

การศึกษาประสิทธิภาพของไม้เท้าที่มีแสงเลเซอร์และมีเสียงนำทาง  
ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด



นางสาววรรณนิภาศ บัวเทศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวช (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFICACY OF VISUAL – AUDIO STIMULATED WALKING CANE  
IN PARKINSON PATIENTS WITH GAIT FREEZING



Miss Wannipat Buated

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Biomedical Engineering

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาประสิทธิภาพของไม้เท้าที่มีแสงเลเซอร์และมีเสียงนำทาง  
ในผู้ป่วยพารากินสันที่มีการเดินติดขัด

โดย

นางสาว วรรณนิทัศน์ บัวเทศ

สาขาวิชา

วิศวกรรมชีวเวช

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์นายแพทย์ รุ่งโรจน์ พิทยศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คนบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์แพทย์หญิง อารีรัตน์ สุพุทธิธาดา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์นายแพทย์ รุ่งโรจน์ พิทยศิริ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
(รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลวรรณ เหียงแก้ว)

.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.นิติพันธุ์ ศรีบุญเรืองฤทธิ์)

วรรณนิภัทศ บัวเทศ : การศึกษาประสิทธิผลของไม้เท้าที่มีแสงเลเซอร์และมีเสียงนำทาง  
 ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด. (THE EFFICACY OF VISUAL – AUDIO STIMULATED  
 WALKING CANE IN PARKINSON PATIENTS WITH GAIT FREEZING) อ.ที่ปรึกษา  
 วิทยานิพนธ์หลัก : รศ.นพ.รุ่งโรจน์ พิทยศิริ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.ดร. มานะ  
 ศรียุทธศักดิ์, 130 หน้า.

**วัตถุประสงค์ :** เพื่อออกแบบและพัฒนาไม้เท้าเลเซอร์และมีเสียง Metronome เป็นอุปกรณ์ช่วยเดิน,  
 และเพื่อศึกษาผลของการกระตุ้นด้วยแสง, การกระตุ้นด้วยเสียง และการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับเสียงต่อการเดิน  
 ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด

**ระเบียบวิธีวิจัย :** ไม้เท้าช่วยเดินได้รับการพัฒนาและทดสอบใน 4 รูปแบบการกระตุ้น คือ แสงเลเซอร์,  
 เสียงจาก Metronome, แสงร่วมกับเสียง และไม่มีสิ่งกระตุ้น ศึกษาในผู้ป่วยพาร์กินสัน จำนวน 38 ราย มี  
 Hoehn & Yahr อยู่ในช่วง 2 - 3 เข้ารับการทดสอบแบบสุ่มใน 4 กรณี ทั้งในช่วงยามดึกฤทธิ์และในช่วงยามออก  
 ฤทธิ์ โดยเดินรอบละ 5 เมตร กรณีละ 2 รอบ เก็บข้อมูลโดยการบันทึกภาพรอยเท้าและบันทึกภาพด้วยกล้อง  
 วิดีโอ เพื่อศึกษาผลของจำนวนก้าวติดขัด, เวลาของก้าวติดขัด, ระยะก้าว, ความเร็วและจังหวะในการเดิน

**ผลการศึกษา :** ผลการศึกษาการกระตุ้นด้วยแสงในผู้ป่วย 30 ราย พบว่าการกระตุ้นด้วยแสงมีผล  
 ต่อการลดลงของจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดในช่วงยามดึกฤทธิ์  $2.87 \pm 5.82$  ก้าว ( $p < 0.002$ ),  
 $1.04 \pm 0.80$  วินาที ( $p < 0.0001$ ) ตามลำดับ ช่วยเพิ่มระยะก้าวและความเร็วการเดิน  $25.03 \pm 18.12$  ซม.  
 ( $p < 0.0001$ ),  $8.86 \pm 10.45$  ซม./วินาที ( $p < 0.0001$ ) ตามลำดับ ส่วนผลของการกระตุ้นด้วยเสียง และการกระตุ้น  
 ด้วยแสงร่วมกับเสียงไม่พบการลดลงจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ  
 เปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป เมื่อวิเคราะห์แบ่งกลุ่มผู้ป่วยตามระดับความรุนแรงของโรคของกลุ่มทดสอบการ  
 กระตุ้นด้วยแสง พบว่าผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมก (H&Y>2) เดินได้ดีกว่าผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับ  
 ความรุนแรงของโรคน้อย (H&Y=2) ตามผลของการลดลงของจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดในช่วง  
 ยามดึกฤทธิ์  $7.46 \pm 7.52$  ก้าว ( $p < 0.004$ ),  $1.49 \pm 0.94$  วินาที ( $p < 0.0001$ ) ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าระยะก้าว  
 และความเร็วในการเดินของผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมกเพิ่มขึ้น  $34.92 \pm 21.49$  เซนติเมตร  
 ( $p < 0.0003$ ),  $13.15 \pm 9.60$  ซม./วินาที ( $p < 0.0001$ ) ตามลำดับ ด้วยเช่นกัน

**สรุปผลการศึกษา :** ในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าไม้เท้าที่มีแสงเลเซอร์เป็นสิ่งกระตุ้นช่วยให้  
 จำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับกับช่วยให้ระยะก้าว,  
 ความเร็วและจังหวะในการเดินดีขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงยามดึกฤทธิ์ ผลของการเดินที่ดีขึ้นนี้เห็นได้ชัดเจน  
 ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมก (H&Y>2) อุปกรณ์ช่วยเหลือโดยมีสิ่งกระตุ้นทางสายตา  
 ประกอบเข้าไปด้วยนั้น น่าจะได้รับการพิจารณาให้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ใช้ในการบำบัดรักษาเพื่อช่วยลดการ  
 เดินติดขัดในผู้ป่วยพาร์กินสัน ในอนาคตควรศึกษาเพิ่มเติมในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวนมากขึ้น, เช่นเดียวกับกับ  
 การพัฒนาไม้เท้าให้มีการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แบบไร้สายเพื่อใช้ในการศึกษาเวลาของก้าวติดขัด และควรเพิ่ม  
 ความเข้มของแสงเลเซอร์ให้มากยิ่งขึ้น

สาขาวิชา..... วิศวกรรมชีวเวช.....  
 ปีการศึกษา..... 2551.....

ลายมือชื่อนิสิต ..... วรรณนิภัทศ บัวเทศ .....  
 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ..... อ. รุ่งโรจน์ .....  
 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ..... นพ. มานะ ศรียุทธศักดิ์ .....

##4989170720 : MAJOR BIOMEDICAL ENGINEERING

KEY WORD : PARKINSON'S DISEASE / GAIT FREEZING / VISUAL – AUDIO STIMULATED WALKING CANE

WANNIPAT BUATED: THE EFFICACY OF VISUAL – AUDIO STIMULATED WALKING

CANE IN PARKINSON PATIENTS WITH GAIT FREEZING. THESIS PRINCIPAL ADVISOR:

ASSOC. PROF. ROONGROJ BHIDAYASIRI, THESIS COADVISOR :

ASSOC. PROF. MANA SRIYUDTHSAK, 130 pp.

**Objective:** To design, and develop the laser and metronome-equipped cane and to evaluate the efficacy of the visual, auditory and combined cues in Parkinson's disease patients with gait freezing.

**Methods:** A cane was developed and tested in 4 different scenarios; visual cues alone (high intensity laser beams), auditory cues alone (regular metronome sounds), combined cues, and regular cane. 38 patients with Parkinson's disease Hoehn & Yahr stage 2 – 3 were enrolled in the study, tested in all four scenarios during both 'on' and 'off' medications. With each test paradigm, individual subject was required to walk on a 5-m track twice. Each subject's performance was recorded on the videorecorder as well as all foot steps were printed on the paper tracking sheet to determine the number of freezes, duration of freezes, stride length, velocity and cadence.

**Results:** 30 patients completed the laser study. The use of laser cane significantly decreased the number of freezes and duration of freezes during 'off' medication, compared to regular cane ( $2.87 \pm 5.82$  ( $p < 0.002$ ),  $1.04 \pm 0.80$  ( $p < 0.0001$ ) respectively). In addition, stride length and velocity increased in the group using a laser cane during the 'off' medications ( $25.03 \pm 18.12$  ( $p < 0.0001$ ),  $8.86 \pm 10.45$  ( $p < 0.0001$ ) respectively). Auditory cues and combined visual and auditory cues did not significantly decreased the number and duration of freezes, compared to the regular cane. Subanalysis of data revealed that patients with Hoehn & Yahr stage  $>2$  (severe PD) had better degree of improvement compared to patients with H & Y stage 2 in terms of the absolute reduction in number and duration of freezes ( $7.46 \pm 7.52$  ( $p < 0.004$ ),  $1.49 \pm 0.94$  ( $p < 0.0001$ ), respectively). Moreover, stride length and velocity increased in the severe group using a laser cane during the 'off' medications ( $34.92 \pm 21.49$  ( $p < 0.0003$ ),  $13.15 \pm 9.60$  ( $p < 0.0001$ ) respectively).

**Conclusions:** In this study, laser cane was shown to statistically reduce the number and duration of freezes as well as improved stride length, velocity and cadence during the 'off' medication. Better degree of improvement is more evident in PD patients with more severe disease (H & Y stage  $>2$ ). Assisting devices, specifically based on visual cues, may be considered as an alternative therapy to minimize the gait freezing. Further study is currently being conducted to include more subjects as well as specifically design the cane to employ a wireless technology to indicate the duration of freezes and to deliver a higher intensity laser beam.

Field of study: Biomedical Engineering

Academic year .....2008.....

Student's signature: .....  
Principal advisor's signature: .....  
Co-advisor's signature: .....

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้มีรายนามดังต่อไปนี้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ความรู้ในการประดิษฐ์เครื่องมือและความรู้ในด้านต่าง ๆ ช่วยแนะนำระเบียบวิธีวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล ติดตามผลการวิจัยและตรวจทานแก้ไขบทความมาโดยตลอด

รองศาสตราจารย์นายแพทย์รุ่งโรจน์ พิทยศิริ และแพทย์หญิงเฮเลน ลิงค์ สาขาวิชาประสาทวิทยา ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ความรู้ ช่วยเหลือในการเตรียมผู้ป่วย ติดตามผลการวิจัยและตรวจทานแก้ไขบทความมาโดยตลอด

อาจารย์ ดร. นิติพันธุ์ ศรีบุญเรืองฤทธิ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้ให้คำแนะนำ ความรู้ โดยเฉพาะด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและตรวจทานแก้ไขบทความ

ศาสตราจารย์แพทย์หญิงอารีรัตน์ สุพุทธิธาดา ภาควิชาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและความรู้ในการศึกษาวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภรณ์ ธีรมงคลศรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้คำแนะนำและความรู้ในการประดิษฐ์เครื่องมือ

คุณสาริณี ชูยตระกูล นักวิจัยห้องปฏิบัติการไบโออิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้ให้คำแนะนำ ความรู้และตรวจทานแก้ไขบทความ คุณเฉลิมพล วรรณภักดี, คุณปนัดดา แพงาม และพี่ เพื่อน น้อง ๆ ที่ห้องปฏิบัติการไบโออิเล็กทรอนิกส์ และที่สหสาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวชทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

คุณรัตนฤดี เทพหัสติน ณ อยุธยา และเจ้าหน้าที่ในศูนย์พาร์กินสัน ฯ ภาควิชาอายุรศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ทุกท่าน ที่ช่วยในการจัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ

ผู้ป่วยพาร์กินสันที่เข้าร่วมการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ทุกท่าน

ทุนจากศูนย์พาร์กินสัน ฯ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และห้องปฏิบัติการไบโออิเล็กทรอนิกส์ สนับสนุนทุนวิจัยส่วนใหญ่

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ณ
สารบัญภาพ .....	ญ
สารบัญแผนผัง .....	ฐ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	3
ขอบเขตของการวิจัย .....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น .....	3
ข้อจำกัดของการวิจัย .....	4
กรอบความคิดของการวิจัย .....	4
สมมติฐานของการวิจัย .....	5
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย .....	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	11
วิธีดำเนินการวิจัย .....	11
ลำดับขั้นตอนในการเสนอการวิจัย .....	14
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	15
แนวคิดและทฤษฎี .....	15
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	16
3. วิธีดำเนินการวิจัย .....	34
การพิจารณาผ่านจริยธรรม .....	34
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....	35
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	37
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	46

บทที่	หน้า
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	48
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	50
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	54
ผลการเปรียบเทียบ .....	56
การวิเคราะห์ปัจจัย .....	69
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	76
สรุปผลการวิจัย .....	76
อภิปรายผล .....	83
ข้อเสนอแนะ .....	89
รายการอ้างอิง .....	91
ภาคผนวก .....	98
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	130

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	สรุปข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษา .....	47
3.2	สรุปข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของการเดิน .....	49
3.3	สรุปข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับช่วงเวลา, ชนิดของไม้เท้า, รูปแบบการทดสอบและระดับความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน .....	49
4.1	แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย .....	51
4.2	แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วยแบ่งตามระดับความรุนแรงของโรค กลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H&Y = 2$ ) .....	52
4.3	แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วยแบ่งตามระดับความรุนแรงของโรค กลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H&Y > 2$ ) .....	53
5.1	การเปรียบเทียบผลของการทดสอบด้วยสิ่งกระตุ้นแบบต่าง ๆ ต่อจำนวนก้าวติดขัด ในช่วงยามดึกฤกษ์และในช่วงยามออกฤกษ์ .....	77
5.2	การเปรียบเทียบผลของการทดสอบด้วยสิ่งกระตุ้นแบบต่าง ๆ ต่อเวลาของก้าวติดขัด ในช่วงยามดึกฤกษ์และในช่วงยามออกฤกษ์ .....	78
5.3	การเปรียบเทียบผลของการทดสอบด้วยสิ่งกระตุ้นแบบต่าง ๆ ต่อระยะก้าว ในช่วงยามดึกฤกษ์และในช่วงยามออกฤกษ์ .....	79
5.4	การเปรียบเทียบผลของการทดสอบด้วยสิ่งกระตุ้นแบบต่าง ๆ ต่อความเร็วในการเดิน ในช่วงยามดึกฤกษ์และในช่วงยามออกฤกษ์ .....	80
5.5	การเปรียบเทียบผลของการทดสอบด้วยสิ่งกระตุ้นแบบต่าง ๆ ต่อจังหวะในการเดิน ในช่วงยามดึกฤกษ์และในช่วงยามออกฤกษ์ .....	81
5.6	ผลการวิเคราะห์แบบแบ่งกลุ่มย่อยของการกระตุ้นด้วยแสง .....	82
ง1	แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย .....	116
ง2	ข้อมูลของผู้ป่วยที่เข้าร่วมการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียง .....	117
ง3	ข้อมูลของผู้ป่วยที่เข้าร่วมการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง รวมกับการกระตุ้นด้วยเสียง .....	117
จ1	ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง ในช่วง Off time ในไม้เท้าทั่วไป .....	119

## สารบัญ (ต่อ)

ตาราง	หน้า
๑2 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง ในช่วง Off time ในไม่เท่าช่วยเดิน .....	120
๑3 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง ในช่วง On time ในไม่เท่าทั่วไป .....	121
๑4 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง ในช่วง On time ในไม่เท่าช่วยเดิน .....	122
๑5 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียง ในช่วง Off time ในไม่เท่าทั่วไป .....	123
๑6 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียง ในช่วง Off time ในไม่เท่าช่วยเดิน .....	123
๑7 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียง ในช่วง On time ในไม่เท่าทั่วไป .....	124
๑8 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียง ในช่วง On time ในไม่เท่าช่วยเดิน .....	124
๑9 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงและเสียง ในช่วง Off time ในไม่เท่าทั่วไป .....	125
๑10 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงและเสียง ในช่วง Off time ในไม่เท่าช่วยเดิน .....	125
๑11 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงและเสียง ในช่วง On time ในไม่เท่าทั่วไป .....	126
๑12 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงและเสียง ในช่วง On time ในไม่เท่าช่วยเดิน .....	126
๑๑ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\bar{X} \pm SD$ ) ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทดสอบการ กระตุ้นด้วยแสงแบ่งกลุ่มผู้ป่วยตามระดับความรุนแรงของโรค .....	128
๑๑๒ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\bar{X} \pm SD$ ) ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทดสอบการ กระตุ้นด้วยแสง, การกระตุ้นด้วยเสียง และการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นด้วย เสียง .....	129

## สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 ตัวอย่างไม้เท้าช่วยเดิน .....	1
1.2 กรอบความคิดของการวิจัย .....	4
1.3 แสดงการเกิด Wearing off period .....	7
1.4 แสดงช่วงก้าวเดิน (step length) และระยะก้าวเดิน (stride length) .....	8
1.5 แสดงรูปแบบการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสัน .....	8
1.6 ลักษณะเท้าในช่วงต่าง ๆ ของการเดิน .....	9
1.7 การทดสอบในช่วงการฝึก .....	12
1.8 การทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าทั่วไป .....	14
1.9 การทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าช่วยเดิน .....	14
2.1 Basal ganglia circuitry .....	15
2.2 ความผิดปกติที่ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน .....	17
2.3 ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีลักษณะตัวโค้งงอ .....	17
3.1 บล็อกไดอะแกรมในการประดิษฐ์เครื่องมือ .....	37
3.2 ไม้เท้ารุ่นที่ 1 และไม้เท้าที่ผ่านการปรับปรุงให้เหมาะสมต่อการใช้งาน .....	39
3.3 วงจรบันทึกเสียงที่ใช้ มี Microphone เป็น Input และมี Switches เป็นตัวควบคุมการทำงาน .....	40
3.4 Schematic ของ ISD1700 .....	40
3.5 ลายวงจรของ ISD1700 .....	41
3.6 ระบบเสียงที่ประกอบเรียบร้อยแล้ว .....	41
3.7 ทดสอบการทำงานของระบบแสงและเสียงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ .....	41
3.8 สัญญาณจากวงจรแสงและเสียง .....	41
3.9 การจัดเรียงอุปกรณ์ทั้งหมดลงในกล่องและการต่อสายหูฟัง, สวิตช์กดเพิ่มเสียงและการเชื่อมต่อไปยังไม้เท้า .....	42
3.10 ลักษณะของไม้เท้าเลเซอร์หลังจากพัฒนาครั้งที่ 1 .....	42
3.11 ลายวงจร ISD1700 ซึ่งปรับปรุงให้สามารถใส่เข้าไปในไม้เท้าได้ .....	43
3.12 วงจร ISD1700 ซึ่งปรับปรุงให้สามารถใส่เข้าไปในไม้เท้าได้ .....	43

สารบัญ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3.13 การประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าสู่ในตัวไม้เท้า .....	43
3.14 ลักษณะของไม้เท้าเลเซอร์หลังจากพัฒนาครั้งที่ 2 .....	44
3.15 ลักษณะการใช้งานในส่วนของแสง .....	44
3.16 ลักษณะการใช้งานในส่วนของเสียง .....	44
3.17 ขนดทดสอบไม้เท้าช่วยเดินที่พัฒนาครั้งที่ 1 ในผู้ป่วย .....	45
3.18 ขนดทดสอบไม้เท้าช่วยเดินที่พัฒนาครั้งที่ 2 ในผู้ป่วย .....	45
4.1 ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมวิจัย .....	50
ค1 แสงเลเซอร์จากเลเซอร์พอยเตอร์ .....	111
ค2 ออฟติคอลลไฟเบอร์ .....	111
ค3 ภาพ ISD1700 .....	112
ค4 อุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้า .....	112
ค5 ไม้เท้าขาเดียว .....	113
ค6 สวิตช์ที่ใช้ในงานวิจัย .....	113
ง1 แสดงข้อมูลจำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมวิจัย .....	115

## สารบัญแผนผัง

แผนผัง		หน้า
3.1	แสดงกลไกความสัมพันธ์ระหว่างผู้ป่วยพาร์กินสันและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ....	15
4.1	เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดระหว่างไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง ..	54
4.2	เปรียบเทียบข้อมูลการเดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินในช่วงยาหมดฤทธิ์และช่วงยาออกฤทธิ์ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง .....	55
4.3	เปรียบเทียบระยะก้าว (Stride length) ในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินโดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี .....	57
4.4	เปรียบเทียบความเร็วในการเดิน (Velocity) ในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินโดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี .....	59
4.5	เปรียบเทียบจังหวะในการเดิน (Cadence) ในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินโดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี .....	61
4.6	เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดระหว่างไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์แบ่งของกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย .....	63
4.7	เปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย .....	65
4.8	เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดระหว่างไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ของกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก .....	66
4.9	เปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก .....	68
4.10	เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes) ในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค .....	69
4.11	เปรียบเทียบเวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes) ในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค .....	70

## สารบัญ (ต่อ)

แผนผัง	หน้า
4.12	เปรียบเทียบระยะการก้าว (Stride length) ในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ ของผู้ป่วยที่เดินด้วยตัวเองและไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่ม ความรุนแรงของโรค ..... 72
4.13	เปรียบเทียบความเร็วในการเดิน (Velocity) ในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ ของผู้ป่วยที่เดินด้วยตัวเองและไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่ม ความรุนแรงของโรค ..... 74
4.14	เปรียบเทียบจังหวะในการเดิน (Cadence) ในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ ของผู้ป่วยที่เดินด้วยตัวเองและไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่ม ความรุนแรงของโรค ..... 75

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคพาร์กินสัน (Parkinson's Disease, PD) เป็นโรคความเสื่อมของระบบประสาท (Neurodegenerative Disorders) ซึ่งจะส่งผลให้สารโดปามีน (Dopamine) ในสมองลดลง ซึ่งสารนี้มีความสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติ ลักษณะที่สำคัญของผู้ป่วยพาร์กินสัน คือ อาการสั่น (Tremor), อาการแข็งเกร็ง (Rigidity), อาการเคลื่อนไหวช้า (Bradykinesia) หรือเคลื่อนไหวน้อย (Hypokinesia) และมีการทรงตัวที่ไม่มั่นคง (Postural instability) โดยอาการต่าง ๆ สามารถควบคุมได้ด้วยการรักษาทางยา [1] แต่เมื่อผู้ป่วยพาร์กินสันที่เป็นระยะเวลานาน ๆ (Advanced Parkinson's disease) อาจจะไม่ตอบสนองต่อการรักษาทางยาอีกทั้งเมื่อผู้ป่วยรับการรักษาด้วยยาเป็นระยะเวลานาน ยังส่งผลให้ได้รับผลข้างเคียงจากยา เช่น มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน, ยุกยิก, เห็นภาพหลอน, หูแว่ว เป็นต้น [2, 3] โรคพาร์กินสันทำให้ผู้ป่วยต้องประสบกับปัญหาการเดินติดขัด (Gait freezing) ซึ่งปัญหานี้ถือเป็นปัญหาที่พบได้บ่อย และเป็นสาเหตุสำคัญในการหกล้มของผู้ป่วยกลุ่มนี้ [2, 4, 5] อาการเดินติดขัดส่วนใหญ่จะพบมากในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ (Off time) แต่ถ้าผู้ป่วยเป็นโรคมานาน ก็สามารถพบอาการนี้ได้ในช่วงที่ยาออกฤทธิ์ (On time) [6-10] การเดินติดขัดเป็นอาการที่เกิดขึ้นชั่วคราว ซึ่งมักจะเกิดขึ้นเมื่อผู้ป่วยโรคพาร์กินสันอยู่ในที่แคบ ๆ หรือพบเห็นสิ่งที่กีดขวางทางเดิน ปัญหาการเดินติดขัดรวมถึงการไม่สามารถเริ่มก้าวเท้า (Start hesitation) การติดขัดขณะหมุนตัว (Interruption in pivoting) หรือการเดินซอยเท้าถี่เล็ก ๆ (Shuffle and festination) อย่างไรก็ตามการเดินติดขัดในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันมีลักษณะพิเศษคือ การสามารถเริ่มเดินหรือก้าวเท้าไปได้เมื่อมีการกระตุ้นด้วยแสง (Visual stimulation) หรือมีการกระตุ้นด้วยเสียง (Auditory stimulation) ให้ก้าวเท้าเดิน [7, 11-13] ซึ่งถือเป็นการแก้ปัญหาอาการที่เกิดจากการทำงานที่ผิดปกติของวงจรต่าง ๆ ในสมอง โดยเน้นการกระตุ้นจากสิ่งกระตุ้นจากภายนอก (External cues) [14-18] มาเป็นตัวช่วยทดแทนสัญญาณประสาทที่ลดน้อยลงหรือขาดหายไป ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยมีลักษณะการเดินที่ดีทำให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น การรักษาด้วยสิ่งกระตุ้นจากภายนอกเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาที่เกิดจากผลข้างเคียงจากยา การประยุกต์สิ่งกระตุ้นรูปแบบต่าง ๆ เข้าที่เครื่องมือช่วยเหลือและนำมาใช้ในผู้ป่วยถือเป็นรูปแบบหนึ่งของการรักษาและฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วย และเป็นการพัฒนาเครื่องมือที่เหมาะสมแก่การช่วยเหลือผู้ป่วย เครื่องมือ

ช่วยเหลือด้านการเดินสำหรับผู้ป่วยพาร์กินสัน ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแสงหรือเสียงหรือการสั่นหรือเป็นการรวมสิ่งกระตุ้นรูปแบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน [19-27] ประกอบกับนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยที่มีความหลากหลายของขั้นตอนการศึกษาตามแต่ละวัตถุประสงค์ เช่น เพื่อให้ทราบผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตา, ผลของเสียง หรือผลของการรวมกันของสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ, เพื่อศึกษาผลของสิ่งกระตุ้นจากภายนอกร่วมกับผลการรักษาทางยา, เพื่อพัฒนาเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการรักษา เป็นต้น [11, 17-23, 27-39] จากรายงานการศึกษาผลของการกระตุ้นทางสายตาจากไม้เท้า [19, 20, 22] และจากการทดลองประดิษฐ์ไม้เท้าช่วยเดิน ดังรูปที่ 1.1 พบว่ายังมีข้อมูลการศึกษาไม่มากนัก แต่การศึกษาถึงสิ่งกระตุ้นจากไม้เท้าที่มีคุณสมบัติใช้ได้ทั้งแสงและเสียงนั้น ยังไม่พบว่ามีรายงานชิ้นที่ใดและที่สำคัญในประเทศไทยยังไม่มีเครื่องมือช่วยเหลือดังกล่าว

งานวิทยานิพนธ์นี้จึงออกแบบและประดิษฐ์ไม้เท้าช่วยเดิน (Visual – Audio stimulated walking devices) โดยอาศัยหลักการทำงานของเลเซอร์พอยเตอร์และอุปกรณ์บันทึกเสียง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพื่อเพิ่มความมั่นคงในการก้าวเดินและใช้แสงเลเซอร์และเสียงที่เปล่งออกมา ช่วยกระตุ้นให้ผู้ป่วยก้าวเดินได้ง่ายยิ่งขึ้น จุดเด่นของเครื่องมือนี้คือ เป็นไม้เท้าที่มีการทำงานทั้งการกระตุ้นด้วยแสง, การกระตุ้นด้วยเสียงและการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวและยังไม่มีที่ใดประดิษฐ์ขึ้น มีความจำเพาะต่อผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด ประดิษฐ์ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างไม้เท้าช่วยเดิน



## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบและประดิษฐ์ไม้เท้าช่วยเดิน เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์เพื่อเพิ่มความมั่นคงในการก้าวเดินแก่ผู้ป่วยพาร์กินสัน
2. ศึกษาผลของสิ่งกระตุ้นจากภายนอก คือ แสง, เสียง, และการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง จากไม้เท้าช่วยเดินต่อการเดินและต่อช่วงเวลายา

## ขอบเขตของการวิจัย

1. ประดิษฐ์ไม้เท้าช่วยเดิน โดยอาศัยหลักการของสิ่งกระตุ้นทางสายตา (Visual cues) และสิ่งกระตุ้นทางการได้ยิน (Auditory cues) โดยใช้แสงเลเซอร์และเสียงที่เปล่งออกมาจากไม้เท้าเป็นการกระตุ้นทางแสงและการกระตุ้นทางเสียงเพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้ป่วยก้าวเดินได้ง่ายยิ่งขึ้น
2. ศึกษาประสิทธิผลของไม้เท้าที่กระตุ้นการเดินด้วยแสง เสียงและทั้งแสงและเสียงต่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเดิน (Spatio-temporal parameters) [40-47] โดยเทียบกับการใช้ไม้เท้าทั่วไปทั้งช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ (Off time) และยาออกฤทธิ์ (On time)
3. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเดินที่จะศึกษาได้แก่
  - จำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes)
  - เวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes)
  - ระยะก้าว (Stride length)
  - ความเร็วในการเดิน (Velocity)
  - จังหวะในการเดิน (Cadence)

## ข้อตกลงเบื้องต้น

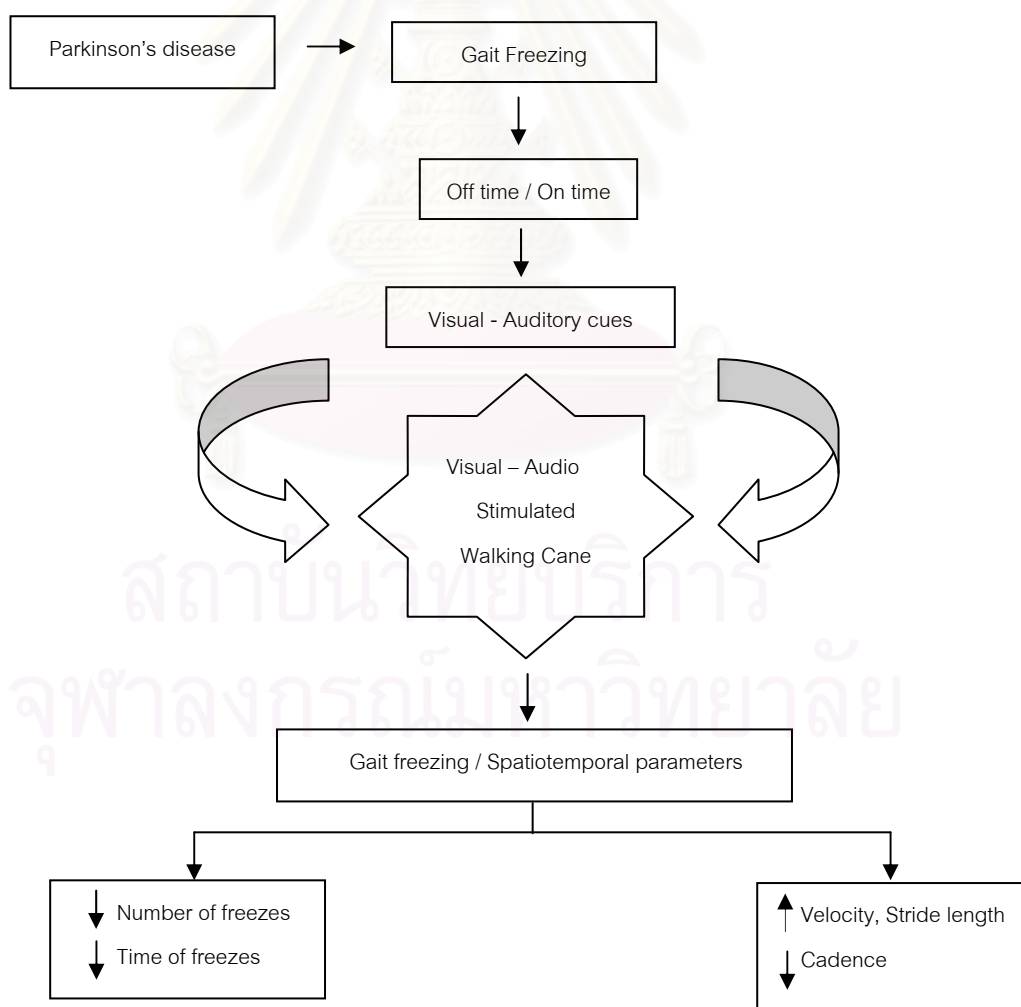
การคัดเลือกผู้ป่วยที่เข้าร่วมในการศึกษาจะพิจารณาจากผลการวินิจฉัยโรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease) จากข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

1. ผู้ป่วยที่มีอาการทางคลินิกบ่งว่าเป็นโรคพาร์กินสัน โดยมีอาการ 2 ใน 4 ของอาการเหล่านี้ คือ สั่น, แข็งเกร็ง, เคลื่อนไหวช้า, ทรงตัวไม่สม่ำเสมอ
2. ผู้ป่วยที่มีผลการตรวจทางระบบประสาทและมีอาการทางคลินิกบ่งว่าเป็นโรคพาร์กินสัน

## ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ผู้ป่วยพาร์กินสันบางรายที่มีอาการไม่แน่นอน อาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลได้
2. กรณีผู้ป่วยขาดการติดต่อ อาจส่งผลให้ไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลต่อได้
3. ไม่ทำช่วยเดินใช้ทดสอบได้เฉพาะในสถานที่ที่กำหนดไว้สำหรับทดสอบ
4. คุณสมบัติในการคัดผู้ป่วยเข้าการศึกษามีมาก ทำให้มีจำนวนผู้ป่วยที่ผ่านการคัดเข้าศึกษาน้อย
5. ระยะเวลาในการศึกษาวิจัย

## กรอบความคิดของการวิจัย



รูปที่ 1.2 กรอบความคิดของการวิจัย

## สมมติฐานของการวิจัย

1. การกระตุ้นด้วยแสง, การกระตุ้นด้วยเสียง, การกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียงจากไม้เท้าช่วยเดินสามารถช่วยลดจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดในผู้ป่วยพาร์กินสันได้ดีกว่าการใช้ไม้เท้าทั่วไป

2. การกระตุ้นด้วยแสง, การกระตุ้นด้วยเสียง, การกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียงจากไม้เท้าช่วยเดินสามารถเพิ่มความเร็วในการเดิน, เพิ่มระยะก้าวและลดจังหวะในการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันได้ดีกว่าการใช้ไม้เท้าทั่วไป

ดังสมมติฐานทางสถิติต่อไปนี้

### 1. จำนวนก้าวติดขัด

สมมติฐานไร้นัยสำคัญ

$$H_0: \mu_{FLaser} - \mu_{FNormal} = 0$$

สมมติฐานอื่น

$$H_1: \mu_{FLaser} - \mu_{FNormal} \neq 0$$

$\mu_{FLaser}$ : ค่าเฉลี่ยของจำนวนก้าวติดขัดที่วัดได้เมื่อผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดิน

$\mu_{FNormal}$ : ค่าเฉลี่ยของจำนวนก้าวติดขัดที่วัดได้เมื่อผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไป

### 2. เวลาของก้าวติดขัด

สมมติฐานไร้นัยสำคัญ

$$H_0: \mu_{TLaser} - \mu_{TNormal} = 0$$

สมมติฐานอื่น

$$H_1: \mu_{TLaser} - \mu_{TNormal} \neq 0$$

$\mu_{TLaser}$ : ค่าเฉลี่ยของเวลาของก้าวติดขัดที่วัดได้เมื่อผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดิน

$\mu_{TNormal}$ : ค่าเฉลี่ยของเวลาของก้าวติดขัดที่วัดได้เมื่อผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไป

## 3. ความเร็วในการเดิน

สมมติฐานไร้นัยสำคัญ

$$H_0: \mu_{V\text{Laser}} - \mu_{V\text{Normal}} = 0$$

สมมติฐานอื่น

$$H_1: \mu_{V\text{Laser}} - \mu_{V\text{Normal}} \neq 0$$

 $\mu_{V\text{Laser}}$  : ความเร็วในการเดินที่วัดได้เมื่อผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดิน

 $\mu_{V\text{Normal}}$  : ความเร็วในการเดินที่วัดได้เมื่อผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไป

## 4. ระยะก้าว

สมมติฐานไร้นัยสำคัญ

$$H_0: \mu_{S\text{Laser}} - \mu_{S\text{Normal}} = 0$$

สมมติฐานอื่น

$$H_1: \mu_{S\text{Laser}} - \mu_{S\text{Normal}} \neq 0$$

 $\mu_{S\text{Laser}}$  : ค่าเฉลี่ยของระยะก้าว ที่วัดได้เมื่อผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดิน

 $\mu_{S\text{Normal}}$  : ค่าเฉลี่ยของระยะก้าวที่วัดได้เมื่อผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไป

## 5. จังหวะในการเดิน

สมมติฐานไร้นัยสำคัญ

$$H_0: \mu_{C\text{Laser}} - \mu_{C\text{Normal}} = 0$$

สมมติฐานอื่น

$$H_1: \mu_{C\text{Laser}} - \mu_{C\text{Normal}} \neq 0$$

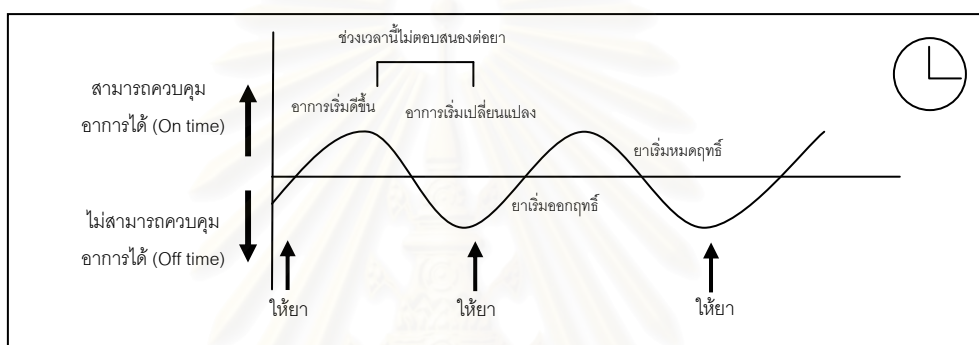
 $\mu_{C\text{Laser}}$  : จังหวะในการเดินที่วัดได้เมื่อผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดิน

 $\mu_{C\text{Normal}}$  : จังหวะในการเดินที่วัดได้เมื่อผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไป

## คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

“Off Time” หมายถึง ช่วงที่ยาหมดฤทธิ์หรือช่วงที่ผู้ป่วยไม่ตอบสนองต่อยา ผู้ป่วยพาร์กินสันจะมีอาการสั่น แข็งเกร็ง, เคลื่อนไหวได้ช้า ลักษณะอาการพาร์กินสันที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาใกล้ ๆ ที่จะรับประทานยาในครั้งถัดไป หรือเรียกว่า Wearing off period (รูปที่ 1.3)

“On Time” หมายถึง ช่วงที่ยาออกฤทธิ์หรือช่วงที่ผู้ป่วยมีอาการตอบสนองที่ดีต่อยา ส่งผลให้มีการเคลื่อนไหวได้คล่องขึ้น อาการเกร็งและอาการสั่นน้อยลง



รูปที่ 1.3 การเกิด Wearing off period

“Velocity” หมายถึง ความเร็วในการเดิน โดยคำนวณได้จาก

$$\text{Velocity} = \frac{\text{Distance}}{\text{Time}}$$

(มีหน่วยเป็น เซนติเมตร/วินาที)

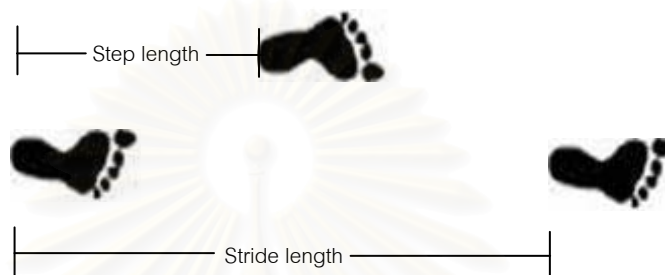
“Cadence” หมายถึง จังหวะในการเดินคิดเป็นจำนวนก้าว (Number of Steps) ที่ผู้ป่วยเดินได้ใน 1 นาที ในการศึกษาครั้งนี้เก็บค่าเวลา (Time) เป็นหน่วยวินาที ดังนั้นจึงคำนวณจังหวะในการเดินได้ดังนี้

$$\text{Cadence} = \frac{\text{Number of Steps} * 60}{\text{Time}}$$

(มีหน่วยเป็น ก้าว/นาที)

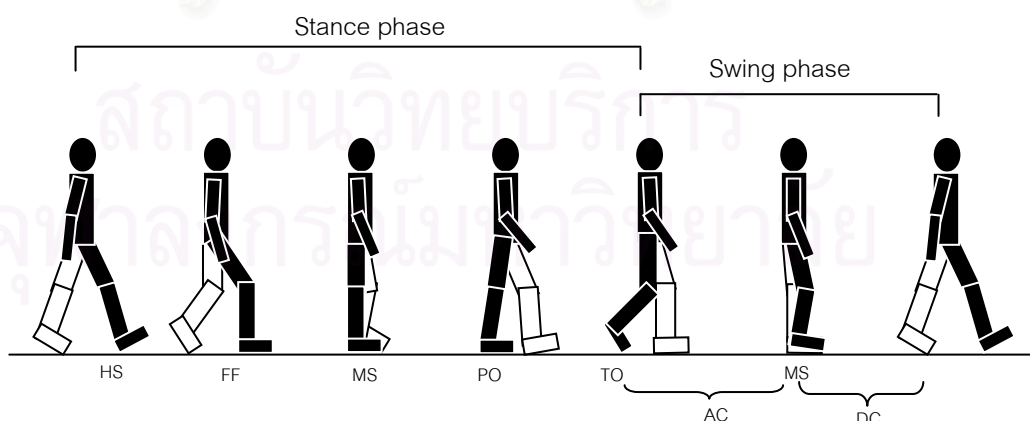
“Step length” หมายถึง ช่วงก้าวหรือความยาวในการก้าวเท้า 1 ครั้ง โดยวัดจากส้นเท้าของเท้าข้างหนึ่งไปสู่ส้นเท้าของเท้าอีกข้างหนึ่ง (รูปที่ 1.4)

“Stride length” หมายถึง ระยะก้าวหรือความยาวในการก้าวเท้าซ้ายและขวาอย่างละ 1 ก้าว นับเป็น 1 Stride length โดยวัดจากส้นเท้าของเท้าข้างหนึ่งไปสู่ส้นเท้าของเท้าข้างเดียวกัน (รูปที่ 1.4)



รูปที่ 1.4 ช่วงก้าว (Step length) และระยะก้าว (Stride length)

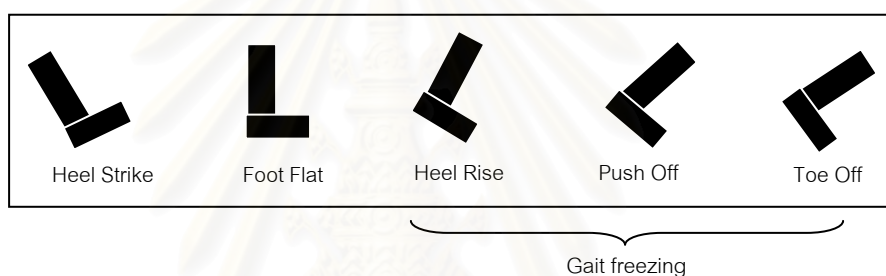
“Gait cycle” หมายถึง วงจรการเดินซึ่งประกอบด้วย 2 ช่วง คือ ช่วงที่เท้าสัมผัสพื้น (Stance phase) แบ่งเป็น 5 ช่วงย่อย คือ ช่วงที่ส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel stride, HS), ช่วงที่เท้าสัมผัสพื้น (Foot flat, FF), ช่วงกลาง (Mid swing, MS), ช่วงที่ยกเท้าขึ้น (Push off, PO), ช่วงที่นิ้วเท้ายกพ้นพื้น (Toe off, TO) และช่วงที่เท้าลอยพ้นพื้น (Swing phase) แบ่งเป็น 3 ช่วงย่อย คือ ช่วงที่ขาที่มีความเร่งเพิ่มขึ้น (Acceleration), ช่วงกลางของการแกว่งขา (Mid swing) และช่วงที่ขาที่มีความเร่งลดลง (Deceleration) ดังรายละเอียดดังนี้ (รูปที่ 1.5) (พิจารณาทางด้านสีดำ)



รูปที่ 1.5 รูปแบบการเดินใน 1 วงจรการเดิน (Gait cycle)

“Gait freezing” หมายถึง ลักษณะการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันในรูปแบบเดินก้าวสั้น ก้าวขาไม่ค่อยออก พบมากในผู้ป่วยพาร์กินสันที่เป็นโรคนานหรือไม่ตอบสนองต่อยา ผู้ป่วยต้องใช้เวลาหยุดพักหลายวินาที ก่อนที่จะเริ่มก้าวเดินโดยเฉพาะก้าวแรกของการเดินหรือในระหว่างช่วงที่เดิน คือ เมื่อผู้ป่วยเดินมาได้ระยะหนึ่งแล้ว จะประสบกับปัญหาเท้าก้าวขาไม่ออก ยกเท้าไม่ขึ้น และเท้าจะติดอยู่ในช่วง Heel rise, Push off หรือ Toe off ช่วงใดช่วงหนึ่ง เป็นเวลานานกว่าปกติ ซึ่งอาการนี้เป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ป่วยพาร์กินสันมีโอกาสหกล้มสูง (รูปที่ 1.6)

“Number of freezes” หมายถึง จำนวนครั้งที่ผู้ป่วยพาร์กินสันมีอาการเดินติดขัด, เดินชะงัก, ยืนอยู่กับที่, ไม่สามารถยกขาขึ้นก้าวออกไปได้ตามต้องการตั้งแต่ช่วง Heel rise, Push off, Toe off.



รูปที่ 1.6 ลักษณะเท้าของผู้ป่วยพาร์กินสันในขณะเดินที่มีปัญหาการเดินติดขัด

“Time of freezes” หมายถึง ระยะเวลาที่ผู้ป่วยเดินติดขัด หยุดยืนนิ่งอยู่กับที่ เป็นช่วงที่เท้าติดอยู่ในช่วง Foot flat (รูปที่ 1.6) ก่อนที่จะสามารถยกเท้าก้าวเดินต่อไปได้

“Levodopa” หมายถึง ยาชนิดหนึ่งที่ใช้รักษาโรคพาร์กินสัน โดยอยู่ในกลุ่มยากระตุ้นระบบประสาท Dopaminergic

“Hoehn and Yahr Disability Scales” หมายถึง ระบบมาตรฐานสากลที่ใช้ในการอธิบายอาการและความก้าวหน้าของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน โดยจะมี scales ตั้งแต่ 0-5 เพื่อใช้เป็นข้อบ่งชี้ระดับการสูญเสียความสามารถของผู้ป่วย ดังนี้

ระดับ 0: ไม่มีอาการของโรคพาร์กินสัน (No signs of disease)

ระดับ 1: มีอาการของโรคพาร์กินสันด้านหนึ่งของร่างกาย (Unilateral disease)

ระดับ 2: มีอาการของโรคพาร์กินสันทั้งสองด้านของร่างกาย, ไม่มีปัญหาการสูญเสียการทรงตัว (Bilateral disease, without impairment of balance)

ระดับ 3: มีอาการของโรคพาร์กินสันเล็กน้อยถึงปานกลาง เช่น มีอาการทรงท่าไม่มั่นคง หรือเริ่มมีอาการช่วยเหลือตัวเองไม่ได้บ้าง (Mild to moderate bilateral disease; some postural instability; physically independent)

ระดับ 4: มีอาการของโรคพาร์กินสันอย่างมาก คือ ไม่สามารถยืนหรือเดินได้โดยปราศจากเครื่องช่วยเดิน (Severe disability; unable to walk or stand without assistance)

ระดับ 5: ผู้ป่วยต้องใช้รถเข็นหรือต้องนอนบนเตียงอย่างเดียวไม่สามารถทำกิจกรรมอื่นๆ ได้ (Wheelchair bound or bedridden unless aided)

“Unified Parkinson’s Disease Rating Scale (UPDRS)” แบบทดสอบที่มีรูปแบบเฉพาะเจาะจงสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน โดยแบ่งออกเป็น 6 ส่วน คือ

- I. Mentation, Behavior and Mood
- II. Activities of Daily Living
- III. Motor Examination
- IV. Complications of Therapy
- V. Modified Hoehn and Yahr Scale
- VI. Schwab and England Activities of Daily Living Scale

“Motor Examination” เป็นการทดสอบระบบการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเกณฑ์การชี้วัดระดับความสามารถของผู้ป่วยพาร์กินสัน (UPDRS Scores) ในที่นี้ผู้วิจัยจะใช้คะแนนจากแบบทดสอบนี้เป็นตัวชี้วัดว่าผู้ป่วยพาร์กินสันที่จะทำการทดสอบอยู่ในช่วงยามฤทธิและยามออกฤทธิโดยแบบทดสอบนี้จะมีแบบทดสอบย่อยดังนี้ ด้านการพูด (Speech), การแสดงออกของใบหน้า (Facial Expression), การสั่นขณะอยู่นิ่ง (Tremor at rest), การสั่นขณะมีการเคลื่อนไหว (Action or Postural Tremor of Hands), การแข็งเกร็ง (Rigidity), การพลิกสลับมือไป-มา (Finger Taps), การเคลื่อนไหวของมือ (Hand Movements), การเคลื่อนไหวของมืออย่างรวดเร็ว (Rapid Alternating Movement of Hands), ความคล่องตัวของขา (Leg Agility), การลุกขึ้นยืนจากที่นั่งเก้าอี้ (Arising from chair), ท่าทาง (Posture) และการเดิน (Gait)

“Visual – Audio Stimulated Walking Cane” เป็นไม้เท้าช่วยเดินที่ประดิษฐ์ขึ้นจากการประกอบกันของเลเซอร์พอยเตอร์และอุปกรณ์บันทึกเสียง มี 3 รูปแบบการทำงาน คือ การกระตุ้นด้วยแสง, การกระตุ้นด้วยเสียง และการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นด้วยเสียง



## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ไม่ทำช่วยเดินที่มีทั้งระบบแสงและเสียงซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวซึ่งยังไม่มีที่ใดประดิษฐ์ขึ้น โดยเป็นไม้เท้าที่ประดิษฐ์ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย
2. ไม่ทำช่วยเดินที่มีความจำเพาะต่อผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด ที่สามารถใช้ในการฝึกเดินแก่ผู้ป่วยได้
3. เพื่อให้ทราบถึงผลของการใช้การกระตุ้นด้วยแสง, เสียงและการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับเสียง ต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันทั้งในช่วงยามดึกและยามออกฤทธิ์
4. ช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิต ลดอุบัติเหตุและช่วยลดภาระของครอบครัวในการดูแลผู้ป่วยพาร์กินสัน

## วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ

1. การทดสอบผลของการกระตุ้นด้วยแสง
2. การทดสอบผลของการกระตุ้นด้วยเสียง
3. การทดสอบผลของการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง

จากผลการศึกษา นำร่องคณะผู้วิจัยได้ออกแบบการทดสอบออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการฝึก (Training phase) และ ช่วงการทดสอบ (Intervention phase) โดยมีขั้นตอนการศึกษา ดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 1. ช่วงการฝึก (Training phase)

เป็นการคัดกรองและการฝึกผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัดเข้าสู่ช่วงการทดสอบ (Intervention phase) โดยจะทำการทดสอบในช่วงยามอดฤทธิ์ (Off time)

ขั้นตอน 1. ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคพาร์กินสันอย่างน้อย 6 เดือน และผ่านการตรวจรักษาแล้ว

2. เก็บข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย เช่น อายุ, น้ำหนัก, ส่วนสูง, ระยะเวลาที่เป็นโรค ฯ

3. ชักประวัติ, วัดค่าความดัน, ชีพจร บันทึกข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลตามแบบฟอร์มดังกล่าว

4. อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยให้ผู้ป่วยเข้าใจ

5. อธิบายให้ผู้ป่วยเข้าใจหลักการใช้ไม้เท้าทั่วไปอย่างถูกต้อง

6. ให้ผู้ป่วยทดลองเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไปในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ ขณะเดินนั้นจะมีผู้วิจัยซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัดคอยดูแลอยู่ข้างๆ

7. จับเวลาและนับจำนวนก้าวที่ผู้ป่วยเดินในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ ของแต่ละรอบ (ถ้าผู้ป่วยเดิน 3 รอบแล้วไม่สามารถใช้ไม้เท้าได้อย่างถูกต้อง จะถือว่าการทดสอบสิ้นสุด: คัดผู้ป่วยออก)

8. ให้ผู้ป่วยทดลองเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ ดังรูปที่ 1.7

9. ให้ผู้ป่วยที่ผ่านการคัดเลือกพักประมาณ 10 นาที จากนั้นผู้วิจัยจะตรวจสอบชีพจรและซักถามอาการ ถ้าผู้ป่วยสามารถเข้าร่วมการทดสอบต่อไปได้จะทำการศึกษาต่อหรือผู้วิจัยเพิ่มหรือลดเวลาพักแก่ผู้ป่วยประมาณ 3 นาที แต่ถ้าพิจารณาอาการและความพร้อมของผู้ป่วยแล้วพบว่าผู้ป่วยไม่สามารถเข้าร่วมการทดสอบต่อไปได้ในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะนัดผู้ป่วยมาทำการทดสอบในครั้งต่อไป

รูปที่ 1.7 การทดสอบในช่วงการฝึก



## 2. ช่วงการทดสอบ (Intervention phase)

การทดสอบในช่วงนี้จะทำในช่วงยามดึกฤกษ์และยามออกฤกษ์ โดยเก็บข้อมูลก่อนและหลังจากผู้ป่วยรับประทานยาประมาณ 45 - 60 นาที

- ขั้นตอน
1. วัดค่าความดัน, ชีพจรและสอบถามการรับประทานยาครั้งล่าสุด เก็บบันทึกข้อมูล
  2. ผู้ป่วยจะได้รับการทดสอบ Motor Examination (UPDRS: part III) เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลยืนยันช่วงอาการของผู้ป่วย
  3. อธิบายให้ผู้ป่วยเข้าใจหลักการใช้ไม้เท้าทั่วไปอีกครั้ง
  4. ให้ผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไปในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบก่อนทดสอบในขั้นนี้ ผู้วิจัยจะแนะนำให้ผู้ป่วยขึ้นไปเหยียบบนผ้าชุบหมึกสีดำ จากนั้นเดินบนกระดาษต่อเนื่องที่เตรียมไว้
  5. ให้ผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4
  6. ผู้ช่วยผู้วิจัยจะบันทึกภาพด้วยกล้อง VDO, จับเวลาในการเดินและบันทึกข้อมูล

หมายเหตุ 1. ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียงและการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นด้วยเสียง จะให้ผู้ป่วยฟังเสียงจากไม้เท้าก่อนการทดสอบทั้งในช่วงการฝึกและช่วงทดสอบเป็นเวลาประมาณ 1 นาที

2. ตลอดช่วงการทดสอบ ผู้ป่วยจะได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดและผู้วิจัยจะเป็นผู้คอยตรวจสอบชีพจรและจังหวะการเต้นของหัวใจของผู้ป่วยเป็นระยะๆ และให้ผู้ป่วยพักเมื่อผู้ป่วยมีอาการเหนื่อยล้าหรือแสดงความต้องการที่จะขอหยุดพัก

### การบันทึกรอยเท้า (Foot print)

1. เตรียมกระดาษต่อเนื่องความยาว 5 เมตร จำนวน 8 ชุด ต่อการทดสอบผู้ป่วย 1 ราย
2. เตรียมผ้าชุบหมึกสีดำ (ที่ล้างออกง่าย) จำนวน 2 ผืน
3. วางกระดาษต่อเนื่องไว้ยังตำแหน่งที่ต้องการทดสอบการเดินในผู้ป่วย โดยวางผ้าที่ชุบหมึกสีดำไว้ก่อนและหลังกระดาษต่อเนื่อง ก่อนให้ผู้ป่วยเดินให้ผู้ป่วยเหยียบผ้าที่ชุบหมึกแล้วเดินบนกระดาษต่อเนื่อง ทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดิน เพื่อนำรอยเท้าผู้ป่วยที่

บันทึกได้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังข้อมูลข้างต้น การทดสอบแสดงดังรูปที่ 1.8 – 1.9



รูปที่ 1.8 การทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าทั่วไป



รูปที่ 1.9 การทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าช่วยเดิน

### มาตรการด้านความปลอดภัย

การศึกษาจะทำการยุติเมื่อมีเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งตามนี้เกิดขึ้น

1. ผู้ป่วยมีอาการแยลง คือ มีการเคลื่อนไหวตัวช้าลง, มือ-เท้าสั่น หรือจังหวะการเดินของซีพจรผิดปกติ
2. ผู้ป่วยตัดสินใจถอนตัวออกจากการศึกษาวิจัย
3. ผู้ป่วยมีอาการดีขึ้นมาก คือ ผู้ป่วยเดินดีขึ้นมาก หรืออาการดีขึ้นดีขึ้นจากการเข้ารับการผ่าตัด

### ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

1. ออกแบบ ประดิษฐ์และพัฒนาไม้เท้าช่วยเดินที่มีสิ่งกระตุ้นด้วยแสง
2. นำไม้เท้าช่วยเดินไปทดสอบในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด
3. พัฒนาไม้เท้าช่วยเดินให้มีสิ่งกระตุ้นด้วยแสง และมีสิ่งกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง
4. นำไม้เท้าช่วยเดินไปทดสอบในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีปัญหาการเดิน
5. นำผลการศึกษามาวิเคราะห์ทางสถิติ
6. สรุปข้อมูลการศึกษารายวิจัย
7. นำเสนอผลงาน

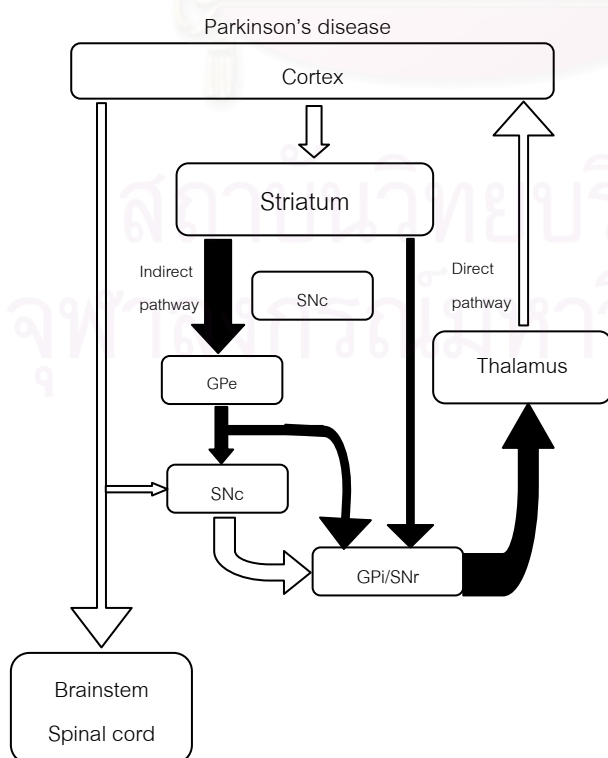
## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### แนวคิดและทฤษฎี

#### 1. พยาธิสภาพและสาเหตุของโรคพาร์กินสัน

โรคพาร์กินสัน เป็นโรคความเสื่อมของระบบประสาท (Neurodegenerative disorders) เกิดจากการเสื่อมตายของเซลล์ในสมองส่วนที่เรียกว่า Basal ganglia ( ที่รวมถึง Caudate putamen, Globus pallidus interna, Globus pallidus externa, Subthalamic nucleus และ Substantia Nigra ) ซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่นอน แต่เกิดผลทำให้สารเคมีในสมองที่มีความสำคัญในการควบคุมความเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อที่เรียกว่า "โดปามีน (Dopamine)" ลดลง ส่งผลให้เกิดการทำงานที่ไม่สมดุลในส่วนของ Direct และ Indirect pathway ใน Basal ganglia (รูปที่ 2.1) ทำให้เกิดอาการสั่นและเคลื่อนไหวช้า โดยอาการส่วนใหญ่จะแสดงออกให้เห็นชัด เมื่อจำนวนเซลล์ (Dopaminergic cells) ในส่วนของ Substantia Nigra Pars Compacta (SNc) ลดน้อยลงไปอย่างน้อยร้อยละ 60 จากปกติ อัตราการลดจำนวนของเซลล์ในส่วน SNc ในผู้ป่วยพาร์กินสันก็จะสูงกว่าคนปกติ (6-13%) [1, 15, 48]



รูปที่ 2.1 Basal ganglia circuitry ประกอบด้วย 2 pathways หลัก เรียกว่า Direct และ Indirect pathways ใน Direct pathway สัญญาณที่ส่งออกจาก Striatum จะยับยั้ง GPi และ SNr ใน Indirect pathway จะมีสัญญาณยับยั้งระหว่าง Striatum และ GPe ต่อด้วย GPe และ STN ผลลัพธ์สุดท้ายคือ การเพิ่มสัญญาณการยับยั้งจาก GPi/ SNr ไปยัง Ventral lateral nucleus ของ Thalamus ส่งผลให้ สัญญาณกระตุ้นจาก Ventral lateral nucleus ของ Thalamus ไปยัง Cortex น้อยลงทำให้ผู้ป่วยพาร์กินสันมีอาการเคลื่อนไหวช้าและเดินตัวแข็ง

## 2. อาการของโรคพาร์กินสัน

อาการที่พบในผู้ป่วยพาร์กินสัน ได้แก่

1. **อาการสั่น (Tremor)** เป็นอาการเด่นที่พบบ่อยที่สุด คือ มักจะเริ่มเห็นที่มือโดยจะเป็นที่ข้างใดข้างหนึ่งก่อน และเกิดขณะที่อยู่เฉยๆ อาการสั่นจะลดลงเมื่อใช้มือนั้นทำงาน

2. **อาการแข็งเกร็ง (Rigidity)** มักจะเกิดที่แขนหรือขาข้างเดียวกันกับที่มีอาการสั่นทำให้เกิดความลำบากต่อผู้ป่วยมากที่สุดทำให้เคลื่อนไหวได้ช้าลง นอกจากนี้ตัวหนังสือที่ผู้ป่วยเขียนจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโดยจะเขียนตัวหนังสือจะเล็กลงและชิดติดกัน

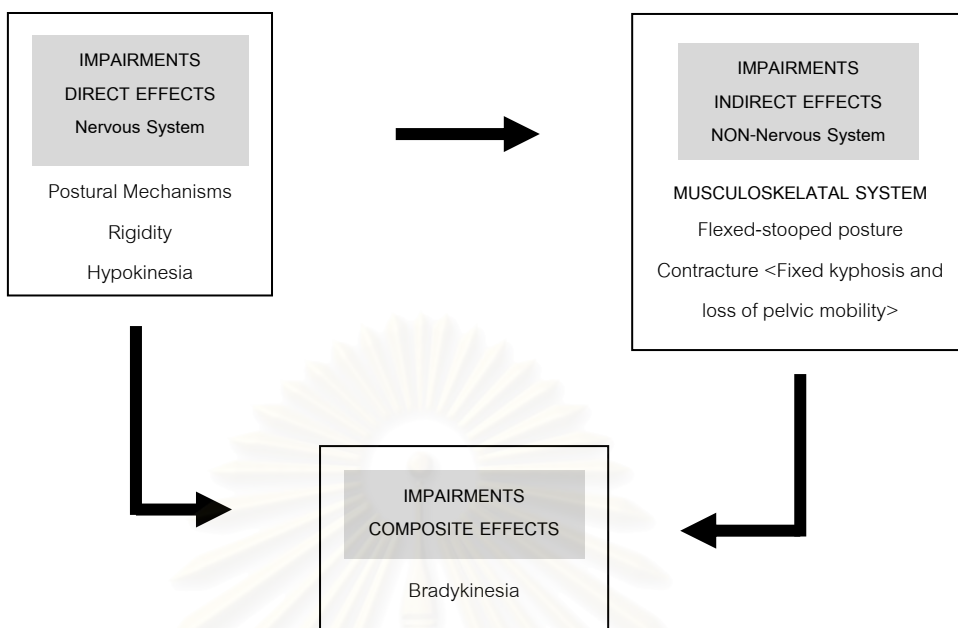
3. **อาการเคลื่อนไหวช้า (Bradykinesia) หรือ เคลื่อนไหวน้อย (Hypokinesia)** และต้องใช้เวลาเวลานาน ในการเริ่มการเคลื่อนไหวร่างกาย

4. **อาการทรงตัวไม่สม่ำเสมอ (Postural instability)** การเดินของผู้ป่วยมักจะเดินชอยเท้าถี่และเล็ก ในลักษณะโน้มตัวไปข้างหน้าและเดินไม่แกว่งแขน [3, 49]

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. ความผิดปกติที่ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

เมื่อเกิดความไม่สมดุลของสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ของสัญญาณขาออกจาก Internal globus pallidus (GPI) ใน Basal ganglia ที่จะส่งไปยัง Pedunculopontine nucleus และ nuclei อื่น ๆ ของ Brainstem ส่งผลให้เกิดการตอบสนองของกล้ามเนื้อแบบเหยียด (Extensor response) โดยสัญญาณประสาทจาก GPI ที่จะส่งไปยัง Supplementary motor areas และ Premotor cortex ถูกรบกวน ทำให้มีผลต่อการสั่งการต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติขึ้น [50] ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในผู้ป่วยพาร์กินสัน จะเกิดได้จากความผิดปกติทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังรูปที่ 2.2 [3] โดยจะทำให้ผู้ป่วยมีการเคลื่อนไหวได้น้อยลง (Hypokinesia), ตัวแข็งเกร็ง (Rigidity) อาการแสดงดังกล่าวจะส่งผลให้ผู้ป่วยมีลักษณะตัวโค้งงอ (Stooped posture) ดังรูปที่ 2.3 [49] ส่งผลให้ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีปัญหาด้านการเดิน [51, 52] ซึ่งถือเป็นหนึ่งในปัญหาหลักที่มีผลกระทบต่อผู้ป่วยพาร์กินสันเป็นอย่างมาก [40, 41, 53] โดยอาการจะแสดงใน 12 - 18% ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่เป็นโรคมาแล้วเป็นเวลานานหรือมีปัญหาการไม่ตอบสนองต่อยา [54] ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผู้ป่วยมีความเสี่ยงต่อการล้มสูง [2, 4, 6, 55]



รูปที่ 2.2 ความผิดปกติที่ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน



รูปที่ 2.3 ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีลักษณะตัวโค้งงอ (Stooped posture)

## 2. การเดินติดขัดในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

การเดินติดขัด (Gait freezing) ถือเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยซึ่งปัญหานี้จะทำให้เกิดความผิดปกติของการเดิน ซึ่งพบได้จากการศึกษาผลของความแตกต่างของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการเดิน (Spatio-temporal parameters) [40-47] หนึ่งในลักษณะดังกล่าวที่พบเห็นอย่างเด่นชัด คือ ผู้ป่วยจะมีช่วงการก้าวสั้น (Short step/stride length), เดินแบบซอยเท้าถี่ ๆ [56] หรือเดินโดยใช้ส่วนของปลายเท้า (Forefoot) ลงพื้นก่อน ทำให้มักได้ยินเสียงจากการลากเท้า [57] ลักษณะการเดินเช่นนี้ทำให้ผู้ป่วยมีแนวโน้มต่อการล้มสูง [5] ผู้ป่วยจะยืนหยุดนิ่งทันทีและไม่ยอมขยับเท้าก้าวเดินต่อไปซึ่งเราเรียกภาวะนี้ว่า Freezing หรือ Stalling [49] และถ้าหากจะก้าวเดินต่อไปจะมีความลังเลใจหรือไม่มั่นใจ (Hesitation) ในการที่จะออกเท้าก้าวเดินในระยะแรก ๆ ลักษณะการเดินแบบนี้เราเรียกว่า Stalling คือมีการเดินไปและหยุดแข็งนิ่งเป็นพัก ๆ และจะก้าวเดินไปใหม่ลำบาก หรือมีอาการก้าวไม่ออกในตอนแรก ๆ คล้ายๆ กับมีความลังเลใจในการก้าว [58] การที่ผู้ป่วยจะก้าวเดินไปข้างหน้าได้นั้น จะพบว่าผู้ป่วยบางรายจะต้องใช้เวลาหยุดพักหลายวินาทีก่อนที่จะเริ่มก้าวเดินก้าวแรกได้ ภาวะนี้เราเรียกว่า Start hesitation และก้าวแรกที่ก้าวออกไปได้นั้นจะเป็นก้าวที่สั้นมากจนเกือบไม่เห็นการขยับตัวเลย และต่อมาก็จะก้าวยาวขึ้นเรื่อย ๆ จนสามารถเดินก้าวยาวแบบคนปกติทั่วไปได้ ภาวะ Start hesitation นี้ อาจพบได้สูงถึง 60% ของผู้ป่วยพาร์กินสันในระยะกลาง ๆ ของโรค (หมายถึงผู้ป่วยเป็นโรคนี้มานานราว 5-8 ปี) ในขณะที่ผู้ป่วยต้องเปลี่ยนทิศทางการเดิน เช่น เลี้ยวขวาหรือซ้าย หรือหันหลังกลับ ผู้ป่วยก็จะเริ่มเกิด Start hesitation อีกเช่นกัน ในคนปกติเวลาจะเลี้ยวหรือหมุนตัวกลับ มักพบว่าจะมีการหันศีรษะไปก่อนการหมุนตัวหรือหันตัวกลับ แต่ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันนั้นพบว่า จะไม่มีการหันศีรษะก่อนการหมุนตัวเลย เราเรียกภาวะผิดปกติอันนี้ว่า 'en bloc' turning ซึ่งหมายถึง ผู้ป่วยจะหมุนศีรษะหรือหันศีรษะไปพร้อมกับการหมุน หรือหันตัว [49]

การเดินติดขัด พบว่ามีมากถึง 7.1% ของผู้ป่วยที่มาเข้ารับการรักษา [57] และจะพบมากในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ [48] เพราะเป็นช่วงที่ผู้ป่วยไม่ได้รับผลจากยาในกลุ่ม Dopamine หรือ Dopamine agonist กลไกที่น่าจะใช้ในการอธิบายการเกิดการเดินติดขัดในผู้ป่วยได้คือ

1. เกิดจากส่วนของ Supplementary motor area (SMA) และ Adjacent cortical ถูกทำลาย
2. เกิดจากส่วนของ Basal ganglia หรือ Thalamocortical projections ถูกทำลาย และส่งผลต่อการทำงานของ SMA [59, 60]
3. เกิดจากการไม่ตอบสนองต่อยาในกลุ่ม Dopaminergic [60] อาการเดินติดขัดถือเป็น



อาการอันเนื่องมาจาก Motor block [61] ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มการเดินติดขัดได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ตอบสนองต่อยา กลุ่ม Dopamine ในระดับต่ำ, สูง และไม่ตอบสนองต่อยา กลุ่มไม่ตอบสนองต่อยาเป็นกลุ่มที่รักษายากมากที่สุด [7]

### 3. ผลของยาโดปามีนต่อการเดินในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

ถึงแม้ว่าผลจากการรักษาทางยาในกลุ่ม Dopamine หรือ Dopamine agonist เช่นยาโดปามีน (Levodopa) จะช่วยให้ผู้ป่วยพาร์กินสันมีการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น แต่ลักษณะการเคลื่อนไหวนั้นจะไม่ถาวร [7, 43, 62] ในช่วงที่ยาโดปามีนออกฤทธิ์จะทำให้ผู้ป่วยพาร์กินสันมีการเคลื่อนไหวดีขึ้น ทั้งในด้านการเคลื่อนไหวของลำตัว, แขน-ขา, มือ-เท้า, คอ และศีรษะ และช่วยบรรเทาอาการเคลื่อนไหวช้าและตัวแข็งเกร็ง อีกทั้งยังช่วยให้ผู้ป่วยมีการเดินที่ดีขึ้น [5] กล่าวคือในช่วงที่ผู้ป่วยได้รับยาจะทำให้ผลการทดสอบและการวิเคราะห์การเดินออกมามีค่าต่างๆ ดีกว่าในขณะที่ผู้ป่วยไม่ได้รับยา โดยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดิน เช่น ระยะก้าว, ความเร็วในการเดิน, จังหวะในการเดิน, มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Range of motion), ความเร็วเชิงมุมของข้อต่อ (Angular velocity) มีค่าเพิ่มมากขึ้น ในส่วนของการเก็บข้อมูล UPDRS scores เพื่อประเมินผลความสามารถของผู้ป่วยในด้านต่าง ๆ พบว่าผู้ป่วยพาร์กินสันที่ได้รับยาจะมี UPDRS scores น้อยกว่าผู้ที่ไม่ได้รับยา ซึ่งหมายความว่า ผู้ป่วยพาร์กินสันที่ได้รับยามีอาการแสดงดีกว่าผู้ที่ไม่ได้รับยา หรือผู้ที่ไม่ตอบสนองต่อฤทธิ์ของยา [2, 63-65] Burleigh และคณะศึกษาถึงผลของยา Levodopa และสิ่งกระตุ้นจากภายนอกต่อการเริ่มก้าวเท้าในผู้ป่วยพาร์กินสัน ซึ่งพวกเขาให้ความสนใจในการเก็บข้อมูล Ground reaction forces และ Body kinematics พบว่าผู้ป่วยในช่วงยาหมดฤทธิ์มีความเร็วในการเดินและการเริ่มก้าวขาที่ลดลง ซึ่งผลนี้ต่างจากผู้ป่วยในช่วงยาออกฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยสรุปว่าการเริ่มก้าวขาในผู้ป่วยพาร์กินสันมีอิทธิพลมาจาก Dopaminergic pathways [32]

## 4. ผลของสิ่งกระตุ้นจากภายนอกต่อการเดินในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

### 4.1 ผลของการกระตุ้นด้วยสิ่งกระตุ้นทางสายตา

สิ่งกระตุ้นทางสายตา (Visual stimulation) ถือเป็นรูปแบบการกระตุ้นแบบหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจนำมาศึกษาต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันอย่างต่อเนื่อง

ในปี 1987 Dunne และคณะได้ศึกษาถึงผลของการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน 3 ราย ภายหลังจากผ่านการทดสอบการเดินด้วยไม้เท้า (Inverted stick) ที่มีแท่งไม้ระยะห่างจากพื้นประมาณ 2-3 นิ้ว ยื่นออกมาจากตัวไม้เท้าเพื่อเป็นสิ่งกระตุ้นทางสายตาช่วยในการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน [19]

ในปี 1990 Dietz และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 8 ราย โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ช่วง คือ ก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบด้วยไม้เท้าต่าง ๆ โดยให้ผู้ป่วยเดินในระยะทาง 5 เมตร จากเก้าอี้ผ่านประตูจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ภายใต้งู้อื่นๆ ดังนี้

1. เดินด้วยไม้เท้าทั่วไป (Straight walking stick, SWS) โดยไม้เท้าจะสูง 120 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร
2. เดินด้วยไม้เท้าที่มีการกระตุ้นด้วยแสง (Visual cue-stick, VCS) จะมีแผ่นไม้ยื่นออกมาโดยมีความกว้าง\*ยาว\*สูง เท่ากับ 3\*18\*1 เซนติเมตร
3. เดินบนพื้นที่มีแถบสีขนาด 1 นิ้ว ในระยะห่างทุก ๆ 12 นิ้วติดไว้

เพื่อศึกษาคูผลของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดิน และจำนวนก้าวที่เดินติดขัด ผลการศึกษาพบความแตกต่างเมื่อผู้ป่วยเดินบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้ ต่อจากนั้นให้ผู้ป่วยใช้ไม้เท้าที่มีสิ่งกระตุ้นทางสายตาไปฝึกที่บ้าน จนกระทั่งผู้ป่วยคุ้นเคยกับอุปกรณ์จึงทำการทดสอบอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบระหว่างผลของการไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยเหลือ (Unassisted) และการใช้ไม้เท้าที่มีสิ่งกระตุ้นทางสายตาซึ่งผลปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการมีและไม่มีสิ่งกระตุ้นทางสายตา [30]

ในปี 1994 Morris และคณะได้ศึกษาถึงความแตกต่างของการได้รับการกระตุ้นด้วยแสง โดยให้ผู้ป่วยเดินด้วยความเร็วปกติและการบอกให้ผู้ป่วยเดินเร็วขึ้น ซึ่งพบว่าที่ความเร็วปกติการกระตุ้นด้วยแสงทำให้ระยะก้าวเพิ่มขึ้น แต่ถ้ามีคำสั่งมากระตุ้นให้ก้าวเร็วขึ้นจะส่งผลให้ผู้ป่วยมีความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้น, ระยะก้าวและจังหวะในการเดินดีขึ้น [40]

ในปี 1996 Azulay และคณะได้ศึกษาถึงผลของช่วงเวลายาทั้งในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นและการเดินบนพื้นที่มีแถบสีขาว ที่มีระยะห่างทุก ๆ 45 เซนติเมตรติดไว้ เก็บข้อมูลด้วยเครื่อง Motion analysis ผลการศึกษาพบว่าสิ่งกระตุ้นทางสายตา (Visual cues) ทำให้ระยะก้าว, ความเร็วในการเดินและเวลาที่ใช้ในการก้าวลดลงในช่วงที่ยาออกฤทธิ์ และมีผลให้พารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงดีขึ้นเล็กน้อยในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ [63]

ต่อมา Morris และคณะ ได้ศึกษาเปรียบเทียบการเดินโดยไม่มีการกระตุ้นด้วยแสง (Baseline) กับการฝึกเดินบนพื้นที่มีแถบสีขาวขนาด 50\*500 มิลลิเมตร ติดไว้ โดยให้ฝึกเดินทุก ๆ 2 นาที เป็นเวลา 20 นาที และเปรียบเทียบกับการกลับมาเดินอีกครั้ง (Retention ) โดยไม่มีการกระตุ้นด้วยแสง โดยให้เดินทุก ๆ 15 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในระยะทาง 10 เมตร พบว่าเมื่อเปรียบเทียบผลของการเดินโดยไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงกับการเดินบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้ ทำให้ระยะก้าว, ความเร็วในการเดิน, จังหวะในการเดิน และช่วงการยืนด้วยเท้าทั้งสองข้าง (Double support) ของการเดินที่มีแถบสีติดนั้นดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างการเดินบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้และการทดสอบหลังจากการได้รับสิ่งกระตุ้นแล้ว พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน [32]

ในปี 1999 Azulay ได้ศึกษาถึงผลของการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันตามเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

1. บนพื้นที่มีแถบสีขาวขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร และมีระยะห่าง 45 เซนติเมตร ติดไว้
2. การเดินโดยมีแสงไฟแบบนิ่ง
3. การเดินโดยมีแสงกระพริบจากสโตรโบสโคป (Stroboscope) ซึ่งเป็นแสงที่มีความถี่ 3 ครั้งต่อนาที (Flash duration < 2 มิลลิวินาที., Flash energy : 0.3 จูล.) เป็นตัวกระตุ้น

แสงทั้งสองชนิดถูกปล่อยออกมาจากหลอดไฟจากเพดานห้องที่ทดสอบ โดยให้ผู้ป่วยเดินในระยะทาง 12 เมตร วิเคราะห์ข้อมูลโดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลดังนี้ เดินบนพื้นไม่มีแถบสีติดไว้ในขณะที่เปิดไฟแบบทั่วไปกับเปิดแสงจากสโตรโบสโคป และเดินบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้ในขณะที่เปิดไฟแบบทั่วไปกับแสงจาก สโตรโบสโคป พบว่าการใช้แสงแบบนิ่งกระตุ้นข้อเท้าบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้ได้ผลดีกว่าการใช้แสงแบบกระพริบกระตุ้นในการช่วยเพิ่มความเร็วในการเดิน และระยะก้าวมากขึ้น [66]

ในปี 2000 Kompoliti และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 28 ราย ศึกษาการเดินโดยไม่มีเครื่องช่วยและสิ่งกระตุ้นใด ๆ กับการ

เดินโดยมีแท่งไม้ยื่นออกมาจากไม้เท้า (Walking with a modified inverted stick, MIS) และแบบเป็นแสงเลเซอร์จากไม้เท้า (Walking with a laser beam stick, LBS) โดยเดินจากเก้าอี้ทางด้านหนึ่งผ่านประตูไปสู่อีกด้านหนึ่ง ในระยะทาง 5 เมตร เพื่อศึกษาผลของ เวลาทั้งหมดและเวลาในช่วงมีก้าวติดขัด (Time of freezes) ซึ่งไม่พบความแตกต่างระหว่างการกระตุ้นด้วยแสงทั้ง 2 แบบต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน [35]

ต่อมา Lewis และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของการให้แสงเป็นตัวกระตุ้นต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันและในคนปกติจำนวนกลุ่มละ 14 ราย ศึกษาการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ (Baseline condition) กับการเดินโดยมีสิ่งกระตุ้นทางสายตาซึ่งเป็นแถบสีขาวติดที่พื้น (Step length marker, SL) และแบบเป็นแสงเลเซอร์ 2 เส้น (Subject mounted light device, SMLD) ซึ่งจะถูกลบออกจากการอุปกรณ์ที่ติดบริเวณหน้าอกของผู้ป่วย โดยผู้ป่วยจะมี Force sensitive resistor (FSR) foot switches ขนาด 1-2 เซนติเมตร ใส่ที่บริเวณส้นเท้า (Heels) และบริเวณนิ้วหัวแม่เท้า (First metatarsal bones) ทั้ง 2 ข้าง เดินในระยะทาง 10 เมตร และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Motion analysis) และ เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) ซึ่งพบว่าการเดินโดยมีการกระตุ้นทั้ง 2 แบบทำให้การเดินของผู้ป่วยดีขึ้น แต่ไม่พบค่าความแตกต่างระหว่างสิ่งกระตุ้นทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [67]

ในปี 2004 Dietz และคณะได้ศึกษาผลของใช้ไม้เท้าเลเซอร์ (Modified inverted walking stick, visual cues, VC) ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด จำนวน 8 ราย โดยให้ผู้ป่วยเดินในระยะทาง 5 เมตร ใน 4 เงื่อนไข คือ

1. เดินโดยไม่มีอุปกรณ์ช่วยเหลือ
2. ใช้ไม้เท้าทั่วไป
3. ใช้ไม้เท้าเลเซอร์
4. เดินบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้ที่ระยะห่างทุก ๆ 12 นิ้ว

เพื่อศึกษาผลของเวลาและจำนวนก้าวที่เดินติดขัด ผลการศึกษาพบว่าไม้เท้าเลเซอร์ช่วยให้ผู้ป่วยเดินได้ดีขึ้น 2 ราย ในขณะที่แถบสีที่ติดบนพื้นมีผลต่อจำนวนก้าวติดขัดของผู้ป่วยทั้งหมด แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผู้ป่วยที่เดินได้ดีด้วยแถบสีบนพื้นกับไม้เท้าเลเซอร์ [22]

ต่อมา Ferrarin และคณะมีรายงานการประดิษฐ์แว่นตา (optical stimulating glasses (OSGs) ซึ่งมีหลอดไฟขนาด 7\*10 ดวง เรียงเป็นแถวทั้งสองข้างของแว่นตา ทดสอบการทำงานใน

3 รูปแบบ คือ มีแผงไฟติดเรียงไปทางด้านหน้า, ด้านหลังพร้อมกันทั้งสองข้าง และติดด้านใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียว การติดของหลอดไฟจะขึ้นกับการทำงานของสวิทช์ที่เท้าและการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยได้นำมาใช้ทดสอบในผู้ป่วยพาร์กินสันและคนปกติกลุ่มละ 3 ราย พบว่ากลุ่มทดสอบน้อยเกินไป แต่ผลมีแนวโน้มว่าการติดของไฟแบบเรียงไปทางด้านหน้าช่วยในการเพิ่มความเร็วในผู้ป่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผู้ป่วยมีความตั้งใจในการเดินร่วมด้วย [23]

ในปี 2005 Frenkel และคณะศึกษาผลของการเดินบน Treadmill ในผู้ป่วยจำนวน 36 ราย (Hoehn and Yahr stage 2 - 2.5) เปรียบเทียบกับคนปกติ 30 ราย โดยให้ผู้ป่วยเดินตามเงื่อนไขต่อไปนี้

1. เดินโดยไม่มีอุปกรณ์ช่วยเหลือ
2. เดินโดยใช้ Walker
3. เดินบน Treadmill จำนวน 3 รอบต่อ 1 เงื่อนไข

ผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างระหว่างการศึกษาใน 2 แบบแรก แต่การเดินบน Treadmill ช่วยลดเวลาของระยะก้าว (Stride time) และเวลาที่ใช้ในการยกขาก้าวเดิน (Swing time) [68]

ในปี 2005 Wegen และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน จำนวน 24 ราย โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 เงื่อนไข คือ

1. ไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ
2. มีการกระตุ้นด้วยแสงโดยแสดงเป็นภาพบนฉากที่จัดไว้และมีแถบเส้นบนพื้น เป็นสิ่งกระตุ้นทางสายตา
3. มีการกระตุ้นด้วยแสงโดยมีแสงจาก LED (Light emitting diode) ปรากฏขึ้นที่พื้น
4. มีการกระตุ้นโดยมีภาพแสดงบนฉากที่จัดไว้และมีแสงจาก LED ปรากฏขึ้นที่พื้น

ผลการศึกษาพบว่าสิ่งกระตุ้นทางสายตาจากเส้นแถบบนพื้นและแสงจาก LED มีผลทำให้ระยะก้าวและจังหวะในการเดินดีขึ้น แต่ในกรณีที่ไม่มีภาพปรากฏขึ้นบนฉากการตอบสนองต่อแสงจาก LED จะลดลง [69]

ในปี 2008 Ferrarin และคณะได้ศึกษาต่อถึงผลของการกระตุ้นด้วยแสงและความตั้งใจในการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 15 ราย และคนปกติจำนวน 10 ราย โดยใช้ แว่นตาที่

ประดิษฐ์ขึ้น (optical stimulating glasses (OSGs) ซึ่งประกอบด้วย Dot matrixes ทั้งสองข้าง ขนาด 12.7\*17.8\*6.4 มิลลิเมตร ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ควบคุมการสั่งการ แบบ On board สวมไว้บนศีรษะ น้ำหนักประมาณ 100 กรัม และมีสวิตช์ติดที่เท้าทั้งสองข้าง แวนตาจะเริ่มทำงานเมื่อได้รับสัญญาณจากสวิตช์ที่เท้าและจะทำให้เกิดการติด-ดับของไฟในรูปแบบต่างๆ การทดสอบทำการเปรียบเทียบใน 4 เงื่อนไข คือ

1. ปิดสวิตช์
2. แบบไฟติดไปด้านหน้าเรียงเป็นแถวพร้อมกันสองข้าง
3. แบบไฟติดมาด้านหลังเรียงเป็นแถวพร้อมกันสองข้าง
4. แบบไฟติดทุกแถวเพียงข้างใดข้างหนึ่งโดยให้ผู้ป่วยตั้งใจมองแสงไฟ (การติดของไฟจะขึ้นกับสัญญาณที่ได้จากสวิตช์ที่เท้าฝั่งตรงข้าม )

ผลการศึกษาพบว่าแสงไฟแบบติดที่ละข้างจะให้ผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวและการลดลงของจังหวะในการเดินและความเร็วในการเดินทั้งกลุ่มผู้ป่วยและคนปกติ เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้ป่วยที่มีความรุนแรงของโรคน้อย ( $H&Y \leq 2$ ) และความรุนแรงของโรคมาก ( $H&Y > 2$ ) พบว่ากลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อยตอบสนองต่อไฟแบบติดเรียงไปด้านหน้าโดยทำให้มีความเร็วและจังหวะในการเดินดีขึ้น แต่กลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมากตอบสนองต่อไฟแบบติดข้างเดียวประกอบกับต้องมีความตั้งใจในการเดินร่วมด้วย จึงจะทำให้ผู้ป่วยเดินได้ดีขึ้น

[39]

## 4.2 ผลของการกระตุ้นด้วยเสียง

การรับรู้จังหวะและความถี่ของเสียงรูปแบบต่าง ๆ (Rhythm and beat perception) ของคนเรานั้นเกี่ยวข้องกับกลไกการทำงานของ Motor areas และ Supplementary motor areas (SMA) [70] ซึ่งในผู้ป่วยพาร์กินสันพบว่ามีความเสื่อมของพื้นที่ส่วนนี้ จึงมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของสิ่งกระตุ้นทางเสียง (Auditory Stimulation) ต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน อาจกล่าวได้ว่ามีความหลากหลายและมีรูปแบบการศึกษามากกว่าการศึกษาเกี่ยวกับผลของแสง โดยการศึกษาส่วนใหญ่เป็นการเปรียบเทียบผลของความถี่ของเสียงจาก Metronome ที่ความถี่ต่าง ๆ กัน ความถี่ที่ใช้ในการศึกษาจะเริ่มจากการหาความถี่เสียงพื้นฐาน (Baseline) ต่อจากนั้นจะศึกษาถึงผลการตอบสนองของผู้ป่วยต่อเสียงที่มีความถี่สูงและต่ำกว่าความถี่พื้นฐาน ซึ่งความถี่พื้นฐานของแต่ละการศึกษาจะมีความแตกต่างกัน บางรายงานใช้ความถี่ที่ได้จากจังหวะในการเดิน (Cadence) หรือความถี่ของช่วงก้าว (Step frequency) เป็นความถี่พื้นฐาน บางรายงานใช้ความถี่ที่ 100 ครั้งต่อนาที เป็นความถี่พื้นฐาน ซึ่งผลการศึกษามีทั้งสอดคล้องและขัดแย้งกัน

ในปี 1994 McIntosh และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 6 ราย โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นและการเดินโดยมีเสียงจาก Metronome ที่ความถี่ 100 และ 110 ครั้งต่อนาที เป็นตัวให้จังหวะในการเดิน เพื่อศึกษาผลของเสียงต่อความเร็วในการเดิน, ระยะก้าวและจังหวะในการเดิน โดยพบว่าไม่มีความแตกต่างของพารามิเตอร์ข้างต้นเมื่อใช้ความถี่ที่ 100 ครั้งต่อนาที แต่พบความแตกต่างเมื่อใช้ความถี่ที่ 110 ครั้งต่อนาที [28]

ในปี 1996 Thaut และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของการกระตุ้นด้วยเสียงในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 15 ราย ที่ต้องผ่านการฝึกเดินเป็นเวลา 30 นาที โดยแทรกการออกกำลังกายตามเสียงเพลง (Folk, Classical, Jazz, Country) เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งประเภทของเพลงจะขึ้นอยู่กับอายุของผู้ป่วย จะแทรกจังหวะที่ความถี่ต่าง ๆ กัน 3 แบบ คือ

1. ความถี่พื้นฐานเท่ากับจังหวะในการเดินของผู้ป่วยแต่ละราย
2. ความถี่เพิ่มขึ้น 5% ของความถี่พื้นฐาน
3. ความถี่เพิ่มขึ้น 10% ของความถี่พื้นฐาน

ความถี่จะอยู่ในช่วง 60-120 ครั้งต่อนาที ลงในเนื้อเพลงเป็นเวลา 10 นาที โดยมีเครื่องเล่นเทปและหูฟังให้ผู้ป่วย ให้ผู้ป่วยเดินทุกวันเป็นเวลา 3 อาทิตย์, ศึกษาในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 11 ราย ที่ผ่านการฝึกการเดิน เป็นเวลา 30 นาที ทุกวันเป็นเวลา 3 สัปดาห์ แต่ไม่มี

เสียงเพลงให้จังหวะในการเดิน และศึกษาในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 11 ราย ที่ไม่ได้รับการฝึกใด ๆ จะเริ่มทดสอบภายหลังจากทานยา 90-120 นาที ในระยะทาง 6 เมตร โดยเก็บข้อมูล ความเร็วในการเดิน, ระยะก้าว, จังหวะในการเดินและค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG) ทำการบันทึกข้อมูลจากสัญญาณที่ชั่ววิเลคโทรดโดยผ่านการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิทัล ก่อนเข้าสู่การประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งพบว่าในกลุ่มที่ได้รับการฝึกเดินดีขึ้นกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการกระตุ้นใด ๆ และกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบที่มีเสียงให้จังหวะในการเดินมีผลการเปลี่ยนแปลงที่ดีกว่า [33]

ในปี 1997 McIntosh และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 21 ราย ในช่วงยามหฤทัยและยามออกฤทัย โดยผู้ป่วย 8 รายมี H&Y=2, ผู้ป่วย 10 รายมี H&Y=3 และผู้ป่วย 3 รายมี H&Y=4 เก็บข้อมูลด้วย Computerized foot switch system โดยให้ผู้ป่วยเดินภายใต้ 4 เงื่อนไขดังนี้

1. เดินด้วยความเร็วสูงสุดที่สามารถทำได้โดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ
2. เดินโดยมีเสียงเป็นตัวกระตุ้นด้วยความถี่ที่ได้จากการวัดจังหวะในการเดิน (Cadence) ของผู้ป่วยแต่ละราย (ความถี่ของเสียงได้จากการทดสอบเพื่อหาจังหวะในการเดินก่อนหน้านี้)
3. เดินโดยมีเสียงเป็นตัวกระตุ้นด้วยความถี่มากกว่า 15% ของความถี่พื้นฐานของผู้ป่วยแต่ละราย
4. เดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ หลังจากที่ทำกรกระตุ้นด้วยเสียง (Post test)

ผลการศึกษาพบว่าการเดินโดยมีสิ่งกระตุ้นทางเสียงทั้ง 2 แบบ ในช่วงยามหฤทัยและยามออกฤทัยดีกว่าการเดินโดยไม่มีการกระตุ้นด้วยเสียงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [34]

ในปี 1998 Morris และคณะได้ศึกษาถึงผลของการกระตุ้นด้วยเสียงในผู้ป่วยพาร์กินสันและคนปกติจำนวนกลุ่มละ 20 ราย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของระยะก้าวและจังหวะในการเดินให้ผู้ป่วยเดินในระยะทาง 10 เมตร มีจังหวะการเดินอยู่ในช่วง 40 – 180 ครั้งต่อนาที ใช้เสียงจาก Metronome เป็นตัวให้จังหวะ ให้ผู้ป่วยเดินพร้อมกับตั้งใจฟังจังหวะของเสียงจาก Metronome และศึกษาผลของยาโดปามีนต่อรูปแบบการเดิน ในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 10 ราย ทั้งในช่วงยามหฤทัยและในช่วงยามออกฤทัย ทดสอบการเดินก่อนและหลังจากที่ผู้ป่วยรับประทานยาเป็นเวลา 45 นาที เก็บข้อมูลการเดินด้วย Footswitch stride-analyzer system ผลการศึกษาพบว่าการกระตุ้นด้วยเสียงในทุกความถี่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้ง 2 ช่วงเวลายา [41]



ในปี 2002 Freedland และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 16 ราย โดยศึกษาการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ กับการเดินโดยมีสิ่งกระตุ้นทางเสียงจาก Metronome โดยทำการทดสอบในขั้นต้น (Pre-test) เพื่อหาจังหวะในการเดินของผู้ป่วยแต่ละราย (Baseline frequency) และทดสอบผู้ป่วยตามเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

1. ตามความถี่ของจังหวะในการเดินของผู้ป่วยแต่ละราย (Baseline frequency)
2. มากกว่า 10% ของความถี่พื้นฐาน (10% above baseline frequency)
3. ทดสอบผู้ป่วยอีกครั้ง (Post-test) โดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ

ผลการศึกษาพบว่าเมื่อทดสอบด้วยความถี่ที่เพิ่มขึ้น เสียงจะช่วยให้จังหวะในการเดินและช่วงเวลาที่ใช้ในการเดิน (Cycle time) ดีขึ้น แต่ระหว่างผลการทดสอบที่ความถี่เท่ากับจังหวะในการเดินและความถี่ที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหลังการทดสอบ และพบว่าที่ความถี่เท่ากับจังหวะในการเดินทำให้ช่วงเวลาที่ใช้ในการเดินและช่วงการก้าวดีขึ้น แต่ที่ความถี่ที่สูงกว่าทำให้จังหวะในการเดิน, ช่วงเวลาที่ใช้ในการเดิน, ช่วงการก้าว และช่วงที่ยืนบนเท้าทั้งสองข้างลดลง [71]

ต่อมา McCoy ได้ศึกษาในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 16 ราย เพื่อเปรียบเทียบระหว่างความถี่ของจังหวะในการเดินของผู้ป่วยแต่ละราย (Baseline frequency) และเดินตามความถี่ที่มากกว่า 15 % ของความถี่พื้นฐาน (15% above baseline frequency) ในช่วงยาออกฤทธิ์และยามอดฤทธิ์ ซึ่งพบว่าผลการตอบสนองต่อเสียงของ Metronome ในความถี่ทั้ง 2 แบบ ทั้งในช่วงยาออกฤทธิ์และยามอดฤทธิ์มีทิศทางเดียวกัน คือช่วยเพิ่มความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดินเช่นเดียวกัน [72]

ในปี 2003 Howe และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 11 ราย โดยศึกษาการเดินโดยมีการกระตุ้นด้วยเสียงจาก Metronome ที่ความถี่เท่ากับ 100 ครั้งต่อนาที เป็นความถี่พื้นฐาน (Baseline frequency) และที่ความถี่น้อยกว่า 15 % (85), 7.5 % (92.5) ของความถี่พื้นฐานและกับที่ความถี่สูงกว่า 15% (115) ของความถี่พื้นฐานเพื่อศึกษาผลของระยะก้าว ความเร็วและจังหวะในการเดิน พบว่าที่ความถี่ 85, 92.5, 115 ครั้งต่อนาที ทำให้ความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดินดีขึ้น แต่ที่ความถี่ 92.5 ครั้งต่อนาที ไม่มีความแตกต่างกับค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยความถี่พื้นฐาน [11]

ในปี 2004 Leland และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของการกระตุ้นด้วยเสียงและการสัมผัสต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน จำนวน 7 รายและคนปกติจำนวน 7 ราย โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 เงื่อนไข คือ

1. ไม่มีสิ่งกระตุ้น
2. กระตุ้นด้วยเสียง 1 ครั้ง
3. กระตุ้นด้วยเสียงหลายครั้ง
4. กระตุ้นด้วยการสัมผัสหลาย ๆ ครั้ง

เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ของการเดิน (Temporal kinematic) และจุดศูนย์กลางของแรงกด (Center of pressure) ซึ่งพบว่าสิ่งกระตุ้นจากภายนอกช่วยลดเวลาที่ยืนด้วยเท้าทั้งสองข้าง ช่วยเพิ่มจุดศูนย์กลางของแรงกดและความเร็วในการเดิน ในทั้ง 2 กลุ่มทดสอบ แต่พบว่าช่วงการเหวี่ยงของขาแต่ละข้างและการเคลื่อนไหวของกระดูกก้นกบ (Sacrum) ของผู้ป่วยในขณะที่เดินนั้นน้อยกว่าคนปกติ [73]

ในปี 2004 Cubo และคณะได้ศึกษาถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด (Gait freezing) โดยศึกษาในผู้ป่วยจำนวน 12 ราย ใช้สิ่งกระตุ้นทางเสียงจาก Metronome การทดสอบแบ่งออกเป็นช่วงก่อนทดสอบ, ช่วงทดสอบ และช่วงหลังทดสอบ โดยในช่วงทดสอบจะให้ผู้ป่วยไปฝึกเดินที่บ้านเป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนพร้อมกับให้ทำแบบสอบถามด้วย จากนั้นจึงเก็บข้อมูลการเดินด้วยกล้องวิดีโอ โดยให้ผู้ป่วยลุกจากเก้าอี้ เดินในระยะทาง 5 เมตร ผ่านประตู 2 บาน และหมุนตัวกลับ 2 ครั้ง พบว่าเวลาที่ใช้ในการเดินเพิ่มขึ้นและจำนวนก้าวติดขัดลดลง แต่ไม่พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้ามผลของเวลาที่ใช้ในการเดินของผู้ป่วยจำนวน 9 รายที่ฝึกด้วย Metronome ทุกวัน ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [12]

ในปี 2005 Del Olmo และคณะได้ศึกษาถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันและในคนปกติ จำนวนกลุ่มละ 15 ราย ในระยะทาง 30 เมตร โดยใช้อุปกรณ์บริเวณสั้นเท้าของผู้ป่วย เพื่อส่งสัญญาณ Real time (Sampling rate 1 มิลลิวินาที) และมีตัวรับสัญญาณอยู่ที่คอมพิวเตอร์ และเชื่อมระบบด้วย Photoelectric cells บริเวณส่วนต้นและส่วนปลายของทางเดิน ทดสอบภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ คือ เดินด้วยความเร็วปกติ, เดินด้วยความเร็วปกติ มือด้านหนึ่งถือของ อีกด้านหนึ่งให้นิ้วหัวแม่มือติดกับนิ้วชี้ , กระตุ้นด้วยเสียงจะทดสอบที่ความถี่ 60, 90, 120 และ 150 ครั้งต่อนาที โดยก่อนเริ่มทดสอบแต่ละช่วงความถี่จะให้ผู้ถูกทดสอบฟังเสียงนั้น ๆ เป็นเวลา 10 มิลลิวินาที และทดสอบโดยให้พยายามเดินให้เหมือนกับจังหวะเสียงที่ทดสอบก่อนหน้า

พบว่าผู้ป่วยและคนปกติมีความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดินดีที่สุดหลังจากทดสอบที่ความถี่ 60 ครั้งต่อนาที แล้วให้เดินโดยพยายามจำจังหวะเสียงนั้นอีกครั้ง [74]

ต่อมา Lim และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีและไม่มีการเดินติดขัด ในผู้ป่วยจำนวนกลุ่มละ 10 ราย เปรียบเทียบระหว่างการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ กับการเดินโดยมีเสียงจาก Metronome ที่ความถี่ 100 ครั้งต่อนาที (เป็นความถี่พื้นฐาน และที่ 80, 90, 110, และ 120 ครั้งต่อนาที เพื่อศึกษาระยะก้าว, ความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดิน ต่อการเดินของกลุ่มที่มีและไม่มีการเดินติดขัด พบว่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในทุกกลุ่มการทดสอบมีผลดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบที่ความถี่ระหว่าง 80 และ 90 ครั้งต่อนาที [37]

ในปีเดียวกัน Ellis และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 68 ราย มีโปรแกรมการบำบัดเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ดังนี้ การยืดตัว (Stretch), การทรงตัว (Balance), การผ่อนคลาย (Relaxation) และการเดินโดยมีเสียงเป็นตัวกระตุ้น 15 นาที พบว่าความเร็วในการเดินของกลุ่มที่ได้รับการบำบัดดีขึ้น [75]

ในปี 2008 Baker และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ ต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันเมื่อมีการลดความตั้งใจในการเดินลง โดยเปรียบเทียบระหว่างการทำงานและไม่ทำงานร่วมด้วยในขณะที่เดิน ทำการศึกษาในผู้ป่วย 14 ราย ซึ่งเป็นผู้ป่วยที่มีการเดินติดขัด จำนวน 7 ราย โดยให้ผู้ป่วยเดินในระยะ 10 เมตร ภายใต้เงื่อนไขดังนี้

- 1.เดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใดๆ
- 2.เดินโดยมีเสียงจาก Metronome ด้วยความถี่ 10% ต่ำกว่าความถี่ของจำนวนก้าว (Step frequency)
- 3.เดินโดยมีเสียงคำสั่งให้ "ก้าวยาวๆ" 2 ครั้ง
- 4.เดินโดยมีทั้งเสียงจาก Metronome และเสียงคำสั่ง
- 5.เดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใดๆ

เก็บข้อมูลด้วย GaitRite โดยเก็บข้อมูล ความเร็วในการเดิน, เวลาที่ใช้ในการก้าว (Step time) และเวลาที่เท้าสัมผัสพื้นทั้ง 2 ข้าง (Double support time) พบว่าสิ่งกระตุ้นทุกรูปแบบมีผลต่อการลดลงของเวลาที่ใช้ในการก้าว แต่ผลร่วมกันระหว่างเสียง Metronome และเสียงคำสั่งช่วยทำให้ผู้ป่วยเดินได้ดีที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่เดินโดยมีความตั้งใจด้วย [76]

### 4.3 ผลของการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งกระตุ้นทางสายตาหรือการกระตุ้นด้วยเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันนั้น มีผลการศึกษาทั้งในทางบวกและทางลบที่แตกต่างกัน ทำให้เริ่มมีการศึกษาถึงผลของสิ่งกระตุ้นทั้งสองสิ่งว่าจะมีผลอย่างไรต่อผู้ป่วย

ในปี 1994 Morris และคณะได้ศึกษาถึงผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาและการกระตุ้นด้วยเสียงในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 32 ราย และคนปกติจำนวน 12 ราย ตามเงื่อนไขดังนี้

1. การเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ
2. การเดินโดยมีเสียงกระตุ้นจาก Metronome
3. การเดินด้วยความเร็วปกติ (Metronome at comfortable walking speed, M-c)
4. การเดินโดยมีเสียงกระตุ้นจาก Metronome และออกคำสั่งให้ก้าวให้เร็วขึ้น (Metronome at fast speed, M-f)
5. การเดินโดยมีเสียงกระตุ้นจาก Metronome และให้เดินบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้ (Metronome with floor markers, M-fm)
6. การเดินด้วยความเร็วปกติบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้ (Walking with floor markers at comfortable walking speed, fm-c)
7. การเดินด้วยความเร็วปกติและออกคำสั่งให้ก้าวให้เร็วขึ้น (Walking with floor markers at fast speed, fm-f)

ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นกับการเดินที่มีสิ่งกระตุ้นด้วยเสียงจาก Metronome เมื่อให้เดินด้วยความเร็วปกติ แต่การเดินที่มีการกระตุ้นด้วยเสียงจาก Metronome และออกคำสั่งให้ก้าวให้เร็วขึ้นนั้น มีผลทำให้ความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดินดีขึ้น, ส่วนการเดินด้วยความเร็วปกติและมีแถบสีติดไว้ และการเดินด้วยความเร็วปกติและออกคำสั่งให้ก้าวให้เร็วขึ้นนั้น มีระยะก้าวและจังหวะในการเดินดีขึ้นเช่นเดียวกัน [40]

ในปี 1997 Enzensberger และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของการให้แสงและการสัมผัสเป็นตัวกระตุ้นต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 23 ราย เพื่อศึกษาผลของเวลาและจำนวนก้าวที่ใช้ในการเดิน โดยให้ผู้ป่วยเดินในระยะทาง 10 เมตร โดยเปรียบเทียบการเดินในขณะที่ไม่มีสิ่งกระตุ้นกับขณะที่มีสิ่งกระตุ้นชนิดต่าง ๆ ดังนี้ การกระตุ้นด้วยเสียง Hohenen friedberger march (Mhf), March from Prokofiev (Mp) โดยตั้งความถี่ Metronome ที่ 95 ครั้งต่อนาที (M)

และการกระตุ้นด้วยการสัมผัสโดยการทำ Shoulder tapping (T) พบว่าการกระตุ้นด้วยเสียง (Mhf) และการกระตุ้นด้วยการสัมผัส (T) ช่วยทำให้จำนวนก้าวลดลง แต่การกระตุ้นด้วยเสียงจาก Metronome ช่วยทำให้ทั้งเวลาและจำนวนก้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [77]

ในปี 1998 Zijlstra และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของการให้แสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียงเป็นตัวกระตุ้นต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 10 ราย ในคนปกติช่วงอายุ 25-30 จำนวน 5 ราย และช่วงอายุ 55-60 จำนวน 5 ราย มี Hoehn & Yahr (H&Y) อยู่ในช่วง 1.5 - 4, โดยทำการศึกษเปรียบเทียบการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นกับการเดินโดยมี Metronome โดยความถี่จะตั้งตามจังหวะในการเดิน ซึ่งคำนวณได้จากความเร็วในการเดินของผู้ป่วยแต่ละราย และเปรียบเทียบการเดินบนพื้นที่มีแถบสีขาวติดไว้ ในส่วนของการศึกษาผลของเสียง ได้ใช้ความถี่ในช่วง 65 - 100 ครั้งต่อนาที ในการทดสอบคนปกติและใช้ความถี่ตามความถี่ของช่วงการก้าว (Step frequency) ของผู้ป่วย และมีเป้าหมายให้รับความถี่ได้ถึง 100 ครั้งต่อนาที ในกรณีที่ในขั้นแรกผู้ป่วยทำได้ต่ำกว่านี้ ซึ่งมีผู้ป่วยจำนวนหนึ่งที่สามารถรับความถี่ได้สูงกว่า 100 ครั้งต่อนาทีได้ ในส่วนของการศึกษาผลของแสง ผู้วิจัยใช้ระยะห่างระหว่างแถบสีเท่ากับความยาวช่วงก้าวของผู้ป่วยแต่ละราย และให้ผู้ป่วยเดินด้วยความเร็วที่สามารถทำได้ ให้ผู้ป่วยเดินในระยะทาง 6 เมตร โดยให้ผู้ป่วยสวมรองเท้าซึ่งมีอินฟราเรดเซ็นเซอร์เป็นตัวรับ-ส่งข้อมูล ทดสอบที่ความถี่ 100 ครั้งต่อนาที บันทึกข้อมูลและแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลเพื่อส่งเข้าคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์และประมวลผล พบว่าความสัมพันธ์ของช่วงการก้าวและเวลาของระยะก้าวดีขึ้น ทำให้มีความถี่ของช่วงก้าวดีขึ้น และมีผู้ป่วย 7 ราย ที่สามารถเดินได้ดียิ่งขึ้นในจังหวะที่มีความถี่สูงกว่า 100 ครั้งต่อนาที [78]

ในปี 1999 Ebersbach และคณะได้ศึกษาถึงผลของการกระตุ้นด้วยเสียงและการสัมผัสต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 22 ราย และในคนปกติจำนวน 22 ราย โดยศึกษาเปรียบเทียบใน Metronome เมื่อใช้ความถี่เท่ากับ 80% ของจังหวะในการเดินปกติของผู้ป่วย พบว่าเสียงช่วยทำให้ระยะก้าวและช่วงการก้าวเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [45]

ในปี 2004 Suteerawattananon และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของสิ่งกระตุ้นจากภายนอกต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน จำนวน 24 ราย โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 เงื่อนไข คือ

1. ไม่มีสิ่งกระตุ้น
2. กระตุ้นด้วยแสงโดยใช้แถบสีเหลืองติดบนพื้นทีระยะห่างเท่ากับ 40% ของความสูงของผู้ป่วย

3. กระตุ้นด้วยเสียงโดยใช้เสียงจาก Metronome ที่ความถี่ 125 ครั้งต่อนาที
4. กระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง

เดินในระยะทาง 7.62 เมตรด้วยความเร็วสูงสุดที่ทำได้ โดยบันทึกข้อมูลด้วยนาฬิกาจับเวลาและคำนวณค่าต่าง ๆ ออกมา พบว่าการกระตุ้นด้วยเสียงมีผลต่อความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดิน สิ่งกระตุ้นทางสายตามีผลต่อระยะก้าว เมื่อรวมสิ่งกระตุ้นทั้ง 2 เข้าด้วยกัน พบว่าผลที่ได้ดีขึ้นน้อยกว่าการใช้สิ่งกระตุ้นเพียงตัวใดตัวหนึ่งเพียงอย่างเดียว โดยผลของการรวมกันของสิ่งกระตุ้นทั้ง 2 นั้นมีผลต่อความเร็วและจังหวะในการเดินเช่นเดียวกับการกระตุ้นด้วยเสียง [10]

ในปี 2006 Jiang และคณะได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการเริ่มก้าวเดิน (Gait initiation) ระหว่างการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นกับการเดินโดยมีการกระตุ้นด้วยเสียงและการกระตุ้นด้วยแสง ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีและไม่มีปัญหาการเดินติดขัด จำนวนกลุ่มละ 7 ราย โดยติด Infrared emitting diode ที่ตำแหน่งกระดูกกราม (zygomatic bone) และที่ส้นเท้า (Heels) ผู้ป่วยจะเดินในระยะ 3.66 เมตร จำนวน 10 รอบต่อเงื่อนไข จากนั้นพักประมาณ 3 – 5 นาที จึงทดสอบในเงื่อนไขต่อไป โดยมี Optotrak เป็นเครื่องมือในการตรวจจับแสงจากไดโอดทั้ง 2 ตำแหน่งและรายงานผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ โดยเปรียบเทียบค่าศูนย์กลางของแรงกด (Center of pressure, COP) สิ่งกระตุ้นจากเสียงได้มาจาก Piezo buzzer ซึ่งจะให้เสียงสูงและมีความยาวประมาณ 40 มิลลิวินาทีต่อ 1 ครั้ง ช่องว่างระหว่างเสียงจะเท่ากับเวลาที่ใช้ในการก้าว 1 ก้าวของผู้ป่วยแต่ละราย ซึ่งได้ข้อมูลมาจากการศึกษาขั้นต้น ส่วนของสิ่งกระตุ้นทางสายตามีลักษณะเป็นเส้นแถบหนา 1.9 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแต่ละแถบเท่ากับ 40% ของความสูงของผู้ป่วย ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของระยะก้าว, เวลาที่ใช้ในการก้าวและความเร็วในการเดิน จากผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มที่มีและไม่มีอาการเดินติดขัดพบว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของตัวแปรใด ๆ ในทุกเงื่อนไข (ผลขัดแย้งกับ Dibble, 2004) และพบว่าแสงให้ผลดีกว่าเสียงต่อระยะการเดิน และช่วยให้เวลาที่ใช้ต่อการยกเท้าก้าวเดินลดลง [79]

ในปี 2008 Arias และคณะได้ศึกษาถึงผลของการกระตุ้นด้วยแสงและการกระตุ้นด้วยเสียงในผู้ป่วยพาร์กินสัน 25 ราย เป็นผู้ป่วยที่มีความรุนแรงของโรคน้อยและมากจำนวน 16 และ 9 ราย ตามลำดับ ทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงโดยให้ผู้ป่วยสวมแว่นตา ที่มี LED ขนาด 3 มิลลิเมตร ความเข้มแสง 50 มิลลิแคนเดลาต่อตารางเมตร เป็นเวลา 50 มิลลิวินาที โดยจังหวะของแสงที่เปล่งจะขึ้นกับความต้องการของผู้ป่วย และทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียงโดยให้ผู้ป่วยสวมหูฟังที่มีเสียงความถี่ 4,625 เฮิรตซ์ มีจังหวะอยู่ในช่วง 70 – 100 ครั้งต่อนาที (จังหวะของเสียงและแสงจะ

ถูกตั้งให้เท่ากัน) บันทึกข้อมูลโดยการรับสัญญาณจากสวิตช์ที่ติดที่รองเท้าและมีตัวส่งสัญญาณวิทยุติดอยู่ที่เข็มขัดของผู้ป่วยเพื่อส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ พบว่าการกระตุ้นด้วยแสงมีผลต่อช่วงการก้าวแต่ไม่มีผลต่อจังหวะในการเดิน และพบว่าความถี่ของ Metronome ที่ดีที่สุดคือความถี่ที่เท่ากับจังหวะในการเดินของผู้ป่วย เพราะที่ความถี่ระดับนี้ช่วยทำให้ผู้ป่วยมีระยะก้าวเพิ่มขึ้นและมีความเร็วในแต่ละก้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [38]

จากข้อมูลรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ทั้งในส่วนของผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แถบสี, แสง ผลของสิ่งกระตุ้นทางเสียงโดยส่วนใหญ่มาจาก Metronome และผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตารวมกับสิ่งกระตุ้นทางเสียง พบว่ามีรูปแบบการศึกษาที่หลากหลายและมีผลการศึกษาของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินทั้งสอดคล้องและขัดแย้งกัน อีกทั้งการศึกษาจากเครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยเหลือต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัดในทั้ง 2 ช่วงเวลาการออกฤทธิ์ของยายังมีไม่มาก และผลการศึกษายังไม่เป็นที่แน่ชัด คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและประดิษฐ์ไม้เท้าช่วยเดินขึ้นขึ้น เพื่อรวมสิ่งกระตุ้นทั้งแสงและเสียงเข้ามาอยู่ภายในอุปกรณ์ชิ้นเดียวกัน ทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานและเหมาะแก่การนำไปศึกษาวิจัยในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัดถึงผลของสิ่งกระตุ้นดังกล่าว

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### การพิจารณาผ่านจริยธรรมการวิจัย

##### การพิจารณาโดยทั่วไป

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยคณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแล้ว โดยก่อนทำการศึกษาผู้ป่วยจะได้รับทราบข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ของการศึกษา
2. ข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดการดำเนินการวิจัย
3. ผลที่จะได้รับจากการรักษา ประโยชน์และผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้น
4. สิทธิของผู้ป่วยในการถอนตัวจากการเข้าร่วมโครงการศึกษาวิจัยซึ่งจะไม่มีผลใดใดต่อการรักษาทางการแพทย์

ผู้ป่วยจะเซ็นชื่อยินยอมเข้าร่วมวิจัยด้วยตนเอง โดยมีได้มีการข่มขู่แต่ประการใด และสามารถยกเลิกการเข้าร่วมโครงการในช่วงเวลาใดก็ได้ ไม่ว่าจะด้วยเหตุผลใดๆ ก็ตาม (รายละเอียดเอกสารการยินยอมเข้าร่วมศึกษาวิจัย แสดงในภาคผนวก ข)

##### การพิจารณาโดยเฉพาะเจาะจง

อาการแทรกต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ในขณะทำการทดสอบ เช่น อาการเกร็ง, สั่น เพิ่มมากขึ้น, สูญเสียการทรงตัวหรือมีแนวโน้มที่จะล้ม, หน้ามืด, ชีพจรเต้นเพิ่มมากขึ้น และอ่อนแรง จะได้รับการดูแลและพิจารณาเป็นอย่างดีจากนักกายภาพบำบัดผู้ทำวิจัย และผู้ป่วยสามารถแจ้งให้นักกายภาพบำบัดและแพทย์ทราบได้ทันทีถ้ามีอาการผิดปกติใดใดเกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ประชากร

### ประชากรเป้าหมาย

ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีปัญหาการเดิน โดยมี Hoehn and Yahr Disability Scales: stage II-III

### ประชากรศึกษา

ผู้ป่วยทั้งหมดที่ยินดีเข้าร่วมโครงการหลังจากได้รับการอธิบายรายละเอียดของโครงการแล้ว (Consecutive sampling) ผู้ป่วยทุกคนจะต้องผ่านการทดสอบช่วงการฝึก (Training Phase) เพื่อให้เข้าตามเกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion criteria) ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ โดยผู้ป่วยทั้งหมดเป็นผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษารูปแบบผู้ป่วยนอกที่คลินิกอายุรกรรมประสาท โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

### เกณฑ์ในการคัดกรองผู้ป่วย

เกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ป่วยเข้าการศึกษา (Inclusion criteria)

- อายุในช่วง 40-70 ปีทั้งหญิงและชาย
- ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคพาร์กินสัน > 6 เดือน
- มีอาการ 2 ใน 4 ของอาการเหล่านี้ คือ สั่น, แข็งเกร็ง, เคลื่อนไหวช้า, ทรวงตัวไม่สม่ำเสมอ
- Hoehn&Yahr 2 - 3
- ได้รับการรักษาทางยาคงที่อย่างต่อเนื่อง
- ผ่านการทดสอบการฝึก (Training phase)

เกณฑ์ในการคัดผู้ป่วยออกจากการศึกษา (Exclusion criteria)

- ผู้ป่วยที่ไม่ยินยอมเข้าการศึกษาแม้ได้อธิบายแล้ว
- มีอาการคล้ายพาร์กินสันแต่ไม่ใช่พาร์กินสัน
- มีอาการไม่แน่นอน
- ได้รับการปรับยาก่อนการวิจัยภายใน 30 วัน
- อาการเดินผิดปกติมีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่น เช่น โรคระบบกระดูกกล้ามเนื้อ, ระบบหลอดเลือด, มีอาการทางจิต
- มีปัญหาทางสายตาหรือตาบอดสี, มีปัญหาด้านการติดต่อสื่อสาร

### ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้นั้นมาจากค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างจำนวนการเดินติดขัดของผู้ป่วยที่ใช้ไม้เท้าทั่วไปและไม่ทำเลเซอร์ช่วยเดิน โดยคำนวณได้จากสูตร

$$n = \frac{[Z_{\alpha/2} + Z_{\beta}]^2 \sigma^2}{\mu^2} \quad [80]$$

$\alpha$  = 0.05 (type 1 error)

$\beta$  = 0.10 (type 2 error)

$Z_{\alpha/2}$  = 1.96 (two-tailed)

$Z_{\beta}$  = 1.28 (power of the test is 90%)

$\mu$  = different of mean of number of freezes in pilot group

$\sigma^2$  = different of variance of number of freezes in pilot group

จากข้อมูลของการศึกษานำร่อง (Pilot Study) ได้ค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

$\mu$  = 6

$\sigma^2$  = 30.47

ดังนั้นเมื่อแทนค่าในสูตรจะได้

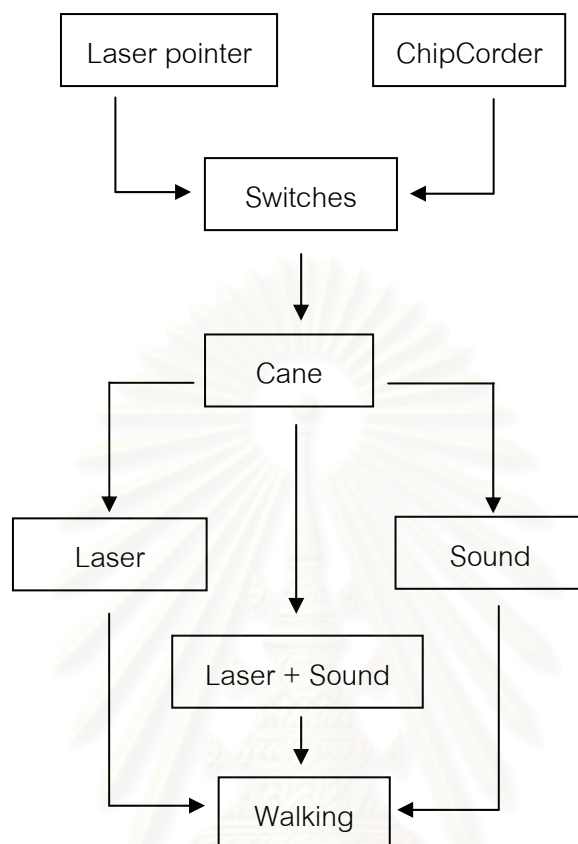
$$n = \frac{[1.96 + 1.28]^2 * 30.47}{36} = 9$$

การประมาณ Drop-out rate ที่ 20%

$$n = \frac{9}{(1-0.2)} = 11$$

ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ควรใช้ในการศึกษา คือ 11 คน

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

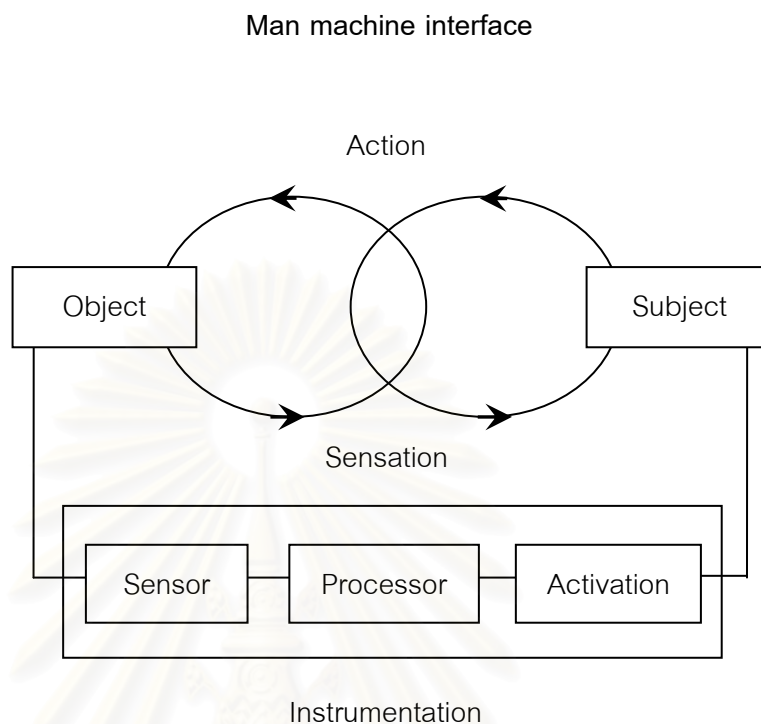


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมในการประดิษฐ์เครื่องมือ

ไม้เท้าช่วยเดินที่มีรูปแบบการกระตุ้น 3 รูปแบบ

คือ การกระตุ้นด้วยแสง, การกระตุ้นด้วยเสียงและการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง ซึ่งเกิดจากการนำอุปกรณ์เลเซอร์พอยเตอร์ (Laser pointer) และอุปกรณ์บันทึกเสียง (ChipCorder) มาประกอบเข้าที่ไม้เท้าโดยเชื่อมต่อกับสวิตช์ DPST (Double Pole, Single Throw) ซึ่งทำให้การเปล่งของแสงเลเซอร์และการเล่นของเสียงสามารถถูกควบคุมได้ทั้งสวิตช์ที่ปลายไม้เท้าและที่มือจับ เพื่อเป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัดสามารถเดินไปได้

## กลไกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปวยและเครื่องมือ



แผนผัง 3.1 แสดงกลไกความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปวยพารากินสันและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

- Object - 1. แสงเลเซอร์ที่เปล่งออกมาจากไม้เท้าช่วยเดิน  
2. เสียง Metronome ที่ดังขึ้น  
3. แสงเลเซอร์และเสียง Metronome
- Sensor - สวิตช์ที่อยู่ที่ปลายไม้เท้าหรือที่มือจับของไม้เท้าช่วยเดิน
- Processor - เมื่อผู้ปวยออกแรงกดไม้เท้าที่พื้นหรือกดที่สวิตช์ที่มือจับจะทำให้กลไกของวงจรไฟฟ้าทำงาน
- Activation - 1. แสงเลเซอร์ถูกเปล่งออกมาจากไม้เท้าช่วยเดิน  
2. เสียง Metronome ดังขึ้น  
3. แสงเลเซอร์และเสียง Metronome ถูกทำให้ปรากฏขึ้น
- Subject - ผู้ปวยพารากินสันที่มีการเดินติดขัดมีการตอบสนอง คือ
1. ยกเท้าก้าวข้ามแสง
  2. ก้าวเท้าตามจังหวะของเสียง
  3. ยกเท้าก้าวข้ามแสงและก้าวเท้าตามจังหวะของเสียง

## ขั้นตอนการประดิษฐ์และการพัฒนาไม้เท้าช่วยเดิน

แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1. การประดิษฐ์ไม้เท้าช่วยเดิน
2. การพัฒนาไม้เท้าช่วยเดินครั้งที่ 1
3. การพัฒนาไม้เท้าช่วยเดินครั้งที่ 2 (ดัดแปลงอุปกรณ์เข้าไปในไม้เท้า)

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1. การประดิษฐ์ไม้เท้าช่วยเดิน

1. นำออกฟติคอลไฟเบอร์มาติดที่เลเซอร์พอยเตอร์เพื่อดัดแปลงให้แสงจากแบบจุดให้เป็นแบบเส้น
2. ประกอบสวิตช์เข้าที่ปลายไม้เท้า
3. ประกอบอุปกรณ์ทุกชิ้นเพื่อให้พร้อมต่อการใช้งาน
4. ทดสอบประสิทธิผลในการใช้งานของไม้เท้าเลเซอร์
5. ปรับปรุงให้ไม้เท้าให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน



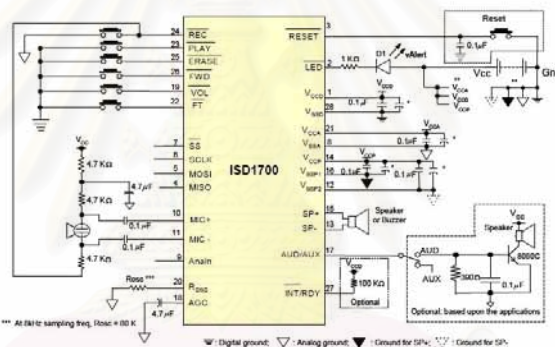
รูปที่ 3.2 ไม้เท้ารุ่นที่ 1 และไม้เท้าที่ผ่านการปรับปรุงให้เหมาะสมต่อการใช้งาน

2. การพัฒนาไม้เท้าช่วยเดินครั้งที่ 1

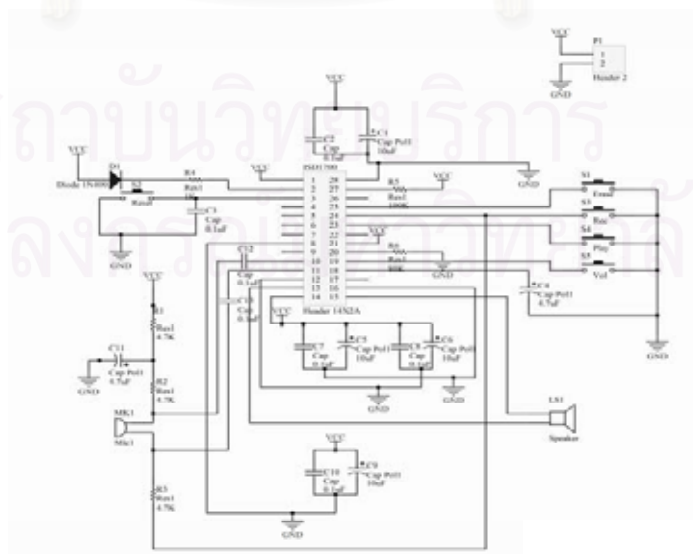
ส่วนของอุปกรณ์บันทึกเสียง

1. ออกแบบลายวงจร ของ ISD 1700 ตามรูปที่ 3.3 – 3.4 โดยมีขนาด 4.5\*4.5 เซนติเมตร
2. กัดแผ่นพริ้นต์ เพื่อนำมาใช้ในการต่ออุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.5 - 3.6
3. อัดเสียงจาก Metronome ที่ความถี่ 60, 80, 100 ครั้งต่อนาที
4. ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ มาใส่ในกล่องไว้สำหรับติดที่เข็มขัดผู้ป่วยและต่อสายไปที่ไม้เท้าเลเซอร์
5. นำไม้เท้าที่พัฒนาไปทดสอบในผู้ป่วยเพื่อหาความถี่ที่เหมาะสมในการนำไปวิจัย

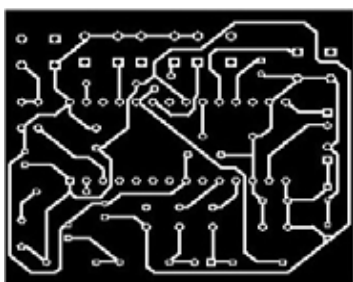
การใช้งาน ISD1700



รูปที่ 3.3 วงจรบันทึกเสียงที่ใช้ มี Microphone เป็น Input และมี Switches เป็นตัวควบคุมการทำงาน



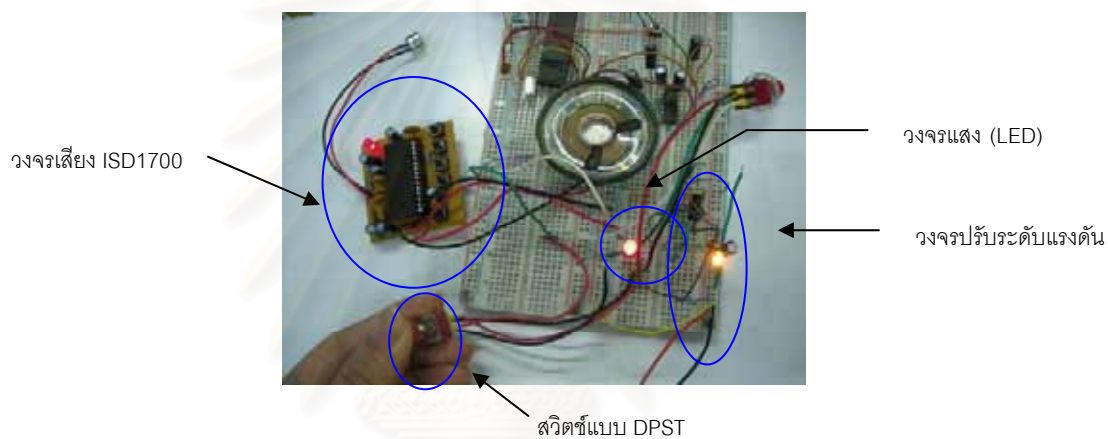
รูปที่ 3.4 Schematic ของ ISD1700



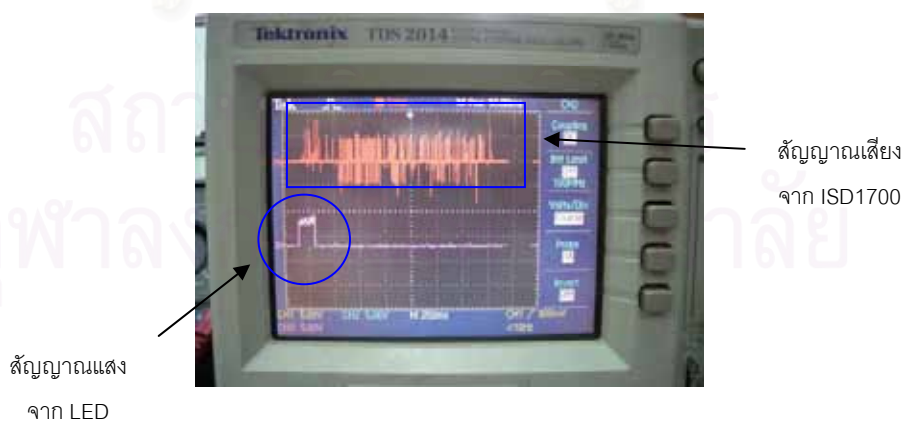
รูปที่ 3.5 ลายวงจรของ ISD1700



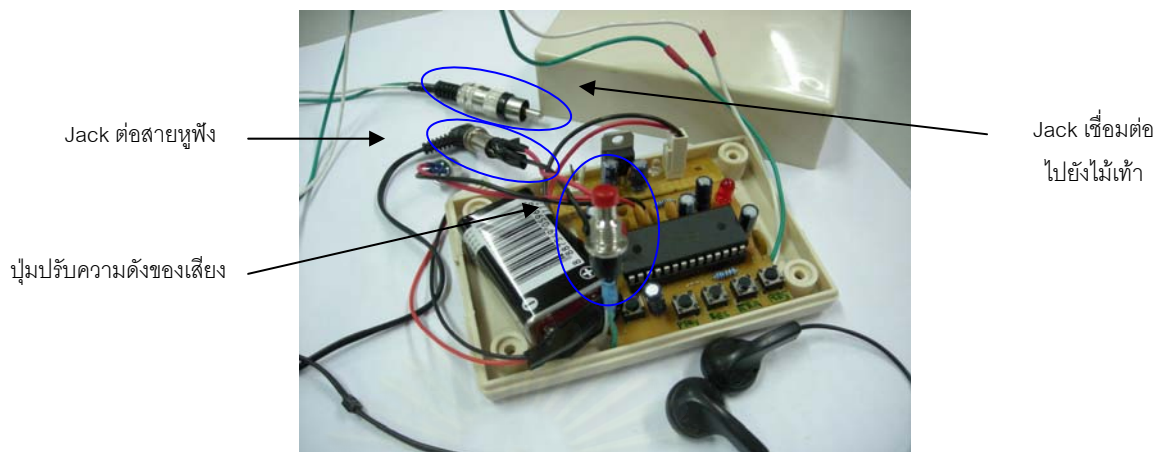
รูปที่ 3.6 ระบบเสียงที่ประกอบเรียบร้อยแล้ว



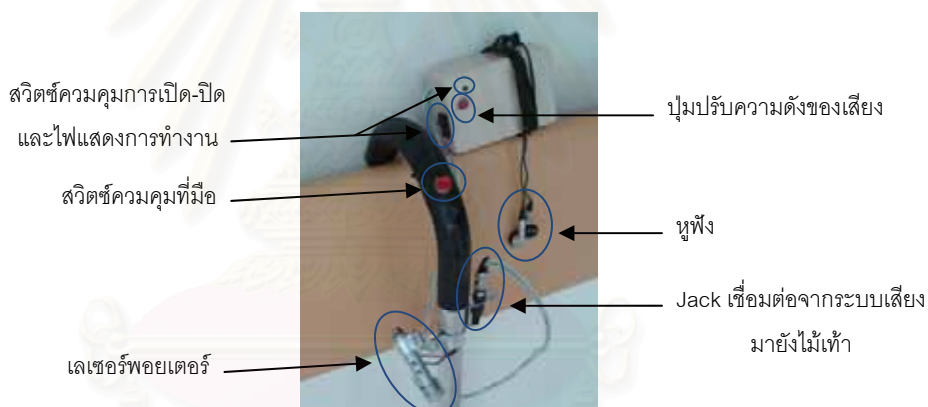
รูปที่ 3.7 ทดสอบการทำงานของระบบแสงและเสียงบนไฟรโตบอร์ด



รูปที่ 3.8 สัญญาณจากวงจรแสงและเสียง



รูปที่ 3.9 การจัดเรียงอุปกรณ์ทั้งหมดลงในกล่องและการต่อสายหูฟัง, สวิตช์กดเพิ่มเสียงและการเชื่อมต่อไปยังไมค์



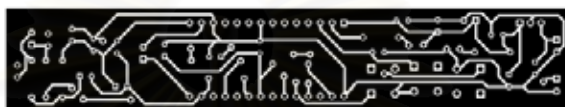
รูปที่ 3.10 ลักษณะของไมค์เท้าเลเซอร์หลังจากพัฒนาครั้งที่ 1

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 3. การพัฒนาไม้เท้าช่วยเดินครั้งที่ 2 (ดัดแปลงอุปกรณ์เข้าไปในไม้เท้า)

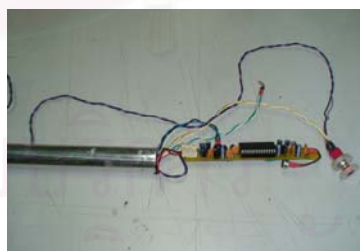
1. ออกแบบลายวงจรให้มีขนาด 2\*9 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถใส่เข้าไปในไม้เท้าได้
2. กัดแผ่นพริ้นต์ เพื่อนำมาใช้ในการต่ออุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.11 - 3.12
3. อัปเดตเสียงจาก Metronome ที่ความถี่ 60 ครั้งต่อนาที
4. ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าไปในตัวไม้เท้า ดังรูปที่ 3.13
5. นำไปทดสอบในผู้ป่วยเพื่อหาความถี่ที่เหมาะสมในการนำไปศึกษาวิจัย



รูปที่ 3.11 ลายวงจร ISD1700 ซึ่งปรับปรุงให้สามารถใส่เข้าไปในไม้เท้าได้



รูปที่ 3.12 วงจร ISD1700 ซึ่งปรับปรุงให้สามารถใส่เข้าไปในไม้เท้าได้



รูปที่ 3.13 การประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าไปในตัวไม้เท้า

## ลักษณะของไม้เท้าช่วยเดิน

- ประยุกต์จากไม้เท้าทั่วไป
- มีการทำงาน 3 แบบ คือ แสง, เสียง และแสงรวมกับเสียง
- มีปุ่มเปิด-ปิดแสงเลเซอร์ตรงตำแหน่งใกล้มือจับ
- มีปุ่มเปิด-ปิดตรงปลายไม้เท้า (จะติดเมื่อออกแรงกดไม้เท้า)
- มีสวิทช์เปิด-ปิดเสียงตรงตำแหน่งใกล้เลเซอร์
- มีสวิทช์ควบคุมความดังของเสียงตรงตำแหน่งใกล้เลเซอร์
- ใช้ถ่าน 12 โวลต์ จำนวน 1 ก้อน
- สามารถปรับระดับความสูงและมุมของแสงเลเซอร์ได้
- มีมือจับยาง



รูปที่ 3.14 ลักษณะของไม้เท้าเลเซอร์หลังจากพัฒนาครั้งที่ 2

### ลักษณะการใช้งานของแสงเลเซอร์

ลำแสงสีแดงเป็นเส้นตรงขนาด 3 มิลลิเมตร  
ยาวประมาณ 75 เซนติเมตร



รูปที่ 3.15 ลักษณะการใช้งานในส่วนของแสง

### ลักษณะการใช้งานของเสียง

เสียงจาก Metronome  
ความถี่ = 60 ครั้งต่อนาที



รูปที่ 3.16 ลักษณะการใช้งานในส่วนของเสียง

## ที่มาของความถี่ของเสียงที่ใช้ในการศึกษา

ความถี่ 60 ครั้งต่อนาที ที่ได้จากการนำไม้เท้าช่วยเดินไปทดสอบในผู้ป่วยและจากข้อมูลค่าเฉลี่ยของจังหวะในการเดินของผู้ป่วยในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง และจากผลการศึกษาก่อนหน้านี้ ซึ่งรายงานไว้ที่ความถี่ 60 ครั้งต่อนาที ทำให้พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับความถี่อื่น ๆ [33, 34, 38, 69, 71, 72, 74, 78]

## การใช้งานของไม้เท้าช่วยเดิน

เมื่อกดสวิตช์ที่ปลายไม้เท้าหรือที่มือจับจะมีแสงเลเซอร์พุ่งออกมาที่พื้น จากนั้นประมาณ 3 วินาที (เป็นช่วงเวลาที่ได้จากการศึกษาขั้นต้นถึงเวลาที่ผู้ป่วยพารากินสั้นเดินติดขัด) จะมีเสียงจาก Metronome ดังขึ้น ที่ความถี่ 60 ครั้งต่อนาที

รูปที่ 3.17 ขณะทดสอบไม้เท้าช่วยเดิน  
ที่พัฒนาครั้งที่ 1 ในผู้ป่วย



อุปกรณ์ให้เสียงกระตุ้น



รูปที่ 3.18 ขณะทดสอบไม้เท้าช่วยเดิน  
ที่พัฒนาครั้งที่ 2 ในผู้ป่วย

อุปกรณ์ให้เสียงกระตุ้น

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมด ประวัติ การตรวจร่างกาย ข้อมูลการเดินจะเป็นในลักษณะของ Spatiotemporal parameters โดยมีตัวแปรดังนี้

1. จำนวนก้าวที่เดินติดขัด (Number of freezes), (ก้าว)
2. ระยะการก้าวเดิน (Stride length), (เซนติเมตร)
3. ความเร็วในการเดิน (Velocity), (เซนติเมตร/วินาที)
4. จังหวะในการเดิน (Cadence), (ก้าว/นาที)

ในแต่ละสถานการณ์ ผู้ป่วยจะได้รับการทดสอบ 2 ครั้ง ผลของข้อมูลที่เก็บได้ตั้งข้อมูลข้างต้น จะนำมาศึกษา วิจัยทางสถิติ เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง 8 ตัวแปรหลัก คือ

- 
1. ช่วงยาหมดฤทธิ์ - ไม่มีสิ่งกระตุ้น
  2. ช่วงยาหมดฤทธิ์ - มีการกระตุ้นด้วยแสง
  3. ช่วงยาหมดฤทธิ์ - มีการกระตุ้นด้วยเสียง
  4. ช่วงยาหมดฤทธิ์ - มีการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นเสียง
- 
5. ช่วงยาออกฤทธิ์ - ไม่มีสิ่งกระตุ้น
  6. ช่วงยาออกฤทธิ์ - มีการกระตุ้นด้วยแสง
  7. ช่วงยาออกฤทธิ์ - มีการกระตุ้นด้วยเสียง
  8. ช่วงยาออกฤทธิ์ - มีการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นเสียง
- 

## ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมดมีดังนี้ ข้อมูลผู้ป่วย, ข้อมูลพื้นฐาน, ข้อมูลที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพผลชุดที่ 1 และข้อมูลที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพผลชุดที่ 2 ดังตาราง 3.1 และภาคผนวก ง

ตาราง 3.1 สรุปข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลพื้นฐาน	
■ จำนวนผู้ป่วย	N
■ เพศ	N(%)
■ อายุ (ปี)	Mean±SD Min-Max
■ น้ำหนัก(กิโลกรัม)	Mean±SD Min-Max
■ ส่วนสูง(เซนติเมตร)	Mean±SD Min-Max
■ ระยะเวลาการเป็นโรค(ปี)	Mean±SD Min-Max
■ Hoehn and Yahr scales	Mean±SD Min-Max
■ UPDRS scale (Motor Examination)	Mean±SD Min-Max
ข้อมูลที่ใช้ในการวัดประสิทธิผลชุดที่ 1	
■ จำนวนการเดินติดขัด (Number of freezes)	Mean±SD
■ เวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes)	Mean±SD
ข้อมูลที่ใช้ในการวัดประสิทธิผลชุดที่ 2	
■ ระยะการก้าว (Stride length)	Mean±SD
■ ความเร็วในการเดิน (Velocity)	Mean±SD
■ จังหวะในการเดิน (Cadence)	Mean±SD

## การวิเคราะห์ข้อมูล

### การพิจารณาโดยทั่วไป (General considerations)

- ข้อมูลพื้นฐาน  
รายงานแบบสถิติเชิงบรรยาย
- ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิผล

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Plan for statistical data analysis)

- สถิติที่จะมุ่งพิจารณาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดินในผู้ป่วยทั้ง 8 กรณี
- การทดสอบสมมติฐานของทุกกรณีต่อพารามิเตอร์ทั้งหมดจะใช้กรณีสองทาง (two-side) ที่ระดับนัยสำคัญ  $p\text{-value} < 0.05$
- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยสถิติทดสอบ Paired t-test

วิเคราะห์ข้อมูลโดยทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างการใช้ไม้เท้าทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดินในรูปแบบต่าง ๆ คือ การกระตุ้นด้วยแสง, การกระตุ้นด้วยเสียงและการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง ในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ โดยจะแสดงผลในรูปแบบของค่าเฉลี่ย (Mean:  $\bar{X}$ ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจะพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติดังตาราง 3.2 – 3.3

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.2 สรุปข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของการเดิน

ตัวแปร	สถิติที่ใช้ในการทดสอบ
พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพผลชุดที่ 1	
■ จำนวนการเดินติดขัด (Number of freezes)	Paired t-test
■ เวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes)	Paired t-test
พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพผลชุดที่ 2	
■ ระยะการก้าว (Stride length)	Paired t-test
■ ความเร็วในการเดิน (Velocity)	Paired t-test
■ จังหวะในการเดิน (Cadence)	Paired t-test

ตาราง 3.3 สรุปข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับช่วงเวลา, ชนิดของไม้เท้า, รูปแบบการทดสอบและระดับความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน

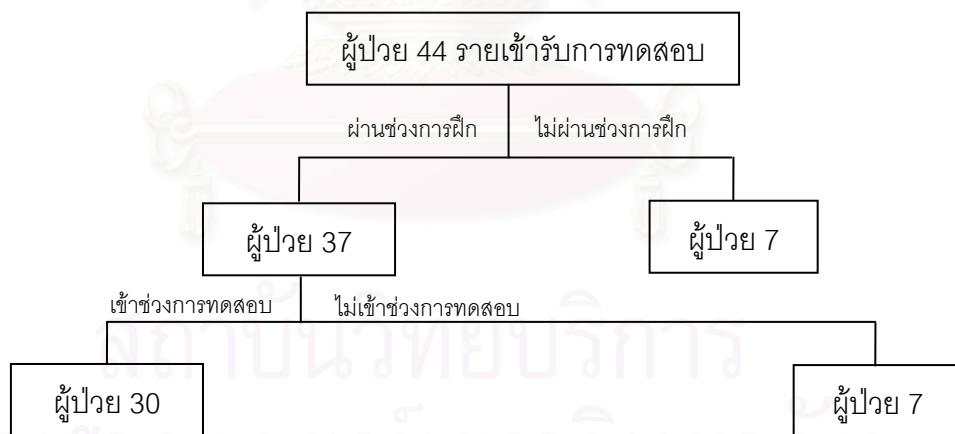
ตัวแปร	สถิติที่ใช้ในการทดสอบ
ช่วงเวลาการออกฤทธิ์ของยา	
■ ช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ (Off time)	Paired t-test
■ ช่วงที่ยาออกฤทธิ์ (On time)	Paired t-test
ชนิดของไม้เท้า	
■ ไม้เท้าทั่วไป (Normal cane)	Paired t-test
■ ไม้เท้าช่วยเดิน (Visual – Audio Stimulated Walking Cane)	Paired t-test
รูปแบบการทดสอบของไม้เท้า	
■ การกระตุ้นด้วยแสง (Visual Stimulation)	Paired t-test
■ การกระตุ้นด้วยเสียง (Auditory Stimulation)	Paired t-test
■ การกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง (Visual cues & Auditory Stimulation)	Paired t-test
ระดับความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน	
■ ระดับความรุนแรงน้อย (Mild PD)	Paired t-test
■ ระดับความรุนแรงมาก (Severe PD)	Paired t-test

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### ผลการวิเคราะห์

ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจาก ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันจากคลินิกโรคพาร์กินสัน โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงมีผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 44 ราย ที่ได้รับการคัดเลือกเข้ารับการทดสอบช่วงการฝึก (Training phase) ในช่วงระหว่างเดือน กันยายน 2550 – ธันวาคม 2550 ผู้ป่วยทุกรายจะผ่านการตรวจประเมินจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบประสาทก่อน และผ่านการคัดกรองโดยนักกายภาพบำบัดผู้วิจัย ผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 37 รายผ่านการทดสอบช่วงการฝึก แต่มีผู้ป่วยจำนวน 7 ราย ที่ไม่สามารถมาเข้าร่วมการทดสอบช่วงการทดสอบ (Intervention phase) ได้ และมีผู้ป่วย 7 รายไม่ผ่านการทดสอบช่วงแรก ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยและข้อมูลพื้นฐานของการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียงและการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นด้วยเสียง แสดงดังภาคผนวก จ



รูปที่ 4.1 ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมวิจัย



## ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย

ผู้ป่วยในการทดสอบครั้งที่ 1 ประกอบด้วย ผู้ป่วยชายจำนวน 16 คน (53.3%) และผู้ป่วยหญิงจำนวน 14 คน (46.7 %) โดยมีอายุเฉลี่ย 62.3 ปี ข้อมูลต่าง ๆ แสดงดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย

จำนวนผู้ป่วย	30
เพศ	
ชาย	16
หญิง	14
อายุ (ปี)	
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	62.3±13.03
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	38 - 82
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	61.42±8.74
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	46 - 86
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	164.23±6.34
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	150 - 181
ระยะเวลาการเป็นโรค(ปี)	
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	5.25±3.12
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	1 - 13
Hoehn and Yahr scales	
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2±0.40
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	2 - 3
UPDRS scale (Motor Examination)	
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	30±7.77
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	20 - 49

ตาราง 4.2 แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วยแบ่งตามระดับความรุนแรงของโรค  
กลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย (H&Y = 2)

ผู้ป่วย	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง	ระยะเวลา การเป็นโรค	H & Y	UPDRS III (Motor scores)
1	49	86	160	1	2	25
2	60	56	165	13	2	22
3	64	65	166	5	2	21
4	39	55	165	4	2	23
5	82	58	160	4	2	24
6	68	67	170	1	2	23
7	45	54	167	5	2	26
8	48	80	165	10	2	20
9	42	61	165	10	2	24
10	67	58	160	4	2	21
11	70	66	165	4	2	26
12	42	46	165	4	2	32
13	65	61	166	4	2	22
14	77	71	170	5	2	26
15	68	65	167	2	2	24
16	44	62	173	5.6	2	32
17	62	65	170	5	2	29
Mean	60	62.62	166.38	4.89	2	25.31
SD	14.00	8.23	3.80	2.59	0.00	3.79
Min	42	46	160	1	2	20
Max	82	80	173	10	2	32

ตาราง 4.3 แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วยแบ่งตามระดับความรุนแรงของโรค  
กลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก (H&Y >2)

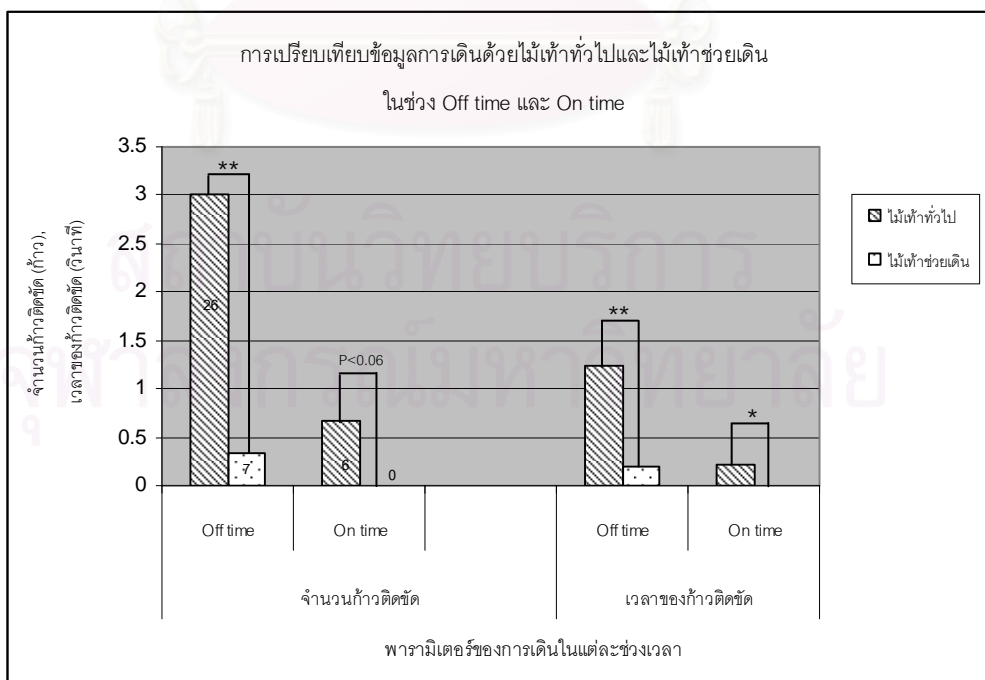
ผู้ป่วย	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง	ระยะเวลา การเป็นโรค	H & Y	UPDRS III (Motor scores)
1	73	65	158	5	2.5	35
2	65	55.5	168	3	2.5	28
3	38	53	160	3	2.5	33
4	64	63	165	2	2.5	31
5	77	65	167	8	2.5	28
6	63	56	169	7	2.5	29
7	65	68	181	7	2.5	30
8	70	68	160	12	3	45
9	79	67	165	3	3	45
10	66	49	150	4	3	34
11	63	52	160	10	3	42
12	82	55	155	5	3	49
13	72	50	150	2	3	38
Mean	66.92	57.73	161.54	5.38	2.77	35.85
SD	10.78	7.42	9.03	3.18	0.26	7.22
Min	38	49	150	2	2.5	28
Max	82	68	181	12	3	49

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจำนวน 30 ราย ที่ผ่านการทดสอบการเดินด้วยการกระตุ้นด้วยแสงแล้ว ข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลด้วยการแสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ ของการเดิน ดังแผนผัง 4.1 – 4.8 และแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\bar{X} \pm SD$ ) ดังแสดงในภาคผนวก จ

### ข้อมูลที่ใช่วัดประสิทธิภาพผลชุดที่ 1

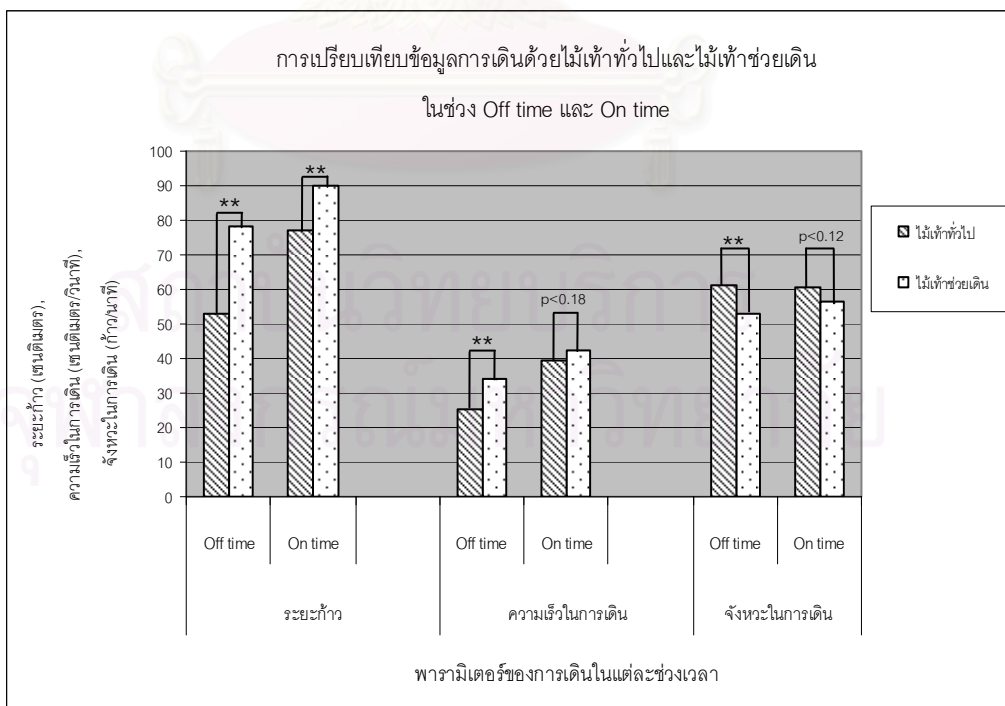
เมื่อเปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดระหว่างไม่เท้าทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดินในช่วงยามหมืดฤทธิและยามออกฤทธิ ในช่วงยามหมืดฤทธิมีผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 26 ราย ที่มีการเดินติดขัดขณะใช้ไม่เท้าทั่วไป และพบในผู้ป่วย 7 รายขณะใช้ไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ในช่วงยามออกฤทธิพบผู้ป่วยจำนวน 6 ราย ที่มีการเดินติดขัดขณะใช้ไม่เท้าทั่วไป และ 0 รายขณะใช้ไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\bar{X} \pm SD$ ) ของจำนวนก้าวติดขัด เมื่อเปรียบเทียบกับกรเดินโดยใช้ไม่เท้าทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดินในช่วงยามหมืดฤทธิและในช่วงยามออกฤทธิเป็น  $2.87 \pm 5.82$  ( $t=3.64, p<0.002$ ) ก้าว,  $0.67 \pm 1.85$  ( $t=1.98, p<0.06$ ) ก้าว และพบความแตกต่างของเวลาของก้าวติดขัดเป็น  $1.04 \pm 0.80$  ( $t=7.15, p<0.0001$ ) วินาที และ  $0.21 \pm 0.50$  ( $t=2.29, p<0.03$ ) วินาที ตามลำดับ ดังแผนผัง 4.1



แผนผัง 4.1 เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดระหว่างไม่เท้าทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดิน ในช่วงยามหมืดฤทธิและยามออกฤทธิในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง

## ข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิผลชุดที่ 2

จากแผนผัง 4.2 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\bar{X} \pm SD$ ) ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบการเดินทางโดยใช้ไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดิน ดังนี้ ในช่วงยาหมดฤทธิ์พบว่าระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเป็น  $25.03 \pm 18.12$  ( $t=7.57, p<0.0001$ ) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเป็น  $8.86 \pm 10.45$  ( $t=4.64, p<0.0001$ ) เซนติเมตรต่อวินาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเป็น  $8.02 \pm 14.50$  ( $t=3.03, p<0.006$ ) ก้าวต่อนาที ในช่วงยาออกฤทธิ์ระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเป็น  $13.23 \pm 12.22$  ( $t=5.93, p<0.0001$ ) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปโดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น  $3.04 \pm 11.98$  ( $t=1.39, p<0.18$ ) เซนติเมตรต่อวินาที และจังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเช่นเดียวกัน โดยมีความแตกต่างเป็น  $4.36 \pm 14.69$  ( $t=1.63, p<0.12$ ) ก้าวต่อนาที



\*\* p<0.01, \* p<0.05

แผนผัง 4.2 เปรียบเทียบข้อมูลการเดินทางด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินในช่วงยาหมดฤทธิ์และช่วงยาออกฤทธิ์ ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง

## ผลการเปรียบเทียบ

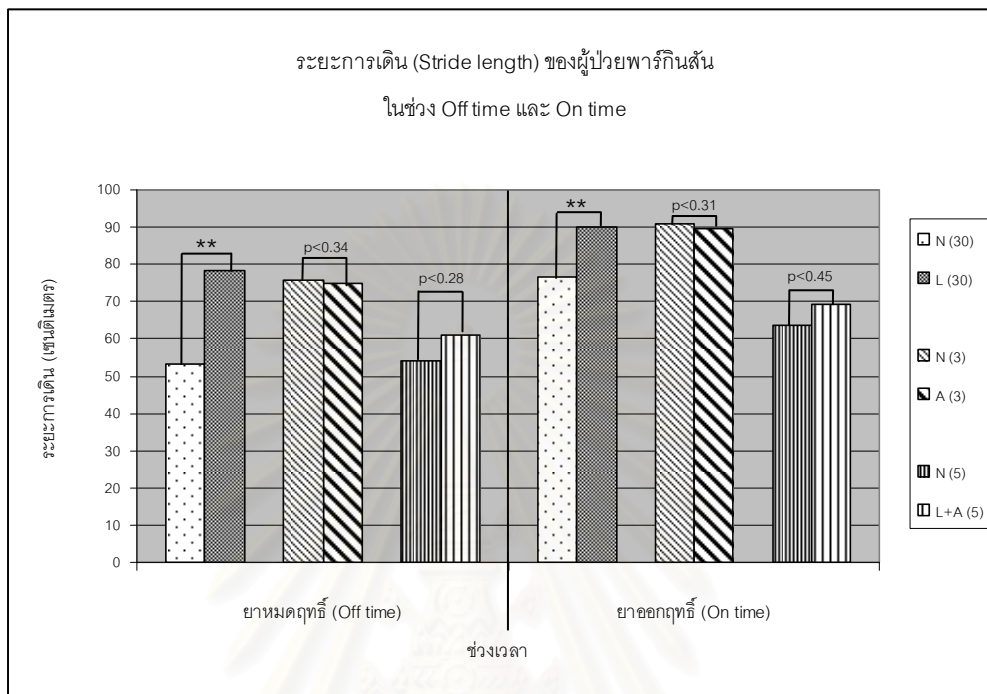
จากการทดสอบการเดินใน 3 กรณี คือ การเดินโดยมีการกระตุ้นด้วยแสงในผู้ป่วยจำนวน 30 ราย, การกระตุ้นด้วยเสียงจำนวน 3 ราย และการกระตุ้นด้วยแสงกับเสียงจำนวน 5 ราย ได้ผลการทดสอบดังแผนผัง 4.3 – 4.5

\*หมายเหตุ\* ผลการทดสอบการเดินโดยมีการกระตุ้นด้วยเสียง และการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับเสียง แสดงในภาคผนวก ข

### 1. ระยะก้าว (Stride length)

จากแผนผัง 4.3 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะก้าวในการกระตุ้นด้วยแสง, เสียง และแสงรวมกับเสียงเมื่อเปรียบเทียบการเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินกับการเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยามดกฤกษ์และในช่วงยาออกฤกษ์ ดังนี้ ระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยามดกฤกษ์และในช่วงยาออกฤกษ์ เป็น  $25.03 \pm 18.12$  ( $t=7.57$ ,  $p<0.0001$ ) เซนติเมตร และ  $13.23 \pm 12.22$  ( $t=5.93$ ,  $p<0.0001$ ) เซนติเมตร ตามลำดับ ระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามดกฤกษ์มีค่าเป็น  $1.22 \pm 34.07$  ( $t=1.28$ ,  $p<0.34$ ) เซนติเมตร, ระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามดกฤกษ์มีค่าเป็น  $7.02 \pm 12.41$  ( $t=1.27$ ,  $p<0.28$ ) เซนติเมตร ในช่วงยาออกฤกษ์พบว่า ระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปโดยมีค่าเป็น  $1.39 \pm 1.76$  ( $t=1.37$ ,  $p<0.31$ ) เซนติเมตร, และระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปด้วยเช่นกัน โดยมีค่าเป็น  $5.78 \pm 15.33$  ( $t=0.84$ ,  $p<0.45$ ) เซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(N=ไม่ทำทั่วไป, L=การกระตุ้นด้วยแสง, A=การกระตุ้นด้วยเสียง, L+A=การกระตุ้นด้วยแสง+เสียง)

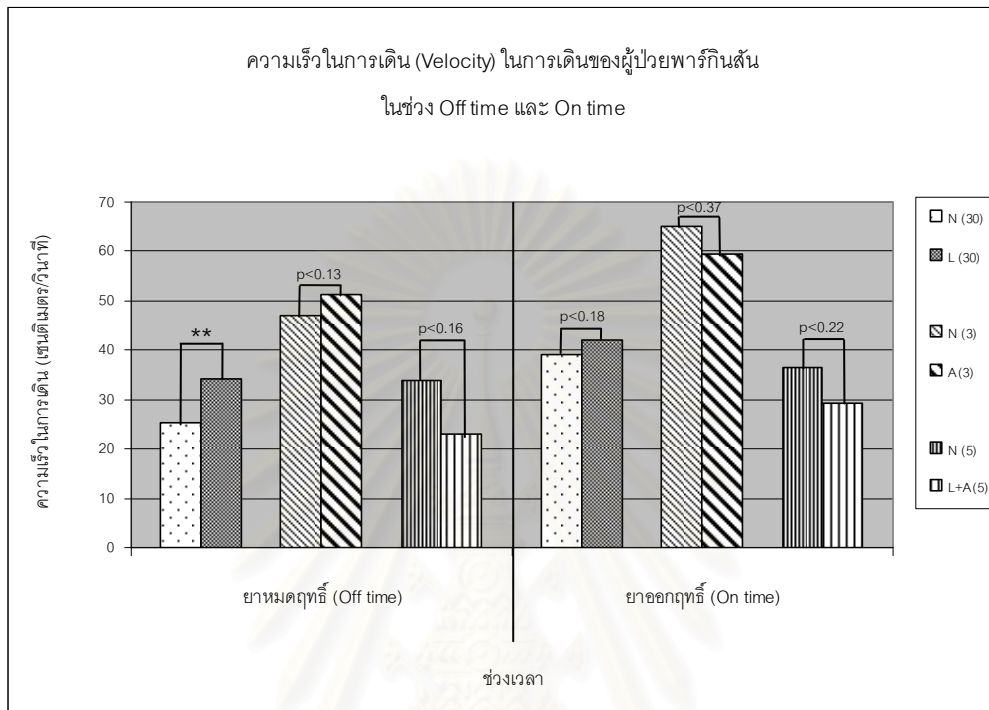
\*\* p<0.01, \* p<0.05

แผนผัง 4.3 เปรียบเทียบระยะก้าว (Stride length) ในช่วงยามหมดฤทธิ์และยามออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินโดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี

## 2. ความเร็วในการเดิน (Velocity)

จากแผนผัง 4.4 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วในการเดินในการกระตุ้นด้วยแสง, เสียง และแสงรวมกับเสียงเมื่อเปรียบเทียบการเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินกับการเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ ดังนี้ ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์โดยมีค่าเป็น  $8.86 \pm 10.45$  ( $t=4.64$ ,  $p<0.01$ ) เชนติเมตรต่อวินาที, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์โดยมีค่าเป็น  $3.26 \pm 2.17$  ( $t=2.59$ ,  $p<0.13$ ) เชนติเมตรต่อวินาที, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์โดยมีค่าเป็น  $10.99 \pm 14.14$  ( $t=1.74$ ,  $p<0.16$ ) เชนติเมตรต่อวินาที ในช่วงยาออกฤทธิ์พบว่า ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $3.04 \pm 11.98$  ( $t=1.39$ ,  $p<0.18$ ) เชนติเมตรต่อวินาที, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $5.77 \pm 8.49$  ( $t=1.18$ ,  $p<0.37$ ) เชนติเมตรต่อวินาที และความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเป็น  $7.19 \pm 11.00$  ( $t=1.46$ ,  $p<0.22$ ) เชนติเมตรต่อวินาที





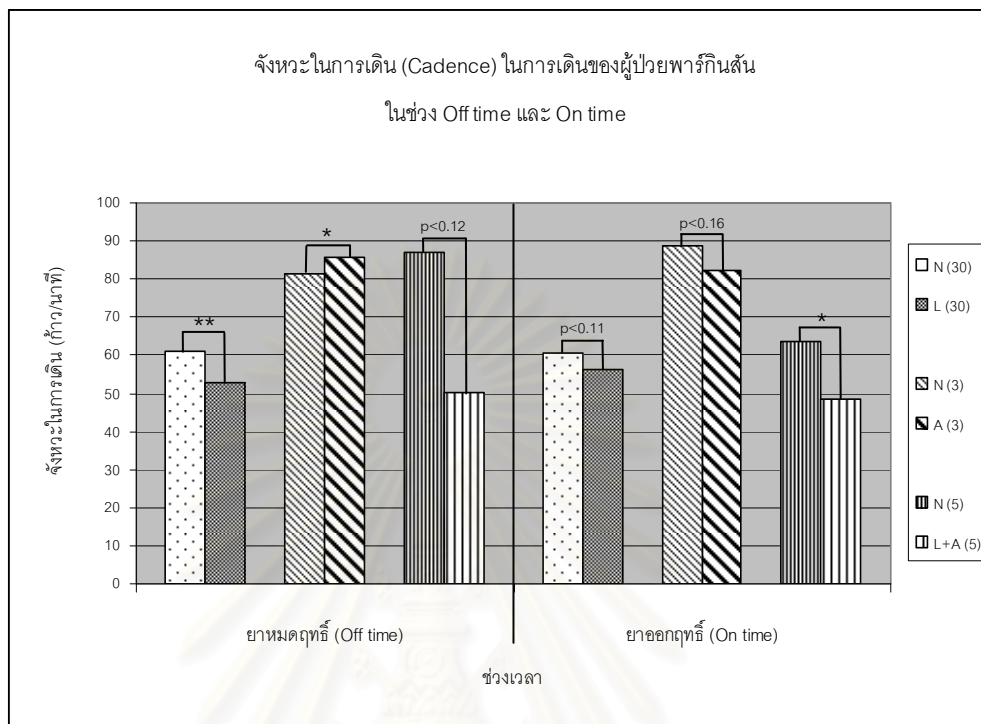
(N=ไม่เท้าทั่วไป, L=การกระตุ้นด้วยแสง, A=การกระตุ้นด้วยเสียง, L+A=การกระตุ้นด้วยแสง+เสียง)

\*\* p<0.01, \* p<0.05

แผนผัง 4.4 เปรียบเทียบความเร็วในการเดิน (Velocity) ในช่วงยาหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์  
ของผู้ป่วยที่เดินด้วยไม่เท้าทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดินโดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี

### 3. จังหวะในการเดิน (Cadence)

จากแผนผัง 4.5 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจังหวะในการเดินในการกระตุ้นด้วยแสง, เสียง และแสงรวมกับเสียงเมื่อเปรียบเทียบการเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินกับการเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ ดังนี้ จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์โดยมีค่าเป็น  $8.02 \pm 14.50$  ( $t=3.03$ ,  $p<0.006$ ) ก้าวต่อนาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์โดยมีค่าเป็น  $4.15 \pm 1.19$  ( $t=6.05$ ,  $p=0.03$ ) ก้าวต่อนาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์โดยมีค่าเป็น  $36.58 \pm 40.84$  ( $t=2.00$ ,  $p<0.12$ ) ก้าวต่อนาที ในช่วงยาออกฤทธิ์พบว่า จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $4.37 \pm 14.70$  ( $t=1.63$ ,  $p<0.11$ ) ก้าวต่อนาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $6.47 \pm 5.14$  ( $t=2.18$ ,  $p<0.16$ ) ก้าวต่อนาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $15.23 \pm 9.76$  ( $t=3.48$ ,  $p<0.03$ ) ก้าวต่อนาที



(N=ไม่เท้าทั่วไป, L=การกระตุ้นด้วยแสง, A=การกระตุ้นด้วยเสียง, L+A=การกระตุ้นด้วยแสง+เสียง)

\*\* p<0.01, \* p<0.05

แผนผัง 4.5 เปรียบเทียบจังหวะในการเดิน (Cadence) ในช่วงยามหมดฤทธิ์และในช่วงยามออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดินโดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลผู้ป่วยที่ได้รับการกระตุ้นด้วยแสงข้างต้น สามารถแบ่งกลุ่มผู้ป่วยได้เป็น 2 กลุ่ม ตามระดับความรุนแรงของโรคโดยใช้ระดับคะแนน Hoehn & Yahr (H&Y) เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ระดับความรุนแรงของโรคน้อย (H&Y=2) หรือ Mild PD

(n=17, 56.67%)

กลุ่มที่ 2 ระดับความรุนแรงของโรคมาก (H&Y>2) หรือ Severe PD

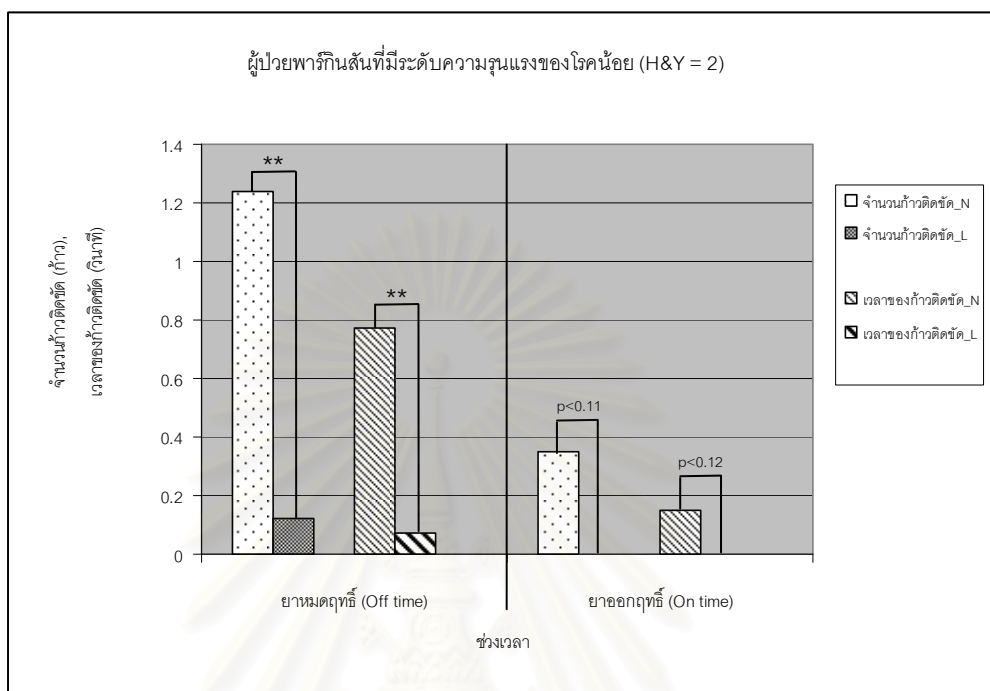
(n=13, 44.33%)

### การวิเคราะห์ประสิทธิผลของไม้เท้าช่วยเดินจากข้อมูลกลุ่มที่ 1 (H&Y = 2)

ผลการเปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัด, เวลาของก้าวติดขัด, ระยะการเดิน, ความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดิน ในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ระหว่างการใช้ไม้เท้าทั่วไป และไม้เท้าช่วยเดิน ในผู้ป่วยกลุ่มที่ 1 - 2 แสดงดังแผนผัง 4.6 – 4.14

#### ข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิผลชุดที่ 1

จากแผนผัง 4.6 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดในการเดินด้วยไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย พบว่าจำนวนก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย โดยมีค่าเป็น  $1.12 \pm 0.70$  ( $t=6.61$ ,  $p<0.0001$ ) ก้าว, เวลาของก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย โดยมีค่าเป็น  $0.69 \pm 0.44$  ( $t=6.52$ ,  $p<0.0001$ ) วินาที ในช่วงยาออกฤทธิ์พบว่าจำนวนก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย โดยมีค่าเป็น  $0.35 \pm 0.86$  ( $t=1.69$ ,  $p<0.11$ ) ก้าว, เวลาของก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย โดยมีค่าเป็น  $1.55 \pm 0.38$  ( $t=1.66$ ,  $p<0.12$ ) วินาที



N=ไม่เท้าทั่วไป L=ไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง

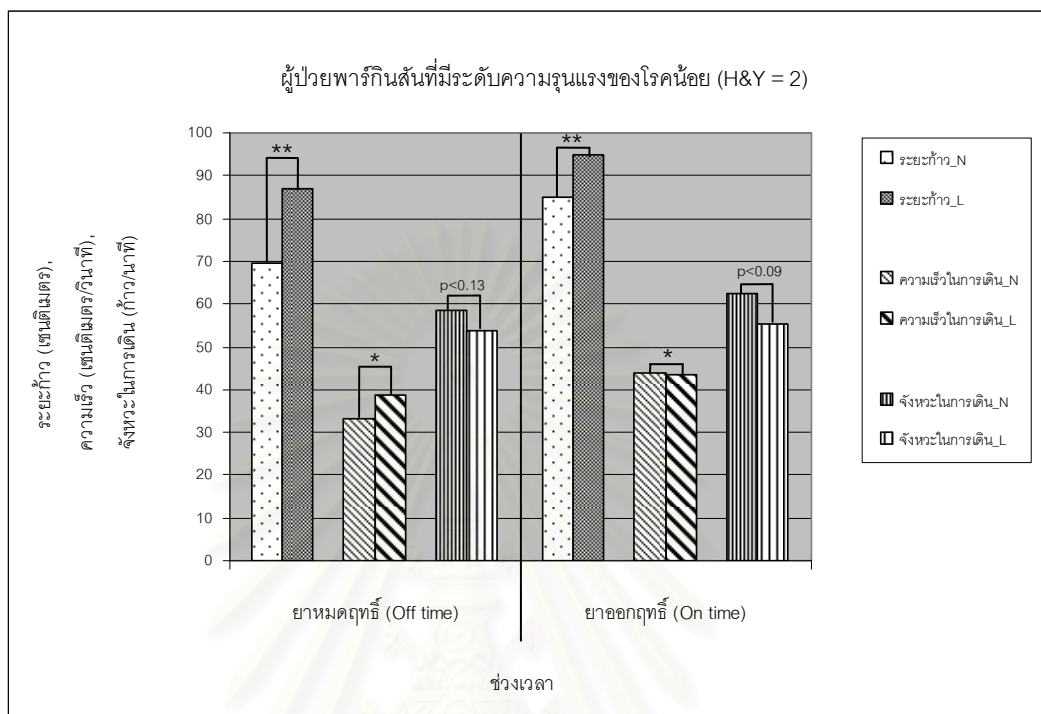
\*\* p<0.01, \* p<0.05

แผนผัง 4.6 เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดระหว่างไม่เท้าทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดิน ในช่วงยามหมดฤทธิ์และในช่วงยามออกฤทธิ์แบ่งของกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิผลชุดที่ 2

จากแผนผัง 4.7 เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเดิน, ความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดิน เมื่อทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยาหมดฤทธิ์ และในช่วงยาออกฤทธิ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย พบว่าระยะเวลาในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยาหมดฤทธิ์ โดยมีค่าเป็น  $17.46 \pm 10.41$  ( $t=6.91$ ,  $p<0.0001$ ) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์ โดยมีค่าเป็น  $5.58 \pm 10.12$  ( $t=2.27$ ,  $p<0.05$ ) เซนติเมตรต่อวินาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์ โดยมีค่าเป็น  $4.65 \pm 11.99$  ( $t=1.60$ ,  $p<0.13$ ) ก้าวต่อนาที ในช่วงยาออกฤทธิ์พบว่า ระยะเวลาในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $9.86 \pm 12.43$  ( $t=3.27$ ,  $p<0.005$ ) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $0.27 \pm 11.63$  ( $t=2.27$ ,  $p<0.038$ ) เซนติเมตรต่อวินาที และจังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $7.13 \pm 16.12$  ( $t=1.82$ ,  $p<0.09$ ) ก้าวต่อนาที



N=ไม่ทำทั่วไป L=ไม่ทำช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง

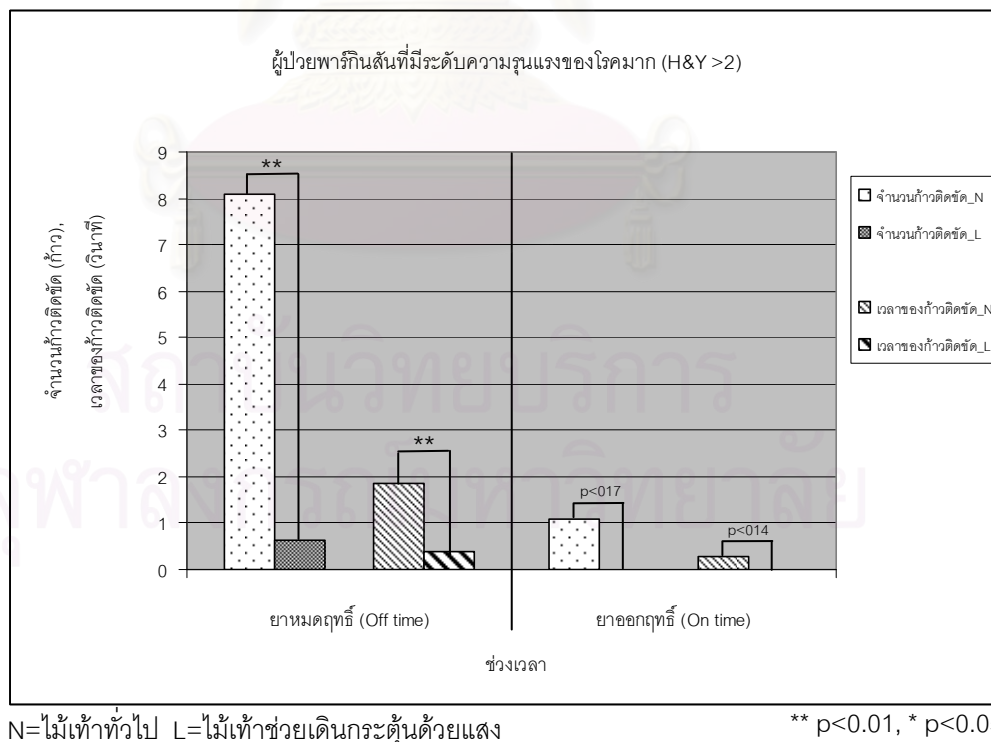
\*\* p<0.01, \* p<0.05

แผนผัง 4.7 เปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินในช่วงยามอดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย

## การวิเคราะห์ประสิทธิผลของไม้เท้าช่วยเดินจากข้อมูลกลุ่มที่ 2 ( $H \& Y > 2$ )

### ข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิผลชุดที่ 1

จากแผนผัง 4.8 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดในการเดินด้วยไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยามดึกฤกษ์และในช่วงยามออกฤกษ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก พบว่าจำนวนก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามดึกฤกษ์ โดยมีค่าเป็น  $7.46 \pm 7.52$  ( $t=3.58$ ,  $p<0.004$ ) ก้าว, เวลาของก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $1.49 \pm 0.94$  ( $t=5.71$ ,  $p<0.0001$ ) วินาที ในช่วงยามออกฤกษ์พบว่า จำนวนก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $1.08 \pm 2.63$  ( $t=1.48$ ,  $p<0.17$ ) ก้าว และเวลาของก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $0.28 \pm 0.64$  ( $t=1.60$ ,  $p<0.14$ ) วินาที

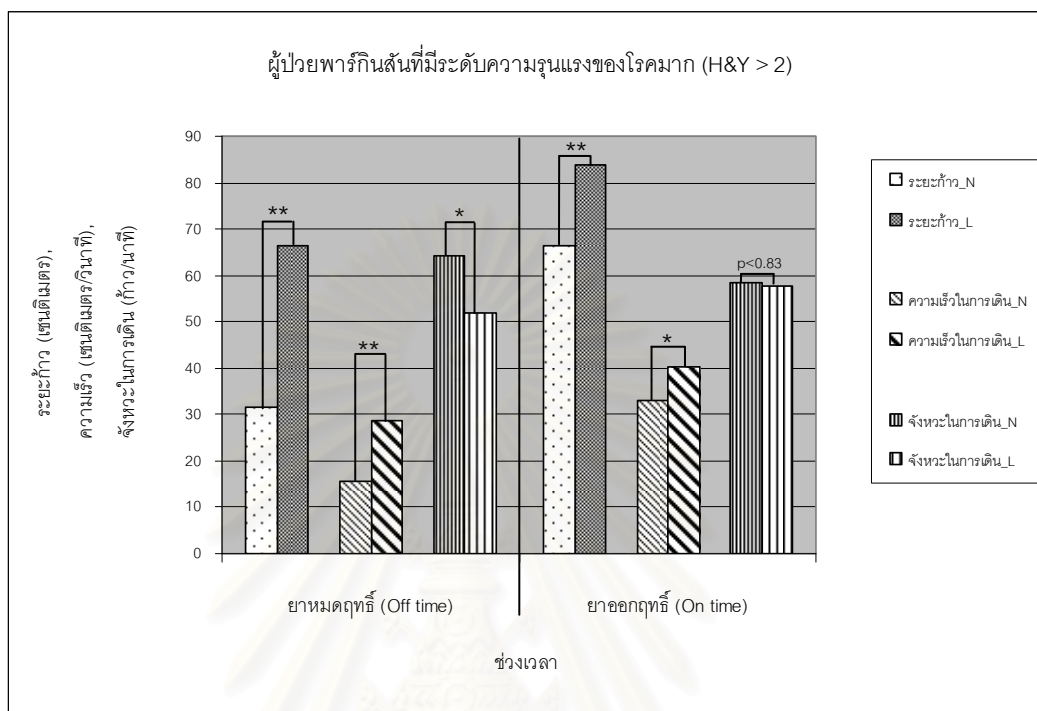


แผนผัง 4.8 เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดระหว่างไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินในช่วงยามดึกฤกษ์และในช่วงยามออกฤกษ์ของกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก



## ข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิผลชุดที่ 2

จากแผนผัง 4.9 เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเดิน, ความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดิน เมื่อทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและไม่เท้าทั่วไป ในช่วงยามดกฤทธิ และในช่วงยาออกฤทธิ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก พบว่าระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยามดกฤทธิ โดยมีค่าเป็น  $34.92 \pm 21.49$  ( $t=5.86$ ,  $p<0.0003$ ) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามดกฤทธิ โดยมีค่าเป็น  $13.15 \pm 9.60$  ( $t=4.94$ ,  $p<0.0001$ ) เซนติเมตรต่อวินาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามดกฤทธิ โดยมีค่าเป็น  $12.42 \pm 16.71$  ( $t=2.68$ ,  $p<0.05$ ) ก้าวต่อนาที ในช่วงยาออกฤทธิพบว่า ระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $17.64 \pm 10.84$  ( $t=5.86$ ,  $p<0.0001$ ) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $7.38 \pm 11.43$  ( $t=2.33$ ,  $p<0.03$ ) เซนติเมตรต่อวินาที และจังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น  $0.76 \pm 12.27$  ( $t=0.22$ ,  $p<0.83$ ) ก้าวต่อนาที



N=ไม่ทำทั่วไป L=ไม่ทำช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง

\*\* p<0.01, \* p<0.05

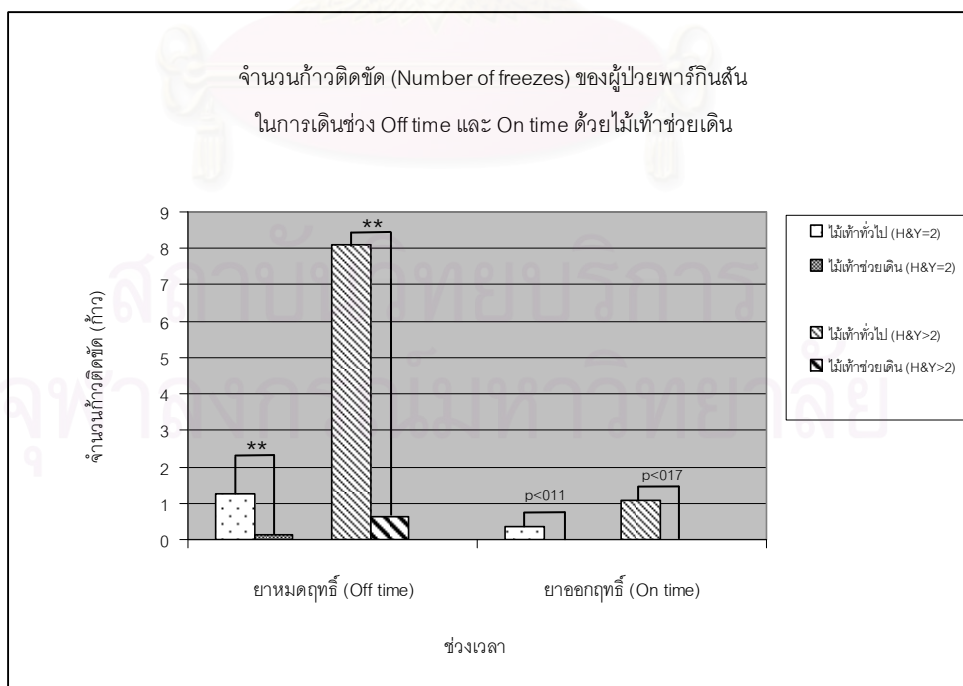
แผนผัง 4.9 เปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินในช่วงยามอดฤทธิ์และยามออกฤทธิ์  
ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก

## การวิเคราะห์ปัจจัย

### 1. จำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes)

เมื่อพิจารณาแผนผัง 4.10 เพื่อเปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดของผู้ป่วยในทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อยและกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมาก พบว่าจำนวนก้าวติดขัดในการเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามหนวดฤทธิ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยและระดับความรุนแรงของโรคมาก, ผลการกระตุ้นด้วยแสงต่อจำนวนก้าวติดขัดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนก้าวติดขัดที่ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงในช่วงยามออกฤทธิ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยและระดับความรุนแรงของโรคมาก เช่นเดียวกัน

นอกจากนี้พบว่าจำนวนก้าวติดขัดพบมากในผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก และการกระตุ้นด้วยแสงช่วยทำให้จำนวนก้าวติดขัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงยามหนวดฤทธิ์ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลจำนวนก้าวติดขัดระหว่างในช่วงยามหนวดฤทธิ์ และในช่วงยามออกฤทธิ์ พบว่ายาามีผลต่อการลดลงของจำนวนก้าวติดขัด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าผู้ป่วยมีจำนวนก้าวติดขัดลดลงหลังจากที่ได้รับผลของฤทธิ์ยา



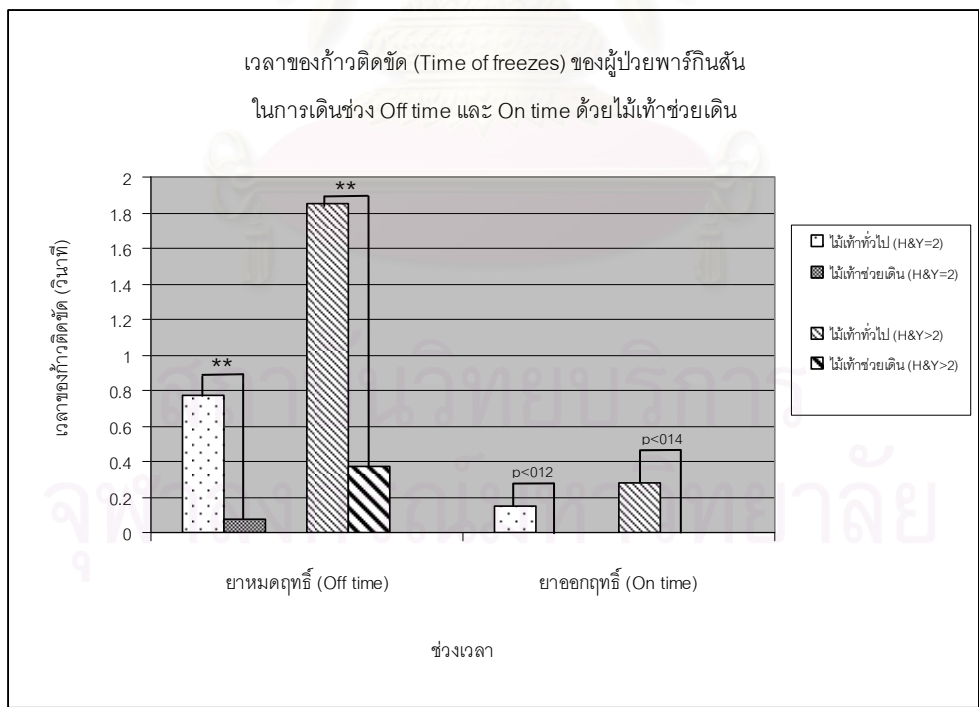
\*\* p<0.01, \* p<0.05

แผนผัง 4.10 เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes) ในช่วงยามหนวดฤทธิ์และยามออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค

## 2. เวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes)

เมื่อพิจารณาแผนผัง 4.11 เพื่อเปรียบเทียบเวลาของก้าวติดขัดของผู้ป่วยในทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อยและกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมาก พบว่าเวลาของก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามหตุฤทธิ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยและระดับความรุนแรงของโรคมาก, เวลาในการเดินติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามออกฤทธิ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยและกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมากเช่นเดียวกัน

นอกจากนี้พบว่าเวลาของก้าวติดขัดพบมากในผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก และการกระตุ้นด้วยแสงช่วยทำให้เวลาของก้าวติดขัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงยามหตุฤทธิ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลเวลาของก้าวติดขัดระหว่างในช่วงยามหตุฤทธิ และในช่วงยามออกฤทธิ พบว่ายาามีผลต่อการลดลงของเวลาของก้าวติดขัด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เวลาของก้าวติดขัดลดลงหลังจากที่ผู้ป่วยได้รับผลของฤทธิยา



\*\* p<0.01, \* p<0.05

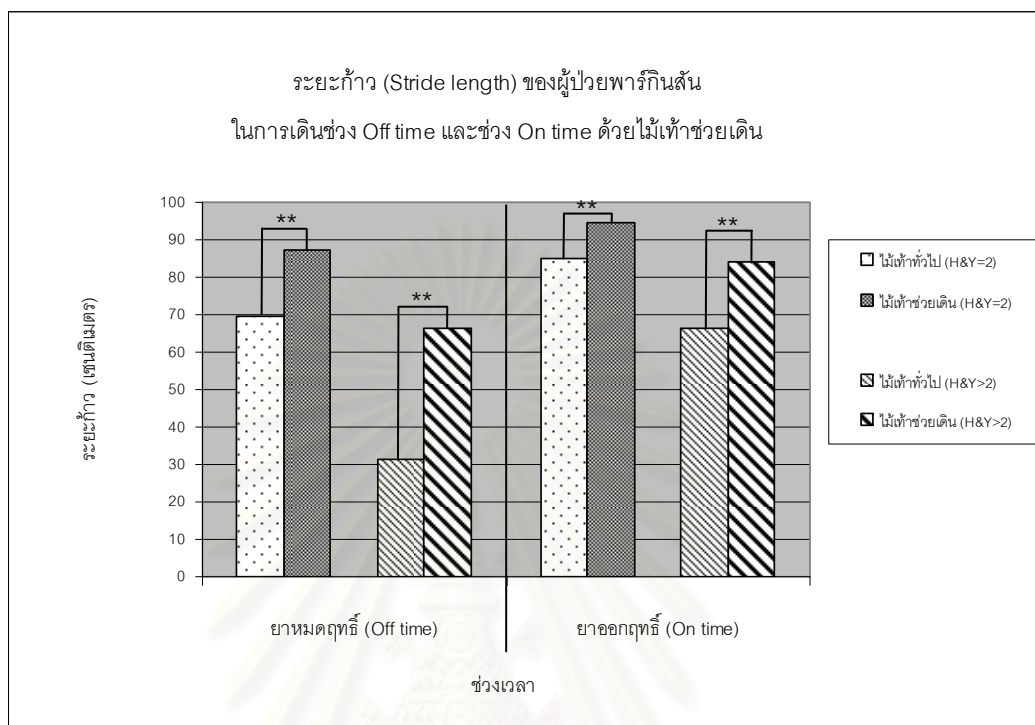
แผนผัง 4.11 เปรียบเทียบเวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes) ในช่วงยามหตุฤทธิและยามออกฤทธิของผู้ป่วย ที่เดินด้วยเท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค

### 3. ระยะก้าว (Stride length)

เมื่อพิจารณาแผนผัง 4.12 เพื่อเปรียบเทียบระยะก้าวของผู้ป่วยในทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยและกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมก พบว่าการกระตุ้นด้วยแสงช่วยให้ระยะก้าวของผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นในทั้ง 2 กลุ่มความรุนแรงของโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบการเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการกระตุ้นด้วยแสงระหว่างช่วงยาหมดฤทธิ์และช่วงยาออกฤทธิ์ในทั้ง 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค พบว่าการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวมีทิศทางเดียวกัน

เมื่อพิจารณาผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมกหลังจากที่ได้รับการกระตุ้นด้วยแสงในช่วงยาหมดฤทธิ์ พบว่ามีระยะก้าวใกล้เคียงกันกับกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมกที่ไม่ได้รับการกระตุ้นใด ๆ ในช่วงยาออกฤทธิ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการกระตุ้นด้วยแสงให้ผลในลักษณะเดียวกันกับผลของยา หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่ง คือ ผลของการกระตุ้นด้วยแสงช่วยให้ระยะก้าวในช่วงยาหมดฤทธิ์ใกล้เคียงกับระยะก้าวในช่วงยาออกฤทธิ์ในขณะที่ไม่ได้รับการกระตุ้นใด ๆ

อย่างไรก็ตามแม้ว่าการตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยแสงของผู้ป่วยพาร์กินสันจะพบทั้งในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์และในช่วงที่ยาออกฤทธิ์ ผลของยามีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวจากแผนผังพบว่าระยะก้าวของผู้ป่วยในขณะที่ได้รับผลจากยาในทั้ง 2 กลุ่มความรุนแรงของโรคมกกว่าในขณะที่ไม่ได้รับผลจากยาทั้งขณะที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยแสง และยังพบว่าการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวหลังจากได้รับการกระตุ้นด้วยแสงของกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมกในช่วงยาออกฤทธิ์เพิ่มมากขึ้นถึงประมาณ 2 เท่าของกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมกที่ไม่ได้รับการกระตุ้นใด ๆ ในช่วงยาหมดฤทธิ์



\*\* p<0.01, \* p<0.05

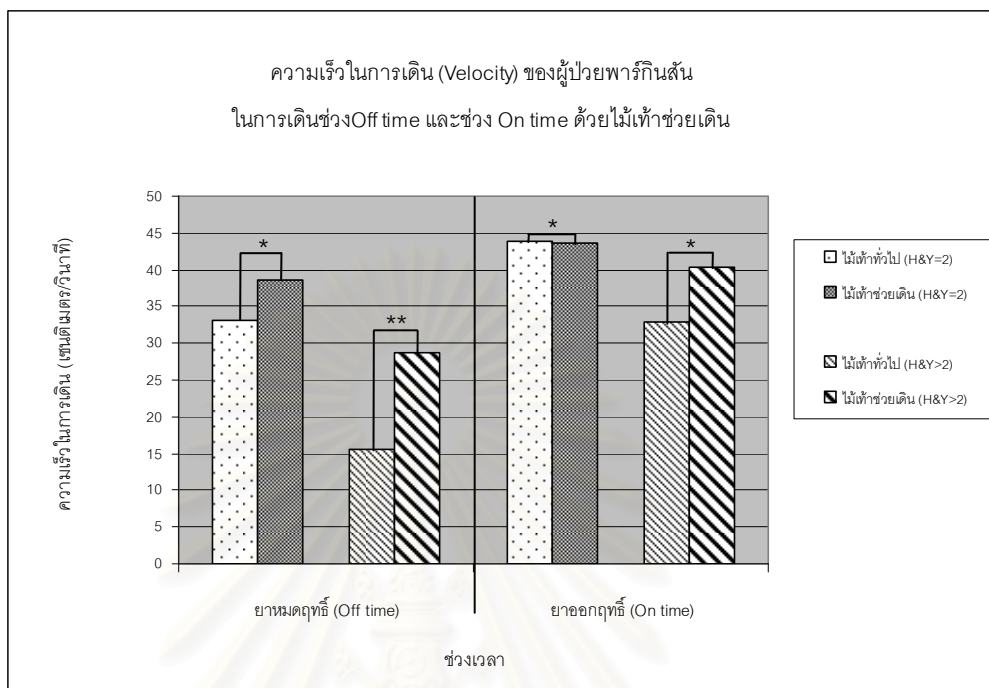
แผนผัง 4.12 เปรียบเทียบระยะการก้าว (Stride length) ในช่วงยามหตุฤทธิและยามออกฤทธิของผู้ป่วยที่เดินด้วยทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4. ความเร็วในการเดิน (Velocity)

เมื่อพิจารณาแผนผัง 4.13 เพื่อเปรียบเทียบความเร็วในการเดินของผู้ป่วยตามระดับความรุนแรงของโรค พบว่าการกระตุ้นด้วยแสงช่วยให้ผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมากมีความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้นในทั้ง 2 ช่วงเวลา ยา เมื่อพิจารณาในกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อยพบว่าความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้นเฉพาะในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ ส่วนในช่วงที่ยาออกฤทธิ์นั้นพบว่าการกระตุ้นด้วยแสงให้ผลใกล้เคียงกันกับขณะที่ไม่มีการกระตุ้นใด ๆ ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงที่ยาออกฤทธิ์ ผู้ป่วยสามารถเดินได้ดีอยู่แล้ว การที่ได้รับแสงกระตุ้นจากไม้เท้าช่วยเดินจึงไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการเดินแต่อย่างใด

อย่างไรก็ตามพบว่า ยามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการเดินของผู้ป่วย คือ เมื่อเปรียบเทียบความเร็วในการเดินของทั้ง 2 กลุ่มระดับความรุนแรงของโรคในขณะที่ใช้ไม้เท้าทั่วไปหรือในขณะที่ไม่ได้รับสิ่งกระตุ้นใด ๆ ในทั้ง 2 ช่วงเวลา พบว่าความเร็วในการเดินในช่วงยาออกฤทธิ์มากกว่าในการเดินในช่วงยามหมดฤทธิ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมากในช่วงยามหมดฤทธิ์ พบว่าความเร็วในการเดินเพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยแสง และเพิ่มมากขึ้นจนใกล้เคียงกับความเร็วในการเดินในช่วงยาออกฤทธิ์ที่เดินโดยไม่ได้รับการกระตุ้นใด ๆ และเพิ่มมากขึ้นเมื่อเดินได้รับการกระตุ้นด้วยแสง ซึ่งกล่าวได้อีกนัยหนึ่ง คือ ผลของการกระตุ้นด้วยแสงช่วยทำให้ความเร็วในการเดินในช่วงยามหมดฤทธิ์ใกล้เคียงกับความเร็วในการเดินในช่วงยาออกฤทธิ์ขณะที่ไม่ได้รับการกระตุ้นใด ๆ



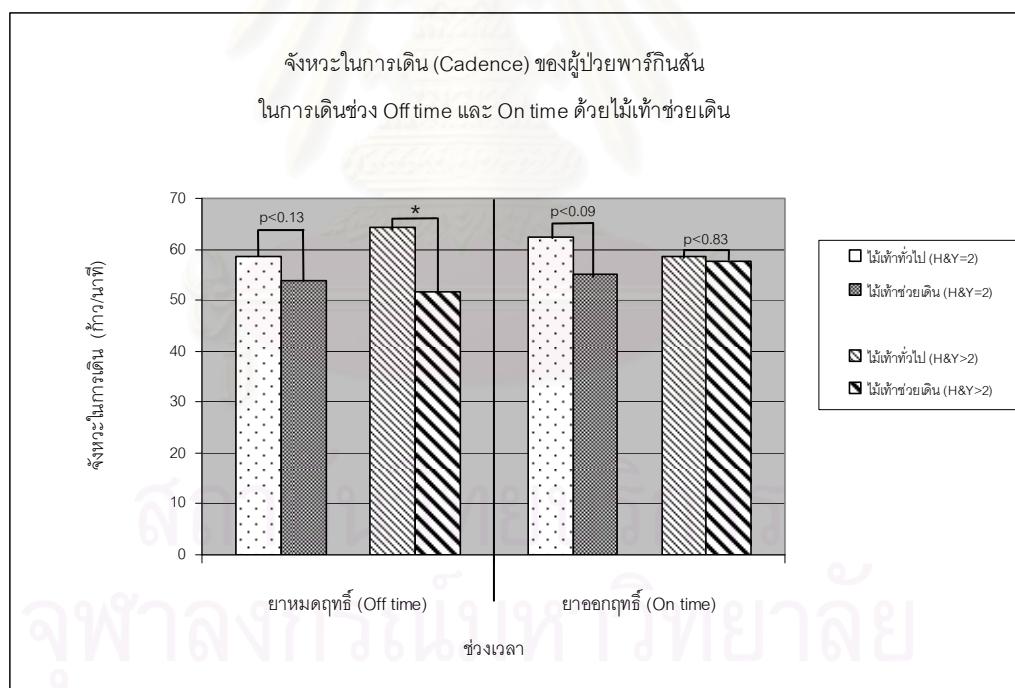
แผนผัง 4.13 เปรียบเทียบความเร็วในการเดิน (Velocity) ในช่วงยามอดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค



## 5. จังหวะในการเดิน (Cadence)

เมื่อพิจารณาแผนผัง 4.14 เพื่อเปรียบเทียบจังหวะในการเดินของผู้ป่วยในทั้ง 2 กลุ่ม ความรุนแรงของโรคพบว่า เฉพาะกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมากในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์มีการตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ผลของการกระตุ้นด้วยแสงจากไม้เท้าช่วยเดินช่วยทำให้จังหวะในการเดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับจังหวะในการเดินด้วยไม้เท้าทั่วไป แต่ไม่พบความสัมพันธ์นี้ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมากในช่วงที่ยาออกฤทธิ์

นอกจากนี้พบว่าจังหวะในการเดินของผู้ป่วยในกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อยในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเดินโดยมีการกระตุ้นด้วยแสง แต่ไม่พบความแตกต่างของจังหวะการเดินระหว่างไม้เท้าทั้ง 2 ชนิด ในทั้ง 2 ช่วงเวลายาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



\*\* p<0.01, \* p<0.05

แผนผัง 4.14 เปรียบเทียบจังหวะในการเดิน (Cadence) ในช่วงยามอดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการศึกษาประสิทธิผลของไม้เท้าช่วยเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ได้พัฒนาไม้เท้าช่วยเดิน 3 รูปแบบ คือ

1.1 ไม้เท้าส่วนของแสง: ใช้แสงเลเซอร์ในการกระตุ้นทางสายตา (Visual cues)

1.2 ไม้เท้าส่วนของเสียง: ใช้เสียงจาก Metronome เป็นสิ่งกระตุ้นทางการได้ยิน (Auditory cues)

1.3 ไม้เท้าส่วนของแสงและเสียง: ใช้แสงเลเซอร์และเสียงจาก Metronome เป็นสิ่งกระตุ้นทางสายตาและทางการได้ยิน (Visual and Auditory cues) ตามลำดับ

2. ได้ทำการทดสอบประสิทธิผลของไม้เท้าช่วยเดินแต่ละแบบต่อผู้ป่วยพาร์กินสันทั้งในช่วงยามอดฤทธิ์ (Off time) และในช่วงยาออกฤทธิ์ (On time) ต่อจำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes), เวลาก้าวติดขัด (Time of freezes), ระยะเวลาก้าว (Stride length), ความเร็วในการเดิน (Velocity) และจังหวะในการเดิน (Cadence) ได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2.1 ผลการเปรียบเทียบสิ่งกระตุ้นรูปแบบต่าง ๆ

### 1. จำนวนก้าวติดขัด

ตาราง 5.1 การเปรียบเทียบผลของการทดสอบด้วยสิ่งกระตุ้นแบบต่าง ๆ ต่อจำนวนก้าวติดขัดในช่วงยามดึกและในช่วงยามออกฤทธิ์

สิ่งกระตุ้น / ช่วงเวลายา	Off time	On time
ไม่มีสิ่งกระตุ้น	-	-
แสง	<b>ลดลง **</b>	<b>ลดลง (p&lt;0.06)</b>
เสียง	-	-
แสงและเสียง	-	-

\*\* p<0.01, \* p<0.05

จากตารางพบว่าการกระตุ้นด้วยแสงเพียงอย่างเดียวมีผลต่อการลดลงของจำนวนก้าวติดขัดทั้งในช่วงยามดึกและในช่วงยามออกฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## 2. เวลาของก้าวติดขัด

ตาราง 5.2 การเปรียบเทียบผลของการทดสอบด้วยสิ่งกระตุ้นแบบต่าง ๆ ต่อเวลาของก้าวติดขัดในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์

สิ่งกระตุ้น / ช่วงเวลายา	Off time	On time
ไม่มีสิ่งกระตุ้น	-	-
แสง	<b>ลดลง **</b>	<b>ลดลง *</b>
เสียง	-	-
แสงและเสียง	-	-

\*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$

จากตารางพบว่าการกระตุ้นด้วยแสงเพียงอย่างเดียวมีผลต่อการลดลงของเวลาของก้าวติดขัดทั้งในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3. ระยะเวลา

ตาราง 5.3 การเปรียบเทียบผลของการทดสอบด้วยสิ่งกระตุ้นแบบต่าง ๆ  
ต่อระยะเวลาในช่วงยามดึกและในช่วงยามออกฤทธิ์

สิ่งกระตุ้น ช่วงเวลา	Off time	On time
ไม่มีสิ่งกระตุ้น	-	-
แสง	เพิ่มขึ้น **	เพิ่มขึ้น **
เสียง	ลดลง (p<0.34)	ลดลง (p<0.31)
แสงและเสียง	เพิ่มขึ้น (p<0.28)	เพิ่มขึ้น (p<0.45)

\*\* p<0.01, \* p<0.05

จากตารางพบว่าการกระตุ้นด้วยแสงเพียงอย่างเดียวที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาทั้งในช่วงยามดึกและยามออกฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การกระตุ้นด้วยเสียงมีแนวโน้มต่อการลดลงของระยะเวลาในช่วงยามดึกและยามออกฤทธิ์ การกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับเสียงมีแนวโน้มต่อการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาทั้งในช่วงยามดึกและยามออกฤทธิ์

#### 4. ความเร็วในการเดิน

ตาราง 5.4 การเปรียบเทียบผลของการทดสอบด้วยสิ่งกระตุ้นแบบต่าง ๆ  
ต่อความเร็วในการเดินในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์

สิ่งกระตุ้น ช่วงเวลา	Off time	On time
ไม่มีสิ่งกระตุ้น	-	-
แสง	เพิ่มขึ้น **	เพิ่มขึ้น (p<0.18)
เสียง	เพิ่มขึ้น (p<0.13)	ลดลง (p<0.37)
แสงและเสียง	ลดลง (p<0.16)	ลดลง (p<0.22)

\*\* p<0.01, \* p<0.05

จากตารางพบว่าการกระตุ้นด้วยแสงในช่วงยาหมดฤทธิ์เพียงอย่างเดียวที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การกระตุ้นด้วยแสงในช่วงยาออกฤทธิ์มีแนวโน้มต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการเดิน การกระตุ้นด้วยเสียงในช่วงยาหมดฤทธิ์มีแนวโน้มต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการเดิน การกระตุ้นด้วยเสียงในช่วงยาออกฤทธิ์มีแนวโน้มต่อการลดลงของความเร็วในการเดิน และการกระตุ้นด้วยแสงและเสียงในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์มีแนวโน้มต่อการลดลงของความเร็วในการเดินเช่นกัน

## 5. จังหวะในการเดิน

ตาราง 5.5 การเปรียบเทียบผลของการทดสอบด้วยสิ่งกระตุ้นแบบต่าง ๆ ต่อจังหวะในการเดินในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์

สิ่งกระตุ้น ช่วงเวลา	Off time	On time
ไม่มีสิ่งกระตุ้น	-	-
แสง	<b>ลดลง **</b>	ลดลง ( $p < 0.11$ )
เสียง	<b>เพิ่มขึ้น *</b>	ลดลง ( $p < 0.16$ )
แสงและเสียง	ลดลง ( $p < 0.12$ )	<b>ลดลง *</b>

\*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$

จากตารางพบว่าการกระตุ้นด้วยแสงในช่วงยาหมดฤทธิ์มีผลต่อการลดลงของจังหวะในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การกระตุ้นด้วยแสงในช่วงยาออกฤทธิ์มีแนวโน้มต่อการลดลงของจังหวะในการเดิน การกระตุ้นด้วยเสียงในช่วงยาหมดฤทธิ์มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจังหวะในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การกระตุ้นด้วยเสียงในช่วงยาออกฤทธิ์มีแนวโน้มต่อการลดลงของจังหวะในการเดิน การกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับเสียงในช่วงยาหมดฤทธิ์มีแนวโน้มต่อการลดลงของจังหวะในการเดิน แต่การกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับเสียงในช่วงยาออกฤทธิ์มีผลต่อการลดลงของจังหวะในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2.2 ผลการเปรียบเทียบการกระตุ้นด้วยแสงในกลุ่มย่อย

ตาราง 5.6 ผลการวิเคราะห์แบบแบ่งกลุ่มย่อยของการกระตุ้นด้วยแสง

สิ่งกระตุ้น	พารามิเตอร์	Off time		On time	
		H&Y=2	H&Y>2	H&Y=2	H&Y>2
แสง	จำนวนก้าวติดขัด	ลดลง **	ลดลง **	ลดลง (p<0.11)	ลดลง (p<0.17)
	เวลาของก้าวติดขัด	ลดลง **	ลดลง **	ลดลง (p<0.12)	ลดลง (p<0.14)
	ระยะก้าว	เพิ่มขึ้น **	เพิ่มขึ้น **	เพิ่มขึ้น **	เพิ่มขึ้น **
	ความเร็วในการเดิน	เพิ่มขึ้น *	เพิ่มขึ้น **	ลดลง *	เพิ่มขึ้น *
	จังหวะในการเดิน	ลดลง (p<0.13)	ลดลง *	ลดลง (p<0.09)	ลดลง (p<0.83)

\*\* p<0.01, \* p<0.05

จากตาราง 5.6 สรุปข้อมูลได้ดังนี้

### 1. ระดับความรุนแรงของโรคน้อย (H&Y=2)

ในช่วงยามอดฤทธิ์ (Off time) – การกระตุ้นด้วยแสงมีผลต่อการลดลงของจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัด มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวและความเร็วในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มต่อการลดลงของจังหวะในการเดิน

ในช่วงยาออกฤทธิ์ (On time) - การกระตุ้นด้วยแสงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวและการลดลงของความเร็วในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มต่อการลดลงของจำนวนก้าวติดขัด, เวลาของก้าวติดขัดและจังหวะในการเดิน

### 2. ระดับความรุนแรงของโรคมาก (H&Y>2)

ในช่วงยามอดฤทธิ์ (Off time) – การกระตุ้นด้วยแสงมีผลต่อการลดลงของจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัด, มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวและความเร็วในการเดิน และมีผลต่อการลดลงของจังหวะในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในช่วงยาออกฤทธิ์ (On time) - การกระตุ้นด้วยแสงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวและความเร็วในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มต่อการลดลงของจำนวนก้าวติดขัด, เวลาของก้าวติดขัดและจังหวะในการเดิน



## อภิปรายผลการวิจัย

### ผลของสิ่งกระตุ้นจากภายนอกต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน

#### การกระตุ้นด้วยสิ่งกระตุ้นทางสายตา

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าไม่เท่าช่วยเดินซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยเดินโดยมีการกระตุ้นด้วยแสง (Visual Stimulation), การกระตุ้นด้วยเสียง (Auditory Stimulation) และการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง (Visual and Auditory Stimulation) ประกอบเข้าไปด้วยนั้น มีผลต่อการลดลงของจำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes), เวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes) และมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าว (Stride length) และความเร็วในการเดิน (Velocity) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงยามอดฤทธิ์ (Off time) ของกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมาก

การวิเคราะห์ผลการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากผู้ป่วยที่เข้ารับการทดสอบการเดินโดยมีการกระตุ้นด้วยแสง จำนวน 30 ราย มีอาการและความสามารถในการเดินที่แตกต่างกัน จึงได้แบ่งกลุ่มผู้ป่วยออกเป็น 2 กลุ่ม เพื่อให้เห็นผลการศึกษายชัดเจนขึ้น คือ กลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y=2$ ) และกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y>2$ ) [38, 39] จากข้อมูลพบว่าจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดซึ่งพบมากในผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมากทั้งในช่วงยามอดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ สามารถถูกทำให้ลดลงเมื่อผู้ป่วยได้รับผลจากการกระตุ้นด้วยแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของระยะก้าว ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งการตอบสนองที่ดีจากผลของการกระตุ้นด้วยแสง ที่เห็นผลได้ชัดเจนทั้งใน 2 ช่วงเวลายา เพราะการให้แนวเส้นแสงแก่ผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัดถือเป็นกลไกทางอ้อมที่ช่วยกระตุ้นการรับรู้ทางสายตาแก่ผู้ป่วย เมื่อผู้ป่วยรับรู้ข้อมูลแสงกระตุ้นทางสายตาเสมือนเป็นการรับและส่งข้อมูลเข้าไปในสมองเพื่อไปผ่านการประมวลผลและทำงานแทนที่กลไกการทำงานจากผลของฤทธิ์ยา ทำให้ผู้ป่วยสามารถยกขาก้าวเพื่อไปให้ถึงแนวเส้นแสงได้ ส่งผลให้ระยะก้าวเพิ่มขึ้นทั้งในช่วงยามอดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ในทั้งสองกลุ่มความรุนแรงของโรค

นอกจากนี้ยังพบว่าการกระตุ้นด้วยแสงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการเดิน แต่การตอบสนองจะให้ผลดีในช่วงยามดึกฤกษ์มากกว่าในช่วงยามออกฤกษ์ กล่าวคือ ในขณะที่ผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยได้รับผลของฤกษ์ยานั้น ผู้ป่วยสามารถเดินได้ดี มีความเร็วที่ใกล้เคียงความเร็วปกติ [38] เมื่อผู้ป่วยเดินโดยมีไม้เท้าช่วยเดินด้วยนั้นทำให้ผู้ป่วยรู้สึกไม่สะดอกและไม่คุ้นเคยในการเดินกับอุปกรณ์ดังกล่าว ส่งผลให้ความเร็วในการเดินเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างการมีและไม่มีสิ่งกระตุ้นไม่แตกต่างกันหรือความเร็วในการเดินมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ในทางตรงกันข้ามในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก นั่นคือ ผู้ป่วยมีการตอบสนองต่อการรักษาทางยาลดลงหรือไม่ตอบสนองต่อยา ในกลุ่มนี้พบว่าเมื่อผู้ป่วยได้รับการกระตุ้นด้วยแสง ความเร็วในการเดินจะเพิ่มขึ้นในทั้ง 2 ช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษาถึงสิ่งกระตุ้นทางสายตาต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันในครั้งนี้ มีผลที่สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ คือ การลดลงของจำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes) [12], และผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าว (Stride length) [10, 31, 32, 35, 66, 67, 69] ความเร็วในการเดิน (Velocity) [36, 66] และจังหวะในการเดินดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [69] ก่อนหน้านี้มีรายงานถึงผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาเปรียบเทียบกับระหว่างการใช้แถบสติติดบนพื้นกับแสงที่ออกมาจากอุปกรณ์ พบว่าสิ่งกระตุ้นทางสายตาทั้ง 2 แบบทำให้ระยะก้าว, ความเร็วและจังหวะในการเดินดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างสิ่งกระตุ้นทั้ง 2 แบบ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [67] และมีรายงานอีกว่าการให้สิ่งกระตุ้นทางสายตามีผลต่อระยะก้าวแต่ไม่มีผลต่อจังหวะในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับการให้สิ่งกระตุ้นด้วยเสียง [10] กล่าวคือ สิ่งกระตุ้นทางสายตาช่วยเป็นแนวทางหรือเป็นเป้าหมายในการก้าวเท้าของผู้ป่วย ทำให้มีระยะการก้าวเพิ่มขึ้น แต่ผู้ป่วยที่เดินโดยมีสิ่งกระตุ้นทางสายตาก็ยังคงมีจังหวะการเดินใกล้เคียงกับการเดินเมื่อไม่มีสิ่งกระตุ้นทางสายตา แต่ในการกระตุ้นด้วยเสียงนั้น เนื่องจากการเสียงที่เป็นจังหวะมีผลต่อกลไกการทำงานของสมองส่วน Supplementary motor area (SMA) และ Premotor cortex ซึ่งเป็นสมองส่วนที่มีความเสื่อมในผู้ป่วยพาร์กินสัน ดังนั้นการให้สิ่งกระตุ้นด้วยเสียงจึงไปมีผลต่อจังหวะในการเดินส่งผลให้ผู้ป่วยมีจังหวะการเดินที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามมีรายงานผลที่ขัดแย้งกับผลการศึกษาในครั้งนี้ โดยรายงานถึงความไม่แตกต่างกันระหว่างการมีและไม่มีสิ่งกระตุ้นทางสายตาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าไม่ว่าผู้ป่วยจะเดินด้วยไม้เท้าทั่วไปหรือไม้เท้าที่มีสิ่งกระตุ้นทางสายตา ก็ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการเดินมากนัก แต่การศึกษานี้มีจำนวนผู้ป่วยเพียง 3 รายเท่านั้น [30]

นอกจากนี้รูปแบบของสิ่งกระตุ้นทางสายตาที่มีผลต่อการตอบสนองต่อการเดินของผู้ป่วย การให้สิ่งกระตุ้นทางสายตาโดยติดแถบสีบนพื้นช่วยลดจำนวนก้าวติดขัดได้ดีกว่าการใช้แสงเลเซอร์จากไม้เท้า [22] การให้แสงกระตุ้นแบบนิ่งจะให้ผลดีกว่าการใช้แสงกระตุ้นแบบกระพริบ [66] การให้แสงกระตุ้นแบบไฟเรียงติดพร้อมกันไปข้างหน้าทั้ง 2 ข้าง มีแนวโน้มที่จะช่วยให้เดินดีขึ้น [23] และการกระตุ้นด้วยแสงแบบเป็นเส้นเดียวและสองเส้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ การศึกษาในครั้งนี้แสงที่เปล่งออกมาจากไม้เท้าช่วยเดินเป็นแสงเส้นเดียว ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าการใช้การกระตุ้นด้วยแสงแบบเส้นเดียว จะทำให้ช่วงก้าว (Step length) ของขาทั้ง 2 ข้าง มีความยาวแตกต่างกัน เนื่องจากช่วงก้าวที่เพิ่มขึ้นได้มาจากการได้รับการกระตุ้นจากแสงเลเซอร์ที่เปล่งออกมาจากไม้เท้าเพียง 1 เส้นต่อ 1 ครั้ง ทำให้ส่งผลต่อความยาวช่วงก้าวที่เพิ่มขึ้นของขาในด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น จากผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ตั้งข้อสังเกตได้ว่าถ้าให้แสงเปล่งออกมา 2 เส้นต่อครั้ง น่าจะช่วยทำให้ผู้ป่วยมีการเดินที่ดีกว่าการได้รับการกระตุ้นด้วยแสงเพียง 1 เส้นในครั้งเดียว [66] อย่างไรก็ตามการกระตุ้นด้วยสิ่งกระตุ้นทางสายตาจะยิ่งส่งผลดีต่อการเดินของผู้ป่วยมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการให้สิ่งกระตุ้นรูปแบบอื่น ๆ ร่วมด้วย การใช้สิ่งกระตุ้นทางสายตาร่วมกับให้ผู้ป่วยมีความตั้งใจในการเดิน [23] หรือ การบอกให้ผู้ป่วยเดินให้เร็วขึ้น [41, 52] จะเป็นปัจจัยเสริมช่วยให้ผู้ป่วยเดินได้ดียิ่งขึ้น

### การกระตุ้นด้วยเสียง

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับผลของการกระตุ้นด้วยเสียงในครั้งนี้โดยใช้ความถี่เท่ากับค่าเฉลี่ยของจังหวะในการเดินของผู้ป่วย [34, 38, 69, 71, 72, 74, 78] พบผลของการเพิ่มขึ้นของจังหวะในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงอย่างเดียว แต่เนื่องด้วยการศึกษาในครั้งนี้มีจำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมศึกษาวิจัยน้อย จึงควรศึกษาเพิ่มเติมต่อไป ก่อนหน้านี้มีรายงานถึงผลของการใช้การกระตุ้นด้วยเสียงว่าทำให้ผู้ป่วยเดินได้ดีกว่าการไม่มีสิ่งกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [28, 34, 71] มีรายงานถึงผลที่เพิ่มขึ้นของความเร็วและจังหวะในการเดิน [10] และความสัมพันธ์ของจังหวะในการเดินและการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [41] และมีรายงานถึงผลของการใช้การกระตุ้นด้วยเสียงต่อการเดินติดขัด ซึ่งพบว่าจำนวนก้าวติดขัดลดลงและความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีค่านัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากที่วิเคราะห์เฉพาะกลุ่มที่รับการฝึกอย่างต่อเนื่องแล้วพบว่าจำนวนก้าวติดขัดและความเร็วในการเดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [12] ในทำนองเดียวกันก็มีรายงานถึงการกระตุ้นด้วยเสียงว่าช่วยลดเวลาที่เท้าทั้งสองข้างสัมผัสพื้น [36, 69] ช่วยลดจำนวนก้าวลง [77] ช่วยเพิ่มช่วงก้าวและระยะก้าว [38, 45, 78]

และช่วยเพิ่มความเร็วในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [38] ในทางตรงกันข้ามมีรายงานที่กล่าวว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของจำนวนก้าวติดขัด, ระยะก้าวและความเร็วในการเดินด้วยเช่นกัน [69, 79] อย่างไรก็ตามการกระตุ้นด้วยเสียงจะยิ่งส่งผลดีต่อการเดินของผู้ป่วยมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการให้สิ่งกระตุ้นรูปแบบอื่น ๆ ร่วมด้วย [31, 75, 76] การเดินด้วยความเร็วปกติโดยมีเสียงจาก Metronome เป็นสิ่งกระตุ้นไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้น แต่เมื่อออกคำสั่งให้ผู้ป่วยก้าวให้เร็วขึ้น มีผลให้ความเร็วและจังหวะในการเดินดีขึ้น [40] และการฝึกผู้ป่วยเดินพร้อมกับให้เสียงจาก Metronome เป็นสิ่งกระตุ้น ก็ทำให้ผู้ป่วยมีระยะก้าว, ความเร็วและจังหวะในการเดินดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน [33]

นอกจากนี้ผลของความถี่ของเสียงที่ใช้ในการศึกษาก็มีผลที่แตกต่างกัน มีรายงานว่าไม่พบความแตกต่างของการมีและไม่มีเสียงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความถี่ 100 ครั้งต่อนาที [28] และมีรายงานว่าพบความแตกต่างของการใช้เสียงกระตุ้นในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความถี่ 60 ครั้งต่อนาที [33, 34, 38, 69, 71, 72, 74], 110 ครั้งต่อนาที [28], 80 - 90 ครั้งต่อนาที ที่ความถี่เท่ากับจังหวะในการเดินของผู้ป่วยทำให้เวลาที่ใช้ในการเดินและเวลาต่อช่วงก้าวดีขึ้น แต่ที่ความถี่ที่สูงกว่าทำให้จังหวะในการเดินและเวลาที่ใช้ในการเดินและเวลาต่อช่วงก้าวและช่วงเวลาที่เท้าสัมผัสพื้นทั้ง 2 ข้างลดลง [71] ที่ความถี่ 92.5 ครั้งต่อนาที ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับที่ความถี่ 100 ครั้งต่อนาที [11]

ถึงแม้ว่าการศึกษาในครั้งนี้จะไม่พบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลอื่น ๆ จากการกระตุ้นด้วยเสียง (ดังตาราง 5.1 – 5.3) เนื่องจากผู้ป่วยที่เข้าร่วมในการศึกษามีจำนวนน้อย ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ผลของเสียงออกมาได้อย่างแน่ชัด อย่างไรก็ตามยังคงทราบถึงผลการรายงานว่าการกระตุ้นด้วยเสียงทำให้ผู้ป่วยพาร์กินสันเดินได้ดีขึ้นทั้งในช่วงยามดึกและในช่วงยามออกฤทธิ์ [34, 41, 72] ซึ่งน่าจะเป็นแนวโน้มในการศึกษาถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันต่อไป

## การกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง

เนื่องจากการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียงเป็นรูปแบบการให้สิ่งกระตุ้นที่มีความซับซ้อนของระบบการทำงานของสมองมากขึ้น ทำให้เป็นการยากต่อผู้ป่วยที่จะตอบสนองได้ดีต่อสิ่งกระตุ้นทั้ง 2 ชนิด จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบการลดลงของจังหวะในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงยาออกฤทธิ์เพียงอย่างเดียว ส่วนในช่วงยาหมดฤทธิ์พอจะทราบแนวโน้มว่ามีจังหวะในการเดินลดลง เช่นเดียวกับทราบแนวโน้มการลดลงของความเร็วในการเดินในทั้ง 2 ช่วงเวลา ยา ส่วนผลต่อระยะก้าวนั้นพบว่ามีความเร็วเพิ่มขึ้นในทั้ง 2 ช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม เนื่องจากจำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมวิจัยในส่วนี้มีน้อย จึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบผลการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันชัดเจนขึ้น จากผลการศึกษาเกี่ยวกับผลของการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียงในครั้งนี้ ด้วยไม้เท้าช่วยเดินที่ใช้ในการทดสอบที่มีเสียงกระตุ้นหลังจากมีแสงกระตุ้น 3 วินาที ซึ่งเวลานี้ได้มาจากการทดสอบในผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมากในการศึกษาขั้นต้น แต่ในการศึกษานี้มีจำนวนผู้ป่วยน้อย และผู้ป่วยที่เข้าร่วมวิจัยมีระดับความรุนแรงของโรคน้อย จึงไม่สามารถอธิบายได้ว่าเสียง Metronome ที่บันทึกไว้นั้นมีผลต่อจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดหลังจากที่ผู้ป่วยได้รับแสงกระตุ้นแล้วหรือไม่ ดังแนวคิดของอุปกรณ คือ ต้องการศึกษาว่าหลังจากที่ผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัดได้รับแสงกระตุ้นใน 3 วินาทีแรกแล้วไม่ก้าวทำนั้น เสียงกระตุ้นร่วมกับแสงกระตุ้นจะมีผลช่วยให้ผู้ป่วยก้าวเท้าได้เร็วขึ้นกว่าตอนที่ไม่มีแสงกระตุ้นเพียงอย่างเดียวหรือไม่ อย่างไรก็ตามแนวความคิดนี้ควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต โดยศึกษาผลของการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียงต่อการเดินติดขัดในผู้ป่วยพาร์กินสัน และศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาอุปกรณ์ไม้เท้าช่วยเดิน เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่มีประโยชน์ต่อการให้การรักษาผู้ป่วยพาร์กินสันมากยิ่งขึ้น

## ผลของยาต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน

ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดิน คือ ช่วงการออกฤทธิ์ของยา ผู้ป่วยพาร์กินสันที่เป็นโรคนานหรือมีระดับความรุนแรงของโรคมากจะมีการตอบสนองต่อการรักษาทางยาลดลง (34) การตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นรูปแบบต่าง ๆ ของผู้ป่วยระหว่างในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ การเดินของผู้ป่วยในช่วงที่ยาออกฤทธิ์จะดีกว่าการเดินของผู้ป่วยในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ เช่นเดียวกันกับรายงานหนึ่งเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวและความเร็วในการเดินในช่วงยา

หมดฤทธิ์ [35] เมื่อผู้ป่วยได้รับแสงกระตุ้น การเดินของผู้ป่วยดีขึ้นจากเมื่อไม่มีสิ่งกระตุ้นในช่วงยาหมดฤทธิ์และดียิ่งขึ้นในช่วงยาออกฤทธิ์ ซึ่งผลของแสงต่อการกระตุ้นให้ผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีก้าวติดขัดในช่วงยาหมดฤทธิ์เดินนั้น ถือเป็นประโยชน์แก่ผู้ป่วยเป็นอย่างมาก เพราะสามารถช่วยให้ผู้ป่วยเดินได้ดีขึ้นใกล้เคียงกับในช่วงยาออกฤทธิ์ ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะควบคุมระดับของปริมาณยาให้ออกฤทธิ์คงที่อย่างต่อเนื่อง แต่การที่ให้สิ่งกระตุ้นทางสายตาเข้าไปนั้นจะเป็นกลไกที่ช่วยทดแทนในช่วงที่ระดับของยาลดลง ซึ่งช่วยให้ผู้ป่วยเดินได้ดีเช่นเดียวกับได้รับผลจากฤทธิ์ยา

นอกจากนี้ระดับความรุนแรงของโรคถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างกันของผลการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นในรูปแบบต่าง ๆ กล่าวคือ ผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยจะตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยแสงได้ดีกว่ากลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยทั้งในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงออกฤทธิ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการให้การกระตุ้นทางสายตาแก่ผู้ป่วยในกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ป่วยเป็นอย่างมาก เพราะผู้ป่วยกลุ่มนี้มีการตอบสนองต่อยาลดลงหรือไม่ตอบสนองต่อยา แต่สามารถตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นทางสายตาได้

### ลักษณะการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสัน

จากข้อมูลการศึกษาในครั้งนี้สามารถอธิบายลักษณะการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันได้ดังนี้ จากการเดินของผู้ป่วยที่มีการเดินติดขัด คือ ก้าวสั้น มีระยะก้าวน้อย และใช้เวลาในการเดินนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ แต่เมื่อผู้ป่วยได้รับการกระตุ้นด้วยแสงแล้วพบว่า มีระยะก้าวตามลำดับดังนี้

มีแสงกระตุ้นช่วงยาออกฤทธิ์ > มีแสงกระตุ้นช่วงยาหมดฤทธิ์ ≥  
ไม่มีแสงกระตุ้นช่วงยาออกฤทธิ์ > ไม่มีแสงกระตุ้นช่วงยาหมดฤทธิ์

จากข้อมูลแสดงการเปรียบเทียบระยะก้าวของผู้ป่วยพาร์กินสัน สามารถสรุปได้ว่า ยาและแสงกระตุ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าว และแสงกระตุ้นมีผลใกล้เคียงกับผลของฤทธิ์ยา

## ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

### ด้านเครื่องมือ

- ลดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้น
- เพิ่มความเข้มของแสง
- เพิ่มรูปแบบการเปล่งของแสงเลเซอร์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น
- อัดเสียงในความถี่ต่าง ๆ และสามารถเลือกให้เหมาะสมกับผู้ป่วยได้
- ปรับปรุงให้ไม้เท้าสามารถเลือกรูปแบบการใช้งาน คือ ระบบแสง, ระบบเสียงและระบบแสงและเสียง
- เพิ่มรูปแบบการอัดเสียงให้มีช่วงความห่างของเวลาระหว่างแสงและเสียงหลายแบบเพื่อให้เหมาะแก่การนำไปใช้ในผู้ป่วยที่มีอาการที่ต่างกัน
- การทดสอบครั้งหน้าควรปรับปรุงการอัดเสียง ให้มีความยาวเพิ่มมากขึ้นและดังตลอดช่วงการเดินของผู้ป่วย
- การควบคุมการเล่นเสียงโดยใช้สวิทช์ (แบบที่ใช้ในปัจจุบัน) ที่ไม้เท้าต่อเข้าปุ่มเล่นเสียงของอุปกรณ์อัดเสียงโดยตรงไม่เหมาะสม เนื่องจากเสียงจะหยุดทันทีเมื่อผู้ป่วยยกไม้เท้าขึ้น ทำให้ผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงน้อยไม่สามารถได้ยินเสียงหรือได้ยินเสียงไม่ต่อเนื่องตลอดช่วงการทดสอบ
- เขียนโปรแกรมการทำงานของเครื่องมือและโปรแกรมการรายงานค่าข้อมูล

### ด้านการแพทย์

- ศึกษาผลของการกระตุ้นด้วยเสียงหลังจากได้รับแสงกระตุ้นแล้วในผู้ป่วยพาร์กินสัน

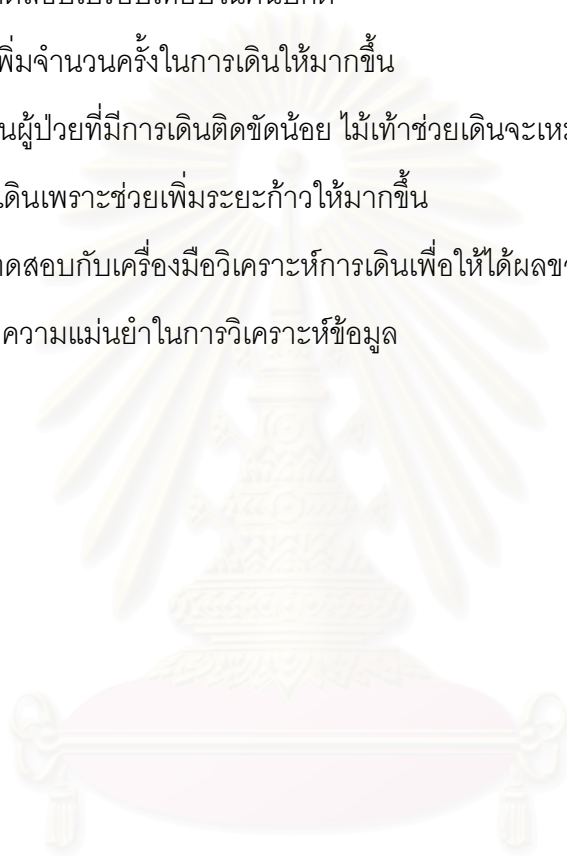
ส่วนที่มีการเดินติดขัด

- ฝึกผู้ป่วยให้คุ้นเคยกับเครื่องมือมากขึ้นก่อนการทดสอบ
- ทดสอบเปรียบเทียบในคนปกติ
- เพิ่มจำนวนครั้งในการเดินให้มากขึ้น
- ในผู้ป่วยที่มีการเดินติดขัดน้อย ไม่ทำช่วยเดินจะเหมาะสมในการ

นำไปใช้ในการฝึกเดินเพราะช่วยเพิ่มระยะก้าวให้มากขึ้น

- ทดสอบกับเครื่องมือวิเคราะห์การเดินเพื่อให้ได้ผลของพารามิเตอร์ของการเดินตัว

อื่น ๆ และเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ข้อมูล



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## รายการอ้างอิง

- [1] รุ่งโรจน์ พิทยศิริ, กัมมันต์ พันธุมจินดา. TEXTBOOK OF LEVODOPA THERAPY: ตำราการใช้ยาดีโวโดปา. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ศูนย์รักษาโรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ, โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย, 2008.
- [2] Young A. Movement Disorders in Neurology and Neuropsychiatry : Blackwell Scientific Publications, 1992.
- [3] รุ่งโรจน์ พิทยศิริ, กัมมันต์ พันธุมจินดา, ศรีจิตรา บุนนาค. โรคพาร์กินสันรักษาได้. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ศูนย์รักษาโรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ, โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย, 2006.
- [4] Gray P, Hildebrand K. Fall risk factors in Parkinson's disease. J Neurosci Nurs 32(2000) : 222-228.
- [5] Schaafsma JD, Gliadi N, Balash Y, Bartels AL, Gurevich T, Hausdorff JM. Gait dynamics in Parkinson's disease: relationship to Parkinsonian features, falls and response to levodopa. J Neurol Sci 212(2003) : 47-53.
- [6] Kondo T. Drug intervention for freezing of gait resistant to dopaminergic therapy: A pilot study. Parkinsonism Relat Disord 12(2006) : S63-S6.
- [7] Ambani LM, Van Woert MH. Start hesitation-a side effect of long term levodopa therapy. N Eng J Med 288(1973) : 1113-1115.
- [8] Nutt JG, et al. Parkinson's Disease and Movement Disorders : Lippincott Williams and Wilkins, 2002.
- [9] Azulay JP, Mesure S, Blinc O. Influence of visual cues on gait in Parkinson's disease: Contribution to attention or sensory dependence? J Neurol Sci 28(2006) : 192-195.
- [10] Suteerawattananon M, Morris GS, Etnyrec BR, Jankovic J, Protas EJ. Effects of visual and auditory cues on gait in individuals with Parkinson's disease. J Neurol Sci 219(2004) : 63-69.
- [11] Howe TE, Lovgreen B, Cody FW, Ashton VJ, Oldham JA. Auditory cues can modify the gait of persons with early-stage Parkinson's disease: a method for enhancing parkinsonian walking performance? Clin Rehabil 17(2003) : 363-367.

- [12] Cubo E, Leurgans S, Goetz CG. Short-term and practice effects of metronome pacing in Parkinson's disease patients with gait freezing while in the 'on' state: randomized single blind evaluation. Parkinsonism Relat Disord 10(2004):507-510.
- [13] Sidaway B, Anderson J, Danielson G, Martin L, Smith G. Effects of Long-Term Gait Training Using Visual Cues in an Individual With Parkinson Disease. Phys Ther 86(2006) : 186-194.
- [14] Sidaway B, et al. Effects of long-term gait training using visual cues in an individual with Parkinson's disease. Phys Ther 86(2006) : 184-196.
- [15] Hirsch E ea. Melanized dopaminergic neurons are differentially susceptible to degeneration in Parkinson's disease. Nature 334(1988) : 345-348.
- [16] Rossignol S, Melvill-Jones G. Audio-spinal influence in man studied by the H-reflex and its possible role on rhythmic movements synchronized to sound. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 41(1976) : 83-92.
- [17] Gawel MJ, Das P, Vincent S, Clifford F. Visual and auditory evoked responses in patients with Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry 44(1981) : 227-232.
- [18] Nieuwboer A, Feys P, de Weerd W, Dom R. Is using a cue the clue to the treatment of freezing in Parkinson's disease? Physiotherapy Res Int 2(1997) : 125-132.
- [19] Dunne JW, Hankey GJ, Edis RH. Parkinsonism: upturned walking stick as an aid to locomotion. Arch Phys Med Rehabil 86(1987) : 380-381.
- [20] Asahi T, Hirashima Y, Hamada H, Shibata T, Ikeda H, Endo S. A Walking Stick for a Pure Akinesia Patient. Neuro Rehabil and Neural Repair 15(2001) : 245-247.
- [21] Cubo E, Moore CG, Leurgans S, Goetz CG. Wheeled and standard walkers in Parkinson's disease patients with gait freezing. Parkinsonism Relat Disord 10(2003) : 9-14.
- [22] Dietz MA, Goetz CG, Stebbins JT. Evaluation of a modified inverted walking stick as a treatment for Parkinsonian freezing episodes. Mov Disord 5(2004) : 243-247.

- [23] Ferrarin M, Brambilla M, Garavello L, Di Candia A, Pedotti A, Rabuffetti M. Microprocessor-controlled optical stimulating device to improve the gait of patients with Parkinson's disease. Med Biol Eng Comput 42(2004) : 328-332.
- [24] Joseph A. Paradiso SJM, Ari Y. Benbasat, Asmussen E. Interactive Therapy with Instrumented Footwear. CHI 2004 Vienna, Austria. 1341-1343.
- [25] Morris. SJ. A Shoe-Integrated Sensor System for Wireless Gait Analysis & Real-Time Therapeutic Feedback. Massachusetts Institute of Technology, 2004.
- [26] Hamid Bateni P, et al. Assistive Devices for balance and mobility : Benefits, Demands, and adverse Consequences. Arch Phys Med Rehabil 86(2005) : 134-145.
- [27] Chuen-Hian Lim E, Thong-Meng Tan, Chee-Seong Seet R. LASER-Assisted Device (LAD) for Start Hesitation and Freezing in Parkinson's Disease. Case Rep Clin Pract Rev 7(2006) : 92-95.
- [28] MacIntosh GC. Stride frequency modulation in Parkinsonian gait using rhythmic auditory stimulation. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1994 : 229-236.
- [29] Bulens C, Meerwaldt JD, Van Der Wildt GJ, Keemink CJ. Visual contrast sensitivity in drug-induced Parkinsonism. J Neurol Neurosurg Psychiatry 52(1989) : 341-345.
- [30] Dietz MA, Goetz CG, Stebbins GT. Evaluation of a Modified Inverted Walking Stick as a Treatment for Parkinsonian Freezing Episodes. Mov Disord 5(1990) : 243-247.
- [31] Bagley S, Kelly B, Tunnicliff N, Walker JM. The effect of visual cues on the gait of independently mobile Parkinson's disease patients. Phys Ther 77(1991): 415-420.
- [32] Morris ME, Iansek R, Matyas TA, Summers JJ. Stride length regulation in Parkinson's disease Normalization strategies and underlying mechanisms. Brain 119(1996) : 551-568.
- [33] Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR, Miller RA, Rathbun J, Brault JM. Rhythmic Auditory Stimulation in Gait Training for Parkinson's Disease Patients. Mov Disord 11(1996) : 193-200.

- [34] MacIntosh GC, Brown SH, Rice RR, Thaut MH. Rhythmic auditory-motor facilitation of gait patterns in patients with Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry 62(1997) : 22-26.
- [35] Kompoliti K, Goetz CG, Leurgans S, Morrissey M, Siegel IM. "On" Freezing in Parkinson's Disease: Resistance to Visual Cue Walking Devices. Mov Disord 15(2000) : 309-312.
- [36] Dibble LE, Nicholson DE, Shultz B, MacWilliams BA, Marcus RL, Moncura C. Sensory cueing effects on maximal speed gait initiation in persons with Parkinson's disease and healthy elders. Gait and Posture 19(2004) : 215-225.
- [37] Lim I, van Wegen E, Goede Cd, Deutekom M, Nieuwboer A, Willems A, Jones D, Rochester L, Kwakkel G. Effects of external rhythmical cueing on gait in patients with Parkinson's disease: a systematic review. Clin Rehabil 19(2005) : 695-713.
- [38] Arias P, Cudeiro J. Effects of rhythmic sensory stimulation (auditory, visual) on gait in Parkinson's disease patients. Exp Brain Res 186(2008) : 589-601.
- [39] Ferrarin M, Rabuffetti M, Tettamanti M, Pignatti R, Mauro A, Albani G. Effect of optical flow versus attentional strategy on gait in Parkinson's Disease: a study with a portable optical stimulating device. J NeuroEng Rehabil 5(2008) : 3.
- [40] Morris ME, Iansek R, Matyas TA, Summers JJ The pathogenesis of gait hypokinesia in Parkinson's disease. Brain 117(1994) : 1169-1181.
- [41] Morris M, Iansek R, Matyas T, Summers J. Abnormalities in the stride length-cadence relation in parkinsonian gait. Mov Disord 13(1998) : 61-69.
- [42] Stolze H, Kuhtz-Buschbeck JP, Drucke H, Johnk K, Illert M, Deuschl G. Comparative analysis of the gait disorder of normal pressure hydrocephalus and Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry 70(2001) : 289-297.
- [43] O'Sullivan JD, Said CM, Dillon LC, Hoffman M, Hughes AJ. Gait analysis in patients with Parkinson's disease and motor fluctuations: influence of levodopa and comparison with other measures of motor fluctuation. Mov Disord 13(1998) : 900-906.

- [44] Murray MP, Sepic SB, Gardner GM, Downs WJ. Am. Walking patterns of men with parkinsonism. J Phys Med 57(1978) : 278-294.
- [45] Ebersbach G, Heijmenberg M, Kindermann L, Trottenberg T, Wissel J, Poewe W. Interference of rhythmic constraint on gait in healthy subjects and patients with early Parkinson's disease: evidence for impaired locomotor pattern generation in early Parkinson's disease. Mov Disord 14(1999) : 619-625.
- [46] Blin O, Ferrandez AM, Serratrice G. Quantitative analysis of gait in Parkinson patients: increased variability of stride length. J Neurol Sci 98(1990) : 91-97.
- [47] Pedersen SW, Eriksson T, Oberg B. Effects of withdrawal of antiparkinson medication on gait and clinical score in the Parkinson patient. Acta Neurol Scand 84(1991) : 7-13.
- [48] Eidelberg D, Moeller JR, Dhawan V, Spetsieris P, Takikawa S. The metabolic topography of Parkinson's disease: a positron emission tomography study. Ann Neurol 32(1992) : 151-161.
- [49] นิพนธ์ พวงวารินทร์. โรคพาร์กินสัน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์, 1993.
- [50] Marsden CD. Slowness of movement in Parkinson's disease. Mov Disord. 4(1989) : S26-S37.
- [51] Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. Neurology 17(1967) : 427-442.
- [52] Morris ME, Iansek R, Matyas TA, Summers JJ. Ability to modulate walking cadence remains intact in Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry 57(1994) : 1532-1534.
- [53] Morris ME. Movement Disorders in People With Parkinson Disease: A Model for Physical Therapy. Phys Ther 80(2000) : 578-598.
- [54] Martin WE, Loewenson RB, Resch JA, Baker AB. Clinical analysis of 100 patients. Neurology 23(1973) : 783-790.
- [55] Martigoni E GL, Citterio A, Zangaglia R, Riboldazzi G, Calandrella D, Pacchetti C, Nappi G. Comorbid disorders and hospitalization in Parkinson's disease: a prospective study. Neurol Sci 25(2004) : 66-71.

- [56] Giladi N, Kao R, Fahn S. Freezing phenomenon in patients with parkinsonian syndromes. Mov Disord 12(1997) : 302-305.
- [57] Giladi N, McDermott MP, Fahn S, Przedborski S, Jankovic J, Stern M, Tanner C. Parkinson Study Group Freezing of gait in PD: prospective assessment in the DATATOP cohort. Neurology 56(2001) : 1712-1721.
- [58] Ueno E, Yanagisawa N, Takami M. Gait disorders in parkinsonism. A study with floor reaction forces and EMG. Adv Neurol 60(1993) : 414-418.
- [59] Achiron A, Ziv I, Goren M, Goldberg H, Zoldan Y, Sroka H. Primary progressive freezing gait. Mov Disord 8(1993) : 293-297.
- [60] Factor SA, Jennings DL, Molho ES, Marek KL. The natural history of the syndrome of primary progressive freezing gait. Arch Neurol 59(2002) : 1778-1783.
- [61] Giladi N, et al. Motor blocks in Parkinson's disease. Neurology 42(1992) : 333-339.
- [62] Yanagisawa N. Natural history of Parkinson's disease: From dopamine to multiple system involvement. Parkinsonism Relat Disord 12(2006) : S40-S6.
- [63] Azulay JP, Van Den Brand C, Mestre D, Blin O, Sangla I, Pouget J, Serratrice G. Automatic motion analysis of gait in patients with Parkinson disease: effects of levodopa and visual stimulations. Rev Neurol (Paris) 152(1996) : 128-134.
- [64] Burleigh-Jacobs A HF, Nutt JG, Obeso JA. Step initiation in Parkinson's disease: influence of levodopa and external sensory triggers. Mov Disord 12(1997) : 206-215.
- [65] Rubinstein TC, Giladi N, Hausdorff JM. The power of cueing to circumvent dopamine deficits: a review of physical therapy treatment of gait disturbances in Parkinson's disease. Mov Disord 17(2002) : 1148-1160.
- [66] Azulay JP, Mesure S, Amblard B, Blin O, Sangla I, Pouget J. Visual control of locomotion in Parkinson's disease. Brain 122(1999) : 111-120.
- [67] Lewis GN, Byblow WD, Walt SE. Stride length regulation in Parkinson's disease: the use of extrinsic, visual cues. Brain 123(2000) : 2077-2090.
- [68] Frenkel-Toledo S, Giladi N, Peretz C, Herman T, Gruendlinger L, Hausdorff JM. Treadmill walking as an external pacemaker to improve gait rhythm and stability in Parkinson's disease. Mov Disord 20(2005) : 1109-1114.

- [69] van Wegan EEH, Lim LIIK, Goede CJT. The effects of visual rhythms and optic flow on stride patterns of patients with Parkinson's disease. Parkinsonism Relat Disord (2005) ; accepted.
- [70] Jessica A, Brett G-M Rhythm and Beat Perception in Motor Areas of the Brain. J Cog Neurosci 19(2007) : 893-906.
- [71] Freedland RL, Festa C, Sealy M, McBean A, Elghazaly P, Capan A, Brozycki L, Nelson AJ, Rothman J. The effects of pulsed auditory stimulation on various gait measurements in persons with Parkinson's Disease. Neuro Rehabil 17(2002) : 81-87.
- [72] McCoy RW, Kohl RM, Elliot SM, Joyce AS. The impact of auditory cues on gait control of individuals with parkinson's disease. J Human Mov Stud 42(2002) : 229-236.
- [73] Dibble LE ND, Shultz B, MacWilliams BA, Marcus RL, Moncura C. Sensory cueing effects on maximal speed gait initiation in persons with Parkinson's disease and healthy elders. Gait and Posture 19(2004) : 215–225.
- [74] del Olmo MF, Cudeiro J. Temporal variability of gait in Parkinson's disease: effect of a rehabilitation programme based on rhythmic sound cues. Parkinsonism Relat Disord 11(2005) : 25-33.
- [75] Ellis T, Goede CJ, Feldman R, Wolters RA, Rathbun J, Brault JM. Efficacy of a physical therapy program in patients with Parkinson's disease: A randomized clinical trial. Arch Phys Med Rehabil 4(2005) : 626-632.
- [76] Baker K, Rochester L, Nieuwboer A. The effect of cues on gait variability—Reducing the attentional cost of walking in people with Parkinson's disease. Parkinsonism Relat Disord 14(2008) : 314–320.
- [77] Enzensberger W, Oberlander U, Stecker K. Metronome therapy in patients with Parkinson's disease. Nervenarzt 68(1997) : 972-977.
- [78] Zijlstra W, Rutgers AWF, Van Weerden TW. Voluntary and involuntary adaptation of gait in Parkinson's disease. Gait and Posture 7(1998) : 53-63.
- [79] Jiang Y, Norman KE. Effects of visual and auditory cues on gait initiation in people with Parkinson's disease. Clin Rehabil 20(2006) : 36-45.
- [80] ภิรมย์ กมลรัตน์กุล, มนต์ชัย ชาลาประวรวรตน์, ทวีสิน ต้นประยูร. หลักการทำให้สำเร็จ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอรัล พับลิเคชั่น จำกัด, 2005.

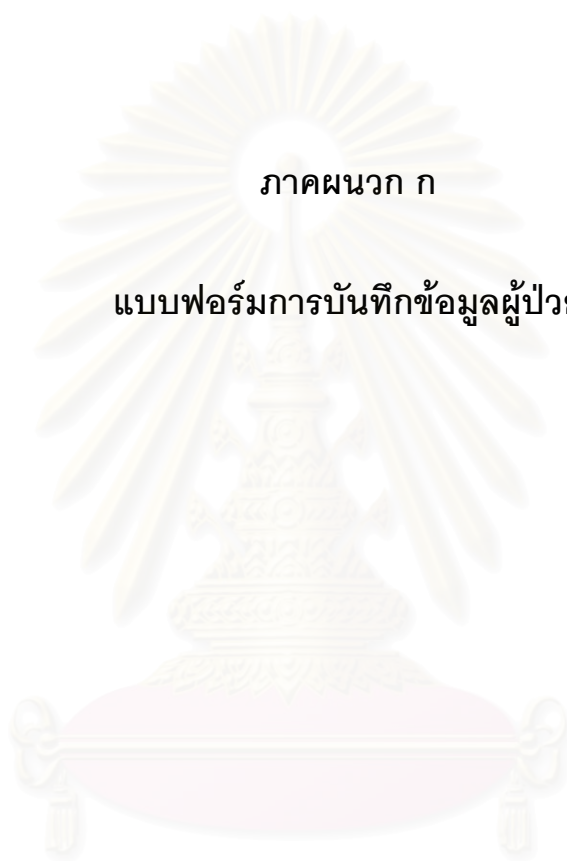
ภาคผนวก



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก  
แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลผู้ป่วย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Case Record Form

Date .....

Time .....

Code ..... Age ..... Years

Gender:  Male  Female Weight.....kg. Height.....cm.

Past History: .....  
 .....  
 .....  
 .....

Illness: .....

Diagnosis: ..... Disease duration .....

Medication :  on  off UPDRS  H & Y

General examination

BP .....b/m Pulse..... b/m

Eyes  Normal  Abnormal Ears  Normal  Abnormal

Red color

Balance  Fair  Good  Normal

Examination: Normal Cane

Test	Time (sec)	NOS (steps)
I		
II		
III		
Average		

Examination: Visual – Audio Stimulated Walking Cane

Test	Time (sec)	NOS (steps)
I		
II		
III		
Average		

Intervention Phase

Inclusion  Exclusion

No.....

**Case Record Form**

Date .....

Time .....

Code ..... Age ..... Years

Gender:  Male  Female Weight.....kg. Height.....cm.

Diagnosis: ..... Disease duration .....

Medication:  on  off

UPDRS

H & Y

General examination

BP .....b/m Pulse..... b/m

Examination: Normal Cane

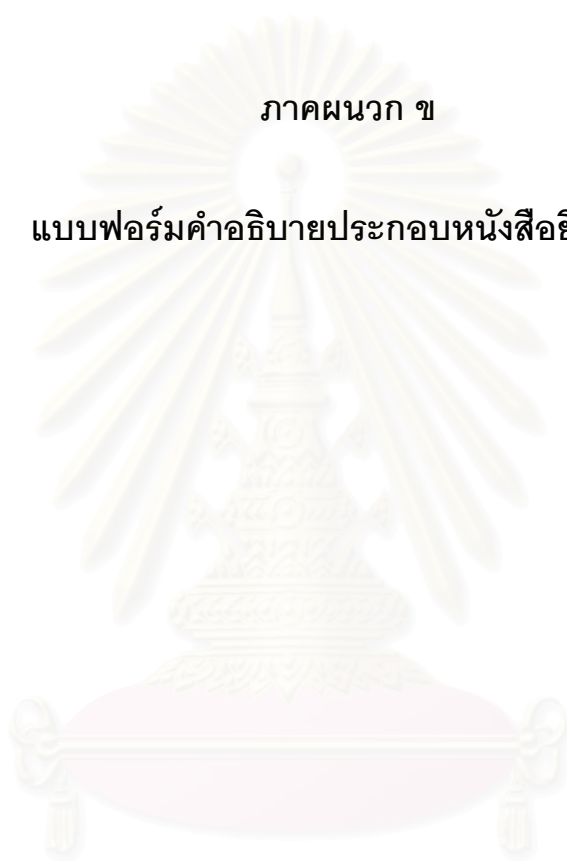
Test	Time (sec)	NOF (steps)	NOS (steps)	Step length (cm)	Stride length (cm)	Velocity (cm/s)	Cadence (step/min)
I							
II							
Average							

Examination: Visual – Audio Stimulated Walking Cane

Test	Time (sec)	NOF (steps)	NOS (steps)	Step length (cm)	Stride length (cm)	Velocity (cm/s)	Cadence (step/min)
I							
II							
Average							

ภาคผนวก ข

แบบฟอร์มคำอธิบายประกอบหนังสือยินยอม



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Confidential**

Chulalongkorn  
Comprehensive Movement  
Disorders Center

Protocol No.

โครงการวิจัย

การศึกษาประสิทธิผลของไม้เท้าที่มีแสงเลเซอร์และเสียงนำทาง  
ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด  
The Efficacy of Visual – Audio Stimulated Walking Cane  
in Parkinson Patients with Gait Freezing

โครงการวิจัยหมายเลข :

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย  
และแบบแสดงความยินยอม

สถานะเอกสาร:

หมายเลขอาสาสมัคร:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ชื่อย่อ:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

ทรัพย์สินของ ศูนย์รักษาโรคพาร์กินสันฯ โรงพยาบาลจุฬาฯ

ปกปิด

ห้ามนำไปใช้ เปิดเผย ตีพิมพ์ หรือ เผยแพร่ ยกเว้นได้รับอนุญาตจาก  
ศูนย์รักษาโรคพาร์กินสันฯ โรงพยาบาลจุฬาฯ

## เอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย และแบบแสดงความยินยอม

### เอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาประสิทธิผลของไม้เท้าที่มีแสงเลเซอร์และเสียงนำทางในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด (The Efficacy of Visual – Audio Stimulated Walking Cane in Parkinson Patients with Gait Freezing)”

### โครงการวิจัยหมายเลข :

**เรื่อง:** การศึกษาประสิทธิผลของไม้เท้าที่มีแสงเลเซอร์และเสียงนำทางในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด

### ความเป็นมา:

เอกสารให้คำยินยอมนี้ อาจจะมีค่าที่ท่านไม่เข้าใจ กรุณาขอให้แพทย์หรือผู้วิจัย อธิบายคำ ๆ นั้น หรือข้อมูลที่ท่านไม่เข้าใจ

### ข้อมูลสำหรับผู้ป่วย:

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมโครงการศึกษา “การศึกษาประสิทธิผลของไม้เท้าช่วยเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด โดยทำการทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าช่วยเดิน ซึ่งดำเนินการโดยศูนย์รักษาโรคพาร์กินสันฯ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### วัตถุประสงค์ของการศึกษา :

1. ออกแบบและประดิษฐ์ไม้เท้าช่วยเดิน เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์เพื่อเพิ่มความมั่นคงในการก้าวเดินแก่ผู้ป่วยพาร์กินสัน
2. ศึกษาผลของสิ่งกระตุ้นจากภายนอก คือ แสง, เสียง, และการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง จากไม้เท้าช่วยเดินต่อการเดินและต่อช่วงเวลา

การศึกษานี้จะมีการเก็บข้อมูลเพื่อความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเกี่ยวกับโรคพาร์กินสันและการจัดการอาการดังกล่าวให้ดีขึ้นด้วยสิ่งกระตุ้นจากภายนอก และนอกจากนี้ยังทำการทดสอบการเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินและประเมินผลโดยการใช้แบบสอบถามหลังการทดสอบ เพื่อช่วยในการตรวจหาอาการดังกล่าวของแพทย์

**Confidential**

Chulalongkorn

Comprehensive Movement

Disorders Center

Protocol No.

**การดำเนินการศึกษา:**

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในผู้ป่วยที่มารับการรักษาในคลินิกโรคพาร์กินสัน โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ซึ่งได้รับการวินิจฉัยอย่างแน่นอนแล้วว่าเป็นโรคพาร์กินสัน โดยมีอาการอย่างน้อย 2 ใน 4 อาการ ดังนี้ คือ สั่น (Tremor) เคลื่อนไหวช้า (Bradykinesia) เกร็ง (Rigidity) หรือมีปัญหาในการทรงตัว (Postural Instability) และมีประวัติที่ชัดเจนถึงการตอบสนองต่ออาการในช่วงแรกต่อยาในกลุ่มลีโวโดปา ที่สำคัญผู้ป่วยมีการเดินติดขัดร่วมด้วย

“ออฟไทม์ (Off time)” หมายถึงอาการที่ผู้ป่วยไม่ได้รับผลดีจากยารักษาพาร์กินสัน ส่งผลให้มีอาการเคลื่อนไหวช้า สั่น เกร็งตามแขนและลำตัว

“ออนไทม์ (On time)” หมายถึงอาการที่ผู้ป่วยได้รับผลดีจากยารักษาพาร์กินสัน ส่งผลให้มีอาการเคลื่อนไหวได้ดี ลดเกร็ง และสั่นน้อยลง

การทดสอบจะจัดในคลินิกอายุรกรรมประสาท โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยผู้ป่วยแต่ละท่านจะได้รับการตรวจร่างกายทางประสาทวิทยาโดยละเอียด รวมถึงการประเมินการเคลื่อนไหวโดยใช้แบบทดสอบ Unified Parkinson's Disease Rating Scales (Motor Section, UPDRS) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ได้มาตรฐาน และเป็นที่ยอมรับในการวิจัยทางคลินิกที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วยพาร์กินสัน

**รูปแบบและวิธีวิจัย**

1. **ช่วงการฝึก (Training phase):** เป็นการคัดกรองผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัดเข้าสู่ช่วงการทดสอบ (Intervention phase) โดยจะทำการทดสอบทั้งในช่วงยามดึก

**ขั้นตอน** 1. ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคพาร์กินสันอย่างน้อย 6 เดือน และผ่านการตรวจรักษาแล้ว

2. เก็บข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย เช่น อายุ, น้ำหนัก, ส่วนสูง, ระยะเวลาที่เป็นโรค ฯ

3. ชักประวัติ, วัดค่าความดัน, ชีพจร บันทึกข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลตามแบบฟอร์มดังกล่าว

4. อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยให้ผู้ป่วยเข้าใจ

5. อธิบายให้ผู้ป่วยเข้าใจหลักการใช้ไม้เท้าทั่วไปอย่างถูกต้อง

6. ให้ผู้ป่วยทดลองเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไปในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ ขณะเดินนั้นจะมีผู้วิจัยซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัดคอยดูแลอยู่ข้างๆ

7. จับเวลาและนับจำนวนก้าวที่ผู้ป่วยเดินในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ ของแต่ละรอบ (ถ้าผู้ป่วยเดิน 3 รอบแล้วไม่สามารถใช้ไม้เท้าได้อย่างถูกต้อง จะถือว่าการทดสอบสิ้นสุด: คัดผู้ป่วยออก)

8. ให้ผู้ป่วยทดลองเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ

9. ให้ผู้ป่วยที่ผ่านการคัดเลือกพักประมาณ 10 นาที จากนั้นผู้วิจัยจะตรวจสอบชีพจร และซักถามอาการ ถ้าผู้ป่วยสามารถเข้าร่วมการทดสอบต่อไปได้จะทำการศึกษาต่อหรือผู้วิจัยเพิ่มหรือลดเวลาพักแก่ผู้ป่วย

แต่ถ้าพิจารณาอาการและความพร้อมของผู้ป่วยแล้วพบว่าผู้ป่วยไม่สามารถเข้าร่วมการทดสอบต่อไปได้ในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะนัดผู้ป่วยมาทำการทดสอบในครั้งต่อไป

## 2. ช่วงการทดสอบ (Intervention phase):

- ขั้นตอน**
1. วัดค่าความดัน, ชีพจรและสอบถามการรับประทานยาครั้งล่าสุด เก็บบันทึกข้อมูล
  2. ผู้ป่วยจะได้รับการทดสอบ Motor Examination (UPDRS) เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลยืนยันช่วงอาการของผู้ป่วย
  3. อธิบายให้ผู้ป่วยเข้าใจหลักการใช้ไม้เท้าทั่วไปอีกครั้ง ก่อนการทดสอบผู้ป่วยจะต้องคาดเข็มขัดเพื่อป้องกันการล้ม
  4. ให้ผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไปในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบก่อนทดสอบในขั้นนี้ ผู้วิจัยจะแนะนำให้ผู้ป่วยขึ้นไปเหยียบบนผ้าชุบหมึกสีดำ จากนั้นเดินบนกระดาษต่อเนื่องที่เตรียมไว้
  5. ให้ผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4
  6. ผู้ช่วยผู้วิจัยจะทำการบันทึกภาพด้วยกล้อง VDO, จับเวลาในการเดินและบันทึกข้อมูล

**หมายเหตุ** 1. ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียงและการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นด้วยเสียง จะให้ผู้ป่วยฟังเสียงจากไม้เท้าก่อนการทดสอบทั้งในช่วงการฝึกและช่วงทดสอบเป็นเวลาประมาณ 1 นาที

### ความเสี่ยงและความไม่สะดวกสบายมีอะไรบ้าง

การทดสอบการเดินในช่วง Off time ผู้ป่วยอาจมีอาการเคลื่อนไหวลำบาก หรือตัวแข็งเกร็ง ทำให้ผู้ป่วยเกิดความยากลำบากในการก้าวเดิน ซึ่งอาจส่งผลให้สูญเสียการทรงตัวได้ง่าย หากท่านเกิดอาการเคลื่อนไหวลำบากมาก หรือไม่สามารถก้าวเดินต่อไปได้ ท่านสามารถแจ้งนักกายภาพผู้วิจัยได้ทันที ท่านจะได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดจนกว่าอาการจะดีขึ้น

### ผลประโยชน์ที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยนี้คืออะไร

ท่านจะได้รับการตรวจที่เป็นการศึกษาวิจัยโดยไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ แพทย์ผู้วิจัยของท่านจะได้รับภาพรวมของของสุขภาพของท่านโดยสมบูรณ์มากขึ้น รวมถึงสถานะทางสังคมและจิตใจของท่านจากการที่ท่านเข้าร่วมในการศึกษาวิจัย นอกจากนี้ การตรวจและการติดตามผลของการศึกษาวิจัยก็สามารถทำให้การดูแลสุขภาพของท่านดีขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม ไม่มีการรับประกันว่าท่านจะได้รับผลประโยชน์ทางการแพทย์ จากการเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยนี้ เมื่อท่านได้เข้าร่วมในการศึกษาวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์



**Confidential**

Chulalongkorn

Comprehensive Movement

Disorders Center

Protocol No.

**ข้าพเจ้าจะได้รับการชดเชยใด ๆ หรือไม่**

ท่านจะไม่ได้รับเงินสำหรับการเข้าร่วมในการศึกษาวิจัย ยกเว้นค่าใช้จ่ายตามจริง โดยท่านจะได้รับค่าเดินทางเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ (นอกเวลานัดตรวจของแพทย์) แต่ละครั้ง ครั้งละ 200 บาท และค่าใช้จ่ายนอกเหนือจากนี้เช่น ค่าจอดรถ ค่าเดินทางโดยพาหนะสาธารณะ หรือค่าจ่ายอื่นๆ ดังกล่าวในกรณีที่คณะกรรมการจริยธรรมอิสระ/คณะกรรมการพิจารณาของสถาบันให้การอนุมัติค่าใช้จ่ายต่าง ๆ นี้ นักกายภาพผู้วิจัยจะขอให้ท่านพูดคุยกับแพทย์ของท่านให้ชัดเจน และแสดงใบเสร็จรับเงินทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง

**จะมีสิ่งใดเกิดขึ้นหากมีบางสิ่งผิดปกติ**

กรุณาแจ้งให้นักกายภาพบำบัดหรือแพทย์ผู้วิจัยของท่านทราบ หากท่านคิดว่ามีบางสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น **หากท่านได้รับความเจ็บป่วยหรือบาดเจ็บรุนแรงในระหว่างการศึกษานี้** กรุณาติดต่อนักกายภาพบำบัดหรือแพทย์ผู้วิจัยของท่านทันที

**การปกปิดเป็นความลับ**

ข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมได้จากการศึกษานี้ ซึ่งสามารถระบุได้ว่าเป็นข้อมูลของท่านจะยังคงเป็นความลับในขอบเขตที่กฎหมายอนุญาต มีเพียงแพทย์ ผู้วิจัย คณะกรรมการจริยธรรม เจ้าหน้าที่ของรัฐที่กำกับดูแลของประเทศไทยและประเทศอื่นเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงข้อมูลทางการแพทย์ของท่าน เนื่องจากมีความจำเป็นที่จะต้องให้บุคคลเหล่านี้เข้าถึงข้อมูลได้ ดังนั้นการเก็บความลับอย่างเต็มที่จึงไม่สามารถรับรองได้ ท่านจะถูกระบุถึงโดยใช้ชื่อย่อและหมายเลขการศึกษาเท่านั้น ที่จะบันทึกในเอกสารการวิจัย ชื่อของท่านจะไม่ปรากฏในรายงานหรือเอกสารตีพิมพ์ที่เป็นผลจากการวิจัยนี้

**บุคคลที่ควรติดต่อเพื่อขอทราบข้อมูลเพิ่มเติม**

สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการศึกษาวิจัย สิทธิของท่าน และในกรณีเกิดการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากการศึกษาวิจัย

กรุณาติดต่อ

ชื่อ : นส.วรรณนิภัทศ บัวเทศ

โทรศัพท์ : 02-2564612, 086-xxxxxxx

ที่อยู่ : สาขาประสาทวิทยา ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ 1873 พระราม

4 กรุงเทพฯ 10330

## หนังสือแสดงความยินยอมการเข้าร่วมในโครงการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของไม้เท้าที่มีแสงเลเซอร์และเสียงนำทางในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดิน  
ติดขัด (The Efficacy of Visual – Audio Stimulated Walking Cane in Parkinson Patients  
with Gait Freezing)

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

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว .....ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยดังที่แนบมาในวันที่.....และข้าพเจ้า  
ยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาใบแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนามพร้อมด้วย  
เอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับ  
การอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการ  
ที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย และแนวทางการรักษาโดยวิธีอื่นอย่าง  
ละเอียด ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้  
ตอบคำถามต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการ  
รักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลและการ  
บอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้จะไม่ส่งผลต่อการรักษาโรคหรือสิทธิอื่น ๆ ที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับและจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการ  
ยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น บุคคลอื่นในนามของบริษัทผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม  
การวิจัยหรือผู้ได้รับอำนาจมอบหมายให้เข้ามาตรวจและประมวลข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัย ทั้งนี้จะต้องกระทำ  
ไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลงที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ ข้าพ  
เจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบประวัติทางการแพทย์ของผู้เข้าร่วมวิจัยได้ ผู้วิจัยรับรองว่าจะ  
ไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ ของผู้เข้าร่วมวิจัยเพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและ  
ต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่าข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถเลิก  
การให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ ที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อจะผ่านกระ  
บวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบการวิเคราะห์ และการ  
รายงานเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการใช้ข้อมูลทางการแพทย์ในอนาคตหรือการวิจัยทางด้าน  
เภสัชภัณฑ์ เท่านั้น

ข้าพเจ้ายินดีลงนามในใบยินยอมนี้เพื่อเข้าร่วมการวิจัยด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามผู้ยินยอม  
 (.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง  
 วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามแพทย์ผู้ทำวิจัย  
 (.....) ชื่อแพทย์ผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง  
 วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

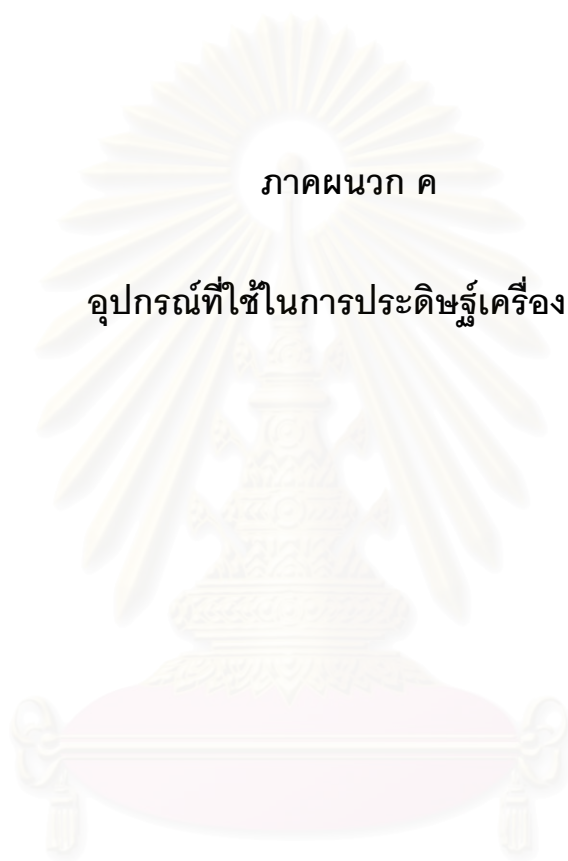
.....ลงนามนักกายภาพบำบัดผู้ทำวิจัย  
 (.....) ชื่อนักกายภาพบำบัดผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง  
 วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามพยาน  
 (.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง  
 วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

อุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์เครื่องมือ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## อุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์เครื่องมือ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

### 1 ส่วนของแสง

#### เลเซอร์พอยเตอร์

เลเซอร์พอยเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการชี้แสดงข้อความในการนำเสนอต่าง ๆ แสงเลเซอร์ที่เปล่งออกมาจะมีพลังงานต่ำซึ่งจะมีอันตรายต่อตาน้อยมาก , เลเซอร์พอยเตอร์รุ่นก่อนจะเป็นก๊าซฮีเลียม-นีออน (Helium-Neon (HeNe)) และให้แสงที่มีความยาว 633 นาโนเมตร โดยทั่วไปแสงเลเซอร์จะถูกผลิตขึ้นจะมีพลังงานไม่เกิน 1 มิลลิวัตต์ ในปัจจุบัน American National Standards Institute และ Food and Drug Administration (FDA) ได้แบ่งกลุ่มของแสงจากเลเซอร์พอยเตอร์ที่สามารถมองเห็น (ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร) ออกเป็นดังนี้

Class II: ให้พลังงานออกมาน้อยกว่า 1 มิลลิวัตต์

Class IIIa: ให้พลังงานออกมา 1.5 มิลลิวัตต์

Class IIIb: ให้พลังงานออกมาระหว่าง 5 - 500 มิลลิวัตต์ \*

(\*ไม่อนุญาตให้นำมาใช้ทำเลเซอร์พอยเตอร์เพราะมีอันตรายต่อดวงตาเมื่อได้รับแสงโดยตรง)



รูปที่ ค1 แสงเลเซอร์จากเลเซอร์พอยเตอร์

#### ออปติคัลไฟเบอร์

ออปติคัลไฟเบอร์ (Optical fiber) เป็นเส้นใยแก้วหรือพลาสติกซึ่งมีลักษณะโปร่งแสงตลอดช่วงความยาวนั้น โดยแสงที่อยู่ภายในออปติคัลไฟเบอร์จะมีคุณสมบัติสะท้อนภายในตัวมันเองทั้งหมด (Total internal reflection) ซึ่งจากคุณสมบัตินี้ทำให้แสงที่ผ่านออกมามีลักษณะตามการขึ้นนำของวัตถุนำแสงต้นกำเนิด

รูปที่ ค2 ออปติคัลไฟเบอร์



## 2 ส่วนของเสียง

### อุปกรณ์บันทึกเสียง ISD 1700

หมายถึง อุปกรณ์บันทึกเสียง (ChipCorder) ซึ่งเป็นชุดที่มีความสามารถสูง, เกิดจากการนำวงจรหลาย ๆ วงจรมารวมกัน, สามารถบันทึกเสียงและเล่นเสียงได้หลายข้อความ (Multi-message voice record and playback device), ระยะเวลาที่บันทึกเสียงอยู่ในช่วง 26 – 120 วินาที ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน, ความถี่สามารถปรับได้ตั้งแต่ 4 – 12 เฮอร์ตซ์ และสามารถทำงานได้ด้วยแหล่งจ่ายไฟในช่วง 2.4 – 5.5 โวลต์ อุปกรณ์นี้ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อให้สามารถทำงานได้ทั้งแบบ Standalone หรือใช้ร่วมกับ Microcontroller (SPI) และจะจัดการข้อมูลเสียงภายในตัวของมันเอง โดยสามารถ “เริ่มบันทึกเสียง”, “หยุดการบันทึกเสียง”, “ลบเสียงที่บันทึก”, “เลือกเล่นข้อความที่บันทึก” และ “เพิ่มเสียง” เป็นต้น รูปที่ 3.4 แสดงภาพของ ISD1700

รูปที่ ค3 ภาพ ISD1700



## 3. ส่วนของ Power Supply

### อุปกรณ์ปรับระดับแรงดัน

อุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าหรือ Voltage Regulator ทำหน้าที่ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการใช้งานจริง และรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าให้คงที่ ก่อนการจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ โดยมีหน้าที่หลัก คือ



รูปที่ ค4 อุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้า

1. ปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

แรงดันไฟฟ้าจะถูกปรับให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามที่ต้องการ เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และประโยชน์สูงสุด

2. รักษากระดับแรงดันไฟฟ้า ให้คงที่

แรงดันไฟฟ้าจะถูกสร้างขึ้นในอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้า ระหว่างที่กระแสไฟฟ้าไหลจากด้านตัวจ่ายพลังงาน (Supply side) ไปยังด้านโหลด (Load side) ทำให้เกิดค่าความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้า

#### 4. ส่วนของไม้เท้า

##### ไม้เท้าขาเดียว (One point cane)

ไม้เท้าขาเดียว (One point cane) เป็นอุปกรณ์ช่วยพยุงตัวเพื่อป้องกันการล้ม ทำจากอลูมิเนียม ประกอบด้วย 2 ท่อน ที่มีมือจับและที่ปลายไม้เท้ามียางหุ้ม และมีปุ่มปรับระดับความสูง

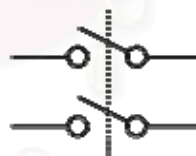
รูปที่ ค5 ไม้เท้าขาเดียว



##### สวิทช์ (Switch)

สวิทช์ที่ใช้เป็นสวิทช์คู่เปิด-ปิด หรือ Dual ON-OFF แบบ Double Pole, Single Throw = DPST ซึ่งจะทำงานพร้อมกัน สวิทช์แบบ DPST มักใช้เป็นสวิทช์หลักในวงจรไฟฟ้าเพราะมันสามารถทำงานแยกจากกันได้ โดยมีสัญลักษณ์ดังนี้

รูปที่ ค6 สัญลักษณ์ของสวิทช์แบบ DPST



รูปที่ ค7 สวิทช์ที่ใช้ในงานวิจัย

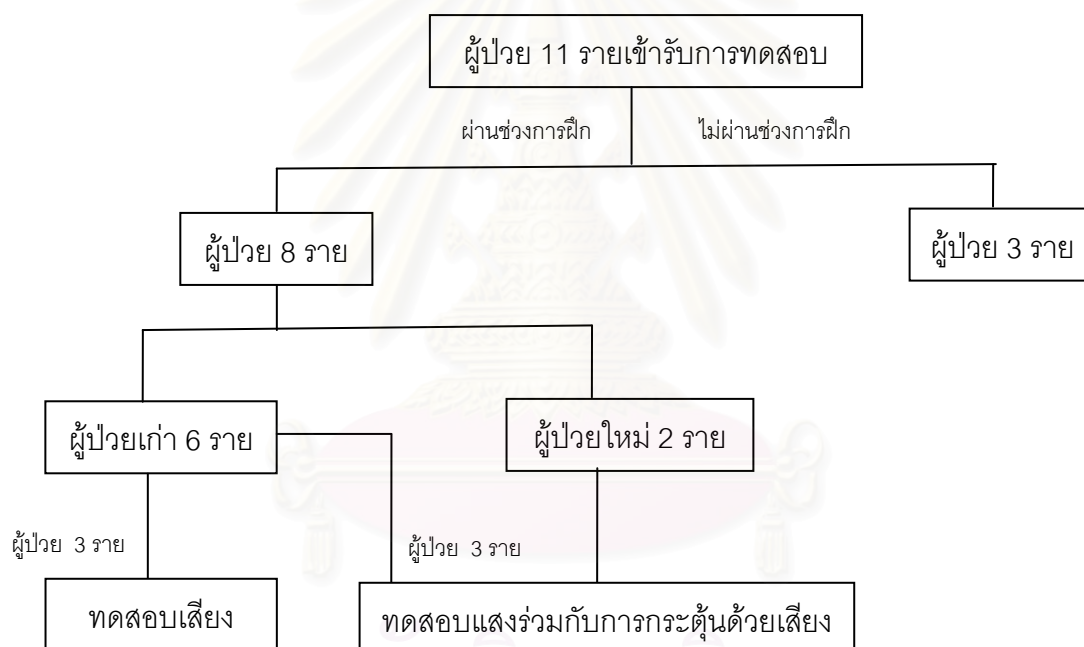
ภาคผนวก ง

ข้อมูลจำนวนและข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย  
ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียง  
และการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นด้วยเสียง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



การทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียงและการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นด้วยเสียง มีผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 11 ราย ที่ได้รับการคัดเลือกเข้ารับการทดสอบช่วงการฝึก (Training Phase) ในช่วงระหว่างเดือน กรกฎาคม - กันยายน 2551 ผู้ป่วยทุกรายจะผ่านการตรวจประเมินจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบประสาทก่อน และผ่านการคัดกรองโดยนักกายภาพบำบัดผู้วิจัย ผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 8 รายผ่านการทดสอบช่วงการฝึก (Training Phase) ในจำนวนนี้เป็นผู้ป่วยเก่า (เข้าร่วมการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง) จำนวน 6 ราย และเป็นผู้ป่วยใหม่จำนวน 2 ราย แบ่งกลุ่มผู้ป่วยเก่าโดยวิธีการสุ่มให้เข้ารับการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียงจำนวน 3 ราย การทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นด้วยเสียง มีผู้ป่วยเก่าและใหม่จำนวน 3 และ 2 ราย ตามลำดับ ดังแสดงใน รูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงข้อมูลจำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมวิจัย

## ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย

ผู้ป่วยทั้งหมดประกอบด้วย ผู้ป่วยชายจำนวน 4 คน และผู้ป่วยหญิงจำนวน 4 คน

ข้อมูลต่าง ๆ แสดงดังตาราง ง1

ตาราง ง1 แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย

	การกระตุ้นด้วยเสียง	การกระตุ้นด้วยแสงและเสียง
จำนวนผู้ป่วย	3	5
เพศ		
ชาย	2	2
หญิง	1	3
อายุ (ปี)		
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	67.33±99.29	68.8±11.08
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	61-78	52-80
น้ำหนัก (กิโลกรัม)		
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	61±7.94	59.9±5.81
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	55-70	56-70
ส่วนสูง (เซนติเมตร)		
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	158.67±8.5	157.4±7.47
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	150-167	150-170
ระยะเวลาการเป็นโรค(ปี)		
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.33±2.31	5±3.16
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	5-9	2-10
Hohn and Yahr scales		
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.17±0.29	2.6±0.22
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	2-2.5	2.5-3
UPDRS scale (Motor Examination)		
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	18.67±3.21	30.8±9.09
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	15-21	22-45

ตาราง ง2 ข้อมูลของผู้ป่วยที่เข้าร่วมการทดสอบการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียง

Subject	Age (years)	Weight (kg)	Height (cm)	Duration of Disease (years)	H & Y	UPDRS
1	77	58.5	156	6	2.5	30
2	80	70	170	4	3	45
3	65	59	156	3	2.5	24
4	52	56	150	10	2.5	33
5	70	56	155	2	2.5	22
Mean	68.8	59.9	157.4	5	2.6	30.8
Min	52	56	150	2	2.5	22
Max	80	70	170	10	3	45
SD	11.08	5.81	7.47	3.16	0.22	9.09

ตาราง ง3 ข้อมูลของผู้ป่วยที่เข้าร่วมการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นด้วยเสียง

Subject	Age (years)	Weight (kg)	Height (cm)	Duration of Disease (years)	H & Y	UPDRS
1	63	58	159	9	2	20
2	78	70	167	5	2.5	21
3	61	55	150	5	2	15
Mean	67.33	61.00	158.67	6.33	2.17	18.67
Min	61	55	150	5	2	15
Max	78	70	167	9	2.5	21
SD	9.29	7.94	8.50	2.31	0.29	3.21

ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบการเดินของพารามิเตอร์ต่าง ๆ  
ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง จ1 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ่นด้วยแสง  
ในช่วง Off time ในไม่เท่าตัวไป

Subject	NOF (Steps)	TOF (Seconds)	Stride Length (cm)	Velocity (cm/sec)	Cadence (Steps/min)
1	0	0	71.50	37.08	62.24
2	2	1.89	24.60	11.62	63.08
3	1	1.17	86.20	36.20	50.92
4	1	0.97	72.70	35.59	59.25
5	1	0.78	89.60	47.62	64.49
6	13	2.19	21.00	11.77	65.80
7	1	0.81	51.30	40.65	96.22
8	1	0.87	36.30	29.88	100.94
9	2	0.90	55.20	22.31	44.22
10	2	1.15	69.60	21.11	36.40
11	1	0.64	57.20	10.49	42.34
12	0	0	28.40	11.26	66.01
13	4	1.35	72.60	20.27	33.74
14	1	1.22	89.60	53.56	72.38
15	0	0	64.40	32.79	61.38
16	2	0.86	80.20	35.45	53.56
17	0	0	58.00	37.43	77.87
18	1	1.25	73.20	31.40	51.87
19	1	0.62	94.80	44.21	56.82
20	17	3.92	27.40	14.92	67.99
21	2	1.53	26.00	15.36	70.74
22	2	1.30	43.00	21.09	58.99
23	2	1.48	48.20	30.41	76.44
24	1	0.82	60.50	38.00	76.20
25	7	1.34	28.60	14.64	61.23
26	12	2.36	21.00	11.34	65.01
27	4	1.82	19.10	15.49	97.31
28	16	2.56	61.10	9.39	18.37
29	27	2.85	24.30	4.48	22.24
30	2	0.51	38.00	17.11	54.31
Mean	4.20	1.24	53.12	25.43	60.95
SD	6.38	0.89	23.79	13.16	19.36

ตาราง ๑2 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง

ในช่วง Off time ในไม่เท้าช่วยเดิน

Subject	NOF (Steps)	TOF (Seconds)	Stride Length (cm)	Velocity (cm/sec)	Cadence (Steps/min)
1	0	0	86.00	48.63	67.61
2	1	1.02	71.50	18.90	33.10
3	0	0	90.70	52.60	66.67
4	0	0	90.00	31.58	42.13
5	0	0	111.10	37.27	40.54
6	0	0	81.20	40.04	65.81
7	0	0	62.20	46.49	89.03
8	0	0	101.60	50.64	54.61
9	0	0	91.80	25.85	33.26
10	0	0	85.90	28.79	40.54
11	0	0	83.10	36.15	51.37
12	0	0	28.10	15.47	65.91
13	2	1.27	93.40	10.25	13.39
14	0	0	88.80	41.48	56.37
15	0	0	73.40	38.58	63.27
16	0	0	93.70	42.52	54.32
17	0	0	77.40	44.30	68.70
18	0	0	78.80	36.61	55.39
19	0	0	110.90	61.49	66.21
20	0	0	53.70	30.00	67.86
21	0	0	87.80	41.90	58.29
22	0	0	59.10	30.32	61.59
23	0	0	66.30	42.52	64.10
24	0	0	95.40	45.24	56.92
25	0	0	75.60	33.77	53.36
26	1	0.31	62.40	33.19	64.41
27	0	0	60.70	28.10	55.23
28	3	1.91	68.10	10.75	18.93
29	3	1.53	46.90	3.70	9.52
30	0	0	68.80	28.22	49.41
Mean	0.33	0.20	78.15	34.51	52.93
SD	0.84	0.51	18.55	13.27	17.64

ตาราง ๑3 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ่นด้วยแสง  
ในช่วง On time ในไม่เท้าทั่วไป

Subject	NOF (Steps)	TOF (Seconds)	Stride Length (cm)	Velocity (cm/sec)	Cadence (Steps/min)
1	0	0	90.00	50.09	67.55
2	0	0	72.20	28.02	46.75
3	0	0	89.20	46.82	63.63
4	0	0	88.30	46.20	63.01
5	0	0	105.80	55.93	63.56
6	4	0.75	85.50	31.37	43.93
7	0	0	58.70	35.01	71.77
8	0	0	79.70	45.61	69.17
9	0	0	66.90	26.14	42.39
10	2	0.72	84.80	38.84	55.26
11	0	0	70.90	18.69	32.26
12	0	0	25.90	14.01	64.38
13	3	1.41	84.80	22.47	31.80
14	0	0	99.00	62.56	76.57
15	0	0	63.30	44.20	83.53
16	0	0	88.90	47.74	70.50
17	0	0	86.20	50.06	70.62
18	0	0	93.20	40.04	66.49
19	0	0	96.00	45.78	57.36
20	0	0	52.20	40.20	92.33
21	0	0	69.00	30.44	52.90
22	0	0	65.70	32.55	55.35
23	1	0.75	82.60	67.67	98.70
24	0	0	91.80	70.33	92.60
25	0	0	90.00	31.15	41.14
26	0	0	77.10	53.43	83.02
27	0	0	76.10	35.80	56.58
28	0	0	54.40	8.30	18.35
29	9	2.20	31.60	10.28	37.95
30	1	0.50	84.80	44.00	51.70
Mean	0.67	0.21	76.82	39.12	60.71
SD	1.84	0.50	18.54	15.60	19.13

ตาราง ๑4 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง  
ในช่วง On time ในไม้เท้าช่วยเดิน

Subject	NOF (Steps)	TOF (Seconds)	Stride Length (cm)	Velocity (cm/sec)	Cadence (Steps/min)
1	0	0	80.70	58.45	83.94
2	0	0	83.80	33.25	47.23
3	0	0	90.70	48.21	64.14
4	0	0	87.90	50.54	69.08
5	0	0	113.30	45.52	48.14
6	0	0	96.40	24.98	30.29
7	0	0	79.10	23.19	35.18
8	0	0	98.50	83.41	101.07
9	0	0	107.80	30.64	33.85
10	0	0	96.70	43.42	54.41
11	0	0	63.20	37.64	54.17
12	0	0	31.60	14.26	53.86
13	0	0	89.80	10.03	13.51
14	0	0	101.50	60.44	71.96
15	0	0	79.40	55.15	82.61
16	0	0	103.40	47.41	54.99
17	0	0	90.90	46.18	60.50
18	0	0	110.90	44.13	54.04
19	0	0	122.80	61.77	64.52
20	0	0	70.00	55.49	94.77
21	0	0	93.90	47.25	60.32
22	0	0	92.70	47.44	61.53
23	0	0	86.90	70.18	100.62
24	0	0	96.70	42.37	52.88
25	0	0	132.80	32.70	29.85
26	0	0	84.40	53.57	76.25
27	0	0	88.50	41.22	55.90
28	0	0	72.60	9.43	15.66
29	0	0	59.20	11.59	23.27
30	0	0	95.50	35.19	41.52
Mean	0.00	0.00	90.05	42.17	56.34
SD	0.00	0.00	19.44	17.63	22.90



ตาราง ๑5 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียง  
ในช่วง Off time ในไม้เท้าทั่วไป

Subject	Stride Length	Velocity	Cadence
1	101.63	56.79	70.75
2	52.67	38.9	89.64
3	73.46	48.74	84.02
Mean	75.92	48.14	81.47
SD	24.57	8.96	9.7

ตาราง ๑6 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียง  
ในช่วง Off time ในไม้เท้าช่วยเดิน

Subject	Stride Length	Velocity	Cadence
1	102.03	62.55	73.57
2	51.57	40.74	94.18
3	71.03	50.91	89.12
Mean	74.88	51.40	85.62
SD	25.45	10.91	10.74

ตาราง ๑7 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียง  
ในช่วง On time ในไม้เท้าทั่วไป

Subject	Stride Length	Velocity	Cadence
1	122.03	81.62	80.27
2	62.99	50.65	97.16
3	87.37	63.04	88.71
Mean	90.80	65.10	88.71
SD	29.67	15.59	8.45

ตาราง ๑8 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียง  
ในช่วง On time ในไม้เท้าช่วยเดิน

Subject	Stride Length	Velocity	Cadence
1	119.17	67.24	68.38
2	63.55	53.25	95.49
3	85.49	57.52	82.84
Mean	89.40	59.34	82.24
SD	28.02	7.17	13.57

ตาราง ๑๙ ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงและเสียง  
ในช่วง Off time ในไม่เท้าทั่วไป

Subject	Stride Length	Velocity	Cadence
1	53.19	20.43	47.72
2	16.14	16.31	139.3
3	75.56	41.81	67.89
4	69.66	44.7	76.99
5	56.02	46.22	102.56
Mean	54.11	33.89	86.89
SD	23.17	14.33	35.3

ตาราง ๑๑๐ ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงและเสียง  
ในช่วง Off time ในไม่เท้าช่วยเดิน

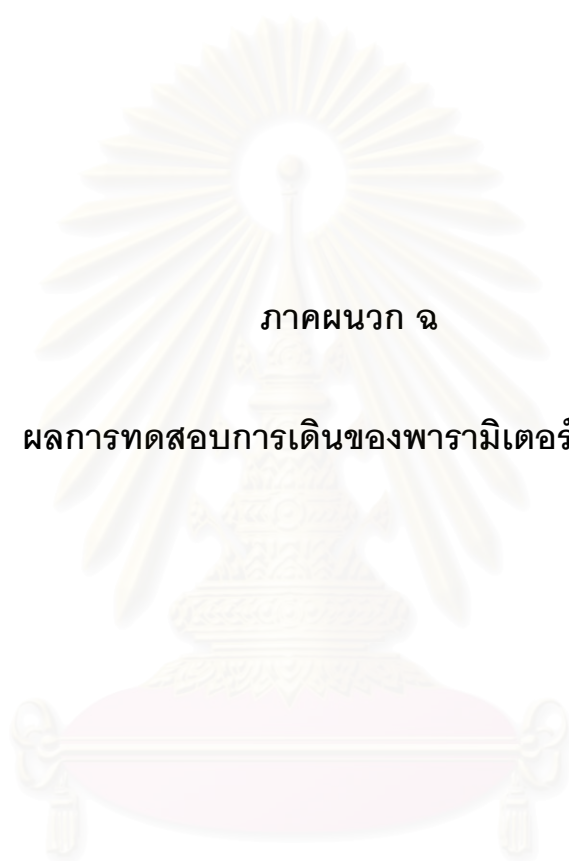
Subject	Stride Length	Velocity	Cadence
1	61.35	10.38	21.78
2	16.26	8.93	66.77
3	83.72	41.79	62.66
4	62.33	42.47	83.55
5	82.02	10.97	16.78
Mean	61.14	22.91	50.31
SD	27.21	17.56	29.44

ตาราง ๑11 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงและเสียง  
ในช่วง On time ในไม่ทำทั่วไป

Subject	Stride Length	Velocity	Cadence
1	73.84	27.67	46.69
2	19.64	6.98	48.19
3	82.44	53.43	78.35
4	88.45	74.27	100.76
5	53.87	20.19	44.98
Mean	63.65	36.51	63.79
SD	27.86	27.06	24.84

ตาราง ๑12 ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงและเสียง  
ในช่วง On time ในไม่ทำช่วยเดิน

Subject	Stride Length	Velocity	Cadence
1	57.27	9.72	20.38
2	36.94	13.55	45.87
3	87.66	50.36	69.33
4	88.93	55.26	78.29
5	76.35	17.68	28.94
Mean	69.43	29.31	48.56
SD	22.16	21.70	25.01



ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบการเดินของพารามิเตอร์ต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ๑1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\bar{X}\pm SD$ ) ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง แบ่งกลุ่มผู้ป่วยตามระดับความรุนแรงของโรค

		Mild PD		Severe PD	
		Off time	On time	Off time	On time
NOF (Steps)	N	1.24±0.97	0.35±0.86	8.08±8.27	1.08±2.63
	L	0.18±0.53	0	0.92±1.44	0
TOF (Seconds)	N	0.77±0.44	0.15±0.38	1.85±0.97	0.28±0.64
	L	0.07±0.31	0	0.37±0.67	0
Stride length (cm)	N	69.68±15.40	84.86±12.8	31.46±12.41	66.31±20.02
	L	87.14±12.91	94.72±14.72	66.38±18.57	83.95±23.51
Velocity (cm/sec)	N	33.02±11.41	43.82±13.3	15.51±7.55	32.99±16.74
	L	38.59±11.76	43.55±13.42	28.66±13.24	40.37±22.46
Cadence (Steps/min)	N	58.48±15.96	62.39±16.32	64.17±23.38	58.50±22.81
	L	53.83±17.05	55.26±17.83	51.75±19.02	57.74±28.97

Mild PD (H&Y=2), Severe PD (H&Y>2)

NOF = Number of freezes

TOF = Time of freezes

ตาราง ๑2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\bar{X} \pm SD$ ) ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ  
ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง, การกระตุ้นด้วยเสียง และการกระตุ้นด้วยแสงรวมกับการกระตุ้นด้วยเสียง

		Visual cues (N=30)		Auditory cues (N=3)		Visual + Auditory cues (N=5)	
		Off time	On time	Off time	On time	Off time	On time
NOF (Steps)	N	4.20±6.38	0.67±1.85	-	-	-	-
	L	0.33±0.84	0	-	-	-	-
TOF (Seconds)	N	1.24±0.89	0.21±0.50	-	-	-	-
	L	0.20±0.51	0	-	-	-	-
Stride length (cm)	N	53.12±23.79	76.82±18.54	75.92±24.57	90.80±29.67	54.11±23.17	63.65±27.86
	L	78.15±18.55	90.05±19.44	74.88±25.45	89.40±28.02	61.14±27.21	69.43±22.16
Velocity (cm/sec)	N	25.43±13.16	39.12±15.60	48.14±8.96	65.10±15.59	33.89±14.33	36.51±27.06
	L	34.29±13.19	42.17±17.63	51.40±10.91	59.34±7.17	22.91±17.56	29.31±21.70
Cadence (Steps/min)	N	60.95±19.36	60.71±19.13	81.47±9.70	88.71±8.45	86.89±35.31	63.79±24.84
	L	52.93±17.64	56.34±22.90	85.62±10.74	82.24±13.57	50.31±29.44	48.56±25.01

NOF = Number of freezes

TOF = Time of freezes

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววรรณนิภัทศ บัวเทศ เกิดเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2525 จบการศึกษา  
ระดับปริญญาตรีที่คณะกายภาพบำบัดฯ ม.มหิดล เมื่อปี พ.ศ. 2548 หลังจากนั้นเข้าทำงานที่  
คลินิกกายภาพบำบัด (ปิ่นเกล้าฯ) ม.มหิดล เชี่ยวชาญด้านระบบประสาท เป็นเวลา 1 ปี จากนั้น  
เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สหสาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย