

การศึกษาอุปกรณ์นำทางที่ใช้แสง เสียงและสัญญาณเพื่อพัฒนาการเดินทางของผู้ป่วยพาร์กินสัน  
โดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว



นางสาวฉัตรแก้ว พงษ์มาลา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวช (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



5 0 8 7 1 2 7 9 2 0

THE STUDY OF CUEING DEVICE USING VISUAL , AUDITORY AND SOMATOSENSORY  
STIMULI FOR IMPROVING GAIT IN PARKINSON PATIENTS  
BY MOTION ANALYSIS MACHINE

Miss Chatkaew Pongmala

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

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

522329

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาอุปกรณ์นำทางที่ใช้แสง เสียงและคลื่นกระตุ้นเพื่อ  
พัฒนาการเดินทางของผู้ป่วยพาร์กินสันโดยใช้เครื่องวิเคราะห์  
การเคลื่อนไหว

โดย

นางสาวฉัตรแก้ว พงษ์มาลา

สาขาวิชา

วิศวกรรมชีวเวช


อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ศาสตราจารย์ แพทย์หญิง อารีรัตน์ สุพุทธิธาดา


อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

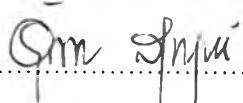
รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

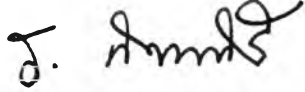
  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบุรณ์)

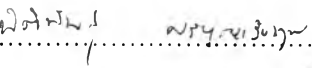
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุทธิลักษณ์ ปทุมราช)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ศาสตราจารย์ แพทย์หญิง อารีรัตน์ สุพุทธิธาดา)

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

  
.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ รุ่งโรจน์ พิทยศิริ)

  
.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ดร.นิตพันธ์ ศรีบุญเรืองฤทธิ์)

ฉัตรแก้ว พงษ์มาลา : การศึกษาอุปกรณ์นำทางที่ใช้แสง เสียงและสัมผัสกระตุ้นเพื่อพัฒนาการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันโดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว.(THE STUDY OF CUEING DEVICE USING VISUAL, AUDITORY AND SOMATOSENSORY STIMULI FOR IMPROVING GAIT IN PARKINSON PATIENTS BY MOTION ANALYSIS MACHINE).อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ศ.พญ. อารีรัตน์ สุพุทธิธาดา,อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์, 149 หน้า.

งานวิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสิ่งกระตุ้นด้วยแสง เสียงและสัมผัสในระหว่างเดินในผู้ป่วยพาร์กินสัน อุปกรณ์ช่วยนำทางในการเดินได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ อุปกรณ์นี้ประกอบไปด้วยสามส่วนหลักได้แก่ ส่วนของแสง เสียง และสัมผัส ส่วนของแสงที่ใช้เป็นสิ่งกระตุ้นทางสายตา เมื่อกดสวิตช์จะมีแสงในแนวนอนฉายไปบนพื้น โดยแสงที่เป็นเส้นเกิดจากเส้นใยนำแสง ส่วนของเสียงและสัมผัสที่ใช้เป็นสิ่งกระตุ้นทางการได้ยินและทางสัมผัสจะทำงานเป็นจังหวะที่ 100 ครั้งต่อนาที ผู้ป่วยพาร์กินสันจำนวน 19 คนได้เข้าร่วมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้ป่วยจะทำการเดินด้วยความเร็วปกติบนทางเดินยาว 10 เมตร โดยจะทำการทดสอบ 8 เงื่อนไขด้วยกัน ได้แก่ เดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น เดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นแสง เดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นเสียง เดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นสัมผัส เดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นแสงและเสียงร่วมกัน เดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นแสงและสัมผัสร่วมกัน เดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นเสียงและสัมผัสร่วมกัน และเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นแสง เสียงและสัมผัสพร้อมกันหมด การศึกษาครั้งนี้จะใช้เครื่อง RS footscan เก็บข้อมูลพารามิเตอร์ในการเดินต่างๆเช่น ความเร็วในการเดิน ระยะก้าวในการเดิน จำนวนก้าวในการเดิน และ ช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นพร้อมกันในระหว่างเดิน ผลการศึกษาพบว่า สิ่งกระตุ้นทั้งสามอย่างที่ทดสอบไป 7 เงื่อนไข เมื่อเปรียบเทียบกับกรเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้นแล้ว ความเร็วในการเดิน ระยะการก้าวเดิน จำนวนก้าวในการเดิน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นพร้อมกันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ด้วยเช่นกัน สรุปผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า สิ่งกระตุ้นสามารถช่วยทำให้ผู้ป่วยเดินได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลระยะสั้น ควรมีการศึกษาผลระยะยาวในกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่านี้ในอนาคต

สาขาวิชา ...วิศวกรรมชีวเวช...

ปีการศึกษา .....2009.....

ลายมือชื่อผู้นิสิต..... ฉัตรแก้ว พงษ์มาลา.....

ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... *สมิ สุทธิ*.....

ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม..... *มานะ ศรียุทธ*.....

# # 5087127920 : MAJOR BIOMEDICAL ENGINEERING

KEYWORDS: PARKINSON'S DISEASE / CUEING DEVICE / VISUAL CUE / AUDITORY CUE / SOMATOSENSORY CUE

CHATKAEW PONGMALA: THE STUDY OF CUEING DEVICE USING VISUAL, AUDITORY AND SOMATOSENSORY STIMULI FOR IMPROVING GAIT IN PARKINSON PATIENTS BY MOTION ANALYSIS MACHINE. THESIS ADVISOR: PROF. AREERAT SUPUTTITADA, M.D., THESIS CO-ADVISOR: ASSOC. PRO. MANA SRIYUDTHSAK, D.ENG, 149 pp.

The purpose of this study is to examine the effect of cueing device using visual , auditory and somatosensory stimuli during walking in Parkinson's disease patients. Cueing device is developed for this study. This device consists of 3 parts; Light sound and vibration parts. All parts can work separately. A laser with a switch projecting the transverse line by using fiber optic is used for the visual part. Both sound and vibration generated a rhythm by using microcontroller at fix frequency 100 beats/min are used for auditory and somatosensory parts. 19 Subjects were asked to walk along 10m walkway in their own normal speed with 8 trials. Each trial was done 3 times. 8 trials were performed by following this order: (1) Baseline, (2) Visual cue, (3) Auditory cue, (4) Somatosensory cue, (5) Visual and Auditory cue, (6) Visual and Somatosensory cue, (7) Auditory and Somatosensory cue, and (8) Visual , Auditory and Somatosensory cue. RS footscan was used to collect gait parameters; walking speed, stride length, cadence and double support time. The main finding is that all 3 cues (visual, auditory and somatosensory) with 7 trials compared with baseline significantly increased walking speed, stride length and cadence ( $p < 0.05$ ). In addition, all cues also significantly decreased double support time ( $p < 0.05$ ). In conclusion, all cues can improve gait of Parkinson's disease patients. However this is a short-term study, long-term study with more patients need to be done in the future.

Field of Study: Biomedical Engineering

Academic Year: .....2009.....

Student's Signature..... *Chathaw Pongmala* .....

Advisor's Signature..... *Areerit Suputtitada* .....

Co-advisor's Signature..... *Mana Sriyudthsak* .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากหลายๆท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้มีรายนามดังต่อไปนี้ที่มีส่วนช่วยเหลือให้งานวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ

ศาสตราจารย์แพทย์หญิง อารีรัตน์ สุพุทธธาดา อาจารย์ที่ปรึกษาหลักที่คอยให้คำแนะนำในการวิจัย คอยตรวจแก้วิทยานิพนธ์ และติดตามการวิจัยอย่างใกล้ชิดมาโดยตลอด

รองศาสตราจารย์ ดร.มานะ ศรียุทธศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่คอยแนะนำให้ความรู้ในเรื่องวิธีการประดิษฐ์อุปกรณ์ และคอยตอบข้อสงสัยในเวลาที่มีเรื่องสงสัยหรือปัญหาในการประดิษฐ์อุปกรณ์

รองศาสตราจารย์นายแพทย์ รุ่งโรจน์ พิทยศิริและศูนย์โรคพาร์กินสันฯ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์สำหรับการจัดเตรียมผู้ป่วยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ดร. นิตินันท์ ศรีบุญเรืองฤทธิ์ ที่คอยช่วยเหลือผู้วิจัยในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติมาโดยตลอด

คุณฉัตรชัย พงษ์มาลา คุณพ่อของผู้วิจัยที่คอยให้กำลังใจ ช่วยให้คำแนะนำและช่วยตรวจดูความเรียบร้อยในการประดิษฐ์อุปกรณ์มาโดยตลอด

คุณแม่และน้องสาวที่คอยให้กำลังใจผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์อยู่เสมอ

คุณประกาศิต รัตนตันหยง คุณทศพล ทองเต็ม พี่ๆและเพื่อนๆ ที่สหสาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวชทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและคำแนะนำในการทำงานวิจัยจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้ป่วยพาร์กินสันทุกคนที่มาเข้าร่วมโครงการวิจัยในครั้งนี้

ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว.-สถาบันการศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ทุนรัชดาภิเษกสมโภช)

ทุนอุดหนุนทุนอุดหนุนการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฐ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฒ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามของการวิจัย.....	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	4
กรอบความคิดของการวิจัย.....	4
สมมติฐานของการวิจัย.....	5
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
วิธีดำเนินการวิจัย.....	8
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....	10
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
แนวคิดและทฤษฎี.....	11
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
ขั้นตอนการประดิษฐ์อุปกรณ์ช่วยนำทางในการเดิน.....	26
การพิจารณาขอผ่านจริยธรรมการวิจัย.....	37
ประชากร.....	37

	หน้า
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	38
ขั้นตอนการทดสอบ.....	38
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	39
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	42
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	42
การวิเคราะห์ปัจจัย.....	82
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	94
สรุปผลการวิจัย.....	94
อภิปรายผล.....	104
ข้อเสนอแนะ.....	113
รายการอ้างอิง.....	114
ภาคผนวก.....	117
ภาคผนวก ก.....	118
ภาคผนวก ข.....	120
ภาคผนวก ค.....	123
ภาคผนวก ง.....	128
ภาคผนวก จ.....	134
ภาคผนวก ฉ.....	137
ภาคผนวก ช.....	142
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	149



## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	สรุปข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	40
3.2	สรุปข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	41
4.1	สรุปข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	42
4.2	แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วยพาร์กินสัน.....	44
4.3	แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบความเร็วในการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันระหว่างการให้ สิ่งกระตุ้นในเงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	47
4.4	แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบระยะเวลาการก้าวเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันระหว่างการให้ สิ่งกระตุ้นในเงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	50
4.5	แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบจำนวนก้าวเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันระหว่างการให้ สิ่งกระตุ้นในเงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	53
4.6	แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ทำทั้งสองตะพืดพร้อมกันของผู้ป่วย พาร์กินสันระหว่างการให้สิ่งกระตุ้นในเงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น(No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	56
4.7	แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H \& Y \leq 2$ ).....	57
4.8	แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H \& Y > 2$ ).....	58
4.9	แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบความเร็วในการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับ ความรุนแรงของโรคน้อย( $H \& Y \leq 2$ ) ระหว่างการให้สิ่งกระตุ้นในเงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	61
4.10	แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบระยะเวลาการก้าวเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับ ความรุนแรงของโรคน้อย( $H \& Y \leq 2$ ) ระหว่างการให้สิ่งกระตุ้นในเงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	64

ตาราง	หน้า
4.11 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบจำนวนก้าวเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับ ความรุนแรงของโรคน้อย( $H\&Y \leq 2$ ) ระหว่างการใช้สิ่งกระตุ้นในเงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	66
4.12 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ทำทั้งสองตะพั้นพร้อมกันของผู้ป่วย พาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย( $H\&Y \leq 2$ ) ระหว่างการใช้สิ่งกระตุ้นใน เงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	68
4.13 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบความเร็วในการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มี ระดับความรุนแรงของโรคน้อย( $H\&Y > 2$ ) ระหว่างการใช้สิ่งกระตุ้นในเงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	71
4.14 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบระยะเวลาการก้าวเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับ ความรุนแรงของโรคน้อย( $H\&Y > 2$ ) ระหว่างการใช้สิ่งกระตุ้นในเงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	74
4.15 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบจำนวนก้าวเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับ ความรุนแรงของโรคน้อย( $H\&Y > 2$ ) ระหว่างการใช้สิ่งกระตุ้นในเงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	77
4.16 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ทำทั้งสองตะพั้นพร้อมกันของผู้ป่วย พาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย( $H\&Y > 2$ ) ระหว่างการใช้สิ่งกระตุ้นใน เงื่อนไขต่างๆ 7 เงื่อนไข (Cue conditions) และไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) โดยใช้ paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ .....	80
4.17 แสดงระยะเวลาที่ผู้ป่วยเดินติดขัด.....	81
4.18 แสดงระยะเวลาที่ผู้ป่วยเดินติดขัดโดยแบ่งตามช่วงในวงจรการเดิน.....	82
4.19 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบความเร็วในการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความ รุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) และระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ) ในการทดสอบการเดินโดยไม่ใช่สิ่งกระตุ้น (No cue) กับการใช้สิ่งกระตุ้นต่างๆทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions).....	83

ตาราง	หน้า
4.20 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบระยะเวลาการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) และระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ) ในการทดสอบการเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) กับการใช้สิ่งกระตุ้นต่างๆ ทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions).....	86
4.21 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบจำนวนก้าวเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) และระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ) ในการทดสอบการเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) กับการใช้สิ่งกระตุ้นต่างๆ ทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions).....	89
4.22 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นพร้อมกันของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) และระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ) ในการทดสอบการเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) กับการใช้สิ่งกระตุ้นต่างๆ ทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions).....	92
5.1 การเปรียบเทียบความเร็วในการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นรูปแบบต่างๆกับการเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น(No cue) ของกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) และกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ).....	96
5.2 การเปรียบเทียบระยะเวลาการก้าวเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นรูปแบบต่างๆกับการเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น(No cue) ของกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) และกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ).....	97
5.3 การเปรียบเทียบจำนวนก้าวเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นรูปแบบต่างๆกับการเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น(No cue) ของกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) และกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ).....	98
5.4 การเปรียบเทียบช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นพร้อมกันโดยใช้สิ่งกระตุ้นรูปแบบต่างๆกับการเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น(No cue) ของกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) และกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ).....	99
5.5 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้สิ่งกระตุ้นในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ).....	101
5.6 แสดงผลการเปรียบเทียบการใช้สิ่งกระตุ้นในกลุ่มผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ).....	103

ตาราง		หน้า
ฉ1	แสดงข้อมูลความเร็วในการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสัน.....	138
ฉ2	แสดงข้อมูลระยะเวลาการก้าวเดินของผู้ป่วยพาร์กินสัน.....	139
ฉ3	แสดงข้อมูลจำนวนก้าวในการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสัน.....	140
ฉ4	แสดงข้อมูลช่วงที่เท้าทั้งสองแตะพื้นในการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสัน.....	141

## สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 รูปแสดง Step length และ Stride length.....	5
1.2 รูปแสดงการเดินใน 1 วงจรการเดิน.....	6
1.3 รูปแสดงช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นพร้อมกัน (Double support).....	6
1.4 รูปแสดงการทดสอบโดยใช้อุปกรณ์ช่วยนำทางในการเดิน.....	9
1.5 รูปแสดงการทดสอบโดยใช้เครื่อง RS scan.....	10
1.6 รูปแสดงโปรแกรมที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....	10
2.1 รูปแสดงเปรียบเทียบการผลิตสาร dopamine ที่บริเวณ สับสแตนเซีย ในกรา ในคนปกติกับผู้ป่วยพาร์กินสัน.....	11
2.2 รูปแสดงลักษณะกานเดิน ขอยเท้าถี่ๆและก้าวสั้นๆ.....	12
2.3 รูปแสดงลักษณะ Stoop Posture.....	12
2.4 รูปแสดงเครื่องฉายแสงเลเซอร์ติดอยู่ตรงหน้าอก (Subject-mounted light device: SMLD).....	23
2.5 รูปแสดงการทำงานของเครื่อง LAD.....	23
2.6 รูปแสดงเครื่อง LAD.....	23
2.7 รูปแสดงอุปกรณ์ช่วยนำทางภายใต้โครงการ RESCUE project.....	24
2.8 รูปแสดงไม้เท้าช่วยเดิน.....	24
3.1 รูปแสดงขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ช่วยนำทางในการเดิน.....	27
3.2 รูปแสดงสัญญาณไฟ 12V ก่อนเข้าสู่วงจรปรับแรงดันเปรียบเทียบกับรูปแสดง สัญญาณไฟ 5V หลังจากปรับแรงดันเรียบร้อยแล้ว.....	28
3.3 รูปแสดงวงจรปรับแรงดัน.....	28
3.4 รูปแสดงวงจรของแสง.....	29
3.5 รูปแสดงวงจรเสียง.....	29
3.6 รูปแสดงสัญญาณจากวงจรเสียงที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานให้ สัญญาณออกมาเป็นจังหวะ.....	30
3.7 รูปแสดงวงจรสั่น.....	30
3.8 รูปแสดงสัญญาณจากวงจรสั่นที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานให้ สัญญาณออกมาเป็นจังหวะ.....	31

ภาพประกอบ	หน้า	
3.9	รูปแสดงแผนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F627A.....	32
3.10	รูปแสดงวงจรเสียงและสั่นโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกัน.....	33
3.11	รูปแสดงสัญญาณจากวงจรเสียงและสั่นที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานให้สัญญาณออกมาเป็นจังหวะ.....	33
3.12	รูปแสดงอุปกรณ์ช่วยนำทางในการเดินต้นแบบ.....	34
3.13	รูปแสดงวงจรภายใน.....	34
3.14	รูปแสดงอุปกรณ์ช่วยนำทางที่พัฒนาครั้งที่ 2.....	35
3.15	รูปแสดงวงจรภายใน.....	35
3.16	รูปแสดงการใช้อุปกรณ์โดยการคาดที่เอวด้านข้าง.....	36
3.17	รูปแสดงการใช้อุปกรณ์โดยการคาดที่เอวด้านหน้า.....	36
4.1	รูปแสดงจำนวนก้าวการเดินที่ติดขัดและการเดินที่ติดขัด.....	81
ง1	รูปแสดงเลเซอร์พอยเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	130
ง2	รูปแสดงการหักเหของแสงในเส้นใยนำแสง.....	130
ง3	รูปแสดง Piezo buzzer.....	131
ง4	รูปแสดงมอเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้.....	131
ง5	รูปแสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F627A.....	132
ง6	รูปแสดงสวิทช์แบบกดที่ใช้ในงานวิจัย.....	133

## สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ	หน้า
4.1	แผนภูมิแสดงความเร็วในการเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันความเร็วในการเดินเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันเมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions).....
	46
4.2	แผนภูมิแสดงระยะเวลาการก้าวในการเดินเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันเมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions) .....
	49
4.3	แผนภูมิแสดงจำนวนก้าวในการเดินเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันเมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions).....
	52
4.4	แผนภูมิแสดงช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นพร้อมกันเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันเมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions).....
	55
4.5	แผนภูมิแสดงความเร็วในการเดินเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย( $H\&Y \leq 2$ ) เมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions) .....
	60
4.6	แผนภูมิแสดงระยะเวลาการก้าวในการเดินเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) เมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions) .....
	63
4.7	แผนภูมิแสดงจำนวนก้าวในการเดินเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) เมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions) .....
	65
4.8	แผนภูมิแสดงช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นพร้อมกันในการเดินเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) เมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions).....
	67
4.9	แผนภูมิแสดงความเร็วในการเดินเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคมก ( $H\&Y > 2$ ) เมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions) .....
	70

แผนภูมิ	หน้า
4.10 แผนภูมิแสดงระยะการก้าวในการเดินเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก( $H\&Y > 2$ ) เมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions) .....	73
4.11 แผนภูมิแสดงจำนวนก้าวในการเดินเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก( $H\&Y > 2$ ) เมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (Baseline) และ เดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นอีก 7 เงื่อนไข.....	76
4.12 แผนภูมิแสดงช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นพร้อมกันเฉลี่ยของผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคมาก( $H\&Y > 2$ ) เมื่อเดินโดยไม่ใช้สิ่งกระตุ้น (No cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยใช้สิ่งกระตุ้นทั้ง 7 เงื่อนไข (Cue conditions) .....	79
4.13 แผนภูมิเปรียบเทียบความเร็วในการเดินเฉลี่ยระหว่างกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย( $H\&Y \leq 2$ ) และระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ).....	84
4.14 แผนภูมิเปรียบเทียบจำนวนก้าวในการเดินเฉลี่ยระหว่างกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย( $H\&Y \leq 2$ ) และระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ).....	87
4.15 แผนภูมิเปรียบเทียบจำนวนก้าวในการเดินเฉลี่ยระหว่างกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย( $H\&Y \leq 2$ ) และระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ).....	90
4.16 แผนภูมิเปรียบเทียบช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นพร้อมกันในการเดินเฉลี่ยระหว่างกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีระดับความรุนแรงของโรคน้อย ( $H\&Y \leq 2$ ) และระดับความรุนแรงของโรคมาก ( $H\&Y > 2$ ).....	93