

การศึกษานำร่องเพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเดินเมื่อใส่และไม่ใส่เครื่องกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าขณะเดิน “เครื่องเดินดี™” ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีปลายเท้าตก

ปรเมษฐ์ ฉายารัตนศิลป์, พ.บ., ศิวพร วงศ์พิพัฒน์, พ.บ., วว. เวชศาสตร์ฟื้นฟู,
วาริ จิรอดีชัย, พ.บ., วว. เวชศาสตร์ฟื้นฟู
ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

ABSTRACT

Comparison of Gait Pattern during Walking with and without Functional Electrical Stimulation “Deardee™” in Stroke Patients with Foot Drop: a Pilot Study

Chayaratanasin P, Vongpipatana S and Chira-Adisai W
Rehabilitation Medicine Department, Faculty of Medicine
Ramathibodi Hospital, Mahidol University

Objective: To compare gait pattern during walking with and without functional electrical stimulation “Deardee™” for foot drop in terms of gait velocity, time in each phases of gait cycle and angle of hip and knee motion in foot-drop patients.

Study design: Experimental study

Setting: Rehabilitation Medicine Department, Faculty of Medicine, Ramathibodi Hospital

Subjects: Patients with foot drop from upper motor neuron lesion

Methods: Gait velocity was measured while subjects randomly walked either with or without “Deardee™”. Time during each phases of gait cycle was assessed by using computer dynography. Video recording was used for assessing the angle of hip and knee motion during walking.

Results: Subject group was thirteen stroke patients. Eight patients were right and five patients were left hemiparesis with mean age (range) of 43.69 (22-65) years. For the affected leg during walking with and without “Deardee™”, median (range) of swing and stance time were 0.70 (0.45-1.21), 0.97 (0.52-3.07) and 1.16 (0.89-2.83), 1.02 (0.70-1.47) seconds, respectively. Mean (standard deviation; S.D.) of angle of hip abduction, flexion and knee flexion were 6.63 (6.53), 6.97 (4.56) and 16.45 (13.72), 16.00 (12.43) and 25.17

(16.67), 30.63 (14.20) degrees, respectively. Mean gait velocities (S.D.) were 0.51 (0.28) and 0.52 (0.30) meter per second, respectively. Only swing and stance time of the affected leg were significantly changed at $p < 0.05$.

Conclusion: Functional electrical stimulation “Deardee™” could make the foot-drop leg swing faster and stance longer but no significant change in angle of hip and knee motion. The device does not change the stroke patient’s gait velocity.

Keywords: Deardee™, functional electrical stimulation (FES), foot drop, gait pattern, stroke

J Thai Rehabil Med 2015; 25(2): 53-59

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเดินเมื่อใส่และไม่ใส่เครื่องกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้า “เครื่องเดินดี™” ในแง่ความเร็วในการเดิน ระยะเวลาในแต่ละช่วงเวลากการเดิน และมุมการเคลื่อนไหวข้อสะโพกและข้อเข่าในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีปลายเท้าตก

รูปแบบการวิจัย: การวิจัยเชิงทดลอง

สถานที่ทำการวิจัย: ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทย-
ศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี

กลุ่มประชากร: ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีปลายเท้าตก

วิธีการศึกษา: ทดสอบหาค่าความเร็วในการเดิน ใช้เครื่องวัดแรงกระทำในแนวตั้ง (computer dynography) เพื่อวัดระยะเวลาในแต่ละช่วงเวลาของการเดิน และบันทึกภาพเพื่อวัดมุมการเคลื่อนไหวข้อสะโพกและเข่า เมื่อผู้ร่วมวิจัยใส่และไม่ใส่ “เครื่องเดินดี™” โดยสุ่มลำดับในการทดสอบ

ผลการศึกษา: ผู้ป่วย 13 คน อ่อนแรงซีกขวา 8 คน ซีกซ้าย 5 คน อายุเฉลี่ย (ช่วงอายุ) 43.69 (22-65) ปี สำหรับขาข้างที่มีปลายเท้าตกเมื่อใส่และไม่ใส่ “เครื่องเดินดี™” พบว่า ค่ามัธยฐาน (ช่วง) ของระยะเวลาในการเหวี่ยงเท้า (swing time) และระยะเวลาที่เหยียบพื้น (stance time) คือ 0.70 (0.45-

Correspondence to: Dr. Poramed Chayaratanasin, Rehabilitation Medicine Department, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital
E-mail: suzium065@gmail.com

1.21), 0.97 (0.52-3.07) และ 1.16 (0.89-2.83), 1.02 (0.70-1.47) วินาที ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของมุมองศาสะโพก งอสะโพก และงอเข่า คือ 6.63 (6.53), 6.97 (4.56) และ 16.45 (13.72), 16.00 (12.43) และ 25.17 (16.67), 30.63 (14.20) องศา ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของความเร็วในการเดิน คือ 0.51 (0.28) และ 0.52 (0.30) เมตรต่อวินาที ซึ่งพบว่าไม่มีเพียง swing และ stance time ของขาข้างที่มีปลายเท้าตกเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลสรุป: “เครื่องเดินดี™” ทำให้ขาข้างที่มีปลายเท้าตกเหวี่ยงได้เร็วขึ้น และเหยียบพื้นได้นานขึ้น แต่ไม่มีผลต่อมุมการเคลื่อนไหวของสะโพกและเข่า รวมทั้งความเร็วในการเดินของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

คำสำคัญ: “เครื่องเดินดี™”, เครื่องกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าขณะเดิน, ปลายเท้าตก, รูปแบบการเดิน, โรคหลอดเลือดสมอง

เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร 2558; 25(2): 53-59

บทนำ

ปลายเท้าตกเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยที่มีรอยโรคที่เซลล์ประสาทสั่งการส่วนบน โดยเฉพาะโรคหลอดเลือดสมองทำให้ผู้ป่วยเดินเท้าลากและมีรูปแบบการเดินที่ผิดปกติ เช่น ต้องยกสะโพกขึ้นขณะเดินหรือเหวี่ยงขาไปด้านหลังเพื่อไม่ให้เท้าลากกับพื้น ส่งผลทำให้มีโอกาสเสียหลักและล้มได้⁽¹⁾ ปัจจุบันมีเครื่องกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าขณะเดินสำหรับผู้ป่วยที่มีปลายเท้าตก (functional electrical stimulation for foot drop) หลากหลายรูปแบบในต่างประเทศ⁽¹⁻⁴⁾ ซึ่งมีงานวิจัยสนับสนุนว่าสามารถเพิ่มความเร็วในการเดินได้ร้อยละ 38⁽⁵⁾ ทำให้ระยะก้าวยาวขึ้น (stride length) จำนวนก้าวต่อนาทีมากขึ้น (cadence)⁽⁶⁾ และลดพลังงานในการเดิน (physiological cost index)^(1,7) อย่างไรก็ตามเครื่องดังกล่าวยังมีราคาค่อนข้างสูง

ในประเทศไทย ผศ.ดร. เสง เลิศมโนรัตน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ผลิตเครื่องกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าขณะเดินสำหรับผู้ป่วยที่มีปลายเท้าตก หรือที่มีชื่อเรียกว่า “เครื่องเดินดี™” เป็นเครื่องแรกในประเทศไทย โดย “เครื่องเดินดี™” ประกอบด้วยเครื่องกระตุ้นขั้วกระตุ้น และเซนเซอร์ได้สั่งเท้า ซึ่งเครื่องทำงานโดยหลักการกระตุ้นเส้นประสาทที่ควบคุมกล้ามเนื้อกระดูกข้อเท้า เมื่อมีการยกส้นเท้าขึ้นจากพื้นเครื่องจะปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านทางขั้วกระตุ้นเพื่อ ทำให้ข้อเท้ากระดูกขึ้นและปลายเท้าไม่ลากไปกับพื้น เมื่อส้นเท้าสัมผัสพื้นเครื่องจะหยุดทำงาน อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับผลของการใส่ “เครื่องเดินดี™” ต่อรูปแบบการเดิน⁽⁸⁾

การวิจัยครั้งนี้จึงเป็นงานวิจัยแรกที่ศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบ

แบบการเดินเมื่อใส่และไม่ใส่เครื่องกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าขณะเดิน “เครื่องเดินดี™” ในแง่ความเร็วในการเดิน ระยะเวลาในแต่ละช่วงเวลาของการเดิน และมุมการเคลื่อนไหวของสะโพกและเข่าในผู้ป่วยที่มีปลายเท้าตก เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการอธิบาย และประกอบการพิจารณาเลือกใช้ “เครื่องเดินดี™”

วิธีการศึกษา

ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง แผนกผู้ป่วยนอก และ หอผู้ป่วยใน ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลรามาริบัติ ที่ยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย

เกณฑ์คัดเข้า

1. ไม่สามารถกระดกข้อเท้าด้านแรงโน้มถ่วงโลกได้ตลอดพิสัยการเคลื่อนไหว หรือ มีกำลังกล้ามเนื้อน้อยกว่าระดับสาม และไม่มีข้อเท้าติด

2. สามารถเดินได้ตามลำพังเป็นระยะทางอย่างน้อย 14 เมตร โดยใช้อุปกรณ์ช่วยเดินหรือไม่ก็ได้

เกณฑ์คัดออก

1. สัญญาณชีพ และอาการทางระบบประสาทไม่คงที่
2. มีปัญหาด้านการสื่อสาร ไม่สามารถทำตาม และร่วมมือในการตรวจได้

3. เมื่อใส่เครื่อง มีการเกร็งบริเวณข้อเท้ามากจนไม่สามารถกระตุ้นให้ข้อเท้าอยู่ในตำแหน่งกลาง (neutral position) หรือกระดูกขึ้นได้

เกณฑ์ยุติการทดลอง

ผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิเสธ หรือขอลงตัว

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. “เครื่องเดินดี™” ประกอบด้วย ตัวเครื่องกระตุ้นและแบตเตอรี่ ขั้วกระตุ้น และเซนเซอร์ได้สั่งเท้าซึ่งใส่ในถุงเท้า โดยทำงานโดยปล่อยกระแสไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นไบเฟส (biphasic waveform) ความถี่ 40 เฮิรตซ์ ความกว้างของคลื่นไฟฟ้า (pulse duration) 400 ไมโครวินาที ปริมาณกระแสไฟฟ้า 20-30 มิลลิแอมแปร์ ที่แรงดันไฟฟ้า 50 โวลต์ (ดูรูปได้ที่เว็บไซต์ <http://th-th.facebook.com/DearnDee>)

2. เครื่องวัดแรงกระทำในแนวตั้ง (computer dynography /CDG)

3. นาฬิกาจับเวลา

4. เก้าอี้

5. กล้องบันทึกภาพวิดีโอ

ขั้นตอนการวิจัย

1. ผู้วิจัยอธิบายข้อมูล วัตถุประสงค์ วิธีการวิจัย และผลข้างเคียงที่อาจจะเกิดขึ้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบ แล้วลงนามยินยอมเข้าร่วมวิจัย บันทึกข้อมูล และประวัติผู้เข้าร่วมวิจัย

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ อายุ เพศ ประวัติโรคประจำตัว ระยะเวลาที่มีปลายเท้าตก ระยะเวลาที่สามารถเดินได้ด้วยตนเอง อุปกรณ์ในการช่วยเดิน

3. ผู้วิจัยตรวจร่างกายผู้ป่วยเพื่อให้ได้ข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ พิสัยข้อเท้า (range of motion) ระดับเกร็งของกล้ามเนื้อบริเวณข้อเท้า (spasticity) โดยใช้ modified Ashworth scale ระดับกำลังกล้ามเนื้อในการกระดกข้อเท้า

4. ผู้วิจัยทดสอบหาค่าความเร็วในการเดินบนพื้นราบ โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินเร็วที่สุดอย่างปลอดภัยบนพื้นราบทางตรง เป็นระยะทาง 10 เมตร โดยมีระยะทางการเดินทั้งหมด 14 เมตร กำหนดจุดเริ่มต้นและสิ้นสุด ที่ตำแหน่ง 2 และ 12 เมตร ตามลำดับ เริ่มจับเวลาเมื่อผู้ทดสอบก้าวเท้าผ่านเส้นเริ่มต้น และหยุดจับเวลาเมื่อผู้ทดสอบก้าวเท้าผ่านเส้นสิ้นสุด จากนั้นนำเวลาที่ได้จากการเดินบนระยะทาง 10 เมตร มาคำนวณหาค่าความเร็วในการเดิน (เมตรต่อวินาที) ทำการทดสอบ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าความเร็วเฉลี่ยในการเดิน ซึ่งแต่ละช่วงของการทดสอบมีเวลาพักประมาณ 1 นาที ก่อนเริ่มทำการทดสอบใหม่ ทั้งนี้ จับเวลาโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว

5. สุ่มลำดับในการทดสอบเมื่อเดินด้วยเท้าเปล่า และ “เครื่องเดินดี™”

6. การใส่ “เครื่องเดินดี™” มีขั้นตอนดังนี้

- ติดขั้วกระตุ้นสี่ดำ (ขั้วบวก) ซึ่งทาเจลนำไฟฟ้าแล้วที่บริเวณใต้หัวของกระดูกปลายขา (fibular head) ซึ่งเป็นทางผ่านของเส้นประสาทคอมมอนเพอโรเนียล (common peroneal nerve)
- ติดขั้วกระตุ้นสีแดง (ขั้วลบ) ซึ่งทาเจลนำไฟฟ้าแล้วที่บริเวณกล้ามเนื้อทิวเบียลิสแอนทีเรีย (tibialis anterior muscle) หรือ บริเวณระหว่างกล้ามเนื้อทิวเบียลิสแอนทีเรีย และ เพอโรเนียสลองกัส (peroneus longus muscle) เพื่อให้ข้อเท้ากระดกขึ้นได้ตรง
- สวมถุงเท้าซึ่งมีเซนเซอร์ใต้เส้นเท้าใส่อยู่
- ติดตั้งสายขั้วกระตุ้นและเซนเซอร์เข้ากับ “เครื่องเดินดี™”
- เครื่องปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านทางขั้วกระตุ้นเมื่อมีการยกเท้าขึ้นจากพื้นทำให้ข้อเท้ากระดกขึ้น และปลายเท้าไม่ลากไปกับพื้น เมื่อสัมผัสสัมผัสพื้นเครื่องจะหยุดทำงาน

7. ผู้วิจัยทดสอบหาระยะเวลาในแต่ละช่วงการเดินโดยใช้เครื่อง CDG และวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกและข้อเข่า⁽⁹⁾ โดยการนำสัญลักษณ์ (marker) ไปติดที่บริเวณปุ่มกระดูกเชิงกรานด้านหน้า (anterior superior iliac spine) ลูกสะบ้า (patella) ปุ่มกระดูกใหญ่ด้านข้างของกระดูกต้นขา (greater trochanter) กึ่งกลางด้านข้างของปุ่มปลายกระดูกต้นขาด้านนอก (lateral femoral condyle) และตาตุ่มด้านนอก (lateral malleolus) และการถ่ายภาพวีดิทัศน์ ด้านข้างและด้านหน้าเมื่อ

ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินเท้าเปล่า และใส่ “เครื่องเดินดี™” ตามลำดับ ข้อมูลระยะเวลาการลงน้ำหนักที่เท้าแต่ละข้าง และแรงกระทำในแนวตั้งต่อฝ่าเท้า ถูกบันทึกทุก 0.01 วินาที และเลือกภาพหนึ่งในการคำนวณมุมองศาของข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเข่า

หมายเหตุ งานวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาโดยคณะกรรมการจริยธรรมและการวิจัยในมนุษย์

การวิเคราะห์ทางสถิติ ใช้โปรแกรม STATA ดังนี้

- 1) ใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย เพื่อแสดงผลข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วย
- 2) ใช้สถิติ Paired t-test เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างสองกลุ่มที่มีการกระจายตัวแบบปกติ (normal distribution) ได้แก่ ความเร็วในการเดิน ความยาวของก้าวขา ร้อยละและความสมมาตรของระยะเวลาในแต่ละช่วงการเดิน มุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกและเข่าโดยกำหนดค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ $p < 0.05$
- 3) ใช้สถิติ Wilcoxon signed-rank test เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างสองกลุ่มที่มีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ (non-normal distribution) ได้แก่ ระยะเวลาในแต่ละช่วงเวลาของการเดินโดยกำหนดค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

กลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง 13 คน อ่อนแรงซีกขวา 8 คน และซีกซ้าย 5 คน มีอายุเฉลี่ย (ช่วงอายุ) 43.69 (22-65) ปี เป็นเพศชาย 6 คน และเพศหญิง 7 คน โดยค่ามัธยฐาน (ช่วง) ของระยะเวลาที่มีปลายเท้าตกและเดินได้ด้วยตนเอง คือ 48 (4-264) และ 36 (2-240) เดือน ตามลำดับ ผู้ป่วยส่วนใหญ่ไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน มีเพียง 3 คนที่ใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน เมื่อตรวจพิสัยของข้อเท้าพบว่า 8 คนกระดกข้อเท้าขึ้นได้ไม่เกิน 10 องศา ส่วนอีก 5 คนกระดกข้อเท้าขึ้นได้ไม่เกิน 20 องศา โดยผู้ป่วยทั้งหมดมีความเกร็งของข้อเท้าตาม modified Ashworth scale ระดับ 0-1 และมีกำลังกล้ามเนื้อของการกระดกข้อเท้าขึ้นระดับ 0-2 ดังแสดงในตารางที่ 1

เมื่อทดสอบหาระยะเวลาในแต่ละช่วงการเดิน ขณะใส่ “เครื่องเดินดี™” พบว่าขาข้างที่มีปลายเท้าตก มีค่ามัธยฐานของระยะเวลาที่เหยียบพื้น (stance time) มากขึ้น และระยะเวลาในการเหวี่ยงเท้า (swing time) ลดลง โดยเมื่อคิดเป็นร้อยละต่อ 1 ช่วงการเดิน (gait cycle) ได้เป็นร้อยละ 65.17 และ 34.83 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 2 แต่สำหรับขาข้างดี stance และ swing time มีการเปลี่ยนแปลงน้อยและไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อแบ่งช่วง stance time เป็นระยะเวลาที่มีการลงน้ำหนักที่ขาข้างเดียว (single support time) และที่ขาทั้งสองข้าง

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย

ข้อมูลพื้นฐาน	
อายุ	
ค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)(ปี)	43.69 (14.74)
ช่วงอายุ (ปี)	22-65
เพศ (ชาย: หญิง)	6:7
โรคหลอดเลือดสมอง	13
ข้างที่อ่อนแรง (ขวา: ซ้าย)	8:5
ระยะเวลาที่มีปลายเท้าตก (เดือน)	
ค่ามัธยฐาน (ช่วง)	48 (4-264)
ระยะเวลาที่เดินได้ด้วยตนเอง (เดือน)	
ค่ามัธยฐาน (ช่วง)	36 (2-240)
อุปกรณ์ในการช่วยเดิน (ใช้: ไม่ใช้)	3:10
ไม้เท้าสามง่าม (tripod cane)	2
เครื่องช่วยพยุงเดินสี่ขา (walker)	1
พิสัยของข้อเท้าโดยมีผู้ทำให้เมื่อกระดูกขึ้น (องศา)	
0 - 10	8
11 - 20	5
ระดับเกร็งข้อเท้า (modified Ashworth scale)	
0	7
1	6
ระดับกำลังกล้ามเนื้อกระดูกข้อเท้าขึ้น	
0	1
1	9
2	3

(double support time) พบว่าเมื่อใส่ “เครื่องเดินดี™” ขาข้างที่มีปลายเท้าตกมีการเปลี่ยนแปลงของ single support time น้อย แต่มี double support time เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคิดเป็นร้อยละ 26.19 และ 35.80 ต่อ 1 ช่วงการเดิน ตามลำดับ ส่วนขาข้างดีแม้ stance time มีการเปลี่ยนแปลงน้อย แต่เมื่อแบ่งช่วงเวลาพบว่า มี single support time ลดลง และ double support time เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคิดเป็นร้อยละ 35.18 และ 39.87 ต่อ 1 ช่วงการเดิน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

เมื่อนำระยะเวลาในแต่ละช่วงการเดินมาหาค่าความสมมาตร พบว่าเมื่อใส่ “เครื่องเดินดี™” ทำให้ stance และ swing time ระหว่างขา 2 ข้างมีความสมมาตรมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อวิเคราะห์เพิ่มเติมในช่วง stance time พบว่ามีความสมมาตรของ single support time มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน

เมื่อวัดมุมองศาสะโพก งอสะโพก และงอเข้าของขาข้างที่มีปลายเท้าตกขณะเดิน เมื่อใส่และไม่ใส่ “เครื่องเดินดี™” พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4 ส่วนค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ความเร็วในการเดิน และความยาวของก้าวขา (step length) เมื่อใส่และไม่ใส่ “เครื่องเดินดี™” คือ 0.51 (0.28), 0.52 (0.30) เมตรต่อวินาที และ 0.38 (0.12), 0.38 (0.13) เมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 2 ระยะเวลาในแต่ละช่วงเวลาของการเดิน และความแตกต่างเมื่อไม่ได้ใส่และใส่ “เครื่องเดินดี™” (วินาที) และ ร้อยละของระยะเวลาในแต่ละช่วงเวลาของการเดิน

		ขาข้างที่มีปลายเท้าตก		ขาข้างดี	
		ไม่ได้ใส่เครื่อง	ใส่ “เครื่องเดินดี™”	ไม่ได้ใส่เครื่อง	ใส่ “เครื่องเดินดี™”
ST	ระยะเวลา [¶]	1.02 (0.70-1.47)	1.16 (0.89-2.83)*	1.40 (0.91-3.56)	1.40 (0.92-3.01)
	ความแตกต่าง [§]		-0.38 (0.49)		0.07 (0.21)
	ร้อยละ [§]	49.13 (9.40)	65.17 (6.86) †	73.36 (6.75)	73.31 (6.88)
SW	ระยะเวลา [¶]	0.97 (0.52-3.07)	0.70 (0.45-1.21)*	0.56 (0.37-0.96)	0.50 (0.34-0.95)
	ความแตกต่าง [§]		0.45 (0.52)		0.03 (0-0.05)
	ร้อยละ [§]	50.87 (9.40)	34.83 (6.86) †	26.64 (6.75)	26.29 (6.88)
SS	ระยะเวลา [¶]	0.56 (0.37-0.96)	0.50 (0.34-0.95)	0.97 (0.52-3.07)	0.70 (0.45-1.21)*
	ความแตกต่าง [§]		0.03 (0.05)		0.45 (0.52)
	ร้อยละ [§]	26.56 (6.58)	26.19 (7.29)	51.09 (9.54)	35.18 (6.80) †
DS	ระยะเวลา [¶]	0.40 (0.20-0.90)	0.57 (0.35-2.61)*	0.45 (0.32-0.88)	0.72 (0.44-1.88)*
	ความแตกต่าง [§]		-0.18 (0.30)		-0.16 (0.21)
	ร้อยละ [§]	22.29 (8.95)	35.80 (14.39) †	25.31 (10.27)	39.87 (14.13) †

[¶]ค่ามัธยฐาน (ช่วง), [§]ค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) *โดยใช้ Wilcoxon signed-rank test และ † โดยใช้ Paired t-test

ST; stance time, SW; swing time, SS; single support time, DS; double support time

ตารางที่ 3 ค่าความสมมาตรของระยะเวลาในแต่ละช่วงการเดินในขา 2 ข้าง

	ไม่ได้ใส่เครื่อง	ใส่“เครื่องเดินดี™”
Stance time ^S	1.58 (0.54)	1.13 (0.14)*
Swing time ^S	0.55 (0.20)	0.77 (0.24)*
Single support time ^S	2.18 (1.20)	1.43 (0.48)*

*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้ Paired t-test, ^Sค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตารางที่ 4 ค่ามุมองศาโงก งอสะโพก เข่า และความแตกต่างระหว่างมุมเมื่อไม่ได้ใส่และใส่ “เครื่องเดินดี™”

	ไม่ได้ใส่เครื่อง	ใส่“เครื่องเดินดี™”	ความแตกต่าง ^S
มุมองศาโงก (องศา) ^S	6.97 (4.56)	6.63 (6.53)	0.33 (4.90)
มุมองศาสะโพก (องศา) ^S	16.00 (12.43)	16.45 (13.72)	-0.45 (4.91)
มุมองศาเข่า (องศา) ^S	30.63 (14.20)	25.17 (16.67)	5.47 (13.33)

^Sค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตารางที่ 5 ค่าความเร็วในการเดิน ความยาวของก้าวขา และความแตกต่างเมื่อไม่ได้ใส่และใส่ “เครื่องเดินดี™”

	ไม่ได้ใส่เครื่อง	ใส่“เครื่องเดินดี™”	ความแตกต่าง ^S
ความเร็วในการเดิน (เมตรต่อวินาที) ^S	0.52 (0.30)	0.51 (0.28)	0.01 (0.07)
ความยาวของก้าวขา (step length) (เมตร) ^S	0.38 (0.13)	0.38 (0.12)	0.00 (0.03)

^Sค่าเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

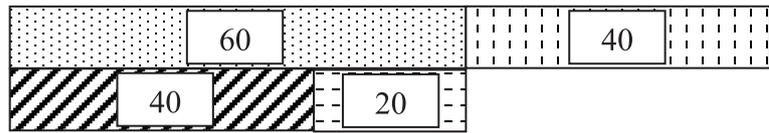
บทวิจารณ์

“เครื่องเดินดี™” เป็นเครื่องกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าขณะเดินสำหรับผู้ป่วยที่มีปลายเท้าตกรูปแบบหนึ่งที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศไทย แต่ยังไม่มียี่ห้อข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการเดินขณะใส่เครื่อง การศึกษานี้จึงเป็นงานวิจัยแรกที่ศึกษารูปแบบการเดินเมื่อใส่ “เครื่องเดินดี™” ซึ่งงานวิจัยนี้อภิปรายรูปแบบการเดินเป็นประเด็นหลัก ดังนี้ ประเด็นแรก “เครื่องเดินดี™” ทำให้ขาข้างที่มีปลายเท้าตกสามารถเหียงขาได้เร็วขึ้น และเหยียบพื้นได้นานขึ้น การลดลงของ swing time ของขาข้างที่มีปลายเท้าตกอาจเกิดจากการที่ “เครื่องเดินดี™” กระตุ้นให้ข้อเท้ากระดกขึ้นขณะเหียงขา ทำให้สามารถยกเท้าให้พื้นพื้นได้ดีขึ้น จึงใช้ระยะเวลาลดลง เมื่อคิดเป็นร้อยละของ stance ต่อ swing time ใน 1 ช่วงการเดิน ได้เป็นร้อยละ 65.17 ต่อ 34.83 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราส่วนการเดินปกติมากขึ้นซึ่งคือร้อยละ 60 ต่อ 40 ตามลำดับ⁽¹⁰⁾ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1

ส่วนประเด็น double support time พบว่า double support time เพิ่มขึ้นในขาทั้งสองข้าง และ single support time ของขาข้างที่มีปลายเท้าตกไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน และ single support time ของขาข้างดีที่ลดลง เนื่องจาก swing time ของขาข้างที่มีปลายเท้าตกลดลง และทั้งสองช่วงเวลานี้คือช่วงเวลาเดียวกัน เมื่อคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละของ single support

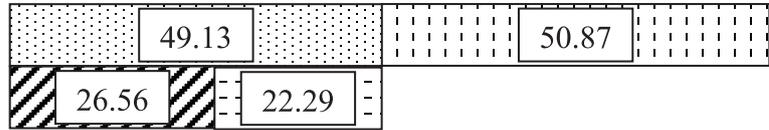
time ต่อ double support time ใน 1 ช่วงการเดินขณะใส่ “เครื่องเดินดี™” ของขาข้างที่มีปลายเท้าตก และขาข้างดี พบว่า single support time ของขาข้างดี และ double support time ของขาข้างดี 2 ข้างมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเพียง single support time ของขาข้างดีที่มีค่าใกล้เคียงกับอัตราส่วนของการเดินปกติมากขึ้นซึ่งคือ ร้อยละ 40⁽¹⁰⁾ แต่ single support time ของขาข้างที่มีปลายเท้าตกมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1 ซึ่งพบว่าแตกต่างจากงานวิจัยอื่น ๆ ก่อนหน้านี้ที่พบว่า เมื่อใส่เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าขณะเดินรูปแบบอื่นทำให้มีการลดลงของ double support time⁽¹¹⁾ และเพิ่มขึ้นของ single support time^(12,13) ของขาข้างที่มีปลายเท้าตกซึ่งแสดงถึงความมั่นคงในการเดินที่มากขึ้น และมีการถ่ายเทน้ำหนักที่ดีขึ้น ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะงานวิจัยดังกล่าววัดผลเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยได้ใช้เครื่องไปเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ จนผู้เข้าร่วมวิจัยได้มีความคุ้นเคยและปรับเปลี่ยนรูปแบบการเดินให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องแล้ว ซึ่งต่างจากงานวิจัยนี้ที่วัดผลทันที และค่า double support time ที่เพิ่มขึ้นในงานวิจัยนี้อาจแสดงถึงความมั่นคงในการเดินที่ลดลง หรือความไม่คุ้นเคยกับ “เครื่องเดินดี™” ผู้วิจัยอนุมานว่า “เครื่องเดินดี™” มีผลต่อการเหียงขามากกว่าช่วงเหยียบพื้น

อัตราส่วนของการเดินปกติ

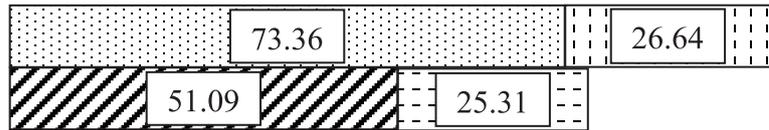


เมื่อไม่ใส่ “เครื่องเดินดี™”

ในขาข้างที่มีปลายเท้าตก

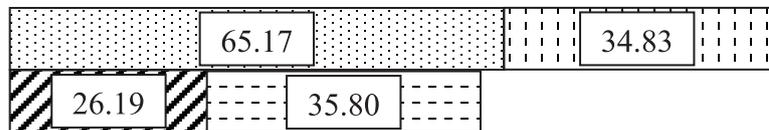


ในขาข้างดี

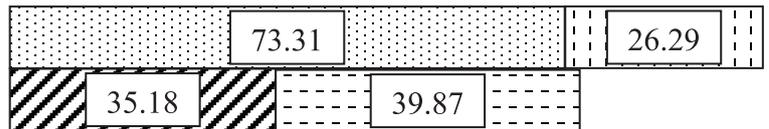


เมื่อใส่ “เครื่องเดินดี™”

ในขาข้างที่มีปลายเท้าตก



ในขาข้างดี



แผนภูมิที่ 1 การเปรียบเทียบระหว่างร้อยละการเดินปกติและการเดินในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเมื่อไม่ใส่และใส่ “เครื่องเดินดี™”

ในช่วงเวลาต่าง ๆ ดังนี้ stance time , swing time , single support time , double support time

ในประเด็นความสมมาตรของ stance และ swing time ระหว่างขา 2 ข้างพบว่าเมื่อใส่ “เครื่องเดินดี™” แล้วมีความสมมาตรมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า⁽¹²⁻¹⁴⁾ ที่พบว่ามีความสมมาตรของ swing time เพิ่มขึ้น สำหรับช่วง stance time พบว่ามีความสมมาตรของ single support time มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ดังนั้น “เครื่องเดินดี™” จึงทำให้ระยะเวลาในแต่ละช่วงการเดินมีความสมมาตรระหว่างขา 2 ข้างมากขึ้น

สำหรับการเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกและเข่า พบว่าเมื่อใส่ “เครื่องเดินดี™” มุมดังกล่าวของขาข้างที่มีปลายเท้าตกไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ในงานวิจัยของ Kesar, Scott และคณะ^(15,16) ที่พบว่าเมื่อใส่เครื่องกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าขณะเดินแล้ววัดผลทันทีจะมีมุมงอเข่ามากที่สุดทั้งลดลงและเพิ่มขึ้น แต่มุมการเคลื่อนไหวของสะโพกไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงของมุมงอเข่าในงานวิจัยดังกล่าวมีค่าไม่เกิน 10 องศา ซึ่งวิธีการวัดมุมในงานวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดจึงอาจทำให้ไม่สามารถวัดมุมที่เปลี่ยนแปลงน้อยดังกล่าวได้อย่างแม่นยำ

ประเด็นความเร็วในการเดินและความยาวของก้าวขาที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนเมื่อใส่ “เครื่องเดินดี™” ซึ่งขัดแย้งกับ Kottink และคณะ⁽⁵⁾ ที่ได้ทำการทบทวนวิจัยอย่างเป็นระบบของเครื่องกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าขณะเดินสำหรับปลายเท้าตกที่มีระบบคล้ายกันนี้ ซึ่งพบว่ามีความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้นโดยรวมร้อยละ 38 ทั้งนี้อาจเนื่องจากผู้เข้าร่วมวิจัยในงานทบทวนวิจัยดังกล่าวได้รับการฝึกเดินขณะใส่เครื่องเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์จนถึง 6 เดือนจึงทำให้มีความคุ้นเคยกับการใส่เครื่องขณะเดินและสามารถปรับรูปแบบการเดินให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องได้มากกว่า ซึ่งต่างจากงานวิจัยนี้ที่วัดผลทันที แม้ swing time ของขาข้างที่มีปลายเท้าตกจะลดลง แต่มี double support time เพิ่มขึ้น ในขณะที่ขาข้างดี แม้มี single support ลดลง แต่มี double support time เพิ่มขึ้น จึงทำให้ความเร็วในการเดินโดยรวมไม่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัด 2 ประการ ประการแรกคือ การใช้เครื่อง CDG ได้ข้อมูลระยะเวลาในแต่ละช่วงการเดิน และแรงกระทำในแนวตั้งต่อฝ่าเท้า แต่ไม่สามารถนำข้อมูลแรงกระทำในแนวตั้งต่อฝ่าเท้ามาแปลผลได้ เนื่องจากขณะ “เครื่องเดินดี™”

ทำงานมีสัญญาณรบกวนต่อข้อมูลแรงกระทำในแนวตั้งที่วัดจากเครื่อง CDG ประการที่สองคือการวัดมุมการเคลื่อนไหวข้อสะโพกและข้อเข่าที่งานวิจัยนี้ใช้การติดสัญญาณและการบันทึกภาพซึ่งมีตัวแปรรบกวนหลายอย่างต่อความถูกต้องในการวัดมุม เช่น ความสูงและระยะห่างของมุมกล้อง ความเอียงของลำตัวขณะเดิน จึงทำให้มุมที่วัดได้ไม่แม่นยำ และเนื่องด้วยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสำรวจ ดังนั้น หากมีการศึกษาเพิ่มเติมควรมีจำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยมากขึ้น ใช้อุปกรณ์การวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกและข้อเข่าที่แม่นยำมากขึ้น และอาจวัดมุมข้อเท้าด้วย หรือ มีการฝึกเดินเมื่อใส่ “เครื่องเดินดี™” เป็นระยะเวลาหนึ่งแล้วทดสอบรูปแบบการเดินอีกครั้ง

สรุป ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีปลายเท้าตก “เครื่องเดินดี™” ทำให้ขาข้างที่มีปลายเท้าตกเหยียดได้เร็วขึ้นเหยียบพื้นได้นานขึ้น แต่ไม่มีผลต่อมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกและเข่ารวมทั้งความเร็วในการเดิน

กิตติกรรมประกาศ

ผศ.นพ. ภาริส วงศ์แพทย์ ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู และ นพ.ศักดิ์ อาจองค์ วัลลิภากร กลุ่มงานสาขาระบาดวิทยาคลินิก และชีวสถิติ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารอ้างอิง

- Burrige JH, Taylor PN, Hagan SA, Wood DE, Swain ID. The effects of common peroneal stimulation on the effort and speed of walking: a randomized controlled trial with chronic hemiplegic patients. *Clin Rehabil* 1997;11:201–10.
- Wieler M, Stein RB, Ladouceur M, Whittaker M, Smith AW, Naaman S, et al. Multicenter evaluation of electrical stimulation systems for walking. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:495–500.
- Stein RB, Chong S, Everaert DG, Rolf R, Thompson AK, Whittaker M, et al. A multicenter trial of a footdrop stimulator controlled by a tilt sensor. *Neurorehabil Neural Repair* 2006; 20:371–79.
- Hausdorff JM, Ring H. Effects of a new radio frequency-controlled neuroprosthesis on gait symmetry and rhythmicity in patients with chronic hemiparesis. *Am J Phys Med Rehabil* 2008;87:4–13.
- Kottink AI, Oostendorp LJ, Buurke JH, Nene AV, Hermens HJ, IJzerman MJ. The orthotic effect of functional electrical stimulation on the improvement of walking in stroke patients with a dropped foot: a systematic review. *Artif Organs* 2004; 28:577–86.

- Sheffler LR, Bailey SN, Wilson RD, Chae J. Spatiotemporal, kinematic, and kinetic effects of a peroneal nerve stimulator versus an ankle foot orthosis in hemiparetic gait. *Neurorehabil Neural Repair* 2013;27:403-10
- Burrige J, Taylor P, Hagan S, Swain I. Experience of clinical use of the Odstock Dropped Foot Stimulator. *Artif Organs* 1997;21:254–60.
- ผศ.ดร.เซง เลิศมโนรัตน์. เดินดี [internet]. [Place unknown]: [Publisher unknown] [updated 2013 September 19; cited 2013 October 24]. Available from: <http://www.dearndee.com>
- Voigt M, Sinkjaer T. Kinematic and kinetic analysis of the walking pattern in hemiplegic patients with foot-drop using a peroneal nerve stimulator. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2000; 15:340-51.
- Simoneau GG. Kinesiology of walking. In: Neumann DA, editor. *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for physical rehabilitation*. 1st ed. St. Louis: Mosby; 2002. p. 529-69.
- Israel S, Kotowski S, Talbott N, Fisher K, Dunning K. The therapeutic effect of outpatient use of a peroneal nerve functional electrical stimulation neuroprosthesis in people with stroke: a case series. *Top Stroke Rehabil* 2011;18(6): 738– 45.
- Springer S, Vatine JJ, Lipson R, Wolf A, Laufer Y. Effects of dual-channel functional electrical stimulation on gait performance in patients with hemiparesis. *The Scientific World Journal* 2012;2012:8.
- Laufer Y, Ring H, Sprecher E, Hausdorff JM. Gait in Individuals with chronic hemiparesis: one-year follow-up of the effects of a neuroprosthesis that ameliorates foot drop. *J Neurol Phys Ther* 2009;33:104–10.
- Swigchem R, Weerdesteijn V, Duijnhoven HJ, Boer J, Beems T, Geurts AC. Near-normal gait pattern with peroneal electrical stimulation as a neuroprosthesis in the chronic phase of stroke: a case report. *Arch Phys Med Rehabil* 2011; 92:320–24.
- Kesar TM, Perumal R, Jancosko A, Reisman DS, Rudolph KS, Higginson JS, et al. Novel patterns of functional electrical stimulation have an immediate effect on dorsiflexor muscle function in gait for people post stroke. *Phys Ther* 2010;90: 55-66.
- Scott SM, van der Linden ML, Hooper JE, Cowan P, Mercer TH. Quantification of gait kinematics and walking ability of people with multiple sclerosis who are new users of functional electrical stimulation. *J Rehabil Med* 2013;45(4):364-69.