

การเปลี่ยนแปลงความสามารถด้านการเดินในผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังแบบไม่สมบูรณ์เมื่อใช้สิ่งชี้นำภายนอก

An alteration of gait performance in incomplete spinal cord injury (iSCI) patients when using external cues

มทิศา แก้วสุทธิ¹, สุกัลยา อมตฉายา¹, ณัฐเศรษฐ์ มนิมมานกร², พิพัฒน์ อมตฉายา³

Mathita Keawsutthi¹, Sugalya Amatachaya¹, Nuttaset Manimmanakorn², Pipatana Amatachaya³

¹สายวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

¹School of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University

²Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Faculty of Medicine, Khon Kaen University

³Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University

of Technology Isan

Submitted: 11 Sep 2008 Accepted: 29 Dec 2008

บทคัดย่อ

ผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังแบบไม่สมบูรณ์มักมีความลำบากในการควบคุมการเคลื่อนไหวโดยเฉพาะการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน เช่น การเดิน การวิจัยนี้ศึกษาผลของข้อมูลหรือสิ่งชี้นำภายนอกต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถด้านการเดินในผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังแบบไม่สมบูรณ์ (ASIA C และ D) ที่สามารถเดินได้เองโดยใช้หรือไม่ใช้เครื่องช่วยเดิน (FIM walking score = 5-7) จำนวน 12 ราย อาสาสมัครแต่ละรายได้รับการทดสอบการเดิน 4 กรณี คือ (1) เดินด้วยความเร็วสูงสุดโดยไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอก และเดินด้วยความเร็วสูงสุดร่วมกับ (2) การใช้สิ่งชี้นำทางสายตา (visual cue) (3) การใช้สิ่งชี้นำทางเสียง (auditory cue) และ (4) การใช้สิ่งชี้นำด้านระยะเวลาผ่านการรับรู้ทางสายตา (visuotemporal cue) โดย ตัวแปรที่ต้องการศึกษา ได้แก่ ความเร็วในการเดิน ระยะรอบการเดิน ความถี่ในการก้าว และความสมมาตรของระยะก้าว ผลการศึกษาพบว่าสิ่งชี้นำภายนอก ช่วยให้อาสาสมัครเดินได้เร็วขึ้นโดยมีระยะรอบการเดิน ความถี่ในการก้าวและความ

สมมาตรของระยะก้าวดีกว่าการไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอก โดย visuotemporal cue ช่วยให้อาสาสมัครมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเดินที่ชัดเจนมากกว่าการใช้สิ่งชี้นำอื่นๆ ($p < 0.01$) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ข้อมูลภายนอกต่อการปรับเปลี่ยนความเร็วในการเดินสำหรับผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังแบบไม่สมบูรณ์ ข้อมูลที่ได้ยังอาจประยุกต์ใช้ในการพัฒนาความสามารถด้านการเดินในผู้ป่วยกลุ่มอื่นๆ ได้

ABSTRACT

Patients with incomplete spinal cord injury (iSCI) are likely to have difficulty in movement control particularly a complex task such as walking. This study investigated effects of external information or external cues on an alteration of gait performance in independent ambulatory iSCI patients (ASIA C or D, and FIM walking score = 5-7). Twelve patients were recruited in the study.

*Corresponding author: School of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand. E-mail: mathita_027@hotmail.com

Gait performance was tested under 4 conditions including self-determined fastest walking speed, and fastest walking with the use of visual, auditory and visuotemporal cues. Average gait speed, stride length, cadence, and percent step symmetry were calculated for each tested condition. The results showed that an application of external cues facilitated participants to walk faster with a better stride length, cadence and step symmetry than walking at their own determination. Among external cues used in this study, only the visuotemporal cue facilitated subjects to have significant changes in their walking speed ($p < 0.01$). The findings indicate a significant role of external information in helping patients with iSCI to modify their walking speed. The data may also apply to promote gait performance in patients with other neurological disorders.

Key words: incomplete spinal cord injury, gait, external cues, motor control, rehabilitation

บทนำ

การบาดเจ็บของไขสันหลังส่งผลให้เกิดความบกพร่องในการทำงานของระบบประสาทสั่งการระบบประสาทรับความรู้สึก ระบบประสาทอัตโนมัติ และระบบอื่นๆ ของร่างกาย¹ ทำให้ผู้ป่วยมีปัญหาในการควบคุมการเคลื่อนไหวโดยเฉพาะการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน เช่น การเดิน มีรายงานว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่มักได้รับการบาดเจ็บของไขสันหลังแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete spinal cord injury หรือ iSCI) และสามารถเดินได้ แต่มีผู้ป่วยเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถใช้การเดินได้ในการทำกิจกรรมประจำวัน โดยการเปลี่ยนแปลงด้านการเดินที่สำคัญและชัดเจนของผู้ป่วยคือ ความเร็วในการเดิน² มีรายงานว่าความเร็วใน

การเดินมีความสำคัญต่อความสามารถในการเดินโดยรวมทั้งในแง่รูปแบบและระยะทาง³⁻⁴ กล่าวคือเมื่อเดินได้เร็วขึ้น ผู้ป่วยจะมีแรงขับเคลื่อนของขา (lower limbs force production) ระยะทางในการเดิน จังหวะการก้าวขา ตำแหน่งการวางเท้า และความสมมาตรของระยะก้าวที่ดีขึ้น³⁻⁴ โดยหากผู้ป่วยเดินได้เร็วขึ้น 0.05-0.1 เมตรวินาที ถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในเชิงการรักษา (clinical significance)⁵

แนวคิดเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนไหวในปัจจุบันเชื่อว่าการเคลื่อนไหวและข้อมูลที่ได้รับขณะเคลื่อนไหว (perceptual information) มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด⁶ โดยข้อมูลที่ได้รับจะช่วยกำหนดแรงและรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมกับงานและสถานการณ์ขณะนั้น⁷ โดยการปรับเปลี่ยนวงจรการรับรู้และตอบสนอง (perception-action cycle) ภายในร่างกาย ช่วยให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายทำงานประสานกันได้ดียิ่งขึ้น สำหรับข้อมูลหรือสิ่งชี้นำภายนอกที่มักใช้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการเดินในงานวิจัยที่ผ่านมาได้แก่ สิ่งชี้นำทางสายตา (visual cue) และสิ่งชี้นำทางเสียง (auditory cue)⁸⁻⁹ ซึ่งสิ่งชี้นำเหล่านี้มีการกำหนดลักษณะเฉพาะ (ระยะทางหรือจังหวะ) ให้อาสาสมัครปรับเปลี่ยนตามเพื่อให้ความเร็วและ/หรือลักษณะการเดินดีขึ้น โดยการศึกษาที่ผ่านมามักทำในอาสาสมัครที่มีปัญหาทางสมอง เช่น โรคหลอดเลือดสมอง พาร์กินสัน และคนปกติ⁸⁻¹⁰

Majsak และคณะ¹¹ ได้ศึกษาการใช้ข้อมูลด้านระยะเวลาผ่านการรับรู้ทางสายตาหรือ visuotemporal cue (ลูกบอลเลื่อนไปตามรางลาดเอียง) ต่อความสามารถในการเคลื่อนไหวแขนของผู้ป่วยพาร์กินสัน ผลการศึกษาพบว่าผู้ป่วยสามารถเคลื่อนไหวมือไปหยิบลูกบอลที่เลื่อนไปตามรางได้เร็วและแม่นยำกว่าการเอื้อมหยิบลูกบอลที่อยู่นิ่ง โดยลูกบอลที่เลื่อนไปถึงตำแหน่งที่กำหนดทำหน้าที่เป็นสิ่งชี้นำด้านเวลาเร่งเร็วให้อาสาสมัครค้นหาวิธีการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมกับตนเองที่สุดเพื่อให้สามารถทำงานสำเร็จได้ โดยข้อมูลหรือสิ่งชี้นำภายนอกนี้ทำหน้าที่ทดแทนการทำงานที่

บกพร่องของสมองในผู้ป่วยพารากินสัน¹¹

ผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังมีข้อจำกัดภายใน (individual constraints) แตกต่างจากกลุ่มผู้ป่วยที่เคยศึกษาก่อนหน้านี้ กล่าวคือ ผู้ป่วยมักมีปัญหาด้านการรับรู้ข้อมูลจากภายในร่างกาย เช่น proprioception และ light touch เป็นต้น¹² แต่การรับรู้จากภายนอก เช่น การมองเห็น การได้ยินยังปกติดี ในขณะที่ผู้ป่วยที่มีปัญหาทางสมองมักจะมีปัญหาการรับรู้จากภายนอกร่างกาย ความเข้าใจและการสื่อสาร โดยการรับรู้จากภายในร่างกายมักปกติ¹³ ดังนั้นการปรับเปลี่ยนการเคลื่อนไหวเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของงาน (task demands) ของผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังจึงอาจมีความแตกต่างกัน การใช้สิ่งชี้นำที่มีลักษณะเฉพาะจึงอาจไม่เหมาะกับผู้ป่วยกลุ่มนี้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะการเดินในผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังแบบไม่สมมาตรที่สามารถเดินได้เองอย่างอิสระระหว่างการใช้อุปกรณ์ชี้นำภายนอกที่มีการกำหนดลักษณะเฉพาะ (visual และ auditory cues) และไม่มีกำหนดลักษณะเฉพาะ (visuotemporal cue) เปรียบเทียบกับการเดินโดยไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอก

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional study) ซึ่งได้รับการรับรองจากคณะกรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศึกษาในอาสาสมัครผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังแบบไม่สมมาตร (ASIA C และ D) ที่สามารถเดินได้เองโดยให้หรือไม่ใช้เครื่องช่วยเดินเป็นระยะทางอย่างน้อย 17 เมตร (FIM walking scores = 5-7) อาสาสมัครเข้ารับการรักษานในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และไม่มีปัญหาการมองเห็นที่ไม่สามารถแก้ไขได้โดยใช้แว่นตาหรือคอนแทกเลนส์ ไม่มีปัญหาการได้ยิน และความผิดปกติอื่นๆ ที่มีผลต่อการวิจัย

อาสาสมัครแต่ละรายเข้าร่วมการวิจัย 2 วัน ติดต่อกัน โดยวันแรกอาสาสมัครได้รับการตรวจประเมินเพื่อระบุความรุนแรงของการบาดเจ็บไขสันหลัง (ASIA C หรือ D) ความสามารถด้านการเดิน (FIM walking score) และ ความผิดปกติต่างๆ ที่อาจมีผลต่อการเดิน (screening test) วันต่อมาอาสาสมัครได้รับการทดสอบลักษณะการเดินภายใต้เงื่อนไขต่างๆ 4 กรณีคือ

- **กรณีที่ 1** เดินเร็วที่สุดโดยไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอก (self-determined fastest walking speed) (รูปที่ 1ก)
- **กรณีที่ 2** เดินเร็วที่สุดโดยก้าวเท้าไปตามเทปสีที่ติดไว้บนพื้นซึ่งใช้เป็นสิ่งชี้นำทางสายตา (visual cue) ในระยะห่างกันประมาณร้อยละ 40 ของความสูงของอาสาสมัครแต่ละคน⁸ (รูปที่ 1ข)
- **กรณีที่ 3** เดินเร็วที่สุดโดยก้าวเท้าตามจังหวะจากเครื่องให้จังหวะ (metronome) ซึ่งใช้เป็นสิ่งชี้นำทางเสียง (auditory cue) โดยตั้งความถี่ของ metronome มากกว่าความถี่ที่ได้จากการเดินกรณีที่ 1 ร้อยละ 25⁸
- **กรณีที่ 4** เดินเร็วที่สุดเพื่อไปจับลูกบอลที่เคลื่อนไปตามรางในตำแหน่งที่กำหนด (visuotemporal cue) (รูปที่ 1ค)

การทดสอบแต่ละกรณี อาสาสมัครต้องเดินจำนวน 5 ครั้ง ไปตามทางเดินระยะทาง 8 เมตร โดยเลือกใช้อุปกรณ์ช่วยเดินที่รู้สึกมั่นใจและปลอดภัยขณะเดิน การเดิน 2 ครั้งแรกเป็นการฝึกให้คุ้นเคยกับเงื่อนไขการทดสอบแต่ละกรณี จากนั้นการเดินครั้งที่ 3-5 เป็นการเก็บข้อมูลลักษณะการเดินในเงื่อนไขนั้นๆ ขณะทดสอบอาสาสมัครต้องสวมผ้ารัดเอว (safety belt) ติด landmark บริเวณสันเท้าทั้งสองข้างเพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในการวิเคราะห์ข้อมูลและมีนักกายภาพบำบัดเดินตามเพื่อคอยให้ความช่วยเหลือตามความจำเป็น โดยอาสาสมัครสามารถพักได้ตามต้องการระหว่างการเดินแต่ละครั้ง อาสาสมัครทุกรายเริ่มต้นการทดสอบด้วยการเดินกรณีที่ 1 เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการ

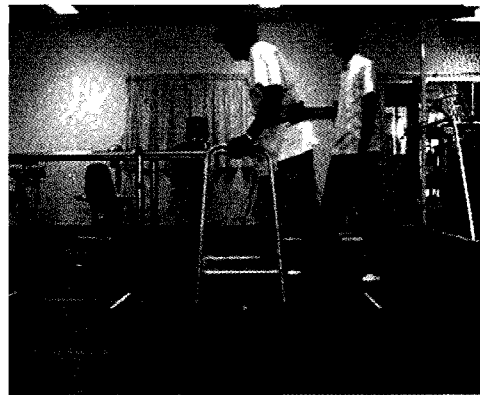
คำนวณความถี่ของเครื่องให้จังหวะในกรณีที่ 3 และใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับลักษณะการเดินกรณีที่ 2, 3 และ 4 โดยลำดับของการทดสอบในกรณีที่ 2, 3 และ 4 เป็นแบบสุ่มโดยใช้ Latin square เพื่อลด crossover effects (การเพื่อยล้าและการเรียนรู้) ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากลำดับของกรณีทดสอบ

ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย ความเร็วในการเดิน (walking speed) ระยะเวลาการเดิน (stride length) ความถี่ในการก้าว (cadence) และร้อยละของความสมมาตรของระยะก้าว (percent step symmetry) โดยลักษณะการเดินของอาสาสมัครถูกบันทึกด้วยกล้องดิจิทัล (Canon A70) ที่มีความเร็วในการบันทึกภาพ

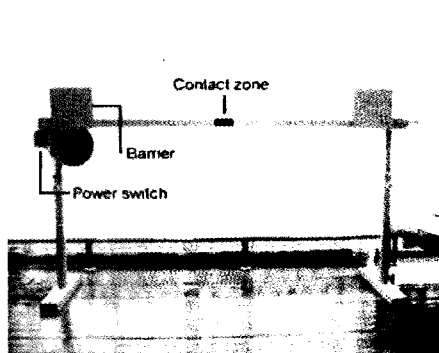
30 ภาพ/วินาที แล้ววิเคราะห์ลักษณะการเดินโดยวิธี manual digitization ร่วมกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งคณะผู้วิจัยเลือกใช้วิธีนี้เนื่องจากมีความสะดวกในการเก็บข้อมูลบนหอดผู้ป่วย โดยวิธีนี้ Said และคณะ¹⁴ ได้ศึกษาเปรียบเทียบค่าความเที่ยง (validity) กับการใช้เครื่อง PEAK motion analysis พบว่ามีค่าความสัมพันธ์สูง ($ICC_{3,1} = 0.95-0.99$) และมีค่าความน่าเชื่อถือ (reliability) สูง ($r = 0.96$, $ICC_{3,1} = 0.94$) สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาค่า intrarater reliability ของการใช้วิธีนี้พบว่ามีค่าความน่าเชื่อถือสูงเช่นกัน ($r = 0.98$, $ICC_{3,1} = 0.96$)



(ก)



(ข)



(ค)



รูปที่ 1 การทดสอบการเดินกรณีต่างๆ (ก) ไม่ใช้สิ่งชี้ร่างกายนอก (self-determined fastest walking speed) (ข) ใช้ visual cue (ค) Moving-ball machine สำหรับให้ visuotemporal cue และใช้ visuotemporal cue

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนาเพื่ออธิบายลักษณะของอาสาสมัคร และเนื่องจากอาสาสมัครมีจำนวนน้อย แต่ละรายมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันมากทำให้ข้อมูลมีการกระจายแบบไม่ปกติจึงใช้ Friedman's Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะการเดินทั้ง 4 กรณี และใช้ Wilcoxon Signed Rank Test¹⁵ เพื่อระบุคู่ที่มีความแตกต่าง โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.01

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัยมีจำนวน 12 ราย เป็นเพศหญิง 2 ราย และเพศชาย 10 ราย มีอายุระหว่าง 16-63 ปี (41±13.27 ปี) ระดับความรุนแรงของการบาดเจ็บแบบ ASIA C จำนวน 3 รายและ ASIA D จำนวน 9 ราย ระยะเวลาหลังการบาดเจ็บอยู่ในช่วง 2-132 เดือน (41.17±38.55 เดือน) สามารถเดินได้เองโดยใช้เครื่องช่วยเดิน (FIM walking scores = 6) จำนวน 10 ราย และเดินได้เองโดยไม่ใช้เครื่องช่วยเดิน (FIM walking scores = 7) จำนวน 2 ราย ลักษณะของอาสาสมัครดังแสดงในตารางที่ 1

ผลการวิจัย

ลักษณะอาสาสมัคร

ตารางที่ 1 ลักษณะของอาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 12 ราย

ลำดับ	เพศ	อายุ (ปี)	ระดับการบาดเจ็บ	ASIA classes	ระยะเวลาหลังการบาดเจ็บ (เดือน)	ASIA motor scores (50)		Muscle tone (MAS)	Sensory scores (Light touch: 56)		Proprioception (12)		FIM walking scores	Walking devices
						Rt.	Lt.		Rt.	Lt.	Rt.	Lt.		
1	หญิง	16	Paraparesis	C	37	33	35	0	50	50	12	12	6	Walker + AFO
2	ชาย	63	Paraparesis	D	36	42	42	0	50	50	11	11	6	Walker
3	ชาย	37	Paraparesis	C	24	26	41	0	56	56	12	12	6	Walker
4	ชาย	32	Quadriparesis	D	6	32	33	1	45	45	11	11	6	Crutches
5	ชาย	52	Quadriparesis	D	2	34	37	0	52	53	12	12	7	-
6	ชาย	43	Quadriparesis	C	48	41	37	1+	21	21	9	9	6	Walker
7	หญิง	54	Quadriparesis	D	108	46	31	0	56	56	12	12	6	Walker
8	ชาย	46	Paraparesis	D	47	43	41	0	56	56	12	12	6	Walker
9	ชาย	42	Paraparesis	D	32	48	48	1	44	44	11	12	6	Walker
10	ชาย	32	Quadriparesis	D	8	40	42	1	45	45	12	12	7	-
11	ชาย	22	Quadriparesis	D	14	35	48	1	36	35	8	11	6	Walker
12	ชาย	53	Quadriparesis	D	132	45	43	0	56	56	11	11	6	Walker

หมายเหตุ ASIA classes: American Spinal Injury Association (ASIA) impairment scales, FIM walking score: Functional Independence Measures (FIM) walking score, MAS: Modified Ashworth Scale, AFO: Ankle Foot Orthoses

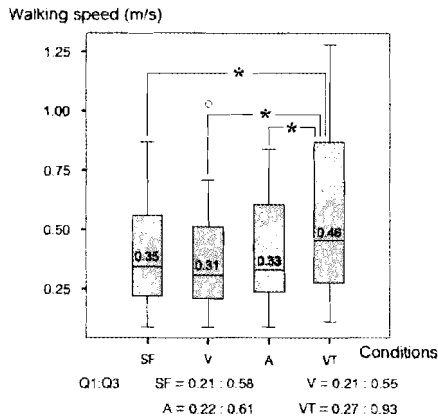
ผลของสิ่งชี้นำภายนอกต่อความสามารถด้านการเดิน

การใช้สิ่งชี้นำภายนอกช่วยให้อาสาสมัครส่วนใหญ่เดินได้เร็วขึ้นโดยมีระยะเวลาการเดิน ความถี่ในการก้าวและความสมมาตรของระยะก้าวดีกว่าการไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอก โดยการให้ visuotemporal cue ทำให้อาสาสมัครมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการเดินทุกด้าน

ดีกว่าการไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอกและการใช้สิ่งชี้นำอื่นๆ ยกเว้นระยะรอบการเดินซึ่ง visual cue เป็นสิ่งชี้นำภายนอกที่ช่วยให้อาสาสมัครมีระยะเวลารอบการเดินดีที่สุด (รูปที่ 2) การวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความเร็วในการเดิน ระยะ

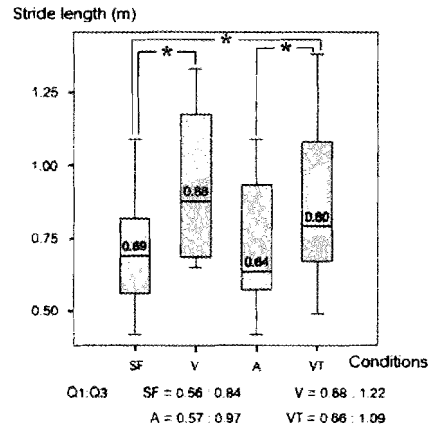
รอบการเดิน และความเร็วในการก้าว ($p < 0.01$) เมื่อใช้และไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอก

เมื่อพิจารณาความเร็วในการเดินพบว่า visuotemporal cue (median=0.46 เมตร/วินาที) ช่วย

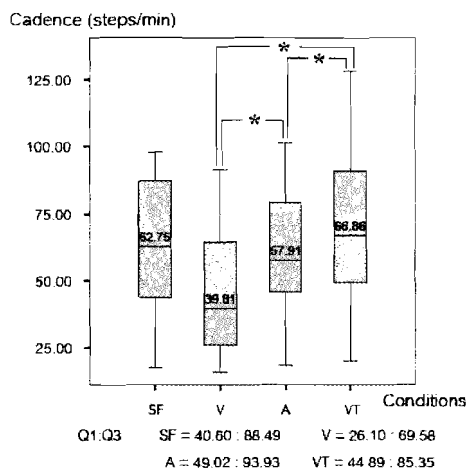


(ก) ความเร็วในการเดิน (walking speed)

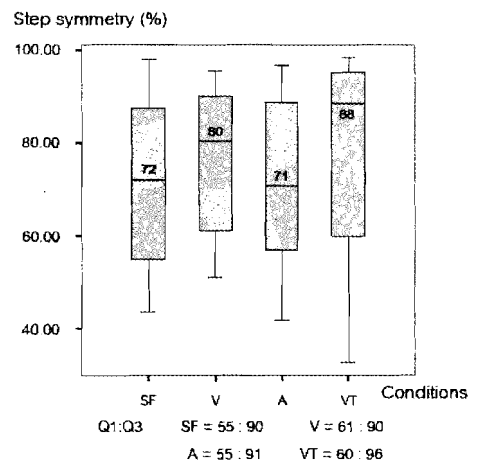
ให้อาสาสมัครเดินเร็วมากกว่าการเดินกรณีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (median=0.35, 0.31, และ 0.33 เมตร/วินาที สำหรับการไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอก visual และ auditory cues ตามลำดับ) (รูปที่ 2ก)



(ข) ระยะรอบการเดิน (stride length)



(ค) ความถี่ในการก้าว (cadence)



(ง) ความสมมาตรของระยะก้าว (step symmetry)

รูปที่ 2 ผลของการใช้และไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอกต่อการเดินในอาสาสมัครจำนวน 12 ราย แสดงค่าของข้อมูลโดยใช้ค่ากลาง และค่าของข้อมูลที่ Q1 และ Q3 โดย SF= เดินเร็วที่สุดโดยไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอก (self-determining fastest walking speed), V = เดินเร็วที่สุดร่วมกับการใช้ visual cue, A = เดินเร็วที่สุดร่วมกับการใช้ auditory cue, VT= เดินเร็วที่สุดร่วมกับการใช้ visuotemporal cue โดย * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

สำหรับผลของสิ่งชี้นำภายนอกต่อระยะรอบการเดินพบว่า visual (median=0.88 เมตร) และ visuotemporal cues (median=0.80 เมตร) ช่วยให้อาสาสมัครมีระยะรอบการเดินยาวกว่าการไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอกและการใช้ auditory cue (median=0.69 และ 0.64 เมตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$)

(รูปที่ 2ข) แต่เมื่อพิจารณาความเร็วในการเดินพบว่า visual และ auditory cues (median=39.81 และ 57.91 ก้าว/นาที ตามลำดับ) ทำให้อาสาสมัครมีความถี่ในการเดินน้อยกว่าการไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอก (median =62.75 ก้าว/นาที) และการใช้ visuotemporal cue (median=66.86 ก้าว/นาที) โดย visual และ

auditory cues ทำให้อาสาสมัครมีความถี่ในการเดินน้อยกว่าการใช้ visuotemporal cue อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (รูปที่ 2ค)

เมื่อพิจารณาความสมมาตรของระยะก้าวของขาทั้งสองข้างพบว่าการใช้ visuotemporal (median=88 %) และ visual cues (median=80 %) ทำให้อาสาสมัครมีความสมมาตรของระยะก้าวดีกว่าการไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอก และ การใช้ auditory cue (median=72 และ 71 % ตามลำดับ) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 2ง)

บทวิจารณ์และสรุปผล

การวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้สิ่งชี้นำภายนอกต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะการเดินในผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังแบบไม่สมมาตรที่สามารถเดินได้เองเปรียบเทียบกับ การเดินโดยไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอก ผลการศึกษาพบว่าสิ่งชี้นำภายนอกช่วยให้อาสาสมัครเดินได้เร็วขึ้นโดยมีระยะเวลาการเดิน ความถี่ในการก้าว และความสมมาตรของระยะก้าวดีกว่าการไม่ใช้สิ่งชี้นำ ข้อมูลนี้อาจแสดงเป็นนัยว่าอาสาสมัครบาดเจ็บไขสันหลังแบบไม่สมมาตรที่สามารถเดินได้เองยังมีความสามารถบางส่วนเหลืออยู่ โดยความสามารถส่วนนี้อาสาสมัครไม่สามารถแสดงออกมาได้ด้วยตนเอง ซึ่งอาจเป็นผลจากความบกพร่องในการรับรู้ข้อมูลจากภายในร่างกาย ได้แก่ การรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อและการรับรู้ความรู้สึกสัมผัส (ตารางที่ 1) การให้ข้อมูลภายนอกที่เหมาะสมผ่านระบบการรับรู้ที่ยังปกติอยู่ เช่น การมองเห็นและการได้ยิน ช่วยให้อาสาสมัครได้รับข้อมูลป้อนกลับที่ช่วยชดเชยการทำงานหรือการรับรู้ที่ผิดปกติภายในร่างกาย¹⁶⁻¹⁷ นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้สิ่งชี้นำภายนอกที่เกี่ยวข้องกับระยะทางและเวลา (spatial and temporal information) ที่เหมาะสม ยังอาจช่วยชดเชยการทำงานที่บกพร่องของระบบประสาทสั่งการที่ทำให้อาสาสมัครมีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อภายใต้อำนาจจิตใจ และการเปลี่ยนแปลงความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (ตารางที่ 1) ทำให้อาสาสมัครไม่สามารถควบคุมส่วนต่างๆ ของร่างกาย

ให้ทำงานประสานสัมพันธ์กันได้ มีรายงานว่าข้อมูลภายนอกจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นเอง (spontaneous movement) โดยการช่วยปรับเปลี่ยนวงจรการรับรู้และตอบสนอง (perception-action cycle) ภายในร่างกาย ช่วยให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายทำงานประสานกันได้ดียิ่งขึ้น^{3, 16, 17}

ผลการศึกษาพบว่า visuotemporal cue เป็นสิ่งชี้นำที่ดีที่สุดในการช่วยปรับเปลี่ยน spatiotemporal parameters ในการเดินของอาสาสมัคร โดยเมื่อพิจารณาความเร็วในการเดิน พบว่า visuotemporal cue ช่วยให้อาสาสมัครเดินได้เร็วกว่าการไม่ใช้สิ่งชี้นำภายนอกและสิ่งชี้นำอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมากกว่าการเดินเร็วที่สุดด้วยตัวผู้ป่วยเอง 0.19 ± 0.14 เมตร/วินาที ซึ่งเป็นความแตกต่างที่มีความสำคัญในเชิงการรักษาค่า (clinical significance)⁵ นอกจากนี้ visuotemporal cue ยังช่วยให้อาสาสมัครมีระยะเวลาการเดิน ความถี่ และความสมมาตรของระยะก้าวที่ดีขึ้นด้วย เมื่อพิจารณาลักษณะเฉพาะของสิ่งชี้นำพบว่าลูกบอลที่เลื่อนไปตามรางถึงตำแหน่งที่กำหนดทำหน้าที่เป็นสิ่งชี้นำด้านเวลา (time constraints) ผ่านการรับรู้ทางสายตาเร่งเร้าให้อาสาสมัครปรับเปลี่ยนวิธีการเคลื่อนไหวที่ดีและเหมาะสมที่สุดกับข้อจำกัดภายในของแต่ละคน (individual constraints) โดยไม่ได้กำหนดลักษณะเฉพาะให้อาสาสมัครปรับเปลี่ยนตามดังเช่นการใช้ visual และ auditory cues (ปรับระยะก้าวหรือความถี่)

ปกติการเพิ่มความเร็วในการเดินสามารถทำได้โดยการเพิ่มระยะการก้าวและ/หรือความถี่ในการก้าว เมื่อพิจารณาผลการใช้ visual cue ซึ่งเป็นสิ่งชี้นำที่กำหนด ระยะการก้าวที่ต้องการให้อาสาสมัครปรับเปลี่ยนตาม (spatial adjustment) พบว่าอาสาสมัครมีระยะเวลาการเดินที่ดีที่สุดแต่มีความถี่ในการก้าวที่น้อยที่สุด ซึ่งอาจเป็นเพราะลักษณะเฉพาะของข้อมูลทำให้อาสาสมัคร พยายามปรับเปลี่ยนระยะก้าวให้เท่ากับระยะแถบสีที่ติดไว้บนพื้น ทำให้ระยะเวลาการเดินและความสมมาตรของระยะก้าวที่ดีที่สุดในขณะที่ความถี่

ในการก้าวที่น้อยที่สุด และความเร็วในการเดินไม่ต่างจากการไม่ใช้สิ่งชี้้นำภายนอก

สำหรับ auditory cue พบว่าสิ่งชี้นำนี้ทำให้อาสาสมัครมีความเร็ว ระยะรอบการเดิน และความสมมาตรของระยะก้าวไม่แตกต่างจากการไม่ใช้สิ่งชี้นำมากนัก ในขณะที่ความถี่ในการก้าวน้อยกว่าการไม่ใช้สิ่งชี้นำ ซึ่งผลการวิจัยนี้แตกต่างจากผลงานวิจัยที่ผ่านมาที่รายงานว่าการใช้ auditory cue ช่วยให้อาสาสมัครเดินได้เร็วขึ้นร่วมกับมีความถี่ในการเดินดีขึ้น⁸ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเสียงจากเครื่องให้จังหวะเป็นสิ่งชี้นำที่มีลักษณะเร่งเร้าทำให้ส่งผลในทางตรงข้ามกับอาสาสมัคร (ซึ่งส่วนใหญ่มีความตึงตัวของกล้ามเนื้อสูงมากกว่าปกติ)¹⁶ ทำให้มีความตึงตัวของกล้ามเนื้อสูงขึ้นขณะใช้สิ่งชี้นำ ส่งผลให้ควบคุมการเคลื่อนไหวได้ลำบากมากขึ้น ซึ่งสมมติฐานนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Rossignol และ Jones¹⁹ ที่รายงานว่าเสียงจากเครื่องให้จังหวะทำให้ amplitude ของ H-reflex ในกล้ามเนื้อของคนปกติมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นการใช้สิ่งชี้นำที่มีลักษณะเร่งเร้าอาจเป็นข้อควรระวังในการนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการเดินของผู้ป่วยที่มีอาการเกร็งของกล้ามเนื้อที่ค่อนข้างสูง

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สิ่งชี้นำภายนอกช่วยปรับเปลี่ยนการเคลื่อนไหวขณะเดินของอาสาสมัครบาดเจ็บไขสันหลังได้แม้อาสาสมัครส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยในระยะเรื้อรัง (chronic stage) (ตารางที่ 1) การประยุกต์ใช้สิ่งชี้นำภายนอกที่เหมาะสมจึงน่าจะสามารถประยุกต์ใช้เป็นการรักษาทางเลือกสำหรับการพัฒนาการเดินของผู้ป่วยกลุ่มนี้ได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดบางประการที่อาจมีผลต่อการนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ ได้แก่ การศึกษานี้เป็นการศึกษา แบบภาคตัดขวางในอาสาสมัครจำนวนน้อย ดังนั้น การศึกษาเพิ่มเติมโดยการศึกษาผลการฝึกเดินโดยใช้สิ่งชี้นำภายนอกน่าจะช่วยยืนยันผลการศึกษานี้ได้ นอกจากนี้ การทดสอบการเดินเร็วที่สุดด้วยตนเอง

ก่อนการทดสอบกรณีอื่นๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของการคำนวณความถี่ในการก้าวขา ทำให้ไม่ได้นำไปสู่ผลลัพธ์รวมกับกรณีอื่น หากมีการนำกรณีนี้ไปสู่ผลลัพธ์การทดสอบกับกรณีอื่นอาจทำให้ได้ผลการศึกษาที่แตกต่างไปจากนี้ได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย และคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Fredericks CM, Saladin LK. Pathophysiology of the motor systems: principle and clinical presentations. Jean-Francois Vilain: Philidelphia; 1996.
2. Barbeau H, Ladouceur M, Norman KE, Pepin A, Leroux A. Walking after spinal cord injury: evaluation, treatment and functional recovery. Arch Phys Med Rehabil 1999; 80: 225-35.
3. Wagenaar R, Van Emmerik R. Dynamics of movement disorders. Hum Mov Sci 1996; 15: 161-75.
4. Field-Fote E, Tepavac D. Improved intralimb coordination in people with incomplete spinal cord injury following training with body weight support and electrical stimulation. Phys Ther 2002; 82: 707-15.
5. Perera S, Mody SH, Woodman RC, Studenski SA. Meaningful change and responsiveness in common physical performance measures in older adults. J Am Geriatr Soc 2006; 54: 734-9.
6. Beek P, Van Wieringen P. Perspectives on the relation between information and dynamics: an epilogue. Hum Mov Sci 1994; 13: 519-33.

7. Gibson JJ. The ecological approach to visual perception. Boston: Houghton Mifflin; 1979.
8. Suteerawattananon M, Morris GS, Etnyre BR, Jankovic J, Protas EJ. Effect of visual and auditory cues on gait in individuals with Parkinson's disease. *J Neurol Sci* 2004; 219: 63-9.
9. Thaut MH, Leins AK, Rice RR, Argstatter H, Kenyon GP, McIntosh GC et al. Rhythmic auditory stimulation improves gait more than NDT/Bobath training in near-ambulatory patients early poststroke: a single-blind, randomized trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2007; 21: 455-9.
10. Reynolds RF, Day BL. Visual guidance of the human foot during a step. *J Physiol* 2005; 569: 677-84.
11. Majsak MJ, Kaminski T, Gentile AM, Flanagan R. The reaching movements of patients with Parkinson's disease under self-determined maximal speed and visually cued conditions. *Brain* 1998; 121: 755-66.
12. Somers M, editor. Spinal cord injury: functional rehabilitation. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall; 2001.
13. Laidler P. Enable or disable: evidence-based clinical problem-solving. In: Fawcus R, editor. *Stroke ehabilitation: a collaborative approach*. London: Blackwell Science; 2000. p. 55-82.
14. Said CM, Goldie PA, Patla AE, Sparrow WA. Effect of stroke on step characteristics of obstacle crossing. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 1712-9.
15. Wirz M, Van Hedel HJ, Rubb R, Curt A, Dietz V. Muscle force and gait performance: relationships after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 1218-22.
16. Wagenaar RC, Beek WJ. Hemiplegic gait: a kinematic analysis using walking speed as a basis. *J Biomech* 1992; 25: 1007-15.
17. Davids K, Glazier P, Ara?jo D, Bartlett R. Movement systems as dynamical systems: the functional role of variability and its implications for sports medicine. *Sports Med* 2003; 33: 245-60.
18. Phadke CP, Wu SS, Thompson FJ, Behrman AL. Comparison of soleus H-reflex modulation after incomplete spinal cord injury in 2 walking environments: treadmill with body weight support and overground. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 1606-13.
19. Rossignol S, Jones GM. 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: 83-92.