



รายงานการวิจัย

โครงการพัฒนาระบบกายภาพบำบัดและฟื้นฟูร่างกายทางไกล (Tele-rehabilitation) สำหรับการวิเคราะห์และติดตามอาการของผู้ป่วยกายภาพ
Development of telerehabilitation system for assessment
and following up patients

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

โครงการพัฒนาระบบกายภาพบำบัดและฟื้นฟูร่างกายทางไกล (Tele-rehabilitation) สำหรับการวิเคราะห์และติดตามอาการของผู้ป่วยกายภาพ

Development of telerehabilitation system for
assessment and following up patients

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

อ. นพ. ดร.กัญจน์ ภัทติสงคราม

สาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู

สำนักวิชาแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัญญา กาญจนวัฒนา,
ดร. ธฤต จุมภฏ, นาย ดุลยวัต วิริยพงศ์, นาย ทอลภ สิทธีวณิชย์, อ. นพ. ดร.บัณฑิต อัครฤทธิไกร

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มีนาคม 2566

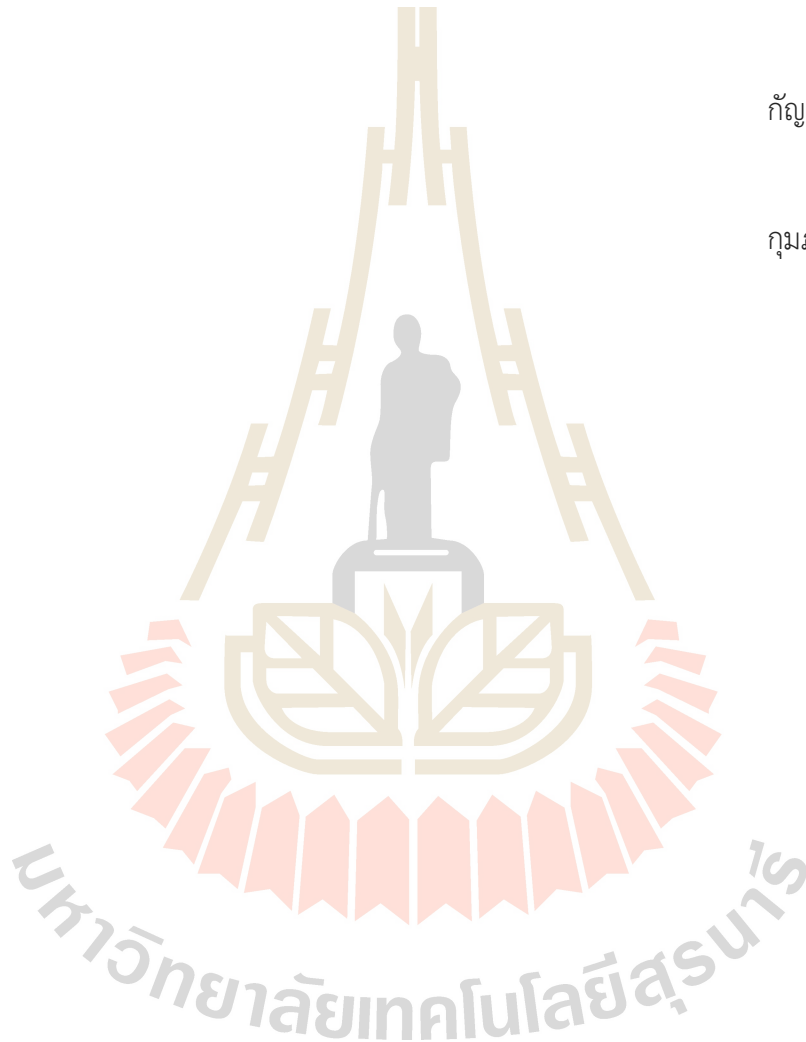
กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ผู้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และด้วยการสนับสนุนในครั้งนี้นำให้เกิดการพัฒนาระบบกายภาพบำบัดและฟื้นฟูร่างกายทางไกล (Tele-rehabilitation) สำหรับการวิเคราะห์และติดตามอาการของผู้ป่วยกายภาพ ซึ่งจะมีส่วนช่วยพัฒนาระบบการบำบัดฟื้นฟูทางไกลในผู้ป่วยได้ และยังมีส่วนช่วยพัฒนาระบบทางการแพทย์ให้ดีขึ้นในอนาคต

กัญจน์ ภักดีสงคราม

ผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2566



บทคัดย่อภาษาไทย

โครงการพัฒนาระบบกายภาพบำบัดและฟื้นฟูร่างกายทางไกล (Tele-rehabilitation) สำหรับการวิเคราะห์และติดตามอาการของผู้ป่วยกายภาพบำบัด เป็นการพัฒนาระบบการทำกายภาพบำบัดทางไกลแบบเน้นฝึกระบบการทรงตัวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองส่วนหลังในระยะกึ่งเฉียบพลันที่มีอาการวิงเวียน ซึ่งผู้ป่วยกลุ่มนี้มักมีปัญหาการอ่อนแรงและการทรงตัวลำบาก ร่วมกับมีอาการวิงเวียน ทำให้ฟื้นฟูได้ช้า ทำได้ยากลำบาก และเสี่ยงต่อการล้มได้มาก โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลการทำกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัว (vestibular rehabilitation) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองส่วนหลัง ที่มีอาการวิงเวียน โดยมีอาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง 2 ราย ที่ทำกายภาพบำบัดที่ รพ. และมีอาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง 2 ราย ที่รับการบำบัดทางไกล (ทั้ง 2 กลุ่ม รับการบำบัด 30 นาที ต่อ session, 3 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์) โดยศึกษาผลทางคลินิกก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ได้แก่ อาการวิงเวียน (แบบสอบถาม dizziness handicap inventory) และการทดสอบการเดิน (timed up and go test, 10-meter walk test และ dynamic gait index) 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการบำบัดด้วยวิธีกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัว กับคลื่นไฟฟ้าสมอง ในสมองส่วน frontal cortex, motor cortex และ parietal cortex โดยวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง และ 3) ศึกษาความเป็นไปได้ (feasibility study) ในการใช้ web application รวมข้อมูลทางคลินิกและคลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อช่วยประเมิน ตรวจติดตาม และฝึกกายภาพบำบัดทางไกล เพื่อให้ผู้ด้อยโอกาสได้เข้าถึงการรักษาฟื้นฟูทางการแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูและกายภาพบำบัด จากผลการทดลอง พบว่าการทำกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัวส่งผล ดังนี้ 1) ลดอาการวิงเวียน (คะแนน dizziness handicap inventory ลดลง) ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 26, SD = 11.31) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 39, SD = 9.90) และ 2) ลดเวลา (วินาที) ที่ใช้ในการเดินทดสอบ timed up and go กรณีเดินหมุนตัวกลับทางซ้ายข้างที่อ่อนแรง ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 4.47, SD = 3.60) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 49.25, SD = 70.30) และกรณีเดินหมุนตัวกลับทางซ้ายข้างที่ปกติ ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 3.32, SD = 0.06) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 52.64, SD = 73.27) โดยเมื่อนัดมาติดตามที่ 1 เดือนหลังสิ้นสุดกายภาพบำบัดครั้งสุดท้าย พบว่ายังคงลดเวลา (วินาที) ที่ใช้ในการเดินทดสอบ timed up and go กรณีเดินหมุนตัวกลับทางซ้ายข้างที่อ่อนแรง ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 5.03, SD = 4.21) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 51.95, SD = 70.25) และกรณีเดินหมุนตัวกลับทางซ้ายข้างที่ปกติ ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 4.93, SD = 1.00) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 53.51, SD = 71.10) และ 3) เพิ่มคะแนนความสามารถในการเดิน (คะแนน dynamic gait index เพิ่มขึ้น) ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 4.00, SD = 2.83) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 7.50, SD = 3.54) และ 4) เพิ่มอัตราเร็ว (เมตรต่อวินาที) ในการเดินระยะ 10 เมตร ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 0.11, SD = 0.21) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 0.04, SD = 0.01) และ 5) ลดระยะเวลา (วินาที) ในการเดินระยะ 10 เมตร ทั้งการทำ

ภายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 0.75, SD = 1.77) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 24.75, SD = 34.29) และ 6) เพิ่มจำนวนก้าวต่อนาที (cadence) ในการเดินระยะ 10 เมตร ทั้งการ ภายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 2.50, SD = 16.26) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 6.50, SD = 9.19) และ 7) ลดจำนวนก้าว ในการเดินระยะ 10 เมตร ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 1.25, SD = 0.35) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 8.50, SD = 14.85) และจาก การทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ระหว่างผลการประเมินทางคลินิก กับระดับของ คลื่นไฟฟ้าสมอง alpha, beta และ theta ที่สมองบริเวณ frontal cortex (F3, F4), motor cortex (C3, C4) และ parietal cortex (P3, P4) ที่วัดขณะทดสอบ timed up and go ก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง พบความสัมพันธ์ระหว่างผลจากการทำกายภาพบำบัด กับคลื่นไฟฟ้าสมอง ดังต่อไปนี้ 1) พบค่า dizziness handicap score ที่ลดลง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.028$) และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะนั่งลง ซึ่งเป็นคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.021$) และ คลื่น beta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($P = 0.021$); 2) พบมี อัตราเร็วในการเดินระยะทาง 10 เมตร ที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางข้าง ที่อ่อนแรง ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.004$) และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางข้างที่ปกติ ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่ เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.008$) และ คลื่น theta ที่ เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.032$) และ คลื่น theta ที่ เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p=0.045$) และ สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้า สมองขณะนั่งลง ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.018$) และ theta ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.047$) ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง; 3) พบว่าจำนวนก้าวต่อ 1 นาที (cadence) ที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์ กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ($p = 0.032$) และ parietal cortex ($p = 0.009$) ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะเดินหมุนตัว กลับไปทางข้างที่ปกติ ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.024$) และ theta ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.019$) ที่สมอง ตำแหน่ง parietal cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะนั่งลง โดยกรณี เดินหมุนตัวกลับไปทางข้างที่อ่อนแรงแล้วกลับมา นั่งลง สัมพันธ์กับคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ของสมองข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.032$) และ กรณีเดินหมุนตัวกลับไปทางข้างที่ ปกติแล้วกลับมา นั่งลง สัมพันธ์กับคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal cortex ของสมองข้างที่เป็น โรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.012$); 4) จำนวนก้าวในการเดินระยะทาง 10 เมตร สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.022$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.020$); 5) ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระยะทาง 10 เมตร ที่ลดลง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.020$) และ คลื่น beta ที่สมอง ตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.001$); 6) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

Timed Up and Go กรณีเมื่อเดินหมุนตัวกลับไปทางข้างที่อ่อนแรง ที่ลดลง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมอง
ขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal ทั้ง 2 ข้าง (ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง $p = 0.036$, ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง $p = 0.048$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่
เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.006$) และ 7) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Timed Up and Go กรณีเมื่อ
เดินหมุนตัวกลับไปทางข้างที่ปกติ ที่ลดลง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมอง
ตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.027$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง
motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.002$) และในท้ายสุด ผู้วิจัยได้จัดทำระบบ web
application สำหรับการถ่ายภาพบำบัดระยะไกล และทดสอบ feasibility study ของระบบ พบว่า ความ
ปลอดภัย ความต่อเนื่องและร่วมมือของผู้ป่วย การยอมรับของผู้ป่วย และประสิทธิภาพ อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ
และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ โดยสรุป ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบการถ่ายภาพบำบัดทางไกลแบบเน้นฝึก
ระบบการทรงตัวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองส่วนหลังในระยะกึ่งเฉียบพลันที่มีอาการวิงเวียน ที่มี web
application และ ผลการบำบัดช่วยให้ผู้ป่วยเดินได้ดีขึ้นและอาการวิงเวียนลดลง และงานวิจัยนี้พบ
ความสัมพันธ์ระหว่างผลการประเมินทางคลินิกกับคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งจะมีประโยชน์ในวางแผน และติดตาม
การบำบัดผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองต่อไปในอนาคต



บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

This research project aims at construction of tele-rehabilitation system for analysis, following up, and rehabilitation of the remote patients. Specifically, vestibular rehabilitation technique was integrated into the tele-rehabilitation system with web application. The system was tested in the patients with subacute posterior-circulation stroke with vertigo. These patients have symptoms of limb weakness, impaired balance, and vertigo. These symptoms result in delayed rehabilitation and difficulty in early restoring of pre-morbid ambulatory ability. We investigated the effects of vestibular rehabilitation on patients with subacute posterior-circulation stroke with vertigo, on recovery of the patients. Two patients were treated at the hospital and the other two patients were treated by tele-rehabilitation. Both groups received physical therapy (vestibular rehabilitation) assigned as a daily 30-minute session, 3 sessions per week, for 4 weeks (total 12 sessions). Clinical outcomes are dizziness handicap inventory, timed up and go test, 10-meter walk test and dynamic gait index. We also investigated the correlation between changes in the clinical outcomes and the electroencephalography (EEG), with special attention to the bilateral frontal cortex, motor cortex, and parietal cortex, during the timed up and go test. After completed all the physical therapy sessions, the results showed that there are 1) decrease in dizziness handicap inventory in hospital-based therapy group (mean difference = 26, SD = 11.31) and tele-rehabilitation group (mean difference = 39, SD = 9.90); 2) decrease in duration (seconds) of timed up and go test (in the case of turning back on the same side of the weak leg) in hospital-based therapy group (mean difference = 4.47, SD = 3.60) and tele-rehabilitation group (mean difference = 49.25, SD = 70.30) and decrease in duration (seconds) of timed up and go test (in the case of turning back on the same side of the normal leg) in hospital-based therapy group (mean difference = 3.32, SD = 0.06) and tele-rehabilitation group (mean difference = 52.64, SD = 73.27). After one-month follow-up there were still decrease in duration (seconds) of timed up and go test (in the case of turning back on the same side of the weak leg) in hospital-based therapy group (mean difference = 5.03, SD = 4.21) and tele-rehabilitation group (mean difference = 51.95, SD = 70.25) and decrease in duration (seconds) of timed up and go test (in

the case of turning back on the same side of the normal leg) in hospital-based therapy group (mean difference = 4.93, SD = 1.00) and tele-rehabilitation group (mean difference = 53.51, SD = 71.10); 3) increase in dynamic gait index in hospital-based therapy group (mean difference = 4.00, SD = 2.83) and tele-rehabilitation group (mean difference = 7.50, SD = 3.54); 4) increase in walking velocity during 10-meter walk test in hospital-based therapy group (mean difference = 0.11, SD = 0.21) and tele-rehabilitation group (mean difference = 0.04, SD = 0.01); 5) decrease in walking time during 10-meter walk test in hospital-based therapy group (mean difference = 0.75, SD = 1.77) and tele-rehabilitation group (mean difference = 24.75, SD = 34.29); 6) increase in cadence (steps per minute) during 10-meter walk test in hospital-based therapy group (mean difference = 2.50, SD = 16.26) and tele-rehabilitation group (mean difference = 6.50, SD = 9.19); and 7) decrease in number of steps during 10-meter walk test in hospital-based therapy group (mean difference = 1.25, SD = 0.35) and tele-rehabilitation group (mean difference = 8.50, SD = 14.85). The Pearson's correlation test showed some correlations between improved clinical outcomes with changes in EEG power (alpha, beta and theta frequency range) in frontal cortex (F3, F4), motor cortex (C3, C4) and parietal cortex (P3, P4) recorded during the timed up and go test: 1) correlations between decrease in dizziness handicap score and EEG during sit-to-stand action, which showed increased theta power in ipsilateral parietal cortex ($p = 0.028$), and with EEG during stand-to-sit action, which showed increased theta power in contralateral frontal cortex ($p = 0.021$) and increased beta power in contralateral frontal cortex ($p = 0.021$); 2) correlations between increase in walking velocity during 10-meter walk test and EEG during turning back on the same side of the weak leg, which showed increased alpha power in contralateral motor cortex ($p = 0.004$), and EEG during turning back on the same side of the normal leg, which showed increased alpha power in ipsilateral motor cortex ($p = 0.008$), increased theta power in contralateral motor cortex ($p = 0.032$), and increased theta power in contralateral parietal cortex ($p = 0.045$), and EEG during stand-to-sit action, which showed increased alpha power ($p = 0.018$) and increased theta power ($p = 0.047$) in ipsilateral motor cortex; 3) correlations between increase in cadences during 10-meter walk test and EEG during sit-to-stand action, which showed increased theta power in ipsilateral motor cortex ($p = 0.032$) and parietal cortex ($p = 0.009$), and EEG during

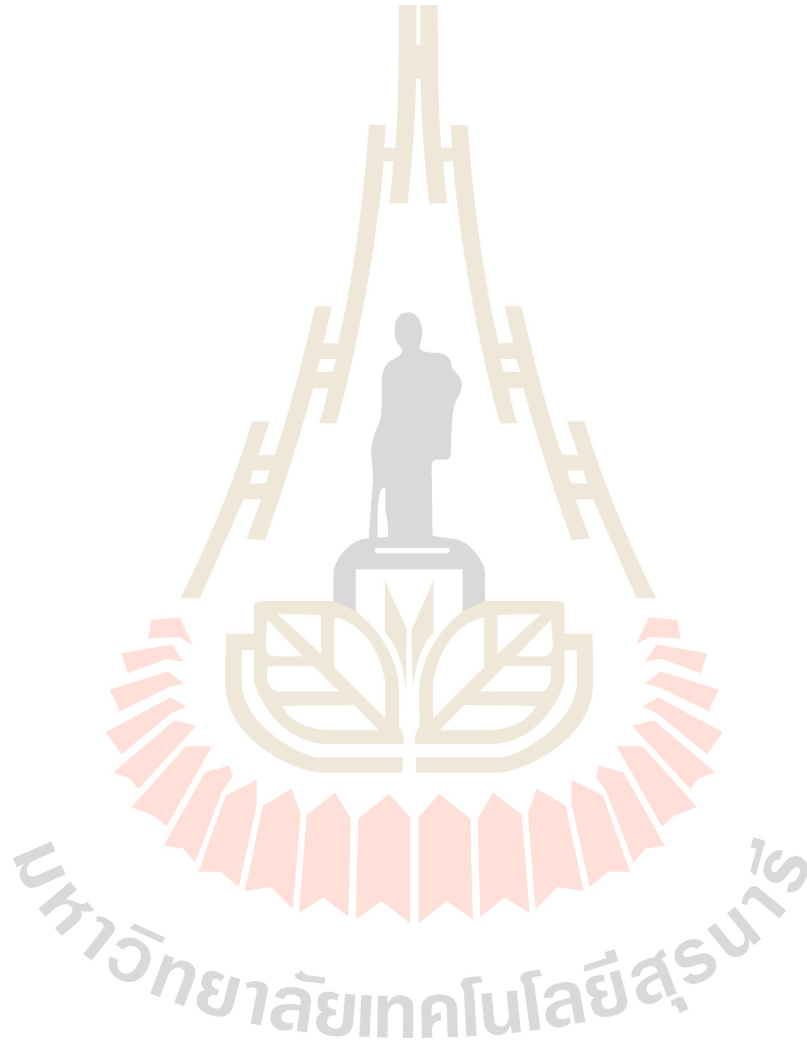
turning back on the same side of the normal leg, which showed increased alpha power ($p = 0.024$) and theta power ($p = 0.019$) in ipsilateral parietal cortex, and with EEG during stand-to-sit action (after turning back on same side of weak leg) , which showed increased alpha power in contralateral parietal cortex ($p = 0.032$) and with EEG during stand-to-sit action (after turning back on the same side of the normal leg) , which showed increased theta power in ipsilateral parietal cortex ($p = 0.012$); 4) correlations between number of steps during 10-meter walk test and EEG during sit-to-stand action, which was alpha power in contralateral frontal cortex ($p = 0.022$) and beta power in contralateral frontal cortex ($p = 0.020$); 5) correlations between walking time duration during 10-meter walk test and EEG during sit-to-stand action, which was alpha power in contralateral frontal cortex ($p = 0.020$) and beta power in contralateral motor cortex ($p = 0.001$); 6) correlations between decreased walking time during timed up and go test (turning back on the same side of the weak leg) and EEG during sit-to-stand action, which was alpha power in bilateral frontal cortex ($p = 0.036$ for contralateral frontal cortex; and $p = 0.048$ for ipsilateral frontal cortex) and beta power in contralateral motor cortex ($p = 0.006$); and 7) correlations between decreased walking time during timed up and go test (turning back on the same side of the normal leg) and EEG during sit-to-stand action, which was alpha power in contralateral frontal cortex ($p = 0.027$) and beta power in contralateral motor cortex ($p = 0.002$). We developed the web application-based telerehabilitation system and assessed in feasibility study, which shows adequate safety, patient compliance, patient acceptance and efficacy. In conclusion, vestibular rehabilitation can be integrated into tele-rehabilitation system with web application, with improved clinical outcome regarding walking ability and dizziness. There are correlations between the measured clinical outcomes and EEG, which can be useful for following up and planning for rehabilitation in the stroke patients.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข-ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ-ช
สารบัญ.....	ช-ฅ
สารบัญตาราง.....	ญ-ฎ
สารบัญรูปภาพ.....	ฏ-ด
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
1.3 สมมติฐานงานวิจัย.....	7
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับ Brain computer interface.....	8
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับ eye movement และ vestibular rehabilitation.....	12
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับ stroke และ vestibular rehabilitation.....	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวกับ vestibular และ EEG.....	19
2.5 ประเด็นด้านความปลอดภัย.....	21
2.6 กรอบแนวคิดวิจัย.....	22
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 กระบวนการเก็บข้อมูล.....	23
3.2 อาสาสมัคร.....	24
3.3 อุปกรณ์ และการเตรียมผู้ป่วย.....	25
3.4 วิธีดำเนินการวิจัยและการวัดผล.....	27
3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....	36
3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	37
4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการทดสอบทางคลินิก.....	39
4.2 ผลการทดสอบด้านสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	58
4.3 การแสดงผลไปที่แอปพลิเคชัน.....	211

ณ
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	215
5.2 อภิปรายผลการทดลอง.....	218
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	232
เอกสารอ้างอิง.....	241
ประวัติผู้วิจัย	



สารบัญตาราง

	หน้า
2.1 ตารางงานวิจัยที่เกี่ยวกับ BCI-MIT เพื่อช่วยในการทรงตัว ยืน เดิน ในผู้ป่วย stroke.....	10
2.2 ตารางการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับ eye tracking, eye movement, Vestibular Rehabilitation.....	13
4.1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ (Demographic data).....	38
4.2 ตารางสรุปผลการทดลองอาสาสมัคร.....	39
4.3 ระดับความผิดปกติของ Dizziness handicap inventory.....	39
4.4 ผลการทดลอง Dizziness handicap inventory.....	40
4.5 ระดับความผิดปกติของ Dynamic gait index.....	42
4.6 ผลการทดลอง Dynamic gait index.....	43
4.7 ระดับความผิดปกติของ Timed Up and Go test.....	43
4.8 ผลการทดลอง Timed Up and Go test.....	44
4.9 ผลการทดลอง 10-meter walk test.....	49
4.10 ค่าเฉลี่ย (mean) ของ power ของคลื่นไฟฟ้าสมอง alpha beta และ theta ตามตำแหน่งสมอง.....	59
4.11 ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation โดยเปรียบเทียบความแตกต่าง ก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ระหว่าง Dizziness handicap inventory (DHI) กับ EEG ที่วัดขณะประเมิน timed up and go.....	145
4.12 ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation โดยเปรียบเทียบความแตกต่าง ก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ระหว่าง อัตราเร็วในการเดิน 10 เมตร กับ EEG ที่วัดขณะประเมิน timed up and go.....	154
4.13 ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation โดยเปรียบเทียบความแตกต่าง ก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ระหว่าง cadence (จำนวนก้าวต่อนาที) ในการเดิน 10 เมตร กับ EEG ที่วัดขณะประเมิน timed up and go.....	163
4.14 ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation โดยเปรียบเทียบความแตกต่าง ก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ระหว่าง จำนวนก้าวในการเดิน 10 เมตร กับ EEG ที่วัดขณะประเมิน timed up and go.....	172
4.15 ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation โดยเปรียบเทียบความแตกต่าง ก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ระหว่าง ระยะเวลาในการเดิน 10 เมตร กับ EEG ที่วัดขณะประเมิน timed up and go.....	181
4.16 ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation โดยเปรียบเทียบความแตกต่าง ก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ระหว่าง ระยะเวลาในการเดิน timed up and go (เดินหมุนตัวกลับด้านขาข้างที่อ่อนแรง) กับ EEG ที่วัดขณะประเมิน timed up and go.....	190

ฉ
สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

4.17 ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation โดยเปรียบเทียบความแตกต่าง ก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ระหว่าง ระยะเวลาในการเดิน timed up and go (เดินหมุนตัวกลับด้านขาข้างที่ปกติ) กับ EEG ที่วัดขณะประเมิน timed up and go.....	199
5.1 ตัวอย่างผู้ป่วยโรคลมชักที่มีอาการทาง vestibular จำนวน 14 ราย สังเกตตำแหน่ง EEG ที่ผิดปกติ และสัมพันธ์กับอาการชักที่มีลักษณะแบบvestibular.....	224
5.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการเก็บข้อมูลสัญญาณสมอง EEG เพื่อระบุผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระหว่าง การประเมินทางคลินิกเฉียบพลัน.....	233



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
1.1 รูปแสดง vestibulo-ocular reflex.....	2
1.2 แสดง posterior circulation ของหลอดเลือดสมอง อาการแสดง และภาพ MRI ของ posterior circulation stroke.....	3
1.3 ตำแหน่งและอาการของผู้ป่วย posterior circulation.....	4
1.4 แสดงกายวิภาคของสมองที่เกี่ยวข้องกับการรู้คิด.....	5
1.5 แผนผังแสดงการฟื้นฟูที่เสนอในงานวิจัยนี้ เทียบกับการฟื้นฟูแบบปัจจุบัน.....	6
2.1 ผล meta-analysis ของงานวิจัยในการใช้ BCI เพื่อช่วยการฟื้นฟูตัวของเขาในผู้ป่วย stroke.....	9
2.2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึก Vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง.....	19
2.3 Five brain regions highly correlated with motion sickness.....	20
2.4 กรอบแนวคิดวิจัย (Conceptual framework).....	22
3.1 ขั้นตอนการนำอาสาสมัครเข้าทำการทดลองและการติดตามผล.....	23
3.2 อุปกรณ์วัดคลื่นสมอง (EEG).....	25
3.3 ตำแหน่งสี่ฟ้าเป็นตำแหน่ง electrode ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ตามระบบ International 10–20 system EEG position.....	25
3.4 การทดสอบ timed up and go แบบเดินเลียวย้าย พร้อมสัญญาณ EEG.....	30
3.5 การทดสอบ timed up and go แบบเดินเลียวยาว พร้อมสัญญาณ EEG.....	31
3.6 การทดสอบ 10-meter walk test.....	32
3.7 การทดสอบ dynamic gait index.....	32
3.8 การทดสอบ dynamic gait index การก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง.....	32
3.9 การทดสอบ dynamic gait index การเดินซิกแซก ผ่านกรวย.....	33
3.10 การทดสอบ dynamic gait index การเดินขึ้นบันได หมุนตัว และลงบันได.....	33
3.11 แบบประเมินผลกระทบอาการเวียนศีรษะต่อการดำรงชีวิต (Dizziness handicap inventory).....	34
4.1 Dizziness Handicap Inventory Score (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	40
4.2 Dizziness Handicap Inventory level (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	41
4.3 Dynamic Gait Index (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	42
4.4 Timed Up and Go test เดินเลียวยุไปด้านขาที่อ่อนแรง (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และ Post 1 month: ที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	45

สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

หน้า

4.5 Timed Up and Go test เดินเร็วไปด้านขวาที่ปกติ (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และ Post 1 month: ที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	46
4.6 Timed Up and Go level เดินเร็วไปด้านขวาที่อ่อนแรง (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และ Post 1 month: ที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	47
4.7 Timed Up and Go level เดินเร็วไปด้านขวาที่ปกติ (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และ Post 1 month: ที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	48
4.8 จำนวนก้าวเดินใน 10-Meter Walk test (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	50
4.9 ระยะเวลาที่ใช้ ใน 10-Meter Walk test (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	51
4.10 จำนวนก้าวต่อนาที (cadence) ใน 10-Meter Walk test (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	52
4.11 อัตราเร็วในการเดิน ใน 10-Meter Walk test (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	53
4.12 ตำแหน่งที่วัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่ F3, F4, C3, C4, P3, และ P4 และ การทดสอบ Timed Up and Go.....	58
4.13 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึก กายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Sit – Stand : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Sit – Stand: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืน จากเก้าอี้วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	64
4.14 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึก กายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Turning : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเร็วกลับ วัดก่อนฝึก กายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเร็วกลับ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	68
4.15 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึก	

สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

	หน้า
ขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	134
4.34 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึก กายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Sit – Stand: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Sit – Stand: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัคร ลุกยืนจากเก้าอี้ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	138
4.35 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึก กายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre - Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดก่อนฝึก กายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post - Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	141
4.36 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึก กายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Stand – to – Sit : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้ หลังสิ้นสุดการเดิน วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Stand -to – Sit: คลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง).....	144
4.3.1 Home Page ของระบบ Web Application.....	211
4.3.2 หน้าต่างการแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการแสดงผลข้อมูล EEG.....	212
4.3.3 ตัวอย่างการแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชันตาม Session Channel และ Frequency ที่ผู้ใช้งานเลือก.....	213
5.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึก vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง.....	219
5.2 บริเวณ สมอง 5 ส่วนที่สัมพันธ์กับ motion sickness.....	221
5.3 บริเวณ vestibular ที่นิยามโดยการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้า ในผู้ป่วยโรคลมชัก; เส้นวงกลม สีเขียวและม่วง แสดงถึงตำแหน่งรอยโรคที่เป็นต้นกำเนิดของการเกิดลมชักที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ การรับรู้ความรู้สึกด้าน vestibular (epileptogenic lesions responsible for vestibular sensations); จุดสีทึบแสดงถึงตำแหน่งที่เมื่อกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้าแล้วทำให้เกิดการรับรู้ เสมือนจริงด้าน vestibular (cortex evoked vestibular illusions) ในผู้ป่วยโรคลมชักที่ตื่นอยู่.....	223
5.4 การเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมองตามจังหวะการเดิน gait cycle เริ่มและสิ้นสุดด้วย left toe-off (LOFF). ตัวอย่าง left heel-strike (LON), right toe-off (ROFF) และ right heel-strike (RON).....	228

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

เมื่อมีสิ่งเร้าจากภายในและภายนอก (Internal and external sensory outputs) มากระตุ้น โดยสมองจะเกิดการรู้คิด (Neurocognitive function) และรับรู้อารมณ์ ทำให้เริ่มเกิดความคิดที่จะเคลื่อนไหวอย่างมีเป้าหมายเพื่อตอบสนองสิ่งเร้านั้น และมีวางแผนการสั่งการทำงานของเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ (Motor planning) เพื่อให้เกิดรูปแบบลำดับ (Sequence) ของการทำงานของกล้ามเนื้อที่ถูกต้องเหมาะสม กระบวนการนี้เกิดขึ้นพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าในเซลล์สมอง ซึ่งตรวจพบได้จากการเปลี่ยนแปลงคลื่นสมอง จากนั้นจึงเกิดกระแสประสาทป้อนคำสั่งไปยังสมองส่วนควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor cortex) แล้วจึงเกิดการนำคำสั่งผ่านระบบประสาทไขสันหลัง เส้นประสาทส่วนปลาย และกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว นอกจากนี้ยังต้องมีระบบประสาทการทรงตัวและการประสานงานของกล้ามเนื้อที่ดี และจะต้องมีระบบประสาทรับความรู้สึกที่ดี เช่น การรับตำแหน่งที่ข้อเท้า ซึ่งจะป้อนข้อมูลกลับสู่สมอง (Neurofeedback) เพื่อให้ไม่เซ หรือเซแล้วยังตัวไว้ไม่ให้ล้มได้

การสูญเสียความสามารถดังกล่าว ทำให้เคลื่อนไหวเพื่อทำกิจกรรมต่างๆ ได้ลำบาก สาเหตุหลักของรูปแบบการลุก ยืน และเดินที่ผิดปกติ จะลำไ้ได้ง่าย เสี่ยงต่อการล้มในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ได้แก่

1) กล้ามเนื้ออ่อนแรง ฝ่อลีบ ลำไ้ได้ง่าย และภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (Muscle weakness, Atrophy, Fatigue and Sarcopenia)

2) ความผิดปกติของระบบประสาทและสมอง ได้แก่ (1) ความผิดปกติของระบบประสาทรับความรู้สึกขาเข้า (Sensory afferent deficit) เช่น การรับรู้ตำแหน่งของข้อเท้าที่ผิดปกติ (Impaired proprioception) (2) ระบบประสาทสั่งการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อผิดปกติ (Impaired motor control system) (3) อาการเกร็งของกล้ามเนื้อ (Spasticity) (4) ความผิดปกติของระบบประสาทควบคุมการทรงตัว (Abnormal central and peripheral vestibular system) (5) สายตาผิดปกติ (Visual deficit) (6) ความผิดปกติของการประสานงานระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Impaired coordination) (7) ความบกพร่องของการรู้คิด (Impaired neurocognitive domains)

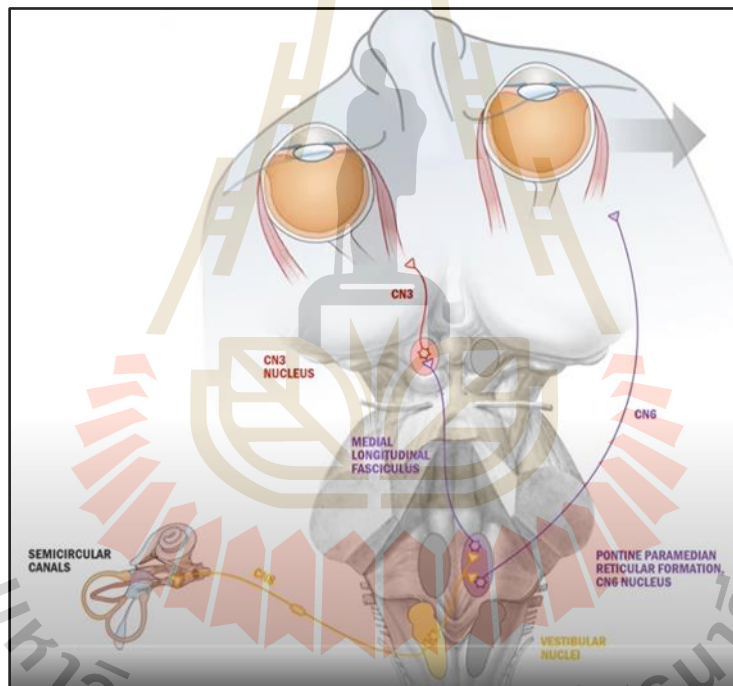
3) โรคประจำตัว เช่น ข้อเข่าเสื่อม ความผิดปกติของระดับเกลือแร่ในร่างกาย ความบกพร่องด้านความจำและการเรียนรู้ ภาวะทุพโภชนาการ อาการปวดกล้ามเนื้อและข้อ รวมถึงความยาวขา 2 ข้างไม่เท่ากัน เป็นต้น

ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ที่มีรอยโรคที่หลอดเลือดสมองส่วนหลัง (Posterior circulation) อาจมีความผิดปกติของระบบประสาทควบคุมการทรงตัว ทำให้เป็นกลุ่มอาการผิดปกติแบบเฉียบพลันของระบบการทรงตัว vestibular (Acute Vestibular Syndrome, AVS) ประกอบด้วยอาการบ้านหมุน (Vertigo) คลื่นไส้ (Nausea) วิงเวียน (Dizziness) อาเจียน (Vomiting) ภาวะป่วยจากการเคลื่อนไหว (Motion intolerance) และลักษณะการเดินที่ไม่มั่นคง (Gait instability) สามารถเกิดได้นานหลายวัน จนถึงหลายสัปดาห์ และจากการศึกษาแบบ Systematic review พบสาเหตุจากโรคระบบประสาทส่วนปลาย Vestibular (Vestibular

neuritis; ประมาณ 70%) และโรคหลอดเลือดสมอง (Posterior fossa ischemic stroke; ประมาณ 25%) ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีความผิดปกติดังกล่าว มักจะไม่พบความผิดปกติจากตรวจการระบบประสาทอื่นๆ (No focal neurologic signs) พบได้ <20% (Kattah JC, Talkad AV, Wang DZ, et al. HINTS to diagnose stroke in the acute vestibular syndrome: three-step bedside oculomotor examination more sensitive than early MRI diffusion-weighted imaging. Stroke 2009; 40:3504Y10.)

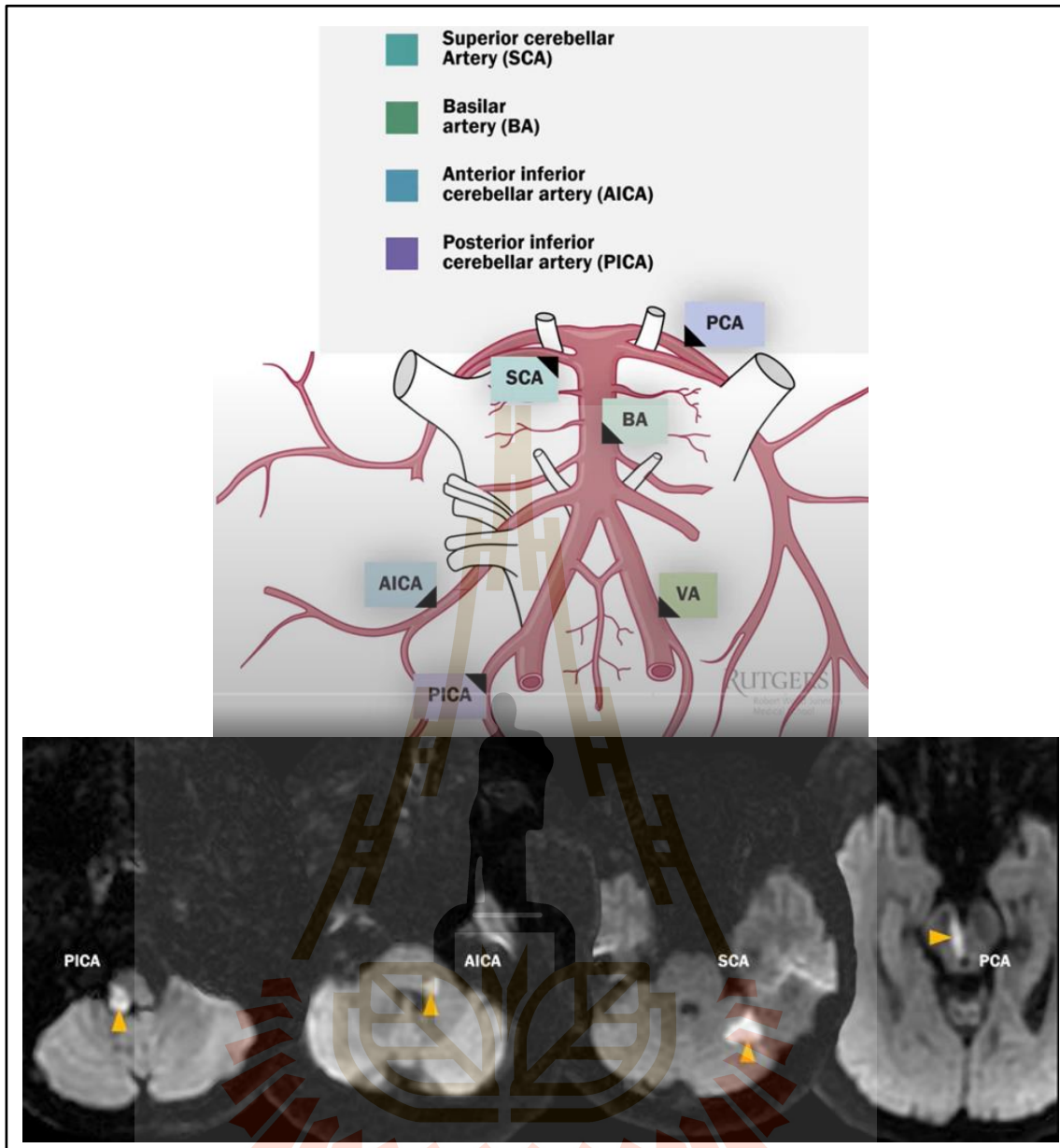
อาการวิงเวียน (Dizziness) มีหลายประเภทได้แก่

1. Vertigo เป็นการที่ผู้ป่วยรับรู้ว่าการเคลื่อนที่ของร่างกายทั้งที่ไม่เกิดการเคลื่อนที่จริงหรือรับรู้ว่าการเคลื่อนไหวของสิ่งแวดล้อมทั้งที่ไม่เกิดการเคลื่อนไหวจริง
2. Lightheadedness เป็นการเสียการรับรู้ทิศทาง (Spatial orientation)
3. Unsteadiness (Imbalance) เป็นการเสียการทรงตัว
4. Oscillopsia เป็นการเห็นภาพเคลื่อนไหวทั้งที่ไม่เกิดการเคลื่อนไหวจริง
5. Non-specific dizziness เป็นอาการที่ไม่ชัดเจนพอที่จะจัดเข้าประเภทข้างต้นได้



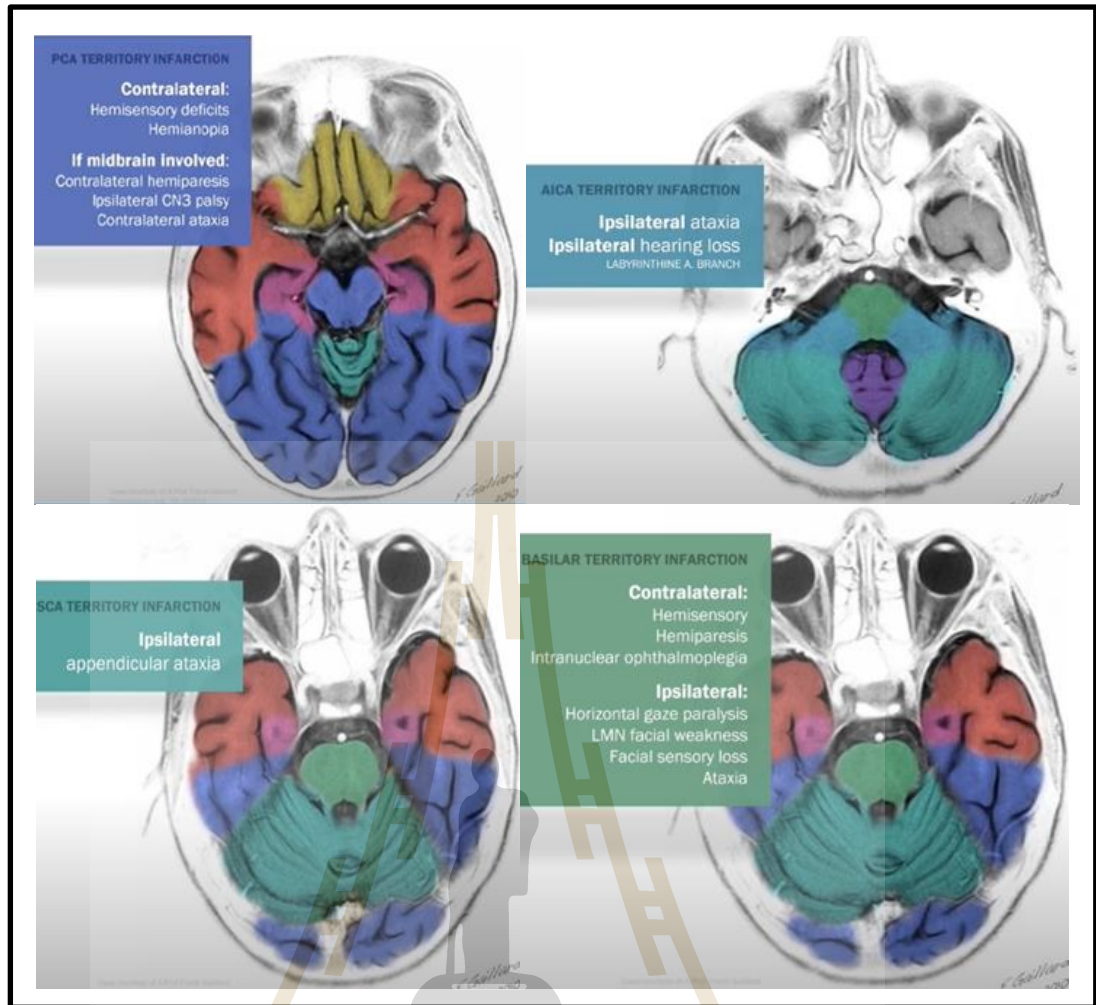
รูปที่ 1.1 แสดง vestibulo-ocular reflex (reference: Rutgers RWJMS Neurology, <https://www.youtube.com/watch?v=6MH1gAuJXhE>)

เมื่อมีการหันศีรษะไปทางซ้าย หูชั้นในรับสัญญาณของการเคลื่อนไหวและความเร่ง และจะส่งผ่านเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 สู่วิวติบูลาร์นิวเคลียสที่ medulla แล้วส่งไปยัง pontine paramedian แล้วมีการรับสัญญาณและปรับสัญญาณที่ cerebellum จนได้สัญญาณที่เหมาะสมสำหรับการปรับการเคลื่อนไหว แล้วส่งสัญญาณไป เส้นประสาทสมองคู่ที่ 6 ข้างขวา และเส้นประสาทสมองคู่ที่ 3 ข้างซ้าย จนเกิดการเคลื่อนที่ของลูกตาไปทางขวา ทำให้สามารถมองภาพที่จุดๆ หนึ่งได้เป็นภาพนิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 1.1



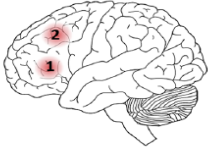
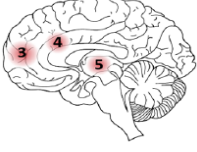
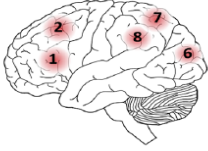
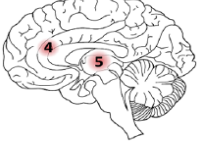
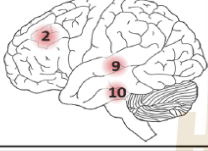
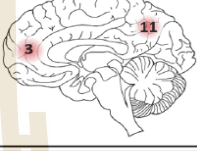
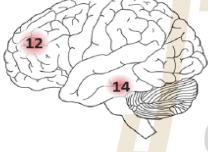
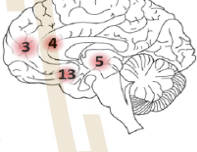
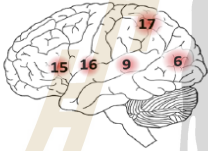
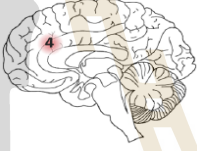
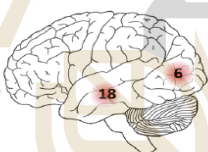
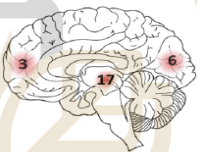
รูปที่ 1.2 แสดง posterior circulation ของหลอดเลือดสมอง อาการแสดง และภาพ MRI ของ posterior circulation stroke (reference: Rutgers RWJMS Neurology, <https://www.youtube.com/watch?v=6MH1gAuJXhE>)

เมื่อมีความผิดปกติในบริเวณ Posterior circulation ของหลอดเลือดสมอง จะมีอาการที่แสดงได้ดังรูปที่ 1.2 และ 1.3 โดยเกิดความผิดปกติตามตำแหน่งที่ผิดปกติ เช่น ที่ระบบการทรงตัว การรับความรู้สึก และการมองเห็น



รูปที่ 1.3 ตำแหน่งและอาการของผู้ป่วย posterior circulation

ซึ่งมักพบอาการ AVS ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะเฉียบพลัน และระยะกึ่งเฉียบพลัน ซึ่งเป็นระยะที่ระบบประสาทของผู้ป่วยยังไม่ทันได้ปรับตัวหลังจากสมองขาดเลือด โดยการถ่ายภาพบำบัดในผู้ป่วยกลุ่มนี้จึงมีความจำเป็นต้องทำการฝึกเน้นฝึกระบบการทรงตัว (Vestibular rehabilitation) เพื่อฟื้นฟูการเคลื่อนไหว และการทรงตัว เพื่อลดอาการดั่งข้างต้น

Neurocognitive domains	Neural correlates	
Executive Function Planning Decision-making Inhibition Flexibility Working Memory Responding to feedback		 <ul style="list-style-type: none"> - ventrolateral prefrontal cortex ¹ - dorsolateral prefrontal cortex ² - medial prefrontal cortex ³ - anterior cingulate cortex ⁴ - thalamus ⁵
Complex Attention Sustained attention Divided attention Selective attention Processing speed		 <ul style="list-style-type: none"> - ventrolateral prefrontal cortex ¹ - dorsolateral prefrontal cortex ² - visual cortex ⁶ - superior parietal cortex ⁷ - inferior parietal cortex ⁸ - anterior cingulate cortex ⁴ - thalamus ⁵
Social Cognition Emotional recognition Theory of mind Insight		 <ul style="list-style-type: none"> - superior temporal gyrus ⁹ - inferior temporal gyrus ¹⁰ - medial prefrontal cortex ³ - dorsolateral prefrontal cortex ² - precuneus ¹¹
Learning and Memory Free recall Cued recall Implicit learning Recognition memory Long-term memory		 <ul style="list-style-type: none"> - medial prefrontal cortex ³ - dorsomedial prefrontal cortex ¹² - anterior cingulate cortex ⁴ - thalamus ⁵ - amygdala ¹³ - hippocampus ¹⁴
Language Object naming Fluency Grammar Receptive language Word finding		 <ul style="list-style-type: none"> - superior temporal gyrus ⁹ - inferior frontal gyrus ¹⁵ - anterior insular cortex ¹⁶ - anterior cingulate cortex ⁴ - parietal cortex ¹⁷ - visual cortex ⁶
Perceptual-motor Function Visual perception Perceptual-motor coordination Visuoconstructional reasoning		 <ul style="list-style-type: none"> - lateral geniculate nucleus ¹⁷ - temporal lobe ¹⁸ - visual cortex ⁶ - medial prefrontal cortex ³

รูปที่ 1.4 แสดงกายวิภาคของสมองที่เกี่ยวข้องกับการรู้คิด (McDonald et al., 2019)

จากรูปที่ 1.4 แสดงสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับการรู้คิด ซึ่งทำงานประสานกับส่วนของสมองที่สั่งการเคลื่อนไหว จะเห็นได้ว่าแต่ละตำแหน่งของสมองมีการทำงานต่างกันแต่ก็ต้องเชื่อมต่อ (Connectivity) ประสานงานกัน การวัดคลื่นสมองในแต่ละตำแหน่งสมอง จึงจำเป็นและสำคัญในการติดตามการทำงานเชื่อมต่อกันของสมอง แต่การวัดสัญญาณสมองและ biosignal อื่น (เช่น สัญญาณ surface EMG ที่วัดการทำงานของกล้ามเนื้อ) ขณะเคลื่อนไหว ลูกนั่ง เดินนั้น เต็มไปด้วยสัญญาณรบกวน (สัญญาณมีขนาดเล็กและซับซ้อน มี movement artifacts และ noises รบกวนมาก) จึงต้องแปลงสัญญาณคลื่นสมองให้ลดสัญญาณรบกวน และใช้ปัญญาประดิษฐ์วิเคราะห์สัญญาณสมองร่วมกับ biosignal อื่น รวมทั้งการตรวจทางคลินิก

ระบบกายภาพบำบัดผ่านการสื่อสารทางไกล (Tele-rehabilitation) เป็นการทํากายภาพบำบัด โดยต้นทางมีแพทย์และนักกายภาพบำบัดเป็นผู้วางแผนและให้คำแนะนำ และปลายทางมีผู้ป่วยและผู้ดูแลผู้ป่วย (care giver) เป็นผู้ดำเนินการทํากายภาพบำบัด ประโยชน์คือ ลดระยะเวลาในการเดินทางมาโรงพยาบาล ลดความเสี่ยงการติดเชื้อในที่แออัดขณะรอทํากายภาพบำบัดที่โรงพยาบาล (เช่น ช่วง COVID-19 ในโรงพยาบาล

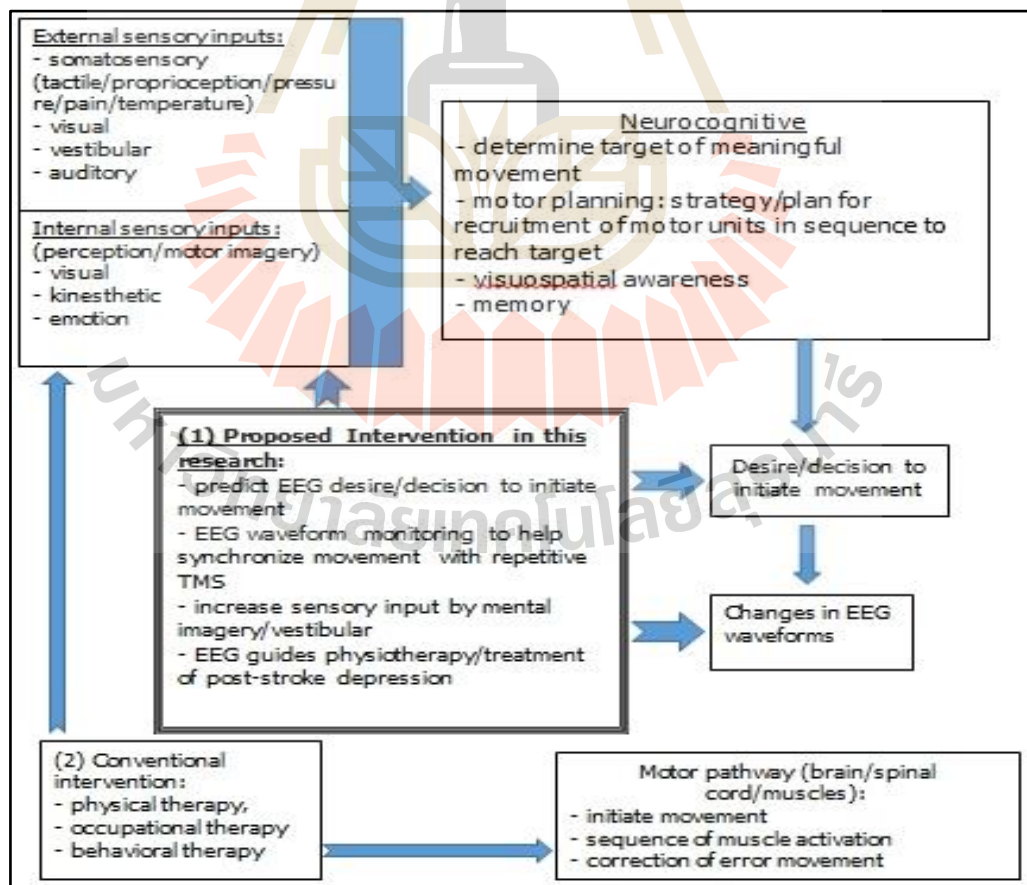
จะมีการลดจำนวนการให้บริการผู้ป่วยไม่ฉุกเฉินและจึงมีผู้ป่วยที่เสียโอกาสในการทำกายภาพบำบัดในโรงพยาบาล) ลดความเหลื่อมล้ำและลดการเสียโอกาสของผู้ที่ไม่สามารถเดินทางมาโรงพยาบาลได้ (เช่น อยู่ชนบทที่ห่างไกล) และมีประโยชน์ในผู้ป่วยที่เดินทางลำบากและเคลื่อนย้ายลำบาก (เช่น ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ที่มีการเกร็งและอ่อนแรงมาก) รวมทั้งผู้ป่วยที่ไม่ประสงค์เดินทางมาโรงพยาบาลแต่แพทย์ประเมินแล้วว่าควรทำกายภาพบำบัดอย่างต่อเนื่อง และยังคงการทำกายภาพบำบัดผิดวิธีโดยจะได้รับคำแนะนำทางกายภาพบำบัดที่ถูกต้องทางวิดีโอ

จากเหตุผลเหล่านี้ จึงจำเป็นต้องทดสอบระบบกายภาพบำบัดผ่านการสื่อสารทางไกล (Tele-rehabilitation) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และข้อจำกัดทางคลินิกและวิศวกรรม เช่น การยอมรับได้จากผู้ป่วย การลดสัญญาณรบกวนในตัว sensor และระบบสื่อสารทางไกล และการใช้ปัญญาประดิษฐ์วิเคราะห์สัญญาณสมอง

การศึกษาในงานวิจัยนี้ จะมีความแตกต่างจากการทำกายภาพบำบัดโดยวิธีมาตรฐานในปัจจุบัน โดยแสดงดังรูปที่ 1.5 ซึ่งมีส่วนที่เพิ่มเติม คือ จะมี

1) การเพิ่มการทำกายภาพบำบัดทางไกลแบบเน้นฝึกระบบการทรงตัว (vestibular rehabilitation) เพื่อฟื้นฟูการเดิน ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะกึ่งเฉียบพลัน ที่มีรอยโรคที่หลอดเลือดสมองส่วนหลัง (posterior circulation) เทียบกับการทำกายภาพบำบัดแบบเน้นฝึกระบบการทรงตัวที่โรงพยาบาล

2) การเก็บข้อมูลรูปแบบคลื่นสมองก่อนและหลังการฝึกทำกายภาพบำบัดทางไกลครบแล้ว เพื่อพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ให้สามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นสมองกับความสามารถในการเดิน



รูปที่ 1.5 แผนผังแสดงการฟื้นฟูที่เสนอในงานวิจัยนี้ (1) เทียบกับการฟื้นฟูแบบปัจจุบัน (2)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) ศึกษาผลการทำกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัว (vestibular rehabilitation) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองส่วนหลัง ที่มีอาการวิงเวียน โดยมีอาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง 2 ราย ที่ทำกายภาพบำบัดที่ รพ. และมีอาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง 2 ราย ที่รับการบำบัดทางไกล โดยศึกษาผลทางคลินิกก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ได้แก่ อาการวิงเวียน (แบบสอบถาม dizziness handicap inventory) และการทดสอบการเดิน (timed up and go test, 10-meter walk test และ dynamic gait index)
- 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการบำบัดด้วยวิธีกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัว กับคลื่นไฟฟ้าสมอง ในสมองส่วน frontal cortex, motor cortex และ parietal cortex โดยวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง
- 3) ศึกษาความเป็นไปได้ (feasibility study) ในการใช้ web application รวมข้อมูลทางคลินิกและคลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อช่วยประเมิน ตรวจสอบ และฝึกกายภาพบำบัดทางไกล เพื่อให้ผู้ด้อยโอกาสได้เข้าถึงการรักษาฟื้นฟูทางการแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูและกายภาพบำบัด

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

- 1.3.1 สามารถใช้วิธีการฟื้นฟูทางไกล (Tele-rehabilitation) ในการฝึกผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองส่วน posterior circulation ที่มีปัญหาการวิงเวียนหรือการทรงตัวได้ ทำให้ผู้ป่วยเดินได้เร็วขึ้น เดินทรงตัวดีขึ้น และ วิงเวียนลดลง
- 1.3.2 สามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นไฟฟ้าสมองในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองกับผลการทดสอบทางคลินิกได้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1.4.1 สามารถประเมินความเป็นไปได้ ประสิทธิภาพของการทำกายภาพบำบัดทางไกล และสามารถนำรูปแบบกายภาพบำบัดทางไกลแบบเน้นฝึกระบบการทรงตัว (vestibular rehabilitation) เพื่อฟื้นฟูการเดินในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะกึ่งเฉียบพลัน ที่มีรอยโรคที่หลอดเลือดสมองส่วนหลัง (posterior circulation) มาใช้ฝึกผู้ป่วยได้จริง
- 1.4.2 ได้ข้อมูลรูปแบบคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนและหลังการฝึกทำกายภาพบำบัดทางไกลครบแล้ว และหาความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นไฟฟ้าสมองกับความสามารถในการเดิน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองมาเชื่อมต่อกับระบบอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า Brain computer interface: BCI หรือ “ส่วนต่อประสานสมองและคอมพิวเตอร์” ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อติดตามรักษาและวางแผนกายภาพบำบัดในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองแบบระยะไกล จึงได้ทบทวนวรรณกรรมพบบางงานวิจัยเกี่ยวกับ Brain computer interface (BCI) ในผู้ป่วย Stroke ที่เกี่ยวกับการลุกยืน เดิน พบจำนวนงานวิจัย 4 เรื่อง โดยแสดงในตารางที่ 2.1 สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

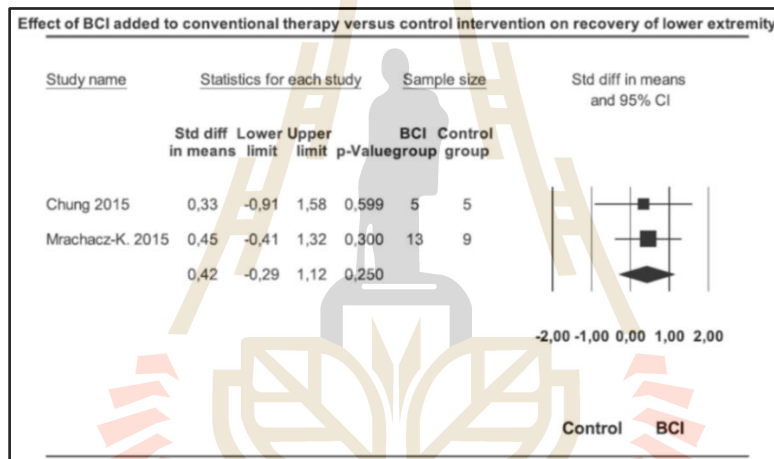
1. กลุ่มที่ใช้ไฟฟ้ากระตุ้นกล้ามเนื้อขาที่อ่อนแรง (Functional electrical stimulation) ได้แก่ Chung et al., 2015 (Chung et al., 2015) และ Mrachacz-Kersting et al., 2015 (Mrachacz-Kersting et al., 2015) ที่ได้ทดลองในผู้ป่วย Stroke ระยะ Chronic (เป็น Stroke นานมากกว่า 6 เดือน)

1.1) Chung et al., 2015 (Chung et al., 2015) วางแผนอิเล็กโทรดรับสัญญาณ EEG ที่ตำแหน่ง Frontopolar 1 (Fp1) และ Frontopolar 2 (Fp2) ที่ศีรษะของอาสาสมัคร และให้อาสาสมัครสังเกตหน้าจอ ซึ่งต่อมาหน้าจอจะแสดงสัญญาณให้ผู้ป่วยฟังสมาธิคิดกระดกข้อเท้า เมื่อคิดกระดกข้อเท้าแล้วสัญญาณ EEG จากสมองจะถูกรวบรวมส่งเข้าคอมพิวเตอร์ โดยผลรวมของสัญญาณ Sensorimotor rhythm (SMR) (12-15 Hz) และ Mid-beta (16-20 Hz) จะมีค่าเพิ่มเมื่ออาสาสมัครฟังสมาธิ (Concentration) ซึ่งตรงกันข้ามกับ Theta rhythm ที่มีค่าลดลงเมื่ออาสาสมัครฟังสมาธิ เมื่อสัดส่วน [(SMR) + (mid-beta)]:theta pattern สูงกว่าค่า Threshold (แสดงว่ามีการฟังสมาธิมากพอ) แล้วจะมีการส่งสัญญาณให้มีการกระตุ้นกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ด้วยไฟฟ้า เป็นเวลา 5 วินาที เพื่อช่วยให้ข้อเท้า (ข้างที่อ่อนแรง) กระดกขึ้น โดยการฝึกลักษณะนี้เป็น Intervention ในกลุ่ม Experiment ต่างจากกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการกระตุ้นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Tibialis anterior แต่ไม่ได้รับการวัดสัญญาณ EEG โดยระยะเวลาฝึกทั้ง 2 กลุ่ม มีระยะเวลา 5 วัน ซึ่งผลการทดลองพบว่า ทั้ง 2 กลุ่ม ลดระยะเวลา Timed up and go, เพิ่ม Berg balance scale, เพิ่ม Cadence (จำนวนก้าวต่อ 1 นาที) และระยะก้าวของขาข้างที่อ่อนแรง (Affected sidestep lengths และ Side stride lengths) ซึ่งแสดงว่าการเดินและการทรงตัวดีขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าผล Outcomes เหล่านี้ไม่ต่างกัน กลุ่มผู้วิจัยได้สรุปว่า เนื่องจากระยะเวลา Intervention ที่สั้นเกินไปทำให้ผลการทดลองไม่ต่างกัน และจำนวนอาสาสมัครมีจำนวนน้อยเกินไป (Total n = 10) ทำให้ยังไม่สามารถนำผลการทดลองไปใช้ประยุกต์จริงได้

1.2) Mrachacz-Kersting et al., 2015 (Mrachacz-Kersting et al., 2015) วางแผนอิเล็กโทรดรับสัญญาณ EEG ที่ตำแหน่ง FP1, F3, F4, Fz, Pz, P3, P4, C3, C4, and Cz ที่ศีรษะของอาสาสมัคร และให้อาสาสมัครสังเกตหน้าจอ ซึ่งต่อมาหน้าจอจะแสดงสัญญาณให้ผู้ป่วยฟังสมาธิคิดกระดกข้อเท้า เมื่อคิดกระดกข้อเท้าแล้วสัญญาณ EEG จากสมองจะถูกรวบรวมส่งเข้าคอมพิวเตอร์ตาม Algorithm ของกลุ่มผู้วิจัย ซึ่ง Algorithm จะตรวจพบสัญญาณ Movement-related cortical potential (MRCP) ซึ่งเป็นสัญญาณที่แสดงว่ามีการคิดจะเคลื่อนไหว โดยองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของ MRCP คือสัญญาณ Peak negativity (PN) ซึ่งสัมพันธ์กับการสั่งการเคลื่อนไหว (Movement execution) เมื่อตรวจพบ MRCP แล้วสมองจะส่งสัญญาณ

Somatosensory afferents ที่ Project ไปยัง Motor cortex เพื่อเคลื่อนไหว กลุ่มผู้วิจัยเชื่อว่าเมื่อกระตุ้นกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ด้วยไฟฟ้า ในระยะเวลาที่ตรงกับ PN จะทำให้สัญญาณสมองสั่งการกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น (เกิด Brain neuroplasticity) อาสาสมัครกลุ่ม Experiment ได้รับการกระตุ้นกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ด้วยไฟฟ้า ในระยะเวลาที่ตรงกับ PN แต่อาสาสมัครกลุ่มทดลองได้รับการกระตุ้นกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ด้วยไฟฟ้าแบบสุ่ม ระยะเวลาฝึกทั้ง 2 กลุ่ม เป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่า กลุ่ม Experiment มีอัตราเร็วในการเดินระยะ 10 เมตร เพิ่มขึ้นจาก 0.76 m/s เป็น 0.84 m/s และ Fugl-Meyer Assessment for the lower extremity (FM-LE) เพิ่มขึ้นจาก 24.92 เป็น 25.69 ในขณะที่กลุ่มทดลองมีอัตราเร็วในการเดินระยะ 10 เมตร ลดจาก 1.16 m/s เป็น 1.09 m/s และ Fugl-Meyer Assessment for the lower extremity (FM-LE) ลดจาก 26.44 เป็น 24.44 โดยไม่มีการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่าง 2 กลุ่ม ไม่ได้ให้เหตุผลว่าเหตุใดกลุ่มทดลองจึงมี Outcome ที่แย่ง และแม้ว่ากลุ่มผู้วิจัยจะสรุปว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางคลินิก

ต่อมาได้มี Meta-analysis (Kruse et al., 2020) ได้วิเคราะห์งานวิจัย 2 งานข้างต้น (รูปที่ 2.1) พบว่าไม่สามารถสรุปได้ว่า กลุ่มที่ใช้ BCI ให้ Outcome ที่ดีกว่ากลุ่ม Control



รูปที่ 2.1 ผล meta-analysis (Kruse et al., 2020) ของงานวิจัย ในการใช้ BCI เพื่อช่วยการฟื้นฟูของขา ในผู้ป่วย stroke (Chung et al., 2015; Mrachacz-Kersting et al., 2015)

2. กลุ่มที่ใช้ Motor imagery training (Motor imagery training เป็นการฝึกจินตภาพ ก่อนทำกายภาพบำบัด) ได้แก่ Guttman et al., 2014 (Guttman et al., 2014) และ Oostra et al., 2015 (Oostra et al., 2015)

2.1) Guttman et al., 2014 (Guttman et al., 2014) ทดลอง โดยวิธี Crossover trial ในผู้ป่วย Stroke ระยะ Chronic โดยมีการฝึก Motor imagery for sit-to-stand เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ สลับกับ Motor imagery for reaching เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการฝึก Motor imagery ช่วยลด Sit to stand time และเพิ่ม Reaching velocity

2.2) Oostra et al., 2015 (Oostra et al., 2015) ศึกษาผู้ป่วย Stroke ระยะ Subacute โดยฝึก motor imagery เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า การฝึก Motor imagery ช่วยเพิ่มความสามารถในการเดินระยะ 10 เมตร แต่ไม่ช่วยเพิ่ม Fugl-Meyer Assessment for the lower extremity (FM-LE).

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ BCI-MIT เพื่อช่วยในการทรงตัว ยืน เดิน ในผู้ป่วย stroke

Authors/ Study design	No. of participants (intervention /Control)	Averaged age (intervention /control)	Time after stroke	Intervention	Control group	Outcome	Training duration	Training frequency	Conclusions
Chung et al., 2015 (Chung et al., 2015) /RCT	10 (5/5)	43.6/50.2	chronic	BCI-FES	FES	TUG, BBS, cadence, affected sidestep lengths, affected side stride lengths	5 days		BCI-FES group showed a significant improvement in TUG, cadence, affected side step length after the intervention.
Mrachacz- Kersting et al., 2015 (Mrachacz- Kersting et al., 2015) /RCT	22 (13/9)	46.3/50.2	chronic	BCI-EEG during foot dorsiflexion (neurofeedback electrical stimulation at timing of peak negativity of MRCP)	Non-assistive BCI-EEG (random electrical stimulation)	FM-LE, 10MWT, foot tapping frequency, corticospinal tract integrity, mRS	3 days		Experimental BCI-EEG neurofeedback group showed a significant improvement in all outcomes after the intervention.

Authors/ Study design	No. of participants (intervention /Control)	Averaged age (intervention /control)	Time after stroke	Intervention	Control group	Outcome	Training duration	Training frequency	Conclusions
Guttman et al., 2014 (Guttman et al., 2014) /Crossover study	13	68.9 +/- 4.9	chronic	Sit-to-stand motor imagery training	Reaching motor imagery training	Sit to stand time, reaching velocity	4 weeks	3 days /week	Participants showed a significant improvement in all outcomes after the intervention.
Oostra et al., 2015 (Oostra et al., 2015) /RCT	44 (21/23)	50.3/53.7	subacute	Motor imagery training	Muscle relaxation training	FM-LE, 10MWT	6 weeks	5 days /week	Participants showed a significant difference in 10MWT, but not FM-LE, after the intervention.

ตัวย่อ : MI motor imagery, BCI brain computer interface, FES Functional electrical stimulation, TUG Timed up and go Test, BBS Berg Balance Scale, EEG electroencephalography, FM-LE Fugl-Meyer Assessment for the lower extremity (34 points), 10MWT 10m walking test, mRS Modified Rankin Scale

สำหรับการลุกยืน เดินทรงตัว นั้นต้องมีระบบประสาทการทรงตัว (Vestibular system) ที่ดี ซึ่งระบบประสาทการทรงตัวนี้เชื่อมโยงกับระบบการมองเห็น ซึ่งในการฝึกการทรงตัว (Vestibular rehabilitation) นั้น จะมีส่วนของการฝึก Vestibulo-ocular reflex ร่วมด้วยเสมอ เช่น การให้ผู้ป่วยมองปลายนิ้วที่อยู่หนึ่ง ให้มองไว้พร้อมกับแล้วสายศีรษะไปซ้ายและขวา ซ้ายๆ โดยไม่ละสายตาจากปลายนิ้วตรงหน้า เป็นต้น นอกจากการทรงตัวแล้ว ระบบประสาทการมองเห็นยังเชื่อมโยงกับการตัดสินใจก้าวเดิน การปรับระยะก้าวเมื่อเริ่มเซ การยั้งเท้าเมื่อเซ หรือเสียสมดุล นอกจากนั้น การประเมินรูม่านตา (Pupil) ยังบอกถึงรอยโรคในระบบประสาทและสมอง เช่น ในผู้ป่วยสมองบาดเจ็บ (Traumatic brain injury) (Czyżewski et al., 2020) จึงมีการศึกษาการเคลื่อนไหวของลูกตาและรูม่านตา ร่วมกับคลื่นสมอง เพื่อช่วยในการวิเคราะห์การฟื้นตัวของสมอง การทำงานของสมอง โดยมีประโยชน์เช่น เช่น ตรวจจับการหลับในของผู้ขับขี่ในขณะขับรถ การตรวจจับ Mental workload โดยประเมินจากเวลาที่ใช้ในการที่รูม่านตาตอบสนองต่อแสงสีต่างๆ (Mendonça & Abreu, 2019) เป็นต้น โดยในทางปฏิบัติ ได้มีการประยุกต์ใช้การเคลื่อนไหวของลูกตามาคควบคุมพอยเตอร์ของเมาส์ในคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสื่อสาร ในกรณีของผู้ป่วย Locked-in syndrome ซึ่งขยับแขนขาลำตัวไม่ได้ พูดไม่ได้ แต่ยังสามารถตาได้ และเริ่มมีงานวิจัยการควบคุมแขนเทียมโดยการใช้ สัญญาณคลื่นสมองร่วมกับการเคลื่อนไหวลูกตา (Zandigohar et al., 2021) แต่ยังไม่พบงานวิจัยที่ใช้สัญญาณคลื่นสมองร่วมกับการเคลื่อนไหวลูกตา ในการฝึกระบบประสาทการทรงตัว (Vestibular system) ร่วมกับการฝึกลุกยืน ฝึกเดิน (Gait training) แบบสื่อสารระยะไกล (Tele-rehabilitation)

ผู้วิจัย ได้สืบค้นในฐานข้อมูล SCOPUS โดยใช้ keyword:

1) “eye tracking” หรือ 2) “eye movement” และ 3) “vestibular rehabilitation”

เพื่อสืบค้นจาก Abstract ใน Papers ที่เป็นภาษาอังกฤษ พบทั้งหมด 22 งานวิจัย แล้วได้เลือกศึกษา 9 งานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้มากที่สุด โดยมีความสัมพันธ์ระหว่าง Eye movement, Eye tracking กับ Vestibular rehabilitation ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับ eye tracking, eye movement, Vestibular rehabilitation

Authors	Article's title	Participants	Intervention	Outcomes	Conclusions
(Hovares hti et al., 2021)	Vestaid: A tablet-based technology for objective exercise monitoring in vestibular rehabilitation	Patients with mild traumatic brain injury (mTBI)	VestAid (an innovative, low-cost, tablet-based system) that helps patients perform vestibulo-ocular reflex (VOR) exercises correctly at home without therapist guidance	- Accuracy of estimated head angles calculated via VestAid - Accuracy of VestAid's metric evaluation during the VORx1 exercises was assessed in comparison to the output of an inertial measurement unit (IMU)-based system	The accuracy of the system is sufficient to provide therapists with a good assessment of patient performance.
(Galgon et al., 2021)	Agreement between physical therapists in diagnosing benign paroxysmal positional vertigo	38 patients with benign paroxysmal positional vertigo (BPPV)	Eye movements recorded using video goggles during positioning tests including supine-to-sit, supine roll, and Dix-Hallpike tests	Kappa (K) statistics were calculated between therapists within each clinic for nystagmus identification and diagnosis	Therapists had almost perfect agreement of diagnosis side, canal, and mechanism (K = 0.81-1, P < 0.005).
(Lee et al., 2020)	Effect analysis of virtual-reality vestibular rehabilitation based on eye-tracking	10 healthy volunteers and 9 patients with unilateral vestibular dysfunction	Virtual reality (VR)-based vestibular rehabilitation	When the sight of user hit a target, the target changed to a different color and the user gained points; the final score was the outcome measure.	The use of an eye tracking-enabled HMD can increase data accuracy.

Authors	Article's title	Participants	Intervention	Outcomes	Conclusions
(Park et al., 2019)	Feasibility of eye tracking assisted vestibular rehabilitation strategy using immersive virtual reality	18 healthy subjects	- Virtual reality (VR)- with an infrared-based eye tracker - Saccadic eye exercise (SEE) under two conditions of feedback-on (F-on, visualization of eye position) and feedback-off (F-off, non-visualization of eye position)	- SEE accuracy	Eye tracking algorithms may work efficiently in vestibular rehabilitation using HMD
(Russell et al., 2019)	Chronic Progressive External Ophthalmoplegia and Bilateral Vestibular Hypofunction: Balance, Gait, and Eye Movement Before and After Multimodal Chiropractic Care: A Case Study	a patient with chronic progressive external ophthalmoplegia and bilateral vestibular hypofunction	vestibular rehabilitation	- Assessment of balance, eye movement, ptosis, and walking.	This patient showed improvements in balance, eye movements, and walking.

Authors	Article's title	Participants	Intervention	Outcomes	Conclusions
(Whitney & Sparto, 2019)	Eye Movements, Dizziness, and Mild Traumatic Brain Injury (mTBI): A Topical Review of Emerging Evidence and Screening Measures	A search on Ovid MEDLINE and PubMed from 2000 to 2018 using the key search terms vestibular rehabilitation, concussion, mTBI, and/or eye movements.	Vestibular rehabilitation	There is only 1 small randomized trial that explored the use of vestibular rehabilitation for persons after mTBI; that trial included persons with cervical pain, making interpretation difficult as it was not clear which interventions were effective. The existing mTBI literature is descriptive with large heterogeneity within the samples.	Vestibular rehabilitation appears to aid in recovery in persons who have dizziness, visual complaints, or balance deficits post-mTBI.
(Lehnen et al., 2018)	Head-movement-emphasized rehabilitation in bilateral vestibulopathy	Two adult patients with chronic bilateral vestibular hypofunction (BVH)	(1) head-movement-emphasized rehabilitation (HME) with exercises based on active head movements, and (2) eye-movement-only rehabilitation (EMO), a control intervention with sham exercises without head movement.	- Patients' dynamic vision, vestibulo-ocular reflex (VOR) gain, as well as re-fixation saccade behavior during passive head motion were assessed with the head impulse testing device—functional test (HITD-FT) - HME, not EMO, markedly improved perception with dynamic vision during passive head motion.	Head movement seems to be an important element of rehabilitation for BVH.

Authors	Article's title	Participants	Intervention	Outcomes	Conclusions
(Lotfi et al., 2017)	Preliminary evidence of improved cognitive performance following vestibular rehabilitation in children with combined ADHD (cADHD) and concurrent vestibular impairment	54 children 7–12 years of age with cADHD (combined attention deficit; intervention (n = 17) vs. control (n = 16) groups.	Vestibular rehabilitation program; comprising of balance and gate, postural stability, and eye movement exercises	Choice reaction time (CRT) and spatial working memory (SWM) subtypes of the Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB)	- Attention can be affected by early vestibular rehabilitation, which is a basic program for improving memory function in such children. - Appropriate vestibular rehabilitation programs based on the type of vestibular impairment of children can improve their cognitive ability to some extent in children with ADHD and concurrent vestibular impairment
(Kontos et al., 2017)	Review of vestibular and oculomotor screening and concussion rehabilitation	Topic review on the patients with vestibular and oculomotor impairment and symptoms associated with sport-related concussion (SRC)	Vestibular rehabilitation (targeted vestibular and oculomotor therapies)	- Vestibular and oculomotor screening ; with comprehensive clinical interview and medical history and neurocognitive, balance, and other assessments.	- Targeted vestibular and oculomotor therapies may be effective in patients with SRC

Authors	Article's title	Participants	Intervention	Outcomes	Conclusions
(Hall et al., 2016)	Vestibular rehabilitation for peripheral vestibular hypofunction: An evidence-based clinical practice guideline: From the American physical therapy association neurology section	People with peripheral vestibular hypofunction	Vestibular rehabilitation	Recommended outcome measures across the ICF domains.	There is sufficient evidence that vestibular exercises compared with no or placebo exercises are effective.

จากการสืบค้นฐานข้อมูล SCOPUS

1. งานวิจัยที่เกี่ยวกับ “Stroke” และ “Vestibular rehabilitation”

1.1 Elhamrawy et al. (Elhamrawy et al., 2021) ได้ทดลองฝึก vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีภาวะ hemineglect โดยกลุ่มทดลอง (n=16) ฝึกกายภาพบำบัด session ละ 60 นาที (กายภาพบำบัดแบบมาตรฐาน 40 นาที และ Vestibular rehabilitation จำนวน 20 นาที) จำนวน 4 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์ ต่อด้วยการทำกายภาพบำบัดแบบมาตรฐาน 60 นาที จำนวน 4 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์ เทียบกับกลุ่มควบคุม (n=16) ที่ไม่ได้ฝึก Vestibular rehabilitation แต่ได้รับการทำกายภาพบำบัดแบบมาตรฐาน 60 นาที จำนวน 4 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 8 สัปดาห์ วัดผล โดย Gait analysis (ระบบกล้อง Microsoft Kinect V2) พบว่ากลุ่มที่ได้ฝึก Vestibular rehabilitation เดินเร็วขึ้น มีจำนวนก้าวและระยะก้าวมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 Ekvall Hansson et al. (Ekvall Hansson et al., 2020) ได้ทดลองฝึก Vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีภาวะวิงเวียน (Dizziness) โดยกลุ่มทดลอง (n=12 ; แกร็บ n=19 ต่อมา Dropout 7) ทำกายภาพบำบัดแบบมาตรฐานร่วมกับ Vestibular rehabilitation ใน session เดียวกัน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ นาน 3 เดือน กลุ่มควบคุม (n=10; แกร็บ n= 13 ต่อมา Dropout 3) ทำกายภาพบำบัดแบบมาตรฐาน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ นาน 3 เดือน วัดผลการทดลองเป็น Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale, Berg Balance Scale, Functional Gait Assessment (FGA), EuroQol 5 Dimension index (EQ5D index), EuroQol 5 Dimension Visual Analogue Scale (EQ5D

VAS) พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยได้แสดงความเห็นเกี่ยวกับผลนี้ว่า ในงานวิจัยนี้จำนวนอาสาสมัครน้อย จึงอาจทำให้ไม่เห็นความแตกต่าง และด้าน Feasibility พบมี Dropout มาก นอกจากนี้เป็นที่สังเกตว่า ผู้วิจัยไม่ได้ให้รายละเอียดของรอยโรคจาก CT/MRI และไม่ได้ระบุเวลาที่ใช้ใน แต่ละ session การฝึก

1.3 Mitsutake et al. (Mitsutake et al., 2020) ทำการศึกษาแบบ Systematic review เกี่ยวกับการฝึก Vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง โดยแสดงดังรูปที่ 2.2

1.3.1 Balci et. al. (Balci et al., 2013) (Balci, B. D., Akdal, G., Yaka, E., & Angin, S. (2013). Vestibular rehabilitation in acute central vestibulopathy: A randomized controlled trial. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium and Orientation*, 23(4–5), 259–267.) ศึกษาผู้ป่วย Posterior circulation stroke ระยะเฉียบพลัน เปรียบเทียบกลุ่ม Vestibular rehabilitation (n=6) กับกลุ่ม home exercise (n=13) โดยทั้ง 2 กลุ่มที่ได้ รับ intervention 2-3 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 6 สัปดาห์ พบว่า Berg Balance Scale (BBS), Time Up and Go (TUG), Dizziness Handicap Inventory (DHI), Dynamic Gait Index (DGI) ดีขึ้นใน ทั้ง 2 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญ โดยดีขึ้นพอๆ กัน

1.3.2 ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับ Vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะกึ่งเฉียบพลัน (Mitsutake et al., 2017) (Mitsutake, T., Sakamoto, M., Ueta, K., Oka, S., & Horikawa, E. (2017). Effects of vestibular rehabilitation on gait performance in poststroke patients: A pilot randomized controlled trial. *International Journal of Rehabilitation Research*, 40(3), 240–245.) เปรียบเทียบกลุ่มอาสาสมัครที่ได้รับ vestibular rehabilitation (n=14) กับกลุ่มที่ได้รับ conventional rehabilitation (n=14) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเกี่ยวกับผลการทดสอบ 10-meter walk test และ timed up and go test และค่า standard deviation ของข้อมูลดังกล่าวสูงเมื่อเทียบกับค่า mean นอกจากนี้ Dynamic gait index score ที่ baseline เทียบกับหลังฝึกครบทุก sessions ที่ 3 สัปดาห์ มีค่า $p = 0.49$ ใกล้กับ 0.05 มาก จึงคาดได้ว่า จำนวนอาสาสมัครน้อยเกินไปในงานวิจัยดังกล่าว

1.3.3 Tramontano et. al. (Tramontano et al., 2018) (Tramontano, M., Bergamini, E., losa, M., Belluscio, V., Vannozzi, G., & Morone, G. (2018). Vestibular rehabilitation training in patients with subacute stroke: A preliminary randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation*, 43(2), 247–254.) ศึกษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะก่อน 6 เดือน เปรียบเทียบกลุ่มที่ได้ vestibular rehabilitation (n=13) กับกลุ่มที่ได้ conventional rehabilitation (n=12) โดยทั้ง 2 กลุ่มที่ได้ รับ intervention 3 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์ พบว่า 10-meter walk test ไม่ดีขึ้นในทั้ง 2 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญ

Study (Author, Journal, Year)	Participants				Exercise intervention of vestibular rehabilitation				Outcome scale	PEDro score	
	Size (n)	Age (mean)	Sex (% female)	Diagnosis	Days from onset (days)	Contents	Frequency (per week)	Duration (weeks)			Session time (minutes per day)
Balci BD, J Vestib Res, 2013	E: 6 C: 13	E: 56.0 C: 64.0	E: 66.7 C: 76.9	Stroke (PICA and SCA)	E: 6.5 C: 9.0	<ul style="list-style-type: none"> • Vestibular adaptation • Specific balance exercises • Eye-head coordination exercises 	2-3	6	20-30	Timed up and go test Dynamic gait index	6
Mitsutake T, Int J Rehabil Res, 2017	E: 14 C: 14	E: 67.6 C: 68.1	E: 21.4 C: 21.4	Stroke	E: 52.4 C: 64.1	<ul style="list-style-type: none"> • Vestibular adaptation • Specific balance exercises 	7	3	20	10 m walking test Timed up and go test Dynamic gait index	5
Tramontano M, NeuroRehabilitation, 2018	E: 13 C: 12	E: 63.1 C: 65.1	E: 38.5 C: 66.7	Stroke	E and C: over 180	<ul style="list-style-type: none"> • Vestibular rehabilitation with exercises aiming at enhancing gaze stability and upright postural control 	3	4	20	10 m walking test	6

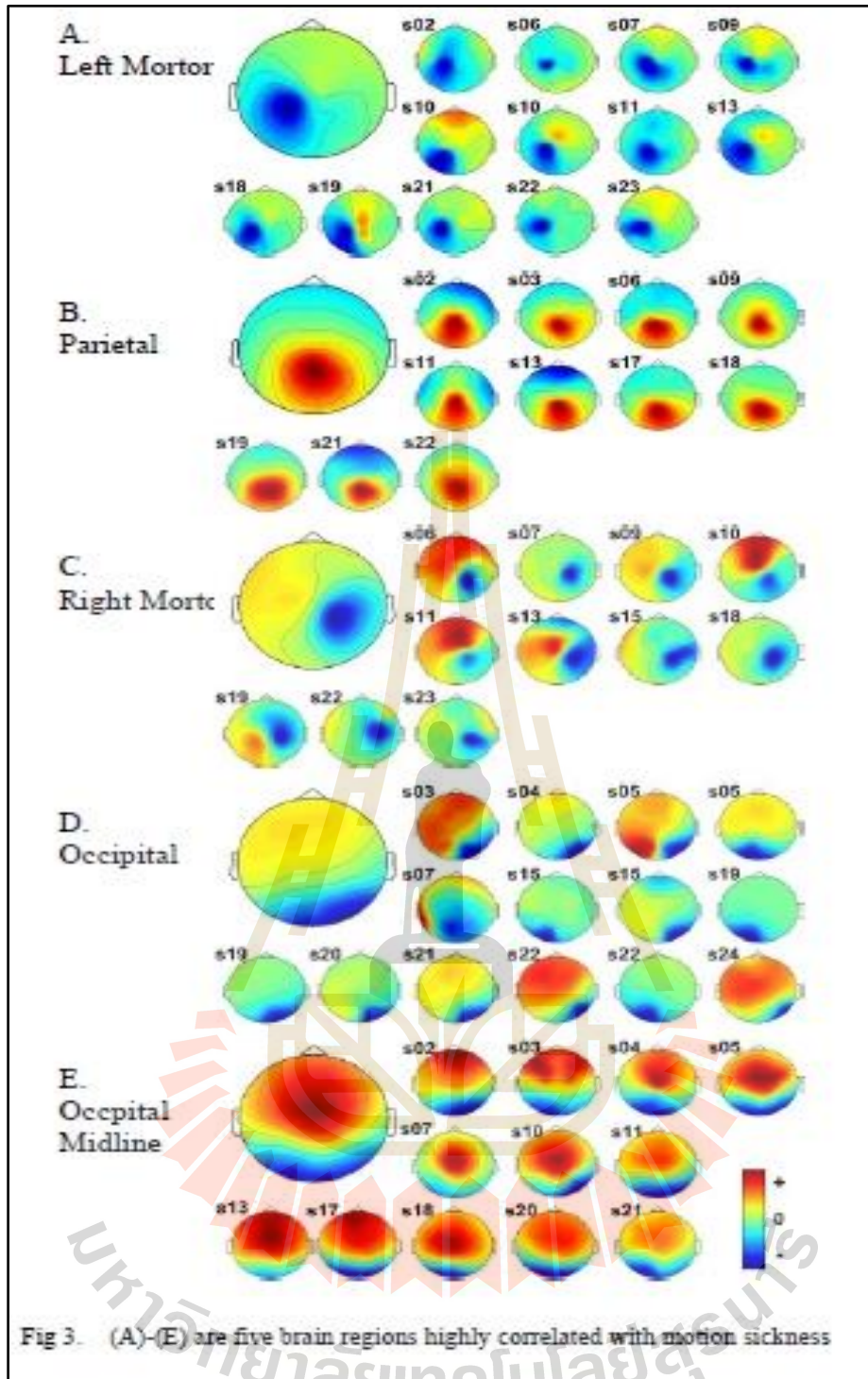
C: control group; E: experiment group; PICA: Posterior inferior cerebellar artery; SCA: Superior cerebellar artery.

รูปที่ 2.2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึก Vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ “vestibular” และ “EEG”

2.1 Lee Pollak et. al. (Pollak et al., 1998) (Pollak, L., Schiffer, J., Klein, C., Giladi, R and Rabey, J. M. (1998). Quantified EEG in patients with vertigo of central or peripheral origin. *International Journal of Neuroscience*, 93(1-2), 35-41.) ได้ทำการศึกษา EEG ในผู้ป่วย Brainstem stroke ที่มีอาการวิงเวียน จำนวน 17 ราย แต่ไม่พบว่ามีความผิดปกติของบริเวณจำเพาะ (Focal EEG) ใดใน EEG ผู้วิจัยให้ความเห็นว่า เป็นเพราะการมีเส้นทางการส่งสัญญาณ Vestibular (Vestibular projection) ไปยังสมองทั้ง 2 ซีกอย่างกว้างขวาง (Widespread) จากบริเวณรอยโรคที่ตำแหน่ง Brainstem vestibular pathways

2.2 Chun Shu Wei et. al. (Wei et al., 2011) (Wei, C. S., Chuang, S. W., Wang, W. R., Ko, L. W., Jung, T. P., & Lin, C. T. (2011). Implementation of a motion sickness evaluation system based on EEG spectrum analysis. *Proceedings - IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, 1081-1084.) ได้พัฒนาระบบตรวจวัดภาวะภาวะป่วยจากการเคลื่อนไหว (Motion sickness) โดยใช้ EEG 32 channels โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงของ EEG ในบริเวณ 5 ตำแหน่งของสมอง ในบริเวณ Motor cortex, Parietal และ Occipital แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 บริเวณ สมอง 5 ส่วนที่สัมพันธ์กับ motion sickness

2.3 Shang-Wen Chuang et. Al. (Chuang et al., 2016) (Chuang, S. W., Chuang, C. H., Yu, Y. H., King, J. T., & Lin, C. T. (2016). EEG Alpha and Gamma Modulators Mediate Motion Sickness-Related Spectral Responses. *International Journal of Neural Systems*, 26(2), 1–14.) ได้ทำการศึกษาภาวะป่วยจากการเคลื่อนไหว (Motion sickness) พบว่ามีการเพิ่มของคลื่นสมองชนิด Alpha และ Gamma ในบริเวณ Motor cortex, Parietal และ Occipital

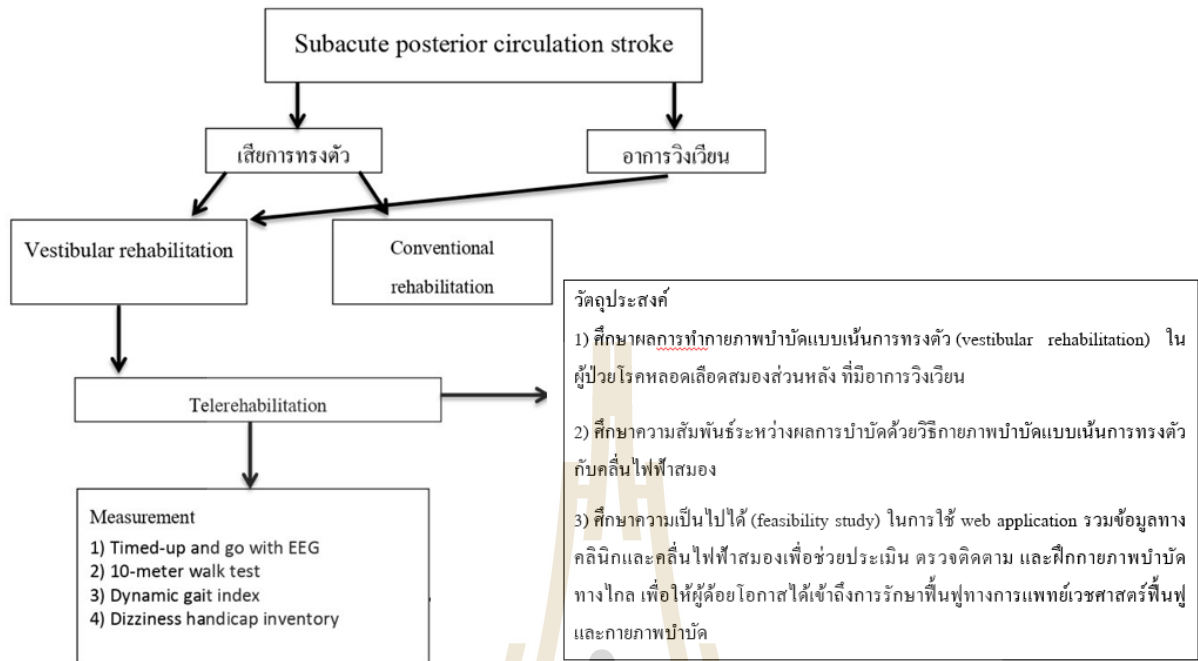
2.4 Benedikt V.Ehinger et. Al. (Ehinger et al., 2014) (Ehinger, B. V., Fischer, P., Gert, A. L., Kaufhold, L., Weber, F., Pipa, G., & König, P. (2014). Kinesthetic and vestibular information modulate alpha activity during spatial navigation: A mobile EEG study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(1 FEB), 1–12.) ได้ศึกษาการรับรู้และคาดเดาตำแหน่งก้าวขา (Spatial navigation) ในขณะที่มี Vestibular และ Kinesthetic feedback โดยพบว่า ขณะเดินหมุนตัวกลับ จะมีการลดลงของคลื่นสมองชนิด alpha ในสมองบริเวณ Parietal, Occipital และ Temporal สอดคล้องกับ Visuo-attentional process ที่ต้องทำงานมากขึ้น นอกจากนี้ ในสมองส่วนหน้าต่อบริเวณดังกล่าว เมื่อให้ข้อมูลด้าน Vestibular แต่ไม่ให้ข้อมูลด้าน Kinesthetic จะทำให้คลื่นสมองชนิด alpha เพิ่มขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น อาการวิงเวียนและตำแหน่งรอยโรคที่สมองที่มีความสัมพันธ์กับการทรงตัว อาจมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของคลื่นสมองชนิด alpha ขณะมีการทำงานของระบบการทรงตัว (Vestibular system) ในงานวิจัยนี้จึงมีการเก็บข้อมูลของคลื่นสมองขณะที่มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัว ได้แก่ ขณะทำการทดสอบ Timed up and go

ประเด็นด้านความปลอดภัยของอาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ที่ผู้วิจัยได้พิจารณาในงานวิจัยนี้ ได้แก่

- 1) มีการติด sensors จึงอาจเกิดการแพ้กาวติด ได้แก่
 - 1.1) หมวกติดอิเล็กโทรดที่หนังศีรษะสำหรับวัดคลื่นสมอง
- 2) มีนักกายภาพบำบัด และแพทย์ประจำอยู่ตลอด เพื่อดูแลอาสาสมัครตลอดเวลาที่ทำการทดลอง มีการวัดสัญญาณชีพและประเมินอาการผิดปกติก่อน ระหว่าง และหลังการทดลอง การทดลองทำใน รพ.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี หากมีอาการผิดปกติ อาสาสมัครจะได้รับการรักษาทันที โดยหากมีค่าใช้จ่ายนอกเหนือจากค่ารักษาที่เบิกจ่ายได้ตามสิทธิ ผู้วิจัยจะเป็นผู้ชำระค่ารักษา
- 3) อุปกรณ์ทุกชนิดได้รับการตรวจสอบความปลอดภัยก่อนใช้กับอาสาสมัคร ทุกครั้ง เช่น ตรวจสอบการชำรุดของสายไฟ หรือแผ่นอิเล็กโทรด และในการวิจัยนี้ไม่มีการกระตุ้นสมอง ระบบประสาท หรือกล้ามเนื้อ แต่จะมีเพียงการใช้ sensors วัดสัญญาณทางชีวภาพ ได้แก่ คลื่นไฟฟ้าสมอง เท่านั้น
- 4) ไม่มีการใช้ยาในการทดลอง

กรอบแนวคิดวิจัย (Conceptual framework)



รูปที่ 2.4 กรอบแนวคิดวิจัย (Conceptual framework)



บทที่ 3

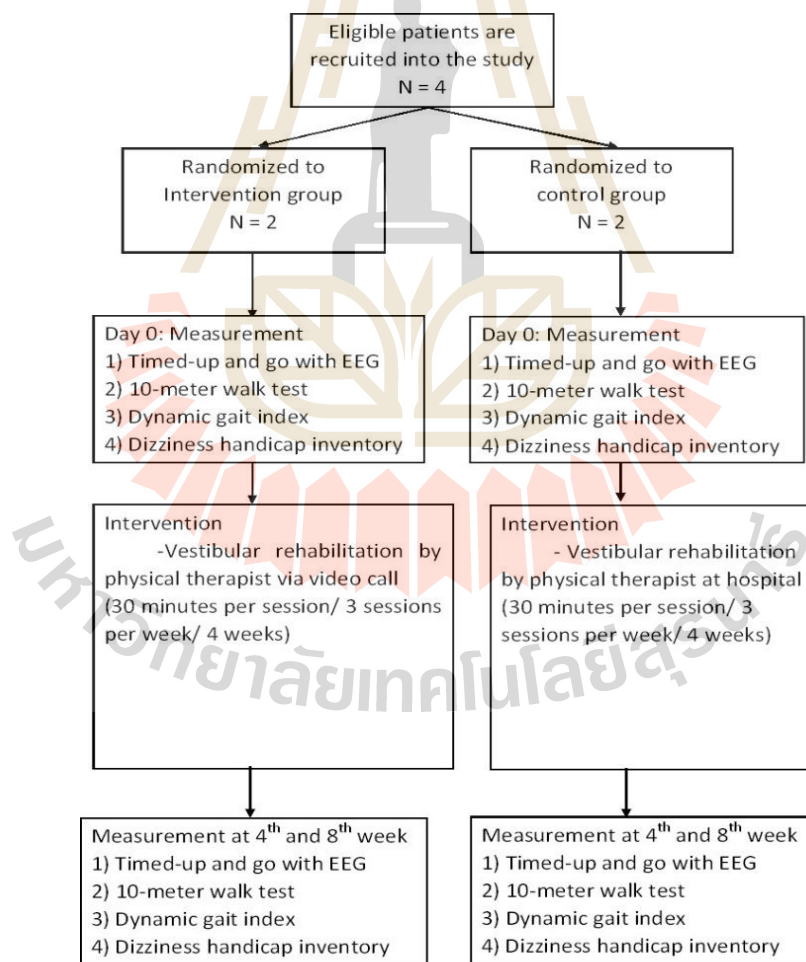
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กระบวนการเก็บข้อมูล

3.1.1 เมื่อได้รับการรับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์แล้ว ทีมผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตเข้าเก็บข้อมูลวิจัยต่อผู้อำนวยการโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.2 เมื่อได้รับอนุญาตให้เข้าเก็บข้อมูลได้ ทีมนักวิจัยที่ไม่ใช่แพทย์เจ้าของไข้จะเข้าไปหาผู้ป่วยอธิบายข้อมูลและชี้แจงโครงการวิจัยให้อาสาสมัครรับทราบวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการปฏิบัติตัวของอาสาสมัคร ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น และประโยชน์ที่อาสาสมัครจะได้รับ พร้อมให้ออกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับอาสาสมัครในโครงการวิจัย อาสาสมัครสามารถตัดสินใจได้อิสระ แล้วจึงขอความยินยอมโดยการลงนามเป็นลายลักษณ์อักษร

3.1.3 หลังจากอาสาสมัครลงนามยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ทีมผู้วิจัยจะดำเนินการต่อ ตามขั้นตอนในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการนำอาสาสมัครเข้าทำการทดลองและการติดตามผล

3.2 อาสาสมัคร

อาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะกึ่งเฉียบพลันที่มีรอยโรคอยู่ที่ posterior circulation ทั้งหมดจำนวน 4 ราย ที่เข้ารับรักษาในแผนกผู้ป่วยนอกและแผนกผู้ป่วยใน โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

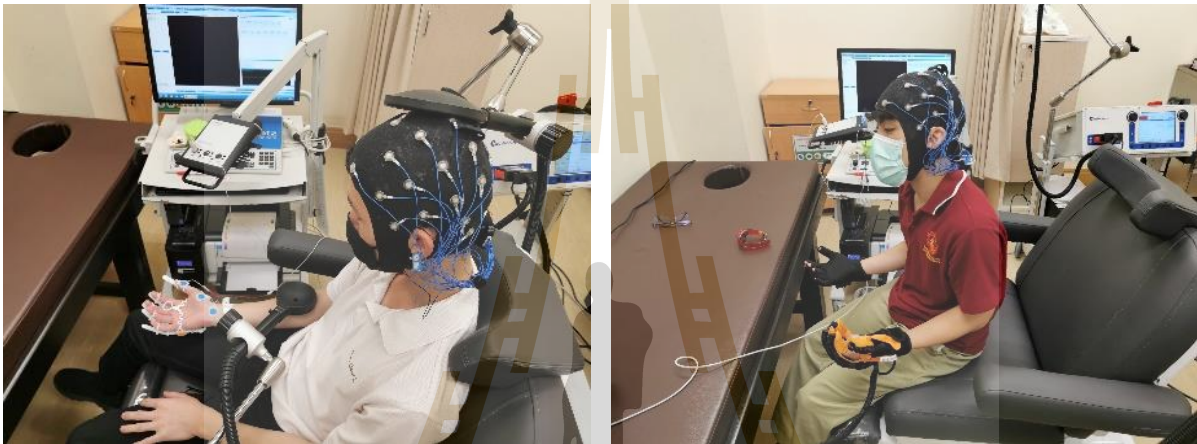
ทำการทดลองในอาสาสมัครแล้ว 4 ราย แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 2 ราย และกลุ่มทดลอง 2 ราย

การคัดเลือกอาสาสมัครที่เข้าร่วมในโครงการวิจัย (Subject selection and allocation)

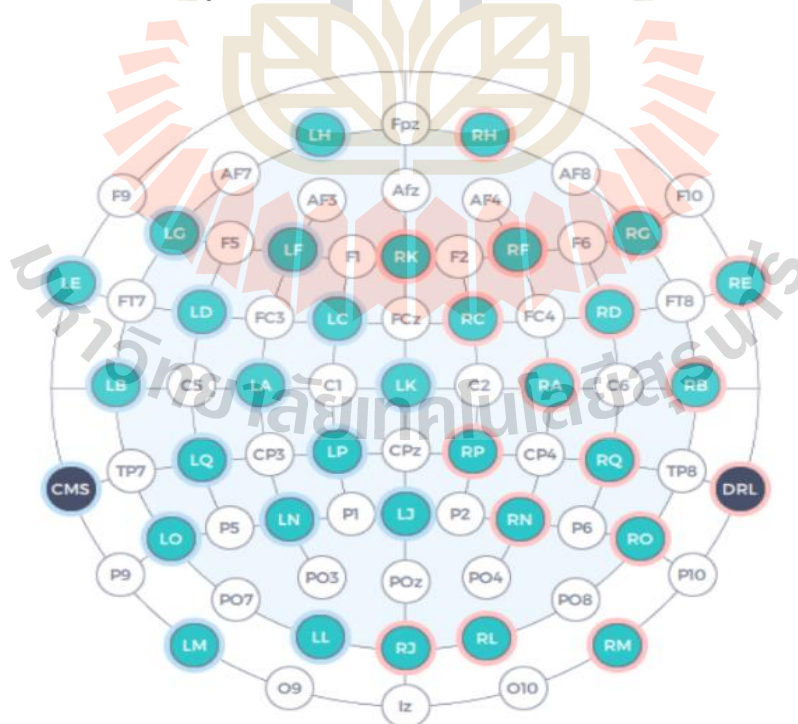
<p><u>เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะกึ่งเฉียบพลัน (เป็นโรคหลอดเลือดสมองมานาน 2 สัปดาห์ จนถึง 3 เดือน) ที่มีผล CT หรือ MRI brain พบความผิดปกติบริเวณ posterior circulation 2. มีอายุ 40 - 80 ปี 3. หลังจากได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคหลอดเลือดสมองแล้วเคยมีอาการเวียนศีรษะโดยอาการเวียนศีรษะไม่หายภายใน 24 ชั่วโมง 4. อาการเกร็ง ในระดับน้อยกว่า MAS 2 จากเกณฑ์ Modified Asthworth scale 5. ไม่มีอาการชักในระยะเวลา 1 ปี และไม่มีอุปกรณ์ในศีรษะและหัวใจ เช่น VP shunt และ pacemaker 6. สามารถเดินได้เอง และ/หรือ ใช้ไม้เท้าช่วยเดิน (สามารถให้มีคนพยุงเดินได้) โดยเดินได้อย่างน้อย 10 เมตร 7. ยินยอมสวม เครื่องวัดคลื่นสมอง
<p><u>เกณฑ์การคัดออกผู้เข้าร่วมการวิจัย (Exclusion criteria)</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. โรคทางระบบประสาทอื่น ๆ นอกเหนือจากโรคหลอดเลือดสมอง เช่น บาดเจ็บไขสันหลัง การบาดเจ็บของเส้นประสาทส่วนปลายที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อขา 2. มีความผิดปกติของขาที่ส่งผลต่อการยืน เช่น มีประวัติกระดูกขาหัก หรือมี metal implant ที่ขาภายใน 1 ปีที่ผ่านมา 3. มีอาการปวดมากจนส่งผลต่อการลุกขึ้น 4. ผู้ป่วยโรคอื่น ๆ ที่มีความเสี่ยงเช่น โรคมาเร็ง ใส่ cardiac pace maker ผู้ป่วยที่มีภาวะ severe orthostatic hypotension หรือ uncontrolled hypertension หรือหญิงตั้งครรภ์ หรือ ติดเชื้อ มีไข้ 5. โรคทางจิตเวช ภาวะซึมเศร้ารุนแรง ภาวะ dementia 6. ผู้ที่มีอาการเวียนศีรษะรุนแรง
<p><u>เกณฑ์การถอนผู้เข้าร่วมการวิจัยหรือยุติการเข้าร่วมการวิจัย (Withdrawal or termination criteria)</u></p> <p>ผู้ป่วยไม่สามารถทนต่อการฝึกได้ เช่น คลื่นไส้ วิงเวียน ปวดศีรษะ ขณะฝึก หรือผู้ป่วยขอยุติเอง</p> <p>2. ผู้ป่วยที่ไม่สามารถฝึกตามรูปแบบการฝึกที่กำหนดในงานวิจัยนี้ได้ (อาจเกิดจากภาวะอาการเจ็บป่วย หรือมีเหตุอื่นๆ เช่น สิ่งแวดล้อมไม่เอื้ออำนวย)</p>
<p><u>การจัดผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้ากลุ่ม/กลุ่มควบคุมหรือมีกลุ่มที่ใช้ยาหลอก (Subject allocation)</u></p> <p>Random allocation ด้วยวิธี block of four โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์</p>

3.3 อุปกรณ์ และการเตรียมผู้ป่วย

ใช้อุปกรณ์วัด EEG 32 channels ของบริษัท EMOTIV รุ่น EMOTIV EPOC FLEX (รูปที่ 1) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไร้สาย และได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถใช้ในงานวิจัยในมนุษย์ได้ (Williams, N. S., McArthur, G. M., de Wit, B., Ibrahim, G., & Badcock, N. A. (2020). "A validation of emotiv EPOC Flex saline for EEG and ERP research". *PeerJ*, 8. <https://doi.org/10.7717/peerj.9713>) แสดงรูปและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ (specification) มาตรฐานอุตสาหกรรมและความปลอดภัย ต่อท้ายด้านล่างของตาราง และหากเริ่มใช้อุปกรณ์วัด EEG รุ่นใดแล้ว ก็จะใช้อุปกรณ์วัด EEG รุ่นเดียวกันและบริษัทเดียวกันตลอดการทดลอง โดยจัดเรียงอิเล็กโทรดรับสัญญาณ ดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์วัดคลื่นสมอง (EEG)



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งสีฟ้าเป็นตำแหน่ง electrode ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ตามระบบ International 10-20 system EEG position

Specification ของอุปกรณ์วัดคลื่นสมอง (EEG)

No. of Channels	32 (plus CMS/DRL references)
Channel names	Configurable on standard 72 channel international 10-20 locations.
Sampling method	Sequential sampling. Single ADC
Sampling rate	128 SPS (1024 Hz internal)
EEG Resolution	14 bits 1 LSB = $0.51\mu\text{V}$ (16 bit ADC, 2 bits instrumental noise floor discarded)
Max Slew Rate	32.64uV/sample (Compression required for BLE data transmission)
Bandwidth	0.2 - 45Hz, high attenuation at 50Hz and 60Hz
Filtering	Built in digital 5th order Sinc filter
Dynamic range (input referred)	+/- 4.12 mV
Coupling mode	AC coupled
Connectivity	Proprietary 2.4GHz wireless, BLE(coming soon)
Battery Capacity	LiPo battery 595mAh
Battery life (typical)	6-9 hours
Impedance Measurement	Real-time contact quality using patented system
IMU Part	ICM-20948 3-axis Accelerometer, 3-axis Gyroscope, 3-axis Magnetometer. Data Output 10 channels Quaternions, (Q0, Q1, Q2,Q3), Acceleration (X,Y,Z) and Magnetometer (X,Y,Z)
Motion Sampling	16 Hz
Motion Resolution	8-bit Output
Sensor Material	Sintered Ag/AgCl (EPOC Flex Gel model) can be used with any EEG gel. Electroplated Ag/AgCl (EPOC Flex Saline models) with replaceable polyester felt pads that can be sterilized and re-used (bulk pack available for separate purchase)

การผ่านการรับรองของอุปกรณ์วัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) (CE Certification for Machinery and Equipment)

- FCC ID Number 2ADIH-FLEX01 and IC ID Number: 12769A-FLEX01.
- This device complies with the radio equipment directive (2014/53/EU).
- This device complies with part 15 of the FCC Rules.

- This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules.
- This Class B digital apparatus complies with Canadian ICES-003.
- Cet appareil numérique de la classe B est conforme à la norme NMB-003 du Canada.

Standards Tested (EEG):

EMC and Telecom: Class B

ETSI EN 301 489-1 & 489-17

ETSI EN 301 328 v2.1.1

AS/NZS CISPR22 :2009

AS/NZS 4268 :2012, BTLE 4.0

USA: FCC CFR 47 Part 15B & 15C

Canada: ISED RSS-247: Issue 2, IC RSS-102: Issue 5

3.4 วิธีการดำเนินการวิจัยและการวัดผล

อาสาสมัครทุกรายจะได้รับการแนะนำการฝึก vestibular rehabilitation ในครั้งแรก และแนะนำให้ทำกายภาพบำบัดพื้นฐานที่บ้าน 1 ชั่วโมง/วัน 3 วัน/สัปดาห์ แบ่งอาสาสมัครเป็น 2 กลุ่มตามลักษณะวิธีการฝึก ดังนี้

กลุ่มควบคุม 2 ราย ได้รับการติดตามการฝึก vestibular rehabilitation จากนักกายภาพบำบัด ระยะเวลา 30 นาที ต่อ session, 3 session/สัปดาห์ ที่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กลุ่มทดลอง 2 ราย ได้รับการติดตามการฝึก vestibular rehabilitation ระยะเวลา 30 นาที ต่อ session, 3 sessions/สัปดาห์ ผ่านระบบการฟื้นฟูทางไกลโดยนักกายภาพบำบัด

3.4.1 การเก็บข้อมูล

3.4.1.1 เมื่อผู้ป่วยมาถึงโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจะได้รับการประเมินสัญญาณชีพ จากนั้นพาผู้ป่วยมานั่งเพื่อติดอุปกรณ์วัดสัญญาณ EEG ขณะติดอุปกรณ์จะมีผู้ช่วยวิจัยสัมภาษณ์ แบบประเมิน Dizziness handicap inventory

3.4.1.2 หลังจากติดตั้งอุปกรณ์วัด EEG และเริ่มเปิดรับสัญญาณ EEG แล้วผู้ป่วยจะได้รับการประเมินด้วยวิธี Timed up and go (ทั้งหมด 6 ครั้ง แบ่งเป็น วนด้านซ้าย 3 ครั้ง แล้วจึง วนด้านขวา 3 ครั้ง) โดยเก็บข้อมูล EEG ตลอดเวลาที่ประเมิน Timed up and go โดยแต่ละครั้งให้มีเวลาพักระหว่างการทดลองอย่างน้อย 3 นาที รอจนกว่าอาสาสมัครจะพร้อม จึงจะทำการทดสอบครั้งต่อไป หลังจากเก็บข้อมูล EEG พร้อมกับบันทึกวิดีโอตลอดเวลาที่ประเมิน Timed up and go แล้ว นำข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองมาตัดแบ่งเป็นช่วงเวลา ได้แก่ ช่วง 3 วินาทีในขณะที่ลุกยืน ช่วง 3 วินาทีในขณะที่เดินหมุนตัวกลับ และช่วง 3 วินาทีในขณะที่นั่งลง บันทึกข้อมูล power ของคลื่น theta, alpha และ beta ลงคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาหาค่า mean

และ SD ต่อไป หลังจากนั้นถอดอุปกรณ์วัด EEG แล้วทำการประเมิน 10-meter walk test 2 ครั้ง (มีการติดตั้งอุปกรณ์วัดชีพจรที่หน้าอก รุ่น polar H10 บริษัท polar ขณะทดสอบ 10-meter walk test เพื่อความปลอดภัย ไม่ให้ชีพจรสูงหรือต่ำเกินไปขณะทดสอบ) และ Dynamic gait index 1 ครั้ง โดยนักกายภาพบำบัดให้มีเวลาพักระหว่างการทดลองอย่างน้อย 5 นาทีรองจนกว่าอาสาสมัครจะพร้อม จึงจะทำการทดสอบครั้งต่อไป

3.4.1.3 อาสาสมัครทุกรายจะได้รับการแนะนำการฝึก vestibular rehabilitation ในครั้งแรก และแนะนำให้ทำกายภาพบำบัดพื้นฐานที่บ้าน 1 ชั่วโมง/วัน 3 วัน/สัปดาห์

กลุ่มควบคุม 2 ราย ได้รับการติดตามการฝึก vestibular rehabilitation จากนักกายภาพบำบัด 3 session/สัปดาห์ ที่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กลุ่มทดลอง 2 ราย ได้รับการติดตามการฝึก vestibular rehabilitation 3 sessions/สัปดาห์ ผ่านระบบการฟื้นฟูทางไกลโดยนักกายภาพบำบัด

3.4.1.4 นักกายภาพบำบัดและ/หรือแพทย์ สอนผู้ดูแลผู้ป่วยและผู้ป่วย เรื่องความปลอดภัย เช่น การพยุงคนไข้ขณะฝึก พร้อมกับการบันทึกวิดีโอขณะผู้ป่วยเคลื่อนไหวลุกเดิน ส่งเข้าระบบสื่อสารโทรคมนาคม ไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม video conference เช่น line messenger หรือ ZOOM เป็นระบบสื่อสารผ่านคอมพิวเตอร์ใช้ร่วมกับกล้องเว็บแคม วางเครื่องอุปกรณ์ในระยะที่เห็นอาสาสมัครแบบเต็มตัว เพื่อให้ขอแนะนำปรับการฝึกเดินและการทรงตัว แก่ผู้ดูแลและผู้ป่วย

ท่าที่ใช้ในการฝึกการทรงตัว โดยวิธี Vestibular rehabilitation ประกอบด้วย adaptation technique, habituation technique, balance technique (Han et al., 2011) (Sharma, 2020) ตัวอย่าง เช่น

1. Adaptation exercises:

- Gaze stability
- Ocular control exercises
- Eye movements—at first slow, then quickly
 - (a) Up and down
 - (b) From side to side
 - (c) Focusing on finger moving from 3 feet to 1 foot away from

face

- Horizontal and diagonal head movements
- Gait exercises
- Walking exercise
- Sit to stand
- Gait with a Focal Point

2. Substitution exercises

- Sitting
- Shoulder shrugging and circling

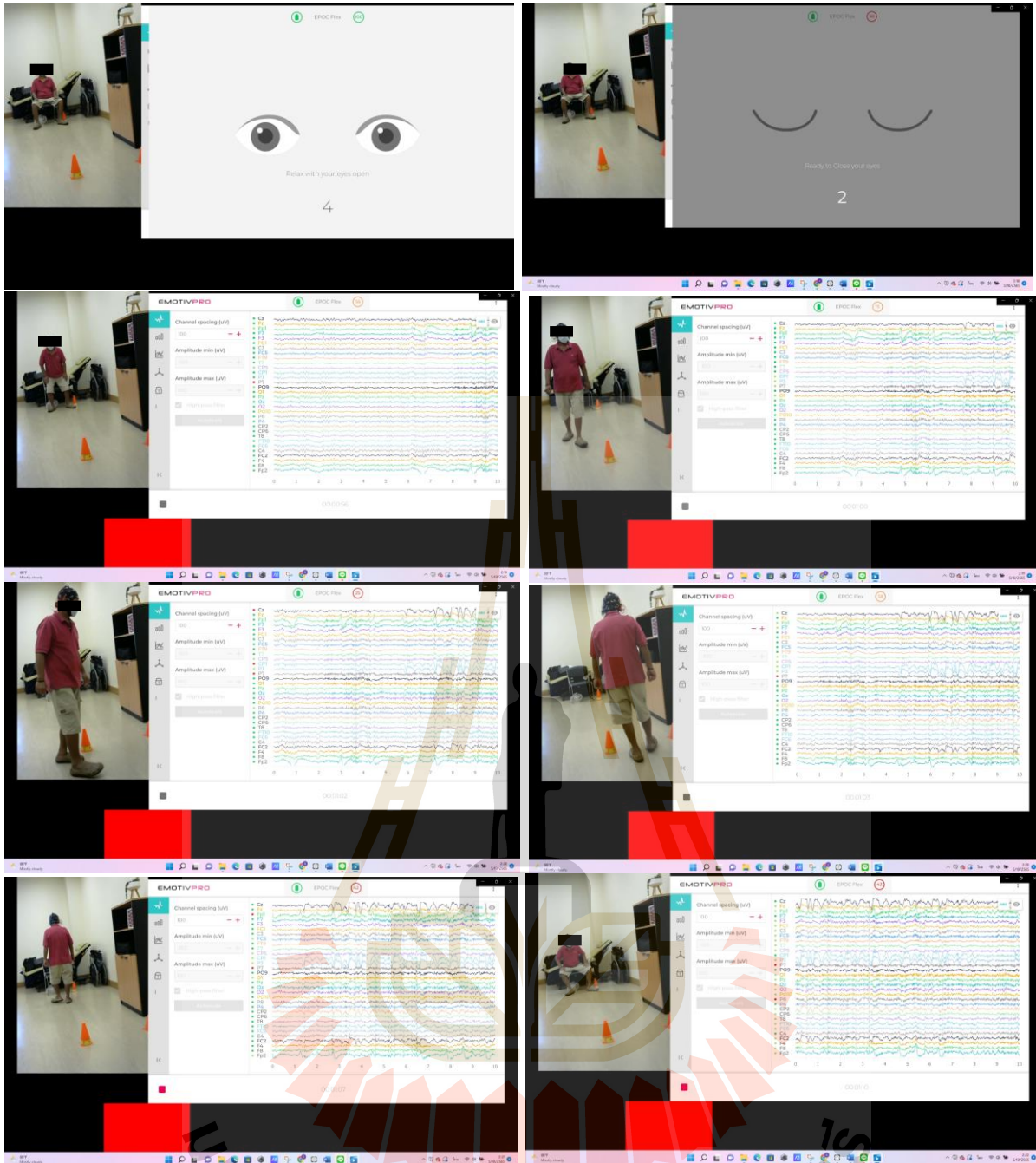
- Bending forwards and picking up objects from the ground

Standing

นักกายภาพบำบัด ผู้ช่วยวิจัยและ/หรือแพทย์เป็นผู้สัมภาษณ์อาสาสมัครทาง video conference เกี่ยวกับความสุขสบาย ความปลอดภัย การปวดเมื่อยหรือล้ากล้ามเนื้อระหว่างและหลังทำการทดลอง อาการปวดศีรษะ และมีการใช้อุปกรณ์หรือผ้าสำหรับการพยุงผู้ป่วย และมีการซักถามอาการเป็นระยะ

- มีการประเมินหลังได้รับการทำกายภาพบำบัดครบแล้ว (post-intervention) เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 มีการประเมินเหมือนกับครั้งแรก
- มีการประเมินหลังได้รับการทำกายภาพบำบัดครบแล้ว (post-intervention) เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 8 มีการประเมิน Timed up and go และวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง





รูปที่ 3.4 รูปแสดงการทดสอบ timed up and go แบบเดินเลียวซ้าย พร้อมสัญญาณ EEG ที่บันทึก (รูปแฉวบนเป็นการ calibrate โดยให้หนึ่งนึ่ง ลีมตา 15 วินาที และหลับตา 15 วินาที)



รูปที่ 3.5 รูปแสดงการทดสอบ timed up and go แบบเดินเลี้ยวขวา พร้อมสัญญาณ EEG ที่บันทึก (รูปแฉวบนเป็นการ calibrate โดยให้หนึ่งนั้ง สั้มตา 15 วินาที และหลังตา 15 วินาที)



รูปที่ 3.6 รูปแสดงการทดสอบ 10-meter walk test

3.4.1.5 Dynamic gait index โดยมีแบบทดสอบทั้งหมด 8 วิธี โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้
 การเดินตรงเป็นระยะทาง 20 ฟุต หรือประมาณ 6 เมตร / การเดินด้วยอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน / การหันศีรษะขวาและซ้ายขณะเดิน / การเงยและก้มศีรษะขณะเดิน / การเดินกลับตัวและหยุดในเวลา 3 วินาที / การเดินข้ามสิ่งกีดขวาง / การเดินวนรอบสิ่งกีดขวาง / การก้าวขึ้นและลงบันได



รูปที่ 3.7 รูปแสดงการทดสอบ dynamic gait index



รูปที่ 3.8 รูปแสดงการทดสอบ dynamic gait index การก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง



รูปที่ 3.9 รูปแสดงการทดสอบ dynamic gait index การเดินซิกแซก ผ่านกรวย



รูปที่ 3.10 รูปแสดงการทดสอบ dynamic gait index การเดินขึ้นบันได หมุนตัว และลงบันได

ชื่อ-สกุล.....

วันที่.....

แบบประเมินผลกระทบอาการเวียนศีรษะต่อการดำรงชีวิตประจำวัน

แบบประเมินนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาความยากลำบากที่คุณอาจจะประสบในช่วงหนึ่งสัปดาห์ที่ผ่านมาเนื่องจากอาการเวียนศีรษะ หรืออาการโคลงเคลง ทรงตัวได้ไม่มั่นคง กรุณาตอบคำถามโดยการทำเครื่องหมายถูก / ในช่องคำตอบ “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” หรือ “บางครั้ง” ให้ตอบคำถามที่สัมพันธ์กับปัญหาเรื่องอาการเวียนศีรษะ หรืออาการโคลงเคลง ทรงตัวไม่มั่นคง เท่านั้น

ข้อ	คำถาม	ใช่	ไม่ใช่	บางครั้ง
P1	การเงยหน้ามองขึ้นด้านบน ทำให้คุณมีปัญหาเพิ่มขึ้นหรือไม่ ?			
E2	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ทำให้คุณรู้สึกหงุดหงิดหรือไม่ ?			
F3	จากปัญหาที่คุณมีอยู่จำกัดการเดินทางเพื่อทำธุรกิจ หรือการพักผ่อนของคุณหรือไม่ ?			
P4	การเดินในช่องทางเดิน ของห้างสรรพสินค้าทำให้คุณมีปัญหาเพิ่มขึ้นหรือไม่ ?			
F5	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ คุณมีความยากลำบากในการลุกขึ้นจากที่นอน หรือเอนตัวลงนอนหรือไม่ ?			
F6	คุณรู้สึกว่าอาการเวียนศีรษะจำกัดการเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคม เช่น การออกไปรับประทานอาหารนอกบ้าน การออกไปโรงพยาบาลนตร์ เดินร่ำหรืองานเลี้ยงต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ?			
F7	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ ทำให้คุณมีความยากลำบากในการอ่านหนังสือหรือไม่ ?			
P8	การทำกิจกรรม อาทิเช่น การเล่นกีฬา การเดินร่ำ การทำงานบ้าน เช่น ปิดกวาดหรือการจัดเก็บจานชาม ทำให้คุณมีปัญหาเพิ่มขึ้นหรือไม่ ?			
E9	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ ทำให้คุณรู้สึกกลัวที่จะออกจากบ้านคนเดียวหรือไม่ ?			

DHFT Version 2 Date 31 Aug 2019

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชื่อ-สกุล.....

วันที่.....

ข้อ	คำถาม	ใช่	ไม่ใช่	บางครั้ง
E10	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ คุณเคยรู้สึกอายนี้อยู่ต่อหน้าผู้อื่นหรือไม่ ?			
P11	การเคลื่อนไหวศีรษะเร็วๆ ทำให้คุณมีปัญหาเพิ่มขึ้นหรือไม่ ?			
F12	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ ทำให้คุณหลีกเลี่ยงการอยู่ในที่สูงหรือไม่ ?			
P13	การพลิกตะแคงตัวบนเตียงทำให้คุณมีปัญหาเพิ่มขึ้นหรือไม่ ?			
F14	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ ทำให้คุณทำงานบ้านที่หนักๆ หรือการดูแลสนามหญ้ารอบบ้านยากขึ้นหรือไม่ ?			
E15	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ ทำให้คุณกลัวว่าคนอื่นอาจคิดว่าคุณมีลักษณะเหมือนคนเมาเหล้าหรือไม่ ?			
F16	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ การจะออกไปเดินตามลำพังเป็นเรื่องยากสำหรับคุณหรือไม่ ?			
P17	การเดินตามทางเท้า ทำให้คุณมีปัญหาเพิ่มขึ้นหรือไม่?			
E18	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ การใช้สมาธิเป็นเรื่องยากสำหรับคุณหรือไม่ ?			
F19	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ คุณมีความยากลำบากในการเดินรอบบ้านตอนกลางคืนหรือไม่ ?			
E20	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ ทำให้คุณกลัวการอยู่บ้านคนเดียวหรือไม่ ?			
E21	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ ทำให้คุณรู้สึกว่าตนเองพิการหรือไม่ ?			
E22	จากปัญหาที่คุณมีอยู่สร้างความตึงเครียดต่อความสัมพันธ์กับสมาชิกในครอบครัว หรือเพื่อนของคุณหรือไม่ ?			
E23	จากปัญหาที่คุณมีอยู่ทำให้คุณมีภาวะซึมเศร้าหรือไม่ ?			
F24	ปัญหาที่คุณมีอยู่รบกวนการทำงาน หรือภาระหน้าที่ทางครอบครัวของคุณหรือไม่ ?			
P25	การก้มตัวลงทำให้คุณมีปัญหาเพิ่มขึ้นหรือไม่ ?			

DHI-T Version 2 Date 31 Aug 2019

รูปที่ 3.11. แบบประเมินผลกระทบอาการเวียนศีรษะต่อการดำรงชีวิต (Dizziness handicap inventory)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่เป็น continuous variable จะนำเสนอข้อมูลเป็น mean \pm standard deviation วัตถุประสงค์ feasibility study ตามเกณฑ์ ของ Bowen, D. J., Kreuter, M., Spring, B., Linnan, L., Weiner, D., Bakken, S., Kaplan, C. P., Squiers, L., & Fabrizio, C. (2010). NIH Public Access. 36(5), 452–457. ได้แก่

- 1) Safety: adverse events, assistance levels, tolerance
- 2) Compliance with protocol activities: Treatment sessions, Assessments, Sensor usage during treatment sessions
- 3) Participant Acceptability
- 4) Efficacy

3.5.1 ใช้ Dizziness Handicap Inventory-Thai version (รูปที่ 3.11.1 และ 3.11.2) ในการประเมินอาการเวียนศีรษะของผู้ป่วย โดย Dizziness Handicap Inventory-Thai version นี้ได้อ้างอิงจากงานวิจัยของ Emasithi A et. al. (Emasithi A, Pakdee S, Isaradisaiikul SK, Uthaikhup S. Translation and Validation of the Dizziness Handicap Inventory into Thai Language. Otol Neurotol. 2022 Feb 1;43(2):e252-e258. doi: 10.1097/MAO.0000000000003391. PMID: 34711779.) ซึ่งได้ทดลองศึกษาในผู้ป่วย vestibular dysfunction 28 ราย ที่ได้รับการทำกายภาพบำบัด แบบ vestibular rehabilitation นาน 6-8 สัปดาห์ พบ Cronbach's alpha สำหรับคะแนนรวม (0.87) และคะแนนหมวดย่อย (0.70 physical, 0.73 emotional, and 0.71 functional) test-retest reliability ที่สูง (ICC = 0.91 - 0.97, $p < 0.001$). คะแนน cut-off สำหรับกรเวียนศีรษะ (dizziness) เท่ากับ 21 คะแนน (98% sensitivity, 94% specificity) สามารถจำแนกผู้ป่วยที่รู้สึกว่ามีอาการเวียนที่ลดลง เทียบกับผู้ป่วยที่รู้สึกว่ามีอาการเวียนเพิ่มขึ้น ได้ (AUC = 0.87) และค่า MCID เท่ากับ 17 คะแนน (82.0% sensitivity, 82.0% specificity).

3.5.2 วิธีการทดสอบ 10-meter walk test อ้างอิงจาก Flansbjer et al. (Flansbjer et al., 2005) ดังนี้

“For the comfortable gait speed (CGS), subjects were tested in a corridor and the walkway was marked on the linoleum floor with tape in different colours approximately 15 cm from one wall. The total marked distance was 14 metres and the subjects were timed over the middle 10 metres. Standing behind the first mark, the subjects were instructed to walk to the last mark and were informed that they would be timed for part of the walkway. For the CGS, the subjects were told to walk at a self-selected comfortable pace (“like walking in the park”). Subjects started with the CGS 3 times in succession and with 30 seconds between each trial. After a further 30 seconds rest they continued with the FGS, also 3 times in succession, with 30 seconds between each trial. The time (in seconds) taken to walk 10 metres was recorded for each trial. The mean times for the 3 trials of CGS were then determined and used to calculate the velocity (metres/second).”

3.5.3 วิธีการทดสอบ Timed Up and Go Test (TUG) protocol อ้างอิงจาก Mathias S, Nayak US, Isaacs B. Balance in elderly patients: the “get up and go” test. Arch Phys Med Rehabil 1986; 67: 387–389. และ Flansbjer et al. (Flansbjer et al., 2005) ดังนี้

“For the TUG, the subjects sat in a chair (seat height 44 cm, depth 45 cm, width 49 cm, armrest height 64 cm) placed at the end of a marked 3-metre walkway. Subjects were instructed to sit with their back against the chair, and on the word “go”, stand up, walk at a comfortable speed (“like fetching something in your kitchen”) past the 3-metre mark, turn around, walk back and sit down in the chair. Each subject did 1 trial to become familiar with the test. After a 1-minute rest, the TUG was performed twice separated by a 1-minute rest. The time from the start until the subject sat down in the chair with back support was measured and the mean of the 2 tests was recorded.”

3.5.4 สำหรับ outcome เกี่ยวกับ 10-Meter Walk Test (comfortable walking pace), อ้างอิงค่ามาตรฐาน จาก “iWalk Guide Online Resources. Quick Look-Up Sheet: Reference Values for 10mWT & 6MWT © University of Toronto, Toronto, Canada 1 Quick Look-Up Sheet: Reference Values for 10-metre Walk Test and 6-Minute Walk Test Available from: https://www.physicaltherapy.utoronto.ca/wp-content/uploads/2018/03/14_Quick-Look-Up-Sheet-Reference-Values-for-10mWT-6MWT-FINAL-.pdf” และ “[https:// www.physio-pedia.com/10_Metre_Walk_Test](https://www.physio-pedia.com/10_Metre_Walk_Test)” โดยจำแนกความเร็วในการเดิน 3 ระดับ

1. Household Ambulator <0.40 m/s;
2. Limited Community Ambulator 0.40 to <0.80 m/s;
3. Community Ambulator ≥0.80 m/s

3.5.5 สำหรับ Timed Up and Go Test (TUG) อ้างอิงค่ามาตรฐาน จาก “CDC govt. TUG Available from: https://www.cdc.gov/steady/pdf/TUG_Test-print.pdf” และ “[https://www.physio-pedia.com/Timed_Up_and_Go_Test_\(TUG\)#cite_note-3-2](https://www.physio-pedia.com/Timed_Up_and_Go_Test_(TUG)#cite_note-3-2)” โดยจำแนกความเสี่ยงในการล้มในผู้ป่วย stroke เป็น 2 ระดับ

- เสี่ยงต่อการล้มมาก เมื่อใช้เวลาทดสอบ มากกว่าหรือเท่ากับ 14 วินาที
- เสี่ยงต่อการลมน้อย เมื่อใช้เวลาทดสอบ น้อยกว่า 14 วินาที

3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำเสนอข้อมูลที่เป็น continuous data ในรูปแบบ Mean ± SD. ใช้ Spearman’s correlation test ในการหาความสัมพันธ์เปรียบเทียบ การเปลี่ยนแปลงของผลการทดลองทางคลินิกกับคลื่นไฟฟ้าสมอง ก่อนและหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

แบ่งเป็น 4 ส่วนหลัก คือ ผลทางคลินิก ผลทางคลื่นสัญญาณไฟฟ้าสมอง การแสดงผลไปที่ แอปพลิเคชัน และ ผล feasibility study

ตารางแสดงข้อมูลด้านประชากร (demographic data) แสดงสัดส่วนหรือค่าเฉลี่ยของอาสาสมัคร เช่น เพศ อายุ โรคประจำตัว ประเภทของหลอดเลือดสมอง ด้านที่อ่อนแรง ระยะเวลาที่เข้ารับวินิจัยก่อนเข้ารับการฝึก และอาการทางคลินิก ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลของอาสาสมัคร (Demographic data)

เพศ n(%)	
ชาย	3 (75)
หญิง	1 (25)
อายุ (ปี) (Mean±SD)	59±9.31
โรคประจำตัว (%)	
เบาหวาน	50
ความดันโลหิตสูง	50
ไขมันในเลือดสูง	25
ไม่มีโรคประจำตัว	25
ประเภทของโรคหลอดเลือดสมอง (%)	
เส้นเลือดสมองตีบ (Ischemic stroke)	100
เส้นเลือดสมองแตก (Hemorrhagic stroke)	0
ด้านที่อ่อนแรง (affected side) (%)	
ซ้าย	25
ขวา	75
ระยะเวลาที่ได้รับการวินิจัยก่อนเข้ารับการฝึก (สัปดาห์) (Mean±SD)	5±3.83
อาการ (%)	
เวียนศีรษะ (dizziness)	100
ความรู้สึกไม่มั่นคงในการทรงท่า (imbalance)	75

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลของอาสาสมัคร

	อายุ (ปี)	เพศ	อ่อนแรง ด้าน(ซ้าย/ ขวา)	type of stroke/onset of stroke (สัปดาห์)	โรคประจำตัว	อาการ
Control group						
ผู้ป่วย C1 รหัส 001	46	ชาย	ขวา	เส้นเลือดสมองตีบ/2	เบาหวาน	dizziness, imbalance
ผู้ป่วย C2 รหัส 004	60	ชาย	ขวา	เส้นเลือดสมองตีบ/ 10	ไม่มี	dizziness
Experimental group						
ผู้ป่วย X1 รหัส 002	68	ชาย	ซ้าย	เส้นเลือดสมองตีบ/2	ความดันโลหิตสูง	dizziness, imbalance
ผู้ป่วย X2 รหัส 003	62	หญิง	ขวา	เส้นเลือดสมองตีบ/6	เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง	dizziness, imbalance

4.1 ผลการทดสอบทางคลินิก

ในงานวิจัยนี้ มีอาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะกึ่งเฉียบพลัน 4 ราย ได้แก่ ผู้ป่วยกลุ่มควบคุม (ผู้ป่วย C1 รหัส 001 และ ผู้ป่วย C2 รหัส 004) เป็นผู้ป่วยที่ฝึกที่ รพ. และ ผู้ป่วยกลุ่มทดลอง (ผู้ป่วย X1 รหัส 002 และ ผู้ป่วย X2 รหัส 003) เป็นผู้ป่วยที่ฝึกที่บ้านแบบ telerehabilitation

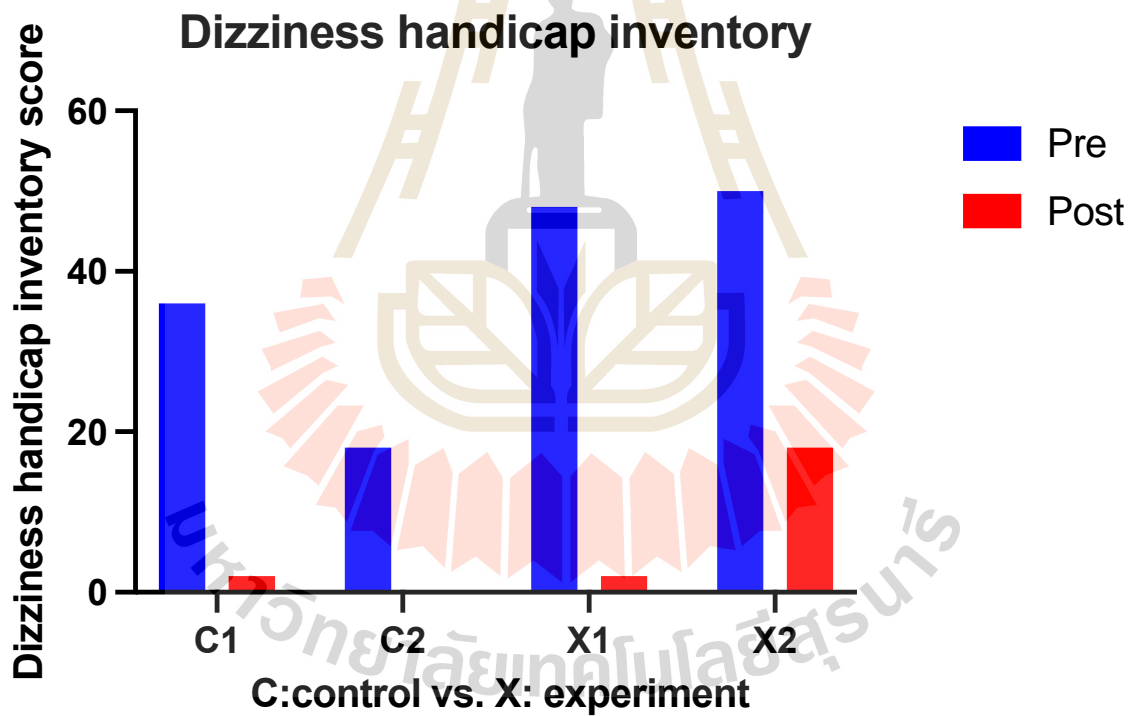
เพื่อความสะดวกในการจำแนกระดับความผิดปกติของ Dizziness handicap inventory ผู้วิจัยกำหนดระดับความผิดปกติ ดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4.3 ระดับความผิดปกติของ Dizziness handicap inventory

เกณฑ์การประเมิน DHI (คะแนน 1-100)		ระดับของความผิดปกติ
0-15	no handicap indicated	1
16-34	mild handicap	2
35-52	moderate handicap	3
53-100	severe handicap	4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลอง Dizziness handicap inventory

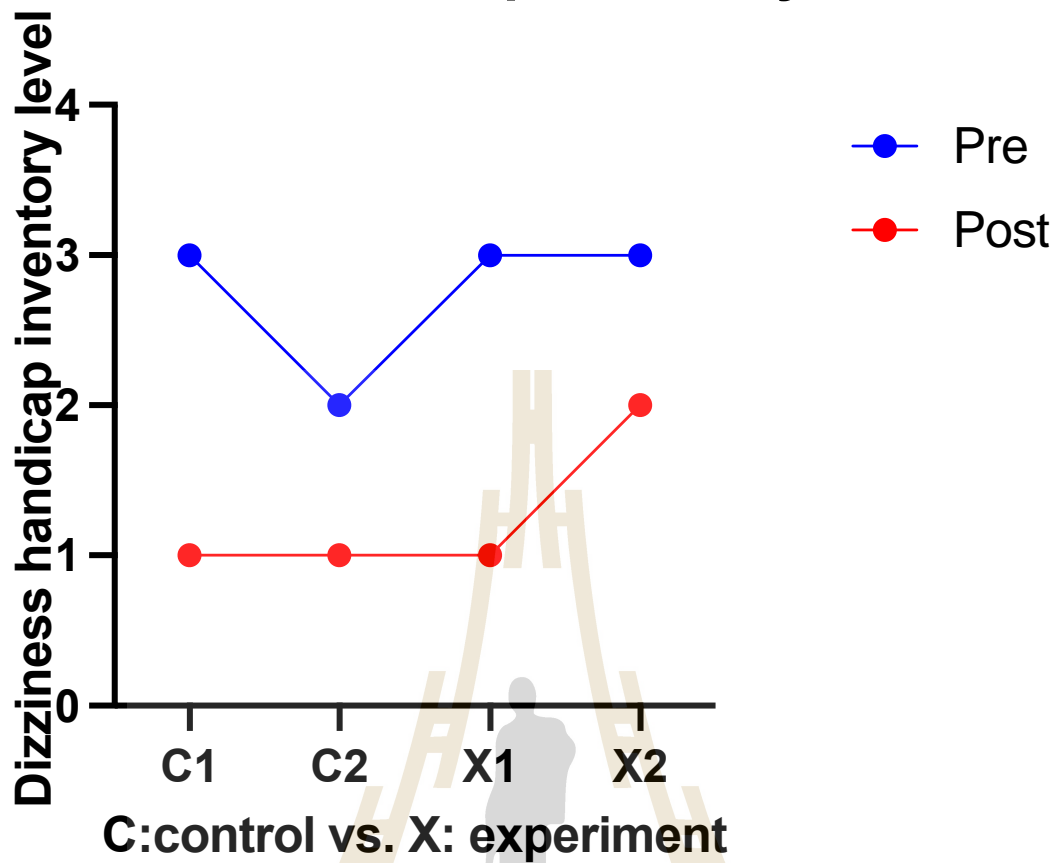
Dizziness handicap inventor	Dizziness handicap inventor score			Dizziness handicap inventor level		
	Pre	Post	Difference (Pre - Post)	Pre	Post	Difference (Pre - Post)
ผู้ป่วย C1 (รหัส 001)	36	2	34	3	1	2
ผู้ป่วย C2 (รหัส 004)	18	0	18	2	1	1
ผู้ป่วย X1 (รหัส 002)	48	2	46	3	1	2
ผู้ป่วย X2 (รหัส 003)	50	18	32	3	2	1



รูปที่ 4.1 Dizziness Handicap Inventory Score (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

จากรูปที่ 4.1 แสดงผลของ Dizziness Handicap Inventory (DHI) Score พบว่า หลังการทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง มีคะแนน DHI ลดลง มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน

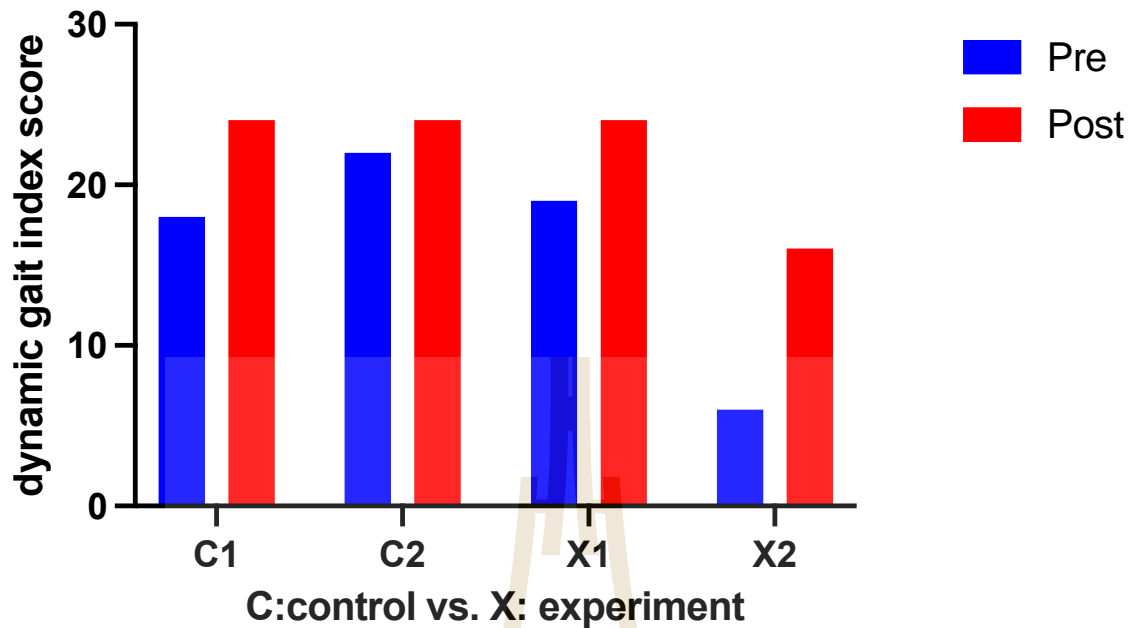
Dizziness handicap inventory



รูปที่ 4.2 แสดง Dizziness Handicap Inventory level (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

จากรูปที่ 4.2 แสดงผลของ Dizziness Handicap Inventory level พบว่า หลังการทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง มีคะแนนลดลงไปในทิศทางเดียวกัน

Dynamic gait index



รูปที่ 4.3 Dynamic Gait Index (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

ผลของ Dynamic Gait Index พบว่า หลังการทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง มีคะแนนที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกราย ไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในกราฟแท่งสีแดง แสดงในรูปที่ 4.3

เพื่อความสะดวกในการจำแนกระดับความผิดปกติของ Dynamic gait index ผู้วิจัยกำหนดระดับความผิดปกติ ดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4.5 ระดับความผิดปกติของ Dynamic gait index

คะแนน (1-24)	การแปลผล Dynamic gait index	ระดับของความผิดปกติ
<10	high predictive of falls in the elderly	4
10-19	predictive of falls in the elderly	3
20-22	intermediate	2
>22	safe ambulators	1

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลอง Dynamic gait index

Dynamic gait index	Dynamic gait index score			Dynamic gait index level		
	Pre	Post	Difference (Post - Pre)	Pre	Post	Difference (Pre - Post)
ผู้ป่วย C1 (รหัส 001)	18	24	6	3	1	2
ผู้ป่วย C2 (รหัส 004)	22	24	2	2	1	1
ผู้ป่วย X1 (รหัส 002)	19	24	5	3	1	2
ผู้ป่วย X2 (รหัส 003)	6	16	10	4	3	1

เพื่อความสะดวกในการจำแนกระดับความผิดปกติใน Timed Up and Go test ผู้วิจัยกำหนดระดับความผิดปกติ ดังตารางด้านล่าง

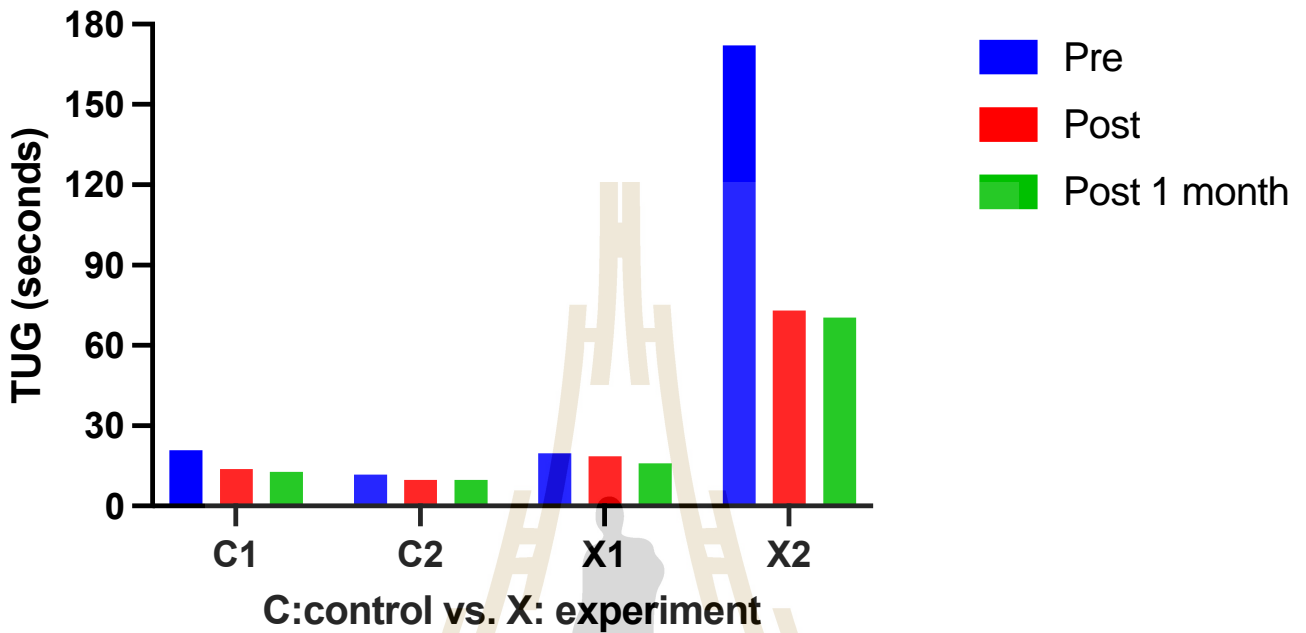
ตารางที่ 4.7 ระดับความผิดปกติของ Timed Up and Go test

เวลาที่ใช้เดิน (วินาที) ใน Timed Up and Go test	ระดับของความผิดปกติ
ใช้เวลาในการทดสอบ น้อยกว่า 10 วินาที : เสียงล้มต่ำมาก	1
ใช้เวลาในการทดสอบ น้อยกว่า 14 วินาที : เสียงล้มต่ำ	2
ใช้เวลาในการทดสอบ มากกว่า 14 วินาที : เสียงล้มสูง	3
ใช้เวลาในการทดสอบ มากกว่า 100 วินาที : เสียงล้มสูงมาก	4

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลอง Timed Up and Go test

เทียบก่อนและหลัง สิ้นสุดการทำ กายภาพบำบัด	Timed Up and Go test											
	Timed Up and Go test (seconds)						Timed Up and Go test (level)					
	กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่อ่อนแรง (เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาซ้าย)			กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่ปกติ (เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาซ้าย)			กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่อ่อนแรง (เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาซ้าย)			กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่ปกติ (เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาซ้าย)		
	Pre	Post	Difference (Pre - Post)	Pre	Post	Difference (Pre - Post)	Pre	Post	Difference (Pre - Post)	Pre	Post	Difference (Pre - Post)
ผู้ป่วย C1 (รหัส 001)	20.88	13.87	7.01	17.01	13.65	3.36	3	2	1	3	2	1
ผู้ป่วย C2 (รหัส 004)	11.8	9.88	1.92	13.24	9.97	3.27	2	1	1	2	1	1
ผู้ป่วย X1 (รหัส 002)	18.23	18.69	-0.46	19.67	18.84	0.83	3	3	0	3	3	0
ผู้ป่วย X2 (รหัส 003)	172.07	73.11	98.96	173.6	69.15	104.45	4	3	1	4	3	1
เทียบก่อนและที่ 1 เดือนหลังสิ้นสุดการทำ กายภาพบำบัด	Timed Up and Go test											
	Timed Up and Go test (seconds)						Timed Up and Go test (level)					
	กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่อ่อนแรง (เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาซ้าย)			กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่ปกติ (เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาซ้าย)			กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่อ่อนแรง (เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาซ้าย)			กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่ปกติ (เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาซ้าย)		
	Pre	1-month Follow-up	Difference (Pre vs. 1-month Follow-up)	Pre	1-month Post	Difference (Pre vs. 1-month Follow-up)	Pre	1-month Follow-up	Difference (Pre vs. 1-month Follow-up)	Pre	1-month Post	Difference (Pre - Post)
ผู้ป่วย C1 (รหัส 001)	20.88	12.87	8.01	17.01	11.38	5.63	3	2	1	3	2	1
ผู้ป่วย C2 (รหัส 004)	11.8	9.75	2.05	13.24	9.02	4.22	2	1	1	2	1	1
ผู้ป่วย X1 (รหัส 002)	18.23	15.96	2.27	19.67	16.44	3.23	3	3	0	3	3	0
ผู้ป่วย X2 (รหัส 003)	172.07	70.45	101.62	173.6	69.82	103.78	4	3	1	4	3	1

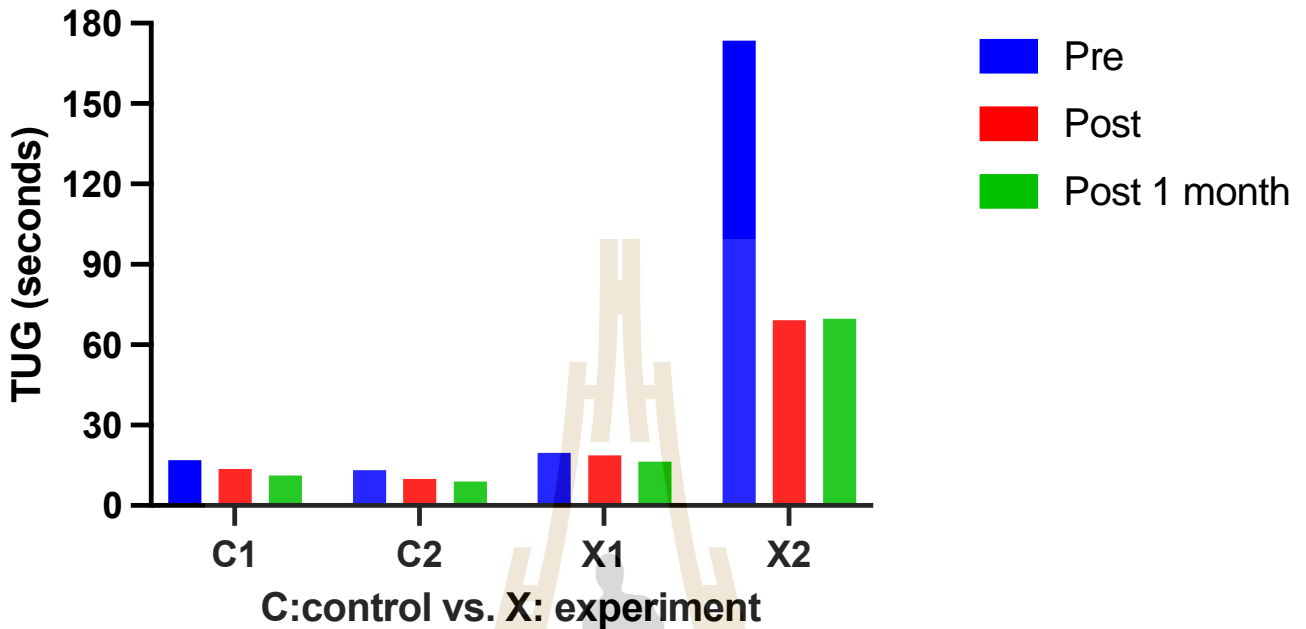
Timed Up and Go (Turn around weak leg)



รูปที่ 4.4 Timed up and go test เดินเลี้ยวไปด้านขาที่อ่อนแรง (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และ Post 1 month: ติดตามที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

จากรูปที่ 4.4 แสดงผลของ timed up and go test เดินเลี้ยวหมุนตัวกลับไปด้านขาที่อ่อนแรง ทั้งก่อนฝึก หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง พบว่า หลังการทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และ ที่เวลา 1 เดือนหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง มีคะแนนที่มีแนวโน้มลดลงในทุกราย ไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในกราฟแท่งสีแดงและกราฟแท่งสีเขียว

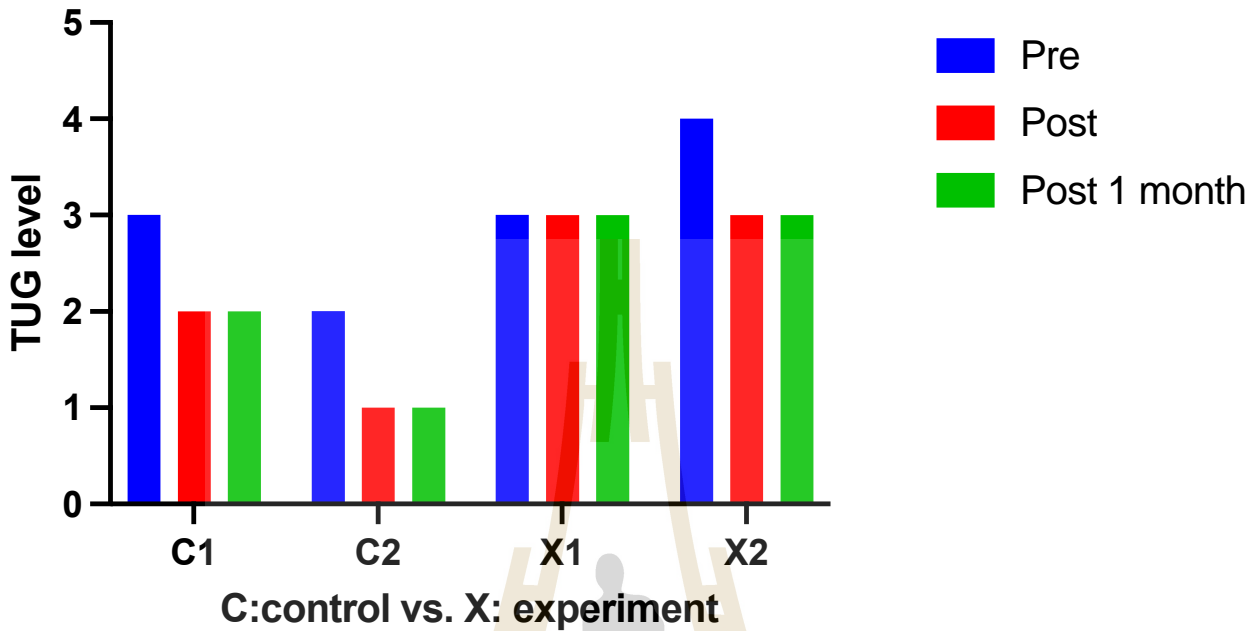
Timed Up and Go (Turn around normal leg)



รูปที่ 4.5 Timed up and go test เดินเลี้ยวไปด้านขวาที่ปกติ (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และ Post 1 month: ที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

จากรูปที่ 4.5 แสดงผลของ timed up and go test เดินเลี้ยวหมุนตัวกลับไปด้านขวาที่ปกติ ทั้งก่อนฝึก หลังฝึก และที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง พบว่า หลังการทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ผล Timed Up and Go test เดินเลี้ยวหมุนตัวกลับไปด้านขวาที่ปกติ มีคะแนนที่มีแนวโน้มลดลงในทุกราย ไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในกราฟแท่งสีแดงและกราฟแท่งสีเขียว

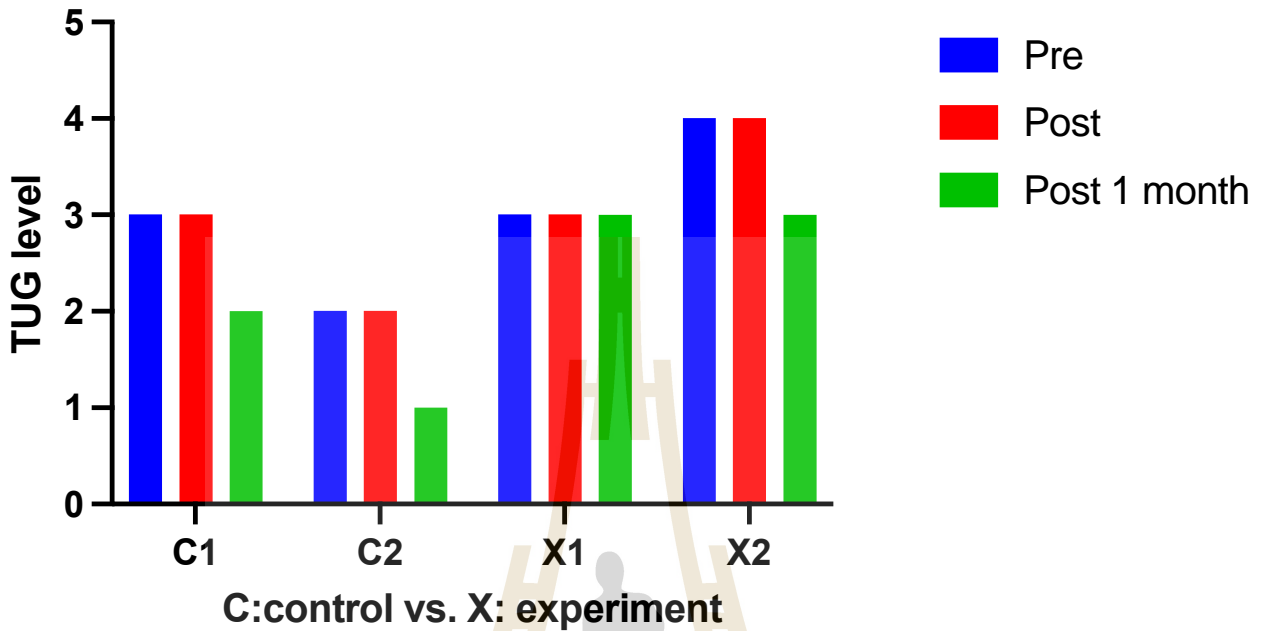
Timed Up and Go (Turn around weak leg)



รูปที่ 4.6 Timed up and go level เดินเลี้ยวไปด้านขาที่อ่อนแรง (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และ Post 1 month: ที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

ผลของ timed up and go level เดินเลี้ยวหมุนตัวกลับไปด้านขาที่อ่อนแรง ทั้งก่อนฝึก หลังฝึก และที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง พบว่า หลังการทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ผล Timed Up and Go level เดินเลี้ยวหมุนตัวกลับไปด้านขาที่อ่อนแรง มีคะแนนที่มีแนวโน้มลดลงในทุกรายไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในกราฟแท่งสีแดงและกราฟแท่งสีเขียวแสดงดังรูปที่ 4.6

Timed Up and Go (Turn around normal leg)



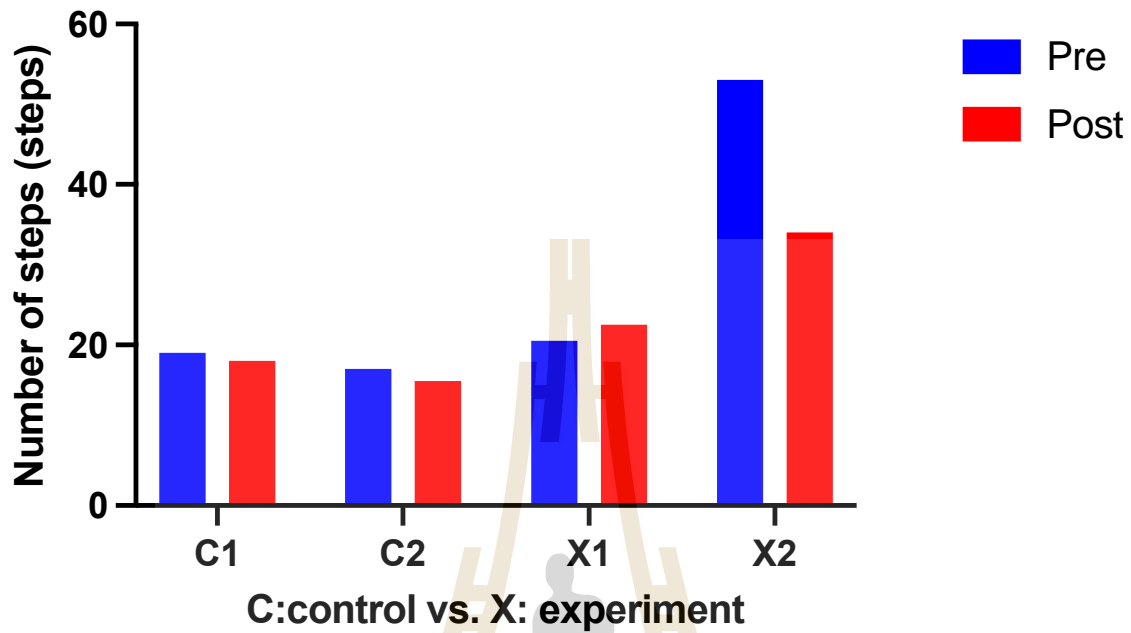
รูปที่ 4.7 Timed Up and Go level เดินเลี้ยวไปด้านขวาที่ปกติ (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง และ Post 1 month: ที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

ผลของ Timed Up and Go level เดินเลี้ยวไปด้านขวาที่ปกติ ทั้งก่อนฝึก หลังฝึก และที่เวลา 1 เดือน หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง พบว่า ก่อนทำกายภาพและหลังการทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง มีกราฟที่เท่ากัน ผล timed up and go level เดินเลี้ยวไปด้านขวาที่ปกติ มีคะแนนที่มีแนวโน้มลดลงในทุกอายุ ไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในกราฟแท่งสีเขียว แสดงดังรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลอง 10-meter walk test

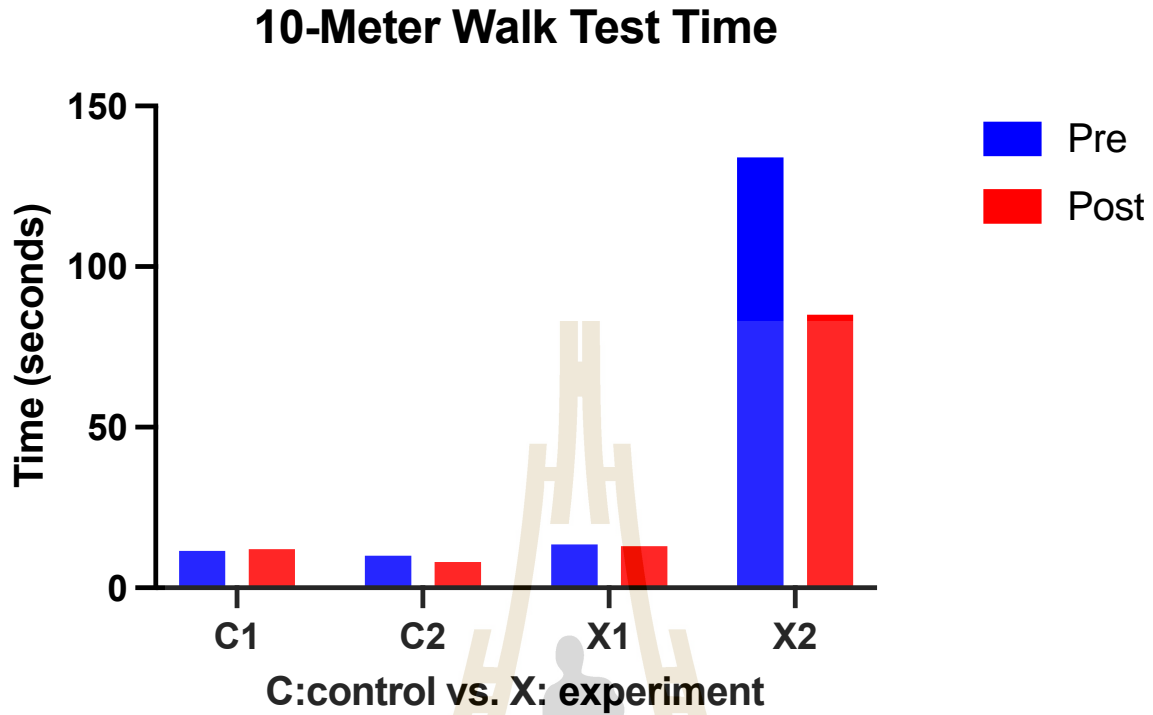
10-meter walk test	Velocity (m/s)			Time (seconds)		
	Pre	Post	Difference (Post - Pre)	Pre	Post	Difference (Pre - Post)
ผู้ป่วย C1 (รหัส 001)	0.87	0.83	-0.04	11.5	12	-0.5
ผู้ป่วย C2 (รหัส 004)	1	1.25	0.25	10	8	2
ผู้ป่วย X1 (รหัส 002)	0.74	0.77	0.03	13.5	13	0.5
ผู้ป่วย X2 (รหัส 003)	0.07	0.12	0.05	134	85	49
10-meter walk test	Cadences (steps / minute)			steps		
	Pre	Post	Difference (Post - Pre)	Pre	Post	Difference (Pre - Post)
ผู้ป่วย C1 (รหัส 001)	99	90	-9	19	18	1
ผู้ป่วย C2 (รหัส 004)	102	116	14	17	15.5	1.5
ผู้ป่วย X1 (รหัส 002)	91	104	13	20.5	22.5	-2
ผู้ป่วย X2 (รหัส 003)	24	24	0	53	34	19

10-Meter Walk Test Steps



รูปที่ 4.8 จำนวนก้าวเดินใน 10-meter walk test (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

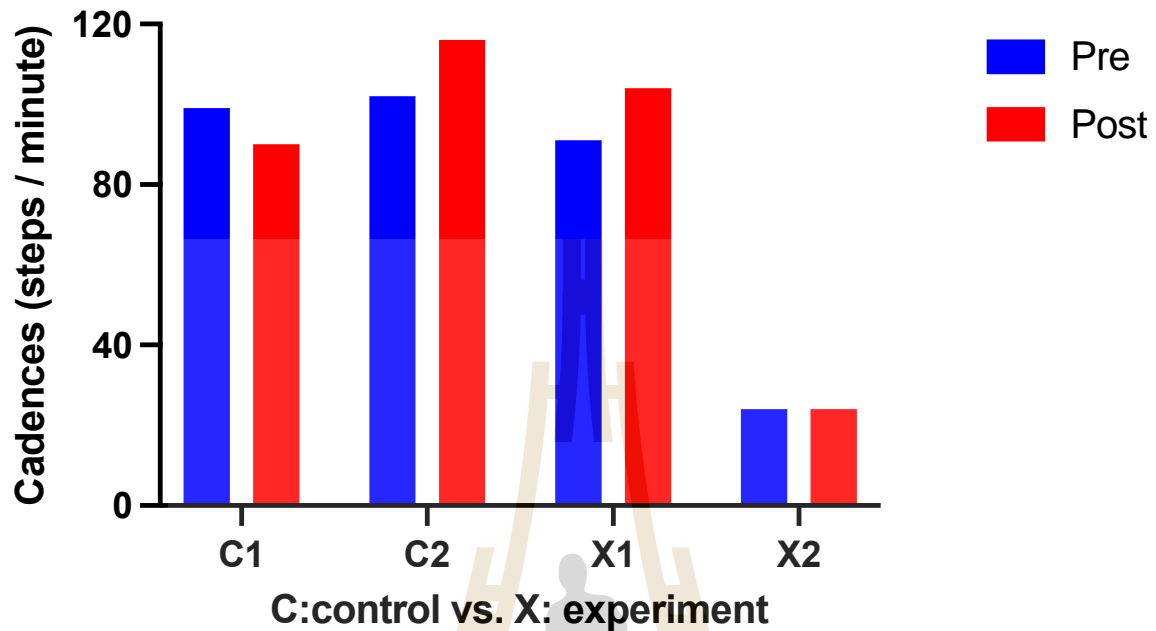
เมื่อพิจารณา จำนวนก้าวเดินใน 10-meter walk test ทั้งก่อนฝึกและหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง พบว่า หลังการทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง มีคะแนนที่มีแนวโน้มลดลงไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในกราฟแท่งสีแดง ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.9 ระยะเวลาที่ใช้ ใน 10-meter walk test (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

เมื่อพิจารณา ระยะเวลาที่ใช้ ใน 10-meter walk test ทั้งก่อนฝึกและหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง พบว่า หลังการทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง มีคะแนนที่มีแนวโน้มลดลงไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในกราฟแท่งสีแดง ดังรูปที่ 4.9

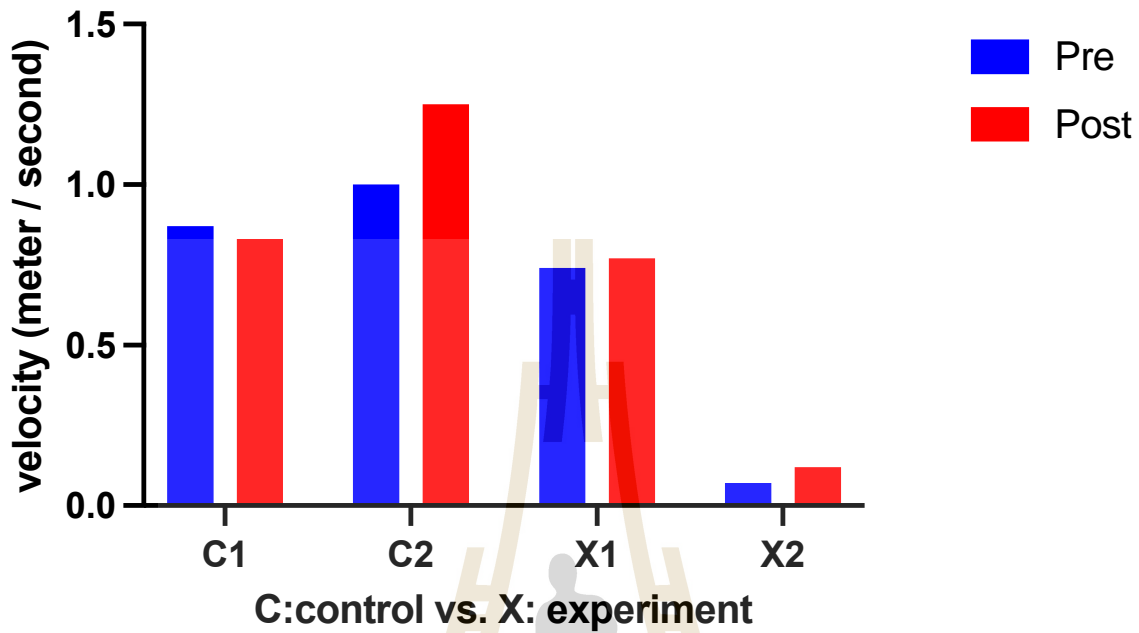
10-Meter Walk Test Cadence



รูปที่ 4.10 จำนวนก้าวต่อนาที (cadence) ใน 10-meter walk test (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

เมื่อพิจารณา จำนวนก้าวต่อนาที (cadence) ใน 10-meter walk test ทั้งก่อนฝึกและหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง พบว่า หลังการทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง มีคะแนนที่มีแนวโน้มลดลงในผู้ป่วย C1 และเพิ่มขึ้นในผู้ป่วย C2 และ X1 ไปในทิศทางเดียวกัน และ คะแนนไม่เปลี่ยนแปลง ในผู้ป่วย X2 ดังแสดงในกราฟแท่งสีแดง แสดงดังรูปที่ 4.10

10-Meter Walk Test: Velocity



รูปที่ 4.11 อัตราเร็วในการเดิน ใน 10-Meter Walk test (Pre: ก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post: หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

ผลของอัตราเร็วในการเดิน ใน 10-Meter Walk test ทั้งก่อนฝึกและหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง พบว่า หลังการทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง มีคะแนนที่มีแนวโน้มลดลงใน C1 และเพิ่มขึ้นในรายที่ C2, X1 และ X2 ไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในกราฟแท่งสีแดง แสดงดังรูปที่ 4.11

สรุปผลการทดลองรายคน

1) ผลการทดสอบทางคลินิกของอาสาสมัครรหัส 001

(1) Dizziness Handicap Inventory คะแนนเต็ม 100 คะแนนอาสาสมัครที่ได้ 54 คะแนนขึ้นไปถือว่ามีความเสี่ยงสูง ก่อนเข้ารับโปรแกรมการฝึก อาสาสมัครรหัส 001 ได้ 36 คะแนน หลังจากผ่านการฝึกเป็นระยะเวลา 12 ครั้ง (3 ครั้ง/สัปดาห์ ทั้งหมด 4 สัปดาห์ รวมเป็นทั้งหมด 12 ครั้ง) พบว่าหลังฝึกได้ 2 คะแนน ซึ่งถือเป็นความเสี่ยงต่ำ

(2) Time up and go test มีเกณฑ์ประเมินอยู่ที่ 14 วินาที ถ้าใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่า 14 วินาทีถือว่ามีความเสี่ยงล้มต่ำ แต่ถ้าใช้เวลาในการทดสอบมากกว่า 14 วินาทีถือว่ามีความเสี่ยงล้มสูง เวลาเฉลี่ยก่อนเข้ารับโปรแกรมการฝึกในการทดสอบมีการเดินทางขวาและวนทางซ้ายโดยคะแนนคือ 20.88 และ 17.01 วินาทีตามลำดับ ถือว่ามีความเสี่ยงล้มสูง ผลหลังจากผ่านการฝึกเป็นระยะเวลา 12 ครั้ง พบว่า ได้เวลาเฉลี่ยเดินทางขวาและวนทางซ้ายคือ 13.87 และ 13.65 วินาที ตามลำดับ ถือว่ามีความเสี่ยงล้มต่ำ หลังจากนั้นมีการติดตามอาสาสมัครในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า เวลาเฉลี่ยเดินทางขวาและวนทางซ้ายคือ 12.87 และ 11.38 วินาที ตามลำดับอาสาสมัครมีความเสี่ยงล้มต่ำ

(3) 10-meter walk test มีการบันทึกผลดังนี้

- จำนวนก้าวโดยเฉลี่ย ก่อนฝึก 19 ก้าว หลังฝึก 18 จำนวนก้าวลดลง 1 ก้าว
- ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระยะ 10 เมตร ก่อนฝึก 11.5 วินาที หลังฝึก 12 วินาที ใช้เวลาเพิ่มขึ้น 0.5 วินาที
- อัตราเร็วที่ใช้ในการเดิน ก่อนฝึก 0.83 เมตรต่อวินาที หลังฝึก 0.83 เมตรต่อวินาที อัตราเร็วเท่าเดิม
- cadence (จำนวนก้าวต่อนาที) ก่อนฝึก 99 ก้าว หลังฝึก 90 ก้าว ซึ่งมีจำนวนก้าวลดลงในเวลา 1 นาที

(4) Dynamic gait index (DGI) (ซึ่งคะแนนเต็ม 24)

ในอาสาสมัครรหัส 001 ได้คะแนนในการทดสอบก่อนฝึก 18 คะแนน และคะแนนหลังฝึกได้ 24 คะแนน ถือว่ามีความเสี่ยงล้มต่ำ

(5) ไม่มีอาการผิดปกติเกิดขึ้นในผู้ป่วยระหว่างการทดสอบในอาสาสมัครรหัส 001

2) ผลการทดสอบทางคลินิกของอาสาสมัครรหัส 002

(1) Dizziness Handicap Inventory คะแนนเต็ม 100 คะแนน อาสาสมัครที่ได้ 54 คะแนนขึ้นไปถือว่ามีความเสี่ยงสูง ก่อนเข้ารับโปรแกรมการฝึก อาสาสมัครรหัส 002 ได้ 48 คะแนนถือเป็นการเสี่ยงล้มระดับกลาง

หลังจากผ่านการฝึกเป็นระยะเวลา 12 ครั้ง (3 ครั้ง/สัปดาห์ ทั้งหมด 4 สัปดาห์ รวมเป็นทั้งหมด 12 ครั้ง) พบว่า หลังฝึกได้ 2 คะแนน ซึ่งถือเป็นความเสี่ยงต่ำ

(2) Time up and go test มีเกณฑ์ประเมินอยู่ที่ 14 วินาที ถ้าใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่า 14 วินาที ถือว่ามีความเสี่ยงล้มต่ำ แต่ถ้าใช้เวลาในการทดสอบมากกว่า 14 วินาทีถือว่ามีความเสี่ยงล้มสูง เวลาเฉลี่ยก่อนเข้ารับโปรแกรมการฝึกในการทดสอบมีการเดินทางขาและแขนขาโดยคะแนนคือ 19.67 และ 18.23 วินาที ตามลำดับ ถือว่ามีความเสี่ยงล้มสูง ผลหลังจากผ่านการฝึกเป็นระยะเวลา 12 ครั้ง พบว่า ได้เวลาเฉลี่ยเดินทางขาและแขนขาโดยคะแนนคือ 18.84 และ 18.69 วินาที ตามลำดับ ผลการทดสอบก่อนและหลังฝึกไม่ต่างกันมาก หลังจากนั้นมีการติดตามอาสาสมัครในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า เวลาเฉลี่ยเดินทางขาและแขนขาโดยคะแนนคือ 16.44 และ 15.96 วินาที ตามลำดับ อาสาสมัครใช้เวลาในการทดสอบน้อยลง

(3) 10-meter walk test มีการบันทึกผลดังนี้

- จำนวนก้าวโดยเฉลี่ย ก่อนฝึก 20.5 ก้าว หลังฝึก 22.5 จำนวนก้าวเพิ่มขึ้น 2 ก้าว
- ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระยะ 10 เมตร ก่อนฝึก 13.5 วินาที หลังฝึก 13 วินาที ใช้เวลาลดลง 0.5 วินาที
- อัตราเร็วที่ใช้ในการเดิน ก่อนฝึก 0.74 เมตรต่อวินาที หลังฝึก 0.77 เมตรต่อวินาที อัตราเร็วเพิ่มขึ้น 0.03 เมตรต่อวินาที
- cadence (จำนวนก้าวต่อนาที) ก่อนฝึก 91 ก้าว หลังฝึก 104 ก้าว ซึ่งมีจำนวนก้าวเพิ่มขึ้น 13 ก้าว

(4) Dynamic gait index (DGI) (ซึ่งคะแนนเต็ม 24)

ในอาสาสมัครรหัส 002 ได้คะแนนในการทดสอบก่อนฝึก 19 คะแนน และคะแนนหลังฝึกได้ 24 คะแนน ถือว่ามีความเสี่ยงล้มต่ำ

(5) ไม่มีอาการผิดปกติเกิดขึ้นในผู้ป่วยระหว่างการทดสอบในอาสาสมัครรหัส 002

3) ผลการทดสอบทางคลินิกของอาสาสมัครรหัส 003

(1) Dizziness Handicap Inventory คะแนนเต็ม 100 คะแนน อาสาสมัครที่ได้ 54 คะแนนขึ้นไปถือว่ามีความเสี่ยงสูง ก่อนเข้ารับโปรแกรมการฝึก อาสาสมัครรหัส 003 ได้ 50 คะแนนถือเป็นการเสี่ยงล้มระดับกลาง หลังจากผ่านการฝึกเป็นระยะเวลา 12 ครั้ง (3 ครั้ง/สัปดาห์ ทั้งหมด 4 สัปดาห์ รวมเป็นทั้งหมด 12 ครั้ง) พบว่า หลังฝึกได้ 18 คะแนน ซึ่งถือเป็นความเสี่ยงต่ำ

(2) Time up and go test มีเกณฑ์ประเมินอยู่ที่ 14 วินาที ถ้าใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่า 14 วินาที ถือว่ามีความเสี่ยงล้มต่ำ แต่ถ้าใช้เวลาในการทดสอบมากกว่า 14 วินาทีถือว่ามีความเสี่ยงล้มสูง เวลาเฉลี่ยก่อนเข้ารับโปรแกรมการฝึกในการทดสอบมีการเดินทางขาและแขนขาโดยคะแนนคือ 172.07 และ 173.60 วินาที

ตามลำดับ ถือว่ามีความเสี่ยงล้มสูง ผลหลังจากผ่านการฝึกเป็นระยะเวลา 12 ครั้ง พบว่า ได้เวลาเฉลี่ยเดินทางขาและวนทางซ้ายคือ 73.11 และ 69.15 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้นมีการติดตามอาสาสมัครในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า เวลาเฉลี่ยเดินทางขาและวนทางซ้ายคือ 70.45 และ 69.82 วินาที ตามลำดับ เวลาที่ใช้ในการทดสอบในสัปดาห์ที่ 4 และ 8 แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

(3) 10-meter walk test มีการบันทึกผลดังนี้

- จำนวนก้าวโดยเฉลี่ย ก่อนฝึก 53 ก้าว หลังฝึก 34 จำนวนก้าวลดลง 19 ก้าว
- ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระยะ 10 เมตร ก่อนฝึก 134 วินาที หลังฝึก 85 วินาที ใช้เวลาลดลง 49 วินาที
- อัตราเร็วที่ใช้ในการเดิน ก่อนฝึก 0.07 เมตรต่อวินาที หลังฝึก 0.12 เมตรต่อวินาที อัตราเร็วเพิ่มขึ้น 0.05 เมตรต่อวินาที
- cadence (จำนวนก้าวต่อนาที) ก่อนฝึก 24 ก้าว หลังฝึก 24 ก้าว

(4) Dynamic gait index (DGI) (ซึ่งคะแนนเต็ม 24)

ในอาสาสมัครรหัส 003 ได้คะแนนในการทดสอบก่อนฝึก 6 คะแนน และคะแนนหลังฝึกได้ 16 คะแนน ถือว่ามีความเสี่ยงล้ม โดยมีคะแนนที่เพิ่มขึ้น 10 คะแนนจากก่อนฝึก

(5) ไม่มีอาการผิดปกติเกิดขึ้นในผู้ป่วยระหว่างการทดสอบในอาสาสมัครรหัส 003

4) ผลการทดสอบทางคลินิกของอาสาสมัครรหัส 004

(1) Dizziness Handicap Inventory คะแนนเต็ม 100 คะแนนอาสาสมัครที่ได้ 54 คะแนนขึ้นไปถือว่ามีความเสี่ยงสูง ก่อนเข้ารับโปรแกรมการฝึก อาสาสมัครรหัส 004 ได้ 18 คะแนนถือเป็นการเสี่ยงล้มระดับต่ำ หลังจากผ่านการฝึกเป็นระยะเวลา 12 ครั้ง (3 ครั้ง/สัปดาห์ ทั้งหมด 4 สัปดาห์ รวมเป็นทั้งหมด 12 ครั้ง) พบว่า หลังฝึกได้ 0 คะแนน ซึ่งถือเป็นการเสี่ยงต่ำมากหรือไม่มีความเสี่ยง

(2) Time up and go test มีเกณฑ์ประเมินอยู่ที่ 14 วินาที ถ้าใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่า 14 วินาที ถือว่ามีความเสี่ยงล้มต่ำ แต่ถ้าใช้เวลาในการทดสอบมากกว่า 14 วินาทีถือว่ามีความเสี่ยงล้มสูง เวลาเฉลี่ยก่อนเข้ารับโปรแกรมการฝึกในการทดสอบมีการเดินทางขาและวนทางซ้ายโดยคะแนนคือ 11.80 และ 13.24 วินาที ตามลำดับ ถือว่ามีความเสี่ยงล้มต่ำ ผลหลังจากผ่านการฝึกเป็นระยะเวลา 12 ครั้ง พบว่า ได้เวลาเฉลี่ยเดินทางขาและวนทางซ้ายคือ 9.88 และ 9.97 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้นมีการติดตามอาสาสมัครในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า เวลาเฉลี่ยเดินทางขาและวนทางซ้ายคือ 9.75 และ 9.02 วินาที ตามลำดับ เวลาที่ใช้ในการทดสอบในสัปดาห์ที่ 4 และ 8 แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

(3) 10-meter walk test มีการบันทึกผลดังนี้

- จำนวนก้าวโดยเฉลี่ย ก่อนฝึก 17 ก้าว หลังฝึก 15.5 จำนวนก้าวลดลง 1.5 ก้าว

- ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระยะ 10 เมตร ก่อนฝึก 10 วินาที หลังฝึก 8 วินาที ใช้เวลา ลดลง 2 วินาที
- อัตราเร็วที่ใช้ในการเดิน ก่อนฝึก 1 เมตรต่อวินาที หลังฝึก 1.25 เมตรต่อวินาที อัตราเร็วเพิ่มขึ้น 0.25 เมตรต่อวินาที
- cadence (จำนวนก้าวต่อนาที) ก่อนฝึก 102 ก้าว หลังฝึก 116 ก้าว

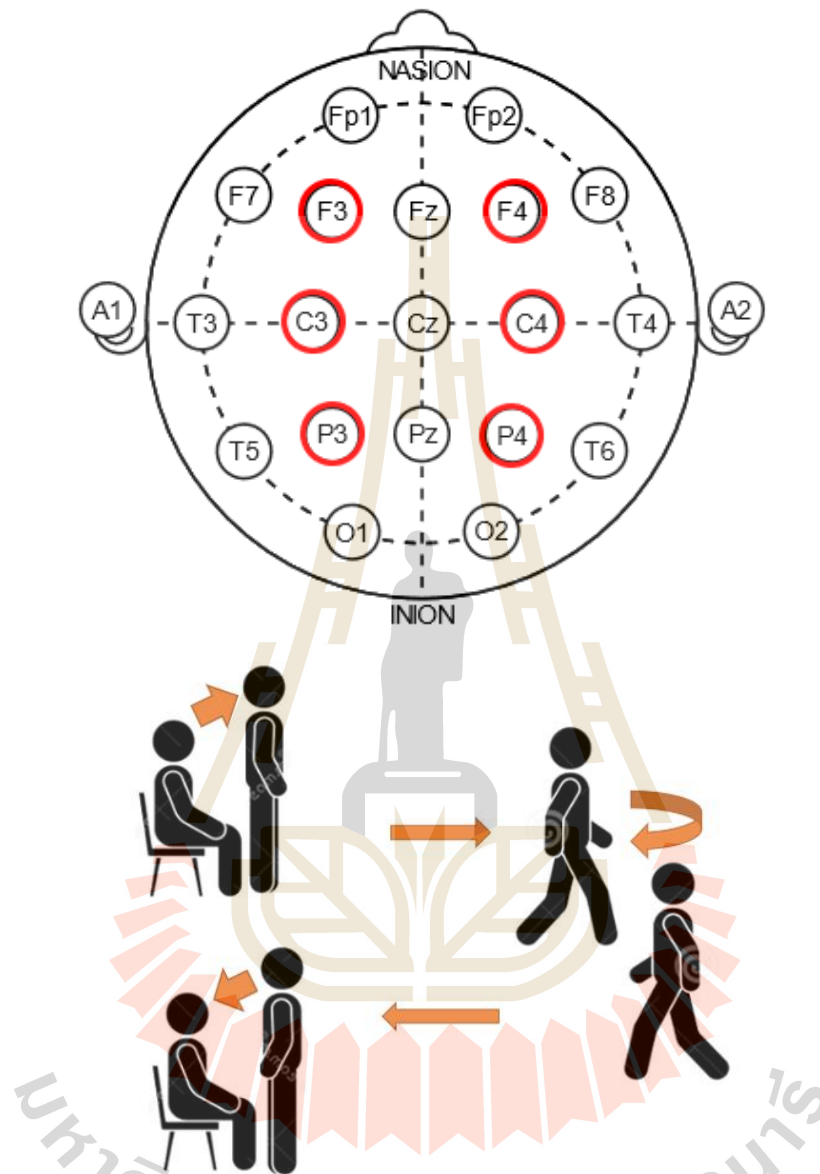
(4) Dynamic gait index (DGI) (ซึ่งคะแนนเต็ม 24)

ในอาสาสมัครรหัส 004 ได้คะแนนในการทดสอบก่อนฝึก 22 คะแนน และคะแนนหลังฝึกได้ 24 คะแนน ถือว่ามีความเสี่ยงล้มต่ำมากหรือแทบไม่มีความเสี่ยง

(5) ไม่มีอาการผิดปกติเกิดขึ้นในผู้ป่วยระหว่างการทดสอบในอาสาสมัครรหัส 004





4.2 ผลด้านคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่เปลี่ยนแปลงไป หลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง




รูปที่ 4.12 ตำแหน่งที่วัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่ F3, F4, C3, C4, P3, และ P4 และ รูปจำลองการทดสอบ timed up and go

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ย (mean) ของ power ของคลื่นไฟฟ้าสมอง alpha beta และ theta ตามตำแหน่งสมอง ขณะตรวจประเมิน timed up and go

ระยะเวลาเริ่มลุกยืน 	กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่อ่อนแรง (เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาซ้าย)						กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่ปกติ (เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาซ้าย)					
	Ipsilesional brain			Contralesional brain			Ipsilesional brain			Contralesional brain		
	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)
ผู้ป่วย C1 (รหัส 001)												
Theta	8.60	6.28	2.38	5.34	0.16	-0.56	14.92	16.91	14.38	17.21	13.89	7.91
Alpha	0.86	1.79	1.59	-2.66	-6.27	-5.08	1.17	1.63	2.76	4.50	0.49	0.47
Beta	-0.43	0.09	0.14	-0.38	-0.33	-0.24	1.04	0.23	0.14	1.02	0.55	0.60
ผู้ป่วย C2 (รหัส 004)												
Theta	-3.26	-1.71	-2.89	-3.44	-0.27	-1.40	1.71	0.33	-0.03	0.01	-1.06	-0.74
Alpha	-0.93	-0.42	-0.54	-1.18	-0.21	-0.23	0.33	0.05	0.00	0.76	-0.12	0.00
Beta	0.10	-0.01	0.02	-0.09	0.00	0.01	0.07	-0.03	0.03	0.11	-0.14	-0.04
ผู้ป่วย X1 (รหัส 002)												
Theta	5.72	3.70	3.91	6.69	6.23	4.91	5.70	2.92	2.08	1.00	4.47	4.55
Alpha	1.32	1.12	1.74	-2.47	1.52	2.28	1.06	0.39	1.27	-1.88	2.27	2.25
Beta	0.47	0.31	0.08	0.32	0.72	0.58	0.63	0.28	0.22	0.90	0.80	0.39
ผู้ป่วย X2 (รหัส 003)												
Theta	11.58	-0.18	0.51	20.87	8.67	4.10	15.42	14.85	10.46	16.75	14.18	9.12
Alpha	1.39	-1.37	-1.37	3.26	1.28	0.90	3.06	2.46	2.21	5.26	0.89	3.53
Beta	1.55	0.35	0.34	1.60	20.87	0.94	1.52	0.22	0.05	1.40	16.75	0.98

ขณะเดินหมุนตัวกลับ 	กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่อ่อนแรง (เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขวา เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงซ้าย)						กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่ปกติ (เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขวา เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงซ้าย)					
	Ipsilesional brain			Contralesional brain			Ipsilesional brain			Contralesional brain		
	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)
ผู้ป่วย C1 (รหัส 001)												
Theta	1.99	-3.35	-23.17	0.16	-1.05	-1.32	-0.51	3.53	-35.39	0.65	2.22	0.81
Alpha	-0.89	-0.84	-3.68	-1.70	-2.26	-1.59	0.96	-1.37	-4.03	3.02	1.71	1.38
Beta	-0.35	-0.19	-0.50	-0.42	-0.46	-0.55	0.31	-0.23	-0.06	0.70	0.49	0.32
ผู้ป่วย C2 (รหัส 004)												
Theta	3.40	18.81	12.60	2.36	22.86	25.52	14.47	49.78	31.37	14.68	55.60	62.18
Alpha	-0.71	9.95	5.73	-3.04	9.27	8.87	4.55	9.77	8.68	2.78	16.93	16.26
Beta	0.30	0.59	0.60	-0.22	0.84	0.85	0.30	0.26	0.15	-0.30	1.37	0.34
ผู้ป่วย X1 (รหัส 002)												
Theta	80.19	90.52	93.09	13.64	12.09	64.49	174.75	-0.55	26.59	125.29	7.84	-2.07
Alpha	27.16	27.65	27.53	6.05	1.10	21.39	30.05	-0.09	11.37	26.57	0.79	187.74
Beta	2.67	2.28	2.26	1.07	13.64	2.02	12.81	192.16	2.60	11.03	125.29	29.61
ผู้ป่วย X2 (รหัส 003)												
Theta	-0.18	-1.15	-0.77	3.19	2.15	1.08	4.12	5.70	4.06	6.43	5.21	4.47
Alpha	2.04	0.50	0.30	3.48	0.79	2.15	3.73	1.39	1.29	5.04	1.24	3.61
Beta	0.72	0.06	0.05	0.91	3.19	0.70	0.89	0.11	0.07	1.26	6.43	1.18

ขณะนั่งลงเก้าอี้ 	กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่อ่อนแรง (เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาซ้าย)						กรณีเดินเลี้ยวหมุนตัวกลับกลับทางข้างที่ปกติ (เลี้ยวซ้ายหากอ่อนแรงขาขวา เลี้ยวขวาหากอ่อนแรงขาซ้าย)					
	Ipsilesional brain			Contralesional brain			Ipsilesional brain			Contralesional brain		
	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)	F (Post - Pre)	C (Post - Pre)	P (Post - Pre)
ผู้ป่วย C1 (รหัส 001)												
Theta	8.69	0.60	-18.61	3.09	1.03	-0.06	11.97	2.86	-14.27	15.05	12.37	7.97
Alpha	-1.79	-0.92	-5.54	-3.41	-0.55	-1.91	-2.21	-1.43	-2.45	0.80	0.30	-0.27
Beta	-0.16	-0.03	-0.39	-0.64	3.09	-0.59	0.50	0.06	-0.34	0.64	15.05	0.11
ผู้ป่วย C2 (รหัส 004)												
Theta	-7.39	11.09	0.90	-15.01	20.79	20.00	5.85	35.04	23.73	1.75	67.78	50.30
Alpha	-0.15	9.27	5.48	-2.37	0.45	12.18	1.03	15.45	11.37	0.94	0.64	20.75
Beta	0.94	1.36	1.18	0.53	-15.01	1.21	0.22	0.70	0.60	0.31	1.75	0.65
ผู้ป่วย X1 (รหัส 002)												
Theta	110.26	123.35	126.69	31.13	28.57	104.64	71.49	2.37	19.17	58.56	4.36	-0.49
Alpha	18.28	19.51	19.61	5.56	1.03	15.89	20.46	0.73	4.68	17.82	0.74	83.20
Beta	3.41	3.19	3.16	1.20	31.13	2.70	5.23	87.45	2.86	5.14	58.56	20.43
ผู้ป่วย X2 (รหัส 003)												
Theta	-3.04	-2.95	-1.54	4.58	1.52	1.33	13.97	3.51	4.95	18.42	14.06	9.47
Alpha	0.48	-0.55	-0.27	2.35	1.88	2.38	2.74	0.67	1.24	4.97	0.62	3.39
Beta	2.53	1.78	0.67	2.27	4.58	1.27	0.94	0.17	-0.07	0.80	18.42	0.59

ตัวย่อ Pre: ยังไม่เริ่มฝึกกายภาพบำบัด; Post: หลังจากฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง; F: power ของคลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณ F3, F4 ; C: power ของคลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณ C3, C4 ; P: power ของคลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณ P3, P4 Ipsilateral brain: สมอทางด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง; Ipsilateral brain: สมอด้านตรงข้ามกับที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง "Post – Pre": ผลต่างของ power หลังฝึกเทียบกับก่อนฝึก โดย ค่าติดลบแสดงด้วยบริเวณตารางสีทึบ

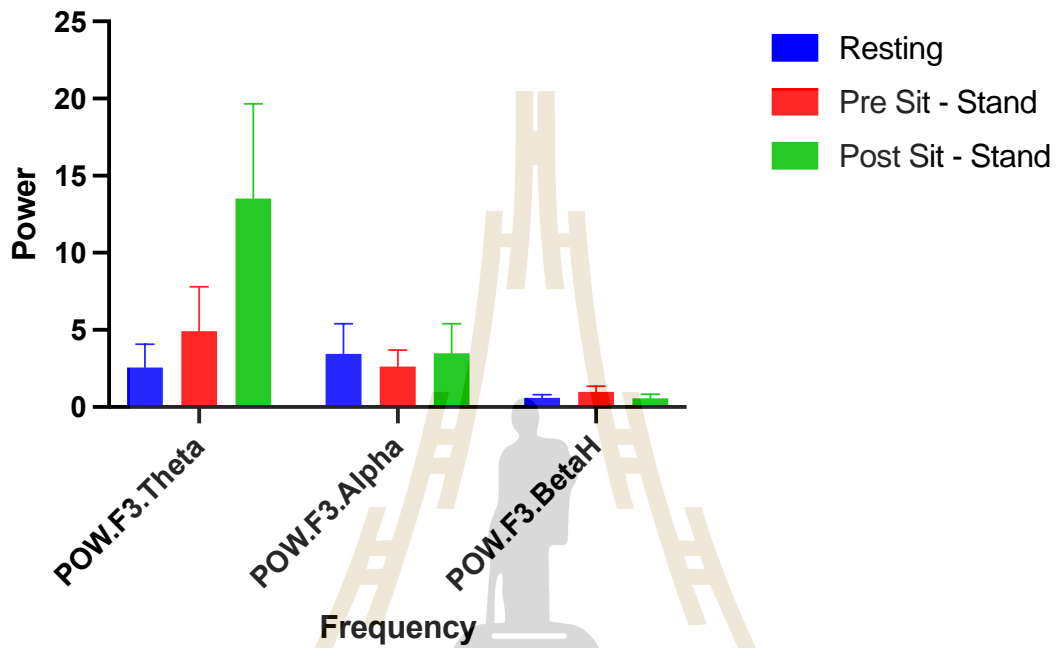
โดยในตารางที่ 4.10 จะแสดงค่าเฉลี่ย (mean) ของ power ของคลื่นไฟฟ้าสมอง alpha beta และ theta ตามตำแหน่งสมอทั้งก่อนฝึกและหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง

ผู้ป่วย C1 รหัส 001 (อ่อนแรงขาขวา)

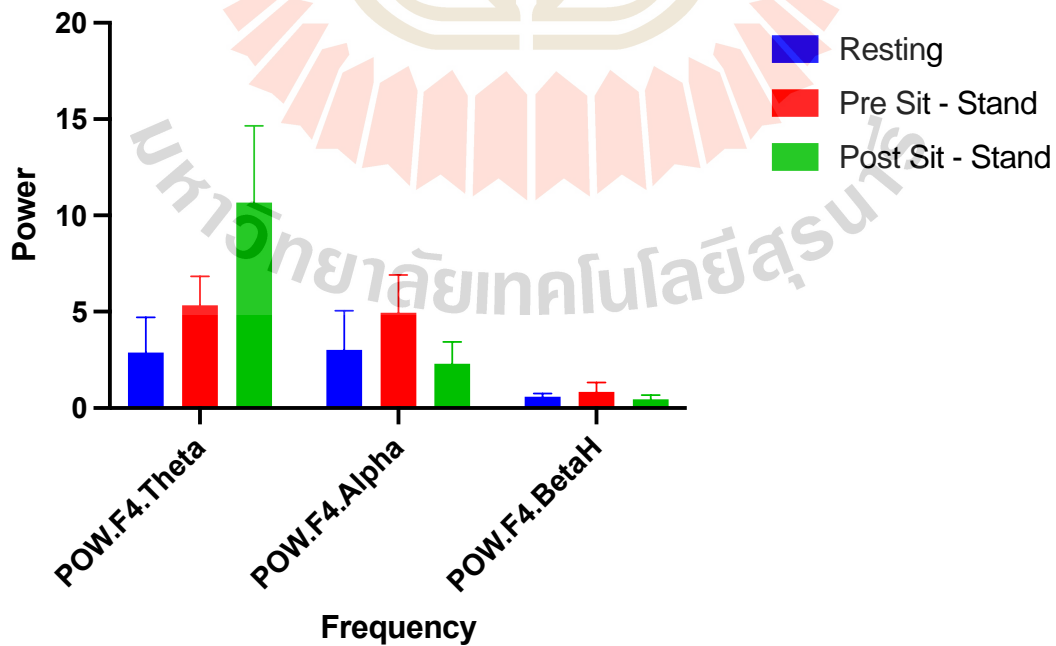
ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทดสอบ Timed Up and Go โดยให้เดินเลี้ยวไปทางขวาที่อ่อนแรง 3 รอบ แล้ว หาค่า mean และ standard deviation (SD)

1. ขณะลุกยืน

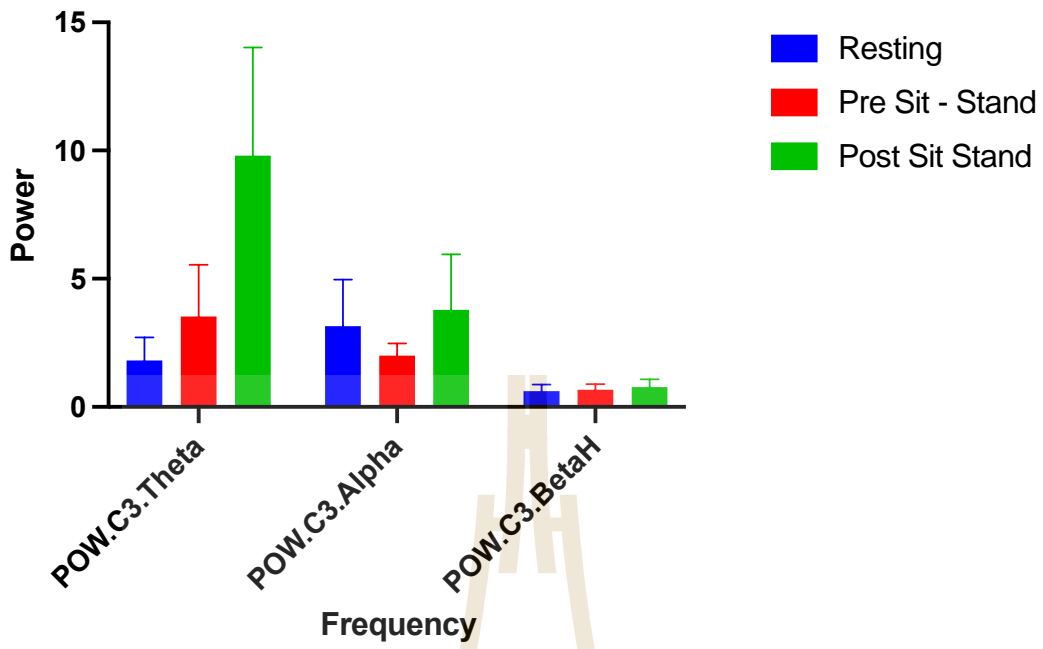
001 F3 Turn Rt / Sit-to-stand



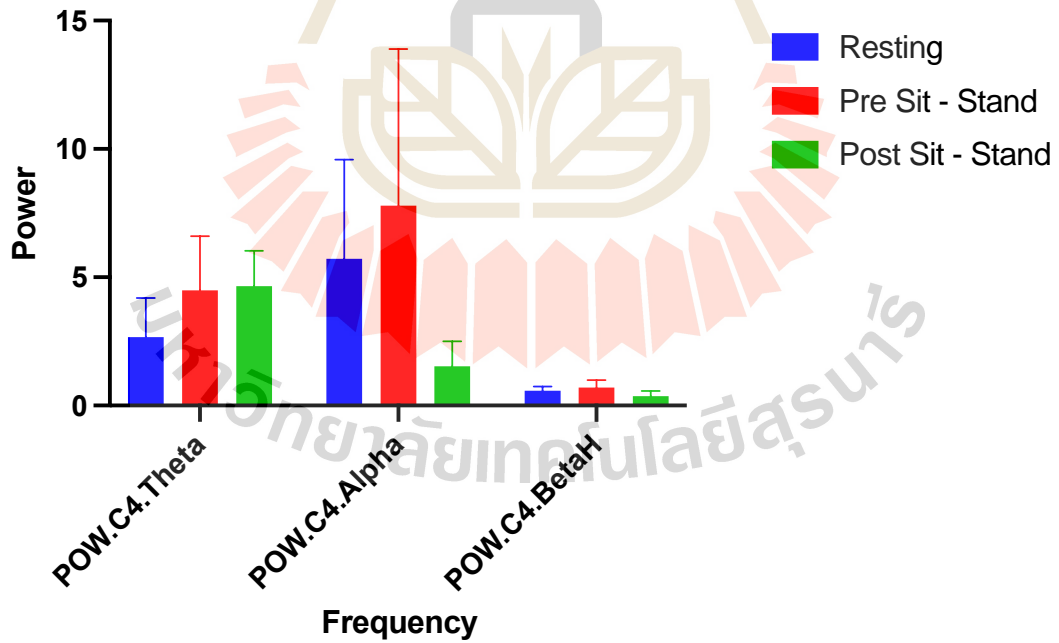
001 F4 Turn Rt / Sit-to-stand



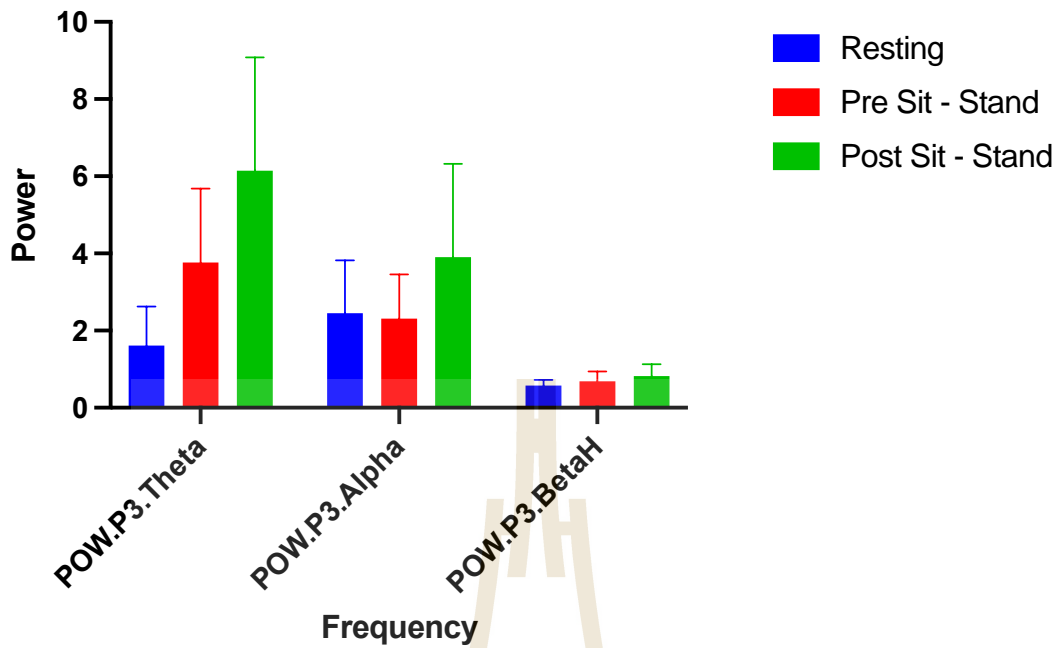
001 C3 Turn Rt / Sit-to-stand



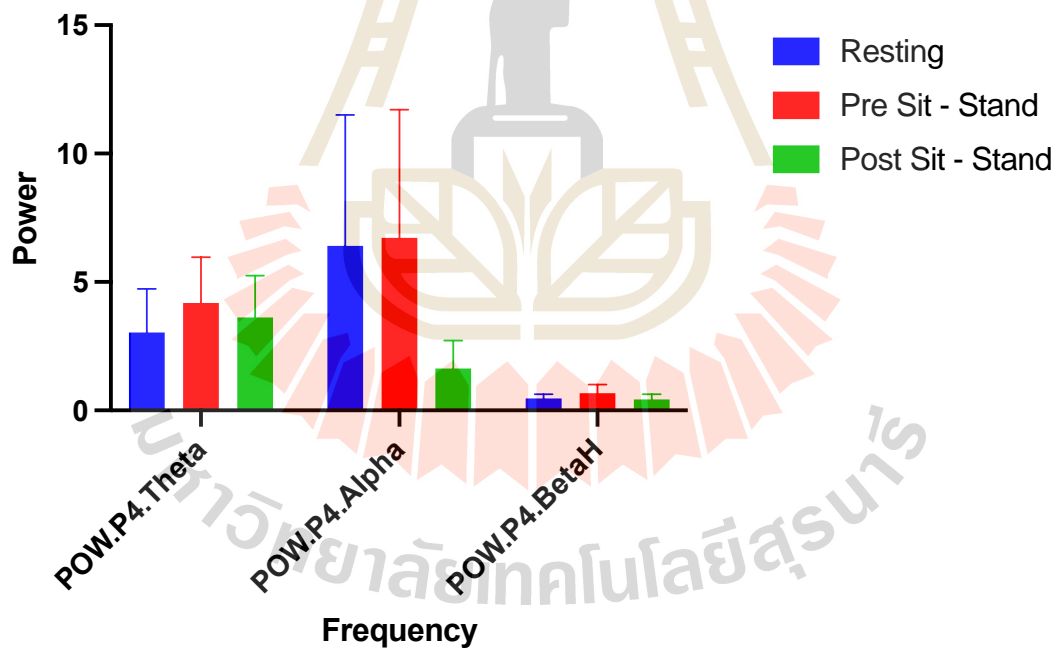
001 C4 Turn Rt / Sit-to-stand



001 P3 Turn Rt / Sit-to-stand



001 P4 Turn Rt / Sit-to-stand

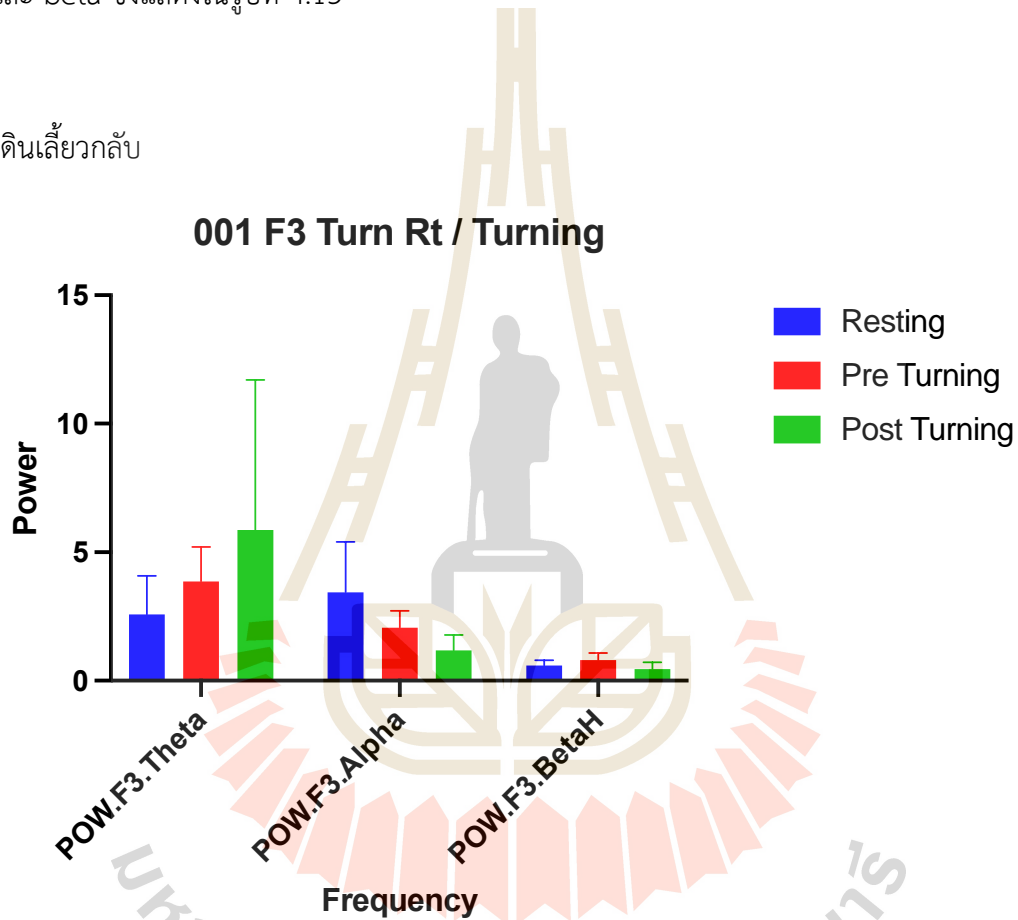


รูปที่ 4.13 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Sit - Stand : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Sit - Stand: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

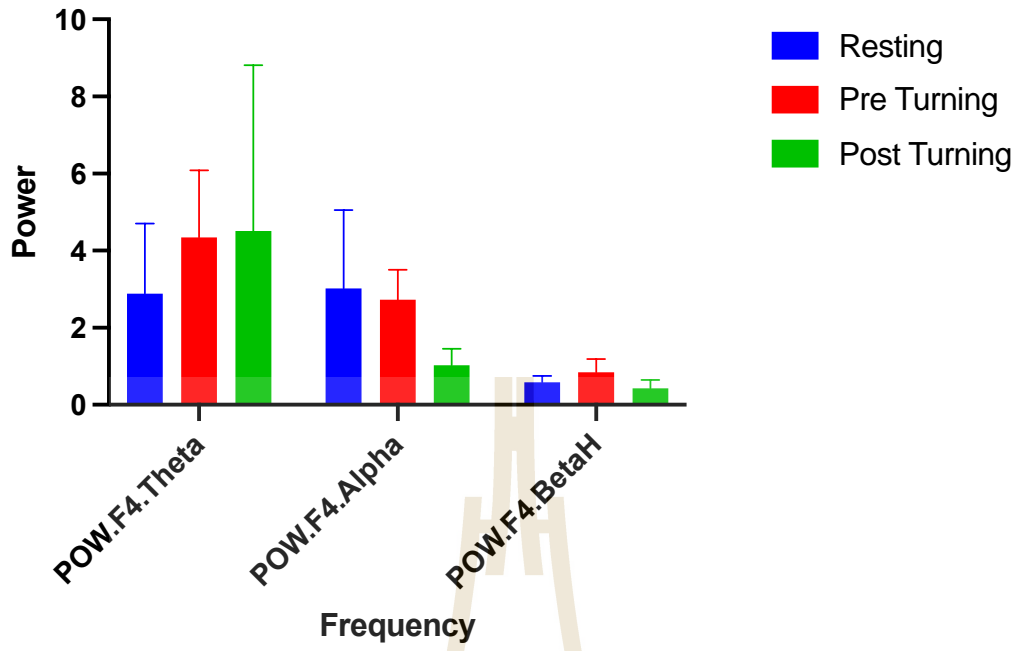
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และ alpha และมีการลดลงของคลื่น beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) ซึ่งพบมีการเพิ่ม power ของคลื่น alpha, beta และคลื่น theta ดังแสดงในรูปที่ 4.13

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) และ motor cortex (C4) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และ ลด power ของคลื่น alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน parietal cortex (P4) ซึ่งพบมีการลด power ของคลื่น theta, alpha และ beta ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.13

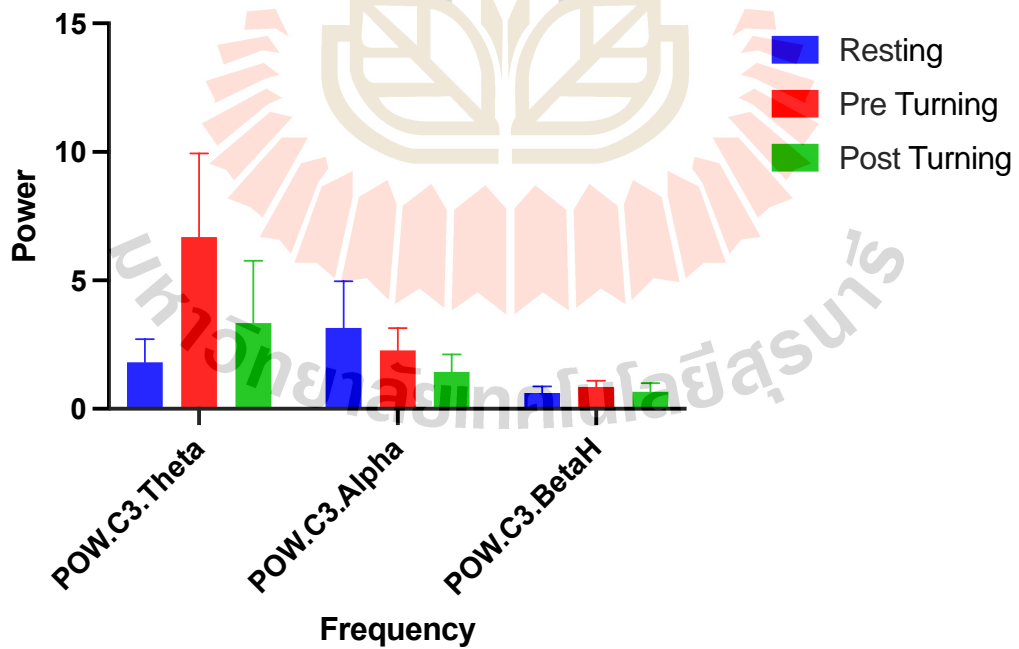
2. ขณะเดินเลี้ยวกลับ



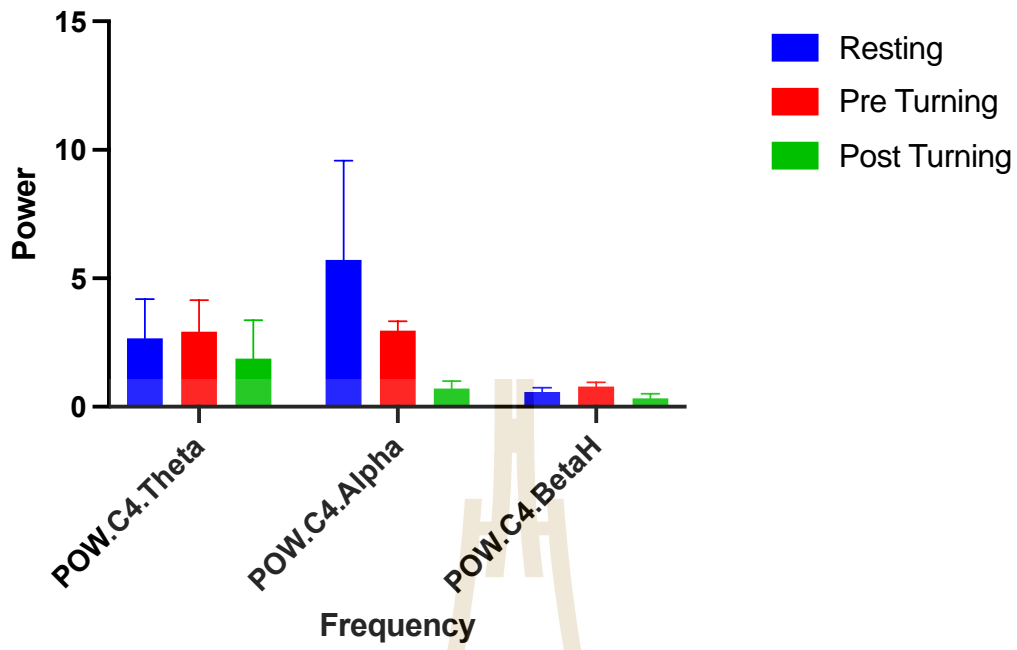
001 F4 Turn Rt / Turning



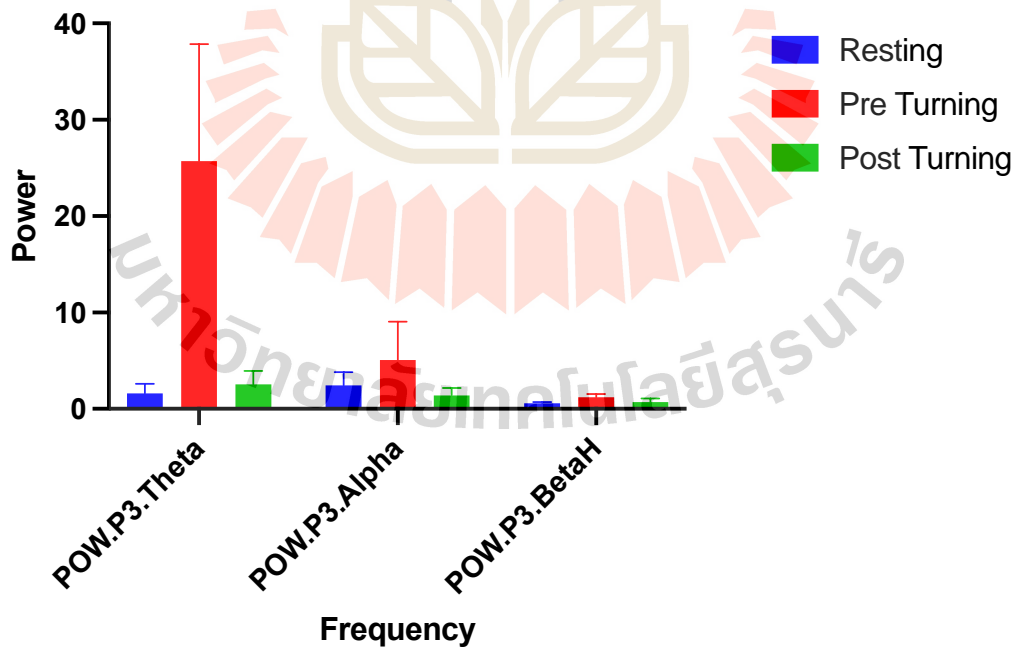
001 C3 Turn Rt / Turning



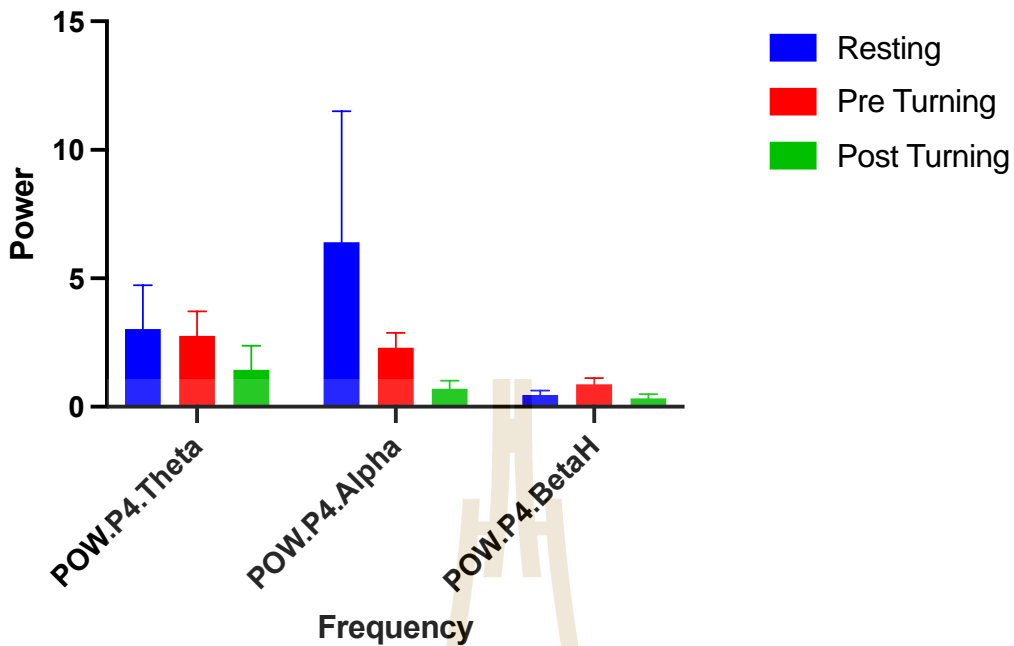
001 C4 Turn Rt / Turning



001 P3 Turn Rt / Turning



001 P4 Turn Rt / Turning



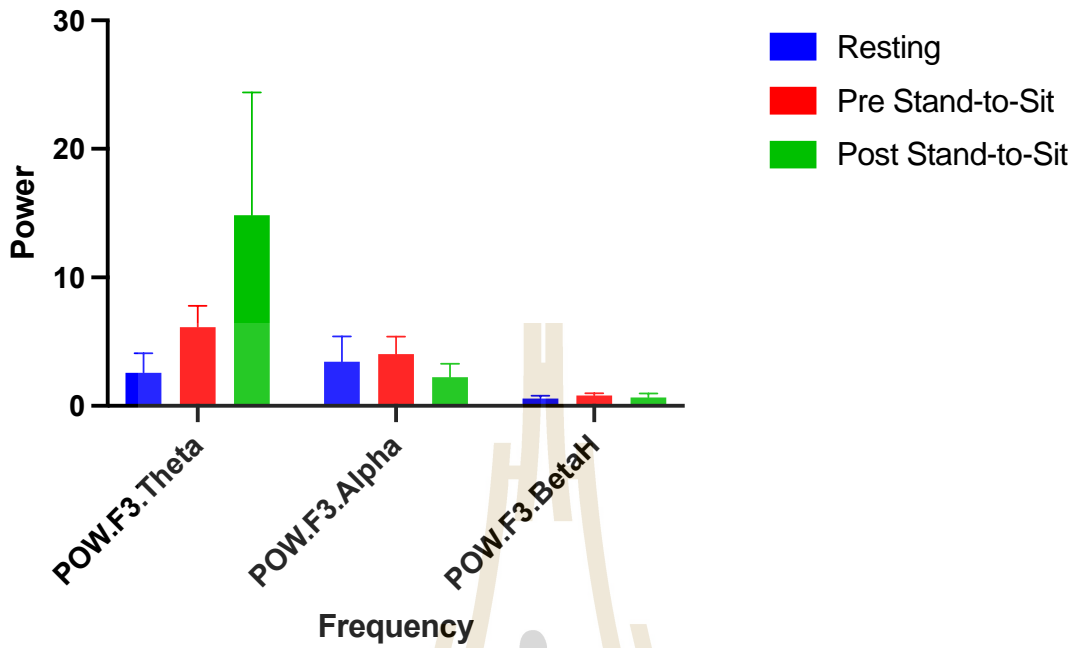
รูปที่ 4.14 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Turning : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางขวา (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และมีการลดลงของคลื่น alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) ซึ่งพบมีการลด power ของคลื่น alpha beta และคลื่น theta ดังแสดงในรูปที่ 4.14

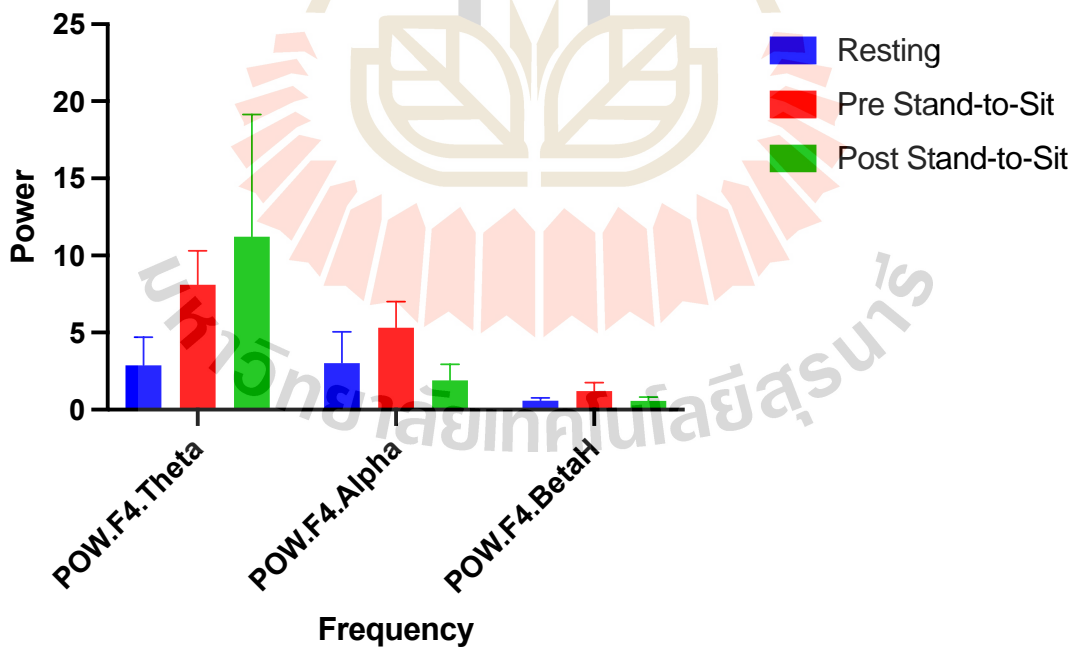
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางขวา (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F4) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และมีการลดลงของคลื่น alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C4) และสมองส่วน parietal cortex (P4) ซึ่งพบมีการลด power ของคลื่น theta, alpha และ beta ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.14

3. ระยะเวลาที่แก้อั้วเมื่อสิ้นสุดการเดิน

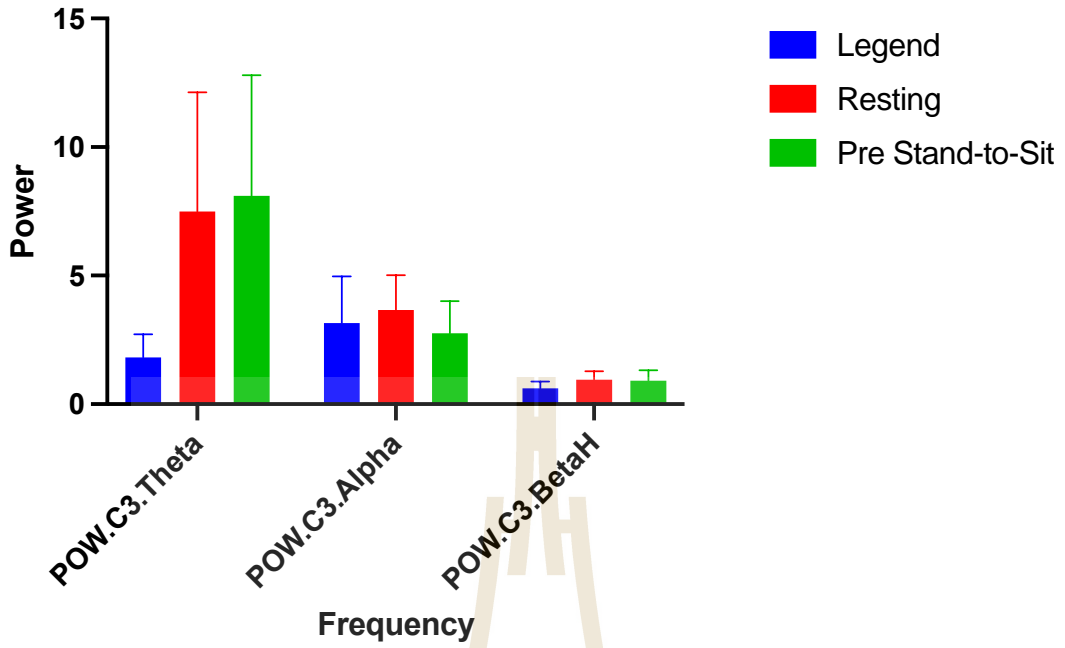
001 F3 Turn Rt / Stand-to-Sit



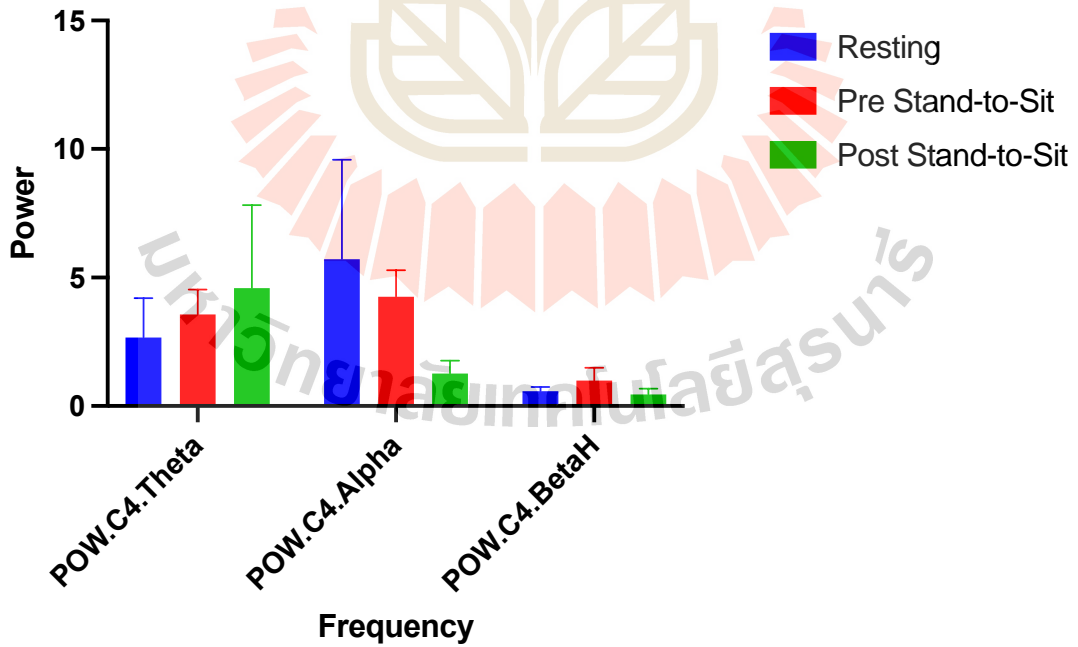
001 F4 Turn Rt / Stand-to-Sit

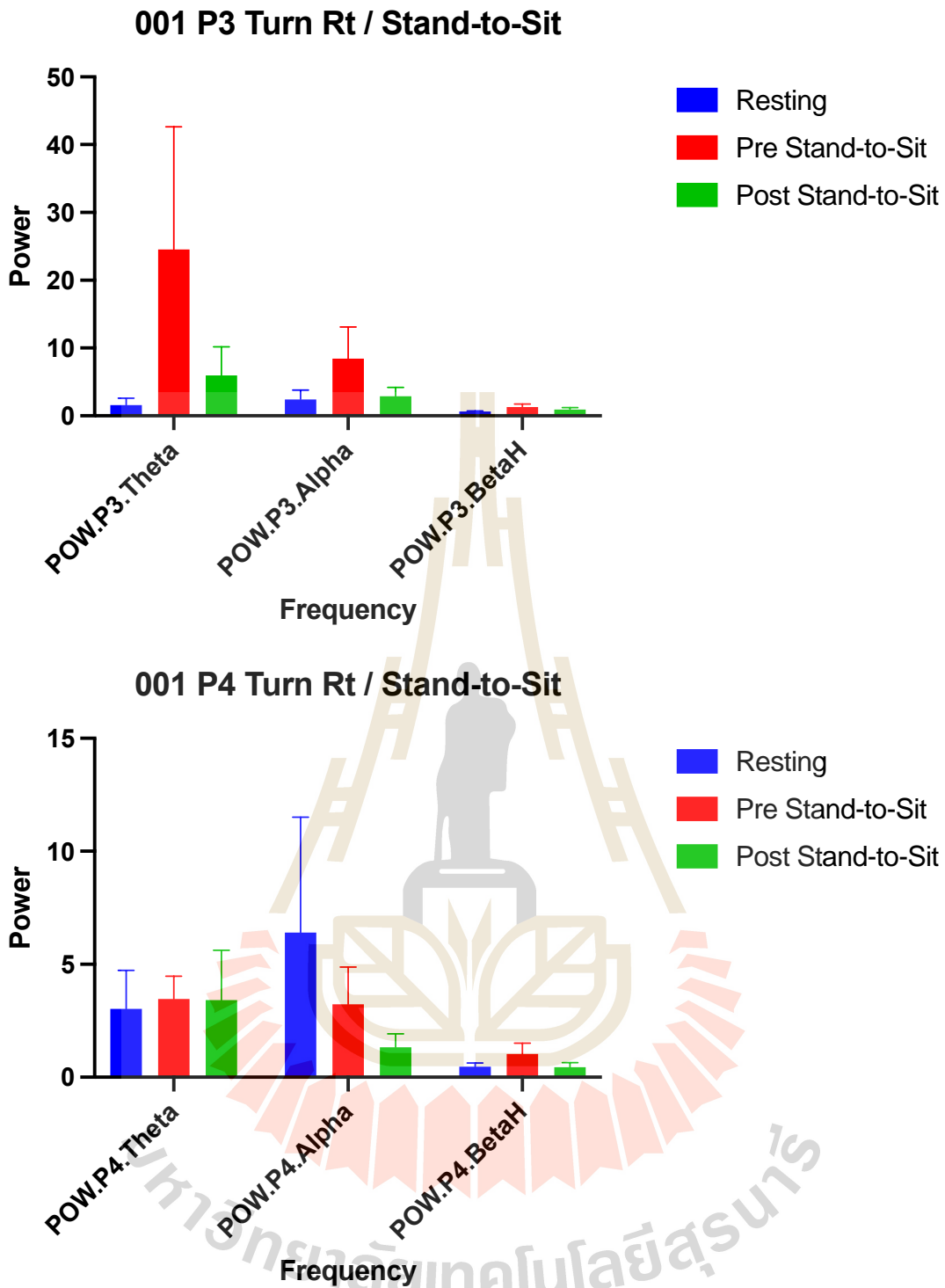


001 C3 Turn Rt / Stand-to-Sit



001 C4 Turn Rt / Stand-to-Sit





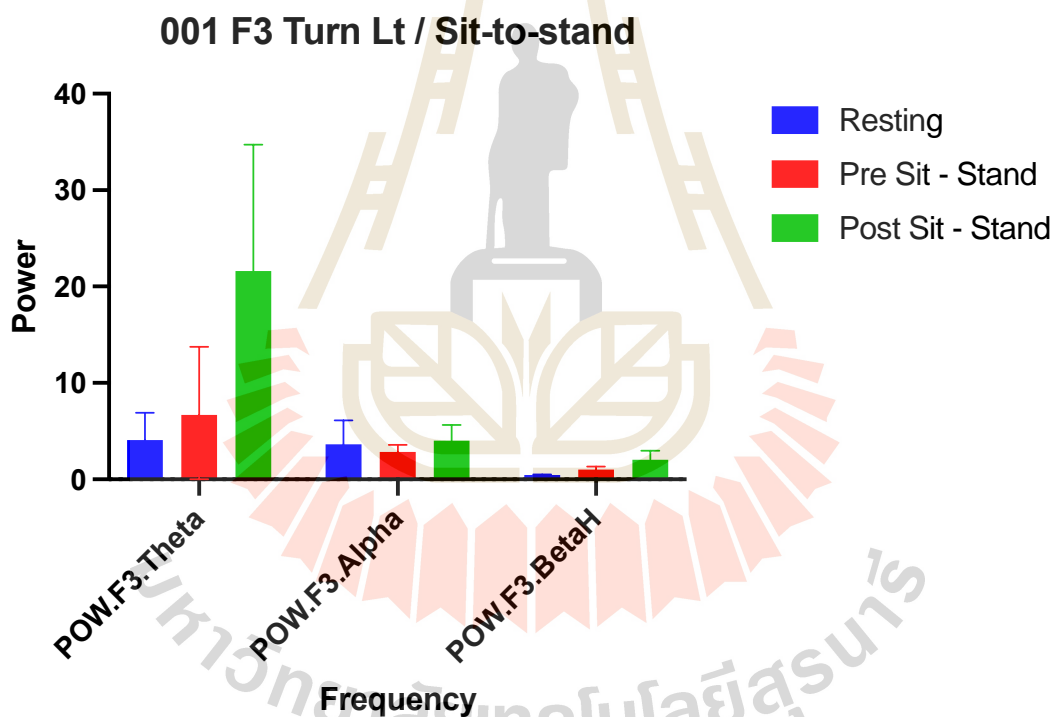
รูปที่ 4.15 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Stand - to - Sit: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Stand - to - Sit: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F3) และในสมองส่วน motor cortex (C3) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และมีการลดลงของคลื่น alpha และ beta ต่างไปจากสมองส่วน parietal (P3) ซึ่งพบมีการลด power ของคลื่น alpha beta และคลื่น theta ดังแสดงในรูปที่ 4.15

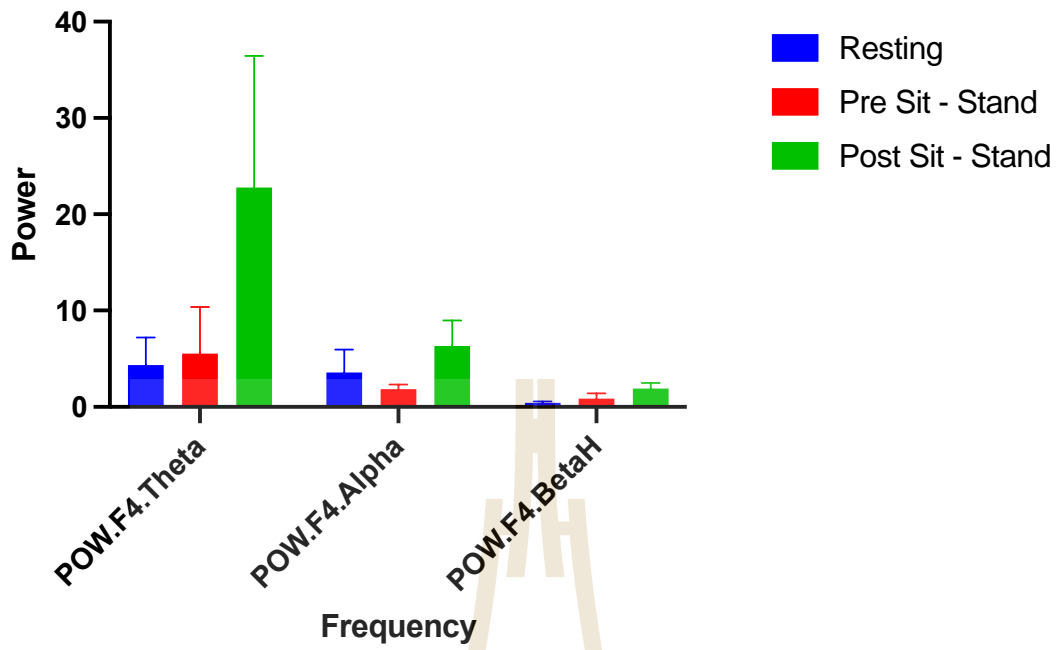
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F4) และ motor cortex (C4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และ ลด power ของคลื่น alpha และ beta และในสมองส่วน parietal cortex (P4) พบมีการลด power ของคลื่น theta, alpha และ beta ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.15

ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทดสอบ Timed Up and Go โดยให้เดินเลี้ยวไปทางขวาที่ปกติ 3 รอบแล้ว หาค่า mean และ standard deviation (SD)

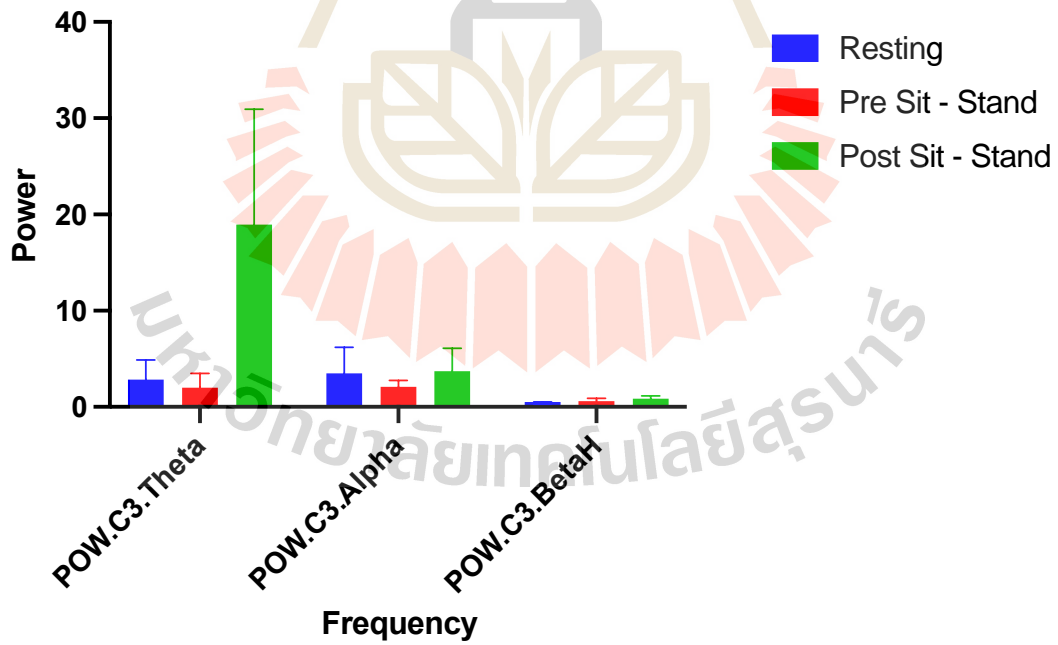
1. ขณะลุกยืน



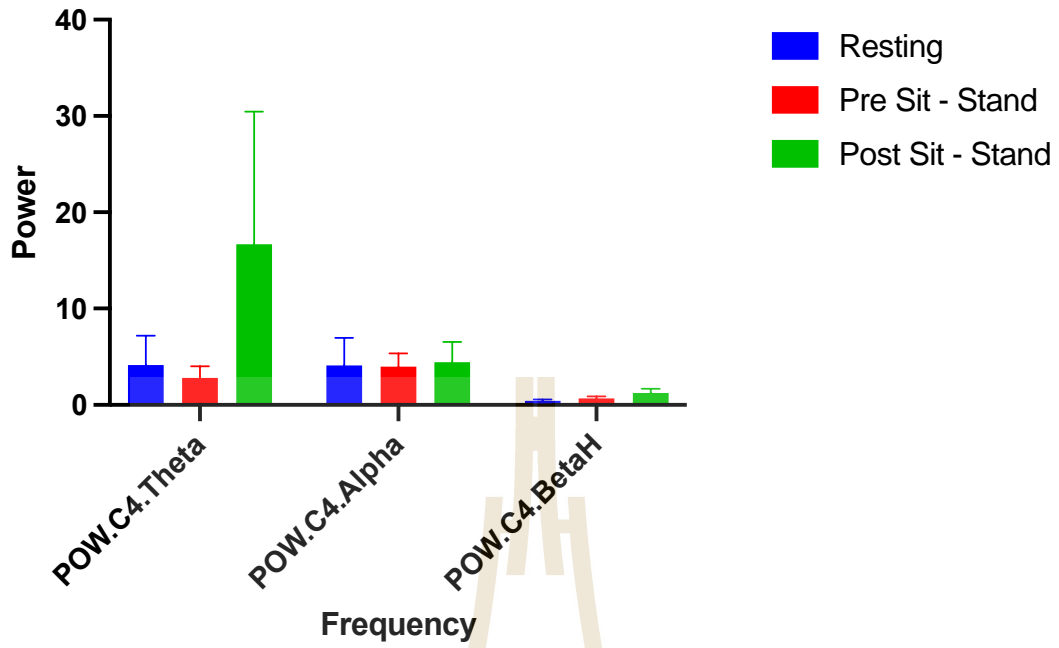
001 F4 Turn Lt / Sit-to-stand



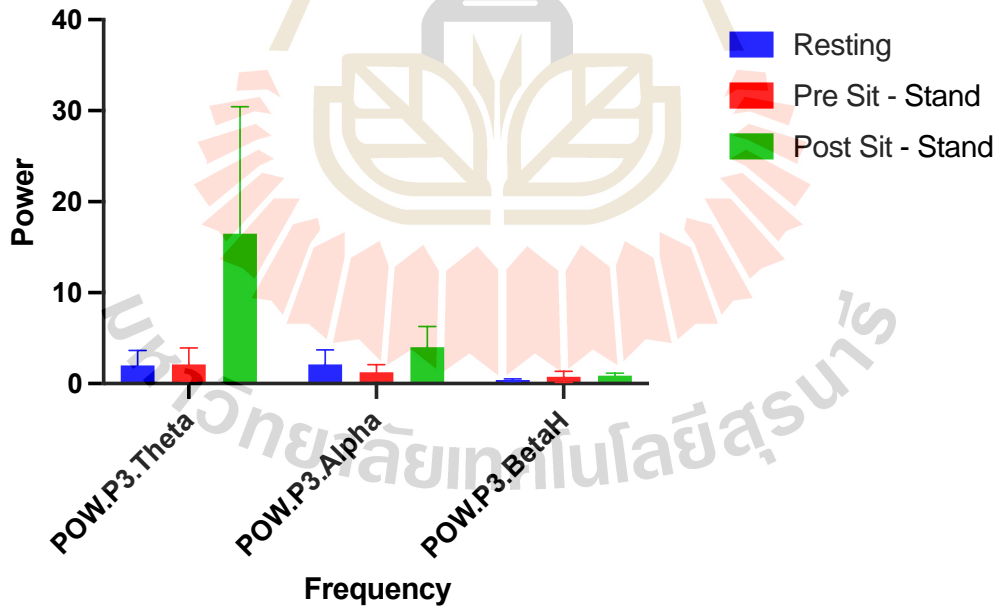
001 C3 Turn Lt / Sit-to-stand



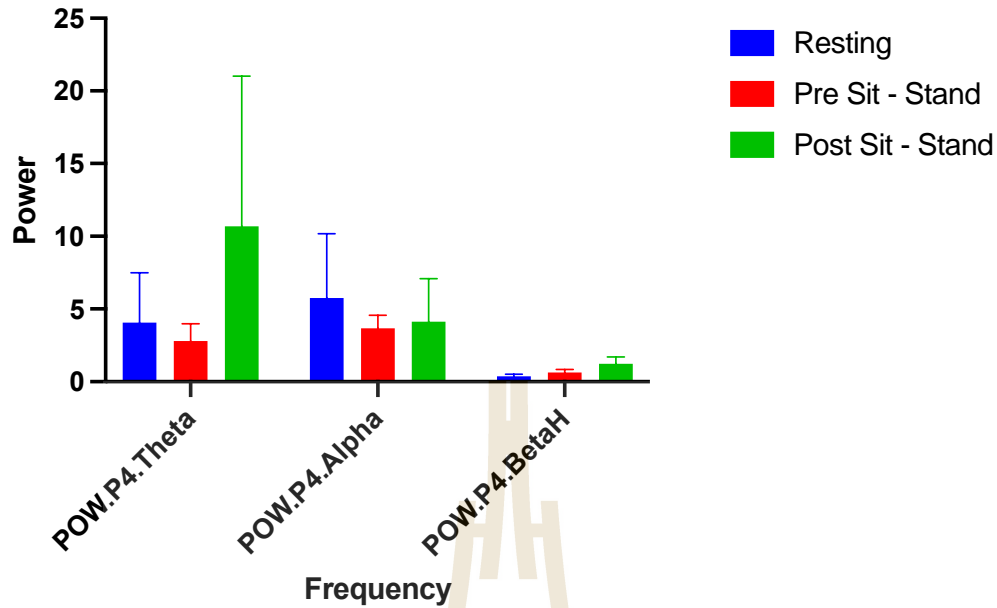
001 C4 Turn Lt / Sit-to-stand



001 P3 Turn Lt / Sit-to-stand



001 P4 Turn Lt / Sit-to-stand



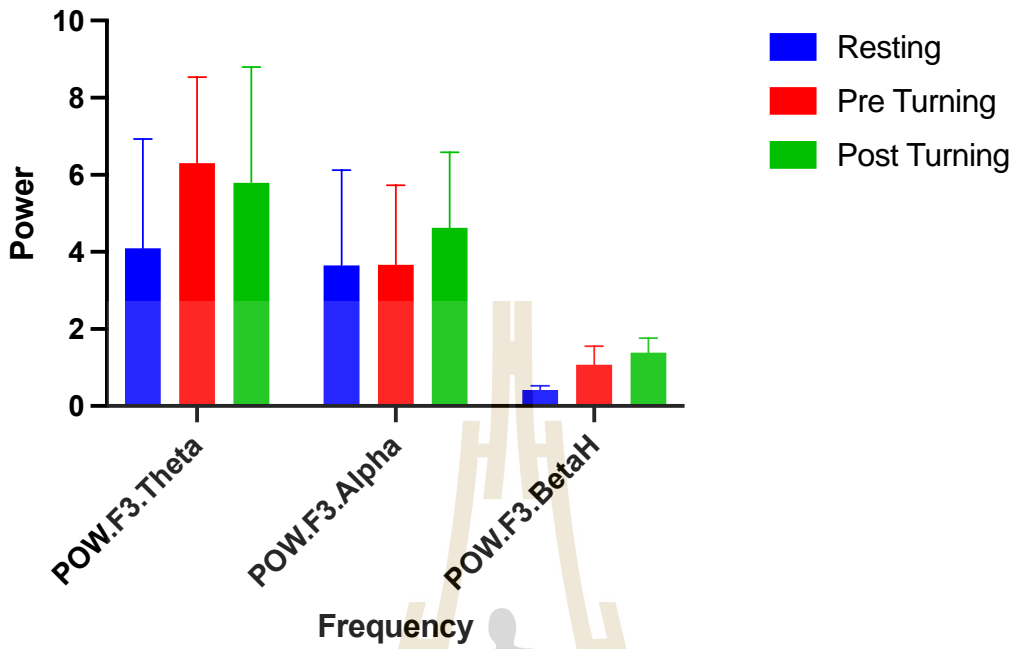
รูปที่ 4.16 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Sit – Stand : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Sit – Stand: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) สมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.16

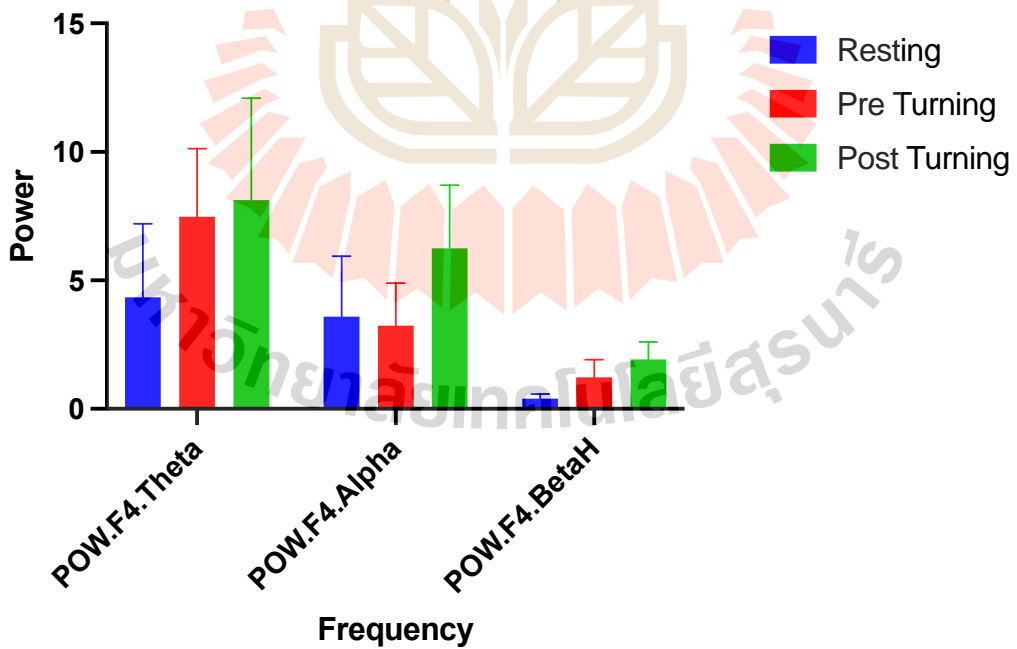
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) motor cortex (C4) และ สมองส่วน parietal cortex (P4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.16

2. ขณะเดินเลี้ยวกลับ

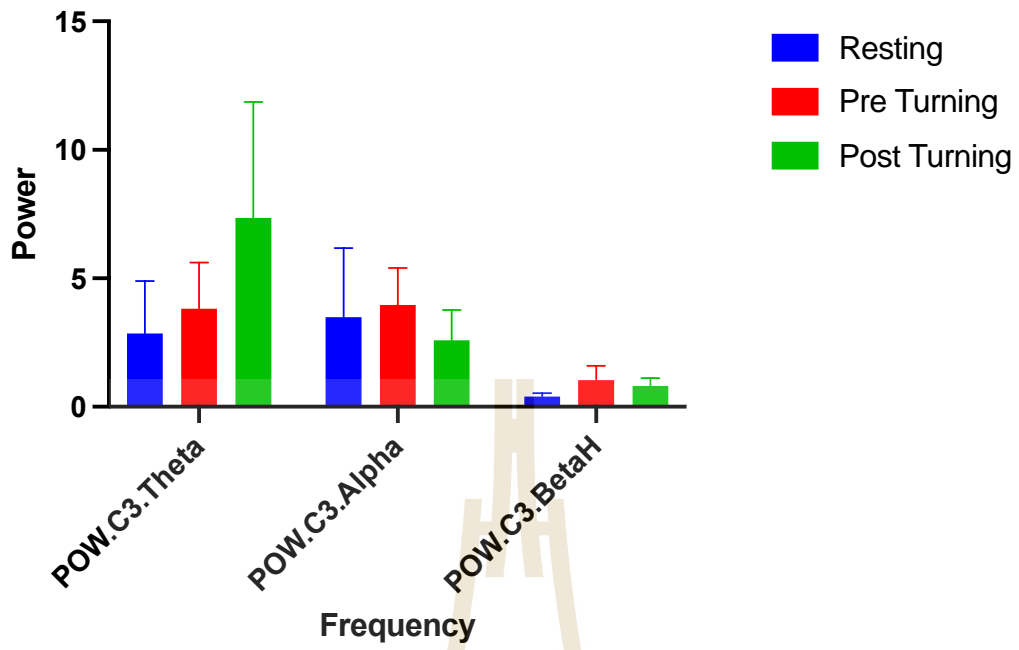
001 F3 Turn Lt / Turning



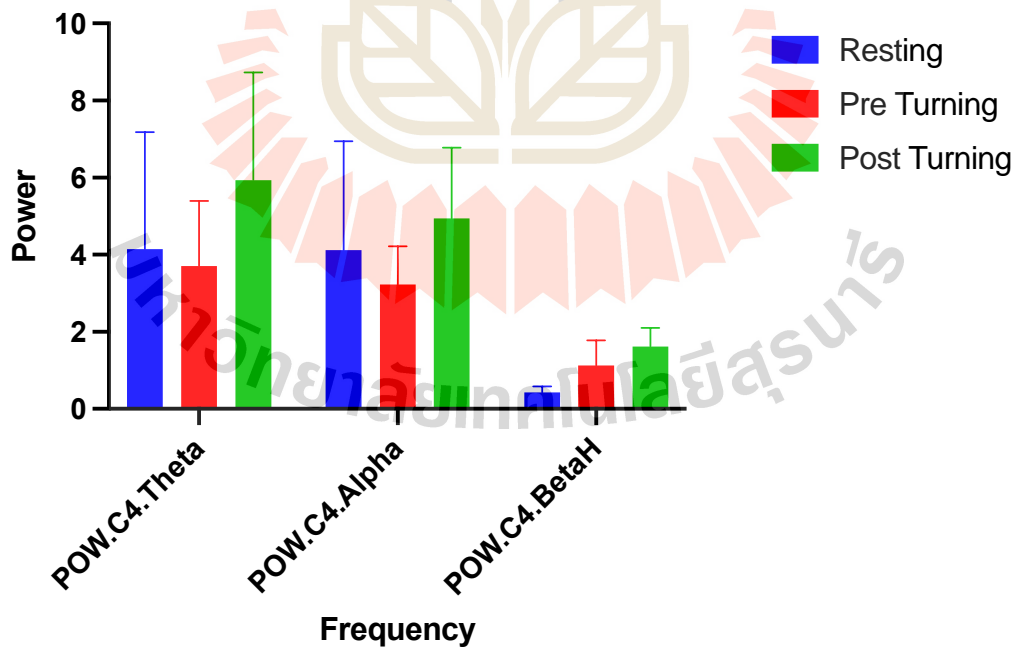
001 F4 Turn Lt / Turning

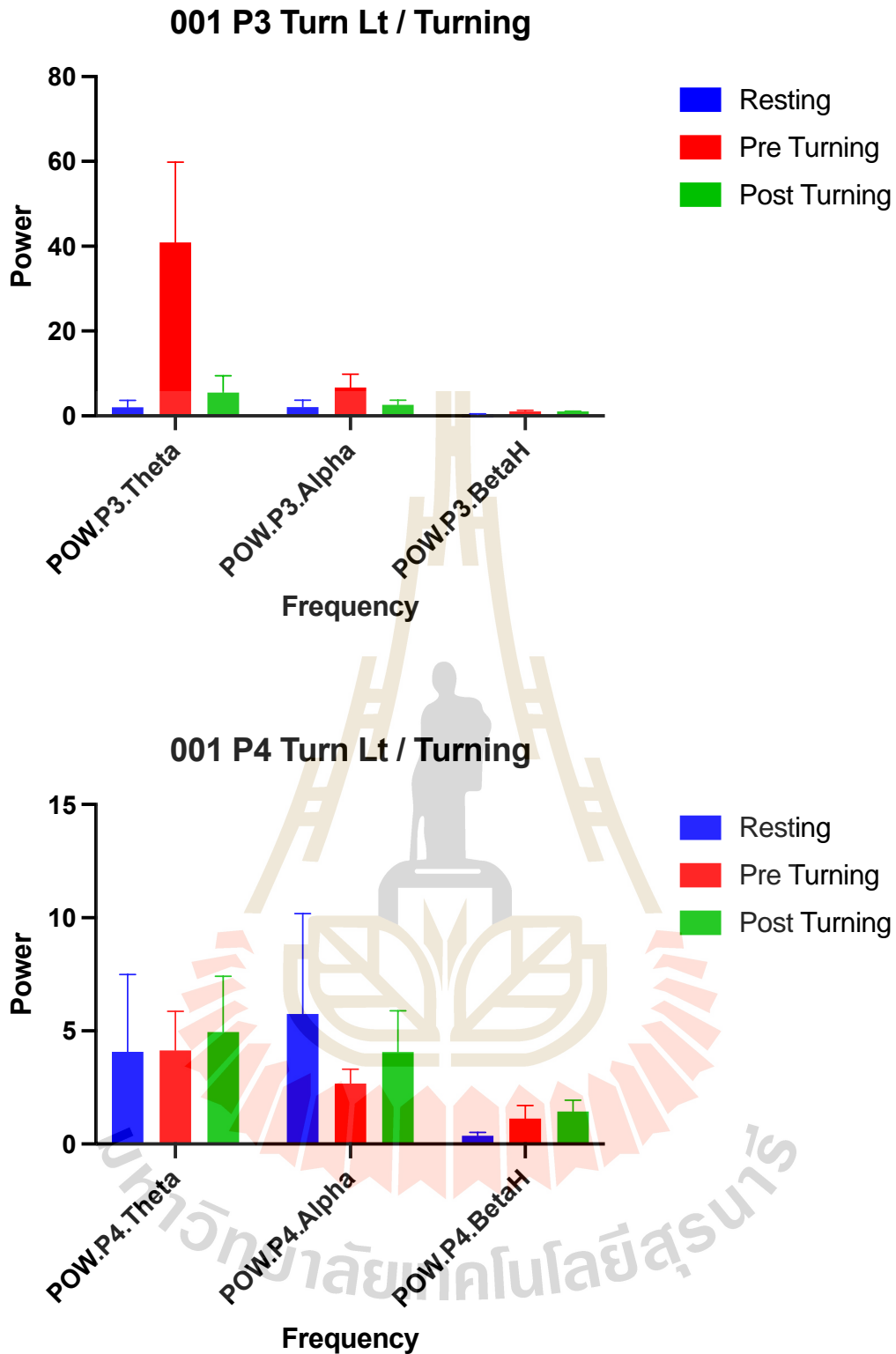


001 C3 Turn Lt / Turning



001 C4 Turn Lt / Turning



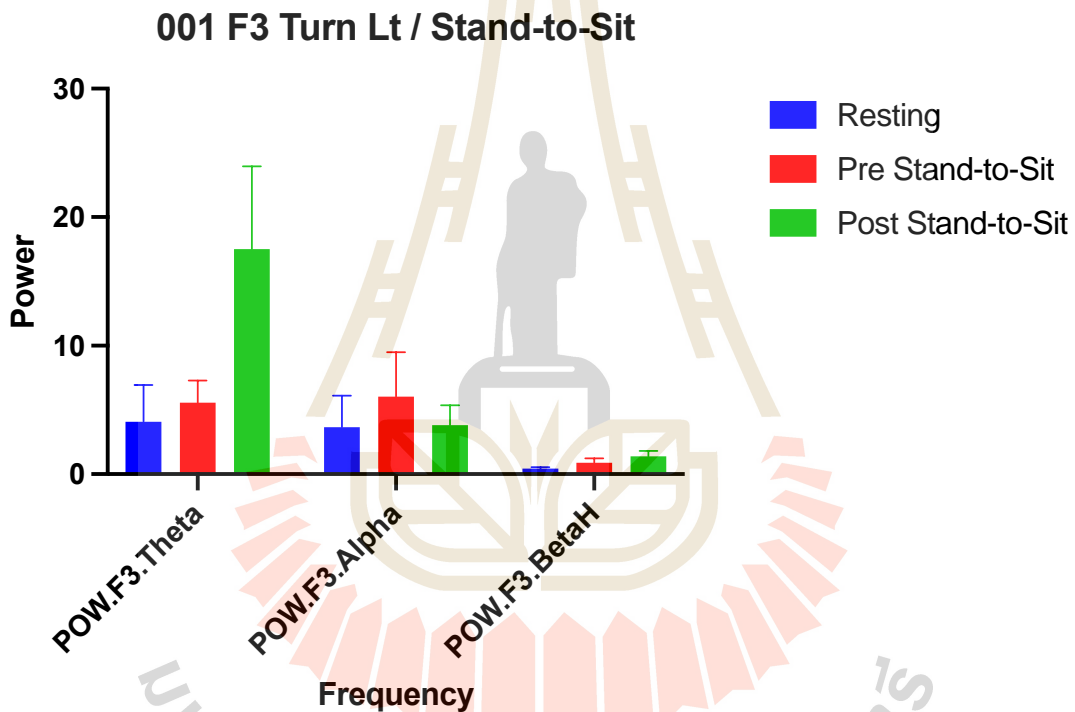


รูปที่ 4.17 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre - Turning : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post - Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

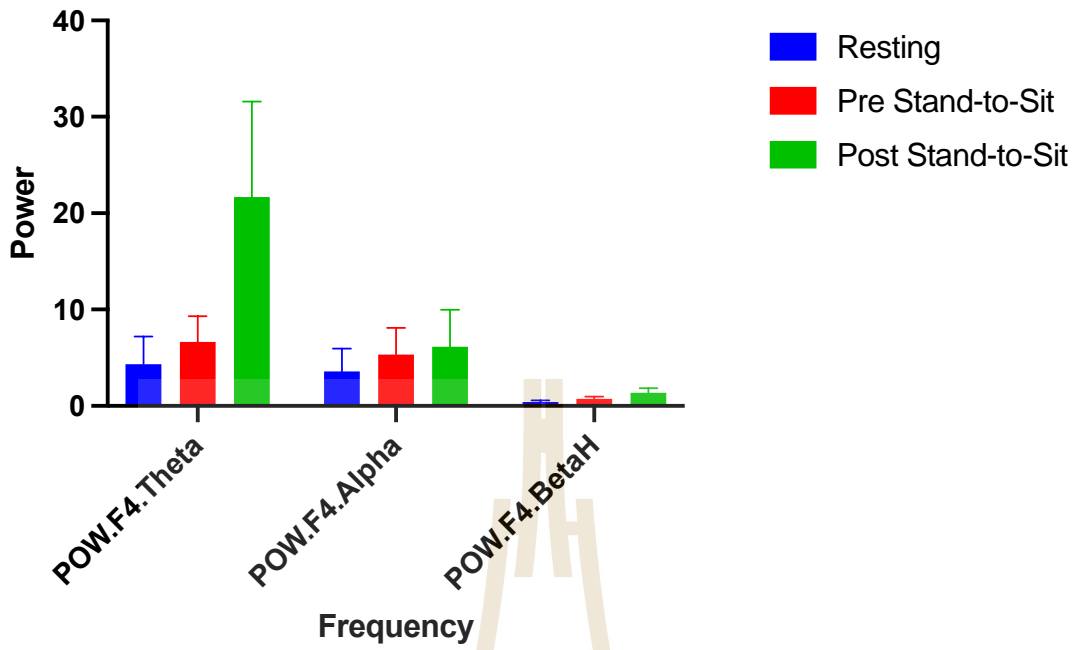
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางซ้าย (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) พบมีการลด power ของคลื่น theta และมีการเพิ่มของคลื่น alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C3) ซึ่งพบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และมีการลดของคลื่น alpha และ beta และต่างจากสมองส่วน parietal cortex (P3) ซึ่งพบมีการลด power ของคลื่น alpha beta และคลื่น theta ดังแสดงในรูปที่ 4.17

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางซ้าย (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F4) สมองส่วน motor cortex (C4) และสมองส่วน parietal cortex (P4) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.17

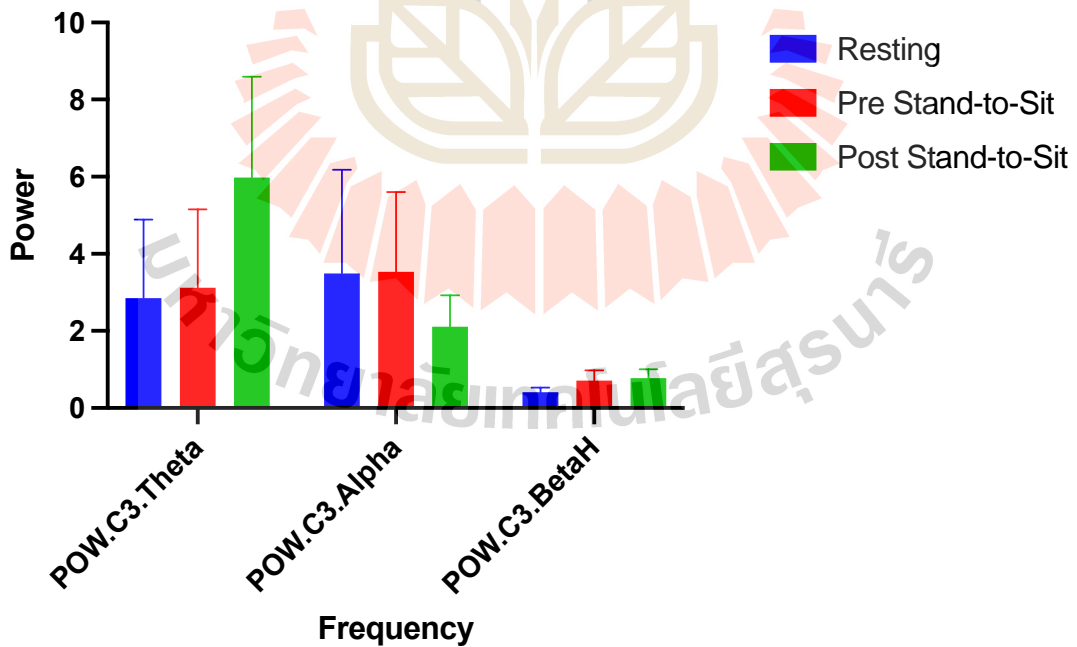
3. ขณะนั่งลงเก้าอี้เมื่อสิ้นสุดการเดิน



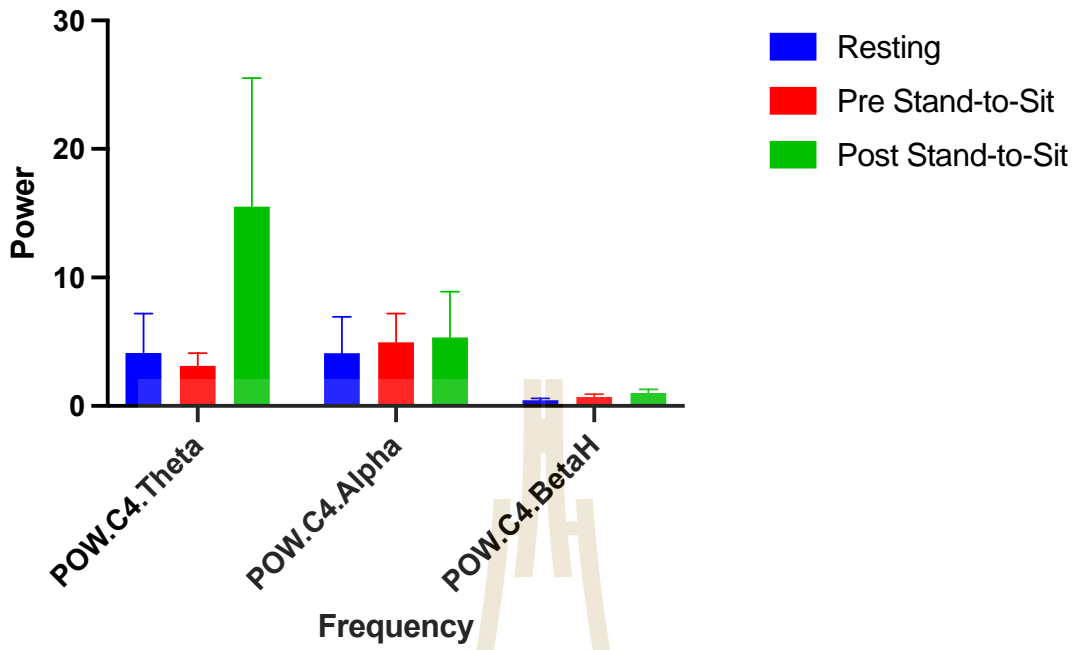
001 F4 Turn Lt / Stand-to-Sit



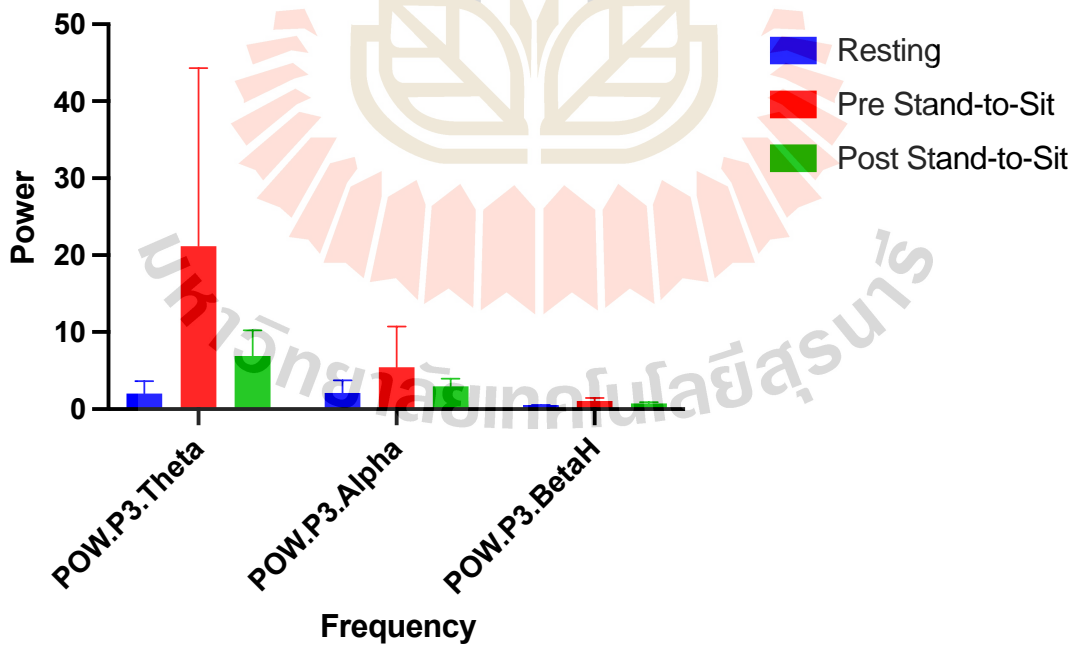
001 C3 Turn Lt / Stand-to-Sit



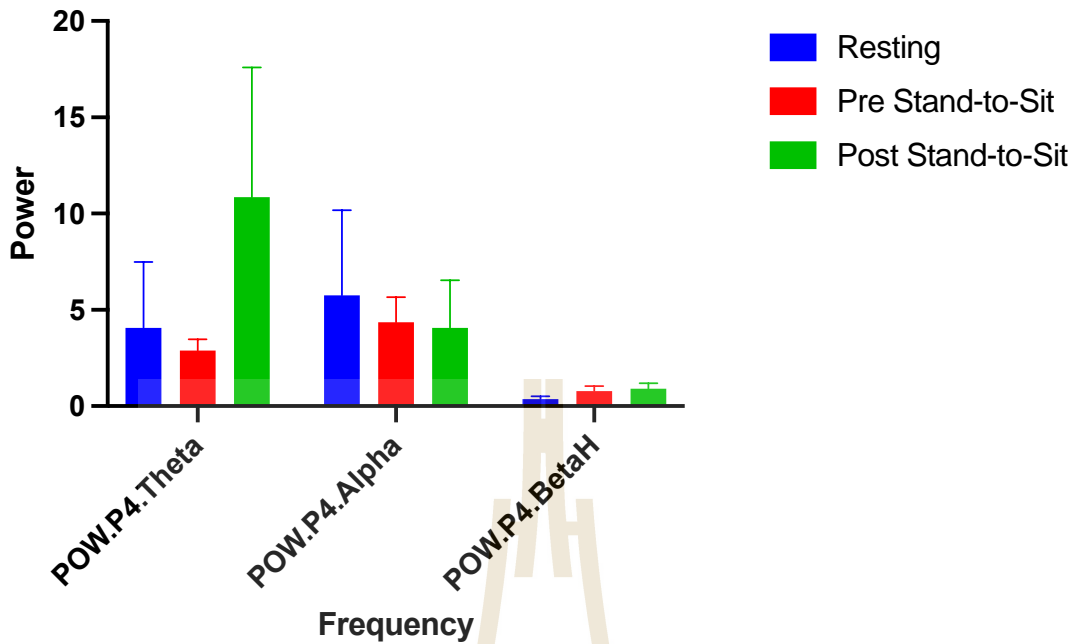
001 C4 Turn Lt / Stand-to-Sit



001 P3 Turn Lt / Stand-to-Sit



001 P4 Turn Lt / Stand-to-Sit



รูปที่ 4.18 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Stand – to – Sit : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Stand -to - Sit: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

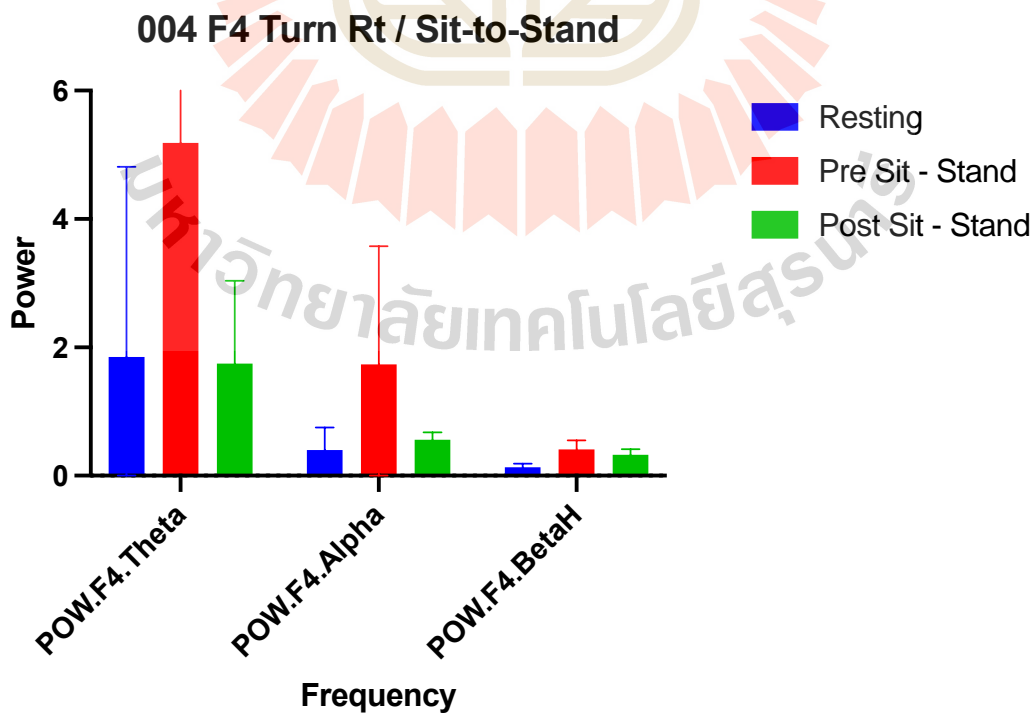
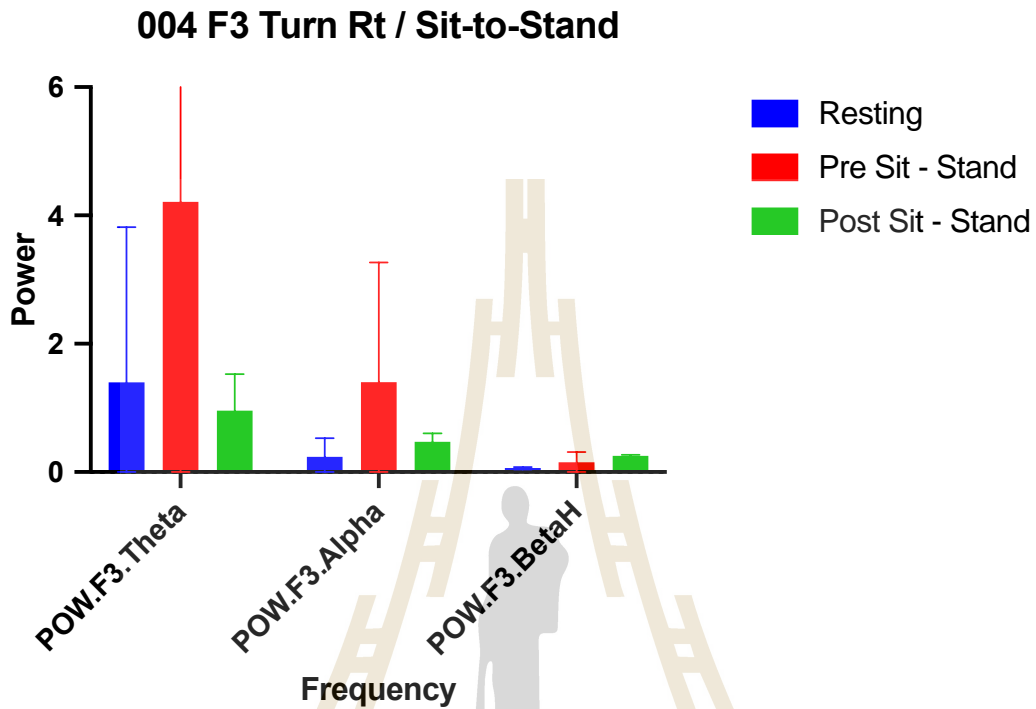
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F3) และ สมองส่วน motor cortex (C3) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และ beta และมีการลดลงของคลื่น alpha ต่างจากสมองส่วน parietal (P3) ซึ่งพบมีการลด power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.18

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F4) และ motor cortex (C4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน parietal cortex (P4) ซึ่งพบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และ beta และพบมีการลด power ของคลื่น alpha ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.18

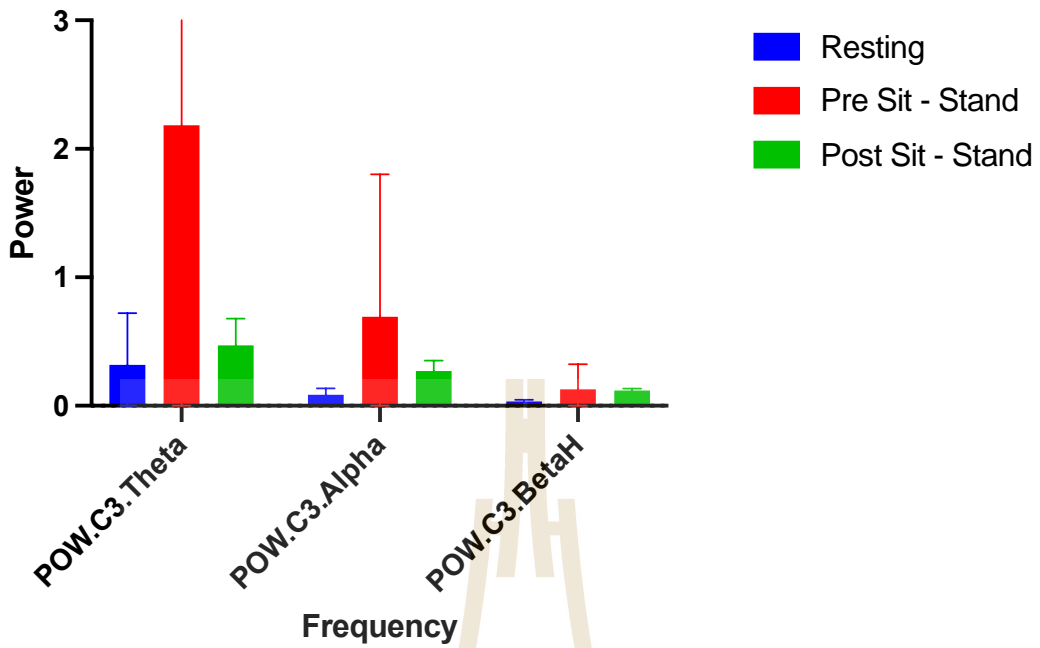
ผู้ป่วย C2 รหัส 004 (อ่อนแรงซีกขวา)

ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทดสอบ Timed Up and Go โดยให้เดินเลี้ยวไปทางขวาที่อ่อนแรง 3 รอบ แล้ว หาค่า mean และ standard deviation (SD)

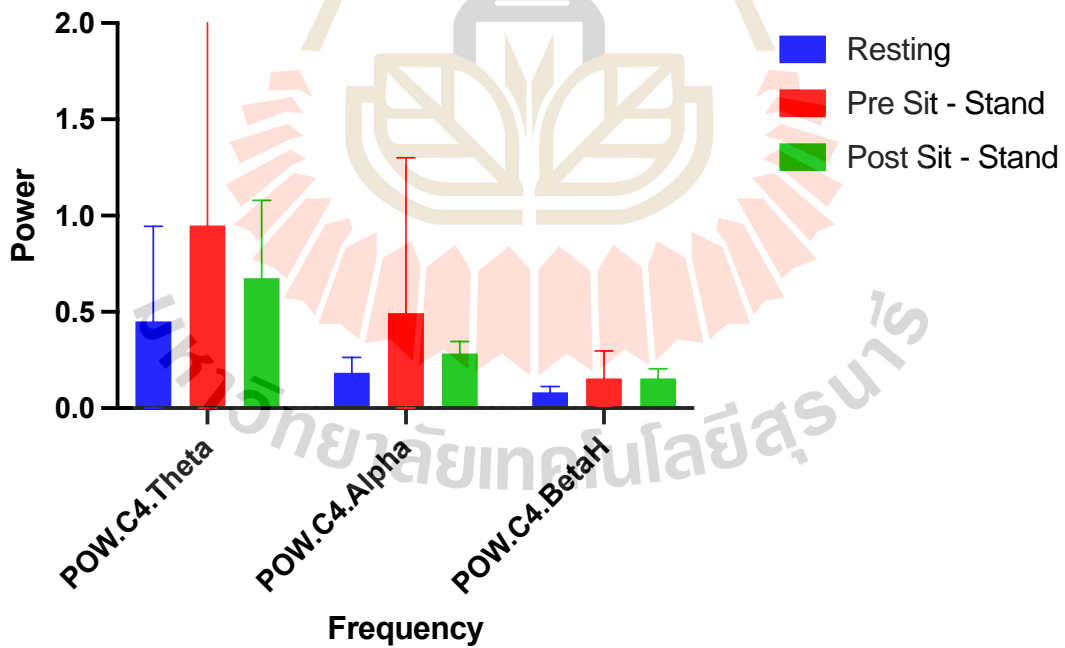
1. ขณะลุกยืน

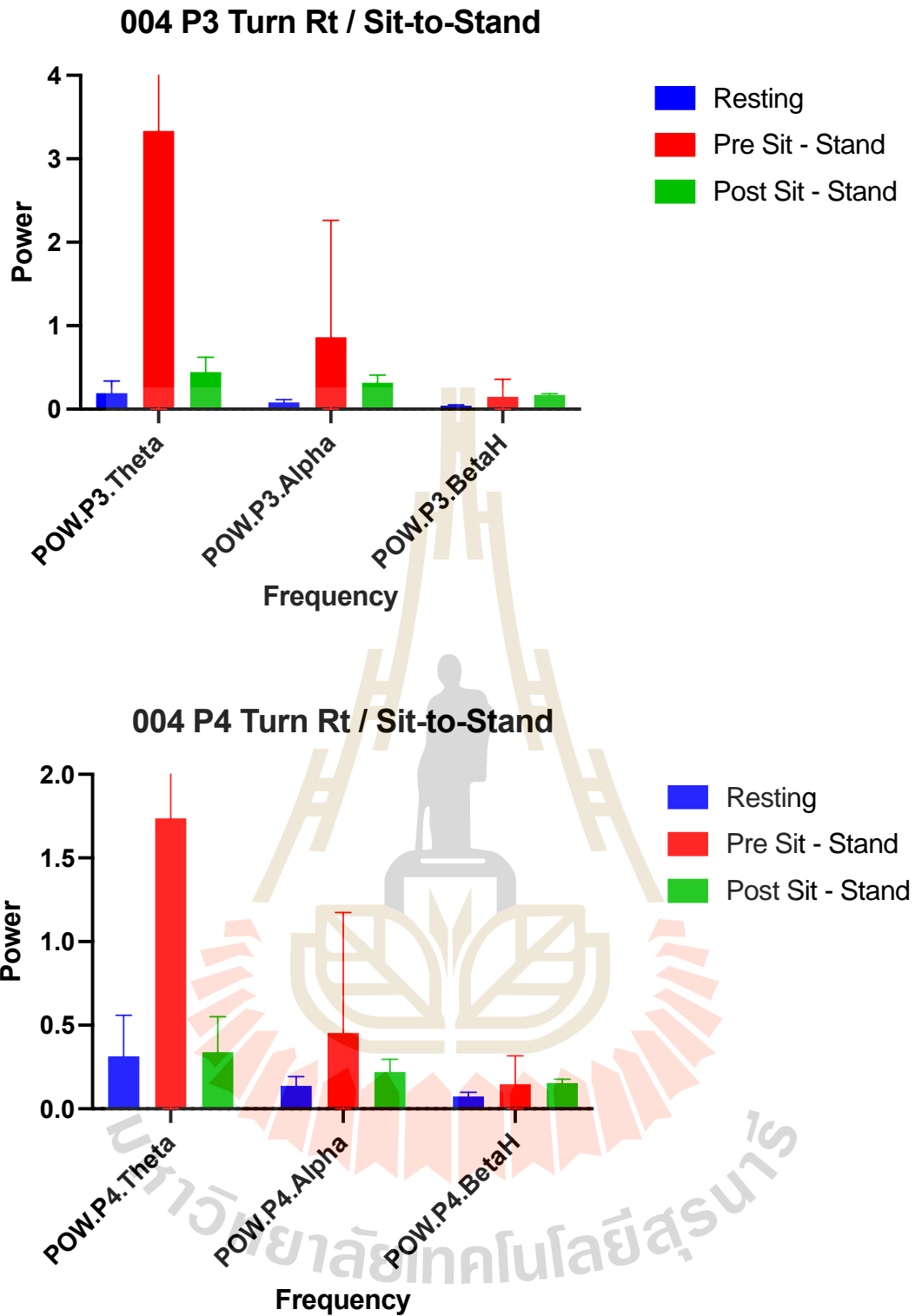


004 C3 Turn Rt / Sit-to-Stand



004 C4 Turn Rt / Sit-to-Stand



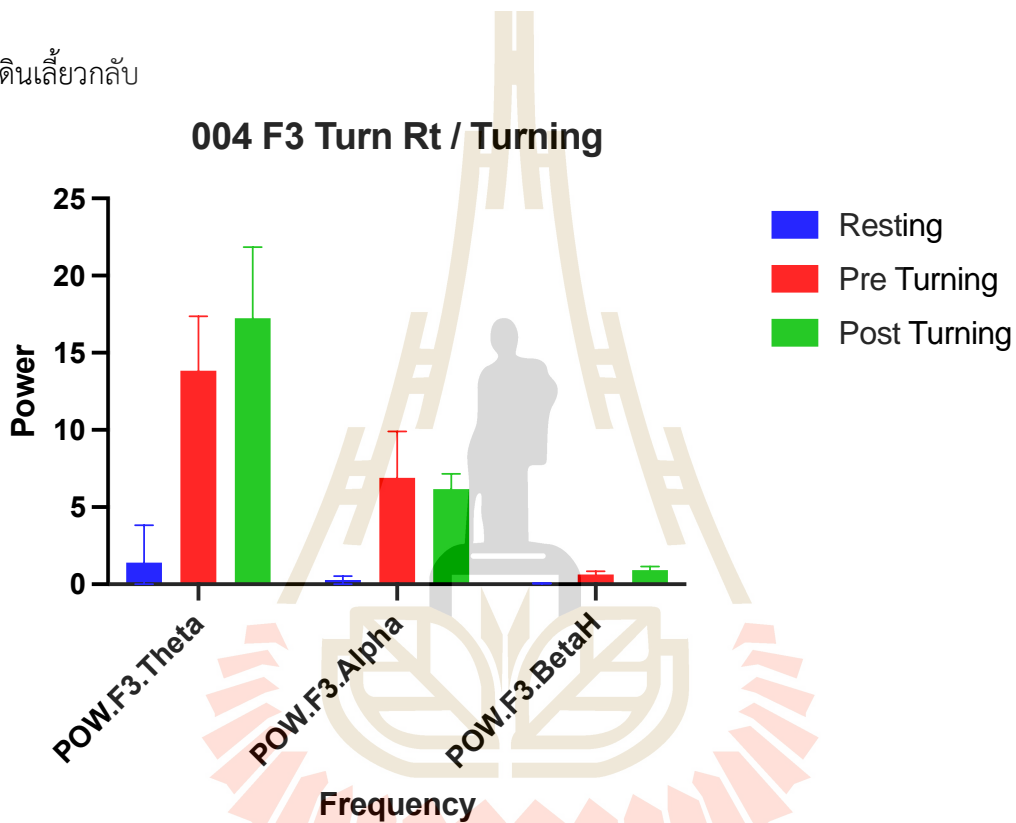


รูปที่ 4.19 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Sit - Stand : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Sit - Stand: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

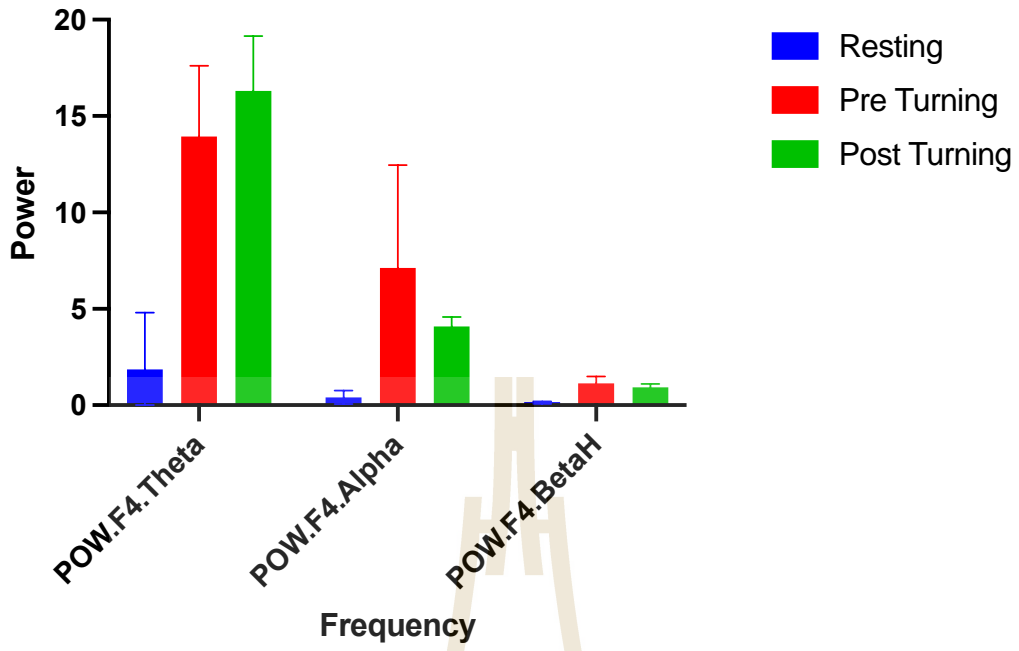
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการลด power ของคลื่น theta และ alpha และมีการเพิ่ม power ของคลื่น beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C3) ซึ่งมีการลด power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.19

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) motor cortex (C4) และ สมองส่วน parietal cortex (P4) มีการลด power ของคลื่น theta, alpha และ beta ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.19

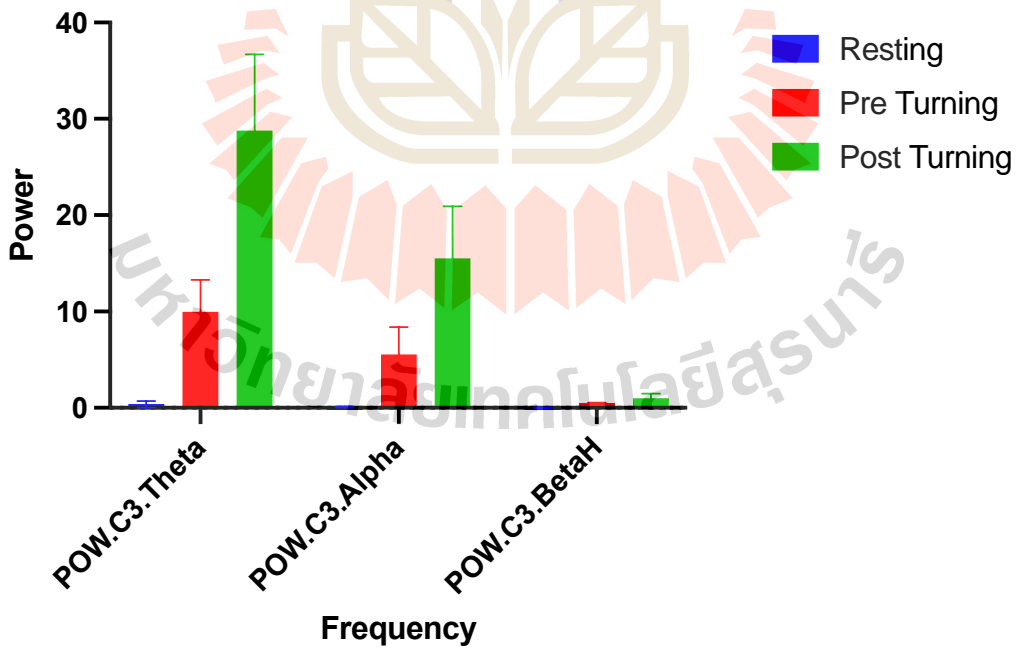
2. ขณะเดินเลี้ยวกลับ



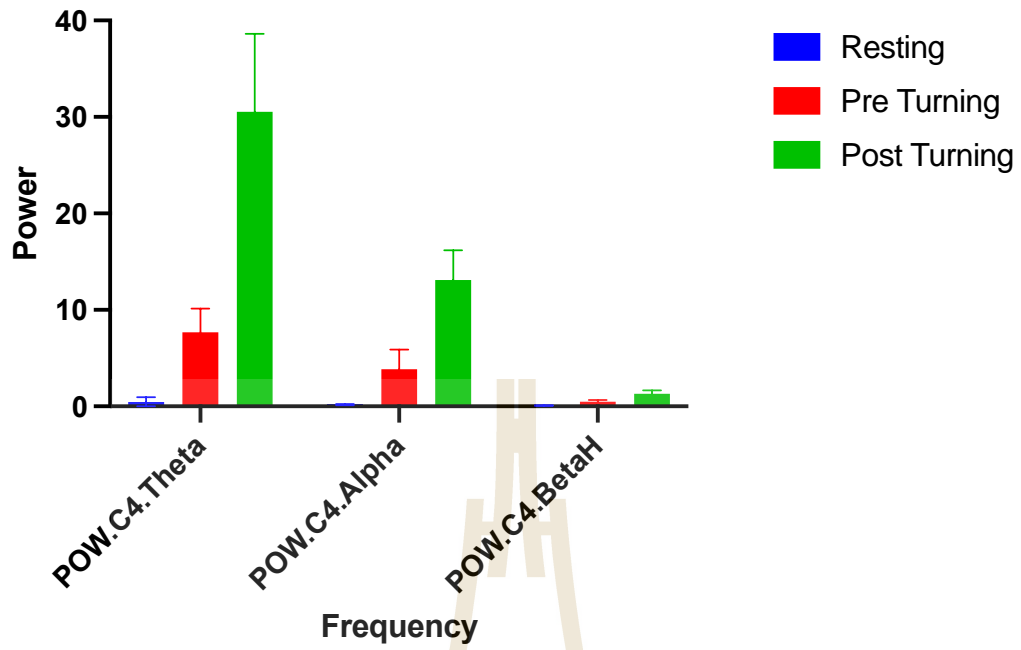
004 F4 Turn Rt / Turning



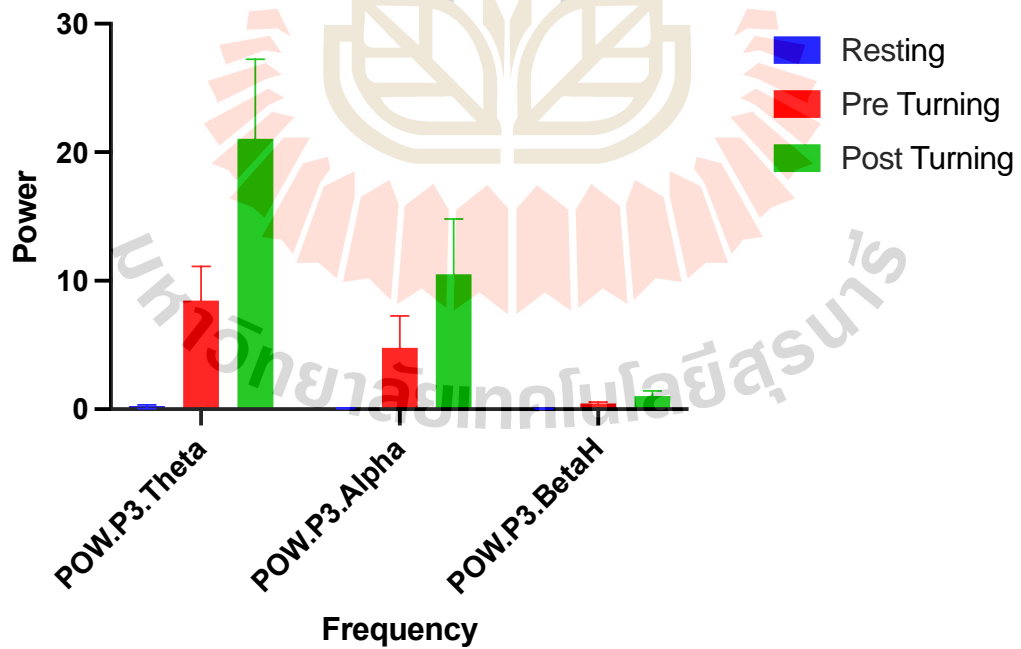
004 C3 Turn Rt / Turning



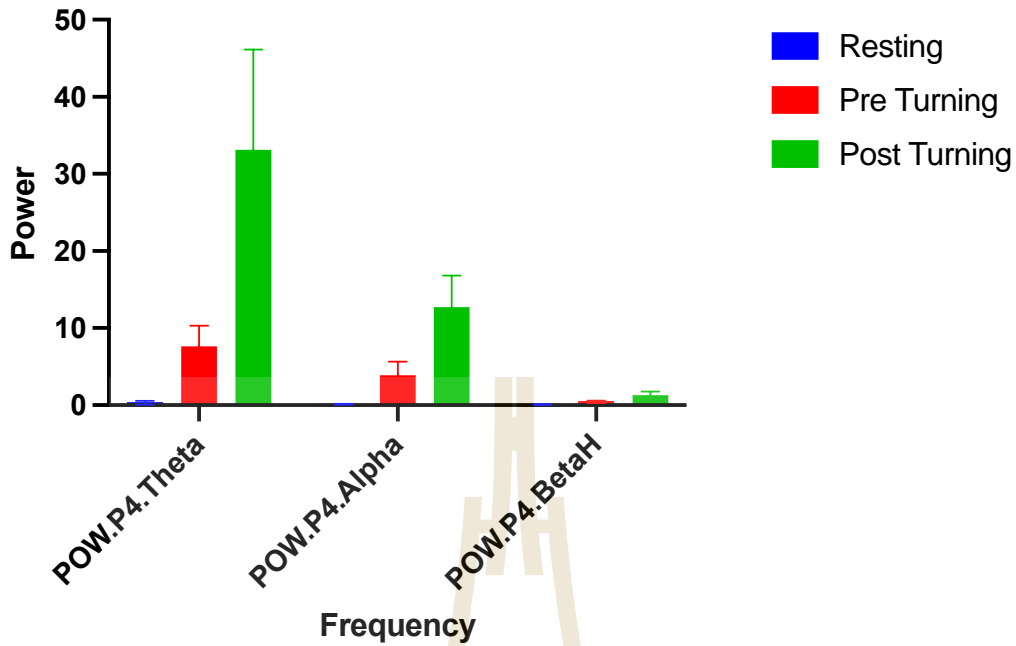
004 C4 Turn Rt / Turning



004 P3 Turn Rt / Turning



004 P4 Turn Rt / Turning



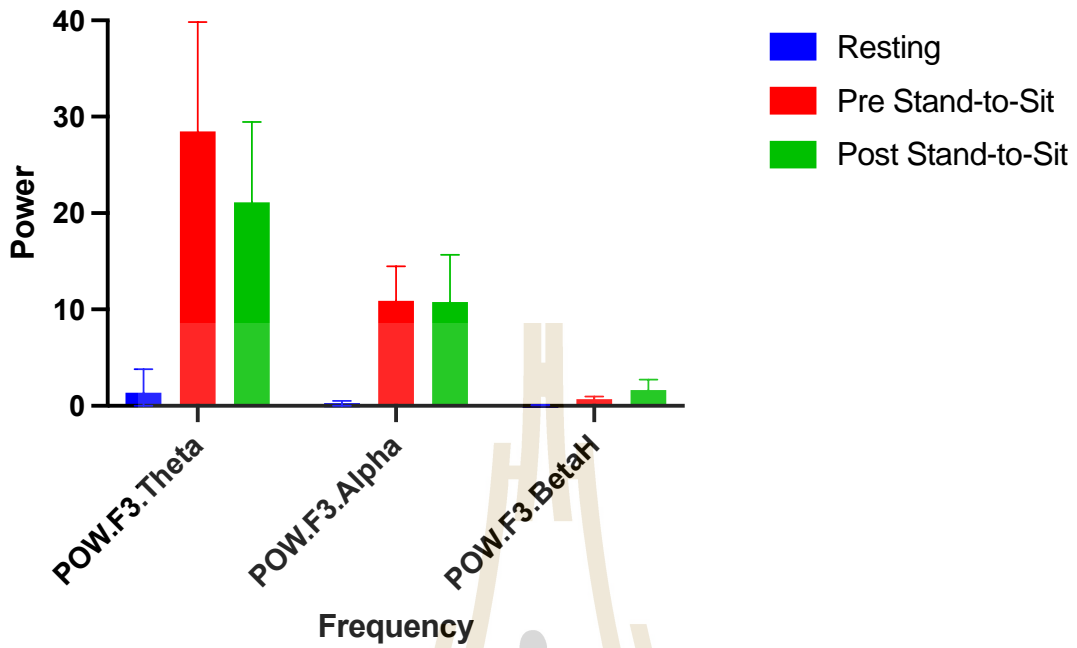
รูปที่ 4.20 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre - Turning : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post - Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางขวา (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และ beta และมีการลดลงของคลื่น alpha ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) ซึ่งพบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.20

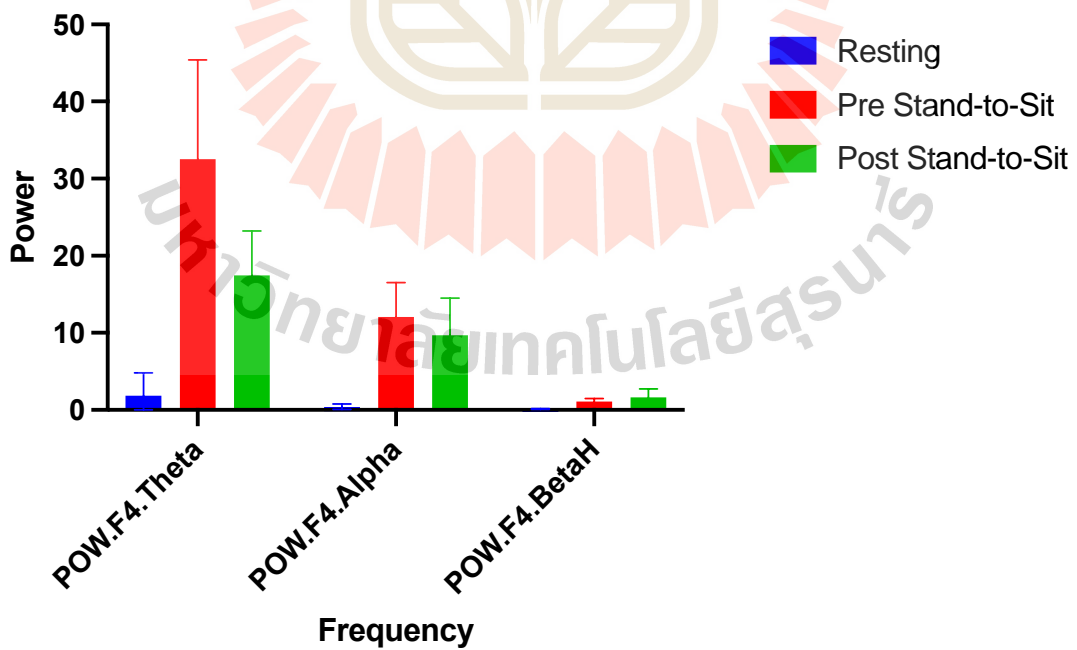
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางขวา (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F4) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และมีการลดลงของคลื่น alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C4) และสมองส่วน parietal cortex (P4) ซึ่งพบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.20

3. ระยะเวลาที่ต่ำกว่าเมื่อสิ้นสุดการเดิน

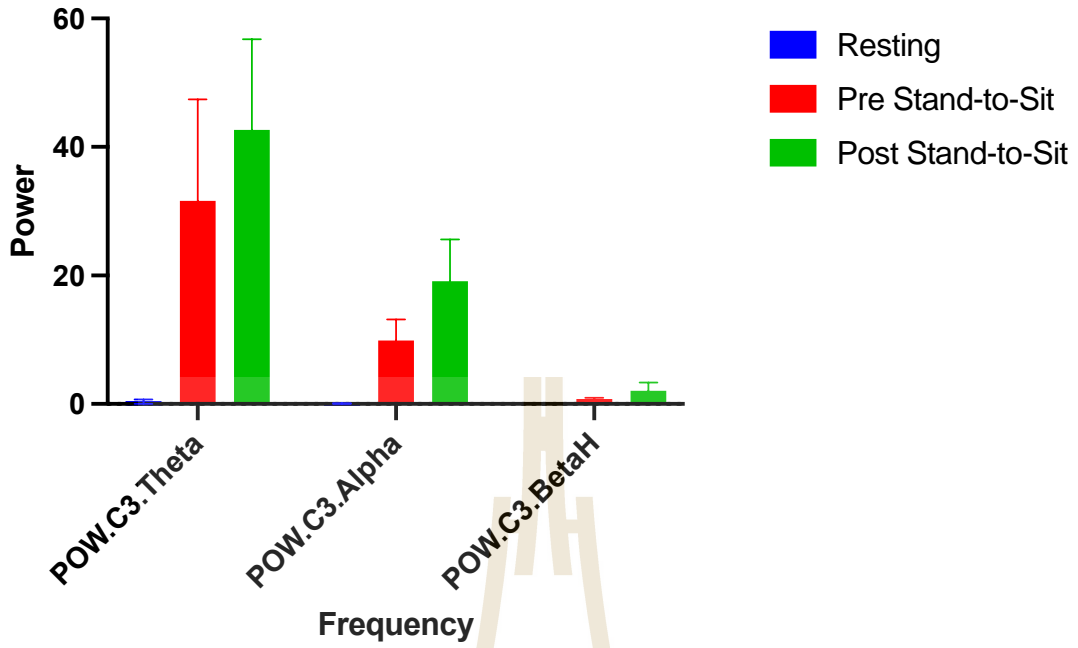
004 F3 Turn Rt / Stand-to-Sit



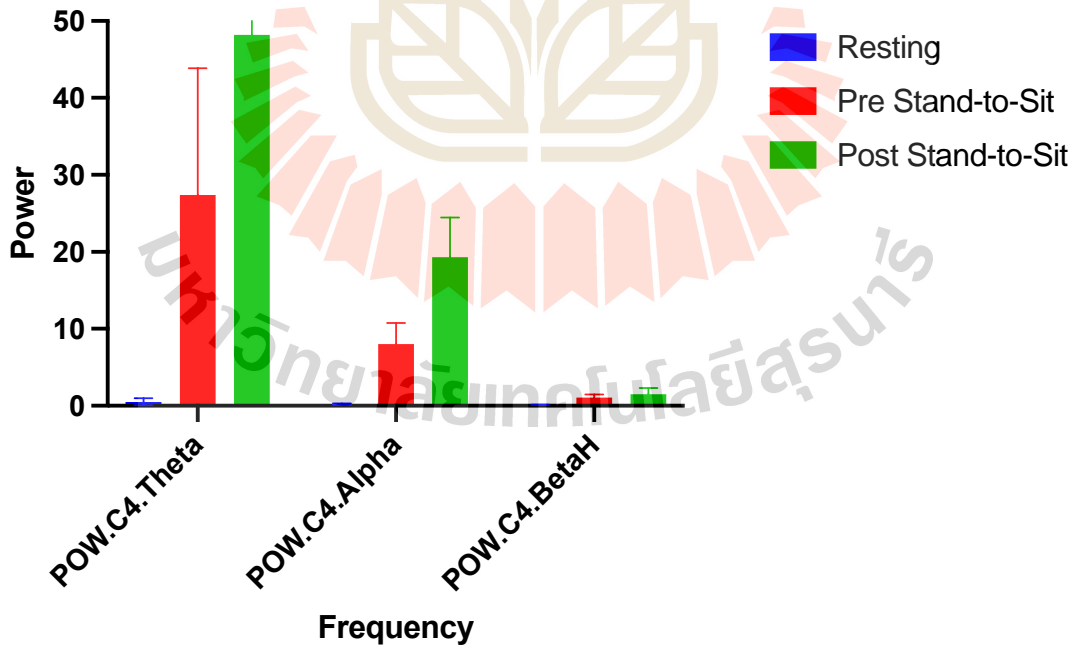
004 F4 Turn Rt / Stand-to-Sit

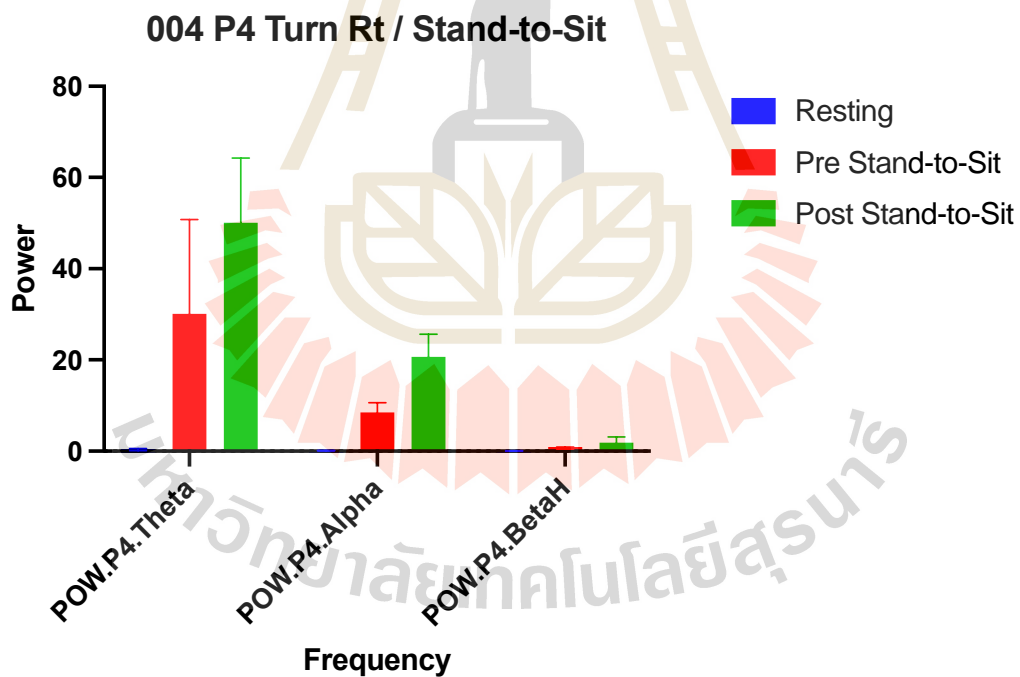
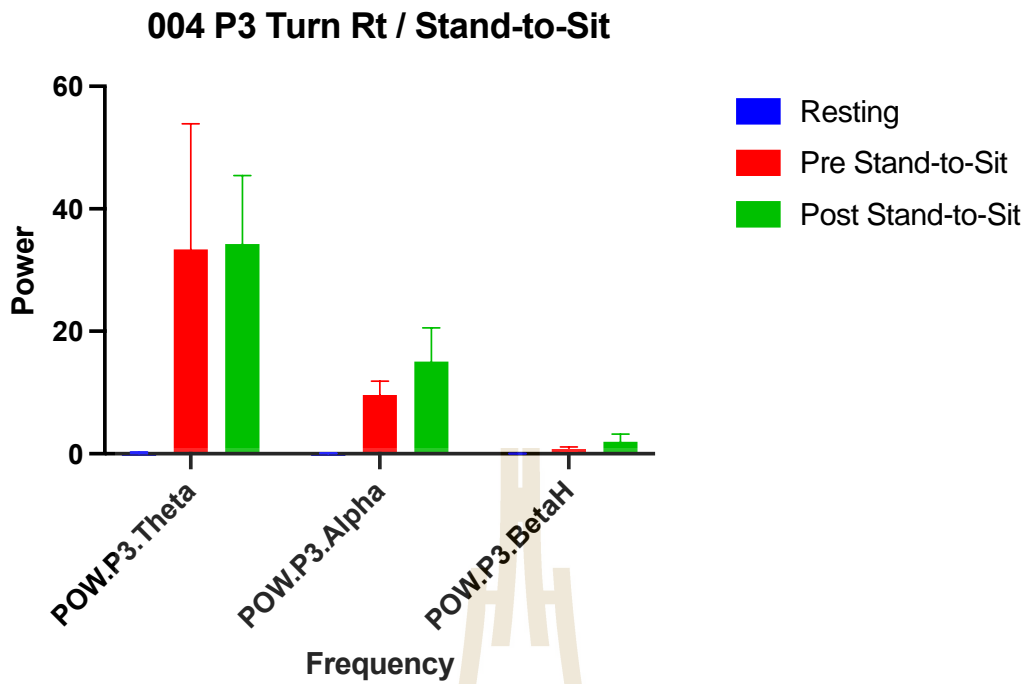


004 C3 Turn Rt / Stand-to-Sit



004 C4 Turn Rt / Stand-to-Sit





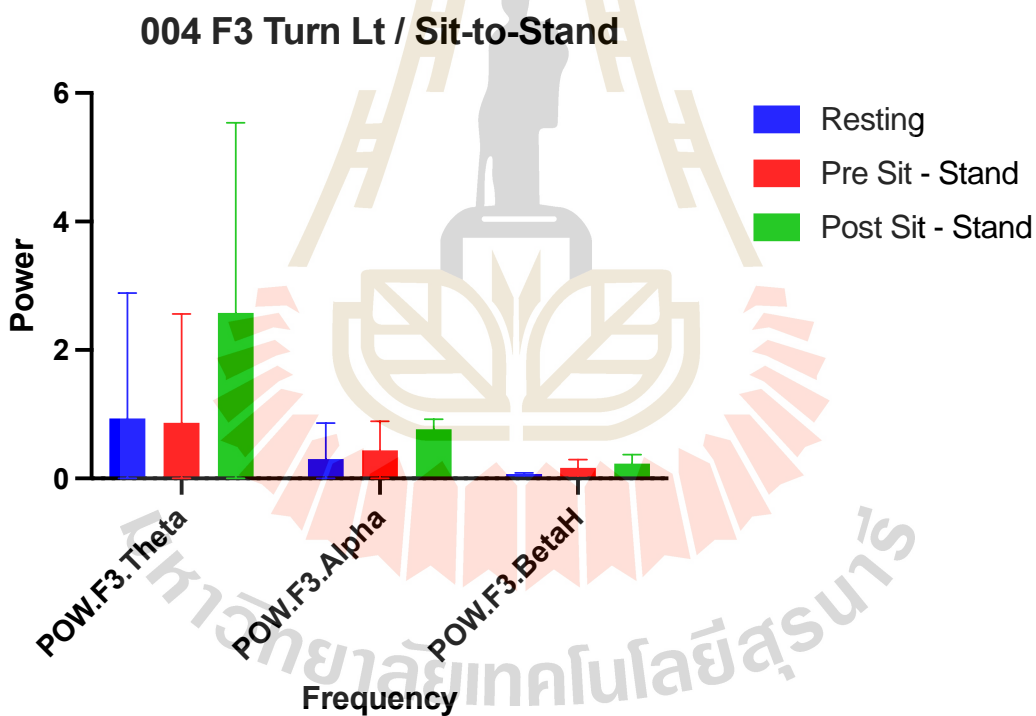
รูปที่ 4.21 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Stand - to - Sit : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Stand -to - Sit: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F3) พบมีการลด power ของคลื่น theta และ alpha และมีการเพิ่มของคลื่น beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C3) และ parietal cortex (P3) ซึ่งพบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.21

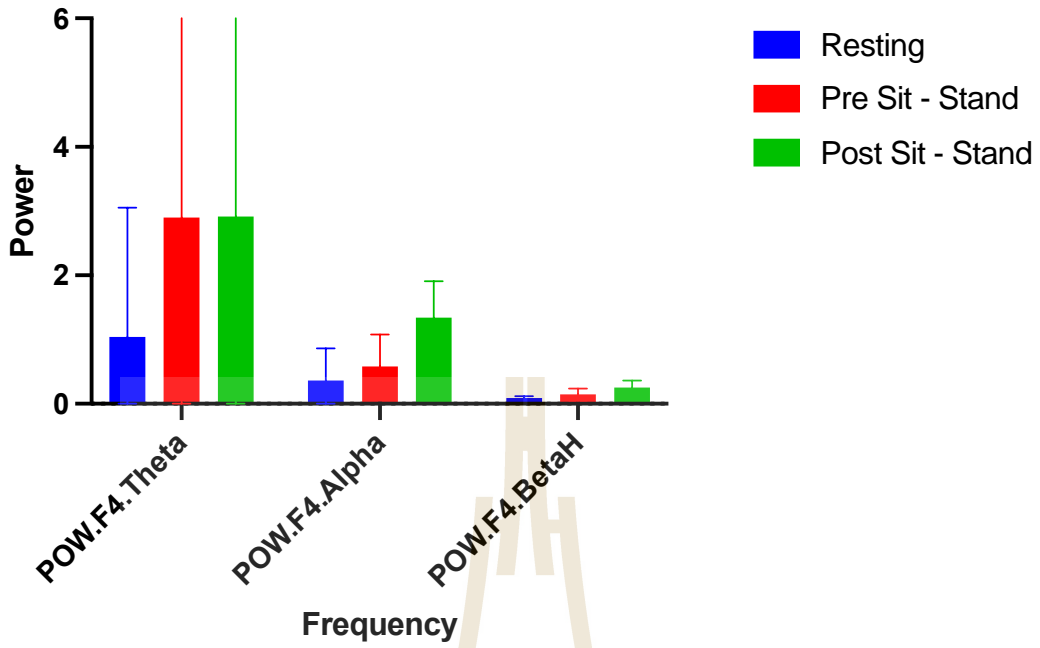
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F4) มีการลด power ของคลื่น theta, alpha และพบมีการเพิ่ม power ของคลื่น beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C4) และ parietal cortex (P4) ซึ่งพบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.21

ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทดสอบ Timed Up and Go โดยให้เดินเลี้ยวไปทางขวาที่ปกติ 3 รอบ แล้ว หาค่า mean และ standard deviation (SD)

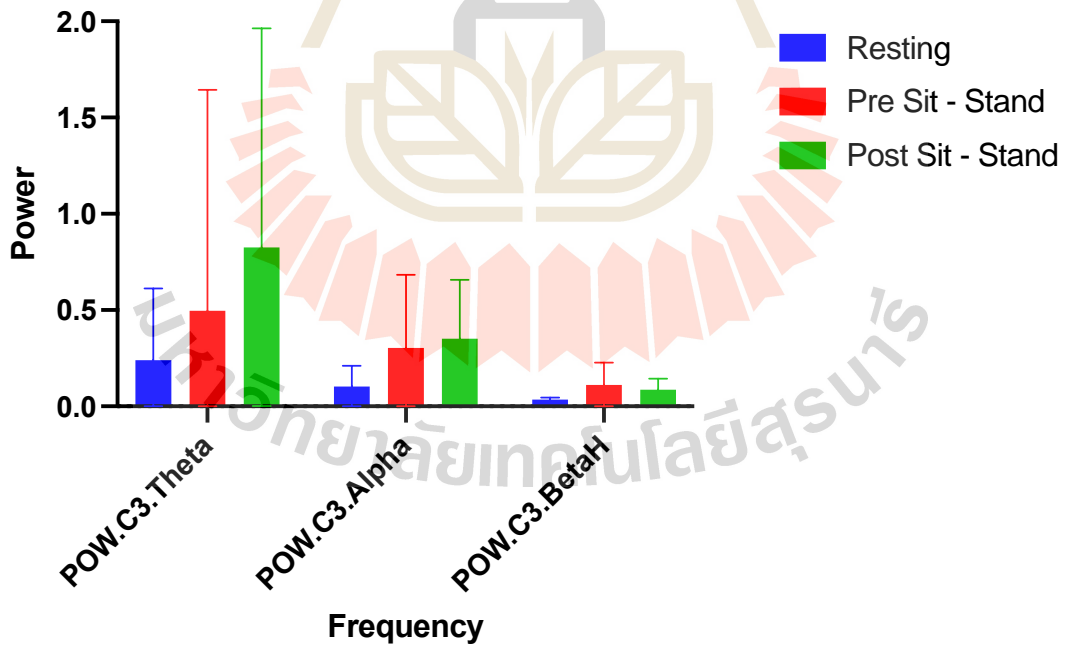
1. ขณะลุกยืน



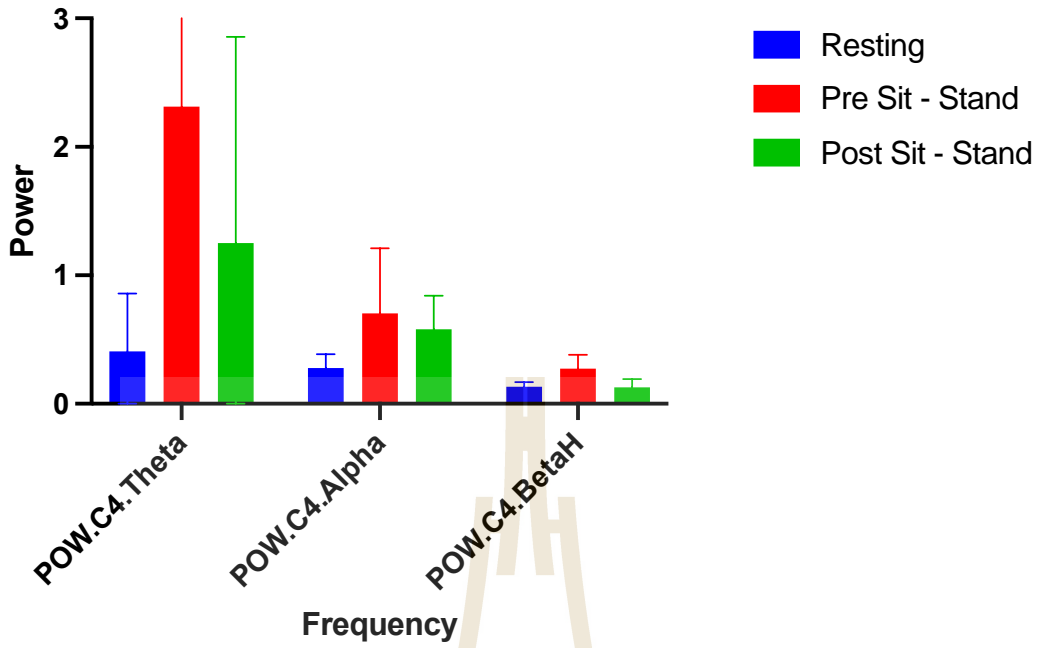
004 F4 Turn Lt / Sit-to-Stand



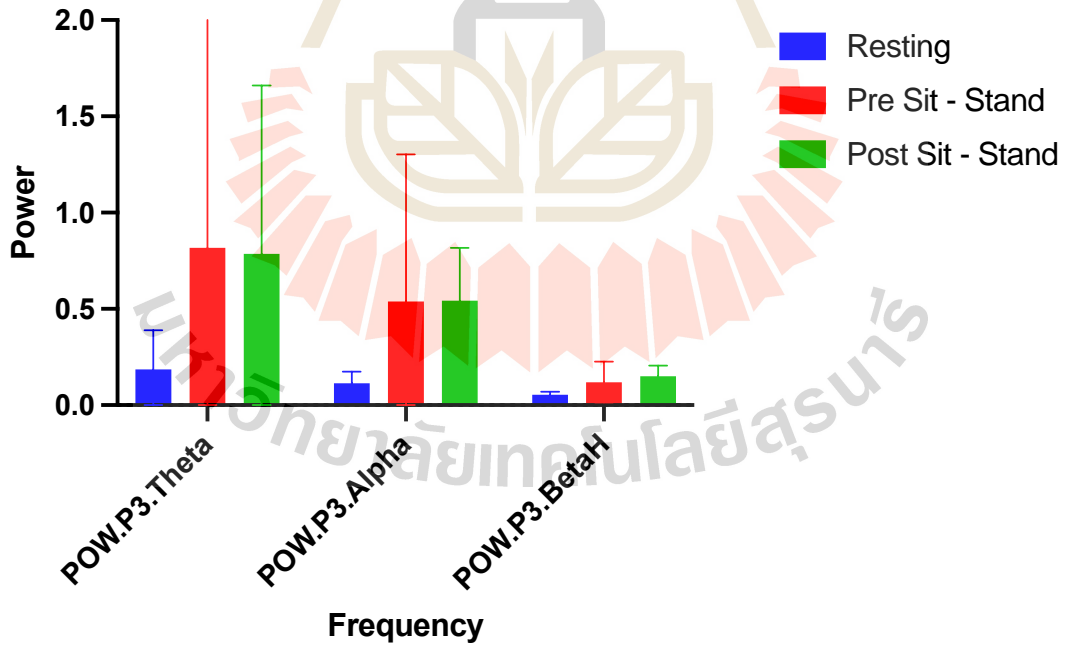
004 C3 Turn Lt / Sit-to-Stand



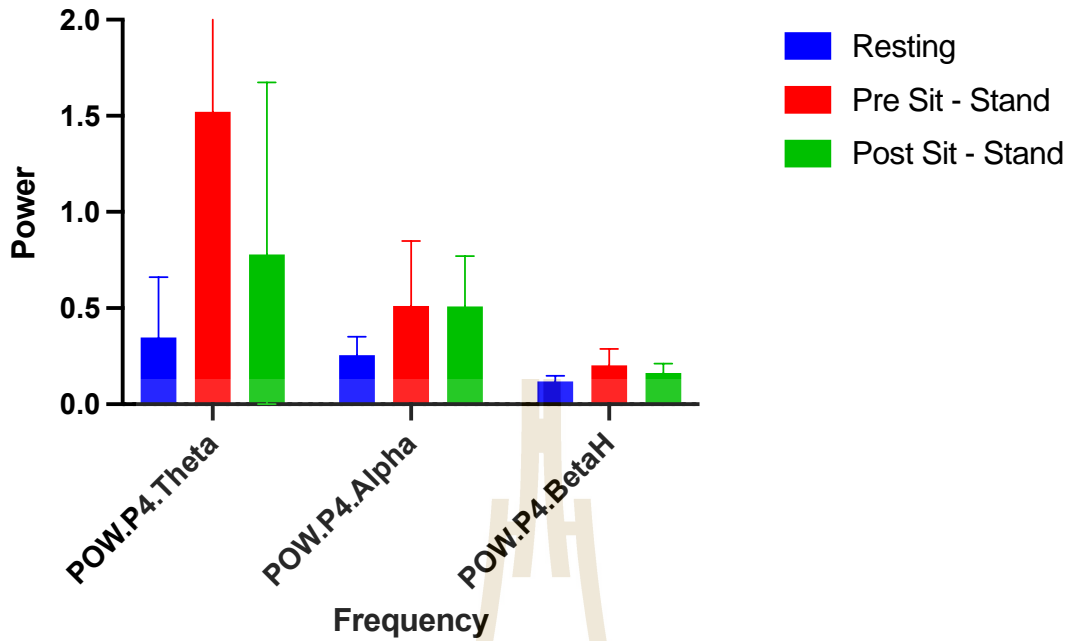
004 C4 Turn Lt / Sit-to-Stand



004 P3 Turn Lt / Sit-to-Stand



004 P4 Turn Lt / Sit-to-Stand

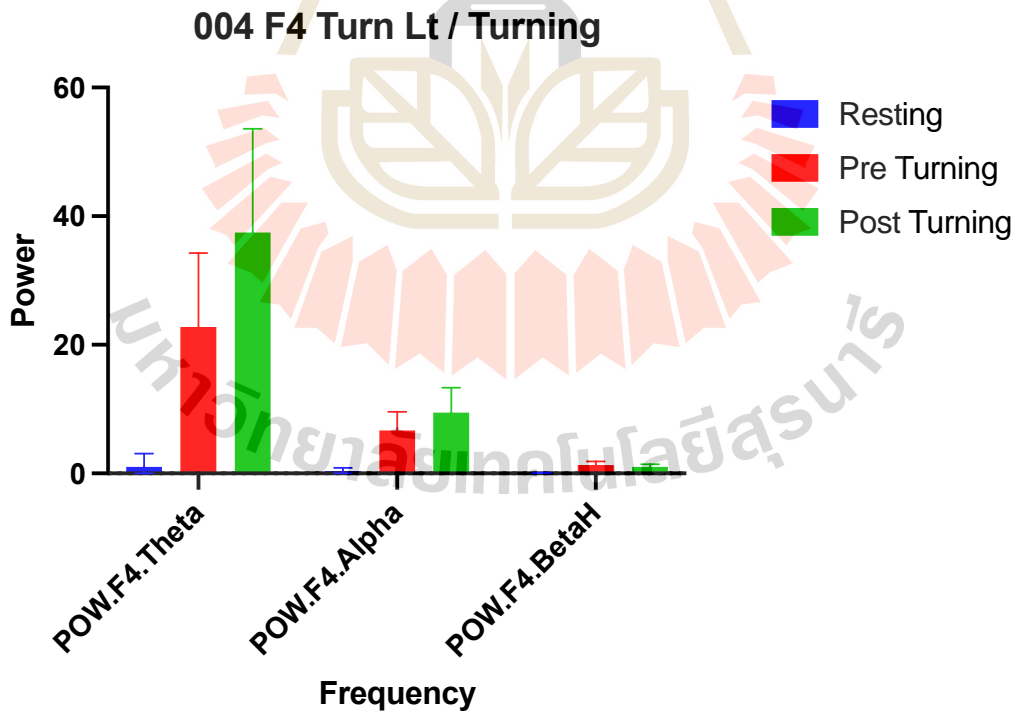
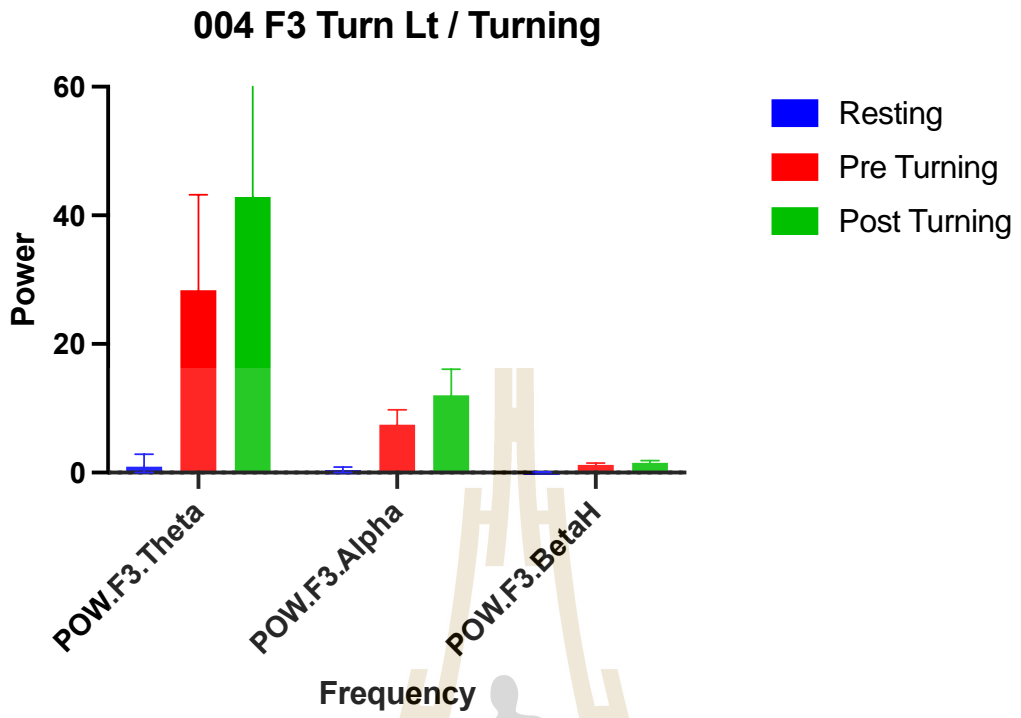


รูปที่ 4.22 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัด ครั้งแรก; Pre Sit - Stand : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัด ครั้งแรก และ Post Sit - Stand: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

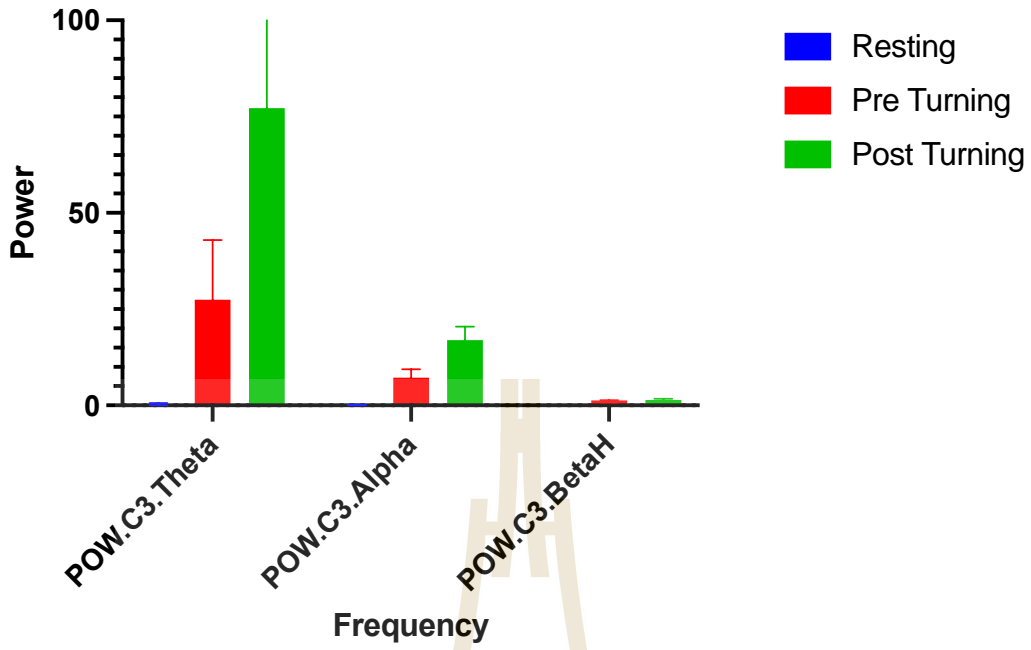
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C3) ซึ่งมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และการลด power ของคลื่น beta ต่างจากสมองส่วน parietal cortex (P3) ซึ่งมีการลด power ของคลื่น theta, ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคลื่น alpha และมีการเพิ่ม power ของคลื่น beta ดังแสดงในรูปที่ 4.22

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C4) ซึ่งมีการลด power ของคลื่น theta, alpha และ beta และต่างจากสมองส่วน parietal cortex (P4) ซึ่งมีการลด power ของคลื่น theta และ beta, และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของคลื่น alpha ดังแสดงในรูปที่ 4.22

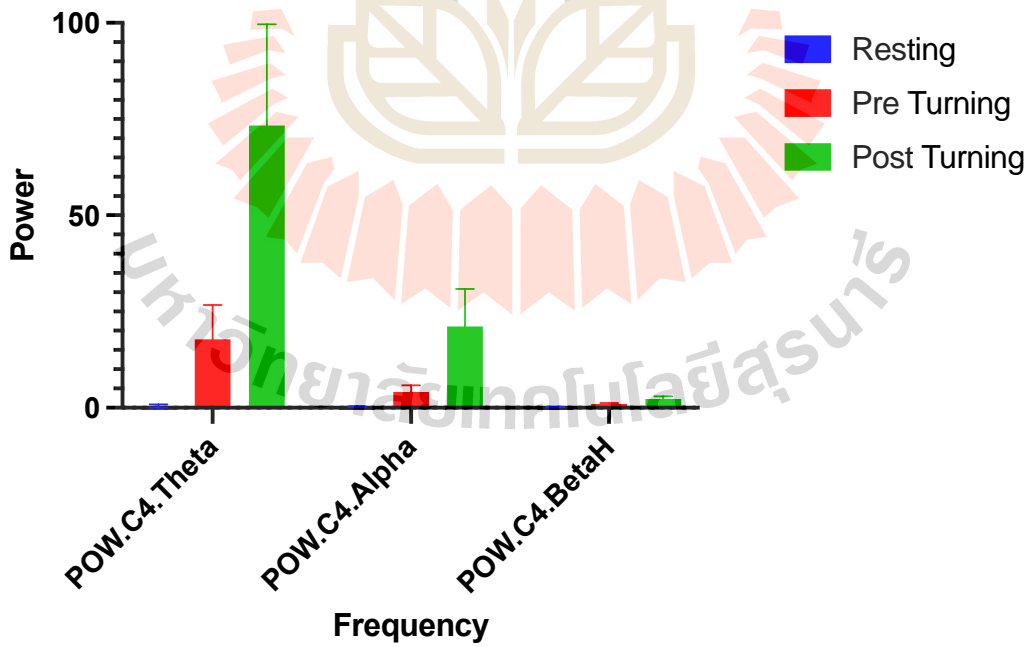
2. ขณะเดินเลี้ยวกลับ

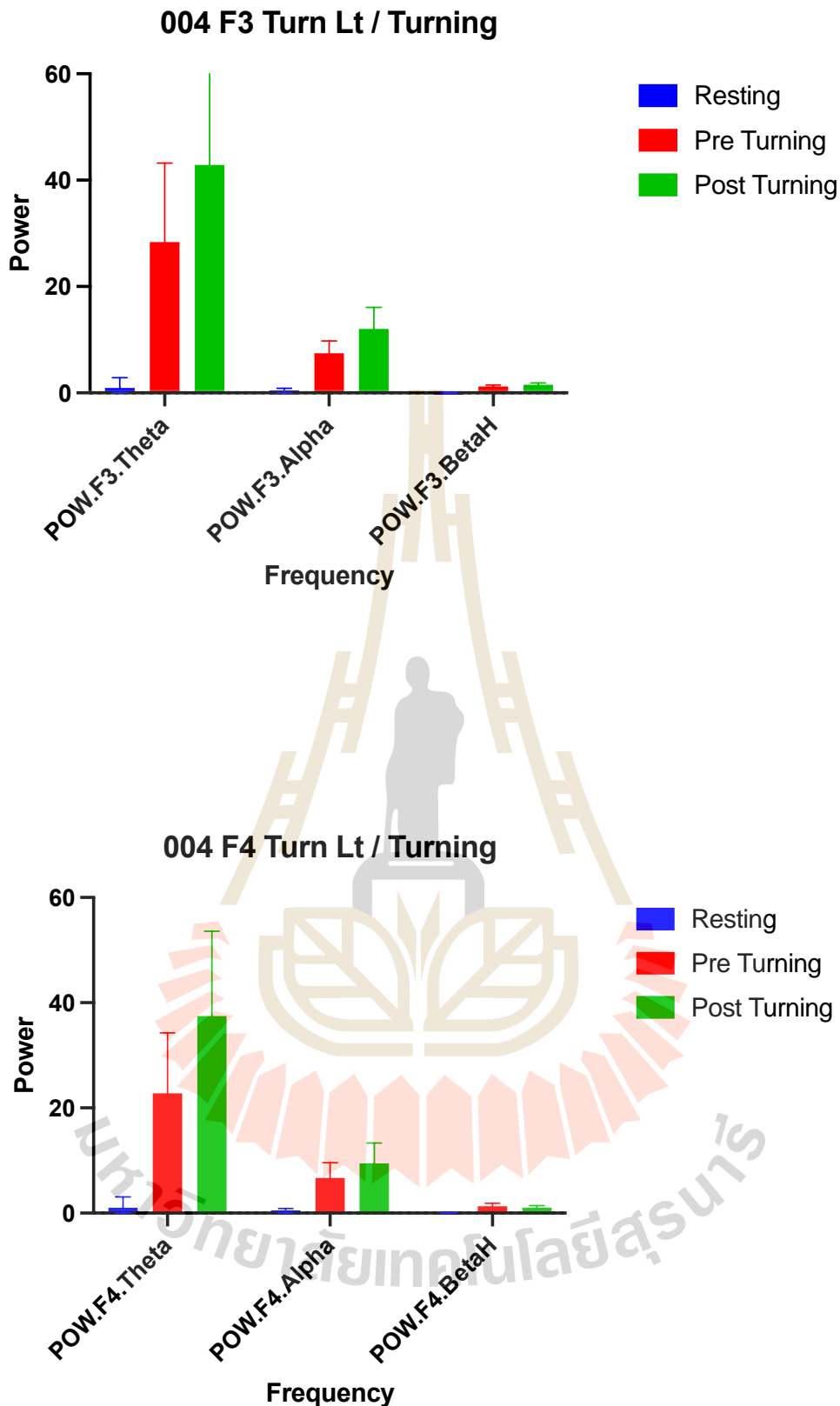


004 C3 Turn Lt / Turning



004 C4 Turn Lt / Turning



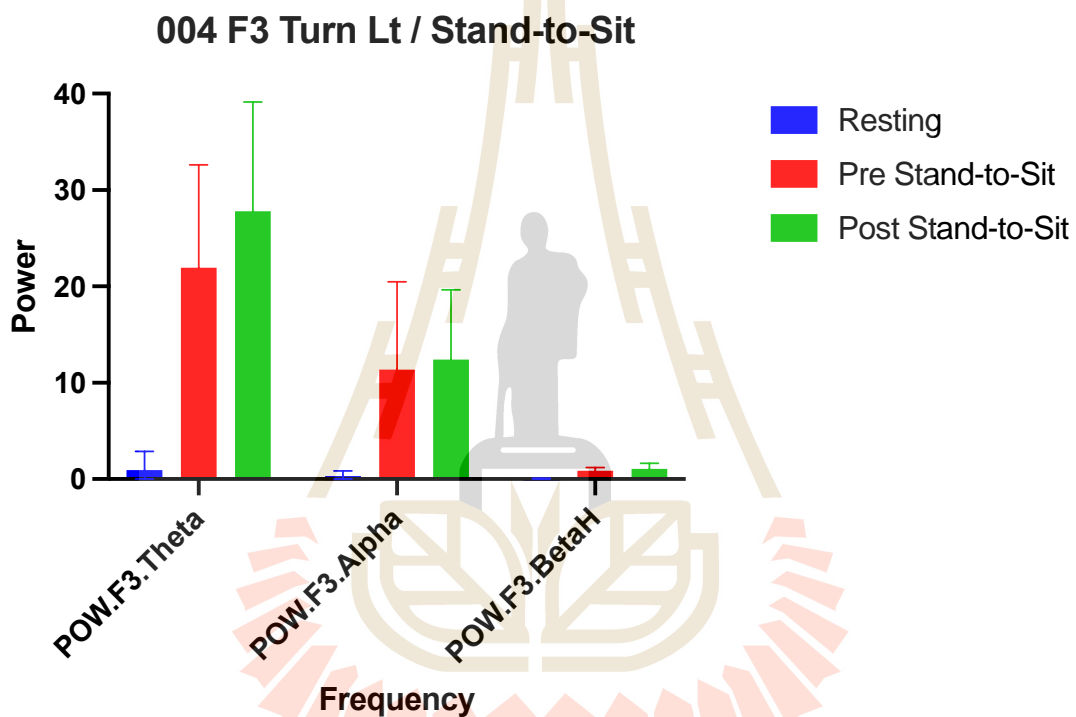


รูปที่ 4.23 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre - Turning : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post - Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

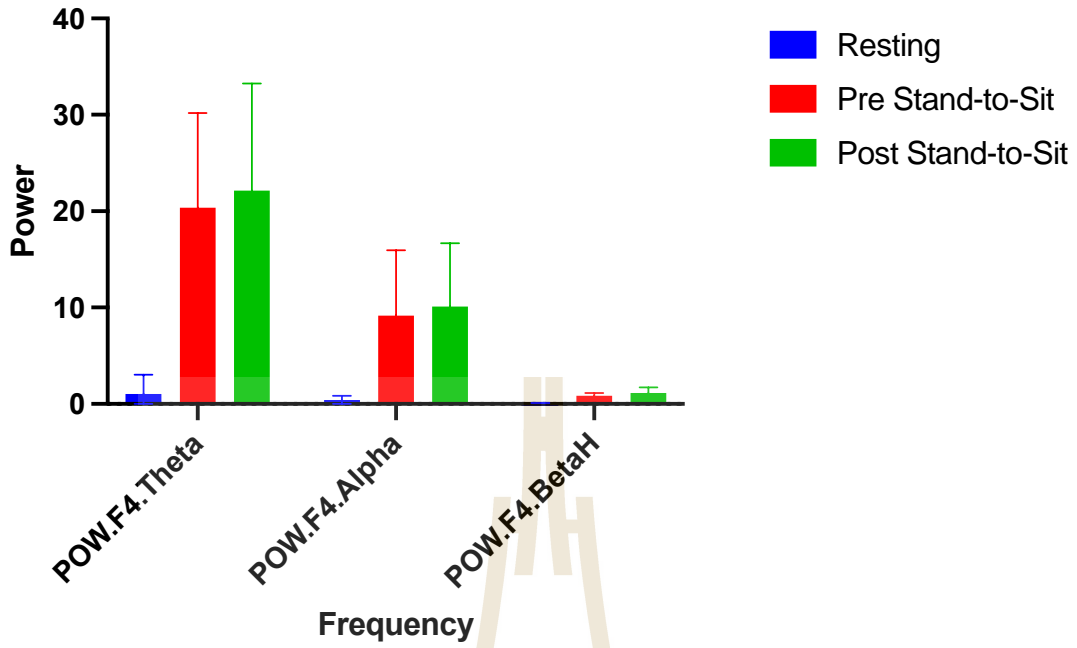
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางซ้าย (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) สมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.23

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางซ้าย (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และ alpha และมีการลด power ของคลื่น beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C4) และสมองส่วน parietal cortex (P4) ซึ่งพบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.23

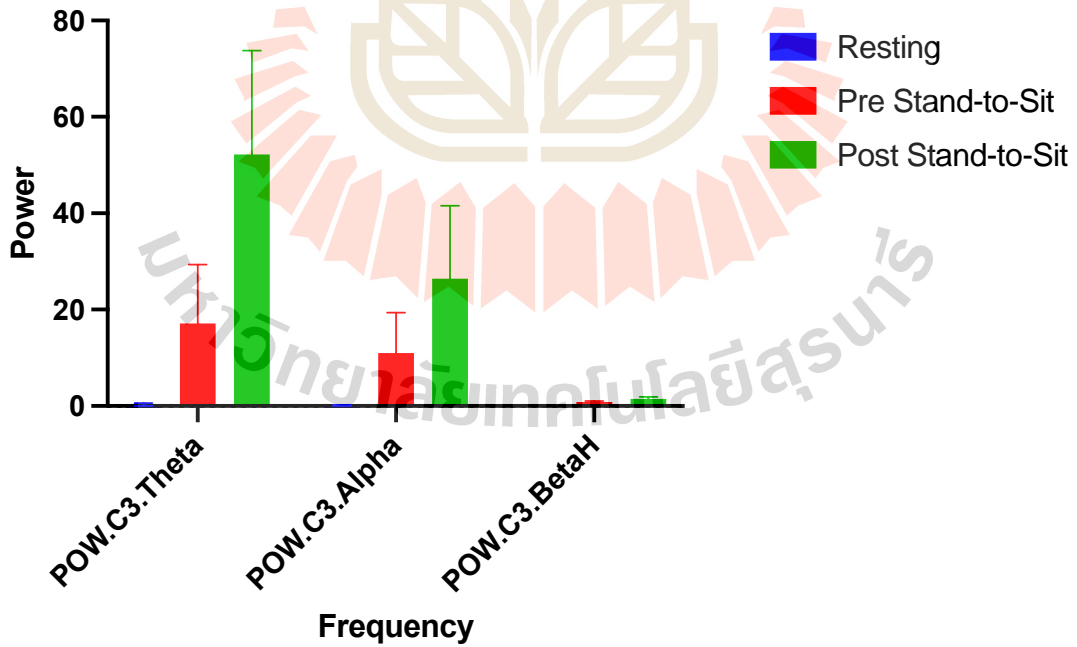
3. ขณะนั่งลงเก้าอี้เมื่อสิ้นสุดการเดิน



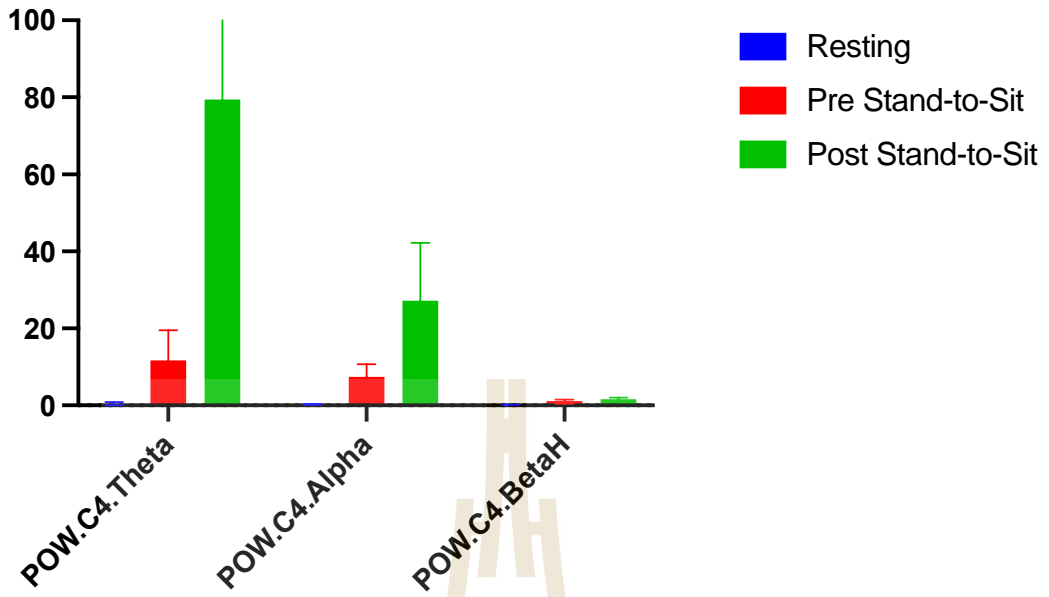
004 F4 Turn Lt / Stand-to-Sit



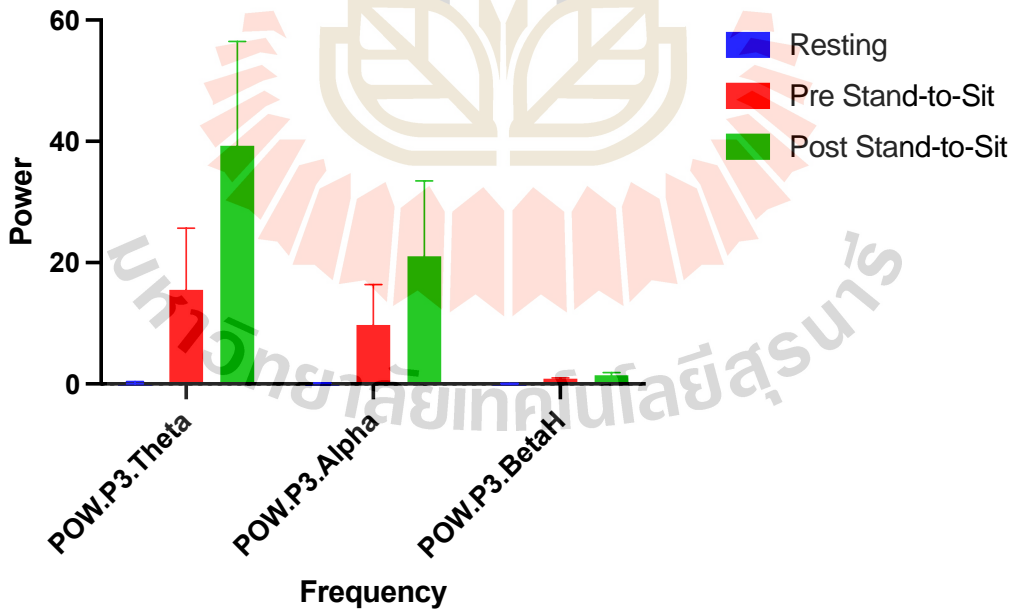
004 C3 Turn Lt / Stand-to-Sit



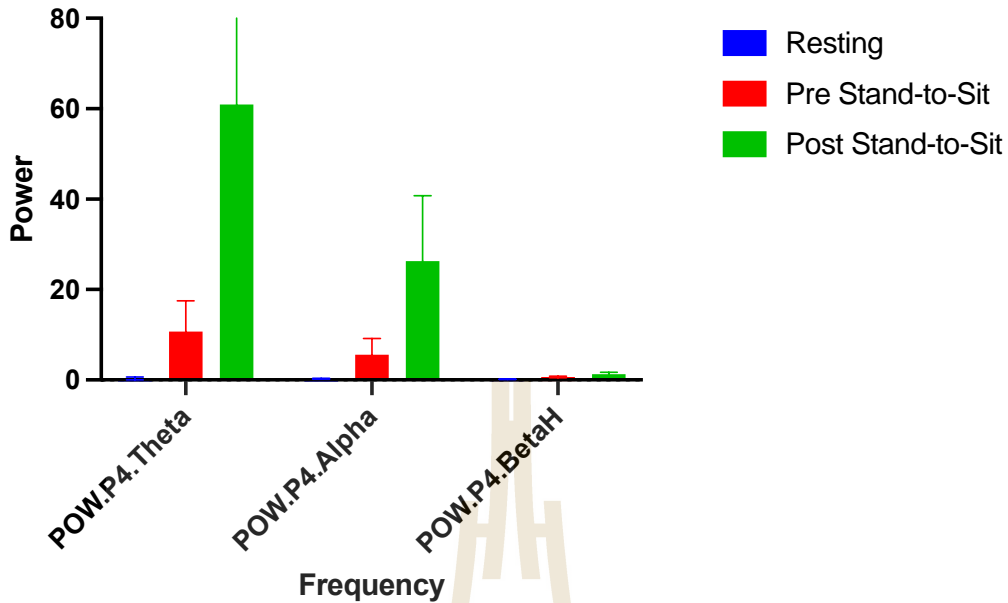
004 C4 Turn Lt / Stand-to-Sit



004 P3 Turn Lt / Stand-to-Sit



004 P4 Turn Lt / Stand-to-Sit



รูปที่ 4.24 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Stand - to - Sit : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Stand -to - Sit: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F3) สมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.24

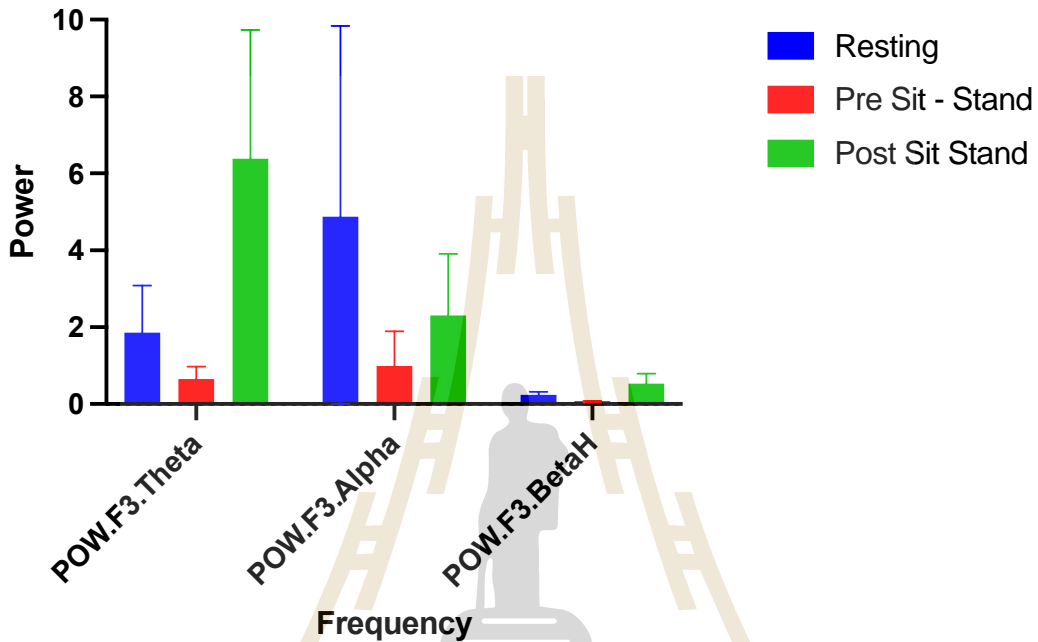
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F4) สมองส่วน motor cortex (C4) และสมองส่วน parietal cortex (P4) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.24

ผู้ป่วย X1 รหัส 002 (อ่อนแรงซีกซ้าย)

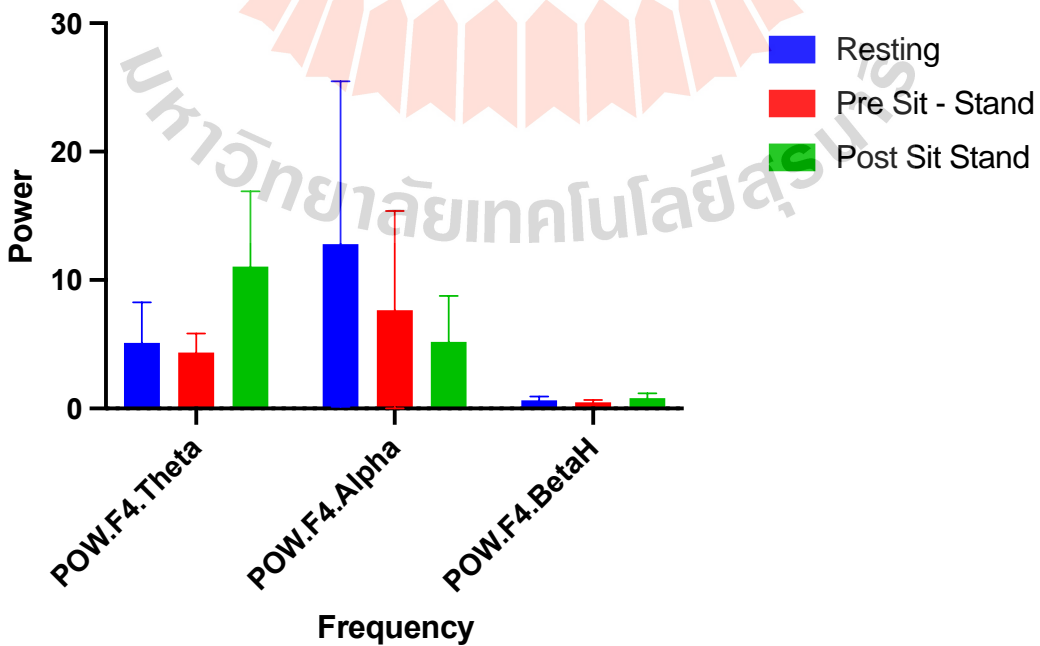
ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทดสอบ Timed Up and Go โดยให้เดินเลี้ยวไปทางขวาที่อ่อนแรง 3 รอบ แล้ว หาค่า mean และ standard deviation (SD)

1. ขณะลุกยืน

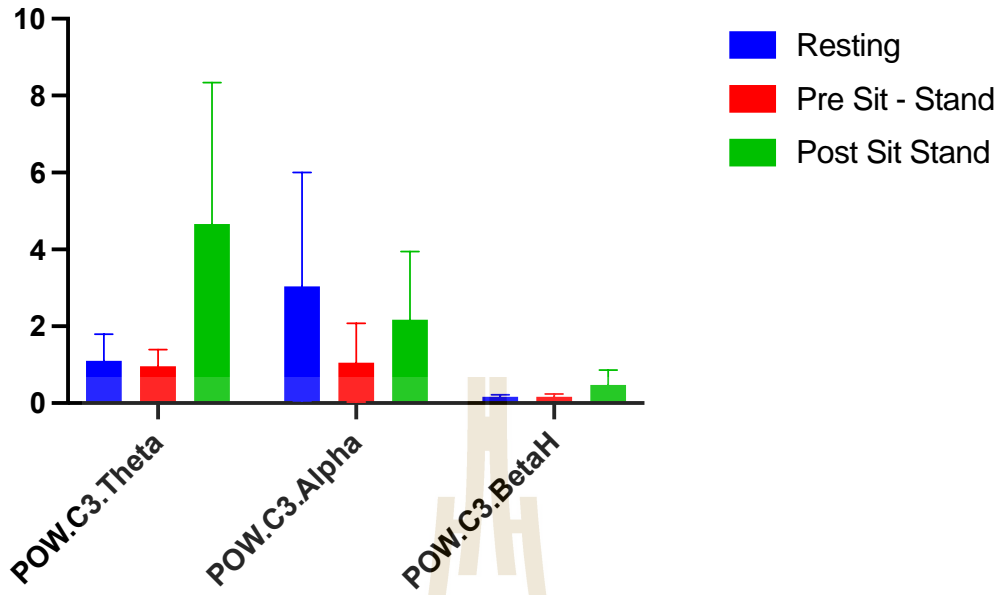
002 F3 Turn Lt / Sit-to-stand



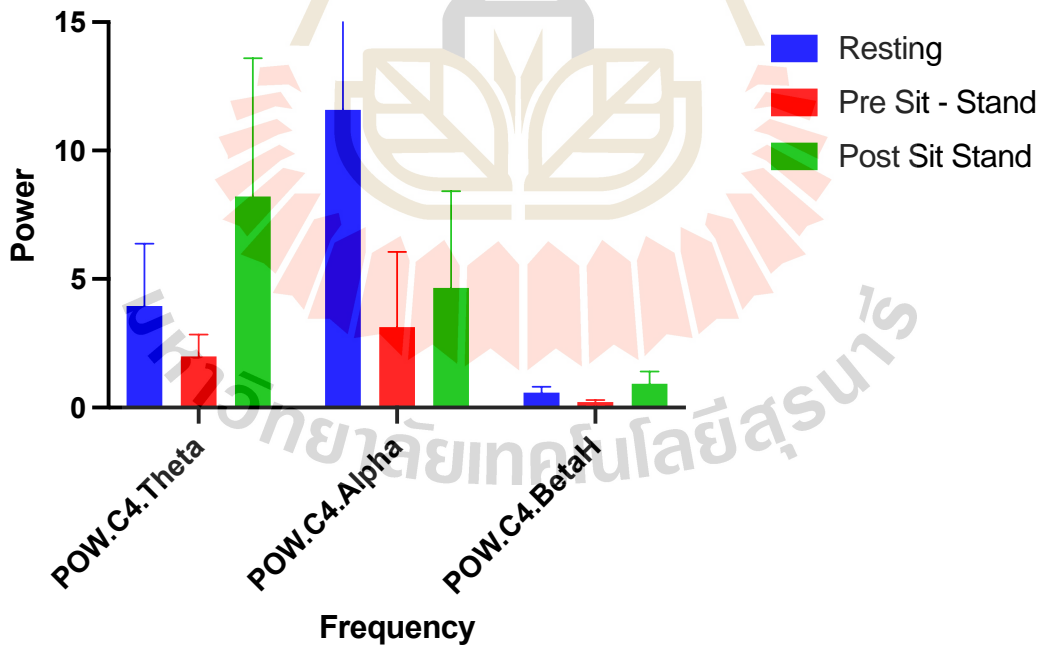
002 F4 Turn Lt / Sit-to-stand



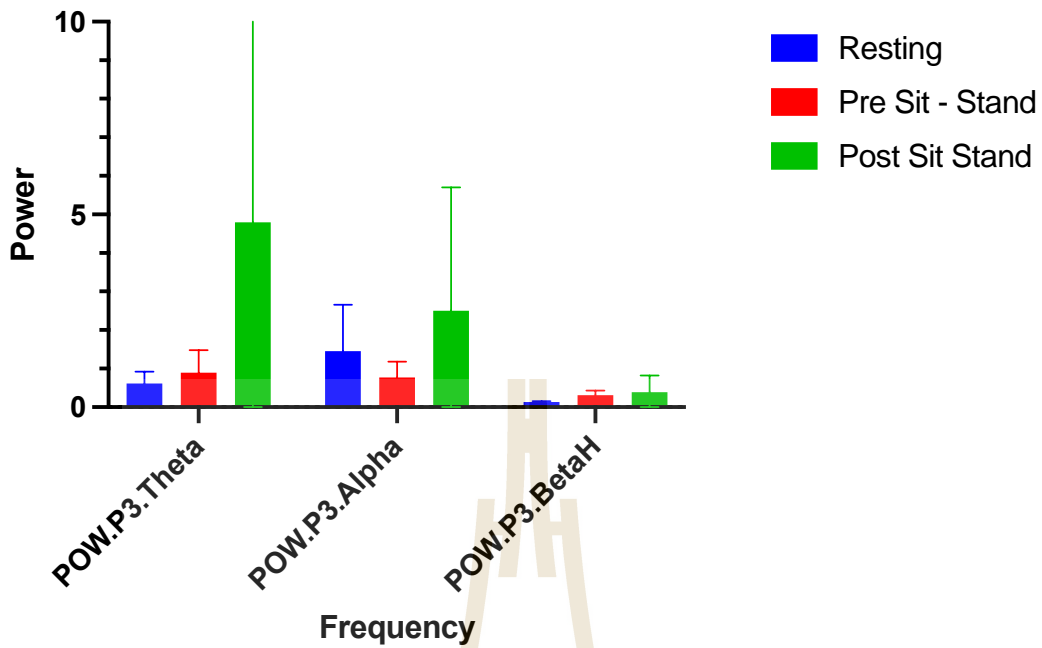
002 C3 Turn Lt / Sit-to-stand



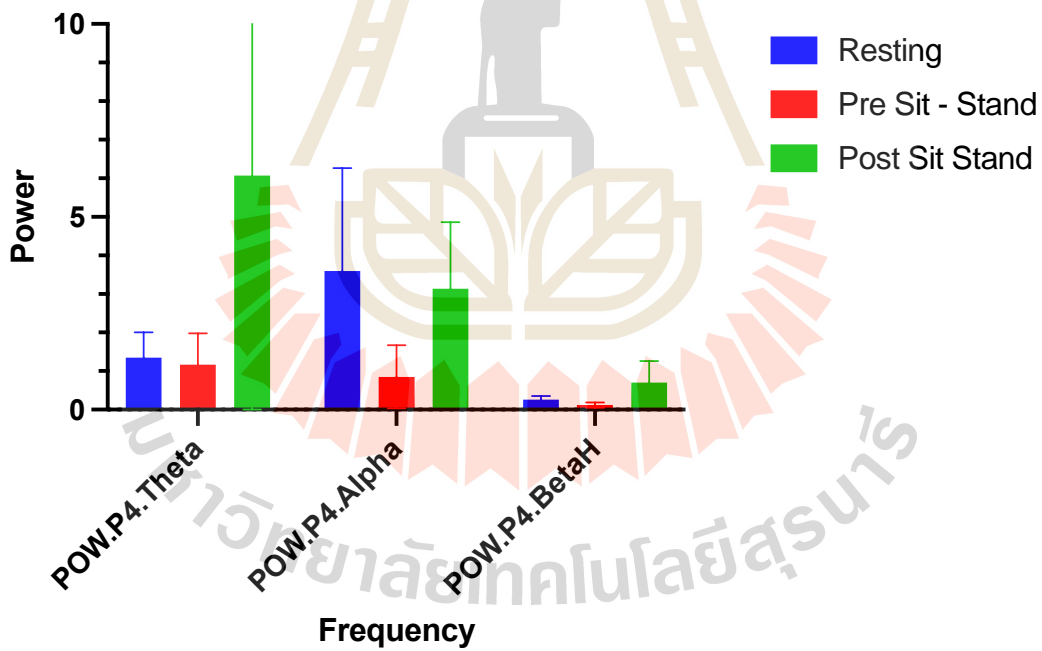
002 C4 Turn Lt / Sit-to-stand



002 P3 Turn Lt / Sit-to-stand



002 P4 Turn Lt / Sit-to-stand

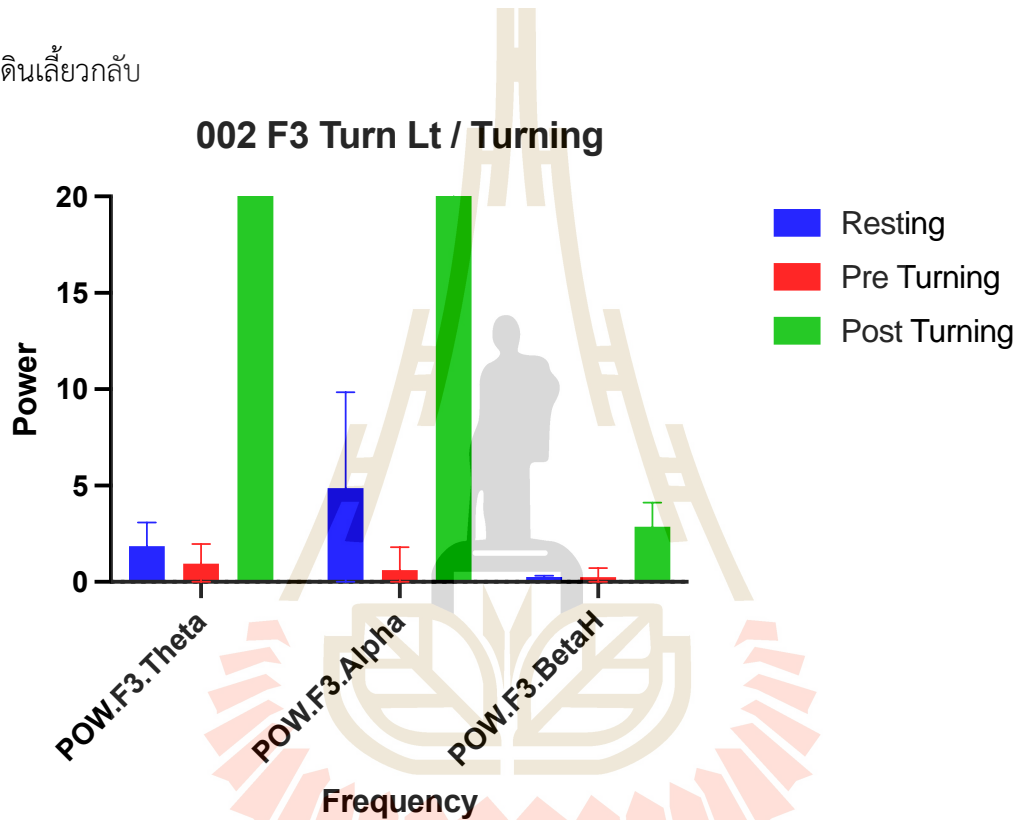


รูปที่ 4.25 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Sit - Stand : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Sit - Stand: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

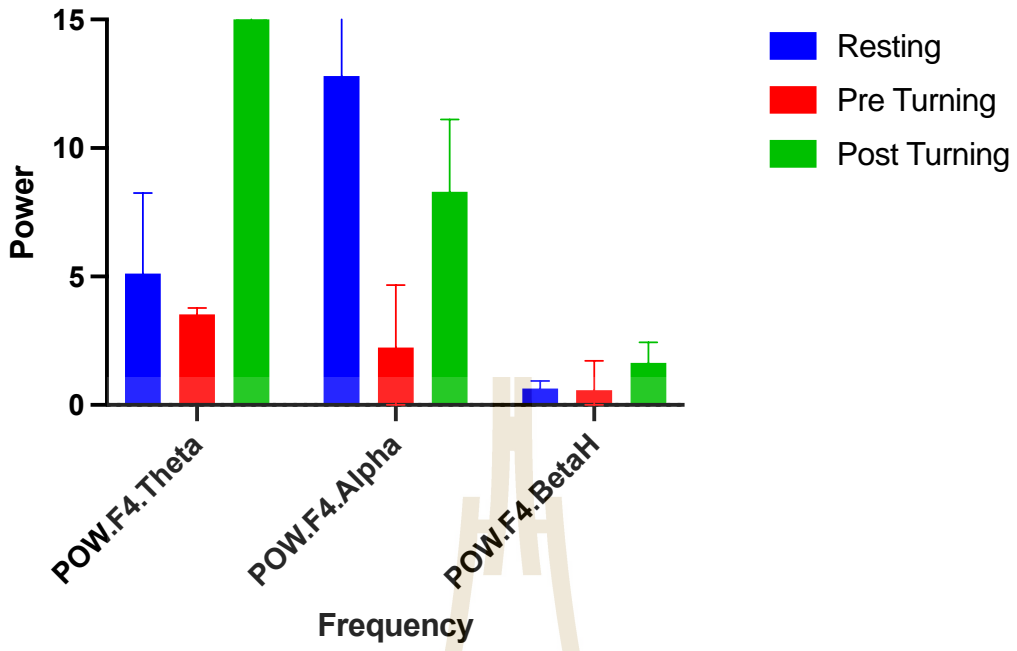
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) สมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.25

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และ beta และมีการลด power ของคลื่น alpha ต่างจาก สมองส่วน motor cortex (C4) และ สมองส่วน parietal cortex (P4) ซึ่งมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.25

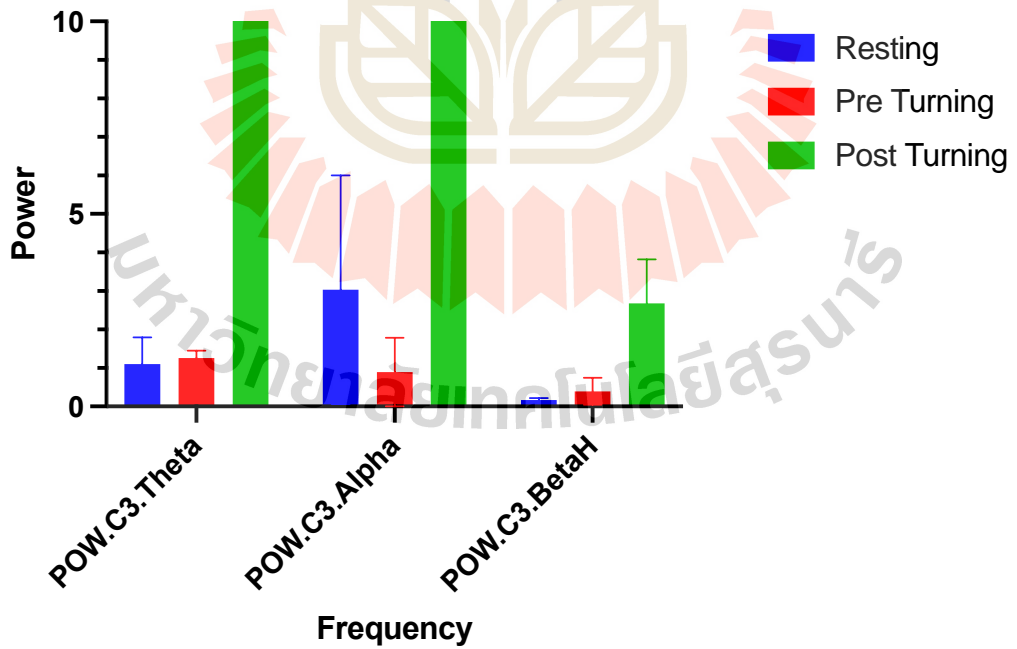
2. ขณะเดินเลี้ยวกลับ



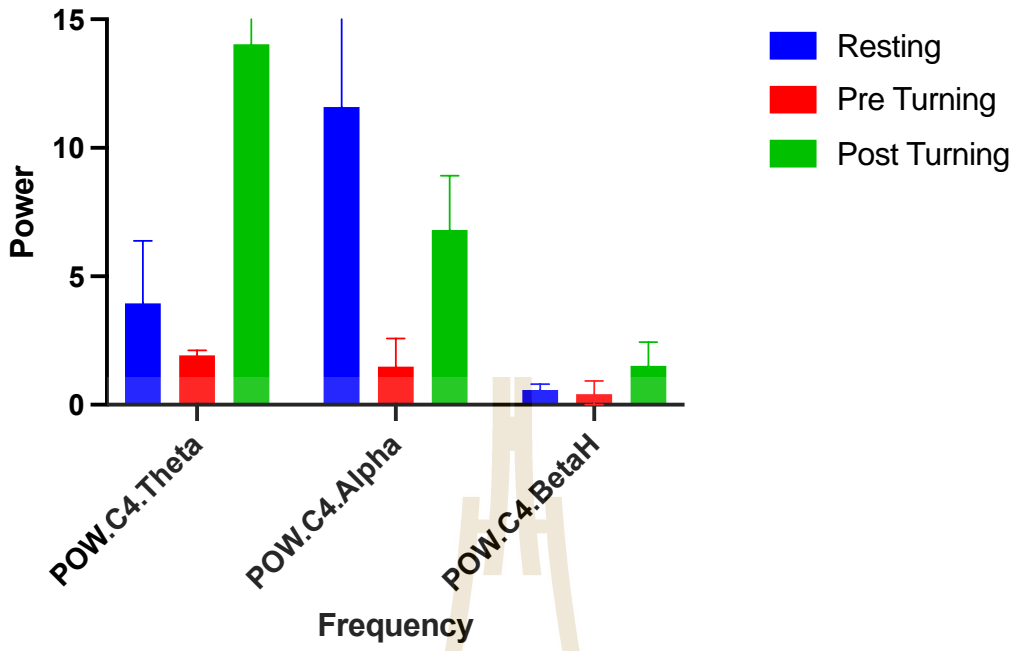
002 F4 Turn Lt / Turning



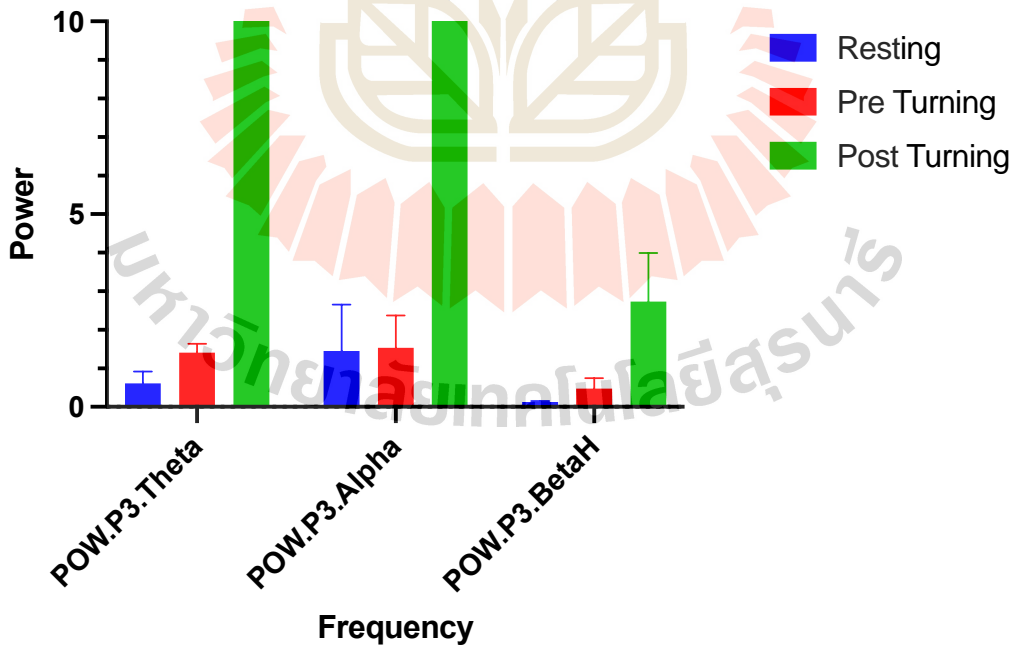
002 C3 Turn Lt / Turning

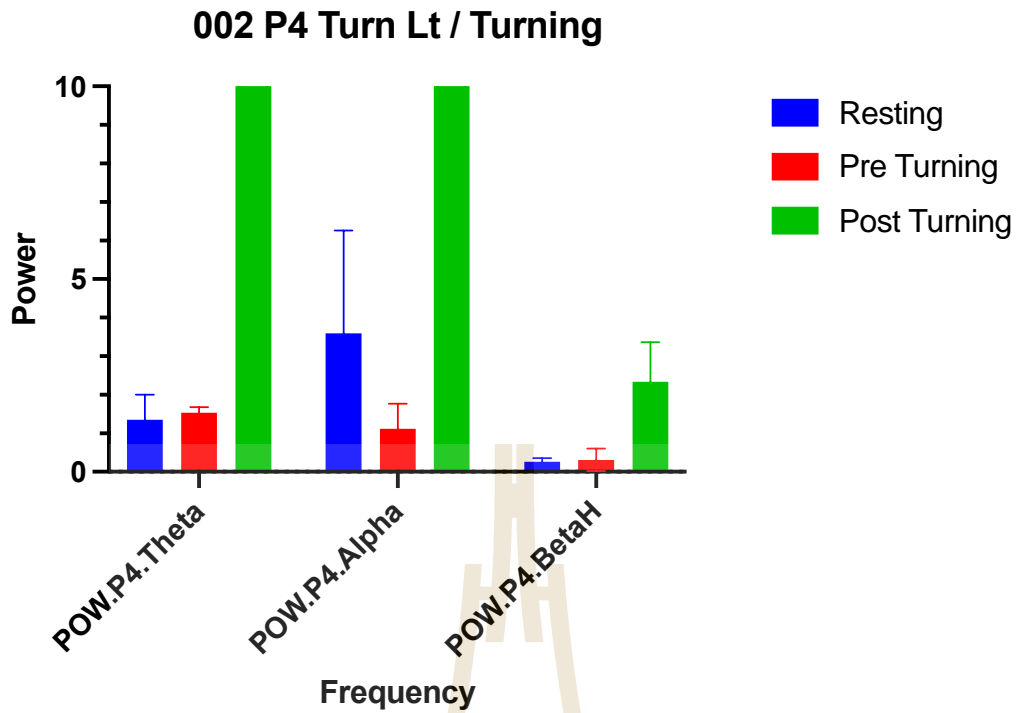


002 C4 Turn Lt / Turning



002 P3 Turn Lt / Turning



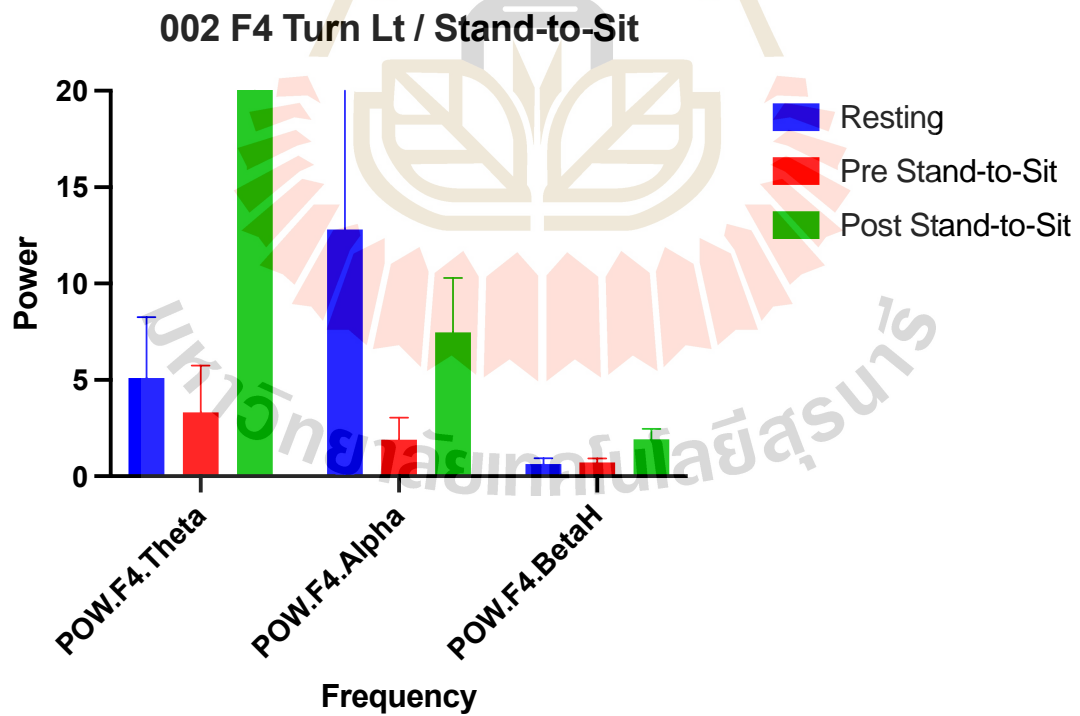
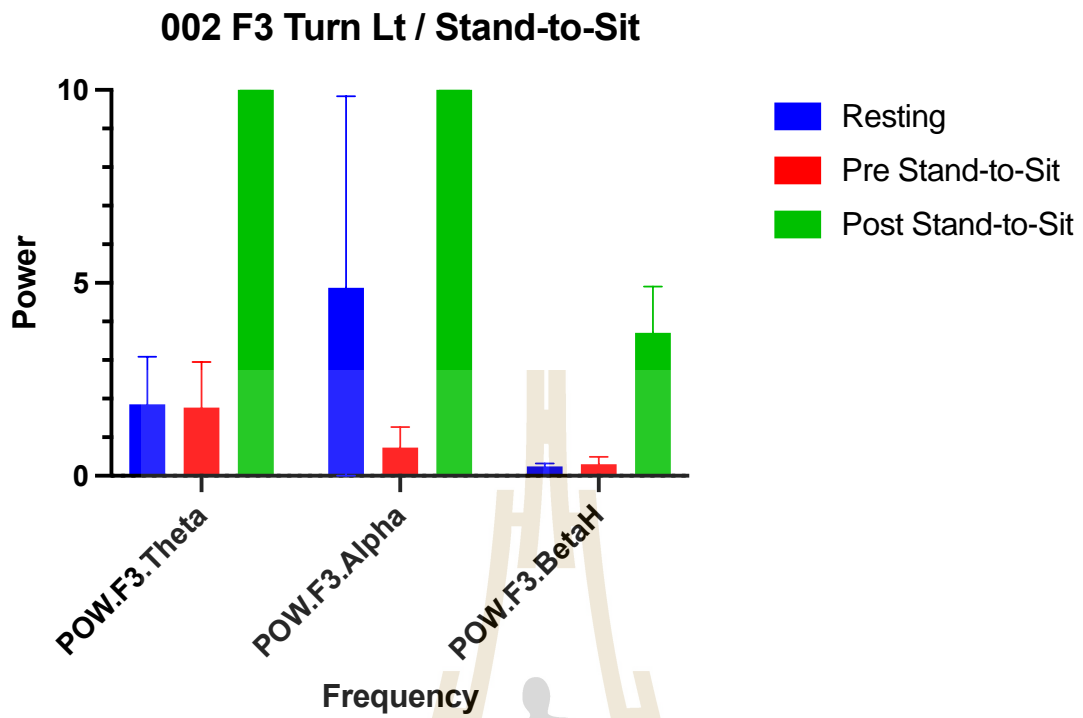


รูปที่ 4.26 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre - Turning : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post - Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

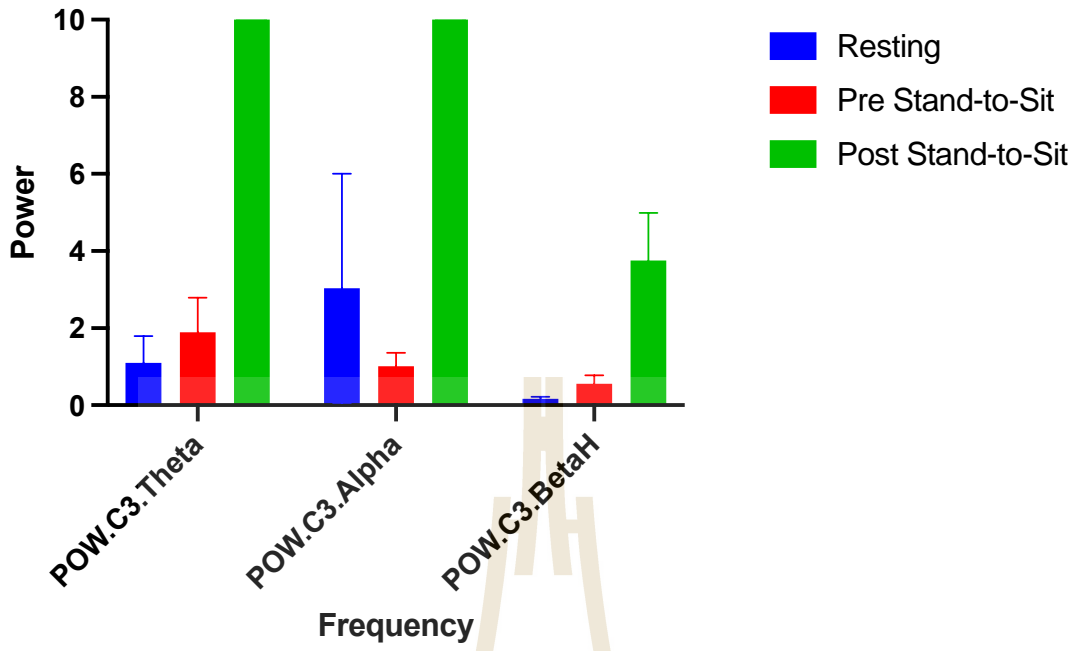
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางซ้าย (อ่อนแรงซีกซ้าย) ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) สมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.26

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางซ้าย (อ่อนแรงซีกซ้าย) ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) สมองส่วน motor cortex (C4) และสมองส่วน parietal cortex (P4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.26

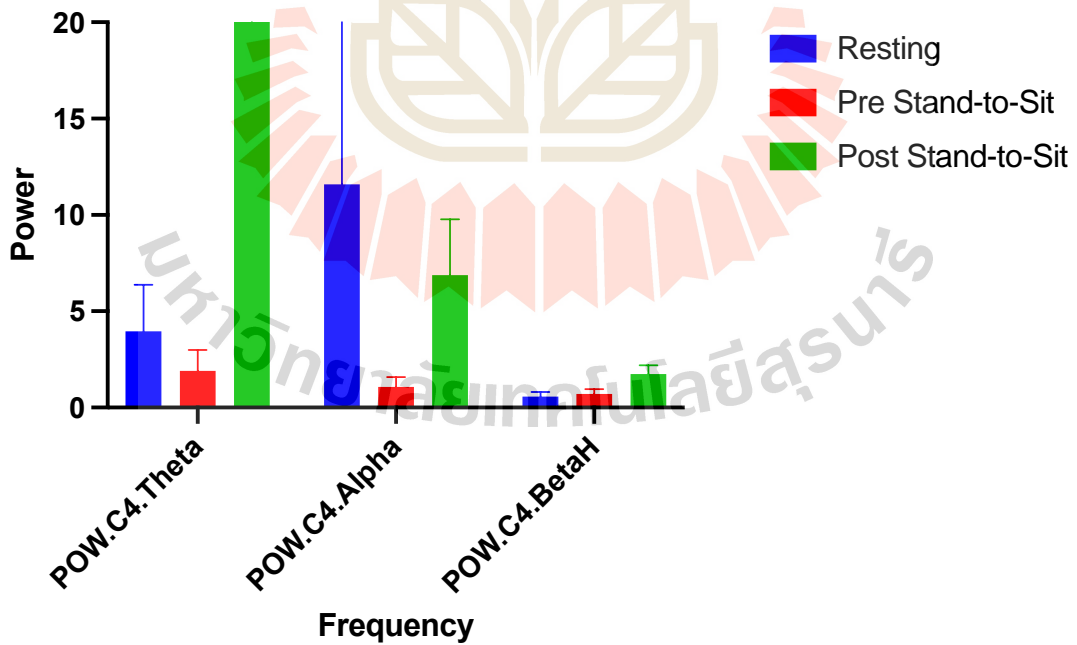
3. ระยะเวลาที่กล้ามเนื้อสันหลังการเดิน

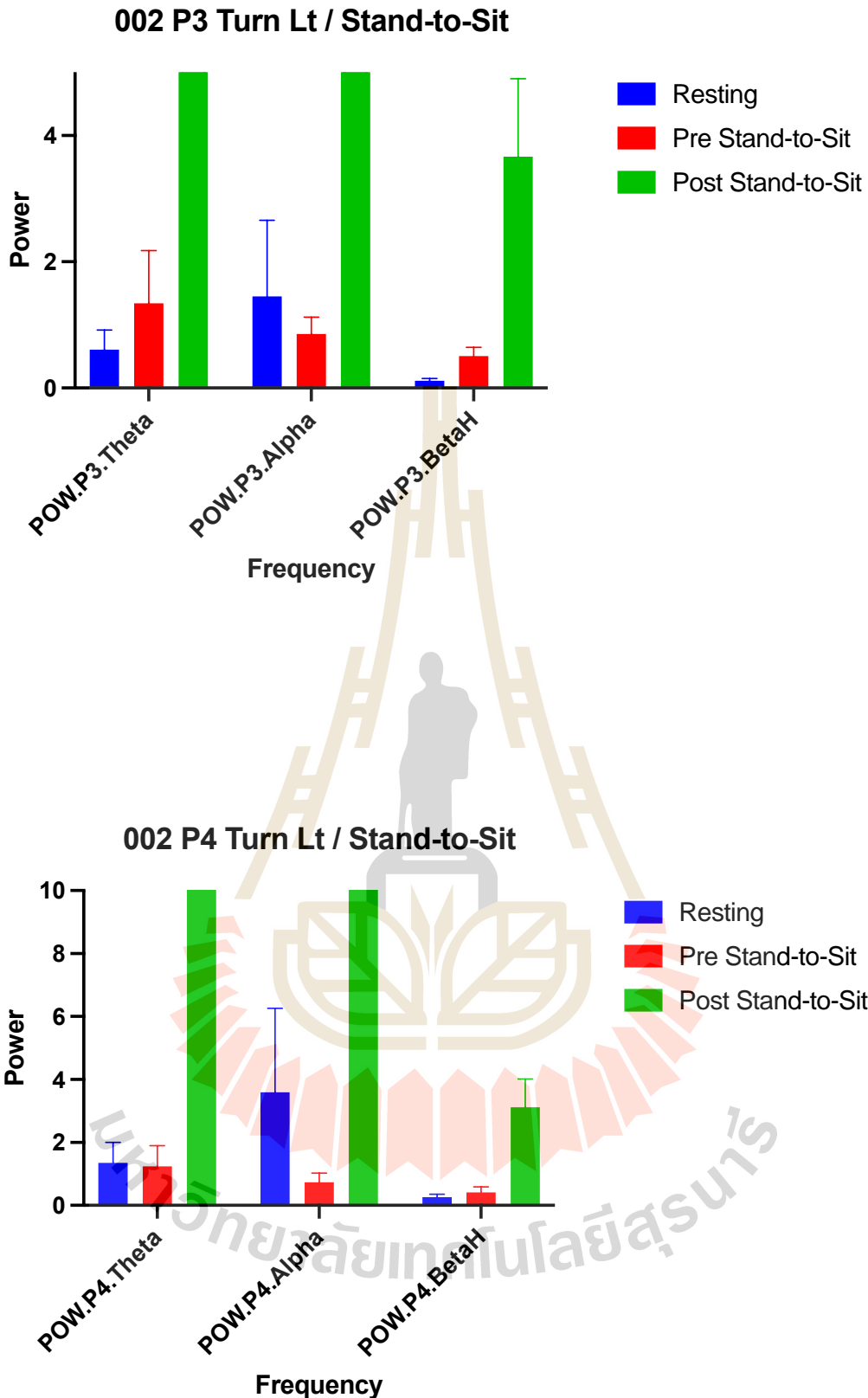


002 C3 Turn Lt / Stand-to-Sit



002 C4 Turn Lt / Stand-to-Sit





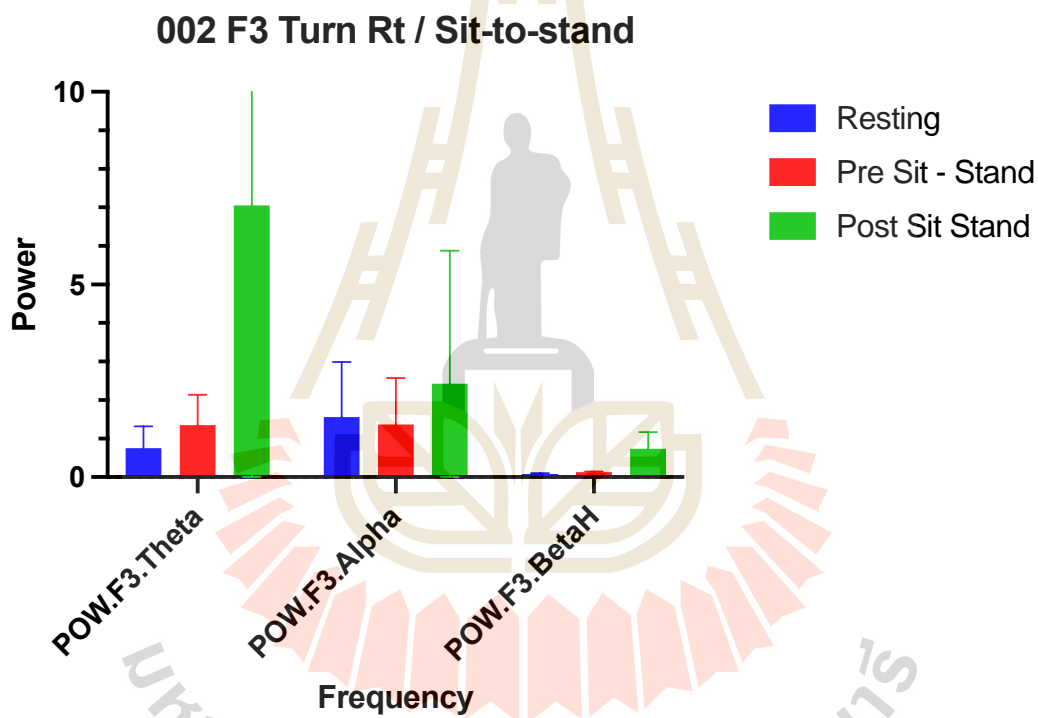
รูปที่ 4.27 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Stand - to - Sit : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Stand -to - Sit: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) สมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.27

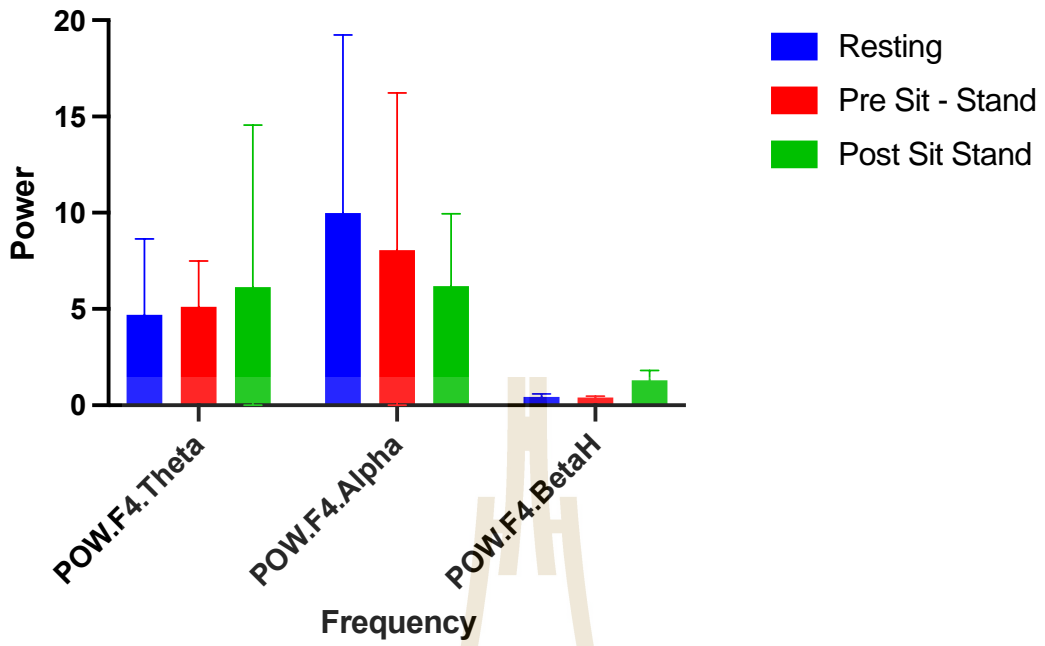
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) สมองส่วน motor cortex (C4) และสมองส่วน parietal cortex (P4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.27

ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทดสอบ Timed Up and Go โดยให้เดินเลี้ยวไปทางขวาที่ปกติ 3 รอบ แล้ว หาค่า mean และ standard deviation (SD)

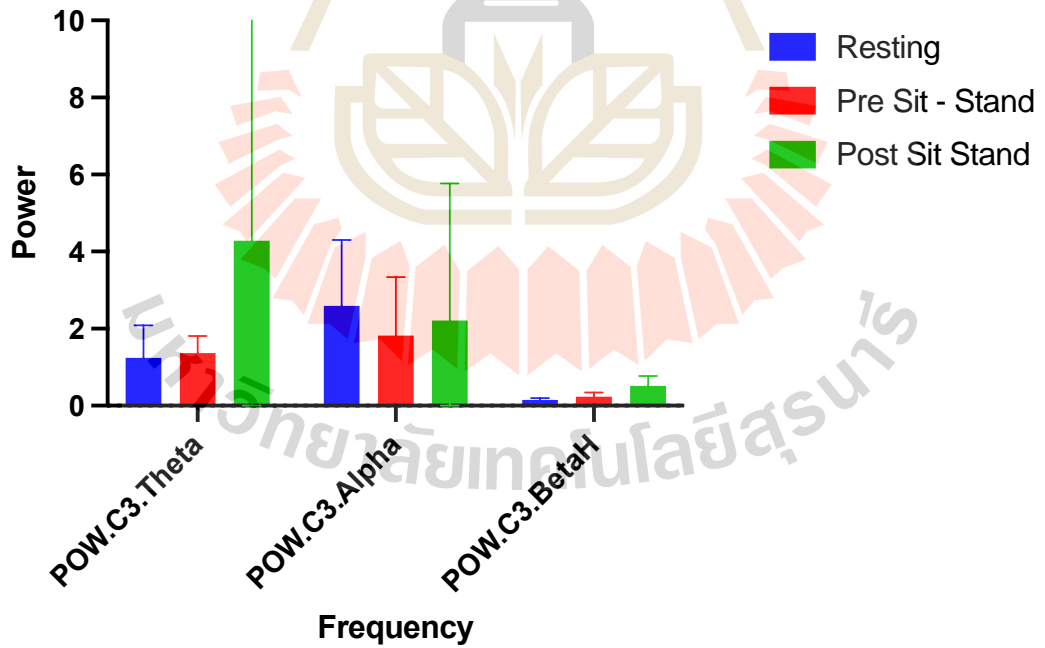
1. ขณะลุกยืน



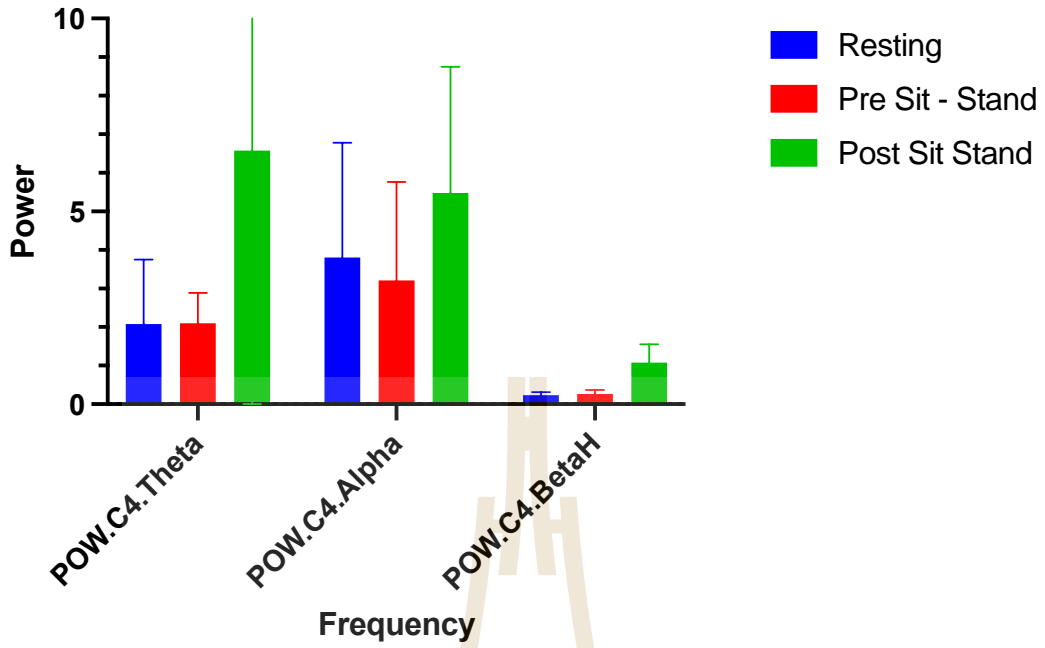
002 F4 Turn Rt / Sit-to-stand



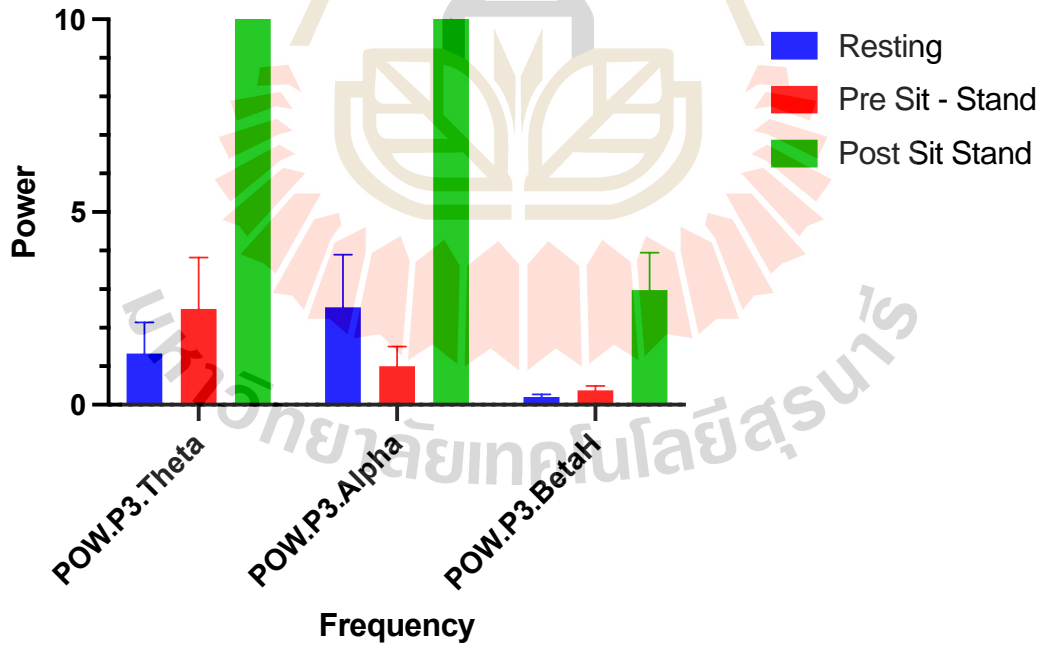
002 C3 Turn Rt / Sit-to-stand



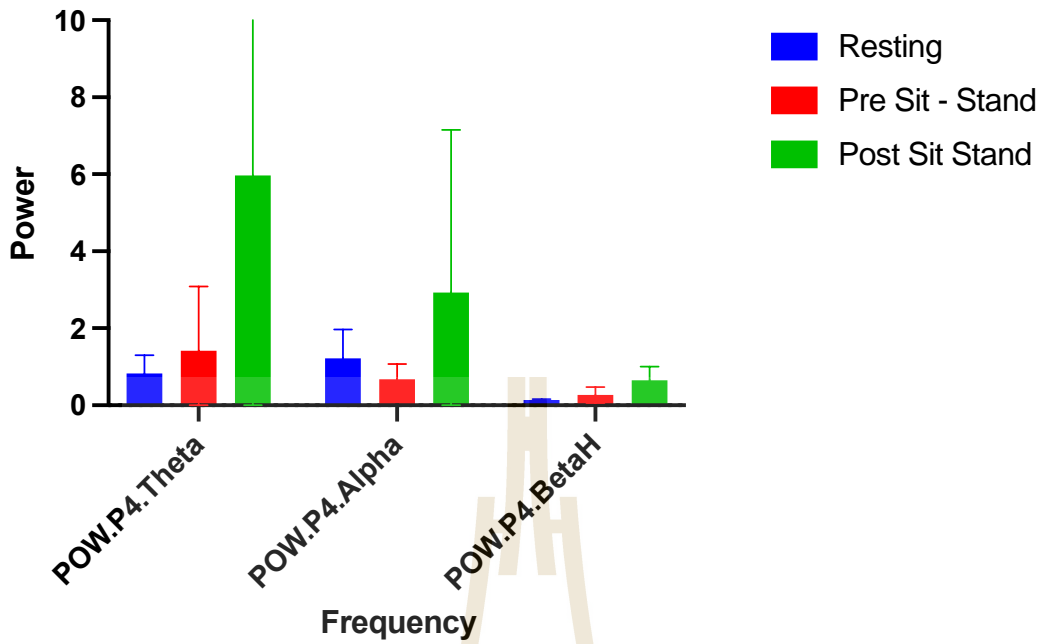
002 C4 Turn Rt / Sit-to-stand



002 P3 Turn Rt / Turning



002 P4 Turn Rt / Sit-to-stand



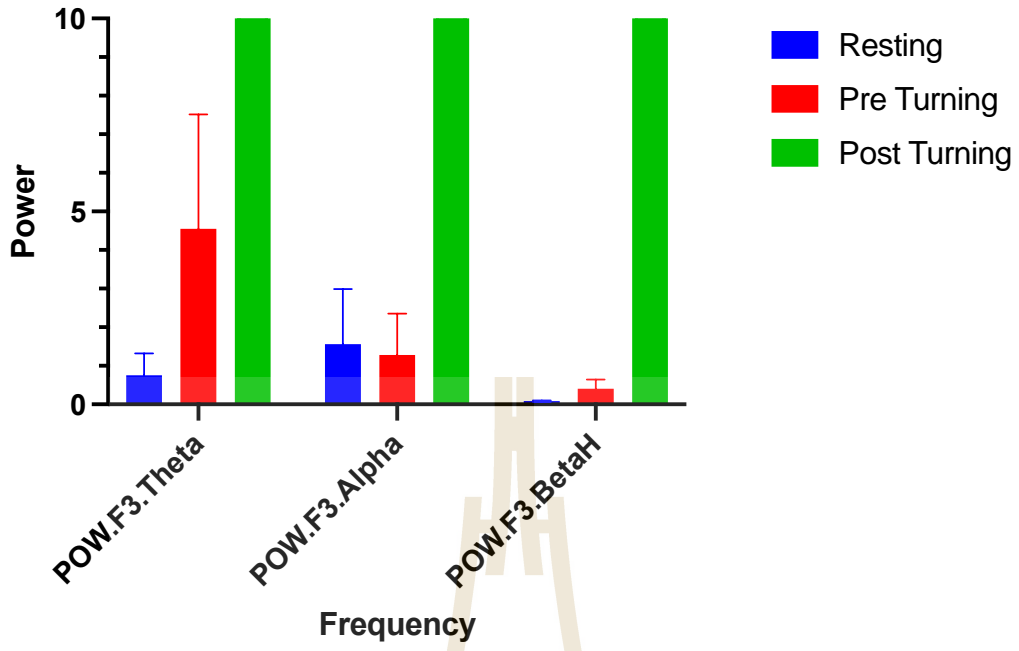
รูปที่ 4.28 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัด ครั้งแรก; Pre Sit – Stand : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัด ครั้งแรก และ Post Sit – Stand: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) สมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.28

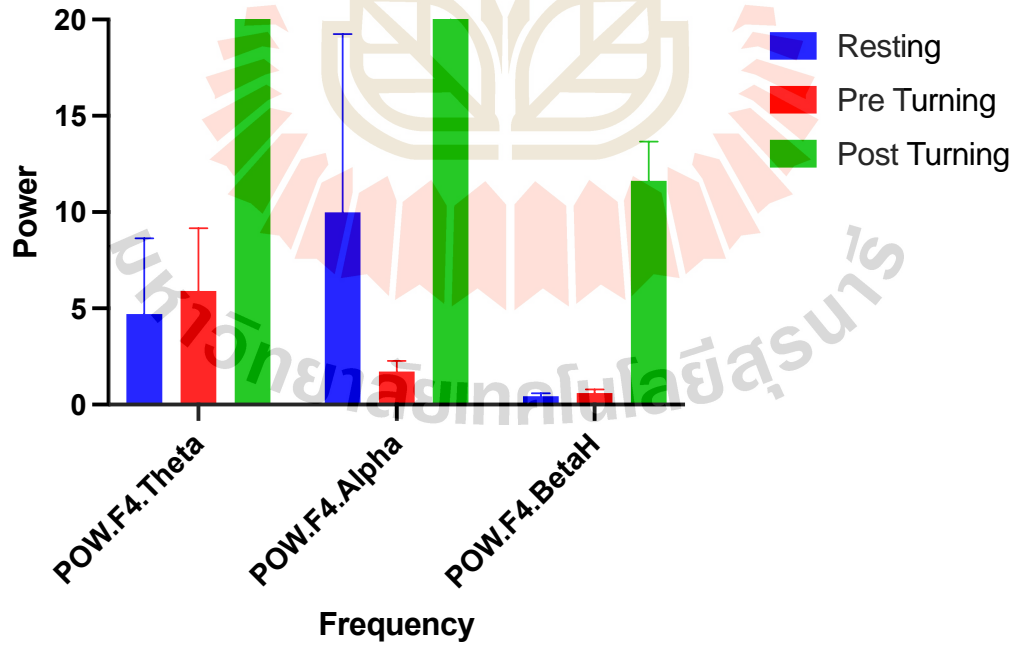
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และ beta และมีการลด power ของคลื่น alpha ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C4) และ สมองส่วน parietal cortex (P4) ซึ่งมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.28

2. ขณะเดินเลี้ยวกลับ

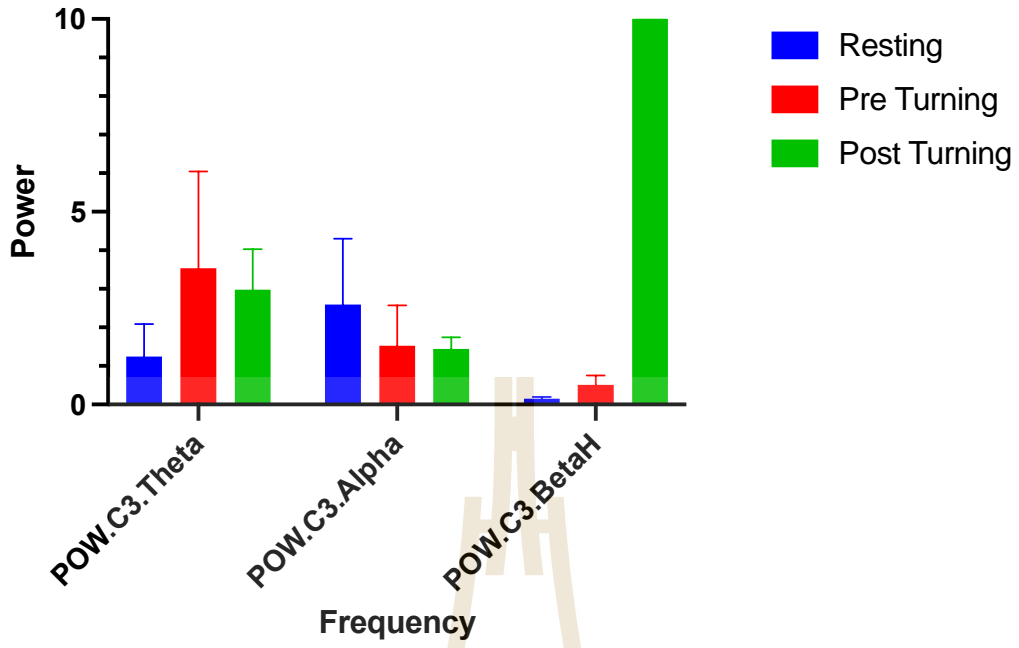
002 F3 Turn Rt / Turning



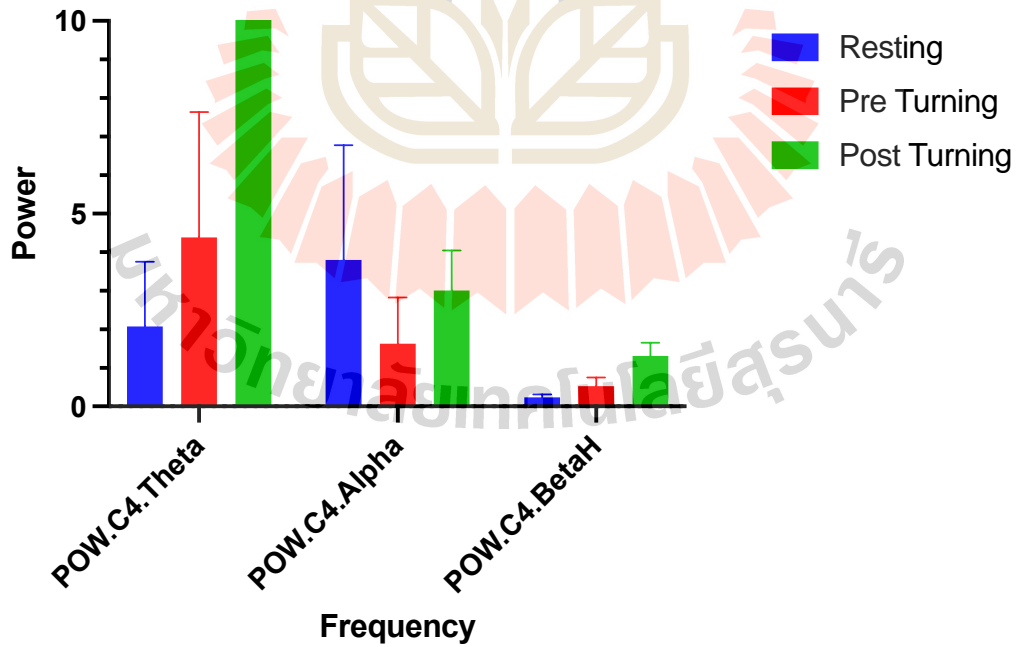
002 F4 Turn Rt / Turning

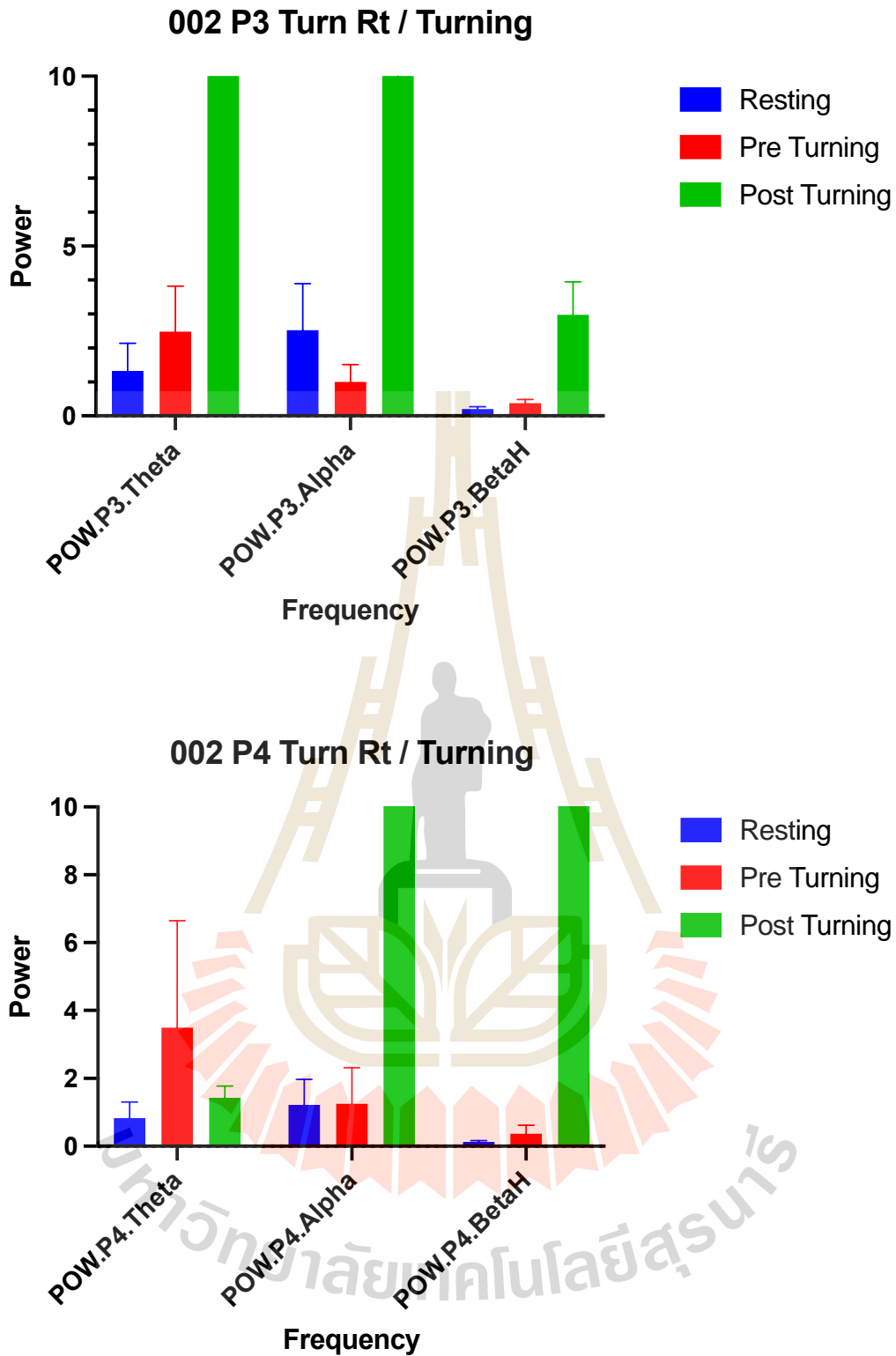


002 C3 Turn Rt / Turning



002 C4 Turn Rt / Turning



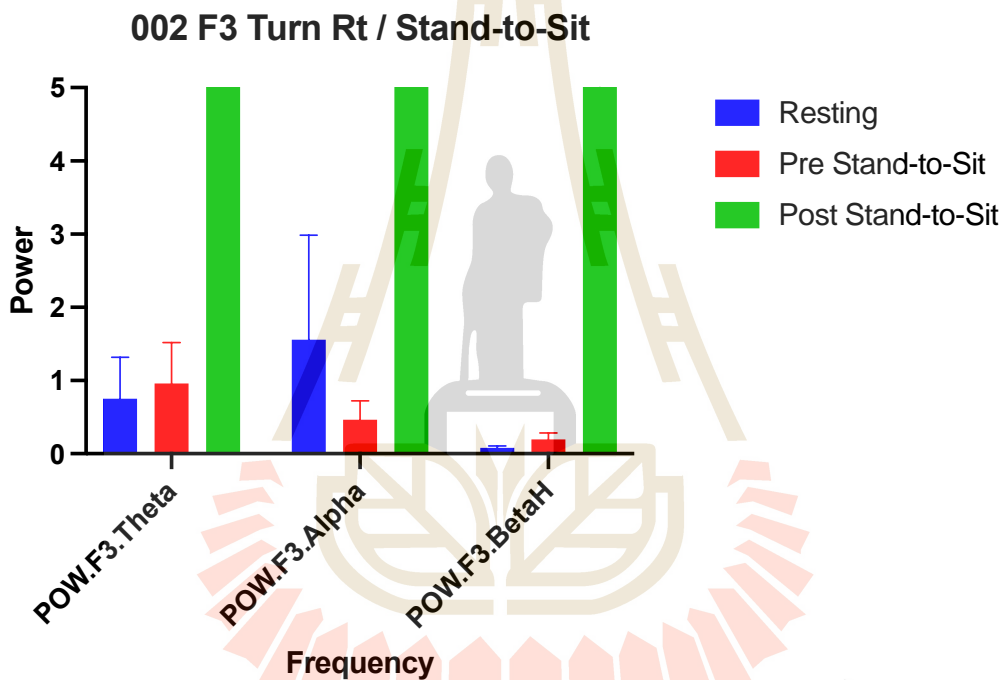


รูปที่ 4.29 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre - Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post - Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

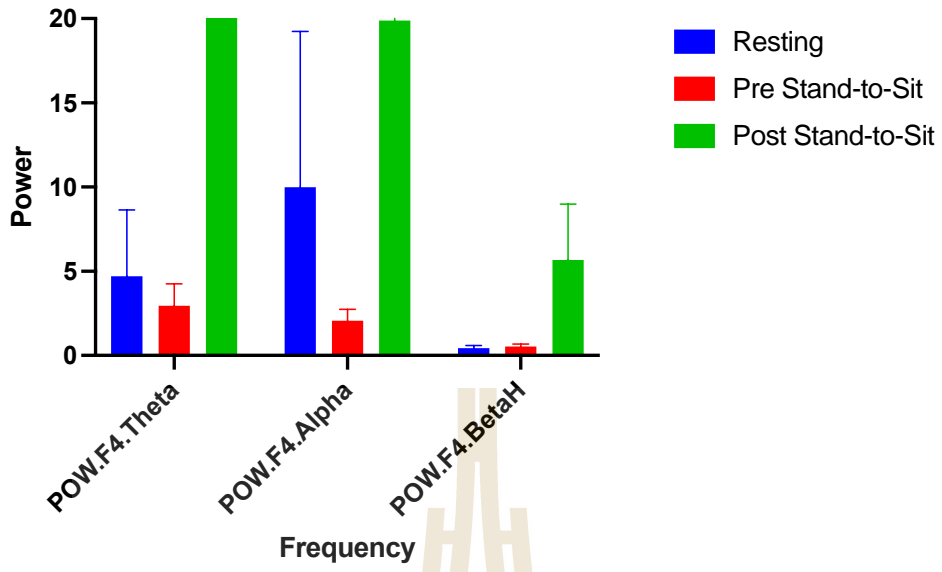
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางขวา (อ่อนแรงซีกซ้าย) ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C3) มีการลด power ของคลื่น theta และ alpha และมีการเพิ่ม power ของคลื่น beta ดังแสดงในรูปที่ 4.29

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางขวา (อ่อนแรงซีกซ้าย) ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) และ สมองส่วน motor cortex (C4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน parietal cortex (P4) ซึ่งมีการลด power ของคลื่น theta และ มีการเพิ่ม power ของคลื่น alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.29

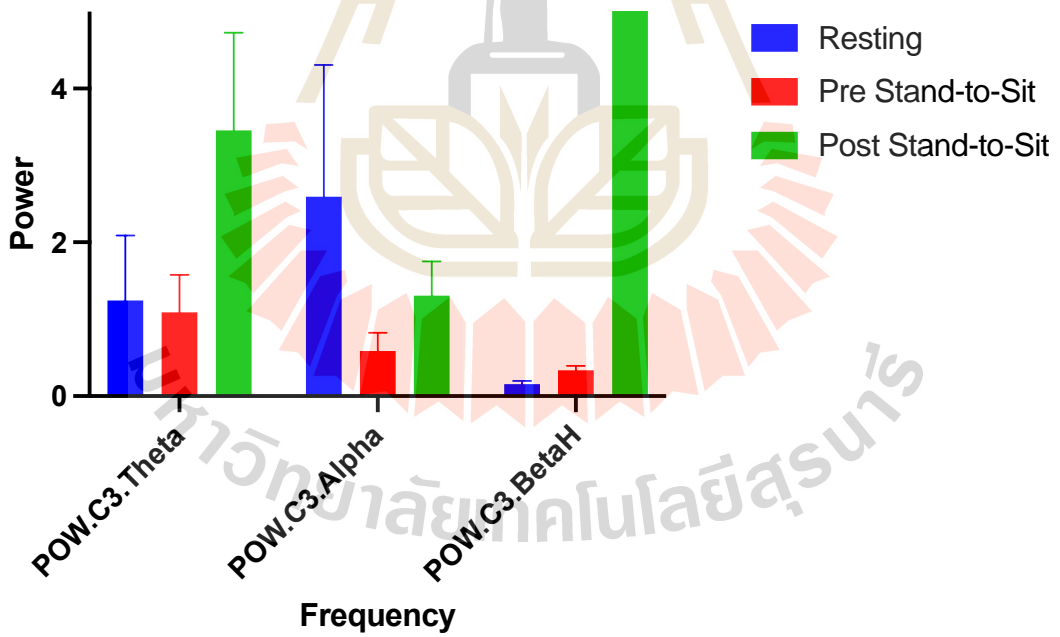
3. ขณะนั่งลงเก้าอี้เมื่อสิ้นสุดการเดิน



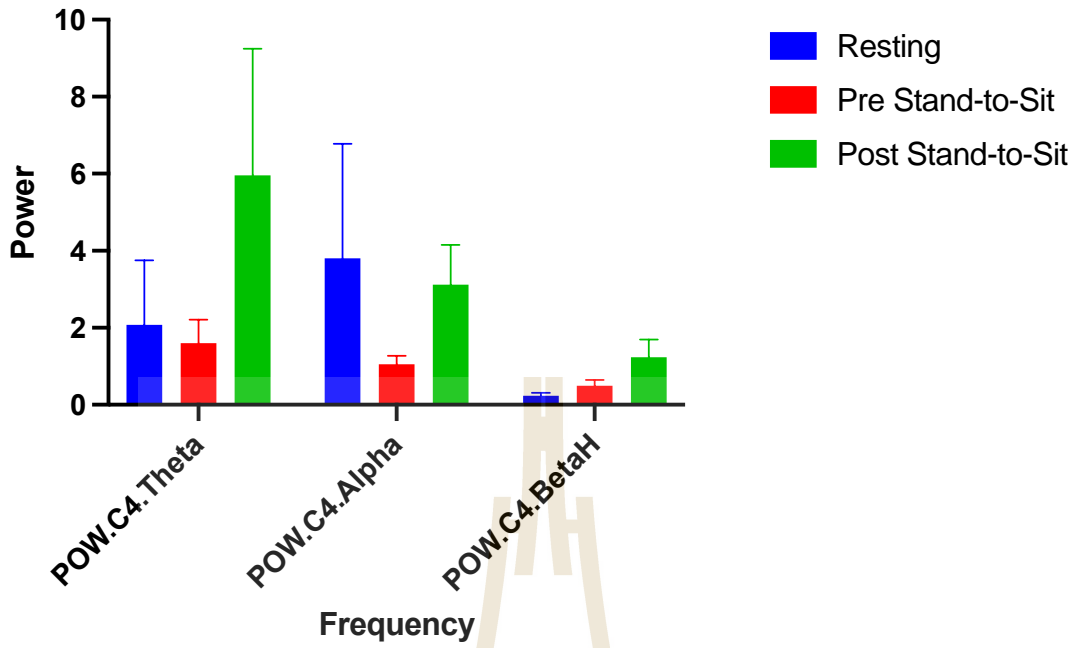
002 F4 Turn Rt / Stand-to-Sit



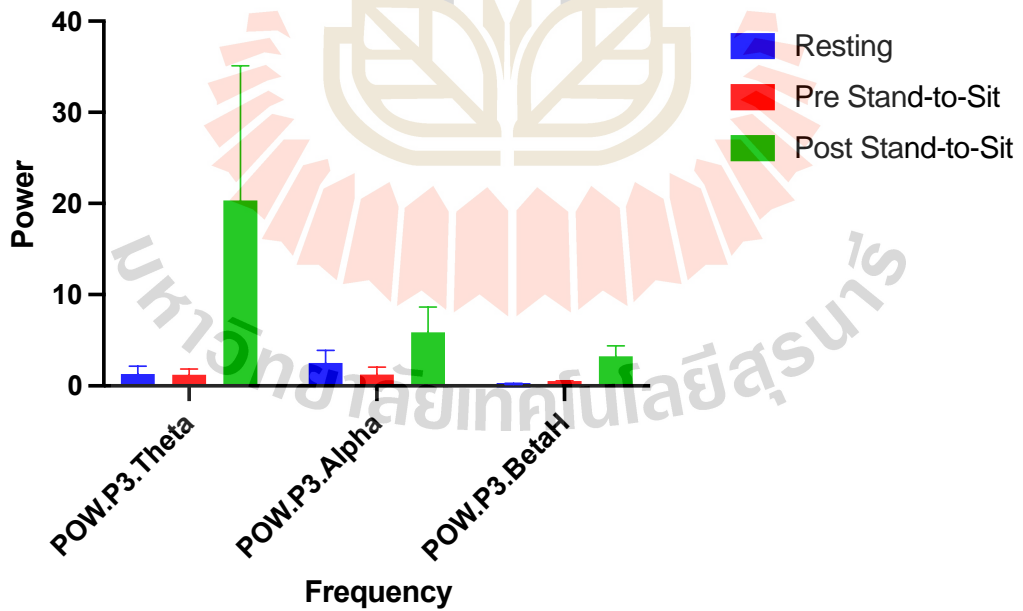
002 C3 Turn Rt / Stand-to-Sit



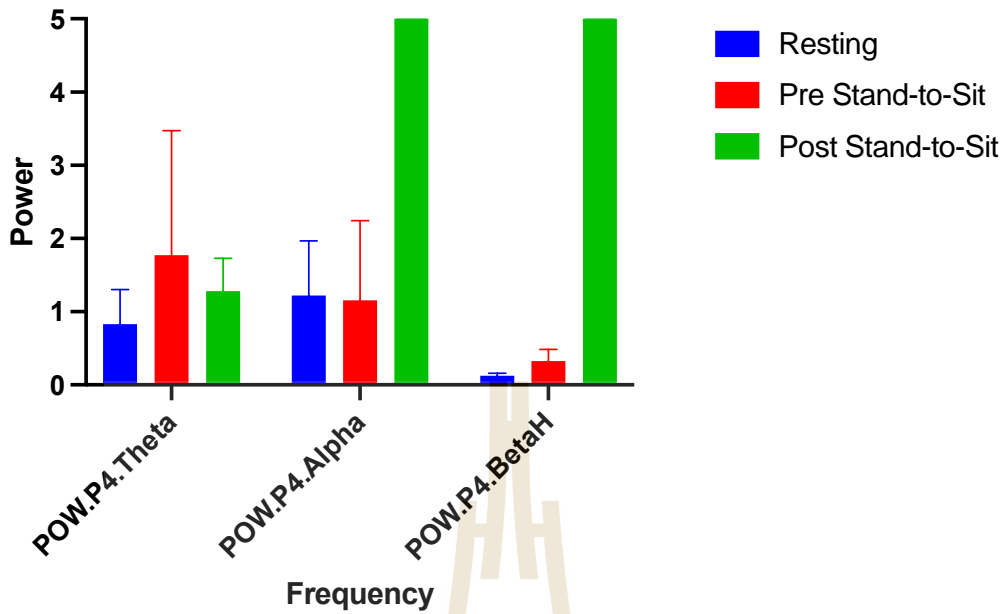
002 C4 Turn Rt / Stand-to-Sit



002 P3 Turn Rt / Stand-to-Sit



002 P4 Turn Rt / Stand-to-Sit



รูปที่ 4.30 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Stand - to - Sit : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Stand -to - Sit: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

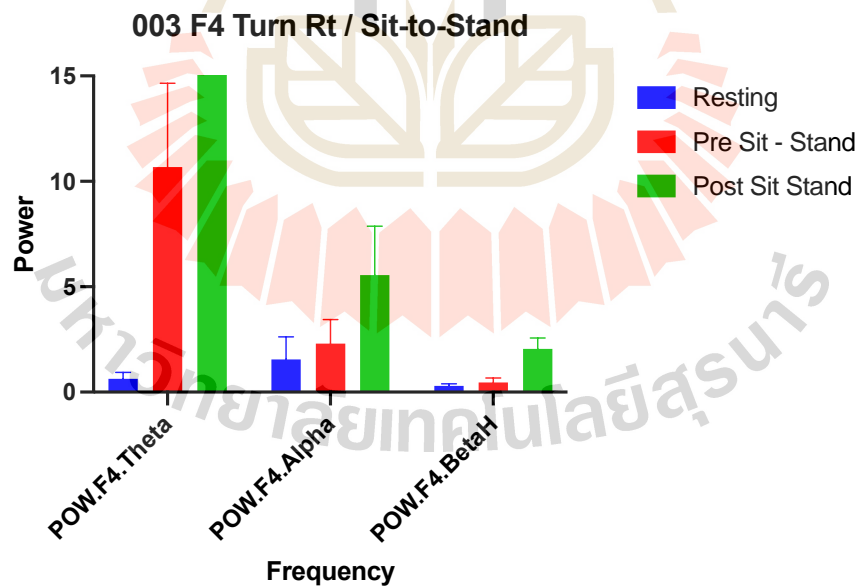
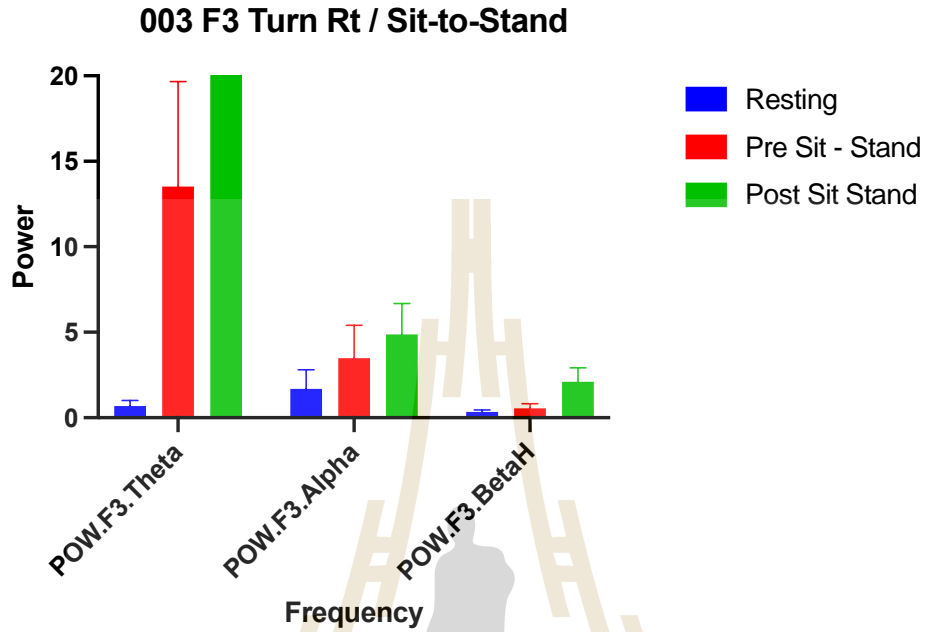
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) สมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.30

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) สมองส่วน motor cortex (C4)) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน parietal cortex (P4) ซึ่งมีการลด power ของคลื่น theta และมีการเพิ่ม power ของคลื่น alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.30

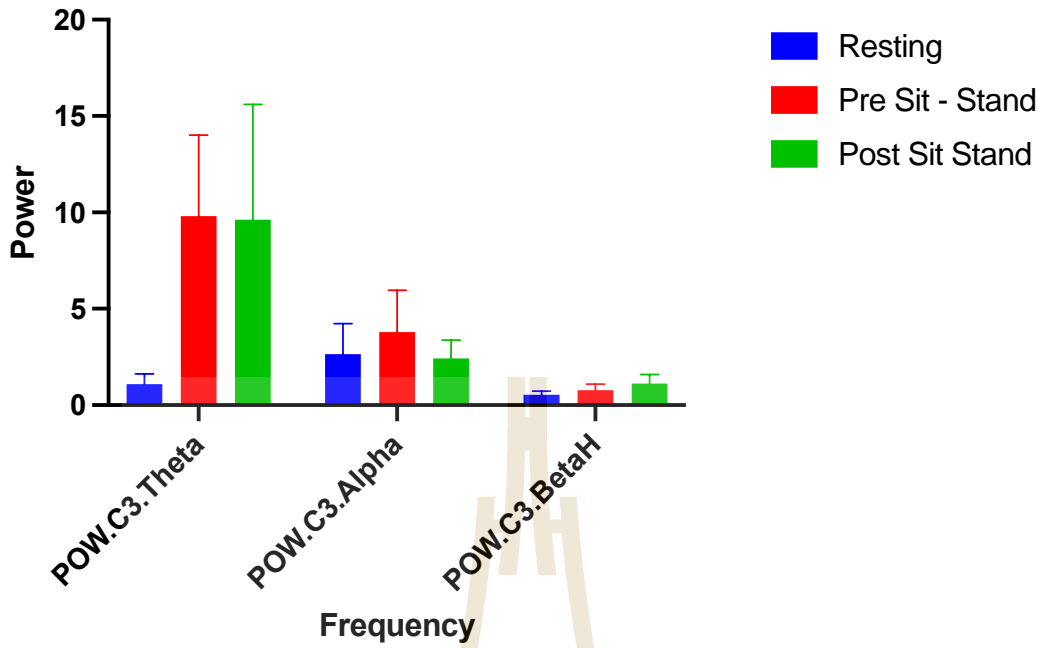
ผู้ป่วย X2 รหัส 003 (อ่อนแรงซีกขวา)

ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทดสอบ Timed Up and Go โดยให้เดินเลี้ยวไปทางขวาที่อ่อนแรง 3 รอบ แล้ว หาค่า mean และ standard deviation (SD)

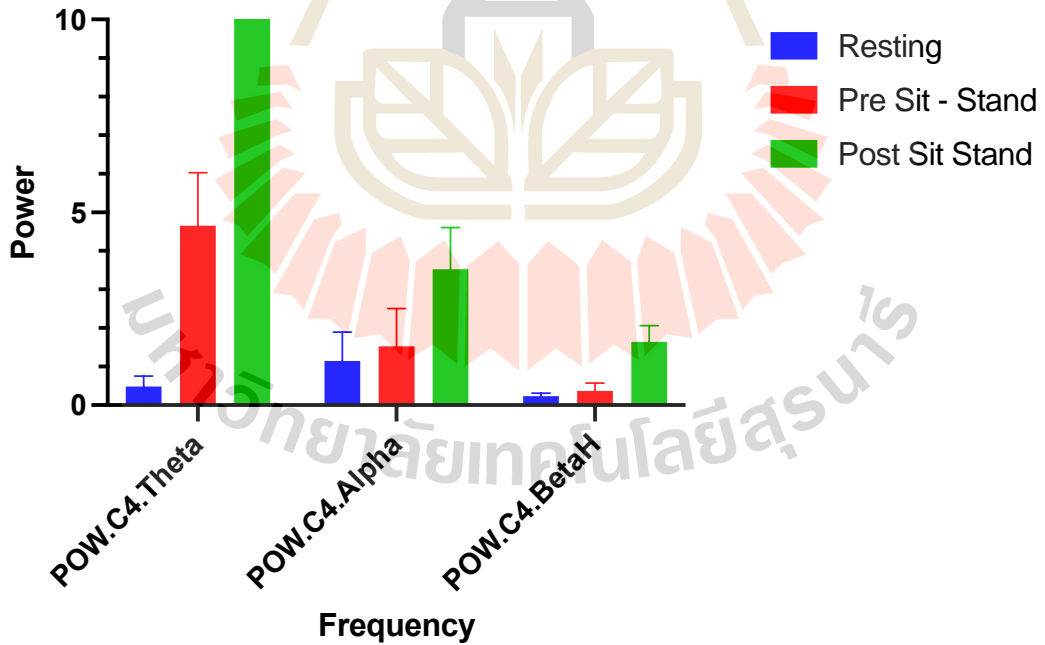
1. ขณะลุกยืน



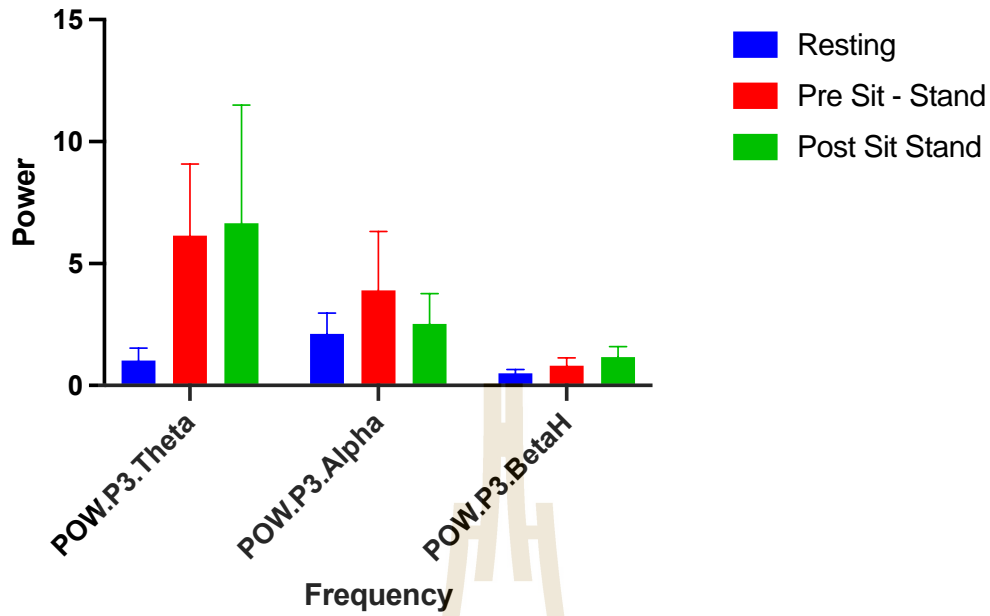
003 C3 Turn Rt / Sit-to-Stand



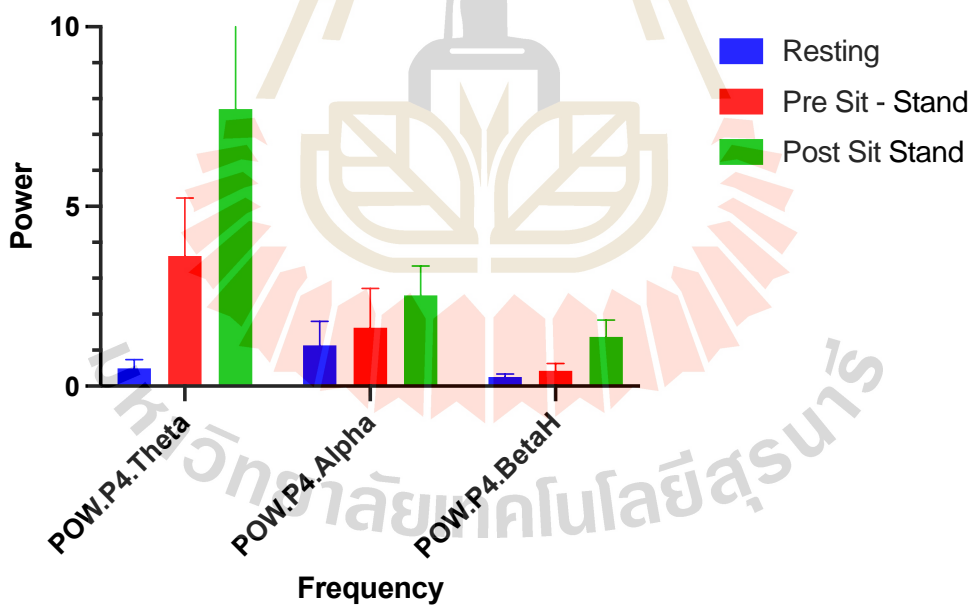
003 C4 Turn Rt / Sit-to-Stand



003 P3 Turn Rt / Sit-to-Stand



003 P4 Turn Rt / Sit-to-Stand

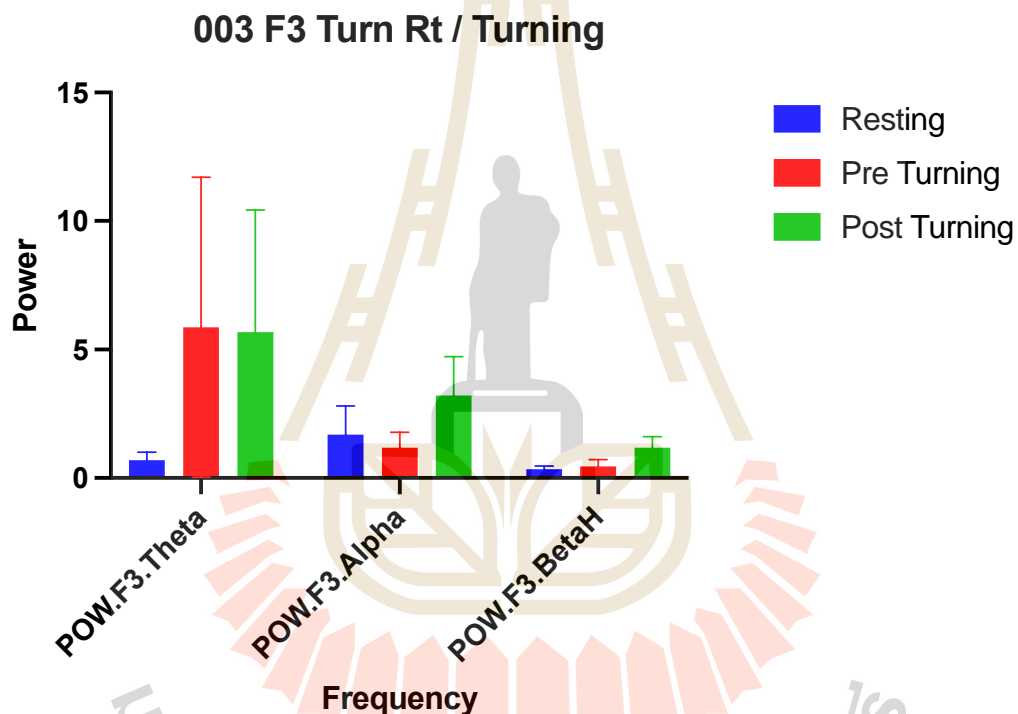


รูปที่ 4.31 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Sit - Stand : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Sit - Stand: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

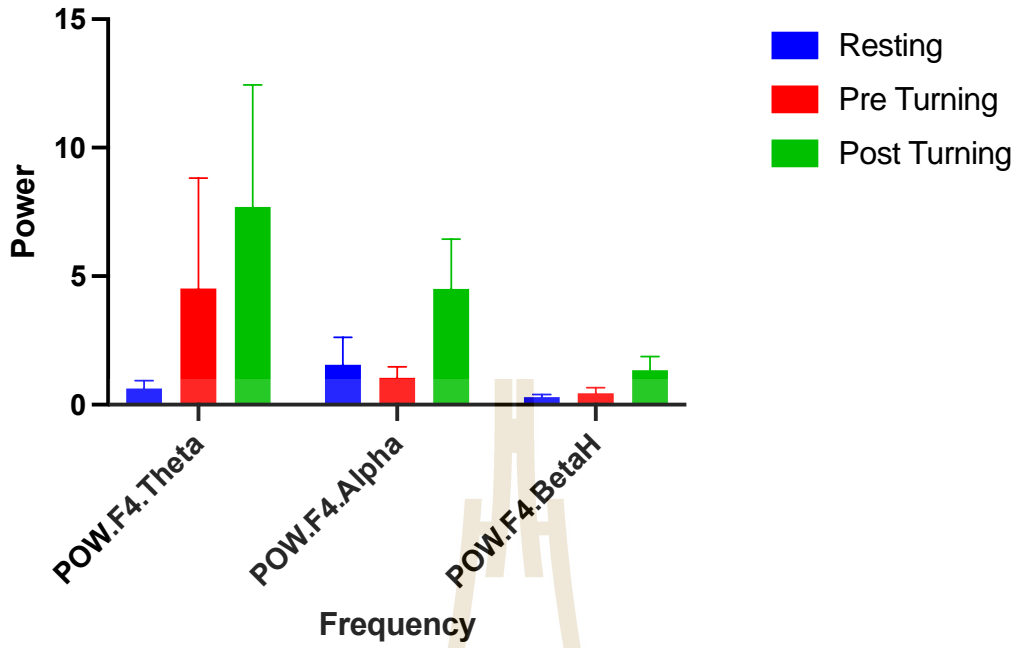
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C3) ซึ่งพบมีการลด power ของคลื่น theta และ alpha และมีการเพิ่ม power ของคลื่น beta และต่างจากสมองส่วน parietal cortex (P3) ซึ่งพบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta และ beta และพบมีการลด power ของคลื่น alpha ดังแสดงในรูปที่ 4.31

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) motor cortex (C4) และสมองส่วน parietal cortex (P4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.31

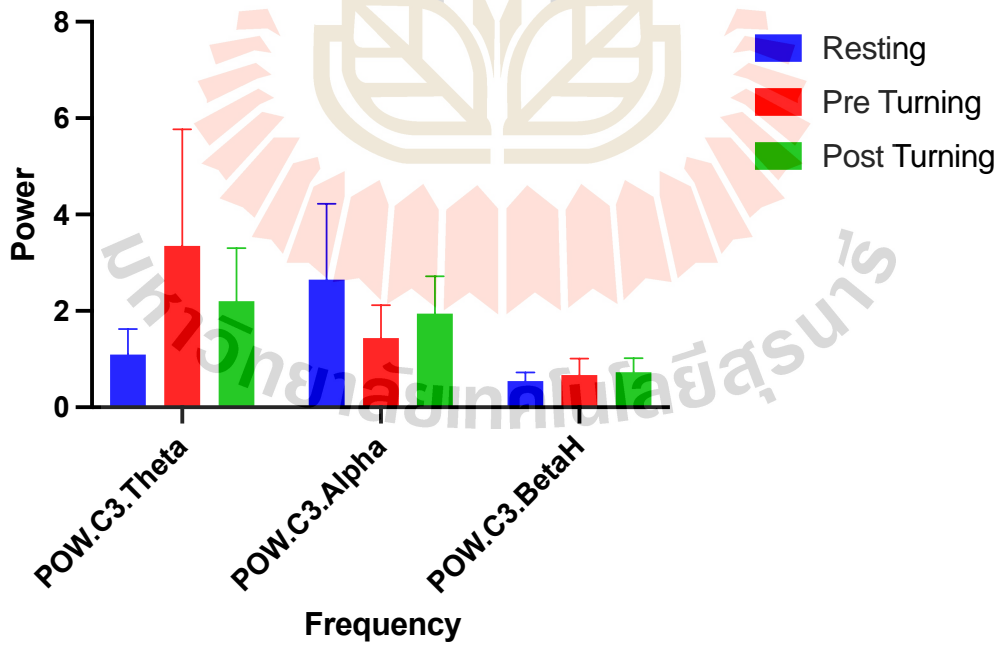
2. ขณะเดินเลียวงล้อ



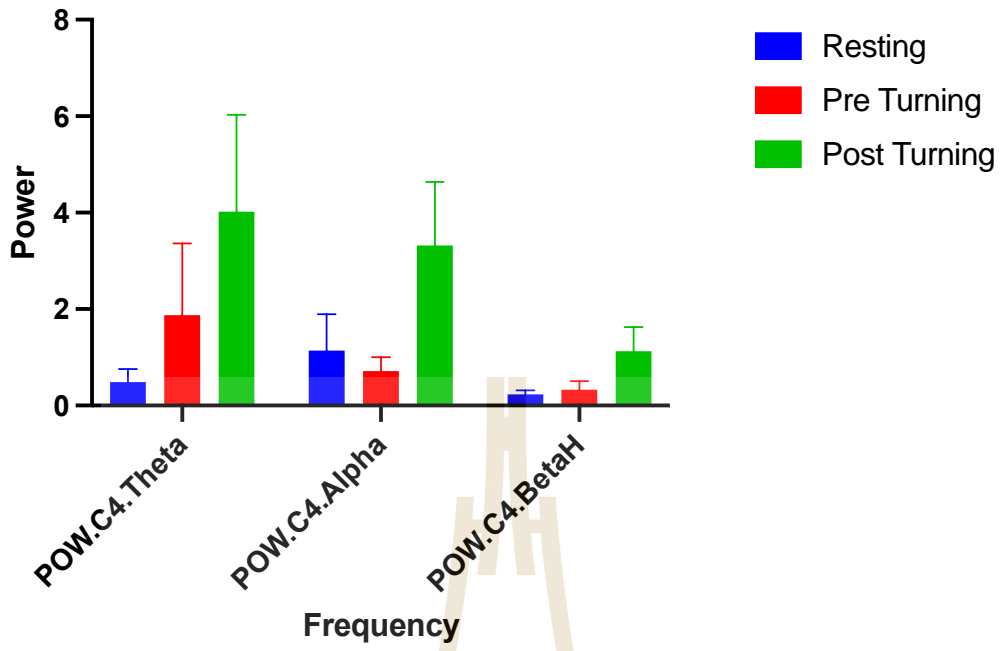
003 F4 Turn Rt / Turning



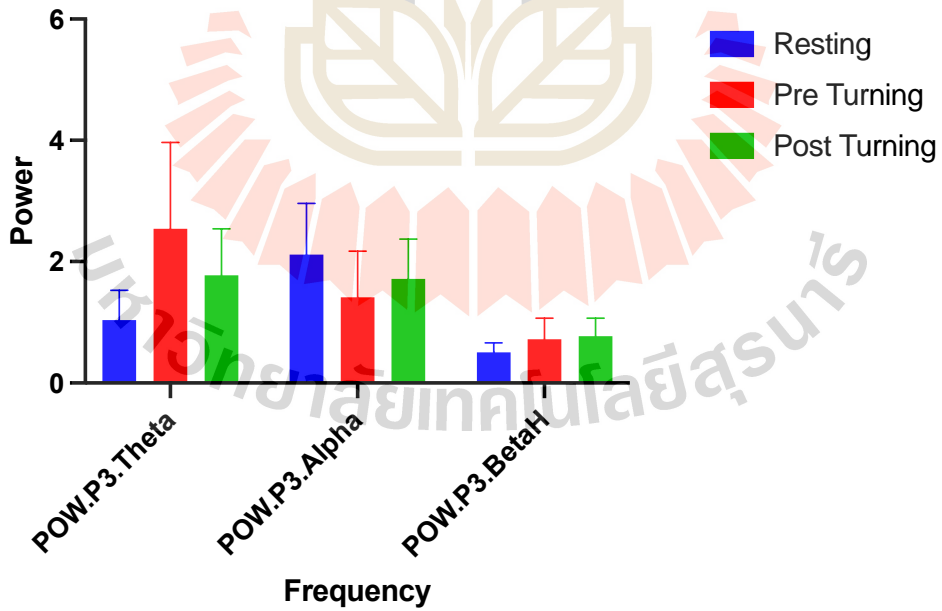
003 C3 Turn Rt / Turning



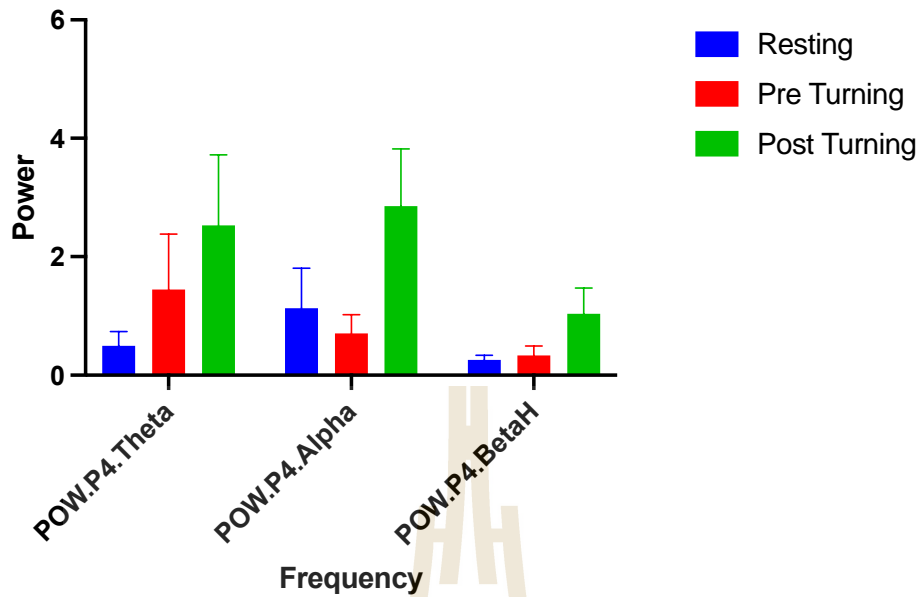
003 C4 Turn Rt / Turning



003 P3 Turn Rt / Turning



003 P4 Turn Rt / Turning



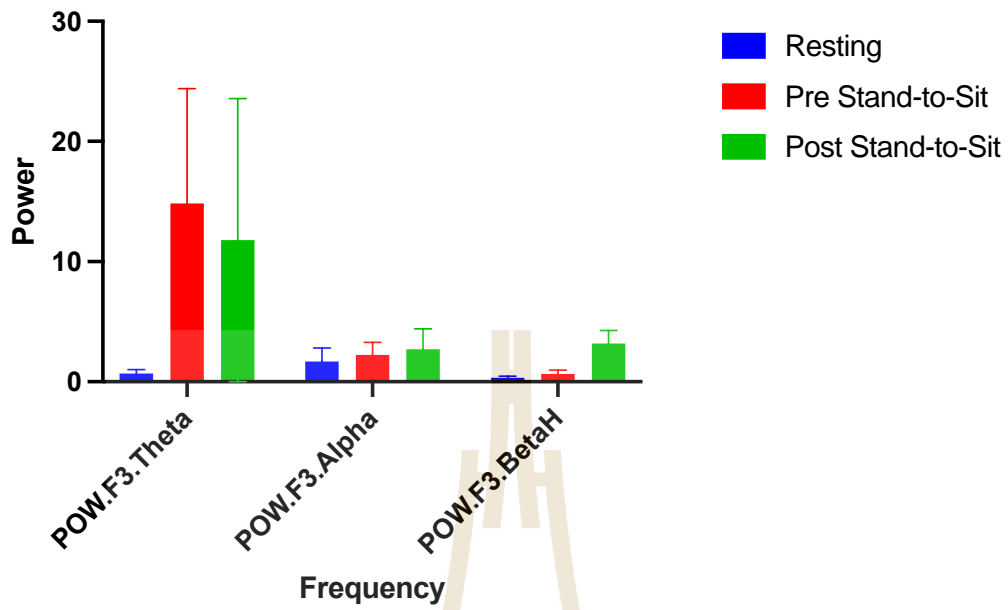
รูปที่ 4.32 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre - Turning : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post - Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางขวา (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) สมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการลด power ของคลื่น theta และมีการเพิ่มของคลื่น alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.32

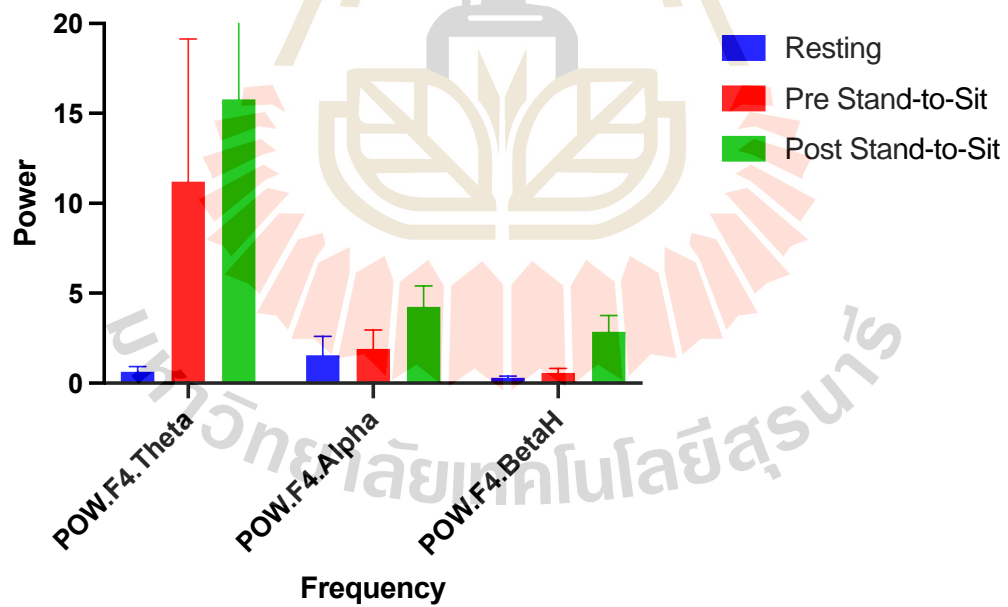
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางขวา (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) สมองส่วน motor cortex (C4) และสมองส่วน parietal cortex (P4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.32

3. ระยะเวลาที่ก้าวเมื่อสิ้นสุดการเดิน

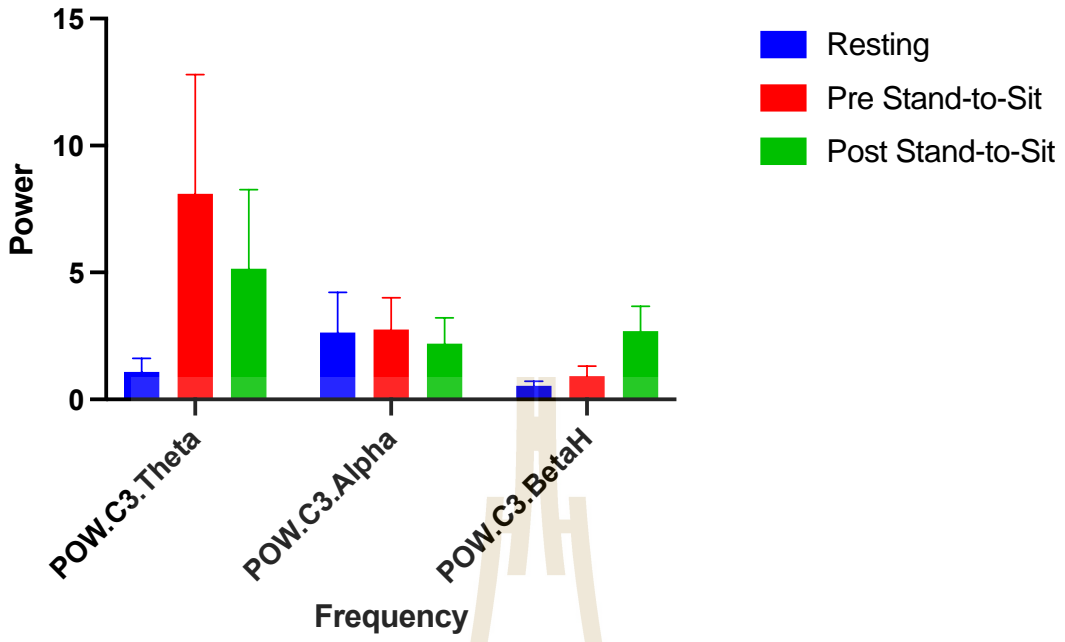
003 F3 Turn Rt / Stand-to-Sit



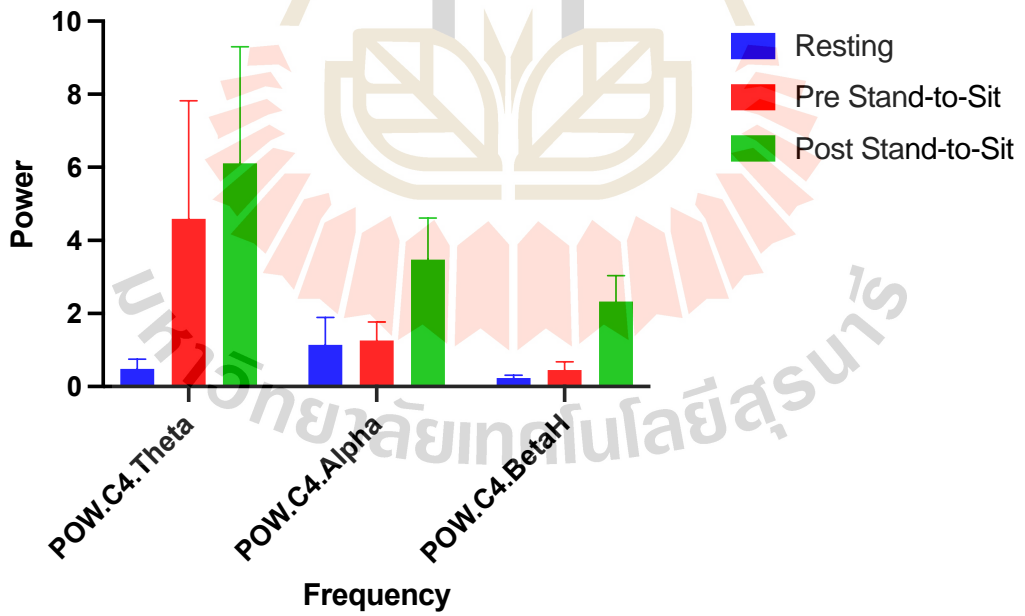
003 F4 Turn Rt / Stand-to-Sit



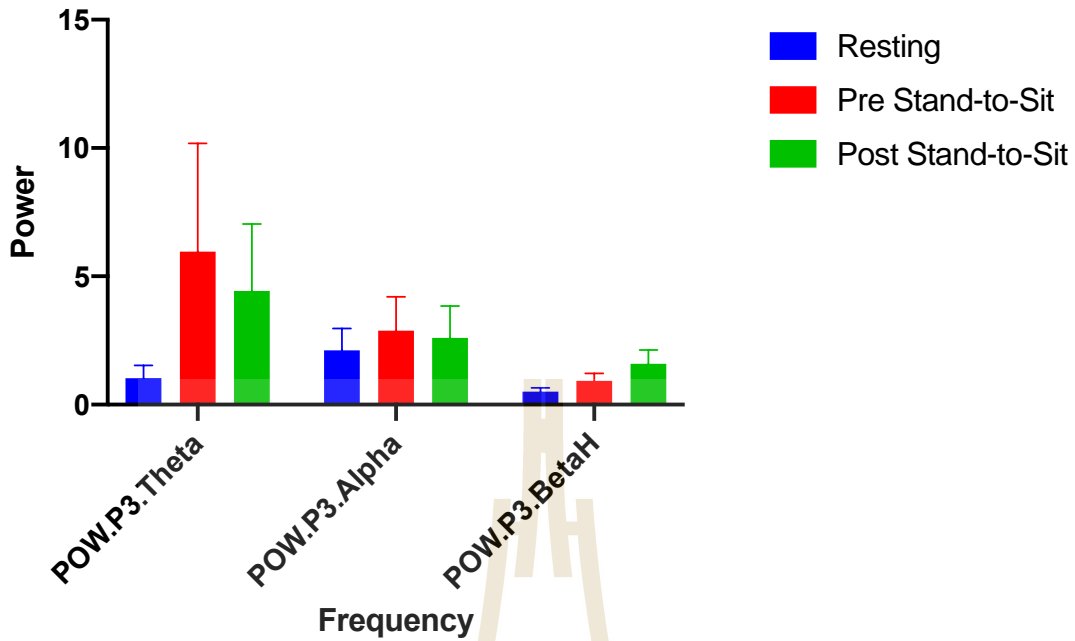
003 C3 Turn Rt / Stand-to-Sit



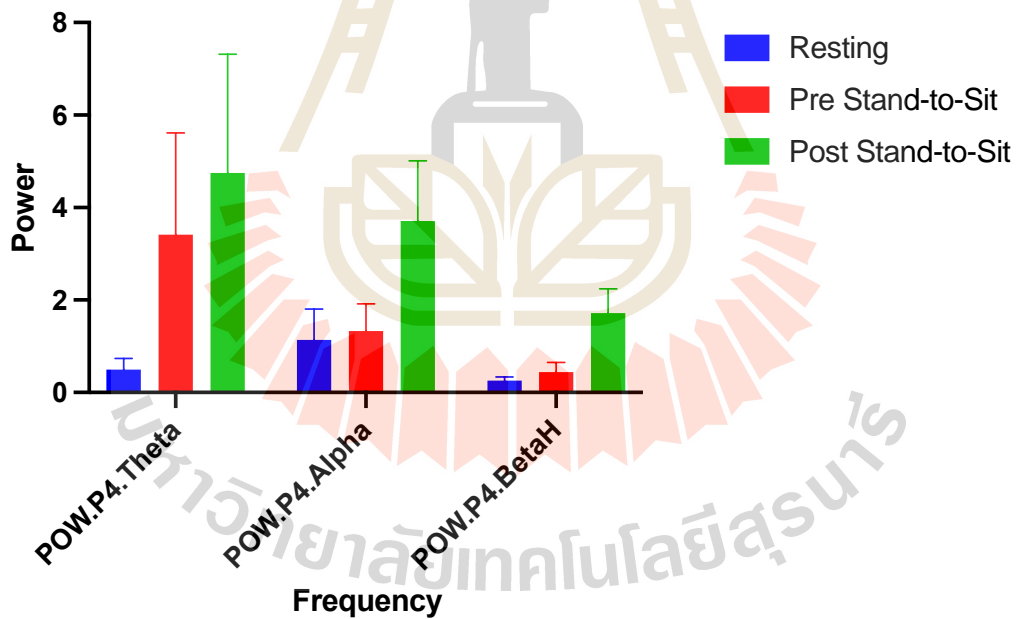
003 C4 Turn Rt / Stand-to-Sit



003 P3 Turn Rt / Stand-to-Sit



003 P4 Turn Rt / Stand-to-Sit



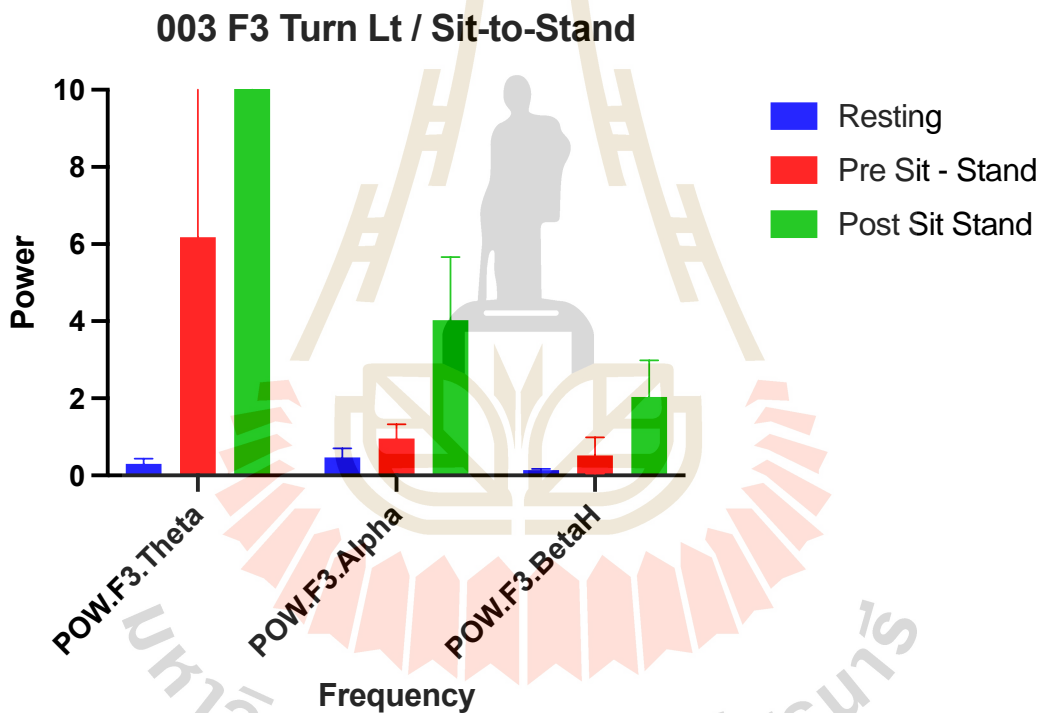
รูปที่ 4.33 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Stand - to - Sit : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Stand -to - Sit: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F3) มีการลด power ของคลื่น theta และ เพิ่ม power ของคลื่น alpha และ beta ต่างจากสมองส่วน motor cortex (C3) และ สมองส่วน parietal (P3) ซึ่งพบมีการลดลงของ power ของคลื่น theta และ alpha และมีการเพิ่มของคลื่น beta ดังแสดงในรูปที่ 4.33

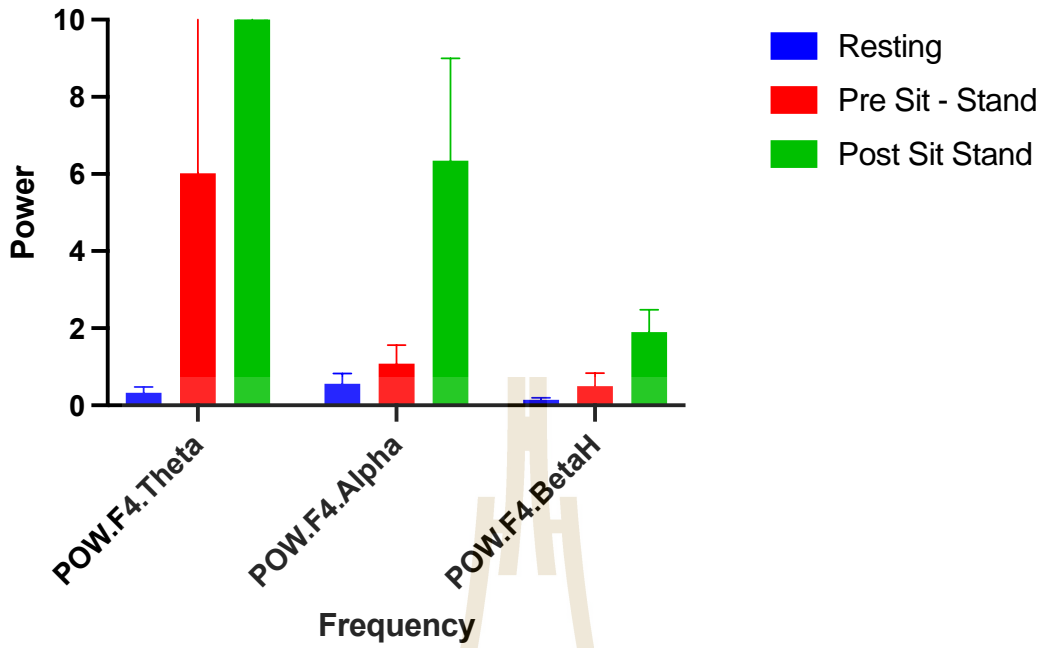
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F4) motor cortex (C4) และ parietal cortex (P4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.33

ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทดสอบ Timed Up and Go โดยให้เดินเลี้ยวไปทางขวาที่ปกติ 3 รอบ แล้ว หาค่า mean และ standard deviation (SD)

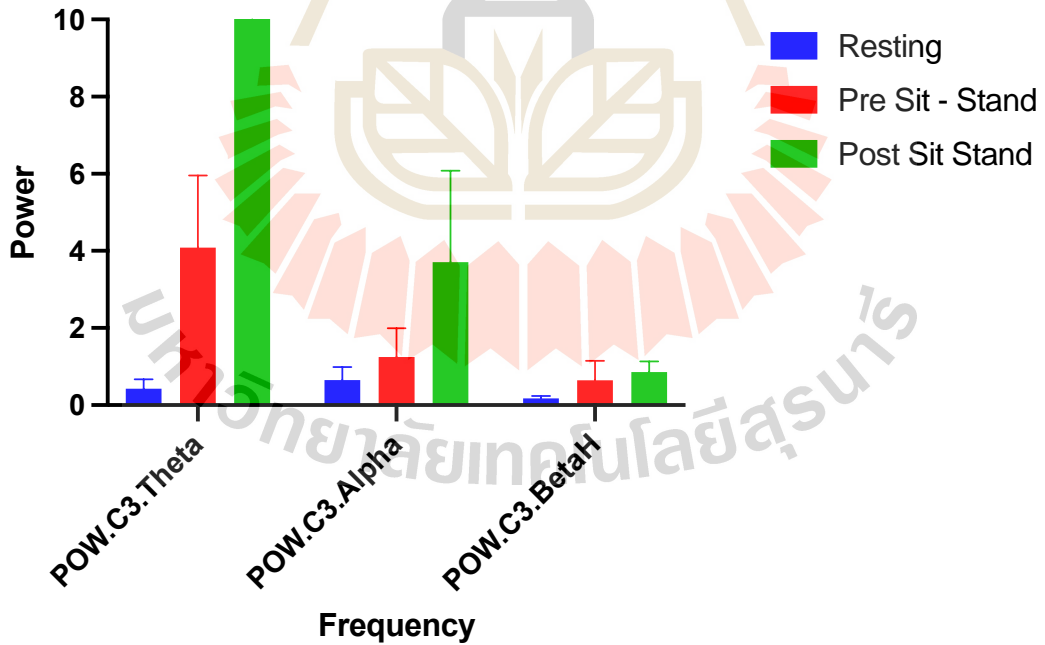
1. ขณะลุกยืน



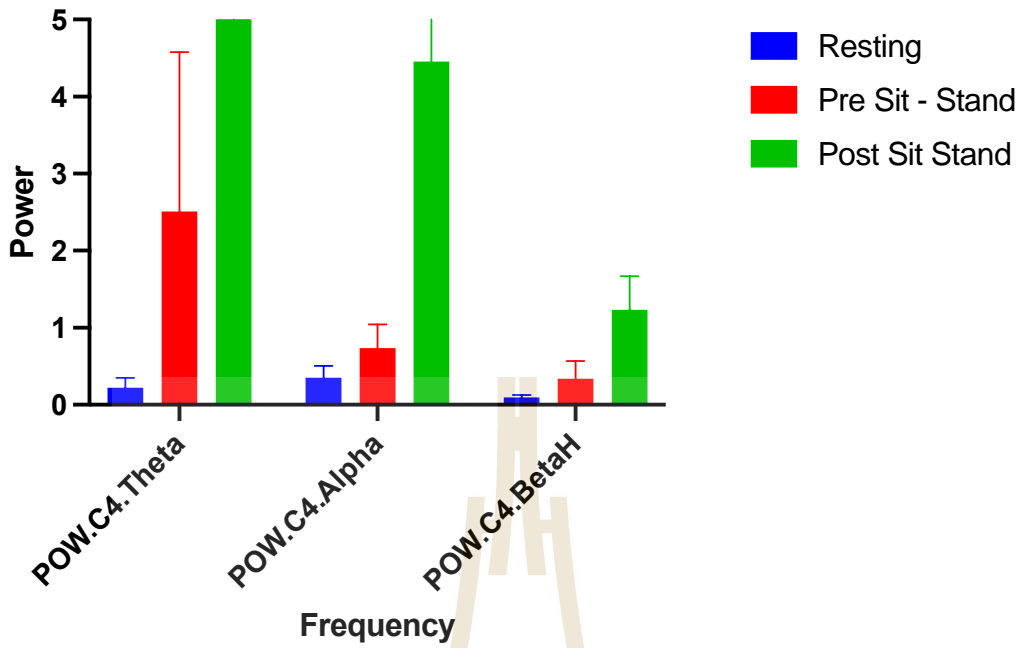
003 F4 Turn Lt / Sit-to-Stand



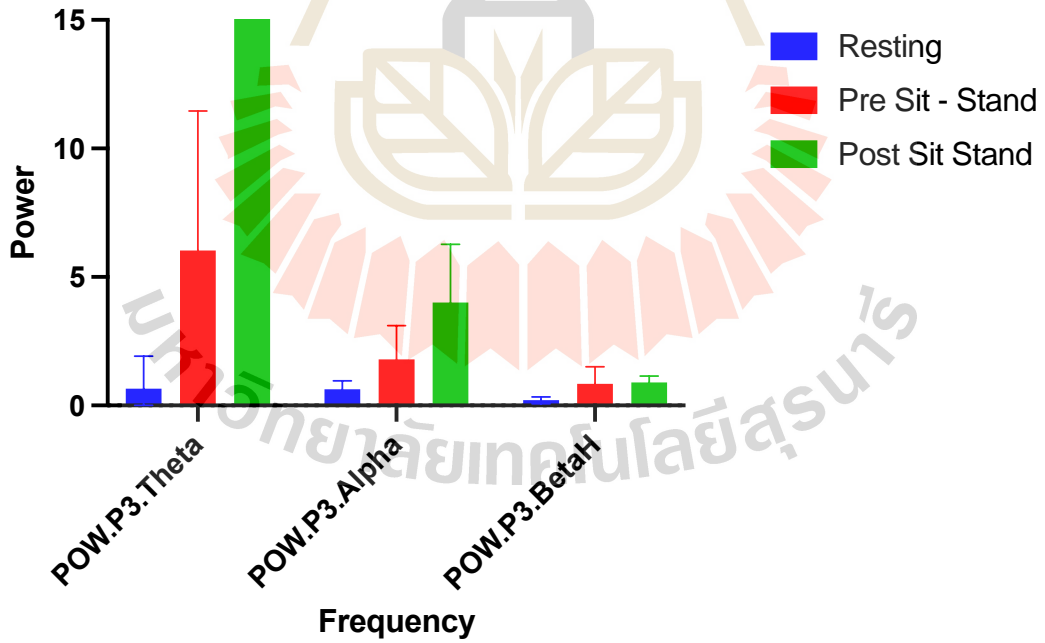
003 C3 Turn Lt / Sit-to-Stand



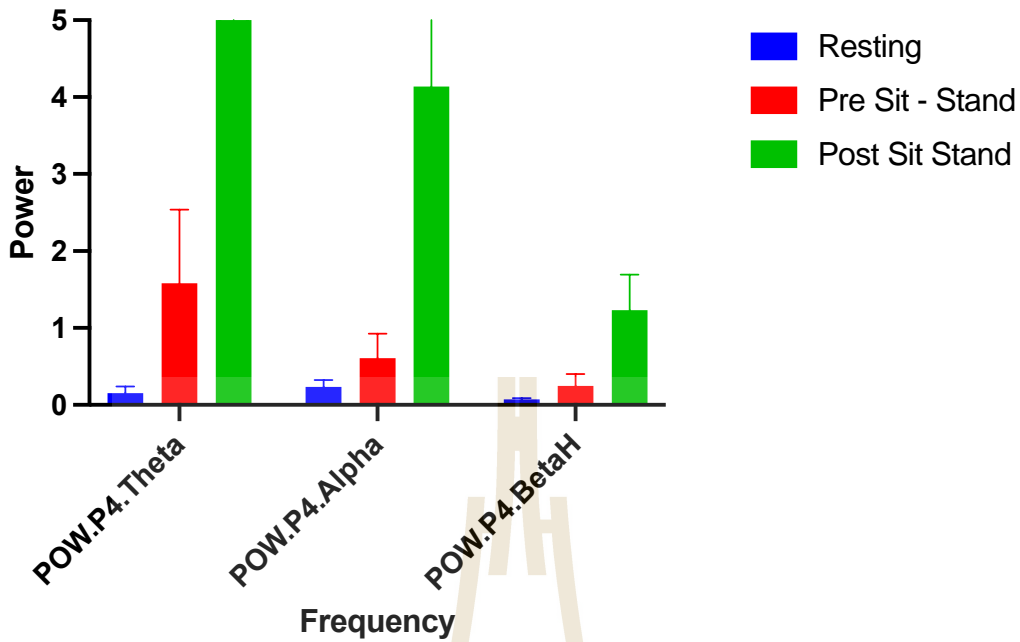
003 C4 Turn Lt / Sit-to-Stand



003 P3 Turn Lt / Sit-to-Stand



003 P4 Turn Lt / Sit-to-Stand

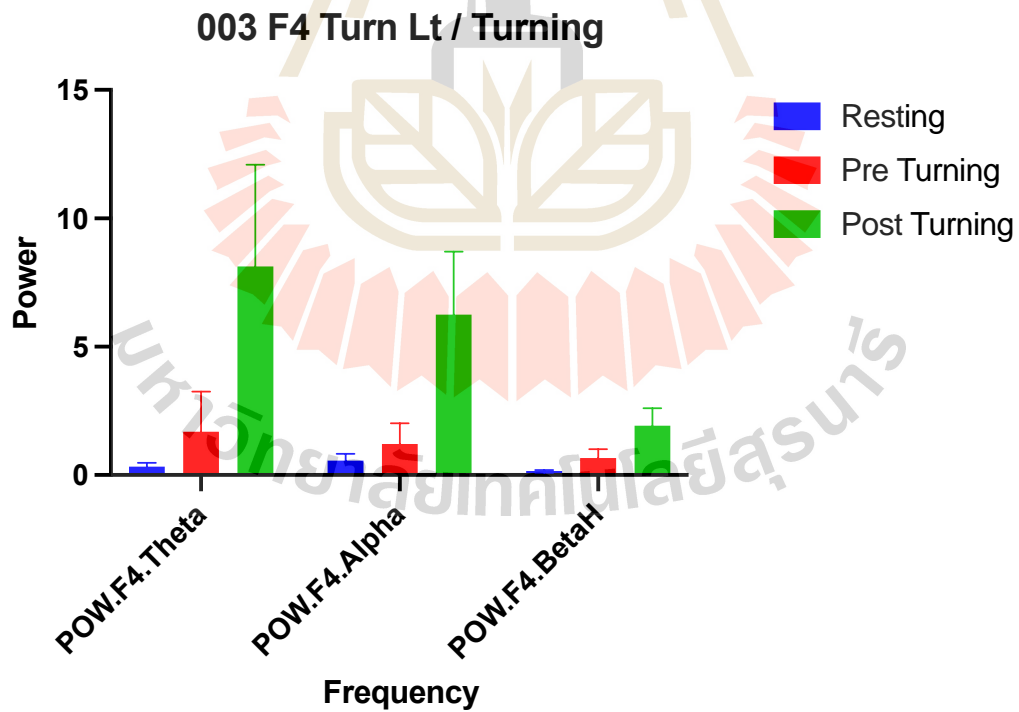
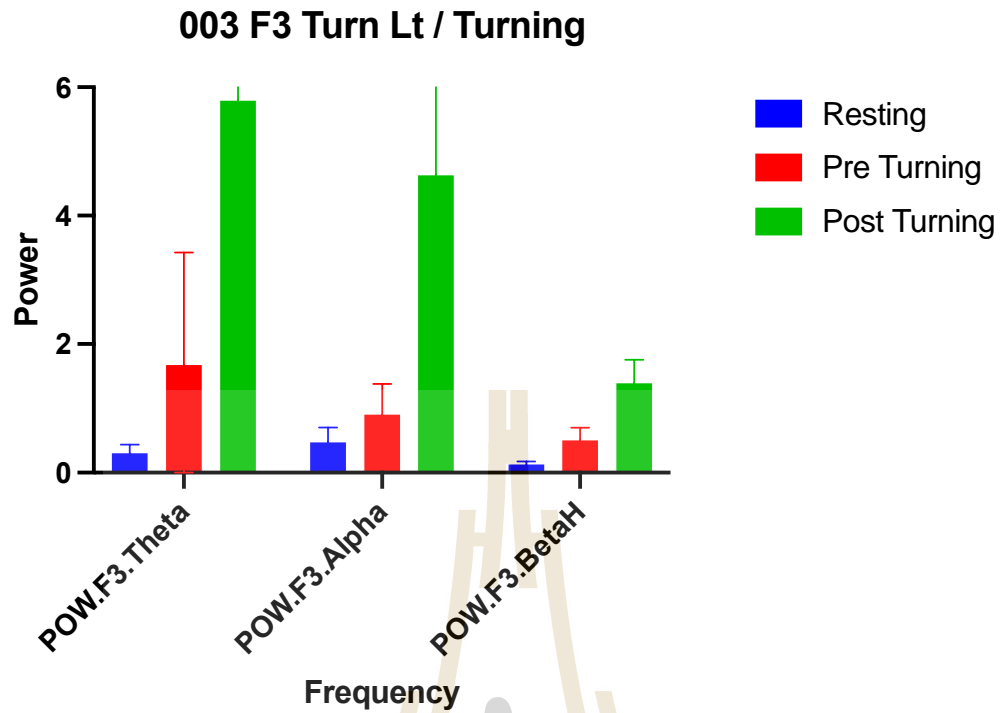


รูปที่ 4.34 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Sit - Stand : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Sit - Stand: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครลุกยืนจากเก้าอี้ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

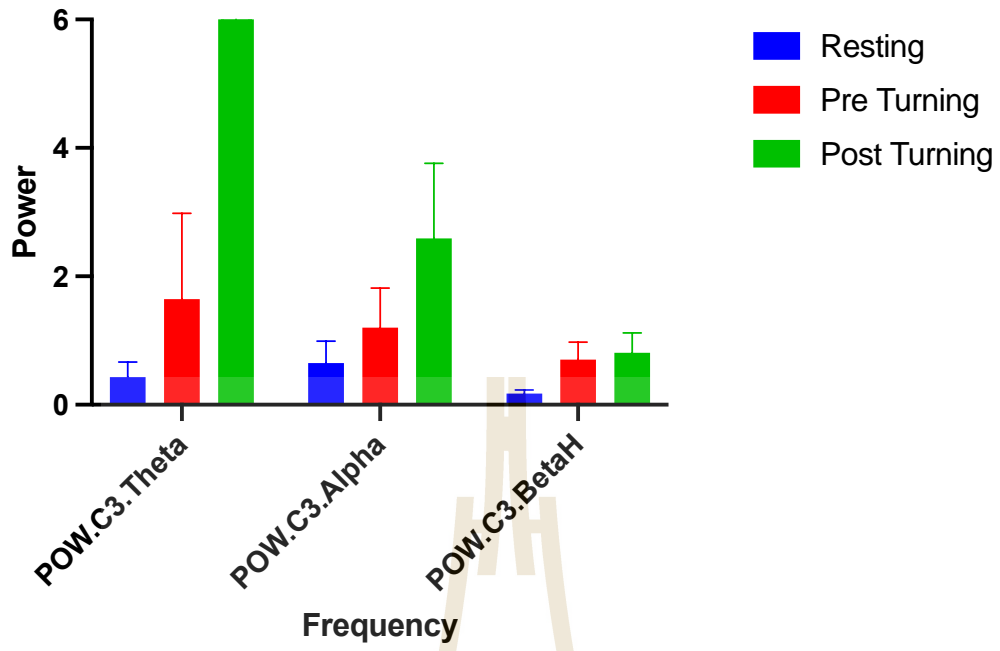
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) สมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.34

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะลุกยืน ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) motor cortex (C4) และ สมองส่วน parietal cortex (P4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.34

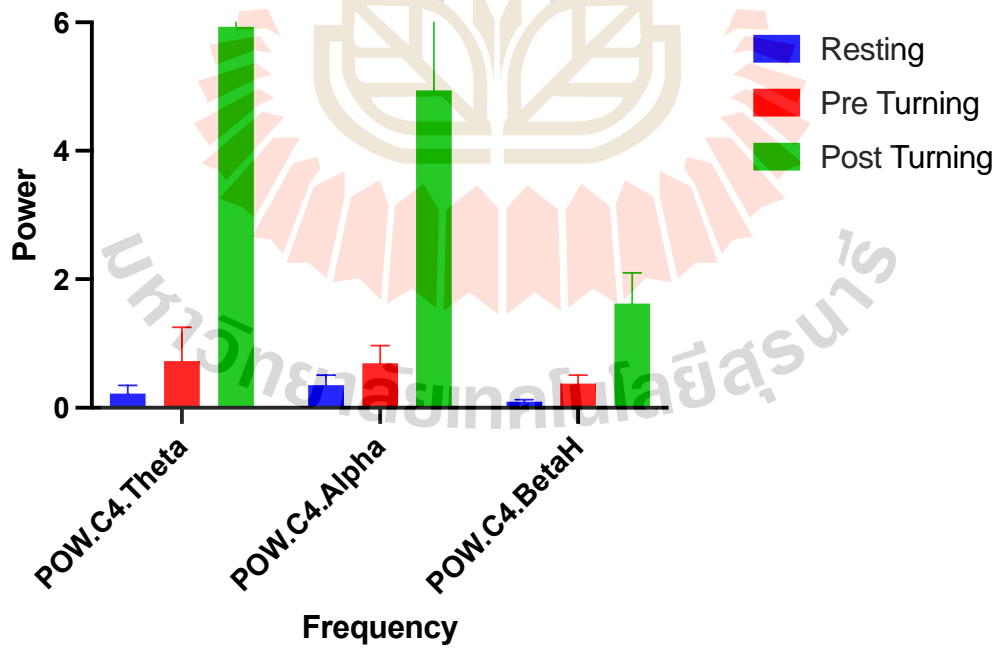
2. ขณะเดินเลี้ยวกลับ

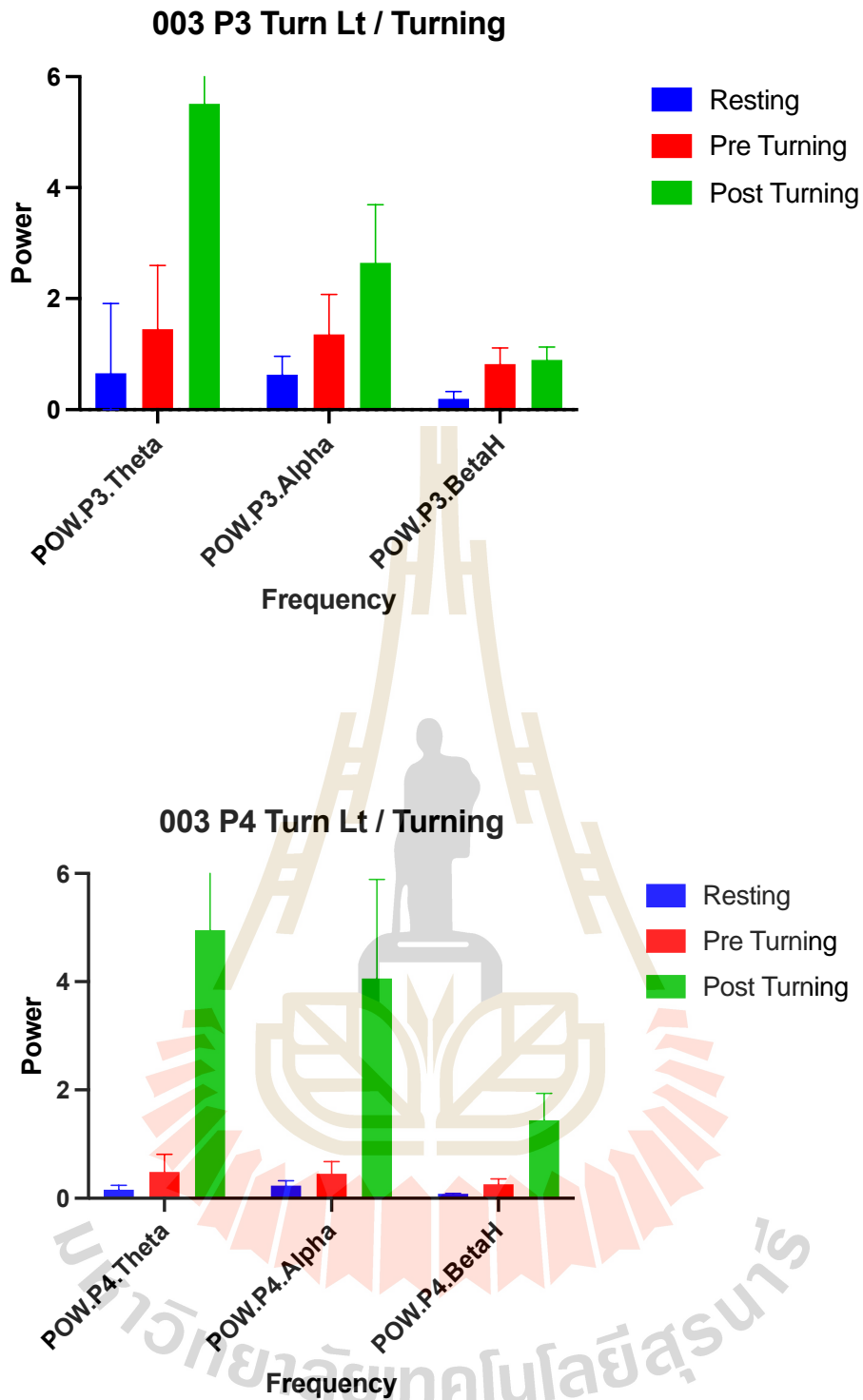


003 C3 Turn Lt / Turning



003 C4 Turn Lt / Turning



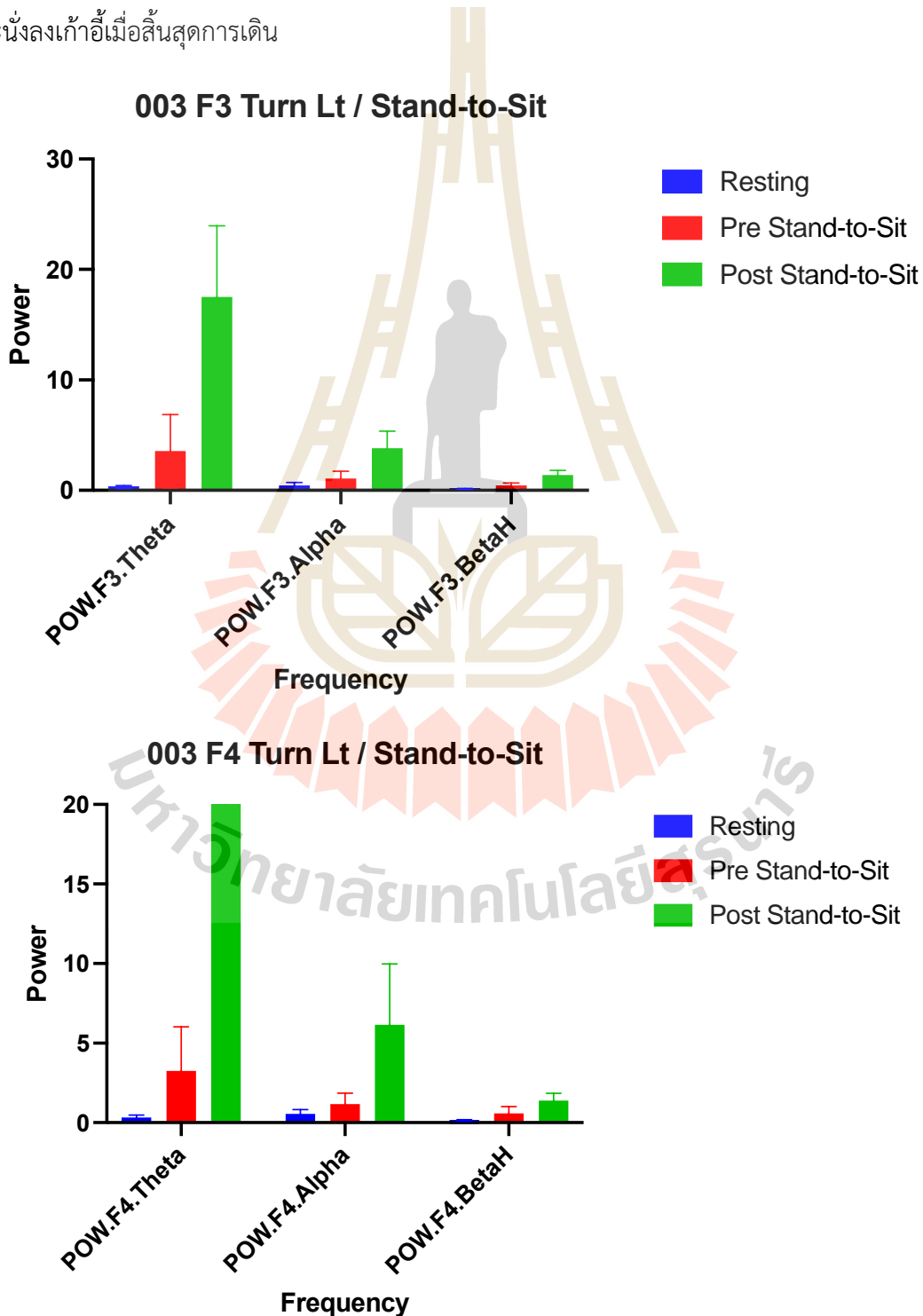


รูปที่ 4.35 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre - Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post - Turning: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครเดินเลี้ยวกลับ วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

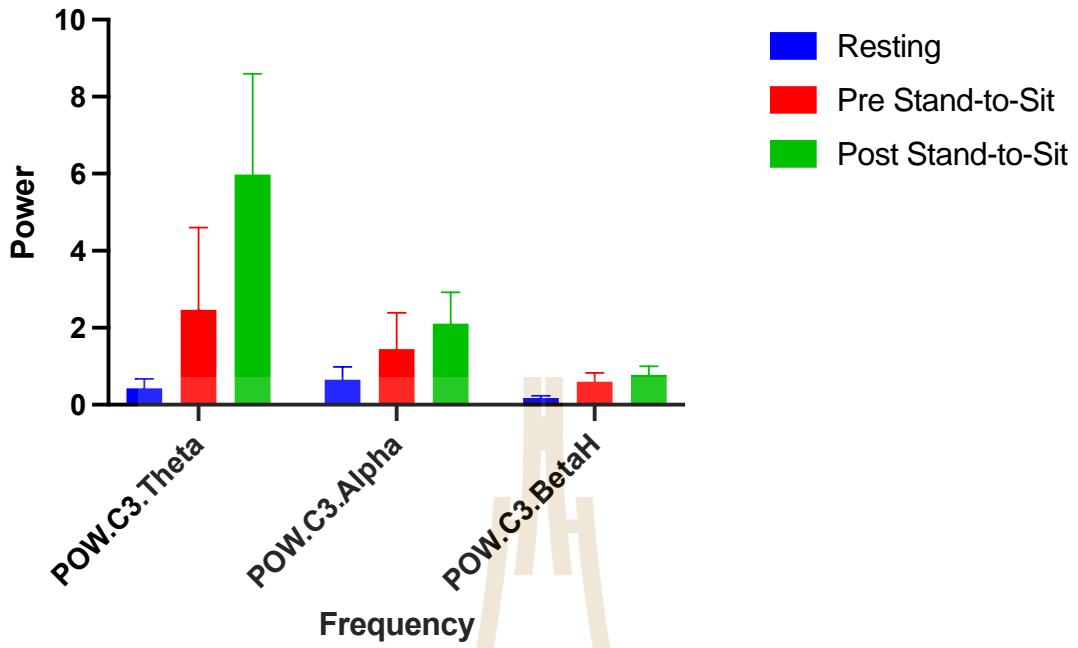
หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางซ้าย (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F3) สมองส่วน motor cortex (C3) และสมองส่วน parietal cortex (P3) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.35

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะเดินเลี้ยวกลับไปทางซ้าย (อ่อนแรงซีกขวา) ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น พบว่าสมองส่วน frontal cortex (F4) สมองส่วน motor cortex (C4) และสมองส่วน parietal cortex (P4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.35

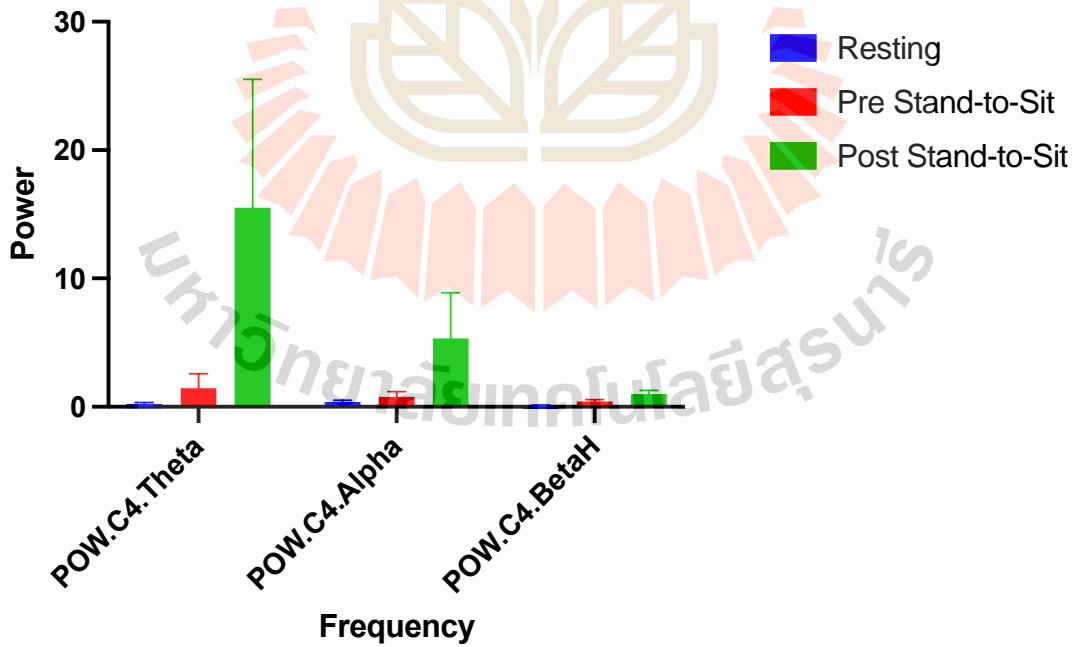
3. ขณะนั่งลงเก้าอี้เมื่อสิ้นสุดการเดิน

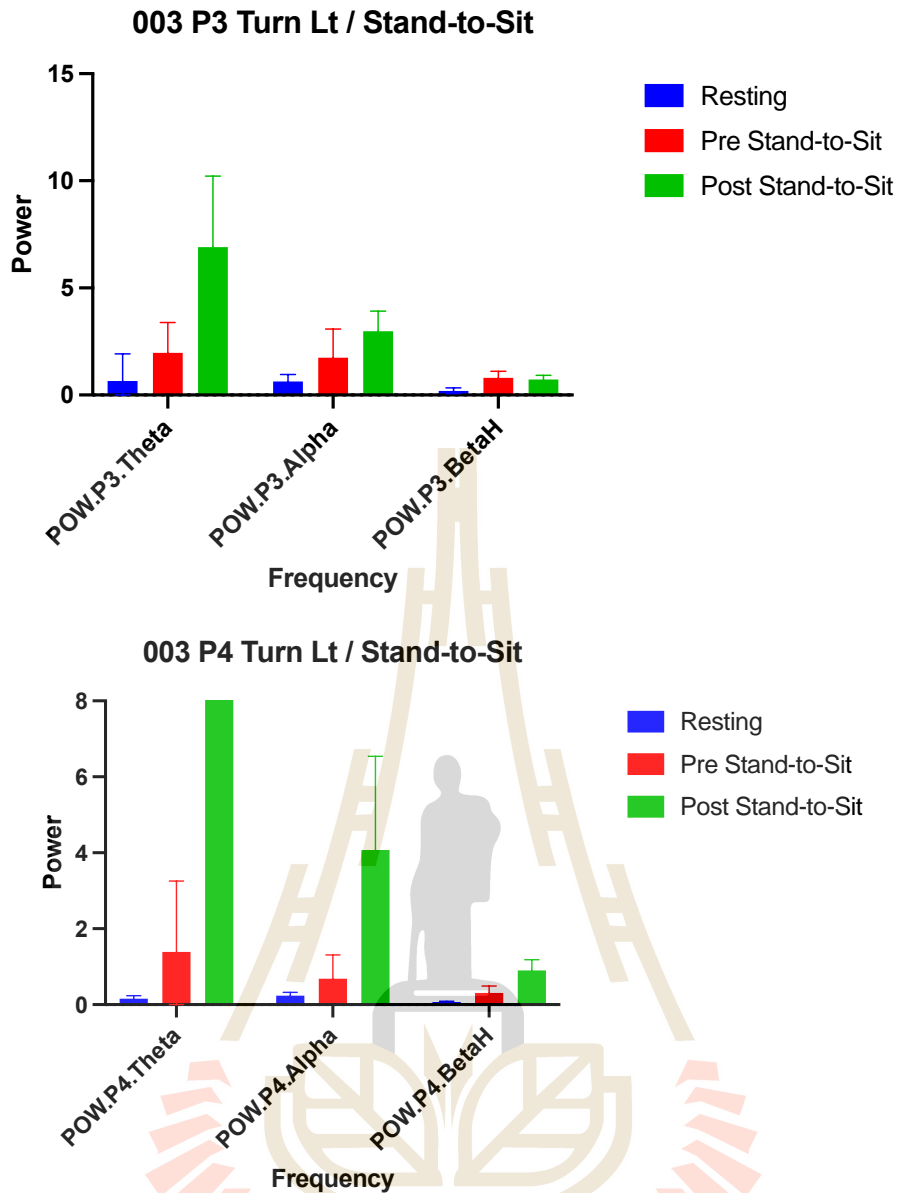


003 C3 Turn Lt / Stand-to-Sit



003 C4 Turn Lt / Stand-to-Sit





รูปที่ 4.36 ความแรงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ตำแหน่ง F3, F4, C3, C4, P3 และ P4 ขณะทดสอบ Timed Up and Go test (Resting: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งหลับตานิ่ง และวัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก; Pre Stand - to - Sit : คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดก่อนฝึกกายภาพบำบัดครั้งแรก และ Post Stand -to - Sit: คลื่นไฟฟ้าสมองขณะอาสาสมัครนั่งลงเก้าอี้หลังสิ้นสุดการเดิน วัดหลังฝึกกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง)

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F3) และสมองส่วน motor cortex (C3) พบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta alpha และ beta ต่างจาก parietal cortex (P3) ซึ่งพบมีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ มีการลดลงของ power ของคลื่น beta ดังแสดงในรูปที่ 4.36

หลังฝึกกายภาพบำบัดครบแล้ว ขณะนั่งลง ในสมองข้างที่ไม่เป็น stroke นั้น สมองส่วน frontal cortex (F4) สมองส่วน motor cortex (C4) และสมองส่วน parietal cortex (P4) มีการเพิ่ม power ของคลื่น theta, alpha และ beta ดังแสดงในรูปที่ 4.36

	weak C Ipsi theta	weak C Ipsi alpha	weak C Ipsi beta	weak C contra theta	weak C contra alpha	weak C contra beta	normal C Ipsi theta	normal C Ipsi alpha	normal C Ipsi beta	normal C contra theta	normal C contra alpha	normal C contra beta
Pearson r												
r	0.6726	0.4968	0.7199	0.5479	0.1077	-0.003387	0.1831	0.1499	0.9289	0.3479	0.9361	0.01874
95% confidence interval	-0.8159 to 0.9923	-0.8885 to 0.9867	-0.7828 to 0.9936	-0.8728 to 0.9885	-0.9519 to 0.9685	-0.9613 to 0.9608	-0.9441 to 0.9730	-0.9477 to 0.9711	-0.3001 to 0.9985	-0.9212 to 0.9810	-0.2488 to 0.9987	-0.9596 to 0.9625
R squared	0.4524	0.2468	0.5183	0.3002	0.01159	1.147e-005	0.03353	0.02246	0.8629	0.1211	0.8764	0.0003513
P value												
P (two-tailed)	0.3274	0.5032	0.2801	0.4521	0.8923	0.9966	0.8169	0.8501	0.0711	0.6521	0.0639	0.9813
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs												
Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ parietal cortex (P3, P4) ขณะลุกยืน (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff
vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.
weak P Ipsi theta	weak P Ipsi alpha	weak P Ipsi beta	weak P contra theta	weak P contra alpha	weak P contra beta	normal P Ipsi theta	normal P Ipsi alpha	normal P Ipsi beta	normal P contra theta	normal P contra alpha	normal P contra beta	normal P contra beta

Pearson r												
r	0.9719	0.6440	0.1736	0.7592	0.2364	0.3716	0.1909	0.4851	0.9024	0.5231	0.5222	0.4271
95% confidence interval	0.1641 to 0.9994	-0.8321 to 0.9914	-0.9452 to 0.9724	-0.7468 to 0.9946	-0.9377 to 0.9758	-0.9170 to 0.9820	-0.9432 to 0.9734	-0.8917 to 0.9863	-0.4421 to 0.9980	-0.8808 to 0.9877	-0.8811 to 0.9876	-0.9058 to 0.9842
R squared	0.9446	0.4147	0.03012	0.5764	0.05588	0.1381	0.03645	0.2354	0.8144	0.2736	0.2727	0.1825
P value												
P (two-tailed)	0.0281	0.3560	0.8264	0.2408	0.7636	0.6284	0.8091	0.5149	0.0976	0.4769	0.4778	0.5729
P value summary	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ frontal cortex (F3, F4) ขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่อ่อนแรง (weak) และขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่ไม่อ่อนแรง (normal) (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff	DHI diff
vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.
weak F Ipsi	weak F Ipsi	weak F Ipsi	weak F Ipsi	weak F Ipsi	weak F Ipsi	weak F Ipsi	normal F Ipsi	normal F Ipsi	normal F Ipsi	normal F Ipsi	normal F Ipsi	normal F Ipsi
theta	alpha	beta	theta	alpha	beta	theta	alpha	beta	theta	alpha	beta	theta

Pearson r

r	0.7669	0.8017	0.6884	0.7186	0.8233	0.6297	0.7371	0.7262	0.7950	0.7232	0.8077	0.8458
95% confidence interval	-0.7385 to 0.9948	-0.6945 to 0.9956	-0.8058 to 0.9927	-0.7838 to 0.9935	-0.6601 to 0.9962	-0.8394 to 0.9910	-0.7682 to 0.9940	-0.7776 to 0.9937	-0.7040 to 0.9955	-0.7801 to 0.9936	-0.6856 to 0.9958	-0.6161 to 0.9967
R squared	0.5882	0.6428	0.4739	0.5164	0.6778	0.3965	0.5433	0.5273	0.6320	0.5231	0.6524	0.7154
P value												
P (two-tailed)	0.2331	0.1983	0.3116	0.2814	0.1767	0.3703	0.2629	0.2738	0.2050	0.2768	0.1923	0.1542
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่อ่อนแรง (weak) และขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่ไม่อ่อนแรง (normal) (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	DHI diff vs. weak C ipsi theta	DHI diff vs. weak C ipsi alpha	DHI diff vs. weak C ipsi beta	DHI diff vs. weak C contra theta	DHI diff vs. weak C contra alpha	DHI diff vs. weak C contra beta	DHI diff vs. normal C ipsi theta	DHI diff vs. normal C ipsi alpha	DHI diff vs. normal C ipsi beta	DHI diff vs. normal C contra theta	DHI diff vs. normal C contra alpha	DHI diff vs. normal C contra beta
Pearson r												
r	0.6235	0.5032	0.5724	-0.4599	-0.7260	0.7695	-0.8951	-0.8419	0.7833	-0.8015	-0.8617	0.7907

95% confidence interval	-0.8423 to 0.9908	-0.8867 to 0.9870	-0.8640 to 0.9893	-0.9854 to 0.8982	-0.9937 to 0.7777	-0.7356 to 0.9948	-0.9978 to 0.4721	-0.9966 to 0.6244	-0.7193 to 0.9952	-0.9956 to 0.6949	-0.9971 to 0.5784	-0.7097 to 0.9954
R squared	0.3888	0.2532	0.3276	0.2115	0.5271	0.5921	0.8013	0.7088	0.6135	0.6423	0.7425	0.6252
P value												
P (two-tailed)	0.3765	0.4968	0.4276	0.5401	0.2740	0.2305	0.1049	0.1581	0.2167	0.1985	0.1383	0.2093
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ parietal cortex (P3, P4) ขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่อ่อนแรง (weak) และขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่ไม่อ่อนแรง (normal) (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	DHI diff vs. weak P ipsi theta	DHI diff vs. weak P ipsi alpha	DHI diff vs. weak P ipsi beta	DHI diff vs. weak P contra theta	DHI diff vs. weak P contra alpha	DHI diff vs. weak P contra beta	DHI diff vs. normal P ipsi theta	DHI diff vs. normal P ipsi alpha	DHI diff vs. normal P ipsi beta	DHI diff vs. normal P contra theta	DHI diff vs. normal P contra alpha	DHI diff vs. normal P contra beta
Pearson r												
r	0.5965	0.5905	0.5123	0.4737	0.4508	0.3805	-0.1440	0.08674	0.7466	-0.8814	0.7374	0.7905
95% confidence interval	-0.8544 to 0.9900	-0.8569 to 0.9898	-0.8841 to 0.9873	-0.8947 to 0.9859	-0.9004 to 0.9851	-0.9153 to 0.9823	-0.9707 to 0.9483	-0.9539 to 0.9672	-0.7594 to 0.9943	-0.9975 to 0.5213	-0.7679 to 0.9940	-0.7100 to 0.9954

R squared	0.3558	0.3486	0.2625	0.2244	0.2032	0.1448	0.02075	0.007524	0.5574	0.7768	0.5438	0.6249
P value												
P (two-tailed)	0.4035	0.4095	0.4877	0.5263	0.5492	0.6195	0.8560	0.9133	0.2534	0.1186	0.2626	0.2095
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ frontal cortex (F3, F4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมอทางด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมอด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	DHI diff vs. weak F Ipsi theta	DHI diff vs. weak F Ipsi alpha	DHI diff vs. weak F Ipsi beta	DHI diff vs. weak F contra theta	DHI diff vs. weak F contra alpha	DHI diff vs. weak F contra beta	DHI diff vs. normal F Ipsi theta	DHI diff vs. normal F Ipsi alpha	DHI diff vs. normal F Ipsi beta	DHI diff vs. normal F contra theta	DHI diff vs. normal F contra alpha	DHI diff vs. normal F contra beta
Pearson r												
r	0.8378	0.7577	0.5622	0.9787	0.7159	0.1529	0.8449	0.7323	0.8343	0.9235	0.8165	0.8313
95% confidence interval	-0.6330 to 0.9965	-0.7483 to 0.9945	-0.8678 to 0.9889	0.2967 to 0.9996	-0.7860 to 0.9935	-0.9474 to 0.9713	-0.6180 to 0.9967	-0.7724 to 0.9939	-0.6398 to 0.9964	-0.3346 to 0.9984	-0.6716 to 0.9960	-0.6456 to 0.9963
R squared	0.7019	0.5742	0.3160	0.9579	0.5125	0.02339	0.7139	0.5362	0.6961	0.8528	0.6667	0.6910

P value													
P (two-tailed)	0.1622	0.2423	0.4378	0.0213	0.2841	0.8471	0.1551	0.2677	0.1657	0.0765	0.1835	0.1687	
P value summary	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	DHI diff vs. weak C ipsi theta	DHI diff vs. weak C ipsi alpha	DHI diff vs. weak C ipsi beta	DHI diff vs. weak C contra theta	DHI diff vs. weak C contra alpha	DHI diff vs. weak C contra beta	DHI diff vs. normal C ipsi theta	DHI diff vs. normal C ipsi alpha	DHI diff vs. normal C ipsi beta	DHI diff vs. normal C contra theta	DHI diff vs. normal C contra alpha	DHI diff vs. normal C contra beta
Pearson r												
r	0.7234	0.3836	0.4911	0.1779	0.1598	0.9787	-0.8560	-0.8074	0.7804	-0.9119	0.1295	0.9235
95% confidence interval	-0.7800 to 0.9936	-0.9147 to 0.9825	-0.8901 to 0.9865	-0.9447 to 0.9727	-0.9467 to 0.9717	-0.2967 to 0.9996	-0.9969 to 0.5926	-0.9958 to 0.6861	-0.7229 to 0.9951	-0.9982 to 0.3982	-0.9498 to 0.9699	-0.3346 to 0.9984
R squared	0.5232	0.1472	0.2411	0.03165	0.02553	0.9579	0.7328	0.6519	0.6089	0.8315	0.01677	0.8528
P value												
P (two-tailed)	0.2766	0.6164	0.5089	0.8221	0.8402	0.0213	0.1440	0.1926	0.2196	0.0881	0.8705	0.0765

กรณีวัด EEG ที่ frontal cortex (F3, F4) ขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่อ่อนแรง (weak) และขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่ไม่อ่อนแรง (normal) (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	velocity vs. weak F Ipsi theta	velocity vs. weak F Ipsi alpha	velocity vs. weak F Ipsi beta	velocity vs. weak F contra theta	velocity vs. weak F contra alpha	velocity vs. weak F contra beta	velocity vs. normal F Ipsi theta	velocity vs. normal F Ipsi alpha	velocity vs. normal F Ipsi beta	velocity vs. normal F contra theta	velocity vs. normal F contra alpha	velocity vs. normal F contra beta
Pearson r												
r	-0.2063	-0.2419	-0.07632	-0.1117	-0.4273	-0.2026	-0.1549	-0.1305	-0.2374	-0.1326	-0.2531	-0.3192
95% confidence interval	-0.9742 to 0.9414	-0.9761 to 0.9370	-0.9665 to 0.9548	-0.9688 to 0.9515	-0.9842 to 0.9058	-0.9740 to 0.9419	-0.9714 to 0.9472	-0.9699 to 0.9497	-0.9758 to 0.9376	-0.9701 to 0.9495	-0.9766 to 0.9356	-0.9797 to 0.9259
R squared	0.04258	0.05853	0.005825	0.01248	0.1826	0.04103	0.02400	0.01703	0.05634	0.01759	0.06405	0.1019
P value												
P (two-tailed)	0.7937	0.7581	0.9237	0.8883	0.5727	0.7974	0.8451	0.8695	0.7626	0.8674	0.7469	0.6808
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่อ่อนแรง (weak) และขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่ไม่อ่อนแรง (normal) (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	weak P Ipsi theta	weak P Ipsi alpha	weak P Ipsi beta	weak P contra theta	weak P contra alpha	weak P contra beta	normal P Ipsi theta	normal P Ipsi alpha	normal P Ipsi beta	normal P contra theta	normal P contra alpha	normal P contra beta
Pearson r												
r	0.04782	0.04893	0.1472	0.1678	0.2111	0.2832	0.7323	0.5657	-0.1651	0.9546	-0.1576	-0.2328
95% confidence interval	-0.9573 to 0.9646	-0.9572 to 0.9647	-0.9480 to 0.9709	-0.9458 to 0.9721	-0.9409 to 0.9745	-0.9314 to 0.9781	-0.7724 to 0.9939	-0.8665 to 0.9891	-0.9720 to 0.9461	-0.07823 to 0.9991	-0.9715 to 0.9469	-0.9756 to 0.9382
R squared	0.002287	0.002394	0.02168	0.02814	0.04455	0.08018	0.5363	0.3201	0.02727	0.9113	0.02484	0.05418
P value												
P (two-tailed)	0.9522	0.9511	0.8528	0.8322	0.7889	0.7168	0.2677	0.4343	0.8349	0.0454	0.8424	0.7672
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Yes	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ frontal cortex (F3, F4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

velocity vs.	velocity vs.	velocity vs.	velocity vs.	velocity vs.	velocity vs.	velocity vs.	velocity vs.	velocity vs.	velocity vs.	velocity vs.	velocity vs.	velocity vs.
weak F Ipsi theta	weak F Ipsi alpha	weak F Ipsi beta	weak F contra theta	weak F contra alpha	weak F contra beta	normal F Ipsi theta	normal F Ipsi alpha	normal F Ipsi beta	normal F contra theta	normal F contra alpha	normal F contra beta	

Pearson r

r	-0.3313	-0.1740	-0.02851	-0.6254	-0.2088	0.1406	-0.3200	-0.1315	-0.2961	-0.4686	-0.2643	-0.2967
95% confidence interval	-0.9803 to 0.9240	-0.9725 to 0.9451	-0.9632 to 0.9588	-0.9909 to 0.8414	-0.9744 to 0.9412	-0.9487 to 0.9705	-0.9798 to 0.9258	-0.9700 to 0.9496	-0.9787 to 0.9295	-0.9857 to 0.8960	-0.9772 to 0.9340	-0.9787 to 0.9294
R squared	0.1098	0.03029	0.0008130	0.3912	0.04358	0.01976	0.1024	0.01729	0.08769	0.2196	0.06986	0.08803
P value												
P (two-tailed)	0.6687	0.8260	0.9715	0.3746	0.7912	0.8594	0.6800	0.8685	0.7039	0.5314	0.7357	0.7033
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	velocity vs. weak C ipsi theta	velocity vs. weak C ipsi alpha	velocity vs. weak C ipsi beta	velocity vs. weak C contra theta	velocity vs. weak C contra alpha	velocity vs. normal C ipsi theta	velocity vs. normal C ipsi alpha	velocity vs. normal C ipsi beta	velocity vs. normal C contra theta	velocity vs. normal C contra alpha	velocity vs. normal C contra beta	
Pearson r	-0.1449	0.2578	0.1397	0.4487	0.1461	-0.6254	0.9529	0.9816	-0.2215	0.9340	0.4838	-0.4686

95% confidence interval	-0.9708 to 0.9482	-0.9349 to 0.9769	-0.9488 to 0.9705	-0.9009 to 0.9850	-0.9481 to 0.9709	-0.9909 to 0.8414	-0.09681 to 0.9990	0.3632 to 0.9996	-0.9750 to 0.9396	-0.2645 to 0.9986	-0.8921 to 0.9863	-0.9857 to 0.8960
R squared	0.02101	0.06647	0.01951	0.2013	0.02133	0.3912	0.9081	0.9636	0.04904	0.8724	0.2341	0.2196
P value												
P (two-tailed)	0.8551	0.7422	0.8603	0.5513	0.8539	0.3746	0.0471	0.0184	0.7785	0.0660	0.5162	0.5314
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ parietal cortex (P3, P4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	velocity vs. weak P ipsi theta	velocity vs. weak P ipsi alpha	velocity vs. weak P ipsi beta	velocity vs. weak P contra theta	velocity vs. weak P contra alpha	velocity vs. weak P contra beta	velocity vs. normal P ipsi theta	velocity vs. normal P ipsi alpha	velocity vs. normal P ipsi beta	velocity vs. normal P contra theta	velocity vs. normal P contra alpha	velocity vs. normal P contra beta
Pearson r												
r	-0.1235	0.1899	0.1871	-0.04967	0.5319	0.2739	0.7662	0.9417	0.04566	0.9228	0.007001	-0.2087
95% confidence interval	-0.9695 to 0.9504	-0.9434 to 0.9733	-0.9437 to 0.9732	-0.9647 to 0.9571	-0.8780 to 0.9879	-0.9327 to 0.9776	-0.7393 to 0.9948	-0.2041 to 0.9988	-0.9574 to 0.9644	-0.3386 to 0.9984	-0.9605 to 0.9616	-0.9744 to 0.9412

R squared	0.01526	0.03607	0.03500	0.002467	0.2829	0.07502	0.5871	0.8868	0.002085	0.8515	4.901e-005	0.04354
P value												
P (two-tailed)	0.8765	0.8101	0.8129	0.9503	0.4681	0.7261	0.2338	0.0583	0.9543	0.0772	0.9930	0.7913
P value												
summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation โดยเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ระหว่าง cadence (จำนวนก้าวต่อนาที) ในการเดิน 10 เมตร กับ EEG ที่วัดขณะประเมิน timed up and go

กรณีวัด EEG ที่ frontal cortex (F3, F4) ขณะลุกยืน (ipsi: สมอ่งด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมอ่งด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	Diff cadence vs. weak F theta	Diff cadence vs. weak F alpha	Diff cadence vs. weak F beta	Diff cadence vs. weak F theta	Diff cadence vs. weak F alpha	Diff cadence vs. weak F contra beta	Diff cadence vs. normal F theta	Diff cadence vs. normal F alpha	Diff cadence vs. normal F beta	Diff cadence vs. normal F theta	Diff cadence vs. normal F alpha	Diff cadence vs. normal F beta	Diff cadence vs. normal F contra beta
Pearson r													
r	-0.7098	-0.4309	0.1362	-0.4260	-0.1200	-0.007092	-0.9133	-0.4520	-0.7295	-0.9493	-0.8443	-0.6342	
95% confidence interval	-0.9933 to 0.7906	-0.9843 to 0.9050	-0.9491 to 0.9703	-0.9842 to 0.9060	-0.9693 to 0.9507	-0.9616 to 0.9605	-0.9982 to 0.3908	-0.9851 to 0.9001	-0.9938 to 0.7749	-0.9990 to 0.1348	-0.9967 to 0.6193	-0.9912 to 0.8371	
R squared	0.5039	0.1856	0.01855	0.1814	0.01440	5.029e-005	0.8342	0.2043	0.5321	0.9011	0.7129	0.4023	

P value												
P (two-tailed)	0.2902	0.5691	0.8638	0.5740	0.8800	0.9929	0.0867	0.5480	0.2705	0.0507	0.1557	0.3658
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)												
	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs												
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะลุกยืน (ipsi: สองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	Diff cadence vs. weak C Ipsi theta	Diff cadence vs. weak C Ipsi alpha	Diff cadence vs. weak C Ipsi beta	Diff cadence vs. weak C contra theta	Diff cadence vs. weak C contra alpha	Diff cadence vs. weak C contra beta	Diff cadence vs. normal C Ipsi theta	Diff cadence vs. normal C Ipsi alpha	Diff cadence vs. normal C Ipsi beta	Diff cadence vs. normal C contra theta	Diff cadence vs. normal C contra alpha	Diff cadence vs. normal C contra beta
Pearson r												
r	-0.5711	-0.2622	-0.04364	0.06259	0.7440	-0.2426	-0.9680	-0.7934	-0.4343	-0.9039	0.2246	-0.2856
95% confidence interval	-0.9892 to 0.8645	-0.9771 to 0.9343	-0.9643 to 0.9576	-0.9560 to 0.9656	-0.7618 to 0.9942	-0.9761 to 0.9369	-0.9994 to - 0.09923	-0.9954 to 0.7062	-0.9845 to 0.9042	-0.9980 to 0.4357	-0.9392 to 0.9752	-0.9782 to 0.9310
R squared	0.3261	0.06873	0.001905	0.003917	0.5536	0.05888	0.9370	0.6294	0.1886	0.8170	0.05043	0.08156
P value												
P (two-tailed)	0.4289	0.7378	0.9564	0.9374	0.2560	0.7574	0.0320	0.2066	0.5657	0.0961	0.7754	0.7144
P value summary	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ parietal cortex (P3, P4) ขณะลุกยืน (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	Diff cadence vs. weak P ipsi theta	Diff cadence vs. weak P ipsi alpha	Diff cadence vs. weak P ipsi beta	Diff cadence vs. weak P contra theta	Diff cadence vs. weak P contra alpha	Diff cadence vs. weak P contra beta	Diff cadence vs. normal P ipsi theta	Diff cadence vs. normal P ipsi alpha	Diff cadence vs. normal P ipsi beta	Diff cadence vs. normal P contra theta	Diff cadence vs. normal P contra alpha	Diff cadence vs. normal P contra beta
Pearson r												
r	-0.2955	-0.1099	-0.5547	0.1656	0.7716	0.2275	-0.9909	-0.9106	0.01381	-0.7956	-0.05754	-0.6802
95% confidence interval	-0.9787 to 0.9296	-0.9687 to 0.9517	-0.9887 to 0.8704	-0.9461 to 0.9720	-0.7332 to 0.9949	-0.9389 to 0.9753	-0.9998 to 0.6263	-0.9981 to 0.4044	-0.9600 to 0.9621	-0.9955 to 0.7031	-0.9652 to 0.9564	-0.9925 to 0.8112
R squared	0.08733	0.01207	0.3077	0.02741	0.5954	0.05177	0.9819	0.8292	0.0001906	0.6330	0.003311	0.4627
P value												
P (two-tailed)	0.7045	0.8901	0.4453	0.8344	0.2284	0.7725	0.0091	0.0894	0.9862	0.2044	0.9425	0.3198
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	Diff cadence vs. weak C Ipsi theta	Diff cadence vs. weak C Ipsi alpha	Diff cadence vs. weak C Ipsi beta	Diff cadence vs. weak C contra theta	Diff cadence vs. weak C contra alpha	Diff cadence vs. weak C contra beta	Diff cadence vs. normal C Ipsi theta	Diff cadence vs. normal C Ipsi alpha	Diff cadence vs. normal C Ipsi beta	Diff cadence vs. normal C contra theta	Diff cadence vs. normal C contra alpha	Diff cadence vs. normal C contra beta
Pearson r												
r	0.5788	0.8389	0.7393	0.9134	0.3551	0.09491	0.5616	0.6562	0.5191	0.4686	0.8763	0.2817
95% confidence interval	-0.8615 to 0.9895	-0.6306 to 0.9965	-0.7662 to 0.9941	-0.3904 to 0.9982	-0.9200 to 0.9813	-0.9531 to 0.9677	-0.8680 to 0.9889	-0.8255 to 0.9918	-0.8820 to 0.9875	-0.8960 to 0.9857	-0.5372 to 0.9974	-0.9316 to 0.9780
R squared	0.3350	0.7038	0.5465	0.8343	0.1261	0.009008	0.3153	0.4306	0.2694	0.2196	0.7679	0.07937
P value												
P (two-tailed)	0.4212	0.1611	0.2607	0.0866	0.6449	0.9051	0.4384	0.3438	0.4809	0.5314	0.1237	0.7183
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XYPairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ parietal cortex (P3, P4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	Diff cadence vs. weak P Ipsi theta	Diff cadence vs. weak P Ipsi alpha	Diff cadence vs. weak P Ipsi beta	Diff cadence vs. weak P contra theta	Diff cadence vs. weak P contra alpha	Diff cadence vs. weak P contra beta	Diff cadence vs. normal P Ipsi theta	Diff cadence vs. normal P Ipsi alpha	Diff cadence vs. normal P Ipsi beta	Diff cadence vs. normal P contra theta	Diff cadence vs. normal P contra alpha	Diff cadence vs. normal P contra beta
Pearson r												
r	0.6050	0.8218	0.8188	0.6542	0.9683	0.8229	0.9877	0.9012	0.7261	0.4297	0.6967	0.5313
95% confidence interval	-0.8508 to 0.9903	-0.6627 to 0.9961	-0.6678 to 0.9961	-0.8266 to 0.9917	0.1038 to 0.9994	-0.6608 to 0.9962	0.5237 to 0.9998	-0.4476 to 0.9979	-0.7777 to 0.9937	-0.9052 to 0.9843	-0.8002 to 0.9929	-0.8782 to 0.9879
R squared	0.3660	0.6754	0.6705	0.4280	0.9376	0.6771	0.9755	0.8121	0.5273	0.1846	0.4854	0.2823
P value												
P (two-tailed)	0.3950	0.1782	0.1812	0.3458	0.0317	0.1771	0.0123	0.0988	0.2739	0.5703	0.3033	0.4687
P value summary	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	Yes	No	Yes	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation โดยเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ระหว่าง จำนวนก้าวในการเดิน 10 เมตร กับ EEG ที่วัดขณะประเมิน timed up and go

กรณีวัด EEG ที่ frontal cortex (F3, F4) ขณะลุกยืน (ipsi: สมอ่งด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมอ่งด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

r	-0.4468	-0.7915	0.5040	0.6274	0.3125	0.9797	0.5153	0.8011	0.09852	0.5580	-0.1560	0.9794
95% confidence interval	-0.9849 to 0.9013	-0.9954 to 0.7087	-0.8865 to 0.9870	-0.8405 to 0.9910	-0.9270 to 0.9794	0.3195 to 0.9996	-0.8832 to 0.9874	-0.6954 to 0.9956	-0.9528 to 0.9680	-0.8693 to 0.9888	-0.9714 to 0.9471	0.3117 to 0.9996
R squared	0.1996	0.6265	0.2540	0.3937	0.09766	0.9599	0.2656	0.6417	0.009706	0.3114	0.02434	0.9592
P value												
P (two-tailed)	0.5532	0.2085	0.4960	0.3726	0.6875	0.0203	0.4847	0.1989	0.9015	0.4420	0.8440	0.0206
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	Yes
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ parietal cortex (P3, P4) ขณะลุกยืน (ipsi: สมอ่งด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมอ่งด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	10m step Diff vs. weak P ipsi theta	10m step Diff vs. weak P ipsi alpha	10m step Diff vs. weak P ipsi beta	10m step Diff vs. weak P contra theta	10m step Diff vs. weak P contra alpha	10m step Diff vs. weak P contra beta	10m step Diff vs. normal P ipsi theta	10m step Diff vs. normal P ipsi alpha	10m step Diff vs. normal P ipsi beta	10m step Diff vs. normal P contra theta	10m step Diff vs. normal P contra alpha	10m step Diff vs. normal P contra beta
Pearson r												
r	-0.2283	-0.8028	0.9159	0.3387	0.1910	0.6639	0.3983	0.3408	-0.5785	0.5492	0.6977	0.7367
95% confidence interval	-0.9754 to 0.9388	-0.9957 to 0.6930	-0.3776 to 0.9983	-0.9228 to 0.9806	-0.9432 to 0.9734	-0.8211 to 0.9920	-0.9118 to 0.9831	-0.9224 to 0.9807	-0.9895 to 0.8617	-0.8723 to 0.9885	-0.7995 to 0.9930	-0.7686 to 0.9940
R squared	0.05213	0.6444	0.8388	0.1147	0.03647	0.4408	0.1586	0.1162	0.3346	0.3017	0.4867	0.5427

P value												
P (two-tailed)	0.7717	0.1972	0.0841	0.6613	0.8090	0.3361	0.6017	0.6592	0.4215	0.4508	0.3023	0.2633
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ frontal cortex (F3, F4) ขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่อ่อนแรง (weak) และขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่ไม่อ่อนแรง (normal) (ipsi: สองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	10m step Diff vs. weak F ipsi theta	10m step Diff vs. weak F ipsi alpha	10m step Diff vs. weak F ipsi beta	10m step Diff vs. weak F contra theta	10m step Diff vs. weak F contra alpha	10m step Diff vs. weak F contra beta	10m step Diff vs. normal F ipsi theta	10m step Diff vs. normal F ipsi alpha	10m step Diff vs. normal F ipsi beta	10m step Diff vs. normal F contra theta	10m step Diff vs. normal F contra alpha	10m step Diff vs. normal F contra beta
Pearson r												
r	-0.5099	-0.3913	-0.2107	-0.3333	0.1989	0.3599	-0.4914	-0.4452	-0.4406	-0.4846	-0.4019	-0.3953
95% confidence interval	-0.9872 to 0.8848	-0.9828 to 0.9132	-0.9745 to 0.9409	-0.9803 to 0.9237	-0.9423 to 0.9738	-0.9191 to 0.9815	-0.9866 to 0.8900	-0.9849 to 0.9017	-0.9847 to 0.9028	-0.9863 to 0.8919	-0.9832 to 0.9111	-0.9829 to 0.9124

R squared	0.2600	0.1532	0.04440	0.1111	0.03957	0.1296	0.2415	0.1982	0.1941	0.2348	0.1615	0.1563
P value												
P (two-tailed)	0.4901	0.6087	0.7893	0.6667	0.8011	0.6401	0.5086	0.5548	0.5594	0.5154	0.5981	0.6047
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่อ่อนแรง (weak) และขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่ไม่อ่อนแรง (normal) (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	10m step Diff vs. weak C ipsi theta	10m step Diff vs. weak C ipsi alpha	10m step Diff vs. weak C ipsi beta	10m step Diff vs. weak C contra theta	10m step Diff vs. weak C contra alpha	10m step Diff vs. weak C contra beta	10m step Diff vs. normal C ipsi theta	10m step Diff vs. normal C ipsi alpha	10m step Diff vs. normal C ipsi beta	10m step Diff vs. normal C contra theta	10m step Diff vs. normal C contra alpha	10m step Diff vs. normal C contra beta
Pearson r												
r	-0.5468	-0.5675	-0.5052	-0.4072	-0.1340	-0.2714	-0.1442	-0.05153	-0.4798	-0.2432	-0.2300	-0.4427
95% confidence interval	-0.9884 to 0.8731	-0.9891 to 0.8658	-0.9870 to 0.8861	-0.9834 to 0.9100	-0.9701 to 0.9493	-0.9775 to 0.9331	-0.9708 to 0.9483	-0.9648 to 0.9569	-0.9861 to 0.8931	-0.9761 to 0.9369	-0.9755 to 0.9386	-0.9848 to 0.9023
R squared	0.2990	0.3221	0.2552	0.1658	0.01796	0.07366	0.02080	0.002655	0.2303	0.05915	0.05288	0.1959

P value												
P (two-tailed)	0.4532	0.4325	0.4948	0.5928	0.8660	0.7286	0.8558	0.9485	0.5202	0.7568	0.7700	0.5573
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ parietal cortex (P3, P4) ขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่อ่อนแรง (weak) และขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่ไม่อ่อนแรง (normal) (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	10m step Diff vs. weak P Ipsi theta	10m step Diff vs. weak P Ipsi alpha	10m step Diff vs. weak P Ipsi beta	10m step Diff vs. weak P contra theta	10m step Diff vs. weak P contra alpha	10m step Diff vs. weak P contra beta	10m step Diff vs. normal P Ipsi theta	10m step Diff vs. normal P Ipsi alpha	10m step Diff vs. normal P Ipsi beta	10m step Diff vs. normal P contra theta	10m step Diff vs. normal P contra alpha	10m step Diff vs. normal P contra beta
Pearson r												
r	-0.4164	-0.4771	-0.4369	-0.5823	-0.4859	-0.1574	-0.1080	-0.3666	-0.4697	-0.1545	-0.5014	-0.4559
95% confidence interval	-0.9838 to 0.9081	-0.9860 to 0.8938	-0.9846 to 0.9036	-0.9896 to 0.8602	-0.9864 to 0.8915	-0.9715 to 0.9469	-0.9686 to 0.9519	-0.9818 to 0.9179	-0.9858 to 0.8958	-0.9714 to 0.9472	-0.9869 to 0.8872	-0.9853 to 0.8992
R squared	0.1734	0.2276	0.1909	0.3391	0.2361	0.02478	0.01167	0.1344	0.2206	0.02386	0.2514	0.2078
P value												
P (two-tailed)	0.5836	0.5229	0.5631	0.4177	0.5141	0.8426	0.8920	0.6334	0.5303	0.8455	0.4986	0.5441

กรณีวัด EEG ที่ parietal cortex (P3, P4) ขณะลุกยืน (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	10m time Diff vs. weak P Ipsi theta	10m time Diff vs. weak P Ipsi alpha	10m time Diff vs. weak P Ipsi beta	10m time Diff vs. weak P contra theta	10m time Diff vs. weak P contra alpha	10m time Diff vs. weak P contra beta	10m time Diff vs. normal P Ipsi theta	10m time Diff vs. normal P Ipsi alpha	10m time Diff vs. normal P Ipsi beta	10m time Diff vs. normal P contra theta	10m time Diff vs. normal P contra alpha	10m time Diff vs. normal P contra beta
Pearson r												
r	-0.1406	-0.7661	0.9200	0.4774	0.3207	0.7725	0.3301	0.3192	-0.4816	0.5559	0.7958	0.7525
95% confidence interval	-0.9705 to 0.9487	-0.9948 to 0.7394	-0.3546 to 0.9983	-0.8938 to 0.9861	-0.9257 to 0.9798	-0.7322 to 0.9949	-0.9242 to 0.9802	-0.9260 to 0.9797	-0.9862 to 0.8927	-0.8700 to 0.9887	-0.7029 to 0.9955	-0.7537 to 0.9944
R squared	0.01976	0.5869	0.8465	0.2279	0.1028	0.5967	0.1090	0.1019	0.2319	0.3090	0.6333	0.5662
P value												
P (two-tailed)	0.8594	0.2339	0.0800	0.5226	0.6793	0.2275	0.6699	0.6808	0.5184	0.4441	0.2042	0.2475
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ frontal cortex (F3, F4) ขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่อ่อนแรง (weak) และขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่ไม่อ่อนแรง (normal) (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	10m time Diff vs. weak F ipsi theta	10m time Diff vs. weak F ipsi alpha	10m time Diff vs. weak F ipsi beta	10m time Diff vs. weak F contra theta	10m time Diff vs. weak F contra alpha	10m time Diff vs. weak F contra beta	10m time Diff vs. normal F ipsi theta	10m time Diff vs. normal F ipsi alpha	10m time Diff vs. normal F ipsi beta	10m time Diff vs. normal F contra theta	10m time Diff vs. normal F contra alpha	10m time Diff vs. normal F contra beta
Pearson r												
r	-0.3692	-0.2430	-0.05506	-0.1811	0.3448	0.5019	-0.3486	-0.2991	-0.2952	-0.3412	-0.2544	-0.2493
95% confidence interval	-0.9819 to 0.9174	-0.9761 to 0.9369	-0.9651 to 0.9567	-0.9729 to 0.9444	-0.9217 to 0.9809	-0.8871 to 0.9869	-0.9810 to 0.9211	-0.9788 to 0.9291	-0.9786 to 0.9296	-0.9807 to 0.9223	-0.9767 to 0.9354	-0.9764 to 0.9361
R squared	0.1363	0.05905	0.003032	0.03281	0.1189	0.2519	0.1215	0.08943	0.08716	0.1164	0.06470	0.06217
P value												
P (two-tailed)	0.6308	0.7570	0.9449	0.8189	0.6552	0.4981	0.6514	0.7009	0.7048	0.6588	0.7456	0.7507
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่อ่อนแรง (weak) และขณะเดินหมุนตัวกลับด้านที่ไม่อ่อนแรง (normal) (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	weak P Ipsi theta	weak P Ipsi alpha	weak P Ipsi beta	weak P contra theta	weak P contra alpha	weak P contra beta	normal P Ipsi theta	normal P Ipsi alpha	normal P Ipsi beta	normal P contra theta	normal P contra alpha	normal P contra beta
Pearson r												
r	-0.2713	-0.3358	-0.2969	-0.4547	-0.3526	-0.01599	-0.02120	-0.2602	-0.3253	-0.2209	-0.3594	-0.3115
95% confidence interval	-0.9775 to 0.9331	-0.9805 to 0.9232	-0.9787 to 0.9294	-0.9852 to 0.8995	-0.9812 to 0.9204	-0.9623 to 0.9598	-0.9627 to 0.9594	-0.9770 to 0.9346	-0.9800 to 0.9250	-0.9750 to 0.9397	-0.9815 to 0.9192	-0.9794 to 0.9272
R squared	0.07359	0.1128	0.08815	0.2067	0.1243	0.0002558	0.0004496	0.06769	0.1058	0.04882	0.1292	0.09703
P value												
P (two-tailed)	0.7287	0.6642	0.7031	0.5453	0.6474	0.9840	0.9788	0.7398	0.6747	0.7791	0.6406	0.6885
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ frontal cortex (F3, F4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมอทางด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมอด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

10m time Diff vs.	10m time Diff vs.	10m time Diff vs.	10m time Diff vs.	10m time Diff vs.	10m time Diff vs.	10m time Diff vs.	10m time Diff vs.	10m time Diff vs.	10m time Diff vs.	10m time Diff vs.	10m time Diff vs.
weak F Ipsi theta	weak F Ipsi alpha	weak F Ipsi beta	weak F contra theta	weak F contra alpha	weak F contra beta	normal F Ipsi theta	normal F Ipsi alpha	normal F Ipsi beta	normal F contra theta	normal F contra alpha	normal F contra beta

Pearson r

r	-0.3694	-0.2647	0.3621	-0.06882	0.2889	0.7952	-0.2657	-0.1802	-0.2279	-0.1507	-0.1010	-0.2758
95% confidence interval	-0.9819 to 0.9174	-0.9772 to 0.9340	-0.9187 to 0.9816	-0.9660 to 0.9555	-0.9306 to 0.9783	-0.7036 to 0.9955	-0.9772 to 0.9339	-0.9728 to 0.9445	-0.9754 to 0.9388	-0.9711 to 0.9476	-0.9681 to 0.9526	-0.9777 to 0.9325
R squared	0.1364	0.07009	0.1311	0.004736	0.08346	0.6324	0.07060	0.03247	0.05195	0.02272	0.01020	0.07606
P value												
P (two-tailed)	0.6306	0.7353	0.6379	0.9312	0.7111	0.2048	0.7343	0.8198	0.7721	0.8493	0.8990	0.7242
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

10m time Diff vs. weak C ipsi theta	10m time Diff vs. weak C ipsi alpha	10m time Diff vs. weak C ipsi beta	10m time Diff vs. weak C contra theta	10m time Diff vs. weak C contra alpha	10m time Diff vs. weak C contra beta	10m time Diff vs. normal C ipsi theta	10m time Diff vs. normal C ipsi alpha	10m time Diff vs. normal C ipsi beta	10m time Diff vs. normal C contra theta	10m time Diff vs. normal C contra alpha	10m time Diff vs. normal C contra beta
-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	---	---	--

Pearson r

r	-0.3974	-0.4930	0.1167	-0.5281	0.7827	-0.06882	-0.2713	-0.2330	-0.3395	-0.2068	0.1846	-0.1507
95% confidence interval	-0.9830 to 0.9120	-0.9866 to 0.8896	-0.9511 to 0.9691	-0.9878 to 0.8792	-0.7200 to 0.9952	-0.9660 to 0.9555	-0.9775 to 0.9331	-0.9756 to 0.9382	-0.9806 to 0.9226	-0.9743 to 0.9414	-0.9440 to 0.9731	-0.9711 to 0.9476
R squared	0.1579	0.2431	0.01361	0.2789	0.6127	0.004736	0.07360	0.05429	0.1153	0.04278	0.03409	0.02272
P value												
P (two-tailed)	0.6026	0.5070	0.8833	0.4719	0.2173	0.9312	0.7287	0.7670	0.6605	0.7932	0.8154	0.8493
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XYPairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ parietal cortex (P3, P4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมอ่งด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมอ่งด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	10m time Diff vs. weak P Ipsi theta	10m time Diff vs. weak P Ipsi alpha	10m time Diff vs. weak P Ipsi beta	10m time Diff vs. weak P contra theta	10m time Diff vs. weak P contra alpha	10m time Diff vs. weak P contra beta	10m time Diff vs. normal P Ipsi theta	10m time Diff vs. normal P Ipsi alpha	10m time Diff vs. normal P Ipsi beta	10m time Diff vs. normal P contra theta	10m time Diff vs. normal P contra alpha	10m time Diff vs. normal P contra beta
Pearson r												
r	-0.2815	-0.2994	-0.2032	-0.4021	-0.3554	0.07948	-0.09787	-0.2395	-0.3748	-0.1799	-0.3971	-0.3273
95% confidence interval	-0.9780 to 0.9316	-0.9788 to 0.9290	-0.9741 to 0.9418	-0.9832 to 0.9111	-0.9813 to 0.9199	-0.9545 to 0.9667	-0.9679 to 0.9528	-0.9759 to 0.9374	-0.9821 to 0.9164	-0.9728 to 0.9445	-0.9830 to 0.9121	-0.9801 to 0.9247

R squared	0.07923	0.08967	0.04128	0.1616	0.1263	0.006317	0.009578	0.05734	0.1405	0.03237	0.1577	0.1071
P value												
P (two-tailed)	0.7185	0.7006	0.7968	0.5979	0.6446	0.9205	0.9021	0.7605	0.6252	0.8201	0.6029	0.6727
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XYPairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation โดยเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ระหว่าง ระยะเวลาในการเดิน timed up and go (เดินหมุนตัวกลับด้านขาข้างที่อ่อนแรง) กับ EEG ที่วัดขณะประเมิน timed up and go

กรณีวัด EEG ที่ frontal cortex (F3, F4) ขณะลุกยืน (ipsi: สมอ่งด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมอ่งด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	Diff TUG weak vs. weak F Ipsi theta	Diff TUG weak vs. weak F Ipsi alpha	Diff TUG weak vs. weak F Ipsi beta	Diff TUG weak vs. weak F contra theta	Diff TUG weak vs. weak F contra alpha	Diff TUG weak vs. weak F contra beta	Diff TUG weak vs. normal F Ipsi theta	Diff TUG weak vs. normal F Ipsi alpha	Diff TUG weak vs. normal F Ipsi beta	Diff TUG weak vs. normal F contra theta	Diff TUG weak vs. normal F contra alpha	Diff TUG weak vs. normal F contra beta
Pearson r												
r	0.6362	0.4480	0.8672	0.8954	0.9643	0.9222	0.6264	0.9521	0.7869	0.6094	0.6689	0.6814

95% confidence interval	-0.8361 to 0.9912	-0.9011 to 0.9850	-0.5636 to 0.9972	-0.4711 to 0.9978	0.04368 to 0.9993	-0.3423 to 0.9984	-0.8410 to 0.9909	-0.1062 to 0.9990	-0.7147 to 0.9953	-0.8488 to 0.9904	-0.8182 to 0.9922	-0.8104 to 0.9925
R squared	0.4048	0.2007	0.7521	0.8017	0.9298	0.8504	0.3924	0.9064	0.6192	0.3714	0.4474	0.4643
P value												
P (two-tailed)	0.3638	0.5520	0.1328	0.1046	0.0357	0.0778	0.3736	0.0479	0.2131	0.3906	0.3311	0.3186
P value summary	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะลุกยืน (ipsi: สองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	Diff TUG weak vs. weak C Ipsi theta	Diff TUG weak vs. weak C Ipsi alpha	Diff TUG weak vs. weak C Ipsi beta	Diff TUG weak vs. weak C contra theta	Diff TUG weak vs. weak C contra alpha	Diff TUG weak vs. weak C contra beta	Diff TUG weak vs. normal C Ipsi theta	Diff TUG weak vs. normal C Ipsi alpha	Diff TUG weak vs. normal C Ipsi beta	Diff TUG weak vs. normal C contra theta	Diff TUG weak vs. normal C contra alpha	Diff TUG weak vs. normal C contra beta
Pearson r												
r	-0.3728	-0.7435	0.6088	0.7131	0.3423	0.9945	0.5369	0.8258	0.2186	0.6032	-0.03121	0.9966
95% confidence interval	-0.9820 to 0.9167	-0.9942 to 0.7623	-0.8491 to 0.9904	-0.7882 to 0.9934	-0.9222 to 0.9807	0.7567 to 0.9999	-0.8764 to 0.9881	-0.6556 to 0.9962	-0.9400 to 0.9749	-0.8516 to 0.9902	-0.9634 to 0.9586	0.8402 to 0.9999
R squared	0.1390	0.5528	0.3707	0.5085	0.1172	0.9891	0.2883	0.6820	0.04780	0.3638	0.0009738	0.9931
P value												
P (two-tailed)	0.6272	0.2565	0.3912	0.2869	0.6577	0.0055	0.4631	0.1742	0.7814	0.3968	0.9688	0.0034

กรณีวัด EEG ที่ frontal cortex (F3, F4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมอทางด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมอด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	Diff TUG weak vs. weak F Ipsi theta	Diff TUG weak vs. weak F Ipsi alpha	Diff TUG weak vs. weak F Ipsi beta	Diff TUG weak vs. weak F contra theta	Diff TUG weak vs. weak F contra alpha	Diff TUG weak vs. weak F contra beta	Diff TUG weak vs. normal F Ipsi theta	Diff TUG weak vs. normal F Ipsi alpha	Diff TUG weak vs. normal F Ipsi beta	Diff TUG weak vs. normal F contra theta	Diff TUG weak vs. normal F contra alpha	Diff TUG weak vs. normal F contra beta
Pearson r												
r	-0.3990	-0.3122	0.2990	-0.07544	0.2387	0.7399	-0.3002	-0.2333	-0.2657	-0.1735	-0.1446	-0.3121
95% confidence interval	-0.9831 to 0.9117	-0.9794 to 0.9271	-0.9291 to 0.9788	-0.9665 to 0.9549	-0.9375 to 0.9759	-0.7657 to 0.9941	-0.9789 to 0.9289	-0.9756 to 0.9381	-0.9772 to 0.9339	-0.9724 to 0.9452	-0.9708 to 0.9483	-0.9794 to 0.9271
R squared	0.1592	0.09745	0.08943	0.005692	0.05696	0.5474	0.09010	0.05443	0.07060	0.03009	0.02091	0.09740
P value												
P (two-tailed)	0.6010	0.6878	0.7010	0.9246	0.7613	0.2601	0.6998	0.7667	0.7343	0.8265	0.8554	0.6879
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะเดินกลับมาถึงเก้าอี้แล้วกำลังนั่งลง (ipsi: สมอทางด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมอด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	weak F Ipsi theta	weak F Ipsi alpha	weak F Ipsi beta	weak F contra theta	weak F contra alpha	weak F contra beta	normal F Ipsi theta	normal F Ipsi alpha	normal F Ipsi beta	normal F contra theta	normal F contra alpha	normal F contra beta
Pearson r												
r	0.6109	0.4351	0.8889	0.8887	0.9730	0.9372	0.5894	0.9445	0.7624	0.5697	0.6345	0.6609
95% confidence interval	-0.8482 to 0.9905	-0.9040 to 0.9845	-0.4956 to 0.9977	-0.4962 to 0.9977	0.1833 to 0.9995	-0.2407 to 0.9987	-0.8573 to 0.9898	-0.1801 to 0.9989	-0.7434 to 0.9947	-0.8650 to 0.9892	-0.8370 to 0.9912	-0.8228 to 0.9919
R squared	0.3733	0.1893	0.7901	0.7898	0.9467	0.8783	0.3474	0.8920	0.5813	0.3245	0.4026	0.4368
P value												
P (two-tailed)	0.3891	0.5649	0.1111	0.1113	0.0270	0.0628	0.4106	0.0555	0.2376	0.4303	0.3655	0.3391
P value summary	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No
Number of XY Pairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ motor cortex (C3, C4) ขณะลุกยืน (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	Diff TUG normal	Diff TUG normal	Diff TUG normal	Diff TUG normal	Diff TUG normal	Diff TUG normal	Diff TUG normal	Diff TUG normal	Diff TUG normal	Diff TUG normal	Diff TUG normal	Diff TUG normal
	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.
	weak C Ipsi theta	weak C Ipsi alpha	weak C Ipsi beta	weak C contra theta	weak C contra alpha	weak C contra beta	normal C Ipsi theta	normal C Ipsi alpha	normal C Ipsi beta	normal C contra theta	normal C contra alpha	normal C contra beta
Pearson r												
r	-0.4070	-0.7679	0.6186	0.7296	0.3873	0.9979	0.4953	0.7980	0.2021	0.5665	-0.01716	0.9978

95% confidence interval	-0.9834 to 0.9101	-0.9948 to 0.7374	-0.8447 to 0.9907	-0.7748 to 0.9938	-0.9140 to 0.9826	0.8999 to 1.000	-0.8890 to 0.9867	-0.6998 to 0.9956	-0.9420 to 0.9740	-0.8662 to 0.9891	-0.9624 to 0.9598	0.8945 to 1.000
R squared	0.1656	0.5897	0.3826	0.5323	0.1500	0.9958	0.2453	0.6367	0.04083	0.3209	0.0002945	0.9956
P value												
P (two-tailed)	0.5930	0.2321	0.3814	0.2704	0.6127	0.0021	0.5047	0.2020	0.7979	0.4335	0.9828	0.0022
P value summary	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	**
Significant? (alpha = 0.05)	No	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	Yes
Number of XYPairs	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กรณีวัด EEG ที่ parietal cortex (P3, P4) ขณะลุกยืน (ipsi: สมองด้านที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ contra: สมองด้านที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง)

	Diff TUG normal vs. weak P ipsi theta	Diff TUG normal vs. weak P ipsi alpha	Diff TUG normal vs. weak P ipsi beta	Diff TUG normal vs. weak P contra theta	Diff TUG normal vs. weak P contra alpha	Diff TUG normal vs. weak P contra beta	Diff TUG normal vs. normal P ipsi theta	Diff TUG normal vs. normal P ipsi alpha	Diff TUG normal vs. normal P ipsi beta	Diff TUG normal vs. normal P contra theta	Diff TUG normal vs. normal P contra alpha	Diff TUG normal vs. normal P contra beta
Pearson r												
r	-0.1212	-0.7492	0.9358	0.4666	0.2812	0.7537	0.3737	0.3602	-0.4730	0.5888	0.7908	0.7771
95% confidence interval	-0.9694 to 0.9506	-0.9943 to 0.7569	-0.2516 to 0.9987	-0.8965 to 0.9857	-0.9317 to 0.9780	-0.7524 to 0.9944	-0.9166 to 0.9821	-0.9190 to 0.9815	-0.9859 to 0.8949	-0.8576 to 0.9898	-0.7096 to 0.9954	-0.7268 to 0.9950
R squared	0.01470	0.5613	0.8757	0.2178	0.07905	0.5681	0.1396	0.1297	0.2238	0.3466	0.6254	0.6039

การทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ระหว่างค่าที่ตรวจประเมินทางคลินิก กับระดับของคลื่นไฟฟ้าสมอง alpha, beta และ theta ที่สมองบริเวณ frontal (F3, F4), motor cortex (C3, C4) และ parietal (P3, P4) พบความสัมพันธ์ ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ระหว่างค่า Dizziness Handicap Inventory (DHI) กับคลื่นไฟฟ้าสมอง (ตารางที่ 4.11)

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า DHI (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) พบมีความสัมพันธ์ของ ค่า DHI ที่ลดลง กับคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($P = 0.028$)

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะนั่งลง (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า DHI (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) พบมีความสัมพันธ์ของ ค่า DHI ที่ลดลง กับ คลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($P = 0.021$) และ คลื่น beta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($P = 0.021$)

2. การทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ระหว่างค่า อัตราเร็วในการเดินระยะทาง 10 เมตร กับคลื่นไฟฟ้าสมอง (ตารางที่ 4.12)

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรง (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า อัตราเร็วในการเดินระยะทาง 10 เมตร ที่เพิ่มขึ้น (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) พบมีความสัมพันธ์ของ คลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.004$)

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติ (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า อัตราเร็วในการเดินระยะทาง 10 เมตร ที่เพิ่มขึ้น (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) พบมีความสัมพันธ์ของ คลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.008$) และ คลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.032$) และ คลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p=0.045$)

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะนั่งลง (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า อัตราเร็วในการเดินระยะทาง 10 เมตร ที่เพิ่มขึ้น (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) พบมีความสัมพันธ์ของ คลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.018$) และ theta ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.047$) ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง

3. การทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ระหว่างค่า จำนวนก้าวต่อ 1 นาที (cadence) เมื่อเดินระยะทาง 10 เมตร กับคลื่นไฟฟ้าสมอง (ตารางที่ 4.13)

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า จำนวนก้าวต่อ 1 นาที (cadence) ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเดินระยะทาง 10 เมตร (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) พบมีความสัมพันธ์ของ คลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ($p = 0.032$) และ parietal cortex ($p = 0.009$) ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติ (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า จำนวนก้าวต่อ 1 นาที (cadence) ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเดินระยะทาง 10 เมตร (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) พบมีความสัมพันธ์ของ คลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.024$) และ theta ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.019$) ที่สมองตำแหน่ง parietal cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะนั่งลง (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า จำนวนก้าวต่อ 1 นาที (cadence) ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเดินระยะทาง 10 เมตร (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กรณี เดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรง แล้วกลับมานั่งลง ขณะนั่ง พบมีความสัมพันธ์ของ คลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal cortex ของสมองข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.032$) และ กรณี เดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติ แล้วกลับมานั่งลง ขณะนั่ง พบมีความสัมพันธ์ของ คลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ของสมองข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.012$)

4. การทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ระหว่างค่า จำนวนก้าวในการเดินระยะทาง 10 เมตร กับคลื่นไฟฟ้าสมอง (ตารางที่ 4.14)

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า จำนวนก้าวในการเดินระยะทาง 10 เมตร (ก่อนทำ

กายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) พบมีความสัมพันธ์ของ คลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.022$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.020$)

5. การทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ระหว่างค่า ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระยะทาง 10 เมตร กับคลื่นไฟฟ้าสมอง (ตารางที่ 4.15)

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระยะทาง 10 เมตร (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) พบมีความสัมพันธ์ของ คลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.020$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.001$)

6. การทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ระหว่างค่า ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Timed Up and Go กรณีเมื่อเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรง กับคลื่นไฟฟ้าสมอง (ตารางที่ 4.16)

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Timed Up and Go กรณีเมื่อเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรง (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) พบมีความสัมพันธ์ของ คลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal ทั้ง 2 ข้าง (ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง $p = 0.0356$, ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง $p = 0.048$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.006$)

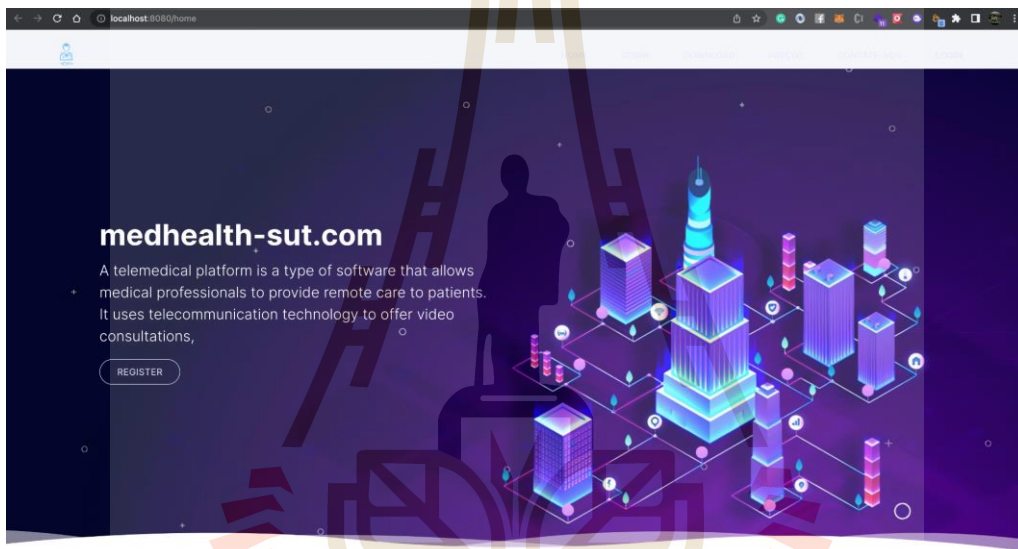
7. การทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ระหว่างค่า ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Timed Up and Go กรณีเมื่อเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติ กับคลื่นไฟฟ้าสมอง (ตารางที่ 4.17)

- เมื่อหาความสัมพันธ์ของ การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) กับ การเปลี่ยนแปลงของค่า ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Timed Up and Go กรณีเมื่อเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติ (ก่อนทำกายภาพบำบัด เทียบกับหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง) พบมีความสัมพันธ์ของ คลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.027$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.002$)

4.3 การแสดงผลไปที่แอปพลิเคชัน

มีการแสดงผลข้อมูลทั่วไป (เช่น เพศ อายุ ระยะเวลาที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง) และผลการตรวจประเมินการเดินและอาการวิงเวียน ของผู้ป่วย ไปที่ web application โดยแอปพลิเคชันถูกพัฒนาขึ้นจากโครงการพัฒนาระบบศูนย์กลางโทรเวชกรรม (Telemedicine) สำหรับอุปกรณ์ตรวจสุขภาพใช้งานในบ้าน (Development of central telemedicine system for domestic health check-up devices) โดยมีลักษณะดังรูป 4.3.1-4.3.3

4.3.1 เปิด Browser ขึ้นมา แล้วพิมพ์ URL: www.medhealth-sut.com จะปรากฏหน้า Home Page ขึ้นมา จากนั้นคลิกที่ปุ่ม LOGIN ด้านบนขวา เพื่อทำการเข้าสู่ระบบ



รูป 4.3.1 Home Page ของระบบ Web Application

4.3.2 การแสดงผลข้อมูล EEG ใน web application

ในส่วนนี้ได้มีการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการแสดงผลข้อมูล EEG ที่ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลของระบบศูนย์กลางโทรเวชกรรม (รูปที่ 4.3.2) โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกการแสดงผลในแต่ละ Session Channel และ Frequency ได้ (รูปที่ 4.3.3) ซึ่งช่วยให้การแสดงผลข้อมูลเป็นไปอย่างจำเพาะเจาะจงมากขึ้นและช่วยสนับสนุนให้เกิดการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถแสดงการบันทึกวิดีโอระหว่างการเก็บข้อมูล EEG ที่ถูกบันทึกโดยแพทย์และผู้ช่วย ซึ่งสามารถใช้ในการระบุตำแหน่งของคลื่นสัญญาณ EEG ให้สอดคล้องกับกิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่ เช่น การลุกนั่ง การเดินและหมุนตัว เป็นต้น ในส่วนนี้จะเป็นการดำเนินการในการวิจัยลำดับต่อไป

เป้าหมายสำคัญสำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนี้คือเป็นช่องทางสำหรับการแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลทางด้าน EEG ของผู้ป่วยที่เป็นผู้ใช้งานระบบศูนย์กลางโทรเวชกรรม โดยมีส่วนการทำงานต่างๆ ดังนี้

- สามารถแสดงคลิปวิดีโอในการเก็บข้อมูล EEG ของแต่ละ Session บนหน้าเว็บได้
- แสดงตัวข้อมูลในช่องสัญญาณ 5 ช่องแรกบนหน้าเว็บได้
- แสดงข้อมูล topographical ของช่องสัญญาณทั้งหมดได้ ในรูปแบบรูปภาพ
- แสดงข้อมูลช่องสัญญาณออกมาในรูปแบบของกราฟที่สามารถตอบโต้ได้
- สามารถเลือกแสดงข้อมูลเฉพาะช่องสัญญาณ และแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟได้
- สามารถเลือกแสดงข้อมูลเฉพาะช่วงความถี่ (alpha, beta, delta, theta, gamma) และแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟได้

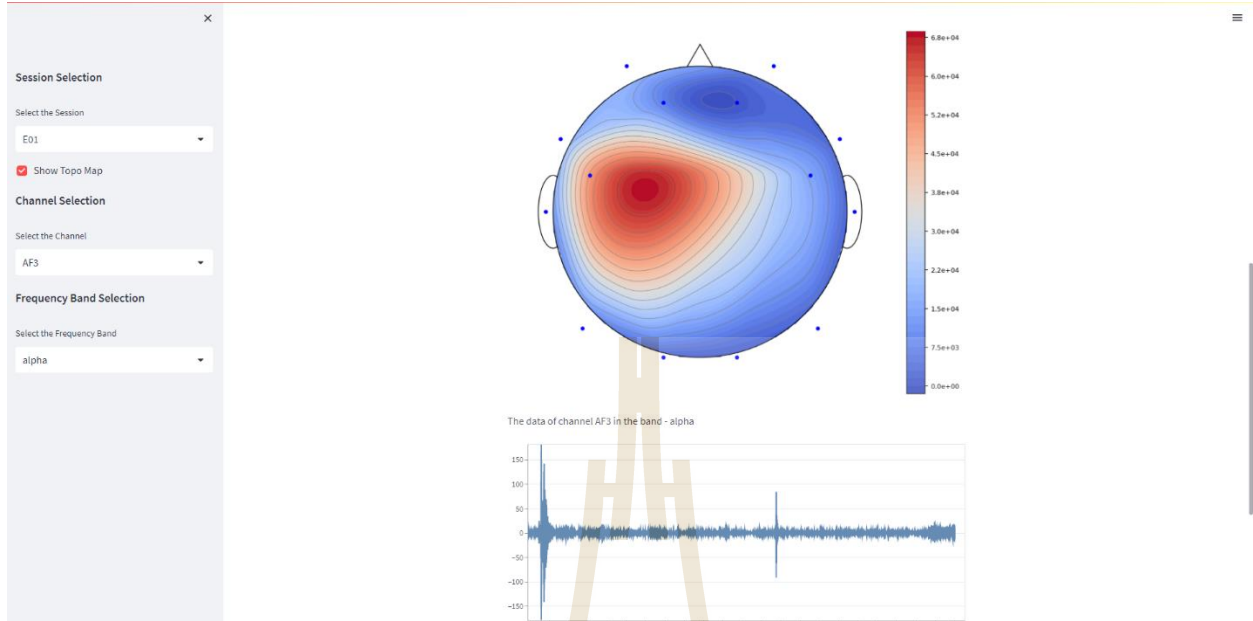
interactive web app to visualise EEG Data

A tool for gifted youngsters, mutant and human alike 🤖

Showing the first five channels of the session E01

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-60.7778	-56.7482	-50.0322	-42.5029	-37.7367	-35.1536	-33.6038	-31.6407	-28.5410	-24.4090
1	0.8650	2.3675	2.3675	0.8650	-1.7106	-2.7122	-2.2114	-0.7089	-0.2081	-0.7089
2	-10.8199	-10.8199	-8.7296	-5.1463	-2.0856	0.4526	2.5428	3.5133	3.0654	-0.0700
3	29.6612	28.5703	27.0430	24.9703	23.4430	23.0067	22.4612	21.9158	20.3885	18.3158
4	0.3533	1.9133	1.4063	-0.6607	-2.1817	-2.1817	0.8993	4.4873	7.0224	6.5154

รูปที่ 4.3.2 หน้าตาการแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการแสดงผลข้อมูล EEG



รูปที่ 4.3.3 ตัวอย่างการแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชันตาม Session Channel และ Frequency ที่ผู้ใช้งานเลือก

4.4 การวัดผล feasibility study

วัดผล feasibility study ของการทำกายภาพบำบัดระยะไกล ตามเกณฑ์ ของBowen, D. J., Kreuter, M., Spring, B., Linnan, L., Weiner, D., Bakken, S., Kaplan, C. P., Squiers, L., & Fabrizio, C. (2010). NIH Public Access. 36(5), 452–457. ได้แก่

- 1) Safety: adverse events, assistance levels, tolerance
 - ในการวิจัยครั้งนี้ ไม่พบความผิดปกติใดๆขณะทำการทดสอบ รวมไปถึงการฟื้นฟูที่โรงพยาบาลและการฟื้นฟูทางไกล โดยอาสาสมัครสามารถปฏิบัติตามคำแนะนำและการฝึกได้อย่างปลอดภัยและถูกต้อง
- 2) Compliance with protocol activities: Treatment sessions, Assessments, Sensor usage during treatment sessions
 - ผู้ป่วยสามารถฝึกได้ตามเป้าหมาย ในแง่ระยะเวลา ความถี่ และความเข้มข้นของการฝึก โดยผู้ป่วยสามารถจัดเวลาในการฝึกตามเวลาที่สะดวก
- 3) Participant Acceptability
 - ผู้ป่วยยอมรับและสนใจที่จะฝึกต่อเนื่อง เนื่องจากรู้สึกว่าการฝึกแล้วสามารถเดินได้ดีขึ้น
- 4) Efficacy Indicators

- การประเมินผลกระทบอาการเวียนศีรษะต่อการดำรงชีวิตประจำวัน โดยใช้ Dizziness handicap inventory พบว่าอาสาสมัครทุกราย วิงเวียนลดลง

- การประเมินผลการเดิน 10-meter walk test, timed up and go, dynamic gait index พบว่าความสามารถในการเดินดีขึ้น

- เมื่อตรวจติดตามการเดินโดยการประเมิน timed up and go หลังสิ้นสุดการทำกายภาพบำบัด และตรวจติดตาม ที่ 1 เดือนหลังสิ้นสุดการทำกายภาพบำบัดครั้งสุดท้าย พบว่าผลการเดินที่ดีขึ้นนี้มีผลคงอยู่นานถึง 1 เดือน



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ได้ศึกษาผลทางคลินิกเกี่ยวกับการทำ vestibular rehabilitation แบบการฟื้นฟูทางไกล กับ แบบที่ทำในโรงพยาบาล โดยประเมิน dizziness handicap inventory, 10-meter walk test, timed up and go และ dynamic gait index และวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทดสอบ timed up and go ในทิศเลี้ยวหมุนตัวกลับไปทางข้างที่อ่อนแรง หรือข้างที่ปกติ ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะกึ่งเฉียบพลัน ที่มีรอยโรคที่สมองส่วนท้าย

5.1 สรุปผลงานวิจัย

โครงการพัฒนาระบบกายภาพบำบัดและฟื้นฟูร่างกายทางไกล (Tele-rehabilitation) สำหรับการวิเคราะห์และติดตามอาการของผู้ป่วยกายภาพนี้ เป็นการพัฒนาระบบการทำกายภาพบำบัดทางไกลแบบเน้นฝึกระบบการทรงตัวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองส่วนหลังในระยะกึ่งเฉียบพลันที่มีอาการวิงเวียน ซึ่งผู้ป่วยกลุ่มนี้มักมีปัญหาการอ่อนแรงและการทรงตัวลำบาก ร่วมกับมีอาการวิงเวียน ทำให้ฟื้นฟูได้ช้า ทำได้ยากลำบาก และเสี่ยงต่อการล้มได้มาก โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลการทำกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัว (vestibular rehabilitation) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองส่วนหลัง ที่มีอาการวิงเวียน โดยมีอาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง 2 ราย ที่ทำกายภาพบำบัดที่ รพ. และมีอาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง 2 ราย ที่รับการบำบัดทางไกล (ทั้ง 2 กลุ่ม รับการบำบัด 30 นาที ต่อ session, 3 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์) โดยศึกษาผลทางคลินิกก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง ได้แก่ อาการวิงเวียน (แบบสอบถาม dizziness handicap inventory) และการทดสอบการเดิน (timed up and go test, 10-meter walk test และ dynamic gait index) และ 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการบำบัดด้วยวิธีกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัว กับคลื่นไฟฟ้าสมอง ในสมองส่วน frontal cortex, motor cortex และ parietal cortex โดยวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง และ 3) ศึกษาความเป็นไปได้ (feasibility study) ในการใช้ web application รวมข้อมูลทางคลินิกและคลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อช่วยประเมิน ตรวจติดตาม และฝึกกายภาพบำบัดทางไกล เพื่อให้ผู้ด้อยโอกาสได้เข้าถึงการรักษาฟื้นฟูทางการแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูและกายภาพบำบัด

จากผลการทดลอง พบว่าการทำกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัว ส่งผลดังต่อไปนี้

- 1) ลดอาการวิงเวียน (คะแนน dizziness handicap inventory ลดลง) ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 26, SD = 11.31) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 39, SD = 9.90)
- 2) ลดเวลา (วินาที) ที่ใช้ในการเดินทดสอบ timed up and go กรณีเดินหมุนตัวกลับทางข้างที่อ่อนแรง ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 4.47, SD = 3.60) และ การบำบัดทางไกล (mean

difference = 49.25, SD = 70.30) และกรณีเดินหมุนตัวกลับทางขาข้างที่ปกติ ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 3.32, SD = 0.06) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 52.64, SD = 73.27) โดยเมื่อนัดมาติดตามที่ 1 เดือนหลังสิ้นสุดกายภาพบำบัดครั้งสุดท้าย พบว่ายังคงลดเวลา (วินาที) ที่ใช้ในการเดินทดสอบ timed up and go กรณีเดินหมุนตัวกลับทางขาข้างที่อ่อนแรง ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 5.03, SD = 4.21) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 51.95, SD = 70.25) และกรณีเดินหมุนตัวกลับทางขาข้างที่ปกติ ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 4.93, SD = 1.00) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 53.51, SD = 71.10)

3) เพิ่มคะแนนความสามารถในการเดิน (คะแนน dynamic gait index เพิ่มขึ้น) ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 4.00, SD = 2.83) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 7.50, SD = 3.54)

4) เพิ่มอัตราเร็ว (เมตรต่อวินาที) ในการเดินระยะ 10 เมตร ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 0.11, SD = 0.21) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 0.04, SD = 0.01)

5) ลดระยะเวลา (วินาที) ในการเดินระยะ 10 เมตร ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 0.75, SD = 1.77) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 24.75, SD = 34.29)

6) เพิ่มจำนวนก้าวต่อนาที (cadence) ในการเดินระยะ 10 เมตร ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 2.50, SD = 16.26) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 6.50, SD = 9.19)

7) ลดจำนวนก้าว ในการเดินระยะ 10 เมตร ทั้งการทำกายภาพบำบัดที่ รพ. (mean difference = 1.25, SD = 0.35) และ การบำบัดทางไกล (mean difference = 8.50, SD = 14.85)

จากการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Pearson's correlation ระหว่างผลการประเมินทางคลินิก กับระดับของคลื่นไฟฟ้าสมอง alpha, beta และ theta ที่สมองบริเวณ frontal cortex (F3, F4), motor cortex (C3, C4) และ parietal cortex (P3, P4) ที่วัดขณะทดสอบ timed up and go ก่อนและหลังทำกายภาพบำบัดครบ 12 ครั้ง พบความสัมพันธ์ระหว่างผลจากการทำกายภาพบำบัด กับคลื่นไฟฟ้าสมอง ดังต่อไปนี้

1) พบค่า dizziness handicap score ที่ลดลง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.028$) และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะนั่งลง ซึ่งเป็นคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.021$) และ คลื่น beta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($P = 0.021$);

2) พบมี อัตราเร็วในการเดินระยะทาง 10 เมตร ที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรง ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.004$) และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติ ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.008$) และ คลื่น theta

ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.032$) และ คลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p=0.045$) และ สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะนั่งลง ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.018$) และ theta ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.047$) ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง;

3) พบว่าจำนวนก้าวต่อ 1 นาที (cadence) ที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ($p = 0.032$) และ parietal cortex ($p = 0.009$) ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขวาข้างที่ปกติ ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.024$) และ theta ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.019$) ที่สมองตำแหน่ง parietal cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะนั่งลง โดยกรณีเดินหมุนตัวกลับไปทางขวาข้างที่อ่อนแรงแล้วกลับมา นั่งลง สัมพันธ์กับคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ของสมองข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.032$) และ กรณีเดินหมุนตัวกลับไปทางขวาข้างที่ปกติแล้วกลับมา นั่งลง สัมพันธ์กับคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal cortex ของสมองข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.012$);

4) จำนวนก้าวในการเดินระยะทาง 10 เมตร สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.022$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.020$);

5) ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระยะทาง 10 เมตร ที่ลดลง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.020$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.001$);

6) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Timed Up and Go กรณีเมื่อเดินหมุนตัวกลับไปทางขวาข้างที่อ่อนแรงที่ลดลง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal ทั้ง 2 ข้าง (ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.036$), ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.048$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.006$);

7) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Timed Up and Go กรณีเมื่อเดินหมุนตัวกลับไปทางขวาข้างที่ปกติ ที่ลดลง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.027$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.002$)

ผู้วิจัยได้จัดทำระบบ web application สำหรับการถ่ายภาพบำบัดระยะไกล และทดสอบ feasibility study ของระบบ พบว่า ความปลอดภัย ความต่อเนื่องและร่วมมือของผู้ป่วย การยอมรับของผู้ป่วย และประสิทธิผล อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ โดยสรุป ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบการถ่ายภาพบำบัดทางไกลแบบเน้นฝึกระบบการทรงตัวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองส่วนหลังในระยะกึ่งเฉียบพลันที่มี

อาการวิงเวียน ที่มี web application และ ผลการบำบัดช่วยให้ผู้ป่วยเดินได้ดีขึ้นและอาการวิงเวียนลดลง และงานวิจัยนี้พบความสัมพันธ์ระหว่างผลการประเมินทางคลินิกกับคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งจะมีประโยชน์ในวางแผน และติดตามการบำบัดผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองต่อไปในอนาคต

5.2 การอภิปรายผลการทดลอง

5.2.1 การเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวกับ “Stroke” และ “Vestibular rehabilitation”

1.1 Elhamrawy et al. (Elhamrawy et al., 2021) ได้ทดลองฝึก vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีภาวะ hemineglect โดยกลุ่มทดลอง (n=16) ฝึกกายภาพบำบัด session ละ 60 นาที (กายภาพบำบัดแบบมาตรฐาน 40 นาที และ Vestibular rehabilitation จำนวน 20 นาที) จำนวน 4 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์ ต่อด้วยการทำกายภาพบำบัดแบบมาตรฐาน 60 นาที จำนวน 4 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์ เทียบกับกลุ่มควบคุม (n=16) ที่ไม่ได้ฝึก Vestibular rehabilitation แต่ได้รับการทำกายภาพบำบัดแบบมาตรฐาน 60 นาที จำนวน 4 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 8 สัปดาห์ วัดผลโดย Gait analysis (ระบบกล้อง Microsoft Kinect V2) พบว่ากลุ่มที่ได้ฝึก Vestibular rehabilitation เดินเร็วขึ้น มีจำนวนก้าวและระยะก้าวมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 Ekvall Hansson et al. (Ekvall Hansson et al., 2020) ได้ทดลองฝึก Vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีภาวะวิงเวียน (Dizziness) โดยกลุ่มทดลอง (n=12 ; แกรรับ n=19 ต่อมา Dropout 7) ทำกายภาพบำบัดแบบมาตรฐานร่วมกับ Vestibular rehabilitation ใน session เดียวกัน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ นาน 3 เดือน กลุ่มควบคุม (n=10; แกรรับ n= 13 ต่อมา Dropout 3) ทำกายภาพบำบัดแบบมาตรฐาน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ นาน 3 เดือน วัดผลการทดลองเป็น Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale, Berg Balance Scale, Functional Gait Assessment (FGA), EuroQol 5 Dimension index (EQ5D index), EuroQol 5 Dimension Visual Analogue Scale (EQ5D VAS) พบว่า ไม่มี ความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยได้แสดงความเห็นเกี่ยวกับผลนี้ว่า ในงานวิจัยนี้จำนวนอาสาสมัครน้อย จึงอาจทำให้ไม่เห็นความแตกต่าง และด้าน Feasibility พบมี Dropout มาก นอกจากนี้เป็นที่สังเกตว่า ผู้วิจัยไม่ได้ให้รายละเอียดของรอยโรคจาก CT/MRI และไม่ได้ระบุเวลาที่ใช้ในแต่ละ session การฝึก

1.3 Mitsutake et al. (Mitsutake et al., 2020) ทำการศึกษาแบบ Systematic review เกี่ยวกับการฝึก Vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง โดยแสดงดังรูปที่ 5.1

1.3.1 Balci et. al. (Balci et al., 2013) (Balci, B. D., Akdal, G., Yaka, E., & Angin, S. (2013). Vestibular rehabilitation in acute central vestibulopathy: A randomized controlled trial. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium and Orientation*, 23(4–5), 259–267.) ศึกษาผู้ป่วย posterior circulation stroke ระยะเฉียบพลัน เปรียบเทียบกลุ่ม Vestibular rehabilitation (n=6) กับกลุ่ม home exercise (n=13) โดย

ทั้ง 2 กลุ่มที่ได้ รับ intervention 2-3 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 6 สัปดาห์ พบว่า Berg Balance Scale (BBS), Time Up and Go (TUG), Dizziness Handicap Inventory (DHI), Dynamic Gait Index (DGI) ดีขึ้นในทั้ง 2 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญ โดยดีขึ้นพอๆ กัน

1.3.2 ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับ Vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะกึ่งเฉียบพลัน (Mitsutake et al., 2017) (Mitsutake, T., Sakamoto, M., Ueta, K., Oka, S., & Horikawa, E. (2017). Effects of vestibular rehabilitation on gait performance in poststroke patients: A pilot randomized controlled trial. *International Journal of Rehabilitation Research*, 40(3), 240–245.) เปรียบเทียบกลุ่มอาสาสมัครที่ได้รับ vestibular rehabilitation (n=14) กับกลุ่มที่ได้รับ conventional rehabilitation (n=14) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเกี่ยวกับผลการทดสอบ 10-meter walk test และ timed up and go test และค่า standard deviation ของข้อมูลดังกล่าวสูงเมื่อเทียบกับค่า mean นอกจากนี้ Dynamic gait index score ที่ baseline เทียบกับหลังฝึกครบทุก sessions ที่ 3 สัปดาห์ มีค่า $p = 0.49$ ใกล้เคียง 0.05 มาก จึงคาดได้ว่า จำนวนอาสาสมัครน้อยเกินไปในงานวิจัยดังกล่าว

1.3.3 Tramontano et. al. (Tramontano et al., 2018) (Tramontano, M., Bergamini, E., Iosa, M., Belluscio, V., Vannozzi, G., & Morone, G. (2018). Vestibular rehabilitation training in patients with subacute stroke: A preliminary randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation*, 43(2), 247–254.) ศึกษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะก่อน 6 เดือน เปรียบเทียบกลุ่มที่ได้ vestibular rehabilitation (n=13) กับกลุ่มที่ได้ conventional rehabilitation (n=12) โดยทั้ง 2 กลุ่มที่ได้ รับ intervention 3 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์ พบว่า 10-meter walk test ไม่ดีขึ้นในทั้ง 2 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญ

Study (Author, Journal, Year)	Participants					Exercise intervention of vestibular rehabilitation				Outcome scale	PEDro score
	Size (n)	Age (mean)	Sex (% female)	Diagnosis	Days from onset (days)	Contents	Frequency (per week)	Duration (weeks)	Session time (minutes per day)		
Balci BD, J Vestib Res, 2013	E: 6 C: 13	E: 56.0 C: 64.0	E: 66.7 C: 76.9	Stroke (PICA and SCA)	E: 6.5 C: 9.0	<ul style="list-style-type: none"> Vestibular adaptation Specific balance exercises Eye-head coordination exercises 	2-3	6	20-30	Timed up and go test Dynamic gait index	6
Mitsutake T, Int J Rehabil Res, 2017	E: 14 C: 14	E: 67.6 C: 68.1	E: 21.4 C: 21.4	Stroke	E: 52.4 C: 64.1	<ul style="list-style-type: none"> Vestibular adaptation Specific balance exercises 	7	3	20	10 m walking test Timed up and go test Dynamic gait index	5
Tramontano M, NeuroRehabilitation, 2018	E: 13 C: 12	E: 63.1 C: 65.1	E: 38.5 C: 66.7	Stroke	E and C: over 180	<ul style="list-style-type: none"> Vestibular rehabilitation with exercises aiming at enhancing gaze stability and upright postural control 	3	4	20	10 m walking test	6

C: control group; E: experiment group; PICA: Posterior inferior cerebellar artery; SCA: Superior cerebellar artery.

รูปที่ 5.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึก vestibular rehabilitation ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

เมื่อเปรียบเทียบ กับงานวิจัยที่ผ่านมา โครงการวิจัยนี้รับอาสาสมัครที่เป็นโรคหลอดเลือดสมองส่วนท้ายระยะกึ่งเฉียบพลัน ซึ่งมีปัญหาวิงเวียนและการทรงตัว ทำให้พบผู้ป่วยจำนวนน้อย การทดลองจึงมีลักษณะเป็น case series โดยผลการทดสอบทางคลินิก เป็นไปในทางเดียวกันกับ งานวิจัยของ Balci และคณะ (Balci et al., 2013) ซึ่งรับอาสาสมัครที่เป็นโรคหลอดเลือดสมองส่วนท้ายระยะเฉียบพลัน มาฝึกกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัว (vestibular rehabilitation) 12 – 18 ครั้ง ในเวลา 6 สัปดาห์ แยกเป็นกลุ่มที่ฝึก ใน รพ. และกลุ่มที่ฝึกกายภาพบำบัด ระยะเวลาไกล พบว่า เมื่อประเมินด้วย dizziness handicap inventory, time up and go และ dynamic gait index มีคะแนนดีขึ้นในทั้ง 2 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญ โดยดีขึ้นพอๆ กัน ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองในโครงการวิจัยนี้ซึ่งพบว่า เมื่อประเมินด้วย dizziness handicap inventory, time up and go และ dynamic gait index ดีขึ้นมากในทั้ง 2 กลุ่ม

นอกจากนั้น ผลการทดสอบทางคลินิก เป็นไปในทางเดียวกันกับ งานวิจัยของ Tramontano และคณะ (Tramontano et al., 2018) ซึ่งศึกษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะก่อน 6 เดือน เปรียบเทียบกลุ่มที่ได้ vestibular rehabilitation (n=13) กับกลุ่มที่ได้ conventional rehabilitation (n=12) โดยทั้ง 2 กลุ่มที่ได้ รับ intervention 3 sessions ต่อสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์ พบว่า 10-meter walk test ไม่ดีขึ้นในทั้ง 2 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองในโครงการวิจัยนี้ซึ่งพบว่า เมื่อประเมินด้วย 10-meter walk test แล้วการเดินดีขึ้นเล็กน้อยในทั้งกลุ่มที่ฝึก ใน รพ. และกลุ่มที่ฝึกกายภาพบำบัดระยะเวลาไกล

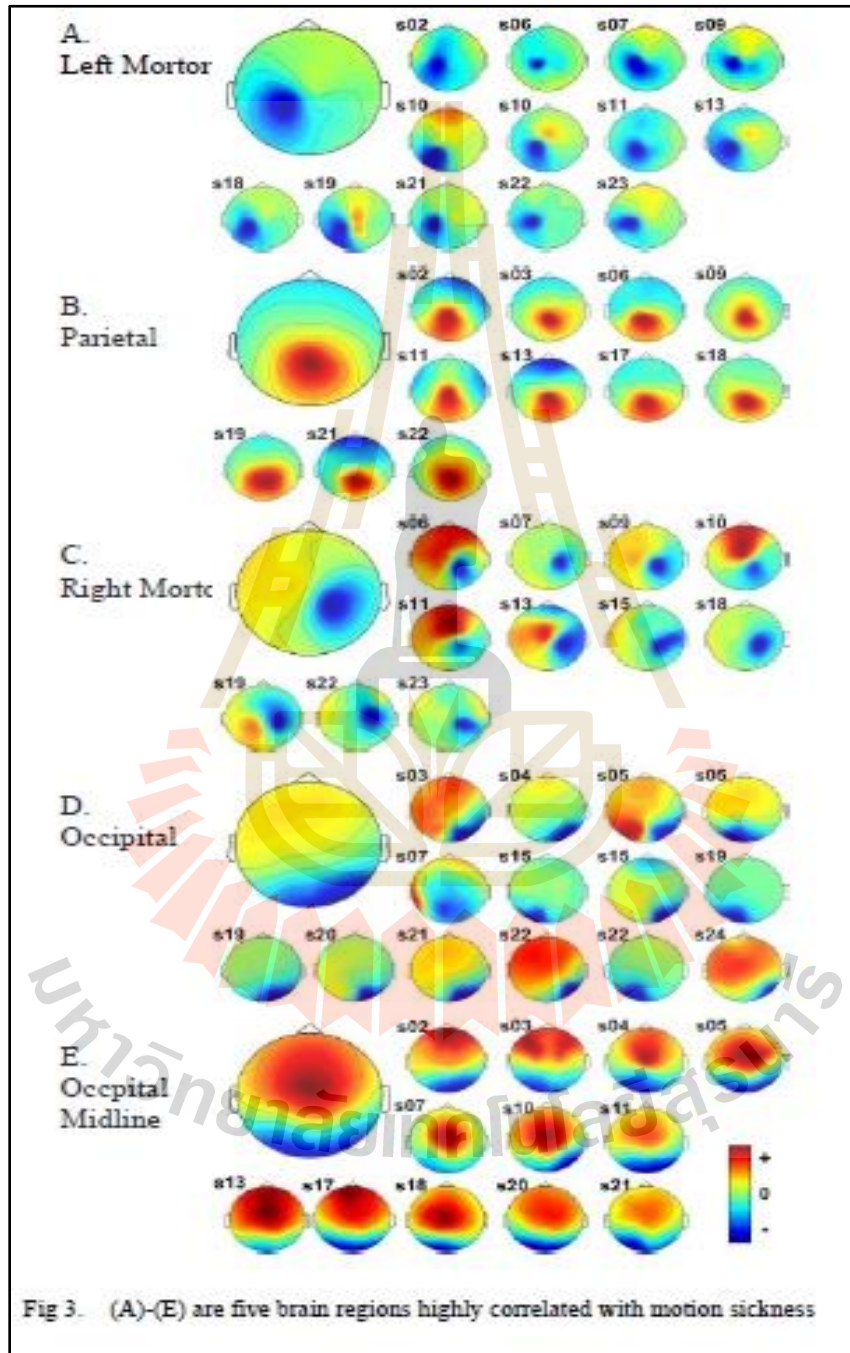
ดังนั้น การฝึกกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัว ส่งผลอย่างมากต่อการลดอาการวิงเวียน และ เพิ่มความสามารถในการเดินทรงตัว และการเดินในรูปแบบต่างๆ เช่น ข้ามสิ่งกีดขวาง เดินหันศีรษะ เดินขึ้นลงบันได ซึ่งดูได้จากคะแนนที่ดีขึ้นในการประเมิน dizziness handicap inventory, time up and go และ dynamic gait index แต่ส่งผลน้อยต่อการเพิ่มความสามารถในการเดินเร็ว ในการทดสอบ 10-meter walk test

5.2.2 การเปรียบเทียบงานวิจัยเกี่ยวกับ “vestibular” และ “EEG”

5.2.2.1 Lee Pollak et. al. (Pollak et al., 1998) (Pollak, L., Schiffer, J., Klein, C., Giladi, R and Rabey, J. M. (1998). Quantified EEG in patients with vertigo of central or peripheral origin. International Journal of Neuroscience, 93(1–2), 35–41.) ได้ทำการศึกษา EEG ในผู้ป่วย Brainstem stroke ที่มีอาการวิงเวียน จำนวน 17 ราย แต่ไม่พบว่ามีคลื่นผิดปกติของบริเวณจำเพาะ (Focal EEG) ใดใน EEG ผู้วิจัยให้ความเห็นว่า เป็นเพราะการมีเส้นทางการส่งสัญญาณ Vestibular (Vestibular projection) ไปยังสมอง ทั้ง 2 ซีกอย่างกว้างขวาง (Widespread) จากบริเวณรอยโรคที่ตำแหน่ง Brainstem vestibular pathways

5.2.2.2 Chun Shu Wei et. al. (Wei et al., 2011) (Wei, C. S., Chuang, S. W., Wang, W. R., Ko, L. W., Jung, T. P., & Lin, C. T. (2011). Implementation of a motion sickness evaluation system based on EEG spectrum analysis. Proceedings - IEEE International Symposium on Circuits and Systems,

1081–1084.) ได้พัฒนาระบบตรวจวัดภาวะภาวะป่วยจากการเคลื่อนไหว (Motion sickness) โดยใช้ EEG 32 channels โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงของ EEG ในบริเวณ 5 ตำแหน่งของสมอง ในบริเวณ Motor cortex, Parietal และ Occipital แสดงดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 บริเวณ สมอง 5 ส่วนที่สัมพันธ์กับ motion sickness

5.2.2.3 Shang-Wen Chuang et. Al. (Chuang et al., 2016) (Chuang, S. W., Chuang, C. H., Yu, Y. H., King, J. T., & Lin, C. T. (2016). EEG Alpha and Gamma Modulators Mediate Motion Sickness-Related Spectral Responses. *International Journal of Neural Systems*, 26(2), 1–14.) ได้ทำการศึกษาภาวะป่วยจากการเคลื่อนไหว (Motion sickness) พบว่ามีการเพิ่มของคลื่นสมองชนิด Alpha และ Gamma ในบริเวณ Motor cortex, Parietal และ Occipital

5.2.2.4 Benedikt V.Ehinger et. Al. (Ehinger et al., 2014) (Ehinger, B. V., Fischer, P., Gert, A. L., Kaufhold, L., Weber, F., Pipa, G., & König, P. (2014). Kinesthetic and vestibular information modulate alpha activity during spatial navigation: A mobile EEG study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(1 FEB), 1–12.) ได้ศึกษาการรับรู้และคาดเดาตำแหน่งก้าวขา (Spatial navigation) ในขณะที่มี Vestibular และ Kinesthetic feedback โดยพบว่า ขณะเดินหมุนตัวกลับ จะมีการลดลงของคลื่นสมองชนิด alpha ในสมองบริเวณ parietal, occipital และ temporal สอดคล้องกับ Visuo-attentional process ที่ต้องทำงานมากขึ้น นอกจากนี้ ในสมองส่วนหน้าต่อบริเวณดังกล่าว เมื่อให้ข้อมูลด้าน Vestibular แต่ไม่ให้ข้อมูลด้าน Kinesthetic จะทำให้คลื่นสมองชนิด alpha เพิ่มขึ้น

การออกกำลังกายหรือการทำกิจกรรม มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มของ คลื่น low beta (13-22 Hz) และการลดลงของ high beta (23-30 Hz) ซึ่งสัมพันธ์กับกระบวนการการรู้คิด (Smit et al., 2005) การมีความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและเกิดมีความเครียด สัมพันธ์กับการลดลงของ คลื่น alpha และการเพิ่มขึ้นของ คลื่น beta (13-30 Hz) (Bonnet & Arand, 2001)

ขณะเตรียมการวางเท้าลงพื้น ซึ่งเป็นขณะที่มีการใช้สมองอย่างมากในการจัดทำทาง พบว่าสัมพันธ์กับการมีคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองบริเวณ supplementary motor area (SMA), anterior prefrontal cortex (PFC), anterior cingulate cortex (ACC), และ bilateral sensorimotor cortices (M1/S1) และพบว่ามี การลดลงของ คลื่น alpha ที่สมองบริเวณ SMA พร้อมกับ การลดลงของ คลื่น beta ที่สมองบริเวณ M1/S1 ของสมองข้างตรงข้ามกับขาที่กำลังยืนบนพื้น เมื่อการวางเท้าลงพื้นแล้ว จะยังมีคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้นที่สมองส่วน prefrontal cortex (PFC) (Solis-Escalante et al., 2019) การก้าวเดินแบ่งตามช่วงเวลาได้เป็นระยะต่างๆ ตั้งแต่การวางเท้าลงพื้น จนถึงการก้าวออกจากพื้น เรียกว่า gait cycle พบว่าขณะเดิน คลื่น theta มีค่าขึ้นลงใน ช่วง gait cycle และมีค่าเพิ่มขึ้นที่สมองส่วน anterior cingulate, sensorimotor และ posterior parietal โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเดินขึ้นทางลาด (Bradford et al., 2016)

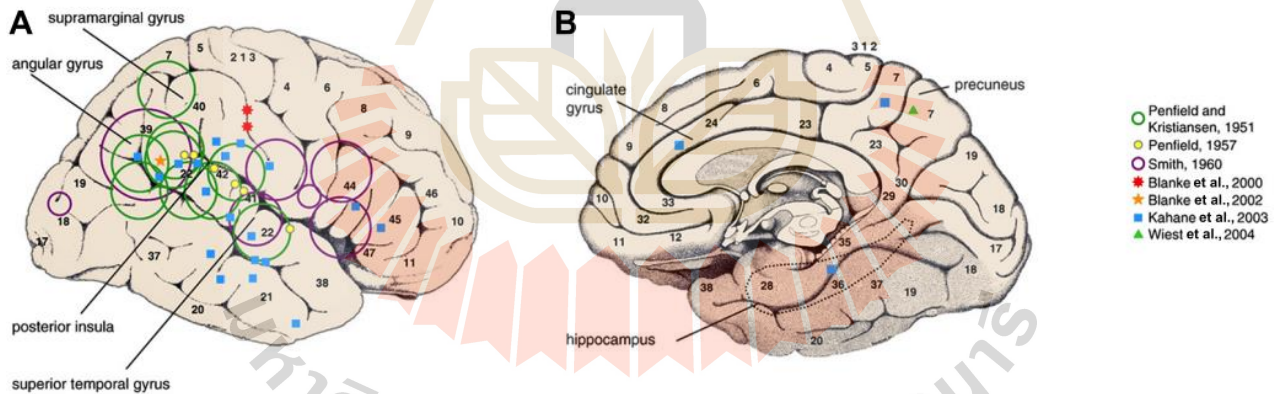
มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ดังตารางที่ 5.2 (Sutcliffe et al., 2022) พบว่า 67% ของผู้ป่วยจะมี คลื่น delta และ theta ที่เพิ่มขึ้น และพบว่า มีการลดลงของอัตราส่วนระหว่าง คลื่น alpha ต่อ คลื่น beta

Lim และคณะ รวบรวมวิเคราะห์ผลการศึกษเกี่ยวกับ EEG และการเดินในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (Lim et al., 2021) พบว่ามีการเพิ่มของ EEG อย่างกว้างขวางที่สมองบริเวณ frontal และ parietal และความไม่สมมาตรของคลื่นสมองที่สมอง 2 ข้าง สัมพันธ์การเดินที่ช้าและไม่มั่นคง

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในโครงการวิจัยนี้ อภิปรายได้ดังนี้

1) โครงการวิจัยนี้ พบค่า dizziness handicap score ที่ลดลง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.028$) และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะนั่งลง ซึ่งเป็นคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.021$) และ คลื่น beta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($P = 0.021$)

จากรูปที่ 5.3 แสดงบริเวณสมองที่เกี่ยวข้องกับ vestibular (Hewett & Bartolomei, 2013) และ ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างผู้ป่วยโรคลมชักที่มีอาการทาง vestibular จำนวน 14 ราย สังเกตตำแหน่ง EEG ที่มักผิดปกติ และสัมพันธ์กับอาการชักที่มีลักษณะแบบ vestibular ที่ตำแหน่ง P3, P4, C3 และ C4 (Hewett et al., 2011)



รูปที่ 5.3 บริเวณ vestibular ที่นิยามโดยการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้า ในผู้ป่วยโรคลมชัก; เส้นวงกลม สีเขียวและม่วง แสดงถึงตำแหน่งรอยโรคที่เป็นต้นกำเนิดของการเกิดลมชักที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้ความรู้สึกด้าน vestibular (epileptogenic lesions responsible for vestibular sensations); จุดสีที่บ่งชี้แสดงถึงตำแหน่งที่เมื่อกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้าแล้วทำให้เกิดการรับรู้เสมือนจริงด้าน vestibular (cortex evoked vestibular illusions) ในผู้ป่วยโรคลมชักที่ตื่นอยู่ (Hewett & Bartolomei, 2013)

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างผู้ป่วยโรคลมชักที่มีอาการทาง vestibular จำนวน 14 ราย สังกัดตำแหน่ง EEG ที่ผิดปกติ และสัมพันธ์กับอาการชักที่มีลักษณะแบบ vestibular (Hewett et al., 2011)

Clinical and EEG data of patients.

Patient		Age		Family history		Semiology (subjective and objective)		
No.	Hand. ^a	Sex	Onset	Diagnosis		Vestibular	Visual	Other
1	L	M	43	44	No	Rotational vertigo	Object transposition	Nausea, malaise, fatigue
2	R	M	15	26	Cousin with epilepsy	Disequilibrium	No	No
3	R	M	20	22	No	Rotational vertigo	Flashing lights	Nausea, limb paresthesia, bursts of body heat, headaches
4	R	F	31	32	Sister with narcolepsy	Disequilibrium	Color images	Premonition, body tingling, anxiety, heat in chest
5	R	M	29	33	No	Rotational vertigo	No	Whistling and flowing sound L ear?, nausea
6	L	M	17	24	No	Rotational vertigo	No	Body paresthesia
7	R	M	42	48	No	Rotational vertigo	No	Sensation of levitation, derealization
8	R	M	59	59	No	Rotational vertigo	No	Ascending heat
9	R	M	10	14	No	Rotational vertigo	Visual changes	Nausea and headache
10	R	F	25	29	Aunt with psychosis/ epilepsy	Rotational vertigo	No	No
11	R	M	18	19	Cousin IGE, 2nd degree cousin (?)	Disequilibrium	Blue colors, autoscopia	Palpitations, thoracic heaviness, throat, facial paresthesia
12	R	F	12	17	Uncle with adolescent epilepsy	Disequilibrium	Micro/macropsia, occipital complex illusions	Malaise
13	R	M	17	21	No	Disequilibrium	No	Malaise, heat
14	R	F	34	39	No	Rotational vertigo	No	Heat, malaise, nausea

S, spike; SW, sharp wave; SAW, spike and wave.

^a Hand., handedness (R = right, L = left); LOC, loss of consciousness; GTCS, generalized tonic-clonic seizure; IGE, idiopathic generalized epilepsy; ORL, otorhinolaryngology; CBZ, carbamazepine; PGB, pregabalin; LTG, lamotrigine; OXC, Oxcarbamazepine; LEV, Levetiracetam; VPA: Sodium Valproate.

Objective				Seizure frequency	Previous workup	EEG	Treatment
Fall	LOC	GTCS	Other				
No	No	No	Vomiting, pallor	Every 2–12 wk	Cardiac, ORL	Right SW and S (T6, P4, O2)	CBZ
Yes	Yes	No	No	Every 2 mo	No	Right S (P4, T4)	PGB
No	No	No	Pallor, vomiting, trembling	1/y	Cardiac	Left SW (C3, P3)	Nil
Yes	Yes	No	Vomiting	2/y	Cardiac	Right S (T6, P4, O2).	CBZ, now LMT
No	No	No	No	3/y	ORL, cardiac	3 seizures in right (C4,P4,T4,T6); asystole for 10–15 s	OXC + LEV
Yes	Yes	Yes	No	1/mo	Cardiac	Right SW (T6, P4, O2)	VLP + LMT
No	No	No	Ataxia	2/y	ORL, Cardiac	Bilateral SW (T6, P4, O2, T5, P3)	CBZ
Yes	Yes	No	Vomiting	Once	Cardiac	Right and left SW (P4, P3)	LEV
Yes	Freq.	No	No	4 or 5/mo	No	Left SAW (T5, P3, O1)	VLP + CBZ
Yes	Yes	Yes	Fixed stare, vocalization, incontinence	3 in 5 y	No	Right SW and rhythmic theta (P4)	Nil
Once	Once	No	Vomiting	2/mo	No	Right S (P4)	LEV
Yes	Yes	Only first	Hyper-ventilation	Every 2 mo	No	Right S (C4, P4)	LMT + VLP
Yes	3/4	3/4	No	4 in 4 y	Cardiac	Right S (P4)	CBZ
Occ	Occ	No	No	1/wk	Cardiac	Right S (P4, T6, O2)	CBZ

สมองส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ vestibular มีหลายบริเวณ เช่น บริเวณ premotor ใน the frontal cortex และบริเวณ parietal และ temporal และ บริเวณ parieto-insular vestibular cortex (PIVC) ซึ่ง PIVC ไม่เพียงรับสัญญาณ vestibular แต่ยังรับสัญญาณขาเข้าแบบ somatosensory และ optokinetic. ในลิงพบว่า PIVC ซึ่งอยู่บริเวณท้ายสุดของ Insula และเป็นบริเวณหลักของระบบ vestibular cortical system เนื่องจากมีความเชื่อมโยงที่หนาแน่นไปที่ vestibular brainstem nuclei และสมองบริเวณอื่นที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ vestibular โดยสัญญาณ vestibular ที่เข้าสู่ lateral parietal cortex มีความสำคัญต่อการรับรู้ตำแหน่งร่างกาย เทียบกับ สิ่งแวดล้อมภายนอก และสมองบริเวณอื่นที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับสัญญาณ vestibular ได้แก่ temporo-parietal junction, somatosensory cortex, posterior parietal cortex, insula, และ ทั้งส่วน lateral และ medial ของ frontal cortex (Kluge et al., 2000)

จากข้างต้น สอดคล้องกับผลการทดลองในงานวิจัยนี้ซึ่งพบว่า หลังฝึกกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัว แล้วการวิ่งเวียนลดลง สัมพันธ์กับที่ขณะลุกยืนพบมี คลื่นไฟฟ้าสมอง theta ที่เปลี่ยนไป ที่ parietal cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง เนื่องจาก parietal cortex เกี่ยวข้องกับการรับรู้ด้าน vestibular (เช่น การขยับเวียน และการรู้สึกโคลงเคลง) (ตารางที่ 5.1) เมื่อมีความผิดปกติของโรคหลอดเลือดสมองทำให้สมองซีกที่เป็นโรคหลอดเลือดสมองขาดเลือด ทำให้เกิดความเสียหายของวงจรสัญญาณประสาท vestibular ที่นำไปสู่ parietal cortex (P3, P4) ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ผู้วิจัยคาดว่า การทำกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัวช่วยเพิ่มคลื่น theta ของ parietal cortex ดังกล่าว จึงทำให้ลดการนำสัญญาณ vestibular ที่กระตุ้นให้วิ่งเวียน

หลังฝึกกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัวแล้วการวิ่งเวียนลดลง สัมพันธ์กับที่ขณะนั่งลงพบมีการเพิ่มขึ้นของคลื่น theta ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex และการเพิ่มของ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าเมื่อมีการวางเท้าลงพื้นแล้ว จะยังมีคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้นที่สมองส่วน prefrontal cortex (PFC) (Solis-Escalante et al., 2019) และการมีความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อม สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ คลื่น beta (13-30 Hz) (Bonnet & Arand, 2001) ผู้วิจัยคาดว่า การทำกายภาพบำบัดแบบเน้นการทรงตัวช่วยเพิ่มคลื่น theta ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex และ เพิ่มคลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ดังกล่าว ในสมองซีกที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งทำให้ลดการนำสัญญาณ vestibular ที่มากเกินไป (จนมากกระตุ้นให้วิ่งเวียน) ในสมองซีกที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง

2) โครงการวิจัยนี้ พบว่ามี อัตราเร็วในการเดินระยะทาง 10 เมตร ที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรง ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.004$) และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติ ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.008$) และ คลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.032$) และ คลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p=0.045$) และ สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะนั่งลง ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.018$) และ theta ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.047$) ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง

สมองส่วนควบคุมการปรับอัตราเร็วในการเดิน อยู่ที่ mesencephalic locomotor region ในสมองส่วน midbrain (Gatto G, 2018) โดยมีกลุ่มเซลล์ประสาทที่อยู่ภายใน pedunculopontine nucleus สำหรับควบคุมจังหวะการเดินช้า ซึ่ง pedunculopontine nucleus นี้รับสัญญาณประสาทจาก basal ganglia และ medulla และ กลุ่มเซลล์ประสาทที่อยู่ภายใน cuneiform nucleus สำหรับควบคุมจังหวะการเดินเร็ว ซึ่ง cuneiform nucleus นี้รับสัญญาณประสาทจาก periaqueductal grey และ inferior colliculus โดยการควบคุมความเร็ว

ในการเดิน เกิดจากเซลล์ประสาทเหล่านี้ ส่งสัญญาณประสาทผ่านไปทางก้านสมอง ผ่าน lateral paragigantocellular nucleus ไปสู่ประสาทไขสันหลัง (spinal cord) สำหรับ motor cortex มีบทบาทควบคุมจังหวะการเดินเข้า โดยส่งสัญญาณประสาท ผ่านไปทาง basal ganglia ผ่านไปสู่ pedunclopontine nucleus ดังนั้น การพบการเพิ่มของ alpha และ theta ที่ motor cortex ในโครงการวิจัยนี้ จึงสอดคล้องกับการควบคุมการก้าวเดินอย่างช้าๆ เพื่อไม่ให้เซ ขณะเดินวนกลับในการทดสอบ timed up and go และขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรง จำเป็นต้องมีการใช้ขาข้างที่ปกติเป็นหลักในการหมุนตัวกลับ จึงพบการเพิ่มขึ้นของคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมองซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนไหวของขาข้างปกติ และในทางตรงกันข้าม ขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติ จำเป็นต้องมีการใช้ขาข้างที่อ่อนแรงเป็นหลักในการหมุนตัวกลับ จึงพบการเพิ่มขึ้นของ คลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมองซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนไหวของขาข้างที่อ่อนแรง นอกจากนี้เนื่องจากต้องใช้ขาข้างที่อ่อนแรงเป็นขาหลัก ทำให้ผู้ป่วยต้องใช้สมาธิกับการยืนหมุนตัวกลับ จึงมีการเพิ่มของคลื่น theta ที่ motor cortex และ parietal cortex ของสมองข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ที่พบว่า คลื่น theta ที่เพิ่มขึ้นที่สมองอาจสัมพันธ์กับการก้าววางเท้าลงกับพื้นอย่างมั่นคงโดยสมองปรับลักษณะการวางเท้าให้สอดคล้องกับสภาพพื้น (Stokkermans et al., 2022) โดยคลื่น theta สัมพันธ์กับ การที่ร่างกายตอบสนองต่อสิ่งรบกวนที่เข้ามาโดยไม่ได้คาดหมาย (Solis-Escalante et al., 2019) (Varghese et al., 2017) (Bonnet & Arand, 2001) นอกจากนี้ parietal cortex ส่งผลต่อการจดจ่อต่อพิกัดพื้นที่ (spatial attention) ซึ่งเมื่อมีการจดจ่อต่อพิกัดพื้นที่ จะมีการเพิ่มของ alpha เพื่อยับยั้งกระบวนการมองเห็นในพื้นที่ที่ไม่สนใจ (unattended space) (Kizuk SA, 2017) อย่างไรก็ตาม ในโครงการวิจัยนี้ ไม่พบการเพิ่มของ คลื่น alpha ใน parietal cortex ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มอัตราเร็วในการเดิน

3) โครงการวิจัยนี้ พบว่าจำนวนก้าวต่อ 1 นาที (cadence) ที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ($p = 0.032$) และ parietal cortex ($p = 0.009$) ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติ ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.024$) และ theta ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.019$) ที่สมองตำแหน่ง parietal cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะนั่งลง โดยกรณีเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรงแล้วกลับมา นั่งลง สัมพันธ์กับคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ของสมองข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.032$) และ กรณีเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติแล้วกลับมา นั่งลง สัมพันธ์กับคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal cortex ของสมองข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.012$)

เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับ จำนวนก้าวต่อนาทีที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการเดินที่เร็วและมั่นคงขึ้น ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ที่พบว่า คลื่น theta ที่เพิ่มขึ้นที่สมองอาจสัมพันธ์กับการก้าววางเท้าลงกับพื้นอย่างมั่นคงโดยสมองปรับลักษณะการวางเท้าให้สอดคล้องกับสภาพพื้น (Stokkermans et al., 2022) โดยคลื่น theta สัมพันธ์กับ การที่ร่างกายตอบสนองต่อสิ่งรบกวนที่เข้ามาโดยไม่ได้คาดหมาย (Solis-Escalante et al., 2019) (Varghese et al., 2017)

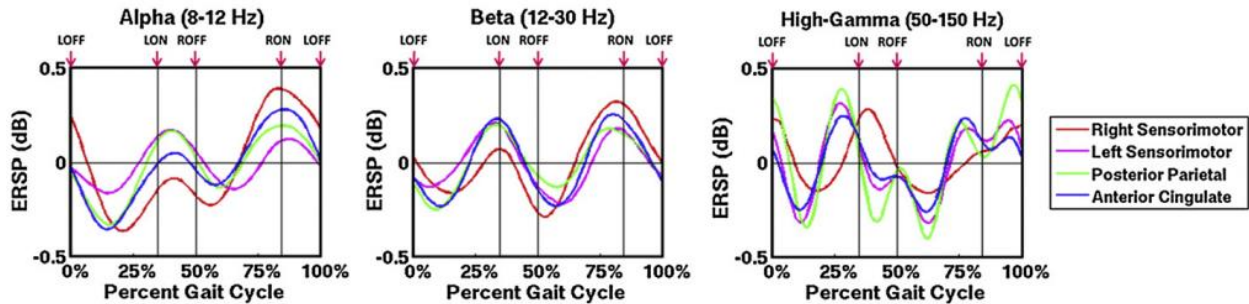
ขณะเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติ ต้องใช้ขาข้างที่อ่อนแรงเป็นหลักในการหมุนตัวกลับ จึงสอดคล้องกับการพบว่าจำนวนก้าวต่อนาทีที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์คลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.024$) และ theta ที่เพิ่มขึ้น ($p = 0.019$) ที่สมองตำแหน่ง parietal cortex เนื่องจาก parietal cortex ส่งผลต่อการจดจ่อต่อพิกัดพื้นที่ (spatial attention) ได้ดีขึ้น (Kizuk SA, 2017) ซึ่งเมื่อมีการจดจ่อต่อพิกัดพื้นที่ จะมีการใช้ขาข้างที่อ่อนแรงเป็นหลักในการหมุนตัวกลับได้ดีขึ้น

ในทางตรงกันข้าม กรณีเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรง ต้องใช้ขาข้างที่ปกติเป็นหลักในการหมุนตัวกลับ สัมพันธ์กับคลื่น alpha ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal ของสมองข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.032$)

ขณะนั่งลง มีการจดจ่อต่อพิกัดพื้นที่ (spatial attention) สัมพันธ์กับคลื่น theta ที่เพิ่มขึ้น ที่สมองตำแหน่ง parietal cortex ของสมองข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.012$) เนื่องจาก parietal cortex ส่งผลต่อการจดจ่อต่อพิกัดพื้นที่

4) โครงการวิจัยนี้ พบว่าจำนวนก้าวในการเดินระยะทาง 10 เมตร สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.022$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.020$)

Gwin และคณะ พบว่าคลื่นไฟฟ้าสมอง alpha และ beta มีการเปลี่ยนแปลงเป็นคาบ ตามวงรอบของการเดิน (gait cycle) (Gwin et al., 2011) (รูปที่ 5.4) นอกจากนั้น การมีความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและเกิดมีความเครียด สัมพันธ์กับการลดลงของ คลื่น alpha และการเพิ่มขึ้นของ คลื่น beta (13-30 Hz) (Bonnet & Arand, 2001) ในโครงการวิจัยนี้ พบว่าจำนวนก้าวในการเดินระยะทาง 10 เมตร สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งอธิบายได้ว่า frontal cortex มีหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนไหว ดังนั้น หลังการฝึกกายภาพบำบัด จะเพิ่มความสามารถของ frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งเป็นส่วนควบคุมการก้าวของขาข้างปกติ ทำให้ก้าวเร็วขึ้นด้วยขาข้างปกติ จึงสัมพันธ์กับจำนวนก้าวที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.4 การเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมองตามจังหวะการเดิน (Gwin et al., 2011); gait cycle เริ่มและสิ้นสุดด้วย left toe-off (LOFF). ตัวย่อ left heel-strike (LON), right toe-off (ROFF) และ right heel-strike (RON)

5) โครงการวิจัยนี้ พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระยะทาง 10 เมตร ที่ลดลง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.020$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.001$)

ทั้ง frontal cortex และ motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของขาข้างปกติ ดังนั้น หลังทำกายภาพบำบัดแล้วพบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระยะทาง 10 เมตร ลดลง นี้คาดว่าสัมพันธ์กับการที่ขาข้างปกติทำงานได้ดีขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง คลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ดังกล่าว

6) โครงการวิจัยนี้ พบว่าระยะเวลาที่ลดลงในการทดสอบ Timed Up and Go กรณีเมื่อเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal ทั้ง 2 ข้าง (ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง $p = 0.036$, ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง $p = 0.048$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.006$)

ทั้ง frontal cortex และ motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของขาข้างปกติ ดังนั้น หลังทำกายภาพบำบัดแล้วพบว่า ระยะเวลาที่ลดลงในการทดสอบ Timed Up and Go กรณีเมื่อเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรงนี้ คาดว่าสัมพันธ์กับการที่ขาข้างปกติทำงานได้ดีขึ้น สำหรับ frontal cortex ข้างที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง คาดว่าช่วยควบคุมการยันขาที่อ่อนแรงขณะหมุนตัวกลับ

7) โครงการวิจัยนี้ พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Timed Up and Go กรณีเมื่อเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่ปกติ ที่ลดลง สัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลุกยืน ซึ่งเป็นคลื่น alpha ที่สมองตำแหน่ง frontal cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.027$) และ คลื่น beta ที่สมองตำแหน่ง motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ($p = 0.002$)

ทั้ง frontal cortex และ motor cortex ข้างที่ไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของขาข้างปกติ ดังนั้น หลังทำกายภาพบำบัดแล้วพบว่า ระยะเวลาที่ลดลงในการทดสอบ Timed Up and Go กรณีเมื่อเดินหมุนตัวกลับไปทางขาข้างที่อ่อนแรงนี้ คาดว่าสัมพันธ์กับการที่ขาข้างปกติทำงานได้ดีขึ้น

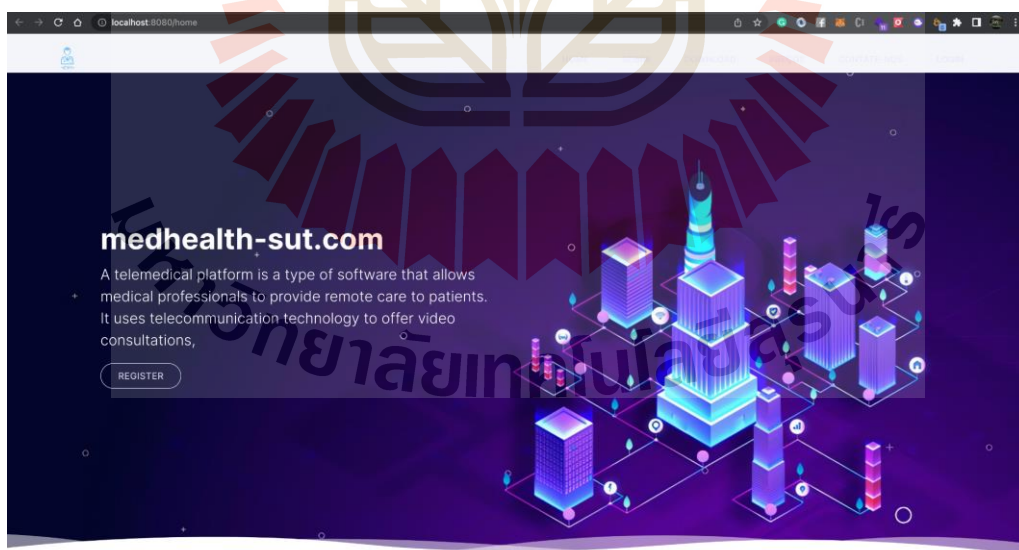
5.2.3 การแสดงผลไปที่แอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันถูกพัฒนาขึ้นจากโครงการพัฒนาระบบศูนย์กลางโทรเวชกรรม (Telemedicine) สำหรับอุปกรณ์ตรวจสุขภาพใช้งานในบ้าน (Development of central telemedicine system for domestic health check-up devices) มีการแสดงผลข้อมูลทั่วไป (เช่น เพศ อายุ ระยะเวลาที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง แขนและขาข้างที่อ่อนแรง โรคประจำตัว ยาที่ใช้ประจำ) และผลการตรวจประเมินการเดิน และอาการวิงเวียน ของผู้ป่วย ไปที่ web application โดย โดยมีลักษณะดังรูป 5.5 – 5.7

- เปิด Browser ขึ้นมา แล้วพิมพ์ URL: www.medhealth-sut.com จะปรากฏหน้า Home Page ขึ้นมา จากนั้นคลิกที่ปุ่ม LOGIN ด้านบนขวา เพื่อทำการเข้าสู่ระบบ

- การแสดงผลข้อมูล EEG ใน web application: ในส่วนนี้ได้มีการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการแสดงผลข้อมูล EEG ที่ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลของระบบศูนย์กลางโทรเวชกรรม (รูปที่ 5.6)

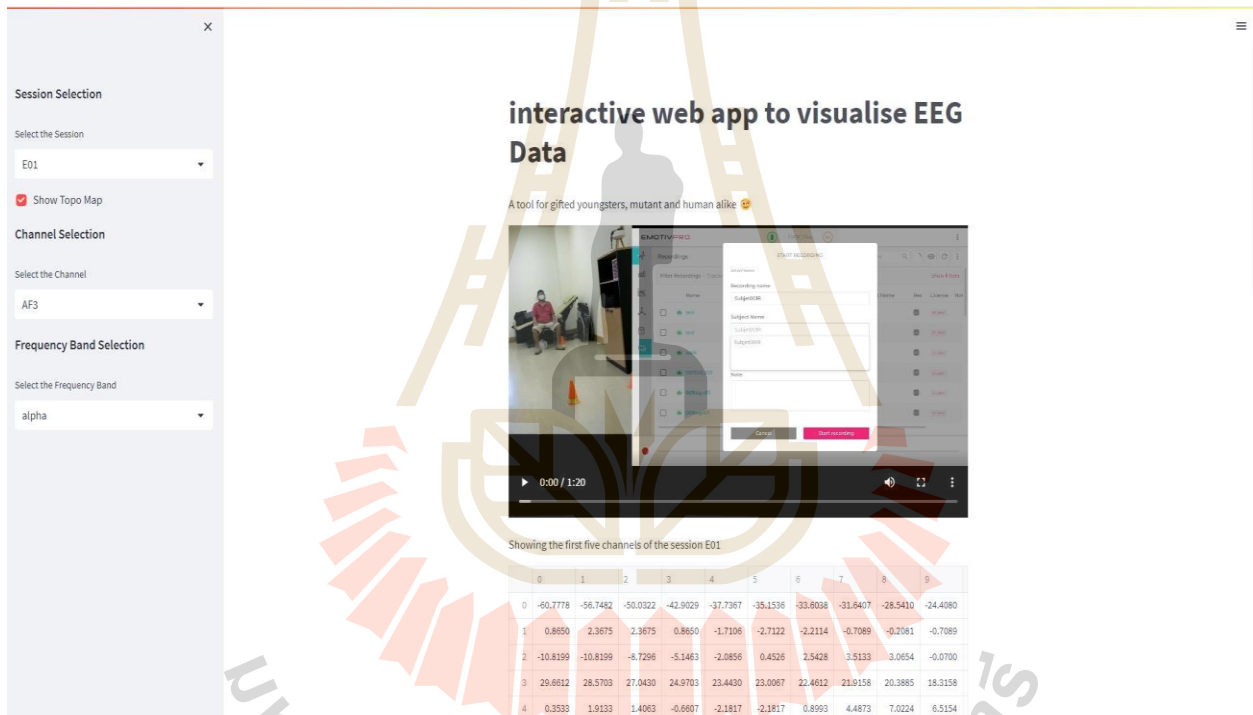
- โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกการแสดงผลในแต่ละ Session Channel และ Frequency ได้ (รูปที่ 5.7) ซึ่งช่วยให้การแสดงผลข้อมูลเป็นไปอย่างจำเพาะเจาะจงมากขึ้นและช่วยสนับสนุนให้เกิดการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ



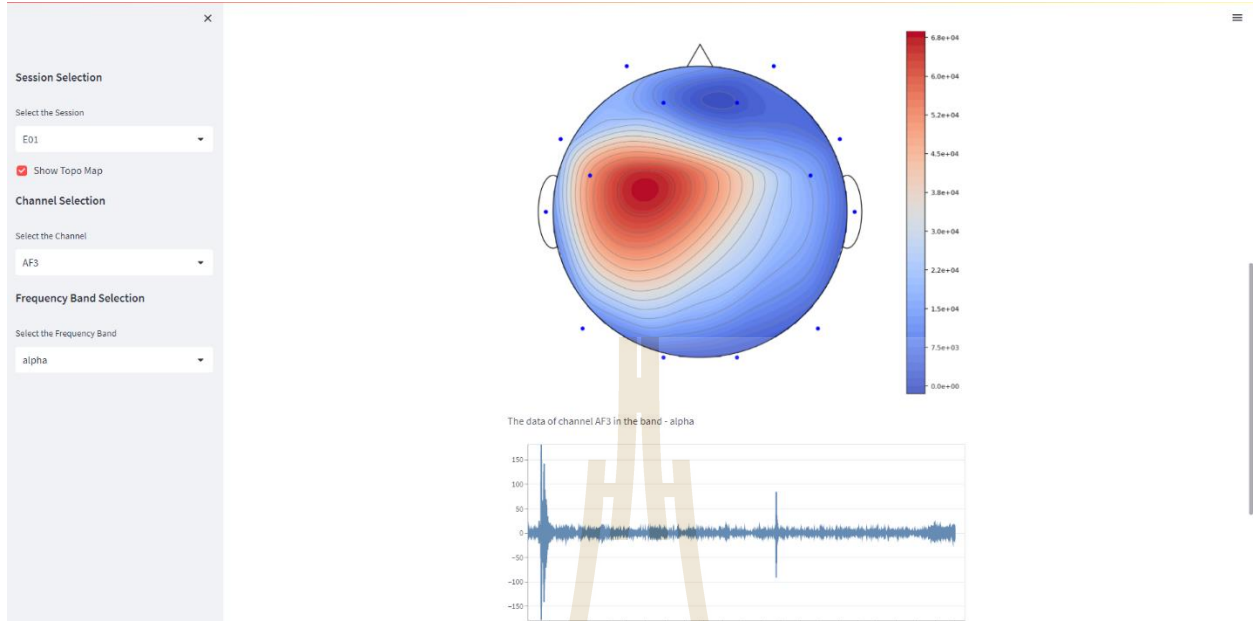
รูป 5.5 Home Page ของระบบ Web Application

เป้าหมายสำคัญสำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนี้คือเป็นช่องทางสำหรับการแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลทางด้าน EEG ของผู้ป่วยที่เป็นผู้ใช้งานระบบศูนย์กลางโทรเวชกรรม โดยมีส่วนการทำงานต่างๆ ดังนี้

- สามารถแสดงคลิปวิดีโอในการเก็บข้อมูล EEG ของแต่ละ Session บนหน้าเว็บได้
- แสดงตัวข้อมูลในช่องสัญญาณ 5 ช่องแรกบนหน้าเว็บได้
- แสดงข้อมูล topographical ของช่องสัญญาณทั้งหมดได้ ในรูปแบบรูปภาพ
- แสดงข้อมูลช่องสัญญาณออกมาในรูปแบบของกราฟที่สามารถตอบโต้ได้
- สามารถเลือกแสดงข้อมูลเฉพาะช่องสัญญาณ และแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟได้
- สามารถเลือกแสดงข้อมูลเฉพาะช่วงความถี่ (alpha, beta, delta, theta, gamma) และแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟได้



รูปที่ 5.6 หน้าต่างการแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการแสดงผลข้อมูล EEG



รูปที่ 5.7 ตัวอย่างการแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชันตาม Session Channel และ Frequency ที่ผู้ใช้งานเลือก

5.2.4 การวัดผล feasibility study

วัดผล feasibility study ของการทำกายภาพบำบัดระยะไกล ตามเกณฑ์ ของBowen, D. J., Kreuter, M., Spring, B., Linnan, L., Weiner, D., Bakken, S., Kaplan, C. P., Squiers, L., & Fabrizio, C. (2010). NIH Public Access. 36(5), 452–457. ได้แก่

- 1) Safety: adverse events, assistance levels, tolerance
 - ไม่พบความผิดปกติใดๆขณะทำการทดสอบ รวมไปถึงการฟื้นฟูที่โรงพยาบาลและการฟื้นฟูทางไกล โดยอาสาสมัครสามารถปฏิบัติตามคำแนะนำและการฝึกได้อย่างปลอดภัยและถูกต้อง
- 2) Compliance with protocol activities: Treatment sessions, Assessments, Sensor usage during treatment sessions
 - ผู้ป่วยสามารถฝึกได้ตามเป้าหมาย ในแง่ระยะเวลา ความถี่ และความเข้มข้นของการฝึก โดยผู้ป่วยและผู้ดูแลสามารถจัดเวลาในการฝึกตามเวลาที่สะดวก
- 3) Participant Acceptability
 - ผู้ป่วยยอมรับวิธีการสื่อสารทางไกล และสนใจที่จะฝึกกายภาพบำบัดทางไกลต่อเนื่อง เนื่องจากรู้สึกว่าการฝึกแล้วสามารถเดินได้ดีขึ้น วิงเวียนลดลง
- 4) Efficacy Indicators

- การประเมินผลกระทบบอาการเวียนศีรษะต่อการดำรงชีวิตประจำวัน โดยใช้ Dizziness handicap inventory พบว่าอาสาสมัครทุกราย วิงเวียนลดลง
- การประเมินผลการเดิน 10-meter walk test, timed up and go, dynamic gait index พบว่าความสามารถในการเดินดีขึ้น
- เมื่อตรวจติดตามการเดินโดยการประเมิน timed up and go หลังสิ้นสุดการทำกายภาพบำบัด และตรวจติดตาม ที่ 1 เดือนหลังสิ้นสุดการทำกายภาพบำบัดครั้งสุดท้าย พบว่าผลการเดินที่ดีขึ้นนี้มีผลคงอยู่นานถึง 1 เดือน

5.3 ข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้มีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่

- 1) เกณฑ์คัดเข้าที่เลือกโรคหลอดเลือดสมองส่วนท้าย และต้องมีอาการเวียนศีรษะซึ่งพบได้น้อย แต่มีอาการรุนแรง ผู้ป่วยที่รอดชีวิตและเดินได้มีจำนวนน้อย ทำให้ได้จำนวนอาสาสมัครที่น้อย
- 2) ข้อจำกัดของเครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งมี sampling rate 128 Hz ซึ่งความละเอียดยังไม่มาก
- 3) ข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการเก็บข้อมูล ในงานวิจัยด้านกายภาพบำบัด มักจะต้องเก็บข้อมูลจากการทำกายภาพบำบัดมากกว่า 20 ครั้ง และ ใช้เวลาหลายเดือน แต่ไม่เหมาะกับ ผู้ป่วยใน รพ. ในพื้นที่ในโครงการวิจัย เพราะมักจะขาดหายจากการติดตามทำกายภาพบำบัด เมื่อครบ 1-2 เดือน
- 4) ข้อจำกัดด้านการสื่อสารทางไกล ซึ่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตต้องเชื่อมต่อได้ดี

โครงการวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อในอนาคตหลายประการ ได้แก่

- 1) ดำเนินการรับอาสาสมัครเพิ่ม เพื่อให้ผลการวิจัยมีความเที่ยงตรง และแม่นยำมากขึ้น
- 2) ปรับใช้ เครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่ sampling rate สูงขึ้น และจำกัดช่องสัญญาณเฉพาะเท่าที่จำเป็น เพื่อไม่ให้ข้อมูลมากจนเกิดปัญหาต่อการสื่อสารผ่าน web application
- 3) พัฒนาการแสดงผลไปที่แอปพลิเคชัน ให้สามารถแสดงการบันทึกวิถีโอรระหว่างการเก็บข้อมูล EEG ที่ถูกบันทึกโดยแพทย์และผู้ช่วย ซึ่งสามารถใช้คลื่นสัญญาณ EEG วางแผนการทำกายภาพบำบัด ให้สอดคล้องกับกิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่ เช่น การลุกนั่ง การเดินและหมุนตัว เป็นต้น ในส่วนนี้จะเป็นการดำเนินการในการวิจัยลำดับต่อไป
- 4) ควรเก็บวิเคราะห์ข้อมูล คลื่นไฟฟ้าสมอง ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ที่มีความผิดปกติในแต่ละบริเวณของสมอง เพิ่มขึ้น งานวิจัยที่ผ่านมาไม่ได้แยกตำแหน่งว่าเป็นโรคหลอดเลือดสมองส่วนใด และบริเวณใดของสมองที่ขาดเลือด และไม่ได้มีการหาความสัมพันธ์กับ การเดินเร็ว การเดินทรงตัว การเคลื่อนไหวอื่นๆ และอาการเวียนศีรษะ เป็นต้น (แสดงในตารางที่ 5.2)

ตารางที่ 5.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการเก็บข้อมูลสัญญาณสมอง EEG เพื่อระบุผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระหว่างการประเมินทางคลินิกเฉียบพลัน (Sutcliffe et al., 2022)

งานวิจัยอ้างอิง	มาตรฐาน/ประเภทของงานวิจัยอ้างอิง	ผู้เข้าร่วมวิจัย	เกณฑ์การคัดออก	เวลาเริ่มเก็บข้อมูล EEG ครั้งแรกหลังเริ่มมีอาการ (ชั่วโมง)	การเก็บข้อมูล EEG	การประมวลผล EEG	EEG Biomarker	ผลลัพธ์ทางคลินิก	คะแนนคุณภาพ
Cohen 1977	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยอิงจากเอกสาร routine clinical assessment	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 26 ราย, กลุ่มควบคุม 26 ราย	Previous stroke	< 72	19 electrodes	Offline filter 0.35- 35 Hz, 1 min epochs	Absolute spectral power	Stroke participants exhibited significant interhemispheric delta power asymmetry vs non-stroke ($p < 0.05$)	2
Yan 2011	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมอง 10 ราย, กลุ่มควบคุม 10 ราย	ไม่ได้รายงาน	< 48	16 electrodes, eyes closed, resting	Offline visual artifact removal followed by digital filter, 10 s epochs. FFT	BBSI	Higher BBSI in stroke vs non-stroke (diagnostic accuracy = 83% when conscious, 71.43% unconscious)	2
Aminov 2017	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 15 ราย, ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองแตก 4 ราย, กลุ่มควบคุม 19 ราย (จากฐานข้อมูล)	History of neurological/psychiatric disorders	< 72	Single electrode at FP1, eyes closed	Online filter 0.5-30 Hz, manual artifact removal, 4 s epochs; FFT	Relative spectral power (DAR,DTR)	Less theta power ($p=0.02$), more delta ($p < 0.01$) power, higher DAR ($p < 0.01$) and DTR ($p=0.01$) in stroke participants vs non-stroke	4
Erani 2020	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 43 ราย, ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมอง	ไม่ได้รายงาน	< 23	17 electrodes, portable, dry electrode system, eyes open, resting	Offline analysis: filtering, noise removal and re-referencing. EEG variables	Relative spectral power (all bands, beta split into low and	Deep learning EEG (4 lasso selected electrode pairs) and clinical data model could identify stroke/TIA from mimic (AUC = 0.88,	4

งานวิจัยอ้างอิง	มาตรฐาน/ประเภทของงานวิจัยอ้างอิง	ผู้เข้าร่วมวิจัย	เกณฑ์การคัดออก	เวลาเริ่มเก็บข้อมูล EEG ครั้งแรกหลังเริ่มมีอาการ (ชั่วโมง)	การเก็บข้อมูล EEG	การประมวลผล EEG	EEG Biomarker	ผลลัพธ์ทางคลินิก	คะแนนคุณภาพ
		แตก 7 ราย, ผู้ป่วยภาวะสมองขาดเลือดชั่วคราว (TIA) 13 ราย, ผู้ป่วย stroke mimics 37 ราย				selected using Lasso regression	high) Diagnostic neural network	sensitivity = 79%, specificity = 80%) more accurately than combined clinical and EEG (4 electrode pairs) data (AUC = 0.80, sensitivity = 70%, specificity = 80%) and individual EEG (4 electrode pairs) (AUC = 0.78, sensitivity = 65%, specificity = 80%) or clinical (AUC = 0.62, sensitivity = 40%, specificity = 80%) data models. Less high frequencies (alpha and high beta 20.5-28 Hz) and greater low frequencies (low beta 12.5-16 Hz) associated with stroke/TIA	
Rodriguez 2012	Admission CT/ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 29 ราย, ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองแตก 15 ราย (MCA ทุกราย), ไม่ทราบจำนวน	ไม่ได้รายงาน	< 72	ไม่ได้รายงาน	ไม่ได้รายงาน	Relative spectral power (all bands, DAR, PRI)	Significant increase in slow wave frequencies (< 6.25 Hz) and decrease in alpha/beta in stroke versus control. Significantly greater PRI and DAR in stroke patients vs non-	3

งานวิจัยอ้างอิง	มาตรฐาน/ประเภทของงานวิจัยอ้างอิง	ผู้เข้าร่วมวิจัย	เกณฑ์การคัดออก	เวลาเริ่มเก็บข้อมูล EEG ครั้งแรกหลังเริ่มมีอาการ (ชั่วโมง)	การเก็บข้อมูล EEG	การประมวลผล EEG	EEG Biomarker	ผลลัพธ์ทางคลินิก	คะแนนคุณภาพ
Chen 2018	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยอิงจากข้อมูล CT	กลุ่มควบคุม (จากฐานข้อมูล) ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองแตก 47 ราย, กลุ่มควบคุม 15 ราย	Ruptured aneurysm; vascular malformation or stenosis; cerebral trauma; tumor; encephalitis; ischemic stroke; previous stroke; CNS depressants	< 59	Controls eyes closed and awake	Offline filters > 0.3, < / = 30 Hz, artifacts removed. FFT	Relative spectral power delta, alpha, DAR, DTABR, BSI	stroke (abstract-no statistics given) Lower alpha power, greater delta power and higher DAR and DTABR in stroke patients vs non-stroke (all $p < 0.0001$). BSI was not significantly different	4
Chan 2019	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยอิงจากข้อมูล CT	32 ราย (สัดส่วนระหว่างผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตันและกลุ่มควบคุมไม่ชัดเจน)	Hemorrhagic Stroke	< 72	32 electrodes, eyes open and closed, resting but conscious and photic stimulation	Sampling 250 Hz and 512 Hz, FFT; DWT (Daubechies 4)	Relative spectral power (DAR, DTABR), BSI	Higher BSI, DAR, DTABR and greater delta power in stroke patients vs non-stroke. EEG identified stroke with > 87.5% accuracy	2
Machado 2004	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยอิงจากข้อมูล CT, MRI และการตรวจทางระบบประสาท	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน (LMCA) 32 ราย, กลุ่มควบคุม 211 ราย	ไม่ได้รายงาน	< 24	19 electrodes	Online filters < / = 0.5, > 30, 60 Hz notch filter, sampling 200 Hz, EOG artifact removal, 2.56 s epochs	Tomography	Greater delta and theta and less alpha power in the territory of the stroke (all $p < 0.01$) compared to the same territory in non-stroke	3
Finnigan 2016	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยอิงจาก	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน	Non-cortical stroke; bilateral stroke; seizures;	< 24	19 electrodes, eyes closed with	Sampling 500 Hz, offline filter 0.5-40 Hz, 12	Relative spectral power (all	Greater delta ($p < .0001$, AUC = 0.99, sensitivity = 94%,	3

งานวิจัยอ้างอิง	มาตรฐาน/ประเภทของงานวิจัยอ้างอิง	ผู้เข้าร่วมวิจัย	เกณฑ์การคัดออก	เวลาเริ่มเก็บข้อมูล EEG ครั้งแรกหลังเริ่มมีอาการ (ชั่วโมง)	การเก็บข้อมูล EEG	การประมวลผล EEG	EEG Biomarker	ผลลัพธ์ทางคลินิก	คะแนนคุณภาพ
	ข้อมูล CT/MRI ภายใน 6 ชั่วโมงที่มีอาการ	(LMCA) 18 ราย, กลุ่มควบคุม 28 ราย	hemorrhage; previous neurological conditions; previous stroke; encephalitis		checking for wakefulness	dB, octave, EOG artifact removal, 2 s epochs	bands, DAR, DTABR)	specificity = 96%) and theta ($p < .001$, AUC = 0.81, sensitivity = 89%, specificity = 68%), lower alpha ($p < .0001$, AUC = 0.97, sensitivity = 89%, specificity = 93%) and beta ($p < .0001$, AUC = 0.9, sensitivity = 83%, specificity = 82%), higher DAR, ($p < .0001$, AUC = 1.0, sensitivity = 100%, specificity = 100%), DTABR ($p < .0001$, AUC = 0.99, sensitivity = 100%, specificity = 96%) and QSlowing ($p < .0001$, AUC = 0.97, sensitivity = 94%, specificity = 96%) in stroke vs non-stroke ($p < .001$)	
Rogers 2019	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยอิงจากข้อมูล CT, MRI, echocardiogram, ultrasound, CTA หรือจากการตรวจเลือด	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 10 ราย, กลุ่มควบคุม 10 ราย	History of neurological/psychiatric disorders; current	< 72	Single electrode at FP1, Auditory Oddball EP, eyes closed and resting	Offline. Filter 0.5-30 Hz, manual artifact removal	Relative spectral power (all bands)	Greater delta (AUC = 0.87, sensitivity = 90%, specificity = 85%) and less theta (AUC = 0.93, sensitivity = 85%,	5

งานวิจัยอ้างอิง	มาตรฐาน/ประเภทของงานวิจัยอ้างอิง	ผู้เข้าร่วมวิจัย	เกณฑ์การคัดออก	เวลาเริ่มเก็บข้อมูล EEG ครั้งแรกหลังเริ่มมีอาการ (ชั่วโมง)	การเก็บข้อมูล EEG	การประมวลผล EEG	EEG Biomarker	ผลลัพธ์ทางคลินิก	คะแนนคุณภาพ
Gottlibe 2020	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยอิงจากข้อมูล CT/MRI at baseline/admission	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 33 ราย, กลุ่มควบคุม 25 ราย	hemorrhagic stroke Degenerative neurological conditions; Seizure/epileptiform EEG	< 48	4 electrodes. Awake, alert, sitting position	Sampling 220 Hz offline computer artifact removal, 10 min overlapping epochs, filter 0.16-76 Hz	r-BSI	specificity = 90%) power in stroke vs control (both $p = 0.03$) Higher r-BSI in stroke vs non-stroke ($p = 0.002$)	3
Finnigan 2020	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยอิงจากข้อมูล CT/MRI ภายใน 6 ชั่วโมงที่มีอาการ	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน (LMCA) 18 ราย, กลุ่มควบคุม 28 ราย	Non-cortical stroke; bilateral stroke; seizures; hemorrhage; previous neurological conditions; previous stroke; encephalitis	< 24	6 electrodes, eyes closed with checking for wakefulness	Offline filter 0.5-40 Hz, 12 dB/octave, EOG artifact removal, 2 s epochs	Relative spectral power (DAR)	Higher DAR stroke participants vs non-stroke using two frontal electrodes (F3-F4). AUC = 0.99, sensitivity = 93%, specificity = 94%	4
Murri 1998	CT ภายในระยะเวลา 4 วันที่มีอาการ	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 65 ราย, กลุ่มควบคุม 60 ราย	Bilateral stroke; previous stroke; gradual onset; neurological or systemic pathologies	< 24	Eyes closed, supine with eye open breaks in a quiet, dimly lit room	Online filter 1-50 Hz, time constant 0.3 s, manual artifact removal, 4 s epochs	Topographic activity	Greater maximum delta power was observed in patients versus control subjects for cortical lesions: frontocentral $p < 0.01$, AUC = 0.68, sensitivity = 92%, specificity = 45%; Temporal $p < 0.01$, AUC = 0.85,	4

งานวิจัยอ้างอิง	มาตรฐาน/ประเภทของงานวิจัยอ้างอิง	ผู้เข้าร่วมวิจัย	เกณฑ์การคัดออก	เวลาเริ่มเก็บข้อมูล EEG ครั้งแรกหลังเริ่มมีอาการ (ชั่วโมง)	การเก็บข้อมูล EEG	การประมวลผล EEG	EEG Biomarker	ผลลัพธ์ทางคลินิก	คะแนนคุณภาพ
Luu 2001	CT หรือ MRI	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 6 ราย , กลุ่มควบคุม 16 ราย	Hemorrhagic Stroke; Non-cortical Stroke; Previous Stroke/ other brain lesions; state altering or confounding	< 36	Variable no of electrodes tested (19-128), eyes open and closed	Online filter 0.1-59 Hz, artifacts removed, 1 s epochs	Topographic activity	sensitivity = 88%, specificity = 83%; Parieto-occipital $p < 0.01$, AUC = 0.75, sensitivity = 79%, specificity = 72%, (diagnostic accuracy extrapolated from true and false positive and negative values). Cortical lesions could be located using the electrode with maximum delta power (Kappa = 0.63 (0.39–0.87)) after striatocapsular lesions excluded. Amongst stroke patients conventional and topographic EEG had 73 and 84% sensitivity respectively for detecting focal lesions	5

งานวิจัยอ้างอิง	มาตรฐาน/ประเภทของงานวิจัยอ้างอิง	ผู้เข้าร่วมวิจัย	เกณฑ์การคัดออก	เวลาเริ่มเก็บข้อมูล EEG ครั้งแรกหลังเริ่มมีอาการ (ชั่วโมง)	การเก็บข้อมูล EEG	การประมวลผล EEG	EEG Biomarker	ผลลัพธ์ทางคลินิก	คะแนนคุณภาพ
Shreve 2019	CT, MRI และ NIHSS	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 11 ราย, ผู้ป่วยภาวะสมองขาดเลือดชั่วคราว (TIA) 3 ราย, กลุ่มควบคุม 10 ราย	medications; NIHSS < 8 Hemorrhagic Stroke	< 43.5	256 electrodes but 62 excluded, fixed gaze with bed at 30 degree angle	Offline-only sixth order < 50 Hz filter, independent component analysis artifact removal, 1 s epochs	Relative spectral power (All bands, global power, DAR, DTABR)	No EEG measure significantly distinguished cerebral ischaemia from non-ischaemia	4
Finnigan 2004	MRI (DWI) 15 ± 3 ชั่วโมง	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 11 ราย, กลุ่มควบคุม 6 ราย	Fever, encephalitis, seizures, ICH, non-cortical stroke, confounding neurological condition (e.g. previous stroke) or medications	< 9	64 electrodes, between MRI scans	Online filter .01-100 Hz, artifacts 0.2-40 Hz, automatic artifact removal, 4 s epochs, sampling 500 Hz, FFT .5-50 Hz	Relative spectral power (aDCI)	Significantly greater mean delta power in patients versus controls (t = 4.68, P = 0.001). Control aDCI was at least 1 order of magnitude lower than the lowest patient aDCI	3
Sheorajapanday 2009	MRI ภายใน 5 วัน	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 21 ราย, กลุ่มควบคุม 10 ราย	ไม่ได้รายงาน	< 72	20 electrodes. Eyes closed, alert	Offline filter(s) > 0.3, < /=30, manual artifact removal, FFT	Relative spectral power (all bands, DAR, DTAR, DTABR, pdBSI)	pdBSI distinguished stroke from control patients (p = 0.0003; 1-25 Hz range p = 0.001) and correlated with clinical and radiological status (P's < 0.001). No significant differences between groups for RAP, RDP, RDTP, DAR, DTAR or DTABR	3

งานวิจัยอ้างอิง	มาตรฐาน/ประเภทของงานวิจัยอ้างอิง	ผู้เข้าร่วมวิจัย	เกณฑ์การคัดออก	เวลาเริ่มเก็บข้อมูล EEG ครั้งแรกหลังเริ่มมีอาการ (ชั่วโมง)	การเก็บข้อมูล EEG	การประมวลผล EEG	EEG Biomarker	ผลลัพธ์ทางคลินิก	คะแนนคุณภาพ
งานวิจัยเกี่ยวกับการเก็บข้อมูลสัญญาณสมอง EEG เพื่อแยกแยะผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองกับผู้ป่วยภาวะสมองขาดเลือดชั่วคราว (TIA) - EEG to distinguish stroke from Transient Ischaemic Attack (TIA)									
Rogers 2019	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 10 ราย, ผู้ป่วยภาวะสมองขาดเลือดชั่วคราว (TIA) 10 ราย	Neurological/psychiatric disorders, SAH	< 72	Single electrode at FP1, Auditory Oddball EP, eyes closed and resting	Offline, filter 0.5-30 Hz, manual artifact removal	Relative spectral power (all bands)	Greater delta (AUC = 0.87, sensitivity = 90%, specificity = 85%) power in stroke vs TIA ($p < 0.01$). Greater alpha (AUC = 0.81, sensitivity = 80%, specificity = 90%) and beta (AUC = 0.86, sensitivity = 90%, specificity = 80%) power in TIA vs stroke (both $p < 0.01$)	5
Sheorajapanday 2009	MRI ภายใน 5 วัน	ผู้ป่วยภาวะหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน 21 ราย, ผู้ป่วยภาวะสมองขาดเลือดชั่วคราว (TIA) 10 ราย	ไม่ได้รายงาน	< 72	20 electrodes. Eyes closed, alert	Offline filter(s) > 0.3, ≤ 30 , manual artifact removal, FFT	Relative spectral power (all bands DAR, DTAR, DTABR), pdBSI	pdBSI distinguished stroke from TIA patients ($p = 0.0003$; 1-25 Hz range $p = 0.001$). No significant differences between groups for RAP, RDP, RDTP, DAR, DTAR or DTABR	3

ตัวย่อ: RAP Relative Alpha Power, RDP Relative Delta Power, RDTP Relative Delta, and Theta Power, Adci Acute Delta Change Index, DAR Delta:Alpha Ratio, DTR Delta:Theta Ratio, DTAR Delta:Theta:Alpha Ratio, DTABR Delta:Theta:Alpha:Beta Ratio, PRI Power Ratio Index, BSI Brain Symmetry Index, BBSI Bilateral Brain Symmetry Index, r-BSI Revised Brain Symmetry Index, pdBSI Pairwise derived Brain Symmetry Index, FFT Fast Fourier Transform, DWT Discrete Wavelet Transform, AUC Area Under the receiving operator characteristics Curve, EOG Electrooculogram, MRI Magnetic Resonance Imaging, DWI Diffusion-Weighted Imaging, CT Computed Tomography, LMCA Left Middle Cerebral Artery, MCA Middle Cerebral Artery, SAH Subarachnoid Haemorrhage, TIA: Transient Ischaemic Attack

เอกสารอ้างอิง

- Bonnet, M. H., and Arand, D. L. 2001. Impact of activity and arousal upon spectral EEG parameters. Physiology and Behavior (Online); 74(3), 291–298. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(01\)00581-9](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(01)00581-9)
- Bradford, J. C., Lukos, J. R., and Ferris, D. P. 2016. Electro cortical activity distinguishes between uphill and level walking in humans. Journal of Neurophysiology (Online); 115(2), 958–966. <https://doi.org/10.1152/jn.00089.2015>
- Chung, E., Park, SI., Jang, YY., and Lee, BH 2015. Effects of brain-computer interface-based functional electrical stimulation on balance and gait function in patients with stroke: preliminary results. J Phys Ther Sci (Online).; 27(2), 513-6.
- Flansbjerg, U. B., Holmbäck, A. M., Downham, D., Patten, C., and Lexell, J. 2005. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. Journal of Rehabilitation Medicine (Online).; 37(2), 75–82. <https://doi.org/10.1080/16501970410017215>
- Galgon, A. K., Tate, A., Fitzpatrick, M., and Schoenewald, W. W. 2021. Agreement between physical therapists in diagnosing benign paroxysmal positional vertigo. Journal of Neurologic Physical Therapy (Online).; 45(2), 79–86. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000349>
- Gatto G, G. M. 2018. Locomotion Control: Brainstem Circuits Satisfy the Need for Speed. Curr Biol (Online).; 28(6), 256–259. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.01.068>.
- Guttman, A., Burstin, A., Brown, R., Bril, S., and Dickstein, R. 2014. Motor Imagery Practice for Improving Sit to Stand and Reaching to Grasp in Individuals With Poststroke Hemiparesis. Top Stroke Rehabil (Online).; 19(4), 306-19. <https://doi.org/10.1310/tsr1904-306>
- Gwin, J. T., Gramann, K., Makeig, S., and Ferris, D. P. 2011. Electro cortical activity is coupled to gait cycle phase during treadmill walking. NeuroImage (Online).; 54(2), 1289–1296. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.08.066>
- Hall, C. D., Herdman, S. J., Whitney, S. L., Cass, S. P., Clendaniel, R. A., Fife, T. D., Furman, J. M., Getchius, T. S. D., Goebel, J. A., Shepard, N. T., and Woodhouse, S. N. 2016. Vestibular rehabilitation for peripheral vestibular hypofunction: An evidence-based clinical practice guideline: From the American physical therapy association neurology section. In Journal of Neurologic Physical Therapy (Online).; 40(2). <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000120>
- Hewett, R., and Bartolomej, F. 2013. Epilepsy and the cortical vestibular system: Tales of dizziness

- and recent concepts. Frontiers in Integrative Neuroscience (Online); 7, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00073>
- Hewett, R., Guye, M., Gavaret, M., and Bartolomei, F. 2011. Benign temporo-parieto-occipital junction epilepsy with vestibular disturbance: An underrecognized form of epilepsy? Epilepsy and Behavior (Online); 21(4), 412–416. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2011.05.017>
- Hovareshti, P., Roeder, S., Holt, L. S., Gao, P., Xiao, L., Zalkin, C., Ou, V., Tolani, D., Klatt, B. N., and Whitney, S. L. 2021. Vestaid: A tablet-based technology for objective exercise monitoring in vestibular rehabilitation. Sensors (Online); 21(24), 1–18. <https://doi.org/10.3390/s21248388>
- Kizuk SA, M. K. 2017. Power and Phase of Alpha Oscillations Reveal an Interaction between Spatial and Temporal Visual Attention. J Cogn Neurosci (Online); 29(3), 480–494. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01058.
- Kluge, M., Beyenburg, S., Fernández, G., and Elger, C. E. 2000. Epileptic vertigo: Evidence for vestibular representation in human frontal cortex. Neurology (Online); 55(12), 1906–1908. <https://doi.org/10.1212/WNL.55.12.1906>
- Kontos, A. P., Deitrick, J. M. A., Collins, M. W., and Mucha, A. 2017. Review of vestibular and oculomotor screening and concussion rehabilitation. Journal of Athletic Training (Online); 52(3), 256–261. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.11.05>
- Lee, S., Hong, M., Kim, S., and Choi, S. J. 2020. Effect analysis of virtual-reality vestibular rehabilitation based on eye-tracking. KSII Transactions on Internet and Information Systems (Online); 14(2), 826–840. <https://doi.org/10.3837/tiis.2020.02.020>
- Lehnen, N., Kellerer, S., Knorr, A. G., Schlick, C., Jahn, K., Schneider, E., Heuberger, M., and Ramaioli, C. 2018. Head-movement-emphasized rehabilitation in bilateral vestibulopathy. Frontiers in Neurology (Online); 9, 1–6. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00562>
- Lim, S. B., Louie, D. R., Peters, S., Liu-Ambrose, T., Boyd, L. A., and Eng, J. J. 2021. Brain activity during real-time walking and with walking interventions after stroke: a systematic review. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation (Online); 18(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00797-w>
- Lotfi, Y., Rezazadeh, N., Moossavi, A., Haghgoo, H. A., Rostami, R., Bakhshi, E., Badfar, F., Moghadam, S. F., Sadeghi-Firoozabadi, V., and Khodabandelou, Y. 2017. Preliminary evidence of improved cognitive performance following vestibular rehabilitation in children with combined ADHD

- (cADHD) and concurrent vestibular impairment. *Auris Nasus Larynx* (Online); 44(6), 700–707. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2017.01.011>
- Mrachacz-kersting, N., Jiang, X. N., James, A., Stevenson, T., Niazi, X. I. K., Kostic, V., Pavlovic, A., Radovanovic, S., Djuric-jovicic, M., Agosta, F., Dremstrup, K., and Farina, D. 2021. *Efficient neuroplasticity induction in chronic stroke patients by an associative brain-computer interface*. *Journal of neurophysiology* (Online); 115(3), 1410-1421. <https://doi.org/10.1152/jn.00918.2015>
- Oostra, K., Oomen, A., Vanderstraeten, G., and Vingerhoets, G. 2015. Influence of motor imagery training on gait rehabilitation in sub-acute stroke: a randomized controlled trial. *Journal of rehabilitation medicine* (Online); 47(3), 204-209. <https://doi.org/10.2340/16501977-1908>
- Park, J. H., Jeon, H. J., Lim, E. C., Koo, J. W., Lee, H. J., Kim, H. J., Lee, J. S., Song, C. G., and Hong, S. K. 2019. Feasibility of eye tracking assisted vestibular rehabilitation strategy using immersive virtual reality. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology* (Online); 12(4), 376–384. <https://doi.org/10.21053/ceo.2018.01592>
- Russell, B. S., Hosek, R. S., Hoiriis, K. T., and Drake, E. D. 2019. Chronic Progressive External Ophthalmoplegia and Bilateral Vestibular Hypofunction: Balance, Gait, and Eye Movement Before and After Multimodal Chiropractic Care: A Case Study. *Journal of Chiropractic Medicine* (Online); 18(2), 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2018.11.004>
- Smit, A. S., Eling, P. A. T. M., Hopman, M. T., and Coenen, A. M. L. 2005. Mental and physical effort affect vigilance differently. *International Journal of Psychophysiology* (Online); 57(3), 211–217. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2005.02.001>
- Solis-Escalante, T., van der Crujisen, J., de Kam, D., van Kordelaar, J., Weerdesteyn, V., and Schouten, A. C. 2019. Cortical dynamics during preparation and execution of reactive balance responses with distinct postural demands. *NeuroImage* (Online); 188, 557–571. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.12.045>
- Stokkermans, M., Staring, W., Cohen, M. X., Solis-Escalante, T., and Weerdesteyn, V. 2022. Cortical midfrontal theta dynamics following foot strike may index response adaptation during reactive stepping. *Scientific Reports* (Online); 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22755-3>
- Sutcliffe, L., Lumley, H., Shaw, L., Francis, R., and Price, C. I. 2022. Surface electroencephalography

(EEG) during the acute phase of stroke to assist with diagnosis and prediction of prognosis: a scoping review. BMC Emergency Medicine (Online); 22(1), 1–30. <https://doi.org/10.1186/s12873-022-00585-w>

Varghese, J. P., McIlroy, R. E., and Barnett-Cowan, M. 2017. Perturbation-evoked potentials: Significance and application in balance control research. Neuroscience and Biobehavioral Reviews (Online); 83, 267–280. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.10.022>

Whitney, S. L., and Sparto, P. J. 2019. Eye Movements, Dizziness, and Mild Traumatic Brain Injury (mTBI): A Topical Review of Emerging Evidence and Screening Measures. Journal of Neurologic Physical Therapy (Online); 43, S31–S36. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000272>





แบบประวัติส่วนตัว

อาจารย์ นายแพทย์ ดร.กัญจน์ ภัคดีสงคราม

การศึกษา/คุณวุฒิ :

- ปริญญาเอก : Ph.D. Material Science Engineering
Nara institute of science and technology, Japan, 2007
- ปริญญาโท : M.Eng. Material Science Engineering
Nara institute of science and technology, Japan, 2004
- ปริญญาตรี : B.Eng. Electronics and Materials Physics
Osaka University, Japan, 2002
แพทยศาสตรบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2558

ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์ประจำสำนักวิชาแพทยศาสตร์ สาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู

ประวัติการทำงาน : มี.ค. 2550 – พ.ย. 2551 Research and design engineer
Yokohama Denshi Seiko (Japan)
เม.ย. 2558 – ส.ค. 2562 แพทย์ใช้ทุนสาขาเวชศาสตร์ฟื้นฟู มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ส.ค. 2562 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสำนักวิชาแพทยศาสตร์
สาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ:

1. ประกาศนียบัตรวิชาชีพภาษาญี่ปุ่น, Japanese language course diploma, Osaka University of Foreign Study, Japan พ.ศ. 2541
2. ใบอนุญาตประกอบโรคศิลปะ/แพทยสภา พ.ศ. 2558
3. ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง: ประกาศนียบัตรบัณฑิตชั้นสูงทางวิทยาศาสตร์การแพทย์คลินิก เวชศาสตร์ฟื้นฟู มหาวิทยาลัยขอนแก่น ก.ศ. 2561

วุฒิบัตรเฉพาะทางสาขาเวชศาสตร์ฟื้นฟู ราชวิทยาลัยเวชศาสตร์ฟื้นฟู ส.ศ. 2562

4. ประกาศนียบัตรวิชาชีพภาษาญี่ปุ่น, Japanese language course diploma, Osaka University of Foreign Study, Japan พ.ศ. 2541
5. ใบอนุญาตประกอบโรคศิลปะ/แพทยสภา พ.ศ. 2558
6. ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง: ประกาศนียบัตรบัณฑิตชั้นสูงทางวิทยาศาสตร์การแพทย์คลินิก เวชศาสตร์ฟื้นฟู มหาวิทยาลัยขอนแก่น ก.ศ. 2561
7. วุฒิบัตรเฉพาะทางสาขาเวชศาสตร์ฟื้นฟู ราชวิทยาลัยเวชศาสตร์ฟื้นฟู ส.ศ. 2562

วิทยานิพนธ์/ วุฒิบัตรเฉพาะทางสาขาเวชศาสตร์ฟื้นฟู:

1. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เรื่อง Study on the ferromagnetic properties in ferromagnetic thin films after being exposed to the focused ion-beam.
2. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท เรื่อง Preparation of high-permittivity and low-loss $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ thin films and their microwave properties.
3. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก เรื่อง Application of non-linearity in low-loss barium strontium titanate thin films for tunable microwave circuits.
4. วุฒิบัตรเฉพาะทางสาขาเวชศาสตร์ฟื้นฟู เรื่อง ผลระยะเฉียบพลันของการออกกำลังกายแบบสั้นในทำยืนยึดกล้ามเนื้อต่ออาการเกร็งในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกจากโรคหลอดเลือดสมอง (Acute effect of the whole body vibration with standing calf stretch on ankle plantarflex or spasticity in the hemiplegic stroke patients)

รางวัล/ ทุนวิจัย:

1. ทุนรัฐบาลญี่ปุ่นเพื่อศึกษาต่อระดับปริญญา ด้านวิศวกรรมศาสตร์
2. ทุนวิจัย Rotary Yoneyama scholarship for Ph.D. course / Rotary International, Japan (ปริญญาเอก)
3. ทุนวิจัย Special research fund of Nara Institute of Science and Technology (Project leader), Nara Institute of Science and Technology, Japan (ปริญญาเอก)
4. Honors Scholarship for Privately Financed International Students / รัฐบาลญี่ปุ่น (ปริญญาเอก)

เกียรติประวัติด้านแพทยศึกษา (แพทย์ผู้ดูแลนักกีฬาฟิสิกส์ทีมชาติไทย):

1. Team Physician ของทีมชาติไทยในการแข่งขันกีฬา 2020 ASEAN Para Games ที่ประเทศฟิลิปปินส์ ม.ค. 2563

ประกาศนียบัตร/ การอบรมทางวิชาการ:

1. Research Ethics/ Research Statistics
 - อบรมเชิงปฏิบัติการ “จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์” และ “Research Methodology in Medicine (ระเบียบวิธีวิจัยทางการแพทย์)”, สำนักงานระบาดวิทยาคลินิก ฝ่ายวิจัย คณะแพทยศาสตร์ ร่วมกับ สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 27 สิงหาคม 2559
 - COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM: การอบรมออนไลน์ ด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์) 29 มกราคม 2561
 - Diploma in Clinical Epidemiology, Clinical Epidemiology Society, 26 กุมภาพันธ์ – 9 ตุลาคม 2563
 - ผ่านการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ “Human subject protection course”, สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ ศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 15 กรกฎาคม 2563
 - ผ่านการอบรม “How to become the new generation researcher” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 23-24 กรกฎาคม 2563
 - ผ่านการอบรม “Systematic Review and Evidence Synthesis with STATA” คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 21-22 สิงหาคม 2564
 - ผ่านการอบรมหลักสูตร GCP online training “แนวทางการปฏิบัติการวิจัยทางคลินิกที่ดี”, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 21 มกราคม 2565
 - ผ่านการอบรม “Basic Clinical Statistics with STATA” คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 8-9 มกราคม 2565

- ผ่านการอบรม “Essential Study Size Estimation for Clinician” คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 29-30 มกราคม 2565

2. Medical

- โครงการอบรมกายอุปกรณ์เทียม ครั้งที่ 4 คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2-3 พฤษภาคม 2562
- The Oral Cavity: Portal to Health and Disease by University of Pennsylvania on Coursera. Certificate earned on October 16, 2019
- Michigan Sport-Related Concussion Training Certification by University of Michigan on Coursera. Certificate earned on October 12, 2019
- ผ่านการอบรม “EMG, EEG and Neurophysiology in Clinical Practice” Mayo Clinic, USA 14-20 March 2021
- ผ่านการอบรม “Practical Dermatology: New Normal” คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาล รามาธิบดี 16-20 สิงหาคม 2564
- ผ่านการอบรม “2nd World Dysphagia Summit” Japanese Society of Dysphagia Rehabilitation (JSDR), Japan 19 สิงหาคม - 14 กันยายน 2564
- ผ่านการอบรม “The 13th Chula Neuroscience Forum 2021” โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย 24-27 สิงหาคม 2564
- ผ่านการอบรม “การประชุมวิชาการกลางปี 2564” ราชวิทยาลัยแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูแห่งประเทศไทย 28-29 สิงหาคม 2564
- ผ่านการอบรม “Dermatology Tutorial Module-1” คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี 23 กันยายน -22 ตุลาคม 2564
- ผ่านการอบรม “Dermatology Tutorial Module-2” คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี 23 กันยายน -22 ตุลาคม 2564
- ผ่านการอบรม “CMCC: Chiang Mai Cardiology Conference 2021” คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 9-12 กันยายน 2564
- ผ่านการอบรม “Multidisciplinary Approach in Hepatology” สมาคมโรคตับแห่งประเทศไทย 16 - 18 กันยายน 2564
- ผ่านการอบรม “2021 Annual conference: Progress in Rehabilitation Research” American Congress of Rehabilitation Medicine 24-29 กันยายน 2564

- ผ่านการอบรม “Vajira Annual Medicine Conference 2021: The Practical Point in Urban Medicine”, คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช 16-17, 23 ตุลาคม 2564
 - ผ่านการอบรม “Neurology on acute take” สมาคมประสาทวิทยาแห่งประเทศไทย 18-19 ตุลาคม 2564
 - ผ่านการอบรม “14th Biennial Convention of the ASEAN Neurological Association 2021 (ASNA 2021)” สมาคมประสาทวิทยาแห่งประเทศไทย 19-21 ตุลาคม 2564
 - ผ่านการอบรม “The 6th Siriraj Stroke Conference 2021 Stroke Care: Now and Next” คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล 5-7 พฤศจิกายน 2564
 - ผ่านการอบรม “การประชุม Nutrition Review ครั้งที่ 10” สมาคมผู้ให้อาหารทางหลอดเลือดดำและทางเดินอาหารแห่งประเทศไทย 6-7 พฤศจิกายน 2564
 - ผ่านการอบรม “Essential Pain Management in the New Normal 2021” สมาคมการศึกษาเรื่องความปวดแห่งประเทศไทย 15 พฤศจิกายน 2564
 - ผ่านการอบรม “Enhancing clinical skills in patients with dizziness” คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี 18-19 พฤศจิกายน 2564
 - ผ่านการอบรม “Dysphagia: Primer to Practice” Japanese Society of Dysphagia Rehabilitation (JSDR) และราชวิทยาลัยแพทยเวชศาสตร์ฟื้นฟูแห่งประเทศไทย 20-21 พฤศจิกายน 2564
 - ผ่านการอบรม “การประชุมวิชาการ ประจำปี 2564 Hot topics in Airways Diseases in 2021” สมาคมออร์เวจแห่งประเทศไทย 28 พฤศจิกายน 2564
 - ผ่านการอบรมระยะสั้น อายุรศาสตร์ในเวชปฏิบัติ 22 ประจำปี 2564 “Primer on Medicine” ภาควิชาอายุรศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า กองอายุรกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า วันที่ 4-6 และ 10-11 ธันวาคม 2564
 - ผ่านการอบรม “การประชุมวิชาการประจำปี 2564” ราชวิทยาลัยแพทยเวชศาสตร์ฟื้นฟูแห่งประเทศไทย 10-12 ธันวาคม 2564
 - ผ่านการอบรม “Multidimensional cardiology in the era of viral pandemics” ศูนย์หัวใจสิริกิติ์ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 23-24 ธันวาคม 2564
3. Data Science/ Computer programming
- ผ่านการอบรม “Introduction to Clinical Data Science” by University of Colorado on Coursera. Certificate earned on October 13, 2019

- ผ่านการอบรม “Programming for Everybody (Getting Started with Python)” by University of Michigan on Coursera. Certificate earned on October 6, 2019
 - สัมมนาเรื่อง “AI for medical science”, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 28 ม.ค. 2565
 - ผ่านการอบรม “BCI & Neurotechnology Spring School” G.TEC Medical Engineering, 25 เมษายน - 4 พฤษภาคม 2565
4. Medical Teaching
- สัมมนาหลักสูตรแพทยศาสตรบัณฑิต เรื่อง “การเรียนการสอนยุคใหม่ (ประจำปี 2562)”, สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 29 สิงหาคม - 1 กันยายน 2562
 - สัมมนาหลักสูตรแพทยศาสตรบัณฑิต เรื่อง “แพทยศาสตร์ศึกษา ยุค New Normal (ประจำปี 2563)”, สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 6-9 สิงหาคม 2563
 - สัมมนา เรื่อง "การผลิตสื่อ e-Courseware และร่วมเป็นผู้สอนบนระบบ SUT X-Lane", ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 27 กันยายน 2564
 - สัมมนาหลักสูตรแพทยศาสตรบัณฑิต เรื่อง “การวัดและประเมินผล เพื่อให้มีรูปแบบ Standardization มี Validity และ Reliability”, สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 19-20 พฤษภาคม พ.ศ. 2565
5. Entrepreneurship
- ผ่านการอบรม “Entrepreneurship 1: Developing the Opportunity” by Wharton/ University of Pennsylvania on Coursera. Certificate earned on November 3rd, 2019
6. Research
- สัมมนาวิชาการระหว่างประเทศ ในหัวข้อเรื่อง “การร่วมมืองานวิจัยในระดับนานาชาติ ทำอย่างไร จึงจะได้รับการจัดสรรทุน (International research collaboration and how to get funded?)”, สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 19 มีนาคม พ.ศ. 2565
7. Sports Science
- การอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การประยุกต์เครื่องมือด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาในการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬา”, สมาคมวิทยาศาสตร์การกีฬาแห่งประเทศไทย, 29-31 มีนาคม พ.ศ. 2565

ผลงานทางวิชาการ / ผลงานวิจัย:

- S. Kanjanawattana, A. Jarat, P. Praneetpholkrang, G. Bhakdisongkhram and S. Weeragulpiriya, "Classification of Human Emotion from Speech Data Using Deep Learning,"

2022 IEEE 5th International Conference on Big Data and Artificial Intelligence (BDAl), 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/BDAl56143.2022.9862743.

- ศรัณญา กาญจนวัฒนา, วรวิทย์ ตีรวัฒนประภา, ปัญญาธิ์ ปราณีตพลกรัง, กัญจน์ ภัคดีสงคราม. (2022). การ จำแนกระดับความหวานของสับปะรดโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ, 2(1), 53-63
- Autthasan, P., Chaisaen, R., Sudhawiyangkul, T., Kiatthaveephong, S., Rangpong, P., Dilokthanakul, N., **Bhakdisongkhram, G.**, Phan, H., Guan, C. and Wilaiprasitporn, T. (2021). MIN2Net: End-to-End Multi-Task Learning for Subject-Independent Motor Imagery EEG Classification. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. Doi: 10.1109/TBME.2021.3137184.
- Nozaka T., Mizutani Y., **Bhakdisongkhram G.**, Kawakami Y., Echizen M., Nishida T., Takeda H., Uchiyama K. and Shiosaki T. (2010). Preparation of $(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{TiO}_3$ thin films on glazed alumina substrate and improvement of temperature dependence of dielectric properties. Key Engineering Materials Volume 421-422: 127-130.
- Kohno T., Tsuchikawa T., **Bhakdisongkhram G.**, Nishida T., Takeda H., Uchiyama, K. and Shiosaki T. (2007). Sputtering deposition of $(\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x})\text{TiO}_3$ thin films for microwave waveguide devices. IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics, Article number 4393216: 209-211.
- **Bhakdisongkhram G.**, Yamashita Y., Kohno T., Nishida T., Uchiyama K. and Shiosaki T. (2006). Consideration for broadband frequency conversion based on $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ films. Japanese Journal of Applied Physics, Part 1: Regular Papers and Short Notes and Review Papers Volume 45, Issue 9B (22 September): 7479-7483.
- **Bhakdisongkhram, G.**, Okamura, S., Shiosaki, T. **Bhakdisongkhram G.**, Okamura S. and Shiosaki T. (2006). Precise measurement of the dielectric properties of $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ thin films by on-wafer through-reflect-line (TRL) calibration method. Journal of the European Ceramic Society 26(10-11): 1835-1839.
- **Bhakdisongkhram G.**, Yamashita Y., Nishida T. and Shiosaki T. (2005). Dependence of microwave properties of $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_x$ thin films on substrate. Japanese Journal of Applied Physics, Part 1: Regular Papers and Short Notes and Review Papers 44(9B): 7098-7102.

หมายเหตุ: มี Publication อื่นที่เป็นภาษาญี่ปุ่น แต่ไม่ได้นำมาลงไว้ในที่นี้

การสอน

หลักสูตรปริญญาตรี

- หลักสูตร แพทยศาสตร์ศึกษา
- ผู้ร่วมสอนในหลักสูตร ทันตแพทยศาสตร์ศึกษา/ วิทยาศาสตร์การกีฬา/ วิศวกรรมศาสตร์

ภาคการศึกษาที่ 1/2565 รหัส/รายวิชา	จำนวน หน่วยกิต	ระดับ		จำนวน นักศึกษา	จำนวนชั่วโมงที่ สอน ตลอดภาคการศึกษา (%)	
		ปริญญา ตรี	บัณฑิต ศึกษา		บรรยาย	ปฏิบัติการ
1. 601300 RESPIRATORY SYSTEM II	2	✓	-	41	-	71.43
2. 601301 CARDIOVASCULAR SYSTEM II	2	✓	-	41	-	100.00
3. 601321 RESPIRATORY SYSTEM	6	✓	-	91	-	31.25
4. 601324 CARDIOVASCULAR SYSTEM	6	✓	-	91	-	50.00
5. 621713 สัมมนาทางเวชศาสตร์ปริวรรต 3	1	-	✓	6	-	33.30
ภาคการศึกษาที่ 2/2565 รหัส/รายวิชา	จำนวน หน่วยกิต	ระดับ		จำนวน นักศึกษา	จำนวนชั่วโมงที่ สอน ตลอดภาคการศึกษา (%)	
		ปริญญา ตรี	บัณฑิต ศึกษา		บรรยาย	ปฏิบัติการ
1. 114351 SPORTS INJURIES	3	✓	-	53	19.64	-
2. 601205 MEDICAL RURAL STUDIES II	1	✓	-	37	67.00	-
3. 601207 MEDICAL RURAL STUDIES II	1	✓	-	88	67.00	-
4. 601214 HEMATOPOIETIC SYSTEM	4	✓	-	88	-	87.50
5. 601306 HEMATOPOIETIC SYSTEM II	2	✓	-	37	-	87.50
6. 601309 MEDICAL RURAL STUDIES IV	1	✓	-	42	67.00	-
7. 601316 MEDICAL RURAL STUDIES IV	1	✓	-	90	67.00	-
8. 601327 การศึกษาและบริหารระบบสุขภาพ ชุมชนอย่างเป็นองค์รวม 1	2	✓	-	91	100.00	-
ภาคการศึกษาที่ 3/2565 รหัส/รายวิชา	จำนวน หน่วยกิต	ระดับ		จำนวน นักศึกษา	จำนวนชั่วโมงที่ สอน ตลอดภาคการศึกษา (%)	
		ปริญญา ตรี	บัณฑิต ศึกษา		บรรยาย	ปฏิบัติการ
1. 601203 MUSCULOSKELETAL SYSTEM III	2	✓	-	37	-	50.00
2. 601204 NERVOUS SYSTEM III	2	✓	-	37	-	11.11
3. 601206 MEDICAL RURAL STUDIES III	1	✓	-	37	66.70	-
4. 601208 MEDICAL RURAL STUDIES III	1	✓	-	89	66.70	-
5. 601314 CLINICAL MEDICAL SKILL	2	✓	-	40	-	62.50

6. 615652 CLINICAL EXPERIENCE II	4	✓	-	30	-	34.03
7. 903302 CLINICAL SKILL DEVELOPMENT IN DENTISTRY	2	✓	-	40	-	25.00
8. 601519 Rehabilitation Medicine	2	✓		11	100	100
ภาคการศึกษาที่ 1/2566-3/2566 รหัส/รายวิชา (เริ่มเปิดสอนใน ปีการศึกษา 2566)	จำนวน หน่วยกิต	ระดับ		จำนวน นักศึกษา	จำนวนชั่วโมงที่ สอน ตลอดภาคการศึกษา (%)	
		ปริญญา ตรี	บัณฑิต ศึกษา		บรรยาย	ปฏิบัติการ
1. 254012 พื้นฐานวิศวกรรมชีวการแพทย์	3	✓	-		-	
2. 254022 ชีวกลศาสตร์	3	✓	-		-	

หลักสูตรบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโท-เอก)

- ตำแหน่ง - อาจารย์ประจำหลักสูตร วิศวกรรมโทรคมนาคม และคอมพิวเตอร์ (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
หน้าที่ - อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท-เอก และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
- ตำแหน่ง - อาจารย์ประจำหลักสูตร นวัตกรรม วิศวกรรมชีวการแพทย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (อยู่
ระหว่างการเสนอชื่อเพื่อแต่งตั้งเป็นอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร)
หน้าที่ - อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท-เอก และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

