



ประสิทธิผลของอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดสำหรับรถนั่งคนพิการรุ่นช่วยเหลือตนเอง ตามมุมมองของผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลัง

ปุนยภา สุรสิทธิ์สิน ส.ม., สาลิน เรืองศรี วท.บ., ชลการ มโนเย็น วศ.บ.

งานศูนย์สาธิตอุปกรณ์เครื่องช่วยคนพิการ สถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

The Effectiveness of Ascending and Descending Stairs Assistive Devices for Independent Wheelchairs from the Perspective of Patients with Spinal Cord Injuries

Punyapha Surasitsin, M.P.H., Salin Ruangsri, B.Sc., Chonlakarn Manoyen, B.Eng. Assistive Technology Unit, Sirindhorn National Medical Rehabilitation Institute, Talat Kwan, Mueang Nonthaburi, Nonthaburi, 11000, Thailand

Corresponding Author: Punyapha Surasitsin (E-mail: punyaphas@gmail.com)

(Received: 6 March, 2024; Revised: 5 July, 2024; Accepted: 1 November, 2024)

Abstract

Background: A prototype ascending and descending stairs assistive device for independent wheelchairs is created based on the problem of wheelchair users who can help themselves independently, but limitations are found when used in different environments. It is possible that users could be in danger from ascending and descending. However, users can push their wheelchairs to safely ascend and descend the stairs, leading to a better quality of life. **Objective:** To study the effectiveness of ascending and descending assistive devices for independent wheelchair users and develop a prototype assistive device to meet user needs and safety concerns. **Method:** This was a quasi-experimental study, in which 15 healthy spinal cord injured patients tested a prototype device for ascending and descending the stairs. Results were measured using the WST Version 5.2 Form Manual Wheelchairs, Comfort rating and Perceived Safety Scale, and QUEST (Version 2.0). Data were analyzed using descriptive statistics and the Wilcoxon signed-rank test, with the statistical significance level set at .05. **Results:** When comparing wheelchair skills and perception of comfort and safety before and after using the prototype of ascending and descending stairs assistive devices for independent wheelchairs, it was found that skills in ascending stairs and perception of safety were significantly different (p -value $< .001$), but skills in descending stairs and perception of comfort were not different at the significance level $\alpha = 0.05$, (p -value = .149 and p -value = .120, respectively). The sample group was very satisfied with the use of the equipment in terms of weight, safety, convenience, efficiency, and response to needs. **Conclusion:** This prototype assistive device can help the sample group safely ascend and descend the stairs independently, meeting the needs of the users.

Keywords: Stairs assistive devices, Ascending stairs wheelchair, Stairs-climbing wheelchair, Assistive devices

บทคัดย่อ

ภูมิหลัง: ต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดสำหรับรถนั่งคนพิการรุ่นช่วยเหลือนตนเองนี้สร้างขึ้นจากปัญหาของผู้ใช้รถนั่งคนพิการที่สามารถช่วยเหลือนตนเองได้อย่างอิสระ แต่พบข้อจำกัดเมื่อนำไปใช้กับสิ่งแวดล้อมที่มีความต่างระดับ มีโอกาสที่ผู้ใช้จะเกิดอันตรายจากการขึ้น-ลง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถขึ้นรถนั่งคนพิการขึ้น-ลงบันไดได้ด้วยตนเองอย่างปลอดภัยและนำไปสู่คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น **วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาประสิทธิผลของอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดสำหรับรถนั่งคนพิการ รุ่นช่วยเหลือนตนเองและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ให้ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งานและปลอดภัยต่อไป **วิธีการ:** เป็นการศึกษาเชิงทดลองโดยใช้ต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดทดสอบในกลุ่มผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังร่างกายแข็งแรงจำนวน 15 คน วัดผลโดยใช้แบบประเมินทักษะการใช้รถนั่งคนพิการเวอร์ชัน 5.2 แบบประเมินการรับรู้ความรู้สึกลบและปลอดภัย และแบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและ Wilcoxon signed-rank test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 **ผล:** เปรียบเทียบทักษะการใช้ รถนั่งคนพิการ และการรับรู้ความรู้สึกลบและปลอดภัยก่อนและหลังใช้ต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันได พบว่าทักษะขณะขึ้นบันไดและการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < .001$) แต่ทักษะการลงบันไดและการรับรู้ความรู้สึกสบาย มีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ ($p\text{-value} = .149$ และ $p\text{-value} = .120$ ตามลำดับ) ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจมากต่อการใช้งานอุปกรณ์ในประเด็นน้ำหนักความปลอดภัย สะดวกสบายและมีประสิทธิภาพ ตอบสนองต่อความต้องการ **สรุป:** ต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดสามารถช่วยให้กลุ่มตัวอย่างขึ้น-ลงบันไดได้ด้วยตนเองได้และปลอดภัยมากขึ้นตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

คำสำคัญ: อุปกรณ์ช่วยขึ้นบันได, รถนั่งคนพิการขึ้นบันได, รถนั่งคนพิการขึ้นบันได, อุปกรณ์ช่วย

บทนำ

คนพิการที่ใช้รถนั่งคนพิการ มีกล้ามเนื้อและมือทั้งสองข้างแข็งแรง นั่งทรงตัวได้ดี เช่นกลุ่มผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลัง ผู้ป่วยขาขาด และผู้ป่วยโปลิโอ เป็นต้น มักช่วยเหลือนตนเองได้อย่างอิสระและสามารถเคลื่อนที่ด้วยรถนั่งคนพิการรุ่นช่วยเหลือนตนเองได้อย่างคล่องแคล่วในสภาพแวดล้อมต่างๆ อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าผู้ใช้รถนั่งคนพิการกลุ่มดังกล่าวจำนวนมากที่มีข้อจำกัดในการใช้ชีวิตประจำวันจากอุปสรรค

ด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะกรณีที่อยู่อาศัยมีบันไดและไม่สามารถปรับปรุงให้รถนั่งคนพิการขึ้น-ลงบันไดได้ง่าย โดยเฉพาะผู้ที่อาศัยบ้าน/ห้องเช่า อีกทั้งกรณีเดินทางไปนอกบ้าน เช่น ไปเรียนหนังสือ ไปทำงานหรือไปติดต่อสถานที่ต่างๆ ที่มีบันได ไม่มีลิฟต์หรือทางลาดที่เข้าถึงได้ ผู้ใช้รถนั่งคนพิการจึงต้องขอความช่วยเหลือจากผู้อื่นหรือหลีกเลี่ยงการไปสถานที่เหล่านั้นแม้ว่าจะเป็นบันไดเพียง 2-3 ขั้นก็ตามทำให้การทำกิจกรรมต่างๆ และการเข้าไปมีส่วนร่วมในสังคมมีข้อจำกัดอย่างมาก ในการศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังประเภทอัมพาตครึ่งท่อนล่าง (paraplegia) เนื่องจากผู้ป่วยกลุ่มนี้ส่วนใหญ่อยู่ในวัยเรียนและวัยทำงาน บางคนมีบทบาทเป็นหัวหน้าครอบครัวที่ต้องการความคล่องตัวสูง¹ จากสถิติการให้บริการฝึกทักษะการใช้รถนั่งคนพิการของงานศูนย์สาธิตอุปกรณ์เครื่องช่วยคนพิการ สถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูฯ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ที่ผ่านมาพบว่าผู้ที่ได้รับการฝึกจำนวนทั้งหมด 125 คน รวม 1,044 ครั้ง (เฉลี่ย 8 ครั้ง/คน) เป็นกลุ่มผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังประเภทอัมพาตครึ่งท่อนล่างจำนวน 23 คน และมีจำนวน 5 คนที่สามารถฝึกขึ้นรถนั่งคนพิการขึ้น-ลงบันไดได้คิดเป็นร้อยละ 21.74 ของผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังประเภทอัมพาตครึ่งท่อนล่างที่มารับการฝึกทักษะการใช้รถนั่งคนพิการทั้งหมด² จำนวนผู้ป่วยที่สามารถฝึกทักษะนี้ได้อาจมีจำนวนไม่มากนัก เนื่องจากทักษะการขึ้นรถนั่งคนพิการขึ้น-ลงบันไดด้วยตนเองเป็นทักษะที่เสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้ม และเกิดการบาดเจ็บของข้อไหล่หากผู้ป่วยมีกล้ามเนื้อแขนทั้งสองข้างไม่แข็งแรงเพียงพอ ซึ่งการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบขึ้นนี้จากการนำเอากลไกของเฟืองทางเดียว (Ratchet)³ มาดัดแปลงที่ล้อหลังของรถนั่งคนพิการ เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้รถไหลลงสู่ที่ต่ำ ยังคงสามารถค้างไว้ที่ขึ้นบันไดได้ ส่งผลให้ผู้ป่วยออกแรงที่ข้อไหล่ทั้ง 2 ข้างน้อยลง หากมีอุปกรณ์ช่วยนี้จะช่วยให้ผู้ป่วยกลุ่มนี้ขึ้น-ลงบันไดง่ายและปลอดภัยยิ่งขึ้น อาจช่วยลดข้อจำกัดการเข้าสู่สังคมและช่วยเพิ่มความรู้สึกเป็นอิสระและภาคภูมิใจในตนเอง นำไปสู่คุณภาพชีวิตที่ดีได้ และจากการทบทวนบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 112 บทความ ของ Abhishek Verma และคณะ⁴ พบช่องว่างของการออกแบบต้นแบบและผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการขึ้นบันไดเป็นหลัก แต่ไม่ได้มุ่งเน้นไปที่ความต้องการด้านการใช้งานอื่นๆ เช่น ความปลอดภัย ความสะดวกสบายในการใช้ ความสบายของที่นั่ง ความคล่องตัว ฯลฯ ดังนั้นการศึกษานี้จึงศึกษาจากทักษะการใช้รถนั่งคนพิการขึ้น-ลงบันไดด้วยตนเอง การรับรู้ความรู้สึกสบายและปลอดภัยก่อนและหลังใช้

อุปกรณ์ และระดับความพึงพอใจหลังใช้ต้นแบบอุปกรณ์ช่วยของกลุ่มตัวอย่าง

วัตถุประสงค์และวิธีการ

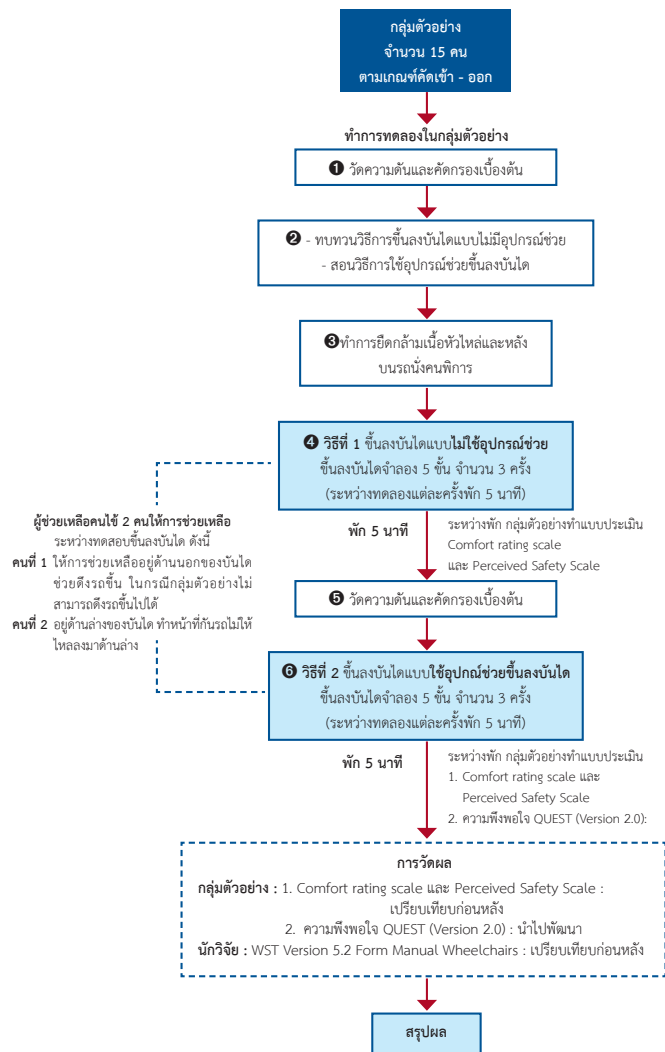
การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยและพัฒนาตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ⁵ ของช่วงแรกโดยนำกลไกการทำงานของเฟืองทางเดียวและก้านค้ำ^{3, 6} มาดัดแปลงที่ดุมล้อหลังของรถนั่งคนพิการรุ่นช่วยเหลือนตนเอง และนำสู่กระบวนการวิจัยเชิงคลินิกในลักษณะการวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังใช้ต้นแบบอุปกรณ์ช่วยเพื่อศึกษาประสิทธิผลของต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันได ระดับความพึงพอใจ ความรู้สึกสบายและปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างต่อต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดสำหรับรถนั่งคนพิการรุ่นช่วยเหลือนตนเอง และเพื่อนำไปพัฒนาอุปกรณ์ให้ตรงต่อความต้องการและปลอดภัยต่อไป ประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังประเภทอัมพาตครึ่งท่อนล่าง ร่างกายแข็งแรงไม่มีโรคประจำตัว ผ่านการทดสอบทักษะการใช้รถนั่งคนพิการตามแบบ WST Version 5.2⁷ ตั้งแต่ทักษะในหัวข้อที่ 1-30 ได้ระดับคะแนนไม่ต่ำกว่า 3 คะแนน อายุ 18 ปีขึ้นไป น้ำหนักระหว่าง 40-80 กิโลกรัม มีส่วนสูงไม่เกิน 180 เซนติเมตร และยินดีเข้าร่วมการวิจัยระหว่างเดือนธันวาคม 2565 - เมษายน 2566 จำนวน 15 คน โดยมีเกณฑ์การคัดออกคือกลุ่มตัวอย่างที่มีอาการปวดข้อไหล่ข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้างที่มีระดับคะแนนความปวด (numerical rating scale) ≥ 5 อยู่ก่อนการเข้าร่วมโครงการ และไม่สามารถสื่อสารเป็นภาษาไทยได้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติ Wilcoxon signed-rank test เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังใช้อุปกรณ์ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ $< .05$ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์สถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูฯ ลงวันที่ 7 เมษายน 2565 เลขที่ 65013

อุปกรณ์ที่ใช้ ประกอบด้วย 1) ต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดสำหรับรถนั่งคนพิการรุ่นช่วยเหลือนตนเอง 2) บันได 5 ขั้น 3) สายรัดเอวสำหรับกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยแบบประเมินมาตรฐาน 1) แบบประเมิน Wheelchair Skills Test (WST) Version 5.2 Form Manual Wheelchairs⁷ 2) แบบ

ประเมินความรู้สึกสบาย (comfort rating scale) และการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย (perceived safety scale)⁸ และ 3) แบบประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก⁹ ที่พัฒนามาจากแบบประเมินความพึงพอใจผู้ใช้เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกของคิวเบคเวอร์ชัน 2.0 (Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology; QUEST 2.0)¹⁰

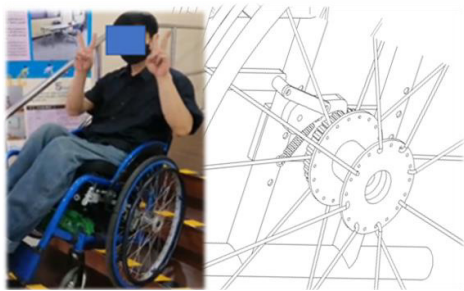
ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ดังแผนผังที่ 1



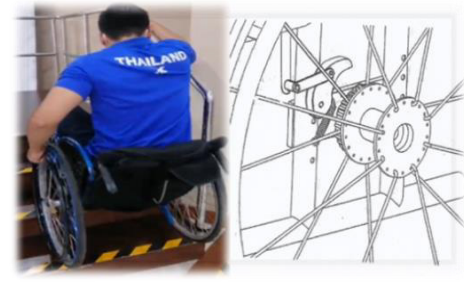
แผนผังที่ 1 แสดงขั้นตอนการวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดสำหรับ
รถนั่งคนพิการ รุ่นช่วยเหลือตนเอง



ภาพ 2 แสดงการทำงานของเฟืองทางเดียวหยุดค้าง
อยู่บนขั้นบันไดขณะขึ้น



ภาพ 3 แสดงการทำงานของเฟืองทางเดียวขณะลงบันได

ผล

ส่วนที่ 1 ลักษณะส่วนบุคคล ข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

จากการเก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังประเภทอัมพาตครึ่งท่อนล่างทั้งสิ้นจำนวน 15 คน พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 12 คน ร้อยละ 80 เพศหญิง 3 คน ร้อยละ 20 อายุของกลุ่มตัวอย่างมีค่ามัธยฐาน 28 ปี (min = 20, max = 48) น้ำหนักมีค่ามัธยฐาน 60 กิโลกรัม (min = 43, max = 70) ส่วนสูงมีค่ามัธยฐาน 173 เซนติเมตร (min = 156, max = 180) ตำแหน่งที่ได้รับบาดเจ็บส่วนใหญ่คือบริเวณกระดูกสันหลังส่วนอก (T1-T12) จำนวน 14 คน ร้อยละ 93.33 ซึ่งใช้สิทธิประกันสุขภาพถ้วนหน้าผู้พิการ (ท.74) 13 คน ร้อยละ 86.67 และใช้สิทธิประกันสังคม 2 คน ร้อยละ 13.33 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้อุปกรณ์ (n = 15)

ลักษณะส่วนบุคคล		กลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้อุปกรณ์	
		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	12	80
	หญิง	3	20
อายุ	20-30 ปี	9	60
	31-40 ปี	5	33.33
	มากกว่า 40 ปี	1	6.67
Median = 28 , IQR = 8, Min =20 , Max =48			
น้ำหนัก	50 กิโลกรัม	4	26.67
	50-60 กิโลกรัม	9	60
	61-70 กิโลกรัม	2	13.33
Median = 60 , IQR = 11.5, Min =43 , Max =70			

ลักษณะส่วนบุคคล	กลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้อุปกรณ์	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ส่วนสูง	<160 เซนติเมตร	1
	161-170 เซนติเมตร	6
	171-180 เซนติเมตร	8
Median = 173 , IQR = 12.5, Min =156 , Max =180		
ตำแหน่งที่ได้รับบาดเจ็บ	กระดูกสันหลังส่วนอก (T1-T12)	14
	กระดูกสันหลังส่วนเอว (L1-L5)	1
สิทธิการรักษา	ท.74	13
	ประกันสังคม	2

ส่วนที่ 2 คะแนนทักษะการใช้รถนั่งคนพิการก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันได

จากการเก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 15 คน ตามแบบประเมิน WST Version 5.2⁷ โดยใช้ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันได พบว่าทักษะการขึ้นบันไดก่อนใช้ต้นแบบอุปกรณ์ช่วย ส่วนใหญ่ทำได้ผ่านบางส่วน จำนวน 10 คน (ร้อยละ 66.7) ไม่ผ่าน จำนวน 4 คน (ร้อยละ 26.7) แต่หลังใช้ต้นแบบอุปกรณ์ช่วย พบว่าส่วนใหญ่ทำได้ผ่าน จำนวน 14 คน (ร้อยละ 93.3) และทำได้ผ่านอย่างเชี่ยวชาญ จำนวน 1 คน (ร้อยละ 6.7) ในขณะที่ทักษะการลงบันไดก่อนใช้อุปกรณ์ช่วยส่วนใหญ่จะทำได้ผ่าน จำนวน 11 คน (ร้อยละ 73.3) ทำได้ผ่านบางส่วน จำนวน 3 คน (ร้อยละ 20) และทำได้ผ่านอย่างเชี่ยวชาญ จำนวน 1 คน (ร้อยละ 6.7) แต่หลังใช้ต้นแบบอุปกรณ์ช่วย พบว่าส่วนใหญ่ทำได้ผ่าน จำนวน 14 คน (ร้อยละ 93.3) และทำได้ผ่านอย่างเชี่ยวชาญ จำนวน 1 คน (ร้อยละ 6.7) ดังตารางที่ 2

ส่วนที่ 3 เปรียบเทียบคะแนนทักษะการขึ้น-ลงบันไดก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันได

การเปรียบเทียบคะแนนทักษะการขึ้น-ลงบันไดก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดตามแบบประเมิน WST Version 5.2⁷ โดยแบ่งออกเป็นกิจกรรมการขึ้นบันไดและการลงบันได พบว่ามีจำนวนคนที่ได้คะแนนหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขณะขึ้นบันไดเพิ่มขึ้น จำนวน 15 คน (ร้อยละ 100) และลงบันได จำนวน 3 คน (ร้อยละ 20) ตามลำดับ ทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon signed-rank test สรุปได้ว่าคะแนนทักษะการขึ้นบันไดก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดมีค่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ (p-value < .001) ส่วนคะแนนทักษะการลงบันไดก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดนั้นยังมีหลักฐานไม่เพียงพอที่จะสรุปว่าคะแนนทักษะการลงบันไดก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดมีค่าแตกต่างกัน จึงสรุปได้ว่าคะแนนทักษะการลงบันไดก่อนและหลังการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ (p-value = .149) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวน ร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง และเปรียบเทียบคะแนนทักษะการขึ้น-ลงบันไดก่อนและหลังใช้ต้นแบบอุปกรณ์ช่วยในการขึ้น-ลงบันไดตามแบบประเมิน WST Version 5.2

จำนวน ร้อยละ ก่อนและหลังใช้อุปกรณ์ช่วย ของกลุ่มตัวอย่าง			คะแนน (n = 15)				เปรียบเทียบคะแนนทักษะ การใช้รถนั่งคนพิการ				p-value
							ก่อนใช้อุปกรณ์ช่วย		หลังใช้อุปกรณ์ช่วย		
			0	1	2	3	Median	IQR	Median	IQR	
การขึ้นบันได	ก่อนใช้	จำนวน (คน)	4	10	1						
	อุปกรณ์ช่วย	ร้อยละ	26.7	66.7	6.6	1	0.5	-	-	<.001	
	หลังใช้	จำนวน (คน)			14	1					
	อุปกรณ์ช่วย	ร้อยละ			93.3	6.7	-	-	2	0	
การลงบันได	ก่อนใช้	จำนวน (คน)		3	11	1					
	อุปกรณ์ช่วย	ร้อยละ		20	73.3	6.7	2	0	-	-	.149
	หลังใช้	จำนวน (คน)			14	1					
	อุปกรณ์ช่วย	ร้อยละ			93.3	6.7	-	-	2	0	

*p < .05 เกณฑ์การให้คะแนน: ผ่านอย่างเชี่ยวชาญ=3 คะแนน, ผ่าน=2 คะแนน, ผ่านบางส่วน=1 คะแนน, ไม่ผ่าน=0 คะแนน

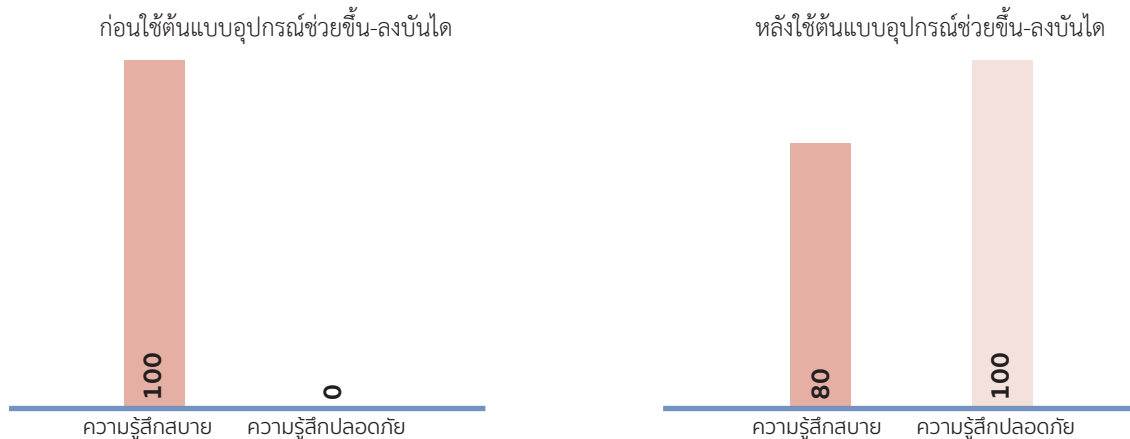
(ก่อนใช้อุปกรณ์ช่วย หมายถึงใช้ wheelchair ของตนเอง และหลังใช้อุปกรณ์ช่วย หมายถึงใช้ wheelchair ดัดแปลงที่มีอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดต้นแบบ)

ส่วนที่ 4 การรับรู้ความรู้สึกสบายและปลอดภัย และเปรียบเทียบการรับรู้ความรู้สึกสบายและปลอดภัยก่อนและหลังทดลองใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดจากกลุ่มตัวอย่าง

จากการทดลองใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ครั้งได้ให้คะแนนการรับรู้ความรู้สึกสบายและปลอดภัยก่อนทดลองใช้งานตามแบบประเมิน comfort rating scale และ perceived safety scale พบว่าส่วนใหญ่รู้สึกสบาย (7 คน) ถึงสบายอย่างมาก (8 คน) จำนวนรวม 15 คน ร้อยละ 100 การรับรู้ต่ำสุด 2 คะแนน (รู้สึกสบาย) และสูงสุด 1 คะแนน (รู้สึกมีความสบายอย่างมาก) และการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยจากการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รู้สึกว่าไม่ปลอดภัย (11 คน) ถึงไม่ปลอดภัยอย่างมาก (4 คน) จำนวนรวม 15 คน ร้อยละ 100 การรับรู้ต่ำสุด 5 คะแนน (รู้สึกไม่ปลอดภัยอย่างมาก) และสูงสุด 4 คะแนน (รู้สึกไม่ปลอดภัย) ซึ่งหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วย พบว่าส่วนใหญ่รู้สึกสบาย (7 คน) ถึงสบายอย่างมาก (5 คน) จำนวนรวม 12 คน ร้อยละ 80 การรับรู้ต่ำสุด 4 คะแนน (รู้สึกไม่สบาย) และสูงสุด 1 คะแนน (รู้สึกมีความสบายอย่างมาก) และการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รู้สึกว่ามีความปลอดภัย (12 คน) ถึงปลอดภัยเป็นอย่างมาก (3 คน) จำนวนรวม 15 คน ร้อยละ 100 การรับรู้ต่ำสุด 2 คะแนน (รู้สึกปลอดภัย) และสูงสุด 1 คะแนน (รู้สึกปลอดภัยอย่างมาก) และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนการรับรู้ความรู้สึกสบายและความรู้สึกปลอดภัยก่อนและหลังทดลองใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันได ทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon signed-rank test สรุปได้ว่าคะแนนการรับรู้ความรู้สึกสบายที่กลุ่มตัวอย่างรับรู้ก่อนและหลังการใช้อุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ (p-value = .120) ในขณะที่การรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยก่อนและหลังทดลองใช้งานอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดจากกลุ่มตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ (p-value < .001) ดังกราฟแท่ง 1

กราฟแท่ง 1 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความรู้สึกสบายถึงสบายเป็นอย่างมาก และปลอดภัยถึงปลอดภัยเป็นอย่างมาก

กราฟแท่งแสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความรู้สึกสบายถึงสบายอย่างมาก และปลอดภัยถึงปลอดภัยอย่างมาก



เกณฑ์การให้คะแนน: 1 คะแนน (รู้สึกมีความสุข/ ปลอดภัยอย่างมาก) 2 คะแนน (รู้สึกสบาย/ ปลอดภัย)
3 คะแนน (รู้สึกปกติ) 4 คะแนน (รู้สึกไม่สบาย/ ปลอดภัย)
5 คะแนน (รู้สึกไม่สบาย/ ปลอดภัยอย่างมาก)

ค่าเฉลี่ยโดยรวมที่ยอมรับได้ คือ 1 - 2 คะแนน (รู้สึกมีความสุข/ ปลอดภัยอย่างมากถึงรู้สึกสบาย/ ปลอดภัย)

ส่วนที่ 5 ความพึงพอใจต่อการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดตามแบบประเมิน QUEST (V.2.0)

ความพึงพอใจต่อการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดของกลุ่มตัวอย่างตามแบบประเมิน QUEST (Version 2.0)⁹⁻¹¹ พบว่าประเด็นเรื่องน้ำหนักของอุปกรณ์ อุปกรณ์เครื่องช่วยมีความปลอดภัย อุปกรณ์มีความสะดวกสบาย และอุปกรณ์มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการมีความพึงพอใจมาก ส่วนในประเด็นเรื่องมิติของอุปกรณ์ ความง่ายในการปรับส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ ความทนทาน ยากต่อการชำรุดของอุปกรณ์ และอุปกรณ์ใช้งานได้ง่ายมีความพึงพอใจค่อนข้างมาก ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการแปลผลระดับความพึงพอใจต่ออุปกรณ์

ประเด็นความพึงพอใจ	คะแนน (ต่ำสุด, สูงสุด)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลผล
1. มิติ (ขนาด ความสูง ความยาว ความกว้าง) ของอุปกรณ์	(3, 5)	4.40	0.63	ค่อนข้างพึงพอใจมาก
2. น้ำหนักของอุปกรณ์	(3, 5)	4.53	0.64	พึงพอใจมาก
3. ความง่ายในการปรับส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์	(2, 5)	4.33	0.82	ค่อนข้างพึงพอใจมาก
4. อุปกรณ์เครื่องช่วยมีความปลอดภัย	(3, 5)	4.60	0.63	พึงพอใจมาก
5. ความทนทาน ยากต่อการชำรุดของอุปกรณ์	(4, 5)	4.33	0.49	ค่อนข้างพึงพอใจมาก
6. อุปกรณ์ใช้งานได้ง่าย	(2, 5)	4.47	0.83	ค่อนข้างพึงพอใจมาก
7. อุปกรณ์มีความสะดวกสบาย	(2, 5)	4.53	0.83	พึงพอใจมาก
8. อุปกรณ์มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการ	(4, 5)	4.67	0.49	พึงพอใจมาก

มีค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's α coefficient) เท่ากับ 0.902⁹ วัดแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์⁹

* ฟังพอใจมาก คือ ค่าเฉลี่ยโดยรวมที่ยอมรับได้ คือ 4.5 ถึง 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดนั้นตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานใกล้เคียงความต้องการมากที่สุด

วิจารณ์

1. คะแนนทักษะการขึ้น-ลงบันไดก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันได

จากการประเมินทักษะการขึ้น-ลงบันไดตามแบบประเมิน WST Version 5.2⁷ ในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน ก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันได พบว่าคะแนนการขึ้นบันไดก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดมีค่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ ($p\text{-value} < .001$) ส่วนคะแนนการลงบันไดก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดนั้น ยังมีหลักฐานไม่เพียงพอที่จะสรุปว่าคะแนนทักษะการลงบันไดก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดมีค่าแตกต่างกัน จึงสรุปได้ว่าคะแนนทักษะการลงบันไดก่อนและหลังการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$ ($p\text{-value} = .149$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shanu Sharma และคณะ¹² ได้ออกแบบรถนั่งคนพิการขึ้น-ลงบันไดจากแนวคิดเลียนแบบท่าทางการขึ้นบันไดของคนพิการโดยใช้เฟือง คันโยก ซึ่งผู้ใช้สามารถโยกรถนั่งคนพิการเพื่อขึ้น-ลงบันไดได้ด้วยตัวเองเช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ที่มีการดัดแปลงรถนั่งคนพิการจนสามารถขึ้นรถนั่งคนพิการขึ้น-ลงบันไดได้ด้วยตนเองอย่างปลอดภัย เพียงแต่ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกัน

2. การรับรู้ความรู้สึกสบายและปลอดภัยก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันได

จากการประเมินความรู้สึกสบายของกลุ่มตัวอย่างพบว่าคะแนนการรับรู้ความรู้สึกสบายก่อนและหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหลังจากกลุ่มตัวอย่างใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดได้ให้คะแนนความรู้สึกสบายที่ต่างออกไปคือรู้สึกปกติและรู้สึกไม่สบายร้อยละ 13.33 และ 6.67 ตามลำดับ อาจเกิดจากการเปรียบเทียบกับรถนั่งคนพิการของตนเองที่ใช้อยู่เป็นประจำ ซึ่งรถนั่งคนพิการที่มีคุณภาพสูงมักมีราคาสูงตามคุณภาพของวัสดุที่ใช้ รถบางคันสามารถปรับให้เข้ากับ

สรีระของผู้ใช้ได้ก็จะยิ่งทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกสบายมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นระดับคุณภาพของรถนั่งคนพิการจึงมีผลต่อการรับรู้ความรู้สึกสบายด้วย สำหรับเรื่องการรับรู้ความรู้สึกปลอดภัย พบว่าก่อนและหลังทดลองใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งก่อนใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รู้สึกที่ไม่ปลอดภัยถึงไม่ปลอดภัยอย่างมาก (ร้อยละ 100 คะแนน) แต่หลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รู้สึกมีความปลอดภัยและปลอดภัยเป็นอย่างมาก ร้อยละ 100 ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่ากลุ่มตัวอย่างให้การรับรู้ความรู้สึกปลอดภัยหลังใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดขึ้นนี้ ซึ่งการศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการศึกษาสอดคล้องกับผลการศึกษาทบทวนอย่างเป็นระบบของ Abhishek Verma และคณะ⁴ จากบทความวิจัยทั้งหมด 112 บทความ ที่พบช่องว่างของการออกแบบและผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้ใช้งานส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการขึ้นบันไดเป็นหลัก แต่ไม่ได้มุ่งเน้นไปที่ความต้องการด้านการใช้งานอื่นๆ และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Shanu Sharma และคณะ¹² ที่ให้ความสำคัญกับความปลอดภัยของผู้ใช้งาน เขาได้นำโครงรถเข็นผักมาดัดแปลงเพื่อใช้รองรับรถนั่งคนพิการแล้วถอยหลังขึ้นบันได อุปกรณ์ใช้งานได้ดี ราคาไม่แพงและทนทาน มีเครื่องตรวจจับสิ่งกีดขวาง ปลอดภัยสำหรับคนพิการและผู้สูงอายุ

3. ความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันได

จากการประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน พบว่าในประเด็นเรื่องน้ำหนักของอุปกรณ์ อุปกรณ์เครื่องช่วยมีความปลอดภัย อุปกรณ์มีความสะดวกสบายและอุปกรณ์มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการมีความพึงพอใจมาก ส่วนในประเด็นเรื่องมิติของอุปกรณ์ ความง่ายในการปรับส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์ ความทนทานยากต่อการชำรุดของอุปกรณ์ และอุปกรณ์ใช้งานได้ง่าย มีความพึงพอใจค่อนข้างมาก จะเห็นว่าใน 4 ประเด็นหลังที่ได้ในระดับค่อนข้างพึงพอใจมากนั้น ยังมีส่วนที่ควรปรับปรุงและแก้ไขอีกเล็กน้อย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shanu Sharma และคณะ¹² ได้ออกแบบรถนั่งคนพิการที่ขึ้นบันไดจนสามารถโยกรถขึ้น-ลงบันไดได้ด้วยตัวเองก็ยังพบข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์ ข้อดีคือตำแหน่งที่นั่งมีความยืดหยุ่นมีล้อสามล้อที่สามารถขึ้น-ลงบันไดได้ และมีระบบคานเข้ามาช่วยได้รับผลลัพธ์ที่น่าพอใจ แต่ก็ยังมีส่วนที่ต้องพัฒนาต่อยอดใน

ด้านคุณลักษณะเฉพาะทางเทคนิคเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรมต่อไป นอกจากนี้ก็ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Kashish Rangari และคณะ¹³ ได้พัฒนารถนั่งคนพิการที่ขึ้น-ลงบันไดและขับเคลื่อนผ่านพื้นผิวต่าง ๆ ได้โดยใช้ระบบไฟฟ้าซึ่งใช้ฐานกลไก 3 ล้อพบว่ารถนั่งคนพิการดังกล่าวสามารถใช้งานได้ทั้งพื้นผิวเรียบ ผิวขรุขระ ทางลาดเอียง และขึ้น-ลงบันได แต่อาจมีข้อจำกัดด้านน้ำหนักของอุปกรณ์เนื่องจากใช้ระบบไฟฟ้าและอาจมีต้นทุนสูงกว่าแบบที่ใช้แรงคนขับเคลื่อน จากการศึกษาของ Shanu Sharma และคณะ¹² และ Kashish Rangari และคณะ¹³ ที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่าการสร้างต้นแบบขึ้นหนึ่งชิ้นยังต้องมีการปรับแก้อีกหลายครั้งจนกว่าผู้ใช้งานเกิดความพึงพอใจและนำไปใช้งานได้จริง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

- อุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดนี้สามารถช่วยส่งเสริมทักษะการขึ้น-ลงบันไดและเพิ่มความปลอดภัย ดังนั้นผู้ช่วยพิการที่จะใช้อุปกรณ์นี้ควรได้รับการฝึกทักษะการใช้รถนั่งคนพิการโดยผู้เชี่ยวชาญจนสามารถนำไปใช้ได้อย่างคล่องแคล่วและปลอดภัยก่อน

- ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำระดับคะแนนความพึงพอใจต่อการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันได ข้อเสนอแนะของกลุ่มตัวอย่างและผู้วิจัยไปพัฒนาอุปกรณ์ต่อยอดได้

- จดอนุสิทธิบัตร (ปัจจุบันอยู่ระหว่างการขออนุสิทธิบัตรเลขที่คำขอ 2303002373 ในนามกรมการแพทย์)

- ผลักดันให้อยู่ในชุดสิทธิประโยชน์ ในบัญชีรายการอุปกรณ์เครื่องช่วยที่จำเป็นสำหรับคนพิการให้สามารถเข้าถึงอุปกรณ์เครื่องช่วยพื้นฐานที่จำเป็นได้เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรจะพัฒนาอุปกรณ์ช่วยตัวนี้ให้สามารถล็อกกันล้อได้ทั้งข้างหน้าและข้างหลังแล้วแต่กรณีที่จะใช้งาน เช่น กรณีที่จะขึ้นบันไดให้ปรับตัวควบคุมก้านค้ำ (Pawl) กันล้อไปด้านหน้า แต่ถ้าจะใช้ขึ้นทางลาดให้ปรับตัวควบคุมก้านค้ำกันล้อไปด้านหลัง เป็นต้น สามารถใช้ได้ทั้งการขึ้น-ลงบันไดและขึ้น-ลงทางลาดในการณีผู้ช่วยพิการที่มีการอ่อนแรงของแขนทั้ง 2 ข้าง และในการศึกษาระยะต่อไปควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างให้มีจำนวนมากขึ้น เพื่อสรุปความสามารถในการต่อยอดเชิงพาณิชย์

สรุป

ต้นแบบอุปกรณ์ช่วยขึ้น-ลงบันไดสำหรับรถนั่งคนพิการรุ่นช่วยเหลือตนเองขึ้นนี้สามารถช่วยให้กลุ่มตัวอย่างขึ้น-ลงบันไดด้วยตนเองได้และปลอดภัยมากขึ้น ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการสนับสนุนของมูลนิธิสถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติที่ให้เงินทุนสร้างต้นแบบ ขอขอบพระคุณแพทย์หญิงภัทรา อังสุวรรณ ผู้อำนวยการสถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ และผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องตลอดจนที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำในการดำเนินโครงการวิจัยจนทำให้การวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์และสำเร็จลุล่วงตามแผนทุกประการ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Sirindhorn National Medical Rehabilitation Institute (SNMRI). Manual for caring for people with spinal cord injuries. For paraplegia patients. 1st ed. Nonthaburi: Sahamitr Printing & Publishing Company Limited; 2017
2. Sirindhorn National Medical Rehabilitation Institute (SNMRI). Service profile of the demonstration center for Assistive Technology Unit for the disabled, fiscal year 2021. Nonthaburi: Sirindhorn National Medical Rehabilitation Institute; 2021.p. 4-5.
3. Education MDaT. Ratchet and Pawl. [internet]. [cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://www.notesandsketches.co.uk/Ratchet.html>

เอกสารอ้างอิง (References)

4. Verma A, Shrivastava S, Ramkumar J. Mapping wheelchair functions and their associated functional elements for stair climbing accessibility: a systematic review. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2024;19(1):200-21.
5. Interaction Design Foundation. 5 Stages in the Design Thinking Process. [internet]. [cited 2021 Dec.13]. Available from: <https://www.interaction-design.org/literature/article/5-stages-in-the-design-thinking-process>
6. Conveyor Guide. Duties of Back Stop. [internet]. [cited 2022 Feb 22]. Available from: http://www.conveyorguide.co.th/images/pulldown_1441359643/2_หน้าที่ของ%20Back%20Stop.pdf
7. Kirby RL, Rushton PW, Smith C, Routhier F. Wheelchair Skills Program Manual Version 5.2. [internet]. Nova Scotia: Dalhousie University; 2021[cited 2022 Mar 20]. Available from: <https://wheelchairskillsprogram.ca/en/contact-us/>
8. Zhuang Z, Stobbe TJ, Collins JW, Hsiao H, Hobbs GR. Psychophysical assessment of assistive devices for transferring patients/residents. *Appl Ergon* 2000;31(1):35-44.
9. Panyawong W, Saksiri B, Somboon P. Assistive technology: satisfaction levels and psychosocial impacts of people with mobility disabilities in Samut Sakhon Province [dissertation M.A.]. Nakhon Pathom: Mahidol University; 2017.
10. Demers L, Weiss-Lambrou R, Ska B. Item analysis of the Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST). *Assist Technol* 2000;12(2):96-105.
11. Chan SC, Chan AP. The validity and applicability of the Chinese version of the Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology for people with spinal cord injury. *Assist Technol* 2006;18(1):25-33.
12. Sharma S, Ramkumar J, Roy ST. User Centric Designed Mechanism For stairs-climbing Wheelchair (manual). 15th National Conference on Machines and Mechanisms; 2011 Nov 30 - Dec 2: Tamilnadu: nacomm 2011; p.1-8.
13. Rangari K, Sheikh AA, Naimuddin S. Smart stair-climbing wheelchair using Tri Wheel Mechanism for disabled and elderly. *JETIR* 2019;6(5):407-10.