



## วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. UBU Engineering Journal

บทความวิจัย

### แบบจำลองการก้าวเดินของเครื่องช่วยเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการ Walking model for gait training for children with cerebral palsy

ธวัชชัย อุ่นใจอม<sup>1\*</sup> จิระวัฒน์ ขันติธรากร<sup>2</sup> สมชัย ศรีพรโกมลรัตน์<sup>1</sup> สหรัฐ อ่างอิง<sup>1</sup> สุธีร์ มุลเทพ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

<sup>2</sup> นักกายภาพบำบัด สถาบันพัฒนาการเด็กราชนครินทร์ จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180

Thawatchai Ounjaijom<sup>1\*</sup> Jirawat Khantitharangkur<sup>2</sup> Somchai Sripornkomonrat<sup>1</sup> Saharat Ang- aing<sup>1</sup>  
Suthee Moonthep<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai 50300

<sup>2</sup> Physiotherapist, Department of Physical Therapy, Rajanagarindra Institute of Child Development, Chiang Mai 50180

\* Corresponding author.

E-mail: tounjaijom@gmail.com; Telephone: 0 8404 79465

วันที่รับบทความ 9 มิถุนายน 2563; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 23 กรกฎาคม 2563 ; วันที่ตอบรับบทความ 3 สิงหาคม 2563

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองการก้าวเดินของเครื่องช่วยเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการ โดยพิจารณาสัดส่วนของกลไกการก้าวเดินตามหลักการศาสตร์ของสรีระเด็กไทยในช่วงอายุ 3 – 12 ปี และอาศัยหลักการการเคลื่อนที่ของกลไกแขนเชื่อมโยง 4 แห่ง (Four-Bar Linkages) ในการหาระยะก้าวเดิน แบบจำลองการก้าวเดินที่ได้ถูกนำไปใช้ในการสร้างต้นแบบเครื่องช่วยเดินแบบอยู่กับที่เพื่อเป็นกายอุปกรณ์ที่ช่วยนักกายภาพบำบัดในการทำกายภาพบำบัดให้แก่ผู้ป่วยเด็กสมองพิการ ผลจากการศึกษาพบว่าระยะก้าวเดินของกลไกนี้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 133.129 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดินยังขึ้นอยู่กับความเร็วรอบที่เลือกใช้ในการฝึกเดินด้วย

#### คำสำคัญ

กลไกแขนเชื่อมโยง 4 แห่ง เครื่องช่วยเดิน แบบจำลองการก้าวเดิน ผู้ป่วยเด็กสมองพิการ

#### Abstract

The purpose of this research is to study the walking model of gait training for Children with Cerebral Palsy. The proportions of the walking mechanism are considered according to the ergonomic principles of the physiology of Thai children in the age of 3 – 12 years old. The principle of movement of the four – bar linkages to finding the step length is also considered. The walking model, which has been used to build a prototype of stationary gait training, is a device that helps Physiotherapists to perform physical therapy for Children with Cerebral Palsy. The result shows that the maximum step length of this mechanism is 133.129 millimeters. In addition, it is found that the distance used for gait training also depends upon the speed chosen for training.

#### Keywords

four-bar linkages; gait training; walking model; children with cerebral palsy

## 1. คำนำ

โรคสมองพิการ (Cerebral Palsy, CP) เป็นอาการของผู้ป่วยเด็กที่มีการผิดปกติหรือพิการของสมองอย่างถาวร สามารถพบอาการผิดปกตินี้ได้ตั้งแต่อยู่ในครรภ์หรือเมื่อคลอดออกมาแล้ว ผู้ป่วยที่เป็นโรคนี้จะมีอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อทั้งมัดเล็กและมัดใหญ่ทำให้มีอาการเคลื่อนไหวผิดปกติของร่างกาย การทรงตัวขณะนั่ง การทรงตัวขณะยืน หรือมีอาการเกร็งของกล้ามเนื้อตามอวัยวะต่างๆ เช่น แขน ขา เป็นต้น โรคสมองพิการไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ มีเพียงการบรรเทาให้อาการดีขึ้นโดยทีมสหวิชาชีพ เช่น การทำกายภาพบำบัดหรือกิจกรรมบำบัด เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการกระตุ้นให้กล้ามเนื้อของผู้ป่วยมีอาการเกร็งลดลง [1, 2] สำหรับการทำกายภาพบำบัดโดยนักกายภาพบำบัดนั้นมีหลายวิธี ทั้งการทำกายภาพด้วยมือ ในน้ำ (ธาราบำบัด) หรือใช้สัตรีช่วยในการกระตุ้น เช่น ม้า (อาซาบำบัด) ในการทำกายภาพด้วยมือนั้น บางครั้งอาจต้องใช้กายอุปกรณ์เข้าช่วยด้วย เช่น การใช้เครื่องช่วยฝึกลุกนั่ง [3] เครื่องช่วยฝึกเดิน (Walker Aids) ราวหัดเดิน (Parallel Bar) หรือจักรยานกายภาพบำบัดแขนและขา [4] เป็นต้น

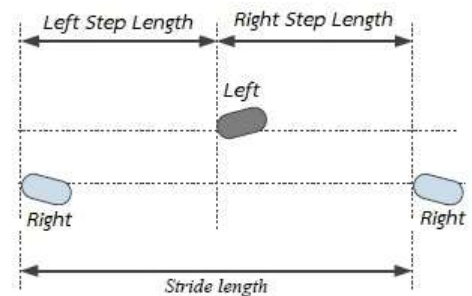
สำหรับเครื่องช่วยฝึกเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบฝึกเดินไปข้างหน้าโดยมีล้อเลื่อนช่วย ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ป่วยเด็กที่เริ่มสามารถก้าวเดินได้บ้างแล้ว แต่ยังมีผู้ป่วยเด็กส่วนใหญ่ที่ยังไม่สามารถก้าวเดินได้ หรือการออกแบบอุปกรณ์ช่วยเดินสำหรับผู้ที่เป็นผู้ใหญ่ [5] ทางนักกายภาพบำบัดจึงต้องใช้กายอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นเครื่องฝึกเดินแบบอยู่กับที่ โดยตัวเครื่องจะจำลองให้ผู้ป่วยเด็กได้ฝึกการย่างก้าวไปมาภายในเครื่อง แต่เนื่องจากกายอุปกรณ์ประเภทนี้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ [6] ทำให้มีราคาค่อนข้างสูง โอกาสในการเข้าถึงอุปกรณ์มีน้อย จึงทำให้การฝึกเดินด้วยกายอุปกรณ์ประเภทนี้ไม่ค่อยได้ใช้งานเท่าใดนัก

จากปัญหาดังกล่าว ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาแบบจำลองการก้าวเดินเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องช่วยเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการ เพื่อเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงกายอุปกรณ์ให้แก่ผู้ป่วยเด็ก ช่วยลดต้นทุนการนำเข้า และช่วยให้นักกายภาพบำบัดให้สามารถมีกายอุปกรณ์ประเภท

นี้เป็นเครื่องมือในการทำกายภาพบำบัดให้แก่ผู้ป่วยเด็กสมองพิการต่อไป

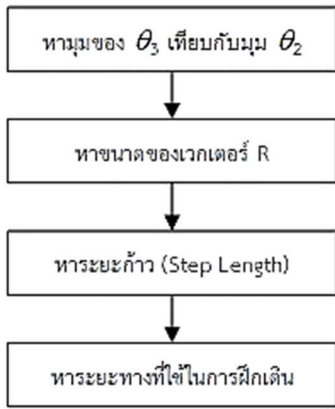
## 2. วิธีดำเนินการ

การออกแบบเครื่องช่วยเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการจะคำนึงถึงความเหมาะสมของสัดส่วนของร่างกายตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomics) เพื่อให้เหมาะสมกับสรีระของผู้ป่วยเด็กโดยการอ้างอิงจากสัดส่วนสรีระของเด็กไทยที่มีร่างกายปกติทั่วไป ในช่วงอายุ 3 – 12 ปี [7-10] โดยมีหลักที่สำคัญคือ ศีรษะต้องตั้งตรงหรือก้มเล็กน้อยไม่เอียงหรือโน้มไปด้านใดด้านหนึ่ง แผ่นหลังต้องชิดติดกับพนักพิงที่เอนไปทางด้านหลังเล็กน้อย ประมาณ 120 องศา และเท้าต้องวางราบกับพื้นแบบเต็มฝ่าเท้า เมื่อออกแบบลักษณะเบื้องต้นของเครื่องช่วยเดินแล้ว จึงเป็นการหาแบบจำลองการก้าวเดินโดยการหาความยาวของวงจรรถจักรยานใน 1 รอบการเดินซึ่ง (Stride Length) ประกอบด้วยความยาวของการก้าวเดินของเท้าซ้าย (Left Step Length) รวมกับความยาวของการก้าวเดินของเท้าขวา (Right Step Length) [5, 11] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความยาวของการก้าวเดิน [5, 11]

ลักษณะการเดินและระยะก้าวที่ใช้ในการออกแบบการก้าวเดินนั้นจะต้องสอดคล้องกับสรีระของผู้ป่วยเด็กสมองพิการ โดยการพิจารณาตามเกณฑ์ของเด็กไทยในช่วงอายุ 3 - 12 ปี ผลจากการหาระยะการก้าวเดินที่ได้ถูกนำมาใช้ในการหาความเร็วและระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดินของเครื่องช่วยเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการได้ โดยมีลำดับขั้นตอนการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 2 โดยมีลำดับขั้นตอนการหาระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดิน ดังนี้



$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{b}' + \vec{e} \quad (1)$$

โดยที่  $\vec{R}$  คือเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของกลไก  $\vec{a}$  คือเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของแขน  $a$ ,  $\vec{b}'$  คือเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของแขน  $b$  และ  $\vec{e}$  คือเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของแขน  $c$

3. ทหาระยะก้าวเดิน (Step Length,  $L$ ) จากสมการที่ (2) ซึ่งก็คือระยะทางที่ สุดของเวกเตอร์  $\vec{R}$  ที่มีค่ามุม  $\theta_2$  แตกต่างกัน 180 องศา [16]

$$L = \left| \vec{R}_{\theta_2} - \vec{R}_{\theta_2+180^\circ} \right| \quad (2)$$

รูปที่ 2 ลำดับขั้นการหาระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดิน

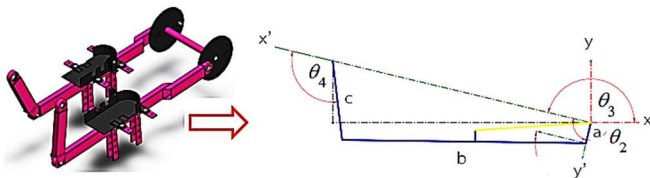
1. การหามุม  $\theta_3$  เทียบกับมุม  $\theta_2$  เมื่อมุม  $\theta_2$  และ  $\theta_3$  คือมุมของกลไกฝึกเดินดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจากการออกแบบได้กำหนดให้แขน  $a$  มีความยาว 66 มิลลิเมตร แขน  $b$  ยาว 770 มิลลิเมตร และแขน  $c$  ยาว 250 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยที่มุม  $\theta_2$  ของแขนกลไก  $a$  จะหมุนครบ 1 รอบ ตั้งแต่มุม 0 องศา จนถึงมุม 360 องศา ทำให้แขนกลไก  $b$  เคลื่อนที่เป็นมุม  $\theta_3$  [12, 13] ซึ่งในการวิเคราะห์หาค่ามุมทั้ง 2 นั้นจะดำเนินการด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรม Scilab [14, 15]

โดยที่  $L$  คือระยะก้าวเดิน  $\vec{R}_{\theta_2}$  คือเวกเตอร์  $\vec{R}$  ที่มีมุม  $\theta_2$  และ  $\vec{R}_{\theta_2+180^\circ}$  คือเวกเตอร์  $\vec{R}$  ที่มีมุม  $\theta_2+180^\circ$

4. นำระยะก้าวเดินที่ได้จากข้อ 3 มาหาความเร็วในแนวราบจากสมการที่ (3) เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการฝึกเดิน [17] จากสมการที่ (4) นั้นคือ

$$V = \frac{2L}{t_1} \quad (3)$$

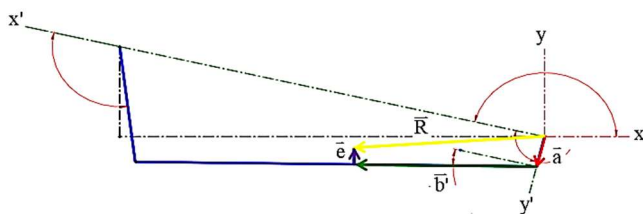
$$S = Vt_2 \quad (4)$$



รูปที่ 3 ลักษณะของกลไกของเครื่องฝึกเดิน

2. นำค่ามุม  $\theta_2$  และ  $\theta_3$  มาใช้ในการคำนวณหาขนาดเวกเตอร์  $\vec{R}$  [16] ดังแสดงในรูปที่ 4 จากสมการที่ (1)

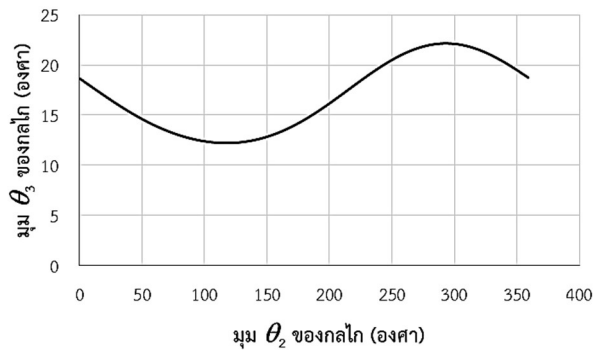
โดยที่  $V$  คือความเร็วในแนวราบที่ใช้ในการเดิน  $S$  คือระยะทางในแนวราบทั้งหมดที่ผู้ป่วยฝึกเดิน  $t_1$  คือเวลาที่ล้อหมุนของอุปกรณ์ช่วยเดินหมุนครบ 1 รอบ และ  $t_2$  คือเวลาที่ใช้ในการฝึกเดิน



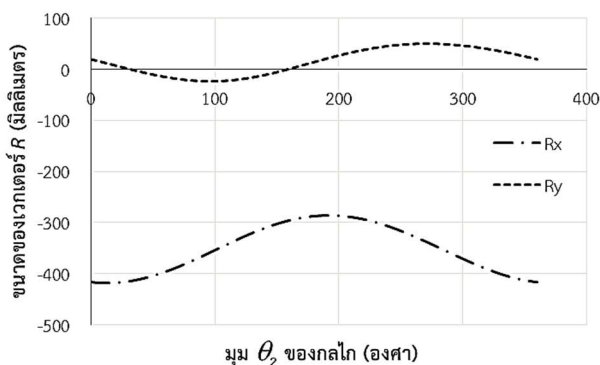
### 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลของการหาค่ามุม  $\theta_3$  ด้วยการแทนค่ามุม  $\theta_2$  ตั้งแต่ 0 องศา จนถึง 360 องศา แสดงได้ดังรูปที่ 5 โดยที่ค่าของมุม  $\theta_3$  อยู่ระหว่าง 12.22 องศา ถึง 22.16 องศา ตามการหมุนของจานหมุนของเครื่องช่วยเดิน (มุม  $\theta_2$ )

รูปที่ 4 ทิศทางของเวกเตอร์  $\vec{R}$  ของกลไกการฝึกเดิน

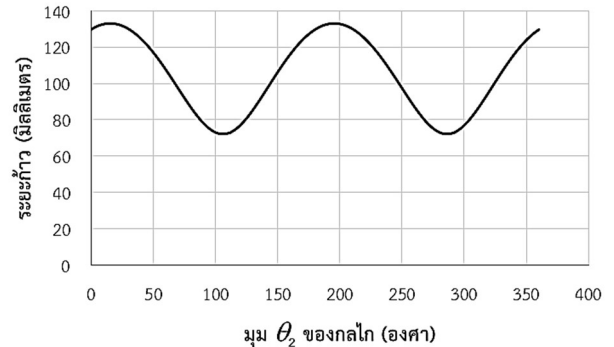
รูปที่ 5 ค่ามุม  $\theta_3$  เทียบกับมุม  $\theta_2$ 

จากนั้นนำค่ามุม  $\theta_2$  และ  $\theta_3$  มาคำนวณหาขนาดของเวกเตอร์  $\bar{R}$  ตามสมการที่ (1) จะได้ความสัมพันธ์ของมุม  $\theta_2$  และเวกเตอร์  $\bar{R}$  ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยที่ลักษณะทิศทางของเวกเตอร์  $\bar{R}$  ทั้งแนวแกน x และ y (รูปที่ 4) มีลักษณะที่สอดคล้อง โดยพบว่าขนาดของเวกเตอร์  $\bar{R}$  ในทิศทางแกน x มีค่ามากที่สุดมีค่าประมาณ -418.185 mm ที่มุม  $\theta_2$  เท่ากับ 13 องศา และขนาดของเวกเตอร์  $\bar{R}$  ในทิศทางแกน y มีค่ามากที่สุดมีค่าประมาณ 49.448 mm ที่มุม  $\theta_2$  เท่ากับ 271 องศา

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของมุม  $\theta_2$  และเวกเตอร์  $\bar{R}$ 

นำค่าเวกเตอร์  $\bar{R}$  ที่คำนวณได้จากสมการที่ (1) ไปหาค่าระยะก้าวเดินของเครื่องช่วยเดินตามสมการที่ (2) ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ของมุม  $\theta_2$  และระยะก้าวเดินของเครื่องช่วยเดิน ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยพบว่าระยะก้าวเดินของเครื่องช่วยเดินที่

สั้นที่สุดประมาณ 72.146 mm ที่มุม  $\theta_2$  เท่ากับ 106 และ 286 องศา และยาวที่สุดประมาณ 133.129 mm ที่มุม  $\theta_2$  เท่ากับ 16 และ 196 องศา ตามลำดับ

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของมุม  $\theta_2$  และระยะก้าวเดินของเครื่องช่วยเดิน

ระยะก้าวเดินสูงสุดที่ได้ถูกนำมาใช้ในการคำนวณหา ระยะทางทั้งหมดที่ผู้ป่วยฝึกเดินในแนวราบ จากสมการที่ (3) และ (4) ซึ่งขึ้นอยู่กับภาระประเมิณของนักกายภาพบำบัดที่จะต้องประเมินอาการป่วยของผู้ป่วยเด็กสมองพิการว่าผู้ป่วยแต่ละรายควรจะใช้ความเร็วในการเดินและระยะเวลาที่ต้องการใช้ในการฝึกเดินในแต่ละครั้งของการทำกายภาพบำบัด ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้ผู้ป่วยเด็กสมองพิการทำกายภาพบำบัดด้วยการฝึกเดินใช้ความเร็วรอบในการฝึกเดินเท่ากับ 40 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือ 3600 วินาที จากสมการที่ (3) จะได้ความเร็วในแนวราบของการเดินเท่ากับ 177.505 มิลลิเมตรต่อวินาที จากนั้นนำความเร็วในแนวราบที่ได้นี้แทนเข้าไปในสมการที่ (4) จะได้ระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดินในระยะเวลา 1 ชั่วโมง เท่ากับ 639,019.2 มิลลิเมตร หรือเท่ากับ 639.018 เมตร

ทั้งนี้ในการทำกายภาพจริงนักกายภาพบำบัดอาจกำหนด ระยะทางที่ต้องการให้ผู้ป่วยเด็กสมองพิการฝึกเดินก่อน จากนั้นจึงนำมาคำนวณหาเวลาที่ต้องใช้ เช่น ถ้าต้องการให้ผู้ป่วยเด็กสมองพิการฝึกเดินเป็นระยะทาง 100 เมตร สามารถหาเวลาที่ต้องใช้ในการฝึกเดินจากสมการที่ (4) เท่ากับ 563.364 วินาที หรือ 9.389 นาที เป็นต้น

ตัวอย่างของการคำนวณหาระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดินในแนวราบ เมื่อระยะก้าวเดินของกลไกเท่ากับ 133.129

มิลลิเมตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบที่ใช้ในการฝึกเดินต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าเรากำหนดให้เวลาที่ต้องการใช้ในการฝึกเดินคงที่ ตัวแปรที่จะส่งผลกระทบต่อระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดินคือความเร็วรอบที่ใช้ ถ้าความเร็วรอบสูงขึ้นจะส่งผลให้ได้ระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดินเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 1 ระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดินที่ความเร็วรอบต่างๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	$t_1$ (วินาที/รอบ)	$V$ (เมตร/วินาที)	$S$ (เมตร)
10	6.0	0.044	159.760
20	3.0	0.888	319.510
30	2.0	0.133	479.264
40	1.5	0.178	639.019
50	1.2	0.222	798.774

ระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดินจากงานวิจัยนี้เป็นเพียงแบบจำลองการก้าวเดินของเครื่องช่วยเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการที่มีการเลือกออกแบบจากหลักการยศาสตร์ของเด็กไทยในช่วงอายุ 3 – 12 ปี และขนาดของกลไก (ขนาดของแกน a, b และ c จากรูปที่ 3) ซึ่งหากสรีระของผู้ป่วยเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้ขนาดของกลไกเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้ระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดินเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และหลังจากได้แบบจำลองการก้าวเดินของเครื่องช่วยเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการแล้ว คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องช่วยเดินขึ้นดังแสดงในรูปที่ 8 เพื่อนำไปทดสอบเบื้องต้น



รูปที่ 8 ต้นแบบเครื่องช่วยเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการ

#### 4. สรุปผลการวิจัย

แบบจำลองการก้าวเดินของเครื่องช่วยเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยสมการการเคลื่อนที่ของกลไกแกนเชื่อมโยงแบบ 4 แขนง (Four – Bar Linkages) ที่สอดคล้องกับหลักการยศาสตร์ของเด็กไทย ซึ่งในงานวิจัยในครั้งนี้ได้พิจารณาสัดส่วนของเด็กไทยในช่วงอายุ 3 -12 ปี ทำให้ได้ขนาดของกลไกที่ใช้ในการเคลื่อนที่ คือ แกน a ยาว 66 มิลลิเมตร แกน b ยาว 770 มิลลิเมตร และแกน c ยาว 250 มิลลิเมตร ตามลำดับ ได้ระยะการก้าวเดินสูงสุดเท่ากับ 133.129 มิลลิเมตร ซึ่งระยะก้าวเดินนี้เป็นตัวแปรสำคัญที่จะกำหนดระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดินในแนวราบ นอกจากนี้ยังมีตัวแปรที่สำคัญอีกตัวแปรหนึ่งคือความเร็วรอบที่ใช้ในการฝึกเดิน ถ้าใช้ความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ได้ระยะทางที่ใช้ในการฝึกเดินเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ในการออกแบบต้องระวังเรื่องของจุดตาย (Dead Point) ที่อาจเกิดขึ้นได้ถ้ากลไก b และ c ในรูปที่ 3 ทำมุมใกล้ 180 องศา รวมทั้งความฝืดของจุดหมุนต่างๆ ด้วย

สำหรับงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไปนั้น ทางคณะผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะศึกษาถึงผลกระทบของการเกิดจุดตายที่อาจเกิดขึ้นในขณะที่ผู้ป่วยเด็กสมองพิการฝึกเดิน ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากความฝืดของจุดหมุนต่างๆ หรือเกิดจากอาการเกร็งของกล้ามเนื้อของผู้ป่วยเด็กสมองพิการ รวมถึงการพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงานของกลไกที่ตอบสนองต่ออาการเกร็งของกล้ามเนื้อของผู้ป่วยในขณะใช้งาน นอกจากนี้ทางคณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจที่จะพัฒนาเครื่องช่วยฝึกเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการ เพื่อเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงของผู้พิการและลดการนำเข้าเครื่องช่วยฝึกเดินจากต่างประเทศ

#### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สหวิชาชีพและนักกายภาพบำบัด สถาบันพัฒนาการเด็กราชนครินทร์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่กรุณาให้ข้อมูลและข้อเสนอแนะที่จำเป็นสำหรับการออกแบบเครื่องช่วยฝึกเดินสำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการ

## เอกสารอ้างอิง

- [1] สมพร สุทธราภา. *สมองพิการ (Cerebral Palsy, CP)*. ภาควิชาการพยาบาลกุมารเวชศาสตร์คณะพยาบาล , กรุงเทพฯ ,มหาวิทยาลัยมหิดล ,ศาสตร์; 2554.
- [2] พรรณี ปิงสุวรรณ. *กายภาพบำบัดในเด็กสมองพิการ*. พิมพ์ครั้งที่ 2ขอนแก่น ,โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ; 2559.
- [3] ธวัชชัย อุ่ใจจุมจิระวัฒน์ ชันต ,กุลทรัพย์ ผ่องศรีสุขิ, ธารงกูร. การพัฒนาเครื่องช่วยฝึกนั่ง-ยืน สำหรับผู้ป่วยเด็กสมองพิการ. *วารสารวิชาการรับใช้สังคม มทร. ล้านนา*. 2562; 3(1); 55-61.
- [4] ปรีชา บานกลีบประกาศิต ตันติ ,จตุรวิทย์ กฐินใหม่ , จักรยานกายภาพบำบัดแขนและขาสำหรับเด็ก .อลงการ ใน .พิการทางสมองการประชุมวิชาการครุศาสตร์ อดุทธกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8, 26 พฤศจิกายน 2558; คณะครุศาสตร์อดุทธกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2558. หน้า 13 – 18.
- [5] Tarapong K, Radom P. Synchronization Control Scheme for Gait Training Robot and Treadmill. In: *2014 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*; 2014 July 30 – August 1. Pullman Khon Kaen Raja Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand; 2014. P.481-485.
- [6] Made for Movement. Innowalk. Available from: <http://www.madeformovement.com/innowalk/> [Accessed 25th April 2020].
- [7] วิฑูรย์ สิมะโชคดี และกฤษฎา ชัยกุล. *เออร์گونอมิกส์*. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ; 2548.
- [8] กรมอนามัย. *เกณฑ์อ้างอิงน้ำหนัก ส่วนสูง และเครื่องชี้วัดโภชนาการของประชาชนไทยอายุ 1 วัน – 19 ปี*. กระทรวงสาธารณสุข; 2542.
- [9] ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม. *ขนาดตัวมาตรฐานเด็กไทย: การพัฒนาหุ่นขนาดตัวมาตรฐานเด็กไทย*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี; 2558.
- [10] กลางเดือน โปชนา และองุ่น สังขพงศ์. *การประมาณค่าขนาดสัดส่วนร่างกายเพื่อการออกแบบโต๊ะเก้าอี้ที่นักเรียนระดับประถมศึกษา*. ปรินญานินพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2550.
- [11] Christopher LV, Brian LD, Jeremy COC. *Dynamics of Human Gait*. Second Edition. South Africa: Kiboho Publishers; 1999.
- [12] Kenneth JW, Gary L. Kinzel. *Kinematics, Dynamics, and Design of Machinery*. Second Edition. NJ, USA: John Wiley & Son, Inc.; 2004.
- [13] Hamilton HM, Charles FR. *Mechanisms and Dynamics of Machinery*. Fourth Edition. NJ, USA: John Wiley & Son, Inc.; 1987.
- [14] Scilab 6.0.2. ESI Group. French. 2019.
- [15] Michael B. *Programming in Scilab*. September 2011.
- [16] Robert LN. *Design of Machinery*. Third Edition. New York, USA. McGraw-Hill. 2004.
- [17] Meriam JL, Kraige L. G. *Engineering Mechanics: Dynamics*. Seventh Edition. NJ, USA: John Wiley & Son, Inc.; 2012.