

ผลกระทบของลักษณะด้ามจับไขควงต่อการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ



นางสาวสุภาพร เอ็นดู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2561

**EFFECT OF SCREWDRIVER HANDLE
CHARACTERISTICS ON WRIST TORQUE
EXERTION OF ELDERLY**



Supaporn Endoo

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Degree of Master of Engineering in Industrial and

Environmental Systems Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2018

ผลกระทบบของลักษณะด้ามจับไขควงต่อการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(อ. ดร.นรา สมัตตภาพงศ์)

ประธานกรรมการ



(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(รศ. ดร.นิวิท เจริญใจ)

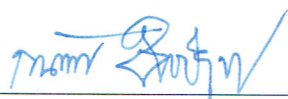
กรรมการ



(ผศ. ดร.จงกล ศรีชร)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ชกร ช่านิประศาสน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล



(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สุภาพร เอ็นดู : ผลกระทบของลักษณะด้ามจับไขควงต่อการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ
(EFFECT OF SCREWDRIVER HANDLE CHARACTERISTICS ON WRIST TORQUE
EXERTION OF ELDERLY) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล,
149 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดค่าความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุที่ใช้ในการหมุนไขควง เพื่อศึกษาผลกระทบของลักษณะรูปทรงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของด้ามไขควงที่มีต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ และเพื่อศึกษาความรู้สึกไม่สบายที่เกิดขึ้นบนบริเวณต่างๆ ของมือ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การวิจัยเชิงสำรวจ ประกอบด้วยการสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม การสำรวจโดยวัดสัดส่วนร่างกาย และสัดส่วนมือของผู้ถูกทดสอบและการวิจัยโดยการทดลอง ประกอบด้วยการทดลองการวัดความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 15, 25, 35 และ 40 มิลลิเมตร ในด้ามไขควงทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม การทดลองการวัดความสามารถการออกแรงบิดมือ และการสำรวจความรู้สึกไม่สบายที่เกิดบนบริเวณต่างๆ ของมือ การวิจัยนี้ศึกษากลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ในพื้นที่อำเภอโนนสูง และอำเภอบักรงชัย จังหวัดนครราชสีมา จำนวนกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 136 คน

ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่าผู้สูงอายุพึงพอใจด้ามไขควงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร รองลงมา คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 และ 40 มิลลิเมตร และพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่พึงพอใจด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมมากกว่าทรงกลม ผลการทดลองการวัดความสามารถการออกแรงบิดมือในผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิงมีค่าแรงบิดเฉลี่ยมากที่สุดทั้งในมือขวาและมือซ้าย เมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และมีค่าแรงบิดเฉลี่ยรวมน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และมีแนวโน้มที่เพศชายสามารถออกแรงบิดได้มากกว่าเพศหญิง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าแรงบิดมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อผู้สูงอายุมีอายุมากขึ้น ผลการสำรวจความรู้สึกไม่สบายที่เกิดบนบริเวณต่างๆ ของมือของผู้สูงอายุพบว่าเกิดความไม่สบายบริเวณนิ้วหัวแม่มือส่วนกลางมากที่สุดด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมก่อให้เกิดความไม่สบายที่บริเวณต่างๆ ของมือมากกว่าด้ามไขควงทรงกลม

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อนักศึกษา สุภาพร เอ็นดู
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา พรศิริ จงกล

SUPAPORN ENDOO : EFFECT OF SCREWDRIVER HANDLE

CHARACTERISTICS ON WRIST TORQUE EXERTION OF ELDERLY.

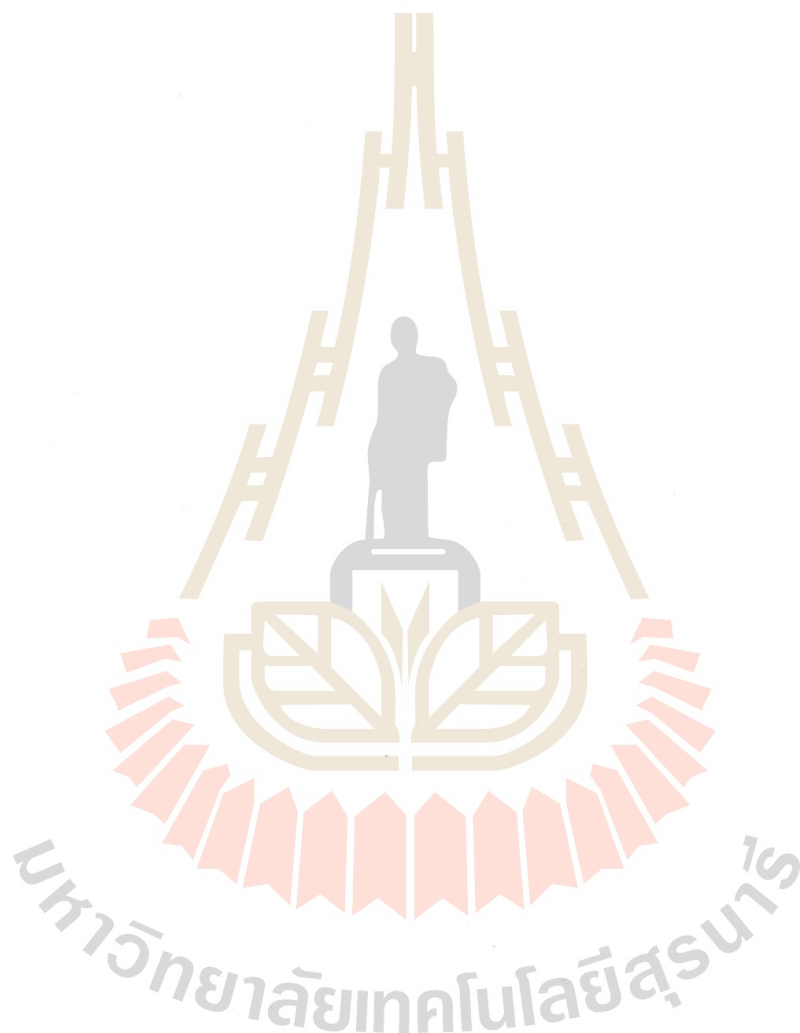
THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PORNSIRI JONGKOL, Ph.D., 149 PP.

SCREWDRIVER HANDLE/TORQUE EXERTION/ELDERLY

This research purposes to measure the wrist torque exertion of elderly applied on the screwdriver, to study the effect of the shape and diameter of screwdriver handle on the wrist torque exertion of elderly, and to study the discomfort arisen at hand points. The data collection was divided into 2 parts: 1) survey research employing the survey questionnaire and the measurement of body and shape of the sample's hand; 2) experimental research conducted to measure elderly's satisfaction toward the spherical and hexagonal screwdriver handle with diameters of 15, 25, 35, and 40 mm, to measure wrist torque exertion, and to survey of discomfort arisen at any hand points. This research employed the 60 years of age and above persons as the samples, residing in Non Sung and Pak Thong Chai District, Nakhon Ratchasima Province, totally 136 persons.

The results indicated that the most satisfactory screwdriver handle was 35 mm in diameter, followed by 25 and 40 mm, respectively. It was found that the majority of elderlies satisfied the hexagonal handle more than a spherical shape. The experimental results of measurement of wrist torque exertion of male and female elderlies illustrated that the maximal average torque, for both left and right hand, was yielded while using 40 mm hexagonal handle, and the torque was applied anticlockwise. The minimal average torque was yielded while using spherical handle with the diameter of 15 mm and the torque was applied clockwise. There was a tendency that male could apply the

greater torque than female. In addition, it was found that the torque tends to reduce when the age is higher. For the survey of discomforts at the hand points of elderlies, it was found that the most discomfort arose at the central point of the thumb and the hexagonal handle caused more discomfort at the hand points than the spherical handle.



School of Industrial Engineering

Academic year 2018

Student's Signature ศุภมาส ธีระกุล

Advisor's Signature สมชาย ธีระกุล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลกระทบของลักษณะด้ามจับไขควงต่อการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ” สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยนี้เป็นอย่างดีจากรองศาสตราจารย์ ดร. พรศิริ จงกล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในความกรุณาที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำให้คำปรึกษาและติดตามความคืบหน้าของนักศึกษาอย่างสม่ำเสมอ ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่และห่วงใย ทำให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นิวิธ เจริญใจ อาจารย์ ดร. นรา สมัตถภาพงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จงกล ศรีธร ที่ได้แนะนำแนวทางในการดำเนินการวิจัยในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณจ่านง ผายสระน้อย วิศวกรประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในความกรุณาที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยนี้ทำให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้สูงอายุ อำเภอโนนสูง และอำเภอบึงขชัย จังหวัดนครราชสีมาทุกท่านที่ให้ความกรุณาเสียสละเวลามาเพื่อเข้าร่วมการทดลอง และให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่มอบโอกาสทางการศึกษา

สุดท้ายขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุนทางการศึกษา และให้กำลังใจเสมอมา ทำให้การดำเนินงานผ่านไปได้ด้วยดี

สุภาพร เอ็นดู

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2 ปรัชญาบรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 โครงสร้างมือ.....	3
2.1.1 กระดูกมือ.....	3
2.1.2 บริเวณต่างๆ ของมือ.....	3
2.2 ข้อต่อและการเคลื่อนไหว.....	4
2.3 การเคลื่อนไหว.....	5
2.4 การเคลื่อนไหวเต็มพิสัยของนิ้วมือและข้อมือ.....	5
2.5 การวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อของมนุษย์แบบไอโซเมตริก.....	6
2.6 ข้อมูลสัดส่วนร่างกาย.....	7
2.6.1 วิธีโดยตรง.....	7
2.6.2 วิธีภาพถ่าย.....	7
2.7 ข้อมูลสัดส่วนร่างกาย.....	8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	12
3.1	การสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม.....	12
3.2	การสำรวจโดยวัดสัดส่วนร่างกายและสัดส่วนมือของผู้ถูกทดสอบ.....	12
3.3	การทดลองวัดความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และรูปทรงของค้ำจับไขว้.....	15
3.3.1	การออกแบบการทดลอง.....	15
3.3.2	การทดลอง.....	15
3.3.3	เครื่องมือในการทดลอง.....	16
3.4	การทดลองวัดความสามารถในการออกแรงบิดมือ.....	17
3.4.1	การออกแบบการทดลอง.....	17
3.4.2	การทดลอง.....	17
3.4.3	เครื่องมือในการทดลอง.....	19
3.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุ.....	22
3.5.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุโดยรวม.....	22
3.5.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ.....	27
3.5.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศชาย และเพศหญิงตามช่วงอายุ.....	39
3.6	การสำรวจความรู้สึกล้มสบายที่เกิดในบริเวณต่าง ๆ ของมือ.....	46
3.6.1	การออกแบบการทดลอง.....	46
3.6.2	การทดลอง.....	46
3.6.3	เครื่องมือในการทดลอง.....	47
3.7	การศึกษานำร่อง (Pilot Study).....	48
4	ผลการดำเนินการวิจัย.....	49
4.1	ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ถูกทดสอบ.....	49
4.2	การวัดสัดส่วนร่างกายของผู้สูงอายุ.....	53

สารบัญ (ต่อ)

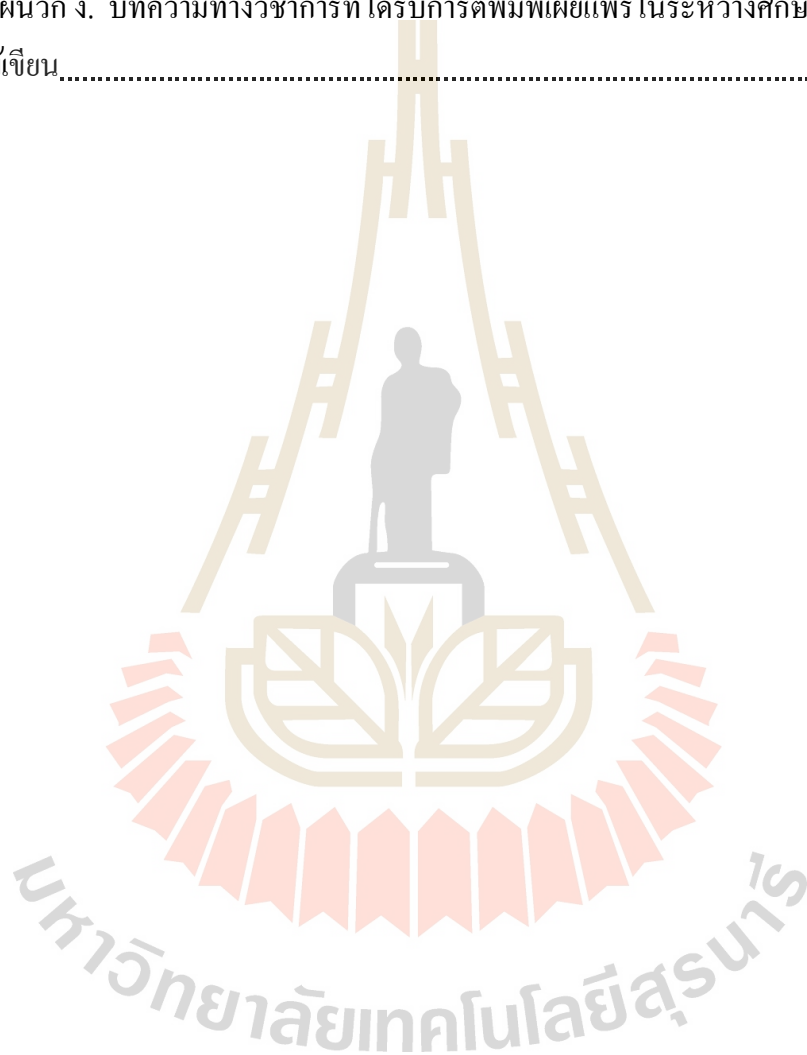
หน้า

4.3	ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามจับไขควง.....	55
4.4	ผลการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ.....	56
4.4.1	ผลการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุโดยรวม.....	56
4.4.2	ผลการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุช่วงอายุ 60-69 ปี.....	61
4.4.3	ผลการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ ช่วงอายุ 70-79 ปี.....	66
4.4.4	ผลการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ ช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป.....	71
4.4.5	ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ.....	76
4.5	ผลการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ.....	81
4.5.1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุโดยรวม.....	81
4.5.2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ.....	91
4.5.3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศชายตามช่วงอายุ.....	104
4.5.4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิงตามช่วงอายุ.....	114
4.6	ผลการสำรวจความรู้สึกไม่สบายที่เกิดบนบริเวณต่าง ๆ ของมือ.....	121
5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	125
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	125
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	127
	รายการอ้างอิง.....	128
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. แบบสอบถามเพื่อการวิจัย.....	130
	ภาคผนวก ข. ตารางบันทึกผล.....	134

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค. การศึกษานำร่อง.....	138
ภาคผนวก ง. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา.....	143
ประวัติผู้เขียน.....	149



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	การวัดสัดส่วนร่างกาย 14
3.2	ตารางบันทึกข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามจับไขควงพึงพอใจ 15
3.3	ตารางบันทึกค่าแรงบิดมือ 18
3.4	รายละเอียดเกี่ยวกับด้ามจับไขควง 21
3.5	อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.1 22
3.6	สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุโดยรวม 24
3.7	อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.2 28
3.8	สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ 31
3.9	อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.3 39
3.10	สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศชายและ เพศหญิงตามช่วงอายุ 41
3.11	ตารางบันทึกข้อมูลความรู้สึกไม่สบายบริเวณต่าง ๆ ของมือผู้สูงอายุ 46
3.12	รายการสำรวจบริเวณต่าง ๆ ของมือ 47
4.1	โรคประจำตัว 52
4.2	อาการปวดตามร่างกาย 52
4.3	การออกกำลังกาย 53
4.4	สัดส่วนร่างกายของผู้สูงอายุ 53
4.5	ความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามไขควง 56
4.6	ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชายโดยรวม 58
4.7	ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิงโดยรวม 59
4.8	ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชาย ช่วงอายุ 60-69 ปี 62
4.9	ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุ 60-69 ปี 64
4.10	ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุชาย ช่วงอายุ 70-79 ปี 67
4.11	ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุ 70-79 ปี 69
4.12	ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชาย ช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป 72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 ผลการออกแรงบีดมือของผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป.....	74
4.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุโดยรวม	83
4.15 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับเพศ.....	85
4.16 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับรูปทรงด้ามไขควง.....	86
4.17 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ด้ามไขควง.....	86
4.18 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับมือขวาและซ้าย	86
4.19 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับทิศทางการออกแรงบีด	86
4.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ.....	93
4.21 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับช่วงอายุ.....	96
4.22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกับค่าแรงบีดมือ	96
4.23 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับรูปทรงด้ามไขควง.....	96
4.24 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ด้ามไขควง.....	96
4.25 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับมือขวาและซ้าย	97
4.26 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับทิศทางการออกแรงบีด	97
4.27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุเพศชายตามช่วงอายุ	106
4.28 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับช่วงอายุของเพศชาย	108
4.29 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับรูปทรงด้ามไขควง.....	109
4.30 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ด้ามไขควง.....	109
4.31 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับมือขวาและซ้าย	109
4.32 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับทิศทางการออกแรงบีด	109
4.33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุเพศหญิงตามช่วงอายุ.....	116
4.34 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับช่วงอายุของเพศหญิง	119
4.35 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับรูปทรงด้ามไขควง.....	119

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.36 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ด้ามไขควง.....	119
4.37 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับมือขวาและซ้าย	119
4.38 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบีดมือกับทิศทางการออกแรงบีด	120
4.39 ผลการสำรวจบริเวณที่เกิดความไม่สบายบนบริเวณต่าง ๆ ของมือ	122
4.40 ผลการสำรวจขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ส่งผลต่อความไม่สบายที่เกิดขึ้น บนบริเวณต่าง ๆ ของมือ	124
ข.1 ตารางบันทึกผลการวัดสัดส่วนร่างกาย.....	134
ข.2 ตารางบันทึกผลความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรง ของด้ามจับไขควง	135
ข.3 ตารางบันทึกผลแบบสอบถามความรู้สึกไม่สบายบนมือและนิ้วมือของผู้สูงอายุ	136
ข.4 ตารางบันทึกผลค่าแรงบีดมือ.....	137
ค.1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ถูกทดสอบ (การศึกษานำร่อง).....	141
ค.2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูล (การศึกษานำร่อง).....	141
ค.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (การศึกษานำร่อง).....	142

สารบัญรูป

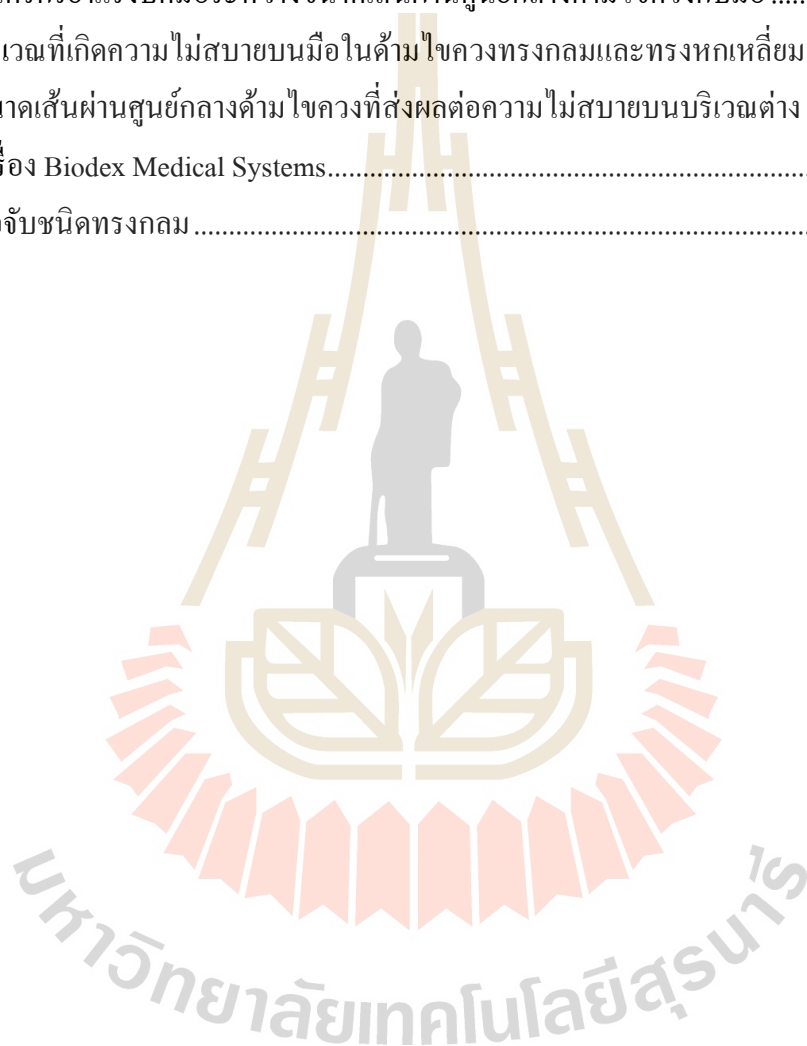
รูปที่	หน้า
2.1	บริเวณต่าง ๆ ของมือ 4
2.2	การเคลื่อนไหวเต็มพิสัยของนิ้วมือ 6
2.3	การเคลื่อนไหวเต็มพิสัยของข้อมือ 6
3.1	เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometer) 13
3.2	เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล 13
3.3	ลักษณะการวัดสัดส่วนมือ 13
3.4	ค้ำมือไขควงทรงกลม 16
3.5	ค้ำมือไขควงทรงหกเหลี่ยม 16
3.6	ผู้ถูกทดสอบออกแรงบีดมือ 18
3.7	เครื่องวัดแรงบีด (GUNT, WP 500) 20
3.8	โต๊ะปรับระดับความสูง 20
3.9	เครื่องชั่ง รุ่น BSA (BSA Series Balances) 21
3.10	บริเวณต่าง ๆ ของมือ 48
4.1	ช่วงอายุของผู้สูงอายุ 49
4.2	ความถนัดมือของผู้สูงอายุ 50
4.3	ระดับการศึกษา 50
4.4	การประกอบอาชีพ 51
4.5	ความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของค้ำมือไขควง 55
4.6	การออกแรงบีดมือด้วยค้ำมือไขควงทรงกลมของผู้สูงอายุเพศชายตามช่วงอายุ 76
4.7	การออกแรงบีดมือด้วยค้ำมือไขควงทรงกลมของผู้สูงอายุหญิงตามช่วงอายุ 77
4.8	การออกแรงบีดมือด้วยค้ำมือไขควงทรงหกเหลี่ยมของผู้สูงอายุเพศชายตามช่วงอายุ 78
4.9	การออกแรงบีดมือด้วยค้ำมือไขควงทรงหกเหลี่ยมของผู้สูงอายุหญิงตามช่วงอายุ 79
4.10	การออกแรงบีดมือด้วยค้ำมือไขควงทรงกลมและทรงหกเหลี่ยมของผู้สูงอายุเพศชาย 80
4.11	การออกแรงบีดมือด้วยค้ำมือไขควงทรงกลมและทรงหกเหลี่ยมของผู้สูงอายุหญิง 81
4.12	การกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตัก้าง 82

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 การกระจายตัวค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าจากการทดลอง	82
4.14 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างเพศและรูปทรงด้ามไขควง.....	87
4.15 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างเพศและเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง.....	88
4.16 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างรูปทรงด้ามไขควงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	89
4.17 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงและมือ	90
4.18 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างมือและทิศทางการออกแรง	91
4.19 การกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง	92
4.20 การกระจายตัวค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าจากการทดลอง	92
4.21 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุและเพศ.....	97
4.22 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุกับรูปทรงด้ามไขควง	98
4.23 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง.....	99
4.24 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างเพศกับรูปทรงด้ามไขควง.....	100
4.25 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างเพศกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	101
4.26 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง....	102
4.27 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือ	103
4.28 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างมือกับทิศทางการออกแรง	104
4.29 การกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง	105
4.30 การกระจายตัวค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าจากการทดลอง	105
4.31 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุกับรูปทรงด้ามไขควง	110
4.32 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	111
4.33 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง....	112
4.34 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือ	113
4.35 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างมือกับทิศทางการออกแรง	114
4.36 การกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง....	115
4.37 การกระจายตัวค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าจากการทดลอง	115

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.38	120
4.39	121
4.40	123
4.41	124
ค.1	139
ค.2	140



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

การพิจารณาผลกระทบจากการใช้งานมีความสำคัญต่อการออกแบบอุปกรณ์ เนื่องจากการใช้งานอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลกระทบต่อร่างกายผู้ใช้งาน โดยอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องใช้มือในการควบคุมการทำงานหรือใช้งานมีความเสี่ยงก่อให้เกิดความเมื่อยล้าหรือเกิดความไม่สบายบริเวณมือและนิ้วมืออาจก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บบริเวณมือในขณะที่ใช้งานได้ ซึ่งสังคมไทยในปัจจุบันผู้สูงอายุมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกปี กลายเป็นความท้าทายทั้งทางเศรษฐกิจและสังคม ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างตลาดแรงงาน ตลอดจนคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุที่ต้องดูแลตัวเองในวัยชรา ผู้สูงอายุจึงเป็นเป้าหมายสำคัญที่อุตสาหกรรมควรคำนึงถึงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีสอดคล้องกับความต้องการที่เหมาะสมในแต่ละช่วงวัยของผู้สูงอายุ โดยกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการสร้างและตกแต่งบ้านกลุ่มของอุปกรณ์ผลิตภัณฑ์หรือเครื่องมือที่มีผลต่อความปลอดภัยในการใช้ชีวิตของผู้สูงอายุ การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับกายภาพและชีวิตความเป็นอยู่ของผู้สูงวัย เช่น ก๊อกน้ำ ผู้สูงอายุส่วนใหญ่เลือกแบบบิดไปด้านข้างมากกว่าแบบหมุนหรือกด ลูกบิดประตูเลือกแบบก้านโยกจับถนัดมือ สวิตช์หรือปลั๊กไฟขนาดใหญ่มีสีมองเห็นชัดเจนหรือแม่แตงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหรือรูปทรง เป็นต้น (ไตรรัตน์ จารุทัศน์, 2555) การออกแบบอุปกรณ์สำหรับผู้สูงอายุจำเป็นต้องพิจารณาความสามารถของผู้สูงอายุที่เสื่อมถอยลงไป ได้แก่ การเคลื่อนไหวที่ช้าลง สายตาที่พร่ามัวมองไม่ชัด และสภาพจิตใจที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาลักษณะของอุปกรณ์ ทรัพยากร ขนาด และปริมาณ ตลอดจนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งานให้มีเหมาะสมต่อการในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้สูงอายุได้อย่างปลอดภัยไม่ก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บต่อหรือส่งผลกระทบต่อตัวผู้สูงอายุเอง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อวัดค่าความสามารถในการออกแรงบีดมือของผู้สูงอายุที่ใช้ในการหมุนไขควง
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบของลักษณะรูปทรงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของด้ามไขควงที่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือของผู้สูงอายุ
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความรู้สึกไม่สบายที่เกิดขึ้นในบริเวณต่าง ๆ ของมือ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย คือ ประชากรผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิงในพื้นที่อำเภอโนนสูง และอำเภอบักรงชัย จังหวัดนครราชสีมา อายุ 60 ปีขึ้นไป โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงอายุ ได้แก่ 60-69 ปี 70-79 ปี และ 80 ปีขึ้นไป เป็นบุคคลที่ไม่มีปัญหาด้านสุขภาพ คือ บุคคลที่ไม่เป็นโรคเกี่ยวกับกระดูก และกล้ามเนื้อ ไม่มีอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อบริเวณมือ ข้อมือ แขน และขาทั้งสองข้าง หรือไม่มีปัญหาสุขภาพที่ส่งผลต่อการออกแรงบิดมือและการเดินของผู้สูงอายุ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของลักษณะรูปทรงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง ที่ส่งผลต่อการออกแรงบิดมือทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดแรงบิดมือ โดยการออกแรงบิดด้ามไขควง ซึ่งทำการทดสอบวัดแรงบิดทั้งมือขวาและมือซ้ายในทำขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 องค์กรหรือหน่วยงานที่สนใจสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปปรับใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้แรงบิดมือได้อย่างเหมาะสม และเกิดความสะดวกสบายบริเวณมือขณะที่ใช้งาน

1.4.2 บุคคลทั่วไปสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการออกแรงบิดมือทั้งรูปทรงของด้ามและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของด้าม ซึ่งไม่ก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าจากการใช้งานด้วยมือ



บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงสร้างมือ

โครงสร้างมือประกอบด้วย กระดูกนิ้ว 12 ชิ้น ในหัวแม่มือมี 2 ชิ้น กระดูกที่ฝ่ามือ 5 ชิ้น กระดูกที่ข้อมือ 8 ชิ้น และกระดูกชิ้นเล็ก ๆ ที่เรียกว่า “กระดูกเม็ดงา” ติดอยู่กับส่วนปลายของของกระดูกนิ้วในหัวแม่มือ รวมทั้งสิ้นที่มือและข้อมือมีกระดูกอยู่ 28 ชิ้น (กิตติ อินทรานนท์, 2548)

2.1.1 กระดูกมือ

ประกอบด้วยกระดูก 3 ส่วน ได้แก่

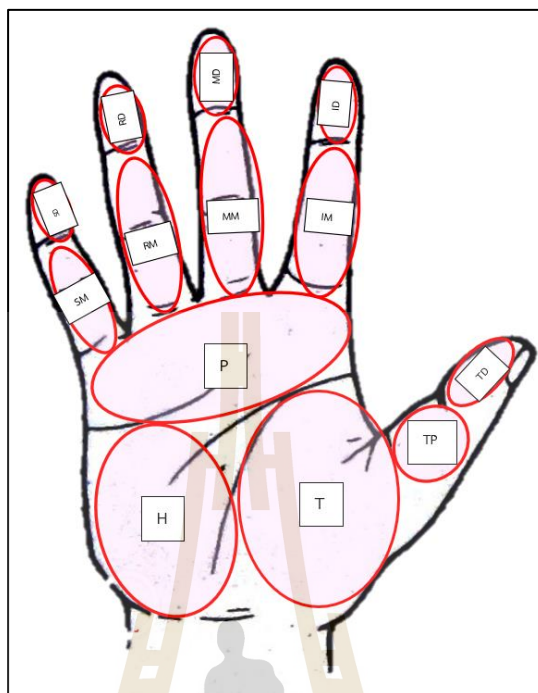
1) กระดูกข้อมือ (Carpal Bones) เป็นกระดูกชนิดสั้นมีลักษณะเป็นเหลี่ยมชิ้นเล็ก แต่ละชิ้นจะยึดติดกันด้วยเอ็นกระดูกข้อมือ กระดูกข้อมือมีจำนวนข้างละ 8 ชิ้น รวมทั้งหมด 16 ชิ้น โดยมีสัดส่วนที่สำคัญ คือ แกวใน (Proximal) ประกอบด้วยกระดูกที่อยู่ใกล้ลำตัว และแกวปลายล่าง (Distal Low) ประกอบด้วยกระดูกที่อยู่ห่างลำตัว ต่อเป็นข้อกับกระดูกข้อมือ

2) กระดูกฝ่ามือ (Metacarpal Bones) เป็นกระดูกชนิดสั้น กระดูกฝ่ามือมีจำนวนข้างละ 5 ชิ้น รวมทั้งหมด 10 ชิ้น แต่ละชิ้นเรียงต่อกับกระดูกนิ้วตามลำดับจากด้านข้างทางนิ้วหัวแม่มือ สามารถคลำได้จากด้านหลังมือ โดยมีสัดส่วนและรูปร่างที่สำคัญ คือ ส่วนหัว (Head) เป็นส่วนที่ต่อกับกระดูกนิ้วมือมีลักษณะเรียบมนกลม ส่วนกลาง (Body) มีลักษณะเรียวยาว และส่วนฐาน (Base) เป็นเบ้าสวมกับกระดูกข้อมือ

3) กระดูกนิ้วมือ (Finger Bones) เป็นกระดูกชนิดสั้น กระดูกฝ่ามือมีจำนวนข้างละ 14 ชิ้น รวมทั้งหมด 28 ชิ้น โดยมีสัดส่วนและรูปร่างที่สำคัญ คือ กระดูกนิ้วมือแต่ละชิ้นมีส่วนกลาง (Body) ส่วนฐาน (Base) และส่วนหัว (Head) แต่ละชิ้นจะต่อเป็นข้อซึ่งกันและกัน (วิชชานนท์ สิปปภากุล, 2548)

2.1.2 บริเวณต่าง ๆ ของมือ

บริเวณต่าง ๆ ของมือประกอบด้วย 13 บริเวณ ได้แก่ T คือ กล้ามเนื้อของฝ่ามือ ด้านหัวแม่มือ P คือ อุ้งมือ H คือ กล้ามเนื้อของฝ่ามือด้านนิ้วก้อย TP คือ นิ้วหัวแม่มือส่วนกลาง TD คือ นิ้วหัวแม่มือส่วนปลาย IM คือ นิ้วชี้ส่วนกลาง ID คือ นิ้วชี้ส่วนปลาย MM คือ นิ้วกลางส่วนกลาง MD คือ นิ้วกลางส่วนปลาย RM คือ นิ้วนางส่วนกลาง RD คือ นิ้วนางส่วนปลาย SM คือ นิ้วก้อยส่วนกลาง และ SD คือ นิ้วก้อยส่วนปลาย ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บริเวณต่าง ๆ ของมือ (Dianat et al, 2016)

2.2 ข้อต่อและการเคลื่อนไหว

ข้อต่อเป็นส่วนที่คอยเชื่อมต่อระหว่างกระดูกสองส่วนหรือมากกว่า ประเภทของข้อต่อสามารถแบ่งได้ตามรูปร่างของกระดูกที่ต่อกันและความต้องการในการเคลื่อนที่ของอวัยวะนั้น การแบ่งประเภทของข้อต่อในร่างกายนิยมทำ 2 วิธี คือ พิจารณาจากลักษณะการเคลื่อนที่และความแตกต่างของโครงสร้างส่วนประกอบ

การแบ่งประเภทของข้อต่อจากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนที่ที่ถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ Diarthroses เป็นลักษณะของข้อต่อที่มีช่องว่างระหว่างพื้นผิวของกระดูกสองส่วนต่อกันจึงมีการเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ลำดับถัดมา คือ Amphiarthrosis เป็นข้อต่อที่มีการจำกัดทิศทางเคลื่อนที่จึงเกิดการเคลื่อนที่ได้น้อย และ Synarthroses เป็นข้อต่อที่ไม่ให้กระดูกส่วนประกอบบริเวณนั้นเกิดการเคลื่อนที่ได้ ได้แก่ กระดูกในส่วนกะโหลกศีรษะ ส่วนการแบ่งประเภทของข้อต่อจากความแตกต่างของโครงสร้างส่วนประกอบประกอบด้วย รูปแบบของผิวที่เชื่อมต่อกันและประเภทของเนื้อเยื่อที่เชื่อมยึดติดกระดูกส่วนที่ต่อกัน ความแตกต่างเหล่านี้ทำให้สามารถแบ่งประเภทของข้อต่อออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

Fibrous Joints เป็นข้อต่อชนิดผิวกระดูกส่วนต่อไม่มีช่องว่าง และกระดูกส่วนต่อถูกยึดด้วยเส้นใยทำให้ข้อต่อส่วนนี้ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ หรือเคลื่อนที่ได้เพียงเล็กน้อย Cartilaginous

Joints เป็นลักษณะข้อต่อที่เชื่อมต่อกระดูกสำคัญหลายส่วนที่เคลื่อนที่ได้ไม่มาก เช่น ข้อต่อกระดูกสันหลัง (Intervertebral Joint) Synovial Joints เป็นข้อต่อที่ให้กระดูกส่วนต่อเกิดการเคลื่อนไหวได้ในช่วงกว้าง กระดูกส่วนต่อทั้งสองส่วนถูกหุ้มด้วย Hyaline Articular Cartilage ที่ช่องว่างระหว่างผิวคาพิเลจ และถูกล้อมรอบด้วยผนังที่มีความยืดหยุ่นสูง (นริศ เจริญพร, 2543)

2.3 การเคลื่อนไหว

การเคลื่อนไหวสามารถเกิดได้อย่างอิสระทั้ง การงอ (Flexion) เป็นการเคลื่อนไหวที่ทำให้มุมระหว่างกระดูก 2 ชิ้น ลดลง การเหยียด (Extension) เป็นการเคลื่อนไหวที่ทำให้มุมระหว่างกระดูก 2 ชิ้น เพิ่มขึ้น การกางออก (Abduction) เป็นการเคลื่อนไหวในแนวราบ (ห่างจากระนาบแบ่งครึ่งซ้าย-ขวา) ห่างจากแกนกลางของร่างกาย การหุบเข้า (Adduction) เป็นการเคลื่อนไหวเข้าหาแกนกลางของร่างกาย การหมุน (Rotation) เป็นการเคลื่อนไหวรอบกระดูกตามยาว การหมุนรูปกรวย (Circumduction) เป็นการเคลื่อนไหวรูปกรวยที่รวมเอากิจกรรมการเคลื่อนไหวของข้อต่อมาใช้ในการพลิกคว่ำ (Pronation) เป็นการหมุนกระดูกเข้าด้านใน การหงาย (Supination) เป็นการหมุนกระดูกออกด้านนอก (กิตติ อินทรานนท์, 2548) การเคลื่อนไหวของข้อต่อกระดูกภายในร่างกายมีลักษณะที่สามารถเคลื่อนไหวได้ เรียกว่า “ข้อต่อแบบไซโนเวียล (Synovial)” การเคลื่อนไหวของส่วนต่อขึ้นอยู่กับรูปร่างและหน้าที่ของกระดูกส่วนนั้น สามารถแบ่งได้ 3 ลักษณะ ได้แก่

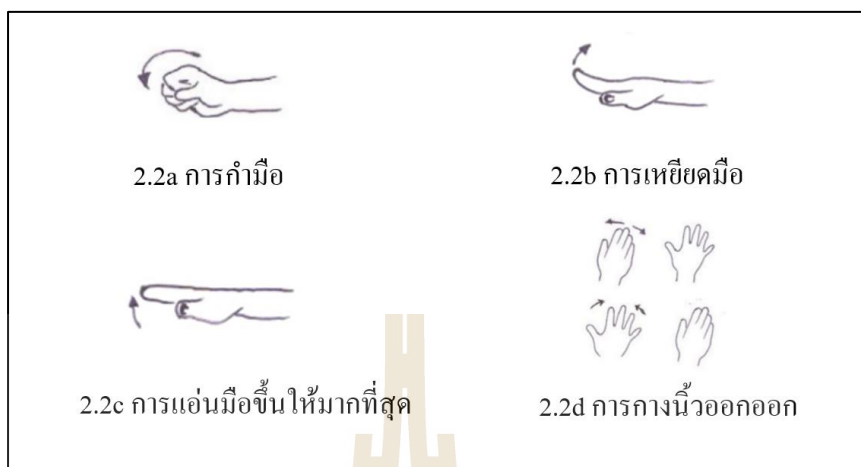
1) การเคลื่อนที่แบบแกนเดียว (Uniaxial) เป็นการเคลื่อนที่ของกระดูกในแกนเดียวเกิดขึ้นได้ใน 2 ลักษณะ คือ แบบงอไปมา (Hinge) เช่น ข้อศอก ข้อเข่า ข้อเท้า เป็นต้น และแบบหมุนรอบแกน (Pivot) เช่น ข้อต่อบริของกระดูกสันส่วนคอกับกะโหลก

2) การเคลื่อนที่แบบสองแกน (Biaxial) เคลื่อนที่ได้มากกว่าแบบแกนเดียวทำให้ร่างกายสามารถงอ ยืด บิด และหมุน นั่นคือข้อต่อนี้มีส่วนสันมือของทุกนิ้ว ยกเว้นนิ้วหัวแม่มือ

3) การเคลื่อนที่แบบหลายแกน (Multiaxial) เป็นข้อต่อที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งสามแกน ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ทุกลักษณะ แบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ ผิวแบนเรียบ อานม้า และร่องทรงกลม (นริศ เจริญพร, 2543)

2.4 การเคลื่อนไหวเต็มพิสัยของนิ้วมือและข้อมือ

การทดสอบอาการเจ็บปวดกล้ามเนื้อขณะเคลื่อนไหว (Pain on Movement) ความมั่นคงของข้อ (Joint Stability) และความผิดปกติ (Deformity) โดยการสังเกตการณ์เคลื่อนไหวอย่างเต็มพิสัย (แสงหล้า พลนอก, 2552) การเคลื่อนไหวเต็มพิสัยของนิ้วมือและข้อมือ ดังรูปที่ 2.2-2.3



รูปที่ 2.2 การเคลื่อนไหวเต็มพิสัยของนิ้วมือ (แสงหล้า พลนอก, 2552)



รูปที่ 2.3 การเคลื่อนไหวเต็มพิสัยของข้อมือ (แสงหล้า พลนอก, 2552)

2.5 การวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อของมนุษย์แบบไอโซเมตริก

ปัจจัยที่มีความสำคัญในการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก มีดังนี้
 ระยะเวลาการออกแรงสูงสุด อุปกรณ์วัดความแข็งแรง ระยะเวลาพักในระหว่างการออกแรงซ้ำ
 ตำแหน่งร่างกายหรือท่าทาง และบันทึกผลการทดสอบในแต่ละเงื่อนไขของผู้ทดสอบ ซึ่งระยะเวลา

การวัดค่าแรงสูงสุดควรอยู่ระหว่าง 4 ถึง 6 วินาที และผู้ถูกทดสอบออกแรงสูงสุดไว้ประมาณ 3 วินาที หากมีวัดเพียงไม่กี่ครั้งควรให้หยุดพักอย่างน้อย 30 วินาที ในระหว่างการออกแรงอย่างต่อเนื่อง หากทำการทดสอบประมาณ 15 ครั้ง ในการทดสอบหนึ่งครั้งควรให้ผู้ทดสอบพักประมาณ 2 นาที เพื่อลดความเมื่อยล้าจากการออกแรง สำหรับการวัดความแข็งแรงแบบ Isometric ท่าทางของผู้ทดสอบต้องเหมือนกัน เนื่องจากมีผลต่อการวัดค่าแรง ดังนั้นควรควบคุมท่าทางและตำแหน่งร่างกายของผู้ถูกทดสอบ การวัดความแข็งแรงแบบ Isometric นิยมวัดความแข็งแรงของแขน ความแข็งแรงของไหล่ ความแข็งแรงของขา และความแข็งแรงหลัง นอกจากนี้การวัดความแข็งแรงยังถูกนำไปใช้ในการทดสอบการออกแรงบีดมือหรือแขนส่วนหน้า (Mital and Kumar, 1998)

2.6 ข้อมูลสัดส่วนร่างกาย

การวัดสัดส่วนร่างกายมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ซึ่งค่าวัดสัดส่วนร่างกายแบบสถิตินั้น (Static Measurement) และค่าวัดสัดส่วนร่างกายแบบพลวัต (Dynamic Measurement) โดยการวัดแบบสถิตินั้นทำการวัดในขณะที่ร่างกายหยุดนิ่ง เช่น โครงสร้างของร่างกาย และขนาดส่วนต่าง ๆ ภายนอกของร่างกาย ส่วนการวัดแบบพลวัตนั้นเป็นการวัดในขณะที่ร่างกายกำลังเคลื่อนไหว เช่น ระยะเอื้อมถึงความยาวของร่างกายและความสูงขณะยกขา มุมของข้อต่อต่าง ๆ ในขณะเคลื่อนไหว เป็นต้น ข้อมูลทั้ง 2 ประเภทนี้มีความสำคัญสำหรับการออกแบบ การปรับปรุงสถานที่ทำงาน เครื่องมือและผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผู้ใช้งาน หรือผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลางของการออกแบบ (User-Centered-Design) การวัดสัดส่วนร่างกายของมนุษย์โดยทั่วไปสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่

2.6.1 วิธีโดยตรง

มิติเส้นตรง (Linear Dimension) หมายถึง ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดสองจุดบนร่างกาย ส่วนคำว่า “มิติเส้นรอบวง (Circumferential Dimension)” หมายถึง การวัดระยะทางตามพื้นผิวของร่างกายแล้วมาบรรจบที่จุดเริ่มต้นเดียวกัน วิธีโดยตรงเป็นการวัดในแนวเส้นตรง และเส้นโค้งด้วยการใช้เครื่องมือวัด ก่อนการวัดต้องมีการทำเครื่องหมายจุดต่าง ๆ บนร่างกายที่ต้องการวัดระยะทาง เรียกจุดนั้นว่า “จุดกำหนด (Land Mark)” ความยาวของอวัยวะร่างกาย (Body Link) คือจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุดของอวัยวะร่างกายส่วนนั้น

2.6.2 วิธีภาพถ่าย

วิธีนี้สามารถทำได้อย่างรวดเร็วด้วยการใช้เทคโนโลยีซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย มีทั้งแบบ Non-Stereo Photogrammetric หรือ Stereo Photogrammetric Methods วิธีภาพถ่ายเป็นการใช้เทคนิคการถ่ายภาพเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลของสัดส่วนร่างกายทั้งในแนวตรง เส้นโค้ง และแนวลึกที่เป็นความสูงต่ำ (กิตติ อินทรานนท์, 2548)

2.7 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

Magill and Konz (1986) ได้ศึกษาการออกแรงบิดของพนักงานอุตสาหกรรม เพศชาย จำนวน 10 รายโดยใช้ไขควง 7 ชนิด ที่มีลักษณะด้ามจับที่แตกต่างกันแต่มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน ผู้ทดสอบถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จำนวน 5 ราย ทำการทดสอบด้วยด้ามไขควงแบบแห้ง และกลุ่มที่ 2 จำนวน 5 ราย ทำการทดสอบด้วยด้ามจับแบบเปียกน้ำมัน STP ในวันแรก และในวันที่ 2 ให้ทำสลับกัน ทดสอบด้วยการชันสกรูเข้ากับแท่นรับในแนวนอนด้วยไขควง แล้ววัดค่าแรงบิด ด้ามจับแต่ละด้ามทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง และระหว่างการทดสอบมีเวลาพัก 5 นาที ซึ่งผลการทดสอบพบว่า เส้นผ่าศูนย์กลางกลางด้ามจับมีผลต่อการออกแรงบิด กล่าวคือ ด้ามจับที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่ส่งผลให้การออกแรงบิดมากจึงใช้เวลามากไปด้วย และด้ามจับแบบแห้งสามารถออกแรงบิดได้มากกว่าด้ามจับแบบเปียกน้ำมัน STP จากการออกแบบการทดลองสังเกตได้ว่าผู้ทดสอบพึงพอใจด้ามจับที่เป็นยางมากกว่าพลาสติกแข็ง

Imrhan and Loo (1986) ได้ศึกษาผลกระทบของประเภทผิวสัมผัสและการเปิดฝ่าผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกันด้วยทิศทางทวนเข็มนาฬิกาของผู้สูงอายุต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ ทำการทดสอบแรงบิดมือด้วยเครื่อง Owen-Illinois Torque Tester ในผู้สูงอายุ จำนวน 42 คน อายุระหว่าง 60-97 ปี โดยให้ผู้สูงอายุทำการทดสอบออกแรงบิดมือในท่ายืนด้วยการหมุนเปิดฝ่าผลิตภัณฑ์แบบวงกลม (ฝ่าผิวเรียบ และฝ่าผิวขรุขระ) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ขนาด ได้แก่ 31, 55, 74 และ 113 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในแนวตั้งด้วยทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ผลการทดสอบการออกแรงบิดมือพบว่า ค่าแรงบิดมือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฝ่าเพิ่มขึ้น และผิวสัมผัสของฝ่าแบบขรุขระให้ค่าแรงบิดมากกว่าแบบเรียบ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าแรงบิดมือของผู้สูงอายุมีแนวโน้มลดลงเมื่อผู้สูงอายุมีอายุมากขึ้น

Bordett et al. (1988) ได้ศึกษาการออกแรงบิดสำหรับด้ามจับและรูปทรงของก๊อกน้ำ ในผู้สูงอายุเพศหญิง 23 ราย ที่มีอายุระหว่าง 65-90 ปี ทำการทดสอบด้วยก๊อกน้ำที่มีรูปทรงต่างกัน 7 ลักษณะ ผู้ถูกทดสอบทั้ง 23 คน ทำการทดสอบด้วยการหมุนด้ามจับก๊อกน้ำทั้ง 7 ด้าม ในลักษณะตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกาด้วยแรงบิดปกติทั้งมือซ้ายและมือขวา และวัด Grip strength ข้างละ 2 ครั้ง โดยผู้ทดสอบทำการทดสอบแบบนั่ง 11 ราย และแบบยืน 12 ราย ซึ่งผลการทดสอบพบว่า การแรงบิดในท่ายืนให้ค่าแรงบิดได้มากกว่าท่านั่ง และขอบของด้ามจับของก๊อกน้ำไม่ควรมีขอบแหลมคม เพื่อลดอาการบาดเจ็บจากการใช้ก๊อกน้ำนั้น

Mital and Kumar (1998) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแรงของมนุษย์ ซึ่งได้แก่ ผลกระทบของเพศและอายุ ผลกระทบของท่าทาง ผลกระทบของระยะห่าง ตำแหน่งของแขนและการหมุนข้อมือ ความเร็วของการออกแรง ระยะเวลาและความถี่ในการออกแรง

ซึ่งการออกแรงบิดสูงสุดสำหรับไขควงควรวางต้นแขนไว้ข้างลำตัว โดยข้อศอกอยู่ที่ 90 องศา และข้อมือตรง (Neutral Position)

Kong et al. (2008) ได้ศึกษาผลกระทบของรูปทรงด้ามไขควง วัสดุหุ้มด้ามไขควง และแนวการวางชิ้นงานกับความรู้สึกไม่สบายที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน ทำการทดสอบด้วยด้ามไขควง 24 ด้าม มีวัสดุหุ้มด้าม 2 ชนิด คือ พลาสติกและยาง มีรูปทรง ดังนี้ รูปทรงหน้าตัด ประกอบด้วย 3 รูปทรง ได้แก่ ทรงกลม ทรงหกเหลี่ยม ทรงสามเหลี่ยม และรูปทรงด้านข้าง 4 รูปทรง ได้แก่ ทรงกระบอก ทรงเว้า ทรงโค้ง ทรงกรวย ซึ่งแต่ละรูปทรงหน้าตัดและด้านข้างมีสองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ทำการศึกษา มีกลุ่มผู้ทดสอบ คือ เพศชาย จำนวน 12 คน ทำการทดสอบโดยการหมุนสกรูลงชิ้นงานไม้บนแพลตฟอร์มวัดแรง (AMTD) โดยทำการทดสอบในท่ายื่นข้อศอกที่ 90 องศา 6 คนแรก ทำการหมุนสกรูในแนวอนคนที่เหลือทำการหมุนสกรูในแนวตั้ง ให้พักการทดสอบเพื่อลดความเมื่อยล้าเป็นเวลา 2 นาที หลังจากการทดสอบให้ผู้ทดสอบระบุระดับของความไม่สบายที่เกิดขึ้นทันทีหลังการทดสอบด้ามไขควงแต่ละด้าม ซึ่งจากผลการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า รูปทรงหน้าตัด รูปทรงด้านข้าง วัสดุหุ้มด้าม และแนวการวางชิ้นงาน มีผลกระทบต่อความรู้สึกไม่สบายที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน โดยด้ามไขควงหน้าตัดทรงสามเหลี่ยม มีความรู้สึกไม่สบายมากที่สุด รองลงมา คือ หน้าตัดทรงหกเหลี่ยม และหน้าตัดทรงกลม นอกจากนี้ยังพบว่าด้ามไขควงหุ้มด้ามด้วยพลาสติกเกิดความรู้สึกไม่สบายมากกว่าด้ามไขควงที่หุ้มด้วยยาง และการวางชิ้นงานแบบแนวอนเกิดความรู้สึกไม่สบายมากกว่าแนวตั้ง

Dianat et al. (2010) ได้ศึกษาผลกระทบจากการสวมใส่ถุงมือต่อประสิทธิภาพการทำงานในอุตสาหกรรม โดยทำการทดสอบวัดค่าแรงบิดของแขนส่วนล่างบริเวณข้อมือและวัดความรู้สึกไม่สบายที่เกิดขึ้นบนมือในขณะที่สวมถุงมือและไม่สวมถุงมือ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ชาย 18 คน เป็นนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัย ทำการทดสอบในท่านั่ง หลังจากการทดสอบในแต่ละเงื่อนไขให้ผู้ทดสอบระบุบริเวณที่เกิดความไม่สบายบนมือ และระบุระดับของความไม่สบายที่เกิดขึ้นทันทีหลังการทดสอบ ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าค่าแรงบิดในขณะที่ไม่สวมถุงมือสูงกว่าสวมถุงมือ ความรู้สึกไม่สบายเกิดขึ้นที่บริเวณอุ้งมือในขณะที่ไม่สวมถุงมือ และในขณะที่สวมถุงมือเกิดความรู้สึกไม่สบายขึ้นที่บริเวณนิ้วหัวแม่มือส่วนปลายกับนิ้วชี้ส่วนกลาง

Dianat et al. (2014) ได้ศึกษาผลกระทบของรูปทรงด้ามจับของเกรียงต่อประสิทธิภาพการทำงานของมือ การใช้งาน และความรู้สึกไม่สบายที่เกิดขึ้นบนมือ ทำการทดสอบด้วยด้ามเกรียง 5 รูปทรง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวด้ามที่แตกต่างกัน โดยมีกลุ่มผู้ทดสอบ คือ เพศชาย จำนวน 18 คน โดยให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบออกแรงบีบมือด้วยเครื่อง Hand Dynamometer (SH5001, SAEHAN) ทำการทดสอบในท่านั่ง ผู้ทดสอบวางต้นแขนไว้ข้างลำตัว โดยข้อศอก

ที่ 90 องศา และข้อมือตรง (Neutral Position) ให้ผู้ทดสอบออกแรงบีบสูงสุดตามความสามารถ ในการออกแรงด้วยมือขวาและซ้ายเป็นเวลา 3 วินาที ในแต่ละเงื่อนไขให้พักการทดสอบ เพื่อลด ความเมื่อยล้าเป็นเวลา 2 นาที หลังจากการทดสอบการออกแรงบีบมือให้ผู้ทดสอบระบุบริเวณที่เกิด ความไม่สบายบนมือ และระดับของความไม่สบายที่เกิดขึ้นทันทีหลังการทดสอบด้วยเครื่องมือ แต่ละด้าม ซึ่งจากผลการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า รูปทรงของด้ามเครื่องมือ มีผลกระทบต่อความสามารถในการออกแรงบีบมือ และพบว่าเกิดความไม่สบายบริเวณกล้ามเนื้อ ของฝ่ามือด้านนิ้วก้อย นิ้วชี้ส่วนกลาง นิ้วชี้ส่วนปลาย นิ้วกลางส่วนกลาง นิ้วนางส่วนปลาย และนิ้วก้อยส่วนกลาง

Dianat et al. (2016) ได้ศึกษาผลกระทบของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประแจ แนวการวาง ชิ้นงาน และขนาดของชิ้นงานด้วยการหมุนด้วยค่าแรงบิดสูงสุด และความรู้สึกไม่สบายของผู้ใช้งาน หลังการหมุนชิ้นงานด้วยประแจ และได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดสูงสุด โดยออกแบบใหม่ ด้ามใหม่ในลักษณะทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ขนาด ได้แก่ 30 มิลลิเมตร 40 มิลลิเมตร 50 มิลลิเมตร ก่อนการทดลองได้ทำการวัดสัดส่วนมือและใช้ข้อมูลการวัดในการจัดกลุ่ม ขนาดของมือแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ มือขนาดเล็ก มือขนาดกลาง และมือขนาดใหญ่ โดยมีกลุ่ม ตัวอย่าง คือ คนงานผู้ชาย 18 คน ที่ใช้งานประแจเป็นประจำทำการทดสอบโดยการหมุนชิ้นงานด้วย ด้ามประแจทั้งแนวราบและแนวตั้งกับชิ้นงานขนาดเล็ก และใหญ่ ทดสอบด้วยขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง ด้าม 30 มิลลิเมตร 40 มิลลิเมตร 50 มิลลิเมตร และขนาดด้ามเดิมที่ใช้งานประจำ วิเคราะห์ ผลจากการทดสอบด้วยโปรแกรม SPSS ver. 17 และ ANOVA โดยใช้ค่า $p < 0.05$ ผลปรากฏว่าขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร กับ 40 มิลลิเมตร ให้ค่าแรงบิดที่สูงและเกิดความรู้สึกไม่สบายน้อยกว่าขนาดปกติที่ใช้ประจำ การออกแรงบีบมือในแนวตั้งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในแนวราบ คือ 23.8% ซึ่งขนาดของมือไม่มีผลต่อการออกแรงบิดและการออกแรงบิดในประแจที่มีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางต่างกันมีแนวโน้มที่ส่งผลต่อความรู้สึกไม่สบายบนนิ้วมือ

Kim et al. (2016) ได้ศึกษาผลกระทบของด้ามจับคีมที่ขนาดความห่างของด้ามในช่วง 45-80 มิลลิเมตร (45, 50, 60, 70, 80 มิลลิเมตร) จำนวน 5 ด้าม กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ชาย 26 คน โดยให้ผู้ ทดสอบทำการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบีบมือในเวลา 4 วินาที ในแต่ละเงื่อนไขให้ พักการทดสอบเพื่อลดความเมื่อยล้าเป็นเวลา 3 นาที หลังจากการทดสอบการออกแรงบีบมือ ให้ผู้ทดสอบระบุระดับของความไม่สบายที่เกิดขึ้นทันทีหลังการทดสอบที่ขนาดความห่างของด้าม แต่ละขนาด ผลการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ขนาดความห่างของด้ามคีม มีผลกระทบต่อความสามารถในการออกแรงบีบมือ ซึ่งขนาดความห่างของด้าม 45 กับ 80 มิลลิเมตร

สามารถออกแรงบีบมือได้น้อยกว่า 60, 50 และ 70 มิลลิเมตร และพบว่าขนาดความห่างของค้ำ 80 มิลลิเมตร เกิดความไม่สบายมากที่สุด

Axelsson et al. (2017) ได้ทำการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบีบมือ ด้วยกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 499 คน เป็นเพศชาย จำนวน 262 คน เพศหญิง จำนวน 237 คน อายุระหว่าง 15-85 ปี ทำการทดสอบออกแรงบีบมือด้วยเครื่อง Baseline Digital Wrist Dynamometer ในท่ายื่นข้อศอกอยู่ที่ 90 องศา และข้อมือตรง ออกแรงบีบมือด้วยค้ำจับที่วางในแนวตั้งหมุนออกแรงด้วยทิศทางตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา โดยหลีกเลี่ยงการเอนตัวหรือปล่อยให้ศอกออกจากด้านข้างของลำตัวในระหว่างการทำการทดสอบ ผลการทดสอบพบว่า เพศ ความสูง น้ำหนัก และอายุ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถในการออกแรงบีบมือ ซึ่งเพศชายมีความสามารถในการออกแรงบีบมากกว่าเพศหญิง และเมื่ออายุเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่ความสามารถในการออกแรงบีบลดลง



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเก็บข้อมูลงานวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) และส่วนที่ 2 การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ในงานวิจัยนี้ผู้ถูกทดสอบทุกคนได้อ่านหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย (Informed Consent Form) และได้รับคำชี้แจงจากผู้วิจัยเกี่ยวกับสิทธิของผู้ถูกทดสอบและผู้วิจัยรวมไปถึงวิธีการทดสอบ เมื่อผู้ถูกทดสอบได้รับทราบข้อมูลทั้งหมด และทำความเข้าใจแล้วจึงดำเนินการลงลายมือชื่อหรือประทับลายนิ้วมือลงในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย เพื่อแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จากนั้นจึงได้เริ่มทำการทดสอบ

ส่วนที่ 1 การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research)

3.1 การสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม

การใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของผู้ถูกทดสอบ ประกอบด้วย เพศ อายุ ความถนัดมือ ระดับการศึกษา การประกอบอาชีพ โรคประจำตัว อาการปวดตามร่างกาย และการออกกำลังกาย

3.2 การสำรวจโดยวัดสัดส่วนร่างกายและสัดส่วนมือของผู้ถูกทดสอบ

การวัดสัดส่วนร่างกายของผู้ทดสอบด้วยเครื่องวัดสัดส่วนร่างกาย ดังรูปที่ 3.1 โดยการวัดสัดส่วนร่างกายจำนวน 16 รายการ ดังตารางที่ 3.1 โดยการวัดซ้ำทั้งหมด 3 ครั้งต่อรายการวัด และใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัลสำหรับชั่งน้ำหนักผู้ถูกทดสอบ ดังรูปที่ 3.2 วิธีการวัดสัดส่วนร่างกายแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.1 เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometer)



รูปที่ 3.2 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล



รูปที่ 3.3 ลักษณะการวัดสัดส่วนมือ

ตารางที่ 3.1 การวัดสัดส่วนร่างกาย

ลำดับที่	รายการ	อุปกรณ์	ค่าวัด (ซม.)	ค่าวัด (ซม.)	ค่าวัด (ซม.)
1	ความสูง	แอนโทโรโอมิเตอร์			
2	ความสูงข้อศอก (ขณะงอ)	แอนโทโรโอมิเตอร์			
3	ความยาวรอบฝ่ามือ	สายวัด			
4	ความขานิ้วหัวแม่มือ	คาลิเปอร์			
5	ความขานิ้วชี้	คาลิเปอร์			
6	ความขานิ้วกลาง	คาลิเปอร์			
7	ความขานิ้วนาง	คาลิเปอร์			
8	ความขานิ้วก้อย	คาลิเปอร์			
9	ระยะห่างระหว่างปลายนิ้วมือถึง กึ่งกลางโคนฝ่ามือ	คาลิเปอร์			
10	ความยาวฝ่ามือ	คาลิเปอร์			
11	ระยะห่างปลายนิ้วชี้ถึงง่าม นิ้วหัวแม่มือ	คาลิเปอร์			
12	ความกว้างฝ่ามือ	คาลิเปอร์			
13	ความกว้างมือ	คาลิเปอร์			
14	ความหนาฝ่ามือ	คาลิเปอร์			
15	ความกว้างเส้นผ่านศูนย์กลางกำมือ	คาลิเปอร์			
16	น้ำหนัก (กก.)	เครื่องชั่งน้ำหนัก			

ส่วนที่ 2 การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research)

การวิจัยเชิงทดลอง แบ่งเป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองวัดความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามจับไขควง การทดลองวัดความสามารถการออกแรงบีดข้อมือ และการทดลองวัดความรู้สึกลึกไม่สบายที่เกิดในบริเวณต่าง ๆ ของมือ

3.3 การทดลองวัดความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามจับไขควง

3.3.1 การออกแบบการทดลอง

การทดลองการวัดความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามจับไขควงเป็นการทดลองแบบแฟกทอเรียล โดยมีตัวแปรอิสระและตัวแปรตามดังนี้

ตัวแปรอิสระมี 2 ตัวแปร ได้แก่

- 1) รูปทรงของด้ามจับไขควง มี 2 ระดับ คือ ทรงกลม และทรงหกเหลี่ยม
- 2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามจับไขควง มี 4 ระดับ คือ 15, 25, 35 และ 40 มิลลิเมตร

ตัวแปรตาม คือ ความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และรูปทรงของด้ามจับไขควง

3.3.2 การทดลอง

1) ทำการสุ่มลักษณะของด้ามไขควงที่มีความยาว 100 มิลลิเมตร ให้แก่ผู้ถูกทดสอบ โดยมีลำดับการสุ่ม ดังนี้

- สุ่มลักษณะของด้ามไขควง ซึ่งเป็นทรงกลมหรือทรงหกเหลี่ยม
- สุ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งมีขนาด 15, 25, 35 และ 40 มิลลิเมตร

2) ให้ผู้ถูกทดสอบเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของด้ามจับไขควงที่ถนัดมือ และบันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามจับไขควง แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางบันทึกข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามจับไขควงพึงพอใจ

ขนาดด้ามไขควง (มิลลิเมตร)	ทรงกลม (✓)	ทรงหกเหลี่ยม (✓)	หมายเหตุ
15			
25			
35			
40			

3.3.3 เครื่องมือในการทดลอง

1) ค้ำมิไขควงทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15, 25, 35 และ 40 มิลลิเมตร ความยาวค้ำมิ 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.4 ค้ำมิไขควงทรงกลม

2) ค้ำมิไขควงทรงหกเหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15, 25, 35 และ 40 มิลลิเมตร ความยาวค้ำมิ 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.5 ค้ำมิไขควงทรงหกเหลี่ยม

3) ตารางบันทึกข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำมิไขควง (ตารางที่ 3.2)

3.4 การทดลองวัดความสามารถในการออกแรงบีดมือ

3.4.1 การออกแบบการทดลอง

การทดลองวัดความสามารถในการออกแรงบีดมือเป็นการทดลองแบบแฟลททอเรียล โดยมีตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ดังนี้

ตัวแปรอิสระ มี 4 ตัว ได้แก่

- 1) รูปทรงของด้ามไขควง มี 2 ระดับ คือ ทรงกลม และทรงหกเหลี่ยม
- 2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามจับไขควง มี 4 ระดับ คือ 15, 25, 35 และ 40 มิลลิเมตร
- 3) ทิศทางการหมุน มี 2 ระดับ คือ ตามเข็มนาฬิกา (หมุนขวา) และทวนเข็มนาฬิกา (หมุนซ้าย)
- 4) มือ มี 2 ระดับ คือ มือข้างซ้ายและมือข้างขวา

ตัวแปรตาม คือ ค่าแรงบีดมือของผู้สูงอายุ มีหน่วยเป็นนิวตันเมตร (Nm)

3.4.2 การทดลอง

- 1) ก่อนเริ่มทำการทดสอบให้ผู้ถูกทดสอบ พักเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 2 นาที
- 2) ผู้ถูกทดสอบออกแรงบีดด้วยด้ามไขควงทรงกลม และทรงหกเหลี่ยม ทั้ง 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ 15, 25, 35 และ 40 มิลลิเมตร ซึ่งมีความยาวด้ามจับเท่ากัน คือ 100 มิลลิเมตร กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงบีด 2 ทิศทางการออกแรง คือ ตามเข็มนาฬิกา (หมุนขวา) และทวนเข็มนาฬิกา (หมุนซ้าย) ทั้งมือข้างซ้ายและมือข้างขวาในท่ายืน โดยผู้ถูกทดสอบแต่ละคนออกแรงตามเงื่อนไขการทดสอบ จำนวน $2 \times 4 \times 2 \times 2 = 32$ เงื่อนไข เงื่อนไขละ 3 ซ้ำ ทั้งนี้ลำดับของเงื่อนไขในการทดสอบเป็นไปโดยการสุ่ม

- 3) ผู้ถูกทดสอบออกแรงบีดที่ระดับความสูงของข้อศอก (ขณะงอ) ทำมุม 90 องศา กับลำตัว โดยออกแรงบีดให้มีค่าสูงสุดภายใน 2 วินาที จากนั้นคงค่าแรงบีดสูงสุดไว้อีก 3 วินาที รวมเป็นเวลา 5 วินาที หลังการทดสอบแต่ละเงื่อนไขให้ผู้ถูกทดสอบพัก 2 นาที (Dianat et al, 2014) เพื่อลดความเมื่อยล้ามือจากการทดสอบ ซึ่งใช้เวลาในการทำการทดสอบทั้งหมดโดยประมาณ 2 ชั่วโมงต่อผู้ถูกทดสอบ 1 คน ทั้งนี้ผู้ถูกทดสอบได้มีโอกาสซ้อมออกแรงบีดก่อนการทดลองจริง 5 ครั้ง แล้วนั่งพัก



รูปที่ 3.6 ผู้ถูกทดสอบออกแรงบิดมือ

4) การบันทึกค่าแรงบิดมือสูงสุด (Peak Torque) ที่ได้จากการทดสอบลงในตารางการบันทึกผล แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางบันทึกค่าแรงบิดมือ

ค่าที่ได้จากการวัด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	รูปทรงด้ามจับ							
		ทรงกลม				ทรงหกเหลี่ยม			
		มือซ้าย		มือขวา		มือซ้าย		มือขวา	
		ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา	ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา	ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา	ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา
แรงบิด(Nm)	15								
ค่าเฉลี่ย (Nm)									

ตารางที่ 3.3 ตารางบันทึกค่าแรงบิดมือ (ต่อ)

ค่าที่ได้จากการวัด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	รูปทรงด้ามจับ							
		ทรงกลม				ทรงหกเหลี่ยม			
		มือซ้าย		มือขวา		มือซ้าย		มือขวา	
		ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา	ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา	ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา	ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา
แรงบิด (Nm)	25								
ค่าเฉลี่ย (Nm)									
แรงบิด (Nm)	35								
ค่าเฉลี่ย (Nm)									
แรงบิด (Nm)	40								
ค่าเฉลี่ย (Nm)									

3.4.3 เครื่องมือในการทดลอง

1) เครื่องวัดแรงบิด

เครื่องวัดแรงบิดที่ใช้ในการทดลองผลิตบริษัท GUNT รุ่น WP 500 ก่อนดำเนินการทดสอบได้มีการสอบเทียบเครื่องวัดแรงบิด นอกจากนี้ก่อนทำการทดลองทุกครั้งได้ตรวจสอบการวัดค่าแรงบิด โดยเปิดสวิทช์เครื่องตั้งค่าที่อ่านได้ให้เป็นศูนย์และเมื่อไม่มีการสวมอุปกรณ์ใด ๆ เครื่องมือวัดอ่านค่าแรงบิดได้เป็นศูนย์



รูปที่ 3.7 เครื่องวัดแรงบิด (GUNT, WP 500)

2) โต้ะปรับระดับความสูง

โต้ะปรับระดับความสูงถูกออกแบบให้สามารถปรับระดับความสูงได้ เนื่องจากการทดลองได้กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบงอแขน โดยให้ข้อศอกทำมุม 90 องศา สามารถปรับระดับความสูงของโต้ะได้ถึง 150 เซนติเมตร และใช้สำหรับวางเครื่องวัดแรงบิดในขณะที่ทำการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 โต้ะปรับระดับความสูง

3) ค้ำมือไขควง

ค้ำมือไขควงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบค่าแรงบิดมือ มีลักษณะทรงกระบอกและทรงหกเหลี่ยม อุปกรณ์ค้ำมือไขควงทั้ง 8 ชิ้น ทำด้วยวัสดุที่มีเนื้อเป็นอะลูมิเนียม ผลิตด้วยการกลึง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15, 25, 35 และ 40 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 ก่อนการทำการทดสอบทุกครั้งทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อ ขจัดคราบเหนื้อ

และสิ่งสกปรกอื่น ๆ ผลการวัดน้ำหนักของด้ามจับไขควงซึ่งด้วยเครื่องชั่งวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำสูงตั้งแต่ 0.1 มิลลิกรัม ถึง 8,200 กรัม ของซาร์โทเรียส รุ่น BSA ดังรูปที่ 3.8 พบว่าน้ำหนักของไขควงอยู่ในช่วง 78.74-407.90 กรัม ดังตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.9 เครื่องชั่ง รุ่น BSA (BSA Series Balances)

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดเกี่ยวกับด้ามจับไขควง

รูปทรง	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาวด้าม (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)
	15	100	78.74
	25	100	168.70
	35	100	287.33
	40	100	361.42
	15	100	85.90
	25	100	176.90
	35	100	302.73
	40	100	407.90

4) ตารางบันทึกผลการทดสอบวัดแรงบิดมือของผู้สูงอายุ (ตารางที่ 3.3) ใช้เพื่อบันทึกค่าแรงบิดมือของผู้สูงอายุ จำนวน 32 เงื่อนไข เงื่อนไขละ 3 ซ้ำ

3.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุ

3.5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุโดยรวม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือของผู้สูงอายุ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก (Block) โดยมีปัจจัยหลัก 5 ปัจจัย ได้แก่ เพศ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มือ และทิศทางการออกแรงบิด แบบจำลองเชิงเส้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นดังสมการ 3.1 สมมติฐานของการทดลองแสดงดังตารางที่ 3.6

$$\begin{aligned}
 y_{ijklmnl} = & \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + \gamma_m + \delta_n + (\tau\alpha)_{ij} + (\tau\beta)_{ik} + (\tau\delta)_{im} + (\alpha\beta)_{jk} \\
 & + (\alpha\gamma)_{jl} + (\alpha\delta)_{jm} + (\beta\gamma)_{kl} + (\beta\gamma)_{kn} + (\gamma\delta)_{mn} + (\tau\alpha\beta)_{ijk} \\
 & + (\tau\alpha\gamma)_{ijm} + (\tau\alpha\delta)_{ijn} + (\tau\beta\gamma)_{ikm} + (\tau\beta\delta)_{ikn} + (\tau\gamma\delta)_{imn} + (\tau\beta\gamma)_{ikm} \\
 & + (\tau\beta\delta)_{jkn} + (\alpha\gamma\delta)_{jmn} + (\beta\gamma\delta)_{kmn} + (\tau\alpha\beta\gamma)_{ijkm} + (\tau\alpha\beta\delta)_{ijkn} \\
 & + (\tau\alpha\gamma\delta)_{ijmn} + (\tau\beta\gamma\delta)_{ikmn} + (\alpha\beta\gamma\delta)_{jkmn} + (\tau\alpha\beta\gamma\delta)_{ijkmn} + \varepsilon_{ijklmnl}
 \end{aligned} \quad (3.1)$$

ตารางที่ 3.5 อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.1

ตัวแปร	ความหมาย
μ	ค่าเฉลี่ยรวม
τ_i	ผลกระทบของเพศ เมื่อ $i = 1$ คือ เพศชาย, $i = 2$ คือ เพศหญิง
α_j	ผลกระทบของรูปทรงด้ามไขควง เมื่อ $j = 1$ คือ ทรงกระบอก, $j = 2$ คือ ทรงหกเหลี่ยม
β_k	ผลกระทบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง เมื่อ $k = 1$ คือ 15 มิลลิเมตร, $k = 2$ คือ 25 มิลลิเมตร, $k = 3$ คือ 35 มิลลิเมตร, $k = 4$ คือ 40 มิลลิเมตร
γ_m	ผลกระทบของมือ เมื่อ $m = 1$ คือ มือข้างขวา, $m = 2$ คือ มือข้างซ้าย
δ_n	ผลกระทบของทิศทางการออกแรง เมื่อ $n = 1$ คือ ทิศทางตามเข็มนาฬิกา, $n = 2$ คือ ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
$(\tau\alpha)_{ij}$	อันตรกิริยาของเพศและรูปทรงด้ามไขควง
$(\tau\beta)_{ik}$	อันตรกิริยาของเพศและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง
$(\tau\gamma)_{il}$	อันตรกิริยาของเพศและมือ

ตารางที่ 3.5 อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.1 (ต่อ)

ตัวแปร	ความหมาย
$(\tau\delta)_{im}$	อันตรกิริยาของเพศและทิศทางการออกแรง
$(\alpha\beta)_{jk}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง
$(\alpha\gamma)_{jl}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงและมือ
$(\alpha\delta)_{jm}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงและทิศทางการออกแรง
$(\beta\gamma)_{kl}$	อันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงและมือ
$(\beta\delta)_{kn}$	อันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงและทิศทางการออกแรง
$(\gamma\delta)_{mn}$	อันตรกิริยาของมือและทิศทางการออกแรง
$(\tau\alpha\beta)_{ijk}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง
$(\tau\alpha\gamma)_{ijm}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง และมือ
$(\tau\alpha\delta)_{ijn}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\tau\beta\gamma)_{ikm}$	อันตรกิริยาของเพศ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\tau\beta\delta)_{ikn}$	อันตรกิริยาของเพศ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\tau\gamma\delta)_{imn}$	อันตรกิริยาของเพศ มือและทิศทางการออกแรง
$(\alpha\beta\gamma)_{ikm}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\alpha\beta\delta)_{ikn}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\alpha\gamma\delta)_{imn}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\beta\gamma\delta)_{kmn}$	อันตรกิริยาของ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\tau\alpha\beta\gamma)_{ijkm}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\tau\alpha\beta\delta)_{ijkn}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\tau\alpha\gamma\delta)_{ijmn}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\tau\beta\gamma\delta)_{ikmn}$	อันตรกิริยาของเพศ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\alpha\beta\gamma\delta)_{ikmn}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง

ตารางที่ 3.5 อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.1 (ต่อ)

ตัวแปร	ความหมาย
$(\tau\alpha\beta\gamma\delta)_{ijkmn}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
ε_{ijkmnl}	ความผิดปกติแบบสุ่ม NID $(0, \sigma^2)$

ตารางที่ 3.6 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุโดยรวม

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
1	H_0	เพศไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	เพศมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
2	H_0	รูปทรงด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	รูปทรงด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
3	H_0	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
4	H_0	มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
5	H_0	ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
6	H_0	เพศ*รูปทรงด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	เพศ*รูปทรงด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
7	H_0	เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
8	H_0	เพศ*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	เพศ*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ

ตารางที่ 3.6 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุโดยรวม (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
9	H ₀	เพศ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	เพศ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
10	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
11	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
12	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
13	H ₀	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
21	H ₀	เพศ*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	เพศ*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
22	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
23	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ

ตารางที่ 3.6 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุโดยรวม (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
24	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
25	H ₀	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
26	H ₀	เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
27	H ₀	เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
28	H ₀	เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
29	H ₀	เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
30	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ

ตารางที่ 3.6 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุโดยรวม (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
31	H ₀	เพศ*รูปทรงด้าม ไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	เพศ*รูปทรงด้าม ไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ

3.5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือของผู้สูงอายุตามช่วงอายุ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนและใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในทดสอบสมมติฐาน มีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก โดยการพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าแรงบิดมือ 6 ปัจจัย ได้แก่ ช่วงอายุ เพศ รูปทรงด้าม ไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มือ และทิศทางการออกแรงบิด แบบจำลองเชิงเส้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นดังสมการที่ 3.2 สมมติฐานของการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.8

$$\begin{aligned}
 y_{xijklmnl} = & \mu + \rho_x + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + \gamma_m + \delta_n + (\rho\tau)_{xi} \\
 & + (\rho\alpha)_{xj} + (\rho\beta)_{xk} + (\rho\gamma)_{xm} + (\rho\delta)_{xn} + (\tau\alpha)_{ij} + (\tau\beta)_{ik} \\
 & + (\tau\gamma)_{il} + (\tau\delta)_{im} + (\alpha\beta)_{jk} + (\alpha\gamma)_{jl} + (\alpha\delta)_{jm} + (\beta\gamma)_{kl} \\
 & + (\beta\delta)_{kn} + (\gamma\delta)_{mn} + (\rho\tau\alpha)_{xij} + (\rho\tau\beta)_{xik} + (\rho\tau\gamma)_{xim} \\
 & + (\rho\tau\delta)_{xin} + (\rho\alpha\beta)_{xjk} + (\rho\alpha\gamma)_{xjm} + (\rho\alpha\delta)_{xjn} + (\rho\beta\gamma)_{xkn} \\
 & + (\rho\beta\delta)_{xkn} + (\rho\gamma\delta)_{xmn} + (\tau\alpha\beta)_{ijk} + (\tau\alpha\gamma)_{ijm} + (\tau\alpha\delta)_{ijn} \\
 & + (\tau\beta\gamma)_{ikm} + (\tau\beta\delta)_{ikn} + (\tau\gamma\delta)_{imn} + (\alpha\beta\gamma)_{jkm} + (\alpha\beta\delta)_{jkn} \\
 & + (\alpha\gamma\delta)_{jmn} + (\beta\gamma\delta)_{kmn} + (\rho\tau\alpha\beta)_{xijk} + (\rho\tau\alpha\gamma)_{xijm} \\
 & + (\rho\tau\alpha\delta)_{xijn} + (\rho\tau\beta\gamma)_{xikm} + (\rho\tau\beta\delta)_{xikn} + (\rho\tau\gamma\delta)_{ximn} \\
 & + (\rho\alpha\beta\gamma)_{xjkm} + (\rho\alpha\beta\delta)_{xjkn} + (\rho\alpha\gamma\delta)_{xjmn} + (\rho\beta\gamma\delta)_{xkmn} \\
 & + (\tau\alpha\beta\gamma)_{ijkm} + (\tau\alpha\beta\delta)_{ijkn} + (\tau\alpha\gamma\delta)_{ijmn} + (\tau\beta\gamma\delta)_{ikmn} \\
 & + (\alpha\beta\gamma\delta)_{jkmn} + (\tau\alpha\beta\gamma\delta)_{ijkmn} + (\rho\tau\alpha\beta\gamma)_{xijkm} + (\rho\tau\alpha\beta\delta)_{xijkn} \\
 & + (\rho\tau\alpha\gamma\delta)_{xijmn} + (\rho\tau\beta\gamma\delta)_{xikmn} + (\rho\alpha\beta\gamma\delta)_{xjkmn} \\
 & + (\rho\tau\alpha\beta\gamma\delta)_{xijkmn} + \varepsilon_{xijklmnl}
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

ตารางที่ 3.7 อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.2

ตัวแปร	ความหมาย
μ	ค่าเฉลี่ยรวม
ρ_x	ผลกระทบของช่วงอายุ เมื่อ $x=1$ คือ 60-69 ปี $x=2$ คือ 70-79 ปี $x=3$ คือ 80 ปีขึ้นไป
τ_i	ผลกระทบของเพศ เมื่อ $i=1$ คือ เพศชาย $i=2$ คือ เพศหญิง
α_j	ผลกระทบของรูปทรงค้ำไขควง เมื่อ $j=1$ คือ ทรงกระบอก $j=2$ คือ ทรงหกเหลี่ยม
β_k	ผลกระทบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควง เมื่อ $k=1$ คือ 1 มิลลิเมตร $k=2$ คือ 25 มิลลิเมตร $k=3$ คือ 35 มิลลิเมตร $k=4$ คือ 40 มิลลิเมตร
γ_m	ผลกระทบของมือ เมื่อ $m=1$ คือ มือข้างขวา $m=2$ คือ มือข้างซ้าย
δ_n	ผลกระทบของทิศทางการออกแรง เมื่อ $n=1$ คือ ทิศทางตามเข็มนาฬิกา $n=2$ คือ ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
$(\rho\tau)_{xi}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุและเพศ
$(\rho\alpha)_{xj}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุและรูปทรงค้ำไขควง
$(\rho\beta)_{xk}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควง
$(\rho\gamma)_{xm}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุและมือ
$(\rho\delta)_{xn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุและทิศทางการออกแรง
$(\tau\alpha)_{ij}$	อันตรกิริยาของเพศและรูปทรงค้ำไขควง
$(\tau\beta)_{ik}$	อันตรกิริยาของเพศและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควง
$(\tau\gamma)_{im}$	อันตรกิริยาของเพศและมือ
$(\tau\delta)_{in}$	อันตรกิริยาของเพศและทิศทางการออกแรง
$(\alpha\beta)_{jk}$	อันตรกิริยาของรูปทรงค้ำไขควงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควง
$(\alpha\gamma)_{jl}$	อันตรกิริยาของรูปทรงค้ำไขควงและมือ
$(\alpha\delta)_{jm}$	อันตรกิริยาของรูปทรงค้ำไขควงและทิศทางการออกแรง
$(\beta\gamma)_{kl}$	อันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควงและมือ
$(\beta\delta)_{kn}$	อันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควงและทิศทางการออกแรง
$(\gamma\delta)_{mn}$	อันตรกิริยาของมือและทิศทางการออกแรง
$(\rho\tau\alpha)_{xij}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ เพศ และรูปทรงค้ำไขควง
$(\rho\tau\beta)_{xik}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ เพศ และรูปทรงค้ำไขควง

ตารางที่ 3.7 อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.2 (ต่อ)

ตัวแปร	ความหมาย
$(\rho\tau\gamma)_{xim}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ เพศ และรูปทรงด้ามไขควง
$(\rho\tau\delta)_{xin}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ เพศ และรูปทรงด้ามไขควง
$(\rho\alpha\beta)_{xjk}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง
$(\rho\alpha\gamma)_{xjm}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง และมือ
$(\rho\alpha\delta)_{xjn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\rho\beta\gamma)_{xkm}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\rho\beta\delta)_{xkn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\rho\gamma\delta)_{xmn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ มือ และทิศทางการออกแรง
$(\tau\alpha\beta)_{ijk}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง
$(\tau\alpha\gamma)_{ijm}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง และมือ
$(\tau\alpha\delta)_{ijn}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\tau\beta\gamma)_{ikm}$	อันตรกิริยาของเพศ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\tau\beta\delta)_{ikn}$	อันตรกิริยาของเพศ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\tau\gamma\delta)_{imn}$	อันตรกิริยาของเพศ มือและทิศทางการออกแรง
$(\alpha\beta\gamma)_{jkm}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\alpha\beta\delta)_{jkn}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\alpha\gamma\delta)_{jmn}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\beta\gamma\delta)_{kmn}$	อันตรกิริยาของ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\rho\tau\alpha\beta)_{xijk}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ เพศ รูปทรงด้ามไขควง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง
$(\rho\tau\alpha\gamma)_{xijm}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ เพศ รูปทรงด้ามไขควง และมือ

ตารางที่ 3.7 อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.2 (ต่อ)

ตัวแปร	ความหมาย
$(\rho\tau\alpha\delta)_{xijn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ เพศ รูปทรงด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\rho\tau\beta\gamma)_{xikm}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ เพศ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\rho\tau\beta\delta)_{xikn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ เพศ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\rho\tau\gamma\delta)_{ximn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ เพศ มือ และทิศทางการออกแรง
$(\rho\alpha\beta\gamma)_{xjkm}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\rho\alpha\beta\delta)_{xjkn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\rho\alpha\gamma\delta)_{xjmn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\rho\beta\gamma\delta)_{xkmn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\tau\alpha\beta\gamma)_{ijkm}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\tau\alpha\beta\delta)_{ijkn}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\tau\alpha\gamma\delta)_{ijmn}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\tau\beta\gamma\delta)_{ikmn}$	อันตรกิริยาของเพศ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\alpha\beta\gamma\delta)_{jkmn}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\tau\alpha\beta\gamma\delta)_{ijkmn}$	อันตรกิริยาของเพศ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$\varepsilon_{xijknml}$	ความผิดปกติแบบสุ่ม NID $(0, \sigma^2)$

ตารางที่ 3.8 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
1	H ₀	ช่วงอายุไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
2	H ₀	เพศไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	เพศมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
3	H ₀	รูปทรงค้ำไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงค้ำไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
4	H ₀	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
5	H ₀	มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
6	H ₀	ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
7	H ₀	ช่วงอายุ*เพศไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
8	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงค้ำไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงค้ำไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
9	H ₀	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
10	H ₀	ช่วงอายุ*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
11	H ₀	ช่วงอายุ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
12	H ₀	เพศ*รูปทรงค้ำไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	เพศ*รูปทรงค้ำไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ

ตารางที่ 3.8 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
13	H ₀	เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง ไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
14	H ₀	เพศ*มือ ไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	เพศ*มือ มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
15	H ₀	เพศ*ทิศทางการออกแรง ไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	เพศ*ทิศทางการออกแรง มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
16	H ₀	รูปทรงด้าม ไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง ไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	รูปทรงด้าม ไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
17	H ₀	รูปทรงด้าม ไขควง*มือ ไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	รูปทรงด้าม ไขควง*มือ มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
18	H ₀	รูปทรงด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรง ไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	รูปทรงด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรง มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
19	H ₀	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือ ไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือ มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
20	H ₀	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรง ไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรง มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
21	H ₀	มือ*ทิศทางการออกแรง ไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H ₁	มือ*ทิศทางการออกแรง มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ

ตารางที่ 3.8 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
22	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงค้ำไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงค้ำไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
23	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
24	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
25	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
26	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงค้ำไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงค้ำไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
27	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงค้ำไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงค้ำไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
28	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงค้ำไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงค้ำไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
29	H ₀	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ

ตารางที่ 3.8 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
30	H ₀	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
31	H ₀	ช่วงอายุ*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
32	H ₀	เพศ*รูปทรงด้าม ไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	เพศ*รูปทรงด้าม ไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
33	H ₀	เพศ*รูปทรงด้าม ไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	เพศ*รูปทรงด้าม ไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
34	H ₀	เพศ*รูปทรงด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	เพศ*รูปทรงด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
35	H ₀	เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
36	H ₀	เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
37	H ₀	เพศ*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	เพศ*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ

ตารางที่ 3.8 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
38	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
39	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
40	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
41	H ₀	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
42	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
43	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
44	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ

ตารางที่ 3.8 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
45	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
46	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
47	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
48	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงด้าม ไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงด้าม ไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
49	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงด้าม ไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงด้าม ไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
50	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงด้าม ไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงด้าม ไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
51	H ₀	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ

ตารางที่ 3.8 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
59	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
60	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
61	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
62	H ₀	เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
63	H ₀	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ

หมายเหตุ: * อันตรกิริยา

3.5.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิงตามช่วงอายุ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิงตามช่วงอายุ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก (Block) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าแรงบิดมือ 5 ปัจจัย ได้แก่ ช่วงอายุ รูปทรงของด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มือ และทิศทางการออกแรงบิด แบบจำลองเชิงเส้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นดังสมการที่ 3.3 สมมติฐานของการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.10

$$\begin{aligned}
 y_{ijkml} = & \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + \gamma_m + \delta_n + (\tau\alpha)_{ij} + (\tau\beta)_{ik} \\
 & + (\tau\gamma)_{il} + (\tau\delta)_{im} + (\alpha\beta)_{jk} + (\alpha\gamma)_{jl} + (\alpha\delta)_{jm} \\
 & + (\beta\gamma)_{kl} + (\beta\delta)_{kn} + (\gamma\delta)_{mn} + (\tau\alpha\beta)_{ijk} + (\tau\alpha\gamma)_{ijm} \\
 & + (\tau\alpha\delta)_{ijn} + (\tau\beta\gamma)_{ikm} + (\tau\beta\delta)_{ikn} + (\tau\gamma\delta)_{imn} \\
 & + (\alpha\beta\gamma)_{ikm} + (\alpha\beta\delta)_{jkn} + (\alpha\gamma\delta)_{jmn} + (\beta\gamma\delta)_{kmn} \\
 & + (\tau\alpha\beta\gamma)_{ijklm} + (\tau\alpha\beta\delta)_{ijkn} + (\tau\alpha\gamma\delta)_{ijmn} + (\tau\beta\gamma\delta)_{ikmn} \\
 & + (\alpha\beta\gamma\delta)_{jkmn} + (\tau\alpha\beta\gamma\delta)_{ijkmn} + \varepsilon_{ijkmnl}
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

ตารางที่ 3.9 อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.3

ตัวแปร	ความหมาย
μ	ค่าเฉลี่ยรวม
τ_i	ผลกระทบของช่วงอายุ เมื่อ i=1 คือ 60-69 ปี i=2 คือ 70-79 ปี i=3 คือ 80 ปีขึ้นไป
α_j	ผลกระทบของรูปทรงด้ามไขควง เมื่อ j=1 คือ ทรงกระบอก j=2 คือ ทรงหกเหลี่ยม
β_k	ผลกระทบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง เมื่อ k=1 คือ 15 มิลลิเมตร k=2 คือ 25 มิลลิเมตร k=3 คือ 35 มิลลิเมตร k=4 คือ 40 มิลลิเมตร
γ_m	ผลกระทบของมือ เมื่อ m=1 คือ มือข้างขวา m=2 คือ มือข้างซ้าย

ตารางที่ 3.9 อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.3 (ต่อ)

ตัวแปร	ความหมาย
δ_n	ผลกระทบของทิศทางการออกแรง เมื่อ $n=1$ คือ ทิศทางตามเข็มนาฬิกา $n=2$ คือ ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
$(\tau\alpha)_{ij}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ และรูปทรงด้ามไขควง
$(\tau\beta)_{ik}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง
$(\tau\gamma)_{il}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ และมือ
$(\tau\delta)_{im}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ และทิศทางการออกแรง
$(\alpha\beta)_{jk}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง
$(\alpha\gamma)_{jl}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงและมือ
$(\alpha\delta)_{jm}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงและทิศทางการออกแรง
$(\beta\gamma)_{kl}$	อันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงและมือ
$(\beta\delta)_{kn}$	อันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงและทิศทางการออกแรง
$(\gamma\delta)_{mn}$	อันตรกิริยาของมือและทิศทางการออกแรง
$(\tau\alpha\beta)_{ijk}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง
$(\tau\alpha\gamma)_{ijm}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง และมือ
$(\tau\alpha\delta)_{ijn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\tau\beta\gamma)_{ikm}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\tau\beta\delta)_{ikn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\tau\gamma\delta)_{imn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ มือและทิศทางการออกแรง
$(\alpha\beta\gamma)_{ikm}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\alpha\beta\delta)_{jkn}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\alpha\gamma\delta)_{jmn}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\beta\gamma\delta)_{kmn}$	อันตรกิริยาของ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง

ตารางที่ 3.9 อธิบายตัวแปรของแบบจำลองเชิงเส้นสมการ 3.3 (ต่อ)

ตัวแปร	ความหมาย
$(\tau\alpha\beta\gamma)_{ijkm}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และมือ
$(\tau\alpha\beta\delta)_{ijkn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง และทิศทางการออกแรง
$(\tau\alpha\gamma\delta)_{ijmn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\tau\beta\gamma\delta)_{ikmn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\alpha\beta\gamma\delta)_{jkmn}$	อันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
$(\tau\alpha\beta\gamma\delta)_{ijkmn}$	อันตรกิริยาของช่วงอายุ รูปทรงด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มือ และทิศทางการออกแรง
ε_{ijkmnl}	ความผิดปกติแบบสุ่ม NID $(0, \sigma^2)$

ตารางที่ 3.10 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิงตามช่วงอายุ

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
1	H_0	ช่วงอายุไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	ช่วงอายุมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
2	H_0	รูปทรงด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	รูปทรงด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
3	H_0	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
4	H_0	มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ
	H_1	มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ

ตารางที่ 3.10 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุเพศชายและ
เพศหญิงตามช่วงอายุ (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
5	H ₀	ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
6	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
7	H ₀	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
8	H ₀	ช่วงอายุ*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
9	H ₀	ช่วงอายุ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
10	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
11	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
12	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
13	H ₀	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ

ตารางที่ 3.10 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุเพศชายและ
เพศหญิงตามช่วงอายุ (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
14	H_0	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการหมุนไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการหมุนมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
15	H_0	มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
16	H_0	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
17	H_0	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
18	H_0	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
19	H_0	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
20	H_0	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ

ตารางที่ 3.10 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุเพศชายและ
เพศหญิงตามช่วงอายุ (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
21	H_0	ช่วงอายุ*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	ช่วงอายุ*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
22	H_0	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
23	H_0	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
24	H_0	รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
25	H_0	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
26	H_0	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H_1	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ

ตารางที่ 3.10 สมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุเพศชายและ
เพศหญิงตามช่วงอายุ (ต่อ)

สมมติฐานที่	สมมติฐานของการทดลอง	
27	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
28	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
29	H ₀	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
30	H ₀	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
31	H ₀	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ
	H ₁	ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ

หมายเหตุ: * อันตรกิริยา

3.6.3 เครื่องมือในการทดลอง

- 1) รายการสำรวจบริเวณต่าง ๆ ของมือ

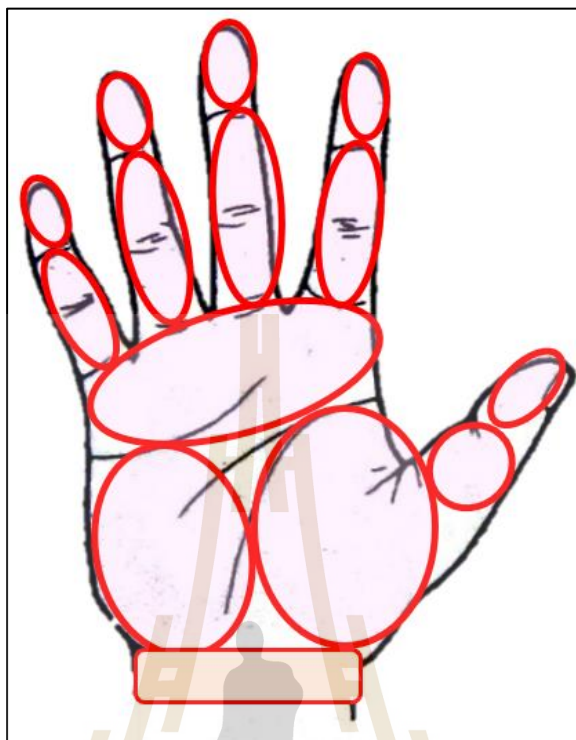
ตารางที่ 3.12 รายการสำรวจบริเวณต่าง ๆ ของมือ

รายการสำรวจ	บริเวณของฝ่ามือและนิ้วมือ
1	กล้ามเนื้อของฝ่ามือด้านหัวแม่มือ
2	อุ้งมือ
3	กล้ามเนื้อของฝ่ามือด้านนิ้วก้อย
4	นิ้วหัวแม่มือส่วนกลาง
5	นิ้วหัวแม่มือส่วนปลาย
6	นิ้วชี้ส่วนกลาง
7	นิ้วชี้ส่วนปลาย
8	นิ้วกลางส่วนกลาง
9	นิ้วกลางส่วนปลาย
10	นิ้วนางส่วนกลาง
11	นิ้วนางส่วนปลาย
12	นิ้วก้อยส่วนกลาง
13	นิ้วก้อยส่วนปลาย
14	ข้อมือ

อ้างอิงรายการสำรวจจาก งานวิจัยของ Dianat et al, (2016) รายการที่ 1-13

- 2) ตารางบันทึกข้อมูลความความไม่สบายบริเวณต่าง ๆ ของมือผู้สูงอายุ

การสำรวจความความไม่สบายบริเวณต่าง ๆ ของมือผู้สูงอายุที่มีต่อรูปทรง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไขควง จำนวน 14 รายการสำรวจ ได้แก่ กล้ามเนื้อของฝ่ามือด้านหัวแม่มือ อุ้งมือ กล้ามเนื้อของฝ่ามือด้านนิ้วก้อย นิ้วหัวแม่มือส่วนกลาง นิ้วหัวแม่มือส่วนปลาย นิ้วชี้ส่วนกลาง นิ้วชี้ส่วนปลาย นิ้วกลางส่วนกลาง นิ้วกลางส่วนปลาย นิ้วนางส่วนกลาง นิ้วนางส่วนปลาย นิ้วก้อยส่วนกลาง นิ้วก้อยส่วนปลาย และข้อมือ



รูปที่ 3.10 บริเวณต่าง ๆ ของมือ (Dianat et al, 2016)

3.7 การศึกษานำร่อง (Pilot Study)

การศึกษานำร่องเป็นการศึกษาความสามารถในการออกแรงบิด โดยผู้ถูกทดสอบเป็นนักศึกษาชาย จำนวน 20 ราย อายุระหว่าง 18-24 ปี ทำการทดสอบทั้งมือด้านซ้ายและขวาด้วยทำขึ้นที่ระดับความสูง 100, 110 และ 120 เซนติเมตร วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการออกแรงบิด และใช้ปรับแนวทางการดำเนินงานวิจัยต่อไป โดยมีตัวแปรอิสระ มี 3 ตัวแปร ได้แก่ 1) ระดับความสูง 2) มือ และ 3) ทิศทางการหมุน ตัวแปรตาม คือ ค่าแรงบิดมือ มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร

จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยแรงบิดมืออยู่ในช่วง 2.775-4.890 นิวตันเมตร และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดพบว่าทิศทางการหมุนและความสูงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือ ทั้งนี้รายละเอียดของการศึกษานำร่องแสดงในภาคผนวก ก.

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

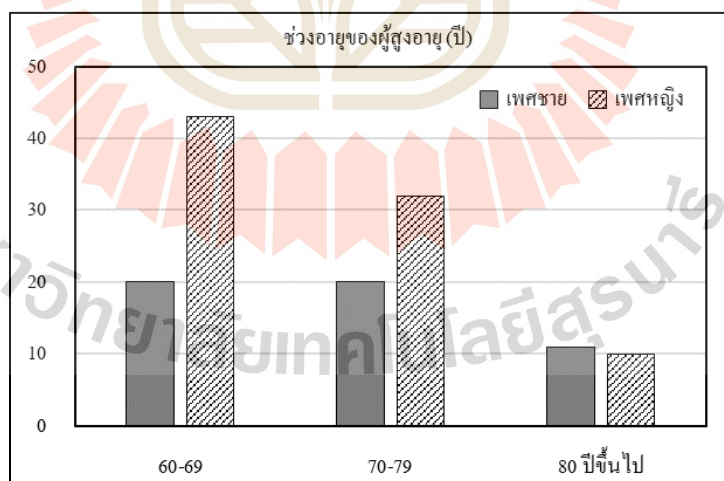
ผลการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ผลการวิจัยเชิงสำรวจ ได้แก่ ผลการสำรวจข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ถูกทดสอบและผลการวัดสัดส่วนร่างกายของผู้สูงอายุ และส่วนที่ 2 ผลการวิจัยเชิงทดลอง ได้แก่ ผลการทดสอบความสามารถการออกแรงบิดมือ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน และผลการสำรวจความรู้สึกไม่สบายที่เกิดในบริเวณต่างๆ ของมือผู้สูงอายุ

ส่วนที่ 1 ผลการวิจัยเชิงสำรวจ

4.1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ถูกทดสอบ

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ถูกทดสอบ ประกอบด้วย เพศ อายุ ความถนัดมือ ระดับการศึกษา การประกอบอาชีพ โรคประจำตัว อาการปวดตามร่างกาย และการออกกำลังกาย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเป็นดังนี้

1) เพศ อายุ และจำนวนผู้ถูกทดสอบ

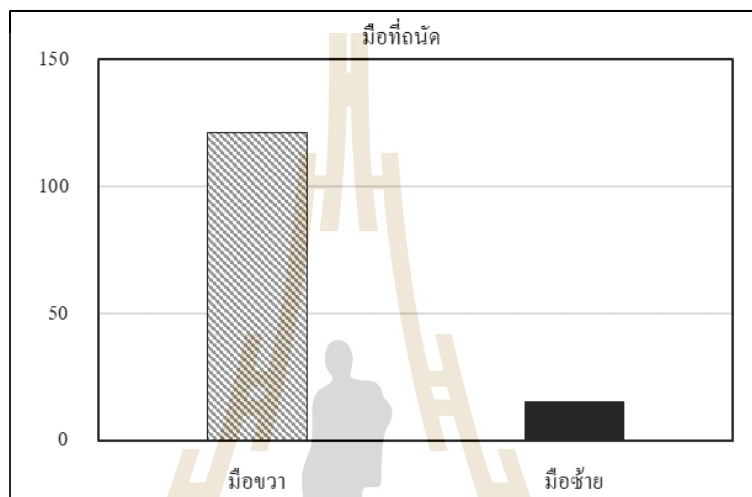


รูปที่ 4.1 ช่วงอายุของผู้สูงอายุ

จากผลการสำรวจช่วงอายุของผู้สูงอายุ ดังรูปที่ 4.1 พบว่ามีผู้สูงอายุ จำนวน 136 คน แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 51 คน (ร้อยละ 37.5) และเพศหญิง จำนวน 85 คน (ร้อยละ 62.5) โดยผู้สูง

อายุอยู่ในช่วงอายุ 60-69 ปี จำนวน 63 คน (ร้อยละ 46.3) เป็นเพศชาย 20 คน เพศหญิง 43 คน ช่วงอายุ 70-79 ปี จำนวน 52 คน (ร้อยละ 38.2) เป็นเพศชาย 20 คน เพศหญิง 32 คน และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป จำนวน 21 คน (ร้อยละ 15.4) เป็นเพศชาย 11 คน เพศหญิง 10 คน

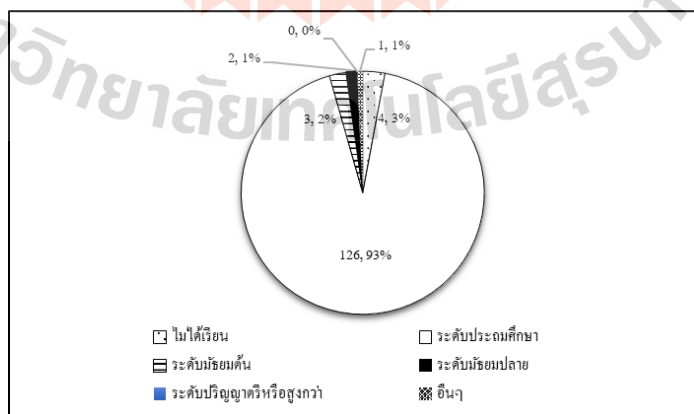
2) ความถนัดมือ



รูปที่ 4.2 ความถนัดมือของผู้สูงอายุ

จากผลการสำรวจความถนัดมือของผู้สูงอายุ ดังรูปที่ 4.2 พบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีความถนัดมือขวา จำนวน 121 คน (ร้อยละ 89) และถนัดมือซ้าย จำนวน 15 คน (ร้อยละ 11)

3) ระดับการศึกษา

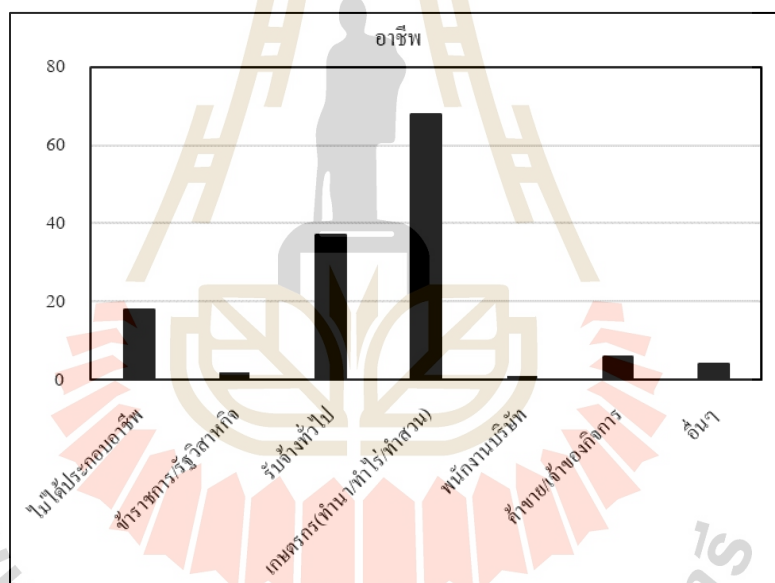


รูปที่ 4.3 ระดับการศึกษา

จากผลการสำรวจระดับการศึกษา ดังรูปที่ 4.3 พบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา จำนวน 126 คน คิดเป็นร้อยละ 93 รองลงมา คือ จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 3 คน (ร้อยละ 2) ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 2 คน (ร้อยละ 1) ระดับการศึกษาอื่นๆ จำนวน 1 คน (ร้อยละ 1) และมีผู้สูงอายุไม่ได้รับการศึกษา จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 3

4) การประกอบอาชีพ

จากการสำรวจพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร จำนวน 68 คน (ร้อยละ 50) รองลงมา คือ รับจ้างทั่วไป จำนวน 37 คน (ร้อยละ 27) ค้าขายหรือเจ้าของธุรกิจ จำนวน 6 คน (ร้อยละ 4) ข้าราชการ จำนวน 2 คน (ร้อยละ 2) พนักงานงานบริษัท จำนวน 1 คน (ร้อยละ 1) ประกอบอาชีพอื่น เช่น การทอผ้า จำนวน 4 คน (ร้อยละ 3) และมีผู้สูงอายุที่ไม่ได้ประกอบอาชีพ จำนวน 18 คน (ร้อยละ 13)



รูปที่ 4.4 การประกอบอาชีพ

5) โรคประจำตัว

จากการสำรวจผู้สูงอายุ จำนวน 136 คน พบว่าผู้สูงอายุจำนวน 48 คน (ร้อยละ 24) ไม่มีโรคประจำตัว และร้อยละ 76 ของผู้สูงอายุมีโรคประจำตัว คือ โรคความดันโลหิตสูง จำนวน 71 คน (ร้อยละ 36) รองลงมา คือ โรคไขมันในเส้นเลือด จำนวน 33 คน (ร้อยละ 17) และโรคความดันเบาหวาน จำนวน 32 คน (ร้อยละ 16) และโรคอื่นๆ เช่น ภูมิแพ้ โลหิตจาง หัวใจเป็นต้น จำนวน 12 คน (ร้อยละ 7) ดังตารางที่ 4.1

6) อาการปวดตามร่างกาย

ตารางที่ 4.1 โรคประจำตัว

โรคประจำตัว	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ไม่มีโรคประจำตัว	48	24
เบาหวาน	32	16
ไขมันในเส้นเลือด	33	17
ความดันโลหิต	71	36
โรคอื่นๆ	12	7

จากการสำรวจพบว่าร้อยละ 56 ผู้สูงอายุ มีอาการปวดตามร่างกายบริเวณข้อไหล่ จำนวน 14 คน (ร้อยละ 10) หลัง จำนวน 12 คน (ร้อยละ 8) ข้อศอก จำนวน 4 คน (ร้อยละ 3) คอ จำนวน 8 คน (ร้อยละ 5) ข้อเข่า จำนวน 15 คน (ร้อยละ 10) และบริเวณอื่นๆ จำนวน 28 คน (ร้อยละ 20) ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 อาการปวดตามร่างกาย

บริเวณที่ปวดตามร่างกาย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ไม่มีอาการปวดตามร่างกาย	64	44
ข้อไหล่	14	10
หลัง	12	8
ข้อศอก	4	3
คอ	8	5
ข้อเข่า	15	10
บริเวณอื่นๆ	28	20

7) การออกกำลังกาย

จากการสำรวจพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ออกกำลังกายด้วยการเดิน จำนวน 101 คน (ร้อยละ 61) รองลงมา คือ การปั่นจักรยาน จำนวน 19 คน (ร้อยละ 12) การวิ่ง จำนวน 14 คน

(ร้อยละ 8) และการออกกำลังกายอื่นๆ เช่น การเดินแอโรบิก เล่นโยคะ เป็นต้น จำนวน 11 คน (ร้อยละ 12) และพบว่าผู้สูงอายุ จำนวน 20 คน ไม่นิยมออกกำลังกาย ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การออกกำลังกาย

ประเภทการออกกำลังกาย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ไม่ได้ออกกำลังกาย	20	12
วิ่ง	14	8
เดิน	101	61
ปั่นจักรยาน	19	12
อื่นๆ	11	7

4.2 การวัดสัดส่วนร่างกายของผู้สูงอายุ

จากการสำรวจสัดส่วนร่างกายของผู้สูงอายุพบว่าความสูงเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 161.92 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ยของเพศหญิงเท่ากับ 151.01 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 60.22 กิโลกรัม และน้ำหนักเฉลี่ยของเพศหญิงเท่ากับ 55.22 กิโลกรัม ความยาวฝ่ามือเฉลี่ยของเพศชายเท่ากับ 10.24 เซนติเมตร และความยาวฝ่ามือเฉลี่ยของเพศหญิงเท่ากับ 9.93 เซนติเมตร รายการวัดสัดส่วนร่างกายอื่นๆ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สัดส่วนร่างกายของผู้สูงอายุ

รายการวัด	เพศชาย (n = 51 คน)		เพศหญิง (n = 85 คน)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความสูง (ซม.)	161.92	±5.69	151.01	±5.15
ความสูงข้อศอก (ขณะงอ) (ซม.)	99.34	±5.28	92.67	±5.01
ความยาวรอบฝ่ามือ (ซม.)	20.55	±1.16	18.47	±1.15
ความยาวนิ้วหัวแม่มือ (ซม.)	6.34	±0.72	5.76	±0.68
ความยาวนิ้วชี้ (ซม.)	6.93	±0.49	6.51	±0.48
ความยาวนิ้วกลาง (ซม.)	8.15	±3.63	7.52	±2.63
ความยาวนิ้วนาง (ซม.)	7.14	±0.41	6.63	±0.52

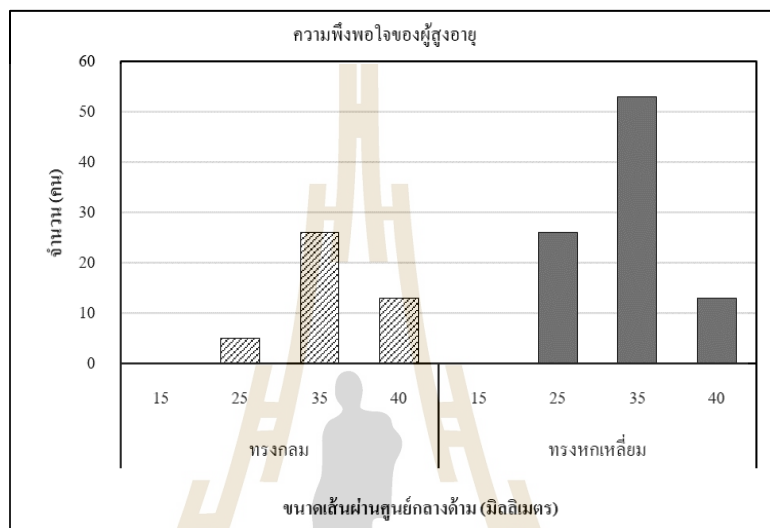
ตารางที่ 4.4 สัดส่วนร่างกายของผู้สูงอายุ (ต่อ)

รายการวัด	เพศชาย (n = 51 คน)		เพศหญิง (n = 85 คน)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ความขานิ้วก้อย (ซม.)	5.65	±0.36	5.24	±0.63
ระยะห่างระหว่างปลายนิ้วมือ-กึ่งกลาง โคนฝ่ามือ (ซม.)	18.04	±0.80	17.07	±0.82
ความยาวฝ่ามือ (ซม.)	10.24	±0.59	9.93	±3.74
ระยะห่างปลายนิ้วชี้-ง่ามนิ้วหัวแม่มือ (ซม.)	11.24	±0.77	10.52	±0.79
ความกว้างฝ่ามือ (ซม.)	8.32	±0.62	7.45	±0.41
ความกว้างมือ (ซม.)	9.61	±0.62	8.60	±0.49
ความหนาฝ่ามือ (ซม.)	3.31	±0.32	3.04	±0.39
ความกว้างเส้นผ่านศูนย์กลางกำมือ (ซม.)	2.96	±0.45	2.82	±0.52
น้ำหนัก (กก.)	60.22	±13.32	55.22	±10.26



ส่วนที่ 2 ผลการวิจัยเชิงทดลอง

4.3 ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามจับไขควง



รูปที่ 4.5 ความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามจับไขควง

จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามจับไขควง ดังรูปที่ 4.5 พบว่าผู้สูงอายุพึงพอใจด้ามไขควงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร จำนวน 89 คน (ร้อยละ 58) รองลงมา คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 และ 40 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตรไม่มีผู้สูงอายุพึงพอใจ และพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่พึงพอใจด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมมากกว่าทรงกลม โดยมีผู้สูงอายุ จำนวน 92 คน (ร้อยละ 68) เป็นเพศชาย จำนวน 42 คน เพศหญิง จำนวน 50 คน พึงพอใจด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยม และมีผู้สูงอายุจำนวน 44 คน (ร้อยละ 32) เป็นเพศชาย จำนวน 9 คน เพศหญิง จำนวน 35 คน พึงพอใจด้ามไขควงทรงกลม ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามไขควง

ด้ามไขควง	ขนาดด้ามไขควง (มิลลิเมตร)	เพศชาย (คน)	เพศหญิง (คน)	รวม (คน)	ร้อยละ
ทรงกลม	15	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	0
	25	0	5	5	4
	35	4	22	26	19
	40	5	8	13	9
ทรงหกเหลี่ยม	15	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	0
	25	8	18	26	19
	35	23	30	53	39
	40	11	2	13	10

4.4 ผลการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ

4.4.1 ผลการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุโดยรวม

ผลการทดสอบความสามารถในการออกแรงบิดมือของขาของผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิง จำนวน 136 คน ด้วยด้ามไขควงทรงกลมและทรงหกเหลี่ยมทั้ง 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ได้แก่ 15, 25, 35 และ 40 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา ดังตารางที่ 4.6 พบว่าผู้สูงอายุเพศชายออกแรงบิดเฉลี่ยมากที่สุด เมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบิดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 4.00 ± 1.35 นิวตันเมตร และออกแรงบิดเฉลี่ยน้อยสุดที่ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบิดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.68 ± 0.26 นิวตันเมตร ส่วนทางด้านผู้สูงอายุเพศหญิงในตารางที่ 4.7 พบว่าออกแรงบิดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบิดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.64 ± 1.42 นิวตันเมตร และออกแรงบิดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบิดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.58 ± 0.23 นิวตันเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าค่าแรงบิดเฉลี่ยรวมทั้งเพศชายและเพศหญิงมีค่าแรงบิดมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

และมีค่าแรงบิดเฉลี่ยรวมน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ผลการทดสอบความสามารถในการออกแรงบิดมือซ้ายพบว่า ผู้สูงอายุเพศชายออกแรงบิดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบิดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.63 ± 1.18 นิวตันเมตร และออกแรงบิดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบิดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.71 ± 0.28 นิวตันเมตร ส่วนทางด้านผู้สูงอายุเพศหญิงพบว่า ออกแรงบิดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบิดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.34 ± 0.73 นิวตันเมตร และออกแรงบิดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบิดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.56 ± 0.23 นิวตันเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าค่าแรงบิดเฉลี่ยรวมทั้งเพศชายและเพศหญิงมีค่าแรงบิดมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และมีค่าแรงบิดเฉลี่ยรวมน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิงมีความสามารถในการออกแรงบิดมากที่สุดเมื่อด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร และมีค่าแรงบิดเฉลี่ยรวมน้อยสุดเมื่อด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร และมีแนวโน้มที่เพศชายสามารถออกแรงบิดได้มากกว่าเพศหญิงทั้งมือซ้ายและมือขวาเมื่อทำการทดสอบด้วยด้ามไขควงที่มีขนาดและรูปทรงเหมือนกัน และยังพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของด้ามไขควงมีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิดของผู้สูงอายุ โดยด้ามที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 15 มิลลิเมตร จะให้ค่าแรงบิดที่น้อยกว่าด้ามไขควงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25, 35 และ 40 มิลลิเมตร ซึ่งด้ามที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 40 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.6 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชายโดยรวม

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การหมุน	เพศชาย (n = 51)				
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅	
ทรงกลม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.68	± 0.26	0.30	1.10	
		25		1.67	± 0.66	0.85	2.80	
		35	นาฬิกา	2.59	± 0.99	1.13	3.95	
		40	ตามเข็มนาฬิกา	3.04	± 1.01	1.40	4.67	
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.75	± 0.25	0.35	1.22	
		25		1.85	± 0.70	0.95	3.05	
		35		นาฬิกา	3.00	± 1.00	1.70	4.57
		40		ตามเข็มนาฬิกา	3.48	± 1.15	1.73	5.32
	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.71	± 0.28	0.25	1.15	
		25		1.75	± 0.71	0.79	3.15	
		35	นาฬิกา	2.68	± 0.96	1.10	4.57	
		40	ตามเข็มนาฬิกา	3.10	± 1.12	1.30	5.14	
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	1.04	± 3.59	0.33	1.25	
		25		1.65	± 0.61	0.78	2.82	
		35		นาฬิกา	2.49	± 0.88	1.18	4.30
		40		ตามเข็มนาฬิกา	2.95	± 1.00	1.35	4.50
ทรงหกเหลี่ยม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.88	± 0.29	0.45	1.45	
		25		1.87	± 0.69	0.95	3.40	
		35	นาฬิกา	3.04	± 1.11	1.11	5.50	
		40	ตามเข็มนาฬิกา	3.54	± 1.20	1.39	5.65	
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	1.03	± 0.72	0.58	1.70	
		25		2.14	± 0.71	1.05	3.25	
		35		นาฬิกา	3.36	± 1.13	1.64	5.15
		40		ตามเข็มนาฬิกา	4.00	± 1.35	2.05	6.25

ตารางที่ 4.6 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชายโดยรวม (ต่อ)

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การหมุน	เพศชาย (n = 51)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.93	± 0.34	0.43	1.54
		25		1.93	± 0.70	0.81	3.00
		35		3.16	± 1.25	1.36	5.92
		40		3.63	± 1.18	1.53	5.67
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.95	± 0.34	0.45	1.57
		25		1.87	± 0.67	0.98	2.90
		35		2.87	± 1.09	1.23	5.07
		40		3.35	± 1.08	1.64	5.07

ตารางที่ 4.7 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิงโดยรวม

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การหมุน	เพศหญิง (n = 85)				
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅	
ทรงกลม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.58	± 0.23	0.25	0.95	
		25	นาฬิกา	1.35	± 0.49	0.49	2.05	
		35	ตามเข็มนาฬิกา	1.90	± 0.69	0.77	3.12	
		40		2.19	± 0.71	1.05	3.30	
		15		ทวนเข็มนาฬิกา	0.60	± 0.26	0.25	0.95
		25		นาฬิกา	1.41	± 0.49	0.50	2.22
		35	ตามเข็มนาฬิกา	2.09	± 0.75	1.02	3.30	
		40		2.34	± 0.77	1.10	3.70	

ตารางที่ 4.7 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิงโดยรวม (ต่อ)

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การหมุน	เพศหญิง (n = 85)				
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅	
ทรงหก เหลี่ยม	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.56	± 0.23	0.20	0.96	
		25		1.33	± 0.49	0.45	2.20	
		35		1.86	± 0.65	0.82	2.85	
		40		2.13	± 1.00	1.00	3.33	
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.64	± 0.22	0.29	0.96	
		25		1.34	± 0.43	0.60	2.12	
		35		1.86	± 0.60	0.75	2.85	
		40		2.08	± 0.64	1.10	3.12	
	มือขวา	ตามเข็มนาฬิกา	15	0.74	± 0.27	0.30	1.20	
			25	1.55	± 0.54	0.59	2.47	
			35	2.19	± 0.77	1.04	3.40	
			40	2.45	± 0.74	1.24	3.60	
			ทวนเข็มนาฬิกา	15	0.78	± 0.29	0.25	1.25
				25	1.67	± 0.56	0.85	2.75
				35	2.28	± 0.73	1.05	3.62
				40	2.64	± 1.42	1.25	3.80
มือซ้าย		ตามเข็มนาฬิกา		15	0.70	± 0.26	0.25	1.07
				25	1.47	± 0.54	0.60	2.50
				35	2.04	± 0.69	1.06	3.45
				40	2.34	± 0.73	1.17	3.65
		ทวนเข็มนาฬิกา	15	0.75	± 0.26	0.30	1.15	
			25	1.53	± 0.77	0.70	2.55	
			35	2.12	± 0.70	1.05	3.40	
			40	2.30	± 0.73	1.15	3.65	

4.4.2 ผลการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบีดมือของผู้สูงอายุช่วงอายุ 60-69 ปี

ผลการทดสอบความสามารถในการออกแรงบีดมือขวาของผู้สูงอายุช่วงอายุ 60-69 ปี เพศชายจำนวน 20 คน และเพศหญิงจำนวน 43 คน พบว่าผู้สูงอายุเพศชายออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาโดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 4.21 ± 1.37 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.73 ± 0.23 นิวตันเมตร ส่วนผู้สูงอายุเพศหญิงพบว่าออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.62 ± 0.76 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.60 ± 0.21 นิวตันเมตร

ผลการทดสอบความสามารถในการออกแรงบีดมือซ้าย พบว่าผู้สูงอายุเพศชายออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.87 ± 1.17 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.78 ± 0.28 นิวตันเมตร ส่วนผู้สูงอายุเพศหญิง พบว่าออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.48 ± 0.77 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.59 ± 0.24 นิวตันเมตร

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าแรงบีดเฉลี่ยรวมทั้งเพศชายและเพศหญิงมีค่าแรงบีดมากที่สุดเมื่อออกแรงบีดด้วยด้ามไขควงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ทั้งทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม และมีค่าแรงบีดเฉลี่ยรวมน้อยสุดเมื่อออกแรงบีดด้วยด้ามไขควงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ทั้งทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม ซึ่งด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมออกแรงบีดได้ดีกว่าด้ามไขควงทรงกลม และมีแนวโน้มที่เพศชายสามารถออกแรงบีดได้มากกว่าเพศหญิงทั้งมือซ้ายและมือขวาเมื่อทำการทดสอบด้วยด้ามไขควงที่มีขนาดและรูปทรงเหมือนกัน ดังตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชาย ช่วงอายุ 60-69 ปี

ตำแหน่ง	มือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออกแรงบิด	เพศชาย 60-69 ปี (n = 20)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงกลม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.73	±0.23	0.55	1.30
		25		1.90	±0.73	3.46	3.55
		35		2.95	±1.09	1.60	5.35
		40		3.29	±1.08	1.90	5.40
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.86	±0.24	0.50	1.30
		25		2.12	±0.78	1.15	3.70
		35		3.25	±1.06	2.05	5.60
		40		3.66	±1.24	2.13	5.65
	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.78	±0.28	0.49	1.50
		25		2.02	±0.80	1.10	3.90
		35		3.09	±0.89	2.15	5.15
		40		3.41	±1.10	2.00	5.25
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.82	±0.24	0.55	1.30
		25		1.93	±0.64	1.20	3.40
		35		2.89	±0.81	1.85	4.95
		40		3.34	±1.06	2.00	5.80

ตารางที่ 4.8 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชาย ช่วงอายุ 60-69 ปี (ต่อ)

ตำแหน่ง ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออก แรงบิด	เพศชาย 60-69 ปี (n = 20)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงหก เหลี่ยม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.95	±0.27	0.60	1.45
		25		2.07	±0.71	1.25	3.70
		35		3.29	±1.13	1.80	5.55
		40		3.75	±1.08	2.10	5.65
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	1.04	±0.30	0.65	1.70
		25		2.25	±0.74	1.15	3.60
		35		3.52	±1.10	2.15	4.93
		40		4.21	±1.37	2.15	6.30
	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	1.06	±0.34	0.65	1.66
		25		2.10	±0.76	1.10	3.75
		35		3.48	±1.31	1.95	6.10
		40		3.87	±1.17	2.25	5.80
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	1.02	±0.35	0.45	1.60
		25		2.07	±0.70	1.10	3.50
		35		3.25	±0.98	1.70	5.25
		40		3.59	±0.93	2.39	5.05

ตารางที่ 4.9 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุ 60-69 ปี

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออก แรงบิด	เพศหญิง 60-69 ปี (n = 43)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงกลม	มือ ขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.60	±0.21	0.32	0.95
		25		1.40	±0.42	0.72	2.08
		35		1.94	±0.66	1.06	3.15
		40		2.24	±0.72	1.25	3.35
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.61	±0.22	0.25	0.95
		25		1.48	±0.43	0.92	2.25
		35		2.18	±0.72	1.07	3.53
		40		2.44	±0.74	1.22	3.75
	มือ ซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.59	±0.24	0.25	0.98
		25		1.40	±0.50	0.65	2.33
		35		1.95	±0.68	1.02	3.29
		40		2.19	±0.69	1.05	3.43
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.65	±0.21	0.40	0.90
		25		1.35	±0.36	0.92	2.04
		35		1.85	±0.57	1.05	2.95
		40		2.12	±0.61	1.25	3.13

ตารางที่ 4.9 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุ 60-69 ปี (ต่อ)

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออก แรงบิด	เพศหญิง 60-69 ปี (n = 43)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงหก เหลี่ยม	มือ ขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.76	±0.25	0.35	1.25
		25		1.55	±0.49	0.80	2.48
		35	นาฬิกา	2.17	±0.80	1.05	3.40
		40		2.44	±0.74	1.25	3.63
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.81	±0.27	0.35	1.20
		25		1.71	±0.51	1.05	2.70
		35		2.38	±0.72	1.37	3.82
		40		2.62	±0.76	1.40	3.83
	มือ ซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.72	±0.25	0.30	1.10
		25		1.55	±0.55	0.70	2.55
		35	นาฬิกา	2.17	±0.75	1.17	3.53
		40		2.48	±0.77	1.35	3.85
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.77	±0.24	0.40	1.13
		25		1.56	±0.52	0.80	2.65
		35		2.20	±0.70	1.20	3.43
		40		2.36	±0.73	1.20	3.60

4.4.3 ผลการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบีดมือของผู้สูงอายุ ช่วงอายุ 70-79 ปี

ผลการทดสอบความสามารถในการออกแรงบีดมือขวาของผู้สูงอายุช่วงอายุ 70-79 ปี เพศชายจำนวน 20 คน และเพศหญิงจำนวน 32 คน พบว่าผู้สูงอายุเพศชายออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 4.08 ± 1.26 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.68 ± 0.26 นิวตันเมตร ส่วนผู้สูงอายุเพศหญิงพบว่าออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.59 ± 0.68 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.58 ± 0.25 นิวตันเมตร

ผลการทดสอบความสามารถในการออกแรงบีดมือซ้ายพบว่าผู้สูงอายุเพศชายออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.80 ± 1.12 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.72 ± 0.25 นิวตันเมตร ส่วนผู้สูงอายุเพศหญิงพบว่าออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.31 ± 0.63 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.56 ± 0.23 นิวตันเมตร

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าแรงบีดเฉลี่ยรวมทั้งเพศชายและเพศหญิงมีค่าแรงบีดมากที่สุดเมื่อออกแรงบีดด้วยด้ามไขควงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ทั้งทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม และมีค่าแรงบีดเฉลี่ยรวมน้อยสุดเมื่อออกแรงบีดด้วยด้ามไขควงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ทั้งทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม ซึ่งด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมออกแรงบีดได้ดีกว่าด้ามไขควงทรงกลม และมีแนวโน้มที่เพศชายสามารถออกแรงบีดได้มากกว่าเพศหญิงทั้งมือซ้ายและมือขวาเมื่อทำการทดสอบด้วยด้ามไขควงที่มีขนาดและรูปทรงเหมือนกัน ดังตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุชาย ช่วงอายุ 70-79 ปี

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออก แรงบิด	เพศชาย 70-79 ปี (n = 20)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงกลม	มือ ขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.68	±0.26	0.25	1.10
		25		1.57	±0.59	0.97	2.66
		35	นาฬิกา	2.53	±0.85	1.44	3.90
		40	ตามเข็มนาฬิกา	3.12	±0.90	1.95	4.41
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.69	±0.23	0.25	1.06
		25		1.74	±0.59	0.97	2.58
		35	นาฬิกา	3.00	±0.93	1.66	4.27
		40	ตามเข็มนาฬิกา	3.52	±1.08	2.03	4.93
	มือ ซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.72	±0.25	0.30	1.10
		25		1.71	±0.59	0.54	2.60
		35	นาฬิกา	2.59	±0.86	1.40	3.89
		40	ตามเข็มนาฬิกา	3.17	±1.02	1.94	4.70
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.73	±0.25	0.35	1.15
		25		1.53	±0.50	0.64	2.40
		35	นาฬิกา	2.36	±0.75	1.45	3.30
		40	ตามเข็มนาฬิกา	2.93	±0.89	1.71	4.30

ตารางที่ 4.10 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชาย ช่วงอายุ 70-79 ปี (ต่อ)

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออก แรงบิด	เพศชาย 70-79 ปี (n = 20)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงหก เหลี่ยม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.88	±0.32	0.34	1.31
		25		1.89	±0.69	1.07	3.17
		35		3.16	±1.02	1.90	4.93
		40		3.65	±1.23	2.16	5.72
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.99	±0.33	0.53	1.66
		25		2.20	±0.63	1.22	2.91
		35		3.48	±1.00	2.26	4.75
		40		4.08	±1.26	2.31	6.03
	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.92	±0.29	0.55	1.36
		25		1.99	±0.61	0.65	2.85
		35		3.27	±1.02	1.68	5.14
		40		3.80	±1.12	1.77	5.21
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.93	±0.28	0.50	1.36
		25		1.87	±0.60	0.94	2.80
		35		2.92	±1.11	1.40	4.55
		40		3.52	±1.17	2.03	5.38

ตารางที่ 4.11 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุ 70-79 ปี

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออก แรงบิด	เพศหญิง 70-79 ปี (n = 32)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงกลม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.58	±0.25	0.30	1.01
		25		1.35	±0.55	0.25	2.05
		35		1.92	±0.69	0.74	3.11
		40		2.21	±0.71	1.04	3.21
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.61	±0.25	0.25	1.03
		25		1.41	±0.52	0.50	2.21
		35		2.08	±0.74	0.75	3.30
		40		2.33	±0.81	1.14	3.70
	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.56	±0.23	0.20	1.11
		25		1.31	±0.47	0.39	2.11
		35		1.84	±0.60	0.49	2.75
		40		2.07	±0.58	1.26	3.13
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.65	±0.21	0.35	1.11
		25		1.39	±0.51	0.39	2.23
		35		1.94	±0.61	0.59	2.78
		40		2.09	±0.65	1.15	3.19

ตารางที่ 4.11 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุ 70-79 ปี (ต่อ)

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออก แรงบิด	เพศหญิง 70-79 ปี (n = 32)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงหก เหลี่ยม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.76	±0.28	0.40	1.20
		25		1.59	±0.60	0.45	2.70
		35		2.28	±0.71	1.24	3.49
		40		2.52	±0.74	1.55	3.56
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.80	±0.30	0.30	1.33
		25		1.70	±0.58	0.85	2.81
		35		2.27	±0.71	1.05	3.36
		40		2.59	±0.68	1.55	3.70
	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.71	±0.25	0.39	1.06
		25		1.43	±0.51	0.63	2.43
		35		1.96	±0.61	0.95	2.91
		40		2.31	±0.63	1.24	3.40
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.75	±0.25	0.34	1.25
		25		1.44	±0.49	0.69	2.28
		35		2.08	±0.70	0.89	3.21
		40		2.30	±0.69	1.34	3.70

4.4.4 ผลการทดสอบวัดความสามารถในการออกแรงบีดมือของผู้สูงอายุ ช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป

ผลการทดสอบความสามารถในการออกแรงบีดมือขวาของผู้สูงอายุช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป เพศชายจำนวน 11 คน และเพศหญิงจำนวน 10 คน พบว่าผู้สูงอายุเพศชายออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.50 ± 1.38 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.58 ± 0.27 นิวตันเมตร ส่วนผู้สูงอายุเพศหญิงพบว่าออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.28 ± 0.72 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.44 ± 0.21 นิวตันเมตร

ผลการทดสอบความสามารถในการออกแรงบีดมือซ้ายพบว่าผู้สูงอายุเพศชายออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.91 ± 1.06 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.59 ± 0.30 นิวตันเมตร ส่วนผู้สูงอายุเพศหญิงพบว่าออกแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.06 ± 0.83 นิวตันเมตร และออกแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบีดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีค่าแรงบีดเฉลี่ยน้อยสุด คือ 0.41 ± 0.16 นิวตันเมตร

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าแรงบีดเฉลี่ยรวมทั้งเพศชายและเพศหญิงมีค่าแรงบีดมากที่สุดเมื่อออกแรงบีดด้วยด้ามไขควงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ทั้งทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม และมีค่าแรงบีดเฉลี่ยรวมน้อยสุดเมื่อออกแรงบีดด้วยด้ามไขควงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ทั้งทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม ซึ่งด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมออกแรงบีดได้ดีกว่าด้ามไขควงทรงกลม และมีแนวโน้มที่เพศชายสามารถออกแรงบีดได้มากกว่าเพศหญิงทั้งมือซ้ายและมือขวาเมื่อทำการทดสอบด้วยด้ามไขควงที่มีขนาดและรูปทรงเหมือนกัน แสดงดังตารางที่ 4.12 และตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.12 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชาย ช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออก แรงบิด	เพศชาย 80 ปีขึ้นไป (n = 11)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงกลม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.58	±0.27	0.25	1.02
		25		1.43	±0.52	0.50	2.12
		35		2.07	±0.78	1.00	3.33
		40		2.46	±0.84	1.00	3.22
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.67	±0.24	0.20	1.02
		25		1.55	±0.54	0.50	2.37
		35		2.56	±0.87	1.00	3.99
		40		3.10	±1.04	0.90	4.43
	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.59	±0.30	0.20	1.00
		25		1.35	±0.49	0.50	2.16
		35		2.07	±0.93	0.95	3.97
		40		2.39	±1.04	0.60	4.37
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.65	±0.30	0.25	1.17
		25		1.37	±0.56	0.60	2.36
		35		2.02	±0.92	0.85	4.24
		40		2.28	±0.69	1.10	3.27

ตารางที่ 4.12 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชาย ช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป (ต่อ)

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออก แรงบิด	เพศชาย 80 ปีขึ้นไป (n = 11)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงหก เหลี่ยม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.77	±0.24	0.48	1.22
		25		1.50	±0.45	0.78	2.19
		35		2.36	±0.98	0.75	3.75
		40		2.98	±1.25	0.80	4.64
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.85	±0.25	0.40	1.25
		25		1.83	±0.71	0.65	2.86
		35		2.76	±1.07	0.70	4.42
		40		3.50	±1.38	0.80	5.81
	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.72	±0.33	0.20	1.22
		25		1.54	±0.58	0.75	2.62
		35		2.35	±1.05	1.05	4.54
		40		2.91	±1.06	0.90	4.77
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.84	±0.39	0.25	1.57
		25		1.52	±0.57	0.55	2.72
		35		2.16	±0.78	1.05	3.46
		40		2.63	±0.87	0.90	3.82

ตารางที่ 4.13 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออก แรงบิด	เพศหญิง 80 ปีขึ้นไป (n = 10)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงกลม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.44	±0.21	0.20	0.78
		25		1.16	±0.49	0.35	1.85
		35		1.67	±0.78	0.15	2.75
		40		1.94	±0.65	0.85	2.90
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.46	±0.23	0.20	0.90
		25		1.11	±0.56	0.20	1.95
		35		1.67	±0.84	0.25	2.85
		40		1.99	±0.62	0.97	2.65
	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.41	±0.16	0.20	0.68
		25		1.11	±0.47	0.15	1.58
		35		1.54	±0.62	0.40	2.36
		40		1.63	±0.63	0.55	2.55
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.56	±0.30	0.20	0.95
		25		1.12	±0.41	0.25	1.61
		35		1.67	±0.63	0.60	2.43
		40		1.87	±0.72	0.45	2.90

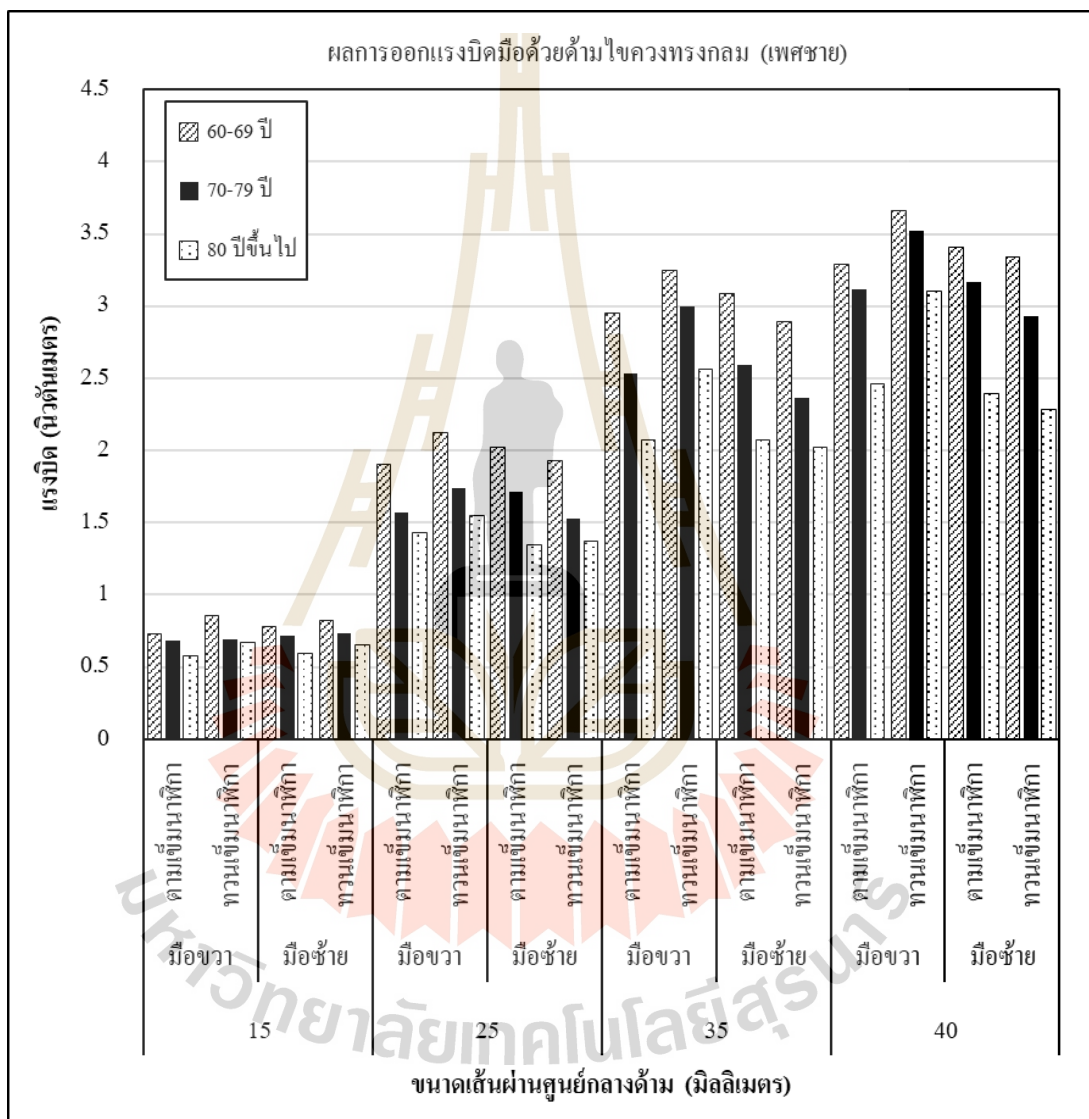
ตารางที่ 4.13 ผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป (ต่อ)

ด้าม ไขควง	มือ	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	ทิศทาง การออก แรงบิด	เพศหญิง 80 ปีขึ้นไป (n = 10)			
				แรงบิดเฉลี่ย (Nm)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P ₅	P ₉₅
ทรงหก เหลี่ยม	มือขวา	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.56	±0.28	0.25	1.06
		25		1.46	±0.54	0.35	2.18
		35		1.97	±0.76	0.30	2.85
		40		2.28	±0.72	1.15	3.15
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.58	±0.31	0.25	1.10
		25		1.46	±0.65	0.45	2.53
		35		1.87	±0.77	0.30	2.91
		40		2.24	±0.71	1.20	3.20
	มือซ้าย	15	ตามเข็มนาฬิกา	0.56	±0.27	0.10	0.88
		25		1.26	±0.54	0.30	2.01
		35		1.71	±0.55	0.90	2.51
		40		1.82	±0.63	0.85	2.50
		15	ทวนเข็มนาฬิกา	0.65	±0.34	0.15	1.11
		25		1.39	±0.50	0.35	2.03
		35		1.91	±0.70	0.40	2.60
		40		2.06	±0.83	0.60	3.50

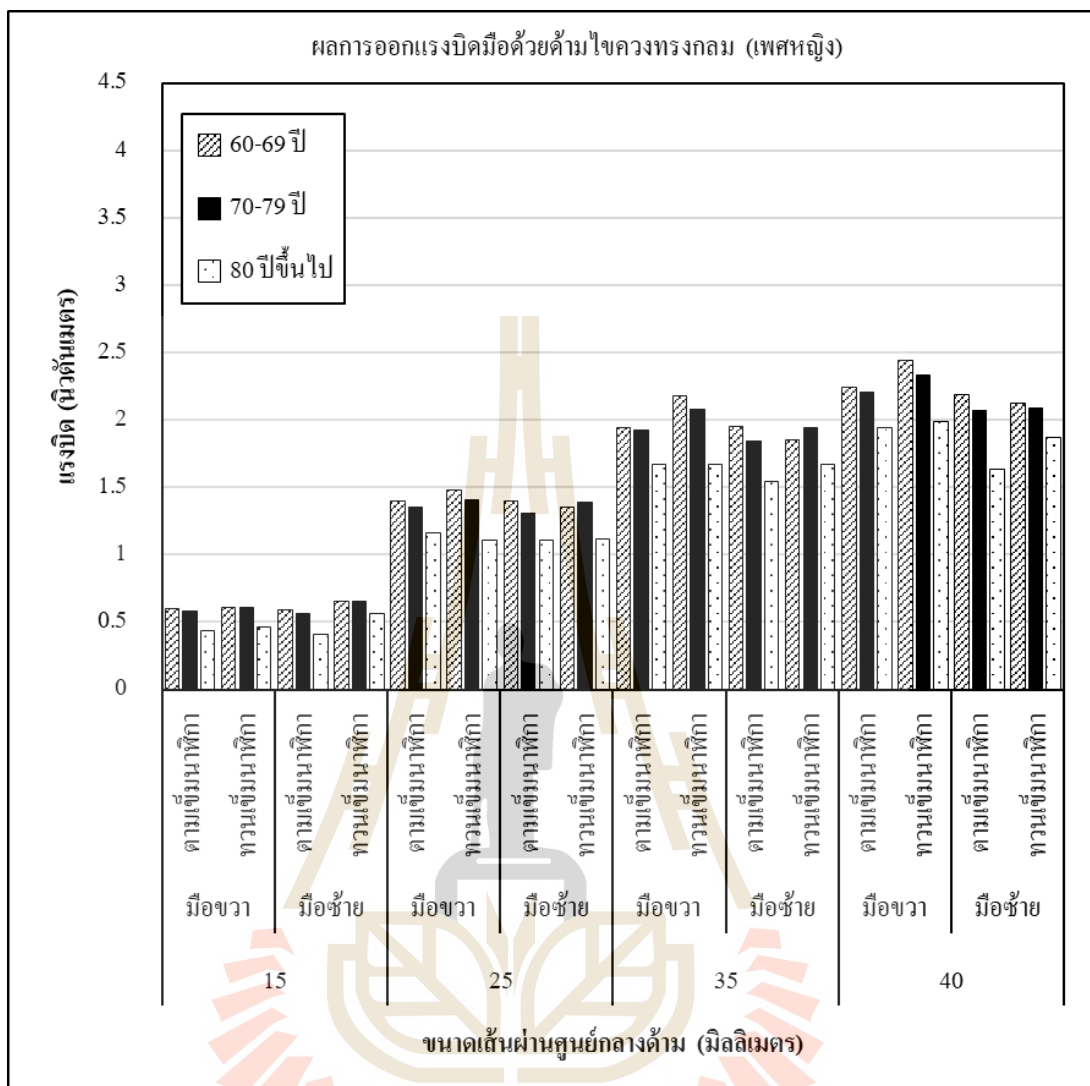
4.4.5 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการออกแรงบีดมือของผู้สูงอายุ

1) ผลการออกแรงบีดมือด้วยด้ามไขควงทรงกลม

ผลการเปรียบเทียบการออกแรงบีดมือของผู้สูงอายุตามช่วงอายุในด้ามไขควงทรงกลม ดังรูปที่ 4.6-4.7

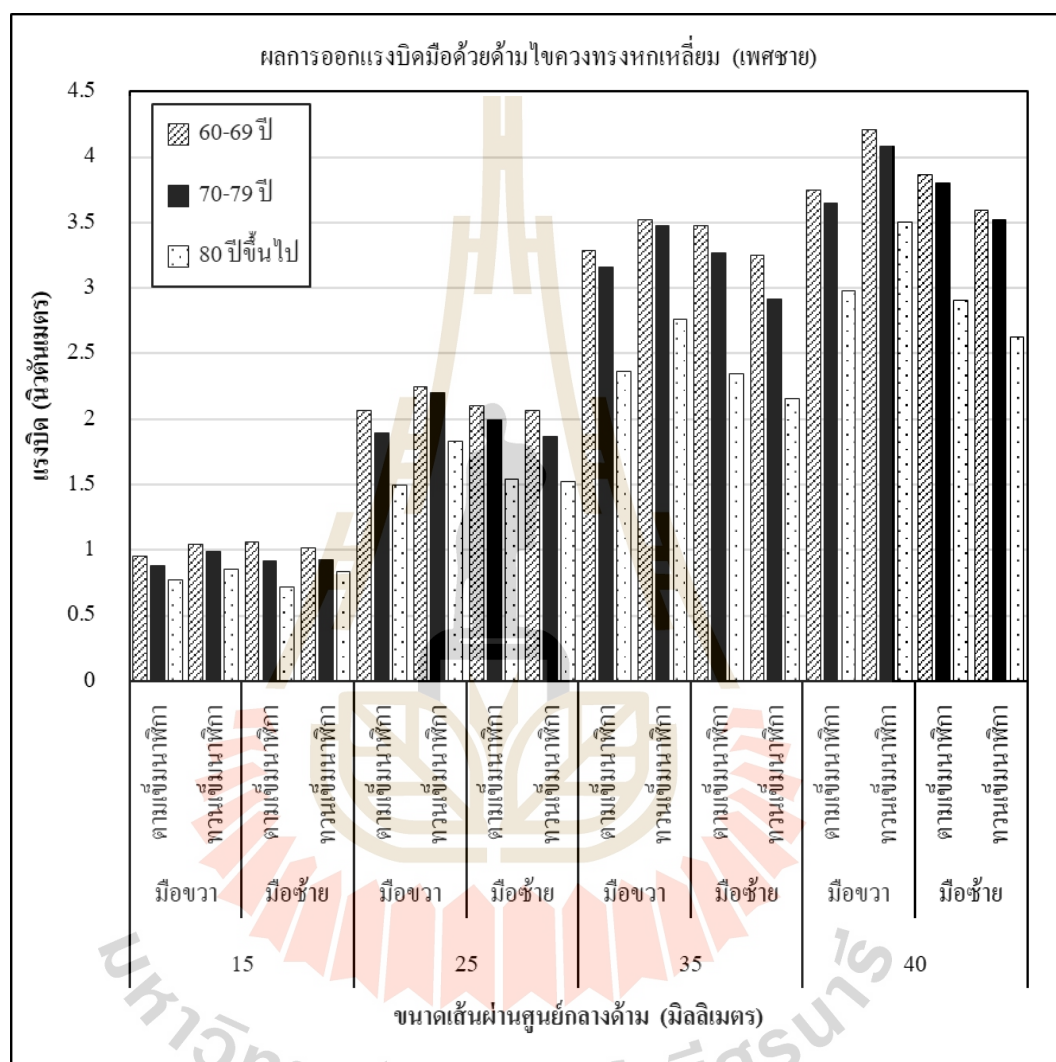


รูปที่ 4.6 การออกแรงบีดมือด้วยด้ามไขควงทรงกลมของผู้สูงอายุเพศชายตามช่วงอายุ

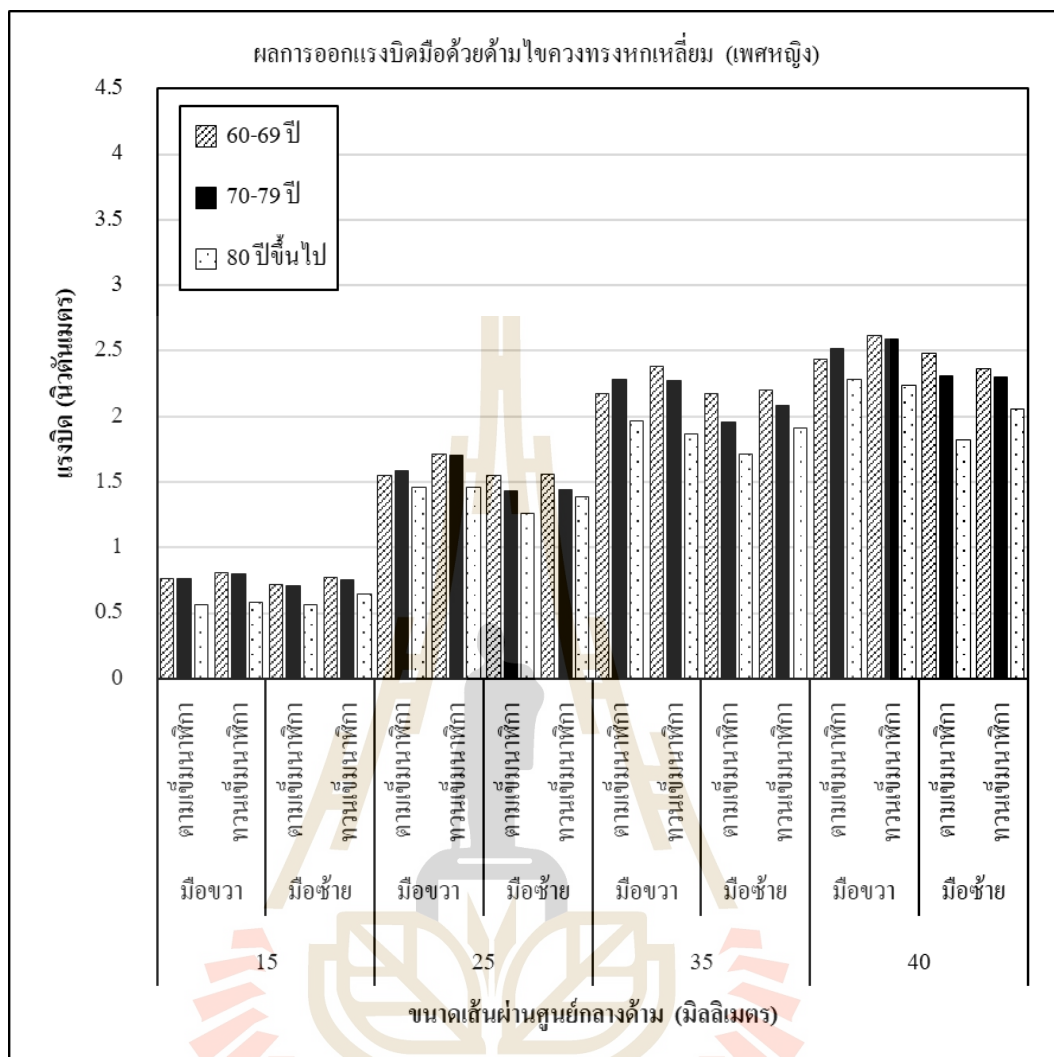


รูปที่ 4.7 การออกแรงบีดมือด้วยค้ำไม้ไขควงทรงกลมของผู้สูงอายุเพศหญิงตามช่วงอายุ

2) ผลการออกแรงบีคมือด้วยด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยม
 ผลการเปรียบเทียบการออกแรงบีคมือของผู้สูงอายุตามช่วงอายุในด้ามไขควง
 ทรงหกเหลี่ยม ดังรูปที่ 4.8-4.9



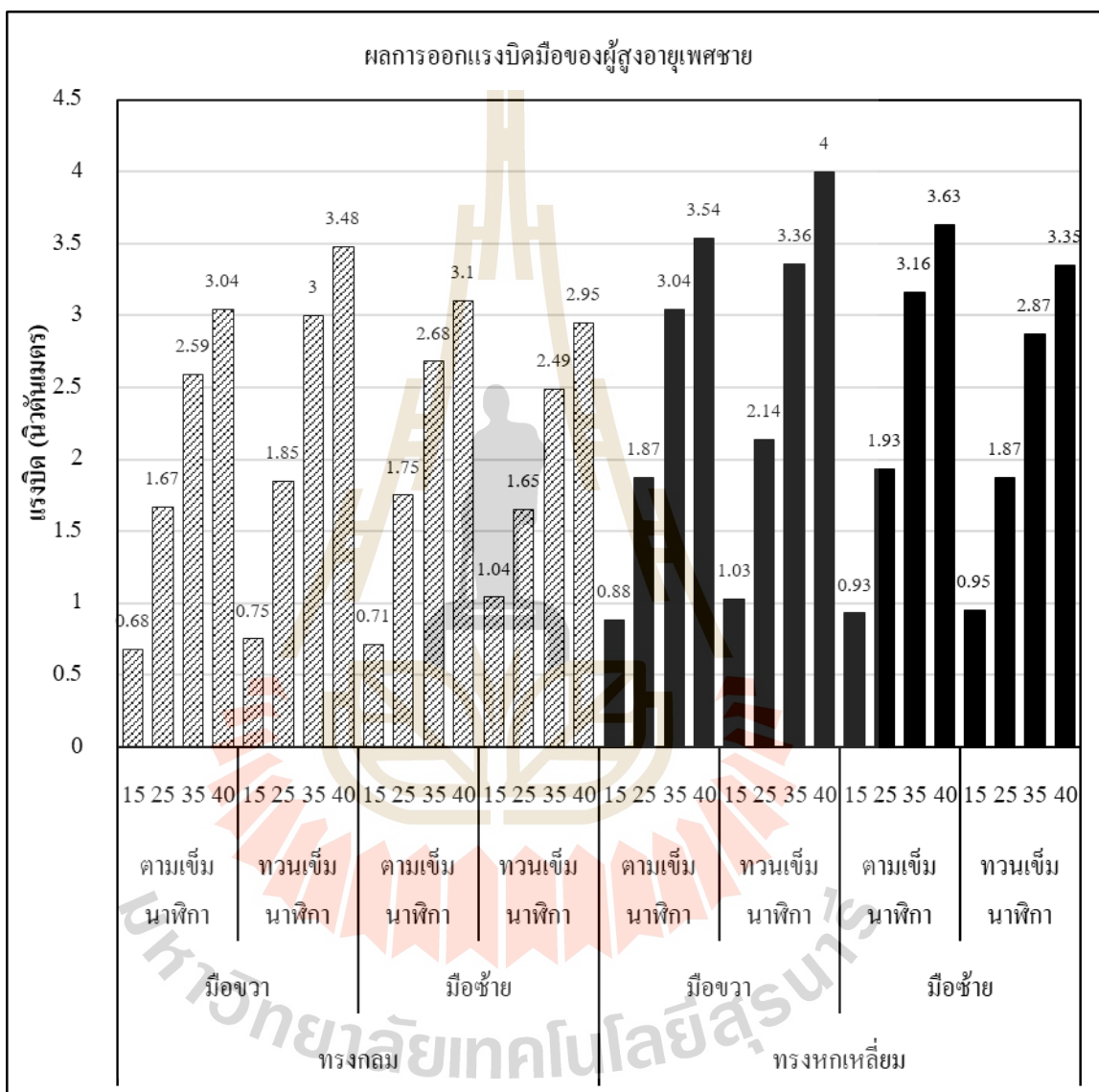
รูปที่ 4.8 การออกแรงบีคมือด้วยด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมของผู้สูงอายุเพศชายตามช่วงอายุ



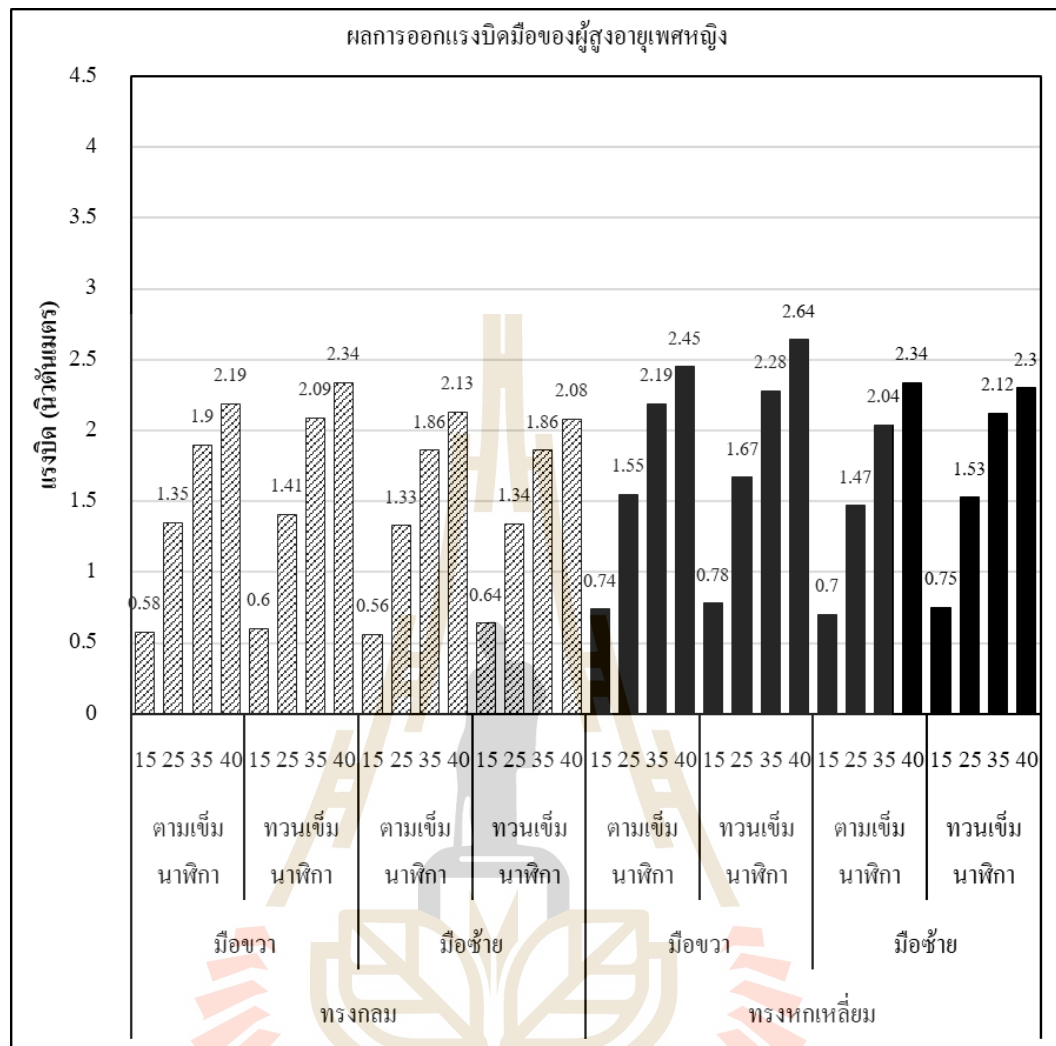
รูปที่ 4.9 การออกแรงบีดมือด้วยด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมของผู้สูงอายุเพศหญิงตามช่วงอายุ

3) ผลการออกแรงบีดมือโดยรวม

ผลการเปรียบเทียบการออกแรงบีดมือด้วยด้ามไขควงทรงกลมและทรงหกเหลี่ยมของผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิง ดังรูปที่ 4.10- 4.11



รูปที่ 4.10 การออกแรงบีดมือด้วยด้ามไขควงทรงกลมและทรงหกเหลี่ยมของผู้สูงอายุเพศชาย

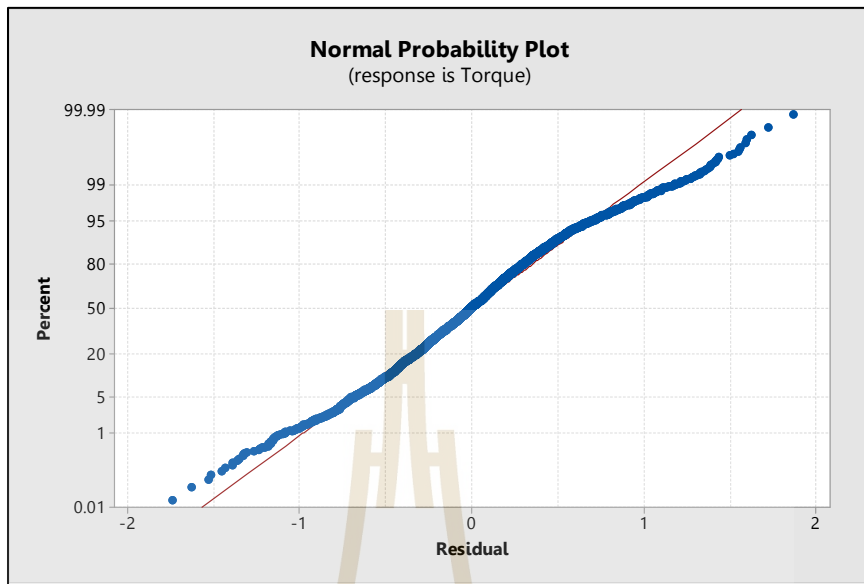


รูปที่ 4.11 การออกแรงบีดมือด้วยค้ำ ข้อมือข้อมือและข้อมือของผู้สูงอายุเพศหญิง

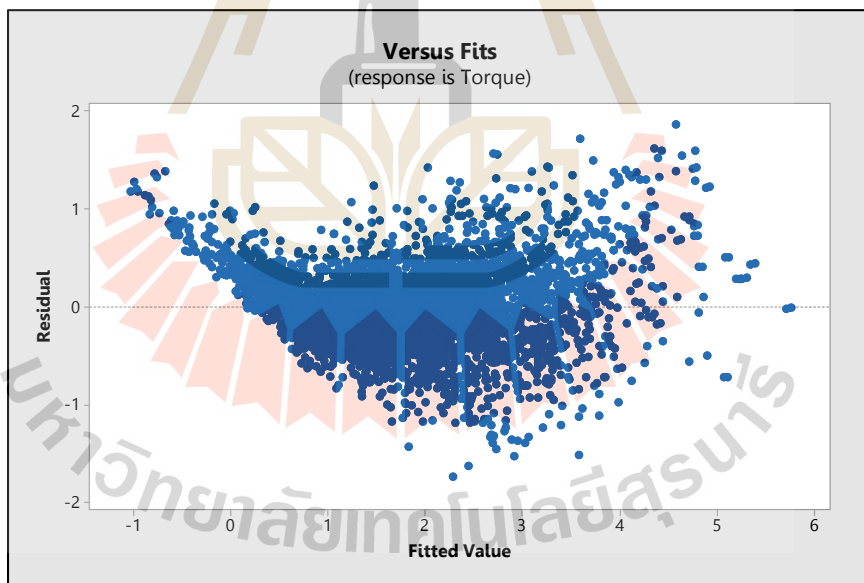
4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

4.5.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุโดยรวม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุโดยรวมและทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก (Block) เมื่อพิจารณาการตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 4.12 พบว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงมีแนวโน้มการกระจายแบบปกติ และการตรวจสอบการกระจายตัวค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าจากการทดลอง ดังรูปที่ 4.13 พบว่าส่วนค้างมีการกระจายรอบเส้นศูนย์ทั้งค่าบวกและค่าลบจึงประมาณได้ว่ามีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 4.12 การกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง



รูปที่ 4.13 การกระจายตัวค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าจากการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของปัจจัยหลัก พบว่าเพศ รูปทรงของด้าม ไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มือขวาและมือซ้าย และทิศทางการออกแรงบิดมีผลกระทบต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (น้อยกว่า 0.05) ดังตารางที่ 4.14 และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Means Comparisons) ตามวิธีของ Tukey's พบว่าค่าเฉลี่ยแรงบิดมือระหว่างเพศชายกับเพศหญิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.15 โดยเพศชายมีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่าเพศหญิง ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของรูปทรงด้าม ไขควงระหว่างด้ามจับทรงกลมกับทรงหกเหลี่ยมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.16 โดยด้าม ไขควงทรงหกเหลี่ยม ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่าด้าม ไขควงทรงกลม ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ด้าม ไขควงทั้ง 4 ขนาด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.17 โดยด้าม ไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมามากที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งด้าม ไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดน้อยสุด ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของมือขวาและซ้ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมือขวามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่ามือซ้าย ดังตารางที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของทิศทางการออกแรงตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.19 โดยทิศทางการออกแรงทวนเข็มนาฬิกามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่าทิศทางการออกแรงตามเข็มนาฬิกา

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุโดยรวม

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
เพศ	1	399.06	399.064	2148.92	0.000
รูปทรงด้าม ไขควง	1	74.06	74.057	398.79	0.000
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง	3	2652.41	884.135	4760.97	0.000
มือ	1	14.70	14.703	79.18	0.000
ทิศทางการออกแรง	1	4.90	4.901	26.39	0.000
Block(เพศ)	134	1262.16	9.419	50.72	0.000
เพศ*รูปทรงด้าม ไขควง	1	4.55	4.548	24.49	0.000
เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง	3	138.56	46.185	248.70	0.000
เพศ*มือ	1	0.15	0.153	0.82	0.364

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบีดมือผู้สูงอายุโดยรวม (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
เพศ*ทิศทางการออกแรง	1	0.05	0.053	0.28	0.594
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	3	6.22	2.074	11.17	0.000
รูปทรงด้ามไขควง*มือ	1	0.18	0.177	0.95	0.329
รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	1	0.04	0.040	0.22	0.642
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	3	7.56	2.519	13.57	0.000
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการหมุน	3	0.21	0.070	0.38	0.770
มือ*ทิศทางการออกแรง	1	14.63	14.627	78.76	0.000
เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	3	1.99	0.662	3.56	0.014
เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ	1	0.03	0.033	0.18	0.676
เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	1	0.03	0.032	0.17	0.680
เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	3	0.40	0.132	0.71	0.546
เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	3	0.25	0.084	0.45	0.716
เพศ*มือ*ทิศทางการออกแรง	1	7.23	7.225	38.91	0.000
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	3	0.15	0.051	0.27	0.845
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	3	0.45	0.151	0.82	0.485

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุโดยรวม (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	1	0.03	0.026	0.14	0.708
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	3	6.12	2.039	10.98	0.000
เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	3	0.07	0.024	0.13	0.944
เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	3	0.12	0.039	0.21	0.888
เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	1	0.11	0.111	0.60	0.440
เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	3	2.08	0.692	3.73	0.011
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	3	0.23	0.075	0.41	0.749
ค่าความคลาดเคลื่อน	4154	771.42	0.186		
รวม	4351	5227.89			

หมายเหตุ: * อันตรกิริยา

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับเพศ

เพศ	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping	
ชาย	1632	2.23979	A	
หญิง	2720	1.61430		B

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับรูปทรงด้ามไขควง

ด้ามไขควง	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping			
ทรงหกเหลี่ยม	2176	2.06177	A			
ทรงกลม	2176	1.79231				B

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง

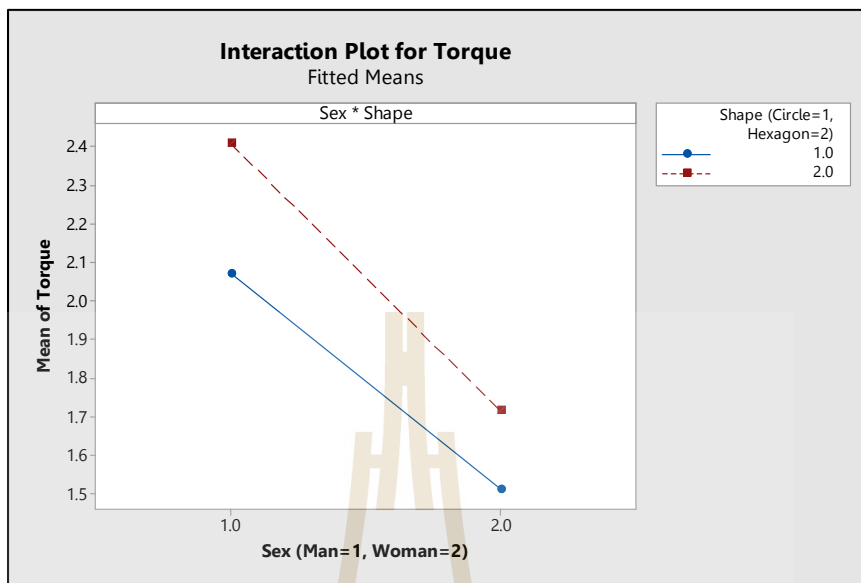
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง (mm)	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping			
40	1088	2.84122	A			
35	1088	2.47099		B		
25	1088	1.64836			C	
15	1088	0.74758				D

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับมือขวาและซ้าย

มือขวาและซ้าย	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping			
มือขวา	2176	1.98707	A			
มือซ้าย	2176	1.86701				B

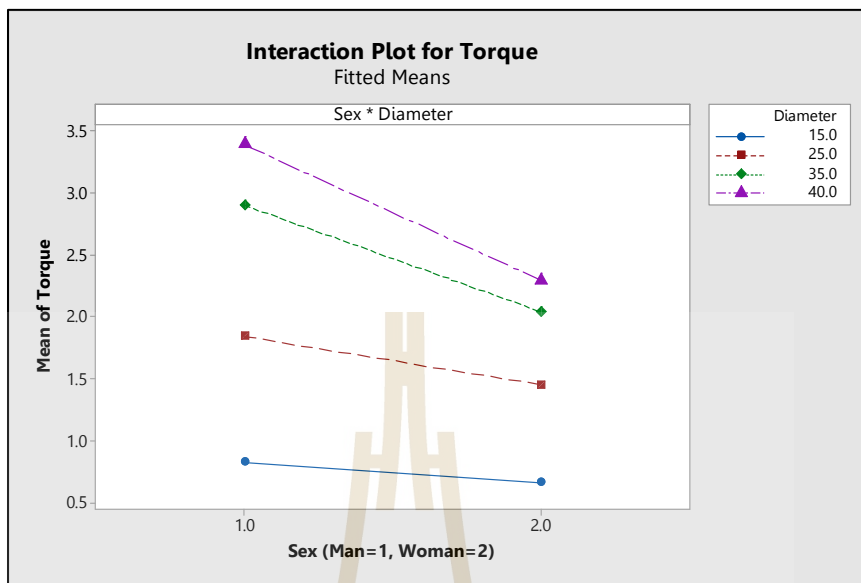
ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับทิศทางการออกแรงบิด

ทิศทางการออกแรงบิด	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping			
ทวนเข็มนาฬิกา	2176	1.96170	A			
ตามเข็มนาฬิกา	2176	1.89238				B



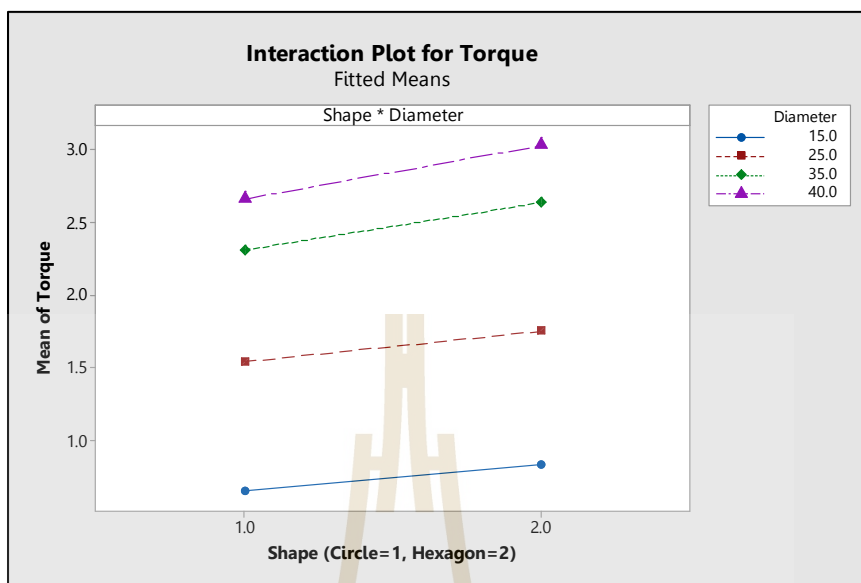
รูปที่ 4.14 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างเพศและรูปทรงด้ามไขควง

จากรูปที่ 4.14 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของเพศกับรูปทรงด้ามไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของเพศกับรูปทรงด้ามไขควงมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.10 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของเพศกับรูปทรงด้ามไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากเพศและรูปทรงของด้ามไขควงโดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งเพศชายมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าเพศหญิง และทรงหกเหลี่ยมมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าทรงกลม นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกราฟของรูปทรงด้ามไขควงทั้งทรงกลมและทรงหกเหลี่ยมมีเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



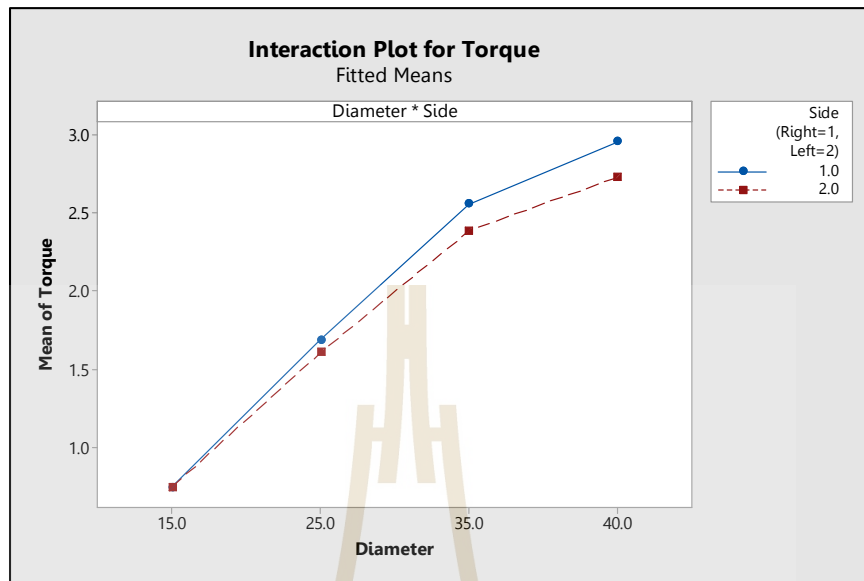
รูปที่ 4.15 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างเพศและเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง

จากรูปที่ 4.15 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของเพศกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของเพศกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.10 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของเพศกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากเพศ ซึ่งเพศชายมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าเพศหญิง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดไปในทิศทางเดียวกัน โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตรมีค่าเฉลี่ยแรงบิดมากที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งด้ามไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดน้อยสุด นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกราฟของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงทั้ง 4 ขนาดเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



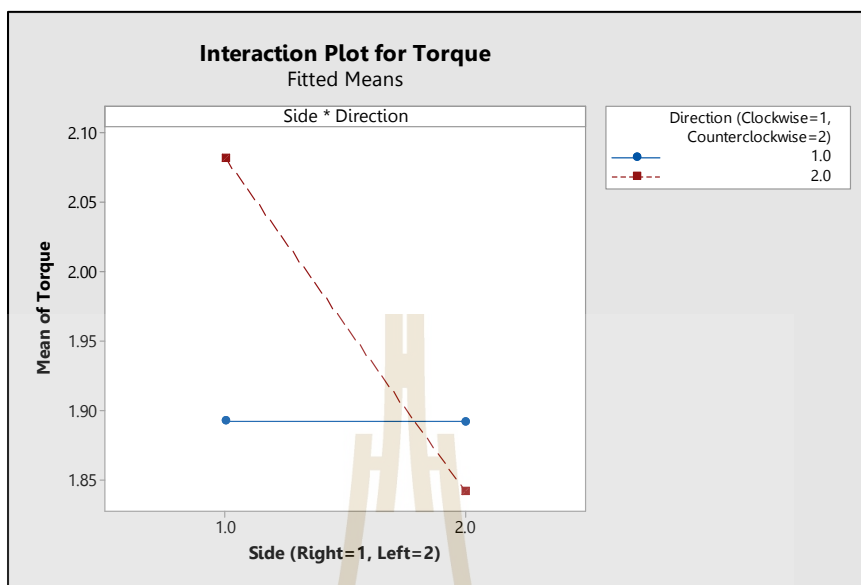
รูปที่ 4.16 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างรูปทรงด้ามไขควงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง

จากรูปที่ 4.16 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.10 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากรูปทรงด้ามไขควงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งทรงหกเหลี่ยมมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าทรงกลม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดไปในทิศทางเดียวกัน โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมากที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งด้ามไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดน้อยสุด นอกจากนี้ยังพบว่าเส้น กราฟของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงทั้ง 4 ขนาดเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



รูปที่ 4.17 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงและมือ

จากรูปที่ 4.17 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.10 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากมือขวาและมือซ้าย โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งมือขวามีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่ามือซ้ายและไม่มีผลกระทบอันเนื่องมาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกราฟของมือขวาและมือซ้ายมีอันตรกิริยาต่อกัน

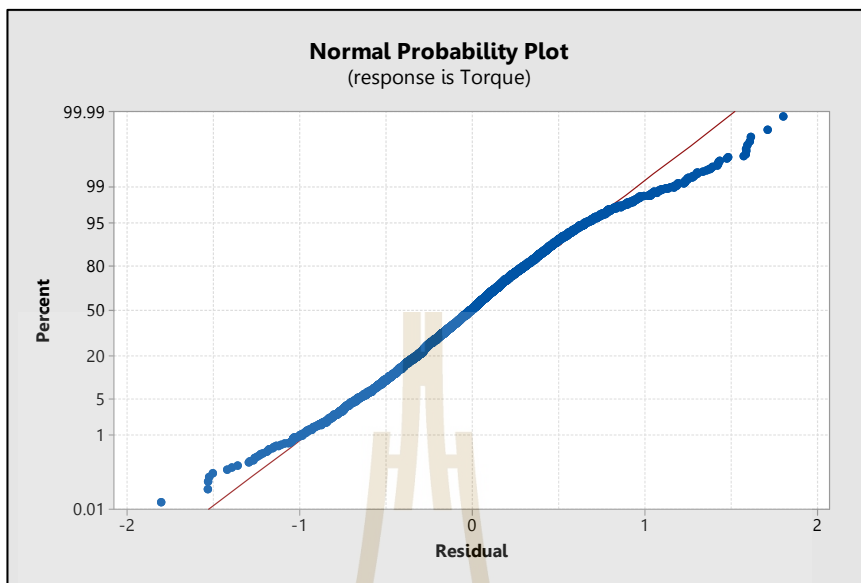


รูปที่ 4.18 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างมือและทิศทางการออกแรง

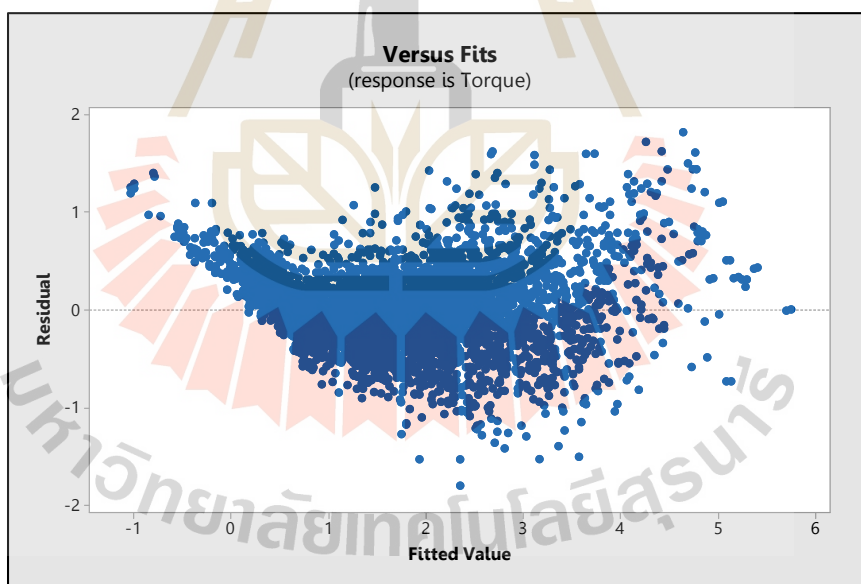
จากรูปที่ 4.18 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาฟิกาและทวนเข็มนาฬิกาที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาฟิกาและทวนเข็มนาฬิกาเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.10 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาฟิกาและทวนเข็มนาฬิกาพบว่าผลกระทบอันเนื่องมาจากมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาฟิกาและทวนเข็มนาฬิกา โดยมิต่ำเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งทิศทางการออกแรงทวนเข็มนาฬิกามีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าทิศทางการออกแรงตามเมนาฟิกาเมื่อออกแรงบิดด้วยมือขวาหรือมือซ้าย นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกราฟของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาฟิกาและทวนเข็มนาฬิกามีอันตรกิริยาต่อกัน

4.5.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ และทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก (Block) เมื่อพิจารณาการตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตักข้างดังรูปที่ 4.19 พบว่าค่าส่วนตักข้างมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงมีแนวโน้มการกระจายแบบปกติ และการตรวจสอบการกระจายตัวค่าส่วนตักข้างเทียบกับค่าจากการทดลองดังรูปที่ 4.20 พบว่าส่วนตักข้างมีการกระจายรอบเส้นศูนย์ทั้งค่าบวกและค่าลบจึงประมาณได้ว่ามีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 4.19 การกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง



รูปที่ 4.20 การกระจายตัวค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าจากการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของปัจจัยหลัก พบว่าช่วงอายุ เพศ รูปทรงของค้ำไม้คาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มือขวาและมือซ้ายและ ทิศทางการออกแรงบิดมีผลกระทบต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ โดยมีค่า

P-Value เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (น้อยกว่า 0.05) ดังตารางที่ 4.20 และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Means Comparisons) ตามวิธีของ Tukey's พบว่าค่าเฉลี่ยแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.21 โดยช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากที่สุด รองลงมา คือ 70-79 ปี และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป พบว่ามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยสุด ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือระหว่างเพศชายกับเพศหญิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.22 โดยเพศชายมีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่าเพศหญิง ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของรูปทรงด้ามไขควงระหว่างด้ามจับทรงกลมกับทรงหกเหลี่ยมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.23 โดยด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่าด้ามไขควงทรงกลม ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงทั้ง 4 ขนาด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.24 โดยด้ามไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมามากที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งด้ามไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยสุด ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของมือขวาและซ้ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมือขวามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือนอกกว่ามือซ้าย ดังตารางที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของทิศทางการออกแรงตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.26 โดยทิศทางการออกแรงทวนเข็มนาฬิกามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือนอกกว่าทิศทางการออกแรงตามเข็มนาฬิกา

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ช่วงอายุ	2	102.04	51.019	279.49	0.000
เพศ	1	323.41	323.408	1771.67	0.000
รูปทรงด้ามไขควง	1	58.42	58.423	320.05	0.000
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	3	2039.50	679.832	3724.20	0.000
มือ	1	13.47	13.469	73.79	0.000
ทิศทางการออกแรง	1	4.67	4.669	25.58	0.000
Block (ช่วงอายุ, เพศ)	130	1150.08	8.847	48.46	0.000
ช่วงอายุ*เพศ	2	15.30	7.649	41.90	0.000
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง	2	1.37	0.684	3.75	0.024
ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	6	18.33	3.055	16.73	0.000
ช่วงอายุ*มือ	2	1.03	0.516	2.83	0.059

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ช่วงอายุ*ทิศทางการออกแรง	2	0.25	0.125	0.69	0.503
เพศ*รูปทรงด้ามไขควง	1	2.95	2.952	16.17	0.000
เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	3	106.35	35.449	194.19	0.000
เพศ*มือ	1	0.30	0.304	1.66	0.197
เพศ*ทิศทางการออกแรง	1	0.10	0.101	0.55	0.457
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	3	4.77	1.589	8.70	0.000
รูปทรงด้ามไขควง*มือ	1	0.23	0.227	1.24	0.265
รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	1	0.04	0.045	0.25	0.620
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	3	7.54	2.515	13.78	0.000
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	3	0.27	0.090	0.49	0.687
มือ*ทิศทางการออกแรง	1	8.85	8.850	48.48	0.000
ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง	2	1.75	0.874	4.79	0.008
ช่วงอายุ*เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	6	5.78	0.964	5.28	0.000
ช่วงอายุ*เพศ*มือ	2	0.62	0.309	1.69	0.184
ช่วงอายุ*เพศ*ทิศทางการออกแรง	2	0.21	0.107	0.59	0.556
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	6	0.63	0.105	0.58	0.749
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ	2	0.14	0.068	0.37	0.689
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	2	0.00	0.001	0.01	0.993
ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	6	0.91	0.152	0.83	0.544

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุตามช่วงอายุ (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*ทิศทางการออกแรง	6	0.13	0.022	0.12	0.994
เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง* มือ*ทิศทางการออกแรง	3	2.60	0.867	4.75	0.003
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออก แรง	3	0.15	0.050	0.28	0.843
ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	6	0.38	0.063	0.35	0.913
ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการ ออกแรง	6	0.06	0.010	0.06	0.999
ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศ ทางการออกแรง	2	0.01	0.006	0.03	0.966
ช่วงอายุ*เพศ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	6	0.80	0.133	0.73	0.627
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการ ออกแรง	6	0.21	0.035	0.19	0.979
เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออก แรง	3	0.11	0.035	0.19	0.901
ช่วงอายุ*เพศ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศ ทางการออกแรง	6	0.13	0.022	0.12	0.994
ค่าความคลาดเคลื่อน	4030	735.65	0.183		
รวม	4351	5227.89			

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับช่วงอายุ

ช่วงอายุ (ปี)	จำนวน	ค่าเฉลี่ยแรงบิด (Nm)	Grouping		
60-69 ปี	2016	2.06030	A		
70-79 ปี	1664	1.93617		B	
80 ปีขึ้นไป	672	1.60142			C

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกับค่าแรงบิดมือ

เพศ	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping		
ชาย	1632	2.17736	A		
หญิง	2720	1.55456			B

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับรูปทรงด้ามไขควง

ด้ามไขควง	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping		
ทรงหกเหลี่ยม	2176	1.99832	A		
ทรงกลม	2176	1.73361			B

ตารางที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง

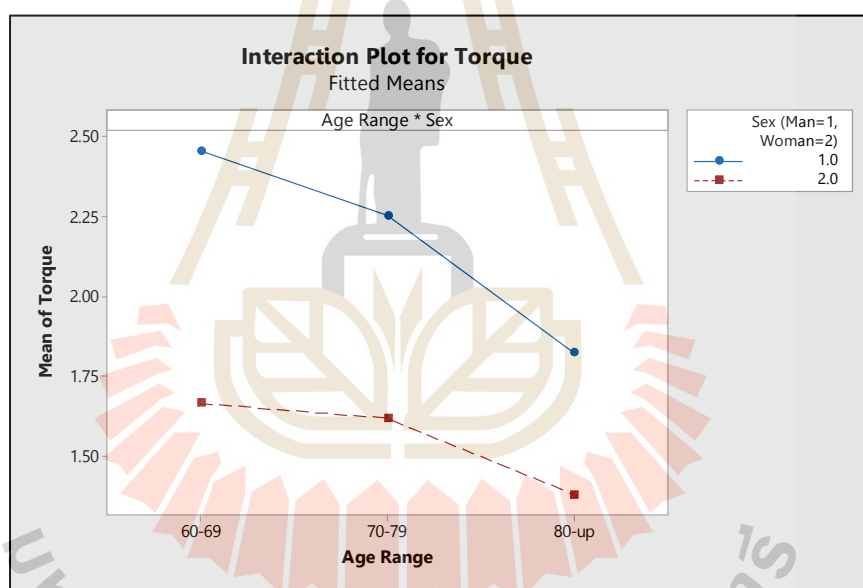
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง (mm)	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping			
40	1088	2.75543	A			
35	1088	2.38864		B		
25	1088	1.59846			C	
15	1088	0.72133				D

ตารางที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับมือขวาและซ้าย

มือขวาและซ้าย	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping	
มือขวา	2176	1.92951	A	
มือซ้าย	2176	1.80241		B

ตารางที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับทิศทางการออกแรงบิด

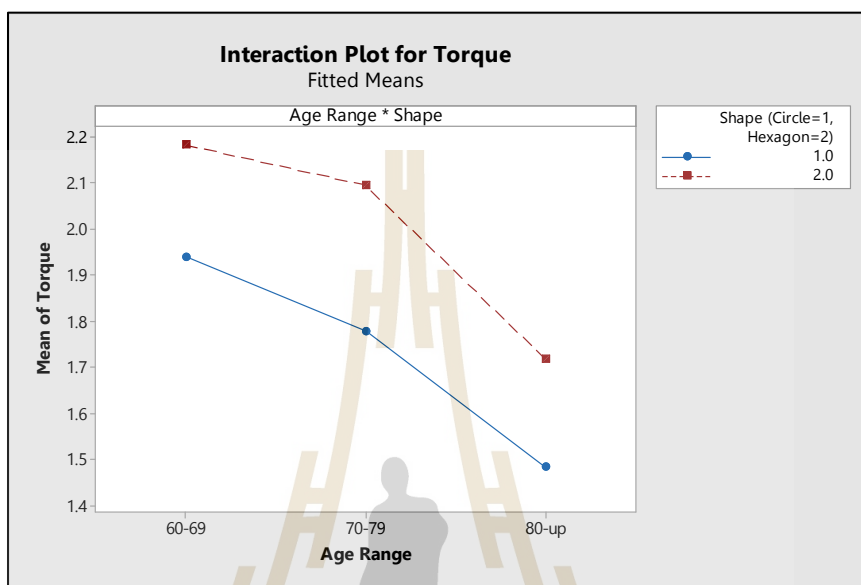
ทิศทางการออกแรงบิด	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping	
ทวนเข็มนาฬิกา	2176	1.90338	A	
ตามเข็มนาฬิกา	2176	1.82855		B



รูปที่ 4.21 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุและเพศ

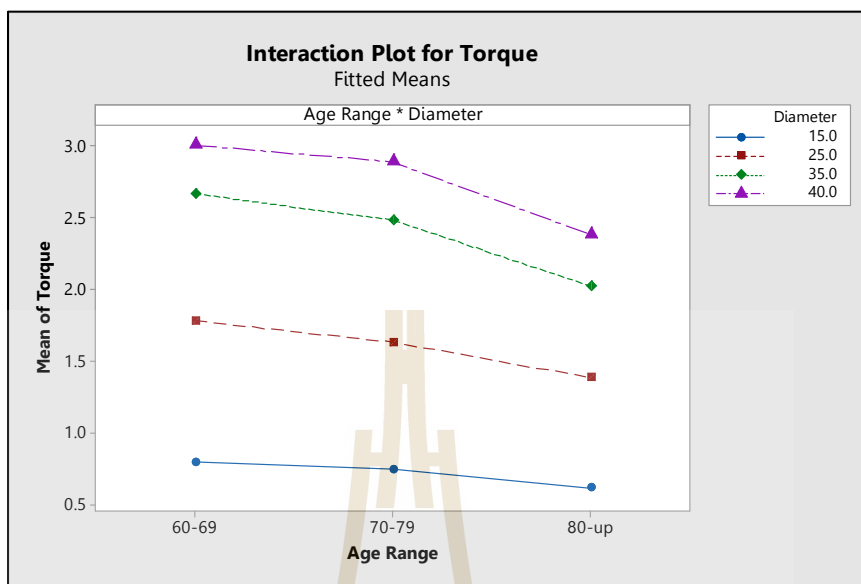
จากรูปที่ 4.21 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของช่วงอายุกับเพศที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของช่วงอายุกับเพศมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.16 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของช่วงอายุกับเพศพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงอายุและเพศ โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากที่สุด รองลงมา คือ 70-79 ปี และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป พบว่ามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยสุด และเพศชายมีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่าเพศหญิง นอกจากนี้ยังพบว่ามีแนวโน้มของ

ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือลดลงไปในทิศทางเดียวกันทั้งเพศชายและเพศหญิงในช่วงอายุเดียวกันและเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



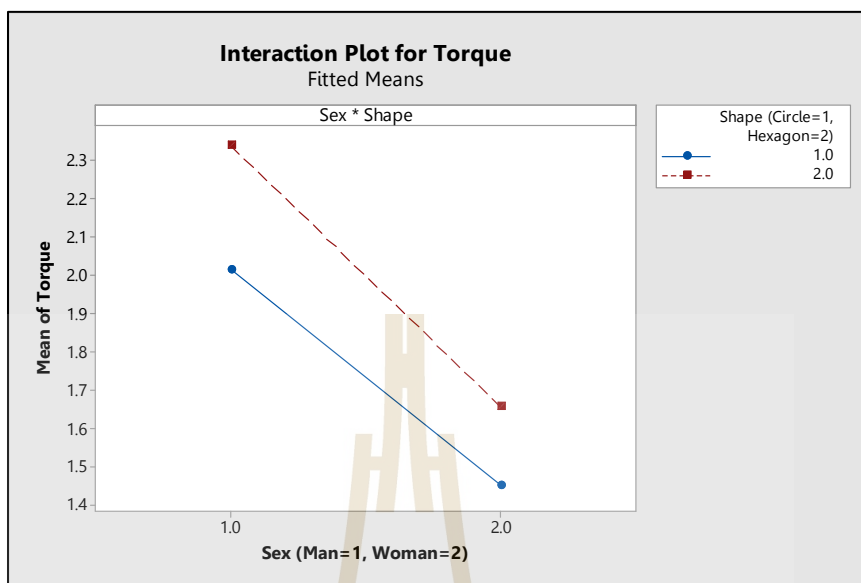
รูปที่ 4.22 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุกับรูปทรงด้ามไขควง

จากรูปที่ 4.22 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของช่วงอายุกับรูปทรงด้ามไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของช่วงอายุกับรูปทรงด้ามไขควงมีค่าเท่ากับ 0.024 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.16 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของช่วงอายุกับรูปทรงด้ามไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงอายุและรูปทรงด้ามไขควง โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากที่สุด รองลงมา คือ 70-79 ปี และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป พบว่ามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยสุด และทรงหกเหลี่ยมมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าทรงกลม นอกจากนี้ยังพบว่าแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือลดลงไปในทิศทางเดียวกันทั้งทรงหกเหลี่ยมมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าทรงกลมในช่วงอายุเดียวกันและเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



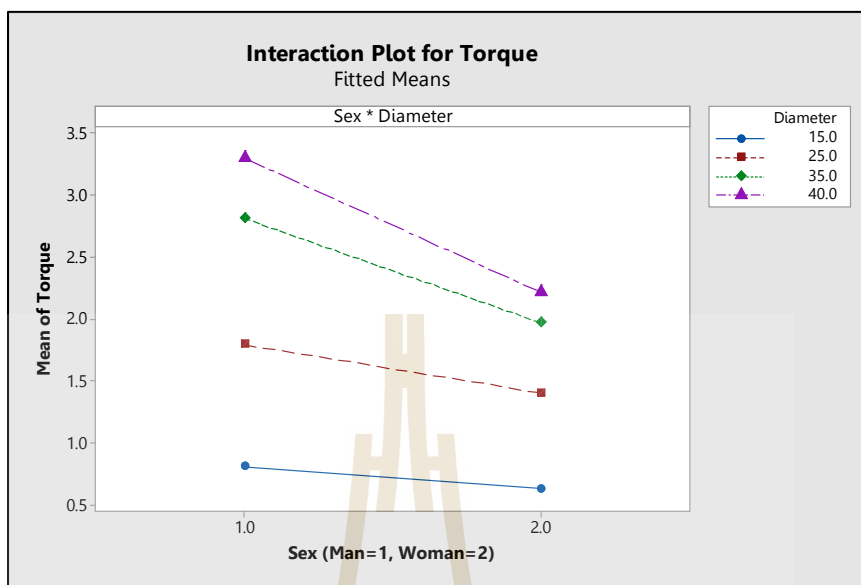
รูปที่ 4.23 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง

จากรูปที่ 4.23 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.16 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงอายุและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากที่สุด รองลงมา คือ 70-79 ปี และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยสุด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดไปในทิศทางเดียวกัน โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมากที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งด้ามไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดน้อยสุด นอกจากนี้ยังพบว่าแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือนลดลงไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อมีช่วงอายุเพิ่มขึ้น และเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



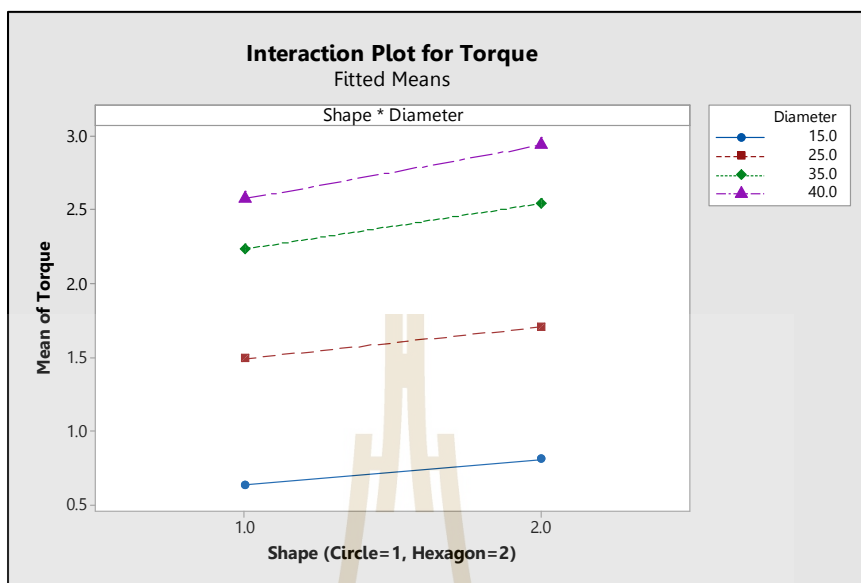
รูปที่ 4.24 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างเพศกับรูปทรงด้ามไขควง

จากรูปที่ 4.24 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของช่วงอายุกับรูปทรงด้ามไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของเพศกับรูปทรงด้ามไขควงมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.16 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของเพศกับรูปทรงด้ามไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากเพศและรูปทรงของด้ามไขควง โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งเพศชายมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าเพศหญิง และทรงหกเหลี่ยมมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าทรงกลม นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกราฟของรูปทรงด้ามไขควงทั้งทรงกลมและทรงหกเหลี่ยมมีเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



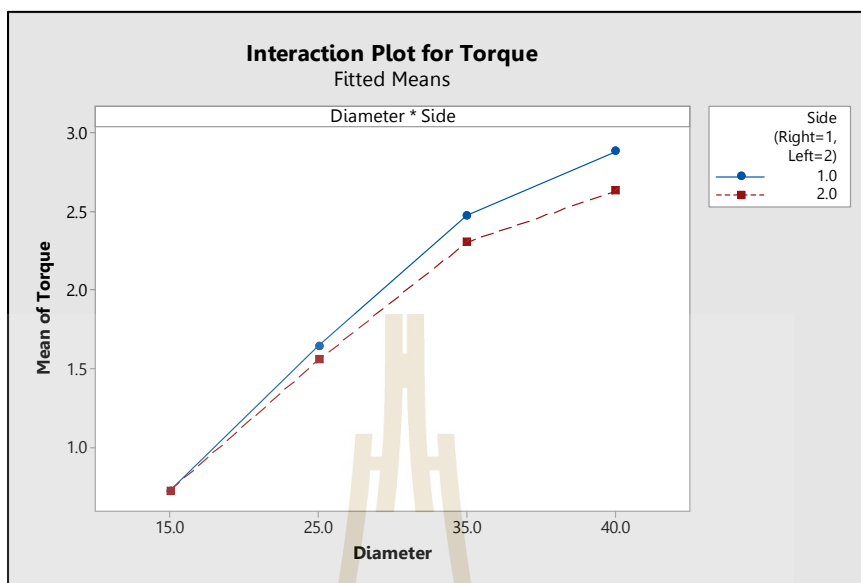
รูปที่ 4.25 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างเพศกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง

จากรูปที่ 4.25 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของเพศกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของเพศกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.16 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของเพศกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากเพศ ซึ่งเพศชายมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าเพศหญิง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดไปในทิศทางเดียวกัน โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมากที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งด้ามไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดน้อยสุด นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกราฟของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงทั้ง 4 ขนาดเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



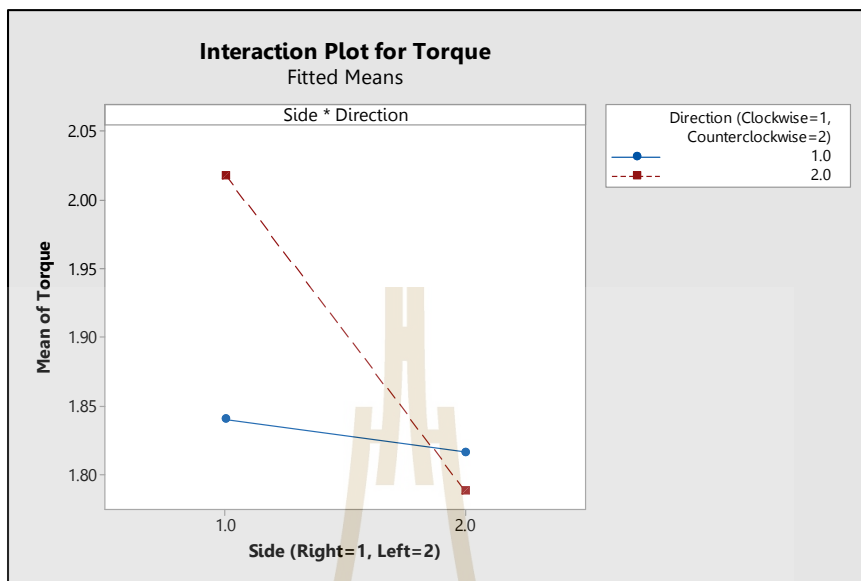
รูปที่ 4.26 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง

จากรูปที่ 4.26 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.16 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากรูปทรงด้ามไขควงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งทรงหกเหลี่ยมมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าทรงกลม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดไปในทิศทางเดียวกัน โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมากที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งด้ามไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตรมีค่าเฉลี่ยแรงบิดน้อยสุด นอกจากนี้ยังพบว่าเส้น กราฟของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงทั้ง 4 ขนาดเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



รูปที่ 4.27 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือ

จากรูปที่ 4.27 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.16 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากมือขวาและมือซ้าย โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งมือขวามีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่ามือซ้าย และไม่มีผลกระทบอันเนื่องมาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกราฟของมือขวาและมือซ้ายมีอันตรกิริยาต่อกัน



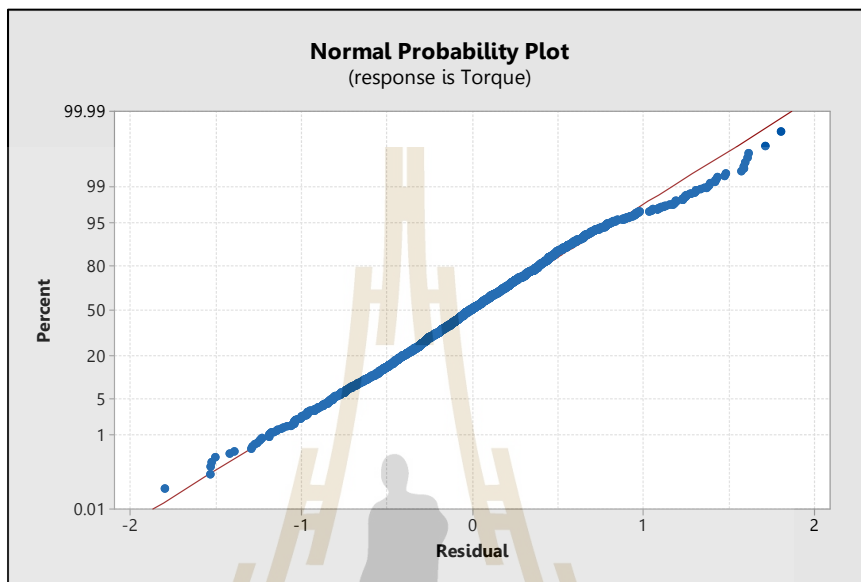
รูปที่ 4.28 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างมือกับทิศทางการออกแรง

จากรูปที่ 4.28 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาและทวนเข็มนาฬิกาที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาและทวนเข็มนาฬิกา มีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.16 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาและทวนเข็มนาฬิกาพบว่าผลกระทบอันเนื่องมาจากมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาและทวนเข็มนาฬิกา โดยที่มีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งมือขวามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่ามือซ้าย และทิศทางการออกแรงทวนเข็มนาฬิกา มีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาเมื่อออกแรงบิดด้วยมือขวาหรือมือซ้าย นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกราฟของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาและทวนเข็มนาฬิกา มีอันตรกิริยาต่อกัน

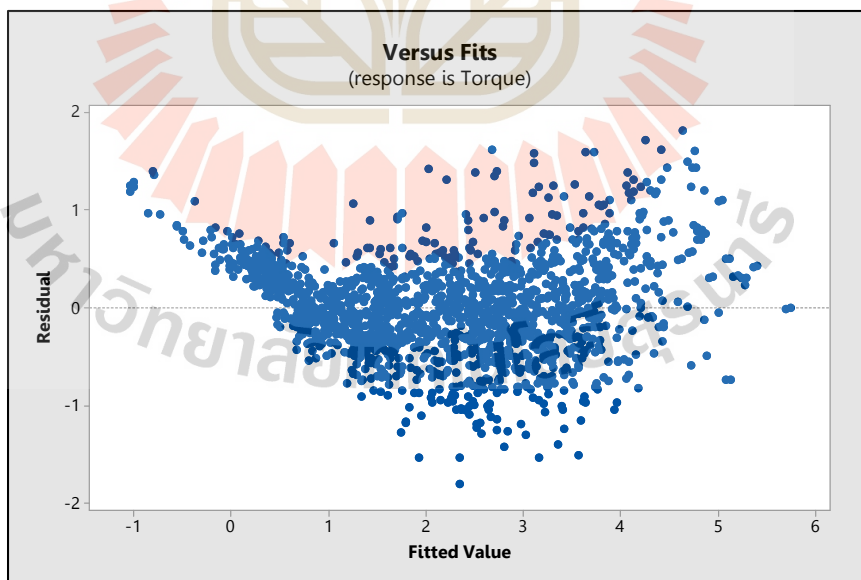
4.5.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศชายตามช่วงอายุ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศชายตามช่วงอายุ และทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งมีผู้ทดสอบเป็นบล็อก (Block) เมื่อพิจารณาการตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตัก้างในในรูปที่ 4.29 พบว่าค่าส่วนตัก้างมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงมีแนวโน้มการกระจายแบบปกติ และการตรวจสอบการกระจายตัว

ค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าจากการทดลองในรูปที่ 4.30 พบว่าส่วนค้างมีการกระจายรอบเส้นศูนย์ ทั้งค่าบวกและค่าลบ จึงประมาณได้ว่ามีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 4.29 การกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง



รูปที่ 4.30 การกระจายตัวค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าจากการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของปัจจัยหลัก พบว่า ช่วงอายุของเพศ ชายรูปทรงของด้ามไขควง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มือขวาและมือซ้าย มีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 และทิศทางการออกแรงบิด มีค่า P-Value เท่ากับ 0.002 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (น้อยกว่า 0.05) จึงมีผลกระทบต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ ดังตารางที่ 4.27 และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Means Comparisons) ตามวิธีของ Tukey's พบว่าค่าเฉลี่ยแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุของเพศชายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.28 โดยช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากที่สุด รองลงมา คือ 70-79 ปี และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป พบว่ามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยสุด ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของรูปทรงด้ามไขควงระหว่างด้ามจับทรงกลมกับทรงหกเหลี่ยมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.29 โดยด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่าด้ามไขควงทรงกลม ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงทั้ง 4 ขนาด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.30 โดยด้ามไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งด้ามไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของมือขวาและซ้ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมือขวามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่ามือซ้าย ดังตารางที่ 4.31 ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของทิศทางออกแรงตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.32 โดยทิศทางออกแรงทวนเข็มนาฬิกามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่าทิศทางออกแรงตามเข็มนาฬิกา

ตารางที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศชายตามช่วงอายุ

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ช่วงอายุ	2	90.77	45.384	164.30	0.000
รูปทรงด้ามไขควง	1	39.64	39.642	143.51	0.000
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	3	1382.87	460.956	1668.73	0.000
มือ	1	8.06	8.060	29.18	0.000
ทิศทางออกแรง	1	2.78	2.779	10.06	0.002
Block(ช่วงอายุ)	48	640.90	13.352	48.34	0.000
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง	2	2.59	1.297	4.70	0.009
ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	6	21.11	3.518	12.73	0.000

ตารางที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศชายตามช่วงอายุ (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ช่วงอายุ มือ	2	1.29	0.643	2.33	0.098
ช่วงอายุ*ทิศทางการออกแรง	2	0.45	0.225	0.82	0.442
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	3	5.24	1.748	6.33	0.000
รูปทรงด้ามไขควง*มือ	1	0.02	0.024	0.09	0.769
รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	1	0.06	0.060	0.22	0.640
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	3	4.87	1.624	5.88	0.001
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	3	0.28	0.092	0.33	0.801
มือ*ทิศทางการออกแรง	1	15.48	15.480	56.04	0.000
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	6	1.12	0.187	0.68	0.668
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ	2	0.02	0.010	0.04	0.964
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	2	0.05	0.024	0.09	0.918
ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	6	0.71	0.119	0.43	0.860
ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	6	0.14	0.023	0.08	0.998
ช่วงอายุ*มือ*ทิศทางการออกแรง	2	0.12	0.059	0.21	0.808
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	3	0.05	0.018	0.06	0.978
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	3	0.40	0.135	0.49	0.691
รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	1	0.09	0.091	0.33	0.566

ตารางที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศชายตามช่วงอายุ (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง* มือ*ทิศทางการออกแรง	3	5.97	1.990	7.21	0.000
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	6	0.29	0.048	0.17	0.984
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศ ทางการออกแรง	6	0.16	0.027	0.10	0.997
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศ ทางการออกแรง	2	0.00	0.002	0.01	0.994
ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	6	0.28	0.046	0.17	0.986
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการ ออกแรง	3	0.05	0.015	0.05	0.983
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ* ทิศทางการออกแรง	6	0.26	0.044	0.16	0.988
ค่าความคลาดเคลื่อน	1488	411.03	0.276		
รวม	1631	2853.64			

หมายเหตุ: * อันตรกิริยา

ตารางที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับช่วงอายุของเพศชาย

ช่วงอายุ (ปี)	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ยแรงบิด (Nm)	Grouping		
60-69 ปี	640	2.45517	A		
70-79 ปี	640	2.25328		B	
80 ปีขึ้นไป	352	1.82364			C

ตารางที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับรูปทรงด้ามไขควง

ด้ามไขควง	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping			
ทรงหกเหลี่ยม	816	2.33947	A			
ทรงกลม	816	2.01526				B

ตารางที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง

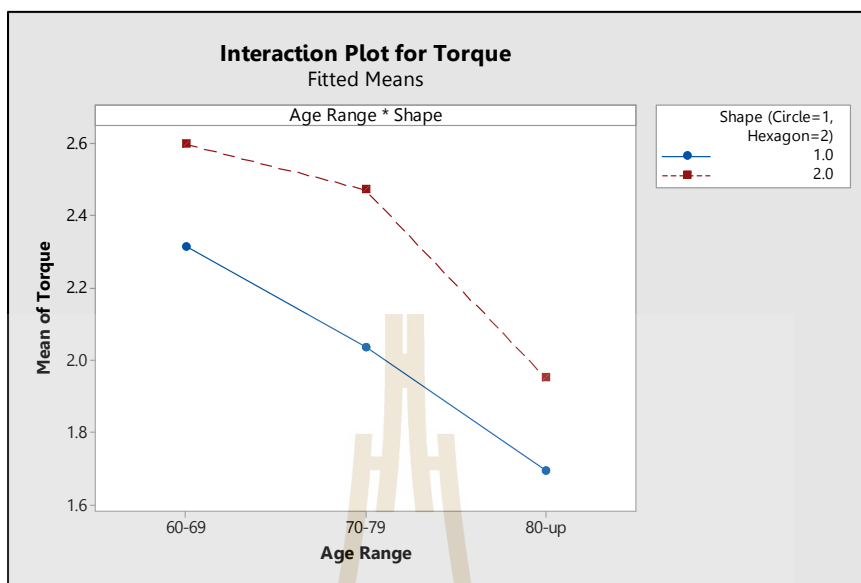
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง (mm)	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping			
40	408	3.29647	A			
35	408	2.80920		B		
25	408	1.79289			C	
15	408	0.81089				D

ตารางที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับมือขวาและซ้าย

มือขวาและซ้าย	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping			
มือขวา	816	2.25046	A			
มือซ้าย	816	2.10427				B

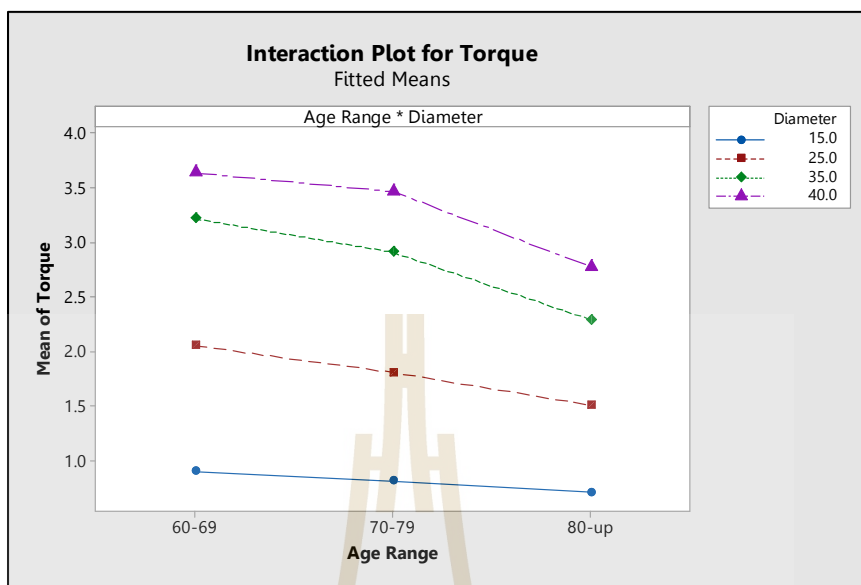
ตารางที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับทิศทางการออกแรงบิด

ทิศทางการออกแรงบิด	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping			
ทวนเข็มนาฬิกา	816	2.22029	A			
ตามเข็มนาฬิกา	816	2.13444				B



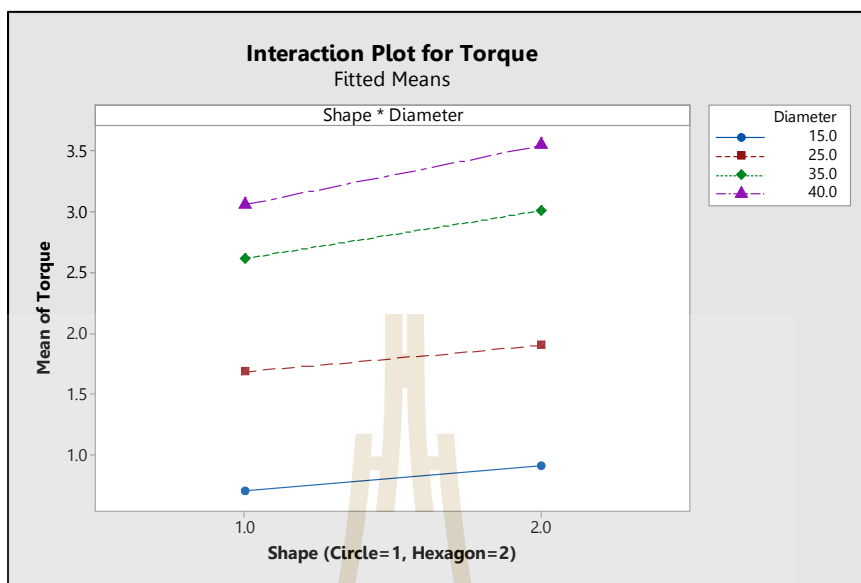
รูปที่ 4.31 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุกับรูปทรงด้าม ไขควง

จากรูปที่ 4.31 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของช่วงอายุกับรูปทรงด้าม ไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของช่วงอายุกับรูปทรงด้าม ไขควง มีค่าเท่ากับ 0.009 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.23 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของช่วงอายุกับรูปทรงด้าม ไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงอายุและรูปทรงด้าม ไขควง โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากที่สุด รองลงมา คือ 70-79 ปี และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป พบว่ามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยสุด และทรงหกเหลี่ยมมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าทรงกลม นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยแรงบิดมือนั้นแนวโน้มลดลงไปในทิศทางเดียวกัน และเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



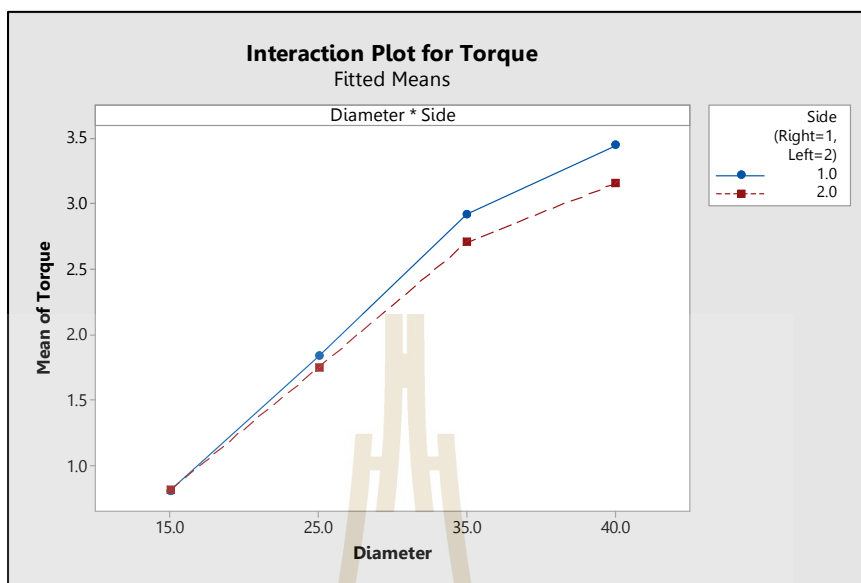
รูปที่ 4.32 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง

จากรูปที่ 4.32 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควงมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.23 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงอายุและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากที่สุด รองลงมา คือ 70-79 ปี และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยสุด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้าม ไขควง มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดไปในทิศทางเดียวกัน โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมากที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งด้าม ไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดน้อยสุด นอกจากนี้ยังพบว่า มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยลงไปในทิศทางเดียวกันเมื่อมีช่วงอายุเพิ่มขึ้น และเส้นกราฟขนานกันจึง ไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



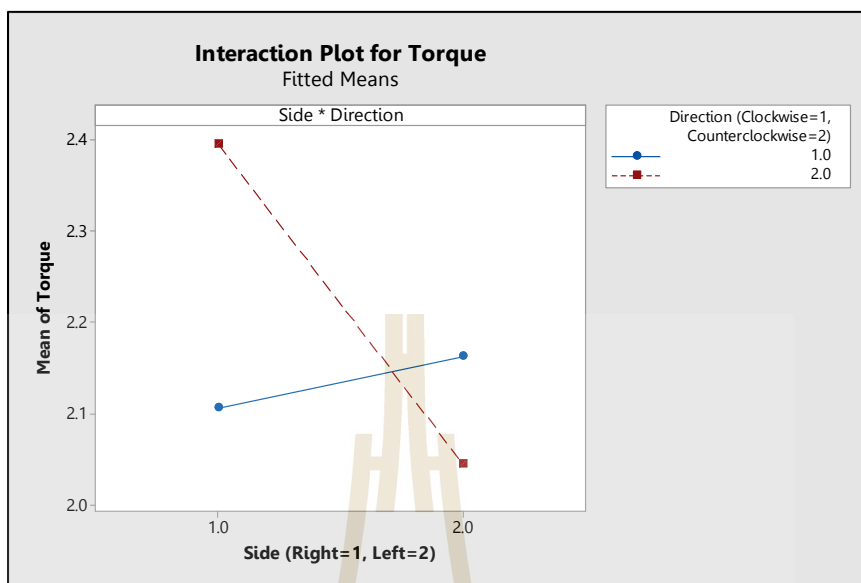
รูปที่ 4.33 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง

จากรูปที่ 4.33 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.23 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของรูปทรงด้ามไขควงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากรูปทรงด้ามไขควงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งทรงหกเหลี่ยมมีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าทรงกลม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดไปในทิศทางเดียวกัน โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมากที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งด้ามไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตรมีค่าเฉลี่ยแรงบิดน้อยสุด นอกจากนี้ยังพบว่าเส้น กราฟของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงทั้ง 4 ขนาดเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



รูปที่ 4.34 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือ

จากรูปที่ 4.34 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายมีค่าเท่ากับ 0.001 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.23 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากมือขวาและมือซ้าย โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งมือขวามีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่ามือซ้าย และไม่มีผลกระทบอันเนื่องมาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกราฟของมือขวาและมือซ้ายมีอันตรกิริยาต่อกัน



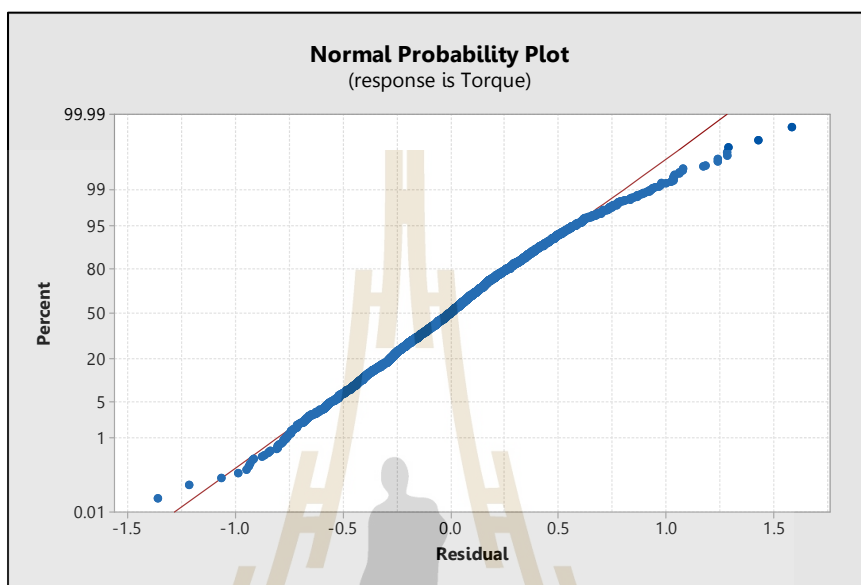
รูปที่ 4.35 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างมือกับทิศทางการออกแรง

จากรูปที่ 4.35 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาและทวนเข็มนาฬิกาที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาและทวนเข็มนาฬิกามีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.23 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาและทวนเข็มนาฬิกาพบว่าผลกระทบอันเนื่องมาจากมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาและทวนเข็มนาฬิกา โดยมิต่ำเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งมือขวามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือนี้ออกแรงมากกว่ามือซ้าย และทิศทางการออกแรงทวนเข็มนาฬิกามีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่าทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาเมื่อออกแรงบิดด้วยมือขวาหรือมือซ้าย นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกราฟของมือขวาและมือซ้ายกับทิศทางการออกแรงตามเมนาพิกาและทวนเข็มนาฬิกา มีอันตรกิริยาต่อกัน

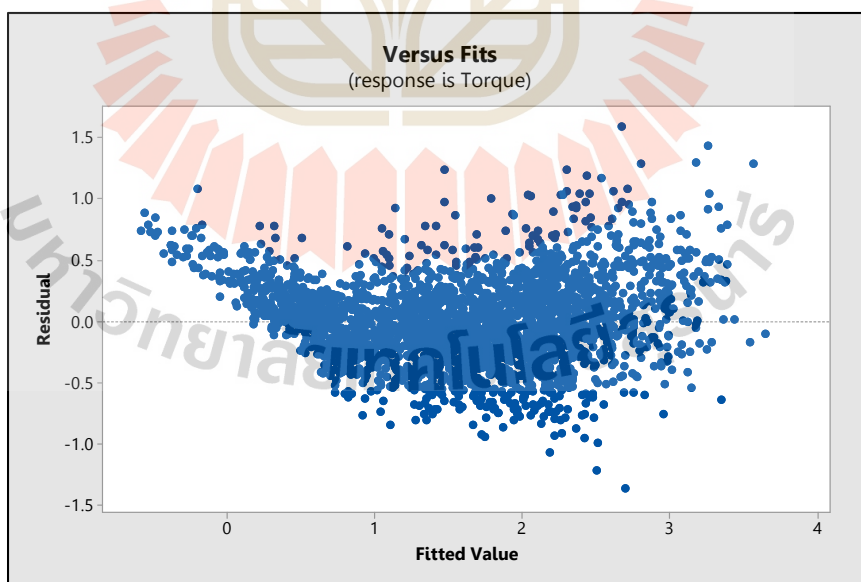
4.5.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิงตามช่วงอายุ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศหญิงตามช่วงอายุ และทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก (Block) เมื่อพิจารณาการตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้างในรูปที่ 4.36 พบว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงมีแนวโน้มการกระจายแบบปกติ และการตรวจสอบการกระจายตัว

ค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าจากการทดลองในรูปที่ 4.37 พบว่าส่วนค้างมีการกระจายรอบเส้นศูนย์ ทั้งค่าบวกและค่าลบ จึงประมาณได้ว่ามีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 4.36 การกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง



รูปที่ 4.37 การกระจายตัวค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าจากการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของปัจจัยหลัก พบว่า ช่วงอายุของเพศ หญิง รูปทรงของค้ำมือไขว่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มือขวาและมือซ้าย และทิศทางการออกแรงบิด มีผลกระทบต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (น้อยกว่า 0.05) ดังตารางที่ 4.33 และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Means Comparisons) ตามวิธีของ Tukey's พบว่าค่าเฉลี่ยแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุของเพศหญิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.34 โดยช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากที่สุด รองลงมา คือ 70-79 ปี และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไปพบว่ามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยสุด ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของรูปทรงค้ำมือไขว่ระหว่าง ค้ำมือจับทรงกลมกับทรงหกเหลี่ยมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.35 โดยค้ำมือไขว่ทรงหกเหลี่ยมค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่าค้ำมือไขว่ทรงกลม ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำมือไขว่ทั้ง 4 ขนาด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.36 โดยค้ำมือไขว่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งค้ำมือไขว่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของมือขวาและซ้ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมือขวามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากกว่ามือซ้าย ดังตารางที่ 4.37 ค่าเฉลี่ยแรงบิดมือของทิศทางการออกแรงตามเข็มนาฬิกาและ ทวนเข็มนาฬิกามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.38 โดยทิศทางการออกแรงทวนเข็มนาฬิกามีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยกว่าทิศทางการออกแรงตามเข็มนาฬิกา

ตารางที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศหญิงตามช่วงอายุ

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ช่วงอายุ	2	21.31	10.653	83.42	0.000
รูปทรงค้ำมือไขว่	1	19.62	19.622	153.66	0.000
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำมือไขว่	3	689.95	229.983	1800.92	0.000
มือ	1	5.44	5.436	42.57	0.000
ทิศทางการออกแรง	1	1.90	1.898	14.86	0.000
Block(ช่วงอายุ)	82	509.19	6.210	48.63	0.000
ช่วงอายุ*รูปทรงค้ำมือไขว่	2	0.02	0.009	0.07	0.933
ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำมือไขว่	6	2.08	0.346	2.71	0.013

ตารางที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศหญิงตามช่วงอายุ (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ช่วงอายุ*มือ	2	0.32	0.161	1.26	0.283
ช่วงอายุ*ทิศทางการออกแรง	2	0.01	0.006	0.05	0.951
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	3	0.71	0.238	1.86	0.134
รูปทรงด้ามไขควง*มือ	1	0.29	0.293	2.30	0.130
รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	1	0.00	0.002	0.01	0.903
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	3	2.80	0.934	7.31	0.000
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	3	0.10	0.033	0.26	0.853
มือ*ทิศทางการออกแรง	1	0.01	0.006	0.04	0.835
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง	6	0.23	0.038	0.30	0.936
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ	2	0.64	0.321	2.52	0.081
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	2	0.13	0.065	0.51	0.603
ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	6	0.33	0.055	0.43	0.858
ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	6	0.14	0.023	0.18	0.982
ช่วงอายุ*มือ*ทิศทางการออกแรง	2	2.09	1.043	8.17	0.000
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	3	0.09	0.030	0.24	0.872
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	3	0.12	0.040	0.31	0.817

ตารางที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือผู้สูงอายุเพศหญิงตามช่วงอายุ (ต่อ)

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	1	0.03	0.031	0.24	0.622
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	3	0.17	0.058	0.46	0.713
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ	6	0.26	0.043	0.34	0.918
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*ทิศทางการออกแรง	6	0.09	0.014	0.11	0.995
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	2	0.02	0.008	0.06	0.940
ช่วงอายุ*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	6	0.79	0.131	1.03	0.407
รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	3	0.23	0.077	0.60	0.613
ช่วงอายุ*รูปทรงด้ามไขควง*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง*มือ*ทิศทางการออกแรง	6	0.05	0.008	0.06	0.999
ค่าความคลาดเคลื่อน	2542	324.62	0.128		
รวม	2719	1975.19			

หมายเหตุ: * อันตรกิริยา

ตารางที่ 4.34 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับช่วงอายุของเพศหญิง

ช่วงอายุ (ปี)	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ยแรงบิด (Nm)	Grouping		
60-69 ปี	1376	1.66542	A		
70-79 ปี	1024	1.61907		B	
80 ปีขึ้นไป	320	1.37920			C

ตารางที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับรูปทรงด้ามไขควง

ด้ามไขควง	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping		
ทรงหกเหลี่ยม	1360	1.65716	A		
ทรงกลม	1360	1.45196			B

ตารางที่ 4.36 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง

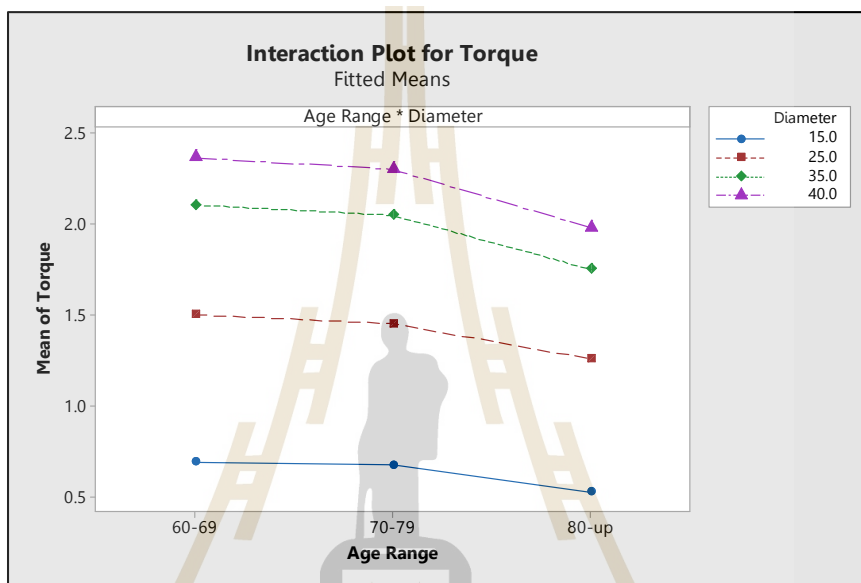
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง (mm)	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping		
40	680	2.21438	A		
35	680	1.96808		B	
25	680	1.40403			C
15	680	0.63176			D

ตารางที่ 4.37 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับมือขวาและซ้าย

มือขวาและซ้าย	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping		
มือขวา	1360	1.60857	A		
มือซ้าย	1360	1.50056			B

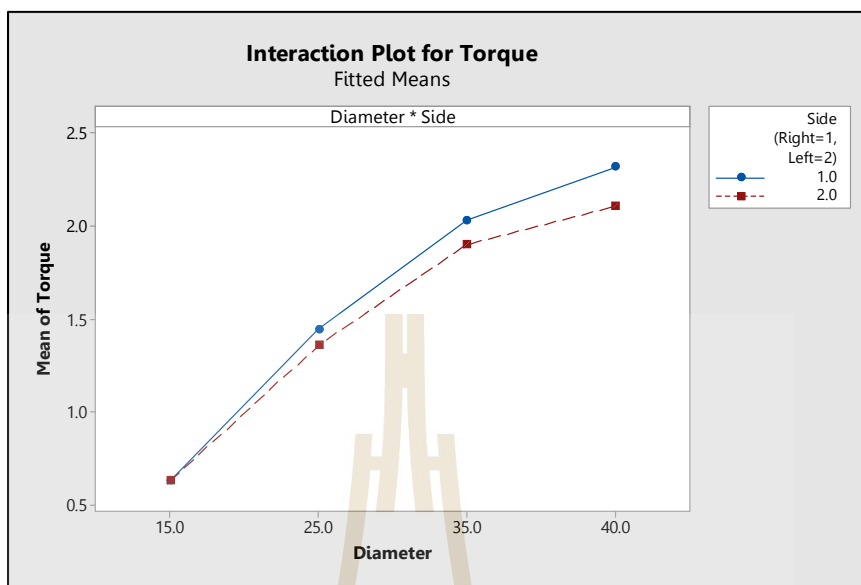
ตารางที่ 4.38 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือกับทิศทางการออกแรงบิด

ทิศทางการออกแรงบิด	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (Nm)	Grouping	
ทวนเข็มนาฬิกา	1360	1.58647	A	
ตามเข็มนาฬิกา	1360	1.52265		B



รูปที่ 4.38 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง

จากรูปที่ 4.38 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงมีค่าเท่ากับ 0.013 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.29 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของช่วงอายุกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงอายุและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากที่สุด รองลงมา คือ 70-79 ปี และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยสุด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควง มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดไปในทิศทางเดียวกัน โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมากที่สุด รองลงมา คือ 35 และ 25 มิลลิเมตร ซึ่งด้ามไขควงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดน้อยสุด นอกจากนี้ยังพบว่ามีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยลงไปในทิศทางเดียวกันเมื่อมีช่วงอายุเพิ่มขึ้น และเส้นกราฟขนานกันจึงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน



รูปที่ 4.39 อันตรกิริยาแรงบิดมือระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือ

จากรูปที่ 4.39 เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของอันตรกิริยาของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายมีค่าเท่ากับ 0.000 (น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ) ดังตารางที่ 4.29 ซึ่งจากกราฟอันตรกิริยาแรงบิดมือของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงกับมือขวาและมือซ้ายพบว่ามีผลกระทบอันเนื่องมาจากมือขวาและมือซ้าย โดยมีค่าเฉลี่ยแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งมือขวามีค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงกว่ามือซ้าย และไม่มีผลกระทบอันเนื่องมาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นกราฟของมือขวาและมือซ้ายมีอันตรกิริยาต่อกัน

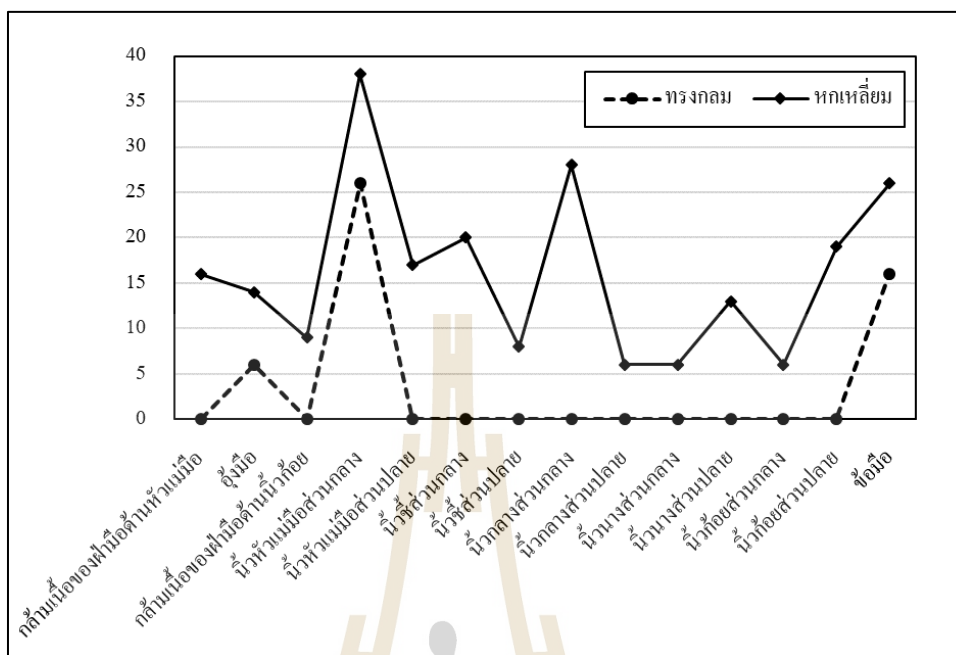
4.6 ผลการสำรวจความรู้สึกไม่สบายที่เกิดบนบริเวณต่างๆ ของมือ

ผลการสำรวจความรู้สึกไม่สบายที่เกิดขึ้นบนบริเวณต่างๆ ของมือผู้สูงอายุ จำนวน 136 คน พบว่าด้ามไขควงทรงกลมก่อให้เกิดความไม่สบายบนมือของผู้สูงอายุบริเวณนิ้วหัวแม่มือส่วนกลางจำนวน 26 คน จากผู้สูงอายุทั้งหมด (ร้อยละ 54) รองลงมา คือ บริเวณข้อมือ และอุ้งมือ ส่วนทางด้านด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมพบว่าผู้สูงอายุเกิดความไม่สบายบริเวณนิ้วหัวแม่มือส่วนกลาง จำนวน 38 คน จากผู้สูงอายุทั้งหมด (ร้อยละ 17) รองลงมา คือ บริเวณนิ้วกลางส่วนกลาง ข้อมือ นิ้วชี้ส่วนกลาง และบริเวณต่างๆ ของมือ ดังตารางที่ 4.39 ซึ่งผลการสำรวจความไม่สบายที่เกิดบนมือของผู้สูงอายุหลังการทำการทดสอบพบว่าผู้สูงอายุเกิดความไม่สบายบริเวณนิ้วหัวแม่มือส่วนกลางมาก

สุดทั้งในด้าม ไขควงแบบทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม ดังรูปที่ 4.40 นอกจากนี้ยังพบว่าด้าม ไขควง ทรงหกเหลี่ยมก่อให้เกิดความไม่สบายที่บริเวณต่างๆของมือ มากกว่าด้าม ไขควงทรงกลม

ตารางที่ 4.39 ผลการสำรวจบริเวณที่เกิดความไม่สบายบนบริเวณต่าง ๆ ของมือ

บริเวณที่เกิดความรู้สึกไม่สบายบนมือ	ด้าม ไขควง			
	ทรงกลม		ทรงหกเหลี่ยม	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
กล้ามเนื้อของฝ่ามือด้านหัวแม่มือ	0	0	16	7
อุ้งมือ	6	13	14	6
กล้ามเนื้อของฝ่ามือด้านนิ้วก้อย	0	0	9	4
นิ้วหัวแม่มือส่วนกลาง	26	54	38	17
นิ้วหัวแม่มือส่วนปลาย	0	0	17	7
นิ้วชี้ส่วนกลาง	0	0	20	9
นิ้วชี้ส่วนปลาย	0	0	8	4
นิ้วกลางส่วนกลาง	0	0	28	12
นิ้วกลางส่วนปลาย	0	0	6	3
นิ้วนางส่วนกลาง	0	0	6	3
นิ้วนางส่วนปลาย	0	0	13	6
นิ้วก้อยส่วนกลาง	0	0	6	3
นิ้วก้อยส่วนปลาย	0	0	19	8
ข้อมือ	16	33	26	11

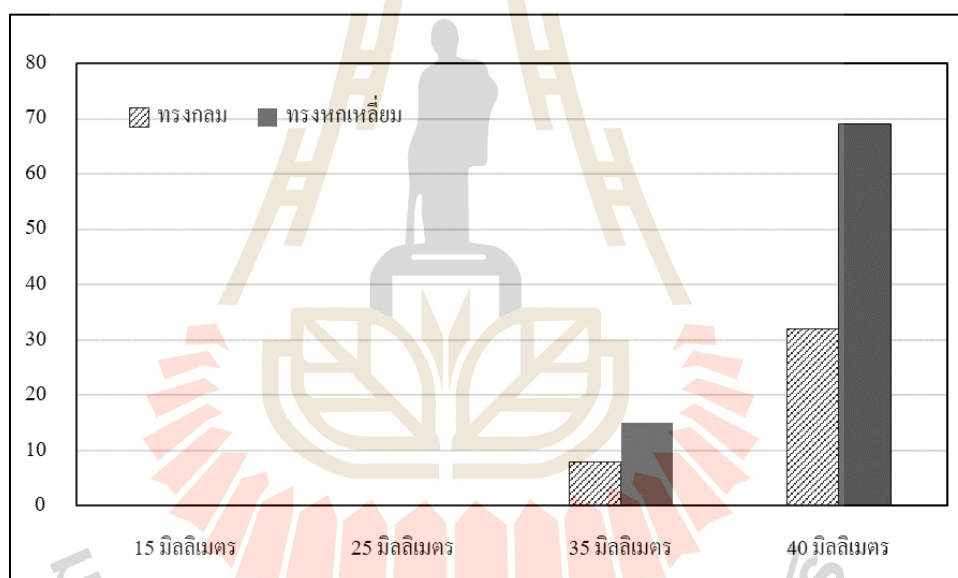


รูปที่ 4.40 บริเวณที่เกิดความไม่สบายบนมือในด้ามไขควงทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม

จากผลการสำรวจขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ส่งผลต่อความไม่สบายที่เกิดขึ้นบนบริเวณต่าง ๆ ของมือ พบว่าด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ก่อให้เกิดความไม่สบายบนบริเวณต่าง ๆ ของมือมากที่สุด จำนวน 69 คน จากผู้สูงอายุทั้งหมด (ร้อยละ 82) รองลงมา คือ ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร จำนวน 32 คน จากผู้สูงอายุทั้งหมด (ร้อยละ 80) ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร จำนวน 15 คน จากผู้สูงอายุทั้งหมด (ร้อยละ 18) ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร จำนวน 8 คน จากผู้สูงอายุทั้งหมด (ร้อยละ 20) นอกจากนี้ยังพบว่าด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมก่อให้เกิดไม่สบายบนบริเวณต่าง ๆ ของมือมากกว่าด้ามไขควงทรงกลม ดังตารางที่ 4.40

ตารางที่ 4.40 ผลการสำรวจขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ส่งผลต่อความไม่สบายที่เกิดขึ้นบนบริเวณต่าง ๆ ของมือ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ด้ามไขควง			
	ทรงกลม		หกเหลี่ยม	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
15	0	-	0	-
25	0	-	0	-
35	8	20	15	18
40	32	80	69	82



รูปที่ 4.41 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ส่งผลต่อความไม่สบายบนบริเวณต่าง ๆ ของมือ

จากรูปที่ 4.41 ผลการสำรวจขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงทรงกลมที่ส่งผลต่อความไม่สบายบนบริเวณต่าง ๆ ของมือ พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 และ 40 มิลลิเมตร ส่งผลต่อความไม่สบายบนบริเวณต่าง ๆ ของมือ ซึ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ส่งผลต่อความไม่สบายบนบริเวณต่าง ๆ ของมือนั้นมากกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35, 25 และ 15 มิลลิเมตร ทั้งในทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลกระทบของลักษณะรูปทรงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามไขควงที่ส่งผลต่อการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อวัดค่าความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุที่ใช้ในการหมุนไขควง 2) เพื่อศึกษาผลกระทบของลักษณะรูปทรงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของด้ามไขควงที่มีต่อความสามารถในการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ 3) เพื่อศึกษาความรู้สึกไม่สบายที่เกิดขึ้นบนบริเวณต่าง ๆ ของมือ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การวิจัยเชิงสำรวจ ประกอบด้วย การสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม การสำรวจโดยวัดสัดส่วนร่างกายและสัดส่วนมือของผู้ถูกทดสอบ และการวิจัยโดยการทดลอง ประกอบด้วย การทดลองการวัดความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 15, 25, 35 และ 40 มิลลิเมตรในด้ามไขควงทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม การทดลองการวัดความสามารถการออกแรงบิดมือและการสำรวจความรู้สึกไม่สบายที่เกิดขึ้นบนบริเวณต่าง ๆ ของมือ

การวิจัยนี้ศึกษากลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ในพื้นที่อำเภอโนนสูง และอำเภอบักรงชัย จังหวัดนครราชสีมา จำนวนกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 136 คน เป็นเพศชายจำนวน 51 คน (ร้อยละ 37.5) และเพศหญิง 85 คน (ร้อยละ 62.5) โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มช่วงอายุ ได้แก่ ช่วงอายุ 60-69 ปี จำนวน 63 คน ช่วงอายุ 70-79 ปี จำนวน 52 คน และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป จำนวน 21 คน ผู้สูงอายุส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาประกอบอาชีพเกษตรกร และถนัดมือขวา จากการสอบถามพบว่า ร้อยละ 76 ของผู้สูงอายุมีโรคประจำตัว และร้อยละ 56 ของผู้สูงอายุทั้งหมดมีอาการปวดตามร่างกายบริเวณ ข้อไหล่ หลัง ข้อศอก คอ และข้อเข่า นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่นิยมออกกำลังกายด้วยการเดิน รองลงมา คือ การปั่นจักรยานและการวิ่ง

การวัดสัดส่วนร่างกายและสัดส่วนมือของผู้ถูกทดสอบ พบว่าความสูงเฉลี่ยของเพศชาย 161.92 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 60.22 กิโลกรัม และความสูงเฉลี่ยของเพศหญิงเท่ากับ 151.01 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 55.22 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังมีรายการวัดสัดส่วนร่างกาย ได้แก่ ความสูงข้อศอก (ขณะงอ) และรายการสัดส่วนมือ จำนวน 13 รายการ คือ ความยาวรอบฝ่ามือ ความยาวนิ้วหัวแม่มือ ความยาวนิ้วชี้ ความยาวนิ้วกลาง ความยาวนิ้วนาง ความยาวนิ้วก้อย ระยะห่าง

ระหว่างปลายนิ้วมือ-ถึงกลางโคนฝ่ามือ ความยาวฝ่ามือ ระยะห่างปลายนิ้วชี้-ง่ามนิ้วหัวแม่มือ ความกว้างฝ่ามือ ความกว้างมือ ความหนาฝ่ามือ ความกว้างเส้นผ่านศูนย์กลางกำมือ

ผลการวัดความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของด้ามจับ ไขควง พบว่าผู้สูงอายุ ร้อยละ 58 พึงพอใจด้ามไขควงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร รองลงมา คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 และ 40 มิลลิเมตร และพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่ ร้อยละ 68 พึงพอใจด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมมากกว่าทรงกลม

ผลการทดสอบความสามารถการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ พบว่าผลการออกแรงบิดมือของผู้สูงอายุ ทั้งเพศชายและเพศหญิง ทั้งในมือขวาและมือซ้ายมีค่าแรงบิดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และมีค่าแรงบิดเฉลี่ยรวมน้อยที่สุดเมื่อใช้ด้ามไขควงทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ออกแรงบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และมีแนวโน้มที่เพศชายสามารถออกแรงบิดได้มากกว่าเพศหญิงทั้งมือขวาและมือซ้าย เมื่อทำการทดสอบด้วยด้ามไขควงที่มีขนาดและรูปทรงเหมือนกัน นอกจากนี้ยังพบว่าผู้สูงอายุช่วงอายุ 60-69 ปี สามารถออกแรงบิดได้มากกว่า ช่วงอายุ 70-79 ปี และช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป โดยช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป สามารถออกแรงบิดได้น้อยที่สุด ซึ่งมีแนวโน้มที่ค่าแรงบิดลดลงเมื่อผู้สูงอายุมีอายุมากขึ้น

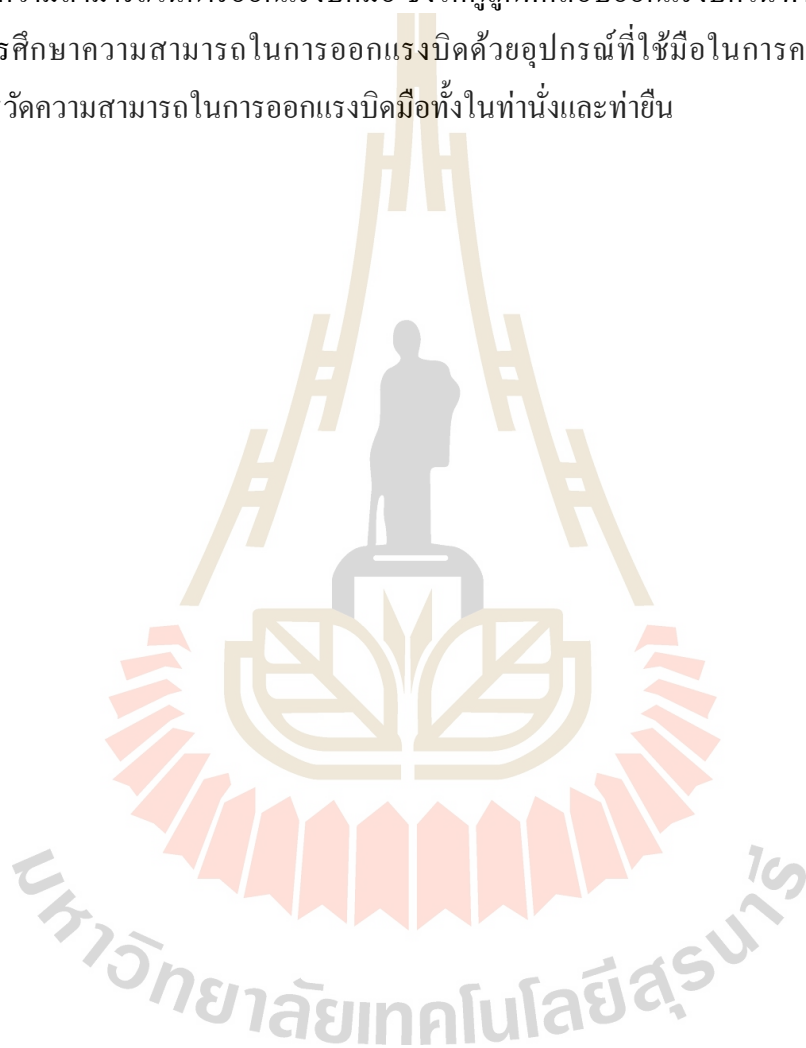
จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงบิดมือของผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิง พบว่า ช่วงอายุมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือมากสุด ในขณะที่ช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมือน้อยที่สุด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดพบว่าเพศชายและเพศหญิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเพศชายมีค่าเฉลี่ยแรงบิดมากกว่าเพศหญิง และผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของรูปทรงของด้ามไขควงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยทรงหกเหลี่ยมมีค่าเฉลี่ยแรงบิดมากกว่าทรงกลม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงบิดมากที่สุด รองลงมา คือ 35, 25 และ 15 มิลลิเมตร นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดมือระหว่างมือขวาและมือซ้าย ทิศทางการออกแรงทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าน้ำหนักตัวของผู้สูงอายุทั้งในเพศชายและเพศหญิงมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการออกแรงบิดมือ

ผลการสำรวจความไม่สบายที่เกิดบนบริเวณต่าง ๆ ของมือ พบว่าผู้สูงอายุเกิดความไม่สบายบริเวณนิ้วหัวแม่มือส่วนกลางมากที่สุดทั้งในด้ามไขควงแบบทรงกลมและทรงหกเหลี่ยม โดยด้ามไขควงทรงหกเหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร เกิดความไม่สบายบนบริเวณต่าง ๆ

ของมือมากที่สุด ร้อยละ 82 ซึ่งค้ำไบควงทรงหกเหลี่ยมก่อให้เกิดความไม่สบายที่บริเวณต่าง ๆ ของมือมากกว่าค้ำไบควงทรงกลม

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของลักษณะรูปทรงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค้ำไบควงที่ส่งผลต่อความสามารถในการออกแรงบีดมือ ซึ่งให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงบีดในทำขึ้น งานวิจัยต่อไปควรมีการศึกษาความสามารถในการออกแรงบีดด้วยอุปกรณ์ที่ใช้มือในการควบคุมการทำงาน โดยมีการวัดความสามารถในการออกแรงบีดมือทั้งในทำนั่งและทำขึ้น

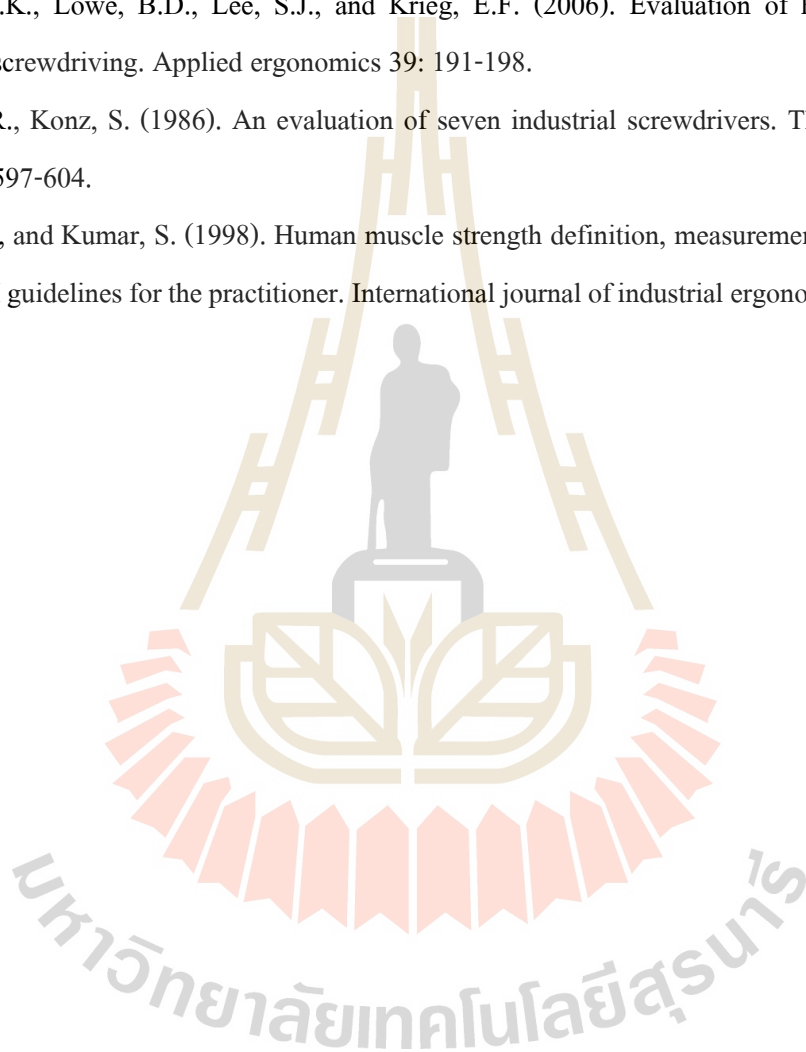


รายการอ้างอิง

- กิตติ อินทรานนท์ (2548). การยศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไตรรัตน์ จารุทัศน์ (2555). การจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- รัชชานนท์ สิปป์ภากุล (2548). การยศาสตร์และกายวิภาคเชิงกล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัท วาดศิลป์ จำกัด.
- นริศ เจริญพร (2543). การยศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- แสงล้ำ พลนอก (2552). การประเมินระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ. พิษณุโลก. คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- Axelsson, P., Fredrikson, P., Nilsson, A., Andersson, J.K., and Karrholm, J. (2017). Forearm torque and lifting strength: normative data. Scientific article.
- Bordett, H.M., Koppa, R.J., and Congelton, J.J. (1988) Torque required from elderly females to operate faucet handles of various shapes. The human factors 30(3): 339-346.
- Dianat, I., Haslegrave, C.M., and Stedmon, A.W. (2010) Using pliers in assembly work: short and long task duration effect of gloves on hand performance capabilities and subjective assessment of discomfort and ease of tool manipulation. Applied ergonomics 43: 413-423.
- Dianat, I., Nedaei, M., and Nezami, M.A. (2014) The effect of tool handle shape on hand performance, usability and discomfort using masons' trowels. International journal of industrial ergonomics 45: 13-20.
- Dianat, I., Rahimi, S., Nedaei, M., Jafarabadi, M.A., and Oskouei, A.E. (2016). Effect of tool handle dimension and workpiece orientation and size on wrist ulnar/radial torque strength, usability and discomfort in a wrench task. Applied ergonomics 59: 422-430.
- Imrhan, S.N., and Loo, C. (1986). Torque capabilities of the elderly in opening screw top containers. Proceeding of the human factor's society.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

- Kim, D.M., Choi, K.H., Lee, S.Y., and Kong, Y.K. (2015). Study on the grip spans of combination pliers in a maximum gripping task. *International journal of industrial ergonomics* 54 : 42-47.
- Kong, Y.K., Lowe, B.D., Lee, S.J., and Krieg, E.F. (2006). Evaluation of handle shapes for screwdriving. *Applied ergonomics* 39: 191-198.
- Magill, R., Konz, S. (1986). An evaluation of seven industrial screwdrivers. *The human factor* : 597-604.
- Mital, A., and Kumar, S. (1998). Human muscle strength definition, measurement, and usage: part I guidelines for the practitioner. *International journal of industrial ergonomics* 22: 101-121.





ภาคผนวก ก

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย



ลำดับที่

วันที่.....

แบบสอบถามโครงการวิจัย.....

คำชี้แจง แบบสอบถาม : โปรดเติมเครื่องหมาย และกรอกข้อความให้สมบูรณ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

 ชาย หญิง

2. อายุ

 60-69 ปี 70-79 ปี 80-89 ปี 90 ปีขึ้นไป

3. ท่านถนัดมือข้างใด

 มือขวา มือซ้าย

4. ท่านประกอบอาชีพใด

ไม่ได้ประกอบอาชีพ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ รับจ้างทั่วไป

ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว เกษตรกร (ทำนา/ทำไร่) พนักงานบริษัท

ไม่ได้ประกอบอาชีพ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ อื่นๆ(ระบุ).....

5. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

ไม่มี มี (โปรดระบุโรคประจำตัว ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

โรคภูมิแพ้ โรคหัวใจ/หลอดเลือดหัวใจ

โรคโลหิตจาง โรคเบาหวาน

โรคไขมันในเส้นเลือด โรคกระดูก/โรคข้อ

โรคความดันโลหิตสูง โรคความดันโลหิตต่ำ

โรคหอบหืด อื่นๆ(ระบุ).....

6. ท่านมีอาการบาดเจ็บ หรือโรคเกี่ยวกับกระดูกและข้อหรือไม่

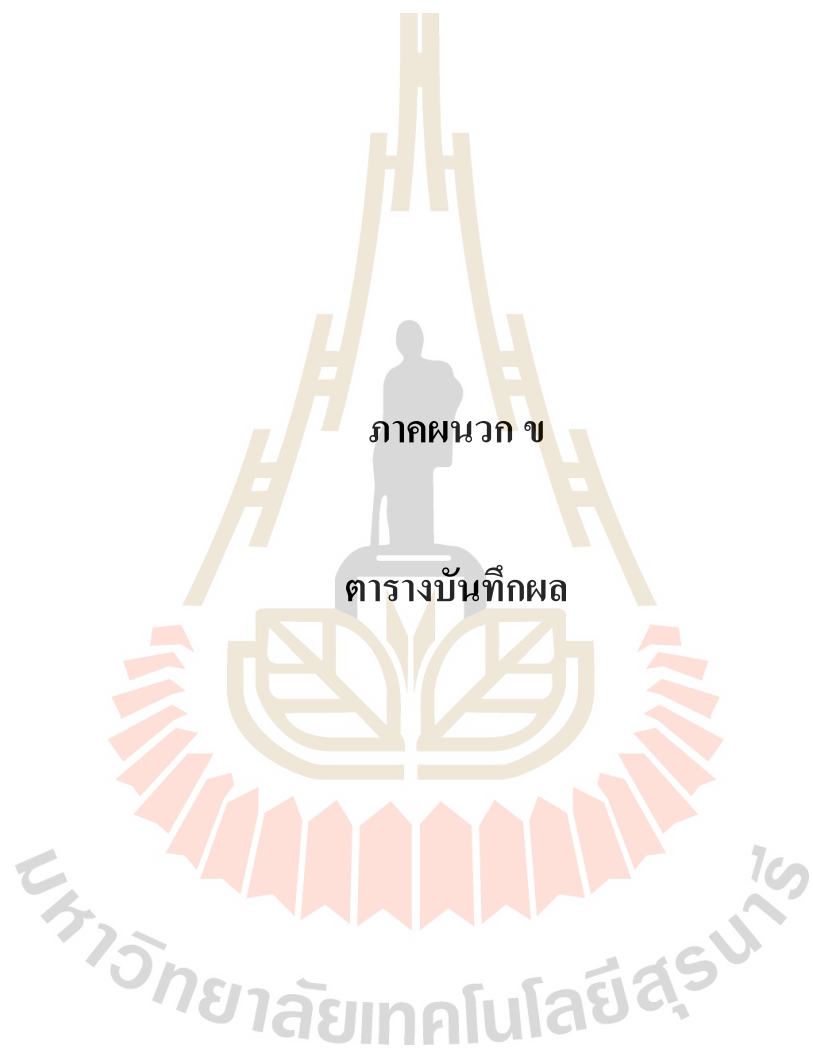
- ไม่มี มี (โปรดระบุตำแหน่งที่เป็น ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- ข้อไหล่ หลัง นิ้วมือ ข้อมือ
- ข้อศอก คอ ข้อศอก โทก ข้อเข่า
- ข้อเท้า ฝ่าเท้า อื่นๆ
- (ระบุ).....

7. ปัจจุบันท่านยังรับประทานยาประจำอยู่หรือไม่

- ไม่ใช่ ใช่ (โปรดระบุ).....

8. ท่านออกกำลังกายหรือไม่

- ไม่ใช่ ใช่ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- การวิ่ง การวิ่ง เต้นแอโรบิก
- ปั่นจักรยาน เล่นกีฬา ยกน้ำหนัก
- โยคะ อื่นๆ (ระบุ).....

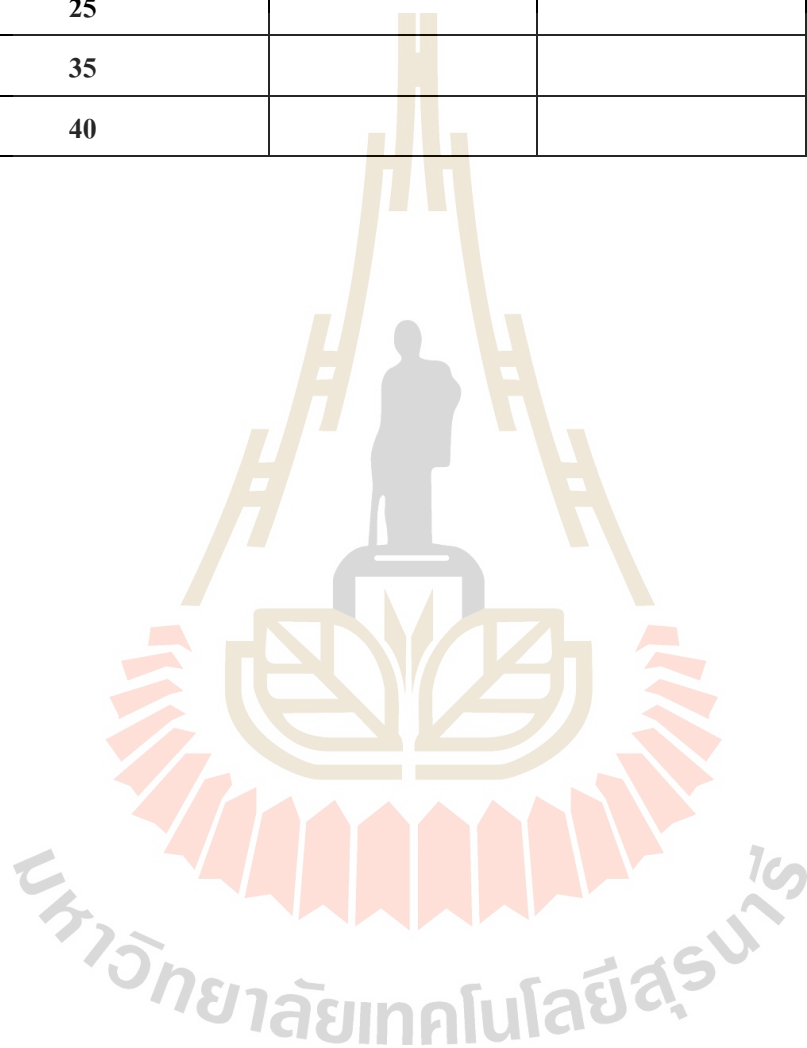


ตารางที่ ข.1 ตารางบันทึกผลการวัดสัดส่วนร่างกาย

ลำดับ	รายการ	อุปกรณ์	ค่าวัด (ชม.)	ค่าวัด (ชม.)	ค่าวัด (ชม.)
1	ความสูง	แอนโทโรโพมิเตอร์			
2	ความสูงข้อศอก(ขณะงอ)	แอนโทโรโพมิเตอร์			
3	ความยาวรอบฝ่ามือ	สายวัด			
4	ความขานิ้วหัวแม่มือ	คาลิเปอร์			
5	ความขานิ้วชี้	คาลิเปอร์			
6	ความขานิ้วกลาง	คาลิเปอร์			
7	ความขานิ้วนาง	คาลิเปอร์			
8	ความขานิ้วก้อย	คาลิเปอร์			
9	ระยะห่างระหว่างปลายนิ้วมือ-กึ่งกลาง โคนฝ่ามือ	คาลิเปอร์			
10	ความยาวฝ่ามือ	คาลิเปอร์			
11	ระยะห่างปลายนิ้วชี้-ง่ามนิ้วหัวแม่มือ	คาลิเปอร์			
12	ความกว้างฝ่ามือ	คาลิเปอร์			
13	ความกว้างมือ	คาลิเปอร์			
14	ความหนาฝ่ามือ	คาลิเปอร์			
15	ความกว้างเส้นผ่าศูนย์กลางกำมือ	คาลิเปอร์			
16	น้ำหนัก	เครื่องชั่งน้ำหนัก			

ตารางที่ ข.2 ตารางบันทึกผลความพึงพอใจของผู้สูงอายุต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปทรงของ
ด้ามจับไขควง

ขนาดด้ามไขควง (มิลลิเมตร)	ทรงกลม (✓)	ทรงหกเหลี่ยม (✓)	หมายเหตุ
15			
25			
35			
40			

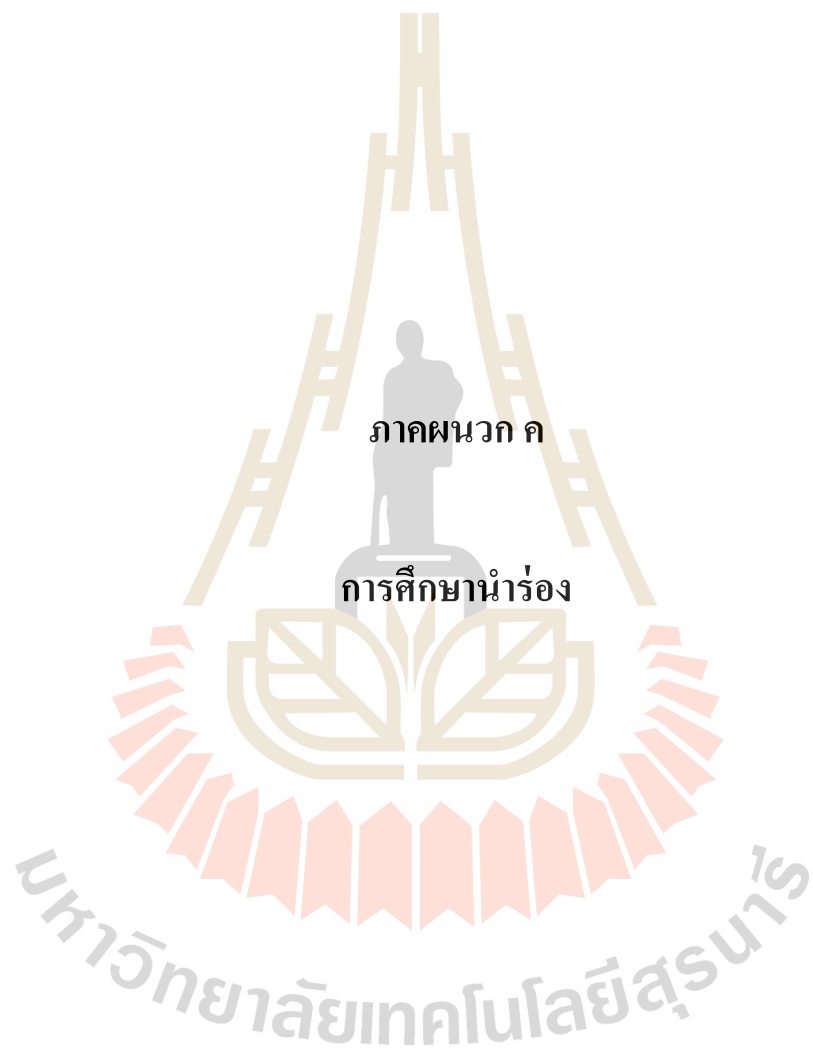


ตารางที่ ข.3 ตารางบันทึกผลแบบสอบถามความรู้สึกไม่สบายบนมือและนิ้วมือของผู้สูงอายุ

บริเวณที่เกิดความไม่สบายบนมือ	รูปร่างด้ามจับไขควง							
	ทรงกลม				ทรงหกเหลี่ยม			
	เกิดความไม่สบาย (✓)				เกิดความไม่สบาย (✓)			
	15 มม.	25 มม.	35 มม.	40 มม.	15 มม.	25 มม.	35 มม.	40 มม.
ก้านเนื้อของฝ่ามือด้านหัวแม่มือ								
อุ้งมือ								
ก้านเนื้อของฝ่ามือด้านนิ้วก้อย								
นิ้วหัวแม่มือส่วนกลาง								
นิ้วหัวแม่มือส่วนปลาย								
นิ้วชี้ส่วนกลาง								
นิ้วชี้ส่วนปลาย								
นิ้วกลางส่วนกลาง								
นิ้วกลางส่วนปลาย								
นิ้วนางส่วนกลาง								
นิ้วนางส่วนปลาย								
นิ้วก้อยส่วนกลาง								
นิ้วก้อยส่วนปลาย								
ข้อมือ								

ตารางที่ ข.4 ตารางบันทึกผลค่าแรงบิดมือ

ค่าที่ได้จาก การวัด	ขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง (มม.)	รูปร่างค้ำจับ							
		ทรงกลม				ทรงหกเหลี่ยม			
		มือซ้าย		มือขวา		มือซ้าย		มือขวา	
		ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา	ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา	ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา	ตามเข็มนาฬิกา	ทวนเข็มนาฬิกา
แรงบิด (Nm)	15								
ค่าเฉลี่ย (Nm)									
แรงบิด (Nm)	25								
ค่าเฉลี่ย (Nm)									
แรงบิด (Nm)	35								
ค่าเฉลี่ย (Nm)									
แรงบิด (Nm)	40								
ค่าเฉลี่ย (Nm)									



ภาคผนวก ค

การศึกษานำร่อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. การศึกษานำร่อง (Pilot study)

การศึกษานำร่องเป็นการศึกษาความสามารถในการออกแรงบิด โดยผู้ถูกทดสอบเป็นนักศึกษาชาย จำนวน 20 คน อายุระหว่าง 18-24 ปี ทำการทดสอบทั้งมือด้านซ้ายและขวาด้วยท่ายืน ที่ระดับความสูง 100, 110 และ 120 เซนติเมตร วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการออกแรงบิด และใช้ปรับแนวทางการดำเนินงานวิจัยต่อไป

1.1 การออกแบบการทดลอง

ตัวแปรอิสระ มี 3 ตัวแปร ได้แก่

- 1) ระดับความสูง มี 3 ระดับ คือ 100, 110 และ 120 เซนติเมตร
- 2) มือ มี 2 ระดับ คือ มือข้างซ้ายและมือข้างขวา
- 3) ทิศทางการหมุนมี 2 ระดับ คือ ทิศทางตามเข็มนาฬิกา (หมุนขวา) และทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (หมุนซ้าย)

ตัวแปรตาม คือ ค่าแรงบิดมือ มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร (N-m)

1.2 เครื่องมือในการทดลอง

- 1) เครื่องทดสอบแรงบิดมือ Biodex Balance System



รูปที่ ค.1 เครื่อง Biodex Medical Systems

2) อุปกรณ์ที่ใช้ยึดติดกับ Dynamometer คือ มือจับชนิดทรงกลม (Spherical Grasp)



รูปที่ ค.2 มือจับชนิดทรงกลม

1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองนี้เป็นการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Experiment) ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมี 3 ปัจจัย คือ ระดับความสูง ทิศทางการออกแรง และมือด้านซ้ายและขวา ซึ่งมีผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก (Block) และทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพหุเมณฑลด้วยวิธีของ Tukey

การทดลอง

1) กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบทดสอบด้วยท่ายืน โดยการออกแรงบิดข้อมือทั้งมือซ้ายและมือขวาด้วยการใช้ มือจับชนิดทรงกลมซึ่งมีทิศทางการหมุน คือ ทิศทางตามเข็มนาฬิกา (หมุนขวา) และทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (หมุนซ้าย) ที่ระดับความสูง 100, 110 และ 120 เซนติเมตร

2) ทดสอบแรงบิดข้อมือด้วยเครื่อง Biodex Medical Systems และกำหนดให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงบิดข้อมือในแต่ละระดับความสูงเป็นเวลา 3 วินาที จากนั้นให้ผู้ทดสอบพัก 2 นาที เพื่อลดความเมื่อยล้าจากการทดลองแล้วการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

3) บันทึกค่าแรงบิดข้อมือลงในตารางทดลอง

1.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

ข้อมูลพื้นฐานของผู้ถูกทดสอบ

จากการศึกษาพบว่าผู้ถูกทดสอบมี อายุเฉลี่ย 21 ปี และช่วงอายุคือ 18-24 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ยอยู่ที่ 64.18 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 42-105 กิโลกรัม ความสูงของร่างกายโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 169.65 เซนติเมตร และความสูงของร่างกายอยู่ระหว่าง 158.2-180 เซนติเมตร แสดงดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ถูกทดสอบ (การศึกษานำร่อง)

ข้อมูลพื้นฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
อายุ (ปี)	21	±4.243	24	18
น้ำหนัก(กิโลกรัม)	64.180	±13.219	105	42
ความสูง (เซนติเมตร)	169.65	±4.73	180.0	158.2
BMI (kg/m ²)	22.217	±4.146	33.591	16.782

ผลการวิเคราะห์ค่าแรงบิด

ผลการวัดค่าแรงบิดแสดงดังตารางที่ ค.1 พบว่าค่าเฉลี่ยแรงบิดมืออยู่ในช่วง 2.775 ถึง 4.890 นิวตันเมตร

ตารางที่ ค.2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูล (การศึกษานำร่อง)

ระดับ ความสูง (ซม.)	แรงบิดมือ (N-m)							
	Flexion				Extension			
	มือขวา		มือซ้าย		มือขวา		มือซ้าย	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
100	2.775	±1.104	2.915	±1.167	4.715	±0.986	4.753	±1.116
110	3.030	±1.233	2.715	±1.164	4.890	±0.888	4.845	±0.969
120	3.110	±1.133	2.860	±0.935	4.280	±1.071	4.465	±0.862

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงดังตารางที่ ค.2 พบว่าทิศทางการหมุนและอันตรกิริยาระหว่างความสูงกับทิศทางการหมุนมีค่า P-value เท่ากับ 0.00 และ 0.049 ตามลำดับ ดังนั้น ทิศทางการหมุนและอันตรกิริยาระหว่างความสูงกับทิศทางการหมุนมีผลต่อความสามารถใน

การออกแรงบิด ในขณะที่ปัจจัยอื่น ๆ ไม่มีผลต่อความสามารถในการออกแรงบิด เนื่องจากค่า P-value มากกว่า 0.05

ตารางที่ ค.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (การศึกษานำร่อง)

แหล่งความแปรปรวน	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ความสูง	2	1.555	0.778	1.05	0.351
ทิศทางการหมุน	1	188.131	188.131	254.77	0.000
มือ	1	0.033	0.033	0.04	0.834
ปัจจัยความสูง*ทิศทางการหมุน	2	4.524	2.262	3.06	0.049
ปัจจัยความสูง*มือ	2	1.034	0.517	0.70	0.498
ปัจจัยทิศทางการหมุน*มือ	1	0.836	0.836	1.13	0.289
ปัจจัยความสูง*ทิศทางการหมุน*มือ	2	0.467	0.234	0.32	0.729
ค่าความคลาดเคลื่อน	208	153.593	0.738		
รวม	238	446.504			

หมายเหตุ: * อันตรกิริยา





รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

Supaporn Endoo, Kannika Panton, Pornsiri Jongkol, (2019).Effects of Hight, Direction, and Hand Side on Torque Exertion Capability of Young Males. In Proc. Presented at the 13th SEATUC Symposium. Hanoi University of Science and Technology (HUST), Hanoi, Vietnam. March, 14-15, 2019.



EFFECTS OF HEIGHT, DIRECTION, AND HAND SIDE ON TORQUE EXERTION CAPABILITY OF YOUNG MALES

Supaporn Endoo ⁽¹⁾, Kannika Panton ⁽²⁾, Pornsiri Jongkol ⁽³⁾
 Institute of Engineering, 111 University Avenue, Muang District,
 Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

*Corresponding author: pornsiri@sut.ac.th

ABSTRACT

The objectives of this study were to measure torque exertion on a spherical grasp and to investigate factors affecting torque exertion capabilities. Equipment used in this study were Biodex System 3 PRO dynamometer and a measuring tape. Twenty young males participated in this study. They were asked to use one hand to exert torque in twelve conditions including 1) 3 height levels (100, 110, and 120 cm), 2) 2 force directions (flexion and extension), and 3) 2 sides of hand (left and right). Analysis of variance was performed to investigate the significant effect of factor. The results showed that average torque exerted ranged 2.775-4.89 Nm. Direction of force had a highly significant effect on torque. Height had an effect on torque, but its effect depended on direction of force.

Keywords: *Torque Exertion Capability, Height, Flexion, Extension.*

1. INTRODUCTION

A number of daily activities require hand to operate equipment such as turning door knob, using screwdriver and hand tools, and opening jam jar lid. The ability to perform these tasks depends on strength capabilities of users. These activities and posture can cause discomfort and lead to musculoskeletal injuries. Therefore, it is of importance for engineers to design mechanism and location of equipment to prevent injuries. Improper design can be costly to users who suffer from pain and discomfort (Schulze et al., 1997). Research on human capability of torque production are rare (Bordett et al., 1988; Eskstrand et al., 2015; Mital and Sanghavi, 1986; Magill and Konz, 1986). A study of torque exertion on tools used in daily activities is important to ensure that tools are used more comfortably and safely (Cederqvist and Lindberg, 1993). The objectives of this study were to measure torque exertion on a spherical grasp and to investigate factors affecting torque exertion capabilities.

2. EXPERIMENT

2.1 Experiment apparatus

Equipment used in this study were: 1) Biodex System 3 PRO dynamometer (Biodex Medical Systems Inc., NY, USA) (Fig. 1), and 2) a measuring tape. A spherical grasp (Fig. 2) with outside diameter of 6.9 cm and inside diameter of 5.9 cm was attached to the end of a multiple tool adapter. Then, the multiple tool adapter was inserted onto the dynamometer shaft. Biodex computer software was used for data recording. The dynamometer could move vertically to the desired height.

Twenty male subjects, in good health, participated in this study. They were students with the age range of 18-24 years old.



Figure 1. Biodex Medical Systems.



Figure 2. A spherical grasp.

2.2 Technique

2.2.1 Data acquisition

Each subject was dressed in everyday clothes and experimented individually in Ergonomics Laboratory, Suranaree University of Technology. Dynamometer rotated to 0° to provide the axis of the work simulator in horizontal plane. A brief explanation of the reasons for the experiment and a detail of experimental method were given. Height and weight of the subjects were recorded. The subjects were asked to use one hand to exert torque in twelve conditions including 1) 3 height levels (100, 110, and 120 cm), 2) 2 force directions (flexion and extension), and 3) 2 sides of hand (left and right), in random order. The subjects built up to the maximum torque slowly, without jerking, over a 3 s period and then hold it at the maximum value for about 1 s. For each condition, the subject exerted torque for three trials with a rest break of two minutes between trials, and the average of three trials were computed. During torque exertion, the subjects stood in upright position. Both legs were straight and both feet were kept 30 cm apart. The forearm of each subject was in neutral position (Fig 3).

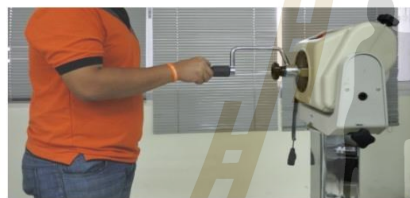


Figure 3. Forearm posture during force exertion.

3. ANALYSIS

Experimental design

The independent variables were two height levels, two force directions, and two sides of hand.

The dependent variable was torque measured. Subjects were considered as block.

Table 2. Average mean and standard deviation of torque measured (Nm)

Height (cm)	Torque							
	Flexion				Extension			
	Right Hand		Left Hand		Right Hand		Left Hand	
	Mean	Standard Deviation	Mean	Standard Deviation	Mean	Standard Deviation	Mean	Standard Deviation
100	2.775	1.104	2.915	1.167	4.715	0.986	4.753	1.116
110	3.030	1.233	2.715	1.164	4.890	0.888	4.845	0.969
120	3.110	1.133	2.860	0.935	4.280	1.071	4.465	0.862

Analysis

Physical characteristics of the subjects including age and height were analyzed using descriptive statistics. An analysis of variance (ANOVA) was performed on the torque result. Differences between levels of significant main effects and interactions were tested using Tukey method.

4. RESULTS AND DISCUSSION

A summary of physical characteristics of subjects is shown in Table 1. The average age was 21 years old, and the age range was 18-24 years old. The average body weight was 64.18 kg with a range of 42-105 kg. The average body height was 169.65 cm, and the body height ranged 158.2-180 cm.

Table 1. Physical characteristics of subjects.

	Mean	StDev	Maximum	Minimum
Age (yr)	21	4.243	24	18
Weight (kg)	64.180	13.219	105	42
Height (cm)	169.65	4.73	180.0	158.2
BMI (Kg/m ²)	22.217	4.146	33.591	16.782

Table 2 shows average mean and standard deviation of torque produced at twelve conditions.

The greatest average torque of 4.89 Nm was found when the subjects used right hand side to exert torque in extension direction at 110 cm. On the other hand, the lowest average torque of 2.715 Nm was found when the subjects used left hand side to exert torque in flexion direction at 110 cm.

The 13th SEATUC Symposium

Table 3 shows the average torque measured at three different heights. Torque at 120 cm was the lowest, whereas torque at 110 cm was the greatest.

Table 3. Average of torque measured at different heights.

Height	Mean Torque (Nm)
100	3.81620
110	3.87000
120	3.67875

Torque in extension direction was greater than that in flexion direction (Table 4). Also, torque measured in right hands was greater than that in left hand (Table 5).

Table 4. Average of torque measured in different directions.

Direction	Mean Torque (Nm)
Extension	4.67580
Flexion	2.90083

Table 5. Average of torque measured in different hand sides.

Hand side	Mean Torque (Nm)
Left	3.77663
Right	3.80000

The results of analysis of variance is shown in Table 6. Block and direction were found highly significant since p-values were $0.000 < 0.05$. The interaction between height and direction was significant with p-value of $0.049 < 0.05$, whereas the other two-factor interactions were non-significant. Also, the three factor interaction was not significant.

Table 6. Result from analysis of variance on torque data.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Height	2	1.555	0.778	1.05	0.351
Block	19	100.742	5.302	7.18	0.000
Direction	1	188.131	188.131	254.77	0.000
Side	1	0.033	0.033	0.04	0.834

Height*Direction	2	4.524	2.262	3.06	0.049
Height*Side	2	1.034	0.517	0.70	0.498
Direction*Side	1	0.836	0.836	1.13	0.289
Height*Direction*Side	2	0.467	0.234	0.32	0.729
Error	208	153.593	0.738		
Total	238	446.504			

The main effect of torque direction is illustrated in Table 7. The subjects were able to generate greater torque in extension direction.

Table 7. Result of Tukey's Test on torque direction

Direction	N	Mean	Grouping
Extension	119	4.67580	A
Flexion	120	2.90083	B

Table 8 shows the average torque at different heights of extension and flexion direction. For extension, torque was greatest at 110 cm, but lowest at 120 cm. For flexion, torque slightly increased as height was increased.

Table 8. Average torque classified by exertion height and direction (Nm)

Height (cm)	Extension	Flexion
100	4.733	2.845
110	4.867	2.873
120	4.372	2.985

Figure 4 illustrates the residual plots. Normal probability plot shows a straight line indicating normal probability distribution of error. The plot of residual versus fitted values and residual versus order show no obvious pattern indicating constant variance of error. Therefore, assumptions of normal probability and constant variance of error were valid.

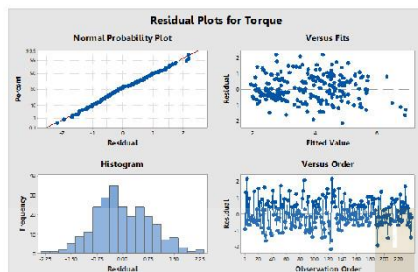


Figure 4. Plots of residual analysis.

5. CONCLUSIONS

The results from this study can be concluded as follows.

1. The greatest torque was 4.89 Nm, whereas the lowest torque was 2.775 Nm.
2. Direction of force had a highly significant effect on torque. Extension direction produced greater torque than flexion direction.
3. Height had an effect on torque, but its effect depended on direction of force. For flexion, torque slightly increased as height was increased. For extension, torque was greatest at 110 cm, but lowest at 120 cm.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank all subjects participated in this study and also Center of Scientific and Technological Equipment, Suranaree University of Technology.

REFERENCES

- Bordett, H.M., Koppa, R.J., Congelton, J.J., Torque required from elderly females to operate faucet handles of various shapes. *The human factors* 30(3), 339-346. 1988.
- Cederqvist, T. and Lindberg, M. 1993. Screwdrivers and Their Use from A Swedish Construction Industry Perspective. *Applied Ergonomics*, 24(3), 148-157.
- Ekstrand, E., Lexell, J., and Brogårdh, C. 2015. Isometric and isokinetic muscle strength in the upper extremity can be reliably measured in persons with chronic stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 706-713.
- Mital, A. and Sanghavi, N. 1986. Comparison of Maximum Volitional Torque Exertion Capabilities of

Males and Females Using Common Hand Tools. *Human Factors*. 28(3), 283-294.

Magill, R. and Konz, S. 1986. An Evaluation of Seven Industrial Screwdrivers. *Trends in Ergonomics/Human Factors III: Proceedings of the Annual International Industrial Ergonomics and Safety Conference*. Kentucky, USA. 12-14 June 1986.

Schulze, J.H., Stanton, E., Patel, A., and Cheli, M. 1997. Torque Production Using Hand Cranks in a Simulated Gear-Operated Valve Opening Task. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 3(1-2), 31-40.

PHOTOS AND INFORMATION



Pornsiri Jongkol received the B.Eng (1989) from Khonkaen University, M.Eng. (1991) from Chulalongkorn University, and Ph.D. (2000) from Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada. She is Assoc. Prof., School of Industrial Engineering, Institutes of Engineering, Suranaree University of Technology.



Supaporn Endoo received the B.Eng. (2017) degrees in Industrial engineering from Suranaree University Of Technology. Currently Studying for Master's degree in Industrial Engineering, Suranaree University of Technology.



Kannika Panton the B.Eng. (2016) degrees in Industrial engineering from Suranaree University Of Technology. Currently Studying for Master's degree in Construction and Infrastructure Management, Suranaree University of Technology.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุภาพร เอ็นดู เกิดวันพฤหัสบดีที่ 15 เดือน กันยายน พ.ศ. 2537 เข้ารับการศึกษา ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ณ โรงเรียนบ้านโคกเบง ตำบลบ้านกรวด อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ เข้ารับการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ณ โรงเรียนบ้านกรวด อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา และเข้ารับการศึกษต่อในระดับปริญญาโทในหลักสูตรวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ. 2561

