รหัสโครงการ SUT7-717-46-24-35

รายงานการวิจัย

การศึกษาความสามารถในการประมาณค่าแรงยก เพื่อใช้ในการป้องกันอันตรายต่อร่างกายเนื่องจากการทำงาน กรณีกลุ่มตัวอย่างพนักงานอุตสาหกรรมในจังหวัดนครราชสีมา

Study of Workers Ability to Quantify the Lifting Forces for Injuries Prevention: Case of Industrial Workers in Nakhon Ratchasima Province

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT7-717-46-24-35

รายงานการวิจัย

การศึกษาความสามารถในการประมาณค่าแรงยก เพื่อใช้ในการป้องกันอันตรายต่อร่างกาย เนื่องจากการทำงาน กรณีกลุ่มตัวอย่างพนักงานอุตสาหกรรมในจังหวัดนครราชสีมา

Study of Workers Ability to Quantify the Lifting Forces for Injuries Prevention: Case of Industrial Workers in Nakhon Ratchasima Province

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรศิริ จงกล

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2546-2547

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มิถุนายน 2548

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ถูกทดสอบทุกท่านที่เสียสละเวลาหลายชั่วโมงมาร่วมการทดลอง ขอขอบคุณ นางสาวพนิดา แสงปัญญา นายนพฉัตร วิริยะนุกูล และ นาย พูลศักดิ์ ปราณี ที่ได้ช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณพันธุ์ทิพย์ ถาวรสวัสดิ์ และ คุณปราณี กฐินใหม่ ที่ได้ช่วยเหลือในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด

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

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณไสวและคุณสมหมาย จงกล ที่ได้ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการติดต่อผู้ถูกทดสอบจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ 1) เพื่อประเมินความสามารถของกลุ่มตัวอย่างในการประมาณค่าแรงยกที่ตนเองใช้ในการปฏิบัติงานและนำผลที่ได้ไปใช้ในการหาวิธีป้องกันอันตรายอันเนื่องจากการทำงานหนัก 2) เพื่อศึกษาค่าภาระงานของกล้ามเนื้อตามบริเวณร่างกายในขณะออกแรงยกในท่าต่างๆและบ่งชี้ท่าทางที่ไม่เหมาะสมและอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานได้ และ 3) เพื่อสร้างโปรไฟล์ของค่าความสามารถในการออกแรงยกในบริเวณปฏิบัติงานของกลุ่มตัวอย่างพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดนครราชสีมา งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดลอง เพื่อเก็บข้อมูลดังนี้คือ 1) สัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักและเครื่องวัดสัดส่วนร่างกาย 2) ความสามารถในการออกแรงยกและภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรง โดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิตย์และเครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรม และ 3) ความสามารถในการประมาณค่าแรงยก โดยใช้กล่องทึบและถุงน้ำหนัก

ผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 52 คน เป็นเพศชายทั้งหมด การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงนั้นกระทำที่ระดับความสูง 5 ระดับดังนี้คือ ระดับพื้น เข่า ข้อนิ้ว ศอก และไหล่ โดยใช้หน่วยวัดแรงเป็นนิวตัน ส่วนการเก็บข้อมูลภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงยกนั้นเป็นการวัดภาระงานของกล้ามเนื้อโดยมีค่าภาระงานของกล้ามเนื้อมีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ของการออกแรงสูงสุด การเก็บข้อมูลความสามารถในการประมาณค่าแรงยกที่ได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบยกกล่องทึบที่บรรจุถุงน้ำหนักที่ความสูงทั้ง 5 ระดับ คือ พื้น เข่า ข้อนิ้ว ศอก และไหล่ ค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบประมาณภายหลังจากยกมีหน่วยเป็นกิโลกรัม หลังจากนั้นนำข้อมูลความสามารถในการออกแรงยกและภาระงานของกล้ามเนื้อไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีปัจจัย 3 ปัจจัยคือ ความสูงของจุดที่ออกแรง ระยะทางของจุดที่ออกแรง และมุมในแนวราบของแขน ส่วนค่าของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบได้ระบุภายหลังจากการยกกล่องน้ำหนักนั้นนำไปเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักที่แท้จริงโดยการทำการทดสอบแบบที (t-test)

ผลที่ได้จากการทดลองพบว่า ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงได้สูงสุดถึง 498.49 นิวตัน ที่ความสูงระดับข้อนิ้วในระยะเหยียดแขนโดยแขนทำมุม 0 องศาในแนวราบ การออกแรงที่ระดับข้อนิ้วทำให้ค่าความสามารถในการออกแรงยกมีค่าสูงสุด ส่วนการออกแรงที่ระดับเข่านั้นทำให้ค่าความสามารถในการออกแรงน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงยกที่วัดได้จากการออกแรงเมื่อแขนทำมุมต่าง ๆ พบว่าเมื่อแขนทำมุม 0 องศา ทำให้ค่าเฉลี่ยของแรงยกมีค่าสูงสุด แต่เมื่อมุมของแขนมีค่าเพิ่มขึ้นกลับทำให้ค่าความสามารถในการออกแรงยกลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า ความสูง ระยะทาง และมุมมีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงยก ค่าภาระงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์

สไปนีข้างซ้ายและขวา และค่าภาระงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนค่าภาระงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายนั้นพบว่าความสูงและระยะทางเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญยิ่ง

ค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุนั้นแตกต่างจากค่าน้ำหนักจริง โดยค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุมีค่ามากกว่าน้ำหนักจริงไม่ถึง 1 กิโลกรัม ที่ระดับพื้น เข่า ข้อนิ้ว และศอก ส่วนที่ความสูงระดับไหล่นั้นค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุมากกว่าค่าน้ำหนักจริงอยู่เพียงเล็กน้อย (0.04 กิโลกรัม) การออกแรงยกสูงสุดที่ระดับเข่าในระยะเหยียดแขน โดยให้แขนทำมุม 0 องศานั้นทำให้ภาระงานโดยเฉลี่ยของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายและขวาและกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายและขวามีค่าสูงสุด (สูงกว่า 70%MVC) ดังนั้นการออกแรงในท่าทางดังกล่าวจะต้องมีความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน

Abstract

The objectives of this study were: 1) to evaluate the ability of workers to quantify the lifting weights by means of self-reported, 2) to study muscle activities during lift strength exertions, and 3) to determine lift strength profiles in workspace. Body dimensions of experimental subjects were measured by anthropometer. Lift strengths were recorded using the static strength measurement system (Jackson System) and muscle activities during lift strength exertions were measured by the surface electromyogram (MEGA 2000). The ability of workers to quantify the lifting weights was determined by a box with a cover and a variety of known weights.

Fifty two male industrial workers participated in this study. To determine lift strength profiles and muscle activities during lifting force exertion, the subjects were asked to use both hands to exert lift strengths at 30 locations in workspace. These locations were combinations of 5 heights of exertion (floor, knee, knuckle, elbow, and shoulder), 2 horizontal reaches (full reach and half reach), and 3 horizontal angles of the arm (0, 45, and 90 degrees). The lift strengths were measured in Newton (N) and the muscle activities were measured in percentage of maximum voluntary contraction (%MVC). Then, the analysis of variance was performed to determine factors affecting the lifting strengths and the muscle activities. The workers were asked to quantify the lifting weights in kilogram (kg.) at 5 levels (floor, knee, knuckle, elbow, and shoulder). The differences between the estimated weights and the true weight were computed.

The results showed that the greatest lift strength was 498.49 N, which was recorded in full reach at knuckle height and 0 degree horizontal angle. Where as the greatest lift strength was found at knuckle height, the minimum lift strength was found at knee height. Among different horizontal angles, lift strength at 0 degree horizontal angle was greatest. Height, reach, and horizontal angle had significant effects on lift strength, muscle activities in left and right erectors, and right trapezius. However, height and distance had highly significant effects on muscle activity in trapezius.

The estimated weight and the true weight were significantly different. However, the estimated weight was less than 1 kg greater than the true weight. Lift strength exertion in full reach at knee height and 0 degree horizontal angle resulted in greater than 70% MVC of all four muscles. Thus, lift force exertion in this posture must be avoided to prevent injuries.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ที่มาของปัญหา.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 แบบการวิจัย.....	5
2.3 ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล และการกำหนดพื้นที่ประชากรตัวอย่าง....	5
2.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	7
3.1 การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ.....	7
3.2 การศึกษาความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน....	8
3.3 การศึกษาระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงยกสถิตย์ ในบริเวณปฏิบัติงาน.....	9
3.4 การศึกษาความสามารถในการประมาณค่าแรงยก.....	11
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	13
4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ.....	13
4.2 ความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน.....	14
4.3 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงยกสถิตย์ ในบริเวณปฏิบัติงาน.....	18

4.4 ความสามารถในการประมาณค่าแรงยก..... 29
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 32
5.1 สรุป..... 32
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 33
5.3 วิธีการนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติ..... 34
บรรณานุกรม..... 35
ภาคผนวก..... 36
ภาคผนวก ก..... 37
ประวัติผู้วิจัย..... 40

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 1 บทนำ..... 1

ตาราง 1.1 จำนวนผู้ประสบอันตรายจากการทำงานในเขตจังหวัดนครราชสีมาในช่วงเดือนมกราคม 2543-กันยายน 2544..... 2

บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง..... 4

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 7

ตาราง 3.1 สัดส่วนร่างกายจำนวน 18 รายการ..... 7

ตาราง 3.2 ท่าทางที่ใช้ในการออกแรงยกจำนวน 30 ท่าทาง..... 8

บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 13

ตาราง 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพจำนวน 20 รายการของผู้ถูกทดสอบ 52 คน..... 13

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หน่วยเป็นนิวตัน)..... 14

ตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการออกแรงยกเมื่อแปลงเป็นค่าลอการิธึมธรรมชาติ..... 15

ตาราง 4.4 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)..... 16

ตาราง 4.5 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)..... 16

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบและระดับความสูงต่าง ๆ..... 17

ตาราง 4.7 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยก ณ มุมต่าง ๆ ในแนวราบ (แถวลบด้วยสดมภ์)..... 18

ตาราง 4.8 ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆในขณะออกแรงยก (คิดเป็นร้อยละของค่าสูงสุด)..... 19

ตาราง 4. 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อแปลงเป็นค่าลอการิธึมธรรมชาติ..... 20

ตาราง 4.10 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่างๆ 20

ตาราง 4.11 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบต่าง ๆ... 21
ตาราง 4.12 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยก ณ มุมต่าง ๆ ในแนวราบ..... 22
ตาราง 4.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเมื่อแปลงเป็นค่าลอการิธึมธรรมชาติ..... 22
ตาราง 4.14 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ..... 23
ตาราง 4.15 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบต่าง ๆ... 24
ตาราง 4.16 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเมื่อออกแรงยก ณ มุมต่าง ๆ ในแนวราบ..... 24
ตาราง 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของทราพีเซียสข้างซ้ายเมื่อแปลงเป็นค่าลอการิธึมธรรมชาติ..... 25
ตาราง 4.18 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ..... 26
ตาราง 4.19 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบต่าง ๆ..... 26
ตาราง 4.20 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายเมื่อออกแรงยก ณ มุมต่าง ๆ ในแนวราบ..... 27
ตาราง 4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของทราพีเซียสข้างขวาเมื่อแปลงเป็นค่าลอการิธึมธรรมชาติ..... 28
ตาราง 4.22 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ..... 28
ตาราง 4.23 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบต่าง ๆ..... 29
ตาราง 4.24 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงยก ณ มุมต่าง ๆ ในแนวราบ..... 29
ตาราง 4.25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุและค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริงที่ผู้ถูกทดสอบยก..... 30
ตาราง 4.26 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุกับค่า

เฉลี่ยน้ำหนักจริงที่ระดับความสูงต่างๆ..... 30
ตาราง 4.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ
น้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริง..... 31
ตาราง 4.28 การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูก
ทดสอบระบุและค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริงที่ระดับความสูงต่างๆ..... 31

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาระบบการผลิตแบบอัตโนมัติเข้ามาใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยระบบอัตโนมัติดังกล่าวได้ช่วยในการปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ในประเทศไทยยังคงต้องอาศัยแรงงานมนุษย์ในการขนย้ายวัตถุหนัก (Manual Materials Handling) เช่น การยกและแบกกระสอบข้าว การลากและดันรถเข็นที่บรรทุกของหลัก ถ้าหากผู้ปฏิบัติงานไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้อย่างสมบูรณ์ ก็ย่อมจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานประสบอันตรายหรือบาดเจ็บได้

การประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานและโรคจากการประกอบอาชีพมีผลต่อผู้ปฏิบัติงานดังนี้

1. สูญเสียเวลาทำงานปกติและขาดรายได้ไปจุนเจือครอบครัว
2. เกิดความเจ็บป่วย พิการ สูญเสียอวัยวะหรืออาจสูญเสียชีวิต
3. ขาดขวัญและกำลังใจการปฏิบัติงาน

ในขณะเดียวกันผลกระทบต่อผู้ประกอบการมีดังนี้

1. เสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ปฏิบัติงาน
2. ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นเนื่องจากต้องเก็บเวลาที่ให้ผู้เจ็บป่วยรักษาตัวและเสียเวลาในการหาพนักงานใหม่มาปฏิบัติแทน
3. เสียชื่อเสียง

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ขีดความสามารถในการปฏิบัติงานของมนุษย์จึงเป็นที่สำคัญและควรนำมาพิจารณาในการออกแบบวิธีการทำงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความปลอดภัย (Das and Black, 2000 ; Das and Ford, 1999) นอกจากนี้ตัวผู้ปฏิบัติงานเองจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบขีดความสามารถในการออกแรงของตนเองและพยายามที่จะไม่ออกแรงเกินค่าดังกล่าวเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น (Das, 1985)

1.2 ที่มาของปัญหา

การใช้แรงงานมนุษย์ในการทำงานหนักอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายของผู้ปฏิบัติงานขึ้นได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและเอ็นตามบริเวณ แขน ขา และลำตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบาดเจ็บบริเวณหลังจากข้อมูลการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานในเขตจังหวัดนครราชสีมา ใน

ช่วยเดือนมกราคม พ.ศ. 2543 – เดือนกันยายน พ.ศ. 2544 (ตารางที่ 1) พบว่า ลักษณะของการประสบอันตรายที่เกี่ยวข้องกับการการออกแรงบกมีดังนี้ 1. วัตถุ/สิ่งของพังทลาย/หล่นทับ 2. ยก/เคลื่อนย้ายของหนัก 3. อาการเจ็บป่วยจากท่าทางทำงาน และ 4. โรคเนื่องจากการทำงาน ซึ่งจำนวนการประสบอันตรายทั้ง 4 ลักษณะนี้คิดเป็นร้อยละ 20.89 ของจำนวนการประสบอันตรายทั้งหมดและส่งผลให้ผู้ประสบอันตรายทำงานไม่ได้ชั่วคราว

ตารางที่ 1.1 จำนวนผู้ประสบอันตรายจากการทำงานในเขตจังหวัดนครราชสีมาในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2543 - กันยายน พ.ศ. 2544 (สำนักงานประกันสังคมจังหวัดนครราชสีมา 2544)

ลักษณะของการประสบอันตราย	จำนวน (ราย)	ร้อยละ
วัตถุ/สิ่งของพังทลาย/หล่นทับ	802	18.50
ยก/เคลื่อนย้ายของหนัก	20	0.46
อาการเจ็บป่วยจากท่าทางทำงาน	72	1.66
โรคเนื่องจากการทำงาน	12	0.28
อื่น ๆ	3,430	79.11
ยอดรวมการประสบอันตราย	4,336	100.00

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.3.1 เพื่อประเมินความสามารถของกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวในการประมาณค่าแรงยกที่ตนเองใช้ในการปฏิบัติงานและนำผลที่ได้ไปใช้ในการหาวิธีป้องกันอันตรายอันเนื่องจากการทำงานหนัก

1.3.2 เพื่อศึกษาค่าภาระงานของกล้ามเนื้อตามบริเวณร่างกายในขณะออกแรงยกในท่าต่าง ๆ และบ่งชี้ท่าทางที่ไม่เหมาะสมและอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานได้

1.3.3 เพื่อสร้างโปรไฟล์ของค่าความสามารถในการออกแรงยกในบริเวณปฏิบัติงาน (Workspace) ของกลุ่มตัวอย่างพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการออกแบบวิธีการทำงานอย่างปลอดภัย

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีผู้ถูกทดสอบจำนวน 52 คน เป็นเพศชายทั้งหมด ผู้ถูกทดสอบเป็นพนักงานโรงงานอุตสาหกรรม หรือเคยปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรม ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่ายืนในขณะทำการวัดค่าความสามารถในการออกแรงยกและค่าภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะปฏิบัติงาน ส่วนการทดลองนั้นดำเนินการภายในห้องปฏิบัติการเออร์กอนอมิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในการวัดภาระงานของกล้ามเนื้อ (Muscle workload) ได้ทำการวัดเฉพาะกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงยกและสามารถวัดภาระงานได้ง่ายจำนวน 4 ชุดที่อยู่ใกล้บริเวณผิวหนัง การวัดความสามารถในการออกแรงยกในการงานวิจัยนี้เป็นการวัดแบบสถิตย์ (Static Strength)

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัยโดยย่อ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลดังนี้ คือ

1.5.1 คุณลักษณะทางกายภาพ

1.5.2 ความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

1.5.3 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

1.5.4 ความสามารถในการประมาณค่าแรงยก

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ และแปลผลที่เกิดขึ้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 นำผลที่ได้มาพัฒนาวิธีการฝึกอบรมผู้ใช้แรงงานให้ทราบถึงวิธีการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับร่างกายของตนเอง

1.6.2 ลดอัตราการบาดเจ็บอันเกิดขึ้นจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม

1.6.3 นำเอาโปรไฟล์ของค่าความสามารถในการออกแรงยกที่ได้นี้มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบวิธีการทำงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความปลอดภัย

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ความสามารถในการออกแรงของมนุษย์ (Human Strength) เป็นความสามารถในการออกแรงสูงสุดเท่าที่มนุษย์จะกระทำได้โดยสมัครใจ (Maximum Voluntary Exertion) การวัดค่าความแข็งแรงจะช่วยให้ทราบถึงขีดความสามารถในการออกแรงในขณะปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการออกแบบวิธีการทำงานของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงานให้เหมาะสมกับผู้ใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบโปรไฟล์ค่าความสามารถในการออกแรง (Strength Profile) ของกลุ่มประชากรดังกล่าว โดยทั่วไปแล้วหากเป็นการปฏิบัติงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ผู้ปฏิบัติงานจะต้องออกแรงไม่เกิน 15% ของค่าความสามารถในการออกแรงสถิตย์ (Static Strength) สูงสุดของผู้ปฏิบัติงานเองในช่วงเวลาดังกล่าว เพื่อป้องกันอันตรายต่อร่างกายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ (Konz, 1995)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความสามารถในการออกแรงของมนุษย์ที่วัดได้มีดังนี้คือ เพศ อายุ ท่าทางในขณะออกแรง ช่วงระยะเวลาและความถี่ในการออกแรง ระยะเวลาพักคั่นระหว่างการออกแรงแต่ละครั้ง เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าแรง คำแนะนำที่ให้แก่ผู้ถูกทดสอบ (Mital and Kumar, 1998) การจูงใจผู้ถูกทดสอบและสภาพแวดล้อมบริเวณที่ทำการทดสอบก็มีผลต่อค่าความแข็งแรงที่วัดได้เช่นกัน (Haslegrave et al., 1997)

นอกเหนือจากการวัดความสามารถในการออกแรงของผู้ปฏิบัติงานแล้ว วิธีการทางจิตกายภาพ (Psychophysical Approach) ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการหาสมรรถนะในการออกแรงยกที่ปลอดภัย และเป็นที่ยอมรับของตัวผู้ปฏิบัติงานเอง (Ayoub, 1992) หลักการของวิธีนี้คือผู้ถูกทดสอบจะทำการปรับระดับของภาระงาน (load) ของตนเองที่กระทำอยู่ เพื่อไม่ให้ภาระงานนั้นมากเกินไป (overexertion) หรือเกิดความล้า (Fatigue) มากจนเกินไปในขณะปฏิบัติงานขนย้ายวัตถุหนัก (e.g. Snook, 1978 ; Liungberg et al., 1982) แต่อย่างไรก็ดีในการใช้วิธีการนี้จำเป็นต้องตั้งสมมุติฐานว่าผู้ถูกทดสอบต้องรู้จักประมาณความสามารถในการออกแรงของตนเองได้เป็นอย่างดี Wiktorin et al.(1996) ได้ทำการศึกษาความสามารถดังกล่าวในกรณีการออกแรงดันและดึงในประเทศสวีเดน โดยผู้ถูกทดสอบเป็นผู้ที่ใช้แรงในการปฏิบัติงานประจำวัน ผลจากการวิจัยพบว่า ความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่าแรงดันและดึงนั้นมีน้อยมาก และคาดว่าความสามารถในการประมาณค่าแรงยกจะแตกต่างออกไปจากการประมาณค่าแรงดึงและดัน

เท่าที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถของประชากรอุตสาหกรรมไทยในการประมาณค่าแรงยกที่ใช้ในขณะการปฏิบัติงานอยู่น้อยมาก นอกจากนี้หากในการทดสอบมีการวัดค่าภาระงานของ

กล้ามเนื้อ (Muscle Workload) ที่เกี่ยวข้องกับการออกแรงโดยวิธีการอิเล็คโตรมัยโอกราฟฟี (Electromyography, EMG) ก็จะทำให้ทราบว่ากล้ามเนื้อดังกล่าวมีโอกาสที่จะได้รับบาดเจ็บมากน้อยเพียงใด (Jongkol, 2000)

2.2 แบบการวิจัย (Research Design)

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยการทดลองย่อย 4 ส่วน ดังนี้

1. การเก็บข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ
2. การวัดความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน
3. การวัดระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน
4. การทดสอบความสามารถในการประมาณค่าแรงยก

2.3 ขั้นตอนและวิธีการในการเก็บข้อมูล การกำหนดพื้นที่ประชากร ตัวอย่าง

ขั้นตอน

1. จัดเตรียมการทดลอง (Experimental Set-up)
2. ทำการทดลองตัวอย่าง (Pilot Study) เพื่อตรวจดูและแก้ไขอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขณะทำการทดลอง
3. คัดเลือกผู้ถูกทดสอบ
4. ทำการทดลองจริง

วิธีการเก็บข้อมูล

1. เก็บข้อมูล อายุ น้ำหนัก และสัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ ในท่ายืนและนั่ง
2. วัดความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์โดยใช้เครื่องมือวัดความสามารถในการออกแรงสถิตย์ โดยผู้ถูกทดสอบจะได้พักอย่างน้อย 2 นาที หลังจากออกแรงยกแต่ละครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้กล้ามเนื้อไม่เกิดความล้าในขณะถูกทดสอบ
3. วัดค่าภาระงานของกล้ามเนื้อต่าง ๆในขณะออกแรงยกสถิตย์โดยเครื่องอิเล็คโตรมัยโอกราฟฟี
4. วัดความสามารถในการประมาณค่าแรงยกของผู้ถูกทดสอบ โดยให้ผู้ถูกทดสอบยกกล่องทึบ 6 ครั้ง โดยแต่ละครั้งที่ยกนั้นน้ำหนักที่ใส่ลงไปในกล่องจะแตกต่างกัน และผู้ถูกทดสอบจะไม่ทราบค่ามาก่อนภายหลังที่ผู้ถูกทดสอบยกกล่องและประมาณค่าน้ำหนักที่ได้ยกไปแล้ว จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างที่ค่าที่ผู้ถูกทดสอบระบุกับค่าน้ำหนักจริง

การกำหนดพื้นที่ประชากรตัวอย่าง

ผู้ถูกทดสอบเป็นผู้อาศัยอยู่ในเขตจังหวัดนครราชสีมา เพศชาย อายุระหว่าง 15-40 ปี และไม่เคยบาดเจ็บตามบริเวณหลัง แขน ขา มือ และลำตัวในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา

2.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

2 ปี (มกราคม 2546 - ธันวาคม 2547)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้กล่าวถึงวิธีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการทดลองย่อยทั้งหมดดังนี้

3.1 การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก
2. เครื่องวัดสัดส่วนร่างกาย

3.1.2 การเก็บข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

คุณลักษณะทางกายภาพประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก และ สัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ จำนวน 18 รายการ รวมทั้งสิ้น 20 รายการ การวัดสัดส่วนร่างกายแบ่งเป็นการวัดในท่ายืน 10 รายการ และวัดในท่ายืน 8 รายการ ตามวิธีการของ Konz (1995) ดังแสดงในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 สัดส่วนร่างกายจำนวน 18 รายการ

รายการสัดส่วนร่างกายที่วัดในท่ายืน	รายการสัดส่วนร่างกายที่วัดในท่านั่ง
1. ความสูง (ซม.)	1. ความสูงระดับข้อศอกขณะนั่ง (ซม.)
2. ความสูงระดับหัวไหล่ (ซม.)	2. ความสูงระดับข้อพับหัวเข่า (ซม.)
3. ความสูงระดับข้อศอก (ซม.)	3. ระยะจากก้นถึงหัวเข่า (ซม.)
4. ความยาวแขนเมื่อเหยียดออกไปด้านหน้า (ซม.)	4. ระยะจากก้นถึงข้อพับหัวเข่า (ซม.)
5. ความกว้างช่วงอก (ซม.)	5. ความยาวแขนท่อนล่าง (ซม.)
6. ความหนาของลำตัวช่วงอก (ซม.)	6. ความหนาของลำตัวช่วงท้อง (ซม.)
7. ความยาวของมือ (ซม.)	7 เส้นรอบวงแขน วัดที่กล้ามเนื้อไบเซ็บ(Biceps) ขณะปล่อยแขนข้างลำตัว (ซม.)
8. ความกว้างของมือที่เมตาคาปาล (Metacarpal) (ซม.)	8 เส้นรอบวงแขน วัดที่กล้ามเนื้อไบเซ็บ(Biceps) ขณะเบ่งกล้าม (ซม.)
9. ความหนาของมือ (ซม.)	
10. ความกว้างของกำมือโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน (ซม.)	

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพทั้ง 20 รายการของผู้ถูกทดสอบทุกคน

3.2 การศึกษาความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องมือวัดแรงสถิตย์

3.2.2 การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

การออกแรงยกนั้นกระทำในท่าทางที่แตกต่างกันจำนวน 30 ท่า ดังแสดงในตารางการทดลอง (ตาราง 3.2) ซึ่งภาพแสดงท่าทางอยู่ในภาคผนวก ก. ท่าทางที่ใช้ในการออกแรงยกในบริเวณปฏิบัติงานมาจากปัจจัยดังนี้

1. ความสูงของจุดที่ออกแรง (ระดับพื้น เข่า ข้อนิ้ว ศอก และไหล่) และระยะทางในแนวราบ (ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน และ ระยะเหยียดแขน)

2. มุมในแนวราบของแขน (0 45 และ 90 องศา) โดย 0 องศาหมายถึงแขนทั้งสองข้างเหยียดไปข้างหน้าโดยกึ่งกลางของลำตัวอยู่ในระนาบแซกกิทัล (Sagittal Plane) 45 องศาหมายถึงลำตัวบิดหันไปทางด้านขวาทำมุม 45 องศากับระนาบแซกกิทัล

ตาราง 3.2 ท่าทางที่ใช้ในการออกแรงยกจำนวน 30 ท่าทาง

ความสูง	ระยะทางในแนวราบ	มุมของแขน		
		0 องศา	45 องศา	90 องศา
พื้น	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน			
พื้น	ระยะเหยียดแขน			
เข่า	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน			
เข่า	ระยะเหยียดแขน			
ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน			
ข้อนิ้ว	ระยะเหยียดแขน			
ศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน			
ศอก	ระยะเหยียดแขน			
ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน			
ไหล่	ระยะเหยียดแขน			

ลำดับท่าทางที่ใช้ในการออกแรงเป็นไปโดยสุ่มทั้ง 30 ลำดับและมีการทำซ้ำ 2 ครั้งในแต่ละท่าทาง ส่วนหลักในการออกแรงยกสถิตย์เป็นดังนี้คือ ให้ผู้ถูกทดสอบใช้มือทั้งสองข้างกำมือจับไว้แล้วจัดท่าทางของผู้ถูกทดสอบให้เป็นไปตามกำหนด (ตาราง 3.2) เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมแล้วจึงให้สัญญาณแก่ผู้ถูกทดสอบโดยการนับ "1 2 3" เมื่อนับถึงสามแล้ว ให้ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงและเพิ่มแรงดัน(หรือลาก)ให้มากที่สุดในช่วง 2 วินาทีแรกโดยไม่เกิดการกระตุก (Jerk) และยังคงออกแรงมากสุดต่อไปอีก 3 วินาที เมื่อเสียงออดสัญญาณดังขึ้น ผู้ถูกทดสอบหยุดออกแรงและนั่งพักอย่างน้อย 2 นาทีก่อนออกแรงครั้งต่อไป ในช่วงการออกแรง 2 วินาทีแรกเป็นช่วงการเพิ่มแรง (Build Up) ส่วนในช่วง 3 วินาทีถัดมาเป็นช่วงที่ค่าแรงที่วัดได้มีความเสถียร (Steady State) จึงนำค่าแรงที่วัดได้ในช่วงนี้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าความสามารถในการออกแรงยกในครั้งนั้นๆ และมีหน่วยเป็นนิวตัน

3.2.3 การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์

1. ทำการวิเคราะห์โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความสามารถในการออกแรงยกทั้งหมดจำนวน 30 ท่าทาง

2. วิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ดังนี้ คือ

2.1 ระดับความสูงของจุดที่ออกแรง (จำนวน 5 ระดับ คือ พื้น เข่า ข้อนิ้ว ข้อศอก และไหล่)

2.2 ระยะทางในแนวราบ (จำนวน 2 ระดับ คือ ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและระยะเหยียดแขน)

2.3 มุมในแนวราบของแขน (จำนวน 3 ระดับ คือ 0 45 และ 90 องศา)

ส่วนตัวแปรตาม คือ ค่าความสามารถในการออกแรงยก หากพบว่าปัจจัยใดมีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงยกอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าพีน้อยกว่า 0.05) ก็ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการออกแรงยกในแต่ละระดับโดยวิธีทูคีย์ (Tukey's Test) รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นแบบ Randomized Complete Block โดยมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อค

3.3 การศึกษาระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรม

2. แผ่นอิเลคโทรด

3.3.2 ตำแหน่งของแผ่นอิเลคโทรด

การวัดระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ชุดในงานวิจัยครั้งนี้ ได้ติดแผ่นอิเลคโทรดบนผิวหนังของผู้ถูกทดสอบตามตำแหน่งต่อไปนี้

กล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีขวา(หรือซ้าย) ติดแผ่นอิเลคโทรด 2 แผ่น ห่างจากกระดูกสันหลังไปทางด้านขวา(หรือซ้าย)ประมาณ 1 นิ้ว โดยให้แผ่นล่างอยู่บริเวณกระดูกหลังส่วนล่างท่อนที่ 4-5 (L4-5) และห่างจากขอบเอวกางเกงของผู้ถูกทดสอบประมาณ 1 นิ้ว จากนั้นติดแผ่นอิเลคโทรดอีกแผ่นหนึ่ง(แผ่นกราวด์)ห่างจาก 2 แผ่นแรกเป็นระยะทางเท่าๆกัน

กล้ามเนื้อทราพีเซียส ติดแผ่นอิเลคโทรด 2 แผ่นบนสะบักขวาในแนวทแยงจากซ้ายขึ้นไปขวา โดยให้แผ่นซ้ายอยู่ห่างจากกระดูกหลังช่วงอกท่อนที่ 3 (T3) ประมาณ 1 นิ้ว ติดแผ่นขวาห่างจากแผ่นซ้ายประมาณ 1 นิ้ว จากนั้นติดแผ่นอิเลคโทรดอีกแผ่นหนึ่ง(แผ่นกราวด์)ห่างจาก 2 แผ่นแรกเป็นระยะทางเท่าๆกัน

3.3.3 การวัดระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

การวัดระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงยกสถิตย์นี้ทำในขณะเดียวกันกับการวัดความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์ทั้งสามสิบท่า จากนั้นนำเอาค่าภาระงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ที่วัดได้ในช่วงเสถียรไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าภาระงานของกล้ามเนื้อในการออกแรงยกในครั้งนั้นๆ จากนั้นนำเอาค่าเฉลี่ยภาระงานของกล้ามเนื้อในการออกแรงยกในครั้งนั้นมาหารด้วยค่าเฉลี่ยภาระงานของกล้ามเนื้อเมื่อกล้ามเนื้อนั้นออกแรงสูงสุด ค่าที่ได้จากวิธีการนอร์มอลไลเซชั่น(Normalization) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ของการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อนั้น (% Maximum Voluntary Contraction, MVC)

3.3.4 การวัดระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อกล้ามเนื้อนั้นออกแรงสูงสุด

การวัดระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อกล้ามเนื้อนั้นออกแรงสูงสุดทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบใช้กล้ามเนื้อนั้นๆออกแรงอย่างสุดความสามารถ ด้วยความสมัครใจของผู้ถูกทดสอบ การออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบนอนคว่ำแล้วแอ่นหลังเพื่อยกลำตัวท่อนบนขึ้นต้านแรงกดจากผู้ทดสอบให้มากที่สุดโดยใช้กล้ามเนื้อหลังเพียงอย่างเดียว ส่วนการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อทราพีเซียสทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่ายืนแล้วยกไหล่ขึ้นต้านแรงกดจากผู้ทดสอบให้มากที่สุด โดยใช้เวลาในการออกแรงให้ถึงขีดความสามารถสูงสุดภายใน 2 วินาที แล้วออกแรงสูงสุดค้างไว้อีก 3 วินาที บันทึกระดับการทำงานของกล้ามเนื้อให้ครบทั้ง 5 วินาทีดังกล่าว (หน่วยเป็นไมโครโวลท์) จากนั้นจึงพัก 2 นาที ก่อนที่จะทำการวัดครั้งถัดไป นำค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อที่วัดได้

ในช่วงวินาทีที่ 3 ถึงวินาทีที่ 5 ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อผู้ถูกทดสอบใช้กล้ามเนื้อดังกล่าวนั้นออกแรงอย่างสุดความสามารถ

3.3.5 การวิเคราะห์ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงยก

1. ทำการวิเคราะห์โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อนั้น ๆ (%MVC)

2. วิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ดังนี้ คือ ระดับความสูงของจุดที่ออกแรง ระยะทางในแนวราบ มุมในแนวราบของแขน และผู้ถูกทดสอบ ตัวแปรตามมี 4 ตัว คือ ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายและขวา และค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายและขวา หากพบว่าปัจจัยใดมีผลต่อความสามารถในการออกแรงยกอย่างมีนัยสำคัญ ก็ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในแต่ละระดับ โดยใช้วิธีทูคีย์ รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นแบบ Randomized Complete Block โดยมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อค

3.4 การศึกษาความสามารถในการประมาณค่าแรงยก

3.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถุงบรรจุทราย
2. กล่องทึบ
3. ตาชั่ง

3.4.2 การเก็บข้อมูลความสามารถในการประมาณค่าแรงยก

การประมาณค่าแรงยกนั้นกระทำที่ระดับความสูงทั้ง 5 ระดับ คือ ระดับพื้น เข่า ข้อนิ้ว ศอก และไหล่ เริ่มการทดลองจากผู้ถูกทดสอบทำการฝึกซ้อมการประมาณค่าน้ำหนักโดยใช้ถุงน้ำหนักที่ทราบค่าจนกระทั่งผู้ถูกทดสอบพอใจ จากนั้นจึงเริ่มการทดลอง โดยการสุ่มระดับความสูงก่อน จากนั้นจึงสุ่มค่าน้ำหนักที่ต้องการทดสอบและตวงทรายให้ได้น้ำหนักตามค่าที่สุ่มมาแล้วนำใส่กล่องทึบโดยไม่ให้ผู้ถูกทดสอบเห็นขั้นตอนการเตรียมการทดลองนี้ จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบยกกล่องน้ำหนักดังกล่าวและประมาณค่าน้ำหนักที่ตนเองยก การทดลองที่แต่ละระดับความสูงนั้นทำซ้ำจำนวน 6 ครั้ง โดยแต่ละซ้ำนั้นใช้ค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน จากนั้นจึงคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบประมาณและค่าน้ำหนักจริง (ค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบประมาณ ลบด้วยค่าน้ำหนักจริง)

3.4.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการประมาณค่าแรงยก

1. ทำการวิเคราะห์โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบประมาณและค่าน้ำหนักจริง

2. วิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีตัวแปรอิสระคือ ระดับความสูงของการยก และตัวแปรตามคือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบประมาณและค่าน้ำหนักจริง หากพบระดับความสูงของการยกมีผลต่อค่าความแตกต่างระหว่างค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบประมาณและค่าน้ำหนักจริงอย่างมีนัยสำคัญ ก็ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความแตกต่างระหว่างค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบประมาณและค่าน้ำหนักจริงที่แต่ละระดับความสูง โดยใช้วิธีทูคีย์ รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นแบบ Randomized Complete Block โดยมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อค

บทที่ 4
ผลการวิจัย

บทนี้เป็นการรายงานผลการแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติพร้อมกับการอภิปรายผลที่เกิดขึ้น โดยแบ่งเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้คือ คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ ความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน และความสามารถในการประมาณค่าแรงยก

4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะของผู้ถูกทดสอบจำนวน 52 คน โดยเฉลี่ยแล้วผู้ถูกทดสอบมีอายุ 29.6 ปี สูง 168.5 เซนติเมตร หนัก 63.6 กิโลกรัม

ตาราง 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพจำนวน 20 รายการ ของผู้ถูกทดสอบ 52 คน

ลำดับที่	รายการ (หน่วย)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	อายุ (ปี)	29.6	9.5
2	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	63.6	12.2
3	ความสูง (เซนติเมตร)	168.5	6.0
4	ความสูงระดับไหล่ (เซนติเมตร)	139.9	5.5
5	ความสูงระดับข้อศอก (เซนติเมตร)	104.4	14.7
6	ความยาวแขน เมื่อเหยียดออกไปด้านหน้า (เซนติเมตร)	82.9	11.2
7	ความกว้างช่วงอก (เซนติเมตร)	28.8	3.0
8	ความหนาของลำตัวช่วงอก (เซนติเมตร)	20.8	2.6
9	ความสูงระดับข้อศอก (เซนติเมตร)	65.3	4.4
10	ความสูงระดับข้อพับหัวเข่า (เซนติเมตร)	45.4	3.7
11	ระยะจากก้นถึงหัวเข่า (เซนติเมตร)	56.2	3.5
12	ระยะจากก้นถึงข้อพับหัวเข่า (เซนติเมตร)	44.1	2.5
13	ความยาวแขนท่อนล่าง (เซนติเมตร)	46.4	2.1
14	ความหนาของลำตัวช่วงท้อง (เซนติเมตร)	20.6	3.3
15	เส้นรอบวงแขน วัดที่ไบเซ็บขณะปล่อยแขน (เซนติเมตร)	27.2	2.6
16	เส้นรอบวงแขน วัดที่ไบเซ็บขณะเบ่งกล้าม (เซนติเมตร)	29.7	2.8
17	ความยาวของมือ (เซนติเมตร)	18.7	0.9
18	ความกว้างของมือวัดที่เมตาคาปาล (เซนติเมตร)	8.4	0.5
19	ความหนาของมือ (เซนติเมตร)	2.9	0.4
20	เส้นผ่านศูนย์กลางด้านในของกำมือ (เซนติเมตร)	4.0	0.5

4.2 ความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

ตาราง 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงานของผู้ถูกทดสอบจำนวน 52 คน และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงยกได้มากสุดเมื่อออกแรงยกที่ระดับข้อนิ้วโดยแขนทั้งสองข้างเหยียดออกและทำมุม 0 องศา ซึ่งค่าเฉลี่ยของแรงยกสูงสุดนี้มีค่าเท่ากับ 498.49 นิวตัน ส่วนค่าเฉลี่ยของแรงยกที่น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 78.03 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ระดับไหล่โดยแขนทั้งสองข้างของผู้ถูกทดสอบเหยียดออกและทำมุม 45 องศา เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงยกที่วัดได้จากการออกแรง โดยให้แขนทำมุมต่าง ๆ พบว่าเมื่อแขนทำมุม 0 องศา ค่าเฉลี่ยของแรงยกมีค่าเท่ากับ 229.02 นิวตัน แต่เมื่อมุมของแขนเพิ่มขึ้นความสามารถในการออกแรงยกลดลง กล่าวคือ มีค่า 194.66 นิวตันเมื่อแขนทำมุม 45 องศา และ 199.05 นิวตันเมื่อแขนทำมุม 90 องศา นอกจากนี้การออกแรงยกที่ระดับเข่าทำให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงได้น้อยกว่าที่ระดับอื่น ๆ ส่วนการออกแรงที่ระดับข้อนิ้วจะทำให้ค่าแรงยกมีค่าสูงสุด

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หน่วยเป็นนิวตัน) เมื่อจำแนกตามท่าทางที่ใช้ในการออกแรง

ระดับความสูง	ระยะทางในแนวราบ	มุมในแนวราบของแขน					
		0 องศา		45 องศา		90 องศา	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน-มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน-มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน-มาตรฐาน
พื้น	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	254.83	127.64	234.86	113.44	222.95	104.37
	ระยะเหยียดแขน	237.94	133.26	237.62	123.29	241.38	122.15
เข่า	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	182.17	87.79	155.24	65.77	149.91	65.34
	ระยะเหยียดแขน	106.10	61.24	100.30	51.19	100.29	56.00
ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	364.62	215.67	303.92	176.93	332.73	202.36
	ระยะเหยียดแขน	498.49	281.19	366.06	193.07	395.31	215.48
ศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	198.27	73.52	165.89	66.60	162.76	56.30
	ระยะเหยียดแขน	98.43	55.87	98.12	58.15	102.64	53.93
ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	266.89	134.60	206.59	101.49	202.20	101.83
	ระยะเหยียดแขน	82.43	41.84	78.03	48.94	80.34	60.11

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการออกแรงยก พบว่าการแจกแจงของข้อมูลดังกล่าวไม่เป็นแบบปกติ (Normal Distribution) จึงทำการแปลงค่าความสามารถในการออกแรงยกให้อยู่ในรูปของค่าลอการิธึมธรรมชาติ (Natural Logarithm) ผลจากการตรวจสอบ

ปรากฏว่าค่าที่ทำการแปลงแล้วมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้น จึงใช้ค่าที่แปลงแล้วเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตาราง 4.3 ความสูง ระยะทาง และมุม มีผลต่อข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01) อันตรกิริยาระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย (Two-Factor Interaction) มีผลต่อข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่อันตรกิริยาระหว่างปัจจัย 3 ปัจจัย (Three-Factor Interaction) ไม่มีผลต่อข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการออกแรงยกเมื่อแปลงเป็นค่าลอการิธึมธรรมชาติ

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ายกกำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
ความสูง	4	540.128	135.032	878.43	0.000**
ระยะทาง	1	121.158	121.158	788.18	0.000**
มุม	2	9.312	4.656	30.29	0.000**
ความสูง * ระยะทาง	4	159.399	39.850	259.24	0.000**
ความสูง * มุม	8	3.602	0.450	2.93	0.003**
ระยะทาง * มุม	2	1.828	0.914	5.94	0.003**
ความสูง * ระยะทาง * มุม	8	2.451	0.306	1.99	0.44
ผู้ถูกทดสอบ	51	500.802	9.820	63.88	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	3,039	467.154	0.154		
ผลรวม	3,119				

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ ความสามารถในการออกแรงยกที่ระดับข้อนิ้วมีค่าสูงสุด และแตกต่างจากที่ระดับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ความสามารถในการออกแรงยกที่ระดับพื้นมีค่าสูงเป็นอันดับสอง และมีค่าแตกต่างจากที่ระดับอื่นอย่างมีนัยยิ่ง ความสามารถในการออกแรงยกที่ระดับเข่า มีค่าต่ำสุดแต่ไม่แตกต่างจากที่ระดับศอกอย่างมีนัยสำคัญ

จากการสังเกตในขณะทำการทดลองนั้นพบว่า เมื่อผู้ถูกทดสอบออกแรงยกในระดับเข่านั้น ผู้ถูกทดสอบต้องใช้แรงจากแขนและไหล่เป็นหลัก ทั้งนี้เกิดจากข้อจำกัดในการใช้กล้ามเนื้อขาเนื่องจากอยู่ในท่านั่งย่อเข่าขณะออกแรง แต่การออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้วนั้นอยู่ในท่ายืน ซึ่งผู้

ถูกทดสอบสามารถใช้ขาและลำตัวเข้าช่วยในการออกแรง ส่วนการออกแรงที่ระดับพื้นนั้นผู้ถูกทดสอบพยายามใช้ลำตัวเข้าช่วยในขณะออกแรงยกในท่านั่ง

ตาราง 4.4 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)

ระดับความสูง	ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยก(นิวตัน)	พื้น	เข่า	ข้อนิ้ว	ศอก	ไหล่
พื้น	238.27	-	+105.9**	-138.6**	+100.6**	+85.5*
เข่า	136.34	-	-	-244.5**	-5.3	-20.4**
ข้อนิ้ว	376.86	-	-	-	+239.2**	+224.1**
ศอก	144.54	-	-	-	-	-15.1
ไหล่	152.75	-	-	-	-	-

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าพีน้อยกว่า 0.05)

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่ระยะครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและที่ระยะเหยียดแขน (ตาราง 4.5) พบว่าค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่ระยะครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนมีค่ามากกว่าความสามารถในการออกแรงยกที่ระยะของระยะเหยียดแขนอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 4.5 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)

ระยะทางในแนวราบ	ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยก (นิวตัน)	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ระยะเหยียดแขน
ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	226.92	-	38.69**
ระยะเหยียดแขน	188.23	-	-

**แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่ระยะครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและที่ระยะเหยียดแขน (ตาราง 4.6) พบว่าค่าความสามารถในการออกแรงที่ระยะทางทั้งสองที่ความสูงระดับพื้นมีค่าไม่แตกต่างกัน ส่วนที่ความสูงระดับเข่า ศอก และไหล่นั้น ค่าความสามารถในการออกแรงที่ระยะครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนมีค่ามากกว่าที่ระยะเหยียดแขน ในขณะที่ความสูงระดับข้อนิ้วนั้น ค่าความสามารถในการออกแรงที่ระยะเหยียดแขนมีค่ามากกว่าที่ระยะครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน ผลดังกล่าวอาจเกิดขึ้นจากท่าทางที่ใช้ในการออกแรง ซึ่งการออกแรงในระยะครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนที่ระดับเข่า ศอก และ ไหล่ และการออกแรงในระยะเหยียดแขนที่ระดับข้อนิ้วนั้น ผู้ถูกทดสอบได้งอข้อศอกเพื่อช่วยในการออกแรง จึงส่งผลกล้ามเนื้อแขนท่อนบน เช่น ไบเซ็บ ช่วยออกแรงยกได้มากขึ้นตามหลักความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงและความยาวของกล้ามเนื้อ (Muscle Length-Tension Relationship)

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบและระดับความสูงต่างๆ

ระดับความสูง	ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่ระยะทางต่างๆ (นิวตัน)	
	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ระยะเหยียดแขน
พื้น	237.55	238.90
เข่า	162.44	102.20
ข้อนิ้ว	333.76	419.95
ศอก	175.64	99.73
ไหล่	225.23	152.75

ผลจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยกที่มุมต่าง ๆ (ตาราง 4.7) พบว่า ความสามารถในการออกแรงยกที่มุม 0 องศา มีค่ามากกว่าที่ 45 และ 90 องศา และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนความสามารถในการออกแรงที่มุม 45 และ 90 องศานั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงเห็นได้ว่าความสามารถในการออกแรงยกมีค่าลดลงเมื่อผู้ถูกทดสอบต้องบิดลำตัวมาทางขวามากขึ้นในขณะออกแรง อันน่าจะเป็นผลมาจากข้อจำกัดในการใช้ลำตัวเข้าช่วยในการออกแรง กล่าวคือเมื่อผู้ถูกทดสอบออกแรงยกที่บริเวณด้านหน้าของลำตัว (0 องศา) ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงได้ดี แต่เมื่อออกแรงบริเวณด้านขวาของลำตัว (45 และ 90 องศา)แขนทั้งสองข้างจะอยู่ทางด้านข้างของลำตัว ทำให้ไม่สามารถใช้กล้ามเนื้อบริเวณลำตัวช่วยได้มาก ต้องใช้แรงจากกล้ามเนื้อแขนเป็นหลัก

ตาราง 4.7 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยก ณ มุมต่าง ๆ ในแนวราบ (แถวลบด้วยสดมภ์)

มุม (องศา)	ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงยก (นิวตัน)	0 องศา	45 องศา	90 องศา
0	229.02	-	34.35**	29.97**
45	194.66	-	-	4.39
90	199.05	-	-	-

**แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อต่าง ๆ ในขณะออกแรงยก

ตาราง 4.8 แสดงค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายและข้างขวาในขณะออกแรงยกสูงสุด ค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายมีค่ามากที่สุด (76.88 % ของค่าสูงสุด)เมื่อออกแรงยกที่ระดับพื้นในระยะเหยียดแขนโดยให้แขนทำมุม 0 องศา ส่วนค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดนี้มีค่าต่ำที่สุด (15.41 % ของค่าสูงสุด)เมื่อออกแรงยกที่ระดับศอกในระยะครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนโดยให้แขนทำมุม 90 องศา ค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างขวามีค่าสูงสุด (94.14 % ของค่าสูงสุด)เมื่อออกแรงยกที่ความสูงระดับพื้นในระยะครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนโดยให้แขนทำมุม 0 องศา ในขณะที่ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดดังกล่าวมีค่าต่ำสุด (42.09 % ของค่าสูงสุด)เมื่อออกแรงยกที่ความสูงระดับข้อนิ้วในระยะครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนโดยให้แขนทำมุม 0 องศา เมื่อมุมของแขนในแนวราบเพิ่มขึ้น ค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายมีค่าลดลงในขณะที่ค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างขวามีค่าเพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ชุดพบว่าการแจกแจงของข้อมูลไม่เป็นแบบปกติเช่นเดียวกันกับค่าความสามารถในการออกแรงยก จึงทำการแปลงค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อให้อยู่ในรูปของค่าลอการิธึมธรรมชาติ ซึ่งค่าที่ทำการแปลงแล้วมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้น จึงใช้ค่าที่แปลงแล้วเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายดังแสดงในตาราง 4.9 ความสูง ระยะทาง และมุม มีผลต่อข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01) อันตรกิริยาระหว่างความสูงและระยะทางมีผลต่อข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01) ส่วนอันตรกิริยาอื่นๆไม่มีผลต่อข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 4.8 ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆในขณะออกแรงยก (คิดเป็นร้อยละของค่าสูงสุด)

ระดับความสูง	ระยะทาง	มุม	อิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย	อิเรคเตอร์สไปนีข้างขวา	ทราพีเซียสข้างซ้าย	ทราพีเซียสข้างขวา
พื้น	ครึ่งหนึ่งของระยะ-เหยียดแขน	0	73.33	70.1	35.7	41.61
		45	44.83	80.06	34.4	46.69
		90	28.41	89.81	37.05	29.98
	ระยะเหยียดแขน	0	76.88	75.96	61.65	72.71
		45	50.68	80.58	59.08	55.83
		90	42.47	81.66	38.39	44.46
เข่า	ครึ่งหนึ่งของระยะ-เหยียดแขน	0	71.03	74.06	48.43	57.71
		45	59.96	80.68	48.96	55.55
		90	44.17	82.93	42.65	50.73
	ระยะเหยียดแขน	0	74.4	76.76	74.78	84.9
		45	57.45	79.24	55.72	77.61
		90	38.62	94.14	55.39	66.56
ข้อมือ	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	0	50	42.09	37.01	54.68
		45	35.67	50.53	55.38	58.12
		90	20.54	56.56	65.66	45.34
	ระยะเหยียดแขน	0	52.25	44.58	49.62	62.58
		45	38.63	57.89	50.98	53.46
		90	25.13	66.52	66.83	54.77
ศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	0	50.4	46.94	39.61	50.16
		45	24.16	56.53	43.19	39.73
		90	15.41	57.84	42.27	36.99
	ระยะเหยียดแขน	0	60.58	59.28	59.06	80.79
		45	41.15	65.19	48.88	69.18
		90	22.8	67.7	54.01	68.26
ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	0	58.37	52.22	42.7	49.41
		45	44.22	62.66	41.28	49.76
		90	22.72	68.21	45.97	43.36
	ระยะเหยียดแขน	0	70.47	62.07	72.59	95.48
		45	50	75.11	56.41	84.34
		90	20.23	79.67	52.64	70.97

ตาราง 4. 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อแปลงเป็นค่าลอการิธึมธรรมชาติ

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ายกกำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
ความสูง	4	2.839	0.709	14.23	0.000**
ระยะทาง	1	0.274	0.274	5.5	0.020*
มุม	2	8.466	4.233	84.88	0.000**
ความสูง * ระยะทาง	4	7.192	1.199	24.03	0.000**
ความสูง * มุม	8	0.221	0.055	1.11	0.353
ระยะทาง * มุม	2	0.337	0.042	0.84	0.564
ความสูง * ระยะทาง * มุม	8	0.019	0.009	0.2	0.82
ผู้ถูกทดสอบ	8	0.152	0.019	0.38	0.930
ความคลาดเคลื่อน	367	18.302	0.049		
ผลรวม	402				

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ (ตาราง 4.10) พบว่า ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระดับเข่าแตกต่างจากระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดเดียวกันนี้ที่ระดับข้อนิ้ว ศอก และไหล่อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่ไม่แตกต่างจากระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดเดียวกันนี้ที่ระดับพื้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระดับข้อนิ้ว ศอก และ ไหล่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 4.10 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)

ระดับความสูง	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	พื้น	เข่า	ข้อนิ้ว	ศอก	ไหล่
พื้น	52.75	-	-4.936	15.716**	12.276**	8.413
เข่า	57.686	-	-	20.652**	17.212**	13.349**
ข้อนิ้ว	37.034	-	-	-	-3.44	-7.303
ศอก	40.474	-	-	-	-	-3.863
ไหล่	44.337	-	-	-	-	-

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

จากการทดลองพบว่าในขณะออกแรงที่ความสูงระดับพื้นและเข่านั้น ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่งย่อเข่า ไม่สามารถใช้กล้ามเนื้อขาช่วยออกแรงได้อย่างเต็มที่ จึงต้องอาศัยแรงจากกล้ามเนื้อหลัง แต่ในขณะที่ออกแรงยกที่ความสูงระดับข้อนิ้ว ศอก และไหล่ ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่ายืน จึงสามารถใช้กล้ามเนื้อขาช่วยในการออกแรง

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระยะทางต่าง ๆ (ตาราง 4.11) พบว่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระยะเหยียดแขนมีค่าสูงกว่าเมื่อออกแรงยกที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดนี้ที่ระยะทางต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลที่เกิดขึ้นนี้อาจเนื่องมาจากการออกแรงยกเมื่อจุดออกแรงอยู่ห่างจากลำตัวนั้นทำให้กล้ามเนื้อหลังต้องทำงานมากขึ้นเพื่อช่วยในการออกแรงและคงท่าทางที่ใช้ในการออกแรงไว้

ตาราง 4.11 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)

ระยะทางในแนวราบ	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ระยะเหยียดแขน
ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	42.92	-	-5.115*
ระยะเหยียดแขน	48.035	-	-

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าพีน้อยกว่า 0.05)

ตาราง 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยก ณ มุม 0 45 และ 90 องศา ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยก ณ มุมต่างๆมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ ณ มุม 0 องศามีค่าสูงที่สุด และ ณ มุม 90 องศามีค่าต่ำที่สุด จะเห็นได้ว่าเมื่อค่ามุมเพิ่มขึ้น (ออกแรงโดยบิดลำตัวไปทางด้านขวามือมากขึ้น) การทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายจะลดลง เนื่องจาก กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลักในการบิดลำตัวไปด้านขวานั้นคืออิเรคเตอร์สไปนีข้างขวา ซึ่งจะทำงานหนักมากขึ้นเมื่อมีการออกแรงและบิดลำตัวไปทางขวามากขึ้น

ตาราง 4.12 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเมื่อออกแรงยก ณ มุมต่าง ๆ ในแนวราบ (แถวลบด้วยสดมภ์)

มุม (องศา)	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	0 องศา	45 องศา	90 องศา
0	63.7	-	19.3**	35.6**
45	44.4	-	-	16.3**
90	28.1	-	-	-

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างขวา (ตาราง 4.13) พบว่า ความสูง ระยะทาง มุม อันตรกิริยาระหว่างความสูงและระยะทาง มีผลต่อค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนปัจจัยอื่นๆไม่มีผลต่อค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างขวา อย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 4.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเมื่อแปลงเป็นค่าลอการิธึมธรรมชาติ

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ายกกำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
ความสูง	4	4.786	1.196	27.53	0.000**
ระยะทาง	1	0.372	0.372	8.55	0.004**
มุม	2	1.302	0.651	14.98	0.000**
ความสูง * ระยะทาง	4	18.679	3.113	71.64	0.000**
ความสูง * มุม	8	0.222	0.056	1.28	0.278
ระยะทาง * มุม	2	0.043	0.005	0.12	0.998
ความสูง * ระยะทาง * มุม	8	0.002	0.001	0.03	0.97
ผู้ถูกทดสอบ	8	0.161	0.020	0.46	0.881
ความคลาดเคลื่อน	367	15.949	0.043		
ผลรวม	402				

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าพีน้อยกว่า 0.05)

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 4.14 พบว่า ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระดับพื้นและเข่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่แตกต่างจากระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดเดียวกันนี้ที่ระดับข้อนิ้ว ศอก และไหล่อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตาราง 4.14 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)

ระดับความสูง	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	พื้น	เข่า	ข้อนิ้ว	ศอก	ไหล่
พื้น	79.727	-	-1.436	26.7**	20.94**	13.074**
เข่า	81.163	-	-	28.136**	22.376**	14.51**
ข้อนิ้ว	53.027	-	-	-	-5.76	-13.626**
ศอก	58.787	-	-	-	-	-7.866
ไหล่	66.653	-	-	-	-	-

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระยะเหยียดแขนและที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดนี้เมื่อออกแรงในระยะเหยียดแขนมีค่าสูงกว่าเมื่อออกแรงที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน (ตาราง 4.15) และเมื่อออกแรงที่ระยะทางแตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดนี้เมื่อออกแรงยกในมุมต่างๆนั้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดนี้มีค่าสูงสุดเมื่อออกแรงในมุม90 องศา (ตาราง 4.16) และมีค่าต่ำสุดเมื่อออกแรงในมุม 0 องศา ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดนี้เมื่อออกแรงในมุม 0 องศาแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดเดียวกันเมื่อออกแรงในมุม 45 และ 90 องศาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้สอดคล้องกับผลที่เกิดขึ้นกับกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย

ตาราง 4.15 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)

ระยะทางในแนวราบ	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ระยะเหยียดแขน
ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	64.843	-	-6.08**
ระยะเหยียดแขน	70.923	-	-

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.16 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเมื่อออกแรงยก ณ มุมต่าง ๆ ในแนวราบ (แถวลบด้วยสดมภ์)

มุม (องศา)	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	0 องศา	45 องศา	90 องศา
0	60.37	-	-8.24**	-14.15**
45	68.61	-	-	-5.91
90	74.52	-	-	-

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของทราพีเซียสข้างซ้าย (ตาราง 4.17) ปรากฏว่า ความสูง ระยะทาง อันตรกิริยาระหว่างความสูงและระยะทาง อันตรกิริยาระหว่างระยะทางและมุม และอันตรกิริยาระหว่างความสูง ระยะทางและมุมมีผลต่อค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตาราง 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของทราพีเซียสข้างซ้ายเมื่อแปลงเป็นค่าลอการิธึมธรรมชาติ

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ายกกำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
ความสูง	4	0.613	0.153	3.83	0.005**
ระยะทาง	1	1.691	1.691	42.23	0.000**
มุม	2	0.054	0.027	0.67	0.512
ความสูง * ระยะทาง	4	8.256	1.376	34.36	0.000**
ความสูง * มุม	8	0.279	0.069	1.74	0.140
ระยะทาง * มุม	2	1.119	0.139	3.49	0.001**
ความสูง * ระยะทาง * มุม	8	0.544	0.272	6.79	0.001**
ผู้ถูกทดสอบ	8	0.225	0.028	0.7	0.690
ความคลาดเคลื่อน	367	14.698	0.04		
ผลรวม	402				

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าพีน้อยกว่า 0.05)

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่างๆ (ตาราง 4.18) พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระดับข้อนิ้วมีค่าสูงสุด และเมื่อออกแรงยกที่ระดับพื้นมีค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดดังกล่าวเมื่อออกแรงยกที่ระดับพื้นมีค่าแตกต่างจากเมื่อออกแรงที่ระดับเข่าและข้อนิ้วอย่างมีนัยสำคัญ ความแตกต่างดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากลักษณะการออกแรง กล่าวคือ การออกแรงยกในระดับพื้นนั้นผู้ถูกทดสอบสามารถใช้ลำตัวและหลังส่วนล่างช่วยได้ แต่การออกแรงยกที่ระดับเข่าผู้ถูกทดสอบใช้ไหล่และหลังส่วนบนมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาออกแรงในระยะเหยียดแขน ซึ่งผู้ถูกทดสอบพยายามยกไหล่ขึ้นในขณะออกแรง ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระยะเหยียดแขนมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน(ตาราง 4.19) โดยค่าทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดนี้เมื่อออกแรงที่ระยะเหยียดแขนมีค่าสูงกว่าเมื่อออกแรงที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน เนื่องจากกล้ามเนื้อทราพีเซียสมีการทำงานเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้บริเวณหัวไหล่มีความเสถียรมากขึ้น

ตาราง 4.18 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)

ระดับความสูง	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	พื้น	เข่า	ข้อนิ้ว	ศอก	ไหล่
พื้น	44.384	-	-9.527*	-9.861*	-3.301	-7.548
เข่า	53.911	-	-	-0.334	6.226	1.979
ข้อนิ้ว	54.245	-	-	-	6.56	2.313
ศอก	47.685	-	-	-	-	-4.247
ไหล่	51.932	-	-	-	-	-

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าพีน้อยกว่า 0.05)

ตาราง 4.19 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายเมื่อออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)

ระยะทางในแนวราบ	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ระยะเหยียดแขน
ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	43.948	-	-12.91**
ระยะเหยียดแขน	56.858	-	-

**แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.20 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงที่มุม 0 องศามีค่าสูงที่สุด และเมื่อออกแรงที่มุม 90 องศามีค่าต่ำสุด แต่ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดนี้ที่มุม 0 45 และ 90 องศามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 4.20 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายเมื่อออกแรงยก ณ มุมต่าง ๆ ในแนวราบ (แถวลบด้วยสดมภ์)

มุม (องศา)	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	0 องศา	45 องศา	90 องศา
0	52.027	-	2.761	2.316
45	49.266	-	-	-0.445
90	49.711	-	-	-

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของทราพีเซียสข้างขวา (ตาราง 4.21) ปรากฏว่า ความสูง ระยะทาง มุม อันตรกิริยาระหว่างความสูงและระยะทาง อันตรกิริยาระหว่างความสูงและมุม มีผลต่อค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่างๆ (ตาราง 4.22) พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระดับไหล่มีค่าสูงสุดและเมื่อออกแรงยกที่ระดับพื้นมีค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อชุดดังกล่าวเมื่อออกแรงยกที่ระดับไหล่ เข่า และศอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่แตกต่างจากระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อออกแรงที่ระดับพื้นและข้อนิ้วอย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงที่ระดับพื้นแตกต่างจากที่ระดับเข่าอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกับกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้าย ส่วนระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระยะทางต่างๆนั้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้าย กล่าวคือ ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระยะเหยียดแขนมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน(ตาราง 4.23) โดยค่าทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่มุมต่างๆมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวามีค่าสูงสุดเมื่อออกแรงในมุม 0 องศา และมีค่าต่ำสุดเมื่อออกแรงในมุม 90 องศา

ตาราง 4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของทราพีเซียสข้างขวาเมื่อแปลงเป็นค่าลอการิธึมธรรมชาติ

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ายกกำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
ความสูง	4	2.039	0.509	13.68	0.000**
ระยะทาง	1	5.095	5.095	136.76	0.000**
มุม	2	1.25	0.625	16.78	0.000**
ความสูง * ระยะทาง	4	24.919	4.153	111.49	0.000**
ความสูง * มุม	8	1.443	0.361	9.69	0.000**
ระยะทาง * มุม	2	0.186	0.023	0.62	0.759
ความสูง * ระยะทาง * มุม	8	0.214	0.107	2.88	0.06
ผู้ถูกทดสอบ	8	0.176	0.022	0.59	0.785
ความคลาดเคลื่อน	367	13.671	0.037		
ผลรวม	402				

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าพีน้อยกว่า 0.05)

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.22 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระดับความสูงต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)

ระดับความสูง	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	พื้น	เข่า	ข้อนิ้ว	ศอก	ไหล่
พื้น	48.682	-	-16.174**	-6.142	-8.437*	-16.902**
เข่า	64.856	-	-	10.026**	10.032**	-0.698
ข้อนิ้ว	54.824	-	-	-	-2.295	-10.73**
ศอก	57.119	-	-	-	-	-8.435
ไหล่	65.554	-	-	-	-	-

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.23 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงยกที่ระยะทางในแนวราบต่าง ๆ (แถวลบด้วยสดมภ์)

ระยะทางในแนวราบ	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ระยะเหยียดแขน
ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	47.346	-	-21.811**
ระยะเหยียดแขน	69.157	-	-

**แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.24 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาเมื่อออกแรงยก ณ มุมต่าง ๆ ในแนวราบ (แถวลบด้วยสดมภ์)

มุม (องศา)	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด)	0 องศา	45 องศา	90 องศา
0	64.913	-	6.134*	14.339**
45	58.779	-	-	8.205**
90	50.574	-	-	-

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าพีน้อยกว่า 0.05)

4.4 ความสามารถในการประมาณค่าแรงยก

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุและค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริงที่ผู้ถูกทดสอบยกนั้น (ตาราง 4.25) พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริงที่ผู้ถูกทดสอบยก ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุและค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริงที่ผู้ถูกทดสอบยกนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพี = 0.000) ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุและค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริงที่ผู้ถูกทดสอบยกเท่ากับ 0.256-0.704 กิโลกรัม

ตาราง 4.25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุและค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริงที่ผู้ถูกทดสอบยก

ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุ (กิโลกรัม)	22.068
ค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริง (กิโลกรัม)	21.588
ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุ กับค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริง	0.480

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุและค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริงที่ผู้ถูกทดสอบยกดังแสดงในตาราง 4.26 นั้น พบว่าค่าความแตกต่างดังกล่าวที่ความสูงระดับพื้นมีค่าสูงสุด (0.967) และค่าความแตกต่างดังกล่าวที่ความสูงระดับไหล่มีค่าต่ำสุด (-0.046) โดยค่าความแตกต่างดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผู้ถูกทดสอบมีแนวโน้มที่จะประมาณค่าน้ำหนักมากกว่าความเป็นจริงเมื่อยกในระดับต่ำ และจะประมาณค่าน้ำหนักน้อยกว่าความเป็นจริงเพียงเล็กน้อยเมื่อยกในระดับสูง

ตาราง 4.26 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริงที่ระดับความสูงต่างๆ

ระดับความสูง	ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุ กับค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริง
พื้น	0.967
เข่า	0.615
ข้อนิ้ว	0.664
ศอก	0.24
ไหล่	-0.046

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตาราง 4.27)พบว่าความสูงมีผลต่อค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุและค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริงอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความแตกต่างดังกล่าวที่ระดับพื้นและระดับไหล่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 4.28) และจากตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าผู้ถูกทดสอบเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญยิ่งต่อค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุและค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริง ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าผู้ถูกทดสอบแต่ละคนมีความสามารถในการประมาณค่าน้ำหนักแตกต่างกัน

ตาราง 4.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริง

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ายกกำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ายกกำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
ความสูง	4	231.06	57.76	2.76	0.027*
ผู้ถูกทดสอบ	52	5540.24	106.540	5.09	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	1,798	37655.86	20.94		
ผลรวม	1,854	43427.16			

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าพีน้อยกว่า 0.05)

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตาราง 4.28 การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุและค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริงที่ระดับความสูงต่างๆ

ระดับความสูง	ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุ กับค่าเฉลี่ยน้ำหนักจริง	พื้น	เข่า	ข้อนิ้ว	ศอก	ไหล่
พื้น	0.967	-	0.352	0.303	0.727	1.013*
เข่า	0.615	-	-	-0.049	0.375	0.71
ข้อนิ้ว	0.664	-	-	-	0.424	0.71
ศอก	0.24	-	-	-	-	0.286
ไหล่	-0.046	-	-	-	-	-

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าพีน้อยกว่า 0.05)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ 1) เพื่อประเมินความสามารถของกลุ่มตัวอย่างในการประมาณค่าแรงยกที่ตนเองใช้ในการปฏิบัติงาน และนำผลที่ได้ไปใช้ในการหาวิธีป้องกันอันตรายอันเนื่องจากการทำงานหนัก 2) เพื่อศึกษาค่าภาระงานของกล้ามเนื้อตามบริเวณร่างกายในขณะออกแรงยกในท่าต่างๆและบ่งชี้ท่าทางที่ไม่เหมาะสมและอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานได้ และ 3) เพื่อสร้างโปรไฟล์ของค่าความสามารถในการออกแรงยกในบริเวณปฏิบัติงานของกลุ่มตัวอย่างพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการออกแบบวิธีการทำงานอย่างปลอดภัย งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดลองภายในห้องปฏิบัติการการยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อเก็บข้อมูลดังนี้คือ 1) สัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักและเครื่องวัดสัดส่วนร่างกาย 2) ความสามารถในการออกแรงยกและภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรง โดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิตย์และเครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรม และ 3) ความสามารถในการประมาณค่าแรงยก โดยใช้กล่องทึบและถุงน้ำหนัก

ผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 52 คน เป็นเพศชายและมีประสบการณ์การทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงนั้นกระทำที่ระดับความสูง 5 ระดับดังนี้คือ ระดับพื้น เข่า ข้อนิ้ว ศอก และไหล่ โดยใช้หน่วยวัดแรงเป็นนิวตัน ส่วนการเก็บข้อมูลภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงยกนั้นเป็นการวัดภาระงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายและขวา ทราพีเซียสข้างซ้ายและขวา ค่าภาระงานของกล้ามเนื้อมีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ของการออกแรงสูงสุด การเก็บข้อมูลความสามารถในการประมาณค่าแรงยกที่ได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบยกกล่องทึบที่บรรจุถุงน้ำหนักที่ความสูงทั้ง 5 ระดับ คือ พื้น เข่า ข้อนิ้ว ศอก และไหล่ ค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบประมาณภายหลังจากยกมีหน่วยเป็นกิโลกรัม หลังจากนั้นนำข้อมูลความสามารถในการออกแรงยกและภาระงานของกล้ามเนื้อไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีปัจจัย 3 ปัจจัยคือ ความสูงของจุดที่ออกแรง ระยะทางของจุดที่ออกแรง และมุมในแนวราบของแขน ส่วนค่าของน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบได้ระบุภายหลังจากการยกกล่องน้ำหนักนั้น จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักที่แท้จริงโดยการทำการทดสอบแบบที (t-test) ผลที่ได้จากการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. ผู้ถูกทดสอบจำนวน 52 คน มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 29.6 ปี ความสูงเฉลี่ย 168.5 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 63.6 กิโลกรัม

2. ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงได้สูงสุดถึง 498.49 นิวตัน ที่ความสูงระดับข้อนิ้วในระยะเหยียดแขนโดยแขนทำมุม 0 องศาในแนวราบ การออกแรงที่ระดับข้อนิ้วทำให้ค่าความสามารถในการออกแรงยกมีค่าสูงสุด ส่วนที่ระดับเข่านั้น ทำให้ค่าความสามารถในการออกแรงน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงยกที่วัดได้จากการออกแรงเมื่อแขนทำมุมต่าง ๆ พบว่าเมื่อแขนทำมุม 0 องศา ทำให้ค่าเฉลี่ยของแรงยกมีค่าสูงสุด แต่เมื่อมุมของแขนมีค่าเพิ่มขึ้นกลับทำให้ค่าความสามารถในการออกแรงยกลดลง

3. ระดับการทำงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายมีค่าสูงสุดเท่ากับ 57.686 %MVC (Maximum Voluntary Contraction) ที่ความสูงระดับเข่า ในขณะที่ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างขวา มีค่าสูงสุดเท่ากับ 81.163 %MVC ส่วนกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายนั้นมีค่าสูงสุดเท่ากับ 53.915 %MVC ที่ระดับเข่า ส่วนกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวานั้นมีค่าสูงสุดเท่ากับ 65.554 %MVC ที่ระดับไหล่

4. ความสูง ระยะทาง และมุมมีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงยก ค่าภาระงานของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายและขวา และค่าภาระงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างขวาอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนค่าภาระงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายนั้นพบว่าความสูงและระยะทางเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญยิ่ง

5. ค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุนั้นแตกต่างจากค่าน้ำหนักจริง โดยค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุมีค่ามากกว่าน้ำหนักจริงไม่ถึง 1 กิโลกรัม ที่ระดับพื้น เข่า ข้อนิ้ว และศอก ส่วนที่ความสูงระดับไหล่นั้นค่าน้ำหนักที่ผู้ถูกทดสอบระบุมากกว่าค่าน้ำหนักจริงอยู่เพียงเล็กน้อย (0.04 กิโลกรัม)

6. การออกแรงยกสูงสุดที่ระดับเข่าในระยะเหยียดแขน โดยให้แขนทำมุม 0 องศานั้นจะทำให้ภาระงานโดยเฉลี่ยของกล้ามเนื้ออิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายและขวา และกล้ามเนื้อทราพีเซียสข้างซ้ายและขวามีค่าสูงสุด (สูงกว่า 70%MVC) ดังนั้นการออกแรงในท่าทางดังกล่าวจะต้องมีความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.ในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการศึกษาความสามารถในการออกแรงยกของผู้หญิง เนื่องจากมีพนักงานหญิงจำนวนไม่น้อยที่ต้องออกแรงในขณะปฏิบัติงาน นอกจากนี้ควรขยายขอบเขตของอาชีพของผู้ถูกทดสอบให้กว้างขึ้น เช่น พนักงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง พยาบาล เนื่องจากอาชีพดังกล่าวต้องออกแรงในขณะปฏิบัติงาน

2. งานวิจัยควรศึกษาความสามารถในการออกแรงแบบพลวัตแล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับความสามารถแบบสถิตย์ ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานยกเป็นลักษณะการทำงานแบบพลวัต

5.3 วิธีการนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติ

1. ในการออกแรงยกนั้นควรออกแรงโดยให้วัตถุที่ยกนั้นอยู่ใกล้กับลำตัวให้มากที่สุด เนื่องจากการออกแรงเมื่อวัตถุที่ยกอยู่ใกล้กับลำตัวนั้นจะทำให้กล้ามเนื้อหลังและไหล่เกิดภาระงานน้อยกว่า ซึ่งจะส่งผลให้ความเสี่ยงในการได้รับบาดเจ็บนั้นน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการออกแรงเมื่อวัตถุที่ยกอยู่ห่างจากลำตัว

2. การออกแรงยกที่ระดับพื้นและเข่าจะทำให้เกิดภาระงานแก่กล้ามเนื้อหลังส่วนล่างมากกว่าการออกแรงที่ระดับไหล่ ในขณะที่การออกแรงยกที่ระดับพื้นทำให้เกิดภาระงานแก่กล้ามเนื้อไหล่น้อยกว่าการออกแรงยกที่ระดับไหล่ ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบการทำงานควรพิจารณาการออกแบบลักษณะงานยกที่ระดับต่างๆให้เหมาะสมแก่ผู้ปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันการบาดเจ็บอันเนื่องจากการทำงาน

3. วิธีการทดลองที่ใช้ในงานวิจัยนี้ระบุให้ผู้ถูกทดสอบได้ลองซ้อมยกน้ำหนักที่ทราบค่าได้ก่อนเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้แก่ผู้ถูกทดสอบอย่างเสมอภาค โดยน้ำหนักที่ยกในขณะที่ซ้อมแตกต่างจากน้ำหนักที่ยกในขณะทำการทดลอง แต่ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า เมื่อทำการยกน้ำหนักผู้ถูกทดสอบสามารถระบุค่าน้ำหนักได้ใกล้เคียงกับน้ำหนักจริง ดังนั้นการฝึกการประมาณค่าแรงที่ใช้ในการยกเป็นสิ่งที่ควรนำไปใช้ในภาคปฏิบัติในงานอุตสาหกรรม เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานหลีกเลี่ยงการออกแรงยกน้ำหนักที่มากเกินความสามารถของตนเอง

บรรณานุกรม

ประกันสังคมจังหวัดนครราชสีมา, สำนักงาน. (2544). สถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2543 – กันยายน พ.ศ. 2544. นครราชสีมา.

Ayoub, M.M. (1992). Problems and Solutions in manual material handing : the state of the art. Ergonomics. 30. 7/8.713-728.

Das, B. (1985). The assessment of the manual materials handling problem. In Proceeding of the 18th Annual Conference of HFAC, Human Factors Association of Canada. 63-66.

Das, B. and Black, N.L. (2000). Isometric pull and push strengths of paraplegic in the workspace : 1. Strength measurement profiles. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 6.1. 47-65.

Das, B. and Forde, M. (1999). Isometric push-up and pull-down strengths of paraplegics in the workspace : 1. Strength measurement profiles. Journal of Occupational Rehabilitation. 9. 4. 279-291.

Haslegrave, C.M., Tracy, M.F., and Corlett, E.N.(1997), Force exertion in awkward working postures – strength capability while twisting or working everhead. Ergonomics. 40.12. 1335-1362.

Jongkol, P. 2000. Measurement an evaluation isometric and isokinetic strengths in workspace. Unpublished Ph.D. Dissertation. Department of Industrial Engineering, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada.

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

Ljungberg, A.S., Gamberale, F. and Kilbom, A. (1982). Horizontal lifting-physiological and psychological responses. Ergonomics. 25. 741-757.

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.

Snook, S. (1978). The design of manual handling tasks. Ergonomics. 21. 1531-1540.

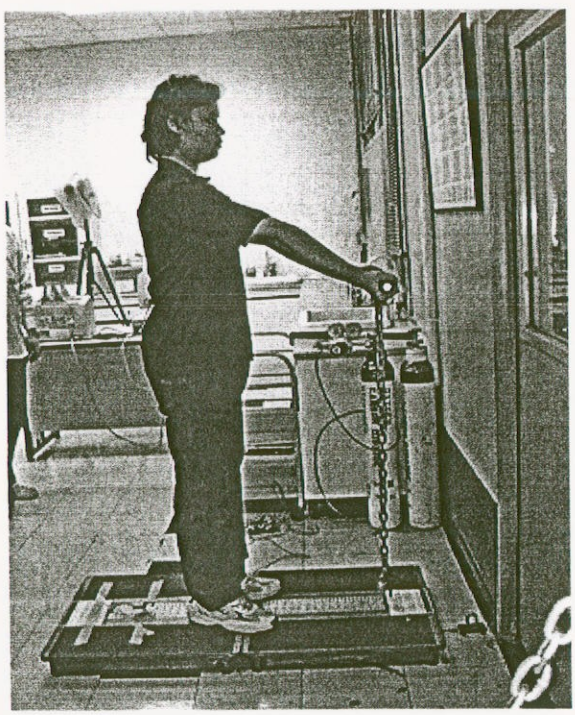
Wiktorin, C., Selin, K., Ekvenvall, L., Kilbom, A., and Alfredsson, L.(1996). Evaluation of perceived and self-reported manual forces exerted in occupational materials handling. Applied Ergonomics. 27. 4. 231-239.

ภาคผนวก ก

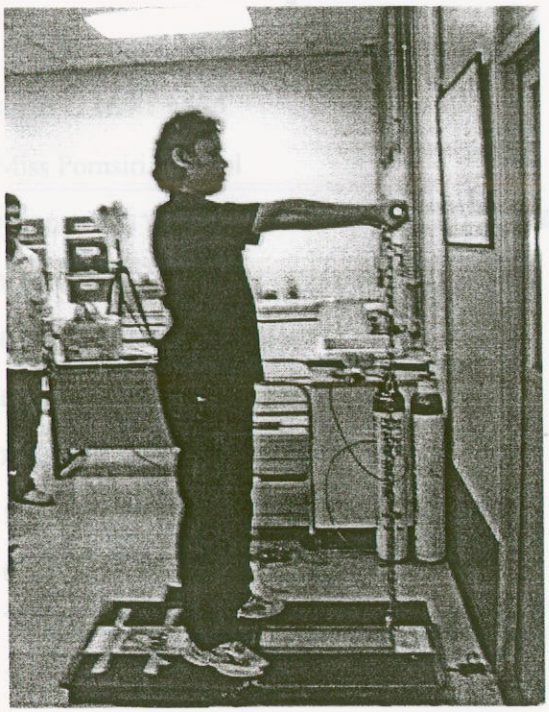
ภาคผนวก ก1 การออกแรงยกที่ระดับพื้นในระยะเหยียดแขนโดยแขนทำมุม 0 องศา

ภาคผนวก ก2 การออกแรงยกที่ระดับเข่าในระยะเหยียดแขนโดยแขนทำมุม 0 องศา

ภาคผนวก ก3 การออกแรงยกที่ระดับข้อนิ้วในระยะเหยียดแขนโดยแขนทำมุม 0 องศา



ภาคผนวก ก4 การออกแรงยกที่ระดับศอกในระยะเหยียดแขนโดยแขนทำมุม 0 องศา



ภาคผนวก ก5 การออกแรงยกที่ระดับไหล่ในระยะเหยียดแขนโดยแขนทำมุม 0 องศา

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาว พรศิริ จงกล

(ภาษาอังกฤษ) Miss Pornsiri Jongkol

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

สถานที่ที่ติดต่อได้ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย

อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044 22 4264 และ 044 22 4460

โทรสาร 044 22 4220

ประวัติการศึกษา

2532 วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ) มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2534 วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2543 Ph. D. (Industrial Engineering) Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada