SUT7-717-45-12-28

รายงานการวิจัย

ความสามารถในการออกแรงดันและลากของกลุ่มตัวอย่างพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมในเขตจังหวัดนครราชสีมา: ผลกระทบจากท่าทางที่ไม่เหมาะสม

Push and Pull Strength Exertion Capability of Industrial Workers in Nakhon Ratchasima Province: Effects of Awkward Postures

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

SUT7-717-45-12-28

รายงานการวิจัย

ความสามารถในการออกแรงดันและลากของกลุ่มตัวอย่างพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมในเขตจังหวัดนครราชสีมา: ผลกระทบจากท่าทางที่ไม่เหมาะสม

Push and Pull Strength Exertion Capability of Industrial Workers in Nakhon Ratchasima Province: Effects of Awkward Postures

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

อาจารย์ ดร.พรศิริ จงกล

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2545

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

ธันวาคม 2546

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ถูกทดสอบทุกท่านที่เสียสละเวลาหลายชั่วโมงมาร่วมการทดลอง ขอขอบคุณนายพิเชษฐ์ พันธ์พิพัฒน์ นายอมฤติ ฉายะรถี นางสาวพนิดา แสงปัญญา ที่ได้ช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ คุณปราณี กฐินใหม่ และคุณภัทรวรรณ เดนพะนาน ที่ได้ช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.กิตติ อินทรานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวี เลิศ-ปัญญาวิทย์ และ Prof. Dr.Biman Das ที่ได้ให้ข้อคิดและสนับสนุนการทำงานวิจัยทางด้าน Ergonomics ตลอดมา ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.วีระชัย มโนพิเชฐวัฒนา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ เสริมสุธีนุวัฒน์ ที่ได้สนับสนุนการทำงานวิจัยและจัดหาซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ทางด้าน Ergonomics มาไว้ใช้ในการเรียนการสอนและงานวิจัย ขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้อำนวยความสะดวกในการทดลอง

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณไสวและคุณสมหมาย จงกล และคุณพันธุ์ทิพย์ ถาวรสวัสดิ์ ที่ได้ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการติดต่อผู้ถูกทดสอบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 3 อย่างคือ 1. เพื่อหาค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากของมนุษย์เมื่อออกแรงโดยใช้ท่าทางที่ไม่เหมาะสมและเมื่อออกแรงในบริเวณที่ปฏิบัติงาน 2. เพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสารมารถในการออกแรงดันและลากอย่างมีนัยสำคัญ และ 3. เพื่อศึกษาภาระงานของกล้ามที่เกิดขึ้นในขณะออกแรงดันและลาก

ผู้ถูกทดสอบเป็นพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมเพศชาย จำนวน 18 คน การวัดและบันทึกค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากนั้น ใช้ชุดเครื่องมือวัดแรงสถิตย์ของ Jackson ส่วนการวัดค่าภาระงานของกล้ามเนื้อนั้น ใช้เครื่องอิเลคโตรมัยโอแกรม ของ MEGA 2000 โดยใช้อิเลคโทรดแบบแผ่นติดผิวหนัง กล้ามเนื้อที่เลือกทำการศึกษามี 4 ชุด คือ อิเรคเตอร์สไปนีด้านขวาและซ้าย ทราพีเซียส และเดลทอยด์ชุดกลาง

ในการวัดค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณที่ปฏิบัติงานนั้น ผู้ถูกทดสอบออกแรงโดยใช้มือทั้งสองข้าง กำมือจับของชุดอุปกรณ์ ซึ่งมือจับดังกล่าวติดตั้งอยู่ในบริเวณที่ปฏิบัติงานทั้งหมด 16 ตำแหน่ง ตำแหน่งเหล่านี้มีที่มาจากปัจจัย 2 ชนิด ด้วยกันคือ ระดับความสูงของจุดออกแรง (มี 4 มุม คือทำมุม 0° 45° 90° และ 120° เมื่อเทียบกับระนาบแซกกิทัล) จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการวัดค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากโดยใช้ท่าทางที่ไม่เหมาะสมนั้น ผู้ถูกทดสอบออกแรงในท่าต่อไปนี้ 1. ท่าคุกเข่าทั้งสองข้าง 2. ท่าคุกเข่าข้างเดียว แขนทั้งสองข้างเหยียดไปด้านหน้า 3. ท่าคุกเข่าข้างเดียว แขนทำมุม 90° 4. ท่าคุกเข่าข้างเดียวแขนทำมุม 120° 5. ท่าย่อเข่า แขนทั้งสองข้างเหยียดไปด้านหน้า 6. ท่าย่อเข่า แขนทั้งสองข้างทำมุม 90° 7 ท่าย่อเข่า แขนทั้งสองข้างทำมุม 120° 8. ท่านอนคว่ำ 9. ท่านอนหงาย และ 10. ท่ายืนตรง แขนทั้งสองข้างเหยียดไปหน้า ซึ่งใช้เป็นท่าเปรียบเทียบ

ผลการทดลองปรากฏว่า ค่าแรงดันสูงสุดในบริเวณปฏิบัติงานมีค่าเท่ากับ 81.151 นิวตัน ซึ่งวัดได้ที่ความสูงระดับศอก และมุม 90° ค่าแรงลากสูงสุดในบริเวณปฏิบัติงานมีค่าเท่ากับ 83.439 นิวตัน ซึ่งวัดได้ที่ความสูงระดับข้อนิ้วและมุม 45° ความสูงของจุดที่ออกแรงและมุมในแนวราบของแขนมีผลต่อค่าแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อจุดออกแรงดันสูงขึ้น ค่าภาระงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ชุดมีค่าลดลง เมื่อจุดออกแรงลากนั้นสูงขึ้น ค่าภาระงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ชุดมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงในท่าทางที่ไม่เหมาะสมทั้ง 9 ท่าแล้ว ปรากฏว่าการออกแรงดันและลากในท่านอนคว่ำมีค่ามากที่สุด ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบงาน สถานีงาน อุปกรณ์ และเครื่องมือกลที่ใช้ในการปฏิบัติงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิผลและปลอดภัย

Abstract

The objectives of this study were: 1) to determine push and pull strength profiles in awkward postures and in workspace; 2) to investigate factors which had significant effects on push and pull strengths; and 3) to study muscle activities during push and pull strength exertions. Eighteen male industrial workers participated in this study. Push and pull strengths were recorded using the static strength measurement system (Jackson System) and muscle activities during strength exertions were measured by the surface electromyogram (MEGA 2000). Four muscles selected in this study were left and right erector spinae, trapezius, and middle deltoid.

To determine strength profiles, the subjects were asked to use both hands to exert push and pull strengths at 16 locations in workspace. These locations were combinations of 4 heights of exertion (knuckle, elbow, shoulder and head), and 4 horizontal angles of arms (0, 45, 90, and 120 degrees). Then, the analysis of variance was performed to determine factors significantly affecting strength values. Furthermore, the subjects were asked to exert push and pull strengths in 9 awkward postures and also in a standing posture, which was used as a reference. The awkward postures included the following postures: 1) kneeling both knees; 2) kneeling one knee with the arms at 0 degree relative to sagittal plane; 3) kneeling one knee with the arms at 90 degree relative to sagittal plane; 4) kneeling one knee with the arms at 120 degree relative to sagittal plane; 5) stooping with the arms at 0 degree relative to sagittal plane; 6) stooping with the arms at 90 degree relative to sagittal plane; 7) stooping with the arms at 120 degree relative to sagittal plane; 8) prone; and 9) supine.

It was found that the maximum push strength of 81.151 Newton (N.) was recorded at the elbow height and the 90 degree angle. The greatest pull strength of 83.439 N was found at the knuckle height and the 45 degree angle. Height and horizontal angle of arms had significant effects on push and pull strengths. As the height of push exertion increased, the muscle activities in 4 muscles decreased. However, as the height of pull exertion increased, the muscle activities in 4 muscles increased. Among the awkward postures, prone allowed the subjects to exert the greatest push and pull strengths. The results of this study can be used to design tasks, workstations, equipment, and hand tools in such a manner that the operators can work effectively and safely.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ที่มาของปัญหา	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 แบบการวิจัย	4
2.3 ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล และการกำหนดพื้นที่ประชากรตัวอย่าง	5
2.4 ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล	6
2.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	6
2.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	7
2.7 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย หรือส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาขั้นต่อไป	7
2.8 อุปกรณ์ที่จำเป็นของโครงการวิจัย	7
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	9
3.1 การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ	9
3.2 การศึกษาการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ	10
3.3 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงาน และค่าภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆที่เกิดขึ้นในขณะออกแรงในบริเวณปฏิบัติงาน	11

3.4 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงาน และค่าภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆที่เกิดขึ้นในขณะออกแรงในท่าทางที่ไม่เหมาะสม 13
บทที่ 4 ผลการวิจัย 15
4.1 คุณลักษณะทางภายภาพของผู้ถูกทดสอบ 15
4.2 ความสามารถในการออกแรงสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงานและระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน 16
4.3 ความสามารถในการออกแรงสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสมและระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม 25
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 36
5.1 สรุป 36
5.2 ข้อเสนอแนะ 38
5.3 วิธีการนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติ 38
บรรณานุกรม 40
ภาคผนวก 41
ภาคผนวก ก 42
ภาคผนวก ข 47
ประวัติผู้วิจัย 78

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 1 บทนำ 2

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ประสบอันตรายจากการทำงานในเขตจังหวัดนครราชสีมา ในช่วงเดือนมกราคม 2543 – กันยายน 2544 2

บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง แผนการดำเนินงาน 7

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 9

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนร่างกาย จำนวน 19 รายการ 9

ตารางที่ 3.2 ท่าทางในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงาน 11

ตารางที่ 3.3 ท่าทางที่ไม่เหมาะสมที่ใช้ในการศึกษา 13

บทที่ 4 ผลการวิจัย 15

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ 15

ตารางที่ 4.2 ค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน 16

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ 17

ตารางที่ 4.4 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน 18

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะ ออกแรงดันสถิตย์ 19

ตารางที่ 4.6 ค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน 20

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสารถในการออกแรงลากสถิตย์ 21

ตารางที่ 4.8 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงลากสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน 22

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะ ออกแรงลากสถิตย์ 23

ตารางที่ 4.10 ความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม 25

ตารางที่ 4.11 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงดันสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม 25

ตารางที่ 4.12 ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ ในขณะออกแรงดันสูงสุดในท่าทางที่ไม่เหมาะสม 26

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลต่อค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ 29

ตารางที่ 4.14 ความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม 30
ตารางที่ 4.15 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงดันสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม 30
ตารางที่ 4.16 ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ ในขณะออกแรงดันสูงสุดใน
ท่าทางที่ไม่เหมาะสม 31
ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลต่อค่าระดับการทำงานของ
กล้ามเนื้อ 34

สารบัญภาพ

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 16

ภาพ 4.1 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันสถิตย์ที่ระดับความสูงต่างๆ 19

ภาพ 4.2 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันสถิตย์โดยให้แขนทำมุมต่างๆ 20

ภาพ 4.3 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงลากสถิตย์ที่ระดับความสูงต่างๆ 23

ภาพ 4.4 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงลากสถิตย์โดยให้แขนทำมุมต่างๆ 24

ภาพ 4.5 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายในขณะออกแรงดัน 27

ภาค 4.6 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวาในขณะออกแรงดัน 27

ภาค 4.7 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเดลทอยด์ในขณะออกแรงดัน 28

ภาค 4.8 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสในขณะออกแรงดัน 28

ภาพ 4.9 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายขณะออกแรงลาก 32

ภาพ 4.10 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวาขณะออกแรงลาก 32

ภาพ 4.11 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเดลทอยด์ขณะออกแรงลาก 33

ภาพ 4.12 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสขณะออกแรงลาก 33

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยนับเป็นประเทศหนึ่งที่ได้นำเอาเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการพัฒนาศักยภาพทางอุตสาหกรรมให้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ในประเทศไทยยังคงต้องพึ่งพาทรัพยากรมนุษย์เป็นปัจจัยหลักในการผลิต ซึ่งในการดำเนินการเพิ่มผลผลิตนั้น ผู้ประกอบการจำเป็นต้องพิจารณาทั้งสวัสดิภาพและประสิทธิภาพ ของผู้ปฏิบัติงานเป็นสำคัญ หากผู้ประกอบการเพิกเฉยต่อเรื่องดังกล่าวจะก่อให้เกิดปัญหาการประสบอันตรายหรือบาดเจ็บเนื่องจากการทำงาน (Work-Related Injuries) และปัญหาโรคจากการประกอบอาชีพ (Occupational Diseases) ติดตามมา

การประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานและโรคจากการประกอบอาชีพมีผลต่อทั้งตัวผู้ปฏิบัติงานและสถานประกอบการดังนี้

ความสำคัญต่อผู้ปฏิบัติงาน

1. ทำให้สูญเสียรายได้และเวลาทำงานปกติ
2. เกิดความเจ็บป่วย พิการ สูญเสียอวัยวะหรืออาจสูญเสียชีวิต
3. ขาดขวัญและกำลังใจในการทำงาน

ความสำคัญต่อสถานประกอบการ

1. เสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลแก่ผู้ปฏิบัติงาน จึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น
2. เสียเวลาที่ต้องให้ผู้เจ็บป่วยรักษาตัวและเสียเวลาในการหาพนักงานใหม่มาปฏิบัติงานแทน ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นอีก
3. เสียชื่อเสียง

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ขีดความสามารถในการปฏิบัติงานของมนุษย์จึงเป็นที่สำคัญและควรนำมาพิจารณาในการออกแบบวิธีการทำงานเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความปลอดภัย (Das and Black, 2000 ; Das and Ford, 1999) นอกจากนี้ตัวผู้ปฏิบัติงานเองจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบขีดความสามารถในการออกแรงของตนเองและพยายามที่จะไม่ออกแรงเกินค่าดังกล่าวเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นแก่ร่างกาย (Das, 1985)

1.2 ที่มาของปัญหา

การใช้แรงงานมนุษย์ในการทำงานหนัก เช่น การลากหรือดึงวัตถุหนัก การผลักดันหรือเข็นรถเข็นที่บรรทุกของหนัก ล้วนเป็นสิ่งที่พบเห็นเป็นปกติในประเทศไทย การทำงานหนักดังกล่าวอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและเอ็นตามร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบาด

เจ็บบริเวณหลัง ซึ่งสาเหตุของการบาดเจ็บนั้นเกิดขึ้นจากผู้ปฏิบัติงานพยายามที่จะออกแรงมากเกินกว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strengths)ที่ใช้ทำงานนั้นๆ ถ้าหากผู้ปฏิบัติงานออกแรงในขณะทำงานด้วยท่าทางที่ไม่เหมาะสม (Awkward Postures) และบนสภาพพื้นที่ลื่น (Slippery Floor) ก็จะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายเพิ่มมากขึ้น เช่น ลื่นล้ม ถูกรถเข็นหนักกระแทกหรือชน บาดเจ็บตามบริเวณร่างกาย เป็นต้น

จากข้อมูลการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน ในเขตจังหวัดนครราชสีมา ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2543 ถึงเดือนกันยายน 2544 ในตารางที่ 1 ลักษณะของการประสบอันตรายที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการออกแรงดันและลากในบริเวณพื้นลื่นประกอบด้วย การหกล้ม ลื่นล้ม การถูกวัตถุสิ่งของกระแทกหรือชน การเจ็บป่วยจากท่าทางทำงานและโรคเนื่องจากการทำงาน จำนวนการประสบอันตรายทั้ง 4 ลักษณะนี้เท่ากับร้อยละ 17.03 ของการประสบอันตรายทั้งหมด และส่งผลให้ผู้ประสบอันตรายทำงานไม่ได้ชั่วคราว (สำนักงานประกันสังคมจังหวัดนครราชสีมา 2544)

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้ประกอบการจำเป็นต้องพิจารณาลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics) และขีดความสามารถในการปฏิบัติงานของพนักงาน (Workers Capabilities) ในการออกแบบวิธีการปฏิบัติงาน อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ปฏิบัติงาน สถานที่ปฏิบัติงานรวมทั้งสภาพแวดล้อมในการทำงานด้วย

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ประสบอันตรายจากการทำงานในเขตจังหวัดนครราชสีมาในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2543 - กันยายน พ.ศ. 2544 (สำนักงานประกันสังคมจังหวัดนครราชสีมา 2544)

ลักษณะของการประสบอันตราย	จำนวน (ราย)	ร้อยละ
หกล้ม ลื่นล้ม	124	2.86
วัตถุ/สิ่งของกระแทกหรือชน	510	11.76
ยก/เคลื่อนย้ายของหนัก	20	0.46
อาการเจ็บป่วยจากท่าทางทำงาน	72	1.66
โรคเนื่องจากการทำงาน	12	0.28
อื่น ๆ	3,598	82.97
ยอดรวมการประสบอันตราย	4,336	100.00

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อสร้างฐานข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงาน (Push and Pull Strength Profiles in Workspace) ของกลุ่มตัวอย่างพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมในเขตจังหวัดนครราชสีมา

2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงดันและลากในท่าทางต่างๆ
3. เพื่อศึกษาภาระงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงดันและลากในท่าทางต่างๆ

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมในงานวิจัยนี้มีจำนวน 18 คน เป็นเพศชายทั้งหมด ผู้ถูกทดสอบเป็นพนักงานโรงงานอุตสาหกรรม หรือเคยปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนการทดลองได้ดำเนินการภายในห้องปฏิบัติการเออร์กอนอมิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การศึกษาภาระงานของกล้ามเนื้อ (Muscle Workload) ได้ทำการวัดเฉพาะกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงดันและลาก โดยเลือกทำการศึกษาเป็นกล้ามเนื้อ 4 ชุด ที่อยู่ใกล้บริเวณผิวหนัง ซึ่งสามารถวัดค่าศักย์ไฟฟ้าได้ง่าย และทำการวัดค่าดังกล่าวจากผู้ถูกทดสอบ 10 คน

ข้อมูลสำคัญที่เก็บในการทดลองเป็นข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากสถิตย์และภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะทำการออกแรงดังกล่าวแต่ละครั้ง

1.5 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลดังนี้ คือ

1.5.1 การวัดสัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ

1.5.2 การวัดความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานและภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรง

1.5.3 การวัดความสามารถในการออกแรงดันและลากสูงสุดบนพื้นปกติในท่าทางที่ไม่เหมาะสมและภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรง

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ และแปลผลที่เกิดขึ้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดหวังจะได้รับ

1. นำผลที่ได้มาพัฒนาวิธีการฝึกอบรมผู้ใช้แรงงานให้ทราบถึงวิธีการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับร่างกายของตนเอง และลดอัตราการบาดเจ็บอันเกิดขึ้นจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม
2. นำเอาข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากมาใช้ในการออกแบบวิธีการทำงาน

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การวัดค่าความแข็งแรงของมนุษย์ (Human Strength) เป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการป้องกันการประสบอันตรายเนื่องมาจากการทำงาน ซึ่งค่าความแข็งแรงดังกล่าวเป็นความสามารถในการออกแรงสูงสุดเท่าที่มนุษย์จะกระทำได้โดยสมัครใจ (Maximum Voluntary Exertion) หากร่างกายอยู่นิ่งไม่มีการเคลื่อนไหวขณะออกแรงสูงสุดนั้น ค่าแรงที่วัดได้เรียกว่าค่าความแข็งแรงสถิตย์ (Static Strength) แต่หากส่วนต่างๆ ของร่างกายมีการเคลื่อนไหวขณะออกแรงสูงสุด ค่าแรงที่วัดได้เป็นค่าความแข็งแรงพลวัต (Dynamic Strength) ข้อมูลค่าความแข็งแรงของมนุษย์เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบวิธีการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน และใช้ในการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติงานให้เหมาะสมกับตัวผู้ปฏิบัติงาน โดยทั่วไปหากผู้ปฏิบัติงานจะต้องใช้แรงในการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง 8 ชั่วโมงต่อวัน ค่าแรงนั้นจะต้องไม่เกิน 15% ของค่าความแข็งแรงสถิตย์สูงสุดของตัวผู้ปฏิบัติงานเอง (Konz, 1995)

โดยส่วนใหญ่แล้วงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการออกแรงดันและลากมุ่งเน้นศึกษาผลกระทบของท่าทางของลำตัว แขน ขา ของผู้ปฏิบัติงานที่มีต่อค่าความแข็งแรงสูงสุดในขณะออกแรงในท่ายืนหรือนั่ง (Chaffin et al., 1983 ; Resnick and Chaffin, 1996 ; Warwick et al., 1980 ; MacKinnon, 1998 ; and Jongkol, 2000) ซึ่งลักษณะท่าทางดังกล่าวจำลองมาจากท่าทางปกติที่พนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมใช้ในขณะปฏิบัติงานจริง อย่างไรก็ตามในบางสถานการณ์ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องออกแรงในท่าทางที่ไม่เหมาะสม โดยการบิดลำตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานซ่อมบำรุงที่บางครั้งผู้ปฏิบัติงานต้องออกแรงในท่านั่งคุกเข่าหรือคู้ลำตัวในบริเวณคับแคบ ซึ่งท่าทางของแขนและไหล่ในขณะออกแรงกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งถ่ายแรงจากลำตัวไปยังงานที่กำลังปฏิบัติ (Haslegrave et. al., 1997a, 1997b) หากผู้ปฏิบัติงานต้องออกแรงมากเกินกว่าขีดความสามารถโดยใช้ท่าทางที่ไม่เหมาะสม ก็จะทำให้โอกาสที่จะได้รับอันตรายต่อร่างกายเพิ่มมากขึ้น การวัดค่าภาระงานของกล้ามเนื้อ (Muscle Workload) โดยวิธีอิเล็คโตรมัยโอกราฟฟี (Electromyography, EMG) จะทำให้ทราบว่าการออกแรงดันและลากในท่าต่างๆ นั้นมีโอกาสจะทำให้ได้รับการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากการทำงานมากน้อยเพียงใด

2.2 แบบการวิจัย (Research Design)

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยการทดลองย่อย 3 ส่วน ดังนี้

2.2.1 การวัดสัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ

2.2.2 การวัดความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานการวัดค่าภาระงานของกล้ามเนื้อ และการวัดค่าภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงาน

2.2.3 การวัดความสามารถในการออกแรงดันและลากสูงสุดบนพื้นปกติในท่าทางที่ไม่เหมาะสม และการวัดค่าภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงในท่าทางที่ไม่เหมาะสมหลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

2.3 ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล และ การกำหนดพื้นที่ประชากร ตัวอย่าง

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

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

วิธีการเก็บข้อมูล

1. การเก็บข้อมูลอายุ น้ำหนัก และสัดส่วนร่างกาย ของผู้ถูกทดสอบดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometer) ในท่ายืนและนั่ง จำนวน 19 รายการ
2. การวัดการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximum Voluntrary Contraction, MVC) 4 ชุด (อีเรคเตอร์สไปนีขวาและซ้าย ทราพีเซียส และเดลทอยด์) โดยใช้เครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรม การวัดการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีขวาและซ้ายทำโดยให้ผู้ถูกทดสอบนอนคว่ำราบกับพื้น แล้วแอ่นตัวขึ้นต้านแรงกดให้มากที่สุดโดยใช้กล้ามเนื้อหลังเท่านั้น วัดค่าการทำงานสูงสุดในช่วงเสถียรเป็นเวลา 5 วินาที การวัดการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อทราพีเซียสทำโดยให้ผู้ถูกทดสอบยกไหล่ต้านแรงกดให้มากที่สุดเป็นเวลา 5 วินาที ส่วนการวัดการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเดลทอยด์ทำโดยให้ผู้ถูกทดสอบกางแขนต้านแรงกดให้มากที่สุดเป็นเวลา 5 วินาที
3. การวัดความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานโดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิตย์ (Static Strength Measurement System) และวัดค่าภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆที่เกิดขึ้นในขณะออกแรงในบริเวณปฏิบัติงานโดยเครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรม โดยผู้ถูกทดลองจะต้องออกแรงดัน (หรือลาก) มากที่สุดเป็นเวลา 5 วินาที ในบริเวณปฏิบัติงาน เป็น

จำนวน 16 ท่า ทำท่าละ 1ครั้ง ผู้ถูกทดสอบจะมีเวลาพักอย่างน้อย 2 นาทีหลังจากออกแรงแต่ละครั้ง เพื่อป้องกันความล้าของกล้ามเนื้อ

4. การวัดความสามารถในการออกแรงดันและลากในท่าทางที่ไม่เหมาะสมโดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิตย์ และวัดค่าภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆที่เกิดขึ้นในขณะออกแรงในท่าทางที่ไม่เหมาะสมโดยเครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรม โดยผู้ถูกทดลองจะต้องออกแรงดัน (หรือลาก) มากที่สุดเป็นเวลา 5 วินาที ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม เป็นจำนวน 10 ท่า ทำซ้ำท่าละ 2 ครั้ง ผู้ถูกทดสอบจะมีเวลาพักอย่างน้อย 2 นาทีหลังจากออกแรงแต่ละครั้ง

การกำหนดพื้นที่ประชากรตัวอย่าง

ผู้ถูกทดสอบเป็นกลุ่มพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมในเขตจังหวัดนครราชสีมา เพศชาย อายุระหว่าง 18-40 ปี และไม่บาดเจ็บตามบริเวณหลัง แขน ขา มือ และลำตัว

2.4 ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทำการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายแต่ละสัดส่วน
2. ทำการหาค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดันและลากสูงสุดในแต่ละท่าทาง
3. หาค่าภาระงานของกล้ามเนื้อ โดยคิดเทียบเป็นร้อยละของการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (% of Maximum Voluntrary Contraction, MVC) ในการออกแรงในแต่ละท่าทางที่กำหนดให้

2.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

1 ปี (มกราคม 2545 - ธันวาคม 2545)

2.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

2.6.1 แผนการดำเนินงานปีที่ 1

กิจกรรม	ปี พ.ศ. 2545 / เดือน											
	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
1. กำหนดวิธีการดำเนินการทดลองโดยละเอียด	←	→										
2. เตรียมการทดลอง		←	→									
3. ทำการทดลองตัวอย่างและแก้ไขอุปสรรคที่เกิดขึ้น			←	→								
4. ติดต่อผู้ถูกทดสอบ			←	—	—	—	—	→				
5. ทำการทดสอบจริง				←	—	—	—	→				
6. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล				←	—	—	—	→				
7. วิเคราะห์ผลการทดลอง							←	—	→			
8. สรุปผล										←	→	
9. จัดทำรายงาน												↔

2.7 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย หรือส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาขั้นต่อไป

1. เข้าร่วมกิจกรรมและแสดงผลวิจัยในงานนิทรรศการสัปดาห์ความปลอดภัย ซึ่งทางสำนักงานแรงงานจังหวัดจัดขึ้นประจำปี
2. รับเชิญเป็นวิทยากรในหัวข้อเรื่องการป้องกันอันตรายอันเนื่องจากการทำงานตามความต้องการของหน่วยงาน ภาคอุตสาหกรรมและราชการ
3. เขียนผลงานวิจัยและส่งไปตีพิมพ์ในวารสาร
4. ศึกษาความเป็นไปได้ในการวิจัยหัวข้อนี้ในกรณีเป็นการวัดความสามารถในการออกแรงแบบพลวัต (Dynamic Strength)

2.8 อุปกรณ์ที่จำเป็นของโครงการวิจัย

สถานที่ทำการทดลองรวมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็นของโครงการอยู่ในห้องปฏิบัติการเออร์กอนอมิคส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. อุปกรณ์การวิจัยที่มีอยู่แล้ว
   - เครื่องวัดความแข็งแรงสถิตย์ 1 เครื่อง
   - เครื่องอิเลคโตรมัยโอแกรม 1 เครื่อง
   - เครื่องวัดสัดส่วนร่างกาย 1 ชุด

2. อุปกรณ์การวิจัยที่ใช้เพิ่มเติม

- แผ่นอิเลคโทรดแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (Surface Electrodes) ประมาณ 1,000 แผ่น
- ชุดทำความสะอาดผิวหนังผู้ถูกทดสอบ 2 ชุด
- ชุดแผ่นดิสก์แบบเฉพาะใช้ในการเก็บข้อมูลอิเล็คโตรมัยโอแกรม 1 ชุด
- ฐานรองรับผู้ถูกทดสอบและสารหล่อลื่น 1 ชุด

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้กล่าวถึงวิธีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการทดลองย่อยทั้งหมดดังนี้

3.1 การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องชั่งน้ำหนัก

2) เครื่องวัดสัดส่วนร่างกาย

3.1.2 การเก็บข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

คุณลักษณะทางกายภาพประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก และ สัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบรวมทั้งสิ้น 19 รายการ การวัดสัดส่วนร่างกายแบ่งเป็นการวัดในท่ายืน 10 รายการ และวัดในท่ายืน 7รายการ ตามวิธีการของ Konz (1995) ดังแสดงในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 สัดส่วนร่างกายจำนวน 19 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.)	7.1 ระยะรอบวงแขนเมื่อกล้ามเนื้อไบเซ็บ(Biceps)ผ่อนคลาย (ซม.)
8. ความกว้างของมือที่เมตาคาปาล (Metacarpal) (ซม.)	7.2 ระยะรอบวงแขนเมื่อกล้ามเนื้อไบเซ็บ(Biceps)เกร็งตัว (ซม.)
9. ความหนาของมือ (ซม.)	
10. ความกว้างของกำมือโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน (ซม.)	

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพทั้ง 19 รายการของผู้ถูกทดสอบทุกคน

3.2 การศึกษาการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรม (ใช้กับผู้ถูกทดสอบ 10 คน)

2) แผ่นอิเลคโทรด

3.2.2 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

กล้ามเนื้อเดลทอยด์ชุดกลาง ติดแผ่นอิเลคโทรด 2 แผ่นบนไหล่ขวา โดยให้แผ่นบนอยู่ห่างจากปุ่มหัวไหล่ประมาณ 1 นิ้ว และแผ่นล่างอยู่ห่างจากแผ่นบนประมาณ 1 นิ้ว จากนั้นติดแผ่นอิเลคโทรดอีกแผ่นหนึ่ง(แผ่นกราวด์) ห่างจาก 2 แผ่นแรกเป็นระยะทางเท่าๆกัน

3.2.3 การวัดระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อกล้ามเนื้อนั้นออกแรงสูงสุด

การวัดระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อกล้ามเนื้อนั้นออกแรงสูงสุดทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบใช้กล้ามเนื้อนั้นๆออกแรงอย่างสุดความสามารถ ด้วยความสมัครใจของผู้ถูกทดสอบ โดยใช้เวลาในการออกแรงให้ถึงขีดความสามารถสูงสุดภายใน 2 วินาที แล้วออกแรงสูงสุดค้างไว้อีก 3 วินาที บันทึกระดับการทำงานของกล้ามเนื้อให้ครบทั้ง 5 วินาทีดังกล่าว (หน่วยเป็นไมโครโวลท์) จากนั้นจึงพัก 2 นาที ก่อนที่จะทำการวัดครั้งถัดไป นำค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อที่วัดได้ในช่วงวินาทีที่ 3 ถึงวินาทีที่ 5 ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อผู้ถูกทดสอบใช้กล้ามเนื้อดังกล่าวนั้นออกแรงอย่างสุดความสามารถ

3.3 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานและค่าภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆที่เกิดขึ้นในขณะออกแรงในบริเวณปฏิบัติงาน

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องมือวัดแรงสถิตย์

2) เครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรม (ใช้กับผู้ถูกทดสอบ 10 คน)

3.3.2 การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานและค่าภาระงานของกล้ามเนื้อ

การออกแรงดันและลากนั้นกระทำในท่าทางที่เหมือนกันจำนวน 16 ท่า ดังแสดงในตาราง 3.2 ซึ่งภาพแสดงท่าทางอยู่ในภาคผนวก ก. ท่าทางที่ใช้ในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานมาจากปัจจัยดังนี้

1) ความสูงของจุดที่ออกแรง (ระดับข้อนิ้ว ศอก ไหล่ และศรีษะ) และ

2) มุมในแนวราบของแขน (0 45 90 และ 120 องศา) โดย 0 องศาหมายถึงแขนทั้งสองข้างเหยียดไปข้างหน้าโดยกึ่งกลางของลำตัวอยู่ในระนาบแซกกิทัล (Sagittal Plane) 45 องศาหมายถึงลำตัวบิดหันไปทางด้านขวาทำมุม 45 องศากับระนาบแซกกิทัล

ลำดับท่าทางที่ใช้ในการออกแรงเป็นไปโดยสุ่มทั้ง 16 ลำดับ

ตาราง 3.2 ท่าทางในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงาน

ความสูงของจุดที่ออกแรง	มุมในแนวราบของแขน (องศา)
ระดับข้อนิ้ว	0
ระดับข้อนิ้ว	45
ระดับข้อนิ้ว	90
ระดับข้อนิ้ว	120
ศอก	0
ศอก	45
ศอก	90
ศอก	120
ไหล่	0
ไหล่	45
ไหล่	90
ไหล่	120
ศรีษะ	0
ศรีษะ	45
ศรีษะ	90
ศรีษะ	120

หลักในการออกแรงดันและลากสถิตย์มีดังนี้คือ ให้ผู้ถูกทดสอบใช้มือทั้งสองข้างกำมือจับไว้แล้วจัดท่าทางของผู้ถูกทดสอบให้เป็นไปตามกำหนด (ตารางที่ 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 ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าความสามารถในการออกแรงดัน(หรือลาก)ในครั้งนั้นๆ และมีหน่วยเป็นนิวตัน ในขณะเดียวกันนำเอาค่าภาระงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ที่วัดได้ในช่วงเสถียรไปหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าภาระงานของกล้ามเนื้อในการออกแรงดัน(หรือลาก)ในครั้งนั้นๆ จากนั้นนำเอาค่าเฉลี่ยภาระงานของกล้ามเนื้อในการออกแรงดัน(หรือลาก)ในครั้งนั้นมาหารด้วยค่าเฉลี่ยภาระงานของกล้ามเนื้อเมื่อกล้ามเนื้อนั้นออกแรงสูงสุด ค่าที่ได้จากวิธีการนอร์มอลไลเซชั่น(Normalization) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ของการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อนั้น (% Maximum Voluntary Contraction, MVC)

3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานและค่าภาระงานของกล้ามเนื้อ

3.3.3.1 คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลความสามารถในการออกแรงและข้อมูลภาระงานของกล้ามเนื้อในการออกแรงแต่ละท่า จำนวน 16 ท่า

3.3.3.2 วิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of Variance) ของข้อมูลความสามารถในการออกแรง และข้อมูลภาระงานของกล้ามเนื้อ โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งมีตัวแปรตาม (Dependent Variables) 4 ตัว ดังนี้คือ 1) แรงดัน 2) แรงลาก 3) ภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดัน และ4) ภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงลาก ส่วนตัวแปรอิสระ (Independent Variables) มี 2 ตัว ดังนี้คือ 1) ความสูงของจุดที่ออกแรง มี 4 ระดับ คือ ข้อนิ้ว ศอก ไหล่ และศีรษะ และ 2) มุมในแนวราบของแขน มี 4 ระดับ 0 45 90 และ 120 องศา รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นแบบ Randomized Complete Block โดยมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อค

3.4 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานและค่าภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆที่เกิดขึ้นในขณะออกแรงในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

3.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องมือวัดแรงสถิตย์

2) *เครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรม (ใช้กับผู้ถูกทดสอบ 10 คน)*

3.4.2 การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากในท่าทางที่ไม่เหมาะสมและค่าภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆ

การออกแรงดันและลากนั้นกระทำในท่าทางที่เหมือนกันจำนวน10 ท่า ดังแสดงในตาราง 3.3 และภาคผนวก ก.

ตาราง 3.3 ท่าทางที่ไม่เหมาะสมที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับที่	ท่าทางในขณะออกแรง
1	ยืนปกติ เท้าทั้งสองข้างแยกจากกันเท่ากับความกว้างของไหล่ แขนทั้งสองข้างเหยียดไปด้านหน้า
2	คุกเข่าทั้งสองข้างและก้มตัวไปด้านหน้า เหยียดแขนทั้งสองข้างไปด้านหน้า ไม่นั่งบนส้นเท้า
3	คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนทั้งสองข้างไปด้านหน้า ชันเข่าซ้ายขึ้น คุกเข่าขวาในระดับเดียวกับเท้าซ้ายไม่นั่งบนส้นเท้า
4	คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านขวาทั้งสองข้างโดยใช้ลำตัวบิดไปด้านขวา แขนขวาทำมุม 90 องศากับระนาบแซกกิทัล ชันเข่าซ้ายขึ้น คุกเข่าขวาในระดับเดียวกับเท้าซ้าย ไม่นั่งบนส้นเท้า
5	คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหลังทั้งสองข้างโดยใช้ลำตัวบิดไปด้านขวา แขนขวาทำมุม 120 องศากับระนาบแซกกิทัล ชันเข่าซ้ายขึ้น คุกเข่าขวาในระดับเดียวกับเท้าซ้ายไม่นั่งบนส้นเท้า
6	นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนทั้งสองข้างไปด้านหน้า ย่อเข่าขวาให้อยู่ในระดับเดียวกับเท้าซ้าย นั่งบนส้นเท้าขวา
7	นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านขวาทั้งสองข้างโดยใช้ลำตัวบิดไปด้านขวา แขนขวาทำมุม 90 องศากับระนาบแซกกิทัล ย่อเข่าขวาให้อยู่ในระดับเดียวกับเท้าซ้าย นั่งบนส้นเท้าขวา
8	นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหลังทั้งสองข้างโดยใช้ลำตัวบิดไปด้านขวา แขนขวาทำมุม 120 องศากับระนาบแซกกิทัล ย่อเข่าขวาให้อยู่ในระดับเดียวกับเท้าซ้าย นั่งบนส้นเท้าขวา
9	นอนคว่ำ เหยียดแขนทั้งสองข้างขึ้น
10	นอนหงาย เหยียดแขนทั้งสองข้างขึ้น

ลำดับท่าทางที่ใช้ในการออกแรงทั้ง 10 ท่านั้นเป็นไปโดยสุ่ม หลักในการออกแรงดันและลากสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสมนั้นเหมือนกับหลักในการออกแรงดันและลากสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน ในขณะเดียวกันการวัดค่าภาระงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ก็ใช้หลักการเดียวกันกับที่วัดในบริเวณปฏิบัติงาน และค่าที่ได้แสดงออกมาเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ

3.4.3 **การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากในท่าทางที่ไม่เหมาะสมและค่าภาระงานของกล้ามเนื้อ**

3.4.3.1 คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลความสามารถในการออกแรงและข้อมูลภาระงานของกล้ามเนื้อในการออกแรงแต่ละท่า จำนวน 10 ท่า

3.4.3.2 วิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of Variance) ของข้อมูลความสามารถในการออกแรง และข้อมูลภาระงานของกล้ามเนื้อ โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งมีตัวแปรตาม (Dependent Variables) 4 ตัว ดังนี้คือ 1) แรงดัน 2) แรงลาก 3) ภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดัน และ4) ภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงลาก ส่วนตัวแปรอิสระ (Independent Variables) มี 2 ตัว ดังนี้ คือ 1) ท่าทางที่ใช้ในการออกแรง มี 10 ระดับ (ตามตาราง 3.3) รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นแบบ Randomized Complete Block โดยมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อค

บทที่ 4
ผลการวิจัย

บทนี้เป็นการรายงานผลการวิจัย โดยแบ่งเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้

4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

4.2 ความสามารถในการออกแรงสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน และระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

4.3 ความสามารถในการออกแรงสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสมและระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

เนื่องจากข้อมูลความสามารถในการออกแรงและระดับการทำงานของกล้ามเนื้อมีความเกี่ยวข้องกัน ดังนั้นการรายงานผลของหัวข้อ 4.2 และ 4.3 จึงได้แสดงผลการทดลอง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ และการอภิปรายผล ไว้ด้วยกัน

4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

จากข้อมูลของผู้ถูกทดสอบจำนวน 18 คน ค่าเฉลี่ยของอายุเท่ากับ 32.5 ปี ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวเท่ากับ 57.8 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของส่วนสูงเท่ากับ 164.5 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายรายการอื่นๆแสดงไว้ในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. อายุ (ปี)	32.5	11.4
2. น้ำหนัก (กก.)	57.8	10.7
3. ความสูง (ซม.)	164.5	4.5
4. ความสูงระดับหัวไหล่ (ซม.)	137.0	4.4
5. ความสูงระดับข้อศอก (ซม.)	106.6	4.5
6. ความยาวแขนเมื่อเหยียดออกไปด้านหน้า (ซม.)	80.5	3.5
7. ความกว้างช่วงอก (ซม.)	31.8	3.0
8. ความหนาของลำตัวช่วงอก (ซม.)	20.6	1.9
9. ความสูงระดับข้อศอก (ซม.)	72.3	2.9
10. ความสูงระดับข้อพับหัวเข่า (ซม.)	44.1	2.9

รายการ (ต่อ)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
11. ระยะจากก้นถึงหัวเข่า (ซม.)	53.8	2.3
12. ระยะจากก้นถึงข้อพับหัวเข่า (ซม.)	39.1	5.4
13. ความยาวแขนท่อนล่าง (ซม.)	48.4	9.0
14. ความหนาของลำตัวช่วงท้อง (ซม.)	22.9	5.7
15.1. ระยะรอบวงแขนเมื่อกล้ามเนื้อไบเซ็บ(Biceps)ผ่อนคลาย (ซม.)	27.8	3.2
15.2. ระยะรอบวงแขนเมื่อกล้ามเนื้อไบเซ็บ(Biceps)เกร็งตัว (ซม.)	31.4	3.4
16. ความยาวของมือ (ซม.)	18.3	1.2
17. ความกว้างของมือที่เมตาคาปาล (Metacarpal) (ซม.)	8.7	0.9
18. ความหนาของมือ (ซม.)	3.5	0.4
19. ความกว้างของกำมือโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน (ซม.)	3.9	0.5

4.2 ความสามารถในการออกแรงสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงานและระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

4.2.1 ความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

ค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตาราง 4.2 ค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน (หน่วยเป็นนิวตัน)

ความสูงของจุดที่ออกแรง	มุมในแนวราบของแขนขณะออกแรง (องศา)				
		0	45	90	120
ข้อนิ้ว	ค่าเฉลี่ย	64.528	73.957	75.264	69.107
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	27.922	32.197	28.131	34.906
ศอก	ค่าเฉลี่ย	46.980	66.763	81.151	75.647
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	14.476	19.276	24.987	19.271
ไหล่	ค่าเฉลี่ย	25.124	46.762	48.506	39.404
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	12.062	16.613	16.186	19.288
ศรีษะ	ค่าเฉลี่ย	31.065	34.934	39.894	34.718
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	12.892	17.461	17.393	22.091

ค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ (ตารางที่ 4.2) แสดงแนวโน้มว่าเมื่อความสูงของจุดที่ออกแรงเพิ่มขึ้น ค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ที่วัดได้เมื่อแขนทำมุมต่างกันพบว่า ค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 90 องศามีค่าสูงสุด ส่วนค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 0 องศามีค่าต่ำสุด โดยเฉลี่ยแล้วผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงได้มากสุดถึง 81.151 นิวตัน ที่ความสูงระดับศอกเมื่อแขนทำมุม 90 องศา และออกแรงได้น้อยสุดเพียง 25.124 นิวตันที่ความสูงระดับไหล่เมื่อแขนทำมุม 0 องศา

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ตารางที่ 4.3) พบว่าความสูงของจุดที่ออกแรงและมุมในแนวราบของแขนขณะออกแรงมีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนอันตรกิริยาระหว่างความสูงของจุดที่ออกแรงและมุมในแนวราบของแขนขณะออกแรงนั้นไม่มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ายกกำลังสอง	ค่าสถิติเอฟ	ค่าพี
ความสูงของจุดที่ออกแรง	3	73173.2	65.97	0.000**
มุมในแนวราบของแขน	3	14341.2	12.93	0.000**
ความสูงของจุดที่ออกแรง*มุม-ในแนวราบของแขนขณะออกแรง	9	5917.2	1.78	0.073
ผู้ถูกทดสอบ	17	36960.5	5.88	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	255	94280.9		
ผลรวม	287	224673		

** = ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ที่ระดับความสูงต่างๆ โดยวิธีทูคีย์ (Tukey's Test) ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข. ความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ที่ระดับข้อนิ้วและศอกไม่แตกต่างกัน แต่ความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ที่ระดับข้อนิ้วและศอกต่างจากความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ที่ระดับไหล่และศรีษะอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ที่ระดับไหล่และศรีษะไม่แตกต่างกัน ความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 45 90 และ 120 องศาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความสามารถในการออกแรงดัน

สถิตย์เมื่อแขนทำมุม 0 องศาแตกต่างจากความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 45 90 และ 120 องศาอย่างมีนัยสำคัญ

4.2.2 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

จากตารางที่ 4.4 แสดงแนวโน้มว่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ชุดลดลงเมื่อจุดที่ออกแรงนั้นสูงขึ้น ระดับการทำงานของอีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายนั้นสูงสุดเมื่อออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้วในขณะที่แขนทำมุม 90 องศาในแนวราบ ระดับการทำงานของอีเรคเตอร์สไปนีข้างขวานั้นมากสุดเมื่อออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้วในขณะที่แขนทำมุม 45 องศาในแนวราบ ระดับการทำงานของเดลทอยด์มีค่ามากสุดเมื่อออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้วในขณะที่แขนทำมุม 120 องศาในแนวราบ ส่วนระดับการทำงานของทราพีเซียสนั้นมากสุดเมื่อออกแรงที่ความสูงระดับศอกในขณะที่แขนทำมุม 120 องศาในแนวราบ

ตาราง 4.4 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

ความสูงของจุดที่ออกแรง	มุมของแขนในแนวราบ (องศา)	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		อีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย	อีเรคเตอร์สไปนีข้างขวา	เดลทอยด์	ทราพีเซียส
ข้อนิ้ว	0	29.82 ± 10.10	31.92 ± 11.33	30.53 ± 16.23	22.21 ± 23.67
ข้อนิ้ว	45	39.96 ± 10.37	33.95 ± 11.24	45.20 ± 15.70	30.45 ± 12.80
ข้อนิ้ว	90	41.00 ± 11.23	28.76 ± 11.18	48.20 ± 8.50	38.33 ± 11.11
ข้อนิ้ว	120	38.55 ± 9.30	27.74 ± 12.54	49.45 ± 18.00	36.22 ±18.41
ศอก	0	26.09 ± 15.12	23.79 ± 11.90	29.59 ± 15.10	18.45 ± 11.89
ศอก	45	30.01 ± 13.66	21.80 ± 7.66	32.65 ± 15.23	26.08 ± 11.87
ศอก	90	28.48 ± 13.60	21.40 ± 8.81	42.19 ± 21.23	36.86 ± 19.11
ศอก	120	34.95 ± 13.40	20.85 ± 7.64	44.16 ± 13.88	44.42 ±16.78
ไหล่	0	4.37 ± 4.53	10.28 ± 9.75	25.81 ± 17.95	22.77 ± 14.71
ไหล่	45	4.73 ± 4.39	8.17 ± 5.51	27.75 ± 16.95	24.94 ± 17.56
ไหล่	90	7.58 ± 9.69	15.24 ± 8.71	25.73 ± 13.76	29.42 ± 10.72
ไหล่	120	5.48 ± 4.91	15.82 ± 8.97	22.12 ± 13.22	28.26 ± 12.88
ศรีษะ	0	2.84 ± 2.85	7.42 ± 7.58	22.68 ± 14.68	19.58 ±11.41
ศรีษะ	45	2.83 ± 3.17	8.24 ± 8.30	18.96 ± 9.27	21.33 ± 17.21
ศรีษะ	90	3.16 ± 5.40	12.08 ± 10.99	12.69 ± 9.26	15.43 ± 11.24
ศรีษะ	120	1.22 ± 1.45	13.35 ± 8.37	9.69 ± 5.64	22.79 ± 13.41

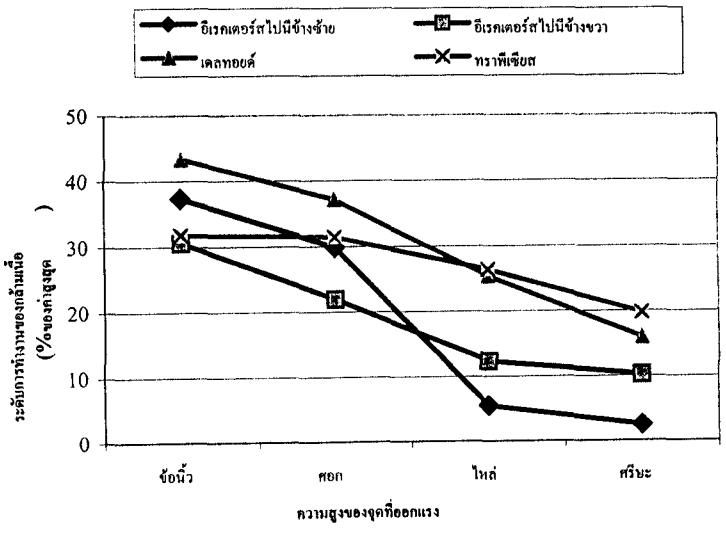
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ตารางที่ 4.5) พบว่าอันตรกิริยาระหว่างความสูงของจุดที่ออกแรงและมุมในแนวราบของแขนขณะออกแรงนั้นมีผลต่อค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันสถิตย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยค่าพี(p-value)น้อยกว่า 0.01

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันสถิตย์

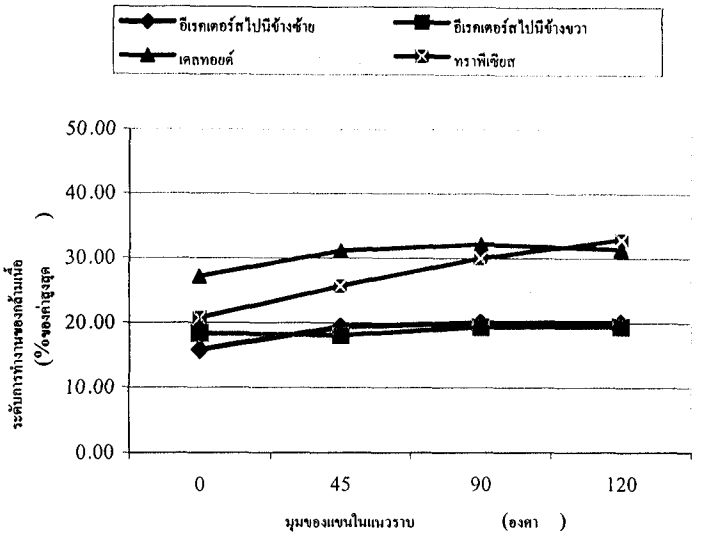
แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ค่าพี			
		อีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย	อีเรคเตอร์สไปนีข้างขวา	เดลทอยด์	ทราพีเซียส
ความสูงของจุดที่ออกแรง	3	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
มุมในแนวราบของแขน	3	0.051	0.784	0.120	0.000**
ความสูงของจุดที่ออกแรง*มุม-ในแนวราบของแขนขณะออกแรง	9	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
ผู้ถูกทดสอบ	9	0.204	0.077	0.000**	0.010*
ความคลาดเคลื่อน	135				
ผลรวม	159				

** = ระดับนัยสำคัญ 0.01 * = ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าส่วนมากแล้วค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น แต่ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสไม่ลดลงเมื่อความสูงเพิ่มจากระดับข้อนิ้วเป็นระดับศอก



ภาพ 4.1 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันสถิตย์ที่ระดับความสูงต่างๆ



ภาพ 4.2 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันสถิตย์โดยให้แขนทำมุมต่างๆ

จากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสเพิ่มขึ้นเมื่อมุมของแขนเพิ่มขึ้น ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายและเดลทอยด์เพิ่มขึ้นเมื่อมุมของแขนเพิ่มจาก 0 องศาเป็น 45 องศา เมื่อมุมของแขนเพิ่มขึ้นเป็น 90 และ 120 องศา ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งสองกลับคงที่ ส่วนระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวามีการเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อมุมของแขนเพิ่มขึ้น

4.2.3 ความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

ตาราง 4.6 ค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน (หน่วยเป็นนิวตัน)

ความสูงของจุดที่ออกแรง	มุมในแนวราบของแขนขณะออกแรง (องศา)				
		0	45	90	120
ข้อนิ้ว	ค่าเฉลี่ย	82.514	83.439	68.724	63.221
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	26.909	32.290	22.475	22.710
ศอก	ค่าเฉลี่ย	43.982	47.471	45.615	37.006
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	19.519	18.183	20.435	13.181
ไหล่	ค่าเฉลี่ย	43.329	52.593	41.256	38.260
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	17.058	26.200	29.235	21.160
ศรีษะ	ค่าเฉลี่ย	40.821	47.524	45.399	39.677
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	20.597	27.321	20.706	21.440

จากตารางที่ 4.6 ความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ที่ระดับข้อนิ้วมีค่ามากกว่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ที่ระดับศอก ไหล่ และศรีษะ เมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ที่วัดได้เมื่อแขนทำมุมต่างกันพบว่า ค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 45 องศามีค่าสูงสุด ส่วนค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 120 องศามีค่าต่ำสุด ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงได้มากสุดถึง 83.439 นิวตัน ที่ความสูงระดับข้อนิ้วเมื่อแขนทำมุม 45 องศา และออกแรงได้น้อยสุดเพียง 37.006 นิวตันที่ความสูงระดับศอกเมื่อแขนทำมุม 120 องศา

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางที่ 4.7) พบว่าความสูงของจุดที่ออกแรงและมุมในแนวราบของแขนขณะออกแรงมีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนอันตรกิริยาระหว่างความสูงของจุดที่ออกแรงและมุมในแนวราบของแขนขณะออกแรงนั้นมีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งเช่นกัน

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ายกกำลังสอง	ค่าสถิติเอฟ	ค่าพี
ความสูงของจุดที่ออกแรง	3	51558.5	52.30	0.000**
มุมในแนวราบของแขน	3	6504.2	6.60	0.000**
ความสูงของจุดที่ออกแรง*มุม-ในแนวราบของแขนขณะออกแรง	9	59510.6	10.65	0.000**
ผู้ถูกทดสอบ	17	2919.9	0.99	0.451
ความคลาดเคลื่อน	255	83791.9		
ผลรวม	287	204285		

** = ระดับนัยสำคัญ 0.01 * = ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ที่ระดับความสูงต่างๆ โดยวิธีทูคีย์ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข. ความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ที่ระดับข้อนิ้วแตกต่างจากที่ระดับศอก ไหล่ และศรีษะอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ที่ระดับศอก ไหล่และศรีษะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 0, 45 และ 90 องศาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 0 และ 45 องศาแตกต่างจากความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 120 องศาอย่างมีนัยสำคัญ

4.2.4 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงลากสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

จากตารางที่ 4.8 แสดงแนวโน้มว่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ชุดเพิ่มขึ้นเมื่อจุดที่ออกแรงนั้นสูงขึ้น ระดับการทำงานของอีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายนั้นสูงสุดเมื่อออกแรงที่ความสูงระดับศรีษะในขณะที่แขนทำมุม 90 องศาในแนวราบ ระดับการทำงานของอีเรคเตอร์สไปนีข้างขวานั้นมากสุดเมื่อออกแรงที่ความสูงระดับไหล่ในขณะที่แขนทำมุม 0 องศาในแนวราบ ระดับการทำงานของเดลทอยด์มีค่ามากสุดเมื่อออกแรงที่ความสูงระดับศรีษะในขณะที่แขนทำมุม 0 องศาในแนวราบ ส่วนระดับการทำงานของทราพีเซียสนั้นมากสุดเมื่อออกแรงที่ความสูงระดับศรีษะในขณะที่แขนทำมุม 120 องศาในแนวราบ

ตาราง 4.8 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงลากสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงาน

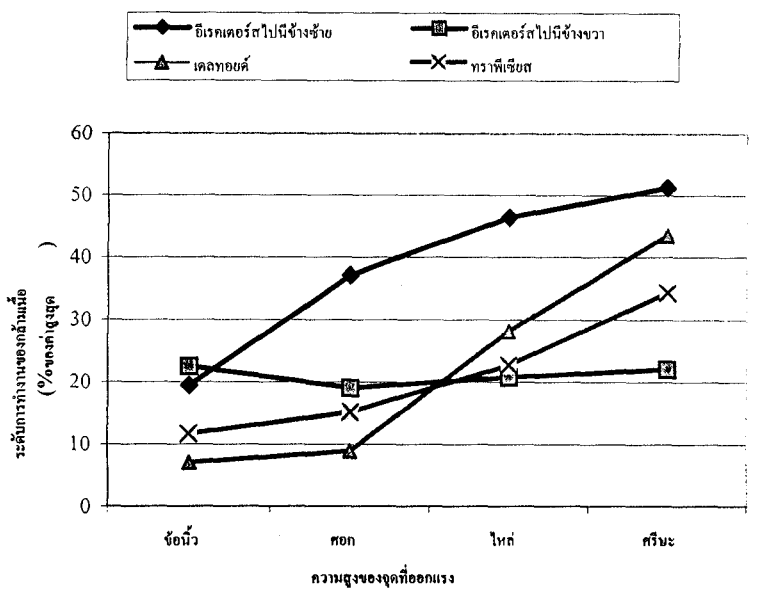
ความสูงของจุดที่ออกแรง	มุมของแขนในแนวราบ (องศา)	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		อีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย	อีเรคเตอร์สไปนีข้างขวา	เดลทอยด์	ทราพีเซียส
ข้อนิ้ว	0	17.17 ± 9.95	16.78 ± 8.33	8.00 ± 5.72	10.87 ± 7.73
ข้อนิ้ว	45	19.10 ± 7.86	23.95 ± 8.22	5.61 ± 4.45	8.78 ± 6.95
ข้อนิ้ว	90	21.40 ± 6.49	26.65 ± 9.19	4.78 ± 3.34	11.13 ± 7.68
ข้อนิ้ว	120	20.08 ± 14.18	22.62 ± 12.19	9.87 ± 13.85	15.84 ± 9.89
ศอก	0	46.43 ± 18.38	26.28 ± 12.88	7.24 ± 6.03	8.35 ± 5.99
ศอก	45	29.14 ± 12.10	15.03 ± 6.48	5.73 ± 7.34	6.92 ± 4.95
ศอก	90	37.45 ± 13.44	19.80 ± 13.88	7.25 ± 7.05	17.07 ± 11.93
ศอก	120	35.43 ± 10.76	15.07 ± 7.20	15.39 ± 13.76	28.37 ± 13.17
ไหล่	0	43.85 ± 15.88	32.94 ± 18.47	30.79 ± 13.09	16.71 ± 8.97
ไหล่	45	48.01 ± 14.48	20.58 ± 9.69	24.17 ± 12.35	15.59 ± 9.68
ไหล่	90	43.72 ± 21.25	13.81 ± 4.5	26.52 ± 13.87	25.32 ± 16.42
ไหล่	120	50.14 ± 22.72	15.82 ± 10.86	31.27 ± 18.13	33.27 ± 17.76
ศรีษะ	0	42.03 ±18.03	32.59 ± 18.76	53.79 ± 14.93	30.39 ± 17.19
ศรีษะ	45	53.30 ±17.55	25.43 ± 14.53	39.36 ± 14.60	26.59 ± 12.33
ศรีษะ	90	55.09 ± 12.91	17.24 ± 12.05	39.91 ± 18.60	37.80 ± 16.74
ศรีษะ	120	54.55 ± 17.20	13.17 ± 7.33	41.11 ± 18.51	42.81 ± 15.42

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางที่ 4.9) พบว่าอันตรกิริยาระหว่างความสูงของจุดที่ออกแรงและมุมในแนวราบของแขนขณะออกแรงนั้นมีผลต่อค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันสถิตย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงลากสถิตย์

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ค่าพี			
		อีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย	อีเรคเตอร์สไปนีข้างขวา	เดลทอยด์	ทราพีเซียส
ความสูงของจุดที่ออกแรง	3	0.000**	0.457	0.000**	0.000**
มุมในแนวราบของแขน	3	0.025*	0.000**	0.015*	0.000**
ความสูงของจุดที่ออกแรง*มุม-ในแนวราบของแขนขณะออกแรง	9	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
ผู้ถูกทดสอบ	9	0.784	0.001**	0.285	0.218
ความคลาดเคลื่อน	135				
ผลรวม	159				

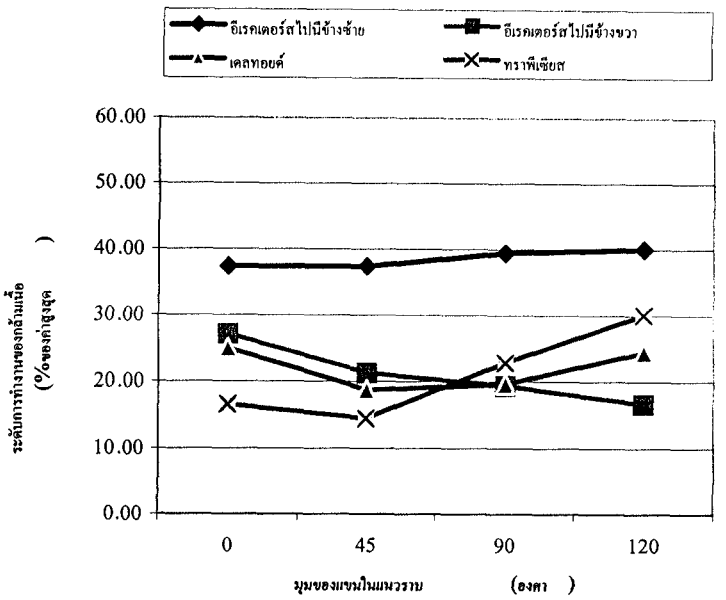
** = ระดับนัยสำคัญ 0.01 * = ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพ 4.3 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงลากสถิตย์ที่ระดับความสูงต่างๆ

จากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า ส่วนมากแล้วค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น แต่ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวาลดลงเล็กน้อยเมื่อความสูงเพิ่มจากระดับข้อนิ้วเป็นระดับศอกและกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ในภาพที่ 4.4 ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อมุมในแนวราบของแขนเพิ่มขึ้น ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวาลดลงเมื่อมุมในแนวราบของแขนเพิ่มขึ้น

ส่วนระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเดลทอยด์และทราพีเซียสลดลงเล็กน้อยเมื่อเมื่อมุมในแนวราบของแขนเพิ่มขึ้นจาก 0 องศาเป็น 45 องศา และเพิ่มขึ้นเมื่อมุมในแนวราบของแขนเพิ่มขึ้นเป็น 90 และ 120 องศา



ภาพ 4.4 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงลากสถิตย์โดยให้แขนทำมุมต่างๆ

4.2.5 การอภิปรายผล

เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์และค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 กล้ามเนื้อที่ความสูง 4 ระดับ พบว่าข้อมูลทั้งสองแสดงลักษณะแนวโน้มคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ เมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์และระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 กล้ามเนื้อลดลง แนวโน้มดังกล่าวอาจเกิดขึ้นจากลักษณะการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบ เมื่อจุดที่ออกแรงดันอยู่ในระดับต่ำผู้ถูกทดสอบสามารถใช้กล้ามเนื้อหลังและไหล่ในการออกแรงดัน จึงทำให้ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนี ทราพีเซียส และเดลทอยด์ค่อนข้างสูง ในขณะที่ออกแรงเมื่อจุดที่ออกแรงดันอยู่ในระดับสูง ผู้ถูกทดสอบอาจใช้กล้ามเนื้อดังกล่าวน้อยลงในการออกแรงดัน นอกจากนี้จากการสังเกตุยังพบว่า เมื่อจุดออกแรงอยู่ในระดับต่ำผู้ถูกทดสอบสามารถใช้น้ำหนักตัวเพิ่มแรงดันโหลดเซล จึงทำให้ความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์มีค่ามากใสขณะที่ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มีค่าต่ำ

ค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์นั้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ ส่วนค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ในขณะออกแรงลากที่ความสูง 4 ระดับนั้นได้ผลที่แตกต่างออกไป กล่าวคือ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจุดออกแรงลากอยู่ในระดับที่สูงขึ้น จากการสังเกต

พบว่าการใช้น้ำหนักตัวช่วยในการออกแรงที่ระดับสูงนั้นทำได้ยาก ผู้ถูกทดสอบจึงได้พยายามแอ่นลำตัวไปด้านหลังมากขึ้น เพื่อช่วยใช้กล้ามเนื้อหลังและไหล่ในการออกแรงลาก จึงทำให้ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อดังกล่าวมีค่าสูงขึ้น

4.3 ความสามารถในการออกแรงสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสมและระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

4.3.1 ความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

ตารางที่ 4. 10 ความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

ท่าทางในขณะออกแรง	ค่าเฉลี่ยแรงดัน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ยืนปกติ	33.05	11.57
คุกเข่าทั้งสองข้างและก้มตัวไปด้านหน้า	96.19	39.66
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหน้า	79.46	34.60
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านขวา	72.48	24.09
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหลัง	72.13	26.66
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหน้า	46.30	20.89
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านขวา	41.47	21.64
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหลัง	49.49	19.69
นอนคว่ำ	131.59	64.90
นอนหงาย	101.67	35.25
เฉลี่ยทุกท่า	72.38	29.90

จากตารางที่ 4.10 ความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสมทั้ง 9 ท่ามีค่าสูงกว่าท่ายืนปกติ โดยท่านอนคว่ำนั้นทำให้ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงดันได้มากสุด ส่วนท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านขวาทำให้ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงดันได้ต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างท่าทางที่ไม่เหมาะสมแล้วจะเห็นได้ว่าท่านั่งย่อเข่าทำให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงได้น้อยกว่าท่าอื่นๆ

ตารางที่ 4.11 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงดันสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมค่ากำลังสอง	ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสอง	ค่าสถิติเอฟ	ค่าพี
ท่าทาง	9	156369.5	17374.4	23.33	0.000**
ผู้ถูกทดสอบ	17	72063.5	4239	5.69	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	153	113960.7	744.8		
รวม	179	342393.7			

** = ระดับนัยสำคัญ 0.01

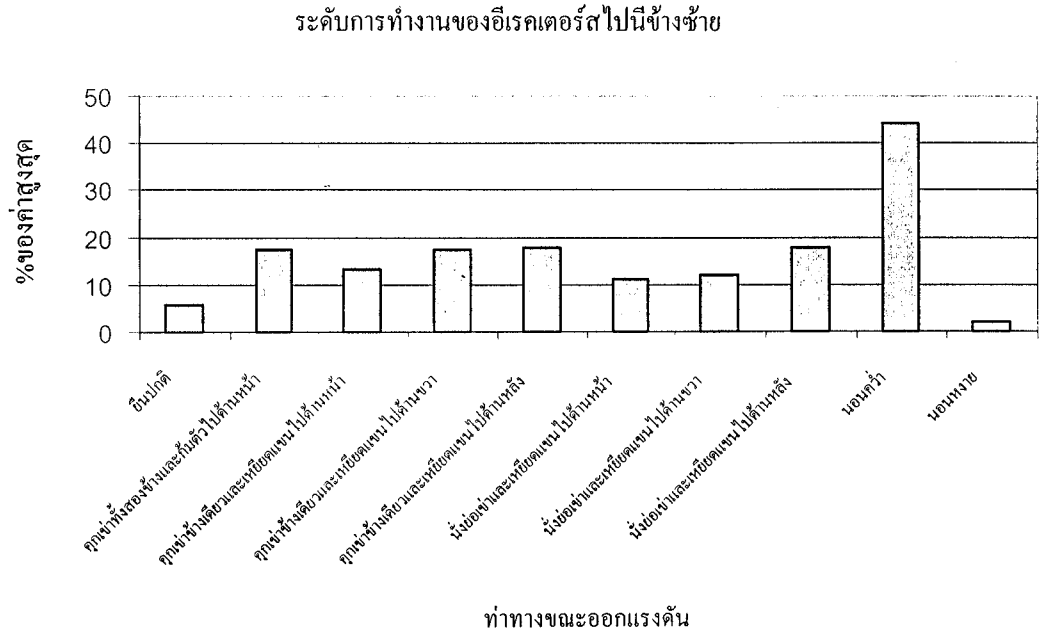
จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.11 ค่าพีของปัจจัยท่าทางน้อยกว่า 0.01 ดังนั้นท่าทางมีผลกระทบต่อค่าแรงดันสถิตย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ในท่าทางต่างๆ โดยวิธีทูคีย์ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข. พบว่า แรงดันในท่านอนคว่ำนั้นสูงสุดและแตกต่างจากแรงดันในท่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แรงดันในท่านอนหงาย ท่าคุกเข่าทั้งสองข้างและท่าคุกเข่าข้างเดียวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่แตกต่างจากแรงดันในท่านั่งย่อเข่าและท่ายืนอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแรงดันในท่านั่งย่อเข่าและท่ายืนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.3.2 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

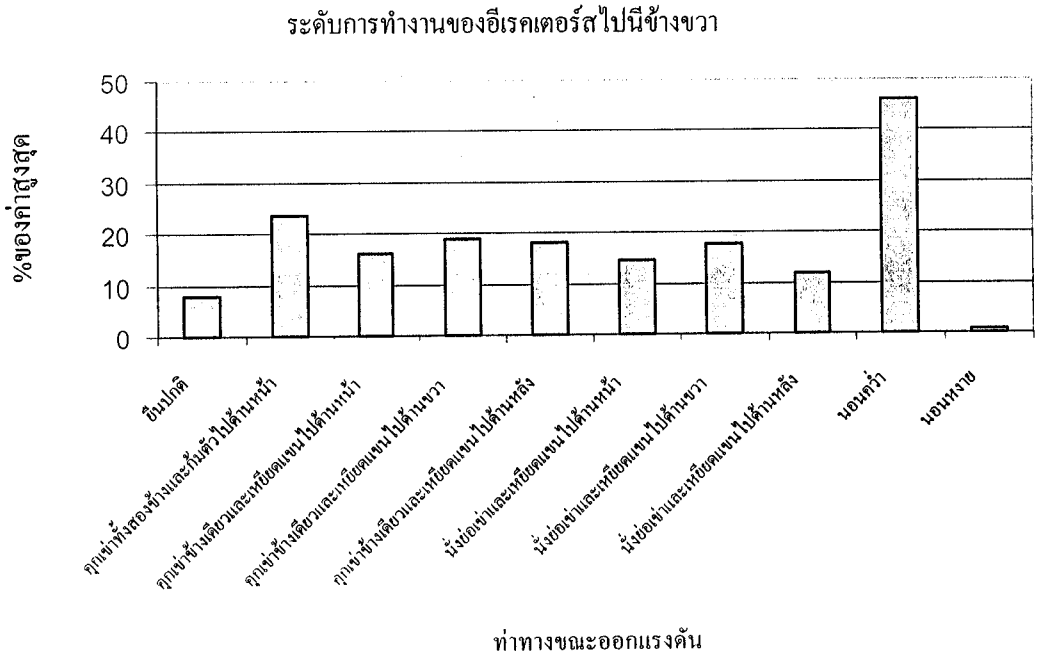
จากตารางที่ 4.12 ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 กล้ามเนื้อมีค่าสูงสุดเมื่อออกแรงในท่านอนคว่ำ โดยระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเดลทอยด์นั้นสูงถึง 70% ของค่าสูงสุด ส่วนระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีมีค่าประมาณ 45% ของค่าสูงสุด ในขณะที่ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสอยู่ที่ 45%ของค่าสูงสุด ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 กล้ามเนื้อมีค่าต่ำสุดเมื่อออกแรงดันสูงสุดในท่านอนหงาย โดยระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเดลทอยด์อยู่ที่ 14% ของค่าสูงสุด ส่วนระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีมีค่าเพียง 1-2% ของค่าสูงสุด ในขณะที่ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสอยู่ที่ 13%ของค่าสูงสุด

ตารางที่ 4.12 ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ ในขณะออกแรงดันสูงสุดในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

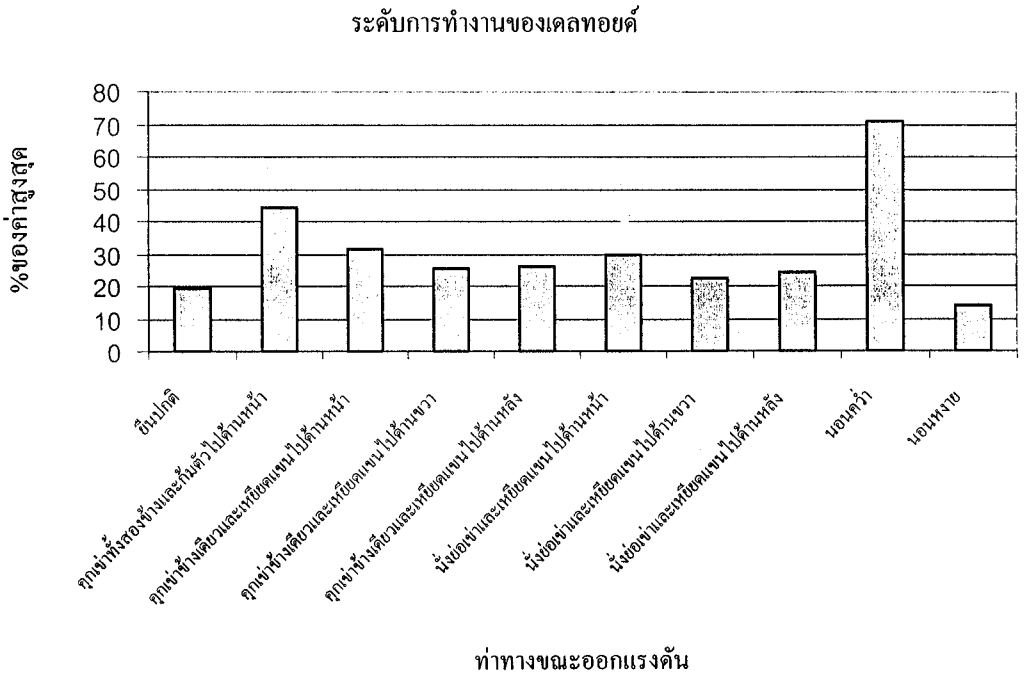
ท่าทางในขณะออกแรง	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	อีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย	อีเรคเตอร์สไปนีข้างขวา	เดลทอยด์	ทราพีเซียส
ยืนปกติ	7.833 ± 8.917	5.695 ± 5.509	19.670 ± 8.893	18.424 ± 12.250
คุกเข่าทั้งสองข้างและก้มตัวไปด้านหน้า	23.761 ± 9.940	17.305 ± 7.665	44.401 ± 23.569	25.472 ± 10.627
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหน้า	15.957 ± 10.491	13.049 ± 12.937	31.373 ± 11.273	18.701 ± 7.017
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านขวา	19.094 ± 9.511	17.308 ± 12.910	25.283 ± 10.673	46.869 ± 25.305
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหลัง	18.020 ± 8.767	17.799 ± 12.864	25.915 ± 12.304	47.514 ± 22.367
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหน้า	14.490 ± 8.128	11.281 ± 9.624	29.901 ± 15.778	18.812 ± 9.094
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านขวา	17.804 ± 12.951	11.864 ± 8.990	22.691 ± 7.733	42.108 ± 22.648
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหลัง	11.710 ± 7.184	17.592 ± 13.565	24.004 ± 8.372	52.320 ± 22.59
นอนคว่ำ	45.880 ± 14.59	44.263 ± 23.462	70.689 ± 15.734	58.577 ± 11.989
นอนหงาย	0.958 ± 1.729	2.210 ± 3.238	14.174 ± 9.467	13.996 ± 11.833
เฉลี่ยทุกท่า	17.551 ± 14.637	15.837 ± 15.918	32.859 ± 29.211	34.279 ± 22.678



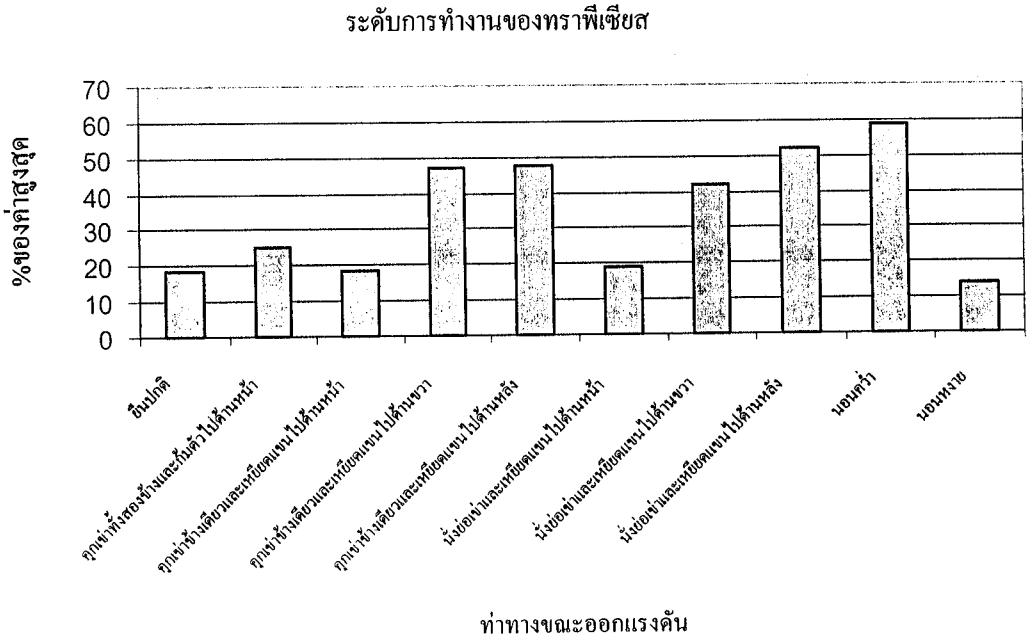
ภาพ 4.5 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายในขณะออกแรงดัน



ภาพ 4.6 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวาในขณะออกแรงดัน



ภาพ 4.7 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเดลทอยด์ในขณะออกแรงดัน



ภาพ 4.8 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสในขณะออกแรงดัน

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางที่ 4.13) ท่าทางในขณะออกแรงและผู้ถูกทดสอบมีผลต่อค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 กล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลต่อค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	องศา	ค่าพี			
	อิสระ	อีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย	อีเรคเตอร์สไปนีข้างขวา	เดลทอยด์	ทราพีเซียส
ท่าทางในขณะออกแรง	9	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
ผู้ถูกทดสอบ	9	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	81				
ผลรวม	99				

** = ระดับนัยสำคัญ 0.01

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงด้วยท่าทางต่างๆกัน 10 ท่าโดยวิธีทูคีย์แล้วได้ผลดังนี้ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์ สไปนีข้างซ้ายในท่านอนคว่ำแตกต่างจากท่าอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อดังกล่าวในท่านอนหงายไม่แตกต่างจากท่ายืนปกติ แต่แตกต่างจากท่าอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อดังกล่าวในท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหลังและด้านขวา และท่าคุกเข่าทั้งสองข้างและก้มตัวไปด้านหน้าแตกต่างจากท่านอนหงาย ท่ายืนปกติ และท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหลังอย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวาในท่านอนคว่ำแตกต่างจากท่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อดังกล่าวในท่านอนหงายไม่แตกต่างจากท่ายืนปกติ ท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหน้าและด้านขวาแต่แตกต่างจากท่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ

ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเดลทอยด์ในท่านอนคว่ำแตกต่างจากท่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเดลทอยด์ในท่านอนหงายไม่แตกต่างจากท่ายืนปกติ ท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านขวาและด้านหลัง ท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านขวาและด้านหลัง แต่แตกต่างจากท่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสในท่านอนคว่ำแตกต่างจากท่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสในท่านอนหงายไม่แตกต่างจากท่ายืนปกติ ท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหน้า ท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหน้าและด้านขวา และท่าคุกเข่าทั้งสองข้างและก้มตัวไปด้านหน้า แต่แตกต่างจากท่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ

4.3.3 ความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

ตารางที่ 4.14 ความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

ท่าทางในขณะออกแรง	ค่าเฉลี่ยแรงลาก	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ยืนปกติ	44.94	14.61
คุกเข่าทั้งสองข้างและก้มตัวไปด้านหน้า	75.37	41.53
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหน้า	61.20	28.24
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านขวา	42.24	15.91
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหลัง	40.63	12.22
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหน้า	73.13	38.04
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านขวา	40.22	15.93
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหลัง	33.85	16.58
นอนคว่ำ	138.84	49.15
นอนหงาย	115.98	33.52
เฉลี่ยทุกท่า	66.64	26.57

จากตารางที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าท่านอนคว่ำนั้นทำให้ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงลากได้มากสุด ส่วนท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหลังทำให้ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงลากได้ต่ำสุด หากเปรียบเทียบกับท่ายืนปกติแล้ว การออกแรงในท่าทางที่ไม่เหมาะสมโดยให้แขนอยู่ทางด้านขวาและด้านหลังจะทำให้ค่าแรงลากสถิตย์มีค่าต่ำกว่าท่ายืนปกติ ถ้าหากออกแรงโดยให้แขนอยู่ทางด้านหน้าจะทำให้ค่าแรงลากสถิตย์มีค่าสูงกว่าท่ายืนปกติอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 4.15 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงลากสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมค่ากำลังสอง	ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสอง	ค่าสถิติเอฟ	ค่าพี
ท่าทาง	9	203608.5	22623.2	31.17	0.000**
ผู้ถูกทดสอบ	17	38226.2	2248.6	3.10	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	153	111032.3	725.7		
รวม	179	352866.9			

** = ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.15 ค่าพีของปัจจัยท่าทางน้อยกว่า 0.01 ดังนั้นท่าทางมีผลกระทบต่อค่าแรงลากสถิตย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ในท่าทางต่างๆ โดยวิธีทูคีย์ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข. พบว่า

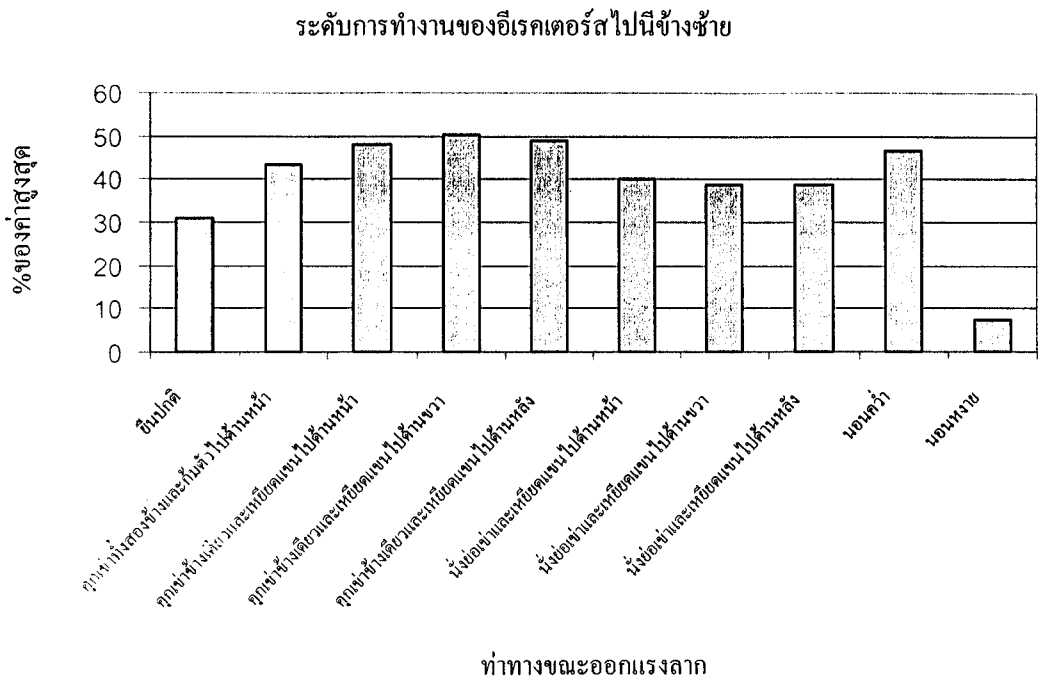
แรงลากในท่านอนคว่ำและนอนหงายไม่แตกต่างอย่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่แรงลากในทั้งสองท่านั้นแตกต่างจากแรงลากในท่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แรงลากในท่าคุกเข่าทั้งสองข้าง ท่านั่งย่อเข่าโดยเหยียดแขนไปด้านหน้า และท่าคุกเข่าข้างเดียวโดยเหยียดแขนไปด้านหน้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่แรงลากในทั้ง 3 ท่านี้แตกต่างจากแรงลากในท่ายืน ท่าคุกเข่าข้างเดียวโดยเหยียดแขนไปด้านข้างและด้านหลัง ท่านั่งย่อเข่าโดยเหยียดแขนไปด้านข้างและด้านหลังอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแรงลากในท่ายืน ท่าคุกเข่าข้างเดียวโดยเหยียดแขนไปด้านข้างและด้านหลัง ท่านั่งย่อเข่าโดยเหยียดแขนไปด้านข้างและด้านหลังไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.3.4 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงลากสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

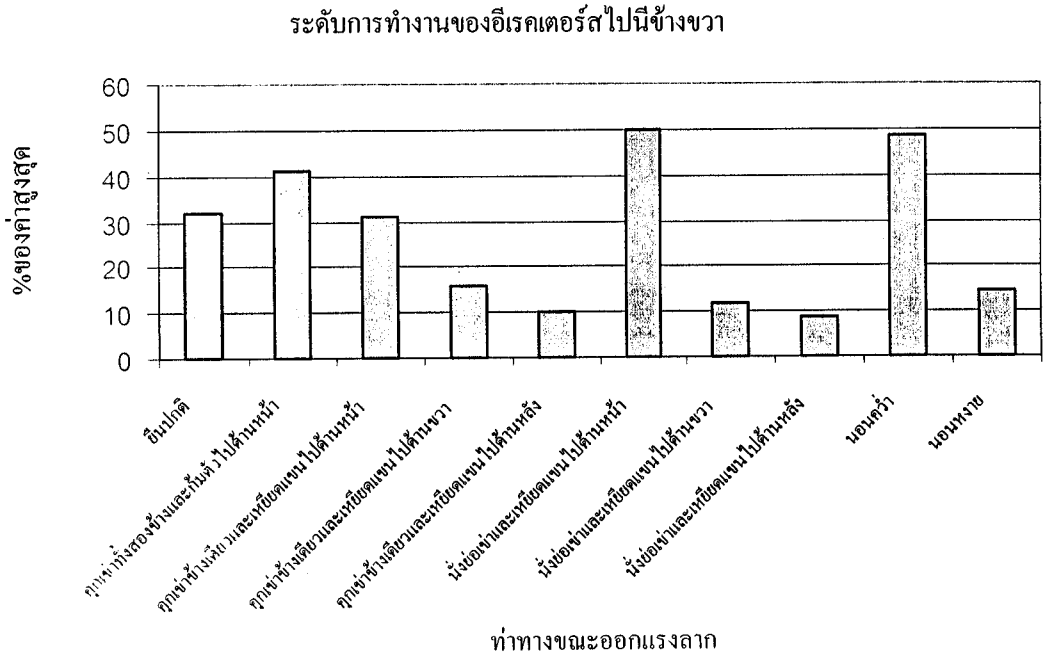
จากตารางที่ 4.16 ค่าระดับการทำงานมากสุดของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายมีค่า 50% ของค่าสูงสุดซึ่งเกิดจากการออกแรงลากในท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านขวา ระดับการทำงานมากสุดของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวามีค่าประมาณ 50% ของค่าสูงสุดเช่นกันแต่เกิดจากการออกแรงในท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหน้า ส่วนระดับการทำงานมากสุดของกล้ามเนื้อเดลทอยด์มีค่า 42% ของค่าสูงสุดโดยเกิดจากการออกแรงในท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหน้า ในขณะที่ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสอยู่ที่ 38%ของค่าสูงสุดโดยเกิดจากการออกแรงในท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหลัง ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย เดลทอยด์ และทราพีเซียส มีค่าต่ำสุดเมื่อออกแรงลากสูงสุดในท่านอนหงาย ส่วนระดับการทำงานต่ำสุดของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวาเกิดจากการออกแรงในท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหลัง

ตารางที่ 4.16 ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆในขณะออกแรงลากสูงสุดในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

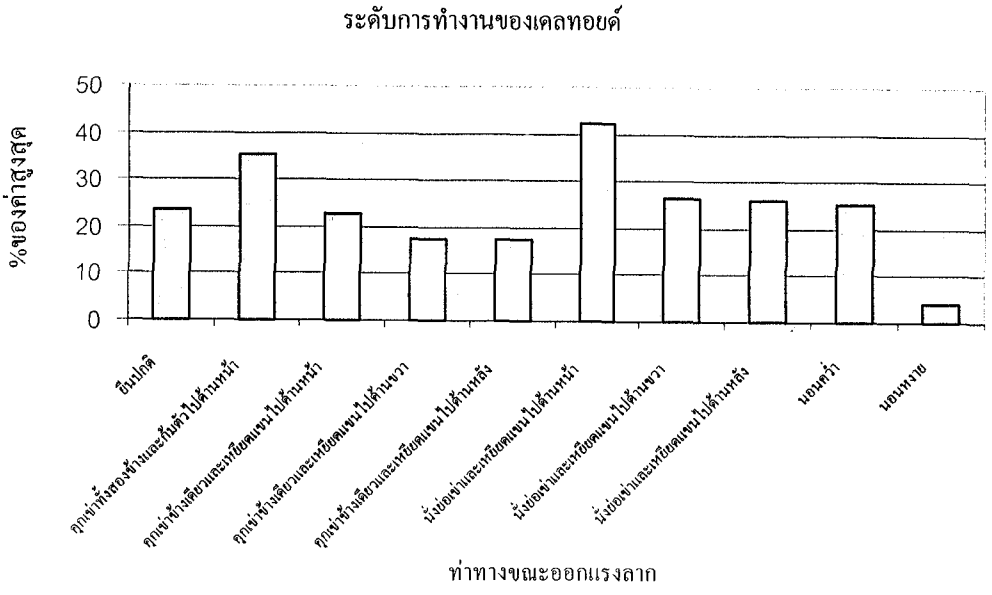
ท่าทางในขณะออกแรง	ค่าเฉลี่ยของระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (%ของค่าสูงสุด) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	อีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย	อีเรคเตอร์สไปนีข้างขวา	เดลทอยด์	ทราพีเซียส
ยืนปกติ	31.133 ± 14.178	32.179 ± 15.550	23.520 ± 9.771	14.726 ± 7.054
คุกเข่าทั้งสองข้างและก้มตัวไปด้านหน้า	43.499 ± 17.086	41.074 ± 16.882	35.452 ± 23.063	27.729 ± 13.112
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหน้า	47.805 ± 21.610	31.027 ± 13.171	22.735 ± 10.997	20.088 ± 8.546
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านขวา	50.367 ± 16.424	15.663 ± 6.119	17.551 ± 10.585	33.123 ± 16.984
คุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหลัง	48.702 ± 15.096	9.992 ± 3.905	17.567 ± 10.376	38.405 ± 12.264
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหน้า	40.206 ± 21.537	50.031 ± 23.205	42.244 ± 18.362	29.439 ± 8.541
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านขวา	38.871 ± 16.013	11.894 ± 11.856	26.562 ± 10.936	28.932 ± 13.424
นั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหลัง	38.651 ± 16.500	8.804 ± 4.399	25.905 ± 12.494	32.145 ± 13.401
นอนคว่ำ	46.400 ± 16.665	48.737 ± 21.816	25.375 ± 17.494	20.288 ± 11.925
นอนหงาย	7.504 ± 10.547	14.341 ± 21.571	3.952 ± 5.857	11.533 ± 10.880
เฉลี่ยทุกท่า	39.314 ± 20.064	26.374 ± 21.393	24.086 ± 16.489	25.641 ± 14.044



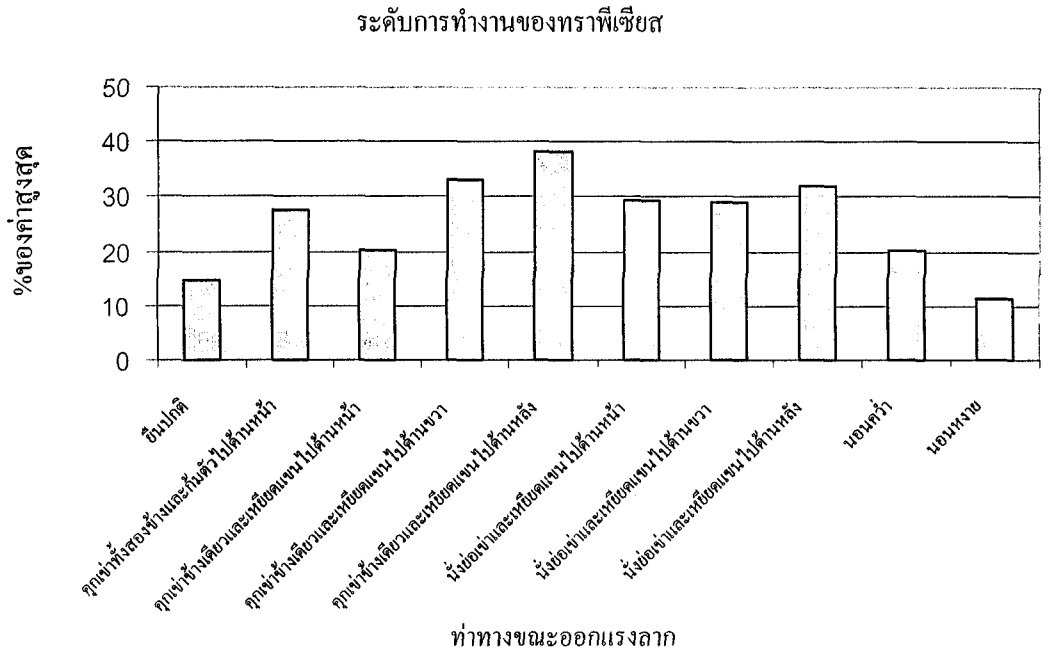
ภาพ 4.9 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายขณะออกแรงลาก



ภาพ 4.10 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวาขณะออกแรงลาก



ภาพ 4.11 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเดลทอยด์ขณะออกแรงลาก



ภาพ 4.12 ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสขณะออกแรงลาก

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางที่ 4.17) ท่าทางในขณะออกแรงและผู้ถูกทดสอบมีผลต่อค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 กล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ค่าพีน้อยกว่า 0.01)

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลต่อค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	องศา	ค่าพี			
	อิสระ	อีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย	อีเรคเตอร์สไปนีข้างขวา	เดลทอยด์	ทราพีเซียส
ท่าทางในขณะออกแรง	9	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
ผู้ถูกทดสอบ	9	0.000**	0.001**	0.000**	0.000**
ความคลาดเคลื่อน	81				
ผลรวม	99				

** = ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงด้วยท่าทางต่างๆกัน 10 ท่าโดยวิธีทูคีย์ ผลปรากฏว่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายในท่านอนหงายแตกต่างจากท่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายในท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านขวาและด้านหลังไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อดังกล่าวในท่ายืนปกติ ท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหน้า ด้านขวาและด้านหลัง ท่านอนคว่ำ ท่าคุกเข่าทั้งสองข้างและก้มตัวไปด้านหน้า และท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหน้าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวาในท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านขวาและ ด้านหลัง และท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหลังไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างขวาในท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหน้า ท่ายืนปกติ ท่าคุกเข่าทั้งสองข้างและก้มตัวไปด้านหน้า ท่านอนคว่ำ และท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหน้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเดลทอยด์ในท่านอนหงาย ท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านขวาและด้านหลังไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเดลทอยด์ในท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหน้าแตกต่างจากท่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสในท่านอนหงายแตกต่างจากท่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในท่ายืนปกติ ท่าคุกเข่าข้างเดียวและเหยียดแขนไปด้านหน้า ท่านอนคว่ำ และท่าคุกเข่าทั้งสองข้างและก้มตัวไปด้านหน้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.3.5 การอภิปรายผล

เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากสถิตย์ในท่าทางที่ไม่เหมาะสมพบว่าค่าแรงดันและลากสถิตย์ในท่านอนคว่ำและนอนหงายมีค่ามากกว่าท่าอื่นๆ ซึ่งการออกแรงในท่าทั้งสองนั้นผู้ถูกทดสอบนอนบนพื้น ทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างลำตัวกับพื้นและส่งผลให้แรงที่วัดได้มีค่าสูงเมื่อปรียบเทียบกับค่าแรงที่วัดได้จากท่าอื่นๆ นอกจากนี้การออกแรงในท่านอนคว่ำนั้นลำตัวและแขนของผู้ถูกทดสอบอยู่ในแนวเดียวกันกับทิศของแรงจึงทำให้สามารถถ่ายแรงจากกล้ามเนื้อในบริเวณหลังและไหล่ไปยังแขนและมือได้มาก ประกอบกับกล้ามเนื้อหลังและไหล่ทำงานมากในท่านี้จึงทำให้ระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายและขวา เดลทอยด์ และทราพีเซียส ในขณะออกแรงดัน ในท่านอนคว่ำมีค่าสูงถึง 46% 44% 70% และ 59%ของค่าสูงสุด ตามลำดับ และในขณะออกแรงลาก ในท่านอนคว่ำมีค่าสูงถึง 46% 48% 25% และ 20%ของค่าสูงสุด ตามลำดับ ส่วนการออกแรงดันและลากในท่านอนหงายนั้นระดับการทำงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายและขวา เดลทอยด์และทราพีเซียสมีค่าต่ำกว่า 15 %ของค่าสูงสุด เนื่องจากผู้ถูกทดสอบนอนราบหลังสัมผัสพื้นจึงทำให้ไม่สามารถใช้กล้ามเนื้อหลังในการออกแรงได้เท่าที่ควร

จากข้อมูลระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสจะเห็นได้ชัดว่าเมื่อผู้ถูกทดสอบออกแรงดันและลากโดยที่เหยียดแขนไปด้านขวาและด้านหลังจะทำให้กล้ามเนื้อทราพีเซียสต้องทำงานมากขึ้นเมื่อเทียบกับการออกแรงโดยที่เหยียดแขนไปด้านหน้าในท่านั่งแบบเดียวกัน ส่วนการออกแรงดันในท่าคุกเข่าทั้งสองข้างและก้มตัวไปด้านหน้านั้นส่งผลให้กล้ามเนื้อเดลทอยด์ออกแรงมากถึง 44%ของค่าสูงสุด ในขณะที่ออกแรงลากในท่านั่งย่อเข่าและเหยียดแขนไปข้างหน้าทำให้กล้ามเนื้อเดลทอยด์ออกแรงมากถึง 42% ของค่าสูงสุด ภาระงานของกล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีและเดลทอยด์ในขณะออกแรงดันในท่าคุกเข่าข้างเดียวมีค่ามากกว่าในท่านั่งย่อเข่าไม่เกิน 5% แต่แรงดันในท่าคุกเข่าข้างเดียวมีค่ามากกว่าแรงดันในท่าย่อเข่าถึง 29%โดยเฉลี่ย การออกแรงลากใช้กล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีมากกว่าการออกแรงดัน ในขณะที่การออกแรงดันใช้กล้ามเนื้อเดลทอยด์และทราพีเซียสมากกว่าการออกแรงลาก

จากข้อมูลการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่าการออกแรงดันและแรงลากในท่านอนคว่ำทำให้แรงดันและแรงลากมีค่าสูงสุด แต่ก็ต้องใช้กล้ามเนื้อหลังและไหล่ทำงานออกแรงมากสุดด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับการออกแรงในท่าอื่นๆ ดังนั้นการปฏิบัติงานออกแรงในท่านอนคว่ำจะต้องมีความระมัดระวัง ในขณะเดียวกันการออกแรงดันและแรงลากในท่านอนหงายนั้นทำให้ค่าแรงต่ำกว่าค่าแรงในท่านอนคว่ำเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ค่าภาระงานของกล้ามเนื้อในท่านอนหงายมีค่าต่ำ (ไม่ถึง 15%) ดังนั้นเมื่อต้องออกแรงดันและลากในขณะปฏิบัติงาน จึงควรใช้ท่านอนหงายมากกว่านอนคว่ำ

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ 1) เพื่อสร้างฐานข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงาน 2) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงดันและลากในท่าทางต่างๆ และ 3) เพื่อศึกษาภาระงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงดันและลากในท่าทางต่างๆ งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดลองภายในห้องปฏิบัติการเออร์กอนอมิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อเก็บข้อมูลดังนี้ คือ 1) สัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักและเครื่องวัดสัดส่วนร่างกาย 2) ความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานและภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรง โดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิตย์ และเครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรม และ 3) ความสามารถในการออกแรงดันและลากสูงสุดบนพื้นปกติในท่าทางที่ไม่เหมาะสมและภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรง โดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิตย์ และเครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรม

ผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมในงานวิจัยนี้มีจำนวน 18 คน เป็นเพศชายและมีประสบการณ์การทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้คือ เครื่องชั่งน้ำหนักและเครื่องวัดสัดส่วนร่างกายใช้ในการวัดสัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ เครื่องมือวัดแรงสถิตย์ใช้ในการวัดความสามารถในการออกแรงดันและลาก ส่วนเครื่องอิเล็คโตรมัยโอแกรมใช้ในการวัดภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรง กล้ามเนื้อ 4 ชุดที่เลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ กล้ามเนื้ออีเรคเตอร์สไปนีขวาและซ้าย กล้ามเนื้อทราพีเซียส และกล้ามเนื้อเดลทอยด์ชุดกลาง

การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานและค่าภาระงานของกล้ามเนื้อกระทำในท่าทางที่แตกต่างกันจำนวน 16 ท่า ซึ่งท่าทางที่ใช้ในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานมาจากปัจจัยดังนี้ 1) ความสูงของจุดที่ออกแรง (ระดับข้อนิ้ว ศอก ไหล่ และศีรษะ) และ 2) มุมในแนวราบของแขน (0 45 90 และ 120 องศา) ส่วนการเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากในท่าทางที่ไม่เหมาะสม และค่าภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆกระทำท่าทางที่แตกต่างกันจำนวน 10 ท่า หน่วยวัดค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากเป็นนิวตัน ส่วนหน่วยวัดค่าภาระงานของกล้ามเนื้อเป็นเปอร์เซ็นต์ของการออกแรงสูงสุด

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อค่าแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานและค่าภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานมี 2 ปัจจัย คือ ความสูงของจุดที่ออกแรง และ มุมในแนวราบของแขน ส่วนปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อค่าแรงดันและลาก

ในท่าทางที่ไม่เหมาะสมและค่าภาระงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันและลากในท่าทางที่ไม่เหมาะสมมีเพียงปัจจัยเดียว คือ ท่าทางที่ใช้ในการออกแรง

ผลที่ได้จากการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. ผู้ถูกทดสอบจำนวน 18 คน ค่าเฉลี่ยของอายุเท่ากับ 32.5 ปี ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวเท่ากับ 57.8 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของส่วนสูงเท่ากับ 164.5 เซนติเมตร
2. ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงได้มากสุดถึง 81.151 นิวตัน ที่ความสูงระดับศอกเมื่อแขนทำมุม 90 องศา เมื่อความสูงของจุดที่ออกแรงเพิ่มขึ้น ค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์ที่วัดได้เมื่อแขนทำมุมต่างกันพบว่า ค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 90 องศามีค่าสูงสุด ส่วนค่าความสามารถในการออกแรงดันสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 0 องศามีค่าต่ำสุด
3. ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ชุดลดลงเมื่อจุดที่ออกแรงดันนั้นสูงขึ้น ระดับการทำงานของอีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายนั้นสูงสุด(41%MVC)เมื่อออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้วในขณะที่แขนทำมุม 90 องศาในแนวราบ ระดับการทำงานของอีเรคเตอร์สไปนีข้างขวานั้นมากสุด (33%MVC)เมื่อออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้วในขณะที่แขนทำมุม 45 องศาในแนวราบ ระดับการทำงานของเดลทอยด์มีค่ามากสุด(49%MVC)เมื่อออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้วในขณะที่แขนทำมุม 120 องศาในแนวราบ ส่วนระดับการทำงานของทราพีเซียสนั้นมากสุด (44%MVC)เมื่อออกแรงที่ความสูงระดับศอกในขณะที่แขนทำมุม 120 องศาในแนวราบ
4. ผู้ถูกทดสอบสามารถออกแรงได้มากสุดถึง 83.439 นิวตัน ที่ความสูงระดับข้อนิ้วเมื่อแขนทำมุม 45 องศา ความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ที่ระดับข้อนิ้วมีค่ามากกว่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ที่ระดับศอก ไหล่ และศรีษะ เมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์ที่วัดได้เมื่อแขนทำมุมต่างกันพบว่า ค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 45 องศามีค่าสูงสุด ส่วนค่าความสามารถในการออกแรงลากสถิตย์เมื่อแขนทำมุม 120 องศามีค่าต่ำสุด
5. ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ชุดเพิ่มขึ้นเมื่อจุดที่ออกแรงลากนั้นสูงขึ้น ระดับการทำงานของอีเรคเตอร์สไปนีข้างซ้ายนั้นสูงสุด(55%MVC)เมื่อออกแรงที่ความสูงระดับศรีษะในขณะที่แขนทำมุม 90 องศาในแนวราบ ระดับการทำงานของอีเรคเตอร์สไปนีข้างขวานั้นมากสุด(32%MVC)เมื่อออกแรงที่ความสูงระดับไหล่ในขณะที่แขนทำมุม 0 องศาในแนวราบ ระดับการทำงานของเดลทอยด์มีค่ามากสุด(53%MVC)เมื่อออกแรงที่ความสูงระดับศรีษะในขณะที่แขนทำมุม 0 องศาในแนวราบ ส่วนระดับการทำงาน

ของทราพีเซียสนั้นมากสุด(42%MVC)เมื่อออกแรงที่ความสูงระดับศรีษะในขณะที่แขนทำมุม 120 องศาในแนวราบ

6. ความสูงของจุดที่ออกแรงและมุมในแนวราบของแขนขณะออกแรงมีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงานอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง อันตรกิริยาระหว่างความสูงของจุดที่ออกแรงและมุมในแนวราบของแขนขณะออกแรงนั้นมีผลต่อค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันและลากสถิตย์ในบริเวณปฏิบัติงานอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง
7. ท่าทางมีผลกระทบต่อค่าแรงดันและลากสถิตย์ ค่าระดับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะออกแรงดันและลากสถิตย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากและภาระงานของกล้ามเนื้อของผู้หญิง เนื่องจากมีพนักงานหญิงจำนวนไม่น้อยที่ต้องออกแรงในขณะปฏิบัติงาน นอกจากนี้ควรขยายขอบเขตของอาชีพของผู้ถูกทดสอบให้กว้างขึ้น เช่น พนักงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง พนักงานร้านค้าส่งขนาดใหญ่ พยาบาล เนื่องจากอาชีพดังกล่าวต้องออกแรงในขณะปฏิบัติงาน
2. การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีเงินทุนและเวลาค่อนข้างจำกัด จึงทำให้เก็บข้อมูลผู้ถูกทดสอบได้น้อยคน ในการวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มจำนวนผู้ถูกทดสอบให้มากขึ้น
3. การศึกษาทดลองครั้งต่อไปควรศึกษาความสามารถในการออกแรงประเภทต่างๆให้มากขึ้น เช่นความสามารถในการออกแรงยก แรงบิด เพื่อไว้ใช้ในการออกแบบวิธีการทำงานให้เหมาะสมกับความสามารถของพนักงานคนไทย ซึ่งจะช่วยให้การบาดเจ็บที่เกิดจากการทำงานลดลง

5.3 วิธีการนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติ

1. การออกแรงดันในบริเวณที่ต่ำ เช่น ระดับข้อนิ้ว ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถออกแรงได้มากกว่าในบริเวณที่สูง เช่น ระดับศีรษะ ในทางตรงกันข้าม การออกแรงลากในที่ต่ำ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานออกแรงได้น้อยกว่าในที่สูง แต่ทั้งนี้ การออกแรงดันในบริเวณที่ต่ำ และการออกแรงลากในบริเวณที่สูง จะต้องใช้แรงจากกล้ามเนื้อหลัง และไหล่มากกว่าการออกแรงดันและลากในบริเวณระดับความสูงอื่นๆ ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบการทำงานสถานีงาน(Work Station) และเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน ควรจะพิจารณาปริมาณแรงที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงาน ควบคู่ไปกับระยะเวลาที่ต้องปฏิบัติงาน หากผู้

ปฏิบัติงานต้องออกแรงดันในระดับข้อนิ้วและศอก หรือออกแรงดันในระดับที่สูงระดับไหล่และศีรษะอยู่เรื่อยๆในระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง ผู้ปฏิบัติงานควรใช้แรงไม่เกิน 15% ของแรงสูงสุดในการออกแรงแต่ละครั้ง หากใช้แรงเกินค่าดังกล่าวติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะทำให้ภาระงานของกล้ามเนื้อหลังและไหล่มีค่าสูง ซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเสี่ยงที่จะได้รับบาดเจ็บในบริเวณหลังและไหล่ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อ นาย ก. ออกแรงดันสูงสุดที่ความสูงระดับศอก โดยเหยียดแขนตรงไปด้านหน้า แล้ววัดค่าแรงสูงสุดได้ 100 นิวตัน เมื่อ นาย ก. ต้องปฏิบัติงานโดยใช้แรงดันในลักษณะดังกล่าวติดต่อกันเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นาย ก. ควรจะออกแรงไม่เกิน 15 นิวตัน

2. การออกแรงดัน โดยอยู่ในท่าคุกเข่าทั้งสองข้าง และก้มตัวไปด้านหน้า และการออกแรงลากในท่าย่อเข่าและเหยียดแขนไปด้านหน้า นั้น จะทำให้ภาระงานของกล้ามเนื้อไหล่(เดลทอยด์ชุดกลาง)มีค่าสูง หากปฏิบัติงานออกแรงมากในท่าดังกล่าวนี้ เช่น ระยะเวลานาน จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานอาจเกิดการบาดเจ็บบริเวณไหล่ได้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างท่านั่งทั้งสามท่า การออกแรงในท่าคุกเข่าข้างเดียวจะทำให้เกิดภาระงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 โดยเฉลี่ยต่ำกว่า การออกแรงในท่าคุกเข่าทั้งสองข้างและท่าย่อเข่า ดังนั้น หากจำเป็นต้องปฏิบัติงานในท่านั่ง ควรออกแรงในท่าคุกเข่าข้างเดียว ซึ่งจะทำให้เกิดความเสี่ยงที่จะได้รับบาดเจ็บบริเวณหลังและไหล่น้อยกว่า ส่วนการออกแรงในท่านอนนั้น ควรออกแรงในท่านอนหงาย เนื่องจากใช้กล้ามเนื้อหลังและไหล่น้อย

3. การออกแรงลาก ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถออกแรงได้มากกว่าการออกแรงดัน แต่อย่างไรก็ดี การออกแรงดันและลากในท่าหนึ่งเป็นระยะเวลานาน ทำให้ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องเป็นระยะเวลานาน ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อชุดดังกล่าวเกิดความล้า (fatigue) และทำให้ความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บสูงขึ้นไปด้วย ดังนั้น วิศวกรผู้ออกแบบงานควรออกแบบให้ผู้ปฏิบัติงานได้ปฏิบัติงานที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไปในหนึ่งวันทำงาน โดยอาศัยหลักการหมุนเวียนลักษณะงาน (Job Rotation) เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ผู้ปฏิบัติต้องปฏิบัติงานในท่าทางเดิมติดต่อกันเป็นเวลา 8 ชั่วโมง

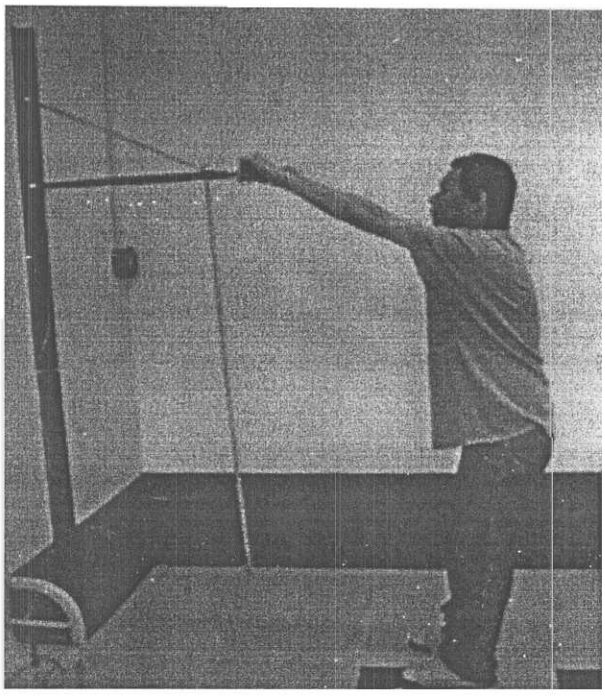
เอกสารอ้างอิง

(References)

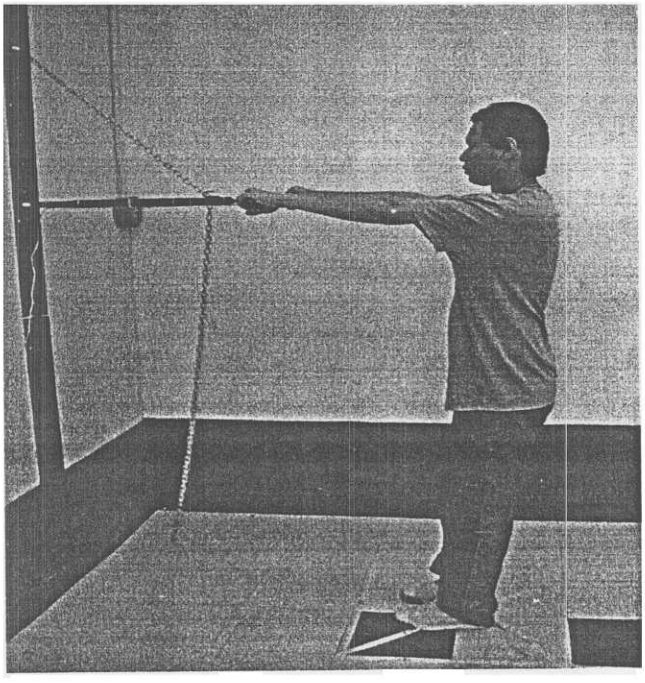
- Chaffin, D.B., Andres, R.O., and Garg, A., Volitional Postures during Maximal Push/Pull Exertions in the Sagittal Plane, Human Factors, 25(5), 541-550, 1983.
- Haslegrave, M., Tracy, M., and Corlett, E.N., Force Exertion in Awkward Working Postures – Strength Capability While Twisting or Working Overhead, Ergonomics, 40(12), 1335-1362, 1997a.
- Haslegrave, M., Tracy, M., and Corlett, E.N., Strength Capability while Kneeling, Ergonomics, 40(12), 1363-1379, 1997b.
- Jongkol, P., Measurement and Evaluation of Isometric and Isokinetic Strengths in Workspace, Unpublished Ph.D. Dissertation, Department of Industrial Engineering, Dalhousie University, Halifax, Canada, 2000.
- Konz, S., Work Design : Industrial Ergonomics. 4th Edition, Publishing Horizons, Arizona, 1995.
- Lavender, S.A., Li, Y.C., and Andersson, G.B.J., Trunk Muscle Use during Pulling Tasks : Effects of a Lifting Belt and Footing Conditions, Human Factors, 40(1), 159-172, 1998.
- MacKinnon, S.N., Isometric Pull Forces in the Sagittal Plane, Applied Ergonomics, 29(5), 319-324, 1998.
- Resnick, M.L., and Chaffin, D.B. Kinematics, Kinetics , and Psychological Perceptions in Symmetric and Twisting Pushing and Pulling Tasks, Human Factors, 38(1), 114-129, 1996.
- Warwick, D., Novak, G., Schultz, A., and Berkson, M., Maximum Voluntary Strengths of Male Adults in Some Lifting, Pushing and Pulling Activities, Ergonomics, 23(1), 49-54, 1980.

ภาคผนวก

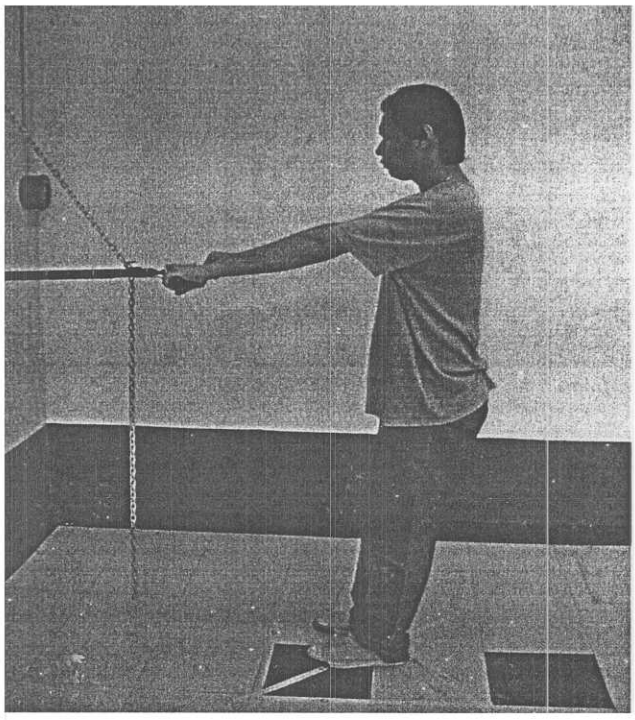
ภาคผนวก ก



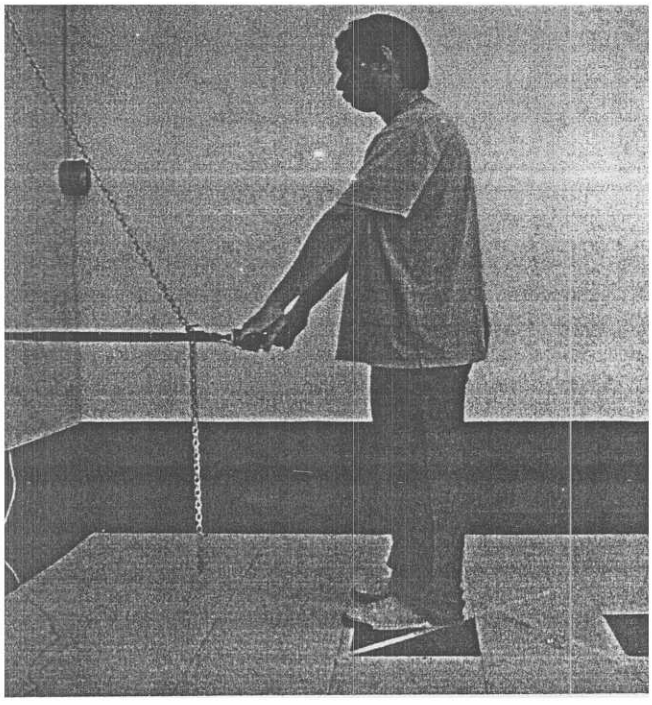
ภาคผนวก ก1 ยืนตรงเหยียดแขนระดับศีรษะ



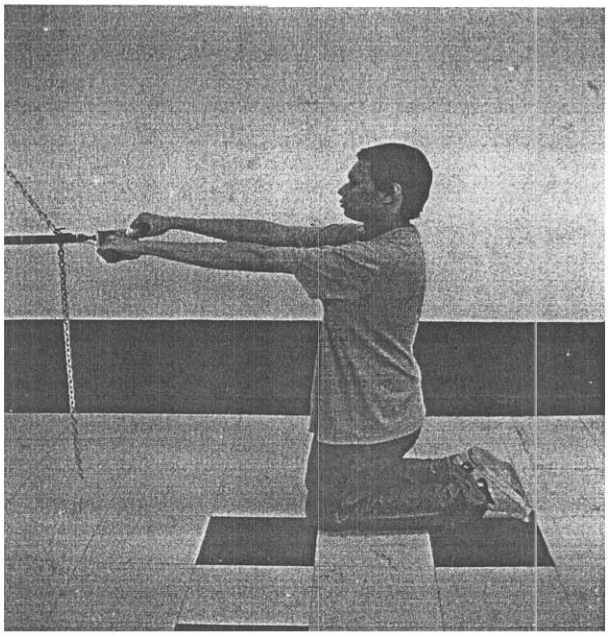
ภาคผนวก ก2 ยืนตรงเหยียดแขนระดับไหล่



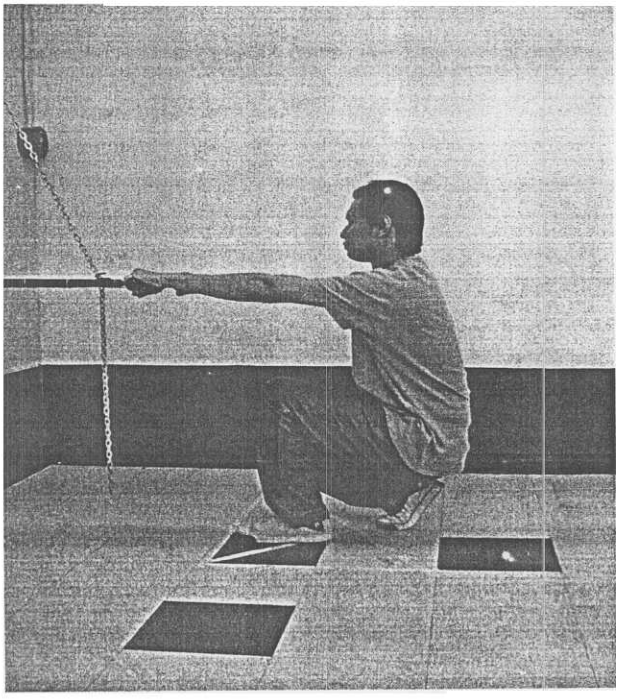
ภาคผนวก ก3 ยืนตรงเหยียดแขนระดับข้อศอก



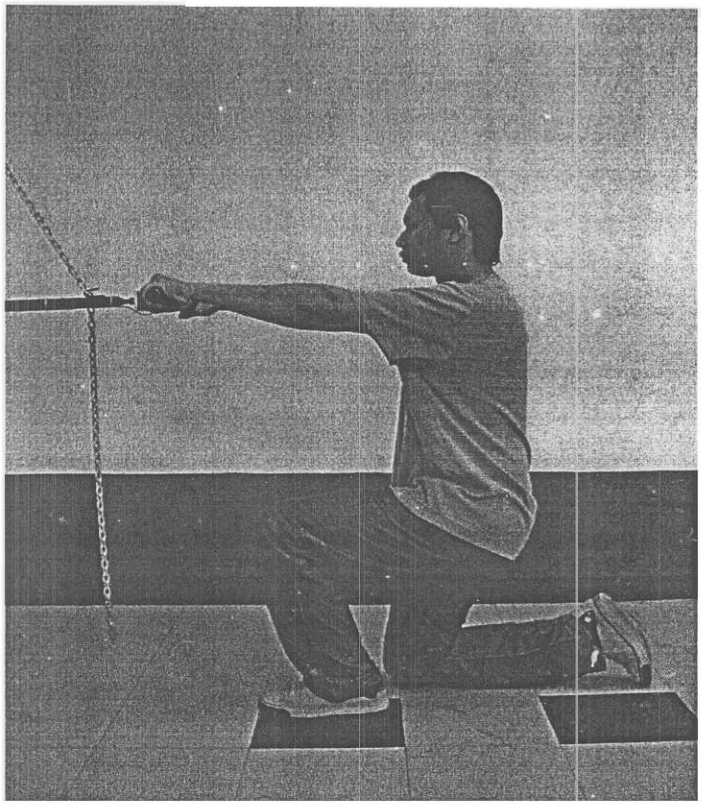
ภาคผนวก ก4 ยืนตรงเหยียดแขนระดับข้อนิ้ว



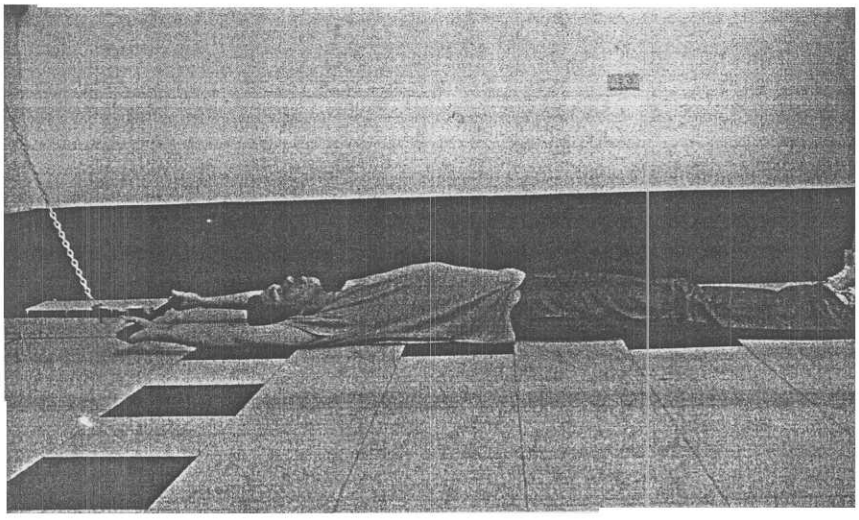
ภาคผนวก ก5 คุกเข่าทั้งสองข้าง



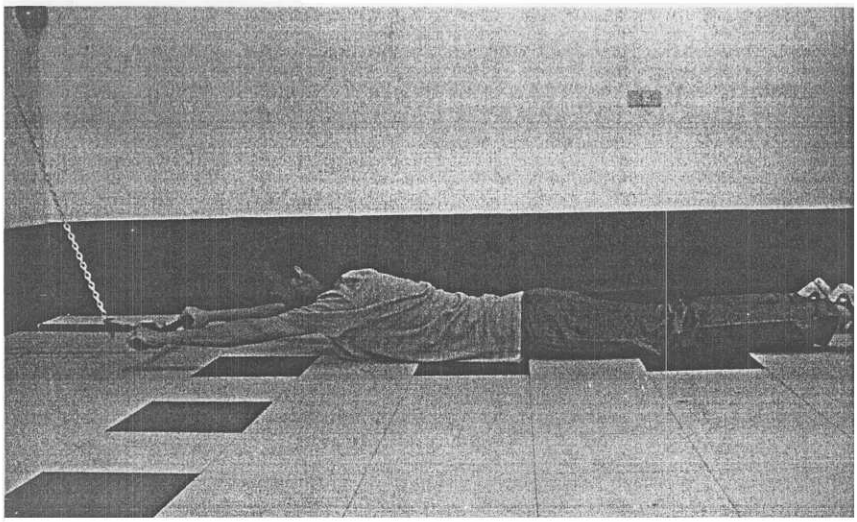
ภาคผนวก ก6 คุกเข่าข้างเดียว



ภาคผนวก ก7 นั่งย่อเข่า



ภาคผนวก ก8 นอนหงาย



ภาคผนวก ก9 นอนคว่ำ

ภาคผนวก ข

ข 1 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดันในบริเวณปฏิบัติงาน

Rows: Height (ความสูง 1 ระดับศีรษะ 2 ระดับไหล่ 3 ระดับข้อศอก 4 ระดับข้อนิ้ว)

Columns: Theta (มุมของแขน)

Rows: Height_1 Columns: Theta_1

	0	45	90	120	All
1	18	18	18	18	72
	64.528	73.957	75.264	69.107	70.714
	27.922	32.197	28.131	34.906	30.568
2	18	18	18	18	72
	46.980	66.763	81.151	75.647	67.635
	14.476	19.276	24.987	19.271	23.420
3	18	18	18	18	72
	25.124	46.762	48.506	39.404	39.949
	12.062	16.613	16.186	19.288	18.408
4	18	18	18	18	72
	31.065	34.934	39.894	34.718	35.153
	12.892	17.461	17.393	22.091	17.666
All	72	72	72	72	288
	41.924	55.604	61.204	54.719	53.363
	23.430	26.858	27.949	30.183	27.979

All Pairwise Comparisons among Levels of Height_1

Height_1 = 1 subtracted from:

Level Height_1	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-3.08	3.205	-0.96	0.7717
3	-30.77	3.205	-9.60	-0.0000
4	-35.56	3.205	-11.10	-0.0000

Height_1 = 2 subtracted from:

Level Height_1	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-27.69	3.205	-8.64	-0.0000
4	-32.48	3.205	-10.14	-0.0000

Height_1 = 3 subtracted from:

Level Height_1	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	-4.796	3.205	-1.497	0.4395

All Pairwise Comparisons among Levels of Theta_1

Theta_1 = 0 subtracted from:

Level Theta_1	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
45	13.68	3.205	4.269	0.0001
90	19.28	3.205	6.016	-0.0000
120	12.79	3.205	3.992	0.0004

Theta_1 = 45 subtracted from:

Level Theta_1	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
90	5.6000	3.205	1.7474	0.2991
120	-0.8851	3.205	-0.2762	0.9926

Theta_1 = 90 subtracted from:

Level Theta_1	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
120	-6.485	3.205	-2.024	0.1792

ข 2 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆในขณะออกแรงดันในบริเวณปฏิบัติงาน

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย

Rows: Height (ความสูง 1 ระดับศรีษะ 2 ระดับไหล่ 3 ระดับข้อศอก 4 ระดับข้อมือ)

Columns: Theta (มุมของแขน)

Rows: Height Columns: Theta

	0	45	90	120	All
1	10	10	10	10	40
	0.02838	0.02831	0.03164	0.01218	0.02512
	0.02847	0.03169	0.05396	0.01451	0.03462
2	10	10	10	10	40
	0.04369	0.04732	0.07583	0.05478	0.05541
	0.04532	0.04388	0.09693	0.04917	0.06167
3	10	10	10	10	40
	0.26091	0.30018	0.28476	0.34951	0.29884
	0.15121	0.13660	0.13598	0.13395	0.13809
4	10	10	10	10	40
	0.29823	0.39955	0.41002	0.38545	0.37331
	0.10104	0.10366	0.11231	0.09304	0.10839
All	40	40	40	40	160
	0.15780	0.19384	0.20056	0.20048	0.18817
	0.15398	0.18369	0.18545	0.18907	0.17780

All Pairwise Comparisons among Levels of Height

Height = 1 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0.03028	0.01778	1.703	0.3263
3	0.27372	0.01778	15.392	0.0000
4	0.34819	0.01778	19.579	0.0000

Height = 2 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	0.2434	0.01778	13.69	0.0000
4	0.3179	0.01778	17.88	0.0000

Height = 3 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0.07447	0.01778	4.188	0.0003

All Pairwise Comparisons among Levels of Theta

Theta = 0 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
45	0.03604	0.01778	2.026	0.1835
90	0.04276	0.01778	2.404	0.0811
120	0.04268	0.01778	2.400	0.0820

Theta = 45 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
90	0.006724	0.01778	0.3781	0.9815
120	0.006641	0.01778	0.3734	0.9822

Theta = 90 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
120	-0.000083	0.01778	-0.004682	1.000

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างขวา

Rows: Height Columns: Theta

	0	45	90	120	All
1	10	10	10	10	40
	0.07424	0.08240	0.12077	0.13353	0.10274
	0.07576	0.08301	0.10998	0.08371	0.08924
2	10	10	10	10	40
	0.10281	0.08165	0.15242	0.15824	0.12378
	0.09748	0.05514	0.08707	0.08973	0.08709
3	10	10	10	10	40
	0.23790	0.21797	0.21398	0.20854	0.21960
	0.11902	0.07658	0.08812	0.07640	0.08881

4	10	10	10	10	40
	0.31927	0.33947	0.28755	0.27743	0.30593
	0.11329	0.11236	0.11177	0.12543	0.11409
All	40	40	40	40	160
	0.18355	0.18037	0.19368	0.19443	0.18801
	0.14129	0.13554	0.11567	0.10750	0.12473

All Pairwise Comparisons among Levels of Height

Height = 1 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0.02104	0.01681	1.252	0.5952
3	0.11686	0.01681	6.951	0.0000
4	0.20319	0.01681	12.086	0.0000

Height = 2 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	0.09582	0.01681	5.699	0.0000
4	0.18215	0.01681	10.834	0.0000

Height = 3 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0.08633	0.01681	5.135	0.0000

All Pairwise Comparisons among Levels of Theta

Theta = 0 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
45	-0.003181	0.01681	-0.1892	0.9976
90	0.010126	0.01681	0.6023	0.9312
120	0.010878	0.01681	0.6471	0.9164

Theta = 45 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
90	0.01331	0.01681	0.7915	0.8582
120	0.01406	0.01681	0.8363	0.8371

Theta = 90 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
120	0.000752	0.01681	0.04474	1.000

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของเดลทอยด์

Rows: Height Columns: Theta

	0	45	90	120	All
1	10	10	10	10	40
	0.22675	0.18961	0.12686	0.09685	0.16002
	0.14683	0.09265	0.09260	0.05646	0.11109
2	10	10	10	10	40
	0.25811	0.27752	0.25731	0.22121	0.25354
	0.17945	0.16956	0.13756	0.13220	0.15130
3	10	10	10	10	40
	0.29598	0.32648	0.42190	0.44162	0.37149
	0.15098	0.15239	0.21236	0.13876	0.17136
4	10	10	10	10	40
	0.30534	0.45198	0.48196	0.49450	0.43344
	0.16234	0.15696	0.08496	0.18001	0.16360
All	40	40	40	40	160
	0.27154	0.31140	0.32201	0.31355	0.30462
	0.15734	0.16995	0.19589	0.20861	0.18337

All Pairwise Comparisons among Levels of Height

Height = 1 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0.09352	0.02264	4.131	0.0004
3	0.21147	0.02264	9.342	0.0000
4	0.27343	0.02264	12.079	0.0000

Height = 2 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	0.1180	0.02264	5.211	0.0000
4	0.1799	0.02264	7.948	0.0000

Height = 3 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0.06195	0.02264	2.737	0.0351

All Pairwise Comparisons among Levels of Theta

Theta = 0 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
45	0.03985	0.02264	1.760	0.2970
90	0.05046	0.02264	2.229	0.1206
120	0.04200	0.02264	1.855	0.2523

Theta = 45 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
90	0.010612	0.02264	0.46881	0.9658
120	0.002149	0.02264	0.09493	0.9997

Theta = 90 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
120	-0.008464	0.02264	-0.3739	0.9821

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของทราพีเซียส

Rows: Height Columns: Theta

	0	45	90	120	All
1	10	10	10	10	40
	0.19582	0.21336	0.15437	0.22788	0.19786
	0.11413	0.17209	0.11237	0.13410	0.13298
2	10	10	10	10	40
	0.22773	0.24942	0.29417	0.28263	0.26349
	0.14712	0.17562	0.10724	0.12881	0.13896
3	10	10	10	10	40
	0.18449	0.26082	0.36861	0.44420	0.31453
	0.11889	0.11866	0.19113	0.16784	0.17770
4	10	10	10	10	40
	0.22217	0.30451	0.38337	0.49390	0.35099
	0.23665	0.12794	0.11115	0.17423	0.19202
All	40	40	40	40	160
	0.20755	0.25703	0.30013	0.36215	0.28172
	0.15658	0.14854	0.15901	0.18414	0.17086

All Pairwise Comparisons among Levels of Height

Height = 1 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0.06563	0.02729	2.405	0.0809
3	0.11667	0.02729	4.276	0.0002
4	0.15313	0.02729	5.612	0.0000

Height = 2 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	0.05104	0.02729	1.871	0.2456
4	0.08750	0.02729	3.207	0.0090

Height = 3 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0.03646	0.02729	1.336	0.5417

All Pairwise Comparisons among Levels of Theta

Theta = 0 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
45	0.04948	0.02729	1.813	0.2716
90	0.09258	0.02729	3.393	0.0050
120	0.15460	0.02729	5.666	0.0000

Theta = 45 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
90	0.04310	0.02729	1.580	0.3936
120	0.10513	0.02729	3.853	0.0010

Theta = 90 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
120	0.06202	0.02729	2.273	0.1095

ข 3 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงลากในบริเวณปฏิบัติงาน

Rows: Height (ความสูง 1 ระดับศีรษะ 2 ระดับไหล่ 3 ระดับข้อศอก 4 ระดับข้อมือ)

Columns: Theta (มุมของแขน)

Rows: Height	Columns: Theta				
	0	45	90	120	All
1	18	18	18	18	72
	82.514	83.439	68.724	63.221	74.474
	26.909	32.290	22.475	22.710	27.290
2	18	18	18	18	72
	43.982	47.471	45.615	37.006	43.518
	19.519	18.183	20.435	13.181	18.107
3	18	18	18	18	72
	43.329	52.593	41.256	38.260	43.859
	17.058	26.200	29.235	21.160	23.978
4	18	18	18	18	72
	40.821	47.524	45.399	39.677	43.355
	20.597	27.321	20.706	21.440	22.440
All	72	72	72	72	288
	52.661	57.757	50.248	44.541	51.302
	27.175	29.987	25.430	22.388	26.679

All Pairwise Comparisons among Levels of Height

Height = 1 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-30.96	3.021	-10.25	-0.0000
3	-30.62	3.021	-10.13	-0.0000

4	-31.12	3.021	-10.30	-0.0000

Height = 2 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	0.3412	3.021	0.11295	0.9995
4	-0.1628	3.021	-0.05388	0.9999

Height = 3 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	-0.5040	3.021	-0.1668	0.9983

Theta	of Means	Difference	T-Value	P-Value
90	-7.51	3.021	-2.485	0.0622
120	-13.22	3.021	-4.374	0.0001

Theta = 90 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
120	-5.708	3.021	-1.889	0.2326

ข 4 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆในขณะออกแรงลากในบริเวณปฏิบัติงาน

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย

Rows: Height (ความสูง 1 ระดับศรีษะ 2 ระดับไหล่ 3 ระดับข้อศอก 4 ระดับข้อนิ้ว)

Columns: Theta (มุมของแขน)

	0	45	90	120	All
1	10	10	10	10	40
	0.42030	0.53295	0.55085	0.54547	0.51239
	0.18032	0.17545	0.12917	0.18810	0.17195
2	10	10	10	10	40
	0.43851	0.48016	0.43716	0.50144	0.46432
	0.15877	0.14482	0.21254	0.22718	0.18376
3	10	10	10	10	40
	0.29139	0.37448	0.40279	0.35427	0.35573
	0.12095	0.13437	0.13440	0.10760	0.12690
4	10	10	10	10	40
	0.17174	0.19105	0.21398	0.20077	0.19438
	0.09946	0.07856	0.06494	0.14179	0.09779
All	40	40	40	40	160
	0.33048	0.39466	0.40119	0.40049	0.38171
	0.17577	0.18721	0.18569	0.21486	0.19194

All Pairwise Comparisons among Levels of Height

Height = 1 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-0.0481	0.02702	-1.78	0.2878
3	-0.1567	0.02702	-5.80	0.0000
4	-0.3180	0.02702	-11.77	0.0000

Height = 2 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0.1086	0.02702	-4.018	0.0006
4	-0.2699	0.02702	-9.989	0.0000

Height = 3 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	-0.1613	0.02702	-5.971	*0.0000*

All Pairwise Comparisons among Levels of Theta

Theta = 0 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
45	0.06417	0.02702	2.375	0.0869
90	0.07071	0.02702	2.617	0.0481
120	0.07000	0.02702	2.591	0.0514

Theta = 45 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
90	0.006538	0.02702	0.2420	0.9950
120	0.005830	0.02702	0.2158	0.9964

Theta = 90 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
120	-0.000708	0.02702	-0.02621	1.000

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างขวา

Rows: Height Columns: Theta

	0	45	90	120	All
1	10	10	10	10	40
	0.32592	0.25433	0.17235	0.13167	0.22107
	0.18755	0.14532	0.12052	0.07328	0.15278
2	10	10	10	10	40
	0.32938	0.20582	0.13810	0.15816	0.20786
	0.18466	0.09690	0.04502	0.10857	0.13745
3	10	10	10	10	40

	0.26280	0.15033	0.19802	0.15067	0.19046
	0.12880	0.06480	0.13876	0.07203	0.11231
4	10	10	10	10	40
	0.16776	0.23950	0.26647	0.22615	0.22497
	0.08326	0.08222	0.09188	0.12187	0.09935
All	40	40	40	40	160
	0.27147	0.21250	0.19373	0.16666	0.21109
	0.16066	0.10586	0.11173	0.09945	0.12672

All Pairwise Comparisons among Levels of Height

Height = 1 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-0.01320	0.02358	-0.560	0.9437
3	-0.03061	0.02358	-1.298	0.5657
4	0.00391	0.02358	0.166	0.9984

Height = 2 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0.01741	0.02358	-0.7382	0.8815
4	0.01711	0.02358	0.7256	0.8867

Height = 3 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	0.03451	0.02358	1.464	0.4622

All Pairwise Comparisons among Levels of Theta

Theta = 0 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
45	-0.0590	0.02358	-2.501	0.0643
90	-0.0777	0.02358	-3.297	0.0068
120	-0.1048	0.02358	-4.445	0.0001

Theta = 45 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
90	-0.01876	0.02358	-0.796	0.8563
120	-0.04583	0.02358	-1.944	0.2148

Theta = 90 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
120	-0.02707	0.02358	-1.148	0.6604

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของเดลทอยด์

Rows: Height Columns: Theta

	0	45	90	120	All
1	10	10	10	10	40
	0.53788	0.39359	0.39910	0.41108	0.43541
	0.14926	0.14599	0.18601	0.18506	0.17198
2	10	10	10	10	40
	0.30790	0.24174	0.26524	0.31274	0.28191
	0.13088	0.12346	0.13867	0.18132	0.14282
3	10	10	10	10	40
	0.07243	0.05730	0.07254	0.15390	0.08904
	0.06034	0.07342	0.07052	0.13758	0.09527
4	10	10	10	10	40
	0.08009	0.05608	0.04779	0.09874	0.07068
	0.05723	0.04445	0.03343	0.13847	0.07942
All	40	40	40	40	160
	0.24958	0.18718	0.19617	0.24412	0.21926
	0.21974	0.17480	0.18755	0.20036	0.19645

All Pairwise Comparisons among Levels of Height

Height = 1 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-0.1535	0.02396	-6.41	0.0000
3	-0.3464	0.02396	-14.46	0.0000
4	-0.3647	0.02396	-15.23	0.0000

Height = 2 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0.1929	0.02396	-8.051	0.0000
4	-0.2112	0.02396	-8.818	0.0000

Height = 3 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	-0.01837	0.02396	-0.7667	0.8693

All Pairwise Comparisons among Levels of Theta

Theta = 0 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
45	-0.06240	0.02396	-2.605	0.0496
90	-0.05341	0.02396	-2.230	0.1205
120	-0.00546	0.02396	-0.228	0.9958

Theta = 45 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value

90	0.008993	0.02396	0.3754	0.9819
120	0.056940	0.02396	2.3769	0.0865

Theta = 90 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
120	0.04795	0.02396	2.002	0.1926

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของทราพีเซียส

Rows: Height Columns: Theta

	0	45	90	120	All
1	10	10	10	10	40
	0.30394	0.26589	0.37797	0.42810	0.34397
	0.17192	0.12336	0.16743	0.15424	0.16241
2	10	10	10	10	40
	0.16711	0.15590	0.25328	0.33272	0.22725
	0.08972	0.09680	0.16422	0.17760	0.15093
3	10	10	10	10	40
	0.08347	0.06920	0.17072	0.28365	0.15176
	0.05994	0.04945	0.11930	0.13171	0.12719
4	10	10	10	10	40
	0.10870	0.08778	0.11127	0.15836	0.11653
	0.07731	0.06953	0.07682	0.09891	0.08245
All	40	40	40	40	160
	0.16580	0.14469	0.22831	0.30071	0.20988
	0.13548	0.11595	0.16615	0.16948	0.15917

All Pairwise Comparisons among Levels of Height

Height = 1 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	-0.1167	0.01949	-5.99	0.0000
3	-0.1922	0.01949	-9.86	0.0000
4	-0.2274	0.01949	-11.67	0.0000

Height = 2 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0.0755	0.01949	-3.873	0.0010
4	-0.1107	0.01949	-5.680	0.0000

Height = 3 subtracted from:

Level Height	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
4	-0.03523	0.01949	-1.807	0.2744

All Pairwise Comparisons among Levels of Theta

Theta = 0 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
45	-0.02111	0.01949	-1.083	0.7005
90	0.06251	0.01949	3.207	0.0090
120	0.13490	0.01949	6.921	0.0000

Theta = 45 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
90	0.08362	0.01949	4.290	0.0002
120	0.15601	0.01949	8.004	0.0000

Theta = 90 subtracted from:

Level Theta	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
120	0.07240	0.01949	3.714	0.0017

ข 5 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดันในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

		N	Mean	StDev
Crawling	ท่าคุกเข่าทั้งสองข้าง	18	96.19	39.66
Kneeling	ท่าคุกเข่าข้างเดียวเหยียดแขนทำมุม 0 องศา	18	79.46	34.60
kneeling	ท่าคุกเข่าข้างเดียวเหยียดแขนทำมุม 120 องศา	18	72.13	26.66
Kneeling	ท่าคุกเข่าข้างเดียวเหยียดแขนทำมุม 90 องศา	18	72.48	24.09
Prone	ท่านอนคว่ำ	18	131.59	64.90
Standard	ท่ายืนตรง	18	33.05	11.57
Stoop0	ท่านั่งย่อเข่าเหยียดแขนทำมุม 0 องศา	18	46.30	20.89
Stoop120	ท่านั่งย่อเข่าเหยียดแขนทำมุม 90 องศา	18	49.49	19.69
Stoop90	ท่านั่งย่อเข่าเหยียดแขนทำมุม 120 องศา	18	41.47	21.64
Supine	ท่านอนหงาย	18	101.67	35.25
All	รวมทุกท่า	180	72.38	43.74

All Pairwise Comparisons among Levels of Posture

Posture = Crawling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneeling	-16.73	9.097	-1.839	1.0000
kneeling	-24.06	9.097	-2.645	0.4060
Kneeling	-23.71	9.097	-2.606	0.4528
Prone	35.40	9.097	3.891	0.0067
Standard	-63.14	9.097	-6.940	0.0000
Stoop0	-49.89	9.097	-5.485	0.0000
Stoop120	-46.71	9.097	-5.134	0.0000
Stoop90	-54.72	9.097	-6.015	0.0000
Supine	5.48	9.097	0.602	1.0000

Posture = Kneeling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value

kneeling	-7.33	9.097	-0.806	1.0000
Kneeling	-6.98	9.097	-0.767	1.0000
Prone	52.13	9.097	5.730	0.0000
Standard	-46.41	9.097	-5.101	0.0000
Stoop0	-33.16	9.097	-3.645	0.0164
Stoop120	-29.97	9.097	-3.295	0.0551
Stoop90	-37.99	9.097	-4.176	0.0022
Supine	22.21	9.097	2.441	0.7099

Posture = kneeling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneeling	0.35	9.097	0.039	1.0000
Prone	59.46	9.097	6.536	0.0000
Standard	-39.08	9.097	-4.295	0.0014
Stoop0	-25.83	9.097	-2.840	0.2309
Stoop120	-22.64	9.097	-2.489	0.6245
Stoop90	-30.66	9.097	-3.370	0.0429
Supine	29.54	9.097	3.247	0.0645

Posture = Kneeling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Prone	59.11	9.097	6.497	0.0000
Standard	-39.43	9.097	-4.334	0.0012
Stoop0	-26.19	9.097	-2.879	0.2055
Stoop120	-23.00	9.097	-2.528	0.5619
Stoop90	-31.01	9.097	-3.409	0.0376
Supine	29.19	9.097	3.208	0.0732

Posture = Prone subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Standard	-98.54	9.097	-10.83	0.0000
Stoop0	-85.29	9.097	-9.38	0.0000
Stoop120	-82.10	9.097	-9.03	0.0000
Stoop90	-90.12	9.097	-9.91	0.0000
Supine	-29.92	9.097	-3.29	0.0561

Posture = Standard subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop0	13.243	9.097	1.4557	1.0000
Stoop120	16.432	9.097	1.8063	1.0000
Stoop90	8.421	9.097	0.9256	1.0000
Supine	68.616	9.097	7.5424	0.0000

Posture = Stoop0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop120	3.189	9.097	0.3505	1.0000
Stoop90	-4.823	9.097	-0.5301	1.0000
Supine	55.372	9.097	6.0867	0.0000

Posture = Stoop120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value

Stoop90	-8.012	9.097	-0.8807	1.0000
Supine	52.183	9.097	5.7362	0.0000

Posture = Stoop90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Supine	60.19	9.097	6.617	0.0000

ข 6 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆในขณะออกแรงดันในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย

	N	Mean	StDev
Crawling	10	0.23761	0.09940
Kneel0	10	0.15957	0.10491
Kneel120	10	0.18020	0.08767
Kneel90	10	0.19094	0.09511
Prone	10	0.45883	0.14591
Standard	10	0.07833	0.08917
Stoop0	10	0.14490	0.08128
Stoop120	10	0.11710	0.07184
Stoop90	10	0.17804	0.12951
Supine	10	0.00958	0.01729
All	100	0.17551	0.14637

All Pairwise Comparisons among Levels of Posture

Posture = Crawling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel0	-0.0780	0.03494	-2.234	0.4431
Kneel120	-0.0574	0.03494	-1.643	0.8229
Kneel90	-0.0467	0.03494	-1.336	0.9421
Prone	0.2212	0.03494	6.332	0.0000
Standard	-0.1593	0.03494	-4.559	0.0007
Stoop0	-0.0927	0.03494	-2.653	0.2109
Stoop120	-0.1205	0.03494	-3.449	0.0289
Stoop90	-0.0596	0.03494	-1.705	0.7896
Supine	-0.2280	0.03494	-6.527	0.0000

Posture = Kneel0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel120	0.0206	0.03494	0.591	0.9999
Kneel90	0.0314	0.03494	0.898	0.9961
Prone	0.2993	0.03494	8.565	0.0000
Standard	-0.0812	0.03494	-2.325	0.3847
Stoop0	-0.0147	0.03494	-0.420	1.0000
Stoop120	-0.0425	0.03494	-1.215	0.9678
Stoop90	0.0185	0.03494	0.529	0.9999
Supine	-0.1500	0.03494	-4.293	0.0019

Posture = Kneel120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel90	0.0107	0.03494	0.307	1.0000
Prone	0.2786	0.03494	7.975	0.0000
Standard	-0.1019	0.03494	-2.916	0.1181
Stoop0	-0.0353	0.03494	-1.010	0.9908
Stoop120	-0.0631	0.03494	-1.806	0.7295
Stoop90	-0.0022	0.03494	-0.062	1.0000
Supine	-0.1706	0.03494	-4.884	0.0002

Posture = Kneel90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Prone	0.2679	0.03494	7.668	0.0000
Standard	-0.1126	0.03494	-3.223	0.0543
Stoop0	-0.0460	0.03494	-1.317	0.9467
Stoop120	-0.0738	0.03494	-2.113	0.5239
Stoop90	-0.0129	0.03494	-0.369	1.0000
Supine	-0.1814	0.03494	-5.191	0.0001

Posture = Prone subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Standard	-0.3805	0.03494	-10.89	0.0000
Stoop0	-0.3139	0.03494	-8.99	0.0000
Stoop120	-0.3417	0.03494	-9.78	0.0000
Stoop90	-0.2808	0.03494	-8.04	0.0000
Supine	-0.4493	0.03494	-12.86	0.0000

Posture = Standard subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop0	0.06658	0.03494	1.905	0.6654
Stoop120	0.03877	0.03494	1.110	0.9824
Stoop90	0.09971	0.03494	2.854	0.1364
Supine	-0.06875	0.03494	-1.968	0.6235

Posture = Stoop0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop120	-0.0278	0.03494	-0.796	0.9985
Stoop90	0.0331	0.03494	0.948	0.9942
Supine	-0.1353	0.03494	-3.873	0.0078

Posture = Stoop120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop90	0.0609	0.03494	1.744	0.7669
Supine	-0.1075	0.03494	-3.078	0.0795

Posture = Stoop90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Supine	-0.1685	0.03494	-4.822	0.0003

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างขวา

	N	Mean	StDev
Crawling	10	0.17305	0.07665
Kneel0	10	0.13049	0.12937
Kneel120	10	0.17799	0.12864
Kneel90	10	0.17308	0.12910
Prone	10	0.44263	0.23462
Standard	10	0.05695	0.05509
Stoop0	10	0.11281	0.09624
Stoop120	10	0.17592	0.13565
Stoop90	10	0.11864	0.08993
Supine	10	0.02210	0.03238
All	100	0.15837	0.15918

All Pairwise Comparisons among Levels of Posture

Posture = Crawling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel0	-0.0426	0.04217	-1.009	0.9909
Kneel120	0.0049	0.04217	0.117	1.0000
Kneel90	0.0000	0.04217	0.001	1.0000
Prone	0.2696	0.04217	6.393	0.0000
Standard	-0.1161	0.04217	-2.753	0.1707
Stoop0	-0.0602	0.04217	-1.429	0.9145
Stoop120	0.0029	0.04217	0.068	1.0000
Stoop90	-0.0544	0.04217	-1.290	0.9531
Supine	-0.1510	0.04217	-3.580	0.0196

Posture = Kneel0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel120	0.0475	0.04217	1.127	0.9805
Kneel90	0.0426	0.04217	1.010	0.9909
Prone	0.3121	0.04217	7.403	0.0000
Standard	-0.0735	0.04217	-1.744	0.7670
Stoop0	-0.0177	0.04217	-0.419	1.0000
Stoop120	0.0454	0.04217	1.078	0.9856
Stoop90	-0.0118	0.04217	-0.281	1.0000
Supine	-0.1084	0.04217	-2.570	0.2488

Posture = Kneel120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel90	-0.0049	0.04217	-0.117	1.0000
Prone	0.2646	0.04217	6.276	0.0000
Standard	-0.1210	0.04217	-2.871	0.1312
Stoop0	-0.0652	0.04217	-1.546	0.8692
Stoop120	-0.0021	0.04217	-0.049	1.0000
Stoop90	-0.0594	0.04217	-1.408	0.9214
Supine	-0.1559	0.04217	-3.697	0.0137

Posture = Kneel90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value

Prone	0.2696	0.04217	6.393	0.0000
Standard	-0.1161	0.04217	-2.754	0.1705
Stoop0	-0.0603	0.04217	-1.429	0.9143
Stoop120	0.0028	0.04217	0.068	1.0000
Stoop90	-0.0544	0.04217	-1.291	0.9529
Supine	-0.1510	0.04217	-3.581	0.0196

Posture = Prone subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Standard	-0.3857	0.04217	-9.147	0.0000
Stoop0	-0.3298	0.04217	-7.822	0.0000
Stoop120	-0.2667	0.04217	-6.325	0.0000
Stoop90	-0.3240	0.04217	-7.684	0.0000
Supine	-0.4205	0.04217	-9.973	0.0000

Posture = Standard subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop0	0.05586	0.04217	1.3248	0.9449
Stoop120	0.11898	0.04217	2.8216	0.1468
Stoop90	0.06169	0.04217	1.4631	0.9024
Supine	-0.03485	0.04217	-0.8264	0.9979

Posture = Stoop0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop120	0.06311	0.04217	1.497	0.8896
Stoop90	0.00583	0.04217	0.138	1.0000
Supine	-0.09071	0.04217	-2.151	0.4981

Posture = Stoop120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop90	-0.0573	0.04217	-1.359	0.9360
Supine	-0.1538	0.04217	-3.648	0.0160

Posture = Stoop90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Supine	-0.0965	0.04217	-2.290	0.4071

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของเดลทอยด์

	N	Mean	StDev
Crawling	10	.25472	0.10627
Kneel0	10	.18701	0.07017
Kneel120	10	.47514	0.22367
Kneel90	10	.46869	0.25305
Prone	10	.58577	0.11989
Standard	10	.18424	0.12250
Stoop0	10	.18812	0.09094
Stoop120	10	.52320	0.22599
Stoop90	10	.42108	0.22648
Supine	10	.13996	0.11833

All	100	0.34279	0.22678

All Pairwise Comparisons among Levels of Posture

Posture = Crawling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel0	-0.0677	0.05680	-1.192	0.9716
Kneel120	0.2204	0.05680	3.881	0.0077
Kneel90	0.2140	0.05680	3.767	0.0110
Prone	0.3310	0.05680	5.828	0.0000
Standard	-0.0705	0.05680	-1.241	0.9633
Stoop0	-0.0666	0.05680	-1.172	0.9745
Stoop120	0.2685	0.05680	4.727	0.0004
Stoop90	0.1664	0.05680	2.929	0.1145
Supine	-0.1148	0.05680	-2.020	0.5876

Posture = Kneel0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel120	0.28813	0.05680	5.0725	0.0001
Kneel90	0.28167	0.05680	4.9589	0.0002
Prone	0.39875	0.05680	7.0201	0.0000
Standard	-0.00277	0.05680	-0.0487	1.0000
Stoop0	0.00111	0.05680	0.0195	1.0000
Stoop120	0.33618	0.05680	5.9185	0.0000
Stoop90	0.23407	0.05680	4.1208	0.0035
Supine	-0.04706	0.05680	-0.8284	0.9979

Posture = Kneel120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel90	-0.0065	0.05680	-0.114	1.0000
Prone	0.1106	0.05680	1.948	0.6371
Standard	-0.2909	0.05680	-5.121	0.0001
Stoop0	-0.2870	0.05680	-5.053	0.0001
Stoop120	0.0481	0.05680	0.846	0.9975
Stoop90	-0.0541	0.05680	-0.952	0.9941
Supine	-0.3352	0.05680	-5.901	0.0000

Posture = Kneel90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Prone	0.1171	0.05680	2.061	0.5595
Standard	-0.2844	0.05680	-5.008	0.0002
Stoop0	-0.2806	0.05680	-4.939	0.0002
Stoop120	0.0545	0.05680	0.960	0.9937
Stoop90	-0.0476	0.05680	-0.838	0.9977
Supine	-0.3287	0.05680	-5.787	0.0000

Posture = Prone subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Standard	-0.4015	0.05680	-7.069	0.0000
Stoop0	-0.3976	0.05680	-7.001	0.0000
Stoop120	-0.0626	0.05680	-1.102	0.9832
Stoop90	-0.1647	0.05680	-2.899	0.1228

Supine	-0.4458	0.05680	-7.849	0.0000

Posture = Standard subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop0	0.00388	0.05680	0.0682	1.0000
Stoop120	0.33895	0.05680	5.9673	0.0000
Stoop90	0.23684	0.05680	4.1695	0.0029
Supine	-0.04429	0.05680	-0.7797	0.9987

Posture = Stoop0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop120	0.33508	0.05680	5.8990	0.0000
Stoop90	0.23296	0.05680	4.1013	0.0037
Supine	-0.04816	0.05680	-0.8479	0.9975

Posture = Stoop120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop90	-0.1021	0.05680	-1.798	0.7346
Supine	-0.3832	0.05680	-6.747	0.0000

Posture = Stoop90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Supine	-0.2811	0.05680	-4.949	0.0002

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของทราพีเซียส

	N	Mean	StDev
Crawling	10	0.44401	0.23569
Kneel0	10	0.31373	0.11273
Kneel120	10	0.25915	0.12304
Kneel90	10	0.25283	0.10673
Prone	10	0.70689	0.15734
Standard	10	0.19670	0.08893
Stoop0	10	0.29901	0.15778
Stoop120	10	0.24004	0.08372
Stoop90	10	0.22691	0.07733
Supine	10	0.14174	0.09467
All	100	0.30810	0.19880

All Pairwise Comparisons among Levels of Posture

Posture = Crawling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel0	-0.1677	0.05680	-1.192	0.9716
Kneel120	0.1204	0.05680	3.881	0.0077
Kneel90	0.1140	0.05680	3.767	0.0110
Prone	0.3310	0.05680	5.828	0.0000
Standard	-0.0705	0.05680	-1.241	0.9633
Stoop0	-0.0666	0.05680	-1.172	0.9745

Stoop120	0.2685	0.05680	4.727	0.0004
Stoop90	0.1664	0.05680	2.929	0.1145
Supine	-0.1148	0.05680	-2.020	0.5876

Posture = Kneel0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel120	0.28813	0.05680	5.0725	0.0001
Kneel90	0.28167	0.05680	4.9589	0.0002
Prone	0.39875	0.05680	7.0201	0.0000
Standard	-0.00277	0.05680	-0.0487	1.0000
Stoop0	0.00111	0.05680	0.0195	1.0000
Stoop120	0.33618	0.05680	5.9185	0.0000
Stoop90	0.23407	0.05680	4.1208	0.0035
Supine	-0.04706	0.05680	-0.8284	0.9979

Posture = Kneel120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel90	-0.0065	0.05680	-0.114	1.0000
Prone	0.1106	0.05680	1.948	0.6371
Standard	-0.2909	0.05680	-5.121	0.0001
Stoop0	-0.2870	0.05680	-5.053	0.0001
Stoop120	0.0481	0.05680	0.846	0.9975
Stoop90	-0.0541	0.05680	-0.952	0.9941
Supine	-0.3352	0.05680	-5.901	0.0000

Posture = Kneel90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Prone	0.1171	0.05680	2.061	0.5595
Standard	-0.2844	0.05680	-5.008	0.0002
Stoop0	-0.2806	0.05680	-4.939	0.0002
Stoop120	0.0545	0.05680	0.960	0.9937
Stoop90	-0.0476	0.05680	-0.838	0.9977
Supine	-0.3287	0.05680	-5.787	0.0000

Posture = Prone subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Standard	-0.4015	0.05680	-7.069	0.0000
Stoop0	-0.3976	0.05680	-7.001	0.0000
Stoop120	-0.0626	0.05680	-1.102	0.9832
Stoop90	-0.1647	0.05680	-2.899	0.1228
Supine	-0.4458	0.05680	-7.849	0.0000

Posture = Standard subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop0	0.00388	0.05680	0.0682	1.0000
Stoop120	0.33895	0.05680	5.9673	0.0000
Stoop90	0.23684	0.05680	4.1695	0.0029
Supine	-0.04429	0.05680	-0.7797	0.9987

Posture = Stoop0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value

Stoop120	0.33508	0.05680	5.8990	0.0000
Stoop90	0.23296	0.05680	4.1013	0.0037
Supine	-0.04816	0.05680	-0.8479	0.9975

Posture = Stoop120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop90	-0.1021	0.05680	-1.798	0.7346
Supine	-0.3832	0.05680	-6.747	0.0000

Posture = Stoop90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Supine	-0.2811	0.05680	-4.949	0.0002

ข 7 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงลากในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

		N	Mean	StDev
Crawling	ท่าคุกเข่าทั้งสองข้าง	18	75.37	41.53
Kneel0	ท่าคุกเข่าข้างเดียวเหยียดแขนทำมุม 0 องศา	18	61.20	28.24
Kneel120	ท่าคุกเข่าข้างเดียวเหยียดแขนทำมุม 120 องศา	18	40.63	12.22
Kneel90	ท่าคุกเข่าข้างเดียวเหยียดแขนทำมุม 90 องศา	18	42.24	15.91
Prone	ท่านอนคว่ำ	18	138.84	49.15
Standard	ท่ายืนตรง	18	44.94	14.61
Stoop0	ท่านั่งย่อเข่าเหยียดแขนทำมุม 0 องศา	18	73.17	38.04
Stoop120	ท่านั่งย่อเข่าเหยียดแขนทำมุม 90 องศา	18	33.85	16.58
Stoop90	ท่านั่งย่อเข่าเหยียดแขนทำมุม 120 องศา	18	40.22	19.53
Supine	ท่านอนหงาย	18	115.98	33.52
All	รวมทุกท่า	**180**	**66.64**	**44.40**

All Pairwise Comparisons among Levels of Posture

Posture = Crawling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel0	-14.17	8.980	-1.578	1.0000
Kneel120	-34.74	8.980	-3.869	0.0073
Kneel90	-33.13	8.980	-3.690	0.0140
Prone	63.47	8.980	7.068	0.0000
Standard	-30.44	8.980	-3.390	0.0401
Stoop0	-2.21	8.980	-0.246	1.0000
Stoop120	-41.53	8.980	-4.625	0.0004
Stoop90	-35.15	8.980	-3.915	0.0061
Supine	40.60	8.980	4.522	0.0005

Posture = Kneel0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel120	-20.57	8.980	-2.291	1.0000
Kneel90	-18.96	8.980	-2.112	1.0000
Prone	77.64	8.980	8.646	0.0000
Standard	-16.27	8.980	-1.812	1.0000

Stoop0	11.96	8.980	1.332	1.0000
Stoop120	-27.36	8.980	-3.047	0.1227
Stoop90	-20.98	8.980	-2.337	0.9338
Supine	54.77	8.980	6.100	0.0000

Posture = Kneel120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel90	1.609	8.980	0.1792	1.0000
Prone	98.209	8.980	10.9369	0.0000
Standard	4.307	8.980	0.4796	1.0000
Stoop0	32.537	8.980	3.6234	0.0178
Stoop120	-6.784	8.980	-0.7555	1.0000
Stoop90	-0.409	8.980	-0.0455	1.0000
Supine	75.347	8.980	8.3909	0.0000

Posture = Kneel90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Prone	96.599	8.980	10.7576	0.0000
Standard	2.697	8.980	0.3004	1.0000
Stoop0	30.927	8.980	3.4442	0.0333
Stoop120	-8.394	8.980	-0.9348	1.0000
Stoop90	-2.018	8.980	-0.2248	1.0000
Supine	73.737	8.980	8.2116	0.0000

Posture = Prone subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Standard	-93.9	8.980	-10.46	0.0000
Stoop0	-65.7	8.980	-7.31	0.0000
Stoop120	-105.0	8.980	-11.69	0.0000
Stoop90	-98.6	8.980	-10.98	0.0000
Supine	-22.9	8.980	-2.55	0.5348

Posture = Standard subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop0	28.23	8.980	3.144	0.0902
Stoop120	-11.09	8.980	-1.235	1.0000
Stoop90	-4.72	8.980	-0.525	1.0000
Supine	71.04	8.980	7.911	0.0000

Posture = Stoop0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop120	-39.32	8.980	-4.379	0.0010
Stoop90	-32.95	8.980	-3.669	0.0151
Supine	42.81	8.980	4.767	0.0002

Posture = Stoop120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop90	6.376	8.980	0.7100	1.0000
Supine	82.131	8.980	9.1464	0.0000

Posture = Stoop90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Supine	75.76	8.980	8.436	0.0000

ข 8 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของกล้ามเนื้อต่างๆในขณะออกแรงลากในท่าทางที่ไม่เหมาะสม

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างซ้าย

		N	Mean	StDev
Crawling	ท่าคุกเข่าทั้งสองข้าง	10	0.43499	0.17086
Kneel0	ท่าคุกเข่าข้างเดียวเหยียดแขนทำมุม 0 องศา	10	0.47805	0.21610
Kneel120	ท่าคุกเข่าข้างเดียวเหยียดแขนทำมุม 120 องศา	10	0.48702	0.15096
Kneel90	ท่าคุกเข่าข้างเดียวเหยียดแขนทำมุม 90 องศา	10	0.50367	0.16424
Prone	ท่านอนคว่ำ	10	0.46400	0.16665
Standard	ท่ายืนตรง	10	0.31133	0.14178
Stoop0	ท่านั่งย่อเข่าเหยียดแขนทำมุม 0 องศา	10	0.40206	0.21537
Stoop120	ท่านั่งย่อเข่าเหยียดแขนทำมุม 90 องศา	10	0.38651	0.16500
Stoop90	ท่านั่งย่อเข่าเหยียดแขนทำมุม 120 องศา	10	0.38871	0.16013
Supine	ท่านอนหงาย	10	0.07504	0.10547
All	รวมทุกท่า	100	0.39314	0.20064

All Pairwise Comparisons among Levels of Posture

Posture = Crawling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel0	0.0431	0.05197	0.829	0.9979
Kneel120	0.0520	0.05197	1.001	0.9914
Kneel90	0.0687	0.05197	1.322	0.9457
Prone	0.0290	0.05197	0.558	0.9999
Standard	-0.1237	0.05197	-2.379	0.3519
Stoop0	-0.0329	0.05197	-0.634	0.9998
Stoop120	-0.0485	0.05197	-0.933	0.9949
Stoop90	-0.0463	0.05197	-0.890	0.9964
Supine	-0.3599	0.05197	-6.926	0.0000

Posture = Kneel0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel120	0.0090	0.05197	0.172	1.0000
Kneel90	0.0256	0.05197	0.493	1.0000
Prone	-0.0141	0.05197	-0.270	1.0000
Standard	-0.1667	0.05197	-3.208	0.0566
Stoop0	-0.0760	0.05197	-1.462	0.9028
Stoop120	-0.0915	0.05197	-1.761	0.7567
Stoop90	-0.0893	0.05197	-1.719	0.7815
Supine	-0.4030	0.05197	-7.754	0.0000

Posture = Kneel120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel90	0.0167	0.05197	0.321	1.0000
Prone	-0.0230	0.05197	-0.443	1.0000
Standard	-0.1757	0.05197	-3.380	0.0352
Stoop0	-0.0850	0.05197	-1.635	0.8271
Stoop120	-0.1005	0.05197	-1.934	0.6464
Stoop90	-0.0983	0.05197	-1.891	0.6747
Supine	-0.4120	0.05197	-7.927	0.0000

Posture = Kneel90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Prone	-0.0397	0.05197	-0.763	0.9989
Standard	-0.1923	0.05197	-3.701	0.0136
Stoop0	-0.1016	0.05197	-1.955	0.6321
Stoop120	-0.1172	0.05197	-2.254	0.4296
Stoop90	-0.1150	0.05197	-2.212	0.4574
Supine	-0.4286	0.05197	-8.247	0.0000

Posture = Prone subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Standard	-0.1527	0.05197	-2.937	0.1122
Stoop0	-0.0619	0.05197	-1.192	0.9716
Stoop120	-0.0775	0.05197	-1.491	0.8919
Stoop90	-0.0753	0.05197	-1.449	0.9077
Supine	-0.3890	0.05197	-7.484	0.0000

Posture = Standard subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop0	0.0907	0.05197	1.746	0.7660
Stoop120	0.0752	0.05197	1.446	0.9084
Stoop90	0.0774	0.05197	1.489	0.8927
Supine	-0.2363	0.05197	-4.546	0.0008

Posture = Stoop0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop120	-0.0156	0.05197	-0.299	1.0000
Stoop90	-0.0133	0.05197	-0.257	1.0000
Supine	-0.3270	0.05197	-6.292	0.0000

Posture = Stoop120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop90	0.0022	0.05197	0.042	1.0000
Supine	-0.3115	0.05197	-5.993	0.0000

Posture = Stoop90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Supine	-0.3137	0.05197	-6.035	0.0000

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของอิเรคเตอร์สไปนีข้างขวา

	N	Mean	StDev
Crawling	10	0.41074	0.16882
Kneel0	10	0.31027	0.13171
Kneel120	10	0.09992	0.03905
Kneel90	10	0.15663	0.06119
Prone	10	0.48737	0.21816
Standard	10	0.32179	0.15550
Stoop0	10	0.50031	0.23205
Stoop120	10	0.08804	0.04399
Stoop90	10	0.11894	0.11856
Supine	10	0.14341	0.21571
All	100	0.26374	0.21393

All Pairwise Comparisons among Levels of Posture

Posture = Crawling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel0	-0.1005	0.06149	-1.634	0.8275
Kneel120	-0.3108	0.06149	-5.055	0.0001
Kneel90	-0.2541	0.06149	-4.133	0.0033
Prone	0.0766	0.06149	1.246	0.9622
Standard	-0.0889	0.06149	-1.447	0.9084
Stoop0	0.0896	0.06149	1.457	0.9047
Stoop120	-0.3227	0.06149	-5.248	0.0001
Stoop90	-0.2918	0.06149	-4.746	0.0004
Supine	-0.2673	0.06149	-4.348	0.0016

Posture = Kneel0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel120	-0.2104	0.06149	-3.421	0.0313
Kneel90	-0.1536	0.06149	-2.499	0.2849
Prone	0.1771	0.06149	2.880	0.1284
Standard	0.0115	0.06149	0.187	1.0000
Stoop0	0.1900	0.06149	3.091	0.0768
Stoop120	-0.2222	0.06149	-3.614	0.0177
Stoop90	-0.1913	0.06149	-3.112	0.0728
Supine	-0.1669	0.06149	-2.714	0.1858

Posture = Kneel120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel90	0.05671	0.06149	0.9223	0.9953
Prone	0.38745	0.06149	6.3014	0.0000
Standard	0.22187	0.06149	3.6085	0.0180
Stoop0	0.40039	0.06149	6.5118	0.0000
Stoop120	-0.01188	0.06149	-0.1933	1.0000
Stoop90	0.01901	0.06149	0.3092	1.0000
Supine	0.04348	0.06149	0.7072	0.9994

Posture = Kneel90 subtracted from:

Level	Difference	SE of		Adjusted

Posture	of Means	Difference	T-Value	P-Value
Prone	0.33074	0.06149	5.379	0.0001
Standard	0.16517	0.06149	2.686	0.1970
Stoop0	0.34368	0.06149	5.590	0.0000
Stoop120	-0.06859	0.06149	-1.116	0.9817
Stoop90	-0.03769	0.06149	-0.613	0.9998
Supine	-0.01322	0.06149	-0.215	1.0000

Posture = Prone subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Standard	-0.1656	0.06149	-2.693	0.1943
Stoop0	0.0129	0.06149	0.210	1.0000
Stoop120	-0.3993	0.06149	-6.495	0.0000
Stoop90	-0.3684	0.06149	-5.992	0.0000
Supine	-0.3440	0.06149	-5.594	0.0000

Posture = Standard subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop0	0.1785	0.06149	2.903	0.1216
Stoop120	-0.2338	0.06149	-3.802	0.0099
Stoop90	-0.2029	0.06149	-3.299	0.0441
Supine	-0.1784	0.06149	-2.901	0.1222

Posture = Stoop0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop120	-0.4123	0.06149	-6.705	0.0000
Stoop90	-0.3814	0.06149	-6.203	0.0000
Supine	-0.3569	0.06149	-5.805	0.0000

Posture = Stoop120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop90	0.03090	0.06149	0.5025	1.0000
Supine	0.05537	0.06149	0.9005	0.9961

Posture = Stoop90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Supine	0.02447	0.06149	0.3980	1.000

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของเดลทอยด์

	N	Mean	StDev
Crawling	10	0.35452	0.23063
Kneel0	10	0.22735	0.10997
Kneel120	10	0.17567	0.10376
Kneel90	10	0.17551	0.10585
Prone	10	0.25375	0.17494
Standard	10	0.23520	0.09771
Stoop0	10	0.42244	0.18362
Stoop120	10	0.25905	0.12494
Stoop90	10	0.26562	0.10936

Supine	10	0.03952	0.05857
All	100	0.24086	0.16489

All Pairwise Comparisons among Levels of Posture

Response Variable MDeltoid
All Pairwise Comparisons among Levels of Posture

Posture = Crawling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel0	-0.1272	0.05021	-2.533	0.2674
Kneel120	-0.1789	0.05021	-3.562	0.0207
Kneel90	-0.1790	0.05021	-3.565	0.0205
Prone	-0.1008	0.05021	-2.007	0.5968
Standard	-0.1193	0.05021	-2.376	0.3536
Stoop0	0.0679	0.05021	1.353	0.9376
Stoop120	-0.0955	0.05021	-1.901	0.6681
Stoop90	-0.0889	0.05021	-1.771	0.7513
Supine	-0.3150	0.05021	-6.274	0.0000

Posture = Kneel0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel120	-0.0517	0.05021	-1.029	0.9895
Kneel90	-0.0518	0.05021	-1.032	0.9893
Prone	0.0264	0.05021	0.526	0.9999
Standard	0.0078	0.05021	0.156	1.0000
Stoop0	0.1951	0.05021	3.885	0.0075
Stoop120	0.0317	0.05021	0.631	0.9998
Stoop90	0.0383	0.05021	0.762	0.9989
Supine	-0.1878	0.05021	-3.741	0.0120

Posture = Kneel120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel90	-0.0002	0.05021	-0.003	1.0000
Prone	0.0781	0.05021	1.555	0.8652
Standard	0.0595	0.05021	1.185	0.9726
Stoop0	0.2468	0.05021	4.915	0.0002
Stoop120	0.0834	0.05021	1.661	0.8137
Stoop90	0.0900	0.05021	1.791	0.7385
Supine	-0.1362	0.05021	-2.712	0.1867

Posture = Kneel90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Prone	0.0782	0.05021	1.558	0.8637
Standard	0.0597	0.05021	1.189	0.9721
Stoop0	0.2469	0.05021	4.918	0.0002
Stoop120	0.0835	0.05021	1.664	0.8120
Stoop90	0.0901	0.05021	1.795	0.7366
Supine	-0.1360	0.05021	-2.708	0.1880

Posture = Prone subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Standard	-0.0186	0.05021	-0.370	1.0000
Stoop0	0.1687	0.05021	3.360	0.0373
Stoop120	0.0053	0.05021	0.106	1.0000
Stoop90	0.0119	0.05021	0.236	1.0000
Supine	-0.2142	0.05021	-4.267	0.0021

Posture = Standard subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop0	0.1872	0.05021	3.729	0.0124
Stoop120	0.0239	0.05021	0.475	1.0000
Stoop90	0.0304	0.05021	0.606	0.9998
Supine	-0.1957	0.05021	-3.897	0.0073

Posture = Stoop0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop120	-0.1634	0.05021	-3.254	0.0499
Stoop90	-0.1568	0.05021	-3.123	0.0707
Supine	-0.3829	0.05021	-7.626	0.0000

Posture = Stoop120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop90	0.0066	0.05021	0.131	1.0000
Supine	-0.2195	0.05021	-4.372	0.0014

Posture = Stoop90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Supine	-0.2261	0.05021	-4.503	0.0009

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของภาระงานของทราพีเซียส

	N	Mean	StDev
Crawling	10	0.27729	0.13112
Knee10	10	0.20088	0.08546
Knee120	10	0.38405	0.12264
Knee190	10	0.33123	0.16984
Prone	10	0.20288	0.11925
Standard	10	0.14726	0.07054
Stoop0	10	0.29439	0.08541
Stoop120	10	0.32145	0.13401
Stoop90	10	0.28932	0.13424
Supine	10	0.11533	0.10880
All	100	0.25641	0.14044

All Pairwise Comparisons among Levels of Posture

Posture = Crawling subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value

Kneel0	-0.0764	0.04219	-1.811	0.7264
Kneel120	0.1068	0.04219	2.530	0.2687
Kneel90	0.0539	0.04219	1.278	0.9557
Prone	-0.0744	0.04219	-1.763	0.7555
Standard	-0.1300	0.04219	-3.082	0.0786
Stoop0	0.0171	0.04219	0.405	1.0000
Stoop120	0.0442	0.04219	1.047	0.9882
Stoop90	0.0120	0.04219	0.285	1.0000
Supine	-0.1620	0.04219	-3.839	0.0088

Posture = Kneel0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel120	0.18317	0.04219	4.341	0.0016
Kneel90	0.13035	0.04219	3.089	0.0771
Prone	0.00201	0.04219	0.048	1.0000
Standard	-0.05362	0.04219	-1.271	0.9573
Stoop0	0.09351	0.04219	2.216	0.4545
Stoop120	0.12058	0.04219	2.858	0.1352
Stoop90	0.08844	0.04219	2.096	0.5356
Supine	-0.08555	0.04219	-2.028	0.5826

Posture = Kneel120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kneel90	-0.0528	0.04219	-1.252	0.9611
Prone	-0.1812	0.04219	-4.294	0.0019
Standard	-0.2368	0.04219	-5.612	0.0000
Stoop0	-0.0897	0.04219	-2.125	0.5160
Stoop120	-0.0626	0.04219	-1.484	0.8948
Stoop90	-0.0947	0.04219	-2.245	0.4356
Supine	-0.2687	0.04219	-6.369	0.0000

Posture = Kneel90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Prone	-0.1283	0.04219	-3.042	0.0869
Standard	-0.1840	0.04219	-4.360	0.0015
Stoop0	-0.0368	0.04219	-0.873	0.9969
Stoop120	-0.0098	0.04219	-0.232	1.0000
Stoop90	-0.0419	0.04219	-0.993	0.9919
Supine	-0.2159	0.04219	-5.117	0.0001

Posture = Prone subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Standard	-0.05563	0.04219	-1.318	0.9465
Stoop0	0.09151	0.04219	2.169	0.4862
Stoop120	0.11857	0.04219	2.810	0.1506
Stoop90	0.08644	0.04219	2.049	0.5682
Supine	-0.08756	0.04219	-2.075	0.5500

Posture = Standard subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop0	0.14713	0.04219	3.4873	0.0258
Stoop120	0.17420	0.04219	4.1287	0.0034
Stoop90	0.14206	0.04219	3.3671	0.0365

Supine	-0.03193	0.04219	-0.7568	0.9990

Posture = Stoop0 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop120	0.0271	0.04219	0.641	0.9997
Stoop90	-0.0051	0.04219	-0.120	1.0000
Supine	-0.1791	0.04219	-4.244	0.0023

Posture = Stoop120 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Stoop90	-0.0321	0.04219	-0.762	0.9989
Supine	-0.2061	0.04219	-4.885	0.0002

Posture = Stoop90 subtracted from:

Level Posture	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Supine	-0.1740	0.04219	-4.124	0.0034

ประวัติผู้วิจัย

1. **ชื่อ (ภาษาไทย)** นางสาวพรศิริ จงกล

   (ภาษาอังกฤษ) Miss Pornsiri Jongkol

2. **รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ** -

3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** รักษาการแทนหัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

4. **หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร**

   สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
   สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
   111 ถนนมหาวิทยาลัย
   อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
   โทรศัพท์ (044) 224460, 224264
   โทรสาร (044) 224165, 224220

5. **ประวัติการศึกษา**

   2532 วศ.บ.(วิศวกรรมอุตสาหการ) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
   2534 วศ.ม.(วิศวกรรมอุตสาหการ) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
   2543 Ph.D.(Industrial Engineering) Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada

6. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**

   Ergonomics
   Work Study
   Plant Layout
   Industrial Safety
   Statistical Modeling
   Design of Experiment

7. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องการบริหารงานวิจัยและงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ**

   7.1 การบริหารงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

   ไม่มี

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และสถานภาพในการทำวิจัย

1. ชื่อเรื่อง : Evaluation of Working Postures in Push Task

   การเผยแพร่ : - 2001. Suranaree Journal of Science and Technology

   สถานภาพในการวิจัย : ผู้วิจัย

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อเรื่องและสถานภาพในการทำวิจัย

1. ชื่อเรื่อง : ความสามารถในการออกแรงดันและลากของกลุ่มตัวอย่างพนักงานโรงงานอุต
   อุตสาหกรรมในเขตจังหวัดนครราชสีมา: ผลกระทบจากท่าทางที่ไม่เหมาะสม:

   การเผยแพร่ :

   - **Jongkol, P.** *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.
   - **Jongkol, P.** *An Electrogmyographic Study of Lower Back and Upper Extremity Muscle Activity in Push and Pull Tasks* Proceedings of SEAMEC 2003, May 19-22nd, 2003, Kuching, Malaysia.

   สถานภาพในการวิจัย : ผู้วิจัย