

รหัสโครงการ SUT7-717-47-24-20



รายงานการวิจัย

**การศึกษาแนวทางการป้องกันการบาดเจ็บบริเวณหลังส่วนล่าง
ที่เกิดขึ้นจากการออกแรงดันและลาก**

**Prevention of Low Back Pain
Related to Pushing and Pulling Tasks**

ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรศิริ จงกอด

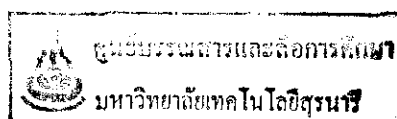
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2547-2548

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

ตุลาคม 2549



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ถูกทดสอบทุกท่านที่เสียสละเวลาหลายชั่วโมงมาร่วมการทดลอง ขอขอบคุณ นายพนจักร วิริยะนุกูล และ นาย พูลศักดิ์ ปราณี ที่ได้ช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณพันธุ์ทิพย์ ถาวรสวัสดิ์ คุณปราณี กฐินใหม่ และ คุณ จ่านงค์ ผายสระน้อย ที่ได้ช่วยเหลือในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.กิตติ อินทรานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวี เลิศปัญญาวิทย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ เสริมสุธีวัฒน์ และ Professor Dr.Biman Das ที่ได้ให้ข้อคิดและสนับสนุนการทำงานวิจัยทางด้าน Ergonomics ตลอดมา ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.วีระชัย มโนทิเชฐวัฒนา ที่ได้สนับสนุนการทำงานวิจัยและจัดหาซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ทางด้าน Ergonomics มาไว้ใช้ในการเรียนการสอนและงานวิจัย ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้อำนวยความสะดวกในการทดลอง

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณไสวและคุณสมหมาย จงกล ที่ได้ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการติดต่อผู้ถูกทดสอบจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พรศิริ จงกล

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ 1) เพื่อชี้บ่งปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการออกแรงดันและลาก 2) เพื่อออกแบบวิธีการทำงานดันและลากที่ปลอดภัย และ 3) เพื่อสร้างฐานข้อมูลค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากของคนไทย งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลดังนี้คือ 1) คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องวัดสัดส่วนร่างกาย เครื่องวัดแรงบีบมือ และ เครื่องวัดแรงบีบนิ้วมือ 2) ความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ โดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิติ และ 3) ความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น โดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิติและฐานรองรับผู้ถูกทดสอบที่ชโลมด้วยน้ำมัน ผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 34 คน เป็นเพศชาย 17 คน และเพศหญิง 17 คน และทุกคนมีประสบการณ์การทำงานในภาคอุตสาหกรรม

การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติกระทำในท่าทางที่เหมือนกันจำนวน 12 ท่า ท่าทางที่ใช้ในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานมาจากปัจจัยดังนี้ 1) ความสูงของจุดที่ออกแรง (ระดับข้อนิ้ว สอก และไหล่) 2) ระยะทาง (ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน และ ระยะเหยียดแขน) และ 3) มุมในแนวราบของแขน (0 และ 90 องศา) ส่วนการเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่นนั้นกระทำโดยมีเงื่อนไขที่เหมือนกันจำนวน 24 เงื่อนไข ซึ่งเกิดขึ้นจากปัจจัยดังนี้คือ 1) ความสูงของจุดที่ออกแรง (ระดับข้อนิ้ว สอก และไหล่) 2) ระยะทาง (ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน และ ระยะเหยียดแขน) 3) การวางเท้า (ปลายเท้าเสมอกัน และ ปลายเท้าเอียงกัน) และ 4) ลักษณะของพื้นรองเท้า (พื้นลายขวาง และพื้นลายหยัก) หลังจากนั้นนำข้อมูลความสามารถในการออกแรงหลังจากนั้นนำข้อมูลความสามารถในการออกแรงมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ผลการทดลองพบว่า ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติของเพศชายและหญิงเท่ากับ 123.4 และ 100.47 นิวตัน ตามลำดับ ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นลื่นของเพศชายและหญิงเท่ากับ 145.77 และ 108.66 นิวตัน ตามลำดับ ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบชายและหญิงเท่ากับ 140.6 และ 98.99 นิวตัน ตามลำดับ ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบชายและหญิงเท่ากับ 138.8 และ 99.86 นิวตัน ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง คือ เพศ และระดับความสูง ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง คือ เพศ ระดับความสูง ระยะเหยียดแขน ลักษณะการวางเท้า และ พื้นรองเท้า

Abstract

The objectives of this study were 1) to determine factors affecting the pushing and pulling strengths, 2) to design the safe pushing and pulling methods, and 3) to create the database of pushing and pulling strengths of Thai workers. The anthropometer, the scale, the grip strength measurement equipment, and the pinch strength measurement equipment were used to measure physical characteristics of the subjects. The static strength measurement equipment and a platform were used to measure the pushing and pulling strengths. To simulate the slippery surface in industry, baby oil was rubbed on the surface of the platform. The industrial workers participated in this study were 17 males and 17 females.

The isometric pushing and pulling strengths exerted on the normal floor were measured under 12 conditions. These measurement conditions were combinations of height (knuckle, elbow, and shoulder), reach (normal and maximum), and horizontal angle of arms (0 and 90 degrees). The isometric pushing and pulling strengths exerted on the slippery floor were measured under 24 conditions. These conditions were defined by height (knuckle, elbow, and shoulder), reach (normal and maximum), footing condition (even and uneven), and outsoles (horizontal line and v-shaped line). The analysis of variance was performed to determine the significant factors.

The greatest isometric pushing strengths exerted on the normal floor for males and females were 123.4 and 100.47 N (Newton), respectively. The greatest isometric pulling strengths exerted on the normal floor for males and females were 145.7 and 108.66 N, respectively. The greatest isometric pushing strengths exerted on the slippery floor for males and females were 140.6 and 98.99 N, respectively. The greatest isometric pulling strengths exerted on the slippery floor for males and females were 138.8 and 99.86 N, respectively. The factors affecting pushing and pulling strengths on the normal floor were gender and height whereas those affecting pushing and pulling strengths on the slippery floor were gender, height, reach, footing condition and outsoles.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ที่มาของปัญหา.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ.....	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 แบบการวิจัย.....	4
2.3 ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล และการกำหนดพื้นที่ประชากรตัวอย่าง.....	5
2.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....	5
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	6
3.1 การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ.....	6
3.2 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ.....	8
3.3 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น.....	9
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	12
4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ.....	12
4.2 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ.....	14
4.3 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น.....	21
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	31
5.1 สรุป.....	31
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	32
5.3 วิธีการนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติ.....	33

บรรณานุกรม.....	34
ภาคผนวก.....	36
ภาคผนวก ก.....	36
ประวัติผู้วิจัย.....	39

สารบัญตาราง

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	4
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	6
ตาราง 3.1 คุณลักษณะทางกายภาพจำนวน 41 รายการ.....	7
ตาราง 3.2 ท่าทางที่ใช้ในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ.....	8
ตาราง 3.3 ท่าทางที่ใช้ในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น.....	10
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	13
ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะทางกายภาพ ของผู้ถูกทดสอบ	12
ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออก แรงดันบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบชาย (หน่วยเป็นนิวตัน).....	14
ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออก แรงดันบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบหญิง (หน่วยเป็นนิวตัน).....	15
ตาราง 4.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออก แรงดันบนพื้นปกติ.....	16
ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออก แรงลากบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบชาย (หน่วยเป็นนิวตัน).....	18
ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออก แรงลากบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบหญิง (หน่วยเป็นนิวตัน).....	19
ตาราง 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออก แรงลากบนพื้นปกติ.....	20
ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออก แรงดันบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบชาย (หน่วยเป็นนิวตัน).....	21
ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออก แรงดันบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบหญิง (หน่วยเป็นนิวตัน).....	23
ตาราง 4.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออก แรงดันบนพื้นลื่น.....	25
ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออก แรงลากบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบชาย (หน่วยเป็นนิวตัน).....	26

ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบหญิง (หน่วยเป็นนิวตัน).....	28
ตาราง 4.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่น.....	30

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การได้รับอันตรายบริเวณกระดูกสันหลังตอนล่างเป็นปัญหาสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเกิดความเสียหายต่อผู้ประสบเหตุโดยตรง อันได้แก่ การบาดเจ็บแบบทันที และแบบเรื้อรัง พิกัด หรืออาจรุนแรงจนถึงขั้นเสียชีวิต รวมทั้งเกิดภาระทางด้านค่ารักษาพยาบาล มูลค่าความเสียหายอันเกิดจากการประสบอันตรายดังกล่าวจึงส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ การบาดเจ็บที่เกิดขึ้นจากการทำงานขนย้ายวัสดุหนัก (Manual Materials Handling) นับได้ว่าเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดบาดเจ็บบริเวณกระดูกสันหลังตอนล่าง และส่งผลให้ผู้ประสบอันตรายทำงานไม่ได้ชั่วคราว (National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH] 1981)

โดยทั่วไปแล้ว การทำงานขนย้ายวัสดุหนักที่เป็นสาเหตุของโรคเจ็บหลัง (Low-Back Disorder) นั้นมักจะเป็นกิจกรรมที่ต้องออกแรงมาก เช่น การยก การดัน การลาก (Anderson 1997) ในปัจจุบันได้มีการนำเอาหลักชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) เข้ามาใช้ในการศึกษาหาแนวทางป้องกันโรคเจ็บหลัง โดยมุ่งเน้นไปที่การตรวจสอบความหนักของงาน (Work Load) ที่เกิดขึ้นในกิจกรรมการยกวัตถุเป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากการยกวัตถุเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นในการทำงานบ่อยมากกว่าการดันและการลาก แต่อย่างไรก็ตามการดันและลากยังคงเป็นกิจกรรมที่มีความเสี่ยงในการประสบอันตรายและบาดเจ็บบริเวณหลัง เนื่องจากกิจกรรมดังกล่าวสามารถทำให้แรงกด (Compressive Forces) และโมเมนต์ดัด (Bending Moments) ที่เกิดบนกระดูกสันหลังนั้นมีค่ามากกว่าที่กระดูกสันหลังจะทนรับได้ (Chaffin and Anderson 1991) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดันและลากวัตถุหนักบริเวณพื้นลื่นนั้น ทำให้ภาพที่กระทำต่อกระดูกสันหลัง (Spinal Loading) นั้นเพิ่มมากขึ้นด้วย (Lavender et al. 1998)

จากการสำรวจพบว่า ในจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บบริเวณหลังส่วนหลัง 122 ราย มีสาเหตุมากจากการลื่นล้มมากถึง 47% (Manning 1983) และการลื่นล้มจนได้รับบาดเจ็บนั้นเกิดขึ้นในขณะดันและลากวัตถุ การลดอัตราการบาดเจ็บบริเวณหลังตอนล่างนั้น สามารถกระทำได้โดยลดความหนักของงาน (Work Load) ให้น้อยลง ในทางปฏิบัติแล้วการนำเอาอุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้ายวัตถุ (Material Handling Devices, MHDs) เช่น เครน สายพาน รถฟอร์คลิฟท์ มาใช้ในงานก็สามารถบรรเทาภาระงานของกล้ามเนื้อ (Muscle Workload) ของผู้ปฏิบัติงานได้ส่วนหนึ่ง แต่อุปกรณ์ดังกล่าวมักมีราคาแพงและมีข้อจำกัดในเรื่องการใช้งานในพื้นที่ต่างๆ จึงทำให้ยังคงมีการใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งส่งผลให้จำนวนของการประสบอันตรายและบาดเจ็บของผู้ปฏิบัติงานยังคงสูงอยู่ อีกวิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ คือ ต้องมีการออกแบบการทำงาน (Task Design) โดยพิจารณาความสามารถในการออกแรงของผู้ปฏิบัติงานเป็นหลัก (MacKinnon 1998) และทำการ

ฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานในเรื่องวิธีการทำงานที่ถูกต้อง ซึ่งวิธีดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ฐานข้อมูลเรื่องความสามารถในการออกแรงของคนไทย แต่ฐานข้อมูลดังกล่าวของประเทศไทยยังมีอยู่น้อย

1.2 ที่มาของปัญหา

ปัญหาของการประสบอันตรายและการบาดเจ็บเนื่องจากการขนย้ายวัสดุหนักและการลื่นล้ม เป็นปัญหาสำคัญที่ควรได้รับการแก้ไขอย่างถูกต้อง ทั้งนี้จะเห็นได้จากสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน พ.ศ.2542-2544 (สำนักงานประกันสังคม 2542-2544) พบว่าการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายวัสดุหนักมีมากถึง 8,719 รายใน พ.ศ.2542 7,775 รายใน พ.ศ.2543 และ 7,071 รายใน พ.ศ.2544 ส่วนการประสบอันตรายในลักษณะหกล้ม/ลื่นล้ม เป็นจำนวน 4,474 รายใน พ.ศ.2542 4,388 รายใน พ.ศ.2543 และ 5,088 รายใน พ.ศ.2544 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติและพื้นลื่นรวมทั้งปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดันและลาก จึงมีความสำคัญที่จะนำไปใช้กำหนดเป็นแนวทางในการออกแบบการทำงานเพื่อป้องกันการประสบอันตรายและบาดเจ็บบริเวณหลังคอนล่าง

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1.3.1 เพื่อชี้บ่งปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการออกแรงดันและลาก
- 1.3.2 เพื่อออกแบบวิธีการทำงานดันและลากที่ปลอดภัย
- 1.3.3 เพื่อสร้างฐานข้อมูลค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากของคนไทย

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1 การวัดความสามารถในการออกแรงดันและลากในงานวิจัยนี้เป็นการวัดแบบสถิติและวัดเฉพาะในท่ายืนเท่านั้น

1.4.2 ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างฐานข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลาก แต่อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้ก็มีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนผู้ถูกทดสอบ เนื่องจากการเก็บข้อมูลของผู้ถูกทดสอบแต่ละคนต้องใช้เวลาหลายวันจึงแล้วเสร็จ ทำให้เกิดข้อจำกัดในเรื่องของการมีผู้ถูกทดสอบจำนวนมาก อีกทั้งอุปกรณ์และสถานที่ที่ใช้ในการทดลองจะต้องนำมาใช้ในการเรียนการสอนด้วยในภาคการศึกษาปกติ ตามนโยบายการจัดการทรัพยากรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ดังนั้นจำนวนผู้ถูกทดสอบจึงมีจำนวน 34 คน

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัยโดยย่อ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลดังนี้ คือ

1.5.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

1.5.2 ความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์บนพื้นปกติ

1.5.3 ความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์บนพื้นลื่น

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ และแปลผลที่เกิดขึ้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป

2. เป็นประโยชน์ต่อประชากรกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นผู้ใช้แรงงานในการปฏิบัติงาน

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

บทที่ 2

การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในเรื่องความสามารถในการออกแรงดันและลากนั้น ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการทดลองในแนวทางจิตกายภาพ (Psychophysics) ในทางดังกล่าวได้ประเมินความเสี่ยงอันตรายเกิดขึ้นจากการออกแรงใน 2 ลักษณะ ลักษณะแรก ประเมินความเสี่ยงจากค่าสูงสุดของการทนต่อภาระงานที่เกิดขึ้นใน 1 วันทำงาน (The Maximum Work Tolerance on a Working Day) ซึ่งคำนวณได้จากค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรงดันและลากแบบสถิตย์ (Waters et. Al. 1993) โดยทั่วไปแล้วค่าสูงสุดของภาระงานที่เกิดขึ้นในการทำงานทำงาน 8 ชั่วโมงใน 1 วันจะต้องไม่เกิน 15% ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรงแบบสถิตย์ (Konz 1995) ลักษณะที่สอง ประเมินความเสี่ยงจากค่าแรงสูงสุดที่ยอมรับได้ในการทำงานออกแรงในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Ciriello et al. 1993) ในการหาค่าดังกล่าวผู้ถูกทดสอบจะเป็นผู้ปรับค่าแรงที่ใช้ในการดันและลากเอง โดยอาศัยความรู้สึกตัวเองเป็นหลัก (Snook 1978) โดยทั่วไปแล้วความเสี่ยงที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับการบาดเจ็บและเกิดโรคอันเนื่องมาจากการทำงาน (Musculoskeletal Disorders) นั้นสูงมากขึ้นเมื่อออกแรงในการทำงานเกินกว่าค่า 15% ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรงสถิตย์และเมื่อออกแรงเกินค่าแรงสูงสุดที่ยอมรับได้

ในการออกแรงดันและลากนั้น มีปัจจัยเสี่ยง (Risk Factors) หลายอย่างที่จะก่อให้เกิดการบาดเจ็บดังเช่น ระยะทางในการดันและลากวัตถุ ความถี่ในการออกแรงดันและลาก ความสูงของมือจับรถเข็น น้ำหนักของรถเข็นและวัตถุระยะห่างระหว่างเท้าทั้งสองข้าง ลักษณะท่าทางในขณะที่ออกแรง สัดส่วนร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น (Hoozemans 1998) ลักษณะท่าทางในขณะที่ออกแรงนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมากปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อเสถียรภาพ (Stability) ของผู้ออกแรง และมีผลต่อค่าแรงที่วัดได้ตามหลักชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ผลการศึกษาเรื่องปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นหลักในการออกแบบการทำงานดันและลาก เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความปลอดภัยสูงสุดได้

2.2 แบบการวิจัย (Research Design)

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยการศึกษาทดลองย่อย 3 ส่วน ดังนี้

1. คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ
2. ความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์บนพื้นปกติ
3. ความสามารถในการออกแรงยกสถิตย์บนพื้นลื่น

2.3 ขั้นตอนและวิธีการในการเก็บข้อมูล การกำหนดพื้นที่ประชากร ตัวอย่าง

ขั้นตอน

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

วิธีการเก็บข้อมูล

1. เก็บข้อมูล อายุ น้ำหนัก และสัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ ในท่ายืนและนั่ง
2. วัดความสามารถในการออกแรงดันและลากสติกโดยใช้เครื่องมือวัดความสามารถในการออกแรง สติดยบนพื้นปกติและบนพื้นลื่น โดยผู้ถูกทดสอบจะได้พักอย่างน้อย 2 นาที หลังจากออกแรงดันหรือลาก สติดยแต่ละครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้กล้ามเนื้อไม่เกิดความล้าในขณะที่ถูกทดสอบ

การกำหนดพื้นที่ประชากรตัวอย่าง

ผู้ถูกทดสอบเป็นผู้อาศัยอยู่ในเขตจังหวัดนครราชสีมา เพศชาย อายุระหว่าง 18-50 ปี และไม่เคยบาดเจ็บตามบริเวณหลัง แขน ขา มือ และลำตัวในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา

2.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

2 ปี (มกราคม 2547 - ธันวาคม 2548)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้กล่าวถึงวิธีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการทดลองย่อยทั้งหมดดังนี้

3.1 การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

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

3.1.2 การเก็บข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

คุณลักษณะทางกายภาพประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก และ สัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ รวมทั้งสิ้น 41 รายการ การวัดคุณลักษณะทางกายภาพแบ่งเป็นการวัดในท่ายืน 21 รายการ และวัดในท่าเขย่ง 20 รายการ ตามวิธีการของ Konz (1995) ดังแสดงในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 คุณลักษณะทางกายภาพจำนวน 41 รายการ

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	การวัดในท่า
1	น้ำหนัก (กก.)	ยืน
2	ความสูง (ยืน) (ซม.)	ยืน
3	ความสูงระดับไหล่(ยืน) (ซม.)	ยืน
4	ความสูงระดับศอก(ยืน) (ซม.)	ยืน
5	ความสูง (นั่ง) (ซม.)	นั่ง
6	ความสูงระดับไหล่(นั่ง) (ซม.)	นั่ง
7	ความสูงระดับศอก(นั่ง) (ซม.)	นั่ง
8	ความสูงจากพื้นถึงใต้ขาพับ (ซม.)	นั่ง
9	ความสูงจากพื้นถึงขาท่อนบน (หน้าตัก) (ซม.)	นั่ง

10	ความกว้างช่วงไหล่ (ซม.)	ขึ้น
11	ความกว้างช่วงอก (วัดที่คั่นแขน) (ซม.)	ขึ้น
12	ความกว้างช่วงอก (วัดที่ใต้รักแร้) (ซม.)	ขึ้น
13	ความหนาของลำตัวช่วงอก (ซม.)	ขึ้น
14	ความหนาของลำตัวช่วงท้อง (ซม.)	ขึ้น
15	ระยะเหยียดของแขน (ไปด้านหน้า) (ซม.)	ขึ้น
16	ระยะเหยียดของแขน (เอียงไหล่ขวา) (ซม.)	ขึ้น
17	ระยะจากกันถึงได้ซาพับ (ซม.)	นั่ง
18	ระยะจากกันถึงเข้า (ซม.)	นั่ง
19	ระยะจากข้อศอกถึงปลายนิ้ว (ซม.)	นั่ง
20	ระยะจากข้อศอกถึงกลางฝ่ามือขณะกำมือ (ซม.)	นั่ง
21	ความกว้างของสะโพก (ซม.)	นั่ง
22	ความหนาของลำตัวช่วงท้อง (ซม.)	ขึ้น
23	ความยาวเท้า (ซม.)	ขึ้น
24	ความกว้างเท้า (ซม.)	ขึ้น
25	ความกว้างของมือ (ซม.)	นั่ง
26	ความยาวของมือ (ซม.)	นั่ง
27	ระยะค้ำในของกำมือ (ซม.)	นั่ง
28	ความหนาของมือ (ซม.)	นั่ง
29	ความยาวของศีรษะ (ซม.)	นั่ง
30	ความหนาของขาที่อนบน (ซม.)	นั่ง
31	ความกว้างโคนขาขณะนั่ง (ซม.)	นั่ง
32	แรงบีบนิ้วมือ (กิโลกรัม)	ขึ้น
33	แรงบีบมือ (กิโลกรัม)	ขึ้น
34	เส้นรอบศีรษะ (ซม.)	นั่ง
35	เส้นรอบคอ (ซม.)	นั่ง
36	เส้นรอบเอว (ซม.)	ขึ้น
37	เส้นรอบสะโพก (ซม.)	ขึ้น
38	เส้นรอบแขนที่อนบนขณะเหยียดตรง (ซม.)	ขึ้น
39	เส้นรอบแขนที่อนบนขณะงอแขนเต็มที่ (ซม.)	ขึ้น

40	เส้นรอบขาท่อนล่าง(ยืน) (ชม.)	ยืน
41	เส้นรอบขาท่อนล่าง(นั่ง) (ชม.)	นั่ง

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพ

คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพทั้ง 41 รายการของผู้ถูกทดสอบทุกคน

3.2 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องมือวัดแรงสถิติ

3.2.2 การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากการออกแรงดันและลากนั้นกระทำในท่าทางที่เหมือนกันจำนวน 12 ท่า ดังแสดงในตาราง 3.2 (โดยมีภาพอยู่ในภาคผนวก ก.) ท่าทางที่ใช้ในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานมาจากปัจจัยดังนี้

- 1) ความสูงของจุดที่ออกแรง (ระดับข้อนิ้ว สอก และ ไหล่)
- 2) ระยะทาง (ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน และ ระยะเหยียดแขน) และ
- 3) มุมในแนวราบของแขน (0 และ 90 องศา) โดย 0 องศาหมายถึงแขนทั้งสองข้างเหยียดไปข้างหน้าโดยกึ่งกลางของลำตัวอยู่ในระนาบแซกกิตัล (Sagittal Plane) 90 องศาหมายถึงลำตัวบิดหัน ไปทางด้านขวาทำมุม 90 องศากับระนาบแซกกิตัล

ลำดับท่าทางที่ใช้ในการออกแรงเป็นไปโดยสลับทั้ง 12 ลำดับ

ตาราง 3.2 ท่าทางในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ

ท่าทางที่	ความสูง	ระยะทาง	มุม
1	ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	0
2	ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	90
3	ข้อนิ้ว	ระยะเหยียดแขน	0
4	ข้อนิ้ว	ระยะเหยียดแขน	90
5	สอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	0
6	สอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	90
7	สอก	ระยะเหยียดแขน	0

8	ศอก	ระยะเหยียดแขน	90
9	ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	0
10	ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	90
11	ไหล่	ระยะเหยียดแขน	0
12	ไหล่	ระยะเหยียดแขน	90

หลักในการออกแรงดันและลากสติดังนี้คือ ให้ผู้ถูกทดสอบใช้มือทั้งสองข้างกำมือจับไว้แล้วจัดทำทางของผู้ถูกทดสอบให้เป็นไปตามกำหนด (ตารางที่ 3.2) เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมแล้วจึงให้สัญญาณแก่ผู้ถูกทดสอบโดยการนับ “1 2 3” เมื่อนับถึงสามแล้ว ให้ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงและเพิ่มแรงดัน(หรือลาก)ให้มากที่สุดในช่วง 2 วินาทีแรกโดยไม่เกิดการกระตุก (Jerk) และยังคงออกแรงมากที่สุดต่อไปอีก 3 วินาที เมื่อเสียงออกสัญญาณดังขึ้น ผู้ถูกทดสอบหยุดออกแรงและนั่งพักอย่างน้อย 2 นาทีก่อนออกแรงครั้งต่อไป ในช่วงการออกแรง 2 วินาทีแรกเป็นช่วงการเพิ่มแรง (Build Up) ส่วนในช่วง 3 วินาทีถัดมาเป็นช่วงที่ค่าแรงที่วัดได้มีความเสถียร (Steady State) จึงนำค่าแรงที่วัดได้ในช่วงนี้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าความสามารถในการออกแรงดัน(หรือลาก)ในครั้งนั้นๆ และมีหน่วยเป็นนิวตัน

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ

3.2.3.1 คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลความสามารถในการออกแรงในการออกแรงแต่ละท่า จำนวน 12 ท่า

3.2.3.2 วิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of Variance) ของข้อมูลความสามารถในการออกแรง โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งมีตัวแปรตาม (Dependent Variables) 2 ตัว ดังนี้คือ 1) แรงดัน 2) แรงลาก ส่วนตัวแปรอิสระ (Independent Variables) มี 4 ตัว ดังนี้คือ 1) เพศ 2) ความสูงของจุดที่ออกแรง 3) ระยะทาง และ 4) มุมในแนวราบของแขน รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นแบบ Randomized Complete Block โดยมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก

3.3 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- 1) เครื่องมือวัดแรงสติด
- 2) ฐานรองรับผู้ถูกทดสอบซึ่งขจัดด้วยน้ำมันทาผิวเด็ก

3.3.2 การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่นนั้นกระทำโดยมีเงื่อนไขที่เหมือนกันจำนวน 24 เงื่อนไข ดังแสดงในตาราง 3.3 ซึ่งภาพแสดงท่าทางอยู่ในภาคผนวก ก. เงื่อนไขในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานมาจากปัจจัยดังนี้

- 1) ความสูงของจุดที่ออกแรง (ระดับข้อนิ้ว สอก และไหล่)
- 2) ระยะทาง (ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน และ ระยะเหยียดแขน)
- 3) การวางเท้า (ปลายเท้าเสมอกัน และ ปลายเท้าเอียงกัน) และ
- 4) ลักษณะของพื้นรองเท้า (พื้นลายขวาง และพื้นลายหยัก)

ลำดับท่าทางที่ใช้ในการออกแรงเป็นไปโดยสลับทั้ง 24 ลำดับ

ตาราง 3.3 ท่าทางในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น

ท่าทางที่	ความสูง	ระยะทาง	การวางเท้า	พื้นรองเท้า
1	ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
2	ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายหยัก
3	ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง
4	ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก
5	ข้อนิ้ว	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
6	ข้อนิ้ว	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายหยัก
7	ข้อนิ้ว	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง
8	ข้อนิ้ว	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก
9	ศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
10	ศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายหยัก
11	ศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง
12	ศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก
13	ศอก	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
14	ศอก	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายหยัก
15	ศอก	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง
16	ศอก	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก
17	ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
18	ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายหยัก

19	ไหล	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง
20	ไหล	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก
21	ไหล	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
22	ไหล	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายหยัก
23	ไหล	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง
24	ไหล	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก

หลักในการออกแรงดันและลากสถิติบนพื้นลื่นเป็นเช่นเดียวกับบนพื้นปกติ

3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ

- 3.3.3.1 กำหนดค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลความสามารถในการออกแรงในการออกแรงแต่ละท่า จำนวน 24 ท่า
- 3.3.3.2 วิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of Variance) ของข้อมูลความสามารถในการออกแรง โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งมีตัวแปรตาม (Dependent Variables) 2 ตัว ดังนี้คือ 1) แรงดัน 2) แรงลาก ส่วนตัวแปรอิสระ (Independent Variables) มี 5 ตัว ดังนี้คือ 1) เพศ 2) ความสูงของจุดที่ออกแรง 3) ระยะทาง 4) การวางเท้า และ 5) ลักษณะของพื้นรองเท้า รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นแบบ Randomized Complete Block โดยมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก

8	ศอก	ระยะเหยียดแขน	90
9	ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	0
10	ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	90
11	ไหล่	ระยะเหยียดแขน	0
12	ไหล่	ระยะเหยียดแขน	90

หลักในการออกแรงดันและลากสติดังนี้มีดังนี้คือ ให้ผู้ถูกทดสอบใช้มือทั้งสองข้างกำมือจับไว้แล้วจัดทำทางของผู้ถูกทดสอบให้เป็นไปตามกำหนด (ตารางที่ 3.2) เมื่อผู้ถูกทดสอบพร้อมแล้วจึงให้สัญญาณแก่ผู้ถูกทดสอบโดยการนับ “1 2 3” เมื่อนับถึงสามแล้ว ให้ผู้ถูกทดสอบเริ่มออกแรงและเพิ่มแรงดัน(หรือลาก)ให้มากที่สุดในช่วง 2 วินาทีแรกโดยไม่เกิดการกระตุก (Jerk) และยังคงออกแรงมากที่สุดต่อไปอีก 3 วินาที เมื่อเสียงออกสัญญาณดังขึ้น ผู้ถูกทดสอบหยุดออกแรงและนั่งพักอย่างน้อย 2 นาทีก่อนออกแรงครั้งต่อไป ในช่วงการออกแรง 2 วินาทีแรกเป็นช่วงการเพิ่มแรง (Build Up) ส่วนในช่วง 3 วินาทีถัดมาเป็นช่วงที่ค่าแรงที่วัดได้มีความเสถียร (Steady State) จึงนำค่าแรงที่วัดได้ในช่วงนี้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าความสามารถในการออกแรงดัน(หรือลาก)ในครั้งนั้นๆ และมีหน่วยเป็นนิวตัน

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ

- 3.2.3.1 คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลความสามารถในการออกแรงในการออกแรงแต่ละท่า จำนวน 12 ท่า
- 3.2.3.2 วิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of Variance) ของข้อมูลความสามารถในการออกแรง โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งมีตัวแปรตาม (Dependent Variables) 2 ตัว ดังนี้คือ 1) แรงดัน 2) แรงลาก ส่วนตัวแปรอิสระ (Independent Variables) มี 4 ตัว ดังนี้คือ 1) เพศ 2) ความสูงของจุดที่ออกแรง 3) ระยะทาง และ 4) มุมในแนวราบของแขน รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นแบบ Randomized Complete Block โดยมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก

3.3 การศึกษาความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- 1) เครื่องมือวัดแรงสติดัง

2) ฐานรองรับผู้ถูกทดสอบซึ่งขจัดด้วยน้ำมันทาผิวเด็ก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเท่ากับ 0.082

3.3.2 การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่นนั้นกระทำโดยมีเงื่อนไขที่เหมือนกันจำนวน 24 เงื่อนไข ดังแสดงในตาราง 3.3 ซึ่งภาพแสดงท่าทางอยู่ในภาคผนวก ก. เงื่อนไขในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานมาจากปัจจัยดังนี้

- 1) ความสูงของจุดที่ออกแรง (ระดับข้อนิ้ว ศอก และไหล่)
- 2) ระยะทาง (ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน และ ระยะเหยียดแขน)
- 3) การวางเท้า (ปลายเท้าเสมอกัน และ ปลายเท้าเอียงกัน) และ
- 4) ลักษณะของพื้นรองเท้า (พื้นลายขวาง และพื้นลายหยัก) ทั้งนี้ได้มีการเตรียมรองเท้ายหลาย

ขนาดไว้ให้ผู้ถูกทดสอบได้เลือกสวม

ลำดับท่าทางที่ใช้ในการออกแรงเป็น ไปโดยสุ่มทั้ง 24 ลำดับ

ตาราง 3.3 ท่าทางในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น

ท่าทางที่	ความสูง	ระยะทาง	การวางเท้า	พื้นรองเท้า
1	ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
2	ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายหยัก
3	ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง
4	ข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก
5	ข้อนิ้ว	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
6	ข้อนิ้ว	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายหยัก
7	ข้อนิ้ว	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง
8	ข้อนิ้ว	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก
9	ศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
10	ศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายหยัก
11	ศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง
12	ศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก
13	ศอก	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
14	ศอก	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายหยัก
15	ศอก	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง

16	ศอก	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก
17	ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
18	ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก
19	ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง
20	ไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก
21	ไหล่	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายขวาง
22	ไหล่	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเสมอกัน	ลายหยัก
23	ไหล่	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายขวาง
24	ไหล่	ระยะเหยียดแขน	ปลายเท้าเอียงกัน	ลายหยัก

หลักในการออกแรงดันและลากสติดัดบนพื้นลื่นเป็นเช่นเดียวกับบนพื้นปกติ

3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ

3.3.3.1 คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลความสามารถในการออกแรงในการออกแรงแต่ละท่า จำนวน 24 ท่า

3.3.3.2 วิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of Variance) ของข้อมูลความสามารถในการออกแรง โดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งมีตัวแปรตาม (Dependent Variables) 2 ตัว ดังนี้คือ 1) แรงดัน 2) แรงลาก ส่วนตัวแปรอิสระ (Independent Variables) มี 5 ตัว ดังนี้คือ 1) เพศ 2) ความสูงของจุดที่ออกแรง 3) ระยะทาง 4) การวางเท้า และ 5) ลักษณะของพื้นรองเท้า รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นแบบ Randomized Complete Block โดยมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก

บทที่ 4
ผลการวิจัย

บทนี้เป็นการรายงานผลการวิจัย โดยแบ่งเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้คือ คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ ความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ และความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น โดยการรายงานผลการวิจัยในแต่ละหัวข้อนั้น ประกอบด้วย การแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติพร้อมกับการอภิปรายผลที่เกิดขึ้น

4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ

ตาราง 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะของผู้ถูกทดสอบจำนวน 34 คน เป็นเพศชาย 17 คน และเพศหญิง 17 คน ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 67.24 กิโลกรัมและค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 56.86 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยของความสูงของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 170.04 เซนติเมตร ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของความสูงของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 154.02 เซนติเมตร

ตาราง 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะของผู้ถูกทดสอบ

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	เพศชาย		เพศหญิง	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	น้ำหนัก (กก.)	67.24	16.07	56.86	11.97
2	ความสูง (ซม.)	170.04	5.44	154.02	5.29
3	ความสูงระดับไหล่(ซม.)	141.50	5.64	128.01	4.78
4	ความสูงระดับศอก(ซม.)	107.03	4.97	96.77	3.76
5	ความสูง (นั่ง) (ซม.)	130.60	3.18	124.83	3.32
6	ความสูงระดับไหล่(นั่ง) (ซม.)	103.23	2.61	98.18	3.75
7	ความสูงระดับศอก(นั่ง) (ซม.)	69.11	3.29	68.08	3.38
8	ความสูงจากพื้นถึงใต้ขาพับ (ซม.)	46.02	2.58	42.72	1.92
9	ความสูงจากพื้นถึงขาท่อนบน (หน้าคัก) (ซม.)	60.86	2.40	56.81	2.02
10	ความกว้างช่วงไหล่ (ซม.)	42.42	3.12	38.65	3.64
11	ความกว้างช่วงอก (วัดที่คันท่อนบน) (ซม.)	44.54	4.27	41.63	3.94
12	ความกว้างช่วงอก (วัดที่ใต้รักแร้) (ซม.)	47.60	6.09	30.02	2.84
13	ความหนาของลำตัวช่วงอก (ซม.)	21.16	3.34	22.07	2.52
14	ความหนาของลำตัวช่วงท้อง (ซม.)	30.22	4.21	19.78	4.37

15	ระยะเหยียดของแขน (ไปด้านหน้า) (ซม.)	81.22	3.85	74.41	3.95
16	ระยะเหยียดของแขน (เอียงไหล่ขวา) (ซม.)	93.06	6.03	83.90	4.50
17	ระยะจากกันถึงได้ซาพับ (ซม.)	43.03	2.07	41.22	2.03
18	ระยะจากกันถึงเข้า (ซม.)	56.98	3.23	53.38	2.64
19	ระยะจากข้อศอกถึงปลายนิ้ว (ซม.)	46.18	2.22	42.08	1.86
20	ระยะจากข้อศอกถึงกลางฝ่ามือขณะกำมือ (ซม.)	37.11	9.08	31.82	2.45
21	ความกว้างของสะโพก (ซม.)	35.06	2.98	34.48	2.99
22	ความหนาของลำตัวช่วงท้อง (ซม.)	21.21	4.90	20.83	5.02
23	ความยาวเท้า (ซม.)	24.77	1.65	22.72	1.17
24	ความกว้างเท้า (ซม.)	9.98	0.63	13.44	17.88
25	ความกว้างของมือ (ซม.)	8.20	0.37	7.47	0.75
26	ความยาวของมือ (ซม.)	18.57	1.05	16.37	2.53
27	ระยะด้านในของกำมือ (ซม.)	3.30	0.53	4.16	3.49
28	ความหนาของมือ (ซม.)	5.99	2.56	6.08	1.93
29	ความยาวของศีรษะ (ซม.)	17.14	2.90	16.77	1.42
30	ความหนาของขาที่อนบน (ซม.)	13.79	2.59	13.49	2.01
31	ความกว้างโคนขาขณะนั่ง (ซม.)	31.86	2.96	31.86	3.19
32	แรงบีบนิ้วมือ (กิโลกรัม)	10.66	4.47	7.94	2.52
33	แรงบีบมือ (กิโลกรัม)	41.69	13.42	27.75	8.62
34	เส้นรอบศีรษะ (ซม.)	54.13	5.20	55.01	9.71
35	เส้นรอบคอ (ซม.)	36.18	3.54	31.69	7.40
36	เส้นรอบเอว (ซม.)	80.74	13.82	76.78	11.99
37	เส้นรอบสะโพก (ซม.)	95.26	8.76	92.33	13.99
38	เส้นรอบแขนที่อนบนขณะเหยียดตรง (ซม.)	25.66	4.14	26.79	3.41
39	เส้นรอบแขนที่อนบนขณะงอแขนเต็มที่ (ซม.)	29.29	4.90	28.76	4.68
40	เส้นรอบขาที่อนล่าง(ยืน) (ซม.)	35.39	4.30	33.65	3.44
41	เส้นรอบขาที่อนล่าง(นั่ง) (ซม.)	36.36	4.62	34.44	3.64

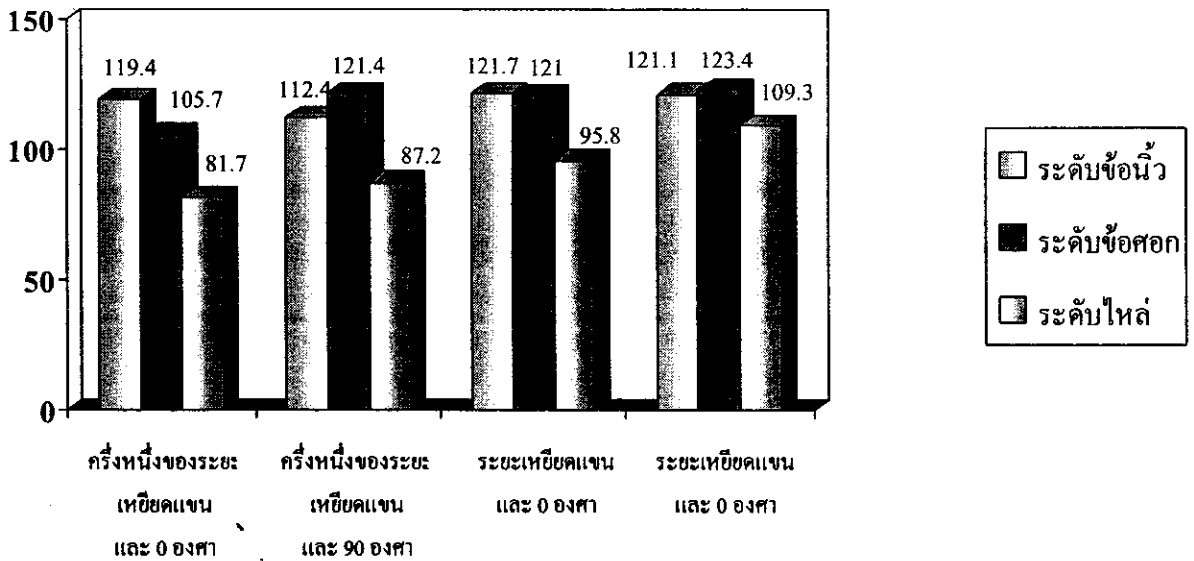
4.2 ความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ

4.2.1 ความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติ

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบชาย (ตาราง 4.2 และภาพ 4.1) พบว่า ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติเท่ากับ 123.4 นิวตัน โดยเกิดจากการออกแรงที่ความสูงระดับข้อศอก และออกแรงในระยะเหยียดแขนท่ามุม 90 องศา ส่วนค่าต่ำสุดของความสามารถในการออกแรงดันเท่ากับ 81.7 นิวตัน โดยเกิดจากการออกแรงที่ความสูงระดับไหล่และออกแรงที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน ท่ามุม 0 องศา ความสามารถในการออกแรงดันที่ความสูงระดับไหล่มีค่าน้อยกว่าความสามารถในการออกแรงดันที่ความสูงระดับข้อนิ้วและข้อศอก ความสามารถในการออกแรงดันในระยะเหยียดแขนมีค่าสูงกว่าความสามารถในการออกแรงดันที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน

ตาราง 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบชาย (หน่วยเป็นนิวตัน)

ความสูง	ระยะทาง			
	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน		ระยะเหยียดแขน	
	มุม		มุม	
	0 องศา	90 องศา	0 องศา	90 องศา
ระดับข้อนิ้ว	119.4(49.09)	112.4(51.33)	121.7(44.09)	121.1(49.02)
ระดับข้อศอก	105.7(31.21)	121.4(46.69)	121.0(45.39)	123.4(45.33)
ระดับไหล่	81.7(23.06)	87.2(28.43)	95.8(42.35)	109.3(46.48)

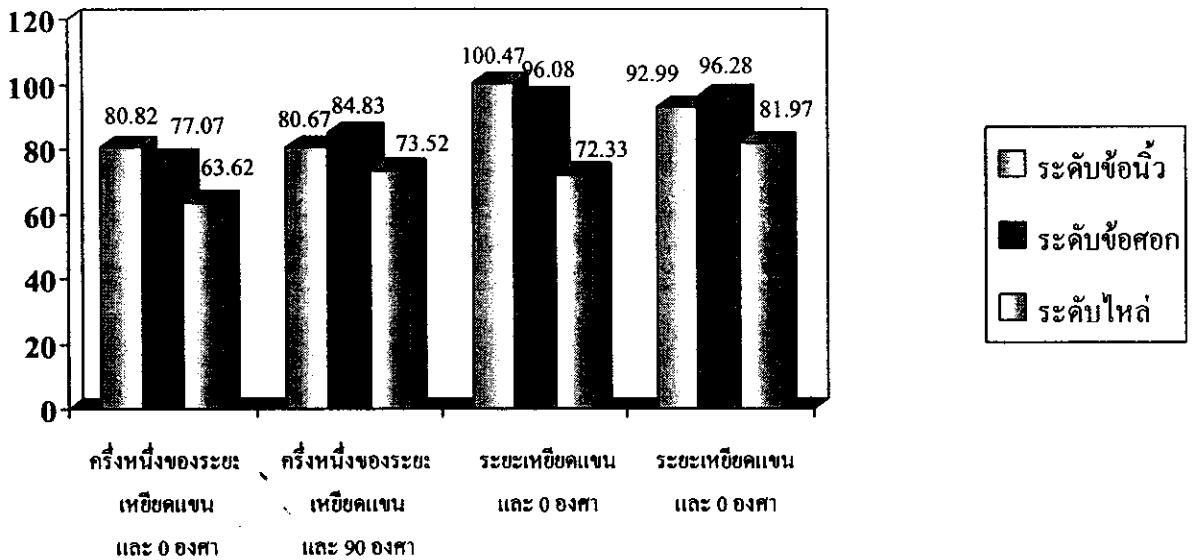


ภาพ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบชาย (หน่วยเป็นนิวตัน)

ค่าความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบหญิงดังปรากฏในตาราง 4.3 และภาพ 4.2 ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติเท่ากับ 100.47 นิวตัน โดยเกิดจากการออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้ว และออกแรงในระยะเหยียดแขนท่ามุม 0 องศา ส่วนค่าต่ำสุดของความสามารถในการออกแรงดันเท่ากับ 63.62 นิวตัน โดยเกิดจากการออกแรงที่ความสูงระดับไหล่และออกแรงที่ครั้งหนึ่งของระยะเหยียดแขน ท่ามุม 0 องศา ความสามารถในการออกแรงดันที่ความสูงระดับไหล่มีค่าน้อยกว่าความสามารถในการออกแรงดันที่ความสูงระดับข้อนิ้วและข้อศอก ความสามารถในการออกแรงดันในระยะเหยียดแขนมีค่าสูงกว่าความสามารถในการออกแรงดันที่ครั้งหนึ่งของระยะเหยียดแขน ซึ่งแนวโน้มของค่าสามารถในการออกแรงดันในระดับความสูงและมุมต่างๆนั้นสอดคล้องกับผลของผู้ถูกทดสอบชาย

ตาราง 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบหญิง (หน่วยเป็นนิวตัน)

ความสูง	ระยะทาง			
	ครั้งหนึ่งของระยะเหยียดแขน		ระยะเหยียดแขน	
	มุม		มุม	
	0 องศา	90 องศา	0 องศา	90 องศา
ระดับข้อนิ้ว	80.82(36.6)	80.67(42.38)	100.47(47.36)	92.99(47.09)
ระดับข้อศอก	77.07(18.46)	84.83(33.36)	96.08(44.35)	96.28(48.69)
ระดับไหล่	63.62(19.76)	73.52(26.7)	72.33(27.11)	81.97(32.1)



ภาพ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบหญิง (หน่วยเป็นนิวตัน)

ตาราง 4.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติ

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	15.2498	15.2498	176.68	0.000**
ระดับความสูง	2	7.4816	3.7408	43.34	0.000**
ระยะเหยียดแขน	1	2.6426	2.6426	30.62	0.000**
มุม	1	0.288	0.2882	3.34	0.068
ผู้ถูกทดสอบ	16	56.7095	3.5443	41.06	0.000**
เพศ*ระดับความสูง	2	0.1265	0.0632	0.73	0.481
เพศ*ระยะเหยียดแขน	1	0.0382	0.0382	0.44	0.506
เพศ*มุม	1	0.0003	0.0003	0	0.955
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน	2	0.03	0.015	0.17	0.84
ระดับความสูง*มุม	2	0.9004	0.4502	5.22	0.006**
ระยะเหยียดแขน*มุม	1	0.0169	0.0169	0.2	0.659
เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน	2	0.2421	0.1211	1.4	0.247
เพศ*ระดับความสูง*มุม	2	0.0492	0.0246	0.28	0.752
เพศ*ระยะเหยียดแขน*มุม	1	0.0742	0.0742	0.86	0.354
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*มุม	2	0.1244	0.0622	0.72	0.487
เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*มุม	2	0.0355	0.0178	0.21	0.814
ความคลาดเคลื่อน	776	66.9781	0.0863		
ผลรวม	815				

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงดัน

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นมีข้อสมมติฐานเบื้องต้นว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติและความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ แต่เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากตามข้อสมมติฐานเบื้องต้นดังกล่าวแล้ว พบว่าความคลาดเคลื่อนไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ จึงต้องทำการแปลงข้อมูลเป็นค่าลอการิทึมธรรมชาติ จากนั้นทำการตรวจสอบค่าข้อมูลที่ทำการแปลงแล้วพบว่า เป็นไปตามข้อสมมติฐานเบื้องต้น ดังนั้นผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงดันและลากในงานวิจัยนี้เป็นการผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นค่าลอการิทึมธรรมชาติ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงดันพื้นปกติแสดงในตาราง 4.4 ปรากฏว่า เพศ ระดับความสูง ระยะเหยียดแขน และ อันตรกิริยาระหว่างระดับความสูงกับมุม มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

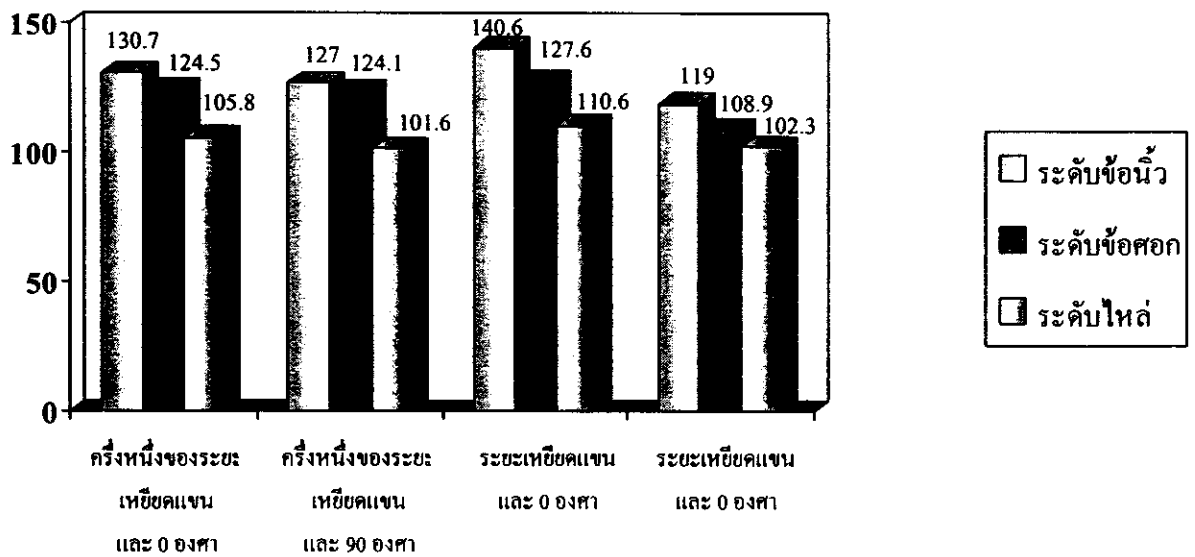
4.2.3 ความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกติ

ความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบชายและหญิงแสดงในตาราง 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ จากตาราง 4.5 และภาพ 4.3 พบว่าค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 140.6 นิวตัน โดยเกิดจากการออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้ว และออกแรงในระยะเหยียดแขนทำมุม 0 องศา ส่วนค่าต่ำสุดของความสามารถในการออกแรงลากผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 101.6 นิวตัน โดยวัดที่ความสูงระดับไหล่และออกแรงที่ครั้งหนึ่งของระยะเหยียดแขน ทำมุม 90 องศา ความสามารถในการออกแรงลากผู้ถูกทดสอบชายที่ความสูงระดับไหล่มีค่าน้อยกว่าความสามารถในการออกแรงลากที่ความสูงระดับข้อนิ้วและข้อศอก

โดยส่วนใหญ่แล้ว ความสามารถในการออกแรงลากผู้ถูกทดสอบชายในระยะเหยียดแขนมีค่าสูงกว่าความสามารถในการออกแรงลากที่ครั้งหนึ่งของระยะเหยียดแขน ยกเว้นการออกแรงลากที่ระดับข้อนิ้วและข้อศอกเมื่อทำมุม 90 องศา ซึ่งผลปรากฏว่าความสามารถในการออกแรงลากผู้ถูกทดสอบชายในระยะเหยียดแขนมีค่าต่ำกว่าความสามารถในการออกแรงลากที่ครั้งหนึ่งของระยะเหยียดแขน

ตาราง 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบชาย (หน่วยเป็นนิวตัน)

ความสูง	ระยะทาง			
	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน		ระยะเหยียดแขน	
	มุม		มุม	
	0 องศา	90 องศา	0 องศา	90 องศา
ระดับข้อนิ้ว	130.7(67.91)	127(55.08)	140.6(62.86)	119(52.06)
ระดับข้อศอก	124.5(46.19)	124.1(39.38)	127.6(50.5)	108.9(39.31)
ระดับไหล่	105.8(43.46)	101.6(36.34)	110.6(48.08)	102.3(44.98)

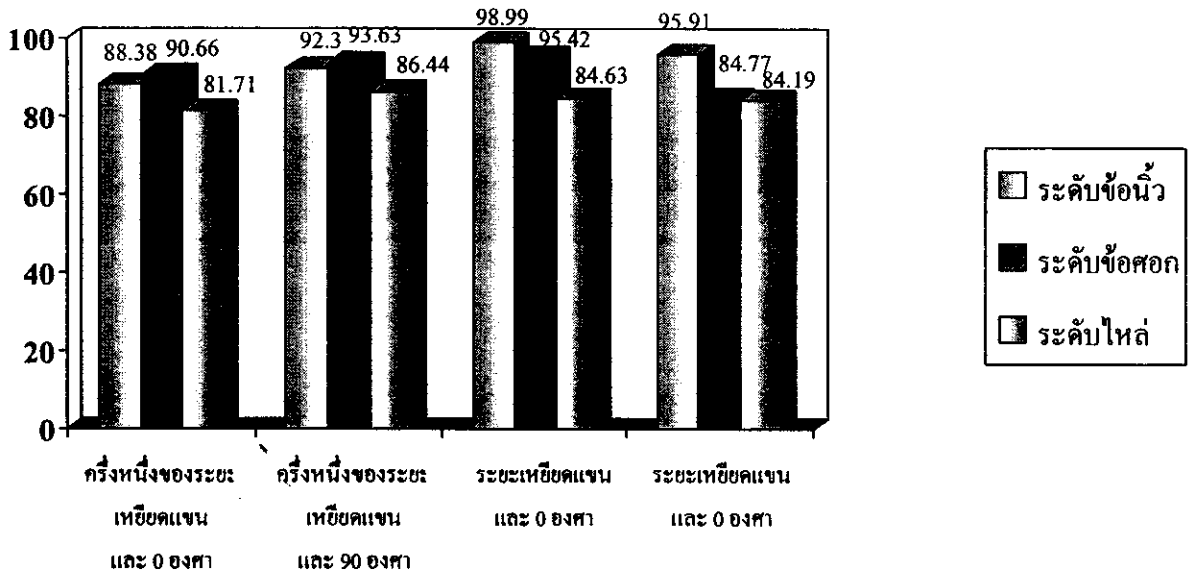


ภาพ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบชาย (หน่วยเป็นนิวตัน)

ตาราง 4.6 และภาพ 4.4 แสดงให้เห็นว่าค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 98.99 นิวตัน โดยเกิดจากการออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้ว และออกแรงในระยะเหยียดแขนทำมุม 0 องศา ส่วนค่าต่ำสุดของความสามารถในการออกแรงลากผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 81.71 นิวตัน โดยเกิดจากการออกแรงที่ความสูงระดับไหล่และออกแรงที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน ทำมุม 90 องศา ค่าความสามารถในการออกแรงลากสูงสุดและต่ำสุดของผู้ถูกทดสอบชายและหญิงนั้นเกิดจากการออกแรงในลักษณะท่าทางเดียวกัน ความสามารถในการออกแรงลากผู้ถูกทดสอบหญิงที่ความสูงระดับไหล่มีค่าน้อยกว่าความสามารถในการออกแรงลากที่ความสูงระดับข้อนิ้วและข้อศอก ความสามารถในการออกแรงลากผู้ถูกทดสอบหญิงในระยะเหยียดแขนมีค่าสูงกว่าความสามารถในการออกแรงลากที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน ยกเว้นการออกแรงลากที่ระดับข้อศอกและไหล่เมื่อทำมุม 90 องศา ซึ่งผลปรากฏว่าความสามารถในการออกแรงลากผู้ถูกทดสอบหญิงในระยะเหยียดแขนมีค่าต่ำกว่าความสามารถในการออกแรงลากที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน

ตาราง 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบหญิง (หน่วยเป็นนิวตัน)

ความสูง	ระยะทาง			
	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน		ระยะเหยียดแขน	
	มุม		มุม	
	0 องศา	90 องศา	0 องศา	90 องศา
ระดับข้อนิ้ว	88.38(42.15)	92.3(43.77)	98.99(41.81)	95.91(42.28)
ระดับข้อศอก	90.66(29.99)	93.63(39.15)	95.42(46.31)	84.77(36.59)
ระดับไหล่	81.71(32.28)	86.44(33.13)	84.63(24.8)	84.19(36.59)



ภาพ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกติของผู้ถูกทดสอบหญิง (หน่วยเป็นนิวตัน)

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงลาก

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงลากแสดงในตาราง 4.7 เป็นดังนี้ เพศ ระดับความสูง และ อันตรกิริยาระหว่างระยะเหยียดแขนกับมุม มีผลต่อความสามารถในการออกแรงลากอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตาราง 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกติ

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	14.1442	14.1442	168.02	0.000**
ระดับความสูง	2	2.8244	1.4122	16.78	0.000**
ระยะเหยียดแขน	1	0.0026	0.0026	0.03	0.861
มุม	1	0.2461	0.2461	2.92	0.088
ผู้ถูกทดสอบ	16	53.4082	3.338	39.65	0.000**
เพศ*ระดับความสูง	2	0.4815	0.2408	2.86	0.058
เพศ*ระยะเหยียดแขน	1	0.0674	0.0674	0.8	0.371
เพศ*มุม	1	0.2044	0.2044	2.43	0.12
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน	2	0.3481	0.174	2.07	0.127
ระดับความสูง*มุม	2	0.0454	0.0227	0.27	0.764
ระยะเหยียดแขน*มุม	1	0.5702	0.5702	6.77	0.009**

เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน	2	0.0263	0.0131	0.16	0.855
เพศ*ระดับความสูง*นม	2	0.0448	0.0224	0.27	0.766
เพศ*ระยะเหยียดแขน*นม	1	0.0161	0.0161	0.19	0.662
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*นม	2	0.0605	0.0302	0.36	0.698
เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*นม	2	0.0192	0.0096	0.11	0.892
ความคลาดเคลื่อน	776	65.3244	0.0842		
ผลรวม	815				

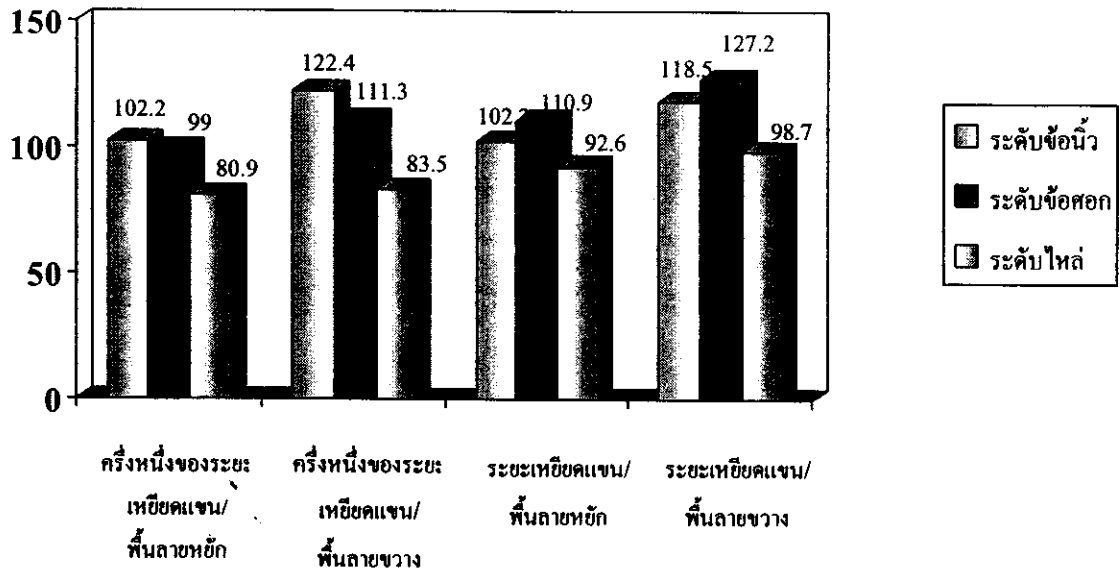
4.3 ความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น

4.3.1 ผลการวัดค่าความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นลื่น

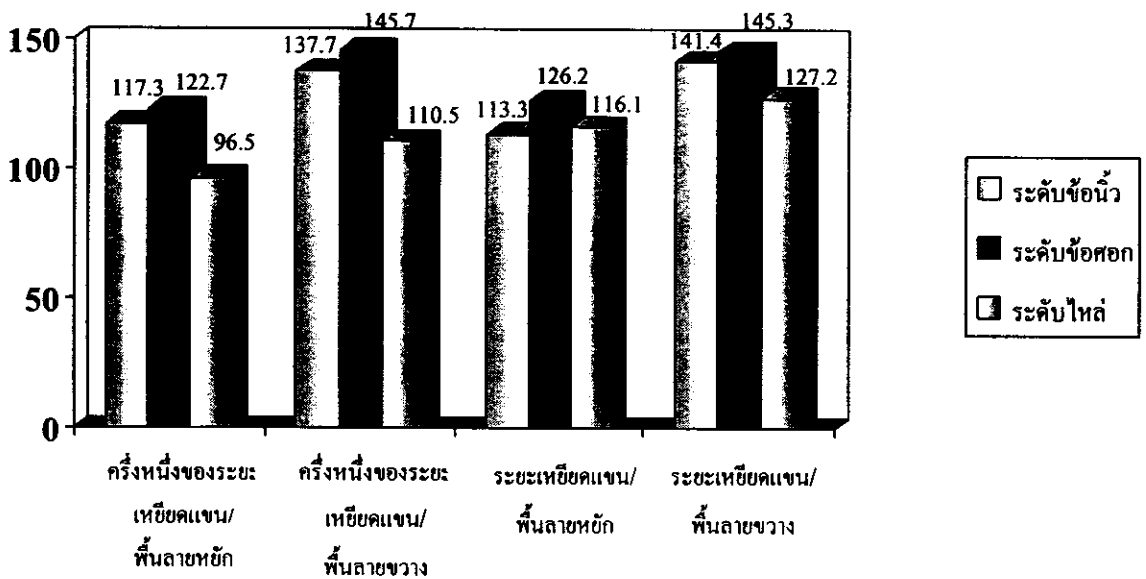
ผลการวัดค่าความสามารถในการออกแรงดันที่ระดับความสูงต่างๆบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบชายได้แสดงไว้ในตาราง 4.8 ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 145.7 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับศอก โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลายขวางและให้ปลายเท้าเอียงกัน ส่วนค่าต่ำสุดของความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 80.9 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับไหล่ โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลายหยักและให้ปลายเท้าเสมอกัน

ตาราง 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบชาย (หน่วยเป็นนิวตัน)

ความสูง	ระยะทาง	การวางเท้า			
		ปลายเท้าเสมอกัน		ปลายเท้าเอียงกัน	
		พื้นรองเท้า		พื้นรองเท้า	
		ลายหยัก	ลายขวาง	ลายหยัก	ลายขวาง
ระดับข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	102.2(42.06)	122.4(42.29)	117.3(40.57)	137.7(56.9)
	ระยะเหยียดแขน	102.2(33.44)	118.5(44.5)	113.3(41.13)	141.4(46.65)
ระดับข้อศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	99(31.7)	111.3(39.06)	122.7(44.64)	145.7(59.18)
	ระยะเหยียดแขน	110.9(46.4)	127.2(51.55)	126.2(42.66)	145.3(60.65)
ระดับไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	80.9(29.31)	83.5(31.2)	96.5(32.16)	110.5(39.56)
	ระยะเหยียดแขน	92.6(38.17)	98.7(39.58)	116.1(45.76)	127.2(52)



ภาพ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นดินของผู้ทดสอบชายเมื่อปลายเท้าเสมอกัน (หน่วยเป็นนิวตัน)



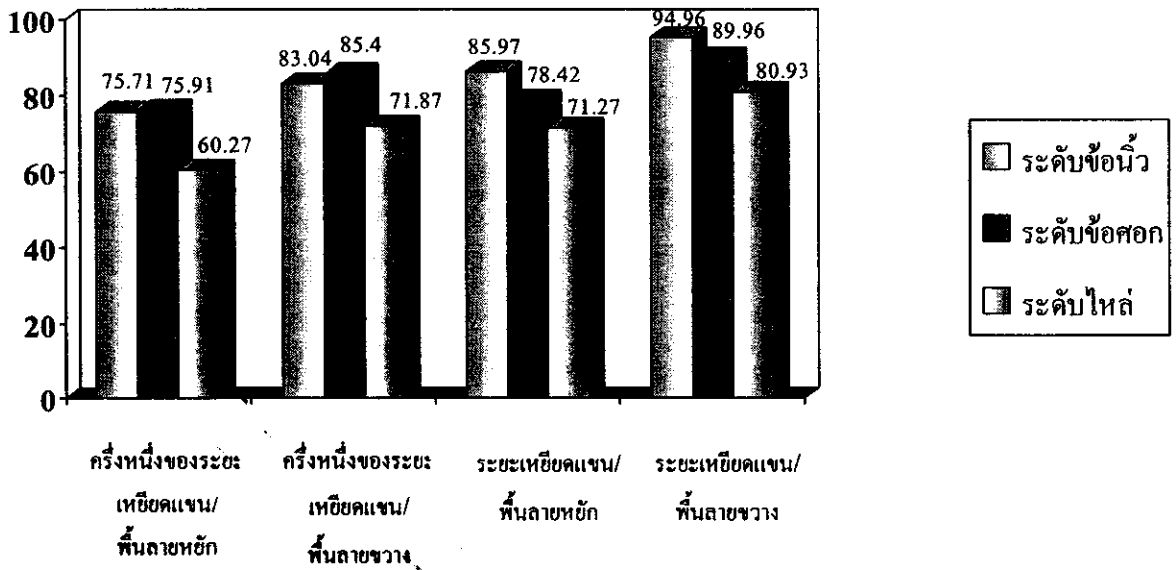
ภาพ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นดินของผู้ทดสอบชายเมื่อปลายเท้าเอียงกัน (หน่วยเป็นนิวตัน)

ตาราง 4.9 แสดงให้เห็นว่าค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นดินของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 108.66 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับศอก โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลายขวางและให้ปลายเท้าเอียงกัน ส่วนค่าต่ำสุดของความสามารถในการออกแรงดันของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 60.27 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับไหล่ โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลายหยักและให้ปลายเท้าเสมอกัน

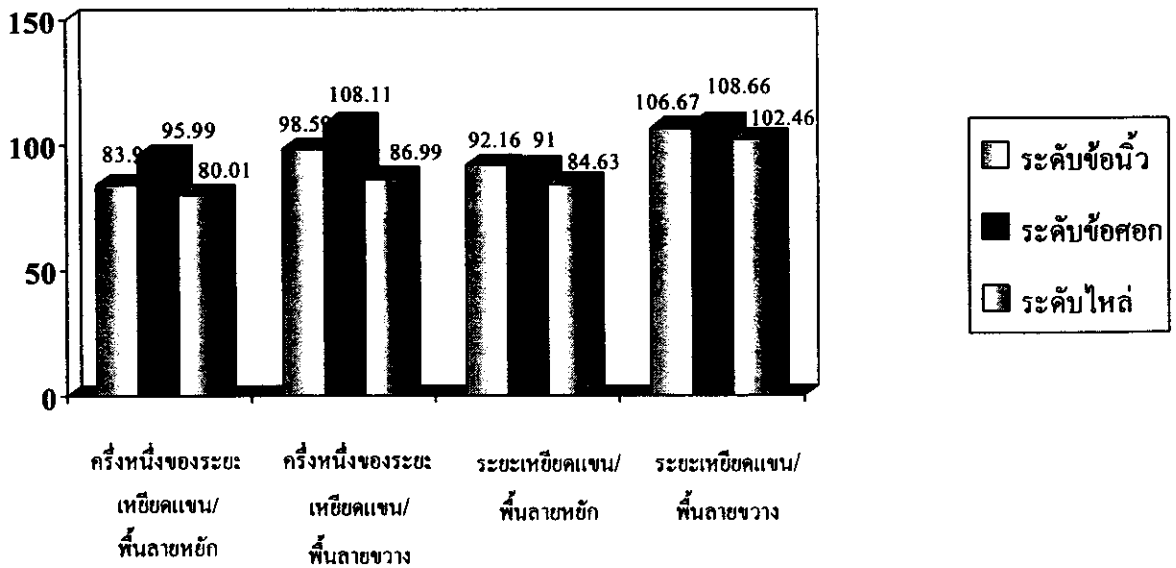
ตาราง 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นดินของผู้ถูกทดสอบหญิง (หน่วยเป็นนิวตัน)

ความสูง	ระยะทาง	การวางเท้า			
		ปลายเท้าเสมอกัน		ปลายเท้าเอียงกัน	
		พื้นรองเท้า		พื้นรองเท้า	
		ลายหยัก	ลายขวาง	ลายหยัก	ลายขวาง
ระดับข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	75.71(18.5)	83.04(19.68)	83.99(20.27)	98.59(31.06)
	ระยะเหยียดแขน	85.98(26.44)	94.96(25.51)	92.16(20.74)	106.67(29.66)
ระดับข้อศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	75.91(17.64)	85.4(21.44)	95.99(23.57)	108.11(31.67)
	ระยะเหยียดแขน	78.42(17.65)	89.96(22.19)	91(21.74)	108.66(33.38)
ระดับไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	60.27(17.92)	71.87(21.56)	80.01(21.48)	86.99(21.54)
	ระยะเหยียดแขน	71.27(19.87)	80.93(20.89)	84.63(20.03)	102.46(28.75)

จากตาราง 4.8 และ 4.9 พบว่า การออกแรงดันบนพื้นดินโดยใช้รองเท้าที่มีพื้นลายขวางทำให้ค่าความสามารถในการออกแรงดันมีค่ามากกว่าการใช้รองเท้าที่มีพื้นลายหยัก นอกจากนี้การวางปลายเท้าเอียงกันทำให้ค่าความสามารถในการออกแรงดันมีค่ามากกว่าการวางปลายเท้าเสมอกัน



ภาพ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบหญิงเมื่อปลายเท้าเสมอกัน (หน่วยเป็นนิวตัน)



ภาพ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบหญิงเมื่อปลายเท้าเอียงกัน (หน่วยเป็นนิวตัน)

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นดิน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นดินที่แสดงในตาราง 4.10 พบว่า เพศ ระดับความสูง ระยะเหยียดแขน ลักษณะการวางเท้า และ พื้นรองเท้า มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นดินอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตาราง 4.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นดิน

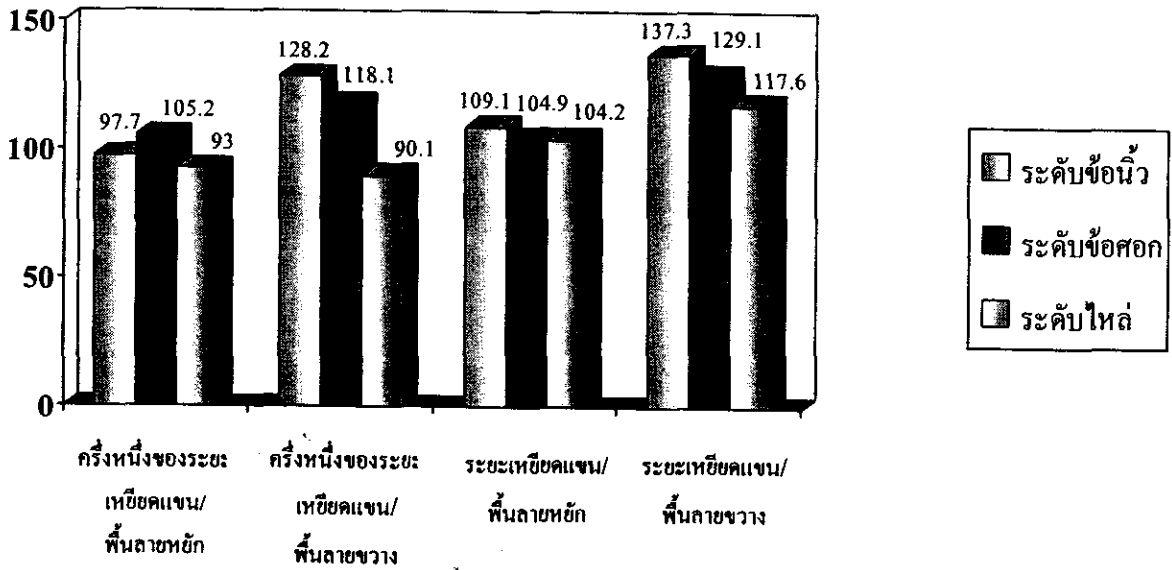
แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	21.3651	21.365	292.78	0.000**
ระดับความสูง	2	9.6751	4.8375	66.29	0.000**
ระยะเหยียดแขน	1	2.3415	2.3415	32.09	0.000**
ลักษณะการวางเท้า	1	13.5548	13.5548	185.75	0.000**
รองเท้า	1	6.6448	6.6448	91.06	0.000**
ผู้ถูกทดสอบ	16	67.7291	4.2331	58.01	0.000**
เพศ*ระดับความสูง	2	0.2413	0.1206	1.65	0.192
เพศ*ระยะเหยียดแขน	1	0.0187	0.0187	0.26	0.613
เพศ*ลักษณะการวางเท้า	1	0.0031	0.0031	0.04	0.838
เพศ*รองเท้า	1	0.0105	0.0105	0.14	0.704
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน	2	0.8033	0.4017	5.5	0.004
ระดับความสูง*ลักษณะการวางเท้า	2	0.7804	0.3902	5.35	0.005**
ระดับความสูง*รองเท้า	2	0.1066	0.0533	0.73	0.482
ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า	1	0.129	0.129	1.77	0.184
ระยะเหยียดแขน*รองเท้า	1	0.016	0.016	0.22	0.64
ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	1	0.023	0.023	0.32	0.574
เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน	2	0.4037	0.2018	2.77	0.063
เพศ*ระดับความสูง*ลักษณะการวางเท้า	2	0.0124	0.0062	0.08	0.919
เพศ*ระดับความสูง*รองเท้า	2	0.2556	0.1278	1.75	0.174
เพศ*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า	1	0.0127	0.0127	0.17	0.676
เพศ*ระยะเหยียดแขน*รองเท้า	1	0.0092	0.0092	0.13	0.722
เพศ*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	1	0.0035	0.0035	0.05	0.826
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า	2	0.0796	0.0398	0.55	0.58
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*รองเท้า	2	0.0042	0.0021	0.03	0.972
ระดับความสูง*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	2	0.0048	0.0024	0.03	0.968
ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	1	0.0153	0.0153	0.21	0.647
เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า	2	0.0136	0.0068	0.09	0.911
เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*รองเท้า	2	0.0093	0.0047	0.06	0.938
เพศ*ระดับความสูง*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	2	0.0559	0.028	0.38	0.682
เพศ*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	1	0.0128	0.0128	0.18	0.676
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	2	0.036	0.018	0.25	0.781
เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	2	0.1939	0.097	1.33	0.265
ความคลาดเคลื่อน	1568	114.4215	0.073		
ผลรวม	1631				

4.3.3 ผลการวัดค่าความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่น

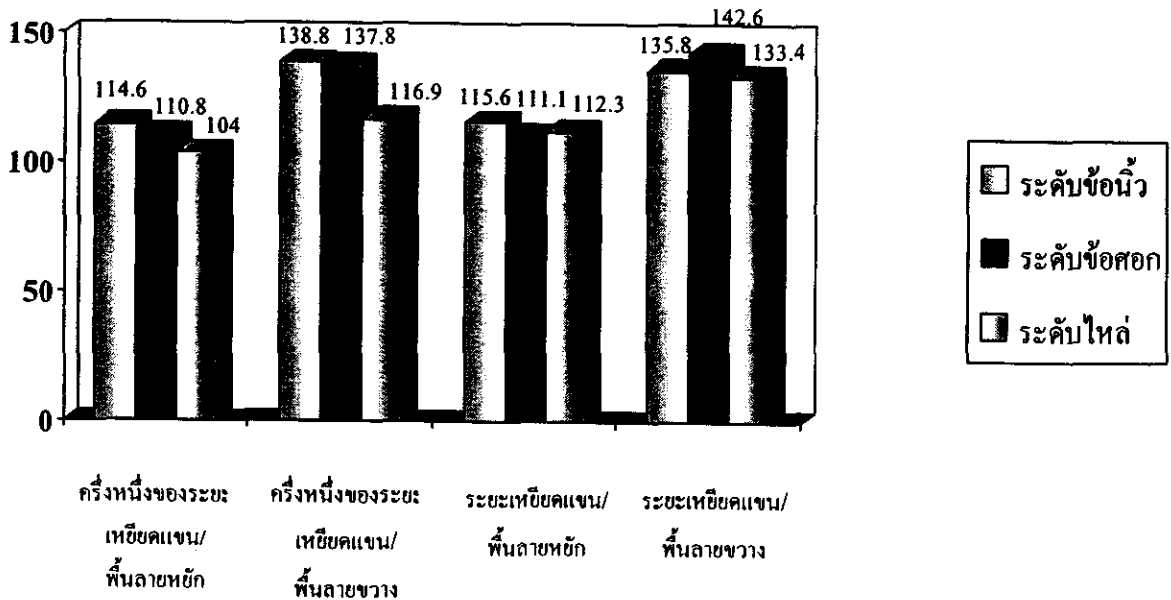
จากตาราง 4.11 ส่วนค่าต่ำสุดของความสามารถในการออกแรงลากของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 90.1 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับไหล่ โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลายขวางและให้ปลายเท้าเสมอกัน

ตาราง 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบชาย (หน่วยเป็นนิวตัน)

ความสูง	ระยะทาง	การวางเท้า			
		ปลายเท้าเสมอกัน		ปลายเท้าเอียงกัน	
		พื้นรองเท้า		พื้นรองเท้า	
		ลายหยัก	ลายขวาง	ลายหยัก	ลายขวาง
ระดับข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	97.7(45.02)	128.2(52.95)	114.6(48.94)	138.8(62.34)
	ระยะเหยียดแขน	109.1(39.85)	137.3(58.85)	115.6(41.7)	135.8(55.44)
ระดับข้อศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	105.2(31.01)	118.1(38.31)	110.8(36.84)	137.8(50.92)
	ระยะเหยียดแขน	104.9(36.71)	129.1(52.44)	111.1(42.2)	142.6(62.6)
ระดับไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	93(39.88)	90.1(31.71)	104(39.21)	116.9(41.44)
	ระยะเหยียดแขน	104.2(40.25)	117.6(41.2)	112.3(42.78)	133.4(50.60)



ภาพ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นดินของผู้ทดสอบชายเมื่อปลายเท้าเสมอกัน (หน่วยเป็นนิวตัน)



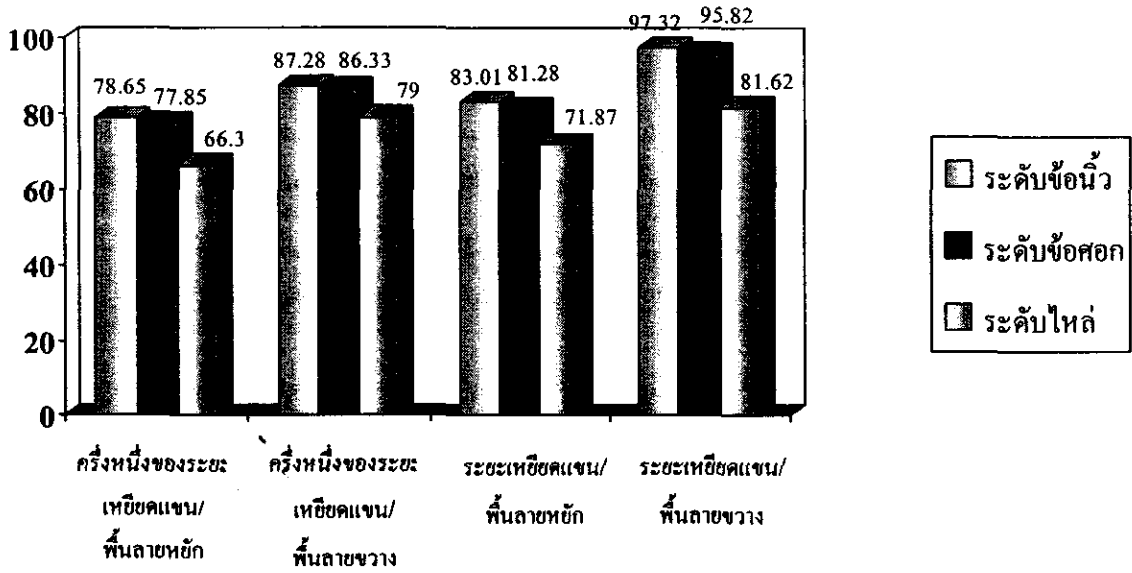
ภาพ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นดินของผู้ทดสอบชายเมื่อปลายเท้าเอียงกัน (หน่วยเป็นนิวตัน)

ผลของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบหญิงแสดงในตาราง 4.12 ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 99.86 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับข้อนิ้ว โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลื่นขวางและให้ปลายเท้าเอียงกัน ส่วนค่าต่ำสุดของความสามารถในการออกแรงลากของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 66.30 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับไหล่ โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลื่นหักและให้ปลายเท้าเสมอกัน

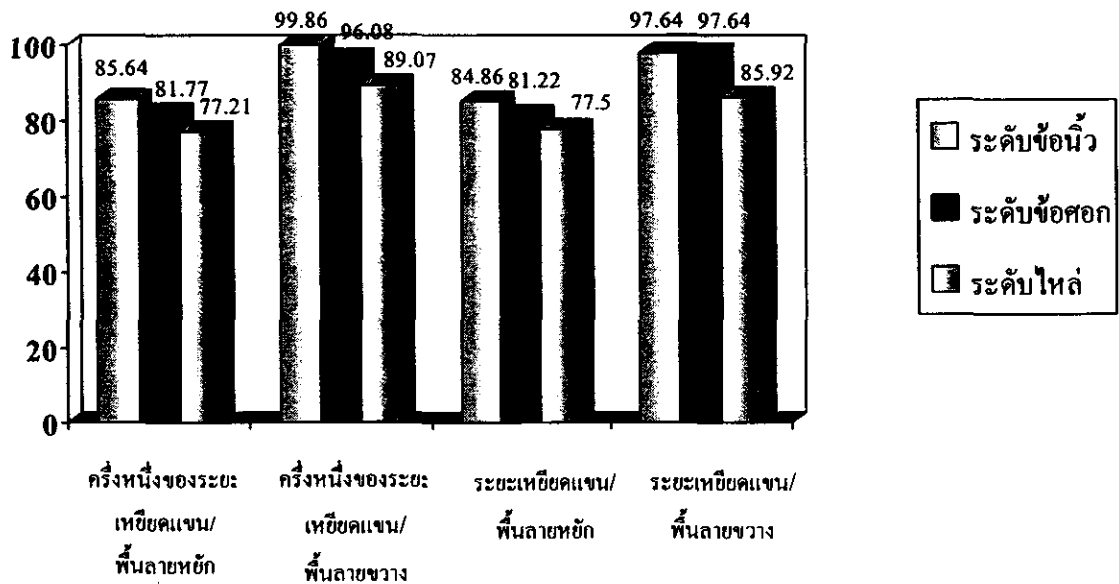
ตาราง 4. 12 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบหญิง (หน่วยเป็นนิวตัน)

ความสูง	ระยะทาง	การวางเท้า			
		ปลายเท้าเสมอกัน		ปลายเท้าเอียงกัน	
		พื้นรองเท้า		พื้นรองเท้า	
		ลายหัก	ลายขวาง	ลายหัก	ลายขวาง
ระดับข้อนิ้ว	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	78.65(19.44)	87.28(31.23)	85.64(24.6)	99.86(37.85)
	ระยะเหยียดแขน	83.01(21.77)	97.32(30.64)	84.86(23.5)	97.64(25.88)
ระดับข้อศอก	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	77.85(18.04)	86.33(22.96)	81.77(14.77)	96.08(25.59)
	ระยะเหยียดแขน	81.28(21.04)	95.82(26.7)	81.22(20.14)	97.64(27.54)
ระดับไหล่	ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน	66.3(25.07)	79(26.41)	77.21(18.54)	89.07(24.25)
	ระยะเหยียดแขน	71.87(19.83)	81.62(25.16)	77.5(23.85)	85.92(26.35)

จากตาราง 4.11 และ 4.12 พบว่า การออกแรงลากบนพื้นลื่น โดยใช้รองเท้าที่มีพื้นลื่นขวางทำให้ค่าความสามารถในการออกแรงดันมีค่ามากกว่าการใช้รองเท้าที่มีพื้นลื่นหัก โดยส่วนใหญ่แล้ว การวางปลายเท้าเอียงกันทำให้ค่าความสามารถในการออกแรงลากมีค่ามากกว่าการวางปลายเท้าเสมอกัน ยกเว้นการออกแรงลากของเพศหญิงในระยะเหยียดแขน ซึ่งค่าความสามารถในการออกแรงลากเมื่อวางวางปลายเท้าเสมอกันกับเมื่อวางปลายเท้าเอียงกันมีค่าใกล้เคียงกัน



ภาพ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบหญิงเมื่อปลายเท้าเสมอกัน (หน่วยเป็นนิวตัน)



ภาพ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลื่นของผู้ถูกทดสอบหญิงเมื่อปลายเท้าเอียงกัน (หน่วยเป็นนิวตัน)

4.3.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นดิน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นดินแสดงในตาราง 4.13 เป็นดังนี้ เพศ ระดับความสูง ระยะเหยียดแขน ลักษณะการวางเท้า และ พื้นรองเท้า มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นดินอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตาราง 4.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นดิน

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง (Adjusted sum of square)	ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสอง (Mean square)	ค่าเอฟ	ค่าพี
เพศ	1	31.7128	31.7128	391.74	0.000**
ระดับความสูง	2	4.8918	2.4459	30.21	0.000**
ระยะเหยียดแขน	1	1.0996	1.0996	13.58	0.000**
ลักษณะการวางเท้า	1	2.9665	2.9665	36.64	0.000**
รองเท้า	1	9.3458	9.3458	115.44	0.000**
ผู้ถูกทดสอบ	16	63.8039	3.9877	49.26	0.000**
เพศ*ระดับความสูง	2	0.0311	0.0155	0.19	0.825
เพศ*ระยะเหยียดแขน	1	0.1563	0.1563	1.93	0.165
เพศ*ลักษณะการวางเท้า	1	0.0657	0.0657	0.81	0.368
เพศ*รองเท้า	1	0.0758	0.0758	0.94	0.333
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน	2	0.3167	0.1584	1.96	0.142
ระดับความสูง*ลักษณะการวางเท้า	2	0.3843	0.1921	2.37	0.094
ระดับความสูง*รองเท้า	2	0.1607	0.0803	0.99	0.371
ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า	1	6796	0.6796	8.39	0.004**
ระยะเหยียดแขน*รองเท้า	1	0.0221	0.0221	0.27	0.601
ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	1	0.0195	0.0195	0.24	0.623
เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน	2	0.4068	0.2034	2.51	0.081
เพศ*ระดับความสูง*ลักษณะการวางเท้า	2	0.0075	0.0037	0.05	0.955
เพศ*ระดับความสูง*รองเท้า	2	0.2154	0.1077	1.33	0.265
เพศ*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า	1	0.0077	0.0077	0.1	0.758
เพศ*ระยะเหยียดแขน*รองเท้า	1	0.002	0.002	0.03	0.874
เพศ*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	1	0.0062	0.0062	0.08	0.783
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า	2	0.064	0.032	0.4	0.674
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*รองเท้า	2	0.0619	0.0309	0.38	0.683
ระดับความสูง*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	2	0.1247	0.0623	0.77	0.463
ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	1	0.032	0.032	0.4	0.53
เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า	2	0.0267	0.0134	0.17	0.848
เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*รองเท้า	2	0.2009	0.1005	1.24	0.289
เพศ*ระดับความสูง*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	2	0.2261	0.113	1.4	0.248
เพศ*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	1	0.0055	0.0055	0.07	0.795
ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	2	0.0025	0.0012	0.02	0.985
เพศ*ระดับความสูง*ระยะเหยียดแขน*ลักษณะการวางเท้า*รองเท้า	2	0.0539	0.0269	0.33	0.717
ความคลาดเคลื่อน	1568	126.9372	0.081		
ผลรวม	1631				

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ 1) เพื่อชี้บ่งปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการออกแรงดันและลาก 2) เพื่อออกแบบวิธีการทำงานดันและลากที่ปลอดภัย และ 3) เพื่อสร้างฐานข้อมูลค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากของคนไทย งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดลองภายในห้องปฏิบัติการการยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อเก็บข้อมูล ดังนี้คือ 1) คุณลักษณะทางกายภาพของผู้ถูกทดสอบ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องวัดสัดส่วนร่างกาย เครื่องวัดแรงบีบมือ และ เครื่องวัดแรงบีบนิ้วมือ 2) ความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติ โดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิตย์ และ 3) ความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น โดยใช้เครื่องมือวัดแรงสถิตย์และฐานรองรับผู้ถูกทดสอบที่ขโมลด้วยน้ำมัน

ผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 34 คน เป็นเพศชาย 17 คน และเพศหญิง 17 คน และทุกคนมีประสบการณ์การทำงานในภาคอุตสาหกรรม การเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกติกระทำในท่าทางที่เหมือนกันจำนวน 12 ท่า ท่าทางที่ใช้ในการออกแรงดันและลากในบริเวณปฏิบัติงานมาจากปัจจัยดังนี้ 1) ความสูงของจุดที่ออกแรง (ระดับข้อนิ้ว สอก และไหล่) 2) ระยะทาง (ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน และ ระยะเหยียดแขน) และ 3) มุมในแนวราบของแขน (0 และ 90 องศา) ส่วนการเก็บข้อมูลความสามารถในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่นนั้นกระทำโดยมีเงื่อนไขที่เหมือนกันจำนวน 24 เงื่อนไข ซึ่งเกิดขึ้นจากปัจจัยดังนี้คือ 1) ความสูงของจุดที่ออกแรง (ระดับข้อนิ้ว สอก และไหล่) 2) ระยะทาง (ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน และ ระยะเหยียดแขน) 3) การวางเท้า (ปลายเท้าเสมอกัน และ ปลายเท้าเอียงกัน) และ 4) ลักษณะของพื้นรองเท้า (พื้นลายขวาง และพื้นลายหยัก) หลังจากนั้นนำข้อมูลความสามารถในการออกแรงหลังจากนั้นนำข้อมูลความสามารถในการออกแรงมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลที่ได้จากการทดลองสรุปได้ดังนี้

1) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 67.24 กิโลกรัมและค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 56.86 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยของความสูงของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 170.04 เซนติเมตร ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของความสูงของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 154.02 เซนติเมตร

2) ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติของเพศชายเท่ากับ 123.4 นิวตัน โดยเกิดจากการออกแรงที่ความสูงระดับข้อศอก และออกแรงในระยะเหยียดแขนท่ามุม 90 องศา ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกติของเพศหญิงเท่ากับ 100.47 นิวตัน โดยเกิดจากการออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้ว และออกแรงในระยะเหยียดแขนท่ามุม 0 องศา

3) เพศ ระดับความสูง ระยะเหยียดแขน และ อันตรกิริยาระหว่างระดับความสูงกับมุม มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นปกคิอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

4) ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกคิของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 140.6 นิวตัน ส่วนค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกคิของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 98.99 นิวตัน โดยเกิดจากการออกแรงที่ความสูงระดับข้อนิ้ว และออกแรงในระยะเหยียดแขน ทำมุม 0 องศา

5) เพศ ระดับความสูง และ อันตรกิริยาระหว่างระยะเหยียดแขนกับมุม มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นปกคิอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

6) ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นลิ้นของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 145.7 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ครั้งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับศอก โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลายขวางและให้ปลายเท้าเอียงกัน ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นลิ้นของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 108.66 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับศอก โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลายขวางและให้ปลายเท้าเอียงกัน

7) เพศ ระดับความสูง ระยะเหยียดแขน ลักษณะการวางเท้า และ พื้นรองเท้า มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงดันบนพื้นลิ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

8) ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลิ้นของผู้ถูกทดสอบชายเท่ากับ 138.8 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ครั้งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับข้อนิ้ว โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลายขวางและให้ปลายเท้าเอียงกัน ค่าสูงสุดของความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลิ้นของผู้ถูกทดสอบหญิงเท่ากับ 99.86 นิวตัน ซึ่งเกิดจากการออกแรงที่ครั้งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับข้อนิ้ว โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลายขวางและให้ปลายเท้าเอียงกัน

9) เพศ ระดับความสูง ระยะเหยียดแขน ลักษณะการวางเท้า และ พื้นรองเท้า มีผลต่อค่าความสามารถในการออกแรงลากบนพื้นลิ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มจำนวนผู้ถูกทดสอบให้มากขึ้น นอกจากนี้ควรขยายขอบเขตของอาชีพของผู้ถูกทดสอบให้กว้างขึ้น เช่น พนักงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง เนื่องจากอาชีพดังกล่าวต้องออกแรงในขณะปฏิบัติงาน

2) งานวิจัยควรศึกษาความสามารถในการออกแรงแบบพลวัตแล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับความสามารถแบบสถิตย์ ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานยกเป็นลักษณะการทำงานแบบพลวัต

5.3 วิธีการนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติและป้องกันการบาดเจ็บ

1) ในการออกแรงดันและลากบนพื้นปกตินั้นควรออกแรงที่ระดับข้อนิ้วและข้อศอก เนื่องจากความสามารถในการออกแรงดันและลากที่ความสูงระดับข้อนิ้วและข้อศอกมีค่ามากกว่าความสามารถในการออกแรงดันที่ความสูงระดับไหล่ นอกจากนี้การออกแรงดันที่ความสูงระดับไหล่นี้จะทำให้ผู้ออกแรงโน้มตัวไปด้านหน้ามากขึ้น ในขณะที่การออกแรงลากที่ความสูงระดับไหล่นี้จะทำให้ผู้ออกแรงพยายามใช้น้ำหนักตัวช่วยโดยการเอนตัวไปด้านหลังมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้เสียการทรงตัวในขณะที่ออกแรง

2) การออกแรงดันควรกระทำในลักษณะเหยียดแขนเพื่อให้เกิดการส่งผ่านแรงที่เกิดจากกล้ามเนื้อขา หลังและลำตัวไปยังมือได้อย่างเต็มที่ ส่วนการออกแรงลากควรกระทำในลักษณะงอแขนเล็กน้อยเพื่อให้สามารถใช้แรงของกล้ามเนื้อแขนเข้าช่วย เช่น กล้ามเนื้อไบเซ็ป

3) ในการออกแรงดันบนพื้นลื่น จุดที่ทำการออกแรงควรอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับศอก โดยสวมรองเท้าที่มีพื้นลายขวางและให้ปลายเท้าเอียงกัน การออกแรงในระยะเหยียดแขนและที่ระดับสูงจะทำให้ทรงตัวยากและเสี่ยงที่จะลื่นล้ม

4) ในการออกแรงดันและลากบนพื้นลื่น ควรใช้รองเท้าที่มีพื้นลายขวาง เนื่องจากรองเท้าที่มีพื้นลายขวางจะเกาะพื้นมากกว่ารองเท้าที่มีพื้นลายหยัก ทำให้ผู้ออกแรงสามารถออกแรงดันและลากได้ดีกว่า และส่งผลให้ค่าความสามารถในการออกแรงดันและลากมีค่ามากกว่าการออกแรงดันและลากเมื่อใช้รองเท้าที่มีพื้นลายหยัก

5) การวางปลายเท้าเอียงกันในขณะออกแรงดันจะทำให้มีการทรงตัวที่ดีและค่าความสามารถในการออกแรงดันมีค่ามากกว่าการวางปลายเท้าเสมอกัน ส่วนการออกแรงลากบนพื้นลื่น ควรออกแรงที่ครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขนและความสูงในระดับไหล่ โดยให้ปลายเท้าเสมอกัน

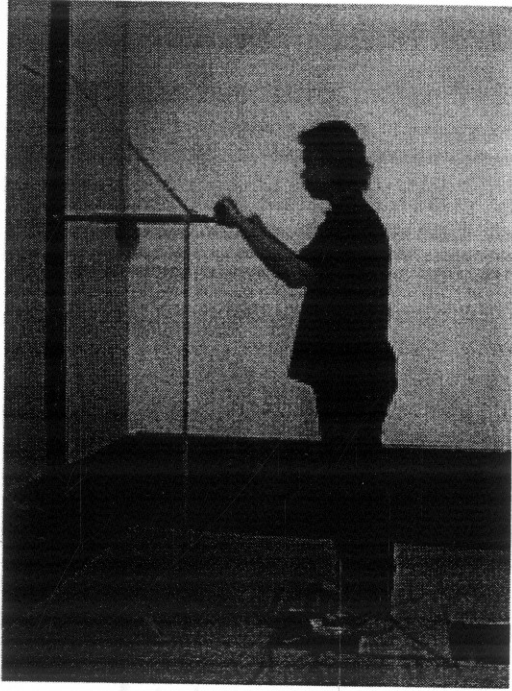
6) ในกรณีที่มีการทำงานออกแรงดันและลากในระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงนั้น ไม่ควรออกแรงเกิน 15% ของค่าความสามารถการออกแรงดันและลากสูงสุด เพื่อป้องกันการล้าของกล้ามเนื้อและการบาดเจ็บ

บรรณานุกรม

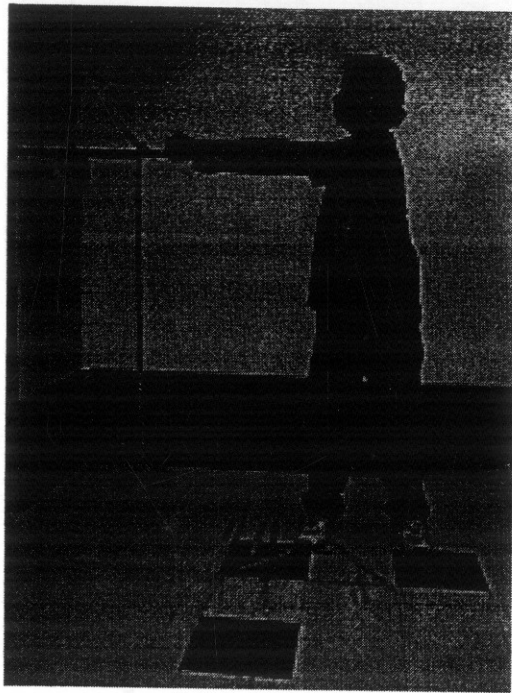
- ประกันสังคม สำนักงาน (2542). รายงานประจำปี 2542. กรุงเทพมหานคร, โรงพิมพ์โอเอสพรี้นติ้ง จำกัด
- ประกันสังคม สำนักงาน (2543). รายงานประจำปี 2543. กรุงเทพมหานคร, โรงพิมพ์โอเอสพรี้นติ้ง จำกัด
- ประกันสังคม สำนักงาน (2544). รายงานประจำปี 2544. กรุงเทพมหานคร, โรงพิมพ์โอเอสพรี้นติ้ง จำกัด
- Chaffin, D.B. and Anderson, G.B.J. (1991). *Occupational Biomechanics* (2nd ed.), New York, Wiley and Sons.
- Ciriello, V.M., Snook, S.H. and Hughes, G.J. (1993). Further studies of psychophysically determined maximum acceptable weights and forces, *Human Factors*, 35, 175-186.
- Hoozemans, M.J.M., VAN DER BEEK, A.J., Frings-Dresen, M.H.W., VAN Dijk, F.J.H., and VAN DER Woude, L.H.V. (1998). Pushing and pulling in relation to musculoskeletal disorders: a review of risk factors, *Ergonomics*, 21(6), 757-781.
- Konz, S. (1995). *Work Design: Industrial Ergonomics*, 4th Edition, Publishing Horizons, Arizona.
- Lavender, S.A., Li, YI, and Anderson, G.B.J. (1998). Trunk muscle use during pulling task: Effects of a lifting belt and footing conditions. *Human factors*, 40(1), 159-172.
- MacKinnon, S.N. (1998). Isometric pull forces in the sagittal plane, *Applied Ergonomics*, 29(5), 319-324.
- Manning, D.P. (1983). Deaths and incidents caused by slipping, tripping and falling, *Ergonomics*, 26, 3-9
- Mital, AI, Nicholson, A.S., and Ayoub, M.M. (1993). *A guide to Manual Materials Handling*, Taylor & Francis, London.
- Mital, A. and Kumar, S. (1998). Human muscle strength definitions, measurement, and usage: Part I- Guidelines for the practitioner, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22: 101-121.
- National Institute for Occupational Safety and Health (1981). *Work practices guide for manual lifting* (Tech. Report 81-222). Cincinnati, OH
- Sanook, S.H. (1978). The design of manual handling tasks, *Ergonomics*, 21, 963-985.

- Sanook, S.H. Irvine, C.H., and Bass, S.F. (1970). Maximum and weights and workloads acceptable to male industrial workers: A study of lifting, lowering, pushing, pulling, carrying, and walking tasks, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 31, 579-586.
- Waters, T.R., Putz-Anderson, V. and Garg, A.(1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks, *Ergonomics*, 36, 749-776.

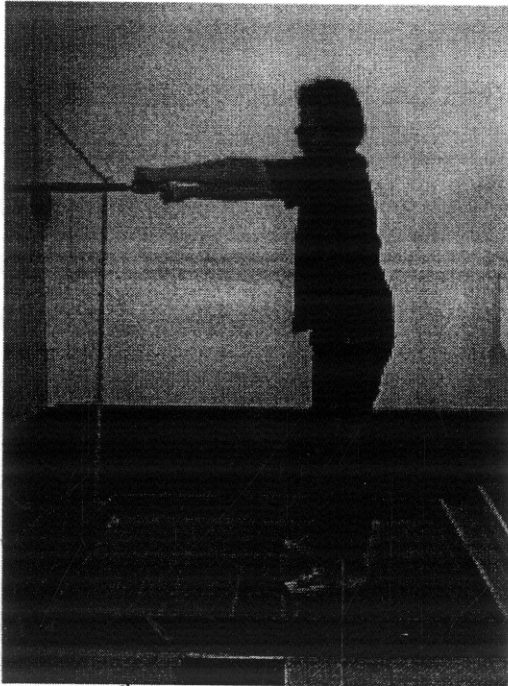
ภาคผนวก ก



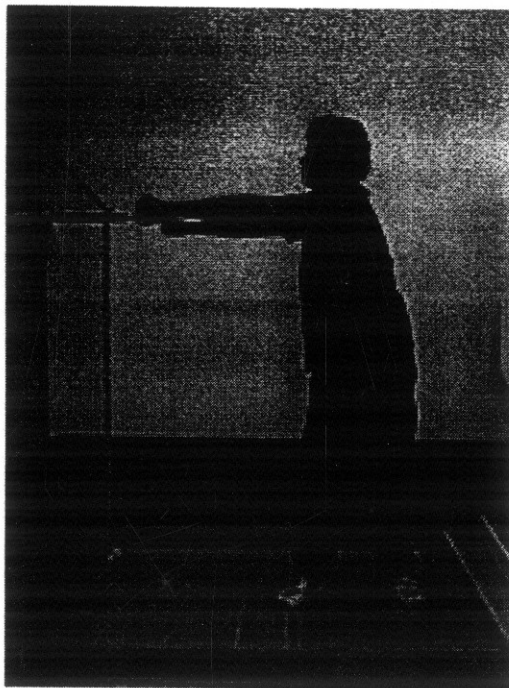
ภาพ ก1 การออกแรงดันและลากบนพื้นปกติที่ความสูงระดับไหล่ในครึ่งหนึ่งของระยะเหยียดแขน
เมื่อทำมุม 0 องศา



ภาพ ก2 การออกแรงดันและลากบนพื้นปกติที่ความสูงระดับไหล่ในระยะเหยียดแขนเมื่อทำมุม 90 องศา



ภาพ ก3 การออกแรงดันและลากบนพื้นลื่นที่ความสูงระดับไหล่ในระยะเหยียดแขนเมื่อทำมุม 0 องศา



ภาพ ก4 การออกแรงดันและลากบนพื้นลื่นที่ความสูงระดับไหล่ในระยะเหยียดแขนเมื่อทำมุม 90 องศา

ประวัติผู้วิจัย

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