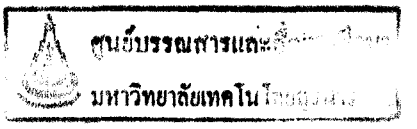
รหัสโครงการ SUT7-717-48-24-73

รายงานการวิจัย



การศึกษาความสามารถในการออกแรงสถิตย์ เพื่อใช้ในการออกแบบยานยนต์

Study of Static Strength Capabilities for Vehicles Design

ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรศิริ จงกล

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2548-2549

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มกราคม 2551

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ถูกทดสอบทุกท่านที่เสียสละเวลาหลายชั่วโมงมาร่วมการทดลอง ขอขอบคุณ นายนพฉัตร วิริยะนุกูล นายพูลศักดิ์ ปราณี และนายสมิทธิ์ จุมพลพงษ์ ที่ได้ช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณพันธุ์ทิพย์ ถาวรสวัสดิ์ คุณปราณี กฐินใหม่ และ คุณจำนงค์ ผายสระน้อย ที่ได้ช่วยเหลือในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.กิตติ อินทรานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวี เลิศปัญญาวิทย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ เสริมสุธีนุวัฒน์ และ Professor Dr.Biman Das ที่ได้ให้ข้อคิดและสนับสนุนการทำงานวิจัยทางด้าน Ergonomics ตลอดมา ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.วีระชัย มโนพิเชฐวัฒนา ที่ได้สนับสนุนการทำงานวิจัยและจัดหาซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ทางด้าน Ergonomics มาไว้ใช้ในการเรียนการสอนและงานวิจัย ขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้อำนวยความสะดวกในการทดลอง และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ทุนในการสนับสนุนงานวิจัยนี้

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณไสวและคุณสมหมาย จงกล ที่ได้ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการติดต่อผู้ถูกทดสอบจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พรศิริ จงกล

Call No. .....
วัน เดือน ปี .....
เลขทะเบียน B5004050

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ 1) เพื่อสร้างฐานข้อมูลค่าความสามารถในการออกแรงสถิตย์ของคนไทยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบยานยนต์ และ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความสามารถในการออกแรงสถิตย์ ผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 60 คน เป็นเพศชาย 30 คน และเพศหญิง 30 คน คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบวัดโดยแอนโทรโปมิเตอร์ ส่วนค่าความสามารถในการออกแรงสถิตย์วัดโดยเครื่องวัดแรงแบบสถิตย์ ความสามารถในการออกแรงสถิตย์จำนวน 9 รายการมีดังนี้คือ 1) ความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัย 2) ความสามารถในการออกแรงดึงคันโยก เมื่อใช้มือซ้าย 3) ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้ว 4) ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้ว 5) ความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวา 6) ความสามารถในการออกแรงบิด โดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ 7) ความสามารถในการออกแรงบิดไปด้านข้าง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง 8) ความสามารถในการออกแรงบิด และ 9) ความสามารถในการออกแรงเหยียบ จากนั้นจึงคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายทุกรายการและความสามารถในการออกแรงสถิตย์

ผลการทดลองพบว่า ในกรณีออกแรงด้วยสองมือ ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัยของผู้ถูกทดสอบชายอยู่ในช่วง 21.79-22.49 นิวตันเมตรและของผู้ถูกทดสอบหญิงอยู่ในช่วง 14.50-14.55 นิวตันเมตร ค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงบิดของผู้ถูกทดสอบชายอยู่ในช่วง 2.37-2.86 นิวตันเมตร และของผู้ถูกทดสอบหญิงอยู่ในช่วง 1.77-2.20 นิวตันเมตร ค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงเหยียบของผู้ถูกทดสอบชายอยู่ในช่วง 131.55-132.94 นิวตัน และของผู้ถูกทดสอบหญิงอยู่ในช่วง 108.01-108.99 นิวตันจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า เพศและผู้ถูกทดสอบมีผลต่อความสามารถในการออกแรงทั้ง 9 รายการอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

Abstract

The objectives of this study were 1) to create database of static strengths of Thai samples related to vehicle design, and 2) to investigate factors affecting strength exertions. The subjects participated in this study were 30 males and 30 females. The anthropometer, the scale, the grip strength measurement equipment, and the pinch strength measurement equipment were used to measure physical characteristics of the subjects. The static strength measurement equipment was used to measure strengths. The strength capabilities in this research were 1) turning wheel strength, 2) pull-up strength, 3) two-finger grip strength, 4) four-finger grip strength, 5) wrist-twisting strength, 6) precision grip strength, 7) lateral pinch strength, 8) opening strength, and 9) foot-pressing strength. The analysis of variance was performed to determine the significant factors.

The results showed that, for both hands exertion, the average wheel turning strengths for males and females were 21.79-22.49 and 14.50-14.55 Newton-metres, Nm, respectively. The average opening strengths for males and females were 2.37-2.86 and 1.77-2.20 Nm, respectively. The average foot-pressing strengths for males and females were 131.55-132.94 and 108.01-108.99 N, respectively. The factors affecting strengths were gender and subject.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 แบบการวิจัย.....	4
2.3 ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล และการกำหนดพื้นที่ประชากรตัวอย่าง....	4
2.4 ขั้นตอนและระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....	5
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	6
3.1 การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ.....	6
3.2 การศึกษาความสามารถในการออกสถิตย์	8
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	12
4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ.....	12
4.2 ความสามารถในการออกสถิตย์	13
4.3 อภิปรายผล	22
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	23
5.1 สรุป.....	23
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	24
บรรณานุกรม.....	25
ภาคผนวก.....	26
ภาคผนวก ก.....	26
ประวัติผู้วิจัย.....	33

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 1 บทนำ..... 1

บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง..... 3

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 6

ตาราง 3.1 คุณลักษณะทางกายภาพจำนวน 41 รายการ..... 6

บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 12

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะทางกายภาพ
ของผู้ถูกทดสอบ 12

ตาราง 4.2 ความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัย..... 14

ตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถ
ในการออกแรงหมุนพวงมาลัย..... 14

ตาราง 4.4 ความสามารถในการออกแรงดึงคันโยกเมื่อใช้มือซ้าย..... 15

ตาราง 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถ
ในการออกแรงดึงคันโยกเมื่อใช้มือซ้าย..... 15

ตาราง 4.6 ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้ว 16

ตาราง 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถ
ในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้ว..... 16

ตาราง 4.8 ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้ว 17

ตาราง 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถ
ในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้ว..... 17

ตาราง 4.10 ความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวา 17

ตาราง 4.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถ
ในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวา..... 18

ตาราง 4.12 ความสามารถในการออกแรงบิดโดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ 18

ตาราง 4.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถ
ในการออกแรงบิดโดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้..... 19

ตาราง 4.14 ความสามารถในการออกแรงบิดไปด้านข้าง
โดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง 19

ตาราง 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถ
ในการออกแรงบิดไปด้านข้างโดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง 20

ตาราง 4.16 ความสามารถในการออกแรงบิด 21
ตาราง 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถ
ในการออกแรงบิด..... 21
ตาราง 4.18 ความสามารถในการออกแรงเหยียบ 22
ตาราง 4.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถ
ในการออกแรงเหยียบ..... 22

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การออกแบบยานยนต์เป็นงานที่ละเอียดและมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง องค์ประกอบของยานยนต์ที่มีคุณภาพดีนั้นมิได้พิจารณาเฉพาะเครื่องยนต์ที่มีสมรรถนะดีเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังต้องพิจารณาถึงคุณภาพของชิ้นส่วนอื่นๆอีกด้วย ซึ่งคุณภาพของชิ้นส่วนนี้มักจะรวมถึงประโยชน์การใช้งานและรูปลักษณ์ของชิ้นส่วนนั้นๆ และผลที่มีต่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่และผู้โดยสาร ยกตัวอย่าง เช่น เมื่อผู้ขับรถยนต์และผู้โดยสารต้องการออกจากรถก็จะต้องใช้มือดึงที่เปิดประตูด้านในเพื่อให้เปิดประตูออกได้ การดึงดังกล่าวนี้ใช้แรงเพียงเล็กน้อย แม้แต่ผู้โดยสารที่เป็นเด็กก็สามารถทำได้โดยง่าย การออกแบบให้ผู้โดยสารใช้แรงเล็กน้อยในการเปิดประตูนั้นมีเหตุผลหลัก 2 ประการคือ เพื่อให้ผู้โดยสารสามารถออกจากยานพาหนะได้อย่างรวดเร็วในกรณีคับขัน และเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งทำให้เกิดข้อเสียตามมาคือ เป็นอันตรายต่อผู้โดยสาร โดยเฉพาะผู้โดยสารที่เป็นเด็ก ดังนั้นจึงต้องมีระบบป้องกันอันตรายเพื่อความปลอดภัยของผู้โดยสาร เช่น การใช้ระบบเซ็นทรัลล็อค เป็นต้น

ในยานพาหนะนั้นมีชิ้นส่วนอยู่หลายชิ้นที่ต้องออกแรงเมื่อใช้งาน เช่น ในขณะขี่จักรยานยนต์นั้น ผู้ขี่จะต้องใช้แรงจากข้อมือในการบิดคันเร่ง โดยให้ข้อมืออยู่ในลักษณะหักขึ้น (wrist extension) เมื่อจะใช้รถยนต์ ผู้ขับต้องใช้นิ้วมือออกแรงบิดที่กุญแจรถเพื่อติดเครื่องยนต์ ในขณะขับรถยนต์ ผู้ขับต้องใช้เท้าออกแรงเหยียบคันเร่งและคลัทช์ และใช้แรงจากมือและแขนหมุนพวงมาลัยรถ เมื่อต้องการหยุดรถก็ต้องใช้เท้าออกแรงเหยียบเบรกและใช้มือดึงเบรคมือ ดังนั้นการออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ควรจะพิจารณาขนาดของแรงที่จำเป็นต่อการใช้งานชิ้นส่วนยานยนต์ให้เหมาะสมกับความสามารถในการออกแรงของผู้ใช้งาน เมื่อผู้ผลิตต้องการผลิตยานยนต์ขายให้กับคนไทย ก็ต้องพิจารณาความสามารถในการออกแรงของคนไทย เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความสามารถในการออกแรงสถิตย์ที่วัดออกมาได้ เพื่อไว้ใช้ในการออกแบบตำแหน่งและรูปลักษณ์ของชิ้นส่วนยานยนต์อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างฐานข้อมูลค่าความสามารถในการออกแรงสถิตย์ของคนไทยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบยานยนต์

1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความสามารถในการออกแรงสถิตย์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การวัดสัดส่วนร่างกายในงานวิจัยนี้เป็นการวัดแบบสถิตย์(Structural Anthropometry)

1.3.2 การวัดความสามารถในการออกแรงในงานวิจัยนี้เป็นการวัดแบบสถิตย์และวัดเฉพาะในท่านั่งเท่านั้น

1.3.3 ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงของผู้ใหญ่ เนื่องผู้ที่ขอใบอนุญาตขับขี่ยานยนต์นั้นจะต้องมีอายุไม่ต่ำกว่า 18 ปี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1ได้ตัวอย่างฐานข้อมูลทางด้านความสามารถในการออกแรงสถิตย์ของคนไทยที่ผู้ผลิตยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์สามารถนำไปพิจารณาในการออกแบบได้

1.4.2 เป็นการเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัยให้แก่คนไทยซึ่งเป็นผู้ใช้ยานยนต์

1.4.3 ได้องค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการออกแรงสถิตย์นั้น นับว่าเป็นสิ่งสำคัญ ในทวีปอเมริกาเหนือ ยุโรป และบางประเทศในทวีปเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น และเกาหลี นั้นมีการสร้างฐานข้อมูลดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง เพื่อไว้ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆของยานยนต์เพื่อให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารเกิดความสะดวกและสบายในขณะใช้งานยานพาหนะ ฐานข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิตย์ของแต่ละประเทศมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากประชาชนของแต่ละประเทศมีความแตกต่างกันหลายด้าน เช่น เผ่าพันธุ์ ลักษณะทางกายภาพ อาหารและโภชนาการ รวมทั้งวิถีการดำรงชีวิต การสร้างฐานข้อมูลขึ้นมาจะทำให้ผู้ผลิตสามารถนำไปใช้ออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีคุณภาพดีและสร้างคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้

ในการออกแบบยานยนต์นั้นจำเป็นต้องทราบความสามารถในการออกแรงของผู้ใช้รถยนต์ ได้แก่ ความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัย ความสามารถในการออกแรงบิดข้อมือ (Peebles and Norris 2003) นอกจากนี้ ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความสามารถในการออกแรงมีอยู่หลายปัจจัย เช่น ระยะทางในการออกแรงความถี่ในการออกแรง ความสูงของจุดที่ออกแรง ระยะห่างระหว่างเท้าทั้งสองข้าง ลักษณะท่าทางในขณะออกแรง สัดส่วนร่างกายของผู้ออกแรง เป็นต้น (Chaffin and Anderson 1991; Hoozemans 1998; Jongkol 2001; Konz 1995; Lavender et al. 1998; MacKinnon 1998; Mital et al. 1993; Mital and Kumar 1998; National Institute for Occupational Safety and Health 1981; Sanook, S.H. 1978; Sanook et al. 1970; Waters 1993) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่างๆเพื่อนำมาใช้ เป็นหลักในการออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารเกิดความปลอดภัยสูงสุดได้

Peebles and Norris (2003) ได้ทำการวัดค่าความสามารถในการออกแรงของผู้ถูกทดสอบจำนวน150 คน โดยมีช่วงอายุ 2 ถึง 86 ปี ความสามารถในการออกแรงจำนวน 6 ประเภทมีดังนี้คือ 1) ความสามารถในการออกแรงดันของนิ้วมือ 2) ความสามารถในการออกแรงดึงของนิ้วมือ 3) ความสามารถในการออกแรงบีบมือ 4) ความสามารถในการออกแรงบิดของข้อมือ 5) ความสามารถในออกแรงบิดของนิ้วและข้อมือ และ 6) ความสามารถในการออกแรงดันและดึง ผลปรากฏว่าความสามารถในการออกแรงทุกประเภทเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 50 ปีจึงลดลง ผู้ถูกทดสอบกลุ่มผู้ใหญ่ (อายุ 16-50 ปี) สามารถออกแรงได้มากกว่ากลุ่มผู้สูงอายุ (51-90ปี) แต่ผู้ถูกทดสอบกลุ่มผู้สูงอายุสามารถออกแรงได้มากกว่ากลุ่มเด็ก (ไม่เกิน 5 ปี) นอกจากนี้ความสามารถในการออกแรงของกลุ่มผู้ใหญ่เพศหญิงมีค่าประมาณสองในสามของความสามารถในการออกแรงของ

กลุ่มผู้ใหญ่เพศชาย โดยอยู่ในช่วง 55-75%ของกลุ่มเพศชาย แต่ความสามารถในการออกแรงของกลุ่มเด็กหญิงและกลุ่มเด็กชายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

MacKinnon (1998) ได้ทำการออกแรงดึงในระนาบแซกกิทัล โดยมีผู้ถูกทดสอบจำนวน 8 คน ผู้ถูกทดสอบออกแรงดึงในท่ายืนอิสระ ท่ายืนตามกำหนดและท่านั่ง การวัดแรงในท่ายืนนั้นวัดตามตำแหน่งในแนวราบจำนวน 4 ตำแหน่ง (ที่ระยะ 0 200 400 และ 600 มิลลิเมตรเมื่อเทียบกับเส้นกลางลำตัว) และตำแหน่งในแนวดิ่งจำนวน 4 ตำแหน่ง (ที่ระยะ 1070 1470 1610 และ 2000 มิลลิเมตรเมื่อเทียบจากพื้น) ส่วนการวัดแรงในท่านั่งนั้นวัดที่ระยะ 220 620 760 และ 1150 มิลลิเมตรเมื่อเทียบจากตำแหน่งอ้างอิงบนที่นั่ง ผลปรากฏว่าค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุดเกิดขึ้นที่ความสูง 1070 มิลลิเมตรในท่ายืน และ 220 มิลลิเมตรในท่านั่ง ผลจากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า ในการออกแบบสถานีงานนั้นควรจัดวางวัตถุหนักอยู่ใกล้กับเส้นกลางของลำตัว และใกล้เคียงกับความสูงระดับข้อศอกเพื่อให้เกิดความได้เปรียบเชิงกลในการออกแรงดึงในแนวระนาบ

2.2 แบบการวิจัย (Research Design)

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยทดลอง ซึ่งประกอบด้วยการทดลองย่อย 2 ส่วน ดังนี้

2.2.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

2.2.2 ความสามารถในการออกแรงสถิตย์

2.3 ขั้นตอนและวิธีการในการเก็บข้อมูล การกำหนดพื้นที่ประชากรตัวอย่าง

ขั้นตอน

1. จัดเตรียมการทดลอง (Experimental Set-Up)
2. ทำการทดลองตัวอย่าง (Pilot Study)
3. รับสมัครผู้ถูกทดสอบ
4. ทำการทดลอง

วิธีการเก็บข้อมูล

1. การวัดคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ ทำได้โดยใช้แอนโทรโปมิเตอร์ (Anthropometer)
2. การวัดความสามารถในการออกแรงสถิตย์ทำได้โดยใช้เครื่องวัดแรงแบบสถิตย์ โดยให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงสูงสุด โดยผู้ถูกทดสอบจะได้พักอย่างน้อย 2 นาที ก่อนทำการออกแรงครั้งต่อไป

<u>การกำหนดพื้นที่ประชากรตัวอย่าง</u>

ผู้ถูกทดสอบเป็นผู้ที่พักอาศัยอยู่ในจังหวัดนครราชสีมา ทั้งนี้เพื่อความสะดวกของผู้ถูกทดสอบในการเดินทางมาร่วมทดสอบที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4 ขั้นตอนและระยะเวลาที่ทำการวิจัย และสถานที่ทำการทดลองและ / หรือเก็บข้อมูล

2 ปี (ตุลาคม 2547-กันยายน 2549)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้กล่าวถึงวิธีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการทดลองทั้งหมดดังนี้

3.1 การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องชั่งน้ำหนัก
2) เครื่องวัดสัดส่วนร่างกาย
3) เครื่องวัดแรงบีบมือ
4) เครื่องวัดแรงบีบนิ้วมือ

3.1.2 การเก็บข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

คุณลักษณะทางกายภาพประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก และ สัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ รวมทั้งสิ้น 43 รายการ การวัดคุณลักษณะทางกายภาพแบ่งเป็นการวัดตามวิธีการของ Konz (1995) ดังแสดงในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 คุณลักษณะทางกายภาพจำนวน 43 รายการ

ลำดับที่	รายการ (หน่วย)
1	อายุ (ปี)
2	น้ำหนัก (กก.)
3	ความสูง (ซม.)
4	ความสูงระดับไหล่(ยืน) (ซม.)
5	ความสูงระดับศอก (ยืน) (ซม.)
6	ความสูง(นั่ง) (ซม.)
7	ความสูงระดับไหล่(นั่ง) (ซม.)
8	ความสูงระดับศอก(นั่ง) (ซม.)
9	ความสูงจากพื้นถึงใต้ขาพับ (ซม.)
10	ความสูงจากพื้นถึงขาท่อนบน(หน้าตัก) (ซม.)
11	ความกว้างช่วงไหล่ (ซม.)
12	ความกว้างช่วงอก(วัดที่ต้นแขน) (ซม.)

13	ความกว้างช่วงอก(วัดที่ใต้รักแร้) (ซม.)
14	ความหนาของลำตัวช่วงอก (ซม.)
15	ความหนาของลำตัวช่วงท้อง (ซม.)
16	ระยะเหยียดของแขน(ไปด้านหน้า) (ซม.)
17	ระยะเหยียดของแขน(เอียงไหล่ขวา) (ซม.)
18	ระยะจากก้นถึงใต้ขาพับ (ซม.)
19	ระยะจากก้นถึงเข่า (ซม.)
20	ระยะจากข้อศอกถึงปลายนิ้ว (ซม.)
21	ระยะจากข้อศอกถึงกลางฝ่ามือขณะกำมือ (ซม.)
22	ความกว้างของสะโพก (ซม.)
23	ความหนาของลำตัวช่วงท้อง (ซม.)
24	ความยาวของเท้า (ซม.)
25	ความกว้างของเท้า (ซม.)
26	ความกว้างของมือ (ซม.)
27	ความยาวของมือ (ซม.)
28	ความหนาของมือ (ซม.)
29	ความยาวของฝ่ามือ (ซม.)
30	ระยะด้านในของกำมือ (ซม.)
31	ความหนาของขาท่อนบน (ซม.)
32	ความกว้างโคนขาขณะนั่ง (ซม.)
33	ระยะระหว่างคิ้วกับท้ายทอย (ซม.)
34	ความกว้างของศีรษะ (ซม.)
35	เส้นรอบศีรษะ (ซม.)
36	เส้นรอบคอ (ซม.)
37	เส้นรอบเอว (ซม.)
38	เส้นรอบสะโพก (ซม.)
39	เส้นรอบแขนท่อนบนขณะเหยียดตรง (ซม.)
40	เส้นรอบแขนท่อนบนขณะงอแขนเต็มที่ (ซม.)
41	เส้นรอบขาท่อนล่าง (น่อง) (ซม.)
42	แรงบีบนิ้วมือ (กก.)
43	แรงบีบมือ (กก.)

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพทั้ง 43 รายการของผู้ถูกทดสอบทุกคน

3.2 การศึกษาความสามารถในการออกแรงสถิตย์

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องมือวัดแรงสถิตย์

3.2.1 วิธีการวัดความสามารถในการออกแรงสถิตย์

งานวิจัยนี้ทำการวัดความสามารถในการออกแรงสถิตย์จำนวน 9 รายการ โดยแสดงภาพอยู่ในภาคผนวก ก. การวัดแรงทุกรายการเป็นการวัดซ้ำ 2 ครั้ง ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัย

การวัดความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัยทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่ง หลังผู้ถูกทดสอบพิงพนักเก้าอี้ และมีพวงมาลัยอยู่ด้านหน้า เมื่อผู้ถูกทดสอบใช้มือจับพวงมาลัยในระดับกึ่งกลางแล้วแขนท่อนบนทำมุม 135 องศากับแขนท่อนล่าง ส่วนแขนท่อนล่างอยู่ในแนวขนานกับพื้น (ในกรณีที่ใช้มือขวาเพียงข้างเดียวออกแรง แขนข้างซ้ายอยู่แนบลำตัว)

เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมและได้ยินสัญญาณให้เริ่มออกแรง ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงหมุนพวงมาลัยภายใน 2 วินาที และออกแรงสูงสุดค้างไว้ 3 วินาที จากนั้นจึงหยุด การวัดแรงดังกล่าวมีเงื่อนไขดังนี้

- มือที่ใช้หมุนพวงมาลัย คือ เมื่อใช้มือขวาและเมื่อใช้ทั้งสองมือ
- ทิศของการหมุนพวงมาลัย คือ เมื่อหมุนตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา

2. ความสามารถในการออกแรงดึงคันโยก เมื่อใช้มือซ้าย

การวัดความสามารถในการออกแรงดึงคันโยกทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่งหลังผู้ถูกทดสอบพิงพนักเก้าอี้ คันโยกวางอยู่ในแนวราบและห่างจากลำตัวด้านซ้ายมือของผู้ถูกทดสอบ 10 ซม. ส่วนแขนข้างขวาอยู่แนบลำตัว

เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมและได้ยินสัญญาณให้เริ่มออกแรง ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงดึงคันโยกภายใน 2 วินาที และออกแรงสูงสุดค้างไว้ 3 วินาที จากนั้นจึงหยุด การวัดแรงดังกล่าวมีเงื่อนไขดังนี้

- ทิศของการออกแรงดึงคันโยก คือ เมื่อออกแรงดึงคันโยกตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา

3. ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้ว

การวัดความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่งหลังผู้ถูกทดสอบพิงพนักเก้าอี้ และมีเครื่องวัดแรงบีบมือวางอยู่บนโต๊ะอยู่ด้านหน้า เมื่อผู้ถูกทดสอบใช้นิ้วมือ (ยกเว้นนิ้วหัวแม่มือ)เหนี่ยวที่จับของเครื่องวัดแรงแล้วแขนท่อนบนทำมุมฉากกับแขนท่อนล่าง ส่วนแขนท่อนล่างอยู่ในแนวขนานกับพื้น ส่วนแขนข้างที่ไม่ได้ออกแรงนั้นอยู่แนบลำตัว

เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมและได้ยินสัญญาณให้เริ่มออกแรง ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงเหนี่ยวที่จับของเครื่องวัดแรงภายใน 2 วินาที และออกแรงสูงสุดค้างไว้ 3 วินาที จากนั้นจึงหยุด การวัดแรงดังกล่าวมีเงื่อนไขดังนี้

- มือที่ใช้ออกแรง คือ เมื่อใช้มือขวาและเมื่อใช้มือซ้าย

4. ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้ว

การวัดความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่งหลังผู้ถูกทดสอบพิงพนักเก้าอี้ และมีเครื่องวัดแรงบีบมือวางอยู่บนโต๊ะอยู่ด้านหน้า เมื่อผู้ถูกทดสอบใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางเหนี่ยวที่จับของเครื่องวัดแรงแล้วแขนท่อนบนทำมุมฉากกับแขนท่อนล่าง ส่วนแขนท่อนล่างอยู่ในแนวขนานกับพื้น ส่วนแขนข้างที่ไม่ได้ออกแรงนั้นอยู่แนบลำตัว

เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมและได้ยินสัญญาณให้เริ่มออกแรง ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงเหนี่ยวที่จับของเครื่องวัดแรงภายใน 2 วินาที และออกแรงสูงสุดค้างไว้ 3 วินาที จากนั้นจึงหยุด การวัดแรงดังกล่าวมีเงื่อนไขดังนี้

- มือที่ใช้ออกแรง คือ เมื่อใช้มือขวาและเมื่อใช้มือซ้าย

5. ความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวา

การวัดความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่งหลังผู้ถูกทดสอบพิงพนักเก้าอี้ และมีด้ามจับอยู่ด้านหน้าอยู่ในแนวขนานกับพื้น เมื่อผู้ถูกทดสอบใช้มือจับด้ามจับแล้ว แขนท่อนล่างอยู่ในระดับเดียวกับด้ามจับ แขนท่อนบนทำมุมฉากกับแขนท่อนล่าง ส่วนแขนซ้ายอยู่แนบลำตัว

เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมและได้ยินสัญญาณให้เริ่มออกแรง ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงบิดด้ามจับภายใน 2 วินาที และออกแรงสูงสุดค้างไว้ 3 วินาที จากนั้นจึงหยุด การออกแรงดังกล่าวเป็นการออกแรงบิดตามเข็มนาฬิกา

6. ความสามารถในการออกแรงบิด โดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้

การวัดความสามารถในการออกแรงบิดทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่ง หลังผู้ถูกทดสอบพิงพนักเก้าอี้ และมีปุ่มทรงรีอยู่ด้านหน้าอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้น เมื่อผู้ถูกทดสอบใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้จับปุ่มทรงรีแล้ว แขนท่อนล่างอยู่ในระดับเดียวกับปุ่มทรงรี แขนท่อนบนทำมุมฉากกับแขนท่อนล่าง ส่วนแขนซ้ายอยู่แนบลำตัว

เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมและได้ยินสัญญาณให้เริ่มออกแรง ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงบิดปุ่มภายใน 2 วินาที และออกแรงสูงสุดค้างไว้ 3 วินาที จากนั้นจึงหยุด การวัดแรงดังกล่าวมีเงื่อนไขดังนี้

- มือที่ใช้ออกแรง คือ เมื่อใช้มือขวาและเมื่อใช้มือซ้าย
- ทิศของการออกแรงบิดปุ่มทรงรี คือ เมื่อออกแรงบิดตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา

7. ความสามารถในการออกแรงบิดไปด้านข้าง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง

การวัดความสามารถในการออกแรงบิดทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่ง หลังผู้ถูกทดสอบพิงพนักเก้าอี้ และมีปุ่มทรงกลมอยู่ด้านหน้าอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้น เมื่อผู้ถูกทดสอบใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้และนิ้วกลางจับปุ่มทรงกลมแล้ว แขนท่อนล่างอยู่ในระดับเดียวกับปุ่มทรงกลม แขนท่อนบนทำมุมฉากกับแขนท่อนล่าง ส่วนแขนซ้ายอยู่แนบลำตัว

เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมและได้ยินสัญญาณให้เริ่มออกแรง ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงบิดปุ่มภายใน 2 วินาที และออกแรงสูงสุดค้างไว้ 3 วินาที จากนั้นจึงหยุด การวัดแรงดังกล่าวมีเงื่อนไขดังนี้

- มือที่ใช้ออกแรง คือ เมื่อใช้มือขวาและเมื่อใช้มือซ้าย
- ทิศของการออกแรงบิดปุ่มทรงกลม คือ เมื่อออกแรงบิดตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา

8. ความสามารถในการออกแรงบิด

การวัดความสามารถในการออกแรงบิดทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่ง หลังผู้ถูกทดสอบพิงพนักเก้าอี้ และมีปุ่มแบนทรงกลมอยู่ด้านหน้าอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้น เมื่อผู้ถูกาดสอบใช้นิ้วมือทั้ง 5 นิ้วจับปุ่มแบนทรงกลมแล้ว แขนท่อนล่างอยู่ในระดับเดียวกับปุ่มแบนทรงกลม เขนท่อนบนทำมุมฉากกับแขนท่อนล่าง ส่วนแขนซ้ายอยู่แนบลำตัว

เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมและได้ยินสัญญาณให้เริ่มออกแรง ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงบิดปุ่มภายใน 2 วินาที และออกแรงสูงสุดค้างไว้ 3 วินาที จากนั้นจึงหยุด การวัดแรงดังกล่าวมีเงื่อนไขดังนี้

- มือที่ใช้ออกแรง คือ เมื่อใช้มือขวาและเมื่อใช้มือซ้าย
- ทิศของการออกแรงบิดปุ่มแบนทรงกลม คือ เมื่อออกแรงบิดตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา

9. ความสามารถในการออกแรงเหยียบ

การวัดความสามารถในการออกแรงเหยียบทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่งแขนแนบลำตัว หลังผู้ถูกทดสอบพิงพนักเก้าอี้ และมีแผ่นแบนทรงสี่เหลี่ยมวางอยู่ที่พื้นโดยทำมุม 45 องศากับพื้นราบ ผู้ถูกทดสอบวางเท้าบนแผ่นแบนทรงสี่เหลี่ยมแล้วออกแรงกด

เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมและได้ยินสัญญาณให้เริ่มออกแรง ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงเหยียบภายใน 2 วินาที และออกแรงสูงสุดค้างไว้ 3 วินาที จากนั้นจึงหยุด การวัดแรงดังกล่าวมีเงื่อนไขดังนี้

- เท้าที่ใช้ออกแรง คือ เมื่อใช้เท้าขวาและเมื่อใช้เท้าซ้าย

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิตย์

คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลความสามารถในการออกแรงสถิตย์

บทที่ 4
ผลการวิจัย

บทนี้เป็นการรายงานผลการวิจัย โดยแบ่งเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้คือ คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ และ ความสามารถในการออกแรงสถิตย์ โดยการรายงานผลการวิจัยในแต่ละหัวข้อนั้นประกอบด้วยการแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติพร้อมกับการอภิปรายผลที่เกิดขึ้น

4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

ตาราง 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะของผู้ถูกทดสอบจำนวน 60 คน เป็นเพศชาย 30 คน และเพศหญิง 30 คน ค่าเฉลี่ยของอายุของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 28 ปี และค่าเฉลี่ยของอายุของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 29.5 ปี ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของผู้ถูกทดสอบชายและหญิงเท่ากับ 66.7 และ 52.6 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยของความสูงของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 170.5 เซนติเมตร ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของความสูงของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 155.7 เซนติเมตร

ตาราง 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะของผู้ถูกทดสอบ

ลำดับ	รายการ (หน่วย)	ชาย		หญิง	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	อายุ (ปี)	28.0	7.8	29.5	8.6
2	น้ำหนัก (กก.)	66.7	12.5	52.6	7.7
3	ความสูง (ซม.)	170.5	6.5	155.7	4.9
4	ความสูงระดับไหล่(ยืน) (ซม.)	141.3	6.3	128.0	3.9
5	ความสูงระดับศอก (ยืน) (ซม.)	106.9	5.6	97.3	3.0
6	ความสูง(นั่ง) (ซม.)	134.1	6.2	125.9	3.8
7	ความสูงระดับไหล่(นั่ง) (ซม.)	105.7	5.3	96.3	10.4
8	ความสูงระดับศอก(นั่ง) (ซม.)	69.4	6.2	66.9	3.5
9	ความสูงจากพื้นถึงใต้ขาพับ (ซม.)	47.0	7.6	41.7	4.6
10	ความสูงจากพื้นถึงขาท่อนบน(หน้าตัก) (ซม.)	59.5	4.9	55.3	4.6
11	ความกว้างช่วงไหล่ (ซม.)	42.4	4.6	38.2	2.5
12	ความกว้างช่วงอก(วัดที่ต้นแขน) (ซม.)	43.7	4.7	39.8	3.2
13	ความกว้างช่วงอก(วัดที่ใต้รักแร้) (ซม.)	31.8	2.8	29.0	2.8
14	ความหนาของลำตัวช่วงอก (ซม.)	21.2	2.3	22.3	2.4
15	ความหนาของลำตัวช่วงท้อง (ซม.)	21.4	5.8	18.8	3.1
16	ระยะเหยียดของแขน(ไปด้านหน้า) (ซม.)	83.8	7.0	74.8	3.9

17	ระยะเหยียดของแขน(เอียงไหล่ขวา) (ซม.)	88.8	7.6	81.4	5.7
18	ระยะจากก้นถึงใต้ขาพับ (ซม.)	46.0	2.7	44.5	6.6
19	ระยะจากก้นถึงเข่า (ซม.)	57.7	2.8	54.5	2.7
20	ระยะจากข้อศอกถึงปลายนิ้ว (ซม.)	47.0	2.2	42.5	2.1
21	ระยะจากข้อศอกถึงกลางฝ่ามือขณะกำมือ (ซม.)	35.3	1.9	31.4	1.8
22	ความกว้างของสะโพก (ซม.)	34.6	3.1	34.6	2.4
23	ความหนาของลำตัวช่วงท้อง (ซม.)	22.9	4.1	21.5	3.9
24	ความยาวของเท้า (ซม.)	25.2	1.1	22.5	2.9
25	ความกว้างของเท้า (ซม.)	9.7	0.6	9.2	2.6
26	ความกว้างของมือ (ซม.)	8.4	0.7	7.2	0.6
27	ความยาวของมือ (ซม.)	18.3	2.0	17.0	1.0
28	ความหนาของมือ (ซม.)	3.1	0.5	3.5	3.7
29	ความยาวของฝ่ามือ (ซม.)	10.7	0.5	10.2	1.9
30	ระยะด้านในของกำมือ (ซม.)	3.0	0.5	2.8	0.5
31	ความหนาของขาท่อนบน (ซม.)	14.8	3.3	13.8	1.9
32	ความกว้างโคนขาขณะนั่ง (ซม.)	29.6	5.5	31.6	3.4
33	ระยะระหว่างคิ้วกับท้ายทอย (ซม.)	18.1	1.0	16.9	0.8
34	ความกว้างของศีรษะ (ซม.)	15.5	0.7	14.8	0.8
35	เส้นรอบศีรษะ (ซม.)	55.3	3.6	54.0	1.5
36	เส้นรอบคอ (ซม.)	35.9	2.3	30.8	2.2
37	เส้นรอบเอว (ซม.)	82.3	11.1	74.3	10.9
38	เส้นรอบสะโพก (ซม.)	94.5	8.6	92.7	7.3
39	เส้นรอบแขนท่อนบนขณะเหยียดตรง (ซม.)	26.3	3.4	24.0	4.1
40	เส้นรอบแขนท่อนบนขณะงอแขนเต็มที่ (ซม.)	29.4	3.8	25.7	4.4
41	เส้นรอบขาท่อนล่าง (น่อง) (ซม.)	34.6	3.7	33.5	3.3
42	แรงบีบนิ้วมือ (กก.)	11.1	8.3	8.4	5.2
43	แรงบีบมือ (กก.)	41.5	8.4	25.2	7.0

4.2 ความสามารถในการออกแรงสถิตย์

1. ความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัย

ความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัยแสดงในตาราง 4.2 เมื่อใช้มือขวาในการออกแรงหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา เพศชายออกแรงได้โดยเฉลี่ย 12.96 นิวตันเมตรและเพศหญิงออกแรงได้โดยเฉลี่ย 8.81 นิวตันเมตร แต่เมื่อใช้มือขวาในการออกแรงหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา เพศชายออกแรงได้

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยเฉลี่ย 12.40 นิวตันเมตรและเพศหญิงออกแรงได้โดยเฉลี่ย 8.01 นิวตันเมตร เมื่อใช้ทั้งสองมือออกแรงหมุนพวงมาลัยในทิศตามเข็มนาฬิกา เพศชายออกแรงได้โดยเฉลี่ย 21.79 นิวตันเมตรและเพศหญิงออกแรงได้โดยเฉลี่ย 14.55 นิวตันเมตร ส่วนการใช้ทั้งสองมือออกแรงหมุนพวงมาลัยในทิศทวนเข็มนาฬิกา เพศชายออกแรงได้โดยเฉลี่ย 22.49 นิวตันเมตรและเพศหญิงออกแรงได้โดยเฉลี่ย 14.50 นิวตันเมตร การใช้มือขวาออกแรงในทิศตามและทวนเข็มนาฬิกาทำให้ค่าความสามารถในการออกแรงหมุนมีค่าใกล้เคียงกัน แต่การใช้มือขวาเพียงข้างเดียวทำให้ออกแรงได้ประมาณ 55-60%ของการออกแรงเมื่อใช้ทั้งสองมือ

ตาราง 4.2 ความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัย หน่วยเป็นนิวตันเมตร

มือ	ทิศทาง	เพศชาย		เพศหญิง	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ขวา	ตามเข็มนาฬิกา	12.96	4.62	8.81	2.79
ขวา	ทวนเข็มนาฬิกา	12.40	4.97	8.01	2.93
ทั้งสองมือ	ตามเข็มนาฬิกา	21.79	8.30	14.55	4.55
ทั้งสองมือ	ทวนเข็มนาฬิกา	22.49	8.20	14.50	4.87

ตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัย

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	4250.5	4250.5	234.91	.000**
มือ	1	7263.49	7263.49	401.44	.000**
ทิศทางการหมุน	1	4.27	4.27	0.24	0.627
เพศ*มือ	1	340.56	340.56	18.82	.000**
เพศ*ทิศทางการหมุน	1	7.96	7.96	0.44	0.508
มือ*ทิศทางการหมุน	1	29.09	29.09	1.61	0.205
เพศ*มือ*ทิศทางการหมุน	1	2.25	2.25	0.12	0.724
ผู้ถูกทดสอบ	29	6317.66	217.85	12.04	.000**
ความคลาดเคลื่อน	443	8015.55	18.09		
ผลรวม	479				

ตาราง 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัย ผลปรากฏว่า เพศ มือ อันตรกิริยาระหว่างเพศกับมือ และผู้ถูกทดสอบมีผลต่อความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัยอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

2. ความสามารถในการออกแรงดึงคันโยก เมื่อใช้มือซ้าย

ตาราง 4.4 แสดงความสามารถในการออกแรงดึงคันโยกเมื่อใช้มือซ้าย ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสามารถในการออกแรงดึงคันโยกเมื่อใช้มือซ้ายในทิศตามเข็มนาฬิกามีค่าสูงกว่าการออกแรงในทิศทวนเข็มนาฬิกาเล็กน้อย โดยเฉลี่ยแล้ว เพศชายออกแรงได้ 17.18 นิวตันเมตรและเพศหญิงออกแรงได้ 14.14 นิวตันเมตร เมื่อออกแรงดึงคันโยกในทิศตามเข็มนาฬิกา แต่เมื่อออกแรงดึงคันโยกในทิศตามเข็มนาฬิกา เพศชายออกแรงได้โดยเฉลี่ย 15.88 นิวตันเมตร และเพศหญิงออกแรงได้โดยเฉลี่ย 13.42 นิวตันเมตร

ตาราง 4.4 ความสามารถในการออกแรงดึงคันโยกเมื่อใช้มือซ้าย หน่วยเป็นนิวตันเมตร

มือ	ทิศทาง	เพศชาย		เพศหญิง	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ซ้าย	ตามเข็มนาฬิกา	17.18	6.57	14.14	6.07
ซ้าย	ทวนเข็มนาฬิกา	15.88	5.37	13.42	3.18

ตาราง 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงดึงคันโยกเมื่อใช้มือซ้าย ผลปรากฏว่า เพศและผู้ถูกทดสอบมีผลต่อความสามารถในการออกแรงดึงคันโยกเมื่อใช้มือซ้ายอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงดึงคันโยกเมื่อใช้มือซ้าย

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	453.83	453.83	18.72	.000**
ทิศทางการหมุน	1	61.07	61.07	2.52	0.114
เพศ*ทิศทางการหมุน	1	4.98	4.98	0.21	0.651
ผู้ถูกทดสอบ	29	2000.95	69	2.85	.000**
ความคลาดเคลื่อน	207	5017.37	24.24		
ผลรวม	239				

3. ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้ว

ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้วของผู้ถูกทดสอบเป็นดังตาราง 4.6 เมื่อใช้มือขวาออกแรง เพศชายออกแรงได้ 32.62 นิวตันและเพศหญิงออกแรงได้ 21.18 นิวตันโดยเฉลี่ย เมื่อใช้มือซ้ายออกแรง เพศชายออกแรงได้ 32.72 นิวตันและเพศหญิงออกแรงได้ 18.67 นิวตันโดยเฉลี่ย

ตาราง 4.6 ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้ว หน่วยเป็น นิวตัน

มือ	เพศชาย		เพศหญิง	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ขวา	32.62	8.29	21.18	6.55
ซ้าย	32.72	8.18	18.67	5.83

ตาราง 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้ว จะเห็นได้ว่า เพศ และผู้ถูกทดสอบมีผลต่อความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้วอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้ว

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	9741	9741	330.05	.000**
การใช้มือจับ	1	87.6	87.6	2.97	0.086
ทิศทางการหมุน	1	102.7	102.7	3.48	0.064
ผู้ถูกทดสอบ	29	6429.37	221.7	7.51	.000**
ความคลาดเคลื่อน	207	6109.31	29.51		
ผลรวม	239				

4. ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้ว

ตาราง 4.8 แสดงความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้ว ในการใช้มือขวาออกแรง ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้วเท่ากับ 18.88 และ 10.70 นิวตันสำหรับเพศชายและหญิงตามลำดับ เมื่อใช้มือซ้ายออกแรง ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้วเท่ากับ 17.90 และ 10.60 นิวตันสำหรับเพศชายและหญิงตามลำดับ

ตาราง 4.8 ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้ว หน่วยเป็นนิวตันเมตร

มือ	เพศชาย		เพศหญิง	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ขวา	18.88	5.75	10.70	4.09
ซ้าย	17.90	4.93	10.60	3.96

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้วแสดงในตาราง 4.9 ผลปรากฏว่า เพศ และผู้ถูกทดสอบมีผลต่อความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้ว อย่างมีสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้ว

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	3596	3596	198.83	0.000**
การใช้มือจับ	1	17.6	17.6	0.97	0.325
เพศ*การใช้มือจับ	1	11.7	11.7	0.65	0.422
ผู้ถูกทดสอบ	29	1550.77	53.47	2.96	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	207	3743.81	18.09		
ผลรวม	239				

5. ความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวา

ความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวาเป็นดังแสดงในตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยของแรงบิดของเพศชายเท่ากับ 2.78 นิวตันเมตร ส่วนค่าเฉลี่ยของแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 2.19 นิวตันเมตร

ตาราง 4.10 ความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวา หน่วยเป็นนิวตันเมตร

ทิศทาง	เพศชาย		เพศหญิง	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตามเข็มนาฬิกา	2.78	1.03	2.19	0.67

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวา แสดงในตาราง 4.11 ผลแสดงให้เห็นว่าเพศและผู้ถูกทดสอบมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวา อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวา

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	10.5258	10.5258	26.51	0.000**
ผู้ถูกทดสอบ	29	53.1839	1.8339	4.62	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	89	35.3437	0.3971		
ผลรวม	119				

6. ความสามารถในการออกแรงบิด โดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้

ค่าความสามารถในการออกแรงบิด โดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ เป็นดังแสดงในตาราง 4.12 เมื่อใช้มือขวาออกแรงในทิศตามเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 0.59 นิวตันเมตรและค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 0.52 นิวตันเมตร เมื่อใช้มือขวาออกแรงในทิศทวนเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 0.51 นิวตันเมตรและค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 0.47 นิวตันเมตร

เมื่อใช้มือซ้ายออกแรงในทิศตามเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 0.51 นิวตันเมตร และค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 0.42 นิวตันเมตร เมื่อใช้มือซ้ายออกแรงในทิศทวนเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 0.60 นิวตันเมตรและค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 0.49 นิวตันเมตร

ตาราง 4.12 ความสามารถในการออกแรงบิดโดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ หน่วยเป็นนิวตันเมตร

มือ	ทิศทาง	เพศชาย		เพศหญิง	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ขวา	ตามเข็มนาฬิกา	0.59	0.19	0.52	0.24
ขวา	ทวนเข็มนาฬิกา	0.51	0.17	0.47	0.23
ซ้าย	ตามเข็มนาฬิกา	0.51	0.22	0.42	0.23
ซ้าย	ทวนเข็มนาฬิกา	0.60	0.23	0.49	0.22

ตาราง 4.13 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงบิดโดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ ผลปรากฏว่า เพศ อันตรกิริยาระหว่างมือและทิศทางการบิด และผู้ถูกทดสอบนั้น มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดโดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงบิดโดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	0.675	0.675	22.13	0.000**
มือ	1	0.05208	0.05208	1.71	0.192
ทิศทางการบิด	1	0.00919	0.00919	0.3	0.583
เพศ*มือ	1	0.05633	0.05633	1.85	0.175
เพศ*ทิศทางการบิด	1	0.00019	0.00019	0.01	0.938
มือ*ทิศทางการบิด	1	0.58102	0.58102	19.05	0.000**
เพศ*มือ*ทิศทางการบิด	1	0.02002	0.02002	0.66	0.418
ผู้ถูกทดสอบ	29	8.50554	0.29329	9.62	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	443	13.51054	0.0305		
ผลรวม	479				

7. ความสามารถในการออกแรงบิดไปด้านข้าง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง

ค่าความสามารถในการออกแรงบิดไปด้านข้าง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง แสดงในตาราง 4.14 เมื่อใช้มือขวาออกแรงในทิศตามเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 2.75 นิวตันเมตรและค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 1.95 นิวตันเมตร เมื่อใช้มือขวาออกแรงในทิศทวนเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 2.59 นิวตันเมตรและค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 2.06 นิวตันเมตร

เมื่อใช้มือซ้ายออกแรงในทิศตามเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 2.50 นิวตันเมตรและค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 1.77 นิวตันเมตร เมื่อใช้มือซ้ายออกแรงในทิศทวนเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 2.55 นิวตันเมตรและค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 1.84 นิวตันเมตร

ตาราง 4.14 ความสามารถในการออกแรงบิดไปด้านข้าง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง หน่วยเป็นนิวตันเมตร

มือ	ทิศทาง	เพศชาย		เพศหญิง	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ขวา	ตามเข็มนาฬิกา	2.75	0.88	1.95	0.52
ขวา	ทวนเข็มนาฬิกา	2.59	1.34	2.06	0.67
ซ้าย	ตามเข็มนาฬิกา	2.50	1.51	1.77	0.55
ซ้าย	ทวนเข็มนาฬิกา	2.55	1.41	1.84	0.65

ตาราง 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงบิดไปด้านข้าง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง ผลปรากฏว่า เพศ และผู้ถูกทดสอบมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดดังกล่าวนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01) ในขณะที่มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดดังกล่าวนัยสำคัญ (ค่าพีน้อยกว่า 0.05)

ตาราง 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงบิดไปด้านข้าง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	57.4429	57.4429	96.97	0.000**
มือ	1	3.5449	3.5449	5.98	0.015*
ทิศทางการบิด	1	0.0309	0.0309	0.05	0.82
เพศ*มือ	1	0.0763	0.0763	0.13	0.72
เพศ*ทิศทางการบิด	1	0.6939	0.6939	1.17	0.28
มือ*ทิศทางการบิด	1	0.2104	0.2104	0.36	0.551
เพศ*มือ*ทิศทางการบิด	1	0.5168	0.5168	0.87	0.351
ผู้ถูกทดสอบ	29	227.1789	7.8338	13.22	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	443	262.4225	0.5924		
ผลรวม	479				

8. ความสามารถในการออกแรงบิด

ตาราง 4.16 แสดงความสามารถในการออกแรงบิด เมื่อใช้มือขวาออกแรงในทิศตามเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 2.86 นิวตันเมตรและค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 2.15 นิวตันเมตร เมื่อใช้มือขวาออกแรงในทิศทวนเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 2.64 นิวตันเมตรและค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 2.20 นิวตันเมตร

เมื่อใช้มือซ้ายออกแรงในทิศตามเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 2.63 นิวตันเมตร และค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 2.01 นิวตันเมตร เมื่อใช้มือซ้ายออกแรงในทิศทวนเข็มนาฬิกา ค่าแรงบิดเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 2.37 นิวตันเมตรและค่าแรงบิดของเพศหญิงเท่ากับ 1.77 นิวตันเมตร

ตาราง 4.16 ความสามารถในการออกแรงบิด หน่วยเป็นนิวตันเมตร

มือ	ทิศทาง	เพศชาย		เพศหญิง	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ขวา	ตามเข็มนาฬิกา	2.86	0.79	2.15	0.84
ขวา	ทวนเข็มนาฬิกา	2.64	0.91	2.20	0.83
ซ้าย	ตามเข็มนาฬิกา	2.63	0.99	2.01	0.60
ซ้าย	ทวนเข็มนาฬิกา	2.37	1.04	1.77	0.32

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงบิด (ตาราง 4.17) เพศ มือ ทิศทางการบิด และผู้ถูกทดสอบมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงบิด

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	42.3166	42.3166	110.07	0.000**
มือ	1	8.528	8.528	22.18	0.000**
ทิศทางการบิด	1	3.2703	3.2703	8.51	0.004**
เพศ*มือ	1	0.0282	0.0282	0.07	0.787
เพศ*ทิศทางการบิด	1	0.5852	0.5852	1.52	0.218
มือ*ทิศทางการบิด	1	0.8653	0.8653	2.25	0.134
เพศ*มือ*ทิศทางการบิด	1	0.5122	0.5122	1.33	0.249
ผู้ถูกทดสอบ	29	162.594	5.6067	14.58	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	443	170.3186	0.3845		
ผลรวม	479				

9. ความสามารถในการออกแรงเหยียบ

ตาราง 4.18 ความสามารถในการออกแรงเหยียบ เมื่อใช้เท้าขวาออกแรงเหยียบ ค่าความสามารถในการออกแรงเหยียบของเพศชายโดยเฉลี่ยเท่ากับ 132.94 นิวตันและของเพศหญิงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 108.01 นิวตัน เมื่อใช้เท้าซ้ายออกแรงเหยียบ ค่าความสามารถในการออกแรงเหยียบของเพศชายโดยเฉลี่ยเท่ากับ 131.55 นิวตันและของเพศหญิงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 108.99 นิวตัน

ตาราง 4.18 ความสามารถในการออกแรงเหยียบ หน่วยเป็นนิวตัน

เท้า	เพศชาย		เพศหญิง	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ขวา	132.94	4.27	108.01	3.54
ซ้าย	131.55	4.26	108.99	3.56

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงเหยียบ (ตาราง 4.19) เพศและผู้ถูกทดสอบมีผลต่อความสามารถในการออกแรงเหยียบอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงเหยียบ

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	351.58	351.58	28.8	0.000**
เท้า	1	0.02	0.02	0	0.966
เพศ*เท้า	1	0.85	0.85	0.07	0.792
ผู้ถูกทดสอบ	29	1108.23	38.21	3.13	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	207	2527.1	12.21		
ผลรวม	239				

4.3 อภิปรายผล

เมื่อเปรียบเทียบผลงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Peebles และ Norris (2003) พบว่าค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดึงคันโยกของผู้ถูกทดสอบในช่วงอายุ 16-50 ปี เท่ากับ 32.93 นิวตันเมตรสำหรับเพศชายและของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 20.83 นิวตันเมตรสำหรับเพศหญิง ซึ่งค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดึงคันโยกในงานวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่า (17.18 นิวตันเมตรสำหรับเพศชายและ 14.14 นิวตันเมตรสำหรับเพศหญิง) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้ถูกทดสอบในงานวิจัยของ Peebles และ Norris(2003) นั้นใช้มือข้างที่ถนัด ในขณะที่ผู้ถูกทดสอบในงานวิจัยนี้ใช้มือข้างซ้าย

นอกจากนี้งานวิจัยของ Peebles และ Norris (2003) ยังพบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงบิดของเพศชายเท่ากับ 3.48 นิวตันเมตรและของเพศหญิงเท่ากับ 3.37 นิวตันเมตร ในขณะที่งานวิจัยนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงบิดของเพศชายเท่ากับ 2.86 นิวตันเมตรและของเพศหญิงเท่ากับ 2.15 นิวตันเมตร ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวนี้อาจเนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปุ่มบิดที่ต่างกัน โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปุ่มบิดของPeebles และ Norris (2003) ขนาดใหญ่กว่า คือ 45 มิลลิเมตร ในขณะที่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปุ่มบิดของงานวิจัยนี้เท่ากับ 37 มิลลิเมตร

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ 1) เพื่อสร้างฐานข้อมูลค่าความสามารถในการออกแรงสถิตย์ของคนไทยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบยานยนต์ และ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความสามารถในการออกแรงสถิตย์ คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบวัดโดยแอนโทรโปมิเตอร์ ส่วนค่าความสามารถในการออกแรงสถิตย์วัดโดยเครื่องวัดแรงแบบสถิตย์ ซึ่งความสามารถในการออกแรงสถิตย์จำนวน 9 รายการมีดังนี้คือ 1) ความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัย 2) ความสามารถในการออกแรงดึงคันโยก เมื่อใช้มือซ้าย 3) ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้ว 4) ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้ว 5) ความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวา 6) ความสามารถในการออกแรงบิด โดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ 7) ความสามารถในการออกแรงบิดไปด้านข้าง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง 8) ความสามารถในการออกแรงบิด และ 9) ความสามารถในการออกแรงเหยียบ จากนั้นจึงคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายทุกรายการและความสามารถในการออกแรงสถิตย์

1) ผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 60 คน เป็นเพศชาย 30 คน และเพศหญิง 30 คน ผลที่ได้จากการทดลองสรุปได้ดังนี้

2) ค่าเฉลี่ยของอายุของผู้ถูกทดสอบชายและหญิงเท่ากับ 28 และ 29.5 ปี ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของผู้ถูกทดสอบชายและหญิงเท่ากับ 66.7 และ 52.6 กิโลกรัม ส่วนค่าเฉลี่ยของความสูงของผู้ถูกทดสอบชายและหญิงเท่ากับ 170.5 และ 155.7 เซนติเมตร

3) ในกรณีออกแรงด้วยมือขวา ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัยของผู้ถูกทดสอบชายอยู่ในช่วง 12.40–12.96 นิวตันเมตรและของผู้ถูกทดสอบหญิงอยู่ในช่วง 8.01-8.81 นิวตันเมตร ในกรณีออกแรงด้วยสองมือ ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงหมุนพวงมาลัยของผู้ถูกทดสอบชายอยู่ในช่วง 21.79-22.49 นิวตันเมตรและของผู้ถูกทดสอบหญิงอยู่ในช่วง 14.50-14.55 นิวตันเมตร

4) ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดึงคันโยกเมื่อใช้มือซ้ายของผู้ถูกทดสอบชายอยู่ในช่วง 15.88-17.18 นิวตันและของผู้ถูกทดสอบหญิงอยู่ในช่วง 13.42-14.14 นิวตัน

5) ความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 4 นิ้วของผู้ถูกทดสอบชายอยู่ในช่วง 32.62-32.72 นิวตันและของผู้ถูกทดสอบหญิงอยู่ในช่วง 18.67-21.18 นิวตัน

6) ในกรณีใช้มือขวาออกแรง ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้นิ้วมือ 2 นิ้วเท่ากับ 18.88 และ 10.70 นิวตันสำหรับเพศชายและหญิงตามลำดับ ในกรณีใช้มือซ้ายออกแรง ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงเหนี่ยวโดยใช้ 2 นิ้วมือ เท่ากับ 17.90 และ 10.60 นิวตัน สำหรับเพศชายและหญิงตามลำดับ

7) ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับ เมื่อใช้มือขวาของผู้ถูกทดสอบชาย เท่ากับ 2.78 นิวตันเมตร ส่วนค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงบิดด้ามจับของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 2.19 นิวตันเมตร

8) ค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงบิดโดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ของผู้ถูกทดสอบชายอยู่ในช่วง 0.51-0.60 นิวตันเมตร และของผู้ถูกทดสอบหญิงอยู่ในช่วง 0.42-0.52 นิวตันเมตร

9) ค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงบิดไปด้านข้าง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง ของผู้ถูกทดสอบชายอยู่ในช่วง 2.50-2.75 นิวตันเมตร และของผู้ถูกทดสอบหญิงอยู่ในช่วง 1.77-2.06 นิวตันเมตร

10) ค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงบิดของผู้ถูกทดสอบชายอยู่ในช่วง 2.37-2.86 นิวตันเมตร และของผู้ถูกทดสอบหญิงอยู่ในช่วง 1.77-2.20 นิวตันเมตร

11) ค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงเหยียบของผู้ถูกทดสอบชายอยู่ในช่วง 131.55-132.94 นิวตัน และของผู้ถูกทดสอบหญิงอยู่ในช่วง 108.01-108.99 นิวตัน

12) เพศและผู้ถูกทดสอบมีผลต่อความสามารถในการออกแรงทั้ง 9 รายการอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มจำนวนผู้ถูกทดสอบให้มากขึ้น นอกจากนี้ควรทำการแบ่งช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบให้มากขึ้น

2) งานวิจัยควรศึกษาความสามารถในการออกแรงแบบพลวัต แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับความสามารถในการออกแรงแบบสถิตย์

บรรณานุกรม

Chaffin, D.B. and Anderson, G.B.J. (1991). Occupational Biomechanics (2nd ed.), New York, Wiley and Sons.

Hoozemans, M.J.M., VAN DER BEEK, A.J., Frings-Dresen, M.H.W., VAN Dijk, F.J.H., and VAN DER Woude, L.H.V. (1998). Pushing and pulling in relation to musculoskeletal disorders: a review of risk factors, Ergonomics, 21(6), 757-781.

Jongkol, P. (2003) *Isometric Push and Pull Strengths in Awkward Postures* Proceeding of The XVIIth International Society for Occupational Ergonomics and Safety Annual Conference 2003, May 7-9th, 2003, Munich, Germany.

Konz, S. (1995). Work Design: Industrial Ergonomics, 4th Edition, Publishing Horizons, Arizona.

Lavender, S.A., Li, Yl, and Anderson, G.B.J. (1998). Trunk muscle use during pulling task: Effects of a lifting belt and footing conditions. Human factors, 40(1), 159-172.

MacKinnon, S.N. (1998). Isometric pull forces in the sagittal plane, Applied Ergonomics, 29(5), 319-324.

Mital, Al, Nicholson, A.S., and Ayoub, M.M. (1993). A guide to Manual Materials Handling, Taylor & Francis, London.

Mital, A. and Kumar, S. (1998). Human muscle strength definitions, measurement, and usage: Part I- Guidelines for the practitioner, International Journal of Industrial Ergonomics, 22: 101-121.

National Institute for Occupational Safety and Health (1981). Work practices guide for manual lifting (Tech. Report 81-222). Cincinnati, OH

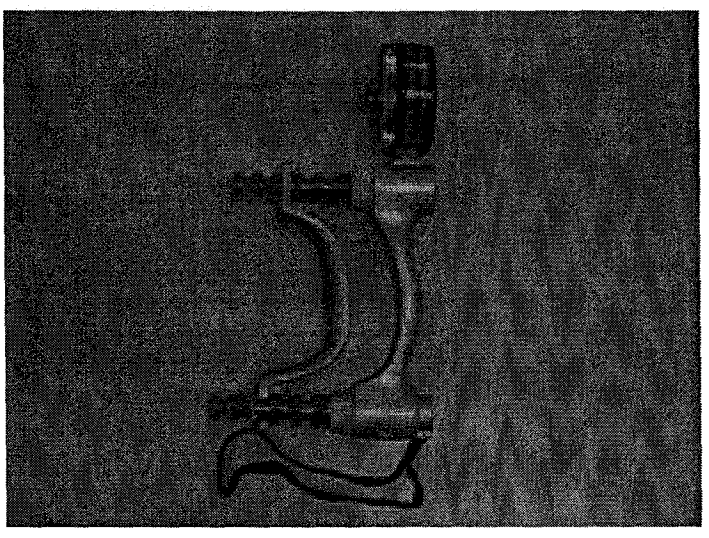
Peebles, L and Norris, B. (2003). Filling 'gaps' in Strength Data for Design, Applied Ergonomics, 34, 73-88.

Sanook, S.H. (1978). The design of manual handling tasks, Ergonomics, 21, 963-985.

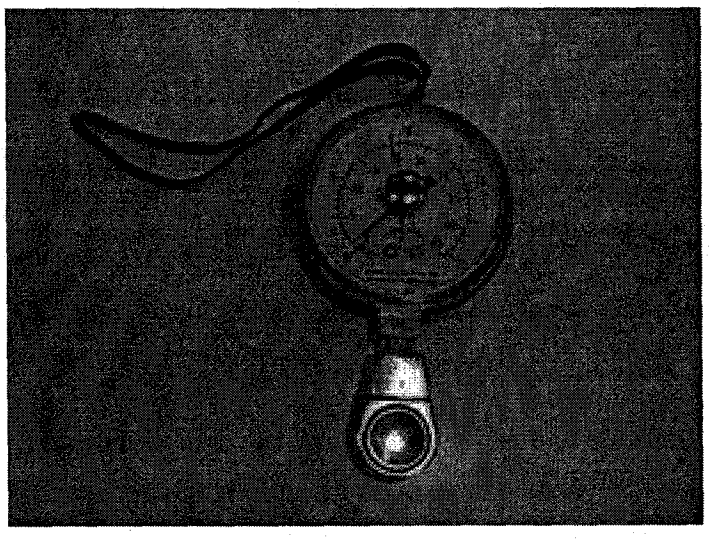
Sanook, S.H. Irvine, C.H., and Bass, S.F. (1970). Maximum and weights and workloads acceptable to male industrial workers: A study of lifting, lowering, pushing, pulling, carrying, and walking tasks, American Industrial Hygiene Association Journal, 31, 579-586.

Waters, T.R., Putz-Anderson, V. and Garg, A.(1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks, Ergonomics, 36, 749-776.

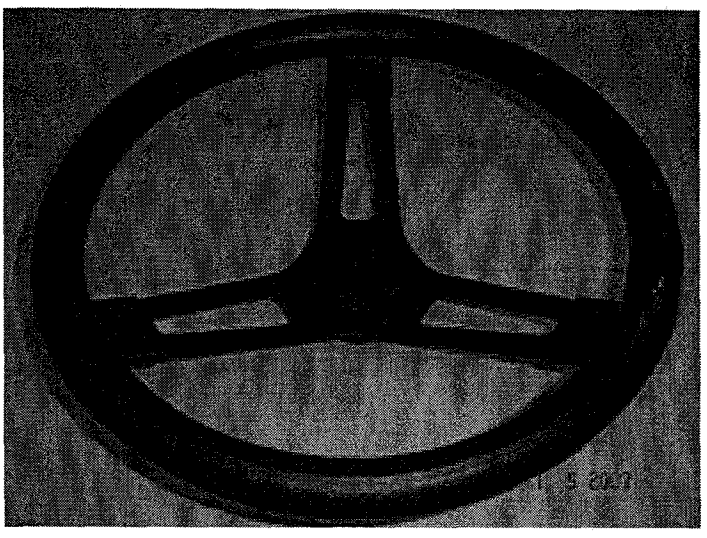
ภาคผนวก ก



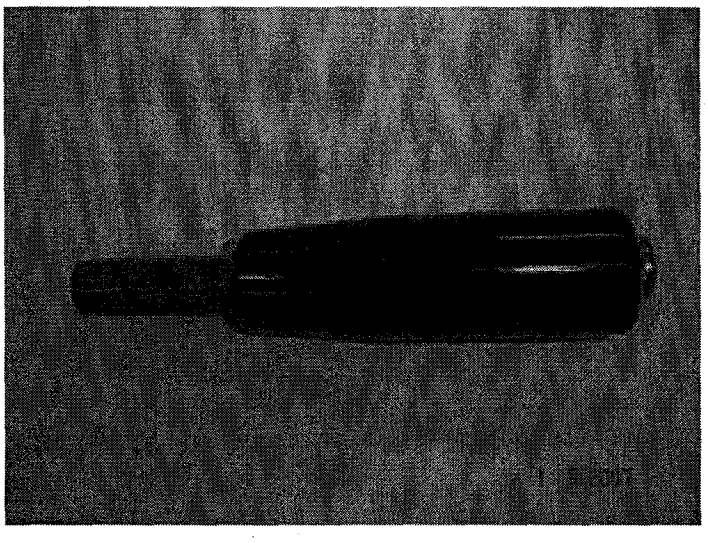
ภาพที่ 1 เครื่องวัดแรงบีบมือ



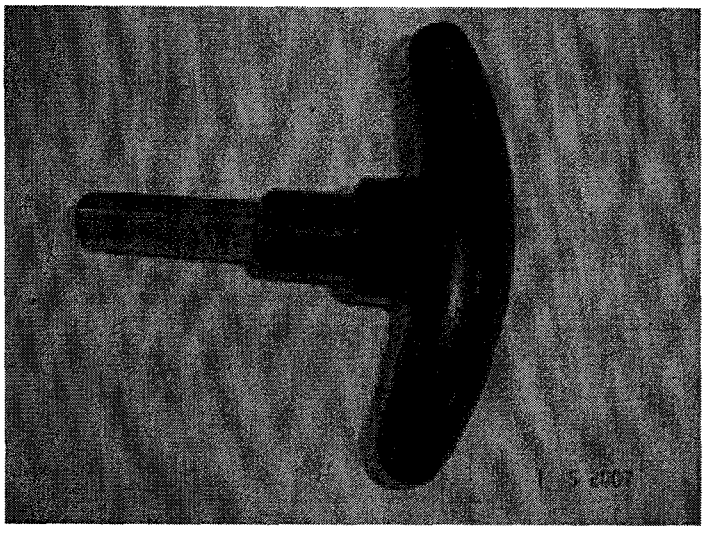
ภาพที่ 2 เครื่องวัดแรงบีบนิ้วมือ



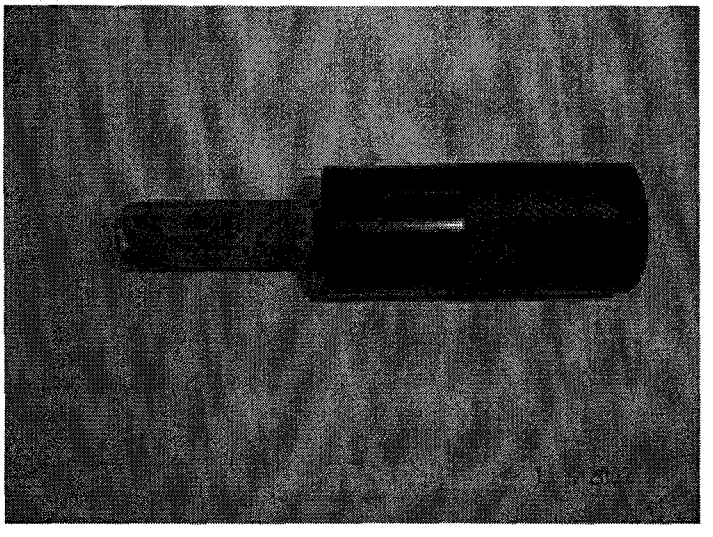
ภาพที่ 3 พวงมาลัยที่ใช้ประกอบการวัดแรงหมุน



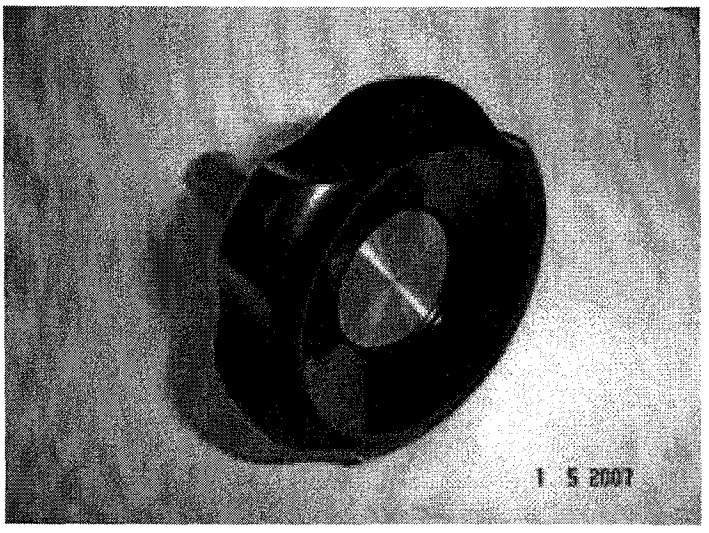
ภาพที่ 4 ด้ามจับที่ใช้ประกอบการวัดแรงบิดด้ามจับ



ภาพที่ 5 ปุ่มทรงรีที่ใช้ประกอบการวัดแรงบิด โดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้

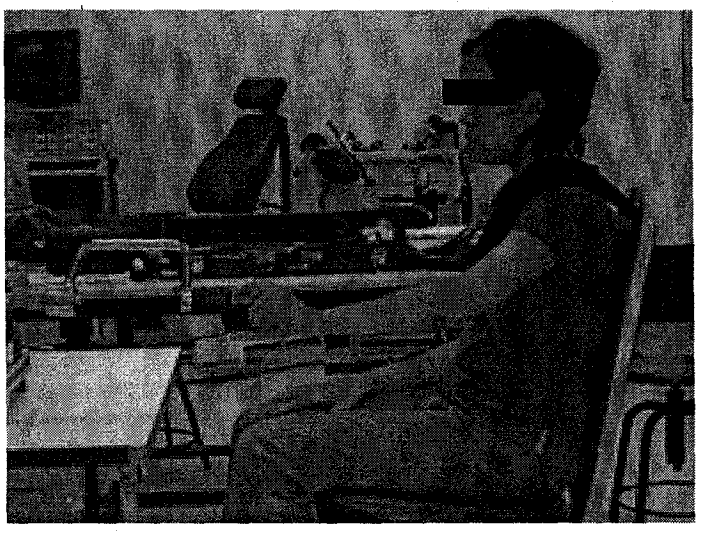


ภาพที่ 6 ปุ่มทรงกลมที่ใช้ประกอบการออกแรงบิด โดยใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้

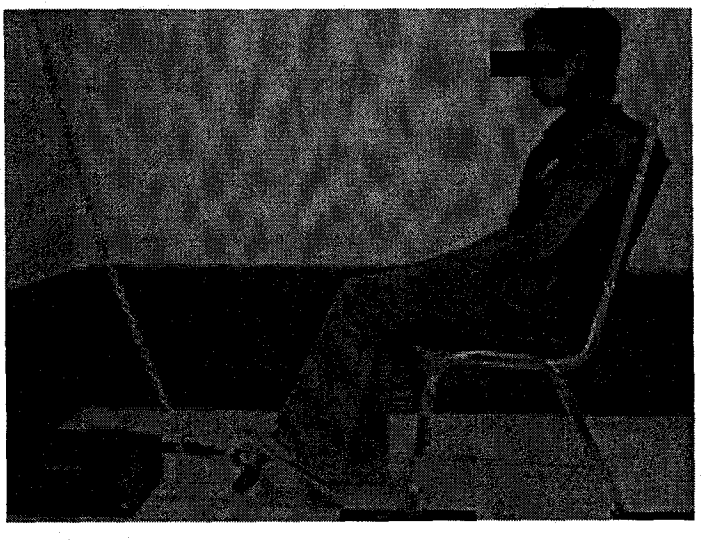


ภาพที่ 7 ปุ่มแบนทรงกลมที่ใช้ประกอบการวัดแรง

ภาพที่ 8 การออกแรงหมุนพวงมาลัย



ภาพที่ 9 การออกแรงบิดไปด้านข้าง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง



ภาพที่ 10 การออกแรงเหยียบ

ภาพที่ 11 การออกแรงบิด

ภาพที่ 12 การดึงคันโยกเมื่อใช้มือซ้าย

ประวัติผู้วิจัย

นางสาว พรศิริ จงกล สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีทางวิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมอุตสาหการ) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ใน พ.ศ. 2532 ต่อมาได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโททางวิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมอุตสาหการ) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใน พ.ศ. 2534 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกทางวิศวกรรมศาสตร์ (Ph.D. in Industrial Engineering) จาก Dalhousie University ประเทศ Canada ใน พ.ศ. 2543 เริ่มปฏิบัติงานที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่วันที่ 4 สิงหาคม 2536 จนถึงปัจจุบัน โดยปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี