

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาประสิทธิผลของไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดินในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีปัญหาการเดินติดขัด

The Efficacy of Laser-guided walking devices in patients with Parkinson's disease

with predominant gait freezing

โดย

รองศาสตราจารย์นายแพทย์ รุ่งโรจน์ พิทยศิริ

นางสาววรรณนิภัส บัวเทศ

รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์

อาจารย์ ดร. นิตพันธ์ ศรีบุญเรืองฤทธิ์

แพทย์หญิงเฮเลน ฮอย ย้ง หลิง

นางรัตนฤดี เทพหัสดิน ณ อยุธยา

นางสาวจินตนา ดงอานนท์

นางสาวลลิตา แก้ววิไล

นางสาวณัฐวดี ต่อสนิท

ศูนย์รักษาโรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ (Chulalongkorn Comprehensive Movement Disorders Center)

1873 ถ.พระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 02 256 4627, 02 256 4000 ต่อ 3361 โทรสาร 02-256 4630, 02 252 1303

E-mail www.chula-parkinsons.org

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อออกแบบและพัฒนาไม้เท้าเลเซอร์และมีเสียง metronome เป็นอุปกรณ์ช่วยเดิน และเพื่อศึกษาผลของการกระตุ้นด้วยแสง เสียง และร่วมกันระหว่างแสงกับเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัด

ระเบียบวิธีวิจัย: ไม้เท้าช่วยเดินได้รับการพัฒนาและทดสอบใน 4 รูปแบบของการกระตุ้น คือ แสง เลเซอร์ เสียงจาก metronome แสงร่วมกับเสียง และไม่มีสิ่งกระตุ้น ศึกษาในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน จำนวน 38 ราย มี Hoehn & Yahr อยู่ในช่วง 2-3 เข้ารับการทดสอบแบบสุ่มใน 4 กรณี ทั้งในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ โดยเดินรอบละ 5 เมตร กรณีละ 2 รอบ เก็บข้อมูลโดยการบันทึกภาพรอยเท้าและบันทึกภาพด้วยกล้องวิดีโอ เพื่อศึกษาผลของจำนวนก้าวติดขัด เวลาของก้าวติดขัด ระยะก้าว ความเร็วและจังหวะในการเดิน

ผลการวิจัย: ผลการศึกษาการกระตุ้นด้วยแสงในผู้ป่วย 30 ราย พบว่าการกระตุ้นด้วยแสงมีผลต่อการลดลงของจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดในช่วงยาหมดฤทธิ์ 2.87 ± 5.82 ก้าว ($p < 0.002$), 1.04 ± 0.80 วินาที ($p < 0.0001$) ตามลำดับ ช่วยเพิ่มระยะก้าวและความเร็วการเดิน 25.03 ± 18.12 ซม. ($p < 0.0001$), 8.86 ± 10.45 ซม./วินาที ($p < 0.0001$) ตามลำดับ ส่วนผลของการกระตุ้นด้วยเสียง และการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับแสง ไม่พบการลดลงของจำนวนก้าวติดขัดและระยะเวลาของก้าวติดขัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป เมื่อวิเคราะห์แบ่งกลุ่มผู้ป่วยตามระดับความรุนแรงของโรคของกลุ่มทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง พบว่าผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ($H \& Y > 2$) เดินได้ดีกว่ากลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ($H \& Y = 2$) ตามผลการลดลงของจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดในช่วงยาหมดฤทธิ์ 7.46 ± 7.52 ก้าว ($p < 0.004$), 1.49 ± 0.94 วินาที ($p < 0.0001$) ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าระยะก้าวและความเร็วในการเดินของผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยเพิ่มขึ้น 34.92 ± 21.49 เซนติเมตร ($p < 0.0003$), 13.15 ± 9.60 ซม./วินาที ($p < 0.0001$) ตามลำดับ ด้วยเช่นกัน

สรุปผลการศึกษา: ในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าไม้เท้าที่มีแสงเลเซอร์เป็นสิ่งกระตุ้นช่วยให้จำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันกับช่วยให้ระยะก้าว ความเร็วและจังหวะในการเดินดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงยาหมดฤทธิ์ ผลของการเดินที่ดีขึ้นนี้เห็นได้ชัดเจนในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ($H \& Y > 2$) อุปกรณ์ช่วยเหลือโดยมีสิ่งกระตุ้นทางสายตาประกอบเข้าไปด้วยนั้น น่าจะได้รับการพิจารณาให้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้ร่วมในการบำบัดเพื่อช่วยลดการเดินติดขัดในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ในอนาคตควรศึกษาเพิ่มเติมในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันจำนวนมากขึ้น เช่นเดียวกันกับไม้เท้าที่มีการเชื่อมต่อแบบไร้สายเพื่อใช้ในการศึกษาเวลาของก้าวติดขัด และควรเพิ่มความเข้มของแสงเลเซอร์ให้มากยิ่งขึ้น

Abstracts

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 4 scenarios during both 'on' and 'off' medications. With each test paradigm, individual subject was required to walk on a 5-metres track twice. Each subject's performance was recorded on the videorecorder as well as 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', compared to regular cane (2.87 ± 5.82 , $p < 0.002$; 1.04 ± 0.80 $p < 0.0001$, respectively). In addition, stride length and velocity increased in the group using a laser cane during 'off' (25.03 ± 18.12 , $p < 0.0001$; 8.86 ± 10.45 , $p < 0.0001$, respectively). Auditory cues and combined visual and auditory cues did not significantly decrease the number and duration of freezes, compared to the regular cane. Subanalysis of data revealed that patients with H&Y>2 (severe PD) had better degree of improvement compared to patients with H&Y=2 in term off the absolute reduction in number and duration of freezes (7.46 ± 7.52 , $p < 0.004$, 1.49 ± 0.94 , $p < 0.0001$, respectively). Moreover, stride length and velocity increased in the severe group using a laser cane during 'off' (34.92 ± 21.49 , $p < 0.0003$, 13.15 ± 9.60 , $p < 0.0001$, respectively).

Conclusion: In this study, laser cane was shown to significantly reduce the number and duration of freezes as well as improved stride length, velocity and cadence during 'off'. Better degree of improvement is more evident in PD patients with more severe disease (H&Y>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.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับการอุดหนุนการวิจัยจากเงินอุดหนุนทั่วไปจากรัฐบาล ประจำปี
งบประมาณ 2552

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

หน้า	
บทคัดย่อภาษาไทย.....	2
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	3
กิตติกรรมประกาศ.....	4
สารบัญเรื่อง.....	5
สารบัญตารางและแผนผัง.....	6
สารบัญภาพ.....	7
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	9
บทที่ 1 บทนำ (Introduction).....	13
งานวิจัยที่เคยมีผู้ทำการวิจัยมาก่อน.....	13
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	27
วัตถุประสงค์.....	29
ขอบเขตการวิจัย.....	29
สรุปทฤษฎีหรือแนวทางการคิดที่เกี่ยวข้อง.....	30
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	31
บทที่ 2 เนื้อเรื่อง (Main Body).....	33
วิธีการดำเนินการวิจัย (Materials and Method).....	33
ผลการวิจัย (Results).....	47
บทที่ 3 อภิปรายและวิจารณ์ผล (Discussion).....	65
บทที่ 4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ (Summary and Suggestion).....	70
รายการอ้างอิง (References)	72
ภาคผนวก (Appendix).....	79
ประวัตินักวิจัยและคณะ พร้อมหน่วยงานสังกัด.....	82

สารบัญตารางและแผนผัง (List of Tables and Diagram)

ตาราง 2.1	ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย.....	48
แผนผัง 2.1	เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดระหว่างไม้เท้าทั่วไป และไม้เท้าช่วยเดินในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิในการกระตุ้นด้วยแสง.....	49
แผนผัง 2.2	เปรียบเทียบข้อมูลการเดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินในช่วงขาหดรกฤทธิ และออกฤทธิในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง.....	50
แผนผัง 2.3	เปรียบเทียบระยะก้าว (Stride length) ในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิของผู้ป่วย ที่เดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินโดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี.....	51
แผนผัง 2.4	เปรียบเทียบความเร็วในการเดิน (Velocity) ในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิ ของผู้ป่วยที่เดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินโดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี.....	52
แผนผัง 2.5	เปรียบเทียบจังหวะในการเดิน (Cadence) ในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิของ ผู้ป่วยที่เดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินโดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี.....	53
แผนผัง 2.6	เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดระหว่างไม้เท้าทั่วไปและ ไม้เท้าช่วยเดินในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิกลุ่มผู้ป่วยที่มีความรุนแรงน้อย.....	55
แผนผัง 2.7	เปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิ ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย.....	56
แผนผัง 2.8	เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดระหว่างไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้า ช่วยเดินในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิกลุ่มผู้ป่วยที่มีความรุนแรงมาก.....	57
แผนผัง 2.9	เปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิ ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคมก.....	59
แผนผัง 2.10	เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes) ในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิ ของไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน ทั้ง 2 กลุ่ม.....	60
แผนผัง 2.11	เปรียบเทียบเวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes) ในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิ ของไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน ทั้ง 2 กลุ่ม.....	61
แผนผัง 2.12	เปรียบเทียบระยะการก้าว (Stride length) ในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิ ของไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน ทั้ง 2 กลุ่ม.....	62
แผนผัง 2.13	เปรียบเทียบความเร็วในการเดิน (Velocity) ในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิของ ไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน ทั้ง 2 กลุ่ม.....	63
แผนผัง 2.14	เปรียบเทียบจังหวะในการเดิน (Cadence) ในช่วงขาหดรกฤทธิและออกฤทธิของ ไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน ทั้ง 2 กลุ่ม.....	64

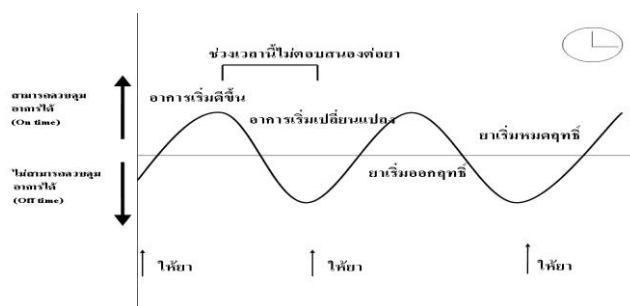
สารบัญภาพ (List of Illustrator)

A1.1	การเกิด Wearing off period	9
A1.2	ช่วงก้าวเดิน (step length) และระยะก้าวเดิน (stride length)	10
A1.3	รูปแบบการเดินใน 1 วงจรการเดิน (Gait cycle).....	10
A1.4	ลักษณะเท้าของผู้ป่วยพาร์กินสันในขณะที่เดินที่มีปัญหาการเดินติดขัด.....	11
1.1	ความผิดปกติที่ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน.....	13
1.2	ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีลักษณะตัวโค้งงอ (Stooped posture).....	14
1.3	ตัวอย่างไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน.....	29
1.4	Basal ganglia circuitry.....	30
1.5	กรอบความคิดของการวิจัย.....	31
2.1	กรอบความคิดในการประดิษฐ์เครื่องมือ.....	35
2.2	ลักษณะของแสงเลเซอร์จากเลเซอร์พอยเตอร์.....	36
2.3	ลักษณะของออฟติคคอสไฟเบอร์.....	36
2.4	ลักษณะของ ISD1700.....	36
2.5	ลักษณะของ PIC16F628A.....	37
2.6 – 2.7	ลักษณะของ Quartz Crystal Oscillator และรูปวงจรที่ต่อกับ Capacitor.....	37
2.8	ลักษณะของอุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้า.....	38
2.9	ลักษณะของไม้เท้า.....	39
2.10	สัญลักษณ์ของสวิทช์แบบ DPST.....	39
2.11	สวิทช์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	39
2.12	ลักษณะของไม้เท้ารุ่นที่ 1 และปรับปรุงให้เหมาะสมต่อการใช้งาน.....	39
2.13	วงจรบันทึกเสียงที่ใช้ มี Microphone เป็น Input และมี Switches เป็นตัวควบคุม.....	40
2.14	Schematic ของ ISD1700.....	40
2.15	แผ่นพริ้นต์ของ ISD1700.....	41
2.16	การเชื่อมต่อของ ISD1700.....	41
2.17	ลักษณะของ MC78L05.....	41
2.18	การต่อวงจร MC78L05.....	41
2.19	การเชื่อมต่อ MC7805 บนโพรโตบอร์ด.....	41
2.20	การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดบนโพรโตบอร์ด.....	42
2.21	สัญญาณจากวงจรแสงและเสียง.....	42

2.22	การจัดเรียงอุปกรณ์ทั้งหมดลงในกล่องและการต่อสายหูฟัง, สวิตช์กดเพิ่มเสียงและการเชื่อมต่อไปยังไม้เท้า.....	42
2.23	ลักษณะของไม้เท้าเลเซอร์หลังจากพัฒนาครั้งที่ 1.....	43
2.24	ขั้นตอนทดสอบไม้เท้าเลเซอร์ที่พัฒนาครั้งที่ 1 ในผู้ป่วย.....	43
2.25	แผ่นพรินต์ วงจร ISD1700 ซึ่งปรับปรุงให้สามารถใส่เข้าไปในไม้เท้าได้.....	44
2.26	แผ่นพีซีบีวงจรถวาย ISD1700 ซึ่งปรับปรุงให้สามารถใส่เข้าไปในไม้เท้าได้.....	44
2.27 - 2.28	การประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าสู่ในตัวไม้เท้า.....	44
2.29	ลักษณะของไม้เท้าเลเซอร์หลังจากพัฒนาครั้งที่ 2.....	45
2.30	ลักษณะการใช้งานในส่วนองแสง.....	45
2.31	ลักษณะการใช้งานในส่วนองเสียง.....	45
2.32	ขั้นตอนทดสอบไม้เท้าเลเซอร์ที่พัฒนาครั้งที่ 2 ในผู้ป่วย.....	45
2.33	ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมวิจัย.....	47
B1.1	การทดสอบในช่วงการฝึก.....	80
B1.2	การทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าทั่วไป.....	81
B1.3	การทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน.....	81

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **“Off Time”** หมายถึง ช่วงที่ยาหมดฤทธิ์หรือช่วงที่ผู้ป่วยไม่ตอบสนองต่อยา ผู้ป่วยพาร์กินสัน จะมีอาการสั่น แข็งเกร็ง, เคลื่อนไหวได้ช้า ลักษณะอาการพาร์กินโซนิกซิมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาใกล้ ๆ ที่จะรับประทานยาในครั้งถัดไป หรือเรียกว่า Wearing off period (รูปที่ A1.1)
2. **“On Time”** หมายถึง ช่วงที่ยาออกฤทธิ์หรือช่วงที่ผู้ป่วยมีอาการตอบสนองที่ดีต่อยา ส่งผลให้มีการเคลื่อนไหวได้คล่องขึ้น อาการเกร็งและอาการสั่นน้อยลง



รูปที่ A1.1 การเกิด Wearing off period

3. **“Velocity”** หมายถึง ความเร็วในการเดิน โดยคำนวณได้จาก

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

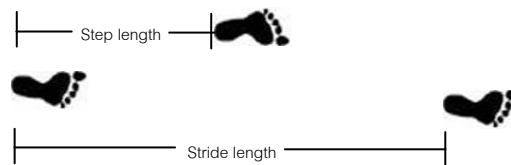
(มีหน่วยเป็น เซนติเมตร/วินาที)

4. **“Cadence”** หมายถึง จังหวะในการเดินคิดเป็นจำนวนก้าว (Number of Steps) ที่ผู้ป่วยเดินได้ใน 1 นาที ในการศึกษานี้เก็บค่าเวลา (Time) เป็นหน่วยวินาที ดังนั้นจึงคำนวณจังหวะในการเดินได้ดังนี้

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

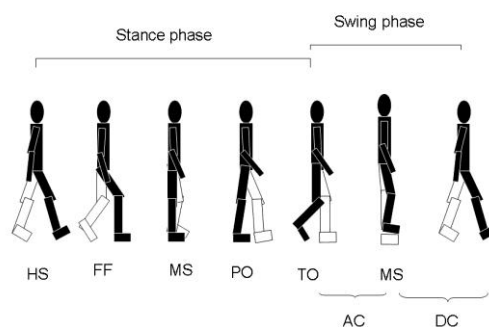
(มีหน่วยเป็น ก้าว/นาที)

5. “Step length” หมายถึง ช่วงก้าวหรือความยาวในการก้าวเท้า 1 ครั้ง โดยวัดจากส้นเท้าของเท้าข้างหนึ่ง ไปสู่ส้นเท้าของเท้าอีกข้างหนึ่ง (รูปที่ A1.2)
6. “Stride length” หมายถึง ระยะก้าวหรือความยาวในการก้าวเท้าซ้ายและขวาอย่างละ 1 ก้าว นับเป็น 1 Stride length โดยวัดจากส้นเท้าของเท้าข้างหนึ่ง ไปสู่ส้นเท้าของเท้าข้างเดียวกัน (รูปที่ A1.2)



รูปที่ A1.2 ช่วงก้าว (Step length) และระยะก้าว (Stride length)

7. “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), ช่วงที่นิ้วเท้ายกพื้น (Toe off, TO) และช่วงที่เท้าลอยพ้นพื้น (Swing phase) แบ่งเป็น 3 ช่วงย่อย คือ ช่วงที่ขาที่มีความเร่งเพิ่มขึ้น (Acceleration), ช่วงกลางของการแกว่งขา (Mid swing) และช่วงที่ขาที่มีความเร่งลดลง (Deceleration) ดังรายละเอียดดังนี้ (รูปที่ A1.3) (พิจารณาทางด้านสีดำ)

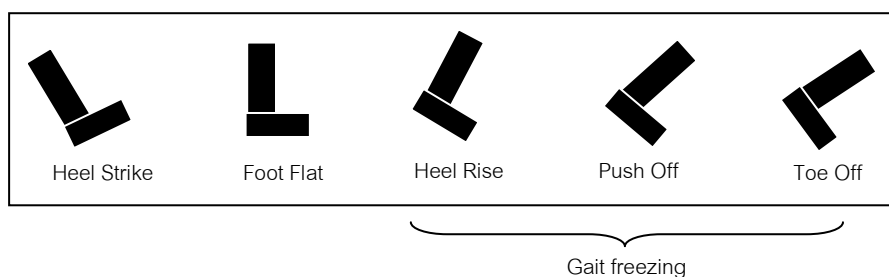


รูปที่ A1.3 รูปแบบการเดินใน 1 วงจรการเดิน (Gait cycle)

8. “Gait freezing” หมายถึง ลักษณะการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันในรูปแบบเดินก้าวสั้น ก้าวขาไม่ค่อยออก พบมากในผู้ป่วยพาร์กินสันที่เป็นโรคนานหรือไม่ตอบสนองต่อยา ผู้ป่วยต้องใช้เวลาหยุดพักหลายวินาที ก่อนที่จะเริ่มก้าวเดินโดยเฉพาะก้าวแรกของการเดินหรือในระหว่าง

ช่วงที่เดิน คือ เมื่อผู้ป่วยเดินมาได้ระยะหนึ่งแล้ว จะประสบกับปัญหาเท้าขาไม่ออก ยกเท้าไม่ขึ้น และเท้าจะติดอยู่ในช่วง Heel rise, Push off หรือ Toe off ช่วงใดช่วงหนึ่ง เป็นเวลานานกว่าปกติ ซึ่งอาการนี้เป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ป่วยพาร์กินสันมีโอกาสหกล้มสูง (รูปที่ A1.4)

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



รูปที่ A1.4 ลักษณะเท้าของผู้ป่วยพาร์กินสันในขณะที่เดินที่มีปัญหาการเดินติดขัด

10. “Time of freezes” หมายถึง ระยะเวลาที่ผู้ป่วยเดินติดขัด หยุดยืนนิ่งอยู่กับที่ เป็นช่วงที่เท้าติดอยู่ในช่วง Foot flat (รูปที่ A1.4) ก่อนที่จะสามารถยกเท้าก้าวเดินต่อไปได้
11. “Levodopa” หมายถึง ยาชนิดหนึ่งที่ใช้รักษาโรคพาร์กินสัน โดยอยู่ในกลุ่มยากระตุ้นระบบประสาท Dopaminergic
12. “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 มีอาการทรงตัวไม่มั่นคง 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)

13. **“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

14. **“Motor Examination”** เป็นการทดสอบระบบการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเกณฑ์การชี้วัดระดับความสามารถของผู้ป่วยพาร์กินสัน (UPDRS Scores) ในที่นี้ ผู้วิจัยจะใช้คะแนนจากแบบทดสอบนี้เป็นตัวชี้วัดว่าผู้ป่วยพาร์กินสันที่จะทำการทดสอบอยู่ในช่วงขามดกฤทธิ และขาออกฤทธิ โดยแบบทดสอบนี้จะมีแบบทดสอบย่อยดังนี้ 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), การลุกขึ้นยืนจากท่านั่งเก้าอี้ (Arising from chair), ท่าทาง (Posture) และการเดิน (Gait)

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

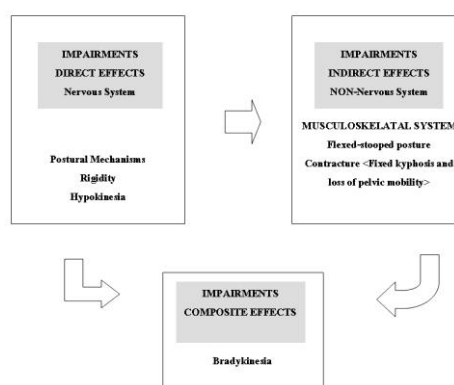
บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 งานวิจัยที่เคยมีผู้ทำการวิจัยมาก่อน

ความผิดปกติที่ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

เมื่อเกิดความไม่สมดุลของสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ของสัญญาณขาออก จาก 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 [1] ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในผู้ป่วยพาร์กินสันจะเกิดได้จากความผิดปกติทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังรูปที่ 1.1 [2] โดยจะทำให้ผู้ป่วยมีการเคลื่อนไหวได้น้อยลง (Hypokinesia), ตัวแข็งเกร็ง (Rigidity) อาการแสดงดังกล่าวจะส่งผลให้ผู้ป่วยมีลักษณะตัวโค้งงอ (Stooped posture) ดังรูปที่ 1.2 [3] ส่งผลให้ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีปัญหาด้านการเดิน [4, 5] ซึ่งถือเป็นหนึ่งในปัญหาหลักที่มีผลกระทบต่อผู้ป่วยพาร์กินสันเป็นอย่างมาก [6, 7, 8] โดยอาการจะแสดงใน 12 - 18% ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่เป็นโรครมาแล้วเป็นเวลานานหรือมีปัญหาการไม่ตอบสนองต่อยา [54] ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผู้ป่วยมีความเสี่ยงต่อการล้มสูง [10, 11, 12, 13]



รูปที่ 1.1 แสดงความผิดปกติที่ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน



รูปที่ 1.2 ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีลักษณะตัวโค้งงอ (Stooped posture)

การเดินติดขัดในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

การเดินติดขัด (Gait freezing) ถือเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยซึ่งปัญหานี้จะทำให้เกิดความผิดปกติของการเดิน ซึ่งพบได้จากการศึกษาผลของความแตกต่างของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการเดิน (Spatio-temporal parameters) [6, 7, 14-19] หนึ่งในลักษณะดังกล่าวที่พบเห็นอย่างเด่นชัด คือ ผู้ป่วยจะมีช่วงการก้าวสั้น (Short step/stride length), เดินแบบซอยเท้าถี่ ๆ [20] หรือเดินโดยใช้ส่วนของปลายเท้า (Forefoot) ลงพื้นก่อน ทำให้มักได้ยินเสียงจากการลากเท้า [21] ลักษณะการเดินเช่นนี้ทำให้ผู้ป่วยมีแนวโน้มต่อการล้มสูง [22] ผู้ป่วยจะยืนหยุดนิ่งทันทีและไม่ยอมขยับเท้าก้าวเดินต่อไป ซึ่งเราเรียกภาวะนี้ว่า Freezing หรือ Stalling [3] และถ้าหากจะก้าวเดินต่อไปจะมีความลังเลใจหรือไม่มั่นใจ (Hesitation) ในการที่จะออกเท้าก้าวเดินในระยะแรก ๆ ลักษณะการเดินแบบนี้เราเรียกว่า Stalling คือมีการเดินไปและหยุดแข็งนิ่งเป็นพัก ๆ และจะก้าวเดินไปใหม่ลำบาก หรือมีอาการก้าวไม่ออกในตอนแรก ๆ คล้ายๆ กับมีความลังเลใจในการก้าว [23] การที่ผู้ป่วยจะก้าวเดินไปข้างหน้าได้นั้น จะพบว่าผู้ป่วยบางรายจะต้องใช้เวลาหยุดพักหลายวินาที ก่อนที่จะเริ่มก้าวเดินก้าวแรกได้ ภาวะนี้เราเรียกว่า Start hesitation และก้าวแรกที่ก้าวออกไปได้นั้นจะเป็นก้าวที่สั้นมากจนเกือบไม่เห็นการขยับตัวเลย และต่อมาก็จะก้าวยาวขึ้นเรื่อย ๆ จนสามารถเดินก้าวยาวแบบคนปกติทั่วไปได้ ภาวะ Start hesitation นี้ อาจพบได้สูงถึง 60% ของผู้ป่วยพาร์กินสันในระยะกลาง ๆ ของโรค (หมายถึงผู้ป่วยเป็นโรคนี้นานราว 5-8 ปี) ในขณะที่ผู้ป่วยต้องเปลี่ยนทิศทางการเดิน เช่น เลี้ยวขวาหรือซ้าย หรือหันหลังกลับ ผู้ป่วยก็จะเริ่มเกิด Start hesitation อีกเช่นกัน ในคนปกติเวลาจะเลี้ยวหรือหมุนตัวกลับ มักพบว่าจะมีการหันศีรษะไปก่อนการหมุนตัวหรือหันตัวกลับ แต่ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันนั้นพบว่า จะไม่มีการหันศีรษะก่อนการหมุนตัวเลย เราเรียกภาวะผิดปกติอันนี้ว่า 'en bloc' turning ซึ่งหมายถึง ผู้ป่วยจะหมุนศีรษะหรือหันศีรษะไปพร้อมกับการหมุน หรือหันตัว [3]

การเดินติดขัด พบว่ามีมากถึง 7.1% ของผู้ป่วยที่มาเข้ารับการรักษา [21] และจะพบมากในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ [24] 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 [25, 26]
3. เกิดจากการไม่ตอบสนองต่อยาในกลุ่ม Dopaminergic [26] อาการเดินติดขัดถือเป็นอาการอันเนื่องมาจาก Motor block [27] ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มการเดินติดขัดได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ตอบสนองต่อยาในกลุ่ม Dopamine ในระดับต่ำ, สูง และไม่ตอบสนองต่อยา กลุ่มไม่ตอบสนองต่อยา เป็นกลุ่มที่รักษายากมากที่สุด [28]

ผลของยาลีโวโดปาต่อการเดินในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

ถึงแม้ว่าผลจากการรักษาทางยาในกลุ่ม Dopamine หรือ Dopamine agonist เช่นยาลีโวโดปา (Levodopa) จะช่วยให้ผู้ป่วยพาร์กินสันมีการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น แต่ลักษณะการเคลื่อนไหวนั้นจะไม่ถาวร [28, 15, 29] ในช่วงที่ยาลีโวโดปาทิ้งออกฤทธิ์จะทำให้ผู้ป่วยพาร์กินสันมีการเคลื่อนไหวดีขึ้น ทั้งในด้านการเคลื่อนไหวของลำตัว, แขน-ขา, มือ-เท้า, คอ และศีรษะ และช่วยบรรเทาอาการเคลื่อนไหวช้าและตัวแข็งเกร็ง อีกทั้งยังช่วยให้ผู้ป่วยมีการเดินที่ดีขึ้น [22] กล่าวคือ ในช่วงที่ผู้ป่วยได้รับยาจะทำให้ผลการทดสอบและการวิเคราะห์การเดินออกมามีค่าต่างๆ 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 ผู้ป่วยพาร์กินสันที่ได้รับยามีอาการแสดงดีกว่าผู้ที่ไม่ได้รับยาหรือผู้ที่ไม่ตอบสนองต่อฤทธิ์ของยา [10, 30-32] Burleigh และคณะศึกษาถึงผลของยา Levodopa และสิ่งกระตุ้นจากภายนอกต่อการเริ่มก้าวเท้าในผู้ป่วยพาร์กินสัน ซึ่งพวกเขาให้ความสนใจในการเก็บข้อมูล Ground reaction forces และ Body kinematics พบว่าผู้ป่วยในช่วงยามหมดฤทธิ์มีความเร็วในการเดินและการเริ่มก้าวขาที่ลดลง ซึ่งผลนี้ต่างจากผู้ป่วยในช่วงยาออกฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยสรุปว่าการเริ่มก้าวขาในผู้ป่วยพาร์กินสันมีอิทธิพลมาจาก Dopaminergic pathways [33]

ผลของสิ่งกระตุ้นจากภายนอกต่อการเดินในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

1 ผลของการกระตุ้นด้วยสิ่งกระตุ้นทางสายตา

สิ่งกระตุ้นทางสายตา (Visual stimulation) ถือเป็นรูปแบบการกระตุ้นแบบหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจนำมาศึกษาต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันอย่างต่อเนื่อง

ในปี 1987 Dunne และคณะได้ศึกษาถึงผลของการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน 3 ราย ภายหลังจากผ่านการทดสอบการเดินด้วยไม้เท้า (Inverted stick) ที่มีแท่งไม้ระยะห่างจากพื้นประมาณ 2-3 นิ้ว ยื่นออกมาจากตัวไม้เท้าเพื่อเป็นสิ่งกระตุ้นทางสายตาช่วยในการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน [34]

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

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

เพื่อศึกษาผลของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดิน และจำนวนก้าวที่เดินติดขัด ผลการศึกษาพบความแตกต่างเมื่อผู้ป่วยเดินบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้ ต่อจากนั้นให้ผู้ป่วยใช้ไม้เท้าที่มีสิ่งกระตุ้นทางสายตาไปฝึกที่บ้าน จนกระทั่งผู้ป่วยคุ้นเคยกับอุปกรณ์จึงทำการทดสอบอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบระหว่างผลของการไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยเหลือ (Unassisted) และการใช้ไม้เท้าที่มีสิ่งกระตุ้นทางสายตา ซึ่งผลปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการมีและไม่มีสิ่งกระตุ้นทางสายตา [35]

ในปี 1994 Morris และคณะได้ศึกษาถึงความแตกต่างของการได้รับการกระตุ้นด้วยแสง โดยให้ผู้ป่วยเดินด้วยความเร็วปกติและการบอกให้ผู้ป่วยเดินเร็วขึ้น ซึ่งพบว่าที่ความเร็วปกติการกระตุ้นด้วยแสงทำให้ระยะก้าวเพิ่มขึ้น แต่ถ้ามียกคำสั่งมากระตุ้นให้ก้าวเร็วขึ้นจะส่งผลให้ผู้ป่วยมีความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้น, ระยะก้าวและจังหวะในการเดินดีขึ้น [6]

ในปี 1996 Azulay และคณะได้ศึกษาถึงผลของช่วงเวลาขาทั้งในช่วงขาหมุดฤทธิ์และขาออกฤทธิ์ โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นและการเดินบนพื้นที่มีแถบสีขาว ที่มีระยะห่างทุก ๆ 45 เซนติเมตรติดไว้ เก็บข้อมูลด้วยเครื่อง Motion analysis ผลการศึกษาพบว่าสิ่งกระตุ้นทางสายตา (Visual cues) ทำให้ระยะก้าว, ความเร็วในการเดินและเวลาที่ใช้ในการ

ก้าวขาตกลงในช่วงที่ยาออกฤทธิ์ และมีผลให้พารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงดีขึ้นเล็กน้อยในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ [30]

ต่อมา Morris และคณะ ได้ศึกษาเปรียบเทียบการเดินโดยไม่มีการกระตุ้นด้วยแสง (Baseline) กับการฝึกเดินบนพื้นที่มีแถบสีขาวขนาด 50*500 มิลลิเมตร ติดไว้ โดยให้ฝึกเดินทุก ๆ 2 นาที เป็นเวลา 20 นาที และเปรียบเทียบกับ การกลับมาเดินอีกครั้ง (Retention) โดยไม่มีการกระตุ้นด้วยแสง โดยให้เดินทุก ๆ 15 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในระยะทาง 10 เมตร พบว่าเมื่อเปรียบเทียบผลของการเดินโดยไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงกับการเดินบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้ ทำให้ระยะก้าว, ความเร็วในการเดิน, จังหวะในการเดิน และช่วงการยืนด้วยเท้าทั้งสองข้าง (Double support) ของการเดินที่มีแถบสีติดนั้นดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างการเดินบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้และการทดสอบหลังจากการได้รับสิ่งกระตุ้นแล้ว พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน [33]

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 เดินบนพื้นที่ไม่มีการติดไว้ในขณะที่เปิดไฟแบบทั่วไปกับเปิดแสงจากสโตรโบสโคป และเดินบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้ในขณะที่เปิดไฟแบบทั่วไปกับแสงจาก สโตรโบสโคป พบว่าการใช้แสงแบบนิ่งกระตุ้นช้อนทับบนพื้นที่มีแถบสีติดไว้ได้ผลดีกว่าการใช้แสงแบบกระพริบกระตุ้นในการช่วยเพิ่มความเร็วในการเดิน และระยะก้าวมากขึ้น [36]

ในปี 2000 Kompoliti และคณะ ได้ศึกษาวิจัยถึงผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 28 ราย ศึกษาการเดินโดยไม่มีการช่วยและสิ่งกระตุ้นใด ๆ กับการเดินโดยมีแท่งไม้ยื่นออกมาจากไม้เท้า (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 [37]

ต่อมา Lewis และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของการให้แสงเป็นตัวกระตุ้นต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันและในคนปกติจำนวนกลุ่มละ 14 ราย ศึกษาการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ (Baseline condition) กับการเดินโดยมีสิ่งกระตุ้นทางสายตาซึ่งเป็นแถบสีขาวติดที่พื้น (Step length marker, SL) และแบบเป็นแสงเลเซอร์ 2 เส้น (Subject mounted light device, SMLD) ซึ่งจะถูกเปล่งออกมาจากอุปกรณ์ที่ติดบริเวณหน้าอกของผู้ป่วย โดยผู้ป่วยจะมี Force sensitive resistor (FSR) foot switches ขนาด 1-2 เซนติเมตร ใ้ที่บริเวณส้นเท้า (Heels) และบริเวณนิ้วหัวแม่เท้า (First metatarsal bones) ทั้ง 2 ข้าง เดินในระยะทาง 10 เมตร และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Motion analysis) และ เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) ซึ่งพบว่า การเดินโดยมีการกระตุ้นทั้ง 2 แบบทำให้การเดินของผู้ป่วยดีขึ้น แต่ไม่พบค่าความแตกต่างระหว่างสิ่งกระตุ้นทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [38]

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 ในขณะที่แถบสีที่ติดบนพื้นมีผลต่อจำนวนก้าวติดขัดของผู้ป่วยทั้งหมดแต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผู้ป่วยที่เดินได้ดีด้วยแถบสีบนพื้นกับไม้เท้าเลเซอร์ [39]

ต่อมา Ferrarin และคณะมีรายงานการประดิษฐ์แว่นตา (optical stimulating glasses (OSGs) ซึ่งมีหลอดไฟขนาด 7*10 ดวง เรียงเป็นแถวทั้งสองข้างของแว่นตา ทดสอบการทำงานใน 3 รูปแบบ คือ มีแสงไฟติดเรียงไปทางด้านหน้า, ด้านหลังพร้อมกันทั้งสองข้าง และติดด้านใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียว การติดของหลอดไฟจะขึ้นกับการทำงานของสวิทช์ที่เท้าและการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยได้นำมาใช้ทดสอบในผู้ป่วยพาร์กินสันและคนปกติกลุ่มละ 3 ราย พบว่ากลุ่มทดสอบน้อยเกินไป แต่ผลมีแนวโน้มว่าการติดของไฟแบบเรียงไปทางด้านหน้าช่วยในการเพิ่มความเร็วในผู้ป่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผู้ป่วยมีความตั้งใจในการเดินร่วมด้วย [40]

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 เดือนไป

ผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างระหว่างการศึกษาใน 2 แบบแรก แต่การเดินบน Treadmill ช่วยลดเวลาของระยะก้าว (Stride time) และเวลาที่ใช้ในการยกขาก้าวเดิน (Swing time) [41]

ในปี 2005 Wegen และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน จำนวน 24 ราย โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 เดือนไป คือ

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

ผลการศึกษาพบว่าสิ่งกระตุ้นทางสายตาจากเส้นแถบบนพื้นและแสงจาก LED มีผลทำให้ระยะก้าวและจังหวะในการเดินดีขึ้น แต่ในกรณีที่มีภาพปรากฏขึ้นบนฉากการตอบสนองต่อแสงจาก LED จะลดลง [42]

ในปี 2008 Ferrarin และคณะได้ศึกษาต่อถึงผลของการกระตุ้นด้วยแสงและความตั้งใจในการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 15 ราย และคนปกติจำนวน 10 ราย โดยใช้ แว่นตาที่ประดิษฐ์ขึ้น (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 แว่นตาจะเริ่มทำงานเมื่อได้รับสัญญาณจากสวิตช์ที่เท้าและจะทำให้เกิดการคิด-ดับของไฟในรูปแบบต่างๆ การทดสอบทำการเปรียบเทียบใน 4 เดือนไป คือ

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

ผลการศึกษาพบว่าแสงไฟแบบติดที่ละข้างจะให้ผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวและการลดลงของจังหวะในการเดินและความเร็วในการเดินทั้งกลุ่มผู้ป่วยและคนปกติ เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้ป่วยที่มีความรุนแรงของโรคน้อย ($H\&Y\leq 2$) และความรุนแรงของโรค

มาก ($H&Y>2$) พบว่ากลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อยตอบสนองต่อไฟแบบติดเรียงไปด้านหน้า โดยทำให้มีความเร็วและจังหวะในการเดินดีขึ้น แต่กลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมกตอบสนองต่อไฟแบบติดข้างเดียวประกอบกับต้องมีความตั้งในการเดินร่วมด้วย จึงจะทำให้ผู้ป่วยเดินได้ดีขึ้น [43]

ผลของการกระตุ้นด้วยเสียง

การรับรู้จังหวะและความถี่ของเสียงรูปแบบต่าง ๆ (Rhythm and beat perception) ของคนเรานั้นเกี่ยวข้องกับกลไกการทำงานของ Motor areas และ Supplementary motor areas (SMA) [44] ซึ่งในผู้ป่วยพาร์กินสันพบว่ามีความเสื่อมของพื้นที่ส่วนนี้ จึงมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของสิ่งกระตุ้นทางเสียง (Auditory Stimulation) ต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน อาจกล่าวได้ว่ามีความหลากหลายและมีรูปแบบการศึกษามากกว่าการศึกษาเกี่ยวกับผลของแสง โดยการศึกษาส่วนใหญ่เป็นการเปรียบเทียบผลของความถี่ของเสียงจาก Metronome ที่ความถี่ต่าง ๆ กัน ความถี่ที่ใช้ในการศึกษาจะเริ่มจากการหาความถี่เสียงพื้นฐาน (Baseline) ต่อจากนั้นจะศึกษาถึงผลการตอบสนองของผู้ป่วยต่อเสียงที่มีความถี่สูงและต่ำกว่าความถี่พื้นฐาน ซึ่งความถี่พื้นฐานของแต่ละการศึกษามีความแตกต่างกัน 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 [45]

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 โดยมีเครื่องเล่น เทปและหูฟังให้ผู้ป่วย ให้ผู้ป่วยเดินทุกวันเป็นเวลา 3 อาทิตย์, ศึกษาในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 11 ราย ที่ผ่านการฝึกการเดิน เป็นเวลา 30 นาที ทุกวันเป็นเวลา 3 สัปดาห์ แต่ไม่มีเสียงเพลงให้จังหวะ ในการเดิน และศึกษาในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 11 ราย ที่ไม่ได้รับการฝึกใด ๆ จะเริ่มทดสอบ ภายหลังจากทานยา 90-120 นาที ในระยะทาง 6 เมตร โดยเก็บข้อมูล ความเร็วในการเดิน, ระยะ ก้าว, จังหวะในการเดินและค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG) ทำการบันทึก ข้อมูลจากสัญญาณที่ขั้วอิเล็กโทรดโดยการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล ก่อนเข้าสู่ การประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งพบว่าในกลุ่มที่ได้รับการฝึกเดินดีขึ้นกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ รับการกระตุ้นใด ๆ และกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบที่มีเสียงให้จังหวะในการเดินมีผลการ เปลี่ยนแปลงที่ดีกว่า [46]

ในปี 1997 McIntosh และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน จำนวน 21 ราย ในช่วงยามดึกและยามออกฤทธิ์ โดยผู้ป่วย 8 รายมี H&Y=2, ผู้ป่วย 10 ราย มี H&Y=3 และผู้ป่วย 3 รายมี H&Y=4 เก็บข้อมูลด้วย Computerized foot switch system โดยให้ผู้ป่วย เดินภายใต้ 4 เงื่อนไขดังนี้

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

ผลการศึกษาพบว่าการเดินโดยมีสิ่งกระตุ้นทางเสียงทั้ง 2 แบบ ในช่วงยามดึกและยามออกฤทธิ์ดีกว่าการเดินโดยไม่มีการกระตุ้นด้วยเสียงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [47]

ในปี 1998 Morris และคณะได้ศึกษาถึงผลของการกระตุ้นด้วยเสียงในผู้ป่วยพาร์กินสัน และคนปกติจำนวนกลุ่มละ 20 ราย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของระยะก้าวและจังหวะในการเดิน ให้ผู้ป่วยเดินในระยะทาง 10 เมตร มีจังหวะการเดินอยู่ในช่วง 40 – 180 ครั้งต่อนาที ใช้เสียงจาก Metronome เป็นตัวให้จังหวะ ให้ผู้ป่วยเดินพร้อมกับตั้งใจฟังจังหวะของเสียงจาก Metronome และ ศึกษาผลของยาลีโวโดปาต่อรูปแบบการเดิน ในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 10 ราย ทั้งในช่วงยามดึก และในช่วงยามออกฤทธิ์ ทดสอบการเดินก่อนและหลังจากที่ผู้ป่วยรับประทานยาเป็นเวลา 45 นาที เก็บข้อมูลการเดินด้วย Footswitch stride-analyzer system ผลการศึกษาพบว่าการกระตุ้นด้วย เสียงในทุกความถี่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้ง 2 ช่วงเวลา [7]

ในปี 2002 Freedland และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน จำนวน 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 [48]

ต่อมา McCoy ได้ศึกษาในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 16 ราย เพื่อเปรียบเทียบระหว่างความถี่ของจังหวะในการเดินของผู้ป่วยแต่ละราย (Baseline frequency) และเดินตามความถี่ที่มากกว่า 15 % ของความถี่พื้นฐาน (15% above baseline frequency) ในช่วงยาออกฤทธิ์และ ยาหมดฤทธิ์ ซึ่งพบว่าผลการตอบสนองต่อเสียงของ Metronome ในความถี่ทั้ง 2 แบบ ทั้งในช่วง ยาออกฤทธิ์และยาหมดฤทธิ์มีทิศทางเดียวกัน คือช่วยเพิ่มความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดินเช่นเดียวกัน [49]

ในปี 2003 Howe และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน จำนวน 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 [50]

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 แต่พบว่าช่วงการเหวี่ยงของขาแต่ละข้างและการเคลื่อนที่ของกระดูกก้นกบ (Sacrum) ของผู้ป่วยในขณะเดินนั้นน้อยกว่าคนปกติ [51]

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 [52]

ในปี 2005 Del Olmo และคณะได้ศึกษาถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันและในคนปกติ จำนวนกลุ่มละ 15 ราย ในระยะทาง 30 เมตร โดยใช้อุปกรณ์บริเวณสันเท้าของผู้ป่วยเพื่อส่งสัญญาณ 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 [53]

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 [54]

ในปีเดียวกัน Ellis และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 68 ราย มีโปรแกรมการบำบัดเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ดังนี้ การยืดตัว (Stretch), การทรงตัว

(Balance), การผ่อนคลาย (Relaxation) และการเดินโดยมีเสียงเป็นตัวกระตุ้น 15 นาที พบว่าความเร็วในการเดินของกลุ่มที่ได้รับการบำบัดดีขึ้น [55]

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

- 1.เดิน โดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใดๆ
- 2.เดิน โดยมีเสียงจาก Metronome ด้วยความถี่ 10% ต่ำกว่าความถี่ของจำนวนก้าว (Step frequency)
- 3.เดิน โดยมีเสียงคำสั่งให้ "ก้าวยาวๆ" 2 ครั้ง
- 4.เดิน โดยมีทั้งเสียงจาก Metronome และเสียงคำสั่ง
- 5.เดิน โดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใดๆ

เก็บข้อมูลด้วย GaitRite โดยเก็บข้อมูล ความเร็วในการเดิน, เวลาที่ใช้ในการก้าว (Step time) และเวลาที่เท้าสัมผัสพื้นทั้ง 2 ข้าง (Double support time) พบว่าสิ่งกระตุ้นทุกรูปแบบมีผลต่อการลดลงของเวลาที่ใช้ในการก้าว แต่ผลร่วมกันระหว่างเสียง Metronome และเสียงคำสั่งช่วยทำให้ผู้ป่วยเดินได้ดีที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่เดิน โดยมีความตั้งใจด้วย [56]

ผลของการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งกระตุ้นทางสายตาหรือการกระตุ้นด้วยเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันนั้น มีผลการศึกษาทั้งในทางบวกและทางลบที่แตกต่างกัน ทำให้เริ่มมีการศึกษาถึงผลของสิ่งกระตุ้นทั้งสองสิ่งว่าจะมีผลอย่างไรต่อผู้ป่วย

ในปี 1994 Morris และคณะได้ศึกษาถึงผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาและการกระตุ้นด้วยเสียงในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 32 ราย และคนปกติจำนวน 12 ราย ตามเงื่อนไขดังนี้

1. การเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ
2. การเดิน โดยมีเสียงกระตุ้นจาก Metronome
3. การเดินด้วยความเร็วปกติ (Metronome at comfortable walking speed, M-c)
4. การเดิน โดยมีเสียงกระตุ้นจาก Metronome และออกคำสั่งให้ก้าวให้เร็วขึ้น (Metronome at fast speed, M-f)
5. การเดิน โดยมีเสียงกระตุ้นจาก 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)

ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นกับการเดินที่มีการกระตุ้นด้วยเสียงจาก Metronome เมื่อให้เดินด้วยความเร็วปกติ แต่การเดินที่มีการกระตุ้นด้วยเสียงจาก Metronome และออกคำสั่งให้ก้าวให้เร็วขึ้นนั้น มีผลทำให้ความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดินดีขึ้น, ส่วนการเดินด้วยความเร็วปกติและมีแถบสีติดไว้ และการเดินด้วยความเร็วปกติและออกคำสั่งให้ก้าวให้เร็วขึ้นนั้น มีระยะก้าวและจังหวะในการเดินดีขึ้นเช่นเดียวกัน [6]

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 [57]

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, โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นกับการเดินโดยมี Metronome โดยความถี่จะตั้งตามจังหวะในการเดิน ซึ่งคำนวณได้จากความเร็วในการเดินของผู้ป่วยแต่ละราย และเปรียบเทียบการเดินบนพื้นที่มีแถบสีขาวติดไว้ ในส่วนของการศึกษาผลของเสียง ได้ใช้ความถี่ในช่วง 65 - 100 ครั้งต่อนาที ในการทดสอบคนปกติและใช้ความถี่ตามความถี่ของช่วงการก้าว (Step frequency) ของผู้ป่วย และมีเป้าหมายให้ปรับความถี่ได้ถึง 100 ครั้งต่อนาที ในกรณีที่ในขั้นแรกผู้ป่วยทำได้ต่ำกว่านี้ ซึ่งมีผู้ป่วยจำนวนหนึ่งที่สามารปรับความถี่ได้สูงกว่า 100 ครั้งต่อนาทีได้ ในส่วนของการศึกษาผลของแสง ผู้วิจัยใช้ระยะห่างระหว่างแถบสีเท่ากับความยาวช่วงก้าวของผู้ป่วยแต่ละราย และให้ผู้ป่วยเดินด้วยความเร็วที่สามารถทำได้ ให้ผู้ป่วยเดินในระยะทาง 6 เมตร โดยให้ผู้ป่วยสวมรองเท้าซึ่งมีอินฟราเรดเซ็นเซอร์เป็นตัวรับ-ส่งข้อมูล ทดสอบที่ความถี่ 100 ครั้งต่อนาที บันทึกข้อมูลและแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลเพื่อส่งเข้าคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์และประมวลผล พบว่าความสัมพันธ์ของช่วงการก้าวและเวลาของระยะก้าวดีขึ้น ทำให้มีความถี่ของ

ช่วงก้าวดีขึ้น และมีผู้ป่วย 7 ราย ที่สามารถเดินได้ดียิ่งขึ้นในจังหวะที่มีความถี่สูงกว่า 100 ครั้งต่อนาที [58]

ในปี 1999 Ebersbach และคณะได้ศึกษาถึงผลของการกระตุ้นด้วยเสียงและการสัมผัสต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 22 ราย และในคนปกติจำนวน 22 ราย โดยศึกษาเปรียบเทียบใน Metronome เมื่อใช้ความถี่เท่ากับ 80% ของจังหวะในการเดินปกติของผู้ป่วย พบว่าเสียงช่วยทำให้ระยะก้าวและช่วงการก้าวเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [17]

ในปี 2004 Suteerawattananon และคณะได้ศึกษาวิจัยถึงผลของสิ่งกระตุ้นจากภายนอกต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน จำนวน 24 ราย โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 เงื่อนไข คือ

1. ไม่มีสิ่งกระตุ้น
2. กระตุ้นด้วยแสงโดยใช้แถบสีเหลืองติดบนพื้นที่ระยะห่างเท่ากับ 40% ของความสูงของผู้ป่วย
3. กระตุ้นด้วยเสียงโดยใช้เสียงจาก Metronome ที่ความถี่ 125 ครั้งต่อนาที
4. กระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง

เดินในระยะทาง 7.62 เมตรด้วยความเร็วสูงสุดที่ทำได้ โดยบันทึกข้อมูลด้วยนาฬิกาจับเวลาและจำนวนค่าต่าง ๆ ออกมา พบว่าการกระตุ้นด้วยเสียงมีผลต่อความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดิน สิ่งกระตุ้นทางสายตามีผลต่อระยะก้าว เมื่อรวมสิ่งกระตุ้นทั้ง 2 เข้าด้วยกัน พบว่าผลที่ได้ดีขึ้นน้อยกว่าการใช้สิ่งกระตุ้นเพียงตัวใดตัวหนึ่งเพียงอย่างเดียว โดยผลของการรวมกันของสิ่งกระตุ้นทั้ง 2 นั้นมีผลต่อความเร็วและจังหวะในการเดินเช่นเดียวกับการกระตุ้นด้วยเสียง [59]

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 จากผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มที่มีและไม่มีการเดินติดขัดพบว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของตัวแปรใด ๆ ในทุก

เงื่อนไข (ผลขัดแย้งกับ Dibble, 2004) และพบว่าแสงให้ผลดีกว่าเสียงต่อระยะเวลาเดิน และช่วยให้เวลาที่ใช้ต่อการยกเท้าก้าวเดินลดลง [60]

ในปี 2008 Arias และคณะได้ศึกษาถึงผลของการกระตุ้นด้วยแสงและการกระตุ้นด้วยเสียงในผู้ป่วยพาร์กินสัน 25 ราย เป็นผู้ป่วยที่มีความรุนแรงของโรคน้อยและมากจำนวน 16 และ 9 ราย ตามลำดับ ทดสอบการกระตุ้นด้วยแสงโดยให้ผู้ป่วยสวมแว่นตา ที่มี LED ขนาด 3 มิลลิเมตร ความเข้มแสง 50 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเมตร เป็นเวลา 50 มิลลิวินาที โดยจังหวะของแสงที่เปล่งจะขึ้นกับความต้องการของผู้ป่วย และทดสอบการกระตุ้นด้วยเสียงโดยให้ผู้ป่วยสวมหูฟังที่มีเสียงความถี่ 4,625 เฮิรตซ์ มีจังหวะอยู่ในช่วง 70 – 100 ครั้งต่อนาที (จังหวะของเสียงและแสงจะถูกตั้งให้เท่ากัน) บันทึกข้อมูลโดยการรับสัญญาณจากสวิทช์ที่ติดที่รองเท้าและมีตัวส่งสัญญาณวิทยุติดอยู่ที่เข็มขัดของผู้ป่วยเพื่อส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ พบว่าการกระตุ้นด้วยแสงมีผลต่อช่วงการก้าวแต่ไม่มีผลต่อจังหวะในการเดิน และพบว่าความถี่ของ Metronome ที่ดีที่สุดคือ ความถี่ที่เท่ากับจังหวะในการเดินของผู้ป่วย เพราะที่ความถี่ระดับนี้ช่วยทำให้ผู้ป่วยมีระยะก้าวเพิ่มขึ้นและมีความเร็วในแต่ละก้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [61]

จากข้อมูลรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ทั้งในส่วนของผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แลปสี, แสง ผลของสิ่งกระตุ้นทางเสียงโดยส่วนใหญ่มาจาก Metronome และผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตารวมกับสิ่งกระตุ้นทางเสียง พบว่ามีรูปแบบการศึกษาที่หลากหลายและมีผลการศึกษาของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินทั้งสอดคล้องและขัดแย้งกัน อีกทั้งการศึกษาจากเครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยเหลือต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัดในทั้ง 2 ช่วงเวลาการออกฤทธิ์ของยา ยังมีไม่มาก และผลการศึกษายังไม่เป็นที่แน่ชัด คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและประดิษฐ์ไม้เท้าช่วยเดินนี้ขึ้น เพื่อรวมสิ่งกระตุ้นทั้งแสงและเสียงเข้ามาอยู่ในอุปกรณ์ชิ้นเดียวกัน ทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานและเหมาะแก่การนำไปศึกษาวิจัยในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัดถึงผลของสิ่งกระตุ้นดังกล่าว

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

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 [62] แต่เมื่อผู้ป่วยพาร์กินสันที่เป็นระยะเวลานาน ๆ (Advanced Parkinson's disease) อาจจะไม่ตอบสนองต่อการ

รักษาทางยาอีกทั้งเมื่อผู้ป่วยรับการรักษาด้วยยาเป็นระยะเวลาสั้น ยังส่งผลให้ ได้รับผลข้างเคียง จากยา เช่น มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน, ชุกชุก, เห็นภาพหลอน, หูแว่ว เป็นต้น [2, 10] ทำให้ผู้ป่วย ต้องประสบกับปัญหาการเดินติดขัด (Gait freezing) ซึ่งปัญหานี้ถือเป็นปัญหาที่พบได้บ่อย และเป็นสาเหตุสำคัญในการหกล้มของผู้ป่วยกลุ่มนี้ [10, 11, 22] อาการเดินติดขัดส่วนใหญ่จะพบมาก ในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ (Off time) แต่ถ้าผู้ป่วยเป็นโรคนานก็สามารถพบอาการนี้ได้ในช่วงที่ยา ออกฤทธิ์ (On time) [12, 28, 59, 63, 64] การเดินติดขัดเป็นอาการที่เกิดขึ้นชั่วคราว ซึ่งมักจะ เกิดขึ้นเมื่อผู้ป่วยโรคพาร์กินสันอยู่ในที่แคบ ๆ หรือพบเห็นสิ่งที่กีดขวางทางเดิน ปัญหาการเดิน ติดขัดรวมถึงการไม่สามารถเริ่มก้าวเท้า (Start hesitation) การติดขัดขณะหมุนตัว (Interruption in pivoting) หรือการเดินชอยเท้าถี่เล็ก ๆ (Shuffle and festination) แต่การเดินติดขัดในผู้ป่วยโรค พาร์กินสันมีลักษณะพิเศษคือ การสามารถเริ่มเดิน หรือก้าวเท้าไปได้เมื่อมีสิ่งกระตุ้นทางสายตา (Visual cues) หรือมีสิ่งกระตุ้นทางการได้ยิน (Auditory cues) ให้ก้าวเท้าเดิน [28, 52, 55, 65-67] ซึ่งถือเป็นการแก้ปัญหาอาการที่เกิดจากการทำงานที่ผิดปกติของวงจรต่าง ๆ ในสมอง โดยเน้น การกระตุ้นจากสิ่งกระตุ้นจากภายนอก (External cues) [34, 68-71] มาเป็นตัวช่วยทดแทน สัญญาณประสาทที่ลดน้อยลงหรือขาดหายไป ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยมีลักษณะการเดินที่ดีทำให้มี คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น อีกทั้งการรักษาด้วยสิ่งกระตุ้นจากภายนอกยังเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาที่ เกิดจากผลข้างเคียงจากยาอีกด้วย การศึกษาถึงอุปกรณ์ช่วยเหลือรูปแบบต่าง ๆ ที่จะช่วยให้ผู้ป่วย พาร์กินสันมีการเดินที่ดีขึ้นนั้นถือได้ว่าการพัฒนาโดยตลอด [33, 35, 39, 40, 46, 46, 72-78] ในส่วนของการศึกษาผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาจากไม้เท้าที่มียุทธศาสตร์ใช้ไม้เท้าบ่อยแต่ไม่มากนัก [34, 39, 72, 74] โดยเฉพาะอย่างยิ่งศึกษาในไม้เท้าที่มีคุณสมบัติใช้ได้ทั้งแสงและเสียงยังไม่พบว่ามีขึ้น ในที่ใดและที่สำคัญในประเทศไทยยังไม่มีอุปกรณ์ช่วยเหลือดังกล่าว

งานวิทยานิพนธ์นี้จึงทำการออกแบบ ประดิษฐ์และพัฒนาไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน (Laser-guided walking device) โดยอาศัยหลักการของสิ่งกระตุ้นทางสายตา (Visual cues) และสิ่งกระตุ้น ทางการได้ยิน (Auditory cues) เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์เพื่อเพิ่มความมั่นคงในการก้าวเดิน และใช้แสง เลเซอร์และเสียงที่เปล่งออกมาเป็นสิ่งกระตุ้นทางสายตาและทางการได้ยิน ช่วยกระตุ้นให้ผู้ป่วยก้าว เดินได้ง่ายยิ่งขึ้น จุดเด่นของอุปกรณ์นี้คือ เป็นไม้เท้าที่มีการทำงานทั้งระบบแสงและเสียงซึ่งเป็น ลักษณะเฉพาะตัวและยังไม่มีที่ใดประดิษฐ์ขึ้น มีความจำเพาะต่อผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีปัญหาการเดิน ติดขัด ใช้ในการฝึกเดินแก่ผู้ป่วย ประดิษฐ์ง่าย และเสียค่าใช้จ่ายน้อย โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดินในรูปแบบต่าง ๆ 2. เพื่อศึกษาผลของสิ่งกระตุ้น ทางสายตา (แสงเลเซอร์), สิ่งกระตุ้นทางการได้ยิน (เสียง) และการรวมกันของสิ่งกระตุ้นทั้งสอง ต่อจำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes) และพารามิเตอร์ที่สำคัญต่างๆ ในการเดิน (Spatio-temporal parameters) [6, 7, 14, 37, 43, 54, 61, 79] คือ ระยะก้าว (Stride length), ความเร็วในการ

เดิน (Velocity), และจำนวนก้าวต่อนาที (Cadence) 3. เพื่อศึกษาผลของช่วงการออกฤทธิ์ของยา คือ ช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ (Off time) และยาออกฤทธิ์ (On time) ว่ามีผลต่อการเดินของผู้ป่วยเมื่อได้รับสิ่งกระตุ้นในรูปแบบต่าง ๆ อย่างไร



รูปที่ 1.3 ตัวอย่างไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน

1.3 วัตถุประสงค์

1. ออกแบบและประดิษฐ์ไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์เพิ่มความมั่นคงในการก้าวเดินของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน
2. ศึกษาผลของสิ่งกระตุ้นจากภายนอก คือ แสง เสียง และการกระตุ้นด้วยแสงและเสียง จากไม้เท้าช่วยเดินต่อการเดินในช่วงที่ยาออกฤทธิ์และยาหมดฤทธิ์

1.4 ขอบเขตการวิจัย

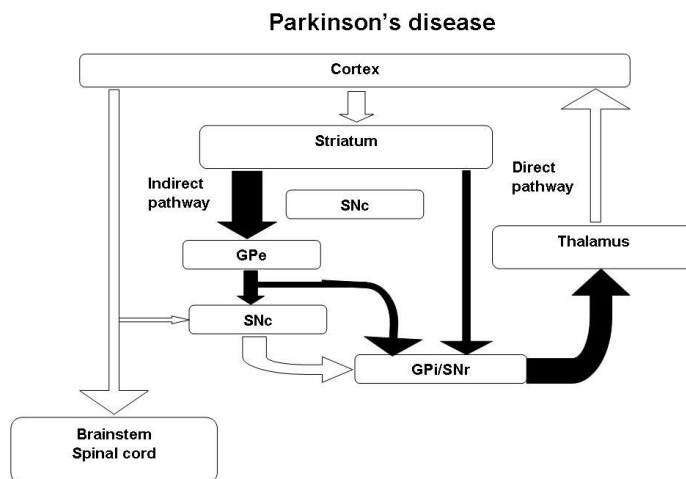
1. การประดิษฐ์ไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดินโดยอาศัยหลักการของสิ่งกระตุ้นทางสายตา (Visual cues) และสิ่งกระตุ้นทางการได้ยิน (Auditory cues) โดยใช้แสงเลเซอร์และเสียงที่เปล่งออกมาจากไม้เท้าเป็นการกระตุ้นทางแสงและเสียงช่วยให้ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันก้าวเดินได้ง่ายขึ้น
2. ศึกษาประสิทธิภาพของไม้เท้าที่กระตุ้นการเดินด้วยแสง เสียง และทั้งสองอย่างต่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเดิน (Spatio-temporal parameters) [6, 7, 14-19] โดยเทียบกับการใช้ไม้เท้าทั่วไปทั้งช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ (Off time) และยาออกฤทธิ์ (On time)
3. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเดินที่จะศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่
 - จำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes)
 - เวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes)
 - ระยะก้าว (Stride length)
 - ความเร็วในการเดิน (Velocity)

- จังหวะในการเดิน (Cadance)

1.5 สรุปทฤษฎีหรือแนวทางการคิดที่เกี่ยวข้อง โรคพาร์กินสัน

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 1.4) ทำให้เกิดอาการสั่นและเคลื่อนไหวช้า โดยอาการส่วนใหญ่จะแสดงออกให้เห็นชัด เมื่อจำนวนเซลล์ (Dopaminergic cells) ในส่วนของ Substantia Nigra Pars Compacta (SNc) ลดน้อยลงไปอย่างน้อยร้อยละ 60 จากปกติ อัตราการลดจำนวนของเซลล์ในส่วน SNc ในผู้ป่วยพาร์กินสันก็จะสูงกว่าคนปกติ (6-13%) [24, 62, 67]



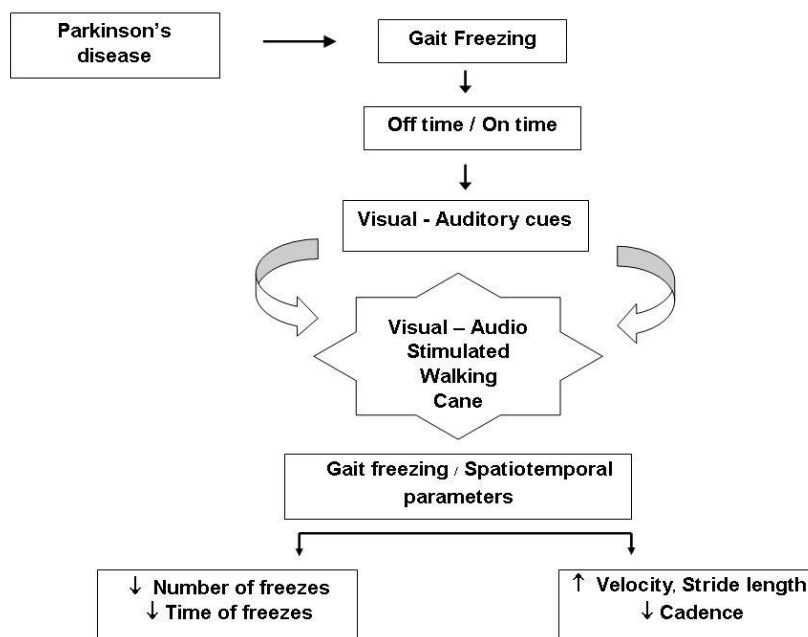
รูปที่ 1.4 Basal ganglia circuitry ประกอบด้วย 2 pathways หลัก เรียกว่า Direct และ Indirect pathways ใน Direct pathway สัญญาณที่ส่งออกจาก Striatum จะยับยั้ง GPi และ SNr ใน Indirect pathway จะมีสัญญาณยับยั้งระหว่าง Striatum และ GPe ต่อด้วย GPe และ STN ผลลัพธ์สุดท้าย คือ การเพิ่มสัญญาณการยับยั้งจาก GPi/ SNr ไปยัง Ventral lateral nucleus ของ Thalamus ส่งผลให้สัญญาณกระตุ้นจาก Ventral lateral nucleus ของ Thalamus ไปยัง Cortex น้อยลงทำให้ผู้ป่วยพาร์กินสันมีอาการเคลื่อนไหวช้าและเดินตัวแข็ง

อาการของโรคพาร์กินสัน

อาการที่พบในผู้ป่วยพาร์กินสัน ได้แก่

1. อาการสั่น (Tremor) เป็นอาการเด่นที่พบบ่อยสุด คือ มักจะเริ่มเห็นที่มือโดยจะเป็นที่ข้างใดข้างหนึ่งก่อน และเกิดขณะที่อยู่เฉยๆ อาการสั่นจะลดลงเมื่อใช้มือนั้นทำงาน
2. อาการแข็งเกร็ง (Rigidity) มักจะเกิดที่แขนหรือขาข้างเดียวกันกับที่มีอาการสั่นทำให้เกิดความลำบากต่อผู้ป่วยมากที่สุดทำให้เคลื่อนไหวได้ช้าลง นอกจากนี้ตัวหนังสือที่ผู้ป่วยเขียนจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโดยจะเขียนตัวหนังสือจะเล็กลงและชิดติดกัน
3. อาการเคลื่อนไหวช้า (Bradykinesia) หรือ เคลื่อนไหวน้อย (Hypokinesia) และต้องใช้เวลาอันยาวนาน ในการเริ่มการเคลื่อนไหวร่างกาย
4. อาการทรงตัวไม่สม่ำเสมอ (Postural instability) การเดินของผู้ป่วยมักจะเดินซอยเท้าถี่และเล็ก ในลักษณะโน้มตัวไปข้างหน้าและเดินไม่แกว่งแขน [2, 3]

กรอบแนวคิดเกี่ยวกับการวิจัย



รูปที่ 1.5 กรอบแนวคิดของการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ไม่ทำเลเซอร์ช่วยเดินที่ผลิตขึ้นเป็นชิ้นแรก
2. ไม่ทำเลเซอร์ช่วยเดินซึ่งประดิษฐ์ขึ้นและศึกษาในผู้ป่วยพาร์กินสันในประเทศไทย
3. เพื่อเป็นการพัฒนาอุปกรณ์การแพทย์ไทย ช่วยลดต้นทุนการผลิต และสามารถ

นำไปใช้ได้ทุกคนทุกระดับ

4. เป็นการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยเหลือให้มีความจำเพาะต่อผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีปัญหาการเดินติดขัด
5. เพื่อเป็นการพัฒนาความรู้ทางด้านการแพทย์ ทำให้ทราบถึงผลของการใช้สิ่งกระตุ้นต่าง ๆ ต่อกลไกการทำงานของสมองในผู้ป่วยพาร์กินสันทั้งในช่วง Off Time และ On Time
6. เพื่อนำผลจากการศึกษาไปพัฒนาการให้ยา และพัฒนาเครื่องมือทางการแพทย์เพื่อช่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วยโรคพาร์กินสันให้สามารถเดินได้ดีขึ้น
7. ทำให้ทราบถึงผลการศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน
8. ช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิต ลดอุบัติเหตุและช่วยลดภาระของครอบครัวในการดูแลผู้ป่วยพาร์กินสัน

บทที่ 2

เนื้อเรื่อง (Main Body)

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย (Materials and Method)

การพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยก่อนทำการศึกษาใดๆในผู้ป่วย ผู้ป่วยจะได้รับแจ้งรายละเอียดของการวิจัยโดยมีข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ วัตถุประสงค์ของการศึกษา ข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ผลที่จะได้รับการรักษาและผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้น สิทธิของผู้ป่วยในการถอนตัวจากการเข้าร่วมโครงการศึกษาวิจัยซึ่งจะไม่มีผลกระทบใดๆต่อการรักษาทางการแพทย์

ผู้ป่วยจะเซ็นชื่อยินยอมเข้าร่วมวิจัยด้วยตนเอง โดยมีได้มีการข่มขู่แต่ประการใด และสามารถยกเลิกการเข้าร่วมโครงการในช่วงเวลาใดก็ได้ ไม่ว่าจะด้วยเหตุผลใดๆ ก็ตาม

หากผู้ป่วยมีอาการผิดปกติใด ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ในขณะทำการทดสอบ เช่น อาการเกร็ง, สั่น เพิ่มมากขึ้น, สูญเสียการทรงตัวหรือมีแนวโน้มที่จะล้ม, หน้ามืด, ชีพจรเต้นเพิ่มมากขึ้น และอ่อนแรง จะได้รับการดูแลและพิจารณาเป็นอย่างดีจากนักกายภาพบำบัดผู้ทำวิจัย ผู้ป่วยสามารถแจ้งให้แพทย์ทราบได้ทันทีถ้ามีอาการผิดปกตินั้นเพื่อพิจารณารักษาหรือแก้ไขอย่างถูกต้อง

กลุ่มประชากร

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

การคัดเลือกประชากรศึกษา

ผู้ป่วยทั้งหมดที่ยินดีเข้าร่วมโครงการหลังจากได้รับการอธิบายรายละเอียดของโครงการแล้ว (Consecutive sampling) ผู้ป่วยทุกคนจะต้องผ่านการทดสอบช่วงการฝึก (Training Phase) เพื่อให้เข้าตามเกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria) ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ โดยผู้ป่วยทั้งหมดเป็นผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาแบบผู้ป่วยนอกที่คลินิกอายุรกรรมประสาท โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

เกณฑ์ในการคัดกรองผู้ป่วย

เกณฑ์ในการคัดผู้ป่วยเข้าการศึกษา (Inclusion criteria)

- อายุในช่วง 40-70 ปีทั้งหญิงและชาย
- ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็น โรคพาร์กินสัน > 6 เดือน

- มีอาการ 2 ใน 4 ของอาการเหล่านี้ คือ สั่น, แข็งเกร็ง, เคลื่อนไหวช้า, ทรงตัวไม่สม่ำเสมอ
- มีปัญหาเดินติดขัด, ก้าวไม่ออก หรือ อาการทรงตัวไม่สม่ำเสมอ
- ได้รับการรักษาทางยาอย่างต่อเนื่อง
- ผ่านการทดสอบ Training phase

เกณฑ์ในการคัดผู้ป่วยออกจากการศึกษา

- ผู้ป่วยที่ไม่ยินยอมเข้าการศึกษาแม้ได้อธิบายแล้ว
- มีอาการคล้ายพาร์กินสันแต่ไม่ใช่พาร์กินสัน
- มีอาการไม่แน่นอน
- อาการเดินผิดปกติมีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่น เช่น โรคระบบกระดูกกล้ามเนื้อ, ระบบหลอดเลือด

เลือด

- มีปัญหาทางสายตาหรือตาบอดสี
- ได้รับการปรับยาก่อนการวิจัยภายใน 30 วัน
- มีปัญหาด้านการติดต่อสื่อสาร
- มีอาการทางจิต

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้นั้นมาจากค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างจำนวนการเดินติดขัดของผู้ป่วยที่ใช้ไม้เท้าทั่วไปและไม่เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน โดยคำนวณได้จากสูตร

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

α = 0.05 (type 1 error)

β = 0.10 (type 2 error)

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

Z_{β} = 1.28 (power of the test is 90%)

μ = mean of each pair number of freezes in pilot group

σ^2 = variance of number of freezes in pilot group

จากข้อมูลของการศึกษานำร่อง (Pilot Study) ได้ค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

μ^2 = 36

σ^2 = 30.47

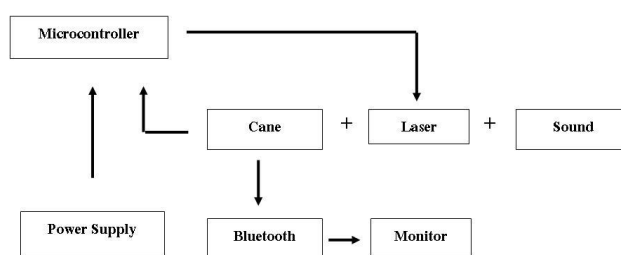
ดังนั้นเมื่อแทนค่าในสูตรจะได้

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

การประมาณ Drop-out rate ที่ 20%

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

ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ควรใช้ในการศึกษา คือ 11 คน



รูปที่ 2.1 แสดงกรอบความคิดในการประดิษฐ์เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ได้ประดิษฐ์ขึ้นมาโดยอาศัยองค์ประกอบหลัก 6 ส่วน ดังรูปที่ 2.1 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ส่วนของ Laser

○ เลเซอร์พอยเตอร์

เลเซอร์พอยเตอร์ (รูปที่ 2.2) เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการชี้แสดงข้อความในการนำเสนอ งานต่าง ๆ แสงเลเซอร์ที่เปล่งออกมามีพลังงานต่ำซึ่งจะมีอันตรายต่อน้อยมาก , 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 *

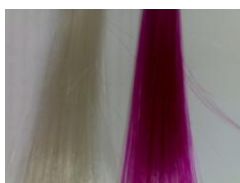
(*ไม่อนุญาตให้นำมาใช้ทำเลเซอร์พอยเตอร์เพราะมีอันตรายต่อดวงตาเมื่อได้รับแสงโดยตรง)



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของแสงเลเซอร์จากเลเซอร์พอยเตอร์

○ ออปติคคอลลไฟเบอร์

ออปติคคอลลไฟเบอร์ (รูปที่ 2.3) เป็นเส้นใยแก้วหรือพลาสติกซึ่งมีลักษณะโปร่งแสงตลอดช่วงความยาวนั้น โดยแสงที่อยู่ภายในออปติคคอลลไฟเบอร์จะมีคุณสมบัติสะท้อนภายในตัวมันเองทั้งหมด (Total internal reflection) ซึ่งจากคุณสมบัตินี้ทำให้แสงที่ผ่านออกมาจะมีลักษณะตามการขึ้นนำของวัตถุนำแสงต้นกำเนิด



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของออปติคคอลลไฟเบอร์

2. ส่วนของ Sound

○ 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 โวลต์ส อุปกรณ์นี้ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อให้สามารถทำงานได้ทั้งแบบ Standalone หรือ Microcontroller (SPI) และจะจัดการข้อมูลเสียงภายในตัวของมันเอง โดยสามารถ “เริ่มบันทึกเสียง”, “หยุดการบันทึกเสียง”, “ลบเสียงที่บันทึก”, “เลือกเล่นข้อความที่บันทึก” และ “เพิ่มเสียง” เป็นต้น รูปที่ 2.4 แสดง ISD1700, รูปที่ 2.6 แสดงขาของ ISD1700 และ Block diagram แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของ ISD1700

3. ส่วนของ Microcontroller

○ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุมและประมวลผล โดยในส่วนนี้จะบรรจุโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้งานเขียนขึ้นในหน่วยความจำและสามารถเปลี่ยนแปลงได้ โปรแกรมภาษาที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์แบ่งเป็นภาษาระดับสูงและระดับต่ำ ภาษาระดับสูง เช่น C, Basic ซึ่งเขียนและเปลี่ยนแปลงง่าย แต่การทำงานจะช้า รวมทั้งขนาดโปรแกรมที่เขียนจะมีขนาดใหญ่ ส่วนภาษาระดับต่ำคือ ภาษา Assembly โดยขนาดโปรแกรมจะมีขนาดเล็ก แต่มีข้อเสียคือ เขียนยาก เพราะลักษณะภาษาจะไม่ค่อยสื่อความหมาย จึงทำให้เปลี่ยนแปลงยากอีกด้วย

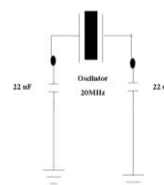
PIC ย่อมาจาก Peripheral Interface Controller คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตระกูลหนึ่งภายในรวบรวม PROGRAM MEMORY, RAM, EEPROM, SERIAL, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำหรือเทียบได้กับ CPU ตัวหนึ่ง ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของ PIC16F628A

ความเร็วของ PIC ในปัจจุบันสามารถทำสัญญาณนาฬิกาได้ที่ 20 MHz ในหนึ่งคำสั่งจะใช้เวลาเพียง 0.25 ไมโครวินาที มีหน่วยความจำหลายสิบกิโลไบต์ ขึ้นอยู่กับ PIC แต่ละชนิด

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC สามารถเลือกใช้ Oscillator ได้ทั้งภายในและภายนอก สำหรับภายในจะเป็นประเภท RC Oscillator จะมีความถี่คงที่ 4 MHz เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สำหรับ Oscillator ภายนอก อาจเลือกใช้ Quartz Crystal Oscillator ซึ่งจะให้กำเนิดสัญญาณความถี่ออกมา จะต้องมิตัวเก็บประจุ (Capacitor) ต่อลง GND ทั้งสองขาตามรูป

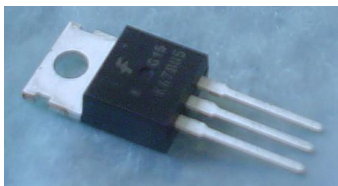


รูปที่ 2.6 – 2.7 แสดงลักษณะของ Quartz Crystal Oscillator และรูปวงจรที่ต่อกับ Capacitor

4. ส่วนของ Power Supply

○ อุปกรณ์ปรับระดับแรงดัน

อุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าหรือ Voltage Regulator ดังรูปที่ 2.8 ทำหน้าที่ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการใช้งานจริง และรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าให้คงที่ ก่อนการจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของอุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้า

หน้าที่หลักของอุปกรณ์ปรับระดับแรงดัน

1. ปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยแรงดันไฟฟ้าจะถูกปรับให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามที่ต้องการ เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และประโยชน์สูงสุด
2. รักษาระดับแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าให้คงที่ แรงดันแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกสร้างขึ้นในอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้า ระหว่างที่กระแสไฟฟ้าไหลจากด้านตัวจ่ายพลังงาน (Supply side) ไปยังด้านผู้ใช้ (Load side) ทำให้เกิดค่าความแตกต่างของแรงดันแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งกระแสไฟฟ้าจะเกิดความสมดุลอย่างรวดเร็ว โดยการใช้กับไฟ 3 เฟส จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในสายดิน (N-Line)
3. ลดฮาร์โมนิก อุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าจะสร้างวงจรกระแสไฟฟ้าภายในที่สามารถลดฮาร์โมนิก ในกระแสไฟฟ้าได้
4. ปรับลดกระแสไฟฟ้าสูญเสียในช่วงเปิดสวิตช์อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ส่วนที่ทำหน้าที่ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้สมดุลในอุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้านี้ จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานในช่วงการเปิดสวิตช์อุปกรณ์

5. ส่วนของไม้เท้า

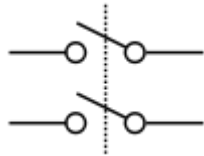
ไม้เท้าขาเดียว (One point cane) เป็นอุปกรณ์ช่วยพยุงตัวเพื่อป้องกันการล้ม ทำจากอลูมิเนียม ประกอบด้วย 2 ท่อน ที่มีมือจับและที่ปลายไม้เท้ามียางหุ้ม และมีปุ่มปรับระดับความสูง ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะของไม้เท้า

○ สวิตช์ (Switch)

สวิตช์ที่ใช้เป็นสวิตช์คู่เปิด-ปิด หรือ Dual ON-OFF แบบ Double Pole, Single Throw = DPST ซึ่งจะทำงานพร้อมกัน สวิตช์แบบ DPST มักใช้เป็นสวิตช์หลักในวงจรไฟฟ้าเพราะมันสามารถทำงานแยกจากกันได้และใช้ Neutral connections โดยมีสัญลักษณ์ดังรูปที่ 2.10 และสวิตช์ที่ใช้ในงานวิจัยดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.10 แสดงสัญลักษณ์ของสวิตช์แบบ DPST

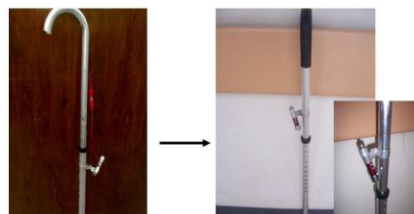


รูปที่ 2.11 แสดงสวิตช์ที่ใช้ในงานวิจัย

ขั้นตอนการประดิษฐ์และการพัฒนาไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน แบ่งออกเป็น 5 ช่วง คือ

1. การประดิษฐ์ไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน (ดังรูปที่ 2.12)

1. นำเส้นใยไฟเบอร์ออฟติกมาติดที่เลเซอร์พอยเตอร์เพื่อดัดแปลงให้แสงจากแบบจุดให้เป็นแบบเส้นตรง
2. ประกอบสวิตช์เข้าที่ปลายไม้เท้า
3. ประกอบอุปกรณ์ทุกชิ้นเพื่อให้พร้อมต่อการใช้งาน
4. ทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานของไม้เท้าเลเซอร์
5. ปรับปรุงให้ไม้เท้าให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน



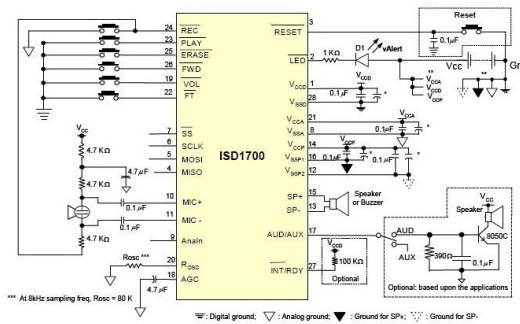
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของไม้เท้ารุ่นที่ 1 และปรับปรุงให้เหมาะสมต่อการใช้งาน

2. การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยเดินครั้งที่ 1

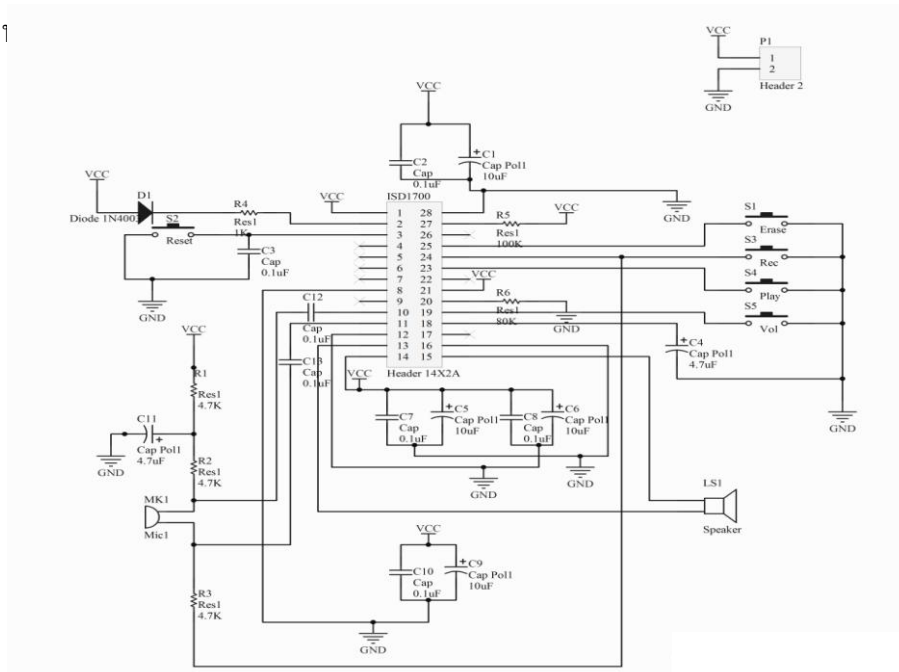
ส่วนของอุปกรณ์บันทึกเสียง

1. ออกแบบลายวงจร ของ ISD 1700 ตามรูปที่ 2.13 – 2.14 โดยมีขนาด
2. กัดแผ่นพริ้นต์ เพื่อนำมาใช้ในการต่ออุปกรณ์ ดังรูปที่ 2.15 - 2.16
3. อัปเดตเสียงจาก Metronome ที่ความถี่ 60, 80, 100 ครั้งต่อนาที
4. ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าไปในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 4.28
5. นำไปทดสอบในผู้ป่วยเพื่อหาความถี่ที่เหมาะสมในการนำไปศึกษาวิจัย

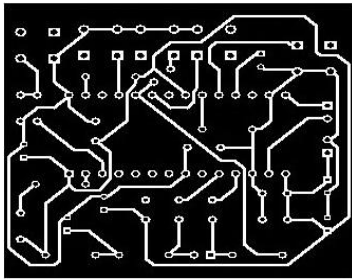
การใช้งาน ISD1700



รูปที่ 2.13 แสดงวงจรบันทึกเสียงที่ใช้ มี Microphone เป็น Input และมี Switches เป็นตัวควบคุมการทำงาน



รูปที่ 2.14 แสดง Schematic ของ ISD1700



รูปที่ 2.15 แสดงแผ่นพริ้นต์ของ ISD1700



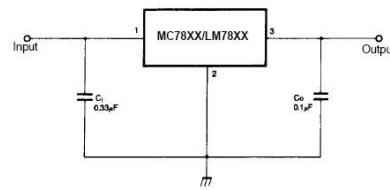
รูปที่ 2.16 แสดงการเชื่อมต่อของ ISD1700

ส่วนของอุปกรณ์ปรับแรงดัน

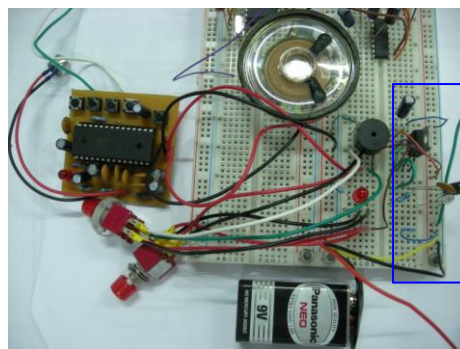
1. ใช้ MC7805 ในการปรับแรงดันไฟฟ้าจาก 9 โวลต์ เป็น 5 โวลต์ โดยมีรูปที่แสดงลักษณะและการต่อวงจรของ MC78L05 ดังรูปที่ 2.17 – 2.19
2. ทดลองต่อแต่ละส่วนลงบน โพรโตบอร์ดและทดสอบการใช้งาน ดังรูปที่ 2.20–2.22 โดยจะได้ไมค์ทะเลเซอร์หลังจากพัฒนาดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะของ MC78L05

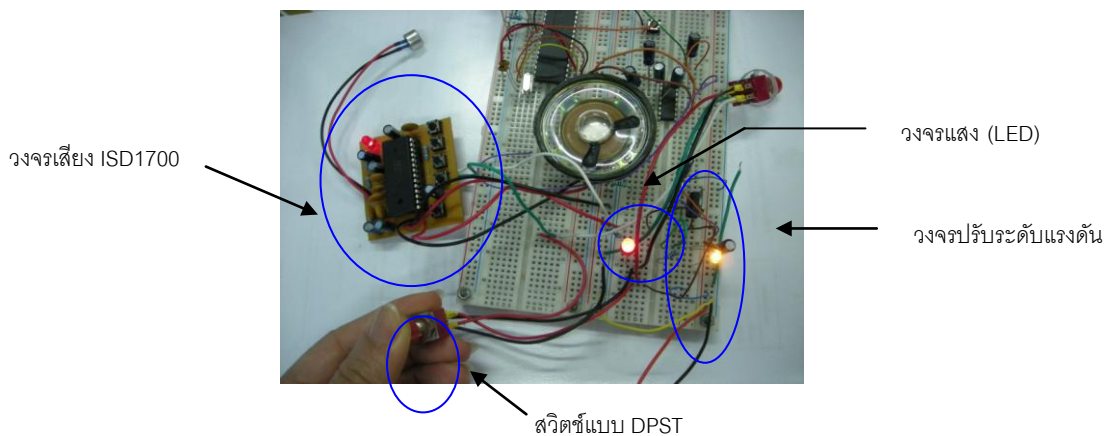


รูปที่ 2.18 แสดงการต่อวงจร MC78L05

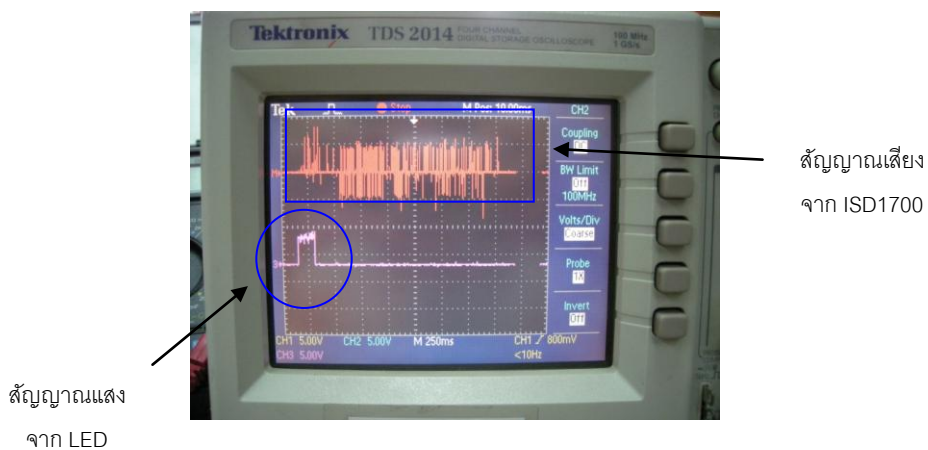


← วงจรปรับระดับแรงดัน จากแหล่งจ่ายไฟ 9 โวลต์ เป็น 5 โวลต์

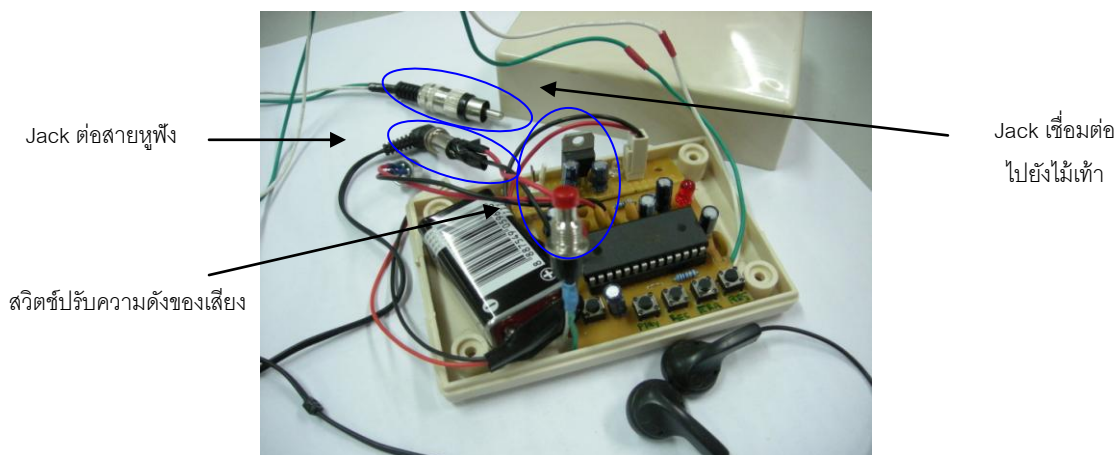
รูปที่ 2.19 แสดงการเชื่อมต่อ MC7805 บนโปรโตบอร์ด



รูปที่ 2.20 แสดงการต่ออุปกรณ์ทั้งหมดบนโปรโตบอร์ด



รูปที่ 2.21 แสดงสัญญาณจากวงจรแสงและเสียง



รูปที่ 2.22 แสดงการจัดเรียงอุปกรณ์ทั้งหมดลงในกล่องและการต่อสายหูฟัง, สวิตช์กดเพิ่มเสียง และการเชื่อมต่อไปยังไมค์



รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะของไม้เท้าเลเซอร์หลังจากพัฒนาครั้งที่ 1

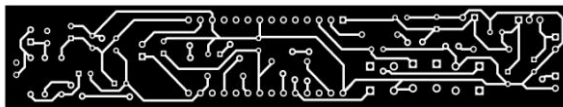
การใช้งานของไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน

เมื่อกดสวิตช์ที่ปลายไม้เท้าหรือที่มือจับจะมีแสงเลเซอร์พุ่งออกมาที่พื้น จากนั้นประมาณ 3 วินาที จะมีเสียงจาก Metronome ดังขึ้น ที่ความถี่ 60 ครั้งต่อนาที ซึ่งเป็นความถี่ที่ได้จากการนำไปทดสอบในผู้ป่วยและจากข้อมูลค่าเฉลี่ยของจำนวนก้าวต่อนาทีของผู้ป่วยในการทดสอบครั้งที่ 1 ดังรูปที่ 2.24

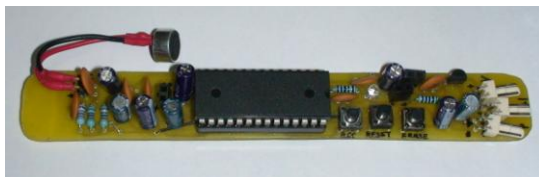


รูปที่ 2.24 ขณะทดสอบไม้เท้าเลเซอร์ที่พัฒนาครั้งที่ 1 ในผู้ป่วย

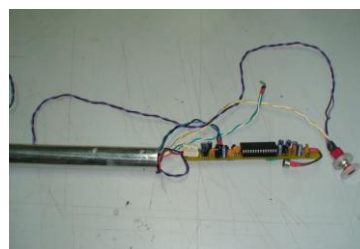
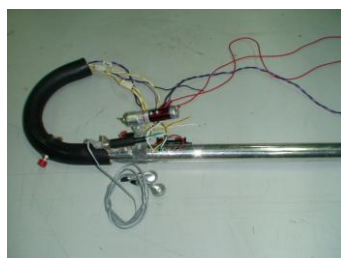
3. การพัฒนาไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดินครั้งที่ 2 (คัดแปลงอุปกรณ์เข้าไปในไม้เท้า)
 1. ออกแบบลายวงจรให้มีขนาดดังรูป เพื่อให้สามารถใส่เข้าไปในไม้เท้าได้
 2. กัดแผ่นพริ้นต์ เพื่อนำมาใช้ในการต่ออุปกรณ์ ดังรูปที่ 2.25-2.26
 3. อัปเดตเสียงจาก Metronome ที่ความถี่ 60 ครั้งต่อนาที
 4. ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าไปในตัวไม้เท้า ดังรูปที่ 2.27 - 2.28
 5. นำไปทดสอบในผู้ป่วยเพื่อหาความถี่ที่เหมาะสมในการนำไปศึกษาวิจัย



รูปที่ 2.25 แสดงแผ่นพริ้นต์ วงจร ISD1700 ซึ่งปรับปรุงให้สามารถใส่เข้าไปในไม้เท้าได้



รูปที่ 2.26 แสดงแผ่นพีซีบีวงจรถ่าย ISD1700 ซึ่งปรับปรุงให้สามารถใส่เข้าไปในไม้เท้าได้



รูปที่ 2.27 - 2.28 แสดงการประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าสู่ในตัวไม้เท้า

ลักษณะของไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน (รูปที่ 2.29)

- ประยุกต์จากไม้เท้าทั่วไป
- มีการทำงาน 3 แบบ คือ แสง, เสียง และแสงรวมกับเสียง
- มีปุ่มเปิด-ปิดแสงเลเซอร์ตรงตำแหน่งใกล้มือจับ
- มีปุ่มเปิด-ปิดตรงปลายไม้เท้า (จะติดเมื่อออกแรงกดไม้เท้า) ดังรูปที่ 2.30
- มีสวิทช์เปิด-ปิดเสียงตรงตำแหน่งใกล้เลเซอร์ ดังรูปที่ 2.31
- มีสวิทช์ควบคุมความดังของเสียงตรงตำแหน่งใกล้เลเซอร์
- ใช้ถ่าน +12V จำนวน 1 ก้อน
- สามารถปรับระดับความสูงและมุมของแสงเลเซอร์ได้
- มีมือจับยาง
- จากนั้นจึงนำไปทดสอบการใช้งานในผู้ป่วย ดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.29 แสดงลักษณะของไม้เท้าเลเซอร์หลังจากพัฒนาครั้งที่ 2

ลักษณะการใช้งานของแสงเลเซอร์

ลำแสงสีแดงเป็นเส้นตรงขนาด 3 มม.

ยาวประมาณ 75 ซม.



รูปที่ 2.30 ลักษณะการใช้งานในส่วนของแสง

ลักษณะการใช้งานของเสียง

เสียงจาก Metronome

ความถี่ = 60 ครั้งต่อนาที



รูปที่ 2.31 ลักษณะการใช้งานในส่วนของเสียง



รูปที่ 2.32 ขณะทดสอบไม้เท้าเลเซอร์ที่พัฒนาครั้งที่ 2 ในผู้ป่วย

4. การพัฒนาไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดินครั้งที่ 3 (เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แบบมีสาย)
5. การพัฒนาไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดินครั้งที่ 4 (เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมด ได้แก่ ประวัติ การตรวจร่างกาย ข้อมูลการเดินจะเป็นในลักษณะของ Spatiotemporal parameters โดยมีตัวแปรดังนี้

1. จำนวนก้าวที่เดินติดขัด (Number of freezes), (steps)
2. ระยะการก้าวเดิน (Stride length), (cm)
3. ความเร็วในการเดิน (Velocity), (m/sec)
4. จำนวนครั้งในการก้าวเดิน/นาที (Cadence), (steps/min)

ในแต่ละสถานการณ์ ผู้ป่วยจะได้รับการทดสอบ 2 ครั้ง ผลของข้อมูลที่เก็บได้ตั้งข้อมูลข้างต้น จะนำมาศึกษา วิจัยทางสถิติ เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง 4 ตัวแปรหลัก คือ

1. ช่วง Off Time - ไม่เท้าทั่วไป
2. ช่วง Off Time - ไม่เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน
3. ช่วง On Time - ไม่เท้าทั่วไป
4. ช่วง On Time - ไม่เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา (Measurements)

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมดมี 3 ส่วนหลัก ดังต่อไปนี้ ส่วนที่ 1 คือ ข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ เพศ อายุ (ปี) น้ำหนัก(กิโลกรัม) ส่วนสูง(เซนติเมตร) ระยะเวลาการเป็นโรค(ปี) Hoehn and Yahr scale และ UPDRS scale (Motor Examination) เป็นต้น ข้อมูลส่วนที่ 2 คือ ข้อมูลที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพผลชุดที่ 1 ได้แก่ จำนวนการเดินติดขัด (Number of freezes) เป็นต้น และส่วนสุดท้าย คือ ข้อมูลที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพผลชุดที่ 2 ได้แก่ ระยะการก้าว (Stride length) ความเร็วในการเดิน (Velocity) จำนวนก้าวต่อนาที (Cadence) เป็นต้น โดยรายงานเป็น Mean±SD และ/หรือ Min-Max เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูล โดยทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างการใช้ไม้เท้าทั่วไป และไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน ในช่วง Off Time และ On Time โดยจะแสดงผลในรูปแบบของค่าเฉลี่ย (Mean: \bar{X}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจะพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ข้อมูล และการวิเคราะห์ทางสถิติใช้ Paired t-test เปรียบเทียบ พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพ ในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ (Off time) กับช่วงที่ยาออกฤทธิ์ (On time) ระหว่างไม้เท้าทั่วไป (Normal cane) กับไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน (Laser guided-walking devices) ทั้งนี้ยังหาความสัมพันธ์ประสิทธิผลของไม้เท้ากับระดับความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน ร่วมด้วย

2.2 ผลการวิจัย (Results)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจาก ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันจากคลินิกโรคพาร์กินสัน, โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยในการทดสอบครั้งที่ 1 มีผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 44 ราย ที่ได้รับการคัดเลือกเข้ารับการทดสอบช่วง Training Phase ในช่วงระหว่างเดือน กันยายน 2550 – ธันวาคม 2550 ผู้ป่วยทุกรายจะผ่านการตรวจประเมินจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบประสาทก่อน และผ่านการคัดกรองโดยนักกายภาพบำบัดผู้วิจัย ผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 37 รายผ่านการทดสอบช่วง Training Phase ผู้ป่วยจำนวน 7 ราย แต่ไม่สามารถมาเข้าร่วมการทดสอบช่วง Intervention Phase ได้ และมีผู้ป่วย 7 รายไม่ผ่านการทดสอบช่วงแรก ดังแสดงใน รูปที่ 2.33 ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยและข้อมูลพื้นฐานของการทดสอบครั้งที่ 2 – 3



รูปที่ 2.33 ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย

ผู้ป่วยในการทดสอบครั้งที่ 1 ประกอบด้วย ผู้ป่วยชายจำนวน 16 คน (53.3%) และผู้ป่วยหญิงจำนวน 14 คน (46.7 %) โดยมีอายุเฉลี่ย 62.3 ปี ข้อมูลต่าง ๆ แสดงดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย*

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

*mean± SD (min-max)

ผลการเปรียบเทียบ

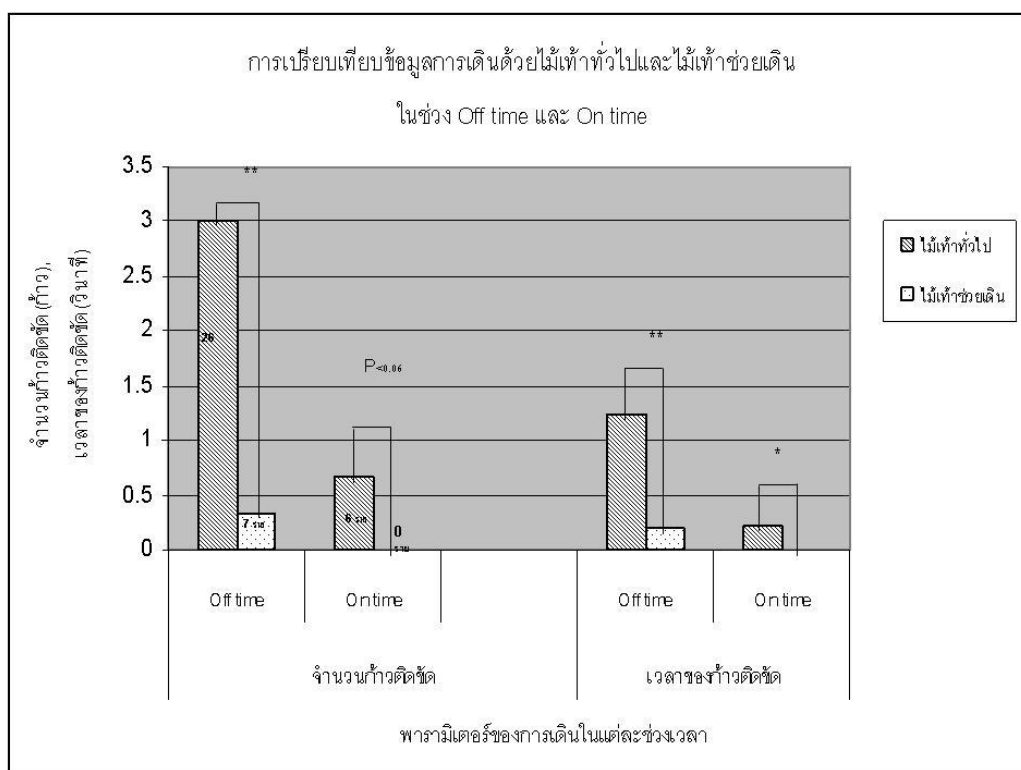
การทดสอบครั้งที่ 1

เมื่อผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจำนวน 30 ราย ทำการทดสอบทั้ง 2 ช่วงแล้ว ข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสถิติ SPSS version15 และนำเสนอข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ของการเดิน โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) ดังจะกล่าวต่อไป

ข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิผลชุดที่ 1

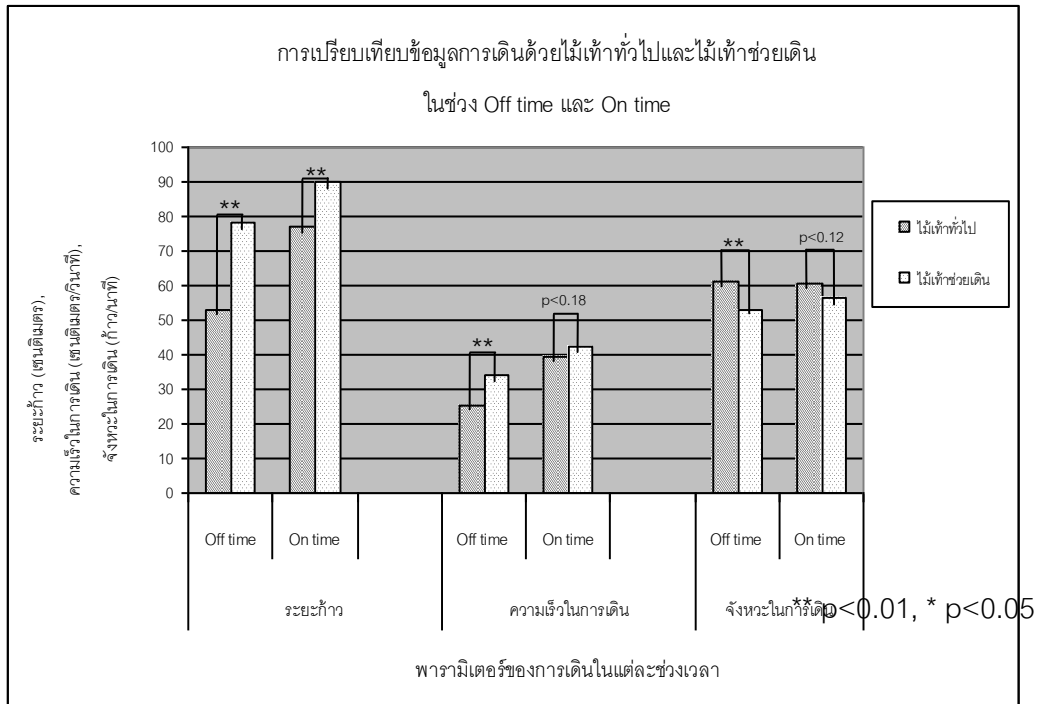
จำนวนก้าวติดขัด

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดระหว่างไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินในช่วงยามหกดฤทธิ์และยามออกฤทธิ์ ในช่วงยามหกดฤทธิ์มีผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 26 ราย ที่มีการเดินติดขัดขณะใช้ไม้เท้าทั่วไป และพบในผู้ป่วย 7 รายขณะใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ในช่วงยามออกฤทธิ์พบผู้ป่วยจำนวน 6 ราย ที่มีการเดินติดขัดขณะใช้ไม้เท้าทั่วไป และ 0 รายขณะใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (X±SD) ของจำนวนก้าวติดขัด เมื่อเปรียบเทียบกับกรเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินในช่วงยามหกดฤทธิ์และในช่วงยามออกฤทธิ์เป็น 2.87±5.82 (t=3.64, p<0.002) ก้าว, 0.67±1.85 (t=1.98, p<0.06) ก้าว และพบความแตกต่างของเวลาของก้าวติดขัดเป็น 1.04±0.80 (t=7.15, p<0.0001) วินาที และ 0.21±0.50 (t=2.29, p<0.03) วินาที ตามลำดับ ดังแผนผัง 2.1



แผนผัง 2.1 เปรียบเทียบจำนวนก้าวเดินและเวลาของก้าวเดินระหว่างไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดิน ในช่วงยามหาคฤกษ์และยามออกฤกษ์ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง

จากแผนผัง 2.2 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($X \pm SD$) ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบการเดินทางโดยใช้ไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดิน ดังนี้ ในช่วงยามหาคฤกษ์พบว่าระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเป็น 25.03 ± 18.12 ($t=7.57$, $p<0.0001$) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเป็น 8.86 ± 10.45 ($t=4.64$, $p<0.0001$) เซนติเมตรต่อวินาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเป็น 8.02 ± 14.50 ($t=3.03$, $p<0.006$) ก้าวต่อนาที ในช่วงยามออกฤกษ์ระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเป็น 13.23 ± 12.22 ($t=5.93$, $p<0.0001$) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปโดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 3.04 ± 11.98 ($t=1.39$, $p<0.18$) เซนติเมตรต่อวินาที และจังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเช่นเดียวกัน โดยมีค่าความแตกต่างเป็น 4.36 ± 14.69 ($t=1.63$, $p<0.12$) ก้าวต่อนาที



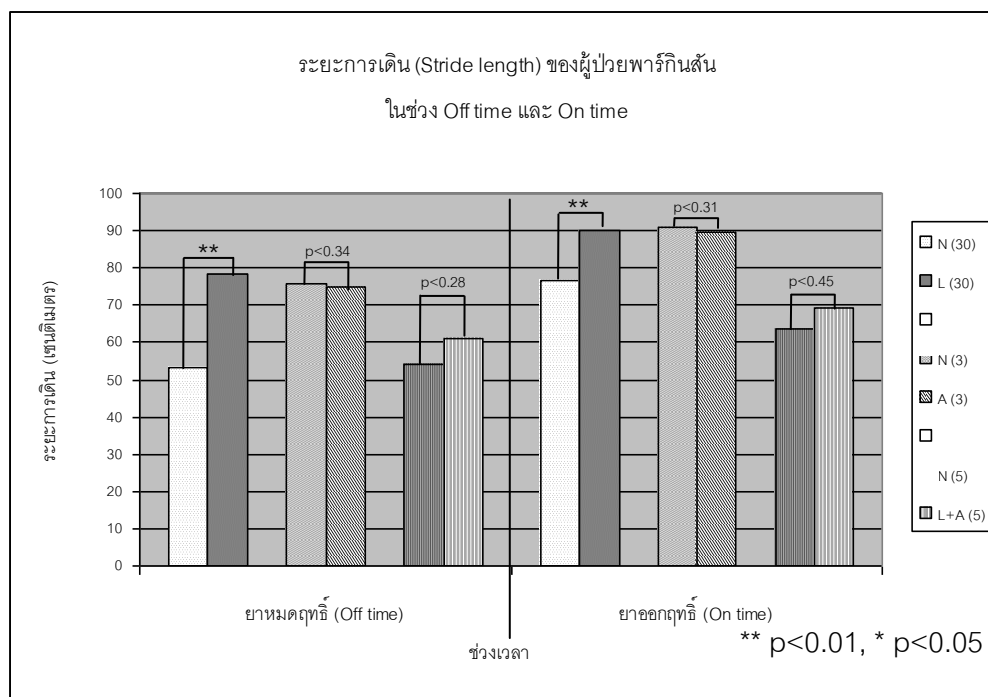
แผนผัง 2.2 เปรียบเทียบข้อมูลการเดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดินในช่วงยามหฤฤและช่วงยามออกฤฤ ในการทดสอบการกระตุ้นด้วยแสง

จากการทดสอบการเดินใน 3 กรณี คือ การเดินโดยมีการกระตุ้นด้วยแสงในผู้ป่วยจำนวน 30 ราย, การกระตุ้นด้วยเสียงจำนวน 3 ราย และการกระตุ้นด้วยแสงกับเสียงจำนวน 5 ราย ได้ผลการทดสอบดังแผนผัง 2.3 – 2.5

1. ระยะก้าว (Stride length)

จากแผนผัง 2.3 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะก้าวในการกระตุ้นด้วยแสง, เสียง และแสงรวมกับเสียงเมื่อเปรียบเทียบการเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินกับการเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยามหฤฤและในช่วงยามออกฤฤ ดังนี้ ระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยามหฤฤและในช่วงยามออกฤฤ เป็น 25.03 ± 18.12 ($t=7.57, p<0.0001$) เซนติเมตร และ 13.23 ± 12.22 ($t=5.93, p<0.0001$) เซนติเมตร ตามลำดับ ระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามหฤฤมีค่าเป็น 1.22 ± 34.07 ($t=1.28, p<0.34$) เซนติเมตร, ระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามหฤฤ

ฤทธิ์มีค่าเป็น 7.02 ± 12.41 ($t=1.27$, $p<0.28$) เซนติเมตร ในช่วงยาออกฤทธิ์พบว่าระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 1.39 ± 1.76 ($t=1.37$, $p<0.31$) เซนติเมตร, และระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปด้วยเช่นกัน โดยมีค่าเป็น 5.78 ± 15.33 ($t=0.84$, $p<0.45$) เซนติเมตร



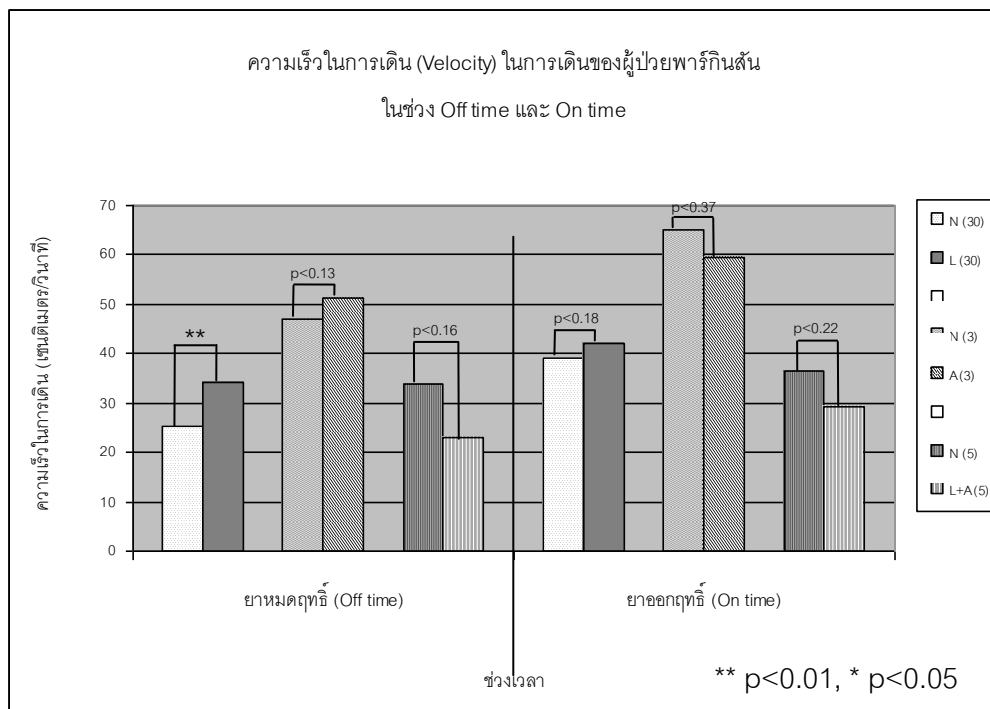
(N=ไม้เท้าทั่วไป, L=การกระตุ้นด้วยแสง, A=การกระตุ้นด้วยเสียง, L+A=การกระตุ้นด้วยแสง+เสียง)

แผนผัง 2.3 เปรียบเทียบระยะก้าว (Stride length) ในช่วงยามหุดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดิน โดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี

2. ความเร็วในการเดิน (Velocity)

จากแผนผัง 2.4 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วในการเดินในการกระตุ้นด้วยแสง, เสียง และแสงรวมกับเสียงเมื่อเปรียบเทียบการเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินกับการเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยามหุดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ ดังนี้ ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามหุดฤทธิ์ โดยมีค่าเป็น 8.86 ± 10.45 ($t=4.64$, $p<0.01$) เซนติเมตรต่อวินาที, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามหุดฤทธิ์ โดยมีค่าเป็น 3.26 ± 2.17 ($t=2.59$, $p<0.13$) เซนติเมตรต่อวินาที, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามหุดฤทธิ์ โดยมีค่าเป็น

10.99±14.14 (t=1.74, p<0.16) เซนติเมตรต่อวินาที ในช่วงยาออกฤทธิ์พบว่า ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 3.04±11.98 (t=1.39, p<0.18) เซนติเมตรต่อวินาที, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 5.77±8.49 (t=1.18, p<0.37) เซนติเมตรต่อวินาที และความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเป็น 7.19±11.00 (t=1.46, p<0.22) เซนติเมตรต่อวินาที



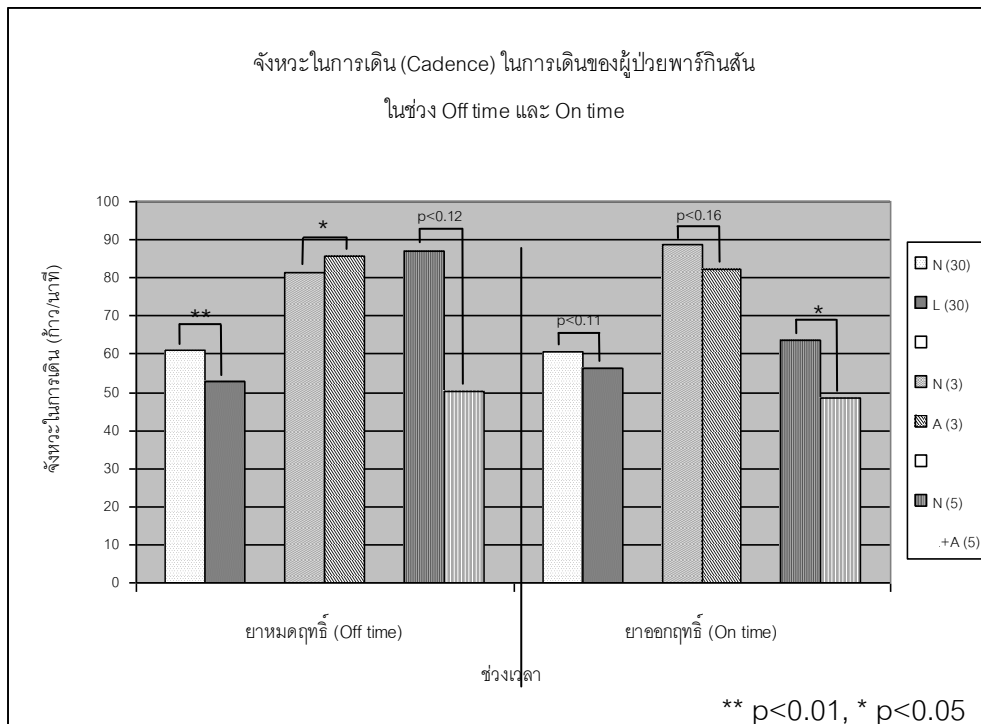
(N=ไม้เท้าทั่วไป, L=การกระตุ้นด้วยแสง, A=การกระตุ้นด้วยเสียง, L+A=การกระตุ้นด้วยแสง+เสียง)

แผนผัง 2.4 เปรียบเทียบความเร็วในการเดิน (Velocity) ในช่วงยามอดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดิน โดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี

3. จังหวะในการเดิน (Cadence)

จากแผนผัง 2.5 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจังหวะในการเดินในการกระตุ้นด้วยแสง, เสียง และแสงรวมกับเสียงเมื่อเปรียบเทียบการเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินกับการเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยามอดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ ดังนี้ จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามอดฤทธิ์ โดยมีค่าเป็น 8.02±14.50 (t=3.03, p<0.006) ก้าวต่อนาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ

เปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามหตุฤทธิโดยมีค่าเป็น 4.15 ± 1.19 ($t=6.05$, $p=0.03$) ก้าวต่อนาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามหตุฤทธิโดยมีค่าเป็น 36.58 ± 40.84 ($t=2.00$, $p<0.12$) ก้าวต่อนาที ในช่วงยามออกฤทธิพบว่า จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 4.37 ± 14.70 ($t=1.63$, $p<0.11$) ก้าวต่อนาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยเสียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 6.47 ± 5.14 ($t=2.18$, $p<0.16$) ก้าวต่อนาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและเสียงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 15.23 ± 9.76 ($t=3.48$, $p<0.03$) ก้าวต่อนาที



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

แผนผัง 2.5 เปรียบเทียบจังหวะในการเดิน (Cadence) ในช่วงยามหตุฤทธิและในช่วงยามออกฤทธิของผู้ป่วย ที่เดินด้วยไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดิน โดยมีสิ่งกระตุ้น 3 กรณี

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

กลุ่มที่ 1 ระดับความรุนแรงของโรคน้อย (H&Y=2) หรือ Mild PD (n=17, 56.67%)

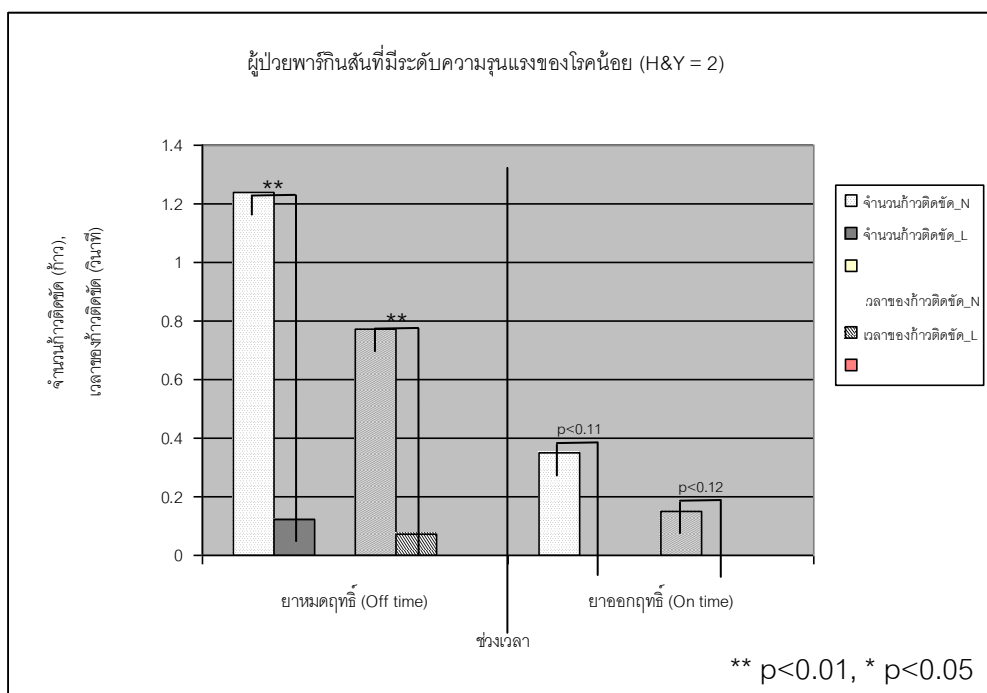
กลุ่มที่ 2 ระดับความรุนแรงของโรครุนแรง (H&Y>2) หรือ Severe PD (n=13, 44.33%)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของไม้เท้าช่วยเดินจากข้อมูลกลุ่มที่ 1 (H&Y = 2)

ผลการเปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัด, เวลาของก้าวติดขัด, ระยะการเดิน, ความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดิน ในช่วงยามดึกและในช่วงยามออกฤทธิ์ระหว่างการใช้ไม้เท้าทั่วไป และไม้เท้าช่วยเดิน ในผู้ป่วยกลุ่มที่ 1 - 2 แสดงดังแผนผัง 2.6 – 2.14

ข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิภาพชุดที่ 1

จากแผนผัง 2.6 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดในการเดินด้วยไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยามดึกและในช่วงยามออกฤทธิ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย พบว่าจำนวนก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามดึก ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย โดยมีค่าเป็น 1.12 ± 0.70 ($t=6.61$, $p<0.0001$) ก้าว, เวลาของก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามดึก ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย โดยมีค่าเป็น 0.69 ± 0.44 ($t=6.52$, $p<0.0001$) วินาที ในช่วงยามออกฤทธิ์พบว่า จำนวนก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย โดยมีค่าเป็น 0.35 ± 0.86 ($t=1.69$, $p<0.11$) ก้าว, เวลาของก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย โดยมีค่าเป็น 1.55 ± 0.38 ($t=1.66$, $p<0.12$) วินาที



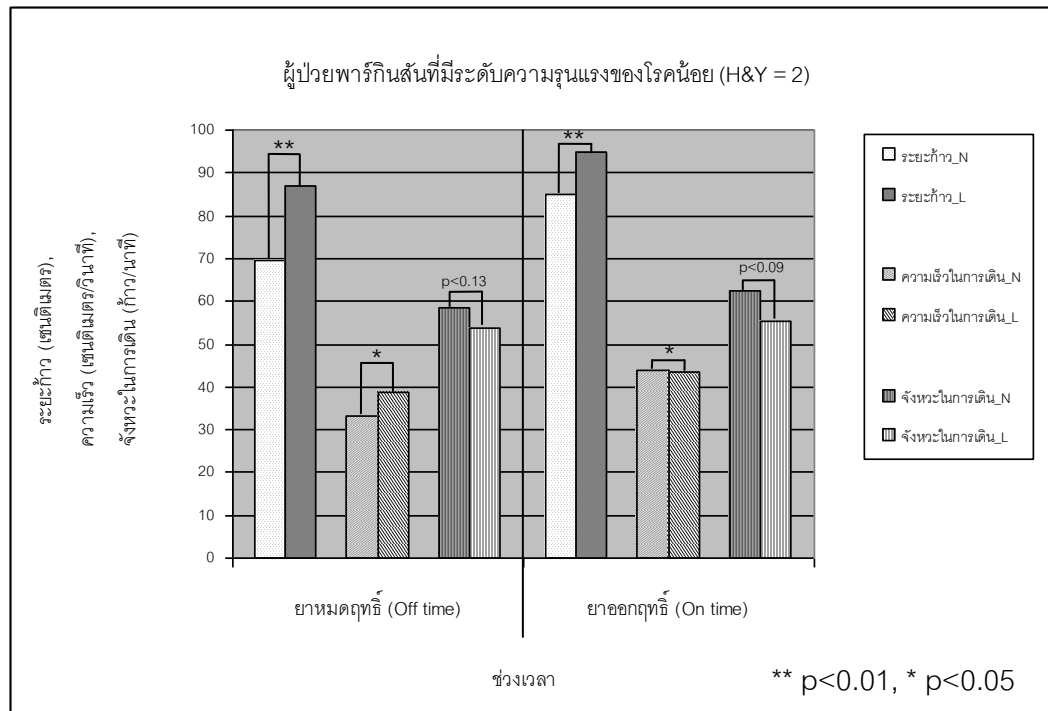
N=ไม่เท้าทั่วไป L=ไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วย

แผนผัง 2.6 เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดระหว่างไม่เท้าทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดินในช่วงยามหอดฤทธิและในช่วงยามออกฤทธิในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย

ข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิผลชุดที่ 2

จากแผนผัง 2.7 เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาเดิน, ความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดินเมื่อทดสอบการเดินด้วยไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและไม่เท้าทั่วไป ในช่วงยามหอดฤทธิและในช่วงยามออกฤทธิ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย พบว่าระยะก้าวในการใช้ไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม่เท้าทั่วไป ในช่วงยามหอดฤทธิ โดยมีค่าเป็น 17.46 ± 10.41 ($t=6.91$, $p<0.0001$) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม่เท้าทั่วไปในช่วงยามหอดฤทธิ โดยมีค่าเป็น 5.58 ± 10.12 ($t=2.27$, $p<0.05$) เซนติเมตรต่อวินาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม่เท้าทั่วไปในช่วงยามหอดฤทธิ โดยมีค่าเป็น 4.65 ± 11.99 ($t=1.60$, $p<0.13$) ก้าวต่อนาที ในช่วงยามออกฤทธิพบว่า ระยะก้าวในการใช้ไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม่เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 9.86 ± 12.43 ($t=3.27$, $p<0.005$) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม่เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 0.27 ± 11.63 ($t=2.27$, $p<0.038$)

เซนติเมตรต่อวินาที และจังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 7.13 ± 16.12 ($t=1.82$, $p<0.09$) ก้าวต่อนาที



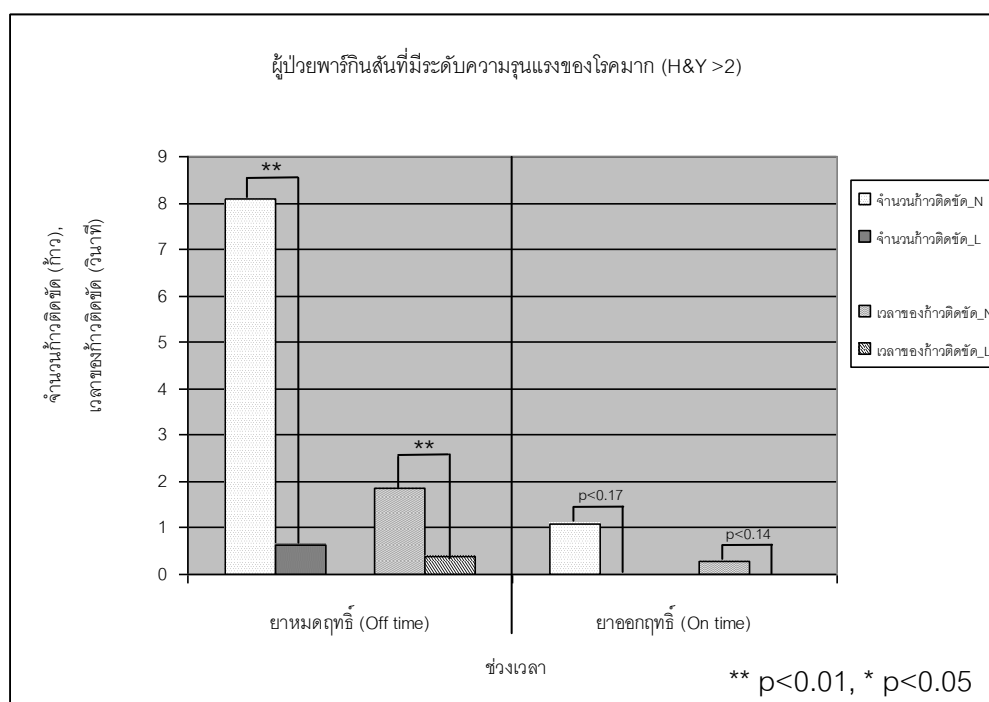
N=ไม้เท้าทั่วไป L=ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง

แผนผัง 2.7 เปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินในช่วงยามหกดฤทธิและในช่วงยาออกฤทธิ
ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย

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

ข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิผลชุดที่ 1

จากแผนผัง 2.8 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดในการเดินด้วยไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยามดึกและในช่วงยามออกฤทธิ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก พบว่าจำนวนก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยามดึก โดยมีค่าเป็น 7.46 ± 7.52 ($t=3.58$, $p<0.004$) ก้าว, เวลาของก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 1.49 ± 0.94 ($t=5.71$, $p<0.0001$) วินาที ในช่วงยามออกฤทธิ์พบว่า จำนวนก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 1.08 ± 2.63 ($t=1.48$, $p<0.17$) ก้าว และเวลาของก้าวติดขัดในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 0.28 ± 0.64 ($t=1.60$, $p<0.14$) วินาที

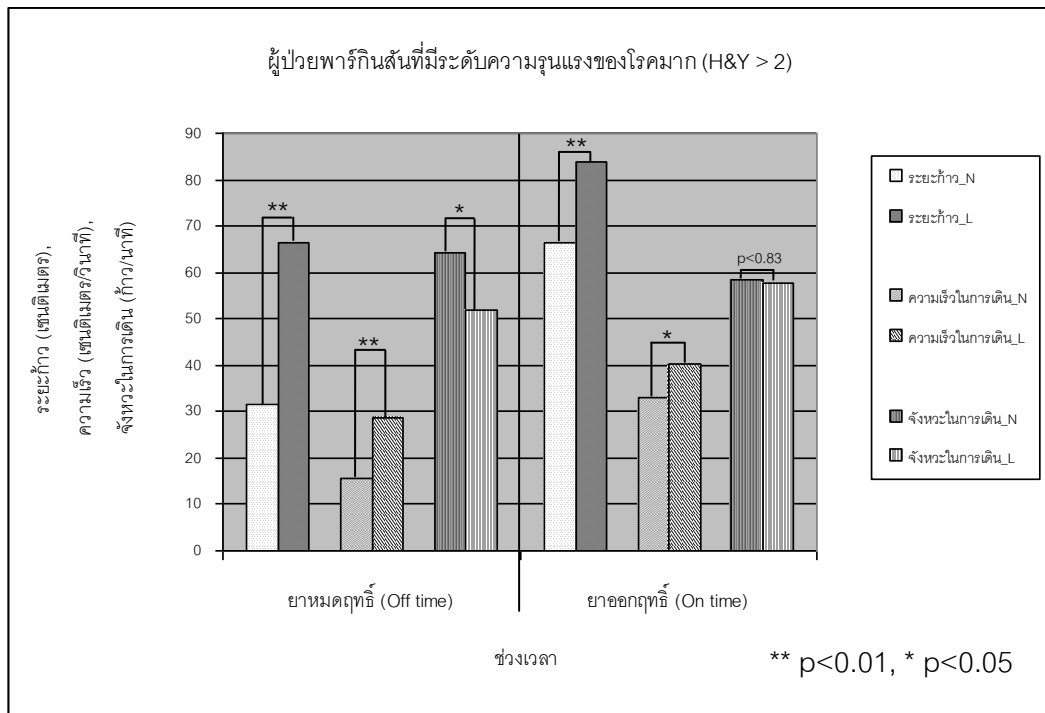


N=ไม้เท้าทั่วไป L=ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง

แผนผัง 2.8 เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดระหว่างไม้เท้าทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินในช่วงยามดึกฤทธิ์และออกฤทธิ์ของกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก

ข้อมูลที่ใช้วัดประสิทธิผลชุดที่ 2

จากแผนผัง 2.9 เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาเดิน, ความเร็วในการเดินและจังหวะในการเดิน เมื่อทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงและไม้เท้าทั่วไป ในช่วงยาหมดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก พบว่าระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์ โดยมีค่าเป็น 34.92 ± 21.49 ($t=5.86$, $p<0.0003$) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์ โดยมีค่าเป็น 13.15 ± 9.60 ($t=4.94$, $p<0.0001$) เซนติเมตรต่อวินาที, จังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไปในช่วงยาหมดฤทธิ์ โดยมีค่าเป็น 12.42 ± 16.71 ($t=2.68$, $p<0.05$) ก้าวต่อนาที ในช่วงยาออกฤทธิ์พบว่า ระยะก้าวในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 17.64 ± 10.84 ($t=5.86$, $p<0.0001$) เซนติเมตร, ความเร็วในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 7.38 ± 11.43 ($t=2.33$, $p<0.03$) เซนติเมตรต่อวินาที และจังหวะในการเดินในการใช้ไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เท้าทั่วไป โดยมีค่าเป็น 0.76 ± 12.27 ($t=0.22$, $p<0.83$) ก้าวต่อนาที



N=ไม่เท้าทั่วไป L=ไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง

แผนผัง 2.9 เปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินในช่วงยามอดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์
ในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคมก

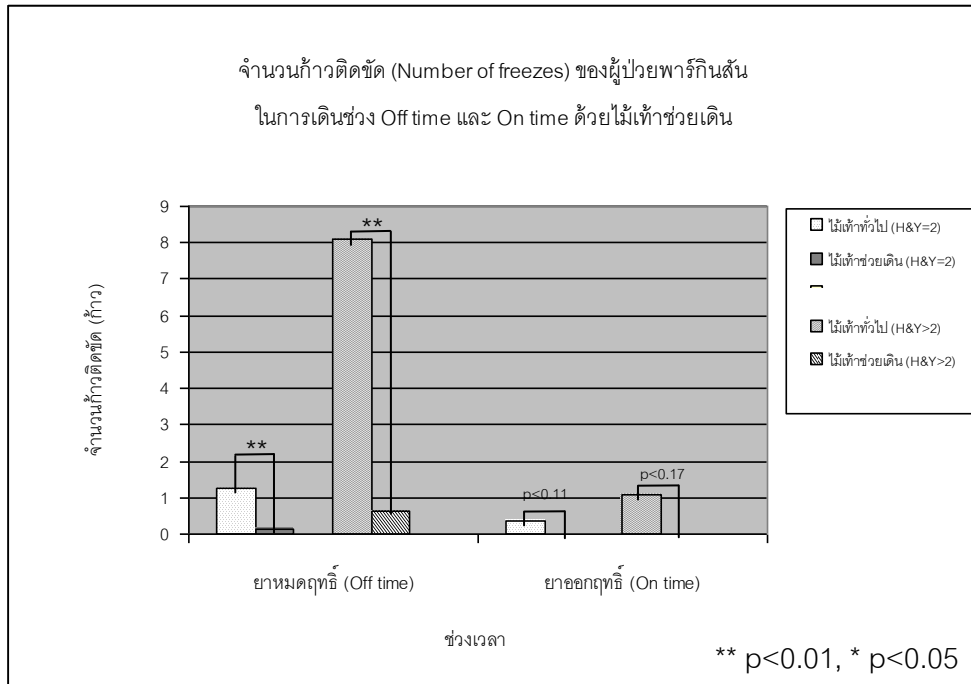
69

การวิเคราะห์ปัจจัยการเดิน

จำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes)

เมื่อพิจารณาแผนผัง 2.10 เพื่อเปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัดของผู้ป่วยในทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อยและกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมก พบว่าจำนวนก้าวติดขัดในการเดินโดยใช้ไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม่เท้าทั่วไปในช่วงยามอดฤทธิ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยและระดับความรุนแรงของโรคมก, ผลการกระตุ้นด้วยแสงต่อจำนวนก้าวติดขัดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนก้าวติดขัดที่ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงในช่วงยาออกฤทธิ์ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยและระดับความรุนแรงของโรคมก เช่นเดียวกัน

นอกจากนี้พบว่าจำนวนก้าวติดขัดพบมากในผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมมาก และการกระตุ้นด้วยแสงช่วยทำให้จำนวนก้าวติดขัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงยามดกฤทธิ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลจำนวนก้าวติดขัดระหว่างในช่วงยามดกฤทธิและในช่วงยามออกฤทธิ พบว่ายังมีผลต่อการลดลงของจำนวนก้าวติดขัด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ผู้ป่วยมีจำนวนก้าวติดขัดลดลงหลังจากที่ได้รับผลของฤทธิยา



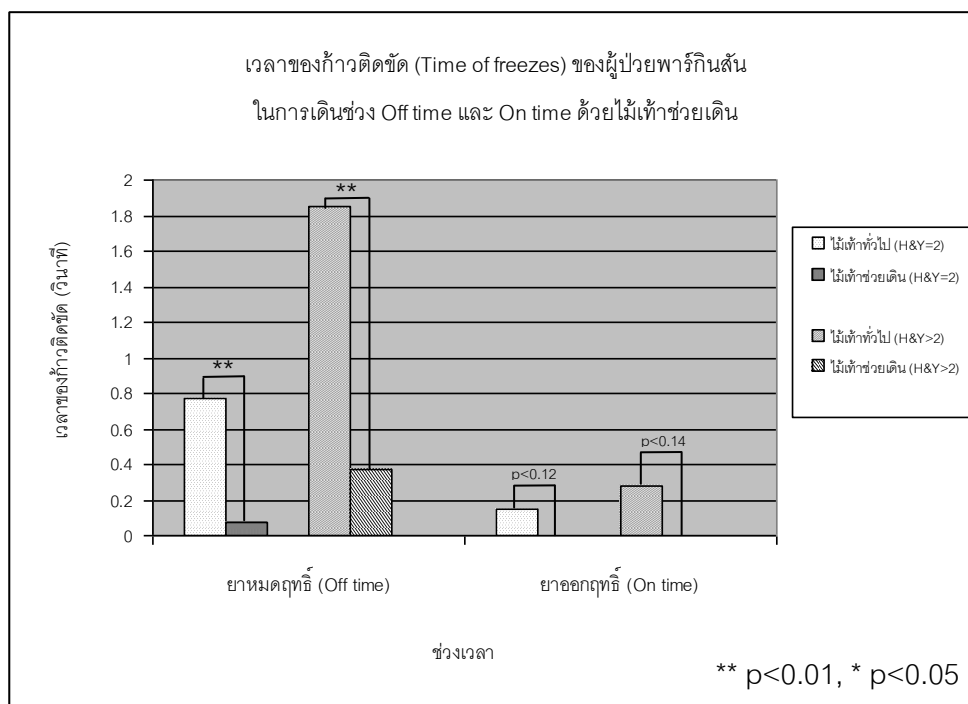
แผนผัง 2.10 เปรียบเทียบจำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes) ในช่วงยามดกฤทธิและยามออกฤทธิของผู้ป่วยที่เดินด้วยทั่วไปและไม่ทานช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค

เวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes)

เมื่อพิจารณาแผนผัง 2.11 เพื่อเปรียบเทียบเวลาของก้าวติดขัดของผู้ป่วยในทั้ง 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อยและกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมมาก พบว่าเวลาของก้าวติดขัดในการใช้ไม่ทานช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ทานทั่วไปในช่วงยามดกฤทธิ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยและระดับความรุนแรงของโรคมมาก, เวลาในการเดินติดขัดในการใช้ไม่ทานช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ทานทั่วไปในช่วงยามออกฤทธิ ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยและกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมมากเช่นเดียวกัน

นอกจากนี้พบว่าเวลาของก้าวติดขัดพบมากในผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมมาก และการกระตุ้นด้วยแสงช่วยทำให้เวลาของก้าวติดขัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะ

อย่างยิ่งในช่วงยามดฤทธิ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลเวลาของก้าวติดขัดระหว่างในช่วงยามดฤทธิ และในช่วงยาออกฤทธิ พบว่ายามีผลต่อการลดลงของเวลาของก้าวติดขัด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เวลาของก้าวติดขัดลดลงหลังจากที่ผู้ป่วยได้รับผลของฤทธิยา



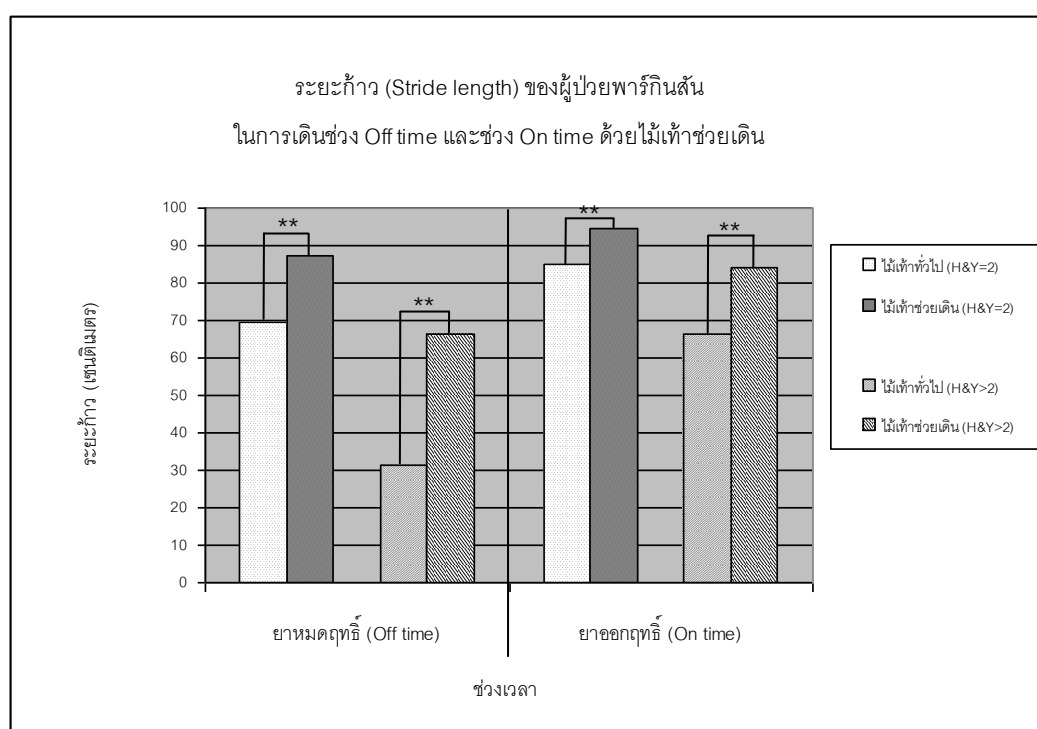
แผนผัง 2.11 เปรียบเทียบเวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes) ในช่วงยามดฤทธิและยาออกฤทธิของผู้ป่วยที่เดินด้วยท่งไปและไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค

ระยะก้าว (Stride length)

เมื่อพิจารณาแผนผัง 4.12 เพื่อเปรียบเทียบระยะก้าวของผู้ป่วยในทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยและกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมก พบว่าการกระตุ้นด้วยแสงช่วยให้ระยะก้าวของผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นในทั้ง 2 กลุ่มความรุนแรงของโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบการเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการกระตุ้นด้วยแสงระหว่างช่วงยามดฤทธิและช่วงยาออกฤทธิ ในทั้ง 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค พบว่าการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวมีทิศทางเดียวกัน

เมื่อพิจารณาผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมกหลังจากที่ได้รับการกระตุ้นด้วยแสงในช่วงยามดฤทธิ พบว่ามีระยะก้าวใกล้เคียงกันกับกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมกที่ไม่ได้รับการกระตุ้นใด ๆ ในช่วงยาออกฤทธิ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการกระตุ้นด้วยแสงให้ผลในลักษณะเดียวกันกับผลของยา หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่ง คือ ผลของการกระตุ้นด้วยแสงช่วยทำให้ระยะก้าวในช่วงยามดฤทธิใกล้เคียงกับระยะก้าวในช่วงยาออกฤทธิในขณะที่ไม่ได้รับการกระตุ้นใด ๆ

อย่างไรก็ตามแม้ว่าการตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยแสงของผู้ป่วยพาร์กินสันจะพบทั้งในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์และในช่วงที่ยาออกฤทธิ์ ผลของยามีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวจากแผนผังพบว่าระยะก้าวของผู้ป่วยในขณะที่ได้รับผลจากยาในทั้ง 2 กลุ่มความรุนแรงของโรคมมากกว่าในขณะที่ไม่ได้รับผลจากยาทั้งขณะที่ได้รับและไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยแสง และยังพบว่าการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวหลังจากได้รับการกระตุ้นด้วยแสงของกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมมากในช่วงยาออกฤทธิ์เพิ่มมากขึ้นถึงประมาณ 2 เท่าของกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมมากที่ไม่ได้รับการกระตุ้นใด ๆ ในช่วงยาหมดฤทธิ์



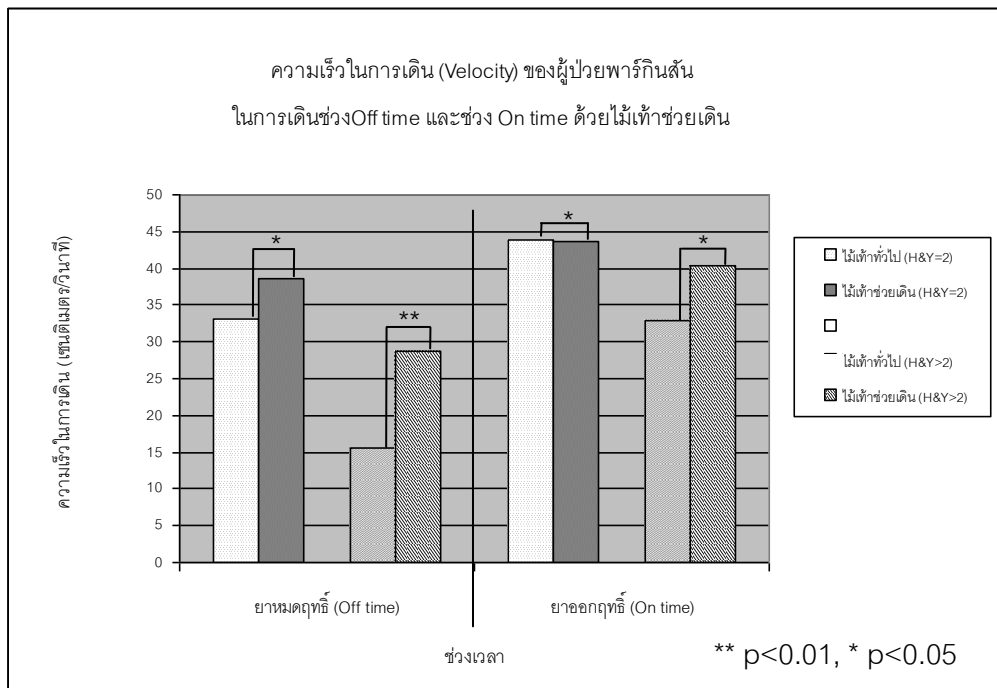
แผนผัง 2.12 เปรียบเทียบระยะการก้าว (Stride length) ในช่วงยามหมดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยทั่วไปและไม่เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค

ความเร็วในการเดิน (Velocity)

เมื่อพิจารณาแผนผัง 4.13 เพื่อเปรียบเทียบความเร็วในการเดินของผู้ป่วยตามระดับความรุนแรงของโรค พบว่าการกระตุ้นด้วยแสงช่วยให้ผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคมมาก มีความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้นในทั้ง 2 ช่วงเวลา ยา เมื่อพิจารณาในกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อย พบว่าความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้นเฉพาะในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ ส่วนในช่วงที่ยาออกฤทธิ์นั้นพบว่าการกระตุ้นด้วยแสงให้ผลใกล้เคียงกันกับขณะที่ไม่มีการกระตุ้นใด ๆ ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงที่ยาออก

ฤทธิ์ ผู้ป่วยสามารถเดินได้คืออยู่แล้ว การที่ได้รับแสงกระตุ้นจากไม้เท้าช่วยเดินจึงไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการเดินแต่อย่างใด

อย่างไรก็ตามพบว่า ยามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการเดินของผู้ป่วย คือ เมื่อเปรียบเทียบความเร็วในการเดินของทั้ง 2 กลุ่มระดับความรุนแรงของโรคในขณะที่ใช้ไม้เท้าทั่วไป หรือในขณะที่ไม่ได้รับสิ่งกระตุ้นใด ๆ ในทั้ง 2 ช่วงเวลา พบว่าความเร็วในการเดินในช่วงยาออกฤทธิ์มากกว่าในการเดินในช่วงยามอดฤทธิ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมกในช่งยามอดฤทธิ์ พบว่าความเร็วในการเดินเพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยแสง และเพิ่มมากขึ้นจนใกล้เคียงกับความเร็วในการเดินในช่วงยาออกฤทธิ์ที่เดินโดยไม่ได้รับการกระตุ้นใด ๆ และเพิ่มมากขึ้นเมื่อเดินได้รับการกระตุ้นด้วยแสง ซึ่งกล่าวได้อีกนัยหนึ่ง คือ ผลของการกระตุ้นด้วยแสงช่วยทำให้ความเร็วในการเดินในช่วงยามอดฤทธิ์ใกล้เคียงกับความเร็วในการเดินในช่วงยาออกฤทธิ์ขณะที่ไม่ได้รับการกระตุ้นใด ๆ



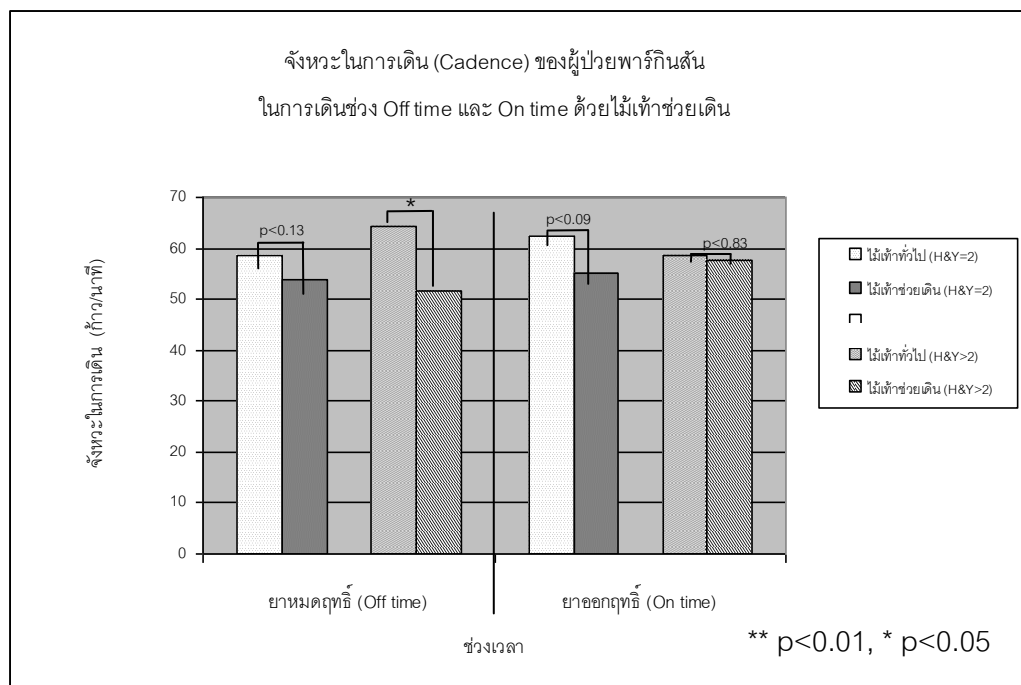
แผนผัง 2.13 เปรียบเทียบความเร็วในการเดิน (Velocity) ในช่วงยามอดฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค

จังหวะในการเดิน (Cadence)

เมื่อพิจารณาแผนผัง 2.14 เพื่อเปรียบเทียบจังหวะในการเดินของผู้ป่วยในทั้ง 2 กลุ่มความรุนแรงของโรคพบว่า เฉพาะกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมกในช่วงที่ยามอดฤทธิ์มี

การตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ผลของการกระตุ้นด้วยแสงจากไม้เท้าช่วยเดินช่วยให้จังหวะในการเดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับจังหวะในการเดินด้วยไม้เท้าทั่วไป แต่ไม่พบความสัมพันธ์นี้ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมามากในช่วงที่ยาออกฤทธิ์

นอกจากนี้พบว่าจังหวะในการเดินของผู้ป่วยในกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อยในช่วงยามหตุฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเดิน โดยมีการกระตุ้นด้วยแสง แต่ไม่พบความแตกต่างของจังหวะการเดินระหว่างไม้เท้าทั้ง 2 ชนิด ในทั้ง 2 ช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



แผนผัง 2.14 เปรียบเทียบจังหวะในการเดิน (Cadence) ในช่วงยามหตุฤทธิ์และยาออกฤทธิ์ของผู้ป่วยที่เดินด้วยทั่วไปและไม้เท้าช่วยเดินกระตุ้นด้วยแสง ใน 2 กลุ่มความรุนแรงของโรค

บทที่ 3

อภิปรายและวิจารณ์ผล (Discussion)

ผลของสิ่งกระตุ้นจากภายนอกต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน

การกระตุ้นด้วยสิ่งกระตุ้นทางสายตา

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าไม้เท้าช่วยเดินซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยเหลือผู้ป่วยโดยมีสิ่งกระตุ้นด้วยแสง (Visual stimulation) การกระตุ้นด้วยเสียง (Auditory stimulation) และกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง (Visual and auditory stimulation) ประกอบเข้าไปด้วยนั้น มีผลต่อการลดลงของจำนวนก้าวติดขัด (Number of freezes), เวลาของก้าวติดขัด (Time of freezes) และมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าว (Stride length) และความเร็วในการเดิน (Velocity) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงยามหตุฤทธิ์ (Off Time) ของกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรครุนแรง

การวิเคราะห์ผลการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากผู้ป่วยที่ได้รับการทดสอบการเดินโดยมีการกระตุ้นด้วยแสง จำนวน 30 ราย มีอาการและความสามารถในการเดินที่แตกต่างกัน จึงได้แบ่งกลุ่มผู้ป่วยออกเป็น 2 กลุ่ม เพื่อให้เห็นผลการศึกษาอย่างชัดเจนขึ้น คือ กลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ($H\&Y = 2$) และกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรครุนแรง ($H\&Y > 2$) [43, 61] จากข้อมูลพบว่าจำนวนก้าวติดขัดและเวลาของก้าวติดขัดซึ่งพบมากในผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรครุนแรงมากทั้งในช่วงยามหตุฤทธิ์และยามออกฤทธิ์ สามารถถูกทำให้ลดลงเมื่อผู้ป่วยได้รับผลจากการกระตุ้นด้วยแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของระยะก้าว ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งการตอบสนองที่ดีจากผลของการกระตุ้นด้วยแสง ที่เห็นผลได้ชัดเจนทั้งใน 2 ช่วงเวลา ยา เพราะการให้แนวแสงแก่ผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีการเดินติดขัดถือเป็นกลไกทางอ้อมที่ช่วยกระตุ้นการรับรู้ทางสายตาของผู้ป่วย เมื่อผู้ป่วยรับข้อมูลแสงกระตุ้นทางสายตาเสมือนเป็นการรับและส่งข้อมูลเข้าไปในสมองเพื่อไปผ่านการประมวลผลและทำงานแทนที่กลไกการทำงานจากผลของฤทธิ์ยา ทำให้ผู้ป่วยสามารถยกขาก้าวเพื่อไปให้ถึงแนวเส้นแสงได้ ส่งผลให้ระยะก้าวเพิ่มขึ้นทั้งในช่วงยามหตุฤทธิ์และยามออกฤทธิ์ในทั้งสองกลุ่มความรุนแรงของโรค

นอกจากนี้ยังพบว่าการกระตุ้นด้วยแสงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการเดิน แต่การตอบสนองจะให้ผลดีในช่วงยามหตุฤทธิ์มากกว่าในช่วงยามออกฤทธิ์ กล่าวคือ ในขณะที่ผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยได้รับผลของฤทธิ์นั้น ผู้ป่วยสามารถเดินได้ดีมีความเร็วใกล้เคียงกับความเร็วปกติ [61] เมื่อผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าช่วยเดินนั้น ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกไม่สะดุดและไม่คุ้นเคยในการเดินกับอุปกรณ์ดังกล่าว ส่งผลให้ความเร็วในการเดินเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการมี

และไม่มีสิ่งกระตุ้นไม่แตกต่างกัน หรือความเร็วในการเดินมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ในทางตรงกันข้ามในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรครุนแรง นั่นคือ ผู้ป่วยมีการตอบสนองต่อการรักษาทางยาลดลง หรือไม่ตอบสนองต่อยา ในกลุ่มนี้พบว่าเมื่อผู้ป่วยได้รับการกระตุ้นด้วยแสง ความเร็วในการเดินจะเพิ่มขึ้นในทั้ง 2 ช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษาดังกล่าวถึงสิ่งกระตุ้นทางสายตาต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันในครั้งนี้ มีผลที่สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ คือ การลดลงของจำนวนก้าวเดินติดขัด (Number of freezes) [52], และผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าว (Stride length) [59, 78, 33, 37, 36, 38, 42] ความเร็วในการเดิน (Velocity) [79, 36] และจังหวะในการเดินดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [42] ก่อนหน้านี้มีรายงานถึงผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตาเปรียบเทียบระหว่างการใช้แถบสติ๊กเกอร์บนพื้นกับแสงที่ออกมาจากอุปกรณ์ พบว่าสิ่งกระตุ้นทางสายตาทั้ง 2 แบบทำให้ระยะก้าว ความเร็วและจังหวะในการเดินดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างสิ่งกระตุ้นทั้ง 2 แบบ พบว่าไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [38] และมีรายงานอีกว่าการให้สิ่งกระตุ้นทางสายตาที่มีผลต่อ ระยะก้าวแต่ไม่มีผลต่อจังหวะในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกับการให้สิ่งกระตุ้นด้วย เสียง [59] กล่าวคือ สิ่งกระตุ้นทางสายตาช่วยเป็นแนวทางหรือเป็นเป้าหมายในการก้าวเท้าของ ผู้ป่วย ทำให้ระยะก้าวเพิ่มขึ้น แต่ผู้ป่วยที่เดินโดยมีสิ่งกระตุ้นทางสายตายังคงมีจังหวะการเดิน ใกล้เคียงกับการเดินเมื่อไม่มีสิ่งกระตุ้นด้วยสายตา แต่ในการกระตุ้นด้วยเสียงนั้น เนื่องจากเสียงที่เป็นจังหวะมีผลต่อกลไกการทำงานของสมองส่วน Supplementary motor area (SMA) และ Premotor cortex ซึ่งเป็นสมองส่วนที่มีความเชื่อมโยงในผู้ป่วยพาร์กินสัน ดังนั้นการให้สิ่งกระตุ้นด้วย เสียงจึงไปมีผลต่อจังหวะในการเดิน ส่งผลให้ผู้ป่วยมีจังหวะการเดินที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามมีรายงาน ผลที่ขัดแย้งกับผลการศึกษาในครั้งนี้ โดยรายงานถึงความไม่แตกต่างกันระหว่างการมีและไม่มีสิ่ง กระตุ้นทางสายตาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าผู้ป่วยเดินด้วยไม้เท้าทั่วไปหรือไม้เท้าที่มีสิ่ง กระตุ้นทางสายตาก็ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของพารามิเตอร์ต่างๆ ในการเดินมากนัก แต่ การศึกษานี้มีจำนวนผู้ป่วยเพียง 3 รายเท่านั้น [35]

นอกจากนี้รูปแบบของสิ่งกระตุ้นทางสายตาก็มีผลต่อการตอบสนองต่อการเดินของผู้ป่วย การให้สิ่งกระตุ้นทางสายตาโดยติดแถบสีบนพื้นช่วยลดจำนวนก้าวติดขัดได้ดีกว่าการใช้แสง เลเซอร์จากไม้เท้า [39] การให้แสงกระตุ้นแบบนี้จะให้ผลดีกว่าการให้แสงกระตุ้นแบบกระพริบ [36] การให้แสงกระตุ้นแบบไฟเรียงติดพร้อมกันไปข้างหน้าทั้ง 2 ข้าง มีแนวโน้มที่จะช่วยให้เดินดี ขึ้น [40] และการกระตุ้นด้วยแสงแบบเป็นเส้นเดียวและสองเส้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ พารามิเตอร์ต่างๆ การศึกษาในครั้งนี้แสงที่เปล่งออกมาจากไม้เท้าช่วยเดินเป็นแสงเส้นเดียว ผล การศึกษาในครั้งนี้พบว่าการกระตุ้นด้วยแสงแบบเส้นเดียว จะทำให้ช่วงก้าว (Step length) ของขา ทั้งสองข้าง มีความยาวแตกต่างกัน เนื่องจากช่วงก้าวที่เพิ่มขึ้นได้มาจากการได้รับการกระตุ้นด้วย

แสงเลเซอร์ที่เปล่งออกมาจากไม้เท้าเพียง 1 เส้นต่อ 1 ครั้ง ทำให้ส่งผลต่อความยาวช่วงก้าวที่เพิ่มขึ้นของขาด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น จากผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ตั้งข้อสังเกตได้ว่าถ้าให้แสงเปล่งออกมา 2 เส้นต่อครั้ง น่าจะช่วยทำให้ผู้ป่วยมีการเดินที่ดีกว่าการได้รับการกระตุ้นด้วยแสงเพียงเส้นเดียว [36] อย่างไรก็ตามการกระตุ้นด้วยสิ่งกระตุ้นทางสายตาจะยิ่งส่งผลดีต่อการเดินของผู้ป่วยมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการให้สิ่งกระตุ้นรูปแบบอื่นๆ ร่วมด้วย การใช้สิ่งกระตุ้นทางสายตาร่วมกับให้ผู้ป่วยมีความตั้งใจในการเดิน [40] หรือ การบอกให้ผู้ป่วยเดินเร็วขึ้น [7, 5] จะเป็นปัจจัยเสริมให้ผู้ป่วยเดินได้ดียิ่งขึ้น

การกระตุ้นด้วยเสียง

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับผลของการกระตุ้นด้วยเสียงในครั้งนี้โดยใช้ความถี่เท่ากับค่าเฉลี่ยของจังหวะในการเดินของผู้ป่วย [47, 61, 42, 48, 49, 53, 58] พบผลของการเพิ่มของจังหวะในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงอย่างเดียว แต่เนื่องด้วยการศึกษาในครั้งนี้มีจำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมการวิจัยน้อย จึงควรศึกษาเพิ่มเติมต่อไป ก่อนหน้านี้นี้มีรายงานถึงผลการกระตุ้นด้วยเสียงว่าทำให้ผู้ป่วยเดินได้ดีกว่าการไม่มีสิ่งกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [45, 47, 48] มีรายงานถึงผลที่เพิ่มขึ้นของความเร็วและจังหวะในการเดิน [59] และความสัมพันธ์ของจังหวะในการเดินและการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [7] และมีรายงานถึงผลการกระตุ้นด้วยเสียงต่อการเดินติดขัด ซึ่งพบว่าจำนวนก้าวติดขัดลดลง และความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากแยกวิเคราะห์เฉพาะกลุ่มที่รับการฝึกอย่างต่อเนื่อง พบว่าจำนวนก้าวติดขัดและความเร็วในการเดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [52] ในทำนองเดียวกันมีรายงานถึงการกระตุ้นด้วยเสียงว่าช่วยลดเวลาที่เท้าทั้งสองข้างสัมผัสพื้น [79, 42] ช่วยลดจำนวนก้าวลง [57] ช่วยเพิ่มช่วงก้าวและระยะก้าว [61, 17, 58] และช่วยเพิ่มความเร็วในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [61] ในทางตรงกันข้ามมีรายงานกล่าวว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของจำนวนก้าวติดขัด ระยะก้าว และความเร็วในการเดินด้วยเช่นกัน [42, 60] อย่างไรก็ตามการกระตุ้นด้วยเสียงจะยิ่งส่งผลดีต่อการเดินของผู้ป่วยมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการให้สิ่งกระตุ้นรูปแบบอื่นๆ ร่วมด้วย [78, 55, 56] การเดินด้วยความเร็วปกติโดยมีเสียงจาก metronome เป็นสิ่งกระตุ้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการเดินโดยไม่มีสิ่งกระตุ้น แต่เมื่อออกคำสั่งให้ผู้ป่วยก้าวเร็วขึ้น มีผลให้ความเร็วและจังหวะในการเดินดีขึ้น [6] และการฝึกผู้ป่วยเดินพร้อมกับให้เสียงจาก metronome เป็นสิ่งกระตุ้น ทำให้ผู้ป่วยมีระยะก้าว ความเร็วและจังหวะในการเดินดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน [46]

นอกจากนี้ผลของความถี่ของเสียงที่ใช้ในการศึกษาก็มีผลที่แตกต่างกัน มีรายงานว่าไม่พบความแตกต่างของการมีและไม่มีเสียงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความถี่ 100 ครั้งต่อนาที

[45] และมีรายงานว่าพบความแตกต่างของการใช้เสียงกระตุ้นในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความถี่ 60 ครั้งต่อนาที [46, 47, 61, 42, 48, 49, 53], 110 ครั้งต่อนาที [45], 80-90 ครั้งต่อนาที ที่ความถี่เท่ากับจังหวะในการเดินของผู้ป่วยทำให้เวลาที่ใช้ในการเดินและเวลาต่อช่วงก้าวดีขึ้น แต่ที่ความถี่ที่สูงกว่าทำให้จังหวะในการเดินและเวลาที่ใช้ในการเดินและเวลาต่อช่วงก้าวและช่วงเวลาที่เท้าสัมผัสพื้นทั้ง 2 ข้างลดลง [48] ที่ความถี่ 92.5 ครั้งต่อนาที ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับความถี่ 100 ครั้งต่อนาที [50]

ถึงแม้ว่าการศึกษาในครั้งนี้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลอื่นๆ จากการกระตุ้นด้วยเสียง (ดังตาราง 5.1-5.3) เนื่องจากผู้ป่วยที่เข้าร่วมในการศึกษามีจำนวนน้อย ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ผลของเสียงได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามยังคงทราบถึงผลการรายงานว่า การกระตุ้นด้วยเสียงทำให้ผู้ป่วยพาร์กินสันเดินได้ดีขึ้นทั้งในช่วงยามหฤทัยและในช่วงยามออกฤทัย [47, 7, 49] ซึ่งน่าจะเป็นแนวโน้มในการศึกษาต่อไป

การกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียง

เนื่องจากการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียงเป็นรูปแบบการให้สิ่งกระตุ้นที่มีความซับซ้อนของระบบการทำงานของสมองมากขึ้น ทำให้ยากต่อผู้ป่วยที่จะตอบสนองได้ดีต่อสิ่งกระตุ้นทั้ง 2 ชนิด จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบการลดลงของจังหวะในการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงยามออกฤทัยเพียงอย่างเดียว ส่วนในช่วงยามหฤทัยพอจะทราบแนวโน้มว่ามีจังหวะในการเดินลดลง เช่นเดียวกับทราบแนวโน้มการลดลงของความเร็วในการเดินทั้ง 2 ช่วงเวลายา ส่วนผลต่อระยะก้าวนั้นพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้ง 2 ช่วงเวลายา อย่างไรก็ตามเนื่องจากจำนวนผู้ป่วยเข้าร่วมวิจัยมีจำนวนน้อย จึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบผลการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียงต่อการเดินในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันชัดเจนขึ้น จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยเสียงในครั้งนี้ ด้วยไม้เท้าช่วยเดินที่ใช้ในการทดสอบที่มีเสียงกระตุ้นหลังจากแสงกระตุ้น 3 วินาที ซึ่งเวลานี้ได้มาจากการทดสอบในผู้ป่วยที่มีความรุนแรงของโรคมามากในเบื้องต้น แต่การศึกษานี้มีจำนวนผู้ป่วยน้อย จึงไม่สามารถอธิบายได้ว่าเสียง metronome ที่บันทึกไว้นั้นมีผลต่อจำนวนก้าวติดขัดและเวลายาก้าวติดขัดหลังจากที่ผู้ป่วยได้รับแสงกระตุ้นหรือไม่ ดังแนวคิดของอุปกรณ์ คือ ต้องการศึกษาว่าหลังจากที่ผู้ป่วยมีการเดินติดขัดได้รับแสงกระตุ้น 3 วินาทีแรกแล้วไม่ก้าวเท้า จากนั้นหากกระตุ้นด้วยเสียงจะทำให้ผู้ป่วยก้าวได้เร็วขึ้นกว่าการกระตุ้นด้วยแสงเพียงอย่างเดียวหรือไม่ อย่างไรก็ตามแนวคิดนี้ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป โดยศึกษาถึงผลการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับเสียงต่อการเดินติดขัด ร่วมกับการพัฒนาไม้เท้าช่วยเดิน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการรักษาโรคพาร์กินสันมากขึ้น

ผลของยาต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน

ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดิน คือ ช่วงการออกฤทธิ์ของยา ผู้ป่วยพาร์กินสันที่เป็นโรคนานหรือมีระดับความรุนแรงของโรคนานจะมีการตอบสนองต่อการรักษาทางยาลดลง [47] การตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นรูปแบบต่าง ๆ ของผู้ป่วยระหว่างในช่วงยามดฤทธิ์และในช่วงยาออกฤทธิ์มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อไม่มีสิ่งกระตุ้นใด ๆ การเดินของผู้ป่วยในช่วงที่ยาออกฤทธิ์จะดีกว่าการเดินของผู้ป่วยในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์เช่นเดียวกันกับรายงานหนึ่งเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของระยะก้าวและความเร็วในการเดินในช่วงยามดฤทธิ์ [37] เมื่อผู้ป่วยได้รับแสงกระตุ้น การเดินของผู้ป่วยดีขึ้นจากเมื่อไม่มีสิ่งกระตุ้นในช่วงยามดฤทธิ์และดียิ่งขึ้นในช่วงยาออกฤทธิ์ ซึ่งผลของแสงต่อการกระตุ้นให้ผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีก้าวติดขัดในช่วงยามดฤทธิ์เดินนั้น ถือเป็นประโยชน์แก่ผู้ป่วยเป็นอย่างมาก เพราะสามารถช่วยให้ผู้ป่วยเดินได้ดีขึ้นใกล้เคียงกับในช่วงยาออกฤทธิ์ ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะควบคุมระดับของปริมาณยาให้ออกฤทธิ์คงที่อย่างต่อเนื่อง แต่การทำให้สิ่งกระตุ้นทางสายตาเข้าไปนั้นจะเป็นกลไกที่ช่วยทดแทนในช่วงที่ระดับของยาตกลง ซึ่งช่วยให้ผู้ป่วยเดินได้ดีเช่นเดียวกับได้รับผลจากฤทธิ์ยา

นอกจากนี้ระดับความรุนแรงของโรคถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างกันของผลการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นในรูปแบบต่าง ๆ กล่าวคือ ผู้ป่วยกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคนานจะตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยแสงได้ดีกว่ากลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยทั้งในช่วงยามดฤทธิ์และในช่วงออกฤทธิ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการให้การกระตุ้นทางสายตาแก่ผู้ป่วยในกลุ่มที่มีระดับความรุนแรงของโรคนานจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ป่วยเป็นอย่างมาก เพราะผู้ป่วยกลุ่มนี้มีการตอบสนองต่อยาตกลงหรือไม่ตอบสนองต่อยา แต่สามารถตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นทางสายตาได้

ลักษณะการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสัน

จากข้อมูลการศึกษาในครั้งนี้สามารถอธิบายลักษณะการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันได้ดังนี้ จากการเดินของผู้ป่วยที่มีการเดินติดขัด คือ ก้าวสั้น มีระยะก้าวสั้น และใช้เวลาในการเดินนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ แต่เมื่อผู้ป่วยได้รับการกระตุ้นด้วยแสงแล้วพบว่า มีระยะก้าวตามลำดับดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{มีแสงกระตุ้นช่วงยาออกฤทธิ์} > \text{มีแสงกระตุ้นช่วงยามดฤทธิ์} \geq \\ & \text{ไม่มีแสงกระตุ้นช่วงยาออกฤทธิ์} > \text{ไม่มีแสงกระตุ้นช่วงยามดฤทธิ์} \end{aligned}$$

จากข้อมูลแสดงการเปรียบเทียบระยะก้าวของผู้ป่วยพาร์กินสัน สามารถสรุปได้ว่า ยาและแสงกระตุ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะก้าว และแสงกระตุ้นมีผลใกล้เคียงกับผลของฤทธิ์ยา

บทที่ 4

สรุปผลและข้อเสนอแนะ (Summary and Suggestion)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงผลของสิ่งกระตุ้นทางสายตา, ทางการได้ยินและทางสายตากับทางการได้ยินต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสันในช่วง Off time และ On time ผ่านทางอุปกรณ์ช่วยเดิน คือ ไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดินที่ประดิษฐ์ขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาผลของอุปกรณ์ช่วยเดินในผู้ป่วยนั้นยังคงต้องการการศึกษาเพิ่มมากขึ้น นอกจากสิ่งกระตุ้นทางสายตาที่มีผลต่อการเดินในผู้ป่วยแล้ว ระดับความรุนแรงของโรคก็ถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถในการเดินของผู้ป่วย เมื่อพิจารณาแบ่งกลุ่มผู้ป่วยตามระดับความรุนแรงของโรคพบว่าในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมก จะมีการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นทางสายตาตามากกว่ากลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย โดยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการเดินของผู้ป่วยดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระยะก้าวและความเร็วในการเดินมีความสัมพันธ์กันและจะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดียิ่งขึ้นเมื่อผู้ป่วยได้รับสิ่งกระตุ้นทางสายตาและผลจากฤทธิ์ยาร่วมด้วย ในทางเดียวกันช่วงการออกฤทธิ์ของยาก็มีผลต่อการเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน และการตอบสนองต่อยาและผลต่อการเดินก็มีความสัมพันธ์กับระดับความรุนแรงของโรค อย่างไรก็ตามผลการเปลี่ยนแปลงของจำนวนก้าวต่อนาทีในการเดินของผู้ป่วยยังไม่เป็นที่แน่ชัด แต่สิ่งกระตุ้นทางสายตาช่วยให้จำนวนก้าวต่อนาทีของผู้ป่วยในช่วงหมดฤทธิ์ยาในกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคมกมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าน้อยกว่าจำนวนก้าวต่อนาทีของผู้ป่วยในช่วงได้รับผลจากยาในกลุ่มที่มีความรุนแรงของโรคน้อยและมากทั้งกลุ่มที่ได้และไม่ได้รับสิ่งกระตุ้นทางสายตา ส่วนผลของสิ่งกระตุ้นทางการได้ยินกับทางสายตา และสิ่งกระตุ้นทางการได้ยินต่อพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเดินยังไม่เป็นที่แน่ชัด เนื่องจากจำนวนผู้ป่วยมีไม่มากพอ แต่พอที่จะมีแนวโน้มว่าสิ่งกระตุ้นทางการได้ยินกับทางสายตา มีผลต่อการลดลงของจำนวนก้าวต่อนาที

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ค่าความแตกต่างของไม้เท้าทั้ง 2 ประเภททั้งในช่วง Off Time และ On Time มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าความแปรปรวนยังคงอยู่ในเกณฑ์สูง ทั้งนี้การศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มเกณฑ์การคัดผู้ป่วยเข้าศึกษาและเพิ่มจำนวนผู้ป่วยให้มากขึ้น น่าจะช่วยให้ทราบผลการศึกษาที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น
2. การศึกษาครั้งต่อไปควรพัฒนาอุปกรณ์หรือรูปแบบการแปลงของแสงเลเซอร์ให้มีการตอบสนองต่อการเดินมากขึ้น
3. ควรพัฒนาเป็นอุปกรณ์ที่สามารถบันทึกและรับ-ส่งข้อมูลผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้

รายการอ้างอิง (References)

- [1] Martin WE, Loewenson RB, Resch JA, Baker AB. Clinical analysis of 100 patients. *Neurology*. 1973;23:783-90.
- [2] รุ่งโรจน์ พิทยศิริ, กัมมันต์ พันธุมจินดา, ศรีจิตรา บุนนาค. โรคพาร์กินสันรักษาได้: ศูนย์รักษาโรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ, โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย 2006.
- [3] Morris ME. Movement Disorders in People With Parkinson Disease: A Model for Physical Therapy. *Physical Therapy* 2000;80(6):578-98.
- [4] Pahwa R, Koller W, Masdeu JC, Sudarsky L, Wolfson L, eds Gait disorders in parkinsonism and other movement disorders. *Gait Disorders of Aging. Falls and Therapeutic Strategies*. : Philadelphia: Lipincott-Raven 1997.
- [5] 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* 2004;25:66-71.
- [6] 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*. 1999;14(4):619-25.
- [7] Blin O, Ferrandez AM, Serratrice G Quantitative analysis of gait in Parkinson patients: increased variability of stride length. *J Neurol Sci* 1990;98(1):91-7.
- [8] Giladi N, Kao R, Fahn S. Freezing phenomenon in patients with parkinsonian syndromes. *Mov Disord* 1997;12:302-5.
- [9] 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* 2001; 56:1712-21.
- [10] Young A. *Movement Disorders in Neurology and Neuropsychiatry*: Blackwell Scientific Publications 1992.
- [11] Gray P, Hildebrand K. Fall risk factors in Parkinson's disease. *J Neurosci Nurs* 2000;32:222-8.
- [12] Kondo T. Drug intervention for freezing of gait resistant to dopaminergic therapy: A pilot study. *Parkinsonism Relat Disord*. 2006;12:S63-S6.

- [13] Ueno E, Yanagisawa N, Takami M. Gait disorders in parkinsonism. A study with floor reaction forces and EMG. *Adv Neurol*. 1993;60:414-8.
- [14] Pedersen SW, Eriksson T, Oberg B. Effects of withdrawal of antiparkinson medication on gait and clinical score in the Parkinson patient. *Acta Neurol Scand*. 1991;84(1):7-13.
- [15] Eidelberg D, Moeller JR, Dhawan V, Spetsieris P, Takikawa S, Ishikawa et al The metabolic topography of Parkinson's disease: a positron emission tomography study. *Ann Neurol* 1992 32:151-61
- [16] Puangvarin N. Parkinson's disease. Bangkok: Ruankaewkanpim 1993.
- [17] Marsden CD. Slowness of movement in Parkinson's disease. *Mov Disord*. 1989;4((suppl 1)):S26-S37.
- [18] Stewart A. Factor DOWJW, M.D., , ed. Parkinson's Disease Diagnosis and Clinical Management 1956.
- [19] Hoehn MM, Yahr MD Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology* 1967; 17:427-42.
- [20] Achiron A, Ziv I, Goren M, Goldberg H, Zoldan Y, Sroka H, et al Primary progressive freezing gait *Mov Disord* 1993;8:293-7.
- [21] Factor SA, Jennings DL, Molho ES, Marek KL The natural history of the syndrome of primary progressive freezing gait. *Arch Neurol*. 2002; 59:1778-83.
- [22] 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*. 2003;212:47-53.
- [23] Giladi N ea. Motor blocks in Parkinson's disease. *Neurology*. 1992;42:333-9.
- [24] Morris ME, Ianssek R, Matyas TA, Summers JJ. Ability to modulate walking cadence remains intact in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1994;57:1532-34.
- [25] Yanagisawa N. Natural history of Parkinson's disease: From dopamine to multiple system involvement. *Parkinsonism Relat Disord* 2006;12:S40-S6.
- [26] 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)*. 1996;152(2):128-34.
- [27] Burleigh-Jacobs A HF, Nutt JG, Obeso JA. Step initiation in Parkinson's disease: influence of levodopa and external sensory triggers. *Mov Disord* 1997;12(2):206-15.

- [28] Ambani LM, Van Woert MH. Start hesitation-a side effect of long term levodopa therapy. *N Eng J Med* 1973;288(2):1113-5.
- [29] Rubinstein TC, Giladi N, Hausdorff JM. The power of cueing to circumvent dopamine deficits: a review of physical therapy treatment
- [30] Burleigh-Jacobs A, Horak FB, Nutt JG, Obeso JA. Step initiation in Parkinson's disease: influence of levodopa and external sensory triggers. *Mov Disord* 2004;12(2):206-15.
- [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.* 1991;77:415-20.
- [32] Morris ME, Ianksek R, Matyas TA, Summers JJ. Stride length regulation in Parkinson's disease Normalization strategies and underlying mechanisms. *Brain.* 1996;119:551-68.
- [33] Tsuei TH, Wang H-L, Jao C-L, Yu C-H. Develop a visual stimulus with ambulatory device for Parkinson's patients to improve the stride length. 2006.
- [34] Gawel MJ, Das P, Vincent S, Clifford F. Visual and auditory evoked responses in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1981;44:227-32.
- [35] Hamid Bateni P, et al. Assistive Devices for balance and mobility : Benefits, Demands, and adverse Consequences. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:134-45.
- [36] Lewis GN, Byblow WD, Walt SE. Stride length regulation in Parkinson's disease: the use of extrinsic, visual cues *Brain.* 2000;123:2077-90.
- [37] Morris ME, Ianksek R, Matyas TA, Summers JJ. The pathogenesis of gait hypokinesia in Parkinson's disease. *Brain.* 1994;117:1169-81.
- [38] Zijlstra W, Rutgers AWF, Van Weerden TW. Voluntary and involuntary adaptation of gait in Parkinson's disease. *Gait and Posture* 1998;7:53-63.
- [39] Asahi T, Hirashima Y, Hamada H, Shibata T, Ikeda H, Endo S. . A Walking Stick for a Pure Akinesia Patient *Neurorehabilitation and Neural Repair.* 2001;15(3):245-7.
- [40] Cubo E, Moore CG, Leurgans S, Goetz CG. Wheeled and standard walkers in Parkinson's disease patients with gait freezing. *Parkinsonism Relat Disord* 2003;10:9-14.
- [41] Azulay JP, Mesure S, Amblard B, Blin O, Sangla I, Pouget J. Visual control of locomotion in Parkinson's disease. *Brain* 1999;122:111-20.
- [42] Jessica A, Brett G-M. Rhythm and Beat Perception in Motor Areas of the Brain. *J Cognitive Neuroscience.* 2007;19:893-906.

- [43] Murray MP, Sepic SB, Gardner GM, Downs WJ. Am. Walking patterns of men with parkinsonism. *J Phys Med.* 1978;57(6):278-94.
- [44] MacIntosh GC. Stride frequency modulation in Parkinsonian gait using rhythmic auditory stimulation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1994;229-36.
- [45] Morris. SJ. A Shoe-Integrated Sensor System for Wireless Gait Analysis & Real-Time Therapeutic Feedback. Massachusetts Institute of Technology; 2004.
- [46] Tjoe RK, Thalen J, Perianu M-M, Havinga P. SensorShoe: Mobile Gait Analysis for Parkinson's Disease Patients. 2007.
- [47] Mark A, Dietz CGG, Glenn T, Stebbins. Evaluation of a Modified Inverted Walking Stick as a Treatment for Parkinsonian Freezing Episodes. *Mov Disord* 1990;5(3):243-7.
- [48] 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* 1997;62:22-6.
- [49] 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. *NeuroRehabilitation.* 2002;17(1):81-7.
- [50] 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.* 2003;17(4):363-7.
- [51] 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.* 2002;42:229-36.
- [52] 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* 2004;10:507-10.
- [53] 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* 2005;19:695-713.
- [54] 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.* 2001;70(3):289-97.

- [55] 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.* 2005;4:626-32.
- [56] 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.* 1996;11(2):193-200.
- [57] Enzensberger W, Oberlander U, Stecker K. Metronome therapy in patients with Parkinson's disease. *Nervenarztl.* 1997;68:972-77.
- [58] 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* 2004;19:215–25.
- [59] 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* 2004;219:63-9.
- [60] van Wegan EEH, Lim LIIK, Goede CJT et al. The effecis of visual rhythms and optic flow on stride patterns of patients with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord.* 2005;accepted.
- [61] O'Sullivan JD, Said CM, DillonLC, 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.* 1998;13(6): 900-6.
- [62] รุ่งโรจน์ พิทยศิริ, กัมมันต์ พันธุมจินดา. TEXTBOOK OF LEVODOPA THERAPY: ตำราการใช้ยาดีโวโดปา: ศูนย์รักษาโรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ, โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย 2008.
- [63] Nutt JG, et al. *Parkinson's Disease and Movement Disorders: Lippincott Williams and Willkins* 2002.
- [64] 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* 2006;28(1):192-5.
- [65] Chaudhuri P, Das C, Dasgupta C, Krishnamurthy HR, Sood AK. Laser induced reentrant freezing in two-dimensional attractive colloidal systems. 2005.
- [66] 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. *Physical Therapy.* 2006;86(2).

- [67] Simon DK, Lim CE Laser Light Cues for Gait Freezing in Parkinson's Disease. Massachusetts: Beth Israel Deaconess Medical Center 2006.
- [68] Ben Sidaway et al, . Effects of long-term gait training using visual cues in an individual with Parkinson's disease. *Physical Therapy Journal*. 2006. February 86(2).
- [69] Hirsch E ea. Melanized dopaminergic neurons are differentially susceptible to degeneration in Parkinson's disease. *Nature*. 1988;334:345-8.
- [70] 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* 1976 41(1):83-92.
- [71] 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* 1997;2:125-32.
- [72] Dunne JW, Hankey GJ, Edis RH. Parkinsonism: upturned walking stick as an aid to locomotion. *Arch Phys Med Rehabil* 1987;68(6):380-1.
- [73] Frederick W ea. Ambulatory Devices for Chronic Gait Disorders in the Elderly. *American Family Physician* 2003;67(8).
- [74] Dietz MA, Goetz CG, Stebbins JT. Evaluation of a modified inverted walking stick as a treatment for Parkinsonian freezing episodes. *Mov Disord* 2004;5(3):243-7.
- [75] 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* 2004;42(3):328-32.
- [76] Joseph A. Paradiso SJM, Ari Y. Benbasat, Erik Asmussen. Interactive Therapy with Instrumented Footwear. *CHI 2004*; 2004; Vienna, Austria 2004. p. 1341-3.
- [77] Baltadjieva R, Herman T, Hausdorff JM Treadmill walking as an external pacemaker to improve gait rhythm and stability in Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2005; in press.
- [78] 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*. 2006;7:92-5

[79] Morris M, Iansek R, Matyas T, Summers J. Abnormalities in the stride length-cadence relation in parkinsonian gait. *Mov Disord.* 1998;13(1):61-9.

of gait disturbances in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2002;17:1148-60.

ภาคผนวก (Appendix)

การทดสอบของการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการฝึก (Training phase) และ ช่วงการทดสอบ (Intervention phase) โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ช่วงการฝึก (Training phase): เป็นการคัดกรองผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีปัญหาการเดิน ติดขัดเข้าสู่ช่วงการทดสอบ (Intervention phase) โดยจะทำการทดสอบในช่วง Off Time และ On Time

ขั้นตอน 1. ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็น โรคพาร์กินสันอย่างน้อย 6 เดือน และผ่านการตรวจรักษาแล้ว

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

3. ชักประวัติ, วัดค่าความดัน, ชีพจร บันทึกข้อมูลและจัดเก็บข้อมูล³

4. อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยให้ผู้ป่วยเข้าใจ

5. อธิบายให้ผู้ป่วยเข้าใจหลักการใช้ไม้เท้าทั่วไปอย่างถูกต้อง

6. ให้ผู้ป่วยทดลองเดินโดยใช้ไม้เท้าทั่วไปในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ ก่อนการทดสอบผู้ป่วยจะต้องคาดเข็มขัดเพื่อป้องกันการล้ม และในขณะที่เดินนั้นจะมีผู้วิจัยซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัดคอยดูแลอยู่ข้างๆ

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

8. ให้ผู้ป่วยทดลองเดินโดยใช้ไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดินในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ

9. จับเวลาและนับจำนวนก้าวที่ผู้ป่วยเดินในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ (ถ้าผู้ป่วยเดิน 4 รอบแล้วไม่สามารถใช้ไม้เท้าได้อย่างถูกต้อง จะถือว่าการทดสอบสิ้นสุด: คัดผู้ป่วยออกจาก การวิจัย)

10. ให้ผู้ป่วยที่ผ่านการคัดเลือกพักประมาณ 10 นาที จากนั้นผู้วิจัยจะตรวจสอบชีพจรและซักถามอาการ ถ้าผู้ป่วยสามารถเข้าร่วมการทดสอบต่อไปได้จะทำการศึกษาต่อหรือผู้วิจัยเพิ่มหรือลดเวลาพักแก่ผู้ป่วย แต่ถ้าพิจารณาอาการและความพร้อมของผู้ป่วยแล้วพบว่าผู้ป่วยไม่สามารถเข้าร่วมการทดสอบต่อไปได้ในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะนัดผู้ป่วยมาทำการทดสอบในครั้งต่อไป

รูปที่ B1.1 การทดสอบในช่วงการฝึก
(โดยทดสอบด้วยไม้เท้าเลเซอร์ที่พัฒนาครั้งที่ 2)



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. ให้ผู้ป่วยเดินโดยใช้ไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดินในระยะทาง 5 เมตร จำนวน 2 รอบ โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4
 6. ผู้ช่วยผู้วิจัยจะบันทึกภาพด้วยกล้อง VDO, จับเวลาในการเดินและบันทึกข้อมูล

หมายเหตุ ตลอดช่วงการทดสอบ ผู้ป่วยจะได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดและผู้วิจัยจะเป็นผู้คอยตรวจสอบชีพจรและจังหวะการเต้นของหัวใจของผู้ป่วยเป็นระยะๆ และให้ผู้ป่วยพักเมื่อผู้ป่วยมีอาการเหนื่อยล้าหรือแสดงความต้องการที่จะขอหยุดพัก

การบันทึกรอยเท้า (Foot print)

ขั้นตอนการดำเนินงาน

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

เพื่อนำรอยเท้าผู้ป่วยที่บ้านที่กได้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังข้อมูลข้างต้น การทดสอบแสดงดังรูปที่ B1.2 – 1.3



รูปที่ B1.2 การทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าทั่วไป



รูปที่ B1.3 การทดสอบการเดินด้วยไม้เท้าเลเซอร์ช่วยเดิน

มาตรการด้านความปลอดภัย (Safety measures)

การศึกษาจะทำการยุติเมื่อมีเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งตามนี้เกิดขึ้น

1. ผู้ป่วยมีอาการแสบ
2. ผู้ป่วยตัดสินใจถอนตัวออกจากการศึกษาวิจัย
3. ผู้ป่วยมีอาการดีขึ้นมาก

ประวัตินักวิจัยและคณะ พร้อมหน่วยงานสังกัด

ชื่อ รองศาสตราจารย์นายแพทย์ รุ่งโรจน์ พิทยศิริ

Associated Professor Roongroj Bhidayasiri , MD.,FRCP.

ตำแหน่งทางวิชาการ รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาประสาทวิทยา ภาควิชาอายุรศาสตร์

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 02 256 4627 โทรสาร 02-256 4630 E-mail : rbhl@ucla.edu

ชื่อ นางสาว วรรณนิภัส บัวเทศ

Wannipat Buated, PT.

ตำแหน่ง นักกายภาพบำบัดและนิตตปริญญาโท

สาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 086-8802502 โทรสาร 02-2564630 E-mail : narak_pt@hotmail.com

รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail: smana@chula.ac.th

หมายเลขโทรศัพท์: 02-218-6517, 6523

อ.ดร. นิติพันธ์ ศรีบุญเรืองฤทธิ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail: nitiphans@yahoo.com

หมายเลขโทรศัพท์: 02-218-6517

ชื่อ แพทย์หญิงเฮเลน ฮอย ยัง หลิง

Helen Hoi Yan Ling, MD.

ตำแหน่ง แพทย์ประจำบ้านต่อยอด สาขาประสาทวิทยา ในกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ และ

นิตตปริญญาโท สาขาประสาทวิทยา ภาควิชาอายุรศาสตร์

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 02(662) 2564630 โทรสาร 02-2564630 E-mail : helenling@gmail.com

ชื่อ นางรัตนฤดี เทพหัสดิน ณ อยุธยา

Ratanaruedee Devahastin, RN.

ตำแหน่ง พยาบาลผู้ช่วยทำวิจัยประจำศูนย์พาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

โทรศัพท์ 089-6860121 โทรสาร 02-2564630 E-mail : ratanaruedee@hotmail.com

ชื่อ นางสาวจินตนา ดงอนนท์

Chintana Dongarnont, RN.

ตำแหน่ง พยาบาลผู้ช่วยทำวิจัยประจำศูนย์พาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

โทรศัพท์ 087-4966687 โทรสาร 02-2564630 E-mail : chin-tana@hotmail.com

ชื่อ นางสาวลลิตา แก้ววิไล

Lalita Kaewwilai, RN.

ตำแหน่ง พยาบาลผู้ช่วยทำวิจัยประจำศูนย์พาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

โทรศัพท์ 084-6544703 โทรสาร 02-2564630 E-mail : lanla-lalita@hotmail.com

ชื่อ นางสาวณัฐวดี ต่อสนิท

Nittawadee Torsanit, BSc.

ตำแหน่ง เลขานุการและธุรการประจำศูนย์รักษาโรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

โทรศัพท์ 081-6151690 โทรสาร 02-2564630 E-mail : nut4420@yahoo.com