยา
() 2. รับประทานยา จำนวน.....ชนิด ระบุชื่อยา และขนาด

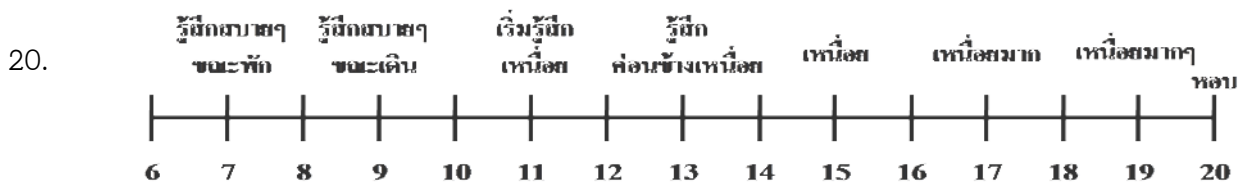
รับประทาน

(จำนวนเม็ดหรือปริมาณ X จำนวนครั้งที่รับประทานใน 1 วัน)

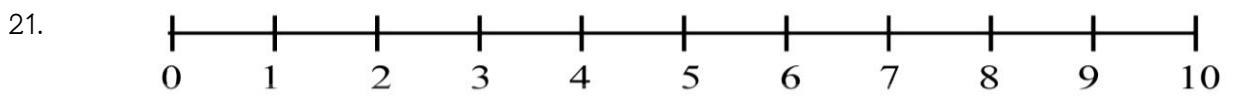
- 2.1 ชื่อยา.....ขนาดรับประทาน..... X.....
2.2 ชื่อยา.....ขนาดรับประทาน..... X.....
2.3 ชื่อยา.....ขนาดรับประทาน..... X.....

- 2.4 ชื่อยา.....ขนาดรับประทาน..... X.....
- 2.5 ชื่อยา.....ขนาดรับประทาน..... X.....
- () 3. รับประทานยาไม่ทราบชื่อจำนวน.....ชนิด
16. ท่านเคยมีประวัติการเจ็บป่วยที่มีผลกระทบต่ออาการเคลื่อนไหวหรือไม่ เช่น ประสบอุบัติเหตุ โรคหลอดเลือดสมองและโรคพาร์กินสัน เป็นต้น
- () 1. ไม่มี
- () 2. มี ระบุ.....
- การบาดเจ็บดังกล่าวส่งผลต่อการเคลื่อนไหวในปัจจุบันของท่านหรือไม่
- () ไม่ส่งผล () ส่งผล ระบุ.....
17. ลักษณะของกิจกรรมที่ท่านทำเป็นส่วนใหญ่ในแต่ละวันคือ
- ลักษณะกิจกรรม () 1. ทำไร่ ทำนา ทำสวน () 2. เลี้ยงสัตว์ () 3. ค้าขาย
- () 4. งานฝีมือ () 5. ทำงานบ้าน () 6. เลี้ยงหลาน
- () 7. อื่น ๆ ระบุ.....
18. โดยปกติท่านได้ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาบ่อยครั้งเพียงใด
- () 1. ไม่ได้ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาเลย
- () 2. ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาอย่างสม่ำเสมอ ระบุจำนวนครั้ง / สัปดาห์
- () 3. ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาเป็นบางครั้ง ระบุจำนวนครั้ง / สัปดาห์
- () 4. นานๆ ครั้ง (เช่น ออกกำลังกาย 2 วัน ใน 1 เดือน)
19. รายละเอียดเพิ่มเติมในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา (โปรดระบุ เช่น วิ่ง ฟิตเนส แบดมินตัน เป็นต้น)

ลำดับที่	ชนิดหรือประเภท การออกกำลังกาย	ระยะเวลา แต่ละกิจกรรม (นาที)	ความหนัก แต่ละกิจกรรม (คะแนน)	ความถี่ (ครั้ง /สัปดาห์)	ระยะเวลาที่ ทำติดต่อกัน (เดือน)



หมายเหตุ: รูปแสดงระดับความเหนื่อยในการทำกิจกรรม (borg scale)



0

ไม่ปวด



2

ปวดปานกลางพอทนได้



4



6

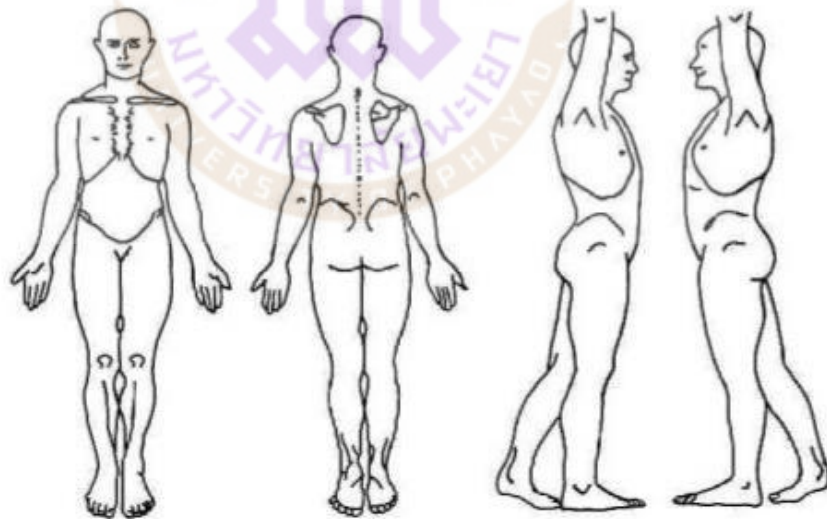


8

ปวดมากที่สุดทนไม่ได้



10



ภาพโครงร่างสำหรับบันทึกอาการผิดปกติของร่างกาย

22. ท่านมีความบกพร่องของความสามารถด้านการมองเห็นหรือไม่
(ทดสอบด้วย Snellen Chart)
- () 1. ไม่มี
() 2. มี ** หากมีปัญหาการมองเห็น สามารถแก้ไขได้หรือไม่
() ไม่ได้ () ได้ ระบุวิธี.....
23. ท่านมีความบกพร่องของความสามารถด้านการทรงตัวหรือไม่ (ทดสอบด้วยการยืนต่อเท้า)
- () 1. ไม่มี
() 2. มี ** ยืนต่อเท้าได้ไม่ถึง 10 วินาที
() ทำได้ () ทำไม่ได้ ระบุเวลา.....
24. ท่านมีความบกพร่องของกำลังกล้ามเนื้อมือหรือไม่ (ทดสอบด้วย hand grip strength)
- () 1. ทำไม่ได้
() 2. ทำได้
() มือซ้าย ระบุกิโลกรัม.....() มือขวา ระบุกิโลกรัม.....
25. ท่านมีปัญหาการได้ยินที่กระทบต่อการสื่อสารหรือไม่
- () 1. ไม่มี
() 2. มี ได้แก้ไขหรือไม่
() ไม่ได้ () ได้ ระบุวิธี
26. ท่านมีความบกพร่องของความสามารถในการจดจำและเรียนรู้หรือไม่ (ทดสอบด้วย MMSE)
- () 1. ไม่มี
() 2. มี

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับประวัติการล้มในอาสาสมัครภายในระยะเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา (โดยผู้วิจัย ในวันแรกที่พบอาสาสมัคร)

คำชี้แจงการบันทึกข้อมูล ข้อมูลในข้อ 1-5 เป็นข้อมูลที่ได้จากข้อมูลเกี่ยวกับประวัติการล้มในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ข้อมูลในข้อ 1-5 เป็นข้อมูลที่ได้การตรวจประเมินของผู้วิจัยแล้วบันทึกข้อมูลที่ได้ โดยการกาเครื่องหมายถูก (/) ในช่อง () หน้าตัวเลือกที่ตรงกับข้อมูลที่ได้มากที่สุด เพียงข้อเดียว หรือมากกว่า และ/หรือเขียนตอบด้วยตัวบรรจงหนึ่งข้อ

1. ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา (ประมาณเดือนถึง.....)
 - ท่านเคยล้มหรือไม่
 - () 1. ไม่เคยล้ม
 - () 2. เคย
 - () 1 ครั้ง () 2 ครั้ง () ตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป ระบุจำนวน.....ครั้ง
2. ขณะที่ท่านล้มมีบุคคลอื่นอยู่ด้วยหรือไม่
 - () 1. ไม่มี () 2. มี ระบุใครอยู่ด้วย.....
3. ท่านรู้สึกกลัวการล้มหรือไม่
 - () 1. ไม่กลัว () 2. กลัวปานกลาง () 3. กลัวมาก
4. รายละเอียดเกี่ยวกับการล้ม

ครั้งที่ล้ม	วัน/เดือน/ปี ช่วงเวลา	สถานที่*	สาเหตุที่คาดว่าทำให้ล้ม**	ลักษณะการล้ม***
1				
2				
3				
4				
5				

หมายเหตุ จากตารางรายละเอียดเกี่ยวกับการล้ม

*สถานที่ (ระบุด้วย).....

1. ภายในตัวบ้าน 2. ภายนอกตัวบ้าน 3. ในชุมชน (นอกเขตตัวบ้าน) 4. ที่ทำงาน

****สาเหตุที่คาดว่าทำให้เกิดการล้มน้ำ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)**

1. กล้ามเนื้อลำตัวและขาอ่อนแรง
2. สูญเสียการทรงตัว
3. ดื่มน้ำแอลกอฮอล์
4. ผลข้างเคียงจากการใช้ยา
5. หน้ามืดวิงเวียนศีรษะ
6. ปัญหาด้านการมองเห็น
9. กล้ามเนื้ออ่อนแรงจากการใช้งานมากเกินไป
10. ความบกพร่องของการรับรู้ความรู้สึก
11. ไม่ได้ใส่ใจกับการเคลื่อนไหวขณะนั้น
12. สวมรองเท้าไม่เหมาะสม
13. แสงสว่างไม่เพียงพอ
14. สวมใส่ผ้าถุง/กระโปรง/กางเกงขายาว

เกินไป

7. การเคลื่อนไหวเร็วเกินไป
8. สิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสม/เป็นอันตราย ระบุ.....
15. โชคดี

*****ลักษณะการล้มน้ำ**

1. ล้มน้ำเอง
2. สะดุดสิ่งกีดขวางระบุสะดุดอะไร.....
3. ล้มน้ำขณะเปลี่ยนท่าทาง ระบุ.....
4. อื่น ๆ ระบุ.....
5. ผลล้มน้ำเนื่องจากการล้มน้ำหมายเหตุ จากตารางรายละเอียดเกี่ยวกับการล้มน้ำ

***ผลล้มน้ำเนื่องทางกาย และจิตใจ**

ครั้งที่ล้มน้ำ	ผลล้มน้ำเนื่องทางกายและจิตใจ*		ผลล้มน้ำเนื่องจากการล้มน้ำต่อความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวัน**	ความจำเป็นที่ต้องรับการรักษา (กินยา ทายา ฉีดยา ผ่าตัด)	ความจำเป็นที่ต้องนอนโรงพยาบาล
	กาย	จิตใจ			
				() 1 ไม่ () 2 จำเป็น	() 1 ไม่ () 2 จำเป็นนาน.....วัน
1				() 1 ไม่ () 2 จำเป็น	() 1 ไม่ () 2 จำเป็นนาน.....วัน
2				() 1 ไม่ () 2 จำเป็น	() 1 ไม่ () 2 จำเป็นนาน.....วัน
3				() 1 ไม่ () 2 จำเป็น	() 1 ไม่ () 2 จำเป็นนาน.....วัน
4				() 1 ไม่ () 2 จำเป็น	() 1 ไม่ () 2 จำเป็นนาน.....วัน
5				() 1 ไม่ () 2 จำเป็น	() 1 ไม่ () 2 จำเป็นนาน.....วัน
6				() 1 ไม่ () 2 จำเป็น	() 1 ไม่ () 2 จำเป็นนาน.....วัน
7				() 1 ไม่ () 2 จำเป็น	() 1 ไม่ () 2 จำเป็นนาน.....วัน

ผลสืบเนื่องทางกาย

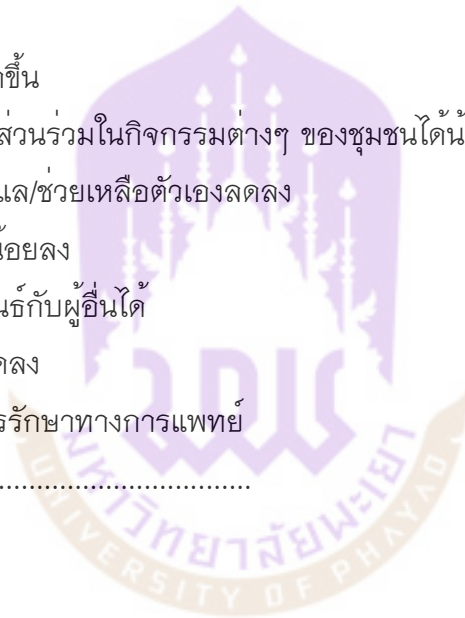
- | | |
|---------------------|---------------------------------------|
| 1. ไม่ได้รับบาดเจ็บ | 5. กล้ามเนื้อหรือเอ็นกล้ามเนื้อฉีกขาด |
| 2. ข้อหลุด | 6. กระดูกหัก |
| 3. ฟกช้ำ | 7. สลบ |
| 4. รอยถลอก แผล | 8. อื่น ๆ ระบุ..... |

ผลสืบเนื่องทางจิตใจ

1. มีการกลัวการล้มเพิ่มขึ้น
2. มีความมั่นใจในการทำกิจกรรมประจำวันต่าง ๆ ลดลง

****ผลสืบเนื่องจากการล้มต่อความสามารถในการทำกิจกรรมประจำวัน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)**

1. ทำให้ต้องนอนพักมากขึ้น
2. ทำให้ท่านสามารถมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ของชุมชนได้น้อยลง
3. ทำให้ท่านสามารถดูแล/ช่วยเหลือตัวเองลดลง
4. ทำให้ท่านทำงานได้น้อยลง
5. ทำให้ท่านมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นได้
6. ทำให้ท่านมีรายได้ลดลง
7. ทำให้ท่านต้องรับการรักษาทางการแพทย์
8. อื่น ๆ ระบุ.....



ส่วนที่ 3 แบบบันทึกผลการทดสอบความสามารถด้านการเคลื่อนไหว (functional ability)

คำชี้แจงการบันทึกข้อมูล ข้อมูลส่วนนี้จะทำการทดสอบ balance ability test ได้แก่

- ความเร็วในการเดิน (walking speed) โดยการจับเวลาในการเดินระยะทาง 10 เมตร (10-meter walk test: 10MWT) ด้วยความเร็วปกติและความเร็วสูงสุด ผู้ทดสอบจับเวลาที่ใช้ในช่วง 4 เมตรตรงกลางของทางเดินทั้งหมด ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง/ความเร็ว

- ความสามารถด้านการทรงตัว (balance control) โดยใช้การทดสอบ Timed up and go test (TUGT) ผู้ทดสอบจับเวลาที่อาสาสมัครใช้ในการลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้ เดินตรงไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 3 เมตร หมุนตัวอ้อมกรวย และเดินกลับไปนั่งที่เก้าอี้ด้วยความเร็วสูงสุดและปลอดภัย จำนวน 3 ครั้ง

- การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (functional muscle strength) โดยใช้การจับเวลาในการนั่ง-ยืน 5 ครั้ง (Five times sit-to-stand test : FTSST) โดยเร็วที่สุดและปลอดภัย โดยไม่ใช้มือช่วย ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

- ความทนทานในการเคลื่อนไหว (functional endurance) โดยใช้การทดสอบระยะทางการเดินในเวลา 6 นาที (6-minute walk test : 6 MWT) รอบทางเดินรูปสี่เหลี่ยมให้ไคร้ระยะทางไกลที่สุด ระหว่างการทดสอบอาสาสมัครสามารถหยุดยืนพักได้โดยไม่หยุดเวลาการทดสอบ เมื่อครบเวลา ผู้ทดสอบวัดระยะทางที่อาสาสมัครทำได้

- การทดสอบความสามารถด้านการเดินและการทรงตัว (Gait & Balance) โดยใช้แอปพลิเคชัน Gait and balance โดยจะเป็นการทดสอบผ่านแอปพลิเคชัน postural stability and spatiotemporal by App Gait and balance ของโทรศัพท์มือถือโดยอาสาสมัครจะถูกสวมเข็มขัดผูกเอวที่มีโทรศัพท์และแอปพลิเคชัน Gait and balance ที่ติดอยู่บริเวณ L5 หรือ S1 และเริ่มการทดสอบสอบตามลำดับดังนี้

- ยืนนิ่งบนพื้นราบและลืมหัดระยะเวลา 30 วินาที
- ยืนนิ่งบนพื้นราบและหลับตาระยะเวลา 30 วินาที
- ยืนนิ่งบนพื้นนุ่มและลืมหัดระยะเวลา 30 วินาที
- ยืนนิ่งบนพื้นนุ่มและหลับตาระยะเวลา 30 วินาที
- เดินบนพื้นราบ หน้ามองตรงและลืมหัด 4 ครั้ง ครั้งละ 6 วินาที
- เดินบนราบโดยหันซ้ายและลืมหัด 4 ครั้ง ครั้งละ 6 วินาที
- เดินบนราบโดยหันซ้ายและลืมหัด 4 ครั้ง ครั้งละ 6 วินาที

- การทดสอบความยืดหยุ่น โดยใช้การทดสอบ Functional reach test (FRT) เป็นการประเมินระยะทางที่สามารถเอื้อมมือไปข้างหน้า ไกลมากที่สุด โดยทำอยู่กับที่ ขณะทดสอบให้ยกมือ 90 องศา โนม์ตัวไปทางด้านหน้า วัดระยะทางเอื้อมที่ทำได้

- การทดสอบพุทธิปัญญาในด้านความจำและการกำหนดสติตาม (Memory and Attention) โดยใช้แบบประเมิน Digit Span Test พุดตัวเลขตามที่ได้ยิน (forward) พุดตัวเลขย้อนกลับหลังตามที่ได้ยิน (backward) โดยจะนับคะแนนตามแถวที่ถูก

วันที่เก็บข้อมูล...../...../..... (Baseline)

Functional test	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	หมายเหตุ
Five time sit to stand test (FTSST)					
Gait and balance					
Time up and go test (TUGT)					
6-minute walk test					
Functional reach test (FRT)					
Forward Digit span			Backward Digit span		

ID No.

วันที่เก็บข้อมูล...../...../..... (Baseline)

10MWT	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
10MWT Prefer speed				
10MWT fasted speed				

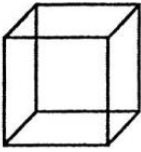
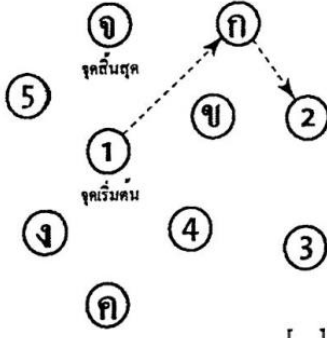
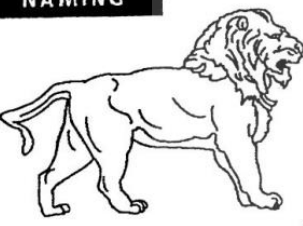

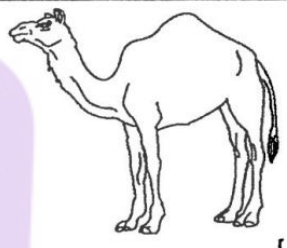
ภาคผนวก ข
การทดสอบการรับรู้ Montreal Cognitive Assessment (MoCA)



แบบทดสอบ Montreal Cognitive Assessment (MoCA)

วันที่เก็บข้อมูล

ชื่อผู้เข้าร่วมวิจัย (นาย,นาง,นางสาว).....อายุ.....ปี

VISUOSPATIAL / EXECUTIVE		 คัดลอก, ถูกบาทก วาดหน้าปัดนาฬิกา ขอบเวลาที่ 11.10 น. (3 คะแนน)		คะแนน			
 [] [] []		[] [] [] รูปวาง [] [] [] ตัวเลข [] [] [] เข็ม [] [] []		___/5			
NAMING							
 []		 []		 [] ___/3			
MEMORY							
อ่านชุดคำเหล่านี้แล้วให้ผู้ทดสอบทวนซ้ำ ทดสอบ 2 ครั้ง และถามซ้ำอีกครั้งหลัง 5 นาที		หน้า	คำใหม่	วัด	มะลิ	สีแดง	
ทวนครั้งที่ 1							
ทวนครั้งที่ 2							
ATTENTION							
อ่านตัวเลขต่อไปนี้ตามลำดับ (1 ครั้งวินาที)		ให้ผู้ทดสอบทวนลำดับ [] 2 1 8 5 4					
		ชุดทดสอบทวนซ้ำแบบย้อนลำดับ [] 7 4 2					
อ่านออกเสียงตัวเลขต่อไปนี้ แล้วให้ผู้ทดสอบตะโกนเมื่อได้ยินเสียงอ่านเลข "1" (ไม่มีคะแนนถ้าคิดเกิน 2 ครั้ง)		[] 5 2 1 3 9 4 1 1 8 0 6 2 1 5 1 9 4 5 1 1 1 4 1 9 0 5 1 1 2					
เริ่มจาก 100 ลบไปเรื่อยๆที่ละ 7		[] 93	[] 86	[] 79	[] 72	[] 65	___/3
		ลบทุก 4 หรือ 5 คำ ได้ 3 คะแนน, 2 หรือ 3 คำ ได้ 2 คะแนน, 1 คำ ได้ 1 คะแนน, 0 คำ ไม่ได้คะแนน					
LANGUAGE							
Repeat: ฉันรู้ว่าขอมเป็นคนที่มาช่วยงานวันนี้		[]					
แมวกับช้อนคือคู่หูสิ่งเข้ามือมีหมาอยู่ในห้อง		[]					
Fluency/ บอกคำที่ขึ้นต้นด้วยตัวอักษร " ก " ให้มากที่สุดภายใน 1 นาที		ก [] _____			(N ≥ 11 words)		
ABSTRACTION							
บอกความเหมือนระหว่าง 2 สิ่ง เช่น กกล้วย-ส้ม : เป็นผลไม้		[] รถไฟ - จักรยาน	[] นาฬิกา - โคมไฟ				___/2
DELAYED RECALL							
ให้ทวนชุดคำที่จำไว้ก่อนหน้านี้ โดยไม่มีกรให้ตัวช่วย		หน้า []	คำใหม่ []	วัด []	มะลิ []	สีแดง []	___/5
Optional		Category cue					ให้คะแนนเฉพาะคำที่ทวนได้โดยไม่ให้ตัวช่วย
		Multiple choice cue					
ORIENTATION							
[] วันที่		[] เดือน	[] ปี	[] วัน	[] สถานที่	[] จังหวัด	___/6
Translated by Solaphat Hemrungronj MD Trial version 01 Updated August 31, 2011 ©Z Nasreddine MD		คำปกติ ≥ 25/30		คะแนนรวม			___/30
				เพิ่ม 1 คะแนน ถ้าจำนวนปีการศึกษา ≤ 6			

ระดับคะแนน ถ้าคะแนนน้อยกว่า 25 ผิดปกติ

ผู้ตรวจ

ถ้าคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 25 ปกติ

ภาคผนวก ค
การประเมินการฟื้นฟูสภาพผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง
(The Fugl-Meyer Assessment (FMA))



Motor Function – Upper Extremity				
การทดสอบทดสอบ ในท่านั่ง	หัวข้อย่อยที่ทดสอบ	คะแนน		เกณฑ์การให้คะแนน
		Pre	Post	
I. Reflex 4 คะแนน	Biceps			0 – no reflex
	Triceps			2 – ตรวจพบ reflex
II. A. Flexor synergy (มือวางที่เข้าตรงข้าม ยกมือมาที่หลังใบหูข้าง เดียวกันกับแขน) 12 คะแนน	Elevation			0 – ไม่สามารถทำการ เคลื่อนไหวได้
	Shoulder retraction			
	Abduction (at least 90°)			1 – ทำการเคลื่อนไหว ได้บางส่วน
	External rotation			2 – ทำการเคลื่อนไหว ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์
	Elbow flexion			
	Forearm supination			
II. B. Extensor synergy (จากท่ามืออยู่หลังใบหู ยกกลับมาวางที่หัวเข้า ด้านตรงข้าม) 6 คะแนน	Shoulder add./int. rot.			0 – ไม่สามารถทำการ เคลื่อนไหวได้
	Elbow extension			
	Forearm pronation			1 – ทำการเคลื่อนไหว ได้บางส่วน 2 – ทำการเคลื่อนไหว ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์
III. Movement combining synergy 6 คะแนน	Hand to lumbar spine			0 – ไม่มีการเคลื่อนไหว หรือมีการขยับแขนแต่ มือไม่เคลื่อนผ่าน ASIS 1 – มือเคลื่อนผ่าน ASIS แต่ไม่ถึงกลางหลัง (lumbar spine) 2 – ทำการเคลื่อนไหว ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์
	Shoulder flexion to 90°, elbow at 0°			0 – มีการกางแขน หรือ งอข้อศอก ทันทีที่เริ่ม การเคลื่อนไหว

				<p>1 - มีการกางแขน หรือ งอข้อศอกเมื่อ เคลื่อนไหวไปได้ช่วงหนึ่ง</p> <p>2 - ทำการเคลื่อนไหว ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์</p>
	Pronation/supination of forearm with elbow at 90° & shoulder at 0°			<p>0 - ไม่สามารถคงอยู่ในท่าแขนแนบลำตัวงอศอก 90° ได้ และหรือไม่สามารถคว่ำ-หงายมือได้</p> <p>1 - คว่ำ-หงายมือได้บางส่วน</p> <p>2 - ทำการเคลื่อนไหว ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์</p>
IV. Movement out of Synergy 6 คะแนน	Shoulder abduction to 90°, elbow at 0° & forearm pronated			<p>0 - มีการงอข้อศอก หรือไม่สามารถคงอยู่ในท่าคว่ำมือได้ตั้งแต่เริ่มเคลื่อนไหว</p> <p>1 - ทำการเคลื่อนไหวได้บางส่วน หรือขณะเคลื่อนไหว มีการงอศอก</p> <p>หรือไม่สามารถคงอยู่ในท่าคว่ำมือได้</p> <p>2 - ทำการเคลื่อนไหว ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์</p>
	Shoulder flexion 90-180°, elbow at 0° & forearm in mid - position			<p>0 - มีการงอข้อศอก หรือกางแขน ตั้งแต่เริ่มการเคลื่อนไหว</p> <p>1 - ขณะเคลื่อนไหวได้บางส่วน มีการงอข้อศอก หรือกางแขน</p>

				2 - ทำการเคลื่อนไหวได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์
	Pronation/supination of forearm, elbow at 0° & shoulder between 30-90° of flexion			0 - ไม่สามารถคงอยู่ในท่าข้อไหล่ โดยข้อศอกเหยียดตรงได้ หรือไม่สามารถคว้า-หงายมือได้ 1 - คว้า-หงายมือได้เพียงบางส่วน 2 - ทำการเคลื่อนไหวได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์
V. Normal reflex Activity 2 คะแนน	Biceps and/or finger flexors and triceps (ประเมินเมื่อผู้ป่วยได้คะแนนเต็ม 6 คะแนนในส่วนที่ IV หากไม่เช่นนั้นให้คะแนนหัวข้อนี้เท่ากับ 0)			0 - อย่างน้อย 2 ใน 3 ของ reflex ที่ตรวจมีลักษณะเป็น hyperreflexia 1 - พบ hyper reflexia 1 ที่ หรือพบอย่างน้อย 2 ที่ มี reflex ค่อนข้างแรง 2 - มี reflex ค่อนข้างแรง (lively) ไม่เกิน 1 ที่ และไม่มี hyperreflexia
VI. Wrist 10 คะแนน	Stability, elbow at 90°, shoulder at 0°(กระดกข้อมือขึ้น 15° ให้แรงต้าน(ต้นลง) เล็กน้อย)			0 - ไม่สามารถกระดกข้อมือขึ้น 15° 1 - กระดกข้อมือ 15° ได้ แต่ไม่สามารถรับแรงต้านเล็กน้อยได้ 2 - กระดกข้อมือค้างไว้ที่ 15° ได้แม้ให้แรงต้าน (เล็กน้อย)

	Flexion/extension, elbow at 90°, shoulder at 0°			0 - ไม่สามารถทำการ เคลื่อนไหวได้ 1 - ทำการเคลื่อนไหว ได้บางส่วน 2 - ทำการเคลื่อนไหว ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์
	Stability, elbow at 0°, shoulder at 30°			0 - ไม่สามารถกระดก ข้อมือขึ้น 15° 1 - กระดกข้อมือ 15° ได้แต่ไม่สามารถสู้แรง ต้านเล็กน้อยได้ 2 - กระดกข้อมือค้างไว้ ที่ 15° ได้ แม้ให้แรงต้าน (เล็กน้อย)
	Flexion/extension, elbow at 0°, shoulder at 30°			0 - ไม่สามารถทำการ เคลื่อนไหวได้ 1 - ทำการเคลื่อนไหว ได้บางส่วน 2 - ทำการเคลื่อนไหว ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์
	Circumduction			0 - ไม่สามารถทำการ เคลื่อนไหวได้ 1 - ทำการเคลื่อนไหว ได้บางส่วน 2 - ทำการเคลื่อนไหว ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์
VII. Hand 14 คะแนน	Finger mass flexion			0 - ไม่สามารถทำการ เคลื่อนไหวได้ 1 - ทำการเคลื่อนไหว ได้บางส่วน 2 - ทำการเคลื่อนไหว ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

	Finger mass extension			0 - ไม่สามารถทำการเคลื่อนไหวได้ 1 - ทำการเคลื่อนไหวได้บางส่วน 2 - ทำการเคลื่อนไหวได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์
	Grasp I-MCP joints extended and proximal & distal IP joints are flexed; grasp is tested against resistance			0 - ไม่สามารถทำการเคลื่อนไหวได้ 1 - ทำการเคลื่อนไหวได้ แต่ไม่สามารถสู้แรงต้าน(เล็กน้อย) 2 - ทำการเคลื่อนไหวได้และสู้แรงต้านได้
	Graps II- Patient is instructed to adduct thumb, with a scrap of paper interposed			0 - ไม่สามารถหนีบกระดาษได้ 1 - หนีบกระดาษไว้ได้ แต่เมื่อดึงเบาๆกระดาษก็หลุดออกมา 2 - หนีบกระดาษไว้ได้แน่น แม้ออกแรงดึงกระดาษก็ไม่หลุด
	Grasp III- Patient opposes thumb pad against the pad of index finger, with a pencil interposed			0 - ไม่สามารถจับดินสอได้ 1 - จับดินสอได้ แต่เมื่อดึงเบาๆดินสอก็หลุด 2 - จับดินสอไว้ได้แน่น แม้ออกแรงดึงดินสอก็ไม่หลุด
	Grasp IV- Patient grasps a can by opposing the volar			0 - ไม่สามารถจับกระป๋องได้

	surfaces of the 1st and 2" digits			<p>1 - จับกระป๋องได้ แต่เมื่อตั้งเบาๆ กระป๋องก็หลุด</p> <p>2 - จับกระป๋องไว้ได้แน่น แม้ออกแรงตั้ง กระป๋องก็ไม่หลุด</p>
	Grasp V- Patient grasps a tennis ball with a spherical grip			<p>0 - ไม่สามารถจับลูกเทนนิสได้</p> <p>1 - จับลูกเทนนิสได้ แต่เมื่อตั้งเบาๆ ลูกเทนนิสก็หลุด</p> <p>2 - จับลูกเทนนิสไว้ได้แน่น แม้ออกแรงตั้งลูกเทนนิสก็ไม่หลุด</p>
VIII. Coordination/Speed- Finger from knee to nose (ใช้นิ้วแตะที่หัวเข่าและปลายจมูกสลับกัน ทำให้เร็วและติดต่อกัน) 6 คะแนน	Tremor			<p>0 - มีอาการสั่นมาก</p> <p>1 - มีอาการสั่นเล็กน้อย</p> <p>2 - ไม่มีอาการสั่น</p>
	Dysmetria			<p>0 - กระชະผิดพลาดอย่างมาก</p> <p>1 - กระชະผิดพลาดเล็กน้อย</p> <p>2 - ไม่มีการกระชະผิดพลาด</p>
	Speed			<p>0 - ใช้เวลานานกว่าข้างปกติมากกว่า 6 วินาที</p> <p>1 - ใช้เวลานานกว่าข้างปกติ 2-5.9 วินาที</p> <p>2 - ใช้เวลานานกว่าข้างปกติไม่ถึง 2 วินาที</p>

Upper Extremity Total			คะแนนเต็ม = 66 คะแนน
-----------------------	--	--	-------------------------

การประเมิน flexor synergy และ extensor synergy ผู้ป่วยอยู่ในท่านั่ง งอศอก หงายมือ กางแขน เอาจมปลายนิ้วไปไว้ที่ด้านหลังใบหู (คล้ายท่าวันทยาวิฑูรของลูกเสือ) จะได้การเคลื่อนไหว elevation, shoulder retraction, abduction, external rotation, elbow flexion, forearm supination (flexor synergy) จากท่านั่งเมื่อเอามือลงแขนเหยียดตรง คอว่ามือ วางมือที่หัวเข่าด้านตรงข้าม จะได้การเคลื่อนไหว Shoulder adduction, internal rotation, elbow extension, forearm pronation (extensor synergy)



Motor Function – Lower Extremity				
การทดสอบ	หัวข้อย่อยที่ทดสอบ	คะแนน		เกณฑ์การให้คะแนน
		Pre	Post	
I. Reflex activity 4 คะแนน	Achilles			0 – no reflex
	Patellar			2 – ตรวจพบ reflex
II. A. Flexor synergy (นอนหงาย) 6 คะแนน	Hip flexion			0 – ไม่สามารถทำการเคลื่อนไหวได้ 1 – ทำการเคลื่อนไหวได้บางส่วน 2 – ทำการเคลื่อนไหวได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์
	Knee flexion			
	Ankle dorsiflexion			
II. B. Extensor synergy (นอนตะแคง) 8 คะแนน	Hip extension			0 – ไม่สามารถทำการเคลื่อนไหวได้ 1 – ทำการเคลื่อนไหวได้บางส่วน 2 – ทำการเคลื่อนไหวได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์
	Hip adduction			
	Knee extension			
	Ankle plantarflexion			
III. Movement combining synergies (นั่งเท้าสัมผัสพื้น เคลื่อนขาได้ โดยไม่ติดเก้าอี้) 4 คะแนน	A. Knee flexion beyond 90°			0 – ไม่สามารถทำการเคลื่อนไหวได้ 1 – จากท่าเข้าเหยียดเล็กน้อย สามารถงอเข้าเข้ามาได้ แต่ไม่เกิน 90° 2 – จากท่าเข้าเหยียดเล็กน้อย สามารถงอเข้าเข้ามาได้เกิน 90°
	B. Ankle dorsiflexion			

IV. Movement out of synergy (ทำยืน ข้อสะโพกเหยียดตรง) 4 คะแนน	A. Knee flexion			<p>0 - ไม่สามารถงอเข้าโดยที่ข้อสะโพกอยู่ในท่าเหยียดตรงได้</p> <p>1 - งอเข้าได้แต่ไม่ถึง 90° หรือขณะงอเข้าได้ระยะหนึ่งมีการงอข้อสะโพก</p> <p>2 - งอเข้าได้ 90° โดยข้อสะโพกอยู่ในท่าเหยียดตรง</p>
	B. Ankle dorsiflexion			<p>0 - ไม่สามารถกระดกข้อเท้าขึ้นได้</p> <p>1 - กระดกข้อเท้าขึ้นได้บางส่วน</p> <p>2 - กระดกข้อเท้าขึ้นได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว</p>
V. Normal reflexes 2 คะแนน	Knee flexor, Patellar, Achilles (ประเมินเมื่อผู้ป่วยได้คะแนนเต็ม 4 คะแนนในส่วนที่ IV หากไม่เช่นนั้น ให้คะแนนหัวข้อนี้เท่ากับ 0)			<p>0 - อย่างน้อย 2 ใน 3 ของ reflex ที่ตรวจมีลักษณะเป็น hyperreflexia</p> <p>1 - พบ hyperreflexia 1 ที่ หรือพบอย่างน้อย 2 ที่มี reflex ค่อนข้างแรง</p> <p>2 - มี reflex ค่อนข้างแรง (lively) ไม่เกิน 1 ที่ และไม่มี hyperreflexia</p>
VI. Coordination/speed Heel to opposite knee (นอนหงาย ใช้สันเท้าแตะที่หัวเข่าด้านตรง)	Tremor			<p>0 - มีอาการสั่นมาก</p> <p>1 - มีอาการสั่นเล็กน้อย</p> <p>2 - ไม่มีอาการสั่น</p>

ขาม ทำให้เร็วและ แม่นยำที่สุด 5 ครั้ง ติดต่อกัน) 6 คะแนน	Dysmetria			0 - ระยะเวลาผิดพลาด อย่างมาก 1 - ระยะเวลาผิดพลาด เล็กน้อย 2 - ไม่มีการระยะเวลา ผิดพลาด
	Speed			0 - ใช้เวลานานกว่า ข้างปกติ มากกว่า 6 วินาที 1 - ใช้เวลานานกว่าข้าง ปกติ 2-5.9 วินาที 2 - ใช้เวลานานกว่าข้าง ปกติไม่ถึง 2 วินาที
Lower Extremity Total				คะแนนเต็ม = 34 คะแนน

การประเมิน flexor synergy ให้ผู้ป่วยอยู่ในท่านอนหงาย ออกคำสั่งให้ผู้ป่วยงอเข้าขึ้นชิดอก พร้อมกระดกข้อเท้าขึ้น จะได้การเคลื่อนไหว hip flexion, knee flexion, ankle dorsiflexion

การประเมิน extensor synergy ให้ผู้ป่วยอยู่ในท่านอนตะแคง ข้อสะโพกและข้อเข่าอยู่ในท่าข้อเท้ากระดก ขึ้น ออกคำสั่งให้ผู้ป่วยถีบปลายเท้าลงเหยียดขาออกพร้อมกดขาลงและไปด้านหลังจะได้การเคลื่อนไหว ankle plantarflexion, knee extension, hip extension and adduction โดยผู้ตรวจออกแรงต้านการ adduction เล็กน้อยเพื่อให้แน่ใจว่าผู้ป่วยออกแรงหุบขาเข้าไม่ใช่เป็นการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นตามแรงโน้มถ่วงของโลก

ภาคผนวก ง
การทดสอบ Berg Balance Scale (BBS)



1. จากการนั่งสู่การยืน

แนวทางในการปฏิบัติ: ยืนขึ้น โดยพยายามไม่ใช้มือเพื่อพยุงหรือช่วย

- () 4 สามารถลุกยืนขึ้นโดยไม่ใช้มือและสามารถยืนได้เองอย่างมั่นคง
- () 3 สามารถลุกยืนได้ด้วยตนเองโดยใช้มือช่วย
- () 2 สามารถลุกยืนขึ้นได้โดยมีการใช้มือช่วย โดยต้องใช้ความพยายามหลายครั้ง
- () 1 ต้องการความช่วยเหลือเล็กน้อยเพื่อให้ลุกยืนขึ้นได้
- () 0 ต้องการความช่วยเหลือปานกลางถึงมากในการลุกยืน

2. การยืนโดยไม่มีการช่วยเหลือ

แนวทางในการปฏิบัติ: ยืนตรงเป็นระยะเวลา 2 นาที โดยห้ามจับหรือใช้อะไรพยุง

- () 4 สามารถยืนตรงได้อย่างปลอดภัยเป็นเวลา 2 นาที
- () 3 สามารถยืนตรงได้เป็นเวลา 2 นาที โดยต้องมีการควบคุมดูแล
- () 2 สามารถยืนตรงได้ 30 วินาที โดยไม่ต้องช่วยเหลือ
- () 1 ต้องใช้ความพยายามหลายครั้ง จึงสามารถยืนตรงได้ 30 วินาที โดยไม่ต้องช่วยเหลือ
- () 0 ไม่สามารถยืนตรงได้ 30 วินาที โดยไม่ต้องช่วยเหลือ

***ถ้าผู้รับประเมินสามารถยืนตรงได้นานถึง 2 นาที โดยไม่ต้องช่วยเหลือ คะแนนข้อ 13 จะได้คะแนนเต็ม

3. การยืนหลับตา โดยไม่มีการจับหรือช่วย

แนวทางในการปฏิบัติ: หลับตาและยืนตรงเป็นเวลา 10 วินาที

- () 4 สามารถยืนตรงได้อย่างปลอดภัยเป็นเวลา 10 วินาที
- () 3 สามารถยืนตรงได้เป็นเวลา 10 วินาที โดยต้องมีการควบคุมดูแล
- () 2 สามารถยืนตรงได้ 3 วินาที
- () 1 ไม่สามารถหลับตาได้ถึง 3 วินาที แต่ยังสามารถยืนได้
- () 0 ต้องการความช่วยเหลือเพื่อไม่ให้หกล้ม

4. การยืนโดยไม่มีการพยุงหรือช่วยเหลือ โดยให้เท้าทั้ง 2 ข้างชิดกัน

แนวทางในการปฏิบัติ: ยืนและวางเท้าทั้ง 2 ข้างให้ชิดกัน โดยห้ามจับหรือใช้อะไรพยุง

- () 4 สามารถยืนเท้าชิดกับด้วยตนเอง และยืนได้อย่างปลอดภัยถึง 1 นาที
- () 3 สามารถยืนเท้าชิดกันด้วยตนเอง และยืนได้ถึง 1 นาที โดยต้องมีการควบคุมดูแล
- () 2 สามารถยืนเท้าชิดกันด้วยตนเอง แต่ไม่สามารถทำได้นานถึง 30 วินาที
- () 1 ต้องการความช่วยเหลือเพื่อจัดทำยืน แต่สามารถยืนเท้าชิดกับได้นานถึง 15 วินาที
- () 0 ต้องการความช่วยเหลือเพื่อจัดทำยืน และไม่สามารถยืนเท้าชิดกันได้นานถึง 15 วินาที

5. การยืนขาเดียว

แนวทางในการปฏิบัติ: ให้ยืนขาเดียว นานที่สุดที่ทำได้ โดยห้ามจับหรือใช้อะไรพยุง

- () 4 สามารถยกขาข้างหนึ่งขึ้นด้วยตนเอง และยืนขาเดียวได้นาน > 10 วินาที
- () 3 สามารถยกขาข้างหนึ่งขึ้นด้วยตนเอง และยืนขาเดียวได้นาน 5-10 วินาที
- () 2 สามารถยกขาข้างหนึ่งขึ้นด้วยตนเอง และยืนขาเดียวได้นานประมาณ 3 วินาที
- () 1 พยายามจะยกขาข้างหนึ่งขึ้นเพื่อค้างไว้ 3 วินาที แต่ยังคงยืนได้เอง
- () 0 ไม่สามารถจะลองทำได้ เพราะต้องการความช่วยเหลือเพื่อไม่ให้ล้ม

6. การยืนโดยไม่มีการพยุงหรือช่วยเหลือ โดยให้เท้าข้างหนึ่งยื่นไปข้างหน้า

แนวทางในการปฏิบัติ(ต้องสาธิตให้ดู): ให้วางเท้าข้างหนึ่งไปข้างหน้าอีกข้างหนึ่ง ให้เป็นแนวเส้นตรง แต่ถ้าคุณรู้สึก ว่าไม่สามารถวางเท้าข้างหนึ่งไปข้างหน้าเป็นแนวเส้นตรงได้ ให้พยายามก้าวเท้าที่อยู่ด้านหน้าไปข้างหน้าพอที่จะให้ ส้นเท้าของเท้าข้างหน้า และหัวแม่เท้าของเท้าด้านหลังห่างกัน

- () 4 สามารถวางเท้าข้างหนึ่งไปข้างหน้าอีกข้างหนึ่งเป็นแนวเส้นตรง และชิดกันได้ นานถึง 30 วินาที
- () 3 สามารถวางเท้าข้างหนึ่งไปข้างหน้าอีกข้างหนึ่ง ได้เอง นานถึง 30 วินาที
- () 2 สามารถยืนให้เท้าข้างหนึ่งอยู่ด้านหน้า ในลักษณะเหมือนก้าวเท้า ขึ้นด้วยตนเอง และยืนได้นานถึง 30 วินาที
- () 1 ต้องการความช่วยเหลือเพื่อให้ก้าวไปข้างหน้า แต่สามารถค้างไว้ 15 วินาที
- () 0 ไม่สามารถปรับสมดุลร่างกายขณะที่ก้าวไปข้างหน้า หรือยืน

7. การวางเท้าข้างหนึ่งบนมานั่งรองเท้า จากทำยืนโดยไม่มีกรงพยุงหรือช่วยเหลือ

แนวทางในการปฏิบัติ: ให้วางเท้าข้างหนึ่งบนมานั่งรองเท้า แล้วยกเท้าอีกข้างหนึ่งขึ้นมาวางด้วย ทำแบบนี้ 4 ครั้ง

- () 4 สามารถวางเท้าข้างหนึ่งบนมานั่งรองเท้า แล้วยกเท้าอีกข้างหนึ่งขึ้นมาวางด้วย ด้วยตนเองและปลอดภัย และทำครบได้ทั้ง 8 ก้าว ภายในเวลา 20 วินาที
- () 3 สามารถวางเท้าข้างหนึ่งบนมานั่งรองเท้า แล้วยกเท้าอีกข้างหนึ่งขึ้นมาวางด้วย ด้วยตนเองและปลอดภัย และทำครบได้ทั้ง 8 ก้าว โดยใช้มากกว่า 20 วินาที
- () 2 สามารถวางเท้าข้างหนึ่งบนมานั่งรองเท้า แล้วยกเท้าอีกข้างหนึ่งขึ้นมาวางด้วย ได้ 4 ก้าว โดยไม่ต้องช่วยเหลือ แต่ต้องมีคนโดยควบคุมดูแล
- () 1 สามารถทำได้มากกว่า 2 ก้าว โดยต้องการความช่วยเหลือเล็กน้อย
- () 0 ต้องการความช่วยเหลือเพื่อไม่ให้ล้ม ไม่สามารถพยายามทำได้

8. การยื่นแขนตรงไปข้างหน้าขณะยืน

แนวทางในการปฏิบัติ: ยกแขนขึ้นตั้งฉากกับลำตัว 90 องศา ยื่นนิ้วมือไปข้างหน้าและยืดแขนออกไปข้างหน้าให้ไกล สุดที่จะทำได้ (ผู้ประเมินต้องใช้ไม้บรรทัดต่อจากปลายนิ้วของผู้ป่วย ขณะยกแขนตั้งฉาก และขณะที่ผู้ป่วยยืดแขนไป ข้างหน้า ห้ามให้ถูกไม้บรรทัด การวัดจะวัดระยะทางจากปลายนิ้วที่ผู้ป่วยยืดแขนไปข้างหน้าได้ไกลสุด โดยต้องยืด แขนออกไปข้างหน้าทั้งสองข้าง)

- () 4 สามารถยืดแขนไปข้างหน้าอย่างมั่นคงได้ถึง 25 ซม (10 นิ้ว)
- () 3 สามารถยืดแขนไปข้างหน้าได้ถึง 12 ซม (5 นิ้ว)
- () 2 สามารถยืดแขนไปข้างหน้าได้ถึง 5 ซม 12 นิ้ว)
- () 1 สามารถยืดแขนไปข้างหน้าได้ โดยต้องมีการควบคุมดูแล
- () 0 ไม่สามารถรักษาสมดุลได้ขณะทดลอง/ต้องการความช่วยเหลือจากภายนอก

9. การเอื้อมหยิบของที่พื้น จากทำยืนตรง

แนวทางในการปฏิบัติ: หยิบรองเท้าหรือรองเท้าแตะที่วางอยู่กับพื้น หน้าเท้าของคุณ

- () 4 สามารถหยิบรองเท้าหรือรองเท้าแตะได้อย่างปลอดภัยและง่าย
- () 3 สามารถหยิบรองเท้าหรือรองเท้าแตะ แต่ต้องมีการควบคุมดูแล
- () 2 ไม่สามารถหยิบรองเท้าหรือรองเท้าแตะ แต่สามารถก้มลงเก็บถึงรองเท้า 2-5 ซม. (1-2 นิ้ว) โดยสามารถ รักษาสมดุลได้เอง
- () 1 ไม่สามารถหยิบรองเท้าหรือรองเท้าแตะ โดยต้องการการควบคุมดูแลขณะลงทำ
- () 0 ไม่สามารถลงทำ ต้องการความช่วยเหลือเพื่อไม่ให้สูญเสียสมดุลหรือหกล้มได้

10. การหันหลังเหลียวไปมองข้างหลังผ่านไหล่ข้างซ้ายและขวา จากท่ายืนตรง

แนวทางในการปฏิบัติ: หันหลังเหลียวไปข้างหลัง ผ่านตรงๆไปที่ไหล่ด้านซ้าย ทำซ้ำอีกครั้งด้านขวา ผู้ประเมินอาจเลือกวัตถุสิ่งของ แล้วไปยืนอยู่หลังผู้ป่วย เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยหันมองเหลียวไปด้านหลังได้อย่างตรงๆ เพื่อมองไปยังวัตถุสิ่งของ

- () 4 สามารถหันหลังเหลียวไปข้างหลัง ผ่านไหล่ทั้งสองข้างได้ และทำได้ดีทั้ง 2 ข้าง
- () 3 สามารถหันหลังเหลียวไปได้ข้างเดียว โดยอีกข้างทำได้ไม่ดี
- () 2 หันไปด้านข้างได้ โดยยังสามารถรักษาสมดุลได้
- () 1 ต้องการการควบคุมดูแลขณะหันหลัง
- () 0 ต้องการความช่วยเหลือเพื่อไม่ให้สูญเสียสมดุลหรือหกล้มได้

11. การหมุนตัว 360 องศา

แนวทางในการปฏิบัติ: หมุนตัวเป็นวงกลมจนครบรอบ และหมุนกลับเป็นวงกลมอีกด้าน

- () 4 สามารถหมุนตัวเป็นวงกลมจนครบรอบ 360 องศา ได้อย่างปลอดภัย ภายใน 4 วินาทีหรือน้อยกว่า
- () 3 สามารถหมุนตัวเป็นวงกลมจนครบรอบ 360 องศา ได้อย่างปลอดภัยได้ข้างเดียว ภายใน 4 วินาทีหรือน้อยกว่า
- () 2 สามารถหมุนตัวเป็นวงกลมจนครบรอบ 360 องศา แต่ช้าๆ
- () 1 ต้องการการควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิดหรือการบอกทิศทาง
- () 0 ต้องการความช่วยเหลือขณะหมุนตัว

12. จากท่ายืนสู่ท่านั่ง

แนวทางในการปฏิบัติ: นั่งลง

- () 4 นั่งลงได้อย่างปลอดภัยและใช้มือช่วยน้อยมาก
- () 3 ควบคุมการนั่งลงด้วยการใช้มือทั้ง 2 ข้าง
- () 2 ใช้หลังขาในการพยุงตัวเข้ากับเก้าอี้เพื่อควบคุมการนั่งลง
- () 1 นั่งด้วยตนเองได้ แต่ไม่สามารถควบคุมการนั่งลง
- () 0 ต้องการความช่วยเหลือเพื่อนั่งลง

13. นั่งโดยไม่ให้หลังพิง แต่ให้เท้าแตะพื้นหรือวางบนม้านั่งรองเท้า

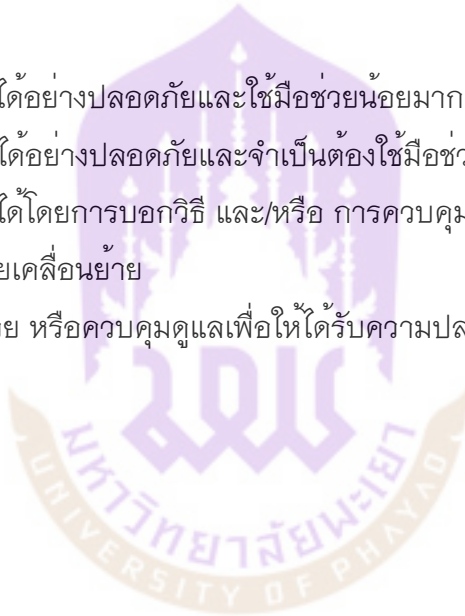
แนวทางในการปฏิบัติ: กรูณานั่งกอดอกด้วยแขนทั้ง 2 ข้าง เป็นเวลา 2 นาที

- () 4 สามารถนั่งตรงได้เองอย่างมั่นคง ปลอดภัย เป็นเวลา 2 นาที
- () 3 สามารถนั่งตรงได้ เป็นเวลา 2 นาที โดยต้องการการควบคุมดูแล
- () 2 สามารถนั่งตรงได้ เป็นเวลา 30 วินาที
- () 1 สามารถนั่งตรงได้ เป็นเวลา 10 วินาที
- () 0 ไม่สามารถนั่งได้ โดยไม่มีการพิงหรือช่วยเหลือ ใน 10 วินาที

14. การเคลื่อนย้ายตัว

แนวทางในการปฏิบัติ: จัดเตรียมเก้าอี้ 2 ตัวเพื่อให้เคลื่อนย้ายจากเก้าอี้หนึ่ง ไปอีกตัว บอกให้ผู้ช่วยเคลื่อนย้ายจาก เก้าอี้ที่มีพนักแขน ไปยังเก้าอี้ที่ไม่มีพนักวางแขนหรืออาจใช้การเคลื่อนย้ายจากเตียงและเก้าอี้

- () 4 สามารถเคลื่อนย้ายตัวได้อย่างปลอดภัยและใช้มือช่วยน้อยมาก
- () 3 สามารถเคลื่อนย้ายตัวได้อย่างปลอดภัยและจำเป็นต้องใช้มือช่วย
- () 2 สามารถเคลื่อนย้ายตัวได้โดยการบอกวิธี และ/หรือ การควบคุมดูแล
- () 1 ต้องการคน 1 คนมาช่วยเคลื่อนย้าย
- () 0 ต้องการคน 2 คนมาช่วย หรือควบคุมดูแลเพื่อให้ได้รับความปลอดภัย



ภาคผนวก จ
การประเมินการทดสอบพุทธิปัญญาในด้านความจำและสมาธิ
(Digit Span Test)



Forward

Backward

Sequences

- 1) 5, 8, 2
- 2) 6, 9, 4
- 3) 6, 4, 3, 9
- 4) 7, 2, 8, 6
- 5) 4, 2, 7, 3, 1
- 6) 7, 5, 8, 3, 6
- 7) 6, 1, 9, 4, 7, 2
- 8) 3, 9, 2, 4, 8, 7
- 9) 5, 9, 1, 7, 4, 2, 8
- 10) 4, 1, 7, 9, 3, 8, 6
- 11) 5, 8, 1, 9, 2, 6, 4, 7
- 12) 3, 8, 2, 9, 5, 1, 7, 4
- 13) 2, 7, 5, 8, 6, 2, 5, 8, 4
- 14) 7, 1, 3, 9, 4, 2, 5, 6, 8

- 1) 6, 2, 9
- 2) 4, 1, 5
- 3) 3, 2, 7, 9
- 4) 1, 9, 6, 8
- 5) 1, 5, 2, 8, 6
- 6) 6, 1, 8, 4, 3
- 7) 5, 3, 9, 4, 1, 8
- 8) 7, 2, 4, 8, 5, 6
- 9) 8, 1, 2, 9, 3, 6, 5
- 10) 4, 7, 3, 9, 1, 2, 8
- 11) 9, 4, 3, 7, 6, 2, 5, 6
- 12) 7, 2, 8, 1, 9, 6, 5, 2