ระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย

Patient Transfer System

นายกฤษฎา สิงห์เวิน รหัสนิสิต 5836198**1**

นายชนันวัฒน์ วัฒนวิเชียร รหัสนิสิต 5836214**8**

นายวัชรากร กาญจนเวณุ รหัสนิสิต 5836273**5**

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2561

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นาย กฤษฎา สิงห์เวิน	รหัสนิสิต 58361981
	นาย ชนันวัฒน์ วัฒนวิเชียร	รหัสนิสิต 58362148
	นาย วัชรากร กาญจณเวนุ	รหัสนิสิต 58362735
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ปัญญวัณ ลำเพาพงศ์	
ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิศุทธิ์ วรจิรันตน์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	2561	

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.ปัญญวัณ ลำเพาพงศ์)

.....ที่ปรึกษาโครงงานร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิศุทธิ์ วรจิรันตน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์จิรา วสุนธราวัฒน์)

.....กรรมการ
(ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์)

หัวข้อโครงงาน **:** ระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย
ผู้ดำเนินโครงงาน : นายกฤษฎา สิงห์เวิน รหัสนิสิต 58361981
: นายชนันวัฒน์ วัฒนวิเชียร รหัสนิสิต 58362148
: นายวัชรากร กาญจนเวณุ รหัสนิสิต 58362735
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ปัญญวัณ ลำเพาพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิศุทธิ์ วรจิรันตน์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2561

บทคัดย่อ

ระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 เป็นการปรับปรุงต้นแบบคือ อุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ปรับปรุงบอร์ดรองนั่ง ชุดกลไก และโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 1 ให้ใช้งานสะดวกยิ่งขึ้น โดยสรุปการดำเนินงานเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 บอร์ดพิงหลัง จากการวิเคราะห์ปัญหาของรุ่นที่ 1 พบว่ามีปัญหาเรื่องน้ำหนัก วัสดุ และความยากในการใช้งานจึงทำการออกแบบโครงสร้างและฟังก์ชันใหม่โดยใช้เบาะรองนั่งของเก้าอี้เข็นร่วมกับบอร์ดพิงหลัง ซึ่งทำจากเหล็กกลมกลวง มีน้ำหนักน้อยกว่ารุ่นที่ 1 อยู่ 2 กิโลกรัม ทำให้ใช้งานง่ายมากยิ่งขึ้น ส่วนที่ 2 ชุดกลไก ได้ทำการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาเรื่องวัสดุ อัตราทดเฟือง มือหมุนและการล็อคสายรับน้ำหนัก โดยเปลี่ยนวัสดุทั้งหมดเป็นสแตนเลส ปรับมือหมุนให้จับได้ถนัดมือและสามารถพับได้ ออกแบบชุดล็อคสายรับน้ำหนักที่ติดตั้งได้อย่างมั่นคง อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบการเปลี่ยนชุดเฟืองหนอนเพื่อปรับอัตราทดเฟือง พบว่ามีปัญหาด้านการล็อคตัวเองของชุดเฟืองหนอน จึงเลือกใช้ชุดเฟืองหนอนแบบเดิม โดยทำการออกแบบชุดล็อคสายรับน้ำหนักใหม่ให้สามารถเก็บสายรับน้ำหนักได้เร็วกว่าเดิม ทั้งนี้ชุดกลไกสามารถยกน้ำหนักแบบหยุดนิ่งและแบบเคลื่อนที่ได้ตามที่กำหนด และใช้งานง่ายกว่ารุ่นที่ 1 ส่วนที่ 3 โครงสร้าง ได้ทำการปรับปรุง เพื่อให้สามารถทำการถอดประกอบได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยการลดความยาวเดือยของคานโครงสร้างและที่พิงหลัง ใช้สลักยึดแบบ Ball lock pin ใช้แผ่นโฟมยางหุ้มตัวโครงสร้าง สุดท้ายจึงเป็นการทดสอบใช้งานระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 พบว่าสามารถใช้งานได้ตามฟังก์ชันที่ต้องการ และมีเวลาเฉลี่ยในการใช้งานเพื่อเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากท่านอนบนเตียงไปนั่งบนเก้าอี้เข็นน้อยกว่ารุ่นที่ 1 คิดเป็น 39%

Project title : Patient Transfer System

Name : Mr.Kritsada Singwern ID. 58361981

: Mr.Chananwat Watthanavichean ID. 58362148

: Mr.Wacharakorn Kanjanawenu ID. 58362735

Project Advisor : Dr.Punyawan Lumpaopong

: Assistant Professor Dr.Ponpisut Worrajiran

Major : Mechanical Engineering

Department : Mechanical Engineering

Year : 2018

Abstract

The patient transfer system Limo PTS 2nd generation is an improvement of the Limo PTS 1st generation with the objectives to improve the back resting board, lifting mechanism and structure of the Limo PTS 1st generation. In summary, the work was devided into 3 parts. Part 1: the back resting board, the analysis of the 1st generation revealed that there were problems with weight, material and using difficulty. Therefore, the new structure and function were designed. It was to use the seat of the Limo PTS wheelchair together with the new back resting board made of steel pipe. The new design weighed 2 kilograms less than that of the 1st generation. Part 2: the liftings mechanism was designed to solve the problems of material, gear ratio, handle and load – bearing cable lock. All materials were changed to stainless steel. For the worm gear sets, there was a problem of self-locking of the worm gears with low gear ratio, therefore, the original worm gear set was used. The new handles were easier to grip and foldable. The load-bearing cable lock was redesigned for firm installation and in order to wind up the cable faster. The mechanism could lift static and dynamic loads as specified and was easier to use than that of the 1st generation. Part 3: the structure was also improved to facilitate assembly and deassembly by reducing the dowel lengths of the beams and using the ball lock pins. Some parts of the structure were wrapped with rubber foam sheet to prevent impact to the floor and car body. Finally, the test of the 2nd generation Limo PTS was performed. It was found that the Limo PTS 2nd generation could be used according to the desired function. The average time for moving the patient from the bed to sit in a wheelchair was 39% less than that of the 1st generation.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลือ แนะนำ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และสนับสนุนอุปกรณ์ในการทำงานตลอดระยะเวลาการทำปริญญานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก ดร.ปัญญวัณ ลำเพาพงศ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิสุทธิ์ วรจิรันตน์ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้สถานที่ค้นคว้าหาความรู้ และสนับสนุนการใช้อุปกรณ์เครื่องมือช่างต่างๆ ภายในอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล ตลอดระยะเวลาการทำโครงงาน

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์จิรา วสุนธราวัฒน์ อาจารย์ประจำภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ และ ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้มาเป็นคณะกรรมการในการสอบปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ทุกคนที่ช่วยเหลือสนับสนุนทั้งด้านกำลังใจด้วยดีมาตลอด นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งผู้เขียนไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด จึงขอขอบพระคุณทุกท่านเหล่านั้นไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูปภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 แผนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยเก้าอี้สำหรับใช้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย (Patient Transfer Chair)	5
2.2 กระบวนการออกแบบ Limo PTS รุ่นที่ 1	8
2.2.1 การแก้ปัญหาจากความไม่สะดวกต่อการใช้งาน	8
2.2.2 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม	8
2.2.3 กำหนดปัญหาและตั้งวัตถุประสงค์	9
2.2.4 สร้างฟังก์ชัน ความต้องการและพัฒนารายละเอียด	9
2.2.5 การพัฒนาการออกแบบเบื้องต้น	9
2.2.6 การประเมินและตัดสินใจ	10
2.3 เฟืองตัวหนอน (Worm Gear)	10
2.4 ตลับลูกปืน (Bearing)	12
2.5 การออกแบบเพลา	13
2.5.1 สมการแรงบิดหรือทอร์ก	13
2.5.2 สมการความเค้นเฉือนเนื่องจากแรงบิด	13
2.5.3 สมการมุมบิด	13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 ล้อเข็น (Caster Wheel) 14

2.6.1 ชนิดของล้อจำแนกตามวัสดุ 14

2.6.2 หลักการคำนวณการรับน้ำหนักบรรทุกอย่างปลอดภัย 15

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาและทดลองใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 16

3.2 วิเคราะห์ปัญหาการใช้งานของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา 17

3.3 เขียนแบบ (Drawing) ของ Limo PTS ด้วยโปรแกรม Autodesk Fusion 360 20

3.4 การออกแบบ สร้าง และทดสอบ Limo PTS รุ่นที่ 2 21

บทที่ 4 ออกแบบ สร้าง และทดสอบ Limo PTS รุ่นที่ 2

4.1 การปรับปรุงบอร์ดพิงหลัง 22

4.1.1 การออกแบบและสร้างบอร์ดพิงหลัง 22

4.1.2 การทดสอบบอร์ดพิงหลัง 23

4.2 การปรับปรุงกลไกยกผู้ป่วย 27

4.2.1 การออกแบบ และสร้างกลไกยกผู้ป่วย 27

4.2.2 การทดสอบกลไกยกผู้ป่วย 30

4.3 การปรับปรุงเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 33

4.3.1 การออกแบบและสร้างเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 33

4.3.2 การทดสอบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 35

4.4 การทดสอบการใช้ระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 39

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผล 46

5.2 ข้อเสนอแนะ 48

เอกสารอ้างอิง 49

ภาคผนวก ก 50

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน 3

ตารางที่ 3.1 ค่าเวลาเฉลี่ยในการทดสอบการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 ของแต่ละคู่ผู้ทดสอบ และค่าเวลาเฉลี่ยรวม 17

ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยในการถอดประกอบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 และค่าเวลาเฉลี่ยรวม 17

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการใช้งานของเฟืองตัวหนอนแต่ละคู่ทดสอบ 32

ตารางที่ 4.2 ค่าเวลาเฉลี่ยในการถอดประกอบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 38

ตารางที่ 4.3 น้ำหนักแต่ละชิ้นส่วนของเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 39

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 2 ของแต่ละคู่ทดสอบ และค่าเฉลี่ยรวม 45

ตารางที่ ก.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 51

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 บอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 5
รูปที่ 2.2 เก้าอี้สำหรับใช้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยของ Limo PTS รุ่นที่ 1 6
รูปที่ 2.3 กล่องกลไกการยกผู้ป่วยของ Limo PTS รุ่นที่ 1 8
รูปที่ 2.4 แบบจำลองกล่องดำของเก้าอี้เข็นเคลื่อนย้ายผู้ป่วยและบอร์ดรองนั่ง 9
รูปที่ 2.5 เฟืองตัวหนอน 10
รูปที่ 2.6 ระยะของ Lead และ Pitch ของเฟืองตัวหนอน 1 2 และ 3 ปาก 12
รูปที่ 2.7 รูปแบบปลอกตลับลูกปืน 12
รูปที่ 2.8 การพิจารณาแรงบิดหรือทอร์ค 13
รูปที่ 2.9 ล้อเข็น 15
รูปที่ 3.1 บอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 18
รูปที่ 3.2 การยึดสายรับน้ำหนักกับเพลาของ Limo PTS รุ่นที่ 1 18
รูปที่ 3.3 การยึดกันของชุดกลไกและคานโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 1 19
รูปที่ 3.4 แบบ (Drawing) Limo PTS รุ่นที่ 1 20
รูปที่ 4.1 บอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 22
รูปที่ 4.2 บอร์ดพิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2 23
รูปที่ 4.3 เบาะรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 2 23
รูปที่ 4.4 ผู้ป่วยนอนบนเตียง และยกราวกั้นเตียงด้านซ้ายขึ้น 24
รูปที่ 4.5 ผู้ป่วยนอนในท่าตะแคงไปทางด้านซ้าย 24
รูปที่ 4.6 ติดสายรั้งตรงบริเวณที่กำหนด 25
รูปที่ 4.7 เบาะรองนั่งสอดเข้าบริเวณบั้นท้ายของผู้ป่วย 25
รูปที่ 4.8 ผู้ป่วยอยู่ในท่านอนหงายทับเบาะรองนั่ง 25
รูปที่ 4.9 พลิกตัวผู้ป่วยในท่านอนตะแคงขวา 26
รูปที่ 4.10 วางบอร์ดพิงหลังข้างเบาะรองนั่ง 26
รูปที่ 4.11 ผู้ป่วยนั่งพิงบอร์ด 26
รูปที่ 4.12 ชุดกลไกยกผู้ป่วยของ Limo PTS รุ่นที่ 1 27
รูปที่ 4.13 กล่องกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 28
รูปที่ 4.14 มือจับหมุนของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 28
รูปที่ 4.15 ชุดล็อคสายรับน้ำหนักของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 28
รูปที่ 4.16 การติดตั้งชุดกลไกกับคานโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 29

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.17 เฟืองตัวหนอน 1 2 และ 3 ปาก 29
รูปที่ 4.18 ชุดกลไกยกผู้ป่วย (Drawing) ของ Limo PTS รุ่นที่ 2 29
รูปที่ 4.19 การติดตั้งชุดกลไกเพื่อทดสอบ 31
รูปที่ 4.20 การทดสอบแบบหยุดนิ่ง 31
รูปที่ 4.21 เก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 33
รูปที่ 4.22 เดือยของคานโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 34
รูปที่ 4.23 เดือยของที่พิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 34
รูปที่ 4.24 สลักยึด และ Ball lock pin 34
รูปที่ 4.25 เก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 35
รูปที่ 4.26 ยกเบาะให้สูงขึ้นจากพื้น 36
รูปที่ 4.27 วางไม้อัดบนเบาะรองนั่ง 36
รูปที่ 4.28 วางถุงทรายลงบนเบาะรองนั่ง 37
รูปที่ 4.29 ยกน้ำหนักสูง 70 เซนติเมตร 37
รูปที่ 4.30 ขั้นตอนการนำเก้าอี้เข็นเข้ามารับผู้ป่วย 40
รูปที่ 4.31 ล็อคอุปกรณ์ตัวล็อคทั้ง 4 จุด 41
รูปที่ 4.32 ขั้นตอนการใส่ที่พิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2 41
รูปที่ 4.33 ขั้นตอนการยกผู้ป่วย 42
รูปที่ 4.34 ขั้นตอนการนำผู้ป่วยเข้าไปนั่งในรถเข็น 43

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เทคโนโลยีทางการแพทย์ในปัจจุบันได้พัฒนาการรักษาพยาบาลที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผู้ป่วยสามารถฟื้นฟูสภาพร่างกายได้อย่างรวดเร็ว แต่การช่วยเหลือดูแลและการเคลื่อนย้ายป่วยที่ช่วยเหลือตัวเองได้น้อยและผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ให้มีประสิทธิภาพนั้น จะต้องใช้ผู้คนดูแลอย่างน้อย 3 คน ต่อผู้ป่วย 1 คน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า งานดูแลผู้ป่วยเป็นงานหนัก ทั้งนี้ผู้ป่วยที่ช่วยเหลือตัวเองได้น้อยและผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้รวมถึงผู้สูงอายุซึ่งมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จากการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (National Statistical Office Ministry Of Information And Communication Technology) [1] ในปี 2557 พบว่ามีจำนวนผู้สูงอายุคิดเป็น ร้อยละ 16.9 ของประชากรทั้งประเทศ เพิ่มขึ้นจากปี 2554 คิดเป็นร้อยละ 12.2 ของประชากรทั้งประเทศ ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย 2 ยี่ห้อได้แก่ Body up evolution และ Easy body lift ซึ่งออกแบบสำหรับงานที่เคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้บ้าง เช่น สามารถประคอง ตัวเองหรือออกแรงจับราวได้ เป็นต้น แต่มีข้อจำกัด คือ ไม่เหมาะสมกับงานเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ อีกทั้งไม่มีจำหน่ายในประเทศไทย และมีราคาสูง

ในปี 2560 คมแฝก อุปธิ ดำรง พงพิทักษ์ และนพดล นิพัทธ์สกุล [2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้มีการจัดทำโครงงานเก้าอี้ใช้สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วย ซึ่งเป็นอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่สามารถลดภาระผู้ดูแลผู้ป่วย ลดจำนวนผู้ดูแลจากเดิมอย่างน้อย 3 คน เหลือ 1 คน ลดการเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของผู้ป่วยและผู้ดูแล สามารถรับน้ำหนักผู้ป่วยได้ถึง 120 กิโลกรัม สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านการนำเข้าเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากต่างประเทศ ซึ่งผู้จัดทำได้เรียกชุดอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่จัดทำขึ้นว่า Limo Patient Transfer System หรือเรียกย่อว่า “Limo PTS” ซึ่งประกอบไปด้วย บอร์ดรองนั่ง (Limo PTS board) และเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย (Limo PTS wheelchair) จากการทดสอบการใช้งาน Limo PTS นั้นสามารถเคลื่อนย้ายผู้ป่วยได้ตามต้องการ แต่ยังพบว่ามีปัญหาในการใช้งานในบางด้าน และไม่สะดวกต่อการใช้งาน เนื่องจาก Limo PTS จัดทำในระยะเวลาที่จำกัด

ด้วยเหตุนี้คณะผู้จัดทำจึงมองเห็นความสำคัญในการปรับปรุง Limo PTS เช่น ล้อ ชุดกลไก การถอดประกอบของตัวโครงสร้าง และการใช้งานร่วมกับเก้าอี้เข็นผู้ป่วย เพื่อให้การใช้งานสะดวก และง่ายยิ่งขึ้น ทำให้คุณภาพชีวิตของผู้ดูแลและผู้ป่วยดีขึ้น สามารถให้การดูแลรักษาได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยและผู้ดูแลผู้ป่วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อปรับปรุงบอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1

1.2.2 เพื่อปรับปรุงชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 1

1.2.3 เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 1 ให้ใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ศึกษางานวิจัย Limo PTS รุ่นที่ 1 และทำการทดลองการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา สรุปวิธีการแก้ไขปัญหาเพื่อออกแบบ Limo PTS รุ่นที่ 2 โดยใช้โปรแกรม Autodesk Fusion 360 (Autodesk, สหรัฐอเมริกา) ในการออกแบบ โดยกำหนดให้ระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยมีบอร์ดรองนั่งที่สามารถพับเก็บได้ และใช้งานคู่กับเบาะรองนั่ง มีชุดกลไกที่มีขนาดเล็กลง สามารถติดตั้งได้อย่างมั่นคงกับตัวโครงสร้าง และโครงสร้างที่สามารถถอดประกอบได้ง่าย สะดวกสบายต่อผู้ดูแลยิ่งขึ้น จากนั้นทำการสร้าง ทดสอบบอร์ดรองนั่ง ชุดกลไก และโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 2 รวมทั้งทดสอบระบบเคลื่อนย้ายผู้ป่วย

1.4 แผนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาและทดลองใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1

1.4.2 วิเคราะห์ปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 และสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา

1.4.3 เขียนแบบ (Drawing) ของ Limo PTS รุ่นที่ 1 ด้วยโปรแกรม Autodesk Fusion 360

1.4.4 ออกแบบ Limo PTS รุ่นที่ 2

1.4.5 สร้างและทดสอบบอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 2

1.4.6 สร้างและทดสอบชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 2

1.4.7 สร้างเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย (Limo PTS Wheel Chair)

1.4.8 ติดตั้งและทดสอบระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย

1.4.9 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2561					2562				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาและทดลองใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1										
2. วิเคราะห์ปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 และสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา										
3. เขียนแบบ (Drawing) ของ Limo PTS รุ่นที่ 1 ด้วยโปรแกรม Autodesk Fusion 360										
4. ออกแบบ Limo PTS รุ่นที่ 2										
5. สร้างและทดสอบบอร์ดพิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2										
6. สร้างและทดสอบชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 2										
7. สร้างเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย (Limo PTS Wheel Chair)										
8. ติดตั้งและทดสอบระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย										
9. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้บอร์ดพิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2 ที่มีน้ำหนักเบา ดูแลทำความสะอาดและใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้น

1.5.2 ได้ชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 2 ที่มีขนาดเล็กลง ติดตั้งกับชุดโครงสร้างได้มั่นคงแข็งแรง ใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

1.5.3 ได้โครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 2 ใช้งานได้สะดวกและถอดประกอบง่ายยิ่งขึ้น

บทที่ 2

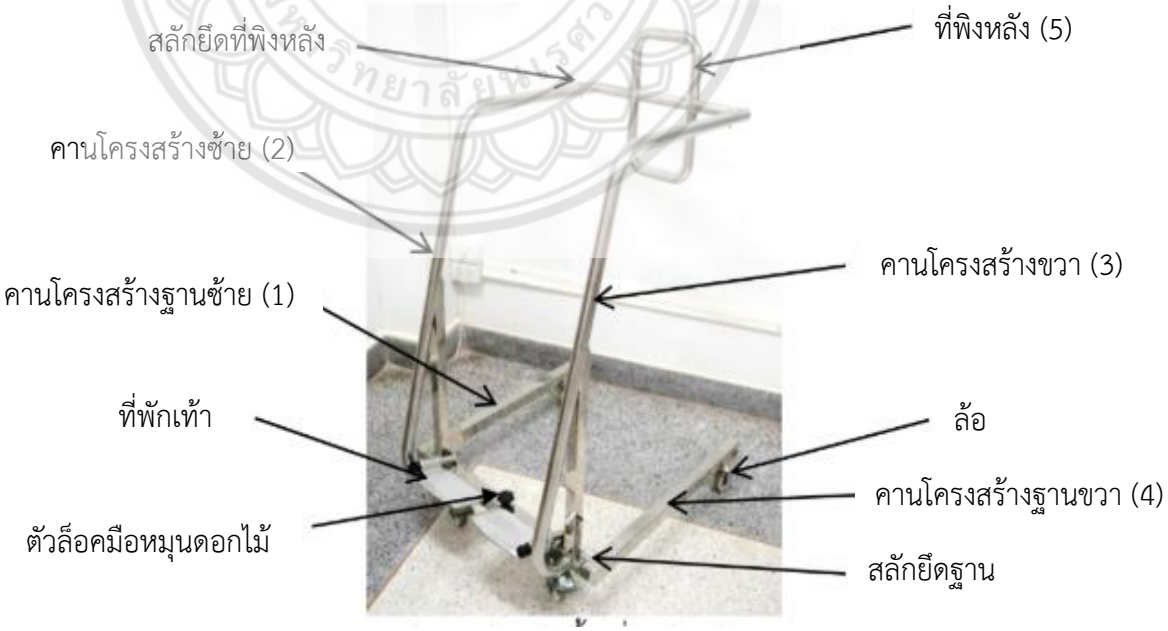
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยเก้าอี้สำหรับใช้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย (Patient Transfer Chair)

ในปี 2560 คมแฝก อุปธิ ดำรง พงพิทักษ์ และนพดล นิพัทธ์สกุล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้มีการจัดทำโครงงานเก้าอี้ใช้สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วย ซึ่งเป็นอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่สามารถลดจำนวนผู้ดูแลจากเดิมอย่างน้อย 3 คน เหลือ 1 คน สามารถรับน้ำหนักผู้ป่วยได้ถึง 120 กิโลกรัม สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านการนำเข้าเครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากต่างประเทศ ซึ่งเรียกชุดอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่ได้จัดทำขึ้นนั้นว่า Limo Patient Transfer System หรือเรียกย่อว่า “Limo PTS” ประกอบไปด้วย บอร์ดรองนั่ง (Limo PTS board) และเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย (Limo PTS wheelchair) ซึ่งบอร์ดรองนั่งมีส่วนที่เป็นแผ่นรองนั่งมีขนาดความกว้าง 500 มิลลิเมตร ความยาว 500 มิลลิเมตร และส่วนของแผ่นพิงหลังมีขนาด ความกว้าง 500 มิลลิเมตร ความยาว 600 มิลลิเมตร และประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 2.1 และได้ทดสอบการนั่งบนบอร์ดรองนั่งที่อยู่บนเตียง โดยมีสายรัดหน้าอกรัดที่อาสาสมัครกับบอร์ดรองนั่ง จากผลการทดสอบ จะพบว่าบอร์ดรองนั่งสามารถใช้งานได้ตามฟังก์ชันและสามารถใช้งานได้ด้วยผู้ดูแลเพียงคนเดียว

รูปที่ 2.1 บอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 [2]

เก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยแบ่งโครงสร้างหลักออกเป็น 5 ชิ้น คือ คานโครงสร้างฐานซ้าย คานโครงสร้างซ้าย คานโครงสร้างขวา คานโครงสร้างฐานขวา ที่พิงหลัง ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งได้ออกแบบให้สามารถใช้งานได้หลายฟังก์ชัน ได้แก่ สวมเข้ากับเก้าอี้เข็น สวมเข้ากับเตียง เข้าหน้ารถยนต์ประเภท Supermini ฝั่งผู้โดยสารและถอดเก็บท้ายรถยนต์ได้ ดังนั้นการออกแบบจึงได้นำข้อมูลขนาดพื้นฐานของเก้าอี้เข็น ขนาดของเตียงสำหรับผู้ป่วย และขนาดของรถยนต์ประเภท Supermini ที่ได้วัดจริงตามสัดส่วนขนาดต่างๆ และได้ทดสอบโดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบคือ แบบหยุดนิ่ง (Static Test) และแบบเคลื่อนที่ (Dynamic Test) ในการทดสอบแบบหยุดนิ่งจะเป็นวางน้ำหนักบนเบาะรองนั่งที่อยู่สูงจากพื้น 55 เซนติเมตร ส่วนการทดสอบแบบเคลื่อนที่เป็นการวางน้ำหนัก บนเบาะรองนั่งที่สูงจากพื้น 55 เซนติเมตร และหมุนเพลาเพื่อยกน้ำหนักนั้นขึ้นจากความสูงจากพื้น 55 เซนติเมตร ไปที่ความสูง 70 เซนติเมตร จากผลการทดสอบ พบว่าโครงสร้างเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่ได้ออกแบบสามารถใช้งานตามฟังก์ชัน คือมีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานกับเตียงผู้ป่วย เก้าอี้เข็น และรถยนต์ประเภท Supermini โดยการใช้งานในส่วนของรถยนต์ประเภท Supermini โครงสร้างเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยสามารถเข้าไปในรถยนต์ได้ (เบาะผู้โดยสารข้างคนขับ) และสามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเก็บใส่ท้ายรถยนต์ประเภท Supermini ได้



รูปที่ 2.2 เก้าอี้สำหรับใช้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยของ Limo PTS รุ่นที่ 1 [2]

หลักการของกลไกในการยกผู้ป่วย การสร้างกล่องกลไกยกผู้ป่วยในส่วนของโครงสร้างและเพลาได้ใช้วัสดุอลูมิเนียมเนื่องจากอลูมิเนียมมีน้ำหนักเบามีความแข็งแรงที่ยอมรับได้และไม่เกิดสนิมเมื่อสัมผัสกับความชื้น ส่วนตลับลูกปืนตุ๊กตาได้ใช้อุปกรณ์ที่เป็นมาตรฐานสามารถใช้งานได้อย่างดีและ การเลือกขนาดของชุดเฟืองหนอนที่สามารถยกน้ำหนักได้ 120 กิโลกรัมและมีอัตราทดรอบ 1:30 และชุดเฟืองส่งกำลังใช้วัสดุเป็นเหล็กกล้าเพื่อให้มีความแข็งแรงทนทานรับแรงบิดได้สูงแล้วสามารถยกน้ำหนักได้อย่างมีประสิทธิภาพดังรูปที่ 2.3 จากการทดลองการหมุนการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบหยุดนิ่ง (Static Test) และแบบเคลื่อนที่ (Dynamic Test) ในการทดสอบแบบหยุดนิ่งจะเป็นการแขวนน้ำหนักบนเพลาโดยไม่มีการหมุนเพลา ส่วนการทดสอบแบบเคลื่อนที่เป็นการแขวนน้ำหนักและหมุนเพลาเพื่อยกน้ำหนักนั้นขึ้น กลไก 1 ข้างถูกออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักได้อย่างน้อย 60 กิโลกรัม ซึ่งการทดสอบได้ทดสอบที่ 100 กิโลกรัม โดยให้ยกน้ำหนักขึ้นสูงจากพื้น 20 เซนติเมตร จากการทดสอบพบว่าการนำถุงทรายมาเป็นน้ำหนักในการทดสอบเพื่อทดสอบกลไกการยกผู้ป่วยสามารถยกน้ำหนักเป็นตามขอบเขตที่กำหนด ซึ่งการทดสอบการรับน้ำหนักแบ่งออกเป็น 2 แบบได้แก่ การรับน้ำหนักแบบหยุดนิ่ง พบว่าสามารถรับน้ำหนักได้ 100 กิโลกรัม ได้อย่างปลอดภัยและมีแนวโน้มว่าจะสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่านั้น ดังนั้นการยกแบบหยุดนิ่งสามารถรองรับน้ำหนักที่ใช้งานจริงตามที่ได้กำหนดไว้ในขอบเขต คือ 60 กิโลกรัม ได้อย่างปลอดภัยโดยไม่เกิดความเสียหายต่อตัวโครงสร้างชุดกลไกการยกผู้ป่วย การรับน้ำหนักแบบเคลื่อนที่ พบว่าชุดกลไกการยกน้ำหนักสามารถยกน้ำหนักได้สูงสุด 94 กิโลกรัม ไม่สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่านี้ ถ้ารับน้ำหนักมากกว่า 94 กิโลกรัมจะทำให้เฟืองหมุนเพลาและเฟืองหนอนแยกออกจากกัน

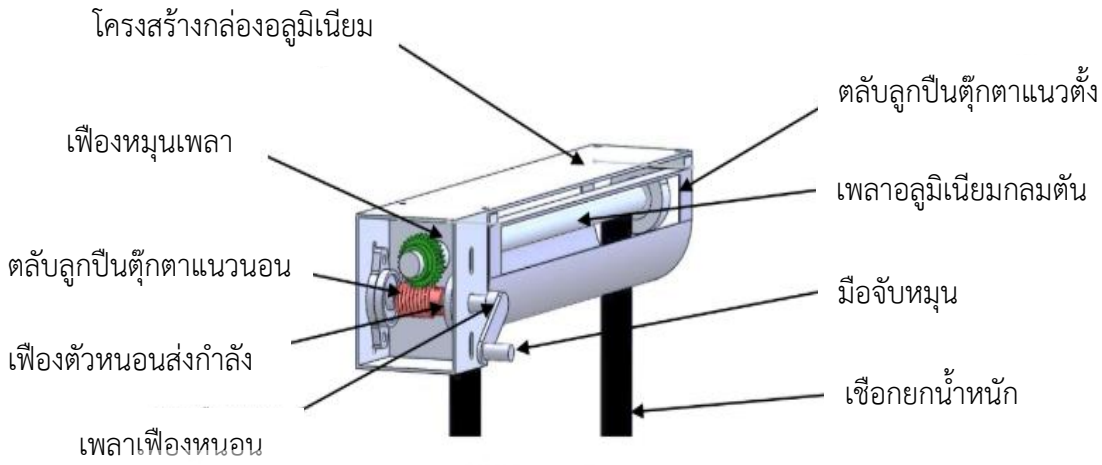
ผลการจัดทำ Limo PTS รุ่นที่ 1 พบว่าสามารถเคลื่อนย้ายผู้ป่วยได้ตามต้องการ ได้อย่างปลอดภัย อย่างไรก็ตามปัญหาในการใช้งานในบางด้าน และไม่สะดวกต่อการใช้งาน เนื่องจาก Limo PTS รุ่นที่ 1 จัดทำในระยะเวลาที่จำกัด โดยผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุง Limo PTS รุ่นที่ 1 ไว้ดังนี้

1. อาจมีการปรับขนาดของโครงสร้างให้มีหลายรุ่นหรือหลายขนาด ตามความเหมาะสมของผู้ใช้งานในอนาคตต่อไป

2. อาจมีการปรับขนาดของชุดกลไก เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและให้มีขนาดเล็กลง

3. อาจมีการใช้เชือกไนลอนติดให้เป็นที่จับตรงบอร์ดรองนั่ง PTS ตำแหน่งใกล้กับบานพับตรงกลางของแผ่นรองนั่ง เพื่อให้มีที่จับในการเลื่อนบอร์ดรองนั่งเข้าหาผู้ป่วย

4. อาจมีการปรับลักษณะรูปร่างและขนาดของพิงหลัง



รูปที่ 2.3 กล่องกลไกการยกผู้ป่วยของ Limo PTS รุ่นที่ 1 [2]

2.2 กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์คือ การประยุกต์ใช้ความรู้หลักการทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แนวทางการปฏิบัติทางด้านวิศวกรรมทำให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ หรือใช้ทฤษฎีวิศวกรรมย้อนกลับมาช่วยในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ตามหลักวิศวกรรมและได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการแล้วนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.1 การแก้ปัญหาจากความต้องการใช้งาน

จากการใช้งานทำให้รู้ถึงปัญหาของการใช้งานของผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องแล้วนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ทำให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้สูงสุด

2.2.2 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

การออกแบบคือ การถ่ายทอดรูปแบบจากความคิดออกมาเป็นผลงานและเป็นรูปแบบเฉพาะอย่างหนึ่งของการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม มีข้อมูลพื้นฐานดังต่อไปนี้

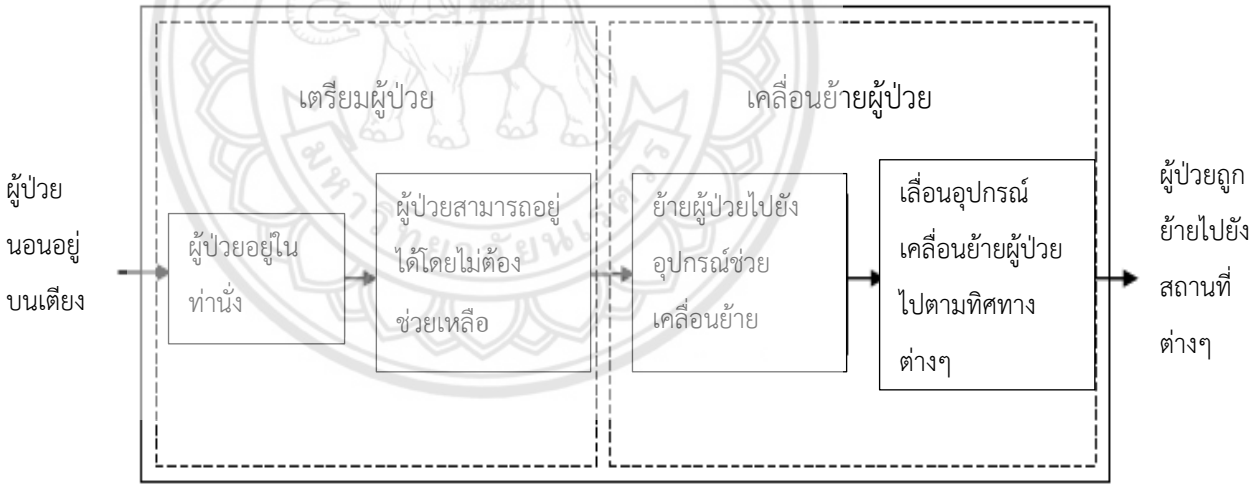
- กำหนดปัญหา: ความต้องการการใช้งานและฟังก์ชันที่เกี่ยวข้อง
- ออกแบบค่าของระบบ: กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการใช้งานของอุปกรณ์
- การสังเคราะห์ระบบ: ออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ไขปัญหาการใช้งาน
- การวิเคราะห์ระบบ: วิเคราะห์ทางเลือกในการแก้ปัญหา
- การเลือกระบบ: เปรียบเทียบการใช้งานและกำหนดหัวข้อที่เลือก
- การวางแผนการดำเนินงาน: กำหนดทางเลือกระบบ

2.2.3 กำหนดปัญหาและตั้งวัตถุประสงค์

การกำหนดปัญหาตัวอย่างเช่น Limo PTS เริ่มจากความต้องการอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย จึงนำมาวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ โดยวัตถุประสงค์นั้นต้องมีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติ ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงหรือมีความจำเพาะเจาะจงมากขึ้นเมื่อวัตถุประสงค์มีความชัดเจนและแม่นตรงกับปัญหานั้นสามารถนำไปเป็นข้อกำหนดในการแก้ปัญหาได้

2.2.4 การสร้างฟังก์ชันของต้นแบบอุปกรณ์

สามารถทำได้โดยการใช้ทฤษฎีกล่องดำ ตัวอย่างเช่น ฟังก์ชันของต้นแบบอุปกรณ์ Limo PTS รุ่นที่ 1 เริ่มจากการกำหนดให้กล่องดำคือ ต้นแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 ปัญหาคือผู้ป่วยอยู่บนเตียงช่วยเหลือตัวเองไม่ได้และผลลัพธ์ที่ต้องการคือ สามารถเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปยังสถานที่ต่างๆ ได้ โดยขั้นตอนแรกจะปรับตัวผู้ป่วยให้ผู้ป่วยอยู่ในท่านั่งและผู้ป่วยจะต้องนั่งอยู่ได้โดยผู้ดูแลไม่ต้องประคองตัว จากนั้นใช้เก้าอี้ช่วยเคลื่อนย้ายในการยกตัวผู้ป่วยขึ้นและเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปสถานที่ต่างๆ ได้ตามความต้องการ แบบจำลองกล่องดำต้นแบบของอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แบบจำลองกล่องดำของเก้าอี้เข็นเคลื่อนย้ายผู้ป่วยและบอร์ดรองนั่ง [2]

2.2.5 การพัฒนาการออกแบบเบื้องต้น

การพัฒนาการออกแบบคือ กรรมวิธีการออกแบบ กระบวนการ เทคนิค ที่เกี่ยวกับการออกแบบล้วนเป็นส่วนหนึ่งของกรรมวิธีการออกแบบ ตัวอย่างคือ ตาราง solution

- การระดมสมอง : คือ วิธีการรวบรวมความคิดสร้างสรรค์ นำเสนอความคิดที่เป็นไปได้แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อคัดกรองความคิดให้ได้ต้องตามความต้องการ

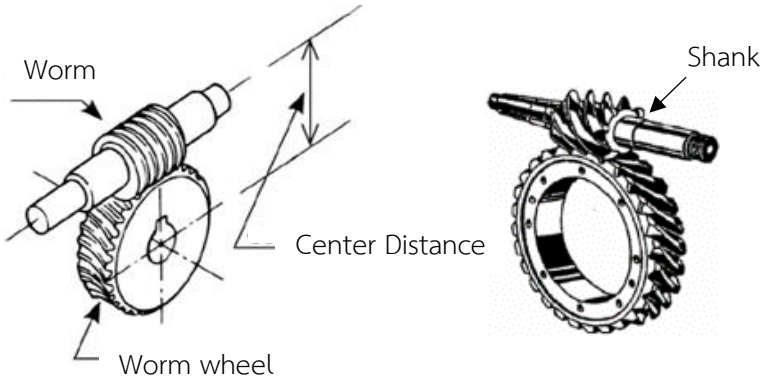
- การเปรียบเทียบและโอกาส : ไอเดีย นวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้งานได้ซึ่งแตกต่างจากการระดมสมองตรงที่การสร้างสรรค์ไอเดียโดยใช้การเปรียบเทียบในการวิเคราะห์
- วิธีการวิเคราะห์ : หรือกรรมวิธีซิสเทเมติคเป็นการวิเคราะห์ฟังก์ชันโดยมีการปรับเปลี่ยนฟังก์ชันย่อยและการเปรียบเทียบผลลัพธ์เพื่อให้ได้ฟังก์ชันที่ดีที่สุด
- วิศวกรรมย้อนกลับ : เป็นกระบวนการศึกษาวิเคราะห์วิธีการทางานของอุปกรณ์ต้นแบบแล้วนำมาสร้างเป็นอุปกรณ์จักรกลหรือระบบใหม่ที่ทำหน้าที่ได้เหมือนกันกับอุปกรณ์ต้นแบบโดยมีการพัฒนาอุปกรณ์ให้แตกต่างไปจากเดิมและสามารถนำไปใช้งานได้ดีกว่าอุปกรณ์ต้นแบบนั้นๆ

2.2.6 การประเมินและตัดสินใจ

ขั้นตอนที่ผู้ออกแบบต้องทำการเลือกสิ่งที่ดีที่สุดและถูกต้องตามหัวข้อในการประเมิน สิ่งสำคัญของการสร้างทางเลือกในการตัดสินใจคือ วัตถุประสงค์โดยแต่ละวัตถุประสงค์นั้นให้น้ำหนักในการประเมินที่แตกต่างกันตามความเหมาะสม ดังนั้นในการออกแบบทั้งหมดอาจถูกนำมาเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้แต่แรก

2.3 เฟืองตัวหนอน (Worm Gear) [3]

เป็นชุดเฟืองที่ประกอบด้วยเกลียวตัวหนอน (Worm) ซึ่งมีลักษณะของเกลียวที่วางอยู่บนก้านเกลียวตัวหนอน (Shank) เหมือนลักษณะของสกรูและเฟือง (Worm Wheel) ซึ่งมีลักษณะเป็นล้อเฟืองคล้ายๆ กับเฟืองเฉียง (Helical Gear) แต่จะต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งตรงสันฟันเฟืองจะมีลักษณะเว้าเพื่อให้รับกับความโค้งของเกลียวตัวหนอน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เฟืองตัวหนอน [3]

แนวเพลาขับ (Worm Shaft) และเพลาตาม (Worm Wheel Shaft) ของเฟืองตัวหนอนจะทำมุมกันที่มุมฉาก 90 องศา การทำงานของเฟืองตัวหนอนจะเงียบและมีแรงสั่นสะเทือนเกิดขึ้นน้อย เนื่องจากการส่งถ่ายกำลังจากเฟืองขับไปยังเฟืองตามนั้นการส่งถ่ายกำลังจะเป็นไปในลักษณะของการลื่นไถล (Sliding)

อัตราทดของเฟืองตัวหนอนสามารถทำได้มาก เนื่องจากลักษณะเฉพาะทางรูปแบบของเฟือง โดยอัตราทดสามารถคำนวณได้จากระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของก้านเกลียวตัวหนอน ถึงศูนย์กลางของเฟือง หรือที่เรียกว่าระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง (Center Distance) โดยถ้า Center Distance ยิ่งมากแสดงว่าอัตราทดของเฟืองจะยิ่งมาก ซึ่งในบางชุดเฟืองอาจทดมากกว่า 1 ชุด โดยอาจเป็นสองหรือสามชุด ในการส่งถ่ายกำลังของเฟืองตัวหนอนนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นบนผิวฟันเฟืองจะมากกว่าเฟืองแบบเฟืองตรงหรือแบบเฟืองเฉียง

โดยการคำนวณอัตราทด หรือการส่งกำลังด้วยชุดเฟืองตัวหนอนสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$n_1 z_1 = n_2 z_2 \tag{2.1}$$

$$n_1 = \frac{n_2 z_2}{z_1} \quad \text{หรือ} \quad n_2 = \frac{n_1 z_1}{z_2} \tag{2.2}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \tag{2.3}$$

โดยที่ i คือ อัตราทดของเฟืองตัวหนอน

z_1 คือ จำนวนปากของเกลียวตัวหนอน

z_2 คือ จำนวนฟันของเฟืองตัวหนอน

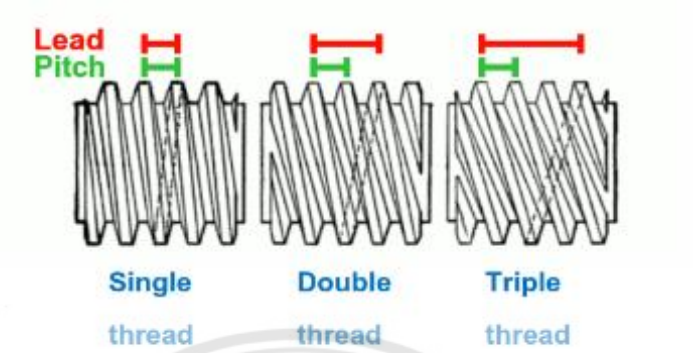
n_1 คือ จำนวนรอบของเกลียวตัวหนอน

n_2 คือ จำนวนรอบของเฟืองตัวหนอน

ลักษณะเฉพาะของเฟืองตัวหนอนโดยสรุปได้มีดังนี้คือ สามารถทำอัตราทดได้สูงโดยการเพิ่มความห่างของระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง ขณะทำงานจะมีความเงียบและการสั่นสะเทือนน้อย และขับได้จากเกลียวหนอนเท่านั้น

นอกจากนี้อัตราทดของเฟืองตัวหนอนยังขึ้นอยู่กับปากเกลียวของเฟืองตัวหนอน (Number of threads of worm gear) [4] โดยยิ่งจำนวนปากเกลียวมากจะทำให้อัตราทดต่ำลง เช่น เฟืองตัวนอน 1 ปากอัตราทด 1:30 เฟืองตัวหนอน 2 ปากจะมีอัตราทดที่ 1:15 และเฟืองตัวหนอน 3 ปากจะมีอัตราทด 1:10 เป็นต้น ยิ่งจำนวนปากเกลียวมาก ระยะ Lead จะกว้างขึ้น ทำให้องศาของเฟือง

(Lead angle) เอียงมากขึ้น (รูปที่ 2.6) ซึ่งยิ่งจำนวนปากเกลียวมากจะทำให้ Lead angle มาก ส่งผลให้การล็อคกันด้วยตัวเองของเฟืองตัวหนอนมีประสิทธิภาพต่ำลง



รูปที่ 2.6 ระยะ Lead และ Pitch ของเฟืองตัวหนอน 1 2 และ 3 ปาก

การล็อคกันด้วยตัวเองของเฟืองตัวหนอน (Self-locking worm gear set) หมายถึงการที่ worm สามารถขับ worm wheel ได้ แต่ worm wheel ไม่สามารถขับ worm ได้ เป็นสมบัติที่ดีเมื่อต้องการให้มีการช่วยเบรค แต่สำหรับการยกของที่ความเฉื่อยมาก การหยุดขับเคลื่อนอย่างกะทันหันอาจทำให้ฟันของเกลียวตัวหนอนแตกหักได้ ซึ่งการ Self-locking ของเฟืองตัวหนอน จะเกิดเมื่อ Lead angle น้อยกว่า 5 องศา และเป็นแบบเกลียว 1 ปาก (Single Threaded worm) โดยถ้าหากช่วง Lead angle มากขึ้น การ Self-locking ของเฟืองตัวหนอนจะมีประสิทธิภาพต่ำลง

2.4 ตลับลูกปืน (Bearing) [5]

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองรับการหมุนของเพลา โดยตลับลูกปืนมีหน้าที่ถ่ายทอดแรงที่เกิดขึ้นจากเพลาลงไปสู่ฐานเครื่องยนต์ และลดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส ทำให้ช่วยเพิ่มสมรรถนะของเครื่องจักรกลต่างๆ ลดการสึกหรอ โดยตลับลูกปืนจะมีปลอกที่รูปทรงแตกต่างกันออกไป (รูปที่ 2.7) ดังนั้นการเลือกรูปแบบของปลอกตลับลูกปืนจึงมีส่วนเกี่ยวข้องกับการออกแบบชิ้นงานด้วย

รูปที่ 2.7 รูปแบบปลอกตลับลูกปืน [5]

2.5 การออกแบบเพลา [2]

2.5.1 สมการแรงบิดหรือทอร์ก (Torsion)

แรงบิดคือโมเมนต์ที่พยายามบิดส่วนของโครงสร้างนั้นที่รับโมเมนต์ไปตำแหน่งเดิม ดังแสดงในรูปที่ 2.8 โมเมนต์บิดสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

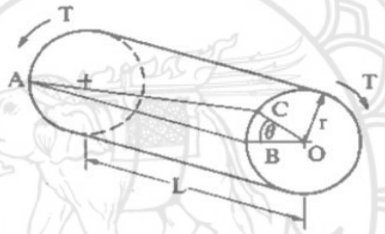
$$T = F \times r = F \times \frac{d}{2} \tag{2.4}$$

โดยที่ T คือ แรงบิดหรือทอร์ก มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (N-m)

F คือ แรงยก มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

r คือ รัศมีเพลา มีหน่วยเป็น เมตร (m)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง มีหน่วยเป็น เมตร (m)



รูปที่ 2.8 การพิจารณาแรงบิดหรือทอร์ก

2.5.2 สมการความเค้นเฉือนเนื่องจากแรงบิด

$$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad \text{(เพลากลมตัน)} \tag{2.5}$$

$$\tau_{max} = \frac{16Td_o}{\pi d_o^4 - d_i^4} \quad \text{(เพลากลมกลวง)} \tag{2.6}$$

โดยที่ τ_{max} คือ ความเค้นเฉือนสูงสุด มีหน่วยเป็น ปาสคาล (Pa)

T คือ แรงบิดหรือทอร์ก มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (N-m)

d_i คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน มีหน่วยเป็น เมตร (m)

d_o คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก มีหน่วยเป็น เมตร (m)

2.5.3 สมการมุมบิด

จากรูปที่ 2.8 โดยสามารถพิจารณาการเสียรูปภายใต้ภาระบิดของเพลากลมได้จากมุมบิดที่เกิดขึ้นบนระนาบหน้าตัดขวาง ซึ่งสามารถคานวณมุมบิดได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \tag{2.7}$$

โดยที่ θ คือ มุมบิด มีหน่วยเป็น เรเดียน (rad)

T คือ แรงบิดของเพลา มีหน่วยเป็นนิวตันเมตร (N-m)

L คือ ความยาวของเพลา มีหน่วยเป็น เมตร (m)

G คือ โมดูลัสของการเฉือน มีหน่วยเป็น ปาสคาล (Pa)

J คือ โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้ว มีหน่วยเป็น (m^4)

2.6 ล้อเข็น (Caster Wheel) [6]

เป็นอุปกรณ์ที่ยึดไว้ด้วยเพลาที่บริเวณจุดศูนย์กลาง ทำให้ล้อสามารถหมุนรอบเพลาได้ ใช้ในการยึดกับโครงสร้างและรองรับน้ำหนักของโครงสร้างเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ ล้อเข็นนั้นมี 2 ประเภทคือ แบบแป้นและแบบเกลียว ส่วนแบบแป้นนั้นมีทั้งแบบแป้นเป็น (หมุน) กับแบบแป้นตาย และแบบล็อค (เบรค) ได้ กับล็อคไม่ได้ (รูปที่ 2.9) ดังนั้นการเลือกใช้ล้อเข็นนั้นต้องดูสมบัติของล้อ ซึ่งแบ่งไปตามประเภทการใช้งาน ดังต่อไปนี้

2.6.1 ชนิดของล้อจำแนกตามวัสดุ

2.6.1.1 ล้อยางธรรมชาติ

มีความนิ่มยืดหยุ่นทำให้ไม่เกิดเสียงดังรบกวนเวลาเข็นไม่ทำให้พื้นเป็นรอยเหมาะกับการใช้งานที่มีการเคลื่อนย้ายบ่อยๆ หากต้องการเน้นความสะอาด เช่น ในพื้นที่ห้องอาหาร โรงแรมหรือโรงพยาบาล การใช้ล้อยางดำ อาจทำให้เกิดคราบดำที่พื้นได้ดังนั้นควรเลือกใช้ล้อยางเทาแทน

2.6.1.2 ล้อไนลอน (Nylon)

เป็นวัสดุที่สะอาด ไม่ทิ้งคราบ จึงเหมาะกับการใช้ในห้องอาหาร ห้องเย็น อีกทั้งยังเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง ไม่ยุบตัว จึงเหมาะกับงานที่อยู่นิ่ง ไม่เคลื่อนที่มากนัก เช่น ชั้นวางของ ชั้นโชว์สินค้า ข้อระวังในการใช้คือ ไม่ควรใช้กับพื้นไม้ หรือพื้นที่หินอ่อน เพราะความแข็งแรงของไนล่อนอาจทำให้พื้นเป็นรอยได้

2.6.1.3 ล้อยูรีเทน (Poly-Urethane)

เป็นล้อที่รวมข้อดีของล้อยางและไนล่อน คือไม่ก่อให้เกิดเสียงรบกวน ไม่ทำให้พื้นเป็นรอย อีกทั้งยังสะอาด ไม่ทิ้งคราบ ละไม่ยุบตัว แม้จะต้องรองรับน้ำหนักอยู่นิ่งๆ เป็นเวลานาน ล้อยูรีเทนเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงมาก ทนทานไม่ฉีกขาด จึงสามารถใช้กับพื้นที่ผิวขรุขระ หรือแหลมคมได้อีกด้วย เช่น พื้นหินหยาบ หรือพื้นที่มีขี้กลึงเหล็กเป็นต้น

2.6.1.4 ล้อเหล็กหล่อ (Cast Iron)

เป็นล้อที่มีความแข็งแรงทนทานที่สุด เหมาะกับการใช้งานบนพื้นคอนกรีตที่ขรุขระมาก

2.6.2 หลักการคำนวณการรับน้ำหนักบรรทุกอย่างปลอดภัย

ตามหลักการรับน้ำหนักสากล น้ำหนักบรรทุกที่ปลอดภัยในการใช้งาน จะอยู่ที่ 75% ของการรับน้ำหนักสูงสุด น้ำหนักที่ปลอดภัยในการใช้งาน = น้ำหนักที่รองรับได้ต่อลูก x 0.75 ดังนั้น น้ำหนักที่รถเข็นหนึ่งคัน (4 ล้อ) บรรทุกได้นั้นคำนวณได้จากสมการที่ 2.8

น้ำหนักรวมที่ล้อรับได้ = น้ำหนักรองรับต่อล้อ x 4 x 0.75 (2.8)

ตัวอย่าง ล้อหนึ่งลูกสามารถรับน้ำหนักสูงสุดได้ที่ 150 kg นำมาประกอบรถเข็น จะรับน้ำหนัก อย่างปลอดภัย

น้ำหนักที่รถเข็นบรรทุกได้อย่างปลอดภัย = 150 x 4 x 0.75 = 450 kg

Swivel (หมุน) Brake (เบรค) Fixed (ตาย)

รูปที่ 2.9 ล้อเข็นประเภทต่างๆ [6]

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาและทดลองใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1

3.1.1 ศึกษาวิธีการใช้งานของ Limo PTS รุ่นที่ 1 จากรูปเล่มปริญญานิพนธ์เก้าอี้สำหรับใช้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร [2] และวิดีโอการใช้งานของ Limo PTS รุ่นที่ 1 [7] ทดสอบการใช้งานเริ่มตั้งแต่การประกอบ เคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเตียงผู้ป่วยไปยังรถเข็นผู้ป่วย เคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากรถเข็นไปยังเตียงผู้ป่วย เคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปยังรถยนต์และถอดชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนเก็บท้ายรถยนต์ โดยทำตามลำดับขั้นตอนการใช้งานในงานวิจัยของ Limo PTS รุ่นที่ 1 [2]

3.1.2 ทดลองการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาการใช้งานระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย และจับเวลาในการใช้งานแต่ละฟังก์ชั่น

2. วิธีการดำเนินการทดลอง

2.1 ผู้ทดสอบ 3 คน ใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 ในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเตียงผู้ป่วย ไปยังเก้าอี้เข็นผู้ป่วยไม่ต่ำกว่า 5 ครั้ง จนมีความชำนาญในการใช้งาน

2.2 เริ่มทดสอบโดยสมมุติบทบาทให้ผู้ทดสอบที่ 1 เป็นผู้ดูแล และผู้ทดสอบที่ 2 เป็นผู้ป่วยจับเวลา การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเตียงผู้ป่วยไปยังเก้าอี้เข็น การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเก้าอี้เข็นกลับไปยังเตียงผู้ป่วย

2.3 ทำซ้ำข้อ 2.2 โดยสลับบทบาทผู้ทดสอบที่ 3 เป็นผู้ป่วยแทนผู้ทดสอบที่ 2

2.4 ทำซ้ำข้อ 2.2 โดยสลับบทบาทผู้ทดสอบที่ 2 เป็นผู้ดูแล ผู้ทดสอบที่ 1 และ 3 เป็นผู้ป่วย

2.5 ทำซ้ำข้อ 2.2 โดยสลับบทบาทผู้ทดสอบที่ 3 เป็นผู้ดูแล ผู้ทดสอบที่ 1 และ 2 เป็นผู้ป่วย

2.6 ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 2.2 – 2.5 ทั้งหมด 3 ครั้งเพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ยในการทดลอง

2.7 ให้ผู้ทดสอบแต่ละคนจับเวลาการถอด และประกอบชิ้นส่วนของ Limo PTS รุ่นที่ 1 คนละ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ย

3. ผลการทดลอง

จากการศึกษาและทดลองใช้งานเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 ได้ทำการหาค่าเวลาเฉลี่ยการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเตียงไปยังเก้าอี้เข็น และจากเก้าอี้เข็นกลับไปบนเตียง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และค่าเวลาเฉลี่ยในการถอดประกอบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ค่าเวลาเฉลี่ยในการทดสอบการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 ของแต่ละคู่ผู้ทดสอบ และค่าเวลาเฉลี่ยรวม

บทบาท		การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจาก	การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจาก
ผู้ดูแล	ผู้ป่วย	เตียงไปยังเก้าอี้เข็น	เก้าอี้เข็นไปยังเตียง
ผู้ทดสอบ 1	ผู้ทดสอบ 2	13 นาที 15 วินาที	6 นาที 43 วินาที
	ผู้ทดสอบ 3	12 นาที 37 วินาที	7 นาที 21 วินาที
ผู้ทดสอบ 2	ผู้ทดสอบ 1	14 นาที 31 วินาที	7 นาที 9 วินาที
	ผู้ทดสอบ 3	12 นาที 49 วินาที	6 นาที 54 วินาที
ผู้ทดสอบ 3	ผู้ทดสอบ 1	13 นาที 58 วินาที	7 นาที 34 วินาที
	ผู้ทดสอบ 2	12 นาที 10 วินาที	6 นาที 48 วินาที
เวลาเฉลี่ย		13 นาที 22 วินาที	7 นาที 8 วินาที

ตารางที่ 3.2 ค่าเวลาเฉลี่ยในการถอด และประกอบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 และค่าเวลาเฉลี่ยรวม

ผู้ทดสอบ	การถอดเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1	การประกอบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1
ผู้ทดสอบที่ 1	2 นาที 11 วินาที	3 นาที 9 วินาที
ผู้ทดสอบที่ 2	2 นาที 13 วินาที	2 นาที 48 วินาที
ผู้ทดสอบที่ 3	2 นาที 14 วินาที	2 นาที 52 วินาที
เวลาเฉลี่ย	2 นาที 13 วินาที	2 นาที 59 วินาที

3.2 วิเคราะห์ปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 และสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา

จากการศึกษา ทดสอบ และวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานของ Limo PTS รุ่นที่ 1 สามารถสรุปปัญหาได้ตามหมวดหมู่ ดังนี้

1. บอร์ดรองนั่ง

1.1 บอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 เป็นไม้อัดซึ่งไม่เหมาะกับผู้ป่วยในด้านการดูแลรักษา และทำความสะอาด

1.2 บอร์ดน้ำหนักมาก

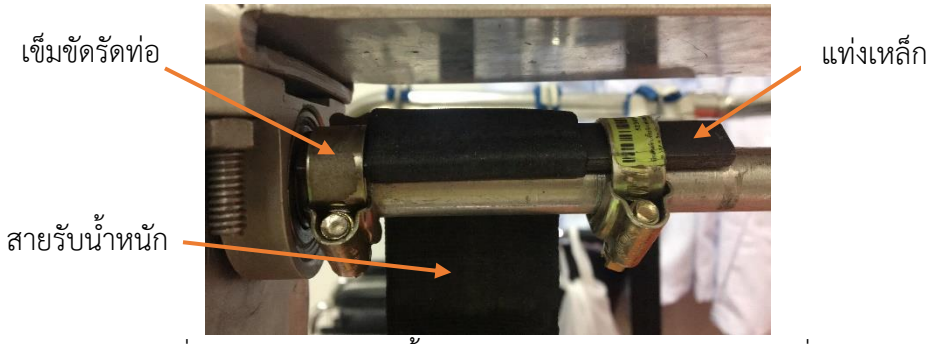
1.3 แผ่นรองนั่งของบอร์ด ต้องสอดเข้าไปบริเวณบั้นท้ายของผู้ป่วยทำให้ยากต่อการใช้งาน และอาจทำให้แผ่นรองนั่ง ทับเนื้อบริเวณบั้นท้ายผู้ป่วย ทำให้ผู้ป่วยบาดเจ็บได้

รูปที่ 3.1 บอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 [2]

2. ชุดกลไก

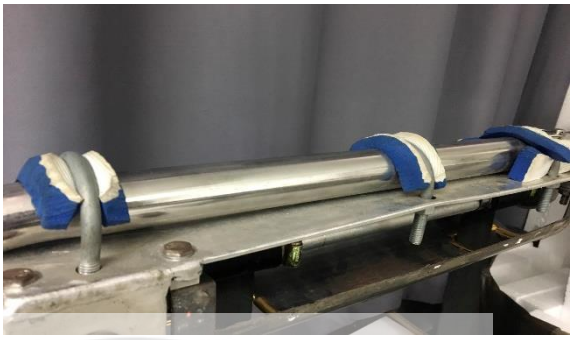
2.1 ชุดกลไกบริเวณช่องทางออกของสายรับน้ำหนักใหญ่เกินจำเป็นเนื่องจาก Limo PTS รุ่นที่ 1 ทำช่องทางออกของสายรับน้ำหนักไว้ใหญ่เพื่อให้ตัวล็อคสายรับน้ำหนักลอดเข้าได้

2.2 สายรับน้ำหนักถูกยึดแบบไม่ถาวร โดยการใช้แท่งเหล็กวางทับแล้วยึดแท่งเหล็กไว้ด้วยเข็มขัดรัดท่อทั้ง 2 ข้างซึ่งเข็มขัดรัดท่อมีความหนาน้อย (รูปที่ 3.2) เมื่อใช้งานไปนานๆ สายรับน้ำหนักจะพันทบกันสูงขึ้นจนสูงกว่าความหนาของเข็มขัดรัดท่อ ทำให้มีโอกาสที่สายรับน้ำหนักจะหลุดออกจากเพลา หรือช่องล็อคสายรับน้ำหนักได้



รูปที่ 3.2 การยึดสายรับน้ำหนักกับเพลาของ Limo PTS รุ่นที่ 1

2.3 เนื่องจากการยึดกันระหว่างชุดกลไกกับคานโครงสร้างที่เป็นท่อกลม ยึดโดยใช้น็อตตัวยู ทำให้ชุดกลไกสามารถขยับหมุนรอบตัวโครงสร้างซ้าย-ขวาได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การยึดกันของชุดกลไกและคานโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 1

2.4 เฟืองตัวหนอนมีอัตราทด 1:30 ซึ่งต้องหมุนตัวหนอน 30 รอบ เพื่อให้สายรับน้ำหนักเลื่อนขึ้น 10 เซนติเมตร

2.5 เฟืองตัวหนอนของชุดกลไกเป็นเฟืองเกลียวขวาทั้งสองข้าง ทำให้ขณะหมุนชุดกลไกผู้ดูแลต้องหมุนชุดกลไกด้านซ้าย และด้านขวาสลับด้านกัน

2.6 มือหมุนมีขนาดเล็ก ทำให้ใช้งานไม่สะดวก

2.7 เพลาของชุดกลไกเกิดการสึกหรอบริเวณจุดยึดสกรูตัวหนอนของเฟือง เนื่องจากเพลาของชุดกลไกทำจากอลูมิเนียม มีความแข็ง (Hardness) น้อย

3. โครงสร้าง

3.1 คานโครงสร้างด้านซ้ายและขวาใช้เดือยในการประกอบเข้าด้วยกัน แต่เดือยมีความยาวมากเกินจำเป็น ทำให้คานโครงสร้างฐานถอดประกอบยาก

3.2 ที่พิงหลังใช้เดือยในการประกอบกับตัวโครงสร้าง แต่เดือยมีความยาวมากเกินจำเป็น ทำให้ที่พิงหลังถอดประกอบยาก

3.3 ในการถอดประกอบ หรือการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปยังรถยนต์ มีส่วนโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 1 กระทบกับพื้น หรือรถยนต์

3.4 สลักสำหรับยึดจุดต่างๆ ของโครงสร้างไม่มีที่ล็อคและจัดเก็บสลัก ซึ่งอาจทำให้สลักหล่นหายในตอนที่ถอด-ประกอบ Limo PTS รุ่นที่ 1 และเกิดปัญหาขณะเข็น Limo PTS รุ่นที่ 1 ในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย มือของผู้ดูแลอาจจะไปโดนด้านใต้ของสลัก ทำให้สลักอาจหลุดออกจากรูสลักได้

3.5 ปัญหาของล้อ

3.5.1 เนื่องจากเป็นล้อพลาสติก ทำให้เกิดเสียงดังรบกวนเป็นอย่างมากขณะเคลื่อนที่ไปยังที่ต่างๆ

3.5.2 การล็อคล้อยังล็อคได้ไม่สนิท เพราะตัวล็อคไม่ได้มาตรฐาน

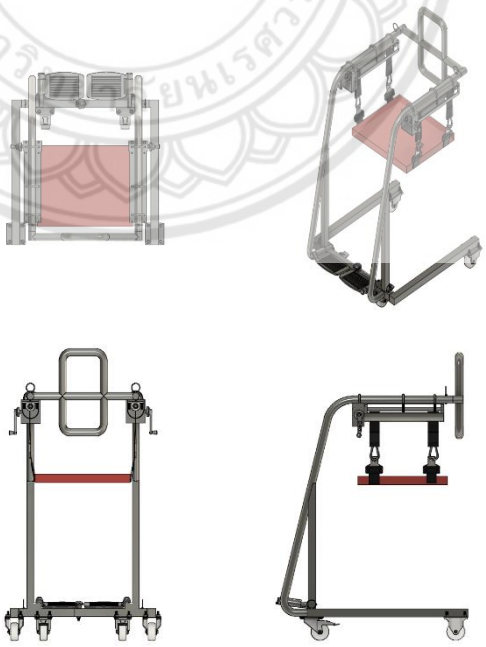
3.5.3 บังคับเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 1 ได้ยากเพราะล้อหลังทั้งสองข้างเป็นล้อแป้นตาย

4. เก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 1 ไม่สามารถสวมเข้ากับเก้าอี้เข็นได้เสมอกัน เนื่องจากติดคานของที่พักเท้าของเก้าอี้เข็น ทำให้ผู้ป่วยนั่งได้ไม่เต็มเบาะ

จากการวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานของ Limo PTS รุ่นที่ 1 สามารถสร้างทางเลือกในการแก้ไขปัญหาได้ ดังตารางที่ ก.1 ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ และเลือกทางแก้ปัญหา โดยนำไปออกแบบสร้าง และทดสอบ Limo PTS รุ่นที่ 2 ดังรายละเอียดแสดงในบทที่ 4

3.3 เขียนแบบ (Drawing) ของ Limo PTS รุ่นที่ 1 ด้วยโปรแกรม Autodesk Fusion 360

การออกแบบ ปรับปรุงแบบของ Limo PTS รุ่นที่ 1 จำเป็นต้องมี Drawing ต้นแบบของชิ้นงานเพื่อง่ายต่อการปรับปรุงแบบชุดกลไก และโครงสร้างต่างๆ โดยแบ่งชิ้นงานของการเขียนแบบ Limo PTS รุ่นที่ 1 ออกเป็น 11 ส่วน ได้แก่ คานโครงสร้างซ้าย-ขวา คานโครงสร้างฐานซ้าย-ขวา ที่พิงหลัง สลักยึด ตัวล็อคมือหมุนดอกไม้ เชือกรับน้ำหนัก ชุดกลไก เบาะรองนั่ง ที่พักเท้า ล้อ และบอร์ดรองนั่ง และนำชิ้นงานมาประกอบเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แบบ (Drawing) Limo PTS รุ่นที่ 1

3.4 การออกแบบ สร้าง และทดสอบ Limo PTS รุ่นที่ 2

ในการออกแบบ สร้าง และทดสอบ Limo PTS รุ่นที่ 2 ได้นำปัญหาการใช้งานจาก Limo PTS รุ่นที่ 1 มาวิเคราะห์และทำการออกแบบเพื่อปรับปรุงให้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งรายละเอียดแสดงในบทที่ 4 ต่อไป

บทที่ 4

การออกแบบ สร้าง และทดสอบ Limo PTS รุ่นที่ 2

จากการศึกษาข้อมูล ทดลองการใช้งาน และวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานของ Limo PTS รุ่นที่ 1 จึงนำมาสู่การออกแบบและสร้าง Limo PTS รุ่นที่ 2 โดยแบ่งการปรับปรุงอุปกรณ์เป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 บอร์ดรองนั่ง (Limo PTS board) ส่วนที่ 2 กลไกยกผู้ป่วย (Lifting mechanism) และส่วนที่ 3 โครงสร้างเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย (Limo PTS Wheelchair) รวมถึงการทดสอบการใช้งาน โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานแต่ละส่วนดังนี้

4.1 การปรับปรุงบอร์ดพิงหลัง

4.1.1 การออกแบบและสร้างบอร์ดพิงหลัง

จากการวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานของบอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 พบว่ามีปัญหาเรื่องน้ำหนักมาก (5.6 กิโลกรัม) และวัสดุของบอร์ดรองนั่งเป็นไม้อัด ทำให้ดูแลรักษายาก (รูปที่ 4.1) จึงทำการออกแบบบอร์ดรองนั่งใหม่ โดยใช้ชื่อใหม่ว่า บอร์ดพิงหลัง (รูปที่ 4.2) ทำจากท่อเหล็ก ดัดเป็นโครงสี่เหลี่ยม ความกว้าง 500 มิลลิเมตร ความยาว 600 มิลลิเมตร น้ำหนัก 3.6 กิโลกรัม ซึ่งน้ำหนักลดลงจากบอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 ไป 2 กิโลกรัม มีขาหลังค้ำยันติดไว้ด้านหลัง มุมเอน 115 องศา เท่ากับบอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 สามารถพับเก็บได้ ทำการหุ้มบอร์ดด้วยผ้าใบที่พนักพิงหลัง ออกแบบให้ใช้งานร่วมกับเบาะรองนั่งของ Limo PTS Wheelchair โดยใต้เบาะรองนั่งปรับให้มีสายรั้งที่ติดด้วยเทปหนามเตย 2 เส้น สามารถแกะออกจากกันได้ (รูปที่ 4.3) ใช้ติดด้านหลังบอร์ดพิงหลัง เพื่อไม่ให้บอร์ดเลื่อนไปตามแรงพิงของผู้ป่วย ดังแสดงรูปที่ 4.2ค.

ก. ด้านหน้าบอร์ด ข. ด้านข้างบอร์ด

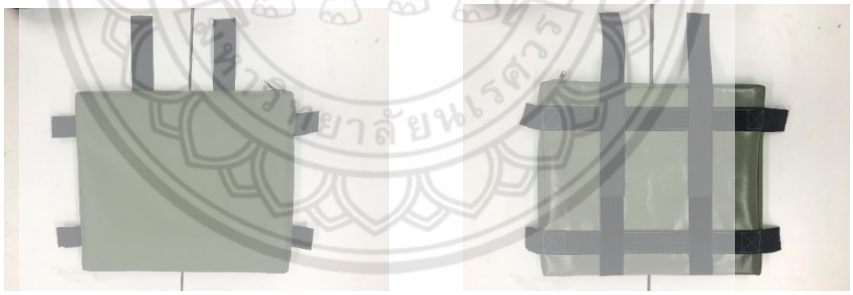
รูปที่ 4.1 บอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1

ก. ด้านหน้าบอร์ด

ข. ด้านข้างบอร์ด

ค. ติดสายรั้งจากเบาะรองนั่ง

รูปที่ 4.2 บอร์ดพิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2



ก. ด้านหน้า ข. ด้านหลัง

รูปที่ 4.3 เบาะรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 2

4.1.2 การทดสอบบอร์ดพิงหลัง

4.1.2.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ

เพื่อทดสอบฟังก์ชันการใช้งานของบอร์ดพิงหลัง และปรับวิธีการนำผู้ป่วยนั่งบนเตียงผู้ป่วย

4.1.2.2 ขอบเขตของการทดสอบ

การทดสอบใช้อาสาสมัครจำนวน 2 คน แสดงเป็นผู้ดูแลและผู้ป่วยที่ช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ จัดท่าผู้ป่วยให้อยู่ในท่านอนตะแคงซ้าย แกะสายรั้งออกจากใต้เบาะให้ยื่นออกมาเพื่อเตรียมยึดกับ

ด้านหลังบอร์ด วางเบาะรองนั่งให้ขอบเบาะด้านขวาตรงแนวกับช่วงหัวกระดูกต้นขา (Greater trochanter) ของผู้ป่วยและด้านหน้าของบอร์ดเลยขอบเตียงออกมา 1 ส่วน 3 หรือประมาณ 10-15 เซนติเมตร พลิกผู้ป่วยกลับมาในท่านอนหงายบนเบาะรองนั่ง และพลิกผู้ป่วยอีกครั้งให้อยู่ในท่านอนตะแคงขวา นำบอร์ดพิงหลังมาวางติดกับเบาะรองนั่งทางด้านซ้ายของผู้ป่วย ใช้สายรั้งจากเบาะรองนั่งยึดกับบอร์ดพิงหลังเพื่อไม่ให้บอร์ดเลื่อนไปตามแรงพิงของผู้ป่วย ประคองตัวผู้ป่วยขึ้นนั่งหลังพิงบอร์ดพิงหลัง

4.1.2.3 วัสดุอุปกรณ์

1. บอร์ดพิงหลัง Limo PTS รุ่นที่ 2 จำนวน 1 อัน
2. เบาะรองนั่ง Limo PTS รุ่นที่ 2 จำนวน 1 อัน
3. เตียงผู้ป่วย จำนวน 1 หลัง

4.1.2.4 วิธีการดำเนินการทดสอบ

1. ผู้ป่วยนอนบนเตียง และยกราวกั้นเตียงด้านซ้ายของผู้ป่วยขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 ผู้ป่วยนอนบนเตียง และยกราวกั้นเตียงด้านซ้ายขึ้น

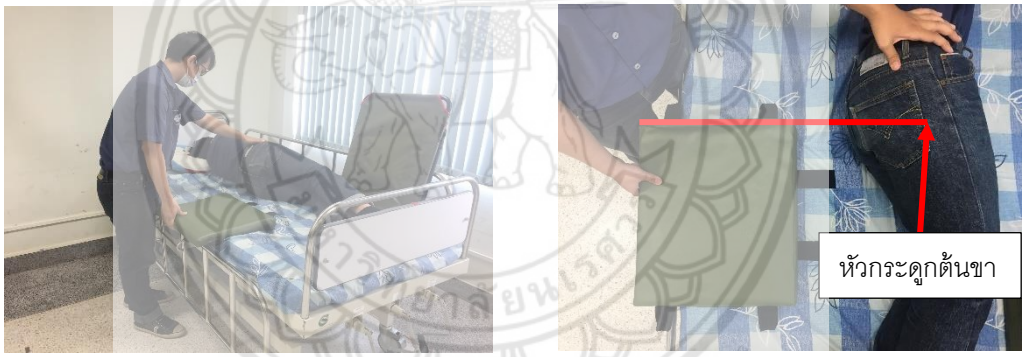
2. พลิกตัวผู้ป่วยให้นอนท่าตะแคงไปทางด้านซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 ผู้ป่วยนอนในท่าตะแคงไปทางด้านซ้าย

3. ดึงสายรั้งออกจากเทปหนามเตย มาติดให้ตรงกับบริเวณที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 ติดสายรั้งตรงบริเวณที่กำหนด

4. นำเบาะรองนั่งมาวางบริเวณบั้นท้ายของผู้ป่วย โดยให้ขอบด้านซ้ายของเบาะตรงแนวกับหัวกระดูกต้นขาของผู้ป่วย และให้ขอบด้านหน้าของเบาะเลยจากขอบเตียง 1 ส่วน 3 ของเบาะหรือประมาณ 10-15 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.7



ก. วางเบาะรองนั่งบริเวณบั้นท้ายผู้ป่วย ข. ตำแหน่งการจัดวาง

รูปที่ 4.7 เบาะรองนั่งสอดเข้าบริเวณบั้นท้ายของผู้ป่วย

5. พลิกตัวผู้ป่วยกลับมาในท่านอนหงายทับเบาะรองนั่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 ผู้ป่วยอยู่ในท่านอนหงายทับเบาะรองนั่ง

6. พลิกตัวผู้ป่วยให้นอนท่าตะแคงไปทางด้านขวา ดังแสดงในรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.9 พลิกตัวผู้ป่วยในท่านอนตะแคงขวา

7. นำบอร์ดพิงหลังวางด้านข้างของผู้ป่วยข้างเบาะรองนั่ง นำสายรั้งจากเบาะรองนั่งสอดใต้บอร์ดและติดสายรั้งด้านหลังของบอร์ดโดยใช้เทปหนามเตย ดังแสดงในรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 วางบอร์ดพิงหลังข้างเบาะรองนั่ง

8. ประคองตัวผู้ป่วยขึ้น โดยใช้แขนซ้ายประคองท้ายทอยและแขนขวากดที่หัวกระดูกต้นขาของผู้ป่วย ยกผู้ป่วยขึ้นมาอยู่ในท่านั่งพิงกับบอร์ด ดังแสดงในรูปที่ 4.11

รูปที่ 4.11 ผู้ป่วยนั่งพิงบอร์ด

4.1.2.5 ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบบอร์ดพิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2 พบว่าสามารถใช้งานได้ตามฟังก์ชันที่กำหนด สามารถใช้งานได้ด้วยผู้ดูแลเพียงคนเดียว และบอร์ดไม่เลื่อนไปตามแรงพิงของผู้ป่วย เนื่องจากมีสายรั้งจากเบาะรองนั่ง รั้งบอร์ดพิงหลังเอาไว้

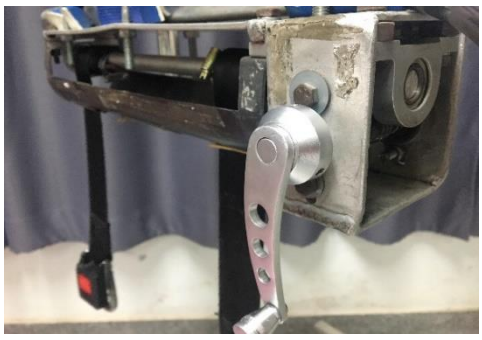
จากการเปรียบเทียบบอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และบอร์ดพิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2 พบว่าการใช้งานของบอร์ดพิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2 ใช้งานง่ายกว่า เนื่องจากบอร์ดพิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2 ไม่มีแผ่นรองนั่งที่ต้องสอดเข้าใต้บั้นท้ายของผู้ป่วย มีน้ำหนักเบา ดูแลรักษาง่าย และมีการปรับเปลี่ยนวิธีการวางเบาะรองนั่งให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ เตียงที่ไม่มีราวกั้นควรจัดเตียงให้ชิดติดกับผนัง เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ป่วยตกจากเตียง นอกจากนี้ควรเพิ่ม Safety belt เพื่อความปลอดภัยระหว่างเคลื่อนย้ายผู้ป่วย (รายละเอียดแสดงในหัวข้อที่ 4.4)

4.2 การปรับปรุงชุดกลไกยกผู้ป่วย

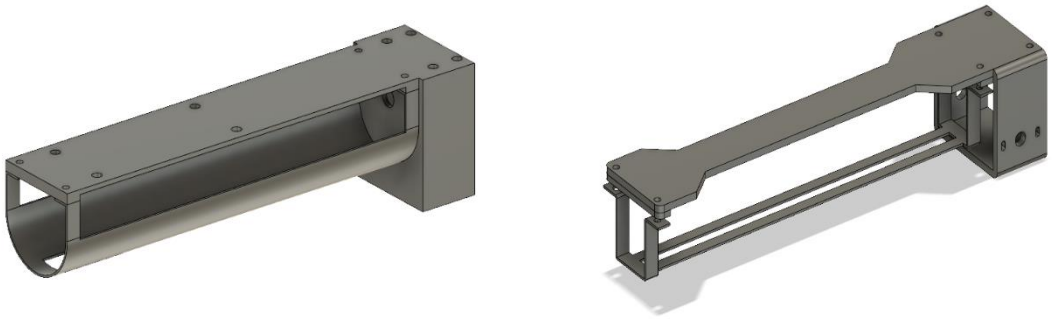
4.2.1 การออกแบบ สร้าง และทดสอบชุดกลไก

จากการวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานของชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 1 (รูปที่ 4.12) พบว่ามีปัญหาเรื่องอัตราทดของเฟืองตัวหนอน ขนาดกล่องกลไกใหญ่เกินจำเป็น (รูปที่ 4.13ก.) มือหมุนชุดกลไกมีขนาดเล็ก (รูปที่ 4.14ก.) การล็อคสายรับน้ำหนัก (รูปที่ 4.15ก.) และการติดตั้งกับคานโครงสร้าง (รูปที่ 4.16ก.) จึงทำการออกแบบกล่องกลไกใหม่ โดยทำจากสแตนเลสเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล่องกลไก มีขนาดเล็กลง (รูปที่ 4.13ข.) เปลี่ยนอัตราทดเฟืองตัวหนอน (รูปที่ 4.17) มีชุดมือหมุนที่สามารถพับเก็บได้ (รูปที่ 4.14ข.) มีชุดล็อคสายรับน้ำหนัก (รูปที่ 4.15ข.) ซึ่งแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของชุดกลไก ดังแสดงในรูปที่ 4.18 และเมื่อทดสอบความสามารถในการยกน้ำหนักแล้ว นำกล่องกลไกไปเชื่อมติดกับคานโครงสร้าง เพื่อให้ชุดกลไกติดตั้งได้อย่างมั่นคง แข็งแรง ไม่หมุนรอบตัวโครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 4.16ข.

ในการปรับอัตราทดชุดเฟืองหนอนจะต้องคำนึงถึงการ Self-locking ของชุดเฟืองหนอนด้วย จึงต้องมีการทดสอบเพิ่มเติม เพื่อทดสอบการ Self-locking ของชุดเฟืองหนอน 1 2 และ 3 ปาก



รูปที่ 4.12 ชุดกลไกยกผู้ป่วยของ Limo PTS รุ่นที่ 1



ก. รุ่นที่ 1 ข. รุ่นที่ 2 มีขนาดกะทัดรัด และแข็งแรงขึ้น

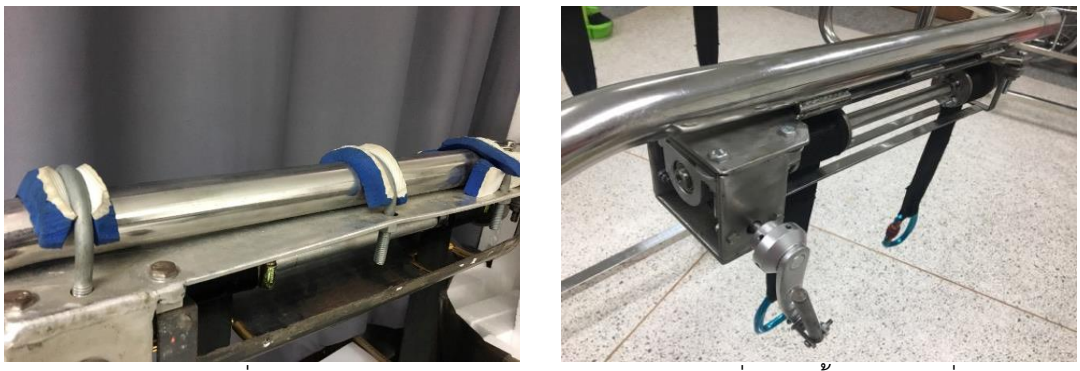
รูปที่ 4.13 กล่องกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2

ก. รุ่นที่ 1 ข. รุ่นที่ 2 มือจับยางขึ้น และพับเก็บได้

รูปที่ 4.14 มือจับหมุนของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2

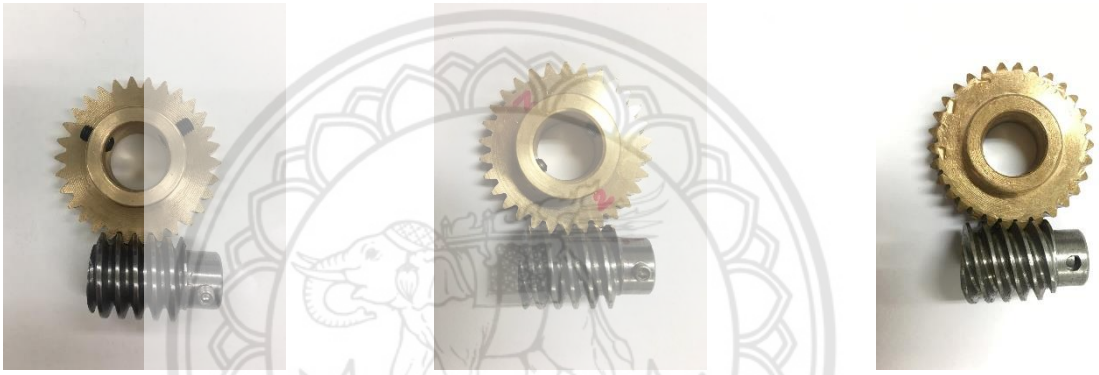
ก. รุ่นที่ 1 ข. รุ่นที่ 2 ล็อคสายรับน้ำหนักได้มั่นคง

รูปที่ 4.15 ชุดล็อคสายรับน้ำหนักของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2



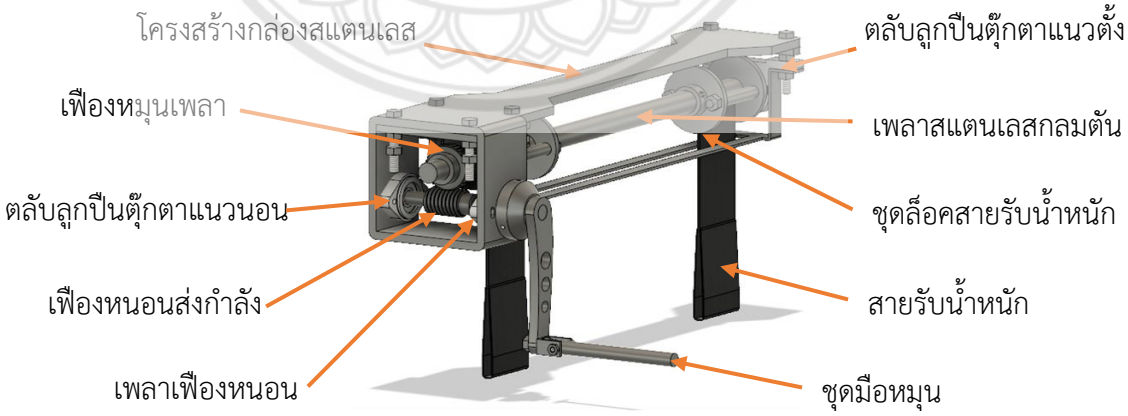
ก. รุ่นที่ 1 ข. รุ่นที่ 2 ติดตั้งด้วยการเชื่อม

รูปที่ 4.16 การติดตั้งชุดกลไกกับคานโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2



ชุดเฟืองหนอน 1 ปาก ชุดเฟืองหนอน 2 ปาก ชุดเฟืองหนอน 3 ปาก

รูปที่ 4.17 เฟืองตัวหนอน 1 2 และ 3 ปาก



รูปที่ 4.18 ชุดกลไกยกผู้ป่วย (Drawing) ของ Limo PTS รุ่นที่ 2

4.2.2 การทดสอบชุดกลไก

4.2.2.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ

1. เพื่อทดสอบการ Self-locking ของชุดเฟืองหนอน ที่มีอัตราทดต่างกัน
2. เพื่อทดสอบความสามารถในการยกน้ำหนักของชุดกลไก Limo PTS รุ่นที่ 2
3. เพื่อทดสอบความสะดวกในการใช้งานของชุดกลไก Limo PTS รุ่นที่ 2

4.2.2.2 ขอบเขตการทดสอบ

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบหยุดนิ่งและแบบเคลื่อนที่ ในการทดสอบแบบหยุดนิ่งจะเป็นการแขวนน้ำหนักบนเพลาโดยไม่มีการหมุนเพลา ส่วนการทดสอบแบบเคลื่อนที่เป็นการแขวนน้ำหนักและหมุนเพลาเพื่อยกน้ำหนักขึ้น โดยชุดกลไก 1 ข้าง ถูกออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักได้อย่างน้อย 60 กิโลกรัม ซึ่งการทดสอบได้ทดสอบที่ 100 กิโลกรัม โดยให้ยกน้ำหนักขึ้นสูงจากพื้น 15 เซนติเมตร โดยการทดสอบเปลี่ยนคู่ทดสอบของชุดเฟืองหนอนทั้งหมด 3 ชุด คือ ชุดเฟืองหนอน 3 ปาก ชุดเฟืองหนอน 2 ปาก และชุดเฟืองหนอน 1 ปาก ที่มีอัตราทด 1:10 1:15 และ 1:30 ตามลำดับ

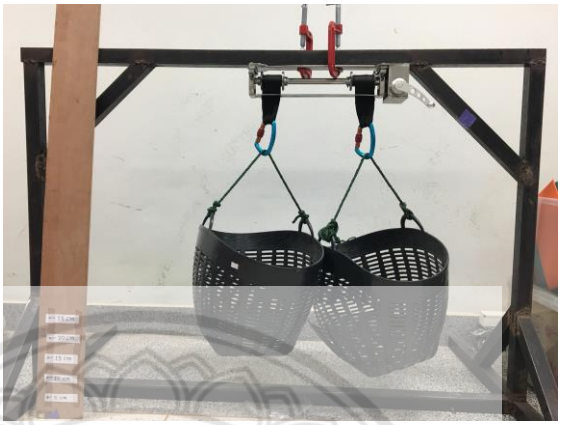
4.2.2.3 วัสดุอุปกรณ์

1. ถุงทรายมวล 5 กิโลกรัม	จำนวน 20 ถุง
2. ตะกร้า	จำนวน 2 ใบ
3. เชือกไนลอนแบน ขนาดกว้าง 2 นิ้ว ยาว 40 เซนติเมตร	จำนวน 2 เส้น
4. ชุดกลไกยกผู้ป่วย	จำนวน 1 ชุด
5. ชุดเฟืองหนอน 3 ปาก (อัตราทด 1:10)	จำนวน 1 ชุด
6. ชุดเฟืองหนอน 2 ปาก (อัตราทด 1:15)	จำนวน 1 ชุด
7. ชุดเฟืองหนอน 1 ปาก (อัตราทด 1:30)	จำนวน 1 ชุด
8. สายวัด	จำนวน 1 เส้น
9. คานเหล็ก	จำนวน 1 ชุด
10. ตะขอ	จำนวน 2 ตัว
11. ปากกาจับชิ้นงานรูปตัวซี	จำนวน 2 ตัว

4.2.2.4 การเตรียมการทดสอบ

นำคานเหล็กมายังตำแหน่งที่ต้องการทดสอบ จากนั้นนำชุดกลไกที่พร้อมทดสอบ (เริ่มที่เฟือง 3 ปาก) มาติดตรงจุดกึ่งกลางของคานเหล็ก และนำปากกาจับชิ้นงานรูปตัวซีมายึดชุดกลไกให้ติดกับคานเหล็ก แล้วนำตะกร้ามาแขวนไว้กับตะขอทั้ง 2 จุด (รูปที่ 4.19) ส่วนสายวัดใช้วัดระยะความสูงระหว่างตะกร้ากับพื้นเมื่อทำการยกน้ำหนักขึ้น

ทั้งนี้ในการทดสอบใช้ชุดเฟืองหนอนทั้งหมด 3 ชุด โดยเริ่มจากเฟือง 3 ปาก และเมื่อทำการทดสอบเสร็จสิ้น จึงเตรียมการทดสอบทั้งหมดซ้ำโดยเปลี่ยนชุดเฟืองให้เป็น 2 ปาก และ 1 ปาก ตามลำดับ



รูปที่ 4.19 การติดตั้งชุดกลไกเพื่อทดสอบ

4.2.2.5 วิธีดำเนินการทดสอบ

จากการเตรียมการทดสอบ (รูปที่ 4.19) จากนั้นได้นำถุงทรายไปใส่ไว้ในตะกร้าทั้ง 2 ข้าง จำนวนข้างละเท่าๆ กัน และออกแรงหมุนที่มือจับหมุนให้ตะกร้าเคลื่อนที่ขึ้นจากพื้น โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบ คือ การทดสอบแบบหยุดนิ่ง (รูปที่ 4.20) และการทดสอบแบบเคลื่อนที่ มีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

1. การทดสอบแบบหยุดนิ่ง

1.1 หมุนกลไกเพื่อยกตะกร้าให้สูงขึ้นจากพื้น 15 เซนติเมตร

1.2 นำถุงทรายใส่ลงในตะกร้าข้างละ 5 กิโลกรัม

1.3 เพิ่มถุงทรายข้างละ 5 กิโลกรัม จนถึงข้างละ 50 กิโลกรัม

1.4 บันทึกผลลงตารางผลการทดสอบ แล้วสรุปผลการทดสอบ

รูปที่ 4.20 การทดสอบแบบหยุดนิ่ง

2. การทดสอบแบบเคลื่อนที่

2.1 นำตะกร้าวางลงบนพื้นพื้นแล้วนำถุงทรายที่เตรียมไว้ ใส่ตะกร้าข้างละ 5 กิโลกรัม และหมุนมือจับหมุนเพื่อยกตะกร้าให้สูงขึ้นจากพื้น 15 เซนติเมตร

2.2 ทำการทดสอบซ้ำข้อที่ 1 โดยเพิ่มน้ำหนักข้างละ 5 กิโลกรัม จนกว่าจะถึงน้ำหนักที่กลไกไม่สามารถยกขึ้นได้

2.3 บันทึกผลลงตารางผลการทดสอบ แล้วสรุปผลการทดสอบ (ตารางที่ 4.1)

4.2.2.6 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการ Self-locking ของชุดเฟืองหนอนแต่ละคู่ทดสอบ

ชุดเฟืองหนอน	การทดสอบแบบหยุดนิ่ง	การทดสอบแบบเคลื่อนที่
ชุดเฟืองหนอน 3 ปาก (อัตราทด 1:10)	✗	
ชุดเฟืองหนอน 2 ปาก (อัตราทด 1:15)	✓	✓ (ไม่เสถียร)
ชุดเฟืองหนอน 1 ปาก (อัตราทด 1:30)	✓	✓

หมายเหตุ : ✓ คือ ชุดเฟืองหนอนสามารถ Self-locking ได้

✗ คือ ชุดเฟืองหนอนไม่สามารถ Self-locking ได้

4.2.2.7 อภิปรายผลการทดสอบ

จากการทดลองการเปลี่ยนอัตราทดเฟืองจากเดิม 1:30 (1 ปาก) เป็น 1:15 (2 ปาก) และ 1:10 (3 ปาก) พบว่าชุดเฟืองหนอนที่มีอัตราทด 1:15 และ 1:10 มีปัญหาด้านการล็อคตัวเองของเฟืองตัวหนอน (Self-locking) เนื่องจาก Lead Angle ของชุดเฟืองหนอน 3 ปาก และ 2 ปาก โมดูล 1.25 มี Lead Angle 11 องศา และ 6 องศา ตามลำดับ จึงเลือกใช้ชุดเฟืองหนอนอัตราทด 1:30 (1 ปาก) โมดูล 1.25 มี Lead Angle 3 องศา ทำให้ฟังก์ชัน การ Self-locking ใช้งานได้

จากการทดสอบนำถุงทรายมาเป็นน้ำหนักในการทดสอบเพื่อทดสอบกลไกการยกผู้ป่วย สามารถยกน้ำหนักเป็นตามขอบเขตที่กำหนด ซึ่งการทดสอบการรับน้ำหนักแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ การรับน้ำหนักแบบหยุดนิ่ง พบว่าสามารถรับน้ำหนักได้ 100 กิโลกรัม ได้อย่างปลอดภัยและมีแนวโน้มว่าจะสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่านั้น ดังนั้นการยกแบบหยุดนิ่งสามารถรองรับน้ำหนักที่ใช้งานจริงตามที่ได้กำหนดไว้ในขอบเขต คือ 60 กิโลกรัม ได้อย่างปลอดภัยโดยไม่เกิดความเสียหายต่อตัวโครงสร้างชุดกลไกการยกผู้ป่วย การรับน้ำหนักแบบเคลื่อนที่ พบว่าชุดกลไกการยกน้ำหนักสามารถยกน้ำหนักได้สูงสุดไม่เกิน 90 กิโลกรัม ไม่สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่านี้ ถ้ารับน้ำหนักมากกว่า 90 กิโลกรัม อาจทำให้ชุดเฟืองหนอนเกิดความเสียหาย

จากการเปรียบเทียบความสามารถในการยกน้ำหนักของชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 พบว่าชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 2 ใช้งานง่ายกว่า เนื่องจากมือหมุนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีชุดล็อคสายรับน้ำหนักที่ออกแบบขึ้นใหม่ ทำให้สายรับน้ำหนักไม่หลุดออกจากตำแหน่งการล็อคและยังสามารถเก็บสายรับน้ำหนักได้เร็วขึ้น กล่าวคือ ในการหมุนชุดกลไกทั้ง 2 รุ่น ในจำนวน 30 รอบเท่ากัน ชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 2 สามารถยกเบาะรองนั่งได้สูง 12 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 1 สามารถยกเบาะรองนั่งได้ 10 เซนติเมตร ซึ่งชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 2 ยกสายรับน้ำหนักได้สูงกว่าในจำนวนรอบการหมุนที่เท่ากัน เนื่องจากมีการออกแบบชุดล็อคสายรับน้ำหนักให้มีแกนเก็บสายรับน้ำหนักที่ใหญ่ขึ้น

4.3 การปรับปรุงเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2

4.3.1 การออกแบบ สร้าง และทดสอบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2

จากการวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานของเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 (รูปที่ 4.21) พบว่ามีปัญหาเรื่อง ความยาวของเดือยคานโครงสร้าง (รูปที่ 4.22ก.) และเดือยของที่พิงหลังมีความยาวมากเกินจำเป็น ทำให้ถอดประกอบยาก (รูปที่ 4.23ก.) การกระทบกับพื้นหรือรถยนต์ของตัวโครงสร้าง สลักยึดขณะถอดประกอบไม่มีที่เก็บสลัก (รูปที่ 4.24ก.) ล้อที่มีเสียงดังขณะเคลื่อนที่ และการล็อคล้อที่ล็อคได้ไม่สนิท จึงทำการออกแบบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย โดยใช้ขนาดและรูปร่างเหมือนเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 แต่ทำการลดความยาวเดือยของคานโครงสร้าง (รูปที่ 4.22ข.) และที่พิงหลัง (รูปที่ 4.23ข.) ใช้แผ่นโฟมยางหุ้มตัวโครงสร้างในบริเวณที่กระทบกับรถยนต์หรือพื้น (รูปที่ 4.25) ใช้สลักยึดที่เป็นแบบ Ball lock pin (รูปที่ 4.24ข.) ซึ่งสามารถเก็บในรูยึดสลักได้โดยไม่หลุดออกจากรูยึด

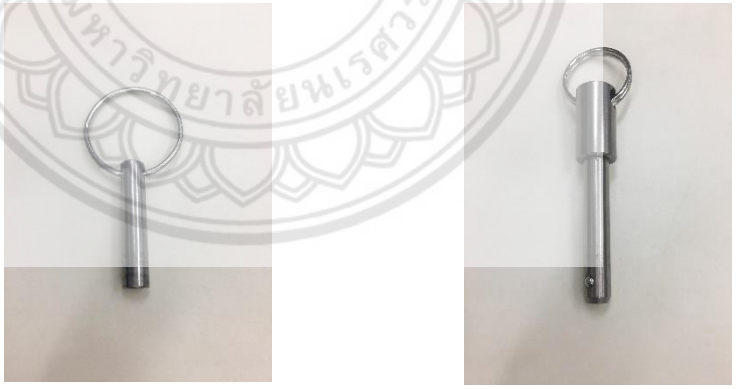
รูปที่ 4.21 เก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1

ก. รุ่นที่ 1 ข. รุ่นที่ 2 มีขนาดเดือยสั้นลง

รูปที่ 4.22 เดือยของคานโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2

ก. รุ่นที่ 1 ข. รุ่นที่ 2 มีขนาดเดือยสั้นลง

รูปที่ 4.23 เดือยของที่พิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2



ก. สลักยึด ข. Ball lock pin

รูปที่ 4.24 สลักยึด และ Ball lock pin

รูปที่ 4.25 เก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2

4.3.2 การทดสอบกลไกยกผู้ป่วย

4.3.2.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบการรับน้ำหนัก และฟังก์ชันการใช้งานของเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2
2. เพื่อทดสอบความสะดวกในการถอดประกอบของเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2

4.3.2.2 ขอบเขตการทดสอบ

การทดสอบแบ่งเป็น 2 การทดสอบคือ การทดสอบการรับน้ำหนักของเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2 และการทดสอบความสะดวกในการถอดประกอบ

การทดสอบการรับน้ำหนักของเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบหยุดนิ่ง และแบบเคลื่อนที่ ในการทดสอบแบบหยุดนิ่ง เป็นการวางน้ำหนักบนเบาะรองนั่งที่อยู่สูงจากพื้น 55 เซนติเมตร ส่วนการทดสอบแบบเคลื่อนที่เป็นการวางน้ำหนักบนเบาะรองนั่งที่สูงจากพื้น 55 เซนติเมตร และหมุนเพลาเพื่อยกน้ำหนักนั้นขึ้นจากความสูงจากพื้น 55 เซนติเมตร ไปที่ความสูง 70 เซนติเมตร

การทดสอบความสะดวกในการถอดประกอบของเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2 จะใช้ผู้ทดสอบ 3 คน โดยแต่ละคนทำการจับเวลาในการถอดประกอบ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำเวลาเฉลี่ยของผู้ทดสอบทั้ง 3 คน หาค่าเวลาเฉลี่ย

4.3.2.3 วัสดุอุปกรณ์

1. เก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2	1 ตัว
2. ตลับเมตร	1 ตลับ
3. ถุงทรายขนาด 5 กิโลกรัม	24 ถุง
4. ไม้อัดขนาด 50 x 50 เซนติเมตร หนา 6 มิลลิเมตร	2 แผ่น

4.3.2.4 วิธีดำเนินงาน

4.3.2.4.1 การทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2

1.การทดสอบแบบหยุดนิ่ง

1.1 หมุนเพลาให้ยกเบาะรองนั่งขึ้นสูงจากพื้น 55 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.26

รูปที่ 4.26 ยกเบาะให้สูงขึ้นจากพื้น

1.2 นำไม้อัดวางในแนวตั้งทั้งสองข้างบนเบาะรองนั่ง เพื่อกั้นไม่ให้ถุงทรายตก ดังแสดงในรูปที่ 4.27

รูปที่ 4.27 วางไม้อัดบนเบาะรองนั่ง

1.3 นำถุงทรายวางบนเบาะรองนั่ง เริ่มต้นที่ 50 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 4.28

รูปที่ 4.28 วางถุงทรายลงบนเบาะรองนั่ง

1.4 ทำการทดสอบซ้ำโดยเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 10 กิโลกรัม จนครบ 120 กิโลกรัม

2. การทดสอบแบบเคลื่อนที่

2.1 หมุนเพลาให้ยกเบาะรองนั่งขึ้นสูงจากพื้น 55 เซนติเมตร (รูปที่ 4.26)

2.2 นำไม้อัดวางในแนวตั้งทั้งสองข้างบนเบาะรองนั่ง เพื่อกั้นไม่ให้ถุงทรายตก (รูปที่ 4.27)

2.3 นำถุงทรายวางบนเบาะรองนั่ง เริ่มต้นที่ 50 กิโลกรัม (รูปที่ 4.28)

2.4 หมุนเพลาให้ยกน้ำหนักขึ้นสูงจากพื้น 70 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.29

รูปที่ 4.29 ยกน้ำหนักสูง 70 เซนติเมตร

2.5 หมุนเพลาให้ยกน้ำหนักลงจาก 70 เซนติเมตร ลงมาให้เหลือ 55 เซนติเมตร

2.6 ทำการทดสอบซ้ำโดยเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 10 กิโลกรัม จนครบ 120 กิโลกรัม

4.3.2.4.2 การทดสอบความสะดวกในการถอด และประกอบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2

1. ทำการจับเวลา ผู้ทดสอบที่ 1 ในการถอดเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 ทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

2. ทำการจับเวลา ผู้ทดสอบที่ 1 ในการประกอบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 ทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

3. ให้ผู้ทดสอบที่ 2 และที่ 3 ทำซ้ำเหมือนผู้ทดสอบที่ 1

4. นำเวลาเฉลี่ยในการถอดประกอบทั้งหมดของของแต่ละผู้ทดสอบ มาหาค่าเวลาเฉลี่ยรวม

4.3.2.5 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.2 ค่าเวลาเฉลี่ยในการถอดประกอบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2

ผู้ทดสอบ	การถอดเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2	การประกอบเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2
ผู้ทดสอบ 1	1 นาที 9 วินาที	1 นาที 45 วินาที
ผู้ทดสอบ 2	1 นาที 18 วินาที	1 นาที 50 วินาที
ผู้ทดสอบ 3	1 นาที 15 วินาที	2 นาที 2 วินาที
เวลาเฉลี่ย	1 นาที 14 วินาที	1 นาที 52 วินาที

4.3.2.6 อภิปรายผลการทดสอบ

จากการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2 พบว่าการทดสอบแบบหยุดนิ่งและการทดสอบแบบเคลื่อนที่สามารถรับน้ำหนักได้ 120 กิโลกรัม ตามที่กำหนดไว้ในขอบเขต และสามารถใช้งานได้ตามฟังก์ชันที่ได้กำหนดไว้ในขอบเขต

จากการเปรียบเทียบการทดสอบการความสะดวกในการถอดประกอบของเก้าอี้เข็น Limo PTS Limo PTS รุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 พบว่าเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 มีเวลาเฉลี่ยในการถอด - ประกอบ คือ 1 นาที 14 วินาที และ 1 นาที 52 วินาที ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ในขณะที่เก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 มีเวลาเฉลี่ยในการถอดประกอบ คือ 2 นาที 13 วินาที และ 2 นาที 59 วินาที ตามลำดับ (ตารางที่ 3.2) เวลาเฉลี่ยในการถอดประกอบของเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 น้อยกว่าถึง 44% และ 37% ตามลำดับ เนื่องจากมีการลดความยาวเดือย ทำให้ประกอบคานโครงสร้าง และที่พิงหลังง่ายขึ้น และมี Ball Pin ที่สามารถล็อคค้างไว้ในรูยึดสลักโดยไม่หลุดออก อย่างไรก็ตาม เก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2 มีน้ำหนักรวม 28 กิโลกรัม (ตารางที่ 4.3) ซึ่ง

มากกว่าเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 ไป 6 กิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนวัสดุในการสร้างชุดกลไกจากอลูมิเนียม เป็นแสตนเลส เพื่อเพิ่มความข็งแรงคงทน ให้กับเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2

ตารางที่ 4.3 น้ำหนักแต่ละชิ้นส่วนของเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2

ชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
คานโครงสร้างซ้าย	10.4
คานโครงสร้างขวา	9.9
คานโครงสร้างฐานซ้าย	2.0
คานโครงสร้างฐานขวา	2.1
ที่พิงหลัง	1.3
เบาะรองนั่ง	2.3
น้ำหนักรวม	28

4.4 การทดสอบการใช้งานเก้าอี้สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2

การทดสอบเก้าอี้สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วย เป็นการทดสอบฟังก์ชันการใช้งานของเก้าอี้สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วยซึ่งทดสอบร่วมกับชุดอุปกรณ์เสริม ได้แก่ บอร์ดรองนั่ง ในการทดสอบใช้อาสาสมัครที่เป็นคนปกติแทนผู้ป่วย

4.4.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ

1. เพื่อทดสอบฟังก์ชันการใช้งานของเก้าอี้สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วย
2. เพื่อทดสอบความสะดวกในการใช้งานรวมทั้งระบบของ Limo PTS รุ่นที่ 2

4.4.2 ขอบเขตการทดสอบ

การทดสอบแบ่งเป็น 2 การทดสอบคือ การทดสอบเคลื่อนย้ายอาสาสมัครจากเตียงผู้ป่วยไปยังเก้าอี้เข็น และการทดสอบเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเก้าอี้เข็นกลับไปยังเตียงผู้ป่วย โดยใช้ผู้ดูแลเพียงคนเดียว โดยมีผู้ทดสอบทั้งหมด 3 คน เริ่มจากผู้ทดสอบที่ 1 สมมุติบทบาทให้เป็นผู้ดูแล และผู้ทดสอบที่ 2 เป็นผู้ป่วย จับเวลาการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเตียงผู้ป่วยไปยังเก้าอี้เข็น การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเก้าอี้เข็นกลับไปยังเตียงผู้ป่วย

ทำการทดสอบซ้ำโดยสลับบทบาทผู้ดูแลทั้ง 3 คนให้เป็นผู้ดูแลและผู้ป่วยจนครบทุกคู่ทดสอบและทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อหาเวลาเฉลี่ยในการทดสอบ

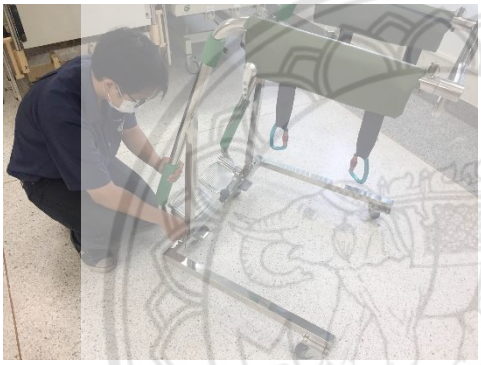
4.4.3 วัสดุอุปกรณ์

1. เก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2	1 ตัว
2. เก้าอี้เข็น	1 ตัว
3. เตียงผู้ป่วย	1 หลัง
4. บอร์ดพิงหลัง (Limo PTS board รุ่นที่ 2)	1 ตัว

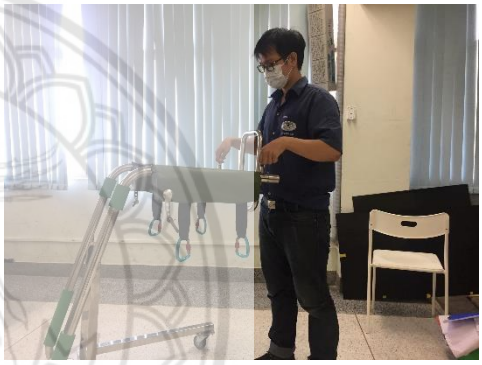
4.4.4 วิธีการดำเนินการ

1. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 - 9 ดังแสดงในวิธีการดำเนินการทดสอบหัวข้อที่ 4.1

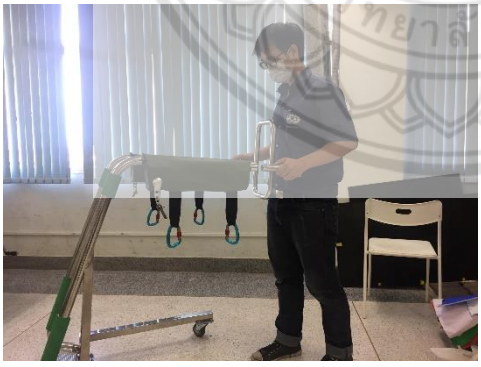
2. นำเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 มารับผู้ป่วย โดยมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 4.30 ก - ช



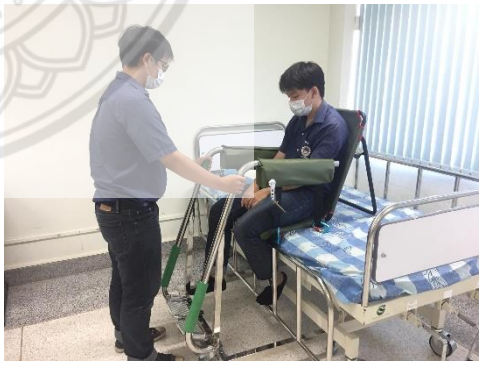
ก. ขยายฐานล่างทั้ง 2 ข้าง



ข. ดึงสลักยึดที่พิงหลังออก



ค. ดึงที่พิงหลังออก



ง. นำเก้าอี้เข็นเข้ามารับผู้ป่วย

รูปที่ 4.30 ขั้นตอนการนำเก้าอี้เข็นเข้ามารับผู้ป่วย

จ. ล็อคล้อหน้าทั้ง 2 ล้อ

ช. ล็อค Safety belt ให้อยู่ระหว่างสายรับน้ำหนัก

รูปที่ 4.30 ขั้นตอนการนำเก้าอี้เข็นเข้ามารับผู้ป่วย (ต่อ)

3. ล็อคตะขอกับรูคล้องตะขอของเบาะรองนั่งทั้ง 4 จุด ดังแสดงในรูปที่ 4.31

รูปที่ 4.31 ล็อคอุปกรณ์ตัวล็อคทั้ง 4 จุด

4. แกะสายรั้งของเบาะรองนั่งออกจากบอร์ดแล้วนำที่พิงหลังของเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 มาใส่โดยแสดงขั้นตอนดังรูปที่ 4.32 ก - จ

ก. แกะสายรั้งออกจากบอร์ดพิงหลัง

ข. ประคองผู้ป่วย และนำบอร์ดพิงหลังออก

รูปที่ 4.32 ขั้นตอนการใส่ที่พิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2

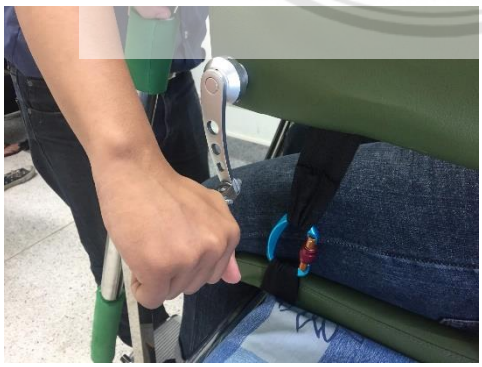
ค. ใส่ที่พิงหลัง

ง. ใส่สลักยึด

จ. แกะ Safety belt ออกจากโครงสร้าง

รูปที่ 4.32 ขั้นตอนการใส่ที่พิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2 (ต่อ)

5. หมุนชุดกลไกยกผู้ป่วยทั้งสองฝั่งเพื่อให้ผู้ป่วยยกตัวสูงขึ้นจากพื้นเตียงประมาณ 5-10 เซนติเมตร จากนั้นเคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกจากเตียง ดังแสดงในรูปที่ 4.33



ก. หมุนกลไกยกผู้ป่วย

ข. การยกตัวขึ้นของผู้ป่วย

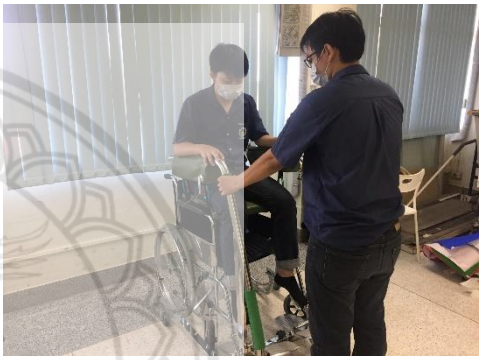
รูปที่ 4.33 ขั้นตอนการยกผู้ป่วย

6. นำผู้ป่วยเข้าไปนั่งในรถเข็นโดยแสดงขั้นตอนดังรูปที่ 4.34 ก – ฎ

ก. ล็อคล้อรถเข็นทั้ง 2 ข้าง

ข. พับที่พักเท้าเก้าอี้เข็นไปด้านใน

ค. ปลดล็อคล้อเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2



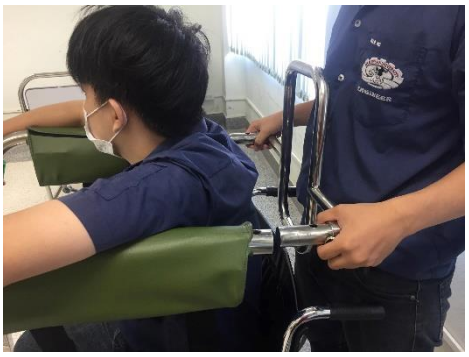
ง. เข็นผู้ป่วยเข้าไปครอบรถเข็น

จ. ล็อคล้อเก้าอี้คลื่อนย้ายผู้ป่วยทั้ง 2 ข้าง

ฉ. หมุนกลไกยกผู้ป่วยลง

รูปที่ 4.34 ขั้นตอนการนำผู้ป่วยเข้าไปนั่งในรถเข็น

ช. ปลดล็อคตะขอทั้ง 4 จุด



ซ. ถอดที่พิงหลังออก

ฌ. ปลดล็อคล้อทั้ง 2 ข้าง

ญ. นำเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2 ออก

ฎ. นำที่พักเท้าออกมาด้านหน้า

รูปที่ 4.34 ขั้นตอนการนำผู้ป่วยเข้าไปนั่งในรถเข็น (ต่อ)

7. ทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อหาเวลาเฉลี่ยในการทดสอบ
8. สลับบทบาทผู้ดูแลทั้ง 3 คนให้เป็นผู้ดูแลและผู้ป่วยจนครบทุกคู่ทดสอบ
9. บันทึกการทดลอง และสรุปผลการทดลอง (ตารางที่ 4.4)

4.4.5 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 2 ของแต่ละคู่ทดสอบและค่าเฉลี่ยรวม

บทบาท		การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเตียงไปยังเก้าอี้เข็น	การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเก้าอี้เข็นไปยังเตียง
ผู้ดูแล	ผู้ป่วย		
ผู้ทดสอบ 1	ผู้ทดสอบ 2	7 นาที 50 วินาที	6 นาที 40 วินาที
	ผู้ทดสอบ 3	8 นาที 20 วินาที	7 นาที 2 วินาที
ผู้ทดสอบ 2	ผู้ทดสอบ 1	8 นาที 2 วินาที	6 นาที 40 วินาที
	ผู้ทดสอบ 3	8 นาที 30 วินาที	7 นาที 15 วินาที
ผู้ทดสอบ 3	ผู้ทดสอบ 1	7 นาที 58 วินาที	7 นาที 14 วินาที
	ผู้ทดสอบ 2	8 นาที 32 วินาที	7 นาที 3 วินาที
เวลาเฉลี่ย		8 นาที 12 วินาที	6 นาที 58 วินาที

4.4.6 อภิปรายผลการทดสอบ

จากการทดสอบ พบว่าเก้าอี้สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่ได้ออกแบบมาสามารถใช้งานได้ตามฟังก์ชันที่ต้องการ คือใช้งานกับผู้ดูแลเพียงคนเดียว นำผู้ป่วยลงจากเตียงแล้วเคลื่อนย้ายไปนั่งบนรถเข็น

จากการเปรียบเทียบการใช้งานเก้าอี้สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 พบว่าเก้าอี้สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 สามารถใช้งานได้ง่ายกว่า และมีเวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากท่านอนบนเตียงไปนั่งยังเก้าอี้เข็น 8 นาที 12 วินาที น้อยกว่าของ Limo PTS รุ่นที่ 1 ถึง 39% แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ Limo PTS รุ่นที่ 2 ที่ถูกปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่าการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเก้าอี้เข็นกลับไปนอนบนเตียงทั้ง 2 รุ่นใช้เวลาต่างกันเพียงเล็กน้อย (3%) ทั้งนี้เนื่องจากผู้ป่วยนั่งอยู่บนเบาะรองนั่งของรถเข็นอยู่แล้ว ไม่ต้องใช้เวลาในการจัดท่าให้ผู้ป่วยนั่งอยู่บนเบาะรองนั่งอีก ต่างจากการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากเตียงไปนั่งบนเก้าอี้เข็นซึ่งการจัดผู้ป่วยให้อยู่ในท่านั่งบนเบาะรองนั่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลา

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผล

ระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 เป็นการปรับปรุงต้นแบบคือ อุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงบอร์ดรองนั่ง ชุดกลไก และโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 1 ให้ใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยสรุปการดำเนินงานแต่ละส่วนได้ดังนี้

1. กระบวนการออกแบบ สร้าง และทดสอบบอร์ดพิงหลัง Limo PTS รุ่นที่ 2 เริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานของบอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 พบว่ามีปัญหาเรื่องน้ำหนักมาก (5.6 กิโลกรัม) และวัสดุของบอร์ดรองนั่งเป็นไม้อัด ทำให้ดูแลรักษายาก จึงทำการออกแบบบอร์ดรองนั่งใหม่ โดยใช้ชื่อใหม่ว่า บอร์ดพิงหลัง ทำจากท่อเหล็ก ดัดเป็นโครงสี่เหลี่ยม มีน้ำหนัก 3.6 กิโลกรัม ซึ่งน้อยกว่าบอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 เท่ากับ 2 กิโลกรัม สามารถพับเก็บได้ ทำการหุ้มบอร์ดด้วยผ้าใบที่พนักพิงหลัง มีเบาะรองนั่งที่ใช้งานร่วมกับบอร์ดพิงหลัง โดยใต้เบาะรองนั่งมีสายรั้งที่ติดด้วยเทปหนามเตย 2 เส้น ใช้ติดด้านหลังบอร์ดรองนั่ง เพื่อไม่ให้บอร์ดเลื่อนไปตามแรงพิงของผู้ป่วย

จากผลการทดสอบบอร์ดพิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2 พบว่าสามารถใช้งานได้ตามฟังก์ชันที่กำหนด ใช้งานได้ด้วยผู้ดูแลเพียงคนเดียว และบอร์ดไม่เลื่อนไปตามแรงพิงของผู้ป่วยเนื่องจากมีสายรั้งจากเบาะรองนั่ง รั้งบอร์ดพิงหลังเอาไว้ และการใช้งานของบอร์ดพิงหลังของ Limo PTS รุ่นที่ 2 ใช้งานง่ายกว่าบอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 เนื่องจากไม่มีแผ่นรองนั่งที่ต้องสอดเข้าใต้บั้นท้ายของผู้ป่วย และมีน้ำหนักเบา นอกจากนี้ยังมีการปรับเปลี่ยนวิธีการวางเบาะรองนั่งให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2. กระบวนการออกแบบ สร้าง และทดสอบชุดกลไก Limo PTS รุ่นที่ 2 เริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานของชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 1 พบว่ามีปัญหาเรื่องอัตราทดของเฟืองตัวหนอน ขนาดกล่องกลไกใหญ่เกินจำเป็น เพลายกน้ำหนักที่ทำจากอลูมิเนียมมีการเสียรูป มือหมุนชุดกลไกมีขนาดเล็ก การล็อคสายรับน้ำหนักและการติดตั้งกับคานโครงสร้างไม่เหมาะสม จึงทำการสร้างชุดกลไกใหม่ โดยการเปลี่ยนอัตราทดเฟืองตัวหนอน กล่องกลไกมีเล็กขนาดกะทัดรัดขึ้น เปลี่ยนวัสดุของเพลายกน้ำหนักเป็นแสตนเลส มีชุดมือหมุนที่สามารถพับเก็บได้ มีชุดล็อคสายรับน้ำหนักและนำกล่องกลไกไปเชื่อมติดกับคานโครงสร้าง เพื่อให้ชุดกลไกติดตั้งได้อย่างมั่นคง

จากการทดลองการเปลี่ยนอัตราทดเฟืองจากเดิม 1:30 (1 ปาก) เป็น 1:15 (2 ปาก) และ 1:10 (3 ปาก) พบว่าชุดเฟืองหนอนที่มีอัตราทด 1:15 และ 1:10 มีปัญหาด้านการล็อคตัวเองของชุดเฟืองหนอน (Self-locking) จึงเลือกใช้ชุดเฟืองหนอนอัตราทด 1:30 (1 ปาก) โมดูล 1.25

จากการทดสอบรับน้ำหนักของชุดกลไกยกผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 พบว่าสามารถยกน้ำหนักเป็นตามขอบเขตที่กำหนด ซึ่งการทดสอบการรับน้ำหนักแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ การรับน้ำหนักแบบหยุดนิ่งและการรับน้ำหนักแบบเคลื่อนที่ พบว่าสามารถรับน้ำหนักได้ตามที่กำหนดคือ 60 กิโลกรัม และ 90 กิโลกรัมตามลำดับ และใช้งานง่ายกว่าชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 1 เนื่องจากมือหมุนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีชุดล็อคสายรับน้ำหนัก ทำให้สายรับน้ำหนักไม่หลุดออกจากตำแหน่งการล็อค และในจำนวนการหมุน 30 รอบเท่ากัน ชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 2 สามารถยกเบาะรองนั่งได้สูง 10 และ 12 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งชุดกลไกของ Limo PTS รุ่นที่ 2 ยกสายรับน้ำหนักได้สูงกว่าในจำนวนรอบการหมุนที่เท่ากัน เนื่องจากได้ทำการออกแบบชุดล็อคสายรับหนักให้ได้ระยะในการพันเก็บสายรับน้ำหนักได้ยาวขึ้นต่อการหมุน 1 รอบ

3. กระบวนการออกแบบ สร้าง และทดสอบโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 2 เริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานของเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 พบว่ามีปัญหาเรื่อง ความยาวของเดือยคานโครงสร้างและที่พิงหลังมากเกินจำเป็น การกระทบกับพื้นหรือรถยนต์ของตัวโครงสร้าง สลักยึดไม่มีที่จัดเก็บ ล้อมีเสียงดังขณะเคลื่อนที่ และไม่สามารถล็อคได้สนิท จึงทำการปรับปรุงเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย โดยคงขนาดและรูปร่างเดิมของ Limo PTS รุ่นที่ 1 แต่ทำการลดความยาวเดือยของคานโครงสร้างและที่พิงหลัง ใช้แผ่นโฟมยางหุ้มตัวโครงสร้างในบริเวณที่กระทบกับรถยนต์หรือพื้น ใช้สลักยึดแบบ Ball lock pin ซึ่งสามารถจัดเก็บในรูยึดสลักได้

จากการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2 พบว่าการทดสอบแบบหยุดนิ่งและการทดสอบแบบเคลื่อนที่สามารถรับน้ำหนักได้ 120 กิโลกรัม และสามารถใช้งานได้ตามฟังก์ชันที่กำหนดไว้ในขอบเขต อีกทั้งมีความสะดวกในการถอดประกอบ โดยมีเวลาเฉลี่ยในการถอด - ประกอบ น้อยกว่าเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 1 เท่ากับ 44% และ 37% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 2 มีน้ำหนักรวม 28 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 ไป 6 กิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนวัสดุในการสร้างชุดกลไกจากอลูมิเนียม เป็นแสตนเลส เพื่อเพิ่มความแข็งแรงคงทนให้กับเก้าอี้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2

4. จากการวิเคราะห์การทำงานของระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 2 พบว่าเก้าอี้สำหรับเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่ได้ออกแบบมาสามารถใช้งานได้ตามฟังก์ชันที่ต้องการ คือใช้งานกับผู้ดูแลเพียงคนเดียว นำผู้ป่วยลงจากเตียงแล้วเคลื่อนย้ายไปนั่งบนรถเข็น มีเวลาเฉลี่ยในการใช้งานเพื่อเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากท่านอนบนเตียงไปนั่งบนเก้าอี้เข็นน้อยกว่ารุ่นที่ 1 คิดเป็น 39% เนื่องจากมีการปรับปรุงบอร์ดพิงหลัง ชุดกลไก และตัวโครงสร้าง ให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. อาจมีการปรับให้มือจับของชุดมือหมุน สามารถปรับความยาวได้ตามความถนัดของผู้ใช้งาน
2. อาจมีการเจาะเพลาสแตนเลสบริเวณที่ใช้เซ็ตสกรูยึดชุดเฟืองตัวหนอนให้เป็นรู เพื่อให้เซ็ตสกรูสามารถยึดเฟืองตัวหนอนกับเพลาได้ดียิ่งขึ้น
3. อาจมีการปรับการขยายคานโครงสร้างฐานซ้าย และขวา ให้ใส่ได้ตรงรูยึดสลักง่ายขึ้น
4. อาจเปลี่ยนไปใช้ระบบส่งกำลังแบบอื่น เช่น ระบบไฮดรอลิกส์ หรือ มอเตอร์ไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

[1] รายงานการสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทยในปี 2557 [อินเตอร์เน็ต]. สำนักงานสถิติแห่งชาติ c2557 [สืบค้นเมื่อวันที่ 24 ต.ค. 2561]. จาก: http://service.nso.go.th

[2] คมแฝก อุปธิ ดำรง พงพิทักษ์ และนพดล นิพัทธ์สกุล. เก้าอี้สำหรับใช้เคลื่อนย้ายผู้ป่วย [ปริญญานิพนธ์]. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2560.

[3] กรรมวิธีการผลิตเฟืองตัวหนอน [อินเทอร์เน็ต]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; [สืบค้นเมื่อวันที่ 31 ต.ค. 2561]. จาก: https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/neuxha-sara/bth-thi-7-kar-phlit-feuxng

[4] Worm gear [อินเทอร์เน็ต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; [สืบค้นเมื่อวันที่ 8 เม.ย. 2562] จาก: https://khkgears.net/new/worm_gear.html

[5] Ball bearing units (Y-bearing units) [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 31 ต.ค. 2561]. จาก: http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/index.html

[6] careandliving. คุณสมบัติของลูกล้อแต่ชนิด [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 31 ต.ค. 2561]. จาก: http://www.careandliving.com/

[7] คมแฝก อุปธิ ดำรง พงพิทักษ์ และนพดล นิพัทธ์สกุล. วิดีโอแสดงการใช้งานระบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย Limo PTS รุ่นที่ 1 [วิดีทัศน์]. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2560.

ภาคผนวก ก

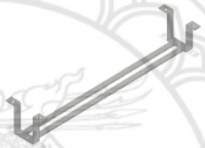
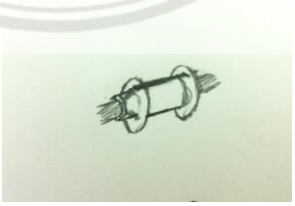
ตารางที่ ก.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1

ปัญหา (Problems)	วิธีแก้ปัญหา (Solutions)	วิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา	วิธีที่เลือก
1. บอร์ดรองนั่ง			
1.1 บอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 ทำจากไม้อัดซึ่งไม่เหมาะกับผู้ป่วย	1. นำเหล็กท่อกลมดัดให้มีลักษณะดังรูป และใช้ผ้าขึง	ตอนผู้ป่วยพิงอาจทำให้บอร์ดเลื่อนไปข้างหลังได้เนื่องจากแรงพิง	
	2. นำเหล็กท่อหลมมาดัดให้มีลักษณะโครงสี่เหลี่ยมดังรูป และใช้ผ้าใบขึง โดยมีขาของบอร์ดยึดอยู่ด้านข้างของตัวโครงสี่เหลียม เมื่อพับขาเก้าอี้จะอยู่ในแนวเดียวกับบอร์ด	มีความแข็งแรงที่น้อย และตอนผู้ป่วยพิงอาจทำให้บอร์ดเลื่อนไปข้างหลังได้เนื่องจากแรงพิง	

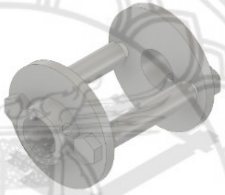
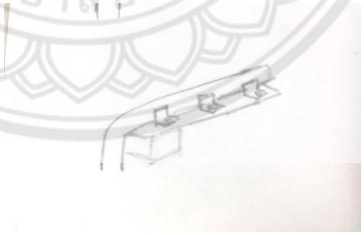
ตารางที่ ก.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 (ต่อ)

ปัญหา (Problems)	วิธีแก้ปัญหา (Solutions)	วิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา	วิธีที่เลือก
1.1 บอร์ดรองนั่งของ Limo PTS รุ่นที่ 1 ทำจากไม้อัดซึ่งไม่เหมาะกับผู้ป่วย	3. นำเหล็กท่อกลมมาดัดให้มีลักษณะโครงสี่เหลี่ยมดังรูป และใช้ผ้าใบขึง โดยมีขาของบอร์ดยึดอยู่ด้านหลัง เมื่อพับขาเก้าอี้จะซ้อนอยู่ข้างหลังของบอร์ด	- มีความแข็งแรง - น้ำหนักเบา - ใช้งานได้ง่าย	✓
	4. นำเหล็กท่อกลมมาดัดให้มีลักษณะดังรูป ใช้ผ้าขึง และนำแผ่นรองนั่งของบอร์ดมาใส่เพิ่มตรงข้อพับของเก้าอี้	- มีน้ำหนักมาก - มีขนาดใหญ่ - ความหนาของแผ่นรองนั่งของบอร์ดทำให้ใช้งานยากขึ้น	

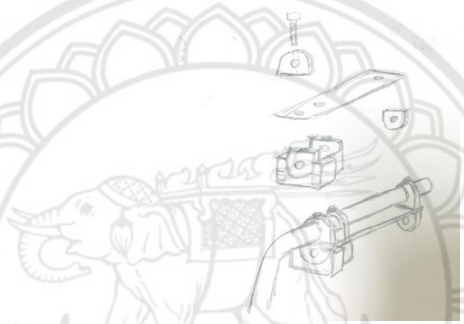
ตารางที่ ก.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 (ต่อ)

ปัญหา (Problems)	วิธีแก้ปัญหา (Solutions)	วิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา	วิธีที่เลือก
2. ชุดกลไก			
2.1 ชุดกลไกบริเวณช่องทางออกของสายรับน้ำหนักใหญ่มากเกินจำเป็นเนื่องจาก Limo PTS รุ่นที่ 1 ทำช่องทางออกของสายไว้ใหญ่เพื่อให้ตัวล็อคสายรับน้ำหนักลอดเข้าได้	1. ออกแบบฝาครอบชุดกลไกใหม่ให้กะทัดรัด และสวยงามขึ้น 	- ขนาดเล็กกะทัดรัด - น้ำหนักเบาลง	✓
2.2 สายรับน้ำหนักถูกยึดโดยแท่งเหล็กวางทับแล้วยึดแท่งเหล็กไว้ด้วยเข็มขัดรัดท่อทั้ง 2 ข้างซึ่งเข็มขัดรัดท่อมาความหนาน้อย เมื่อใช้งานไปนานๆ สายรับน้ำหนักจะพันทบกันสูงขึ้นจนสูงกว่าความหนาของเข็มขัดรัดท่อ ทำให้สายรับน้ำหนักอาจหลุดออกจากช่องล็อคสายรับน้ำหนักได้	1. ออกแบบที่ยึดสายรับน้ำหนักใหม่ โดยประกอบด้วยชิ้นส่วน 4 ชิ้น ได้แก่แผ่นยึดชิ้นซ้าย แผ่นยึดชิ้นขวา เหล็กสอด และปลอกเพลา โดยจะสวมสายรับน้ำหนักบนปลอกเพลาตรงกลางและจะมีเหล็กสอดรูอยู่ระหว่างชิ้นซ้ายและขวาเพื่อหนีบสายรับน้ำหนักตรงกลาง 	- มีน้ำหนักที่มาก - ราคาสูง	

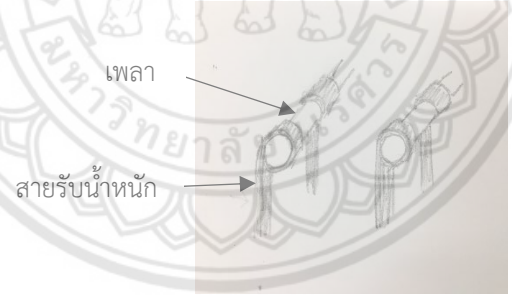
ตารางที่ ก.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 (ต่อ)

ปัญหา (Problems)	วิธีแก้ปัญหา (Solutions)	วิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา	วิธีที่เลือก
2.2 สายรับน้ำหนักถูกยึดโดยแท่งเหล็กวางทับแล้วยึดแท่งเหล็กไว้ด้วยเข็มขัดรัดท่อทั้ง 2 ข้างซึ่งเข็มขัดรัดท่อมาความหนาน้อย เมื่อใช้งานไปนานๆ สายรับน้ำหนักจะพันทบกันสูงขึ้นจนสูงกว่าความหนาของเข็มขัดรัดท่อ ทำให้สายรับน้ำหนักอาจหลุดออกจากช่องล็อคสายรับน้ำหนักได้ (ต่อ) 	2. สร้างแผ่นกั้นด้านซ้ายและขวา แล้วใช้ น็อตยึดตรงกลางระหว่างทั้งสองชิ้น โดยสายรับน้ำหนักจะม้วนอยู่ด้านนอกของน็อต 	มีน้ำหนักรวมน้อยกว่าวิธีแก้ปัญหาข้อที่ 1	✓
2.3 เนื่องจากการยึดกันระหว่างชุดกลไกกับคานโครงสร้างที่เป็นท่อกลมยึดติดกันโดยใช้น็อตตัวยูยึด ทำให้ชุดกลไกสามารถขยับหมุนรอบตัวโครงสร้างซ้าย-ขวาได้ 	1. ทำการเชื่อมแผ่นเหล็กฉากติดข้างละสามแผ่นทั้งสองข้าง และยึดชุดกลไกด้วยน็อต 	อาจรับแรงไม่ไหว	

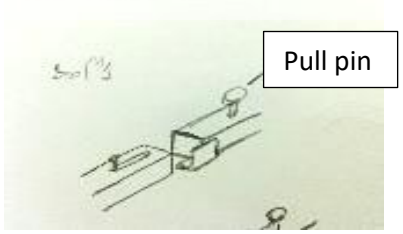
ตารางที่ ก.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 (ต่อ)

ปัญหา (Problems)	วิธีแก้ปัญหา (Solutions)	วิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา	วิธีที่เลือก
2.3 เนื่องจากการยึดกันระหว่างชุดกลไกกับคานโครงสร้างที่เป็นท่อกลมยึดติดกันโดยใช้น็อตตัวยูยึด ทำให้ชุดกลไกสามารถขยับหมุนรอบตัวโครงสร้างซ้าย-ขวาได้ (ต่อ) 	2. ทำการสร้างปลอกของตลับลูกปืนใหม่ให้มีลักษณะดังรูปและมีรูเจาะเพื่อยึดตลับลูกปืนทั้ง 3 ตัว กับแขนโครงสร้าง 	มีจำนวนชิ้นส่วนที่มากและทำการผลิตยาก	
	3. ทำการเดินรอยเชื่อมเป็นแนวยาวระหว่างชุดกลไกกับแขนของโครงสร้างซ้าย-ขวา 	- มีจำนวนชิ้นส่วนที่ใช้น้อย - ต้นทุนที่ใช้ต่ำ	✓

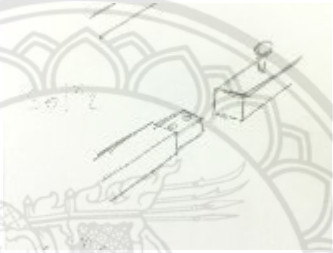
ตารางที่ ก.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 (ต่อ)

ปัญหา (Problems)	วิธีแก้ปัญหา (Solutions)	วิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา	วิธีที่เลือก
2.4 เฟืองตัวหนอนมีอัตราทด 1:30 ซึ่งต้องหมุนตัวหนอนรอบ เพื่อให้สายรับน้ำหนักเลื่อนขึ้น เซนติเมตร	1. เปลี่ยนอัตราทดของเฟือง	อาจสามารถลดจำนวนรอบในการหมุนยกผู้ป่วยได้ แต่ต้องทำการทดสอบ Self - locking	✓
2.5 เฟืองตัวหนอนของชุดกลไกเป็นเฟืองเกลียวขวาทั้งสองข้าง ทำให้ขณะหมุนชุดกลไก ผู้ดูแลต้องหมุนชุดกลไกด้านซ้าย และด้านขวาสลับด้านกัน	1. ทำเฟืองหนอนขึ้นมาอีกหนึ่งชุด โดยเป็นเฟืองเกลียวซ้าย	มีค่าใช้จ่ายที่สูง	
	2. ทำการติดตั้งสายรับน้ำหนักที่ติดอยู่กับเพลาให้หันไปด้านเดียวกัน เพื่อที่จะหมุนขึ้นลงได้พร้อมกัน 	สามารถทำได้ง่าย	✓

ตารางที่ ก.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 (ต่อ)

ปัญหา (Problems)	วิธีแก้ปัญหา (Solutions)	วิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา	วิธีที่เลือก
2.6 มือหมุนมีขนาดเล็ก ใช้งานไม่สะดวก	ทำการสร้างมือจับหมุน โดยใช้สลักยึดตัวมือจับไว้ เพื่อเลื่อนขึ้นลง แล้วส่วนท้ายใช้เป็นสกรูเพื่อยึดกับก้านมือหมุน	มีขนาดพอดีมือ สะดวกต่อการใช้งาน และสามารถพับเก็บได้	✓
2.7 เพลาของชุดกลไกเกิดการ สึกหรอบริเวณจุดยึดสกรูตัวหนอนของเฟือง เนื่องจากเพลาของชุดกลไกทำจากอลูมิเนียม	เปลี่ยนไปใช้เพลาสแตนเลส	มีความแข็งแรงมากกว่า แต่มีน้ำหนักมากกว่า และราคาสูงกว่า	✓
3. โครงสร้าง			
3.1 คานโครงสร้างใช้เดือยในการประกอบเข้าด้วยกัน แต่เดือยมีความยาวมาก ทำให้คานโครงสร้างฐานถอดประกอบยาก	1. ตัดลดขนาดเดือยลงประมาณ 6-8 ซม. เปลี่ยนวิธีล็อคจากใช้มือหมุนดอกไม้เป็นแบบใช้กลอนล็อค แล้วใช้ Pull-pin ยึดแทนมือหมุนดอกไม้ 	ผลิตยาก และการเปลี่ยนมือหมุนดอกไม้เป็น Pull pin อาจจะทำให้รับแรงได้ไม่ดีเท่ามือหมุนดอกไม้	

ตารางที่ ก.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้งาน Limo PTS รุ่นที่ 1 (ต่อ)

ปัญหา (Problems)	วิธีแก้ปัญหา (Solutions)	วิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา	วิธีที่เลือก
3.1 คานโครงสร้างใช้เดือยในการประกอบเข้าด้วยกัน แต่เดือยมีความยาวมาก ทำให้คานโครงสร้างฐานถอดประกอบยาก (ต่อ)	2. ตัดลดขนาดของเดือยลงประมาณ 6-8 ซม. และใช้มือหมุนดอกไม้เหมือนเดิม 	เป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย	✓
3.2 ที่พิงหลังใช้เดือยในการประกอบกับตัวโครงสร้าง แต่เดือยมีความยาวมาก ทำให้ที่พิงหลังถอดประกอบยาก	ลดขนาดของเดือยลง 1 เซนติเมตร	เป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย	✓
3.3 ในการถอดประกอบ หรือการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปยังรถยนต์ อาจมีส่วนโครงสร้างของ Limo PTS รุ่นที่ 1 กระทบกับพื้น หรือรถยนต์ได้	หุ้มยางกันกระแทกในส่วนที่กระทบพื้นหรือรถยนต์	ต้นทุนที่ใช้ต่ำ	✓

ตารางที่ ก.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้งานของ Limo PTS รุ่นที่ 1 (ต่อ)

ปัญหา (Problems)	วิธีแก้ปัญหา (Solutions)	วิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา	วิธีที่เลือก
3.4 สลักสำหรับยึดจุดต่างๆ ของโครงสร้างไม่มีที่ล็อคและจัดเก็บสลัก ซึ่งอาจทำให้สลักหล่นหายในตอนที่ถอดประกอบ Limo PTS รุ่นที่ 1 และเกิดปัญหาขณะเข็น Limo PTS รุ่นที่ 1 ในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย มือของผู้ดูแลอาจจะไปโดนด้านใต้ของสลัก ทำให้สลักอาจหลุดออกจากรูสลักได้	1. ใช้ Pull-pin ติดตรงรูสลักยึด เมื่อไม่ต้องการใช้งานสามารถดึงสลักขึ้นแล้วล็อคตัวเองค้างไว้ที่ตำแหน่งเดิมได้	มีราคาสูง	
	2. ใช้ Ball-pin ที่มีบอลล็อคอยู่ล่างของพิน ทำให้สามารถเก็บสลักยึดไว้ในรูยึดโดยไม่ทำให้หล่นหายได้	- สะดวกต่อการใช้งาน - สามารถล็อคได้ดี	✓

ตารางที่ ก.1 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้งานของ Limo PTS รุ่นที่ 1 (ต่อ)

ปัญหา (Problems)	วิธีแก้ปัญหา (Solutions)	วิเคราะห์วิธีแก้ปัญหา	วิธีที่เลือก
3.5. ปัญหาของล้อ			
3.5.1 ล้อเดิมมีเสียงดังรบกวนขณะเคลื่อนที่ไปยังที่ต่างๆ เนื่องจากเป็นล้อพลาสติก 3.5.2 การล็อคล้อยังล็อคได้ไม่สนิท เพราะตัวล็อคยังไม่ได้มาตรฐาน 3.5.3 บังคับเก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 1 ได้ยากเพราะล้อหลังทั้งสองข้างเป็นล้อแบบแป้นตาย	1. เปลี่ยนเป็นล้อโพลียูรีเทน 3" (ล้อเป็นแบบเบรคได้ 2 ล้อ และล้อเป็นปกติ 2 ล้อ)	- ไม่มีเสียงดังขณะใช้งาน - มีขนาดแป้นตรงกับขนาดแป้นเดิม	✓
	2. เปลี่ยนเป็นล้อยางเทา 3" (ล้อเป็นแบบเบรคได้ 2 ล้อ และล้อเป็นปกติ 2 ล้อ)	หาซื้อล้อยางเทาที่มีขนาดแป้นตรงกับอันเดิมไม่ได้	
	3. เปลี่ยนเฉพาะล้อไนลอนเป็นล้อยางโดยใช้แป้นล้ออันเดิม	ไม่สามารถหาล้อยางทีมีขนาดเข้ากับแป้นล้อเดิมได้	
4. เก้าอี้เข็น Limo PTS รุ่นที่ 1 ไม่สามารสวมเข้ากับเก้าอี้เข็นได้เสมอกัน เนื่องจากติดคานของที่พักเท้าของเก้าอี้เข็นทำให้ผู้ป่วยนั่งได้ไม่เต็มเบาะ	ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ เนื่องจากไม่ได้อยู่ในขอบเขตของโครงงาน		