



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เพื่อฟื้นฟูกล้ามเนื้อขาสำหรับผู้ป่วยอัมพาต Design and develop an equipment for lower-limb muscle's rehabilitation

บุรฉกร จันทรศิริ¹ กลางเดือน โพชนา^{1,2} พิเชฐ ทรการชัยศิริ^{1,2} กุลภัทร์ ทองแก้ว^{1,2*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

² ศูนย์วิจัยอุตสาหกรรมอัจฉริยะ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

Buratsakorn Chantharatsamee¹ Klangduen Pochana^{1,2} Pichet Trakarnchaisiri^{1,2} Kunlapat Thongkaew^{1,2*}

¹ Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110, Thailand

² Smart Industrial Research Center, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110, Thailand

* Corresponding author.

E-mail: kunlapat.t@psu.ac.th

วันที่รับบทความ 17 สิงหาคม 2567; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 1 พฤศจิกายน 2567; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 27 ธันวาคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ 28 มกราคม 2568

บทคัดย่อ

ผู้ป่วยอัมพาตส่วนกล้ามเนื้อขาอ่อนแรงเป็นกลุ่มปัญหาสุขภาพหลักในประเทศไทยซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุจากการประสบอุบัติเหตุที่ส่งผลกระทบต่อระบบประสาท การรักษาผู้ป่วยโรคอัมพาตจำเป็นต้องทำกายภาพเพื่อป้องกันการเป็นอัมพาตที่ฟื้นฟูได้ยาก โดยทั่วไปการทำกายภาพจะต้องใช้อุปกรณ์ช่วยบำบัด อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ส่วนใหญ่ไม่ได้ถูกออกแบบมาสำหรับผู้ป่วยอัมพาตและต้องมีการกายภาพช่วยดูแลตลอดเวลา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจออกแบบและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ฟื้นฟูกล้ามเนื้อขาสำหรับผู้ป่วยอัมพาตที่สามารถใช้งานได้ด้วยตนเอง การออกแบบอุปกรณ์เริ่มจากศึกษาลักษณะการกายภาพกล้ามเนื้อขาและนำข้อมูลมาออกแบบอุปกรณ์ ผลจากการศึกษาพบว่าอุปกรณ์กายภาพควรมีลักษณะเป็นการปั่นจักรยานในท่านั่งเพื่อช่วยฟื้นฟูกล้ามเนื้อบริเวณต้นขาซึ่งเป็นมัดกล้ามเนื้อสำคัญสำหรับการเดิน ขนาดอุปกรณ์สามารถปรับให้เหมาะสมสำหรับสัดส่วนร่างกายที่หลากหลายและระบบปั่นสามารถปรับได้ทั้งในรูปแบบเสริมและต้านแรงการปั่นตามกำลังกล้ามเนื้อขาที่ไม่เท่ากัน มีส่วนช่วยยึดเท้าเพื่อป้องกันเท้าหลุดระหว่างใช้งาน มีระบบควบคุมและแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และประเมินความพึงพอใจโดยนักกายภาพพบว่ามีความพึงพอใจมาก และอุปกรณ์สามารถช่วยในการฟื้นฟูกล้ามเนื้อขาได้โดยการปั่นมียึดขาที่ 140 องศา ทำให้เกิดการออกแรงสูงสุดและสามารถเพิ่มแรงปั่นจาก 64.5 นิวตัน เป็น 121.1 นิวตัน ในช่วงเวลา 12 สัปดาห์

คำสำคัญ

อุปกรณ์กายภาพบำบัด ผู้ป่วยอัมพาต กล้ามเนื้อขา

Abstract

In Thailand, patients are suffering from partial paresis of the muscles in their legs constitute a significant health problem, which most of these cases are caused by neurological injury. Patients with partial paresis necessitate physical treatment to prevent the progression of intractable complete paralysis. Typically, individuals undertake physical therapy to regain muscle function by utilizing therapeutic equipment. However, most devices are not designed for individuals with partial paralysis in their lower-limb muscles, thus requiring the continuous presence of a physical therapist. Therefore, the objective of this study is to design and develop prototype equipment for the restoration of lower-limb muscle for paresis patients, which can be operated independently. The study started with investigating the physical characteristics of leg

muscles and utilizing this information to design the equipment. According to the study, the device ought to replicate sitting-down cycling to assist in the rehabilitation of the thigh muscles, which are essential for walking. The dimensions of the equipment can be adjusted according to various body proportions, while the cycling mechanism can be customized to provide both assistance and resistance based on varying degrees of strength in the leg muscles. The equipment incorporates a foot support mechanism to avoid slippage during usage and is equipped with a control and display system for monitoring performance. The equipment's testing and satisfaction evaluation by physical therapists yielded a significant level of satisfaction. The equipment significantly assists the rehabilitation of leg muscles by enabling cycling at a knee extension angle of 140 degrees, which ensures optimal effort and intensity. Additionally, it was discovered that over a period of 12 weeks, the pedaling force could be raised from 64.5 Newtons to 121.1 Newtons.

Keywords

physical therapy equipment; paresis patient; lower-limb muscle

1. บทนำ

ผู้ป่วยอัมพฤกษ์เป็นโรคทางระบบประสาทที่ส่งผลต่อการควบคุมกล้ามเนื้อหรือทำให้มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงตามแขนหรือขา เกิดความรู้สึกลำบากตามอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการดำรงชีวิต ปัจจุบันประเทศไทยมีผู้ป่วยอัมพฤกษ์ประมาณ 300,000 ราย [1] องค์การอนามัยโลก (World Stroke Organization: WSO) [2] ได้สำรวจสาเหตุการเกิดอัมพฤกษ์และพบว่าสาเหตุหลักคือ โรคหลอดเลือดในสมอง ผู้ป่วยอัมพฤกษ์สามารถฟื้นฟูและรักษาให้กลับมาเป็นปกติได้แต่อย่างไรก็ตามการรักษาจะต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนเพื่อป้องกันการพัฒนาเป็นผู้ป่วยอัมพาตซึ่งเป็นภาวะแขนหรือขาไม่มีแรง ใช้งานไม่ได้และทำการรักษาได้ยาก [3]

การฟื้นฟูและรักษาสรรพภาพกล้ามเนื้อผู้ป่วยอัมพฤกษ์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การกายภาพบำบัด การผ่าตัด โภชนาการบำบัด โดยการทำกายภาพบำบัดคือให้ผู้ป่วยออกกำลังกายหรือใช้อุปกรณ์ช่วยในการกายภาพ [4] การใช้อุปกรณ์หรือเครื่องช่วยกายภาพจะช่วยป้องกันการเกิดการบาดเจ็บระหว่างกายภาพและช่วยพัฒนากล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามอุปกรณ์สำหรับกายภาพแขนหรือขายังมีราคาแพงและต้องอยู่ภายใต้การดูแลของนักกายภาพหรือผู้ดูแลระหว่างการบำบัดให้แก่ผู้ป่วย เนื่องจากบางอุปกรณ์ไม่ได้มีการจับยึดเท้าหรือขาของผู้ป่วยทำให้ขาอาจหลุดออกจากเครื่องระหว่างบำบัด หรือไม่มีตัวปรับแรงในการออกกำลังตามระดับกำลังกล้ามเนื้อของผู้ป่วย [5]

ผลจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ช่วยในการกายภาพบำบัดกล้ามเนื้อแขนหรือขา [6-13] พบว่า

อุปกรณ์สำหรับฟื้นฟูกล้ามเนื้อส่วนขาของ Gray [6] จะเป็นลักษณะคล้ายการปั่นจักรยานซึ่งมีการติดมอเตอร์ช่วยเสริมแรงปั่น แต่อุปกรณ์นี้มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถปรับให้เหมาะสมกับสรีระของผู้ป่วยที่หลากหลายได้และอุปกรณ์ยากต่อการเคลื่อนย้าย ต่อมา Miller [7] ได้สร้างอุปกรณ์เป็นลักษณะการใช้ขาปั่นในท่านั่ง มีระบบต้านแรงที่ทำให้ผู้ปั่นต้องมีการออกแรง มีการติดล้อเพื่อความสะดวกในการขนย้าย และมีที่จับช่วยในการออกแรงปั่น ซึ่งข้อจำกัดคืออุปกรณ์ไม่ได้มีการออกแบบตัวยึดสำหรับจับเก้าอี้ของผู้ใช้งาน Marvel and Nelson [8] จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์การปั่นในส่วนขาที่สามารถวางใต้โต๊ะและมีตัวจับยึดกับเก้าอี้สำหรับนั่งปั่น ผู้ใช้งานออกแรงปั่นได้เองแต่ไม่สามารถปรับแรงต้านทานการปั่นได้ Hamilton [9] ได้พัฒนาระบบแรงต้านการปั่นเป็นแบบระบบแม่เหล็กซึ่งมีข้อดีที่สามารถทำให้ผู้ใช้งานต้องมีการออกแรงต้านทานกับอุปกรณ์ซึ่งจะส่งผลให้มีการพัฒนาของกล้ามเนื้อขา แต่ก็ไม่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้งานที่เป็นผู้ป่วยอัมพฤกษ์ เนื่องจากผู้ป่วยไม่มีแรงมากพอที่จะออกแรงต้านทานกับอุปกรณ์ได้ นอกจากอุปกรณ์ในรูปแบบของการใช้ขาปั่นในท่าทางการนั่งแล้ว ก็ได้เกิดการพัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยที่นั่งรถเข็น ของ Polishuk [10] แต่อุปกรณ์เหมาะสมเฉพาะกับกลุ่มผู้ป่วยที่มีแรงในการต้านกำลังของมอเตอร์ได้ ทำให้ McBride และคณะ [11] ได้ออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายในส่วนขาที่เก้าอี้สามารถปรับระดับได้ ถึงกระนั้นเบาะนั่งมีขนาดเล็กอาจทำให้เกิดอาการปวดบริเวณหลังและก้นกบหากใช้เป็นระยะเวลานานและไม่มีตัวช่วยจับยึดสรีระของผู้ใช้ซึ่งไม่เหมาะสมกับผู้ป่วยกล้ามเนื้อขาอ่อนแรงที่ทรงตัวลำบากอยู่บน

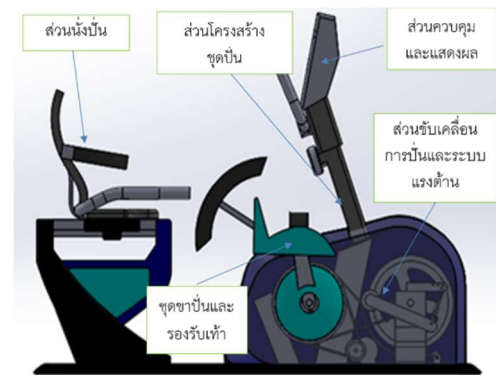
เบาะนั่ง วินัย ชนปรมัตถ์ [12] ได้นำอุปกรณ์ในรูปแบบของระบบหุ่นยนต์ WEFRE ซึ่งเป็นระบบหุ่นยนต์เพื่อการฟื้นฟูข้อมือ แขนท่อนล่าง และข้อศอก สามารถช่วยเพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหวช่วงแขน โดยเป็นการออกกำลังกายโดยการขยับแขนขึ้น-ลง ซ้าย-ขวา ปรีชา บานกลีบ และคณะ [13] ได้พัฒนาอุปกรณ์กายภาพบำบัดแขนและขาสำหรับเด็กพิการทางสมอง เน้นฝึกการเคลื่อนไหวของแขนและขา แต่ไม่ได้มีระบบแรงต้าน ทำให้ฟื้นฟูกล้ามเนื้อได้น้อยและเป็นอุปกรณ์เฉพาะสำหรับเด็ก

การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่าอุปกรณ์ฟื้นฟูกำลังกล้ามเนื้อขาส่วนใหญ่ยังมีข้อจำกัดสำหรับการใช้งานกับกลุ่มเฉพาะ ไม่สามารถปรับใช้ร่วมกับเก้าอี้หรือรถเข็น ระบบปั่นไม่มีการผสมระหว่างแรงช่วยปั่นหรือแรงต้านการปั่น อีกทั้งยังไม่มีการศึกษาลักษณะการปั่นที่ส่งเสริมการฟื้นฟูกล้ามเนื้อขา ดังผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาอุปกรณ์เพื่อฟื้นฟูกล้ามเนื้อขาสำหรับผู้ป่วยอัมพฤกษ์แบบทำนั่งปั่นที่สามารถใช้งานได้ด้วยตนเอง มีส่วนยึดเท้าเพื่อป้องกันขาหลุดระหว่างปั่น เหมาะสำหรับกลุ่มคนที่หลากหลาย และออกแบบระบบขับที่สามารถช่วยเสริมแรงและต้านแรงปั่นเพื่อพัฒนากำลังกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปั่นกับการออกแรงกล้ามเนื้อเพื่อประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์ต่อการพัฒนากล้ามเนื้อผู้ป่วยอัมพฤกษ์

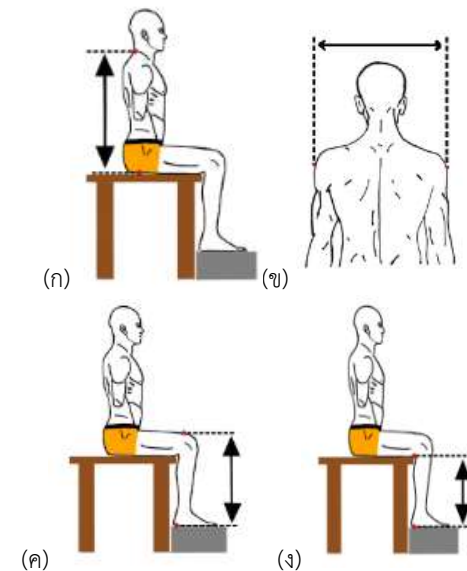
2. การออกแบบอุปกรณ์ฟื้นฟูกำลังกล้ามเนื้อขา

การวิเคราะห์ข้อดีและข้อจำกัดของอุปกรณ์บริหารส่วนขาจากการสำรวจเอกสารข้างต้นและสอบถามความต้องการใช้อุปกรณ์กายภาพจากนักกายภาพบำบัดและผู้เข้ารับบริการของแผนกเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ซึ่งสามารถสรุปแนวความคิดการออกแบบอุปกรณ์ได้คือ เป็นอุปกรณ์ในรูปแบบการปั่นขาที่มีกลไกในการช่วยขับเคลื่อน มีทั้งระบบออกแรงเองและมีกลไกช่วยออกแรงเพื่อฟื้นฟูกล้ามเนื้อต้นขา ผู้ใช้งานสามารถใช้งานเองได้ง่ายไม่ซับซ้อนและมีความปลอดภัยจึงมีการได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ที่มีการพิจารณาภายใต้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องออกกำลังกายในที่ร่ม มอก. 2880-2562 [14] และมีการนำข้อมูลสัดส่วนร่างกายของวัยทำงานในจังหวัดสงขลาช่วงอายุ 18-59 ปี [15] ซึ่งทำการเก็บข้อมูลด้วยมาตรฐาน ISO 7250-1 (Basic human body

measurements for technological design) [16] รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์ คือ 1.ส่วนโครงสร้างอุปกรณ์ 2.ส่วนนั่งปั่น 3.ส่วนขับเคลื่อนการปั่นและระบบแรงต้าน 4.ส่วนขาปั่นและรองรับเท้า 5.ส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์และหน้าจอแสดงสถานะ ผลจากการออกแบบมีการประยุกต์ใช้ชิ้นส่วนบางอย่างที่มีอยู่แล้ว เช่น โครงสร้างชุดปั่นและมีการประกอบบางชิ้นส่วนใหม่ เช่น ส่วนขับเคลื่อนการปั่นและระบบแรงต้าน ซึ่งรายละเอียดการออกแบบในแต่ละส่วนมีดังแสดงในข้อมูลถัดไปและในส่วนของตารางที่ 2



รูปที่ 1 แบบจำลองอุปกรณ์ฟื้นฟูกำลังกล้ามเนื้อขา



รูปที่ 2 ลักษณะการวัดสัดส่วนร่างกายโดยทำนั่ง (ก) Cervical height (ข) Shoulder (bideltoid) breadth (ค) Knee height และ (ง) Popliteal height [16]

1. ส่วนโครงสร้างชุดปั่น

ส่วนโครงสร้างได้ออกแบบจากการนำข้อมูลสัดส่วนท่อนั่ง ดังตารางที่ 1 [16] และรูปที่ 2 ประกอบด้วยสัดส่วนช่วงคอถึงก้น (Cervicale height) ร่วมกับสัดส่วนช่วงหัวเข่าถึงปลายเท้า (Knee height, sitting) เพื่อกำหนดความสูงเครื่อง และนำค่าความกว้างช่วงหัวไหล่ (Shoulder breadth) มากำหนดความกว้างเครื่องดังแสดงในตารางที่ 2 โครงสร้างชุดปั่นได้นำชิ้นส่วนที่มีอยู่แล้วมาดัดแปลงให้ได้ตามขนาดที่ออกแบบและมีการติดตั้งล้อบริเวณฐานเพื่อเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ได้สะดวกขึ้น

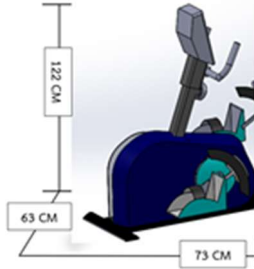
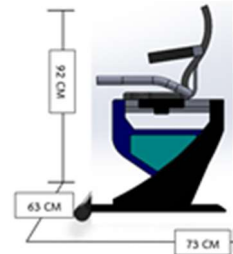
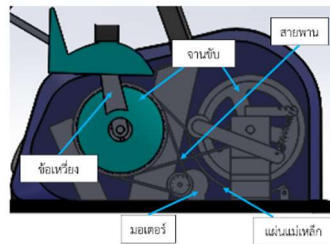
ตารางที่ 1 ข้อมูลการวัดท่อนั่ง 16 มิติ [16]

การวัดท่อนั่ง	ผลการวัด			
	90 th	95 th	Mean	SD
1 Sitting height (erect)	92.7	95.31	86.51	6.77
2 Eye height, sitting	83.00	84.22	76.71	4.75
3 Cervicale height, sitting*	69.62	70.82	64.84	3.91
4 Shoulder height, sitting	62.31	63.12	57.61	4.56
5 Elbow height, sitting	27.10	28.31	23.83	2.41
6 Shoulder-elbow length	37.50	38.50	34.90	4.58
7 Shoulder (biacromial) breadth	40.51	41.83	36.01	3.31
8 Shoulder (bideltoid) breadth*	48.57	50.01	43.09	4.19
9 Elbow-to-elbow breadth	52.96	54.51	43.13	6.25
10 Hip breadth, sitting	41.34	43.29	37.06	3.78
11 Popliteal height, sitting	45.40	46.11	40.75	3.47
12 Thigh clearance	16.60	18.02	15.23	11.9
13 Knee height, sitting*	53.10	53.60	47.73	3.87
14 Abdominal depth, sitting	27.14	28.56	21.60	4.25
15 Thorax depth	27.07	28.37	22.59	3.47
16 Buttock-abdomen depth, sitting	28.37	31.03	23.20	4.37

2. ส่วนนั่งปั่น

ส่วนนั่งปั่นถูกออกแบบให้แยกจากส่วนโครงสร้างชุดปั่น เพื่อปรับใช้กับกรณีผู้ปั่นต้องใช้รถเข็นในการนั่งปั่น ช่วงความสูงเก้าอี้และขาปั่นมีการนำค่าช่วง Knee height (รูปที่ 2 (ค) และตารางที่ 2) มาพิจารณา ส่วนนั่งมีขนาดกว้าง 63 ซม. X ยาว 73 ซม. X สูง 92 ซม. สามารถปรับตำแหน่งเก้าอี้ให้สัมพันธ์กับความยาวขาของผู้ใช้งานได้ตั้งแต่ 65 ถึง 84 ซม. สามารถยึดส่วนท่อนั่งเพื่อให้เสถียรระหว่างใช้งาน นอกจากนี้มีส่วนมือจับยึดขณะใช้งานอุปกรณ์เพื่อทรงตัว

ตารางที่ 2 รายละเอียดการออกแบบอุปกรณ์ที่ในฟูก้ามเนื้อหา

ส่วนประกอบอุปกรณ์	รายละเอียดการออกแบบ
1. ส่วนโครงสร้างอุปกรณ์ 	มีขนาด 63x73x122 ซม. ใช้วัสดุเหล็กกล้าเนื่องจากแข็งแรงทนทาน และรับน้ำหนักได้ดี
2. ส่วนนั่งปั่น 	ชิ้นส่วนเก้าอี้สามารถปรับเลื่อนและล็อกได้ ขนาด 63x73x92 ซม.
3. ส่วนขับเคลื่อนการปั่นและระบบแรงดัน 	- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 250 วัตต์ มีขนาดแรงบิด 9.0 นิวตันเมตร มีความเร็วสูงสุด 3000 รอบต่อนาที  - วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์  - ข้อเหวี่ยงขนาด 17 ซม.  - แผ่นแม่เหล็ก 

ตารางที่ 2 รายละเอียดการออกแบบอุปกรณ์พื้นฟูกำลังกล้ามเนื้อขา (ต่อ)

ส่วนประกอบอุปกรณ์	รายละเอียดการออกแบบ
4. ส่วนรองรับเท้า	ส่วนรองรับเท้าขนาดกว้าง 12 ซม. x ยาว 29 ซม. วัสดุด้านบน (Upper): ผลิตจากวัสดุหนังสังเคราะห์ (PU) ให้ความทนทาน และสบาย พื้นรองเท้า (Insole): วัสดุโฟมพลาสติกยาง (EVA) มีน้ำหนักเบา และนุ่มสบาย
5. ส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์และหน้าจอแสดงสถานะ	- แผงระบบควบคุมการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ สวิตช์ควบคุมความเร็วรอบ, สวิตช์เปิดปิดมอเตอร์, สวิตช์หยุดเครื่องฉุกเฉิน โดยใช้สีในการแยกสวิตช์ และมีติดข้อความ - ชิ้นส่วนหมุนปรับแรงต้านสามารถปรับได้ 8 ระดับ

3. ส่วนขับเคลื่อนการปั่นและระบบแรงต้าน

จากการออกแบบได้เลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 250 วัตต์ มีขนาดแรงบิด 9.0 นิวตันเมตร มีความเร็วสูงสุด 3000 รอบต่อนาที ร่วมกับ ชุดวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ (Motor speed controller) ในการช่วยขับเคลื่อนเพื่อเสริมแรงปั่นให้กับผู้ใช้งาน ในส่วนของการออกแบบระบบด้านแรงได้นำข้อมูลจากการศึกษาขนาดแรงต้านการเพื่อพื้นฟูกำลังกล้ามเนื้อของผู้ป่วยขณะกายภาพบำบัดด้วยเครื่องวัดกล้ามเนื้อ (Isokinetic) พบว่าควรใช้แรงต้านการปั่นในช่วง 48 นิวตัน มีเลือกใช้ชุดเกียร์ทด ส่วนข้อเหวี่ยง และมู่เล่สายพาน มาประกอบร่วมกับมอเตอร์และแผ่นแม่เหล็กเป็นส่วนขับเคลื่อนจากรูปในตารางที่ 2 ชิ้นส่วนข้อเหวี่ยงมีความยาว (r) 17 ซม. เมื่อใช้ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้าที่แรงบิด (T) 9.0 นิวตันเมตร จะทำให้เกิดแรงต้าน (F) ประมาณ 53 นิวตัน จากความสัมพันธ์สมการ $T = Fr$ นอกจากนี้ชุดเกียร์ทดรอบสามารถเพิ่มความเร็วยัง 400 รอบต่อนาทีซึ่งเพียงพอต่อการบริหารกล้ามเนื้อ แผ่นแม่เหล็กสำหรับหน่วงต้านแรงมีลักษณะเป็นแผ่นโค้งติดตั้งใกล้กับชิ้นส่วนจานขับ เมื่อปรับแผ่นแม่เหล็กเข้าใกล้จานขับจะเป็นการเพิ่มความหน่วงต้านการปั่นเนื่องจากแม่เหล็กดูดจานขับทำให้ต้องใช้แรงปั่นเพิ่มขึ้น ข้อดีระบบการ

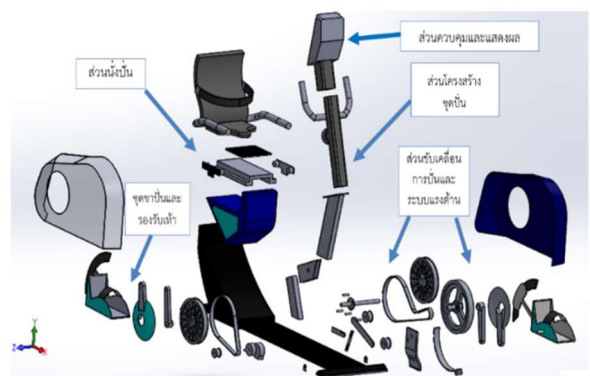
ต้านด้วยแม่เหล็กจะลดการเสียดสีกับจานขับทำให้มีอายุการใช้งานนานและไม่เกิดเสียงระหว่างปั่น

4. ส่วนขาปั่นและรองรับเท้า

ส่วนขาปั่นมีการยึดกับส่วนข้อเหวี่ยง มีการพิจารณาระยะปั่นขาโดยใช้ข้อมูล Popliteal height (รูปที่ 2 (ง)) นอกจากนี้ในส่วนรองรับเท้าได้มีการออกแบบให้สามารถประคองเท้าให้อยู่บนแท่นปั่นและป้องกันอันตรายที่อาจเกิดอันตรายขึ้นขณะใช้งาน สำหรับกรณีผู้ใช้งานมีกล้ามเนื้อขาและเท้าที่อ่อนแรงส่วนรองรับเท้ามีการปรับเป็นลักษณะคล้ายรองเท้าหุ้มส้นยึดกับตัวข้อเหวี่ยงจักรยานขนาดกว้าง 12 ซม. x ยาว 29 ซม. ที่มีช่องระบายอากาศ

5. ส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์และหน้าจอแสดงสถานะ

ส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์และหน้าจอแสดงสถานะได้ออกแบบให้สอดคล้องกับมาตรฐานเครื่องออกกำลังกายในที่ร่ม [14] ประกอบด้วยปุ่มเปิด-ปิดเครื่อง ปุ่มปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ และปุ่มหยุดฉุกเฉิน ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ได้จากการจัดซื้อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มาทำการประกอบและปรับแต่งให้สามารถทำงานได้ตรงตามระบบที่ต้องการ นอกจากนี้มีชิ้นส่วนสำหรับหมุนปรับแรงต้านที่เชื่อมต่ออยู่กับชิ้นส่วนแผ่นแม่เหล็กซึ่งถูกติดตั้งอยู่ตรงกลางโครงอุปกรณ์

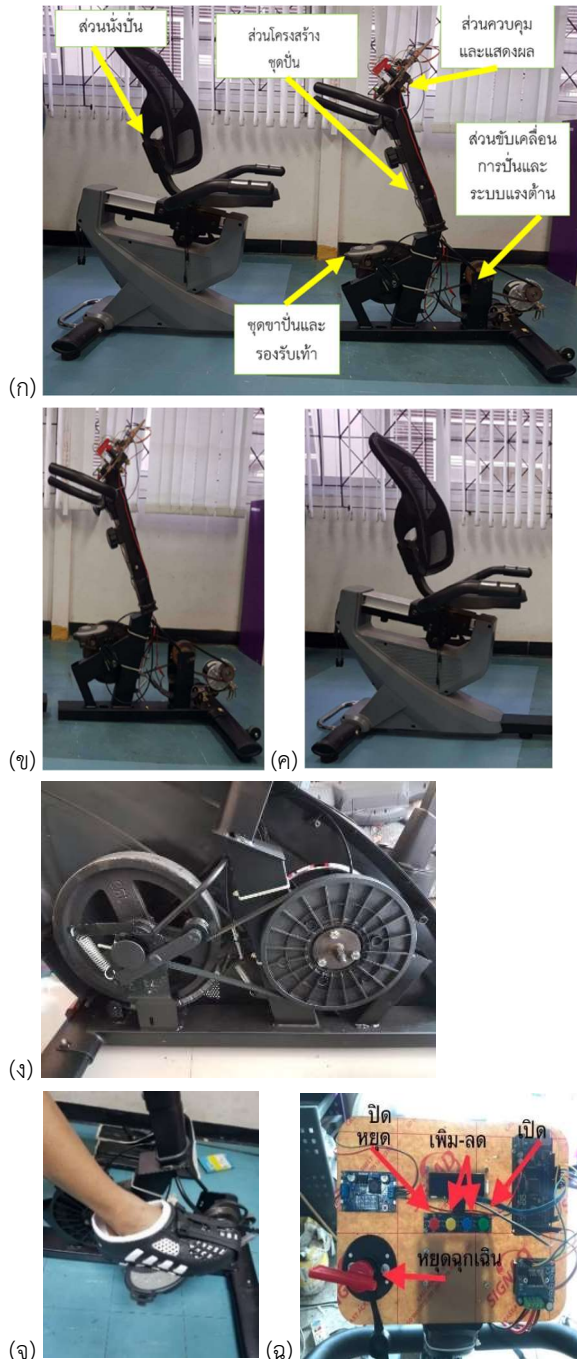


รูปที่ 3 ส่วนประกอบของอุปกรณ์พื้นฟูกำลังกล้ามเนื้อขา

3. ต้นแบบอุปกรณ์พื้นฟูกำลังกล้ามเนื้อขา

ต้นแบบอุปกรณ์พื้นฟูกำลังกล้ามเนื้อขามีลักษณะคล้ายจักรยานออกกำลังกาย ประกอบด้วย 38 ชิ้นส่วนดังแสดงในรูปที่ 3 มีการแยกส่วนนั่งกับส่วนขาปั่นทำให้ผู้ใช้งานสามารถ

เลือกใช้ส่วนนั่งของที่สร้างมาหรือใช้นั่งรถเข็นของผู้ใช้งานเอง ระบบขับเคลื่อนการปั่นทั้งแบบช่วยเสริมแรง (ผู้ใช้งานไม่ต้องออกแรงปั่น) และต้านแรง (ผู้ใช้งานต้องออกแรงปั่น) มีการใช้มอเตอร์ร่วมกับระบบสายพานและมู่เล่เป็นตัวทดกำลัง และมีแผ่นแม่เหล็กเพื่อทำให้เกิดแรงต้าน ดังแสดงในรูปที่ 4

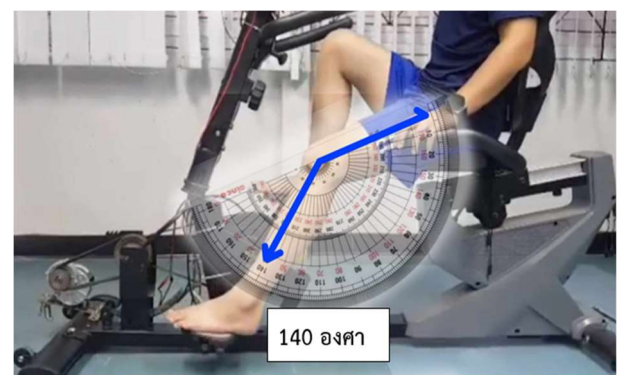


รูปที่ 4 ต้นแบบอุปกรณ์ปั่นฟูกำลังกล้ามเนื้อขาและส่วนประกอบต่างๆ: (ก) ภาพรวม (ข) ส่วนโครงสร้างชุดปั่น (ค) ส่วนนั่งปั่น (ง) ส่วนขับเคลื่อนการปั่นและระบบแรงต้าน (จ) ส่วนขาปั่นและรองรับเท้า และ (ฉ) ส่วนควบคุมการทำงานของอุปกรณ์และหน้าจอแสดงสถานะ

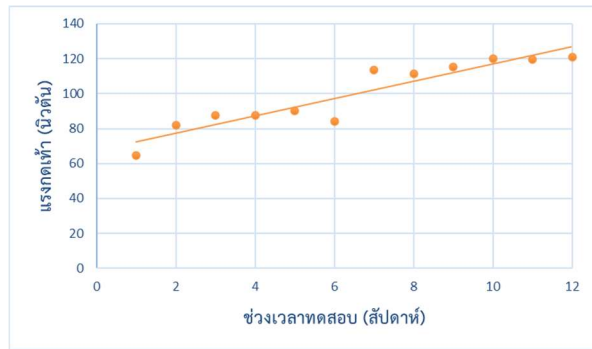
4. การใช้งานอุปกรณ์ปั่นฟูกำลังกล้ามเนื้อขา

4.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์ปั่นฟูกำลังกล้ามเนื้อขา

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ปั่นฟูกำลังกล้ามเนื้อขาโดยมีวิธีการทดสอบโดยใช้กลุ่มตัวอย่างคืออาสาสมัครที่มีอาการอ่อนแรงช่วงขา สามารถช่วยเหลือตนเองได้บ้าง ไม่มีการแตกหักของกระดูก ซึ่งแรงที่ใช้ในการปั่นความเร็วรอบและช่วงเวลาที่ทำการกายภาพ ถูกกำหนดโดยนักกายภาพตามความเหมาะสมของผู้ทดสอบ จากกรณีศึกษา มีการกำหนดค่าแรงต้านที่ 50 นิวตัน [17] ค่าความเร็วรอบการปั่น 60 รอบต่อนาทีและให้ผู้ใช้งานอุปกรณ์ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 30 นาทีต่อวัน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ การวัดผลการพัฒนาของกล้ามเนื้อได้มีการติดตั้งเซนเซอร์วัดแรง (Load cell sensor) ที่ตำแหน่งใต้ฝ่าเท้าเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกแรงกดของเท้าตามลักษณะการปั่น พบว่าแรงที่ใช้ในการกดเท้าในท่าทางยืดขาที่มุม 140 องศา ดังรูปที่ 5 และ 6 พบว่าแรงกดเท้ามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 64.5 นิวตันในสัปดาห์แรก จนถึง 121.1 นิวตันในสัปดาห์ที่ 12 ผลจากการทดสอบสอดคล้องกับงานวิจัยของนคร วรารัตน์ และคณะ [18] และ สุวรรณ วุฒิธรฤทธิ์ และคณะ [19] ที่มีการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับผู้ป่วยขาอ่อนแรงในลักษณะการเดินก้าวเท้าแบบวงรีพร้อมส่วนช่วยพยุง สามารถพัฒนากล้ามเนื้อขาและการทรงตัวที่ดีขึ้นของผู้ป่วยได้



รูปที่ 5 การปั่นในท่าทางยืดขา 140 องศา



รูปที่ 6 พัฒนาแรงกดการปั่นในท่าทางยืดขาคุมกาง 140 องศา

4.2 ประเมินความพึงพอใจการใช้งานอุปกรณ์

มีการประเมินความพึงพอใจการใช้งานอุปกรณ์โดยให้นักกายภาพบำบัดประเมินแบบสอบถามจำนวน 10 ท่าน ในด้านต่างๆ โดยกำหนดคะแนนความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ จาก 0 ถึง 5 โดยระดับคะแนน 0 คือไม่พอใจ และระดับคะแนน 5 คือพอใจมากที่สุด ผลจากการประเมินความพึงพอใจดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าผลการประเมินเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.74 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพอใจมาก ซึ่งด้านประโยชน์ในการใช้งานมีความพึงพอใจสูงสุด รองลงคือด้านความแข็งแรงและใช้งานได้จริง จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าอุปกรณ์สามารถช่วยฟื้นฟูกล้ามเนื้อขาได้และสามารถใช้งานได้ด้วยตนเอง อย่างไรก็ตามเพื่อเพิ่มความปลอดภัยควรมีการปรับขึ้นส่วนประกอบระบบขับเคลื่อนให้มีขนาดเล็กลงเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุกับตัวครอบ และควรเพิ่มการแสดงผลการออกแรงระหว่างการปั่นเพื่อให้สามารถประเมินและวางแผนพัฒนาการฟื้นฟูกล้ามเนื้อขาอ่อนแรงได้

ตารางที่ 3 แบบประเมินความพึงพอใจของอุปกรณ์

หัวข้อการประเมิน	ผลประเมินเฉลี่ย
1. ความสะดวกในการใช้งานอุปกรณ์	3.6
2. ความเหมาะสมของรูปแบบอุปกรณ์	3.5
3. ความปลอดภัยในการใช้งาน	3.5
4. การใช้งานไม่ซับซ้อน	3.9
5. การลดผู้ช่วยในการกายภาพบำบัด	3.7
6. การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์	3.4
7. อุปกรณ์มีความแข็งแรง	4.1
8. ขนาดของตัวอุปกรณ์	3.4
9. ตัวอุปกรณ์สามารถใช้งานได้จริง	4.1
10. มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้	4.2
เฉลี่ยรวม	3.74

5. สรุปผลการวิจัย

อุปกรณ์ช่วยเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อส่วนขาถูกพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของการนั่งปั่นจักรยานเพื่อฟื้นฟูกล้ามเนื้อบริเวณต้นขาซึ่งเป็นมัดกล้ามเนื้อสำคัญสำหรับการเดิน อุปกรณ์ถูกออกแบบโดยพิจารณามาตรฐานเครื่องออกกำลังกายในที่ร่ม (มอก. 2880) อุปกรณ์มี 5 ส่วนหลักคือ 1.ส่วนโครงสร้างชุดปั่น 2. ส่วนเก้าอี้ปั่น 3. ส่วนขับเคลื่อนการปั่นและระบบแรงต้าน 4. ส่วนขาปั่นและรองรับเท้า 5. ส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์และหน้าจอแสดงสถานะ โดยระบบขับเคลื่อนเพื่อฟื้นฟูกล้ามเนื้อจะมีทั้งมอเตอร์ช่วยเสริมแรงและระบบแม่เหล็กเพื่อสร้างแรงต้านที่สามารถปรับระดับได้ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกาย มีชิ้นส่วนจับยึดขาและระบบควบคุมและแสดงสถานะการทำงานของระบบทำให้ผู้ป่วยสามารถช่วยเหลือตนเองได้มากยิ่งขึ้น ผลการทดสอบและประเมินด้วยนักกายภาพมีความพอใจมาก เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปั่นกับการออกแรงปั่นพบว่าท่าทางยืดขาที่มุม 140 องศา จะทำให้เกิดการออกแรงสูงสุดที่ 64.5 นิวตัน และเมื่อมีการทำกายภาพอย่างน้อย 30 นาทีต่อครั้งจำนวน 3 วันต่อสัปดาห์เป็นเวลาติดต่อกัน 12 สัปดาห์ ทำให้การออกแรงเพิ่มขึ้นเป็น 121.1 นิวตัน หรือเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่าของการออกแรงจากเดิม ผลจากการดำเนินงานวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องกายภาพผู้ป่วยกล้ามเนื้อขาอ่อนแรงต่อไปในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่เป็นผู้สนับสนุนทุนบัณฑิตศึกษาปี 2562 ในการทำงานวิจัยนี้ รวมถึงสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในการสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยจนทำสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองยุทธศาสตร์และแผนงาน กระทรวงสาธารณสุข. จำนวนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง. 2562 เข้าถึงได้จาก: <https://www.hfocus.org/content/2019/10/17959> [เข้าถึงเมื่อ 29 ตุลาคม 2563]

- [2] World stroke organization. *สาเหตุการเกิดอัมพฤกษ์ โรคหลอดเลือดในสมอง*. เข้าถึงได้จาก: <http://www.world-stroke.org> [เข้าถึงเมื่อ 31 ตุลาคม 2563]
- [3] สถาบันประสาทวิทยา กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. *คู่มือโรคหลอดเลือดสมอง (อัมพาต อัมพฤกษ์) สำหรับประชาชน* เข้าถึงได้จาก: <https://library.anamai.moph.go.th/elib/cgi-bin/opacexe.exe?op=dsp&opt=cdesc&lang=0&db=Main&pat=&cat=sub&skin=s&lpp=20&catop=&iid=0000032632>. [เข้าถึงเมื่อ 31 ตุลาคม 2563]
- [4] พวงทอง ไกรพิบูลย์. *โรคอัมพาต โรคอัมพฤกษ์ โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke)*. เข้าถึงได้จาก: <http://haamor.com/th/%E0%B8%AD%E0%B8%B1%E0%B8%A1%E0%B8%9E%E0%B8%B2%E0%B8%95/>. [เข้าถึงเมื่อ 31 ตุลาคม 2563]
- [5] ศุภวรรณ มโนสุนทร. *รายงานการพยากรณ์โรคหลอดเลือดสมอง*. เข้าถึงได้จาก: www.interfetphtailand.net/forecast/files/report_2014/report_2014_no20.pdf. [เข้าถึงเมื่อ 31 ตุลาคม 2563].
- [6] Gray E. *Therapeutic Exercise Device for Legs*. Available from: <https://patents.google.com/patent/US5284131A/en>. [Accessed 2nd August 2021]
- [7] Miller S. *Exercise Machine for Seated Operator*. Available from: <https://patents.google.com/patent/US5308302A/en>. [Accessed 2nd August 2021]
- [8] Nelson MH. *Leg Exerciser Particularly Adapted for Use Under Desks*. Available from: <https://patents.google.com/patent/US5807212A/en>. [Accessed 20th August 2021]
- [9] Brian H. Hamilton. *Bicycle Trainer with Variable Magnetic Resistance to Pedaling*. Available from: <https://www.lens.org/lens/patent/045-216-858-189-496>. [Accessed 1st February 2021]
- [10] Polishuk I. *Exercise Pedaling Device for Wheelchair*. Available from: <https://patents.google.com/patent/US20130303340A1/en>. [Accessed 20th January 2021]
- [11] McBride R. *Exerciser Device*. Available from: <https://patents.google.com/patent/USD382319S/en> [Accessed 1st October 2021]
- [12] วินัย ชนปรมัตถ์. ระบบหุ่นยนต์เพื่อการฟื้นฟูข้อมือ แขน ท่อนล่าง และข้อศอก. *วารสารเวชศาสตร์ฟื้นฟูสุขภาพ*. 2560;27(1): 11-17.
- [13] ปรีชา บานกลีบ, จตุรวิทย์ กลิ่นใหม่, ประกาศิต ตันตือลงการ. จักรยานกายภาพบำบัดแขนและขาสำหรับเด็กพิการทางสมอง. ใน: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ *การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2558. หน้า 13-18.
- [14] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. *มอก. 2880-2562 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องออกกำลังกายในทรีม เล่ม 1 ข้อกำหนดทั่วไปด้านความปลอดภัย และวิธีทดสอบ*. เข้าถึงได้จาก: https://www.tisi.go.th/data/standard/pdf_files/tis/a2880_1-25xx.pdf. [เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2565].
- [15] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. *Thai Dimension ขนาดสัดส่วนร่างกายไทย*. เข้าถึงได้จาก: <https://sites.google.com/view/thai-dimension/home?authuser=0>. [เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2565].
- [16] International Organization for Standardization. *ISO/TR 7250-1:2017 Basic Human Body Measurements for Technological Design —Part 1: Body Measurement Definitions and Landmarks*. Available from: <https://www.iso.org/standard/44152.html>. [Accessed 2nd October 2022]
- [17] Rosen J, Brand M, Fuchs MB, Arcan M, A myosignal-based powered exoskeleton system. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*. 2001;31(3): 210-222.
- [18] นคร วรารัตน์, วุฒิกาน เขมะวิชานรัตน์, สุกฤษชา มณีวรรณ. *รายงานวิจัยการสร้างเครื่องมือช่วยฟื้นฟูเด็กสมองพิการแขนขาอ่อนแรงและมีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหว*. เข้าถึงได้จาก: <http://do1.new.hss>.

moph.go.th:8080/fileupload/2562-208.pdf เข้าถึง
เมื่อ 10 พฤศจิกายน 2567]

- [19] สุวรรณ วุฒิรัตนฤทธิ์, กนกวรรณ ศิลปกรรมพิเศษ
กฤษฎา อุไรศรีพงศ์. การพัฒนาอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูการ
เดินสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง. *วารสารวิจัย
สุขภาพและการพยาบาล*. 2566;39(3): 194-204.